

ผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร
ประจำปี 2556

ผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2556

ผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2556

กองแผนงานและวิชาการ กรมวิชาการเกษตร
เลขที่ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว
เขตจตุจักร กรุงเทพฯ
www.doa.go.th/plan/

กรมวิชาการเกษตร
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
ISBN : 978 - 974 - 436 - 850 - 8

ผลงานวิจัยดีเด่น 2556
กรมวิชาการเกษตร ประจำปี

กรมวิชาการเกษตร
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
ISBN : 978 - 974 - 436 - 850 - 8



วิสัยทัศน์

กรมวิชาการเกษตรเป็นองค์กรนำด้านการวิจัยและพัฒนาพืช เครื่องจักรกลการเกษตรและเป็นศูนย์บริการตรวจสอบรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรในระดับสากล โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

คำนำ

กรมวิชาการเกษตรเป็นหน่วยงานในสังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์มีบทบาทภารกิจด้านการวิจัยพัฒนาการเกษตรทางด้านพืชและเครื่องจักรกลการเกษตร ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา กรมวิชาการเกษตรได้สร้างสรรค์ผลงานวิจัยที่มีคุณค่ามาโดยตลอด ดังจะเห็นได้จากผลงานวิจัยด้านปรับปรุงพันธุ์พืช ตั้งแต่ปี 2519 – 2556 กรมวิชาการเกษตรได้รับรอง พันธุ์ข้าว 71 สายพันธุ์ พืชไร่ 125 สายพันธุ์ พืชสวน 61 สายพันธุ์ ยางพารา 12 สายพันธุ์ และหม่อน/ไหม 19 สายพันธุ์ มีพันธุ์พืชที่ได้รับการยอมรับจากเกษตรกรและนำไปใช้อย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน นอกจากผลงานวิจัยด้านการปรับปรุงพันธุ์แล้ว ผลงานวิจัยด้านเทคโนโลยีการผลิตพืช เช่น การเขตกรรม การอารักขาพืชและเครื่องจักรกลการเกษตรของกรมวิชาการเกษตรเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายของหน่วยงาน/องค์กรทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยเฉพาะผลงานวิจัยพื้นฐานที่สามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่และมีหน่วยงานอื่นนำไปต่อยอดงานวิจัย เช่น สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (สวก.) สถาบันการศึกษา ตลอดจนผู้ประกอบการ องค์กรและมูลนิธิที่เกี่ยวข้องกับภาคการเกษตร จนเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าผลงานวิจัยของกรมวิชาการเกษตรมีส่วนสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการสร้างประโยชน์และมูลค่าภาคการเกษตรอย่างมหาศาล ดังจะเห็นได้จากผลผลิตและผลิตภัณฑ์ด้านพืชที่นอกจากเป็นการผลิตเพื่อการบริโภคภายในประเทศแล้วยังมีมูลค่าการส่งออกถึง 832,065 ล้านบาท (ข้อมูลมูลค่าส่งออกสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) ซึ่งมูลค่าการส่งออกที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดคือ ผักและผลไม้ จากอดีตที่ไม่มีการผลิตเพื่อการส่งออกหรือส่งออกได้น้อยมาก ปัจจุบันมีมูลค่าการส่งออกมากกว่า 41,424 ล้านบาท (ข้อมูล การส่งออกผักและผลไม้สด แห้ง แช่แข็ง กรมศุลกากร, 2556) ดังนั้นเพื่อเป็นเกียรติและสร้างขวัญกำลังใจแก่นักวิจัยที่ทุ่มเท กำลังกาย กำลังใจในการศึกษาค้นคว้าวิจัย จนประสบผลสำเร็จได้ผลงานวิจัยที่มีคุณค่า กรมวิชาการเกษตรจึงได้จัดให้มีการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่นประจำปีทุกปี โดยจำแนกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ งานวิจัยพื้นฐาน งานวิจัยประยุกต์ งานวิจัยปรับปรุงพันธุ์ งานพัฒนางานวิจัย งานวิจัยสิ่งประดิษฐ์คิดค้น และงานด้านบริการวิชาการ

ในปี 2557 หน่วยงานของกรมวิชาการเกษตร ได้คัดสรรผลงานวิจัย เพื่อส่งเข้ารับการพิจารณาเป็นผลงานวิจัยดีเด่นกรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2556 รวม 45 เรื่อง มีผลงานวิจัย 21 เรื่องที่ผ่านการคัดเลือกจากคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร และได้รับการพิจารณาให้เป็นผลงานวิจัยระดับดีเด่น 6 เรื่อง ผลงานวิจัยระดับดี 5 เรื่อง และผลงานวิจัยระดับเกียรติคุณ 10 เรื่อง ตามรายละเอียดที่ปรากฏในหนังสือ ผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2556 ฉบับนี้ ซึ่งนอกจาก ผลงานวิจัยดีเด่นดังกล่าวแล้ว ยังมีผลงานวิจัยอื่น ๆ ที่ไม่ได้รับรางวัลแต่ถือว่าเป็นผลงานวิจัยที่ทรงคุณค่าและเป็นประโยชน์แก่เกษตรกร ผู้ประกอบการ นักวิจัย นิสิต นักศึกษารวมทั้งผู้เกี่ยวข้องทางการเกษตรโดยทั่วไป

ในนามคณะผู้บริหารกรมวิชาการเกษตรต้องขอขอบคุณนักวิจัยและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อมทุก ๆ ท่าน ไว้ ณ โอกาสนี้ และขอให้ท่านจงมีความภาคภูมิได้ว่า ท่านได้มีส่วนในพัฒนาการเกษตรของประเทศและได้ปฏิบัติหน้าที่อย่างมีเกียรติสมกับคำว่าข้าราชการ

(นายดำรงค์ จิระสุทัศน์)
อธิบดีกรมวิชาการเกษตร
พฤษภาคม 2557

สารบัญ

หน้า

ผลงานวิจัยดีเด่นประจำปี 2556

ประเภทงานวิจัยพื้นฐาน

ระดับดีเด่น

- การพัฒนาเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส จากเชื้อ *Bacillus* sp. และการแสดงออกในเซลล์ *Escherichia coli* เพื่อการผลิตเอทานอล 1
- การโคลนยีนไซโคลฟีลินจากข้าวฟ่างและการแสดงออกของยีนในยาสูบ 27
- การพัฒนาชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus subtilis* สายพันธุ์ BS-DOA 24 ในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงที่เกิดจากแบคทีเรีย 51

ประเภทงานวิจัยประยุกต์

ระดับดีเด่น

- การแก้ไขปัญหาหนอนหัวดำมะพร้าวโดยวิธีการฉีดสารเข้าต้น 67

ระดับเกียรติคุณ

- กลไกในการวิเคราะห์สถานการณ์ยางพาราและช่องทางในการเผยแพร่ข้อมูลเร่งด่วน 85
- การพัฒนาการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลำไยเพื่อการส่งออก 103
- โครงการรณรงค์ปล่อยแตนเบียน *Anagyrus lopezi* เพื่อควบคุมเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพู 119

ประเภทงานปรับปรุงพันธุ์

ระดับดีเด่น

- อ้อยพันธุ์อู่ทอง 12 133

ระดับดี

- มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 149

ระดับเกียรติคุณ

- ฝ้ายเส้นใยสีเขียวพันธุ์ตากฟ้า 86-5 169
- ถั่วฝักยาวพันธุ์พิจิตร 3 183

สารบัญ

หน้า

ประเภทงานพัฒนางานวิจัย

ระดับดี

- การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพืชตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง 199
- การพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมันในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง 215

ระดับเกียรติคุณ

- โครงการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์เชื้อพันธุกรรมไม้ผล (สกุลมะม่วง มังคุด เงาะ และส้ม) อย่างยั่งยืน เพื่อความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น ความมั่นคงทางอาหาร และรักษาสภาพความสมดุลของระบบนิเวศ 231
- การจัดการแมลงศัตรูมะพร้าวแบบผสมผสานในพื้นที่แปลงใหญ่ 245
- การพัฒนาการใช้เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมเพื่อป้องกันกำจัดด้วงแรดศัตรูมะพร้าวและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน 261

ประเภทงานวิจัยสิ่งประดิษฐ์คิดค้น

ระดับดี

- ออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ 281

ประเภทงานด้านบริการวิชาการ

ระดับดีเด่น

- สนับสนุนส่งออกพืชเศรษฐกิจภาคเหนือตอนบนด้วยกลยุทธ์ความปลอดภัยด้านอาหารพืช 295

ระดับดี

- การพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานให้บริการห้องปฏิบัติการเครือข่ายตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กรมวิชาการเกษตร 311

ระดับเกียรติคุณ

- สารตกค้างของสารรมในข้าว 327
- การตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษในผลิตผลเกษตรและวิธีลดสารพิษสำหรับผู้บริโภค 335

สารบัญ

ภาคผนวก

- คำสั่งกรมวิชาการเกษตรที่ 1936 / 2555 เรื่องแต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร
- คำสั่งคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตรที่ 1/2557 เรื่อง แต่งตั้งคณะอนุกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น ประจำปี 2556

การพัฒนาเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส จากเชื้อ *Bacillus* sp. และการแสดงออกในเซลล์ *Escherichia coli* เพื่อการผลิตเอทานอล

Development of α-amylase Enzyme from *Bacillus* sp. and its Expression in *Escherichia coli* for the Production of Ethanol

ภรณี สว่างศรี อัจฉราพรรณ ใจเจริญ รุ่งนภา พิทักษ์ตันสกุล สุภาวดี ง้อเหรียญ
บุญเรือนรัตน์ เรืองวิเศษ พยุงศักดิ์ รวยอารี หทัยรัตน์ อุไรรงค์

Paranee Sawangsri Adcharapan Chaicharoen Rungnapa Pitaktansakul Supawadee Ngorrian
Boonreunrat Ruengwised Payungsak Rauyaree Hathairat Urairong

ABSTRACT

α-amylase is an important catalytic enzyme for the conversion of starch to sugar in the production of ethanol using cassava as a starting material. *Bacillus* sp. can be used as a source for starch hydrolysis and thermotolerant, thus, we aimed to study the starch digestion efficiency by *Bacillus* spp. derived from collected samples. A total of 476 *Bacillus* isolates were received and the starch digestion efficiency was then evaluated by the measurement of clear zone from colony on 1% (w/v), liquefaction and amylase activity techniques. The result showed that isolate D1-1 show high amylase activity at 2.39 U/ml. Then isolate was identified by partially sequenced and analyzed using 16S rDNA. The sequenced result was exhibited as *B. subtilis* with 99% similarity when compared to 16S rDNA sequences in the GanBank database. In other experiment, α-amylase gene of *Bacillus* sp. D1-1 isolate was obtained by PCR gene cloning technique and the full length nucleotide approximately 1,980 bp (GenBank Accession No. EU195860.1) and peptides (659 amino acids) were further analyzed. α-amylase gene could be overexpression within the protein expression vector pQE-80L and the recombinant was then transformed into *E. coli* BL21(DE3). The production of recombinant protein can be induced by 3 mM IPTG and Lactose. The recombinant α-amylase was further purified using HisTALON^{TM} gravity column and the protein product was analyzed by SDS-PAGE. The size of recombinant α-amylase was molecular weight approximately 73 kDa and crude enzyme efficient activity showed as good as commercial enzyme at temperature 70°C

Key words: α-amylase, protein expression**,** *Bacillus subtilis, Escherichia coli*

สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร ปทุมธานี
Biotechnology Research and Development Office, Department of Agriculture, Patumthani

บทคัดย่อ

เอนไซม์แอลฟา อะไมเลส เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการสลายเม็ดแป้งให้เปลี่ยนเป็นน้ำตาล ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในกระบวนการผลิตเอทานอลโดยใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบ ซึ่งเชื้อ *Bacillus* sp. บางสายพันธุ์มีความสามารถในการย่อยแป้งและทนอุณหภูมิสูง งานวิจัยนี้จึงทำการคัดเลือกเชื้อ *Bacillus* spp. ที่มีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส จากแหล่งต่างๆ ได้ *Bacillus* spp. ทั้งสิ้น 476 ไอโซเลท นำไปทดสอบประสิทธิภาพการย่อยแป้งโดยวิธีวัดการสร้างวงใสรอบโคโลนีบนอาหารที่มีแป้ง 1% (w/v) ทดสอบการทำให้น้ำแป้งเหลว และการศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ พบว่า ไอโซเลท D1-1 มีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส ได้ดีที่สุด โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์ เท่ากับ 2.39 U/มิลลิลิตร การจำแนกชนิดของ ไอโซเลท D1-1 โดยการเพิ่มปริมาดีเอ็นเอในส่วนของบริเวณ 16s rDNA เมื่อวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์และเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลใน GenBank พบว่ามีความคล้ายคลึงกับเชื้อ *B. subtilis* ที่ความเหมือน 99% การโคลนยีนแอลฟา อะไมเลส พบขนาดชิ้นส่วนของยีน เท่ากับ 1,980 คู่เบส (GenBank accession no. EU195860.1) และมีลำดับของเปปไทด์ เท่ากับ 659 อะมิโนแอซิด เมื่อเชื่อมต่อชิ้นยีนเข้ากับ expression vector pQE-80L แล้วถ่ายฝากเข้าสู่เซลล์ *E. coli* สายพันธุ์ BL21 (DE3) เพื่อการผลิตรีคอมบิแนนท์โปรตีน พบว่า สามารถชักนำการแสดงออกของยีนด้วยสาร 3 mM IPTG และ 3 mM Lactose เมื่อนำ crude enzyme ที่ผลิตได้ มาทำให้บริสุทธิ์โดยผ่าน HisTALON™ Gravity Column แล้วตรวจวิเคราะห์ผลด้วยวิธี SDS-PAGE พบว่ารีคอมบิแนนท์แอลฟา อะไมเลส มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 73 กิโลดาลตัน และ crude enzyme ที่ผลิตได้มีกิจกรรมของเอนไซม์ที่ดีที่สภาวะอุณหภูมิ 70 °C ซึ่งเทียบเท่ากับเอนไซม์ที่ผลิตเป็นการค้า

คำหลัก: แอลฟา อะไมเลส, การแสดงออกของโปรตีน, *Bacillus subtilis, Escherichia coli*

คำนำ

พลังงานทดแทนหรือพลังงานทางเลือกมีความสำคัญต่อสภาวการณ์ในปัจจุบันอันเนื่องมาจากปัญหาการขาดแคลนน้ำมันดิบ ส่งผลให้ราคาน้ำมันปรับตัวสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว แก๊สโซฮอล์เป็นพลังงานทดแทนชนิดหนึ่ง ซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นน้ำมันเบนซินและเอทานอล โดยการผลิตเอทานอลในระดับอุตสาหกรรมทั่วโลก ประมาณร้อยละ 93 ได้จากกระบวนการหมัก และวัตถุดิบที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นแป้ง ได้แก่ ธัญพืช ข้าวโพด มันฝรั่ง และมันสำปะหลัง เป็นต้น ประเทศไทยใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล เนื่องจากเป็นพืชที่ปลูกได้ตลอดทั้งปี สามารถปรับตัวตามสภาพแวดล้อมได้ดี เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ง่ายและให้ผลผลิตในปริมาณมาก ในหัวมันสำปะหลังมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก ประมาณร้อยละ 70-85 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งมันสำปะหลังสด 1 ตัน สามารถผลิตแอลกอฮอล์ได้ 180 ลิตร ในขั้นตอนของกระบวนการผลิตเอทานอลนั้น เอนไซม์อะไมเลสมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในขั้นตอนการย่อยแป้ง (Starch hydrolysis) เพื่อให้ได้น้ำตาลกลูโคสซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว โดยเอนไซม์อะไมเลสทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการสลายเม็ดแป้งให้เปลี่ยนเป็นน้ำตาลได้เร็วยิ่งขึ้น จากนั้นยีสต์จึงจะสามารถ

เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทานอลได้ (ปาริชาติ และคณะ, 2519) นอกจากการผลิตเอทานอลแล้วเอนไซม์อะไมเลสยังมีความสำคัญในกระบวนการผลิตอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหารหมักและเครื่องดื่ม การทำสุรา เหล้าสาเก เต้าเจี้ยว ซีอิ๊ว อุตสาหกรรมน้ำตาล การผลิต crystalline glucose การผลิต sugar syrup ชนิดต่าง ๆ อุตสหกรรมทอผ้า ฟอกหนัง การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแป้งและกระดาษ เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2546) ซึ่งจนถึงปัจจุบันประเทศไทยยังมีปริมาณการนำเข้าเอนไซม์ชนิดต่างๆ จากต่างประเทศอยู่เป็นจำนวนมาก

อะไมเลส จัดเป็นเอนไซม์ประเภท extracellular enzyme สามารถจัดแบ่งชนิดของเอนไซม์ตามตำแหน่งการย่อยแป้งเป็น 2 ประเภท คือ endoamylase และ exoamylase เอนไซม์จำพวก endoamylase จะตัดพันธะในโมเลกุลของแป้งแบบสุ่มที่ตำแหน่ง α (1-4) linkage ได้เป็น reducing group และ dextrin ซึ่งมีลูกโซ่กลูโคสขนาดต่างๆ กัน เอนไซม์ประเภทนี้ ได้แก่ แอลฟา อะไมเลส (α-amylase) หรือ amylo (1-4) dextrinase ส่วนเอนไซม์จำพวก exoamylase จะตัดพันธะในโมเลกุลของแป้งที่ตำแหน่ง α (1-4) และ α (1-6) bond จาก non-reducing end ได้เป็น D-glucose เพียงอย่างเดียว เอนไซม์ประเภทนี้ คือ เบต้า อะไมเลส (β-amylase) หรือ amylo (1-4) moltosidase หรือ gramma-amylase หรือ amylo (1-4,1-6) glucosidase หรือ glucoamylase หรือ α-D-(1-4) glucan glycohydrolase (Adam, 1953) โดยทั่วไปเอนไซม์อะไมเลสจะถูกผลิตโดยเซลล์พืช และสัตว์ต่างๆ แต่ในปัจจุบันนักวิชาการได้ให้ความสนใจการผลิตเอนไซม์ชนิดนี้จากจุลินทรีย์ ได้แก่ เชื้อรา ยีสต์ และแบคทีเรีย เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถเลี้ยงเพิ่มปริมาณได้ง่ายและรวดเร็ว มีความต้องการอาหารที่ไม่ซับซ้อน ทนทานต่อสภาวะอุณหภูมิสูง และมีความหลากหลายทางพันธุกรรม ซึ่งความแตกต่างนี้สืบเนื่องมาจากวิวัฒนาการและความหลากหลายทางระบบนิเวศน์ของแหล่งที่อยู่อาศัย แต่การผลิตเอนไซม์จากพืชและสัตว์โดยตรงจำเป็นต้องใช้ปริมาณวัตถุดิบจำนวนมากและมีต้นทุนในการผลิตค่อนข้างสูง (ปาริชาติ และคณะ, 2519 ; สุกัญญา, 2522) แบคทีเรียจึงมีความเหมาะสมในแง่ของการผลิตมากกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ เนื่องจากเลี้ยงง่าย และสามารถเพิ่มปริมาณได้อย่างรวดเร็ว เอนไซม์อะไมเลสที่ผลิตได้จากเชื้อแบคทีเรียส่วนใหญ่มักเป็นเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส (Ingle and Erickson, 1978) แต่มีแบคทีเรียบางชนิดที่สร้างเอนไซม์เบต้า อะไมเลส ซึ่งได้แก่ *B. megatherium*, *B. cereus* และ *B. polymyxa* (Ureda and Marshall, 1980; Thomas *et al.,* 1980 ; Ray *et al.,* 1996; Takasaki, 1979) ในต่างประเทศมีการศึกษาและพัฒนา *Bacillus* sp. สายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ *B. subtilis* (Beckord and Kneen, 1946) *B. diataticus* (Windish and Mhatre, 1965 ; Robyt and Ackerman, 1972) *B. megatherium*, *B. mesentericus, B. amyloliquefaciens, B. Polymysea* (Robyt and Ackerman, 1972) รวมถึงการผลิตเอนไซม์อะไมเลสจากเชื้อแบคทีเรียในรูปการค้าเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น *B. subtilis, B. licheniformis* เป็นต้น

เทคนิคทางชีวโมเลกุลสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนากระบวนการผลิตเอนไซม์ให้สามารถควบคุมปริมาณการผลิตได้ทุกขั้นตอน โดยให้มีการแสดงออกของยีนในเซลล์ *Escherichia coli* (*E. coli*) เพื่อให้สามารถผลิตเอนไซม์ได้ในปริมาณมากและรวดเร็ว ตลอดจนสามารถทำเอนไซม์ให้บริสุทธิ์

ได้โดยง่าย ดังนั้นการนำเทคนิคดังกล่าวมาใช้ในการพัฒนาการผลิตเอนไซม์ จึงน่าจะเป็นแนวทางหนึ่งซึ่งจะสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิต และปริมาณการนำเข้าเอนไซม์อะไมเลสในอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอล และอุตสาหกรรมอื่นๆ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อคัดเลือกเชื้อ *Bacillus* sp. ที่มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล และพัฒนาวิธีการผลิตเอนไซม์ โดยการโคลนยีนแอลฟา อะไมเลส จากเชื้อ *Bacillus* sp. ที่มีศักยภาพในการผลิตเอนไซม์ แล้วให้มีการแสดงออกของยีนในเซลล์ *E. coli* เพื่อให้สามารถควบคุมการแสดงออกของโปรตีนหรือเอนไซม์ได้ตามต้องการ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเก็บรวบรวม และแยกเชื้อ *Bacillus* spp. ให้บริสุทธิ์

สุ่มเก็บตัวอย่างดินป่า เศษมันเส้น ดิน น้ำบริเวณลานตาก มันสำปะหลัง และผลิตภัณฑ์จากแป้งเน่าเสียชนิดต่างๆ รวมทั้งสิ้น 35 แหล่ง นำมาแยกเชื้อ *Bacillus* spp. ในห้องปฏิบัติการ โดยวิธี dilution plate technique บนอาหาร Nutrient agar (NA) บ่มที่อุณหภูมิห้อง (28-30°C) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง คัดเลือกโคโลนีเดี่ยว นำมา streak บนอาหาร NA slant นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง เก็บเชื้อบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 4°C เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

2. การคัดเลือกเชื้อ *Bacillus* spp. ที่มีศักยภาพในการผลิตเอนไซม์อะไมเลส

2.1 การตรวจสอบประสิทธิภาพในการย่อยแป้งบนอาหาร starch agar

นำเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้มาทดสอบประสิทธิภาพการย่อยแป้งโดยวิธีวัดการสร้างวงใส (clear zone) รอบโคโลนี บนอาหารแข็งที่มีแป้ง 1% (w/v) (Buonocore *et al*., 1976) ถ่ายเชื้อ *Bacillus* spp. ที่แยกได้จากข้อ 1 ลงบนอาหาร โดยใช้ปลายไม้จิ้มฟันแตะเชื้อมาจุดลงบนอาหาร บ่มที่อุณหภูมิห้อง (28-30°C) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจสอบปฏิกิริยาการย่อยแป้งด้วยสารละลายไอโอดีน บันทึกวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงใส (∅) คัดเลือกไอโซเลทที่สร้างวงใสกว้างไว้ศึกษาต่อไป ในข้อ 2.2

2.2 การตรวจสอบประสิทธิภาพในการทำให้น้ำแป้งเหลว (liquefaction)

นำเชื้อที่คัดเลือกได้จากข้อ 2.1 มาเลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้ง 1% (w/v) (Buonocore *et al*., 1976) บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37°C เขย่าที่ความเร็ว 200 รอบ/นาที นาน 24 และ 48 ชั่วโมง แล้วนำมาตรวจสอบกิจกรรมการย่อยแป้งโดยดัดแปลงตามวิธีของ Hesseltine *et al*. (1963)

2.3 การวัดกิจกรรมการย่อยแป้งในรูปของน้ำตาลรีดิวส์ (Reducing sugar)

นำเชื้อที่ได้จากข้อ 2.2 มาเลี้ยงในอาหารเหลวที่มีแป้ง 1 % เป็นองค์ประกอบ นำเข้าเครื่องเขย่า ที่อุณหภูมิ 37°C ความเร็ว 250 รอบ/นาที นาน 36 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบ/นาที (อุณหภูมิ 4°C) เก็บเฉพาะส่วนใส (crude enzyme) นำมาวัดกิจกรรมการย่อยแป้งตามวิธี Nelson-Somogyi (Nelson, 1944) วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทั้งหมด (Lowry, 1951) โดยกำหนดให้ 1 หน่วยยูนิต (U) หมายถึง ปริมาณเอนไซม์ที่ผลิตน้ำตาลรีดิวซ์ 1 ไมโครโมลาร์/นาที ภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 40°C

2.4 การศึกษาการย่อยแป้งของเชื้อ *Bacillus* spp. ที่อุณหภูมิต่างๆ

เลี้ยงเชื้อที่คัดเลือกได้ จากข้อ 2.3 ในอาหารเหลวที่มีแป้ง 1 % เป็นองค์ประกอบ นำเข้าเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 200 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 37, 45 และ 55°C นาน 72 ชั่วโมง ตรวจสอบกิจกรรมการย่อยแป้งตามวิธีของ Hesseltine *et al*. (1963) เช่นเดียวกับข้อ 2.2 บันทึกผล แล้วคัดเลือกไอโซเลทที่มีประสิทธิภาพในการย่อยแป้งได้ดีในสภาวะอุณหภูมิสูง เพื่อนำไปใช้ในการโคลนยีนต่อไป

3. การจำแนกเชื้อ *Bacillus* sp. โดยใช้เทคนิคทางชีวโมเลกุล

3.1 การสกัดดีเอ็นเอของเชื้อ *Bacillus* sp.

เลี้ยงเชื้อ *Bacillus* sp. ที่คัดเลือกได้จากข้อ 2 ในอาหารเหลว Luria-Bertani (LB broth) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำไปเขย่าที่อุณหภูมิ 37°C ที่ความเร็ว 200 รอบ/นาที นาน 16 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็ว 10,000 รอบ/นาที เก็บส่วนที่เป็นตะกอนเซลล์แบคทีเรีย ล้างตะกอนเซลล์ด้วย 1X TE buffer 500 ไมโครลิตร ทำการสกัด genomic DNA โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Maloy (1990)ตรวจวัดปริมาณและความบริสุทธิ์ของดีเอ็นเอโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ $OD_{260/280}$ และตรวจสอบคุณภาพของดีเอ็นเอโดยแยกบน 1% agarose gel ใน 1XTBE buffer ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 250 โวลต์ เป็นเวลา 30 นาที แช่แผ่นเจลในสารละลายเอธิเดียมโบรไมด์ นาน 5 นาที ตรวจสอบแถบดีเอ็นเอที่ได้ด้วยเครื่อง Gel Documentation (BIORAD) บันทึกภาพแถบดีเอ็นเอ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C เพื่อใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

3.2 การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในส่วนบริเวณ 16S rDNA โดยปฏิกิริยา PCR (Polymerase Chain Reaction)

การจำแนกชนิดโดยการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในบริเวณอนุรักษ์ (conserved region) โดยใช้ universal primer Forward F1 : S16,1 (5' AGAGTTTGATCITGGCTCAG 3') และ Reverse R5 : S16,12 (5' ACGGITACCTTGTTACGACTT 3') (Lane, 1991; Alm *et al*., 1996) เตรียมส่วนผสมปฏิกิริยา PCR ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ดังนี้ 10x PCR buffer 2ไมโครลิตร, 4mM dNTP 2 ไมโครลิตร, 50 mM $MgCl_2$ 0.6 ไมโครลิตร, 5 μM primer Forward F1 : S16,1 1 ไมโครลิตร, 5 μM primer Reverse R5 : S16,12 1 ไมโครลิตร, *Taq* DNA polymerase (5 ยูนิต/ไมโครลิตร, Immolase) 0.15 ไมโครลิตร, ดีเอ็นเอ (50 นาโนกรัม/ไมโครลิตร) 2 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรด้วย ddH_2O จากนั้นนำหลอด PCR เข้าเครื่องเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ thermal cycle (Gene Amp 9700) โดยมีโปรแกรมอุณหภูมิ เวลา จำนวนรอบของการทำปฏิกิริยาดังนี้ ขั้นตอน Pre-Denature 95°C 7 นาที จำนวน 1 รอบ ตามด้วยขั้นตอน Denature 94°C 30 วินาที, Annealing 55°C 30 วินาที, Extension 72°C 2 นาที จำนวน 30 รอบ และอุณหภูมิ 72°C 5 นาที จำนวน 1 รอบ ตรวจวิเคราะห์ผลผลิต PCR ที่ได้โดยวิธี Electrophoresis บน 1.5% agarose gel

3.3 การเตรียมผลผลิต PCR ให้บริสุทธิ์

นำผลผลิต PCR ที่เหลือจากจากข้อ 3.2 ปริมาตร 17 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 1.5 มิลลิลิตร เติม 3M NaOAc ปริมาตร 3.4 ไมโครลิตร และ 95% Ethanol ปริมาตร 85 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันโดยเครื่อง Vortex นาน 10 วินาที บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 4°C นาน 15 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิ 0°C ความเร็ว 14,000 รอบ/นาที นาน 20 นาที เทส่วนใสทิ้ง ล้างตะกอน PCR ด้วย 70% Ethanol 300 ไมโครลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิ 0°C ความเร็ว 14,000 รอบ/นาที นาน 10 นาที เทน้ำใสทิ้ง ปล่อยให้ตะกอนดีเอ็นเอแห้ง ละลายดีเอ็นเอด้วย ddH_2O ปริมาตร 10 ไมโครลิตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C

3.4 การหาลำดับเบสในส่วนของบริเวณ 16S rDNA

3.4.1 การทำปฏิกิริยา cycle sequencing

เตรียมปฏิกิริยา cycle sequencing ปริมาตรรวม 10 ไมโครลิตร ดังนี้ ผลผลิต PCR (ประมาณ 100 นาโนกรัม) 1 ไมโครลิตร, BigDye™ Terminator Cycle Sequencing V3.1 2 ไมโครลิตร, Ready Reaction buffer 1 ไมโครลิตร, 5 μM Primer F1 : S16,1 1.6 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรด้วย ddH_2O รวมปฏิกิริยาทั้งหมด 10 ไมโครลิตร จากนั้นนำเข้าเครื่องเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ thermal cycle (Gene Amp 9700) โดยมีขั้นตอนการทำปฏิกิริยาดังนี้ Pre-Denature 96°C 1 นาที จำนวน 1 รอบ ตามด้วยขั้นตอน Denature 96°C 10 วินาที, Annealing 50°C 5 วินาที, Extension 60°C 4 นาที จำนวน 25 รอบ

3.4.2 การล้างสีฟลูออเรสเซนต์ส่วนเกิน

นำปฏิกิริยา cycle sequencing จากข้อ 3.4.1 มาล้างสีฟลูออเรสเซนต์ส่วนเกิน โดยนำปฏิกิริยาดังกล่าว ใส่หลอด 1.5 มิลลิลิตร เติม stock solution A (ddH_2O 16 ไมโครลิตร : 95% Ethanol 64 ไมโครลิตร) ผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิ 4°C นาน 15 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิ 0°C ความเร็ว 14,000 รอบ/นาที นาน 20 นาที เทน้ำใสทิ้ง ล้างตะกอนที่ได้ด้วย 70% Ethanol 300 ไมโครลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่อุณหภูมิ 0°C ความเร็ว 14,000 รอบ/นาที นาน 10 นาที เทน้ำใสทิ้ง ปล่อยตะกอนให้แห้งในที่มืด

3.4.3 การวิเคราะห์ลำดับเบสด้วยเครื่อง ABI PRISM 310® DNA Sequencer

ละลายตะกอนจากข้อ 3.4.2 ที่ได้ด้วย Hidi formamide จำนวน 10 ไมโครลิตร จากนั้นปั่นให้อยู่ที่ก้นหลอด แล้วดูดสารละลายทั้งหมดใส่หลอด septa นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 95°C นาน 2 นาที ย้ายลงน้ำแข็งทันที แล้วนำตัวอย่างเข้าเครื่อง ABI PRISM 310® DNA Sequencer เพื่อวิเคราะห์ลำดับเบสต่อไป

4. การโคลนยีนแอลฟา อะไมเลสจากเชื้อ *Bacillus* sp.

4.1 การสกัดดีเอ็นเอของเชื้อ *Bacillus* sp. ขั้นตอนทำเช่นเดียวกับข้อ 3.1

4.2 การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของยีนแอลฟา อะไมเลส จาก genomic DNA โดยเทคนิค PCR

เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในส่วนของยีนแอลฟา อะไมเลส ด้วยปฏิกิริยา PCR โดยใช้คู่ไพรเมอร์ Bamy401F 5' TTTGGTACCATGTTTGCAAAACGATTCAAAACCTCTTTACTG 3' และ Bamy401R 5' TTTAAGCTTTCAATAAGGAAGAGAACCGCTTAAGCCCGAGTC 3' เตรียมส่วนผสมปฏิกิริยา PCR ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ดังนี้ 10x PCR buffer 2 ไมโครลิตร, 4mM dNTP 2 ไมโครลิตร, 50 mM มิลลิกรัมCl_2 0.6 ไมโครลิตร, 5 μM primer Forward (Bamy401F) 1 ไมโครลิตร, 5 μM primer Reverse (Bamy401R) 1 ไมโครลิตร, *Taq* DNA polymerase (5 ยูนิต/ไมโครลิตร, Immolase) 0.15 ไมโครลิตร, ดีเอ็นเอ (50 นาโนกรัม/ไมโครลิตร) 2 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรด้วย ddH_2O มีขั้นตอนการทำปฏิกิริยา PCR ดังนี้ Pre-Denature 95°C 7 นาที จำนวน 1 รอบ ตามด้วย Denature 94°C 30 วินาที, Annealing 60°C 30 วินาที, Extension 72°C 2 นาที จำนวน 30 รอบ และอุณหภูมิ 72°C 5 นาที จำนวน 1 รอบ ตรวจวิเคราะห์ผลผลิต PCR โดยวิธี Electrophoresis บน 1.5% agarose gel

4.3 การเตรียมดีเอ็นเอให้บริสุทธิ์เพื่อการโคลนยีน

เตรียมผลผลิต PCR (ยีนแอลฟา อะไมเลส) ให้บริสุทธิ์ โดยใช้ชุด QIAquick Gel Extraction Kit แล้วนำดีเอ็นเอที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพวิธี Electrophoresis บน 1.5% agarose gel จะได้ชิ้นดีเอ็นเอขนาดประมาณ 2 กิโลเบส และเก็บตัวอย่างดีเอ็นเอที่ไว้ที่อุณหภูมิ -20°C เพื่อใช้ในขั้นตอนต่อไป

4.4 การเชื่อมต่อชิ้นยีนแอลฟา อะไมเลส เข้ากับ Cloning vector

นำยีนแอลฟา อะไมเลส จากข้อ 4.3 มาเชื่อมต่อเข้ากับ T&A Cloning vector (RBC Bioscience) เตรียมส่วนผสมปฏิกิริยารวม 10 ไมโครลิตร ดังนี้ Ligation Buffer A 1 ไมโครลิตร, Ligation Buffer B 1 ไมโครลิตร, T&A Cloning vector 2 ไมโครลิตร, T4 DNA Ligase 1 ไมโครลิตร, PCR product (จากข้อ 4.3) 2 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรด้วย ddH_2O นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 22°C นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปถ่ายฝากเข้ากับเซลล์ *E. coli* สายพันธุ์ DH5α โดยวิธี heat shock transformation (Fritsch *et al*., 1989) นำ competent cell ที่ได้รับการถ่ายฝากยีนแล้วไปเกลี่ยบนอาหาร LB-Ampicillin/IPTG/X-Gal บ่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 14-16 ชั่วโมง คัดเลือกโคโลนีสีขาวของเซลล์แบคทีเรีย *E. coli* ที่มีชิ้น insert ของยีนแอลฟา อะไมเลส ไปเลี้ยงในอาหารเหลว LB-Ampicillin (50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ที่อุณหภูมิ 37°C เขย่าที่ความเร็ว 220 รอบ/นาที นาน 14-16 ชั่วโมง เพื่อนำไปใช้สกัด พลาสมิดดีเอ็นเอในขั้นตอนต่อไป

4.5 การสกัดพลาสมิดดีเอ็นเอ

สกัดพลาสมิดดีเอ็นเอโดยใช้ชุดสกัด GeneJET™ Plasmid Miniprep Kit (Fermentas) ตรวจสอบพลาสมิดดีเอ็นเอที่ได้ ด้วยวิธี Electrophoresis บน 1.5% agarose gel และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C

4.6 การตรวจสอบการปรากฏของยีนแอลฟา อะไมเลส ใน Cloning vector โดยเทคนิค PCR

นำพลาสมิดดีเอ็นเอที่ได้จากข้อ 4.5 ไปตรวจสอบการปรากฏของยีนด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ไพรเมอร์ M13-F 5' GTTTTCCCAGTCACGAC 3' และ M13-R 5' TCACACAGGAAACAGCTATGA C 3' ตั้งรอบของการทำปฏิกิริยา PCR ดังนี้ Pre-Denature 95°C 7 นาที จำนวน 1 รอบ ตามด้วยขั้นตอน Denature 94°C 30 วินาที, Annealing 60°C 30 วินาที, Extension 72°C 2 นาที จำนวน 25 รอบ และอุณหภูมิ 72°C 5 นาที จำนวน 1 รอบ วิเคราะห์ผลผลิต PCR ด้วยวิธี Electrophoresis บน 1.5% agarose gel

4.7 การเชื่อมต่อชิ้นยีนแอลฟา อะไมเลส เข้ากับ Protein Expression Vector pQE-80L (QIAGEN)

4.7.1 การเตรียมชิ้นยีนแอลฟา อะไมเลส และ pQE–80L Vector (ขนาด 4,751 คู่เบส)

นำพลาสมิดดีเอ็นเอที่มียีนแอลฟา อะไมเลส จากข้อ 4.5 และพลาสมิดดีเอ็นเอของ pQE–80L vector นำมาตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Kpn*I และ *Hind*III เตรียมส่วนผสมปฏิกิริยาปริมาตรทั้งสิ้น 20 ไมโครลิตร ดังนี้ พลาสมิดดีเอ็นเอของยีนแอลฟา อะไมเลส/ pQE–80L Vector 2 ไมโครลิตร, 1X FastDigest Buffer 2 ไมโครลิตร, 1U FastDigest enzyme *Kpn*I 1 ไมโครลิตร, 1U FastDigest enzyme *Hind*III 1 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรด้วย ddH_2O ผสมปฏิกิริยาให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 60 นาที และหยุดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 80°C นาน 10 นาที หลังจากนั้นนำมาแยกด้วย 1.2% low melting gel electrophoresis ย้อมด้วย Gel Star (Cambrex) ตัดแถบดีเอ็นเอที่ต้องการบนเครื่อง Dark Reader Transilluminator สกัดดีเอ็นเอจากเจลโดยใช้ชุด QIAquick Gel Extraction Kit จะได้ชิ้นยีนแอลฟา อะไมเลส ขนาดประมาณ 2 กิโลเบส และเวคเตอร์ขนาดประมาณ 5 กิโลเบส โดยที่ปลายข้างหนึ่งเป็นตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Kpn*I และอีกข้างหนึ่งเป็นตำแหน่งของเอนไซม์ *Hind*III

4.7.2 การเชื่อมต่อชิ้นยีนแอลฟา อะไมเลส เข้ากับ pQE–80L Vector

การเชื่อมต่อชิ้นยีนเข้ากับ Expression vector pQE – 80L เตรียมส่วนผสมของปฏิกิริยาปริมาตร 20 ไมโครลิตร ดังนี้ ชิ้นดีเอ็นเอของยีนแอลฟา อะไมเลส (100 นาโนกรัม) 2 ไมโครลิตร, pQE– 80L vector (50 นาโนกรัม) 2 ไมโครลิตร, 1X Ligation Buffer 2 ไมโครลิตร, T4 DNA ligase

1 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรด้วย ddH_2O บ่มปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 22˚C นาน 1 ชั่วโมง และหยุดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 65˚C นาน 10 นาที เก็บหลอดปฏิกิริยา Ligation ไว้ที่อุณหภูมิ 4˚C

4.8 การถ่ายฝากยีนยีนแอลฟา อะไมเลส เข้าสู่เซลล์แบคทีเรีย *E. coli* สายพันธุ์ DH5α

ถ่ายฝากพลาสมิดดีเอ็นเอสายผสม (Ligation) เข้าไปเพิ่มปริมาณใน competent cell (*E. coli* สายพันธุ์ DH5α) โดยวิธี heat shock transformation (Fritsch *et al*., 1989) แล้วนำไปเลี้ยงเพิ่มปริมาณบนอาหารแข็ง LB-ampicillin (50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) (ทำเช่นเดียวกับข้อ 4.4) คัดเลือกโคโลนีเดี่ยวมาทำการสกัดพลาสมิดดีเอ็นเอ (ทำเช่นเดียวกับข้อ 4.5) เพื่อตรวจสอบการปรากฏของยีนในเซลล์แบคทีเรียที่ได้รับการถ่ายฝากพลาสมิดดีเอ็นเอสายผสมต่อไป

4.9 การตรวจสอบการปรากฏของยีนใน Expression Vector (pQE–80L Vector)

4.9.1 การตรวจสอบการปรากฏของยีนด้วยเทคนิค PCR

ตรวจสอบการปรากฏของยีนในพลาสมิดดีเอ็นเอด้วยปฏิกิริยา PCR โดยใช้ไพรเมอร์ pQE (forward) 5’ CGGATAACAATTTCACACAG 3’ และpQE (reverse) 5’ GTTCTGAGGTCATTACTGG 3’ตั้งรอบของการทำปฏิกิริยา PCR ดังนี้ ขั้นตอน Pre-Denature 95˚C 7 นาที จำนวน 1 รอบ ตามด้วยขั้นตอน Denature 94˚C 30 วินาที, Annealing 55˚C 30 วินาที, Extension 72˚C 3 นาที จำนวน 30 รอบ และอุณหภูมิ 72˚C 5 นาที จำนวน 1 รอบ ตรวจวิเคราะห์ผลผลิต PCR ขนาดประมาณ 1,500 คู่เบส โดยวิธี Electrophoresis บน 1.5% agarose gel เทียบขนาดของดีเอ็นเอกับดีเอ็นเอมาตรฐาน 1 kb DNA ladder marker (Fermentas) เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ -20˚C

4.9.2 การตรวจสอบการปรากฏของยีนด้วยการใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ

นำพลาสมิดดีเอ็นเอที่สกัดได้ไปตรวจสอบความถูกต้องในการเชื่อมต่อชิ้นยีนโดยการตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Kpn*I และ *Hind*III เตรียมส่วนผสมปฏิกิริยาปริมาตรทั้งสิ้น 20ไมโครลิตร ดังนี้ พลาสมิดดีเอ็นเอ 2ไมโครลิตร 1X FastDigest Buffer 2 ไมโครลิตร, 1U FastDigest enzyme *Kpn*I 1ไมโครลิตร, 1U FastDigest enzyme *Hind*III 1 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรด้วย ddH_2O นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37˚C นาน 40 นาที และหยุดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 80˚C นาน 10 นาที ตรวจสอบขนาดดีเอ็นเอด้วยวิธี Electrophoresis บน 1.5% agarose gel

4.10 การถ่ายฝากพลาสมิดดีเอ็นเอสายผสมเข้าสู่เซลล์ *E. coli* สายพันธุ์ BL21 (DE3) เพื่อการผลิตโปรตีน

ทำการถ่ายฝากยีนอะไมเลสเข้าสู่เซลล์ *E. coli* สายพันธุ์ BL21 (DE3) โดยการนำพลาสมิดดีเอ็นเอของพลาสมิดสายผสม ปริมาตร 5 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอดที่มีคอมพิเทนต์เซลล์ *E. coli* สายพันธุ์ BL21 (DE3) ปริมาตร 50 ไมโครลิตร โดยวิธี heat shock transformation (Fritsch *et al*., 1989) จากนั้นนำไปเกลี่ยบนอาหารแข็ง LB-Ampicillin คัดเลือกโคโลนีสีขาวขนาดใหญ่ที่คาดว่ามีชิ้นยีนสอดแทรกอยู่ตรวจสอบการปรากฏของยีนและความถูกต้องในการถ่ายฝากด้วยเทคนิค PCR (ทำเช่นเดียวกับข้อ 4.9.1)

5. การทดสอบการแสดงออกในระดับโปรตีนของยีนแอลฟา อะไมเลส

5.1 การกระตุ้นการแสดงออกของโปรตีน (fusion protein) ในเซลล์ *E. coli* สายพันธุ์ BL21 (DE3)

เตรียมเชื้อ *E. coli* สายพันธุ์ BL21 (DE3) ที่มี recombinant plasmid ของยีนแอลฟา อะไมเลส ในอาหารเหลว LB-Ampicillin (50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37˚C เขย่าด้วยความเร็ว 200 รอบ/นาที วัดความขุ่นของอาหาร จนกระทั่ง OD_{600} เท่ากับ 0.5 จากนั้นทำการเปรียบเทียบการชักนำการแสดงออกของยีนด้วย isopropyl-β-D-thiogalactopyranoside (IPTG) และ Lactose เก็บตัวอย่างเซลล์ทุก

2 ชั่วโมง จนครบ 8 ชั่วโมง นำตัวอย่างแต่ละช่วงเวลาไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 10,000 รอบ/นาที นาน 1 นาที เพื่อเก็บตะกอนเซลล์ แล้วนำมาวิเคราะห์ขนาดของ recombinant protein บน 8% SDS–PAGE ใน Tris-glycine buffer ที่ความต่างศักย์คงที่ 120 โวลต์ นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นย้อมแผ่นเจลด้วยสารละลาย PageBlue™ Protein Staining Solution (Fermentas) ตรวจดูปริมาณของ fusion protein ในแต่ละชั่วโมง

5.2 การทำโปรตีนให้บริสุทธิ์และการวิเคราะห์ปริมาณ fusion protein ของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส

เลี้ยงเซลล์ของแบคทีเรีย *E. coli* สายพันธุ์ BL21 (DE3) ที่มี recombinant plasmid ของยีนแอลฟา อะไมเลส ในอาหารปริมาตร 1 ลิตร (ทำเช่นเดียวกับข้อ 5.1) ชักนำการแสดงออกของโปรตีนด้วย 3mM Lactose นาน 6 ชั่วโมง เก็บตะกอนเซลล์ จากนั้นทำการแยกขนาด fusion protein ด้วยชุด HisTALON™ Gravity Columns Purification Kit (Clontech) ละลายตะกอนเซลล์ที่ได้ด้วย HisTALON xTractor Buffer ปริมาตร 2 มิลลิลิตร/ตะกอนเซลล์ 100 มิลลิกรัม เติม DNaseI 1 ไมโครลิตร/ตะกอนเซลล์ 100 มิลลิกรัม นำไปบ่มไว้บนน้ำแข็ง เป็นเวลา 15 นาที แล้วจึงนำมาทำให้เซลล์แตกโดยใช้เครื่อง Ultrasonicator เป็นเวลา 1 นาที โดยแบ่งเป็นช่วงสั้นๆ ช่วงละ 10 วินาที นำมาปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 10,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 20 นาที เก็บส่วนน้ำใส (crude extract) ไว้ที่ -20°C จากนั้นทำการล้าง HisTALON Gravity Columns ด้วย Equilibrate Buffer จำนวน 5-10 column นำ curd extract ที่เก็บไว้มาผ่าน column ล้างด้วย Equilibration Buffer 8 เท่าของ column ตามด้วย Wash Buffer 7 เท่าของ column เติม Elute Buffer 5-8 เท่าของ column เก็บสารละลายโปรตีนที่ผ่าน column ออกมาเป็นส่วนๆ (fraction) ส่วนละ 1 มิลลิลิตร ทำการวิเคราะห์ปริมาณ fusion protein ที่ได้ด้วยวิธี Bradford protein assay โดยนำโปรตีนที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์มาทำปฏิกิริยากับ Bradford Reagent Solution (Fermentas) เป็นเวลา 5 นาที วัดค่า OD_{590} วิเคราะห์หาความเข้มข้นของโปรตีนที่ได้โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน และตรวจสอบความบริสุทธิ์ของ fusion protein ด้วยวิธี SDS-PAGE (Sambrook *et al*., 1989) วิเคราะห์หาน้ำหนักโมเลกุลของ fusion protein โดยเปรียบเทียบกับ protein molecular weight standards

5.3 การทดสอบกิจกรรมของ crude protein โดยวิธี Bioassay technique

ทำการเลี้ยงเพิ่มปริมาณเซลล์ของ *E. coli* สายพันธุ์ BL21 (DE3) ที่มี recombinant plasmid ในอาหาร LB-Ampicillin ชักนำการแสดงออกของโปรตีนด้วยสาร 3 mM Lactose นาน 6 ชั่วโมง (ทำเช่นเดียวกับข้อ 5.1) ทดสอบกิจกรรมของ crude enzyme ปริมาตร 20 ไมโครลิตร โดยหยดลงในอาหารแป้ง (1 ลิตร : มันสำปะหลังบดอบแห้ง 10 กรัม ผงวุ้น 20 กรัม และน้ำกลั่น) ที่เจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร บ่มที่อุณหภูมิ 55, 65 และ 70°C นาน 6 ชั่วโมง ตรวจสอบกิจกรรมการย่อยแป้งมันสำปะหลังของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส โดยการเททับด้วยสารละลายไอโอดีน สังเกตการเกิดวงใส (clear zone) เปรียบเทียบกับเอนไซม์ที่ผลิตเป็นการค้า

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเก็บรวบรวม และแยกเชื้อ *Bacillus* spp. ให้บริสุทธิ์

จากการเก็บรวบรวมตัวอย่างเชื้อ *Bacillus* spp. จากแหล่งต่างๆ ได้แก่ ดินป่า เศษมันเส้น ดิน และน้ำบริเวณลานตากมันสำปะหลัง และผลิตภัณฑ์จากแป้งเน่าเสียชนิดต่างๆ เมื่อนำมาคัดแยกเชื้อโดยวิธี dilution spread plate บนอาหาร NA นำบ่มที่อุณหภูมิห้อง (28-30°C) นาน 24 ชั่วโมง พบว่า สามารถแยกเชื้อ *Bacillus* spp. บริสุทธิ์ ได้ทั้งสิ้น 476 ไอโซเลท โดย 236 ไอโซเลท สามารถแยกได้จากดินป่าใน

จังหวัดลำพูน พะเยา แพร่ น่าน เพชรบูรณ์ อุตรดิตถ์ พิษณุโลก ระนอง ภูเก็ต ชุมพร ตรัง 197 ไอโซเลท แยกได้จากน้ำเสียและมันเส้นบริเวณลานตากมันสำปะหลัง และ 43 ไอโซเลท แยกได้จากผลิตภัณฑ์จากแป้งเน่าเสียชนิดต่างๆ (Table 1)

2. การคัดเลือกเชื้อ *Bacillus* spp. ที่มีศักยภาพในการผลิตเอนไซม์อะไมเลส

2.1 การตรวจสอบประสิทธิภาพในการย่อยแป้งบนอาหาร starch agar

เชื้อ *Bacillus* spp. ที่คัดแยกได้จากแหล่งต่างๆ ทั้งสิ้น 476 ไอโซเลท ทำการศึกษาประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์อะไมเลส โดยวิธีวัดการสร้างวงใส (Clear zone) ในอาหารแข็งที่มีแป้ง 1% เป็นองค์ประกอบ (Figure 1) หลังการตรวจสอบการย่อยแป้งโดยเททับด้วยสารละลายไอโอดีน พบว่าสามารถแบ่งเชื้อ *Bacillus* spp. ได้เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ไม่สร้างวงใส จำนวน 198 ไอโซเลท กลุ่มที่ 2 ระดับต่ำ (∅วงใส 1 - 19 มิลลิเมตร) จำนวน 186 ไอโซเลท กลุ่มที่ 3 ระดับปานกลาง (∅วงใส 20 - 39 มิลลิเมตร) จำนวน 76 ไอโซเลท และกลุ่มที่ 4 ระดับดี (∅วงใส > 40 มิลลิเมตร) จำนวน 16 ไอโซเลท โดยพบว่าเชื้อ *Bacillus* spp. ที่เก็บรวบรวมจากน้ำเสียและมันเส้นบริเวณลานตากมันสำปะหลังให้ตัวอย่างเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการย่อยแป้งบนอาหารในระดับปานกลางและดี (∅ วงใส >20 มิลลิเมตร) จำนวน 43 และ 11 ไอโซเลท คิดเป็น 21.8% และ 5.5% ตามลำดับ จากจำนวนที่แยกได้ทั้งสิ้น 197 ไอโซเลท (Table 1)

2.2 การตรวจสอบประสิทธิภาพในการทำให้น้ำแป้งเหลว (liquefaction)

การทดสอบการทำให้น้ำแป้งเหลว (liquefaction) เป็นขั้นตอนการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล โดยการนำเชื้อ ในกลุ่มที่ 3 (ระดับปานกลาง) จำนวน 76 ไอโซเลท และ กลุ่มที่ 4 (ระดับดี) จำนวน 16 ไอโซเลท ซึ่งผ่านการคัดเลือกบนอาหาร starch agar (จากข้อ 2.1) รวมทั้งสิ้น 92 ไอโซเลท มาทำการเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลวที่มีแป้ง 1% เป็นองค์ประกอบ จากการทดลองพบเชื้อ *Bacillus* spp. ที่มีกิจกรรมการย่อยแป้ง ซึ่งมีการเปลี่ยนสีของสารละลายไอโอดีนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำเงิน (Figure 2) ในระดับต่างๆ ดังนี้ ระดับต่ำ (+ = สีน้ำเงินเข้ม) จำนวน 29 ไอโซเลท, ระดับกลาง (++ = สีน้ำตาลเข้ม) จำนวน 36 ไอโซเลท, ระดับดี (+++ = สีน้ำตาลอมเขียว) จำนวน 16 ไอโซเลท และระดับดีมาก (++++ = สีเหลือง) จำนวน 11 ไอโซเลท ซึ่งได้แก่ ไอโซเลท LP11-2, LP11-6, C5-1, D1-1, E1-6, Aa1-4, Aa3-1, Aa6-2, G1-2, Y-5 และ 7*-2 ซึ่ง Skoog *et al.* (1996) ได้อธิบายการเปลี่ยนสีของสารละลายไอโอดีนในปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นไว้ว่า สีน้ำเงินที่เกิดจากการเติมสารแขวนลอยแป้งลงในสารละลายไอโอดีน (I_2) นั้นเกิดจากไอโอดีน (I_2) เข้าไปแทรกตัวอยู่ในโครงสร้างแบบบันไดเกลียว (helical chain) ของแป้ง เช่น amylose ทำให้เห็นเป็นสารสีน้ำเงิน ซึ่งบันทึกผลได้ว่าเกิดปฏิกิริยาการย่อยแป้งต่ำมาก

Table 1. Source sampling of various Bacillus spp. isolates and the results of clear zone induction

Source	Code	Number of isolates	∅ clear zone (mm.)			
			0	1-19	20-39	> 40
1. soil		**(236)**	**(120)**	**(98)**	**(14)**	**(4)**
- Chumphon	CP	20	4	16	-	-
- Lamphun	LP	24	10	8	2	4
- Nan	Nan	23	12	9	2	-
- Phayao	PY	31	8	15	8	-
- Phrae	PR	38	17	19	2	-
- Phetchabun	PS	17	11	6	-	-
- Phitsanulok	PS	17	12	5	-	-
- Phuket	PK	19	16	3	-	-
- Ranong	RN	23	16	7	-	-
- Uttaradit	UTD	8	7	1	-	-
- Trang	TR	16	7	9	-	-
2. waste water and cassava chip on cassava drying ground		**(197)**	**(77)**	**(66)**	**(43)**	**(11)**
- Buri Ram	A,B,C,D	37	20	10	4	3
- Kamphaeng Phet	Aa,Bb,Cc	74	21	19	27	7
- Kanchanaburi	K	12	8	4	-	-
- Nakhon Ratchasima	E,F,G,H,I	74	28	33	12	1
3. flour products		**(43)**	**(1)**	**(22)**	**(19)**	**(1)**
- cassava flour	1	3	-	3	-	-
- fermented cassava flour	1*	3	-	3	-	-
- cassava flour (Chok chai)	2	5	-	1	4	-
- maize flour (G3 Nestle Load)	3	3	-	1	2	-
- maize flour with germ	4	4	-	3	1	-
- cassava flour 11436	6	3	-	2	-	1
- fermented maize flour	7*	3	-	-	3	-
- cassava flour (1 year)	8	3	-	3	-	-
- cassava flour (Kamphaeng Phet)	9	9	1	4	4	-
- cassava flour 11645	10*	2	-	1	1	-
- fermented cassava	Y	5	-	1	4	-
Total		**476**	**198**	**186**	**76**	**16**



Figure 1. Amylase activity test on 1% soluble starch agar.

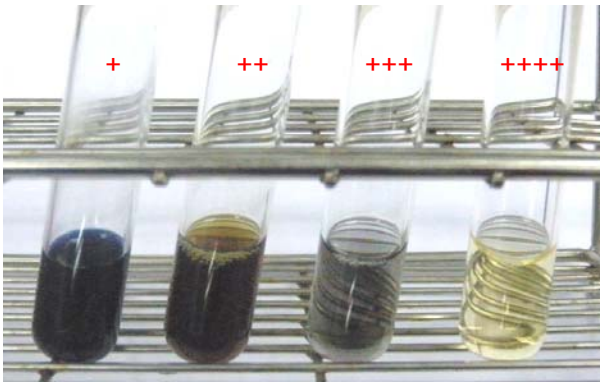


Figure 2. Effects of amylase activity assay by iodine color changes on 1% starch broth medium.
- low activity (dark blue color = +) - moderate activity (dark brown color = ++)
- high activity (brown-green color = +++) - very high activity (yellow color = ++++)

2.3 การวัดกิจกรรมการย่อยแป้งในรูปของน้ำตาลรีดิวส์ (Reducing sugar)

โดยนำเชื้อ *Bacillus* spp. ทั้ง 11 ไอโซเลท (จากข้อ 2.2) มาทำการศึกษากิจกรรมการย่อยแป้งในรูปของน้ำตาลรีดิวส์ พบว่า ไอโซเลทที่ให้ค่าน้ำตาลรีดิวส์สูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ไอโซเลท D1-1 (2,154.35 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร), E1-6 (1,844.10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) และ Aa1-4 (1,823.58 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) รองลงมา คือ ไอโซเลท G1-2, 7*-2, C5-1, Aa3-1, LP11-2, Aa6-2, Y-5 และ LP11-6 ตามลำดับ โดยทุกไอโซเลทมีประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์อะไมเลสได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อ *B. licheniformis* (control) ยกเว้นไอโซเลท LP11-6 ซึ่งให้ค่าน้ำตาลรีดิวส์น้อยที่สุด

ส่วนค่า specific activity คำนวณได้จากสัดส่วนของค่ากิจกรรมของเอนไซม์และโปรตีนทั้งหมด โดยไอโซเลท D1-1 ให้ค่า specific activity สูงสุด เท่ากับ 2.19 ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน รองลงมา คือ ไอโซเลท 7*-2, E1-6, Aa3-1, G1-2, Aa6-2, LP11-6, Aa1-4, C5-1, LP11-2 และ Y-5 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังให้ค่า Reducing sugar เท่ากับ 2,154.35 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ปริมาณโปรตีน เท่ากับ 1.09 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และให้ค่ากิจกรรม (activity) ของเอนไซม์สูงสุด เท่ากับ 2.39 ยูนิต/มิลลิลิตร [1 ยูนิต (U) หมายถึง ปริมาณเอนไซม์ ที่ผลิตน้ำตาลรีดิวซ์ 1 ไมโครโมลาร์/นาที ภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 40˚C] (Table 2)

Table 2. Starch hydrolysis activity assay occurred in amylase enzymes produced by different *Bacillus* isolates

Isolates	Reducing sugar	Enzymes activity	Total protein	Specific activity
LP11-2	1,477.43	1.64	1.25	1.32
C5-1	1,644.10	1.83	1.37	1.33
D1-1	2,154.35	2.39	1.09	2.19
E1-6	1,844.10	2.05	1.11	1.84
Aa1-4	1,823.58	2.02	1.43	1.42
Aa3-1	1,515.89	1.68	1.06	1.58
Aa6-2	1,285.12	1.43	0.92	1.55
Y-5	1,141.53	1.27	1.26	1.01
7*-2	1,685.12	1.87	0.90	2.08
G1-2	1,767.17	1.96	1.26	1.56
LP11-6	1,059.48	1.18	0.82	1.43
B. licheniformis	1,200.51	1.33	1.48	0.90

Remarks: One enzyme unit (U) was defined as the amount of enzyme that released 1 μmol of reducing sugar $mL^{-1}min^{-1}$ at 40^0C, with D-glucose as the standard, under the standard assay conditions described above.

2.4 การทดสอบการย่อยแป้งของเชื้อ *Bacillus* spp. ที่อุณหภูมิต่างๆ

การศึกษาการย่อยแป้งของเชื้อ *Bacillus* spp. ที่คัดเลือกได้ทั้ง 11 ไอโซเลท (จากข้อ 2.2) ในอาหารเหลวที่มีแป้ง 1 % เป็นองค์ประกอบ เมื่อนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37, 45 และ 55˚C แล้วนำมาทดสอบการย่อยแป้งโดยวิธีการทำให้น้ำแป้งเหลว (liquefaction) หลังจากบ่มเชื้อนาน 72 ชั่วโมง ที่สภาวะอุณหภูมิ 37 และ 45˚C พบว่า เชื้อ *Bacillus* spp. ทั้ง 11 ไอโซเลท มีกิจกรรมการย่อยแป้งได้ดี โดยให้สีในปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีนในระดับดี (+++ = สีน้ำตาลอมเขียว) และดีมาก (++++ = สีเหลือง) ส่วนที่สภาวะอุณหภูมิ 55˚C พบ 2 ไอโซเลท ที่มีกิจกรรมการย่อยแป้งที่ดี คือ ไอโซเลท D1-1 และ E1-6 (Table 3) ซึ่งเอนไซม์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยแป้งที่อุณหภูมิสูงมีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอล หรือ อุตสาหกรรมการผลิต crystalline glucose และการผลิต sugar syrup ชนิดต่างๆ เนื่องจากในกระบวนการผลิตจำเป็นต้องทำให้แป้งสุกโดยใช้ความร้อน แล้วจึงใช้เอนไซม์ย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลต่อไป ซึ่งหากว่าเอนไซม์ที่ได้สามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิสูงก็จะช่วยประหยัดพลังงานและเวลาในการลดอุณหภูมิของแป้งสุกลงได้

งานวิจัยนี้จึงได้คัดเลือกเชื้อ *Bacillus* sp. ไอโซเลท D1-1 ซึ่งมีประสิทธิภาพในการย่อยแป้งที่ดีและสามารถทนต่ออุณหภูมิ 55˚C เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาการโคลนยีนอะไมเลสต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Cornelis *et al.* (1982) รายงานว่า แบคทีเรียสกุล *Bacillus* เป็นจุลินทรีย์ที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรม เกือบทุกสายพันธุ์สามารถพบอยู่ตามธรรมชาติ ในดิน น้ำ และอากาศ ซึ่งทำให้สามารถผลิตเอนไซม์และสารสำคัญบางอย่างที่มีคุณสมบัติที่ดี เพื่อให้ตอบสนองกับความต้องการของผู้ใช้ หรือวัตถุประสงค์ของการใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตในระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่

Table 3. The starch hydrolysis activity assay of cassava flour inoculate by 11 *Bacillus* isolates compared with *B. licheniformis* at 37, 45 and 55 °C.

Isolates	Hydrolysis Activity		
	37 °C	45 °C	55 °C
G1-2	++++	++++	+
C5-1	++++	++++	+
7*-2	++++	+++	+
Aa1-4	+++	++++	+
Aa3-1	+++	++++	+
Aa6-2	+++	++++	+
D1-1	++++	++++	++++
E1-6	++++	++++	+++
LP11-2	++++	++++	+
LP11-6	++++	++++	+
Y-5	++++	++++	+

Remarks: The level of iodine color changes in starch hydrolysis activity assay.

- low activity (dark blue color = +)
- moderate activity (dark brown color = ++)
- high activity (brown-green color = +++)
- very high activity (yellow color = ++++)

3. การจำแนกเชื้อ *Bacillus* sp. ไอโซเลท D1-1 โดยใช้เทคนิคทางชีวโมเลกุล

จำแนกเชื้อ *Bacillus* sp. ไอโซเลท D1-1 ซึ่งผ่านการคัดเลือกโดยวิธีการทดสอบประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์อะไมเลสโดยวิธีการต่างๆ ได้แก่ การวัดการสร้างวงใสรอบโคโลนี การทดสอบการทำให้น้ำแป้งเหลว (liquefaction) และการวัดกิจกรรมการย่อยแป้งในรูปของน้ำตาลรีดิวส์ โดยวิธีการทางชีวโมเลกุล พบว่ามีความคล้ายคลึงกับเชื้อ *B. subtilis* ที่ความเหมือน 99 % (Figure 3a, 3b)

4. การโคลนยีนแอลฟา อะไมเลส จากเชื้อ *Bacillus* sp. ไอโซเลท D1-1

การเพิ่มปริมาณยีนอะไมเลส จาก genomic DNA ของเชื้อ *B. subtilis* ไอโซเลท D1-1 ด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ไพรเมอร์ Bamy401F, Bamy401R ซึ่งมีตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Kpn*I และ *Hind*III ที่ปลาย 5’ พบว่าผลผลิต PCR ของชิ้นยีนอะไมเลสที่ได้ มีขนาดประมาณ 2 กิโลเบส (Figure 4a.) เมื่อนำชิ้นยีนอะไมเลสที่ได้เชื่อมต่อเข้าสู่เวคเตอร์พาหะ T&A cloning vector แล้วทำการถ่ายฝากยีนเข้าสู่เซลล์ *E. coli* สายพันธุ์ DH5α โดยวิธี heat shock transformation (Fritsch *et al*., 1989) คัดเลือกโคลนที่มีชิ้นยีนอะไมเลสแทรกอยู่ เมื่อนำมาสกัดพลาสมิดดีเอ็นเอ พบว่าพลาสมิดที่สกัดได้มีขนาดประมาณ 5 กิโลเบส (Figure 4b) แล้วนำไปวิเคราะห์การเรียงลำดับของสารพันธุกรรม เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของยีน พบว่า ยีนอะไมเลส มีลำดับนิวคลีโอไทด์ เท่ากับ 1,980 คู่เบส เมื่อเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล NCBI และมีความคล้ายคลึงกับยีนแอลฟา อะไมเลส ของเชื้อ *B. subtilis* (Accession No. EU195860.1) ที่ความเหมือน 99% (Figure 5) เมื่อนำลำดับเบสไปเข้าโปรแกรม http://tools.neb.com/NEBcutter2/ เพื่อหาตำแหน่ง ORF พบว่า สามารถแปรรหัสเป็นโปรตีนโดยมีลำดับของกรดอะมิโนเท่ากับ 659 อะมิโนแอซิด (Figure 6) และเมื่อเปรียบเทียบลำดับของกรดอะมิโนกับฐานข้อมูลโปรตีน NCBI พบมีความคล้ายคลึงกับ

ลำดับเปปไทด์ แอลฟา อะไมเลส ของเชื้อ *B. subtilis* (Accession No. ABW75769.1) ที่ ความเหมือน 99% (Figure 7)

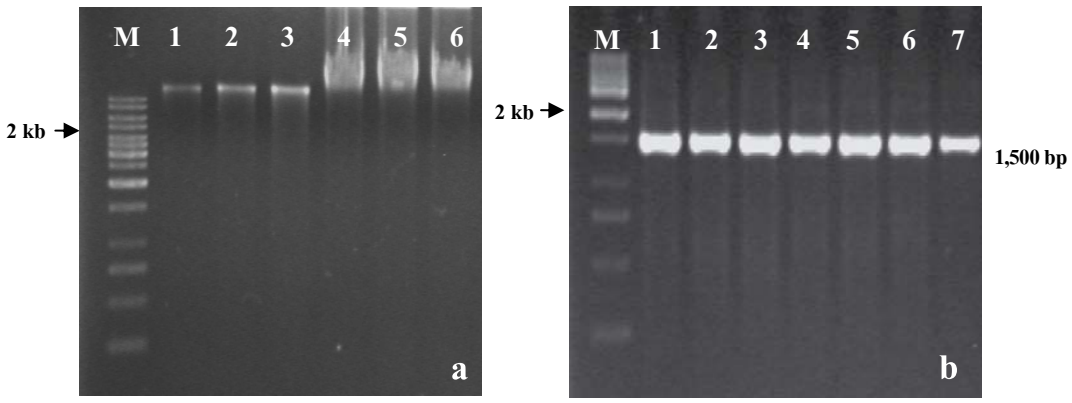


Figure 3 **a.** Genomic DNA isolated from *Bacillus* sp. analyzed on 1% agarose gel.
Lane M, 1 kb DNA ladder (Fermentas); lane 2-4, DNA mass standard marker; lane 1-6, Genomic DNA from from *Bacillus* sp. D1-1**.**

b. PCR products of 16S rDNA regions derived from amplifying genomic DNA of *Bacillus* spp. by using specific primer F1:S16, 1 (forward) and R5 : S16,12 (reverse) (Lane, 1991).
Lane M, 1 kb DNA ladder (Fermentas); lane 1-7, PCR products from *Bacillus* sp. D1-1.

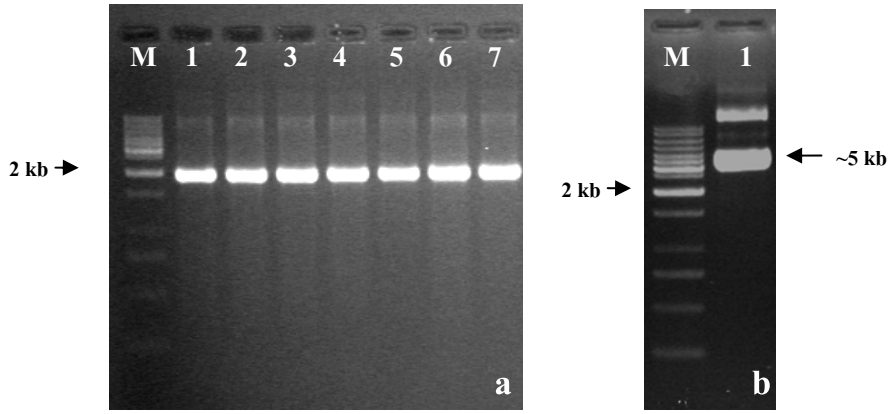


Figure 4 **a.** PCR Product of α-amylase gene (1,980 bp) from *Bacillus* isolate D1-1.
Lane M; 1 kb DNA ladder (Fermentas), lane 1-7; PCR product from *Bacillus* sp. D1-1.

b. Recombinant plasmid DNA of α-amylase gene separated by 1.5 % agarose gel.
Lane M; 1 kb DNA ladder (Fermentas), lane 1; DNA of T&A Cloning vector ligated with α-amylase gene (size ~5 kb)

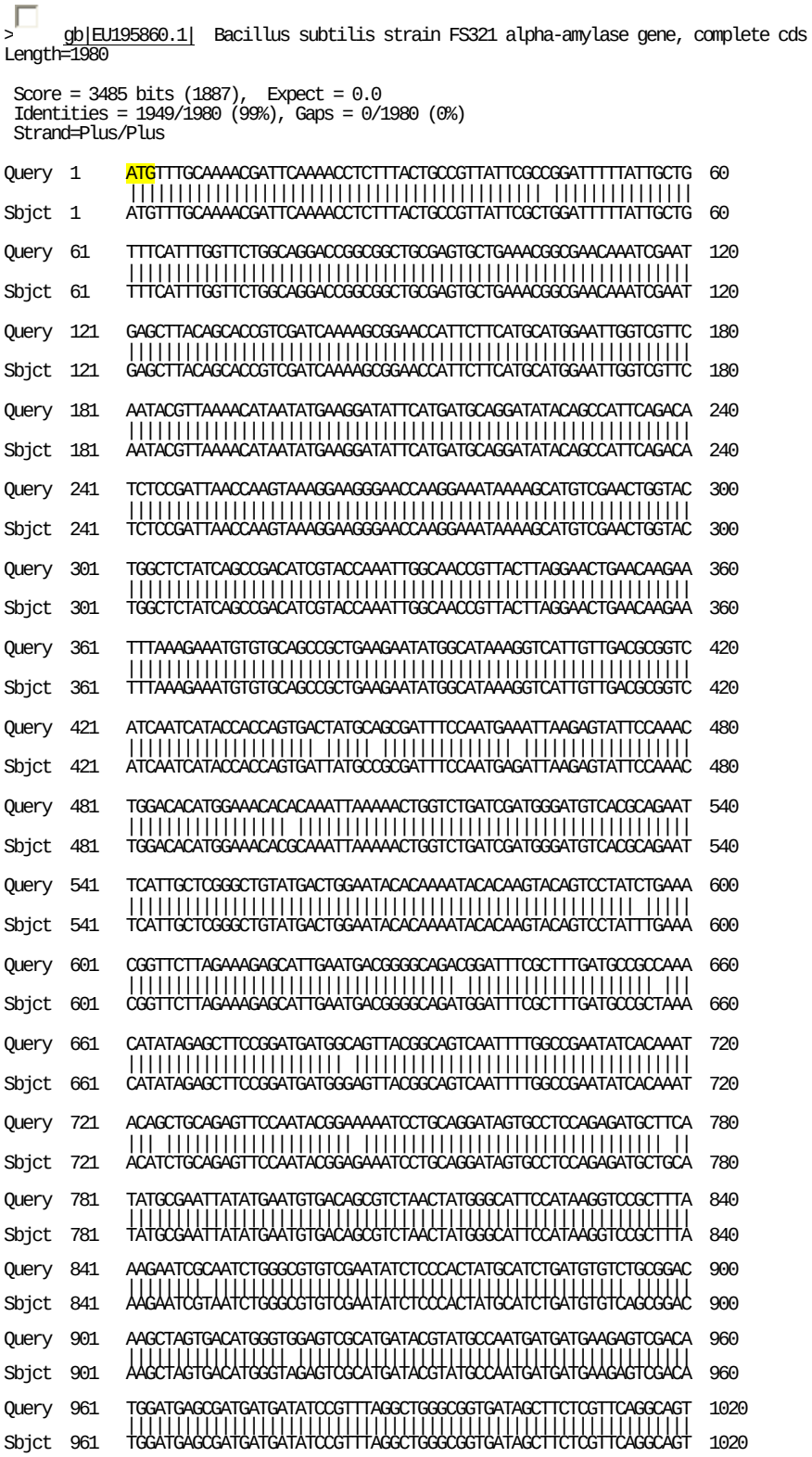


Figure 5. Nucleotide sequence alignment of *B. subtilis* D1-1 α-amylase gene compared with the same regions of *B. subtilis* (accession No. EU195860.1) in GenBank database (NCBI) (99% similarity). The start (ATG) and stop (TGA) codons are highlighted.

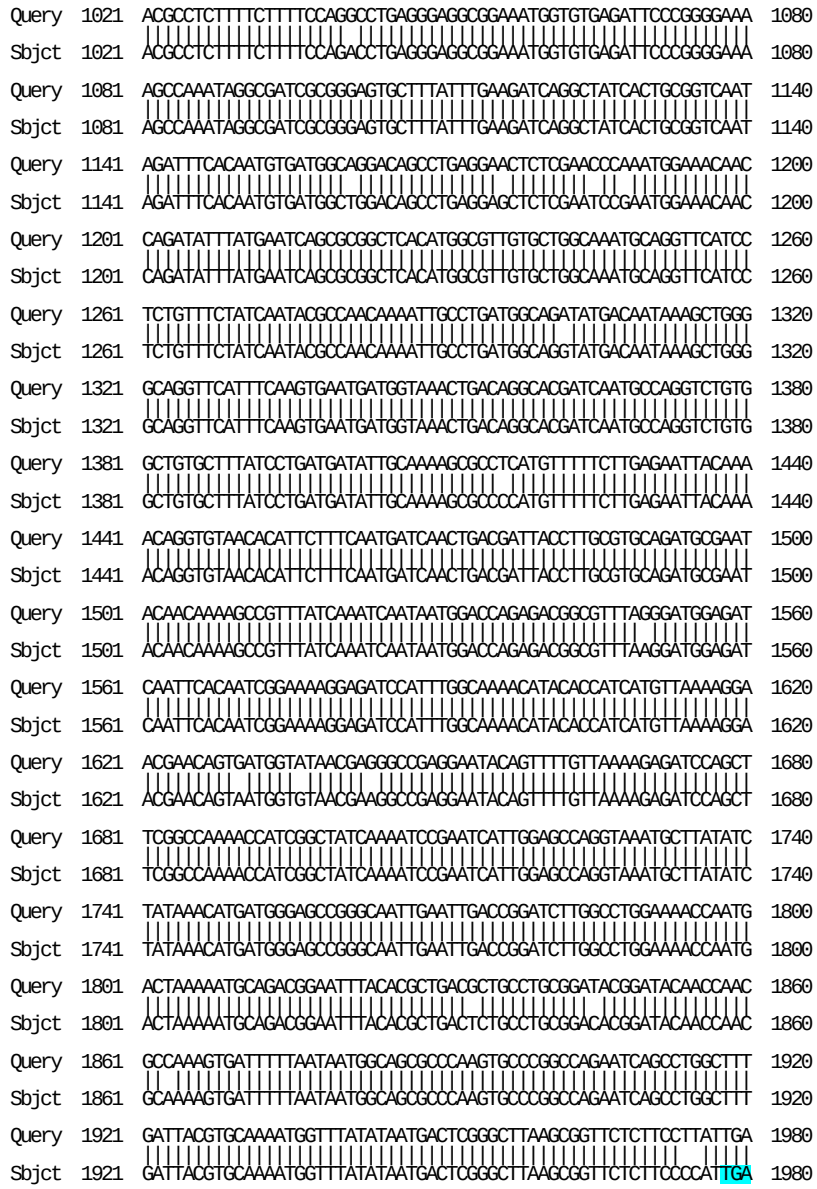
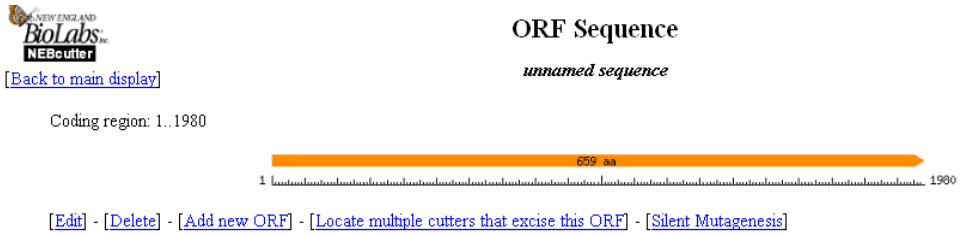


Figure 5. (cont.) Nucleotide sequence alignment of *B. subtilis* D1-1 α-amylase gene compared with the same regions of *B. subtilis* (accession No. EU195860.1) in GenBank database (NCBI) (99% similarity). The start (ATG) and stop (TGA) codons are highlighted.

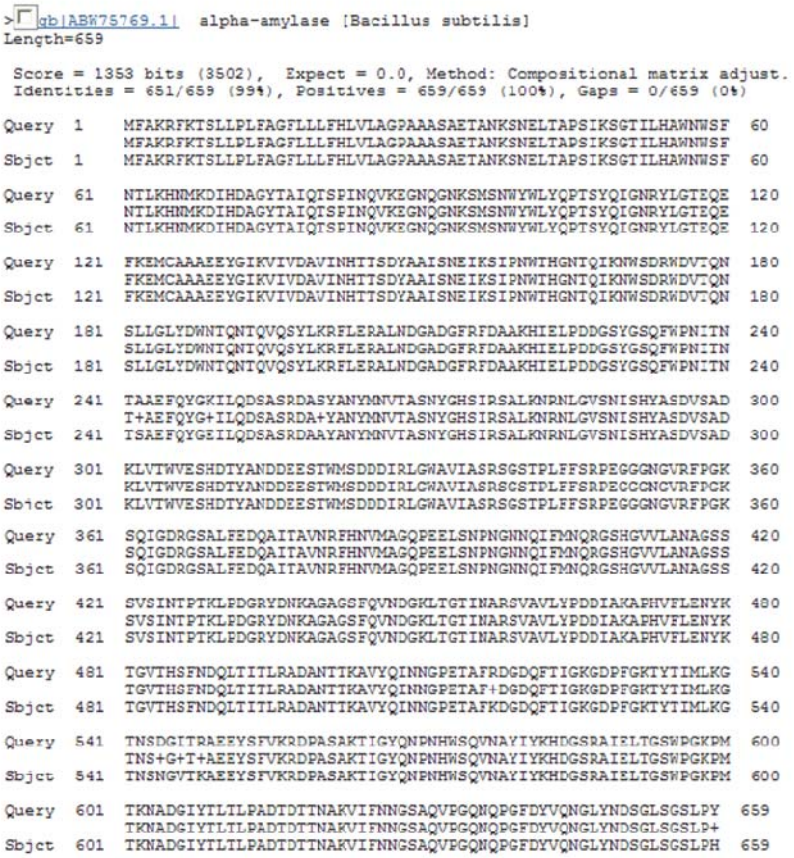


Protein sequence:

> 659 aa

MFAKRFKTSL LPLFAGFLLL FHLVLAGPAA ASAETANKSN ELTAPSIKSG
TILHAWNWSF NTLKHNMKDI HDAGYTAIQT SPINQVKEGN QGNKSMSNWY
WLYQPTSYQI GNRYLGTEQE FKEMCAAAEE YGIKVIVDAV INHTTSDYAA
ISNEIKSIPN WTHGNTQIKN WSDRWDVTQN SLLGLYDWNT QNTQVQSYLK
RFLERALNDG ADGFRFDAAK HIELPDDGSY GSQFWPNITN TAAEFQYGKI
LQDSASRDAS YANYMNVTAS NYGHSIRSAL KNRNLGVSNI SHYASDVSAD
KLVTWVESHD TYANDDEEST WMSDDDIRLG WAVIASRSGS TPLFFSRPEG
GGNGVRFPGK SQIGDRGSAL FEDQAITAVN RFHNVMAGQP EELSNPNGNN
QIFMNQRGSH GVVLANAGSS SVSINTPTKL PDGRYDNKAG AGSFQVNDGK
LTGTINARSV AVLYPDDIAK APHVFLENYK TGVTHSFNDQ LTITLRADAN
TTKAVYQINN GPETAFRDGD QFTIGKGDPF GKTYTIMLKG TNSDGITRAE
EYSFVKRDPA SAKTIGYQNP NHWSQVNAYI YKHDGSRAIE LTGSWPGKPM
TKNADGIYTL TLPADTDTTN AKVIFNNGSA QVPGQNQPGF DYVQNGLYND
SGLSGSLPY

Figure 6. The amino acid sequence of α-amylase gene (659 amino acids) analyzed by NEBcutter2 software.



```
>gb|ABW75769.1|  alpha-amylase [Bacillus subtilis]
Length=659

 Score = 1353 bits (3502),  Expect = 0.0, Method: Compositional matrix adjust.
 Identities = 651/659 (99%), Positives = 659/659 (100%), Gaps = 0/659 (0%)

Query  1    MFAKRFKTSLLPLFAGFLLLFHLVLAGPAAASAETANKSNELTAPSIKSGTILHAWNWSF  60
            MFAKRFKTSLLPLFAGFLLLFHLVLAGPAAASAETANKSNELTAPSIKSGTILHAWNWSF
Sbjct  1    MFAKRFKTSLLPLFAGFLLLFHLVLAGPAAASAETANKSNELTAPSIKSGTILHAWNWSF  60

Query  61   NTLKHNMKDIHDAGYTAIQTSPINQVKEGNQGNKSMSNWYWLYQPTSYQIGNRYLGTEQE  120
            NTLKHNMKDIHDAGYTAIQTSPINQVKEGNQGNKSMSNWYWLYQPTSYQIGNRYLGTEQE
Sbjct  61   NTLKHNMKDIHDAGYTAIQTSPINQVKEGNQGNKSMSNWYWLYQPTSYQIGNRYLGTEQE  120

Query  121  FKEMCAAAEEYGIKVIVDAVINHTTSDYAAISNEIKSIPNWTHGNTQIKNWSDRWDVTQN  180
            FKEMCAAAEEYGIKVIVDAVINHTTSDYAAISNEIKSIPNWTHGNTQIKNWSDRWDVTQN
Sbjct  121  FKEMCAAAEEYGIKVIVDAVINHTTSDYAAISNEIKSIPNWTHGNTQIKNWSDRWDVTQN  180

Query  181  SLLGLYDWNTQNTQVQSYLKRFLERALNDGADGFRFDAAKHIELPDDGSYGSQFWPNITN  240
            SLLGLYDWNTQNTQVQSYLKRFLERALNDGADGFRFDAAKHIELPDDGSYGSQFWPNITN
Sbjct  181  SLLGLYDWNTQNTQVQSYLKRFLERALNDGADGFRFDAAKHIELPDDGSYGSQFWPNITN  240

Query  241  TAAEFQYGKILQDSASRDASYANYMNVTASNYGHSIRSALKNRNLGVSNISHYASDVSAD  300
            T+AEFQYG+ILQDSASRDA+YANYMNVTASNYGHSIRSALKNRNLGVSNISHYASDVSAD
Sbjct  241  TSAEFQYGEILQDSASRDAAYANYMNVTASNYGHSIRSALKNRNLGVSNISHYASDVSAD  300

Query  301  KLVTWVESHDTYANDDEESTWMSDDDIRLGWAVIASRSGSTPLFFSRPEGGGNGVRFPGK  360
            KLVTWVESHDTYANDDEESTWMSDDDIRLGWAVIASRSGSTPLFFSRPEGGGNGVRFPGK
Sbjct  301  KLVTWVESHDTYANDDEESTWMSDDDIRLGWAVIASRSGSTPLFFSRPEGGGNGVRFPGK  360

Query  361  SQIGDRGSALFEDQAITAVNRFHNVMAGQPEELSNPNGNNQIFMNQRGSHGVVLANAGSS  420
            SQIGDRGSALFEDQAITAVNRFHNVMAGQPEELSNPNGNNQIFMNQRGSHGVVLANAGSS
Sbjct  361  SQIGDRGSALFEDQAITAVNRFHNVMAGQPEELSNPNGNNQIFMNQRGSHGVVLANAGSS  420

Query  421  SVSINTPTKLPDGRYDNKAGAGSFQVNDGKLTGTINARSVAVLYPDDIAKAPHVFLENYK  480
            SVSINTPTKLPDGRYDNKAGAGSFQVNDGKLTGTINARSVAVLYPDDIAKAPHVFLENYK
Sbjct  421  SVSINTPTKLPDGRYDNKAGAGSFQVNDGKLTGTINARSVAVLYPDDIAKAPHVFLENYK  480

Query  481  TGVTHSFNDQLTITLRADANTIKAVYQINNGPETAFRDGDQFTIGKGDPFGKTYTIMLKG  540
            TGVTHSFNDQLTITLRADANTIKAVYQINNGPETAF+DGDQFTIGKGDPFGKTYTIMLKG
Sbjct  481  TGVTHSFNDQLTITLRADANTIKAVYQINNGPETAFKDGDQFTIGKGDPFGKTYTIMLKG  540

Query  541  TNSDGITRAEEYSFVKRDPASAKTIGYQNPNHWSQVNAYIYKHDGSRAIELTGSWPGKPM  600
            TNS+G+T+AEEYSFVKRDPASAKTIGYQNPNHWSQVNAYIYKHDGSRAIELTGSWPGKPM
Sbjct  541  TNSNGVTKAEEYSFVKRDPASAKTIGYQNPNHWSQVNAYIYKHDGSRAIELTGSWPGKPM  600

Query  601  TKNADGIYTLTLPADTDTTNAKVIFNNGSAQVPGQNQPGFDYVQNGLYNDSGLSGSLPY  659
            TKNADGIYTLTLPADTDTTNAKVIFNNGSAQVPGQNQPGFDYVQNGLYNDSGLSGSLP+
Sbjct  601  TKNADGIYTLTLPADTDTTNAKVIFNNGSAQVPGQNQPGFDYVQNGLYNDSGLSGSLPH  659
```

Figure 7. Amino acids sequence of α-amylase gene from *B. subtilis* D1-1 compare with *B. subtilis* (Accession No. ABW75769.1) in Protein database (NCBI).

การสร้างพลาสมิดดีเอ็นเอสายผสมของยีนแอลฟา อะไมเลส ใน Expression Vector pQE–80L โดยการตัดชิ้นส่วนของพลาสมิดดีเอ็นเอตรงส่วนของตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Kpn*I และ *Hind*III ของ ยีนแอลฟา อะไมเลส และ พลาสมิดเวคเตอร์ pQE–80L vector สามารถตรวจพบชิ้นส่วนของ Expression Vector pQE–80L ที่ได้มีขนาดประมาณ 4.8 กิโลเบส และได้ชิ้นส่วนของยีนแอลฟา อะไมเลส ขนาดประมาณ 2 กิโลเบส (Figure 8) ภายหลังจากนำชิ้นส่วนของยีนแอลฟา อะไมเลส มาเชื่อมต่อกับ Expression Vector pQE–80L โดยใช้เอนไซม์ T4 DNA ligase เพื่อให้ได้ดีเอ็นเอสายผสม ขนาดประมาณ 7 กิโลเบส (Figure 9a, 9b) ถ่ายฝากพลาสมิดดีเอ็นเอสายผสมเข้าสู่เซลล์เจ้าบ้าน *E. coli* สายพันธุ์ DH5α สามารถตรวจสอบพบการปรากฏของยีนแอลฟา อะไมเลส ด้วยเทคนิคการตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Kpn*I และ *Hind*III ซึ่งจะได้ชิ้นดีเอ็นเอ 2 ขนาด คือ ชิ้นขนาด 4.8 กิโลเบส สำหรับเวคเตอร์ pQE–80L และชิ้นยีนแอลฟา อะไมเลส ขนาด 1,980 คู่เบส สำหรับการตรวจสอบโดยเทคนิค PCR โดยไพรเมอร์เวคเตอร์ pQE (forward), pQE (reverse) และการใช้ไพรเมอร์ของยีนแอลฟา อะไมเลส Bamy401F, Bamy401R ทำให้ได้ขนาดของผลผลิต PCR ประมาณ 2 กิโลเบส และ 1,980 คู่เบสตามลำดับ (Figure 10)

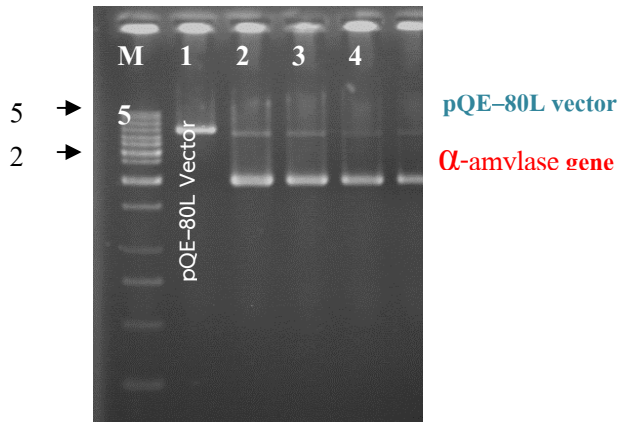


Figure 8. The purified DNA fragment of a protein expression vector (pQE–80L) and α-amylase gene were digested with enzyme *Kpn*I and *Hind*III before combined these two DNA fragment as recombinant DNA. Lane M; 1 kb ladder (Fermentas), lane 1; Plasmid DNA of expression vector pQE–80L digested with specific enzyme *Kpn*I and *Hind*III, lane 2-5; Plasmid DNA of α-amylase gene digested with specific enzyme *Kpn*I and *Hind*III.

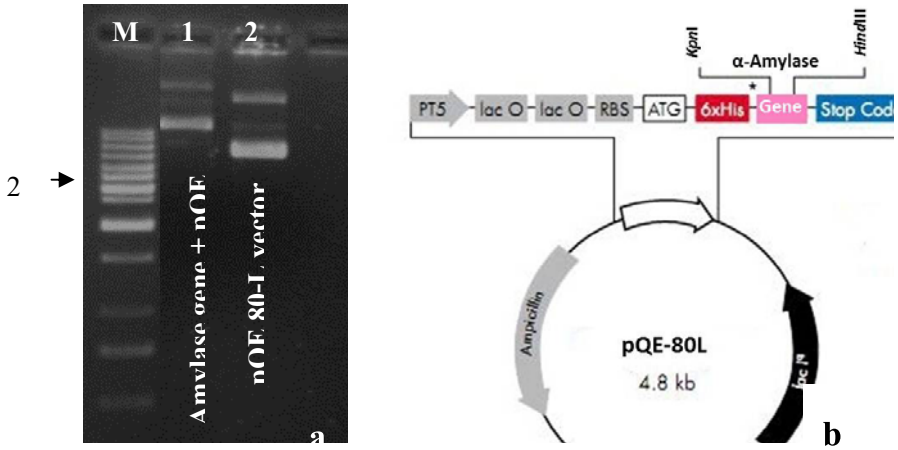


Figure 9 **a.** The recombinant plasmid DNA of alpha amylase gene insert to pQE–80L vector. Lane M; 1 kb ladder (Fermentas), lane 1; Plasmid DNA fragment of alpha amylase gene insert into expression vector pQE–80L, lane 2; Plasmid DNA fragment of expression vector pQE–80L.
b. The map of recombinant pQE–80L vector.

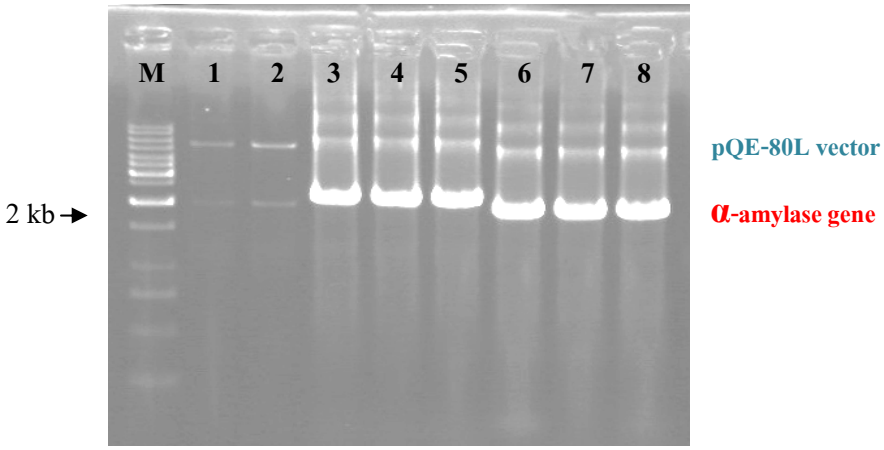


Figure 10. Selected colony of *E. coli* contained recombinant plasmid DNA (pQE-80L-α-amylase gene) were confirmed by enzymes digestion and PCR analysis. Lane M, 1 kb ladder (Fermentas); lane 1-2, Pattern of recombinant plasmid DNA were extracted and digested with specific enzyme *Kpn*I and *Hind*III; lane 3-5, α-mylase gene fragment derived from colony amplification using specific primer pQE (forward) and pQE (reverse); lane 6-8, PCR analysis of plasmid DNA (pQE–80L-α-amylase gene) using specific primer Bamy401F (forward) and Bamy401R (reverse).

5. การทดสอบการแสดงออกในระดับโปรตีนของยีนแอลฟา อะไมเลส

5.1 การชักนำการแสดงออกของโปรตีน (fusion protein) ในเซลล์ *E. coli* สายพันธุ์ BL21 (DE3)

การถ่ายฝากพลาสมิดดีเอ็นเอสายผสมของยีนแอลฟา อะไมเลส เข้าสู่เซลล์ *E. coli* สายพันธุ์ BL21 (DE3) เพื่อการผลิตรีคอมบิแนนท์โปรตีน เมื่อทำการเปรียบเทียบการชักนำการแสดงออกของยีนด้วย IPTG และ Lactose ที่ความเข้มข้น 3 mM เป็นเวลานาน 8 ชั่วโมง เก็บเซลล์ทุก 2 ชั่วโมง เมื่อตรวจสอบการแสดงออกของโปรตีนด้วยวิธี SDS-PAGE พบการแสดงออกของโปรตีนสูงสุดในชั่วโมงที่ 6 หลังจากนั้นการแสดงออกของโปรตีนจะเริ่มคงที่ โดยรีคอมบิแนนท์แอลฟา อะไมเลส ที่ได้มีขนาดประมาณ 73 กิโลดาลตัน (Figure 11) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Numan *et al.* (2001) ได้ทำการโคลนยีนแอลฟาอะไมเลสจากเชื้อ *B. subtilis* RSKK246 พบว่า เอนไซม์แอลฟา อะไมเลส ที่ผลิตได้มีขนาดประมาณ 65 กิโลดาลตัน โดยยีนแอลฟา อะไมเลส ที่โคลนได้มีลำดับของนิวคลีโอไทด์ ประมาณ 1.7 กิโลเบส

5.2 การทำโปรตีนให้บริสุทธิ์และการวิเคราะห์ปริมาณ fusion protein ของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส

การทำ crude enzyme ซึ่งได้จากการทำรีคอมบิแนนท์พลาสมิดของยีนแอลฟา อะไมเลส ซึ่งมีส่วนของ T5 promoter ในการทำหน้าที่ถอดรหัสและแปลรหัสของยีนออกมาเป็นโปรตีน และมีตำแหน่งของ N-terminal 6xHis tag สามารถทำบริสุทธิ์โดยใช้ HisTALON™ Gravity Columns มี TALON Resin (cobalt-based resin) เป็นลิแกนน์ เพื่อให้การทำบริสุทธิ์เกิดความจำเพาะสูง (Froelich *et al.,* 1996; Stephens *et al.,* 1997) โดย TALON Resin จะจับกับกรดอะมิโนฮีสทีดีนที่ตำแหน่งปลายด้าน N-terminal ของโปรตีน (His tag) ทำให้โปรตีนที่ไม่จำเพาะอื่นๆ ให้หลุดออกจากคอลัมภ์ แล้วจึงทำการเพิ่มความเข้มข้นของ imidazole ซึ่งจะเข้าไปจับกับคอลัมภ์แทนกรดอะมิโนฮีสทีดีนของโปรตีน ทำให้ได้โปรตีนที่บริสุทธิ์หลุดออกมา เมื่อตรวจสอบด้วยวิธี SDS-PAGE พบเอนไซม์บริสุทธิ์ที่ได้มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 73 กิโลดาลตัน (Figure 12)

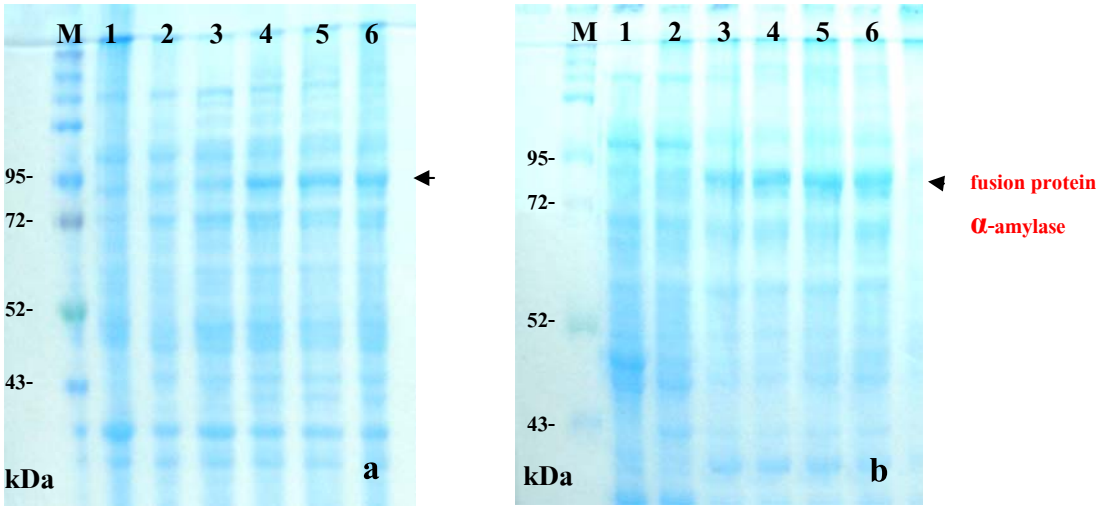


Figure 11 **a.** SDS-PAGE analysis to detect fusion protein α-amylase generated from pQE–80L vector after induction with 3mM IPTG for 6 hrs. Lane M, molecular mass standards; lane 1, *E. coli* BL21 without induction; lane 2, pQE–80L-α-amylase without induction; lane 3- 6, pQE–80L-α-amylase induction for 2, 4, 6, and 8h respectively.

b. SDS-PAGE analysis to detect fusion protein α-amylase generated from pQE–80L vector after induction with 3mM Lactose for 6 hrs. Lane M, molecular mass standards; lane 1, *E. coli* BL21 without induction; lane 2, pQE–80L-α-mylase without induction; lane 3- 6, pQE–80L-α-amylase induction for 2, 4, 6, and 8hrs respectively.

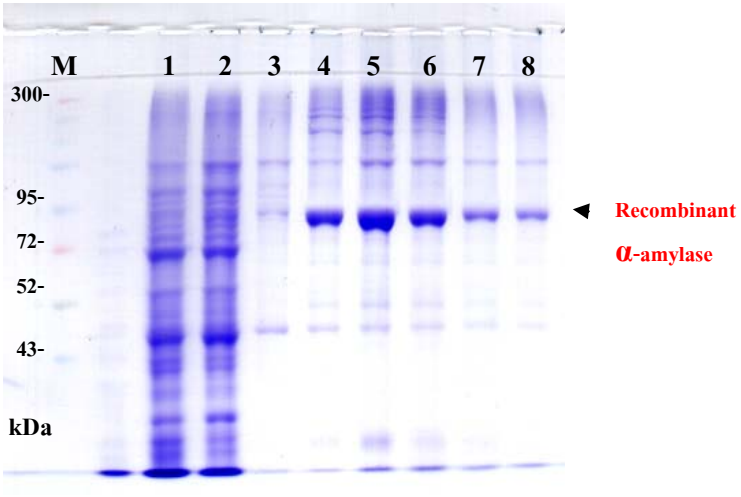


Figure 12. SDS-PAGE analysis of recombinant α-mylase generated from pQE–80L vector after induction with 3mM Lactose for 6 hrs. Lane M, molecular mass standards; lane 1, flow- through fractions; lane 2, washing fractions; lane 3-8, eluted fractions of recombinant α-mylase from purification column.

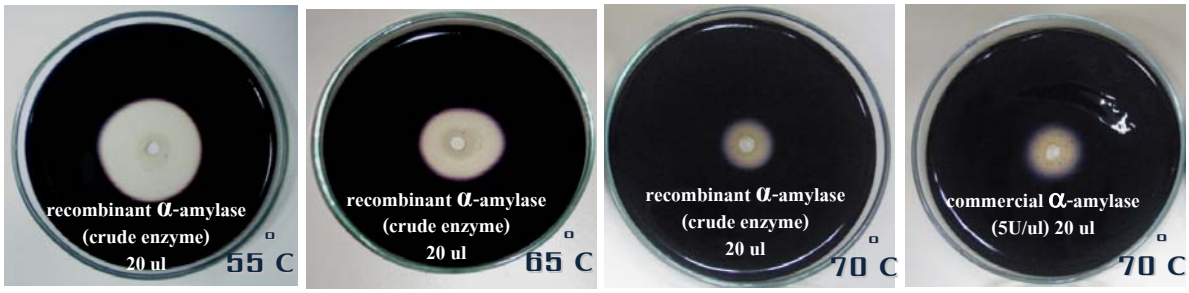


Figure 13. Recombinant α-amylase activity on 1% starch agar at 55°C, 65°C and 70°C for 6 hrs compared with commercial enzyme activity at 70°C.

จากการวิเคราะห์รีคอมบิแนนท์แอลฟา อะไมเลส ด้วยวิธี SDS-PAGE พบว่า มีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่าที่คำนวณได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Matagne *et al.* (1991) ได้ทำการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ขนาดของโปรตีนด้วยวิธี SDS-PAGE เทียบกับการวิเคราะห์ด้วยวิธีอื่น พบว่าการวิเคราะห์ขนาดของโปรตีนด้วย SDS-PAGE ทำให้มีน้ำหนักโมเลกุลที่มากกว่าการคำนวณที่สอดคล้องกับยีนประมาณ 30-40 % โดยอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของ carboxylic groups ของ Aspartic acid-Asp-D และ Glutamic acid-Glu-E (Kaufmann *et al.*, 2004)

5.3 การทดสอบกิจกรรมของ crude protein โดยวิธี Bioassay technique

การทดสอบกิจกรรมการย่อยแป้งมันสำปะหลัง โดยวิธี Bioassay plate technique โดยใช้ crude protein หรือ crude enzyme ที่ได้จากการทำรีคอมบิแนนท์พลาสมิด เมื่อนำมาทดสอบในอาหารที่มีแป้งมันสำปะหลัง 1% เป็นองค์ประกอบ นำไปบ่มที่อุณหภูมิต่างๆ เปรียบเทียบกับเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส (ที่ผลิตเป็นการค้า ความเข้มข้น 5 ยูนิต/ไมโครลิตร) ในปริมาตร 20 ไมโครลิตร เท่ากัน พบว่า crude enzyme ทำงานได้ดีที่สุด ที่สภาวะอุณหภูมิสูง 55°C และที่อุณหภูมิสูง 70°C เอนไซม์ยังคงมีกิจกรรมที่ดี

ใกล้เคียงกับเอนไซม์ที่ผลิตเป็นการค้า (Figure 13) ซึ่ง crude enzyme ที่ผลิตได้สามารถพัฒนาศักยภาพให้ดียิ่งขึ้นโดยอาศัยเทคโนโลยีอื่นเข้าช่วย นั่นคือ เทคโนโลยีการทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze dry) ซึ่งจัดเป็นวิธีที่ช่วยในการเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์ให้สูงขึ้น นอกจากนี้การทำแห้งแบบเยือกแข็งยังช่วยในการคงสภาพกิจกรรมของเอนไซม์และยืดอายุการเก็บรักษาคุณสมบัติของเอนไซม์ให้คงที่ (Carpenter *et al.,* 1990)

สรุปผลการทดลอง

การเก็บรวบรวมเชื้อ *Bacillus* spp.บริสุทธิ์จากแหล่งต่างๆ สามารถคัดแยกได้ทั้งสิ้น 476 ไอโซเลท เมื่อนำมาศึกษาและคัดเลือกเชื้อ *Bacillus* sp. ที่มีศักยภาพในการย่อยแป้งจากแหล่งต่างๆ โดยวัดการสร้างวงใส (Clear zone) รอบโคโลนีบนอาหาร starch agar การทำให้น้ำแป้งเหลว (liquefaction) ในอาหารที่มีแป้ง 1% เป็นองค์ประกอบ และตรวจวัดกิจกรรมการย่อยแป้งในรูปของน้ำตาลรีดิวส์ พบว่า เชื้อ *Bacillus* sp. ไอโซเลท D1-1 ซึ่งแยกได้จากน้ำเสียและเศษมันเส้นจากลานมันสำปะหลัง มีประสิทธิภาพในการย่อยแป้งได้ดี และสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิสูง 55˚C เมื่อนำมาจำแนกชนิดของจุลินทรีย์โดยการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ในส่วนของบริเวณ 16S rDNA แล้วเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลใน GenBank พบว่า มีความคล้ายคลึงกับ *Bacillus subtilis* ที่ความเหมือน 99%

การโคลนยีนแอลฟา อะไมเลส จากเชื้อ *Bacillus subtilis* ไอโซเลท D1-1 ทำได้โดยการเพิ่มปริมาณส่วนของยีนอะไมเลสด้วยเทคนิค PCR ตรวจพบชิ้นส่วนของยีนที่ได้มีขนาด 1,980 คู่เบส เมื่อนำไปวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ เปรียบเทียบกับฐานข้อมูล NCBI พบว่า มีความคล้ายคลึงกับยีนแอลฟา อะไมเลส ของเชื้อ *B. subtilis* (Accession No. EU195860.1) ที่ความเหมือน 99 % และมีลำดับของเปปไทด์โปรตีนเท่ากับ 659 อะมิโนแอซิด ทำการเชื่อมต่อเข้ากับ protein expression vector pQE-80L แล้วถ่ายชิ้นยีนเข้าสู่เซลล์ *E. coli* สายพันธุ์ BL21 (DE) เพื่อผลิตรีคอมบิแนนท์แอลฟา อะไมเลส พบว่าสามารถชักนำการแสดงออกของยีนด้วย 3 mM IPTG และ 3 mM Lactose ภายในระยะเวลา 6 ชั่วโมง โดยสามารถนำ crude enzyme มาทำให้บริสุทธิ์โดยผ่าน HisTALON™ Gravity Columns เมื่อตรวจสอบการแสดงออกของโปรตีนด้วยวิธี SDS-PAGE พบเอนไซม์บริสุทธิ์ที่ได้มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 73 กิโลดาลตัน

การทดสอบกิจกรรมของ crude enzyme โดยวิธี Bioassay technique ในอาหารที่มีแป้งมันสำปะหลัง พบว่า รีคอมบิแนนท์แอลฟา อะไมเลส ที่ผลิตได้ยังคงมีกิจกรรมของเอนไซม์ที่ดีที่สภาวะอุณหภูมิ 70˚C เมื่อเทียบกับเอนไซม์ที่ผลิตเป็นการค้า โดยรีคอมบิแนนท์โปรตีน (เอนไซม์แอลฟา อะไมเลส) ที่ผลิตได้จากพลาสมิดดีเอ็นเอสายผสมมีศักยภาพในการย่อยแป้งได้ดี ที่ที่สุดที่อุณหภูมิ 55˚C และที่สภาวะอุณหภูมิ 70˚C เอนไซม์ยังมีกิจกรรมที่ดีเทียบเท่ากับผลิตภัณฑ์ทางการค้า

จากการทดลองยังพบว่าการใช้สาร IPTG และ Lactose ที่ความเข้มข้น 3 mM เท่ากัน มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการแสดงออกของยีนแอลฟา อะไมเลส ได้ใกล้เคียงกัน แต่การใช้ Lactose จะช่วยลดต้นทุนการผลิตโปรตีนในระดับ large scale ได้มากยิ่งขึ้น เนื่องจาก Lactose ปริมาตร 1 กิโลกรัม ราคาไม่ถึง 1,000 บาท แต่ในขณะที่ IPTG ปริมาตร 1 กรัม ราคาประมาณ 1,800 บาท (AMRESCO®)

การนำผลงานไปใช้ประโยชน์

จากผลการทดลองพบว่า crude enzyme ที่ผลิตได้มีประสิทธิภาพดีเทียบเท่ากับเอนไซม์ที่ผลิตเป็นการค้าที่อุณหภูมิ 70°C ทำให้นักวิจัยของสำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ และศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สามารถนำเอนไซม์ที่ผลิตได้ไปใช้ในการย่อยแป้งมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆในโครงการปรับปรุงพันธุ์เพื่อคัดเลือกพันธุกรรมมันสำปะหลังที่สามารถผลิตเอทานอลสูง ในช่วงอายุ 8, 12 และ 14 เดือน โดยได้ดำเนินการมาแล้ว 2 ปี

แบคทีเรียสายพันธุ์ดั้งเดิม *Bacillus subtilis* ไอโซเลท D1-1 สามารถนำไปใช้ในกระบวนการย่อยแป้งในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมการเอทานอล ผลิต syrup สิ่งทอ และ detergent เป็นต้น

สามารถนำเทคโนโลยีการผลิตเอนไซม์โดยพลาสมิดดีเอ็นเอสายผสมที่ได้ไปปรับใช้กับการ over expression ในเอนไซม์ที่ย่อยสลาย lingocellulose ในโครงการอื่นๆต่อไป และสามารถใช้เป็นต้นแบบในการผลิตเอนไซม์ในเชิงพาณิชย์ซึ่งสามารถผลิตเอนไซม์ได้รวดเร็วกว่าการใช้เชื้อสายพันธุ์ดั้งเดิม และเป็นแนวทางในการนำไปพัฒนาต่อยอดงานวิจัยร่วมกับเอนไซม์ย่อยแป้งชนิดอื่น เช่น เอนไซม์กลูโคอะไมเลส การส่งถ่ายยีนอะไมเลสเข้าสู่ยีสต์สายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทานอลได้ดี หรือ ทนแอลกอฮอล์สูงต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ดร. อมรรัตน์ ชุมทอง มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ในการอนุเคราะห์เชื้อ *Bacillus* spp. บางส่วนสำหรับใช้ในงานวิจัย และนางสาวธนวรรณ พูลเสมอ ผู้ช่วยนักวิจัย สำหรับความช่วยเหลือในด้านต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2546. คู่มือวิชาการระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ เล่มที่ 1. กรมควบคุมมลพิษ กรุงเทพฯ. 160 หน้า

ปาริชาติ วัฒนา ประภา เฟื่องฟูพงศ์ และ มาลัย เมืองน้อย. 2519. การผลิต starch syrup จากแป้งมันสำปะหลังโดยการไฮโดรไลส์ด้วยเอนไซม์ กรด และเอนไซม์กับกรดร่วมกัน. หน้า 303-315. ใน : รายงานผลการวิจัยประเภทอาจารย์และศาสตราจารย์ ประจำปี 2519. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุกัญญา จันทะชุม. 2522. การผลิตและการใช้ประโยชน์ของกลูโคอะไมเลสจากเชื้อจุลินทรีย์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.

Adam, M. 1953. Amylase : their kinds and properties and factors which influence their activity. Food Technol. 7 : 35-38.

Alm, E. W., D. B. Oerther, N. Larsen, D. A. Stahl and L. Raskin. 1996. The oligonucleotide probe database. Appl. Environ. Microbiol. 62 : 3557-3559.

Beckord, L. D. and E. Kneen. 1946. Quantity and Quality of amylase produced by variousbacterial isolates. Arch. Biochem. 9 : 41-54.

Buonocore, V., C. Caporale, M. De Rosa and A. Gambacorta. 1976. Stable, inducible thermoacidophilic a amylase from *Bacillus acidocaldarius.* J. Bacteriol. 128 : 515-521.

Buchanan, R. E. and N. E. Gibbons. 1974. Bergey's Mannual of Determinative Bacteriology. 8th ed. The William & Wilkins, Co., Baltimore.

Carpenter, J. F., T. Arakawa and J. H. Crowe. 1990. Interactions of stabilizing additives with proteins during freeze-thawing and freeze-drying. Dev. Biol. Stand. 74 : 225-239.

Cornelis, P., C. Digneffe and K. Willemot. 1982. Cloning and expression of a *Bacillus coagulans* amylase gene in *Escherichia coli*. Mol. Gen. Genet. 186 : 507-511.

Fritsch, E.F., J. Sambrook and T. Maniatis. 1989. Molecular Cloning : A Laboratory Manual. Cold Spring Harbor Laboratory, New York.

Froelich, C. J., J. Turbov and W. Hanna. 1996. Human perforin: rapid enrichment by immobilized metal affinity chromatography (IMAC) for whole cell cytotoxicity assays. Biochem. Biophys. Res. Commun. 229 (1) : 44-49.

Hesseltine, C. W., M. Smith, B. Bradle and K. S. Djien. 1963. Investigation on tempeh, an Indonesian food. Dev. Ind. Microbiol. 4 : 275-287.

Ingle, M. B. and R. J. Erickson. 1978. Bacterial α-amylase. Advances in Appl. Microbiol. 24 : 257-278.

Kaufmann, E., N. Geisler and K. Weber. 1984. SDS-PAGE Strongly Overestimates the Molecular Masses of the Neurofilament Proteins. FEBS Lett. 170 (1) :81-84.

Lane, D. J. 1991. 16S/23S rRNA sequencing. In Nucleic Acids Techniques in Bacterial Systematics. ed. Stackebrandt, E. and M. Goodfellow. pp. 115–175. John Wiley & Sons, Chichester.

Lowry, O. H., N. J. Rosebrough, A. L. Farr and R. J. Randall. 1951. Protein measurement with folin phenol reagent. J. Biol. Chem., 193 : 265-275.

Maloy, S.R., 1990. Experimental techniques in bacterial genetics: Jones and Bartlett series in biology. Jones and Bartlett Publishers, Boston.

Matagne, A., B. Joris and J.-M. Frere. 1991. Anomalous Behaviour of a Protein During SDS/PAGE Corrected by Chemical Modification of Carboxylic Groups. Biochem. J. 280:553-556.

Nelson, N. 1944. A photometric adaption of the Somogyi method for the determination of glucose. J. Biol. Chem. 153 : 375-380.

Numan, Z., A. Adem and M. S. EKÜNCÜ. 2001. Molecular Cloning of an α-Amylase Gene from *Bacillus subtilis* RSKK246 and Its Expression in *Escherichia coli* and in *Bacillus subtilis.* Turk J. Vet. Anim. Sci. 25 : 197-201.

Ray, R. R., S. C. Jana and G. Nanda. 1996. Induction and catabolite repression in the Biosynthesis of β-amylase by *Bacillus megaterium* B6. Biochem. Mol. Biol. Int., 38 : 223-230.

Robyt, J. F. and R. J. Ackerman. 1972. Complex carbohydrates Part B. Method in Enzymology. Academic Press, New york.

Sambrook, J., E. F. Fritschi and T. Maniatis. 1989. Molecular cloning: a laboratory manual. Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York.

Skoog D.A., D.M. West and F.J. Holler. 1996. Fundamentals of Analytical Chemistry, 7th edn. Saunders College Publishing, New York.

Stephens, L. R., A. Eguinoa, H. Erdjument-Bromage, M. Lui, F. Cooke, J. Coadwell, A. S. Smrcka, M. Thelen, K. Cadwallader, P. Tempst and P. T. Hawkins. 1997. The G beta gamma sensitivity of a PI3K is dependent upon a tightly associated adaptor, p101. Cell 89 (1) : 105–114.

Takasaki, Y. 1979. Preservation of bacterial β-amylase. Micro. Abstr. 15 (5) : 8.

Thomas, M., F. G. Priest and J. R. Stark. 1980. Characterristics of an extracellular β-amylase from *B. megaterium sensu stricto*. J. Gen. Microbiol. 118 : 67-72.

Ureda, S. and J. J. Marshall. 1980. Raw Starch Digestion by *B. polymyxa* beta-amylase. Micro. Abstr. 16 (5) : 5.

Windish, W.W. and N.S. Mhatre. 1965. Microbial amylase. Advances in Appl. Microbiol. 7 : 273-283.

การโคลนยีนไซโคลฟิลินจากข้าวฟ่างและการแสดงออกของยีนในยาสูบ

Cloning of Cyclophilin Gene from *Sorghum bicolor* (L.) Moench and Gene Expression in Tobacco

สุภาวดี ง้อเหรียญ กษิดิศ ดิษฐบรรจง ชยานิจ ดิษฐบรรจง
พยุงศักดิ์ รวยอารี หทัยรัตน์ อุไรรงค์

Suphawadee Ngorian Karsedis Distabanjong Chayanit Distabanjong
Payungsak Rauyaree Hathairat Urairong

ABSTRACT

Cyclophilins are ubiquitous proteins present in all subcellular compartments, which are involved in a variety of processes such as immunosuppression and major biotic and abiotic stresses. The research work has been done at the Biotechnology Research and Development Office, Department of Agriculture, Pathumthani Province during October 2007 – September 2010. In this study, full-length genomic DNA sequences of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) encoding cyclophillin (*Sb*CyP) have been isolated from sorghum via PCR – based method. The gene sequence contains a fragment of 1062 kb, including a 519 bp complete ORF, the 5'UTR of 130 bp, 3'UTR of 413 bp and a polyA signal AATAA motif. *Sb*CyP gene encoding the 172 amino acid polypeptide. Conducted submit CyP genes on GenBank accession no. EU722309. The highly conserved region of the gene is cyclophilin (CyP) which are also found in *Saccharum officinarum* L. (QG246462.1) and *Zea mays* L. (X68678.1) with 91% and 90% of homology respectively. A 519 bp fragment of the *Sb*CyP gene was inserted into plant expression vector pCAMBIA2300 containing 35SCaMV promoter and NOS terminator, nptII as selectable marker with total size of 10 kb for pCAMBIA2300 – CyP over – expression cassette. Maximum quantity of protein produced from recombinant plasmid (pEcoli – CyP) was detected after 6 hours of activation induction by IPTG. In addition, examination by SDS – PAGE displayed the 18.4 kDa of protein size. The expression cassette was then transformed into *Nicotiana tobacum* (tobacco) plant by Agrobacterium – mediated transformation, with kanamycin as a selection antibiotic. Ten transgenic tobacco plants were obtained using PCR – based method. Investigation of stress to tolerance involved salinity tolerance and drought tolerance, using NaCl and PEG 6000 respectively. Transgenic tobacco plants displayed higher tolerance to these stress conditions compare to non – transgenic plants.

Key words : Cyclophilin Gene, *Soghum bicolor* (L.) Moench, Cloning and Charterization, Transformation, *Nicotiana tobacum* (Tobacco) Plant

---

สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร ปทุมธานี 12110
Biotechnology Research and Development Office, Department of Agriculture, Pathumthani 12110

บทคัดย่อ

การโคลนยีนไซโคลฟิลิน (Cyclophilin : CyP) ซึ่งเป็นยีนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างระบบภูมิคุ้มกันและยับยั้งขบวนการที่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่พืช ช่วยให้พืชดำรงชีวิตอยู่ได้ในสภาวะที่ไม่เหมาะสม ดำเนินการวิจัยที่ห้องปฏิบัติการ สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือนตุลาคม 2550 – กันยายน 2553 งานวิจัยนี้ได้ทำการโคลนยีนไซโคลฟิลินจากข้าวฟ่าง โดยทำการออกแบบไพรเมอร์ที่มีความจำเพาะกับยีน CyP นำมาทำปฏิกิริยา PCR กับจีโนมิกดีเอ็นเอของข้าวฟ่าง ได้ยีนขนาด 1062 คู่เบส นำลำดับนิวคลีโอไทด์ไปเปรียบเทียบกับยีนชนิดเดียวกันที่มีรายงานในฐานข้อมูล GenBank พบว่า ยีนที่ได้มีความเหมือนอย่างสูงกับยีน CyP ที่พบในอ้อย (QG246462.1) และข้าวโพด (X68678.1) โดยมีค่าความเหมือน (% Max Identities) เท่ากับ 91% และ 90% ตามลำดับ นำข้อมูลมาวิเคราะห์โครงสร้างของยีน พบว่า ยีน CyP มีส่วนประกอบครบทั้งยีน ประกอบด้วย ลำดับนิวคลีโอไทด์ในส่วนที่มีการแสดงออกของยีน (ORF) มีขนาด 519 คู่เบส สามารถถอดรหัสเป็นกรดอะมิโนของยีน CyP จำนวน 172 amino acid พบลำดับนิวคลีโอไทด์ทางปลาย 5′ (5′UTR) และ 3′ (3′UTR) ซึ่งไม่เกี่ยวกับการแปลรหัสโปรตีน เท่ากับ 130 และ 143 คู่เบส ตามลำดับ และพบลำดับนิวคลีโอไทด์ในตำแหน่งของ polyA signal (AATAA motif) อยู่ในส่วนของ 3′UTR ได้ทำการ submit ยีน CyP ลงในฐานข้อมูลชีวภาพสากล GenBank accession no. EU722309 ทำการสร้างชุด cassette ยีน โดยการเชื่อมต่อยีน CyP เข้ากับ plant expression vector (pCAMBIA2300) ที่ประกอบด้วย โปรโมเตอร์ (35SCaMV) และเทอร์มิเนเตอร์ (NOS) ได้พลาสมิดสายผสม (pCAMBIA2300 – CyP) มีขนาด 10 กิโลเบส ทำการตรวจสอบการแสดงออกในระดับโปรตีนของ recombinant plasmid (pEcoli – CyP) พบว่า มีการแสดงออกของยีน CyP หลังจากถูกกระตุ้นด้วย IPTG มีปริมาณโปรตีนที่สังเคราะห์ได้สูงสุดเมื่อถูกกระตุ้นเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และพบการแสดงออกของโปรตีนที่ขนาด 18.4 กิโลดาลตัน เมื่อตรวจสอบด้วย SDS – PAGE ทำการถ่ายฝากยีน CyP เข้าสู่ใบยาสูบโดยใช้วิธีอะโกรแบคทีเรียคัดเลือกต้นที่ได้รับการถ่ายยีนบนอาหารคัดเลือกที่เติมสารปฏิชีวนะ kanamycin และตรวจสอบการปรากฏของยีนโดยใช้เทคนิค PCR พบต้นยาสูบที่ได้รับการถ่ายยีน จำนวน 10 ต้น ทำการศึกษาการแสดงออกของยีน โดยทดสอบความทนทานต่อสภาวะเครียด ได้แก่ การทดสอบในอาหารสูตร MS ที่เติมเกลือ (NaCl) เพื่อทดสอบความทนเค็ม และทดสอบในอาหารสูตร MS ที่เติม PEG 6000 เพื่อทดสอบความทนสภาวะขาดน้ำ พบว่า ต้นยาสูบที่ได้รับการถ่ายยีน CyP มีความทนทานต่อสภาวะเครียดดังกล่าวได้ดีกว่าต้นยาสูบที่ไม่ได้รับการถ่ายยีน CyP ที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ

คำหลัก : ยีนไซโคลฟิลิน, ข้าวฟ่าง, การโคลนและวิเคราะห์ยีน, การถ่ายฝากยีน, ยาสูบ

คำนำ

ปัจจุบันประชากรส่วนใหญ่ในทุกภาคของประเทศไทย ประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก พืชส่วนใหญ่ที่เกษตรกรทำการเพาะปลูกเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น ข้าว ข้าวโพด ปาล์มน้ำมัน ยางพารา ถั่วเหลือง มันสำปะหลัง อ้อย เป็นต้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) การเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจเหล่านี้มักพบปัญหาและอุปสรรคในการเพาะปลูก เช่น โรคพืช แมลงศัตรูพืช และสภาพความแปรปรวนของดินฟ้าอากาศ ทั้งปรากฏการณ์เอลนินโญที่ทำให้เกิดความแห้งแล้ง ในขณะที่ลานินญาทำให้เกิดฝนตกหนักในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งเอลนินโญและลานินญาส่งผลกระทบต่อพื้นที่เกษตรกรรมโดยตรง (จารุจินต์, 2554) ปัจจุบันปัญหาดังกล่าวนับวันจะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ทำให้เกษตรกรต้องปรับปรุงวิธีการเพาะปลูก รวมทั้งวางแผนการเพาะปลูกให้เหมาะสมกับสภาพดินฟ้าอากาศ นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องมีพันธุ์พืชที่มีคุณสมบัติสามารถทนทานต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่าง ๆ โดย การนำเทคโนโลยีชีวภาพเข้ามาช่วยพัฒนาพันธุ์พืชของไทยให้มีศักยภาพในการให้ผลผลิตที่สูงขึ้น สามารถทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่างๆ ได้ จึงเป็นเรื่องที่นักวิจัยไทยต้องทำการวิจัยอย่างเร่งด่วน

ไซโคลฟิลิน (CyPs) เป็นโปรตีนประเภท เปปติดิลโพรพิล ซิส-ทรานส์ ไอโซเมอเรส (PPIases) ที่พบได้ทั่วไปในเซลล์ของออร์แกนเนล (organelle) ทั้งในเซลล์โปรคาริโอตและยูคาริโอต มีการตอบสนองต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสมที่พืชชนิดนั้นดำรงชีวิตอยู่ เช่น การได้รับผลกระทบจากโรค แมลง และสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมอื่นๆ เช่น สภาวะแห้งแล้ง สภาวะดินเค็ม เป็นต้น จากการศึกษาพบว่าในสิ่งมีชีวิตทั้งพืช และสัตว์ รวมทั้งจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ มียีนชนิดหนึ่งที่สามารถตอบสนองต่อสภาวะความไม่เหมาะสมด้านต่างๆ คือ ยีนไซโคลฟิลิน โดยมีการสร้างภูมิคุ้มกัน และยับยั้งขบวนการที่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่พืช ซึ่งช่วยให้พืชดำรงชีวิตอยู่ได้ในสภาวะที่ไม่เหมาะสมนั้นๆ (Luan *et al*., 1994; Kong *et al*., 2001) ไซโคลฟิลินในพืช ถูกค้นพบครั้งแรกในปี 1990 โดยการสกัดแยก cDNA จากมะเขือเทศ ข้าวโพด และคาโนลา (Gasser *et al*., 1990) ปัจจุบันมีรายงานพบลำดับเบสที่เหมือนกับยีนไซโคลฟิลินที่โคลนได้จากพืชชนิดต่างๆ เช่น ข้าว ข้าวสาลี ข้าวฟ่าง อ้อย ถั่วเหลือง ฝ้าย ยาสูบ มะพร้าว และอะราบิดอพซิส เป็นต้น อีกทั้งยังพบยีนชนิดนี้ในมนุษย์และสัตว์อีกด้วย ที่ผ่านมามีงานวิจัยการค้นหายีนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับลักษณะของการทนแล้งในข้าวฟ่าง และพบว่ามียีนไซโคลฟิลินที่มีการแสดงออกอย่างสูงเมื่อปลูกในสภาพแล้ง อีกทั้งยังพบไซโคลฟิลินมีการแสดงออกอย่างสูงในการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่างๆ จากพืชชนิดอื่นด้วย เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง พืชตระกูลถั่ว คาโนลา และมันฝรั่ง (Marivet *et al*.,1992, 1994, 1995; Godoy *et al*., 2000; Sharma and Singh, 2003) เป็นต้น

ดังนั้น การโคลนยีนไซโคลฟิลินจากข้าวฟ่างสายพันธุ์ทนแล้งในประเทศไทย เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์พืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น ยางพารา ถั่วเหลือง อ้อย และพืชอื่นๆ โดยการถ่ายฝากยีนไซโคลฟิลินเข้าสู่พืชเหล่านั้น เพื่อพัฒนาพันธุ์ให้มีคุณสมบัติทนแล้งมากยิ่งขึ้น จากยีนที่สามารถพัฒนาขึ้นได้เองในประเทศไทยจะเป็นประโยชน์ต่อการนำพืชทนแล้งที่ได้มาพัฒนาให้สามารถใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การโคลนยีน CyP จากข้าวฟ่าง

1.1 ออกแบบไพรเมอร์ในส่วนของยีน CyP ที่มีการแสดงออก

ออกแบบไพรเมอร์สำหรับสังเคราะห์ยีน CyP ได้ดังนี้คือ CyP4 (forward) และ CyP4 (reverse) ไพรเมอร์ที่ใช้สังเคราะห์ยีนในส่วนที่มีการแสดงออก คือ CyP*Xba*I (forward) และ CyP*Kpn*I (reverse) ไพรเมอร์ที่ใช้ตรวจสอบการเชื่อมต่อของยีน CyP เข้ากับ Plant Expression Vector (pCAMBIA2300) คือ NOS (forward) และ 35SCaMV (reverse) ไพรเมอร์ที่ใช้สำหรับสังเคราะห์ยีนเพื่อศึกษาการแสดงออกของยีนในระดับโปรตีน คือ CyP*Sal*I (forward) และ CyP*Hd* (reverse) ไพรเมอร์ที่ใช้การตรวจสอบการเชื่อมต่อของยีน CyP เข้ากับ protein expression vector (pEcoli) คือ T7_Up1 (forward) และ T7_term (reverse) (Table 1)

1.2 การเตรียมตัวอย่างพืชและการสกัดดีเอ็นเอ

คัดเลือกพันธุ์ข้าวฟ่างที่มีลักษณะทนแล้ง จำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อู่ทอง 1 และพันธุ์สุพรรณบุรี 60 นำเมล็ดพันธุ์มาเพาะในกระถาง เมื่ออายุได้ 1 เดือน นำใบอ่อนมาสกัดดีเอ็นเอ โดยใช้ชุดสกัดดีเอ็นเอ Genomic DNA Extraction Kit (RBC Bioscience, Taiwan) ตรวจวิเคราะห์คุณภาพดีเอ็นเอด้วย 1.5% agarose gel electrophoresis เทียบขนาดแถบดีเอ็นเอกับดีเอ็นเอมาตรฐาน 1 kb DNA ladder marker (Fermentas, Lithuania)

1.3 การสังเคราะห์ดีเอ็นเอ จาก genomic DNA โดยวิธี PCR Amplification

เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอเป้าหมายด้วยไพรเมอร์ที่จำเพาะกับยีน CyP คือ CyP4 (forward) และ CyP4 (reverse) โดยใช้ HotStart Taq Master Mix Kit (QIAGEN, USA) ในปริมาตร 50 ไมโครลิตร ประกอบด้วย สารละลายดีเอ็นเอ 40 – 100 นาโนกรัม, 0.5U HotStart Taq Master Mix, 0.4 μM gene specific primer (forward), 0.4 μM gene specific primer (reverse) ปรับปริมาตรด้วยน้ำ โดยตั้งโปรแกรมการทำงานดังนี้Pre – Denature 93°C 15 นาที จำนวน 1 รอบ / Denature 94°C 30 วินาที, Annealing 60°C 30 วินาที, Extension 70°C 2 นาที จำนวน 35 รอบ / 72°C 10 นาที อีก 1 รอบ ตรวจวิเคราะห์ผลด้วย 1.5% agarose gel electrophoresis

1.4 การโคลนยีน CyP เข้าสู่เวกเตอร์ และการวิเคราะห์ลำดับเบส

นำผลผลิต PCR มาทำให้บริสุทธิ์ โดยใช้ชุดสกัดดีเอ็นเอออกจากเจล QIAquick Gel Extraction Kit (QIAGEN, USA) นำชิ้นยีน CyP ขนาด ~1 กิโลเบส มาทำปฏิกิริยา ligation โดยใช้ T&A Cloning Kit (RBC Bioscience, Taiwan) ทำการถ่ายฝากยีนเข้าสู่เซลล์แบคทีเรีย *E. coli* สายพันธุ์ DH5α โดยวิธี heat – shock (Sambrook *et al*., 1989) และเลี้ยงบนอาหารแข็ง Luria Bertani (LB) – amplicilin/X-gal/IPTG [(LB : เตรียม 1 ลิตร : 10 กรัม NaCl, 10 กรัม tryptone, 5 กรัม yeast extract, 15 กรัม bacto-agar, ddH_2O), 50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร amplicilin, 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร IPTG, 100 ไมโครกรัม/

มิลลิลิตร X-gal] บ่มเพลทที่อุณหภูมิ 37°C นานข้ามคืน คัดเลือกโคโลนีสีขาวที่มี insert ของยีน นำมาเลี้ยงในอาหารเหลว LB – amplicilin (50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ที่อุณหภูมิ 37°C เขย่าที่ความเร็ว 220 รอบ/นาที นาน 12 – 16 ชั่วโมง นำมาสกัดพลาสมิดดีเอ็นเอ โดยใช้ GeneJET™ Plasmid Miniprep Kit (Fermentas, Lithuania) ตรวจสอบวิเคราะห์คุณภาพด้วย 1.5% agarose gel electrophoresis

การตรวจสอบการปรากฏของยีน CyP โดยนำพลาสมิดดีเอ็นเอมาตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Eco*RI และ *Bam*HI ในปฏิกิริยาทั้งหมด 20 ไมโครลิตร ประกอบด้วย พลาสมิดดีเอ็นเอ 100 – 200 นาโนกรัม, 1X FastDigest buffer, 0.5U FastDigest enzyme ปรับปริมาตรด้วยน้ำ บ่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 30 นาที และหยุดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 80°C นาน 5 นาที ตรวจสอบวิเคราะห์ผลด้วย 1.5% agarose gel electrophoresis

การวิเคราะห์ลำดับเบสของยีน CyP นำตัวอย่างพลาสมิดดีเอ็นเอที่มีชิ้นส่วนของยีน CyP มาเป็นต้นแบบในการวิเคราะห์ลำดับเบส โดยใช้สารเคมี BigDye® Terminator V3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems) ร่วมกับไพรเมอร์ M13 (forward) 5' – GTA AAA CGA CGG CCA GT – 3' และ M13 (reverse) 5' – GCG GAT AAC AAT TTC ACA CAG G – 3' นำปฏิกิริยา cycle sequencing เข้าเครื่อง Thermal Cycler (Geneamp 9700, Perkin Elmer, USA) เพื่อเพิ่มปริมาณยีน CyP ทำการล้างสีฟลูออเรสเซนต์ส่วนเกิน และละลายตะกอนดีเอ็นเอด้วย HiDi - formamide 10 ไมโครลิตร บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 95°C นาน 2 นาที และแช่บนน้ำแข็งทันที นำตัวอย่าง load เข้าเครื่อง ABI PRISM® 310 Genetic Analyzer เพื่อวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าต่างๆ

2. การสร้างชุด Cassette ยีน และการตรวจสอบการปรากฏของยีน

2.1 การสร้างชุด Cassette ยีน

ทำการสังเคราะห์ยีน CyP จากดีเอ็นเอของข้าวฟ่าง โดยใช้เทคนิค PCR ร่วมกับไพรเมอร์ที่จำเพาะกับยีน CyP ได้แก่ CyP*Xba*I (forward) และ CyP*Kpn*I (reverse) โดยใช้ HotStart Taq Master Mix Kit (QIAGEN, USA) (ข้อ 1.3) ตรวจวิเคราะห์ผลด้วย 1.5% agarose gel electrophoresis

นำพลาสมิดดีเอ็นเอของ plant expression vector (pCAMBIA2300) ที่มีส่วนประกอบของโปรโมเตอร์ (35SCaMV) และเทอร์มิเนเตอร์ (NOS) มีขนาด 9648 คู่เบส มียีน nptII (kanamycin) เป็นยีนคัดเลือก และชิ้นดีเอ็นเอของยีน CyP ขนาด 519 คู่เบส นำแต่ละตัวอย่างมาตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Xba*I และ *Kpn*I และนำดีเอ็นเอมาทำให้บริสุทธิ์ โดยใช้ QIAquick Gel Extraction Kit (QIAGEN, USA) (ข้อ 1.4) นำชิ้นยีน CyP เชื่อมต่อเข้ากับ pCAMBIA2300 จากนั้นนำไปเพิ่มปริมาณในเซลล์แบคทีเรียเจ้าบ้านสายพันธุ์ DH5α โดยวิธี heat – shock และเลี้ยงในอาหารแข็ง LB – kanamycin (50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)

2.2 การตรวจสอบการปรากฏของยีน โดยการใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ และเทคนิค PCR

คัดเลือกโคโลนีเดี่ยวที่คาดว่าได้รับพลาสมิดสายผสม นำมาสกัดพลาสมิดดีเอ็นเอ โดยใช้ GeneJET™ Plasmid Miniprep Kit (Fermentas, Lithuania) จากนั้นนำพลาสมิดดีเอ็นเอมาทำการตรวจสอบการปรากฏของยีน 2 วิธี คือ [1] การใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ *Hind*III และ *Kpn*I (ข้อ 1.4) และ [2] การใช้เทคนิค PCR ร่วมกับไพรเมอร์ NOS (forward) และ 35SCaMv (reverse) โดยใช้ Hot Start Taq Master Mix Kit (QIAGEN, USA) (ข้อ 1.3) และตรวจวิเคราะห์ผลด้วย 1.5% agarose gel electrophoresis

3. การตรวจสอบการแสดงออกของยีนในระดับโปรตีน (protein expression)

3.1 การสร้างชุด Cassette ยีน

ทำการสังเคราะห์ยีน CyP จากดีเอ็นเอของข้าวฟ่าง ร่วมกับไพรเมอร์ที่จำเพาะกับยีน CyP ได้แก่ CyP*Sal*I (forward) และ CyP*Hd* (reverse) (Table 1) โดยใช้ Hot Start Taq Master Mix Kit (QIAGEN, USA) (ข้อ 1.3) ตรวจวิเคราะห์ผลด้วย 1.5% agarose gel electrophoresis และนำดีเอ็นเอของ expression vector (pEcoli) ที่มีขนาด 5758 คู่เบส ซึ่งอยู่ในส่วนของ N – terminal vector ในระบบ T7 expression system มี T7 promoter เป็นส่วนประกอบทำให้เกิดการถอดรหัสและแปลรหัสออกมาเป็นโปรตีนได้ และชิ้นดีเอ็นเอของยีน CyP ขนาด 519 คู่เบส นำแต่ละตัวอย่างมาตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Sal*I และ *Hind*III และนำดีเอ็นเอมาทำให้บริสุทธิ์ โดยใช้ QIAquick Gel Extraction Kit (QIAGEN, USA) (ข้อ 1.4) ทำการเชื่อมต่อชิ้นยีน CyP เข้ากับ expression vector เพื่อสร้าง recombinant protein มีขนาด ~6.3 กิโลเบส จากนั้นนำไปเพิ่มปริมาณในเซลล์แบคทีเรียเจ้าบ้านสายพันธุ์ DH5α โดยวิธี heat – shock และเลี้ยงในอาหารแข็ง LB – ampicillin

3.2 การตรวจสอบการปรากฏของยีน โดยการใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ และเทคนิค PCR

คัดเลือกโคโลนีเดี่ยวที่คาดว่าได้รับพลาสมิดสายผสม นำมาสกัดพลาสมิดดีเอ็นเอ โดยใช้ GeneJET™ Plasmid Miniprep Kit (Fermentas, Lithuania) จากนั้นนำพลาสมิดดีเอ็นเอมาทำการตรวจสอบการปรากฏของยีน 2 วิธี คือ [1] การใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ *Sal*I และ *Hind*III (ข้อ 1.4) และ [2] การใช้เทคนิค PCR ร่วมกับไพรเมอร์ T7_Up1 (forward) + T7_term (reverse) โดยใช้ Hot Start Taq Master Mix Kit (QIAGEN, USA) (ข้อ 1.3) และตรวจวิเคราะห์ผลด้วย 1.5% agarose gel electrophoresis

3.3 การตรวจสอบการแสดงออกในระดับโปรตีนของยีน CyP

ทำการถ่ายฝากพลาสมิดสายผสม (pEcoli – CyP) เข้าสู่เซลล์แบคทีเรีย BL21 (DE3) เพื่อการผลิตโปรตีน โดยวิธี heat – shock และเลี้ยงบนอาหารแข็ง LB – ampicillin (50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) จากนั้นคัดเลือกโคโลนีที่มี insert ของยีน นำมาสกัดพลาสมิดดีเอ็นเอ โดยใช้ GeneJET™ Plasmid Miniprep Kit (Fermentas, Lithuania) และตรวจสอบการปรากฏของยีนด้วยเทคนิค PCR (ข้อ 2.2) จากนั้นนำเซลล์แบคทีเรียที่มี recombinant plasmid ของยีน CyP มาเลี้ยงเพิ่มปริมาณในอาหารเหลว LB – ampicillin

ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เขย่าด้วยความเร็ว 250 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 คืน จากนั้นดูด cell culture ตัวอย่างละ 1 มิลลิลิตร ใส่ในอาหาร LB – ampicillin 50 มิลลิลิตร และบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เขย่าด้วยความเร็ว 250 รอบต่อนาที จนกระทั่ง OD_{600} = 0.5 จากนั้นเติม 3 mM IPTG เลี้ยงต่อเป็นเวลา 8 ชั่วโมง โดยเก็บเซลล์ทุก 2 ชั่วโมง แยกตะกอนเซลล์ออกจากอาหารโดยหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที ละลายตะกอนด้วย 2x sample buffer ปริมาตร 10 ไมโครลิตร นำมาต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที และแยกขนาดของ fusion protein ด้วย 10% SDS – PAGE ใช้บัฟเฟอร์ Tris – glycine (0.025 M Tris pH 8.3, 0.192 M Glycine, 0.1% SDS) โดยให้กระแสไฟฟ้าความต่างศักย์คงที่ 150 โวลต์ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ย้อมแผ่นเจลสีด้วยสารละลาย Coomassie – blue (0.2% Coomassie – blue R – 250 ใน 50% methanol และ 70% acetic acid) เป็นเวลา 30 นาที ล้างสีส่วนเกินออกด้วย destain solution (25% methanol, 7% acetic acid) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เทียบขนาดของแถบโปรตีน CyP กับโปรตีนมาตรฐาน PageRuler™ Prestained Protein Ladder (Fermentas, Lithuania) เพื่อตรวจดูปริมาณของ fusion protein ในแต่ละชั่วโมง (Biolabs, 1993)

4. การถ่ายยีน CyP เข้าสู่ยาสูบ

4.1 การเคลื่อนย้ายพลาสมิด (chimeric construct) เข้าสู่เซลล์ *A. tumefaciens* สายพันธุ์ EHA105 ด้วยวิธี Electroporation (Walkerpeach และ Velten, 1994)

การเคลื่อนย้ายพลาสมิดเข้าสู่เซลล์ *A. tumefaciens* ด้วยวิธี Electroporation โดยนำพลาสมิดของ pCAMBIA2300 – CyP ปริมาตร 5 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอด competent cell ของเชื้อ *A. tumefaciens* ผสมให้เข้ากันเบาๆ วางไว้บนน้ำแข็ง 30 นาที จากนั้นเคลื่อนย้ายพลาสมิดเข้าสู่เซลล์ ด้วยเครื่อง Bio-Rad Gene Pulser โดยใช้สภาวะ ดังนี้ cuvette gap 0.2 cm, voltage 2.5 kV, capacitor 25 μF และ resistance 480 Ω เติมอาหารเหลว YEP ปริมาตร 1 มิลลิลิตร นำไปเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28°C เขย่าที่ความเร็ว 200 – 250 รอบ/นาที เป็นเวลา 1 – 2 ชั่วโมง ตกตะกอนเซลล์ด้วยความเร็ว 10,000 รอบ/นาที เทอาหารเหลวทิ้ง เติมอาหารเลี้ยงเชื้อ YEP ปริมาตร 200 ไมโครลิตร Spread plate บนอาหารแข็ง YEP – rifampicin (control) และบนอาหารแข็ง YEP – rifampicin – kanamycin เพลทละ 80 ไมโครลิตร เลี้ยงที่อุณหภูมิ 28°C เป็นเวลา 2 – 3 วัน ตรวจสอบการเจริญของโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อ

การตรวจสอบการปรากฏของยีนในเซลล์ *A. tumefaciens* โดยเทคนิค PCR นำโคโลนีที่เจริญได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อมาทำปฏิกิริยา PCR ร่วมกับไพรเมอร์ CyP*Xba*I (forward) และ CyP*Kpn*I (reverse) โดยใช้ Hot Start Taq Master Mix Kit (QIAGEN, USA) (ข้อ 1.3) และตรวจวิเคราะห์ผลด้วย 1.5% agarose gel electrophoresis

4.2 การถ่ายยีนเข้าสู่ยาสูบโดยใช้เชื้ออะโกรแบคทีเรียม (*Agrobacterium*-mediated gene transfer) ดัดแปลงจากวิธีการของ Horsch และคณะ (1985)

การเตรียมชิ้นส่วนยาสูบเพื่อใช้ในการถ่ายยีนโดยนำเมล็ดยาสูบเวอร์จิเนียมาผ่านกระบวนการฟอกฆ่าเชื้อด้วย Haiter® Bleach ความเข้มข้น 30% (v/v) นาน 15 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อประมาณ 3 – 4 ครั้ง นำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) เติม sucrose 3% (w/v) + gelrite 0.3% (w/v) pH 5.7 ในสภาพห้องเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

การเตรียมเซลล์ *A. tumefaciens* โดยนำเซลล์ *A. tumefaciens* สายพันธุ์ EHA 105 ที่มียีน CyP มาเลี้ยงบนอาหารแข็ง 2xYT – kanamycin (50 มิลลิกรัม/ลิตร) บ่มที่อุณหภูมิ 28°C เป็นเวลา 2 – 3 วัน ย้ายโคโลนีเดี่ยวมาเลี้ยงในอาหารเหลว 2xYT – kanamycin ที่อุณหภูมิ 28°C เขย่าด้วยความเร็ว 200 – 250 รอบ/นาที เป็นเวลา 16 – 18 ชั่วโมง นำมาวัดค่าความเข้มข้นของเชื้อด้วยเครื่อง spectrophotometer ให้มีค่าความเข้มข้นที่ OD_{600} ประมาณ 0.5 – 1.0 ซึ่งเป็น log phase ทำการแยกเซลล์แบคทีเรียออกจากอาหาร ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 รอบ/นาที นาน 10 นาที เทอาหารเหลวทิ้ง ล้างตะกอนเซลล์แบคทีเรีย จำนวน 3 ครั้ง เติมอาหารเหลว MS + BA 5 µM ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เตรียมไว้สำหรับใช้ในการถ่ายยีน

การถ่ายยีนเข้าสู่ใบยาสูบ โดยวิธี leaf disc transformation ดัดแปลงจากวิธีการของ Horsch และคณะ (1985) นำเซลล์ *A. tumefaciens* ที่มียีน CyP มาเลี้ยงร่วมกับใบยาสูบขนาด 0.5 x 0.5 ซม. นำไปจุ่มในอาหารเหลว MS ที่มีเซลล์ *A. tumefaciens* เจือจาง 1 : 20 เป็นเวลา 1 นาที ผึ่งให้แห้งบนกระดาษกรอง Whatman no.1 (Whatman International Ltd., Maidstone, England) ที่ฆ่าเชื้อแล้ว นำไปเลี้ยงบนอาหาร MS + BA 5 µM + sucrose 3% (w/v) + gelrite 0.3% (w/v) pH 5.7 ในสภาพห้องเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำใบยาสูบไปเลี้ยงบนอาหาร MS + BA 5 µM + carbenicillin 400 มิลลิกรัม/ลิตร + sucrose 3% (w/v) + gelrite 0.3% (w/v) pH 5.7 นาน 6 สัปดาห์ เปลี่ยนอาหารใหม่ทุก 7 วัน เพื่อทำการฆ่าเซลล์ *A. tumefaciens* และเลี้ยงเนื้อเยื่อต่อไปอีก 4 สัปดาห์ บนอาหารสูตรเดิมที่ลดปริมาณ carbenicillin ลงเหลือ 200 มิลลิกรัม/ลิตร และเปลี่ยนอาหารทุก 7 วัน เพื่อให้ใบยาสูบมีการพัฒนาเจริญเติบโตเป็นยอดอ่อน จากนั้นคัดเลือกเซลล์ที่ได้รับการถ่ายยีนบนอาหาร MS ที่เติม kanamycin (200 มิลลิกรัม/ลิตร)+ BA 5 µM + sucrose 3% (w/v) + gelrite 0.3% (w/v) pH 5.7 นาน 2 สัปดาห์ คัดเลือกยอดอ่อนที่รอดชีวิต ย้ายลงในอาหารเพื่อเพิ่มปริมาณยอด เปลี่ยนอาหารใหม่ทุก 2 สัปดาห์ ทำการชักนำให้เกิดต้นที่สมบูรณ์ โดยการตัดแยกยอดอ่อนที่เจริญเติบโตไปเลี้ยงบนอาหาร MS ที่เติม BA 5 µM + sucrose 3% (w/v) + gelrite 0.3% (w/v) pH 5.7 เพื่อชักนำให้เกิดราก และตรวจวิเคราะห์ผลด้วยวิธีทางชีวโมเลกุลต่อไป

5. การตรวจสอบการปรากฏของยีน โดยเทคนิค PCR

สกัดดีเอ็นเอจากเนื้อเยื่อส่วนใบยาสูบที่รอดชีวิตในอาหารคัดเลือก โดยใช้ชุดสกัดดีเอ็นเอ Genomic DNA Extraction Kit (RBC Bioscience, Taiwan) (ตามข้อ 1.2) ทำการตรวจสอบการปรากฏ

ของยีน CyP ด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ไพรเมอร์จำนวน 2 คู่ ได้แก่ ไพรเมอร์ที่จำเพาะกับยีน คือ CyP*Xba*I (forward) และ CyP*Kpn*I (reverse) และไพรเมอร์ที่เป็นส่วนประกอบของเวกเตอร์พาหะ คือ NOS (forward) และ 35SCaMV (reverse) โดยใช้ HotStart Taq Master Mix Kit (QIAGEN, USA) (ข้อ 1.3) และตรวจวิเคราะห์ผล ด้วย 1% agarose gel electrophoresis เทียบขนาดของแถบดีเอ็นเอที่ได้กับดีเอ็นเอมาตรฐาน 1 kb DNA ladder marker พร้อมบันทึกภาพ

6. การทดสอบการแสดงออกของยาสูบที่ได้รับการถ่ายยีน CyP

6.1 การทดสอบความทนทานต่อสภาวะเค็ม (NaCl)

นำต้นอ่อนยาสูบปกติ และยาสูบที่ได้รับการถ่ายยีน CyP มาเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA 5 µM + sucrose 3% (w/v) + agar 6.5% (w/v) pH 5.7 และเกลือ (NaCl) ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันคือ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0% (w/v) ทำการชั่งน้ำหนักสดเริ่มต้นของต้นยาสูบที่ทดสอบ

วางแผนการทดลองแบบ 2 x 7 factorial in Completely Randomized Design (CRD) 3 ซ้ำ ประกอบด้วย ปัจจัย A ชนิดพืช คือ ยาสูบปกติ (Non – GM) และยาสูบที่มียีน CyP (GM)

ปัจจัย B ความเข้มข้นของ NaCl ที่ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0% (w/v)

<u>การบันทึกผล</u>

1. อัตราการเจริญเติบโตคิดเป็นเท่าของน้ำหนักสดเริ่มต้น คำนวณจากน้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้นหลังเลี้ยงนาน 4 สัปดาห์ โดยใช้สูตร

$$\text{อัตราการเพิ่มน้ำหนักสด (เท่า)} = \frac{\text{น้ำหนักสดหลังเลี้ยงนาน 4 สัปดาห์} - \text{น้ำหนักสดเริ่มต้น}}{\text{น้ำหนักสดเริ่มต้น}}$$

2. อัตราการรอดชีวิต เมื่อเลี้ยงในอาหารที่เติมเกลือ (NaCl) ที่ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0% (w/v) นาน 6 สัปดาห์ โดยคิดค่าเฉลี่ยความเข้มข้นละ 10 ต้น

6.2 การทดสอบความทนทานต่อสภาวะขาดน้ำ โดยใช้ polyethylene glycol (PEG 6000)

นำต้นอ่อนของยาสูบปกติ และยาสูบที่ได้รับการถ่ายยีน CyP มาเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA 5 µM + sucrose 3% (w/v) + agar 8% (w/v) pH 5.7 และ PEG 6000 ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันคือ 0, 5, 10, 15 และ 20% (w/v) ทำการชั่งน้ำหนักสดเริ่มต้นของต้นยาสูบที่ทดสอบ

วางแผนการทดลองแบบ 2 x 5 factorial in Completely Randomized Design (CRD) 3 ซ้ำ ประกอบด้วย ปัจจัย A ชนิดพืช คือ ยาสูบปกติ (Non – GM) และยาสูบที่มียีน CyP (GM)

ปัจจัย B ความเข้มข้นของ PEG 6000 ที่ 0, 5, 10, 15 และ 20% (w/v)

<u>การบันทึกผล</u> : อัตราการเจริญเติบโตคิดเป็นเท่าของน้ำหนักสดเริ่มต้น คำนวณจากน้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้น หลังเลี้ยงนาน 3 สัปดาห์ โดยใช้สูตร

$$\text{อัตราการเพิ่มน้ำหนักสด (เท่า)} = \frac{\text{น้ำหนักสดหลังเลี้ยงนาน 3 สัปดาห์} - \text{น้ำหนักสดเริ่มต้น}}{\text{น้ำหนักสดเริ่มต้น}}$$

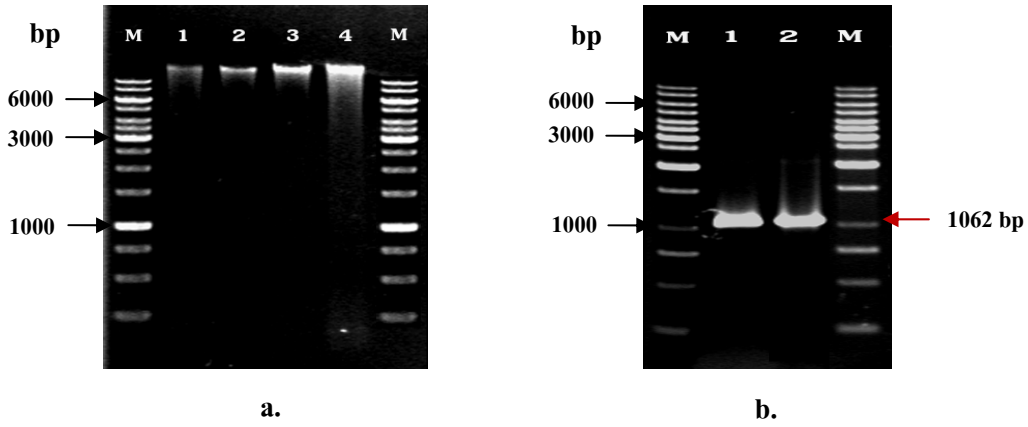
ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การโคลนยีน CyP จากข้าวฟ่าง

สังเคราะห์ยีน CyP ในส่วนของยีนที่มีการแสดงออกจากข้าวฟ่าง โดยการทำปฏิกิริยา PCR (Figure 1a) พบว่า สามารถทำปฏิกิริยาได้แถบดีเอ็นเอขนาด ~1 กิโลเบส (Figure 1b) คัดเลือกแถบดีเอ็นเอที่สังเคราะห์ได้ไปวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ พบยีนที่ได้มีลำดับนิวคลีโอไทด์เท่ากับ 1062 คู่เบส สามารถแปลรหัสเป็นลำดับเปปไทด์ของยีน CyP ได้จำนวน 172 amino acid อยู่ภายใน Open reading frame (ORF) ระหว่างตำแหน่งของลำดับดับเบสที่ 131 – 649 และพบลำดับนิวคลีโอไทด์ตำแหน่ง polyadenylation signal AATAA motif อยู่ในส่วนของ 3'UTR ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมพบว่า ยีน CyP ที่สังเคราะห์ได้จากข้าวฟ่างมีความเหมือนอย่างสูงกับตำแหน่ง Trp128 (W128) ของยีน CyP ทั้งหมดที่พบในยูคาริโอต (Liu *et al*., 1991) และลำดับกรดอะมิโน KSGKPLH ตำแหน่งที่ 48 – 54 จะมีความเฉพาะเจาะจงกับยีน CyP ในส่วนของ cytoplasmic ที่พบได้ในพืชหลายชนิด (Lippuner *et al*., 1994) (Figure 2.) เมื่อนำลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับยีนชนิดเดียวกันที่มีรายงานในฐานข้อมูล GenBank พบว่า ยีนที่ได้มีความเหมือนอย่างสูงกับยีน CyP ที่พบในอ้อย (*Saccharum officinarum* L.) (GQ246462.1) และข้าวโพด (*Zea mays* L.) (X68678.1) โดยมีค่าความเหมือน (% Max Identity) เท่ากับ 91% และ 90% ตามลำดับ

Table 1. Primer name, Base sequence, Size of primer, Melting temperature (Tm) and GC content of designing specific primers from Genbank on http://www.ncbi.nim.nih.gov/.

Primer name	Base sequence (5' → 3')	Size (bp)	Tm (°C)	GC content (%)
CyP4(forward)	CCG GCT ATT TTA CCG CAC CMG TYC TC	26	67.7(60)	53.8
CyP4(reverse)	GGG CKA TCC ATG CTT GGC AGT TCA C	25	68.7(60)	58.0
CyP*Xba*I(forward)	CAC TCT AGA ATG GCG AAC CCG CGC GTC TTC TTC GAC	36	74.9(60)	58.3
CyP*Kpn*I(reverse)	CAC GGT ACC CTA GCT GAG CTG GCC GCA GTC AGC ATC	37	78.0(60)	64.9
NOS(forward)	GTT TGA ACG ATC GGG GAA ATT CGA GCT C	28	67.5(60)	50.0
35SCaMV(reverse)	CAT TTG GAG AGG ACA CGC TGA CAA GCT GAC	30	70.1(60)	53.3
CyP*Sal*I(forward)	CAC GTC GAC ATG GCG AAC CCG CGC GTC TTC TTC GAC	36	77.2(60)	63.9
CyP*Hd*(reverse)	CAC AAG CTT CTA GCT GAG CTG GCC GCA GTC AGC GAT C	37	75.8(60)	59.5
T7_Up1(forward)	CGG CGT AGA GGA TCG AG	17	62.0(60)	64.7
T7_term(reverse)	CTA GTT ATT GCT CAG CGG	18	57.6(60)	50.0



a. b.

Figure 1. a. Genomic DNA isolated from two sorghum cultivars on 1% agarose gel. Lane M = 1 kb DNA ladder (Fermentas), lane 1-2 = Genomic DNA from sorghum (UT 1), lane 3-4 = Genomic DNA from sorghum (SPR 60)

b. PCR analysis of cyclophilin gene from 2 cultivars sorghum using specific primer CyP4 (forward) and CyP4 (reverse). Lane M = 1 kb DNA ladder (Fermentas), lane 1 = PCR product from sorghum (UT 1), lane 2 = PCR product from sorghum (SPR 60)

```
   1   tccggctattttaccgcaccagttctccctccaccagatcagatcagatcacagaacgca
  61   acagccgaaggaaaaatttccccccaaccaaaaaccctctctcccaaaccctagctacct
 121   tcggatcccgatggcgaacccgcgcgtcttcttcgacatgacggtcggcggcgcggcggc
                 M  A  N  P  R  V  F  F  D  M  T  V  G  G  A  A  A
 181   ggggcggatcgtgatggagctgtacgcgaacgaggtgcccaagacggccgagaacttccg
        G  R  I  V  M  E  L  Y  A  N  E  V  P  K  T  A  E  N  F  R
 241   cgcgctgtgcacgggcgagaagggcgtggggaagtccgggaagccgctccactacaaggg
        A  L  C  T  G  E  K  G  V  G  K  S  G  K  P  L  H  Y  K  G
 301   ctccaccttccaccgcgtcatcccgcagttcatgtgccagggcggcgacttcacccgggg
        S  T  F  H  R  V  I  P  Q  F  M  C  Q  G  G  D  F  T  R  G
 361   caacgggaccggaggcgagtccatctacggcgacaagttccccgacgagaagttcgtgcg
        N  G  T  G  G  E  S  I  Y  G  D  K  F  P  D  E  K  F  V  R
 421   caaccacacggcccccggggtgctctccatggccaacgccgggcccaacaccaacggctc
        N  H  T  A  P  G  V  L  S  M  A  N  A  G  P  N  T  N  G  S
 481   ccagttcttcatctgcaccgtcgatacccccctggctcgacggcaagcacgtcgtctttgg
        Q  F  F  I  C  T  V  D  T  P  W  L  D  G  K  H  V  V  F  G
 541   ccaggtcgtcgagggcatggacgtcgtcaaggccatcgagaaggtcggatcccgcagcgg
        Q  V  V  E  G  M  D  V  V  K  A  I  E  K  V  G  S  R  S  G
 601   atccacctccaaggaggtcaagatcgctgactgcggccagctcagctagatcgttggtct
        S  T  S  K  E  V  K  I  A  D  C  G  Q  L  S  *
 661   ggtctgcccgtccgccctccctcccgtcatcgtccactccgcctgcgtcccgtcccgttt
 721   ccggtttgcttcgatctgaataagatgatggtgatctgagtggtggtctgagttgagtcg
 781   tttatttatcatgtgcgtctgtctgtgtcgctcgcggtttaatctagcggtgtaggtgtg
 841   gatctccgaatcccatggcgcctctgcttacttcgtgtttcatcaccagttatatgttat
 901   gagatccaggataatgcattaatgctatgagaactgagattcggtttcatgcttcttgtt
 961   ccatgtgccatgtcatgtgcgtcttgttccattgcaagttcggaccccaaaatgattttg
1021   attgtcaatatgttaatgtgaactgccaagcatggatcgccc
```

Figure 2. Nucleotide and deduced amino acid sequence of cyclophilin gene. The start (ATG) and stop (TAG) codons are highlighted. The underline shows the polyadenylation signal AATAA, the red bold shows the conservative sequence of the plant cytoplasmic cyclophilin

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โครงสร้างของยีน โดยใช้โปรแกรม EMBL – EBI database (European Bioinformatics Institute, UK) (www.ebi.ac.uk/ena/data/view/EU722309) พบว่า ยีน CyP ที่ได้มีส่วนประกอบครบทั้งยีน (Figure 3) ซึ่งประกอบด้วยลำดับนิวคลีโอไทด์ในส่วนที่มีการแสดงออกของยีนสามารถถอดรหัสเป็นกรดอะมิโน (Open Reading Frame : ORF) มีขนาด 519 คู่เบส, ลำดับนิวคลีโอไทด์ทางด้านปลาย 5’ ซึ่งไม่เกี่ยวกับการแปลรหัสโปรตีน (5’ Untranslated region หรือ 5’UTR) มีขนาดเท่ากับ 130 คู่เบส และทางด้านปลาย 3’ ซึ่งไม่เกี่ยวกับการแปลรหัสโปรตีน (3’ Untranslated region หรือ 3’UTR) มีขนาดเท่ากับ 143 คู่เบส เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ยีน CyP ที่ได้มีลำดับนิวคลีโอไทด์ที่มีความสมบูรณ์ จึงนำลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้ submit ลงในฐานข้อมูลของ GenBank accession no. EU722309. (www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/submit.html) (Appendix 1)

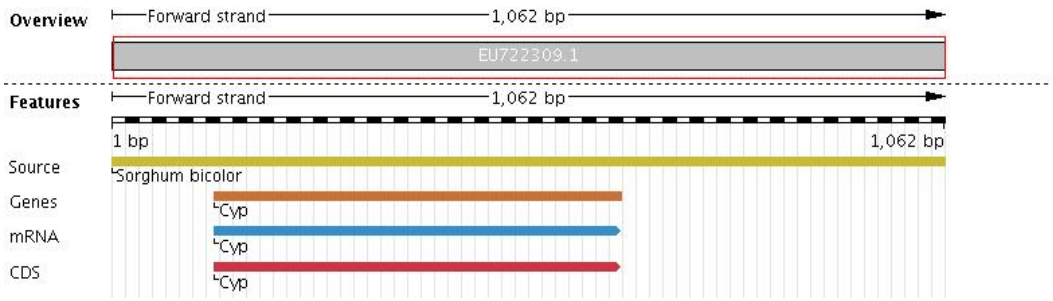


Figure 3. Structure of cyclophilin gene analyzed by EMBL-EBI database. The 1062 bp fragment of CyP gene is shown above (yellow bar). Coding sequence (CDS) of this gene is 519 bp (red arrow)

2. การสร้างชุด Cassette ยีน และการตรวจสอบการปรากฏของยีน

นำชิ้นยีน CyP ที่สังเคราะห์ได้ มีขนาด 519 คู่เบส เชื่อมต่อเข้ากับ plant expression vector (pCAMBIA2300) (Figure 4a) ขนาดประมาณ 9640 คู่เบส ซึ่งผ่านการทำ double digestion ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Xba*I และ *Kpn*I (Figure 4b) โดยที่ pCAMBIA2300 ประกอบด้วยโปรโมเตอร์ (35SCaMV) และเทอร์มิเนเตอร์ (NOS) ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการแสดงออกของยีน มียีน neomycin phosphotransferase (nptII) ซึ่งควบคุมลักษณะต้านทานต่อสารปฏิชีวนะ kanamycin เป็นยีนเครื่องหมายในการคัดเลือก จากนั้นตรวจสอบการปรากฏของยีน CyP ซึ่งมี 2 วิธีด้วยกัน วิธีแรกคือ การใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ *Hind*III และ *Kpn*I พบรูปแบบของแถบดีเอ็นเอที่ถูกต้องจำนวน 2 แถบ ได้แก่ ขนาดประมาณ 1 และ 9 กิโลเบส (Figure 5a) และวิธีที่สองคือ การตรวจสอบด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ไพรเมอร์ NOS (forward) และ 35SCaMV (reverse) พบว่า สามารถทำปฏิกิริยาได้แถบดีเอ็นเอของยีน CyP ขนาดประมาณ 0.5 กิโลเบส (Figure 5b) โดยโครงสร้างของพลาสมิดสายผสมที่มีความสมบูรณ์ (pCAMBIA2300 – CyP) มีขนาดประมาณ 10 กิโลเบส (Figure 6)

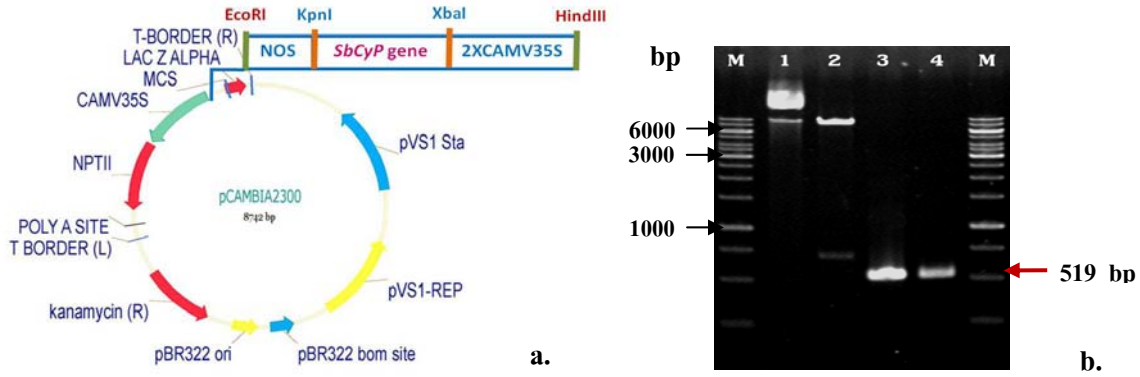


Figure 4. a. Map of plant expression vector (pCAMBIA2300) and position of the cyclophilin (CyP) gene in plant expression vector

b. DNA of a plant expression vector (pCAMBIA2300) and a cyclophilin (CyP) gene digested with specific enzyme *Xba*I and *Kpn*I. Lane M = 1 kb ladder (Fermentas), lane 1 = Plasmid DNA of pCAMBIA2300, lane 2 = Plasmid DNA of pCAMBIA2300 digested with specific enzyme *Xba*I and *Kpn*I, Lane 3 = PCR product CyP gene, lane 4 = PCR product CyP gene digested with specific enzyme *Xba*I and *Kpn*I

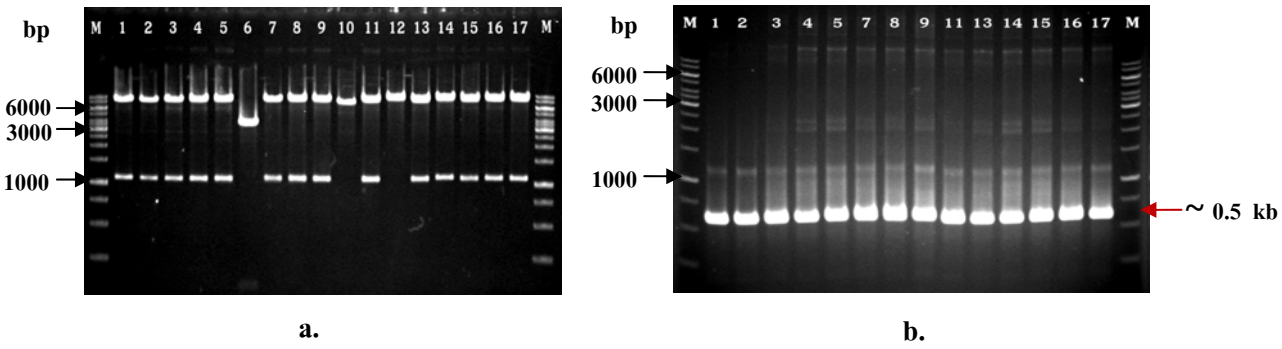


Figure 5. a. Pattern of DNA derived from recombinant plasmid DNA (pCAMBIA2300 – CyP) digested with specific enzyme *Hind*III and *Kpn*I. Lane M = 1 kb ladder (Fermentas), Lane 1-17 = pCAMBIA2300 – CyP clone 1 – 17

b. PCR analysis of plasmid DNA (pCAMBIA2300 – CyP) using specific primer NOS (forward) and 35SCaMV (reverse). Lane M = 1 kb ladder (Fermentas), lane 1-14 = pCAMBIA2300 – CyP clone 1-5, 7-9, 11 และ 13-17

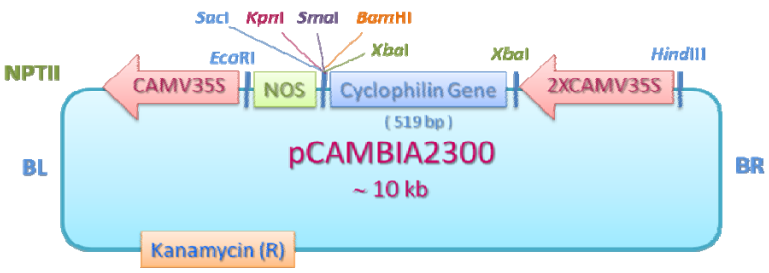
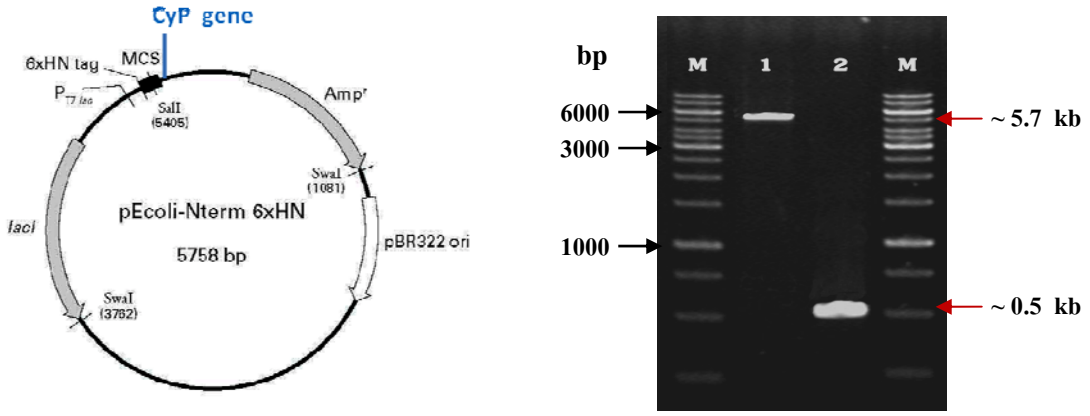


Figure 6. Structure of plasmid construct pCAMBIA2300 – CyP

3. การตรวจสอบการแสดงออกของยีนในระดับโปรตีน (protein expression)

นำชิ้นยีน CyP ที่สังเคราะห์ได้ มีขนาด 519 คู่เบส เชื่อมต่อเข้ากับ protein expression vector (pEcoli – vector) (Figure 7a) ขนาด 5758 คู่เบส ซึ่งผ่านการทำ double digestion ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Sal*I และ *Hind*III (Figure 7b) โดยที่ pEcoli – vector ซึ่งอยู่ในส่วนของ N – terminal vector ในระบบ T7 expression system มี T7 promoter เป็นส่วนประกอบ โปรตีนจะถูกสังเคราะห์ขึ้นมา โดยเอนไซม์ T7 RNA polymerase จะเข้าไปจับกับ T7 promoter ทำให้เกิดการถอดรหัสและแปลรหัสออกมาเป็นโปรตีนได้ ซึ่งแบคทีเรีย *E. coli* สายพันธุ์ BL21(DE3) มียีนที่สามารถสร้าง T7 RNA polymerase ได้ เมื่อถูกกระตุ้นด้วย IPTG จากนั้นตรวจสอบการปรากฏของยีน CyP โดยการตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ พบรูปแบบของแถบดีเอ็นเอที่ถูกต้องจำนวน 2 แถบ คือ ขนาดประมาณ 5.7 กิโลเบส (pEcoli vector) และ 0.5 กิโลเบส (CyP) และการตรวจสอบการปรากฏของยีนด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ไพรเมอร์ T7_Up (forward) และ T7_term (reverse) พบว่า สามารถทำปฏิกิริยาได้แถบดีเอ็นเอของยีน CyP ขนาดประมาณ 0.8 กิโลเบส โดยโครงสร้างของ recombinant protein (pEcoli – CyP) ที่มีความสมบูรณ์จะมีขนาดประมาณ 6.3 กิโลเบส จากนั้นนำ recombinant protein (pEcoli – CyP) ซึ่งได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องแล้ว นำไปถ่ายฝากเข้าสู่เซลล์แบคทีเรียเจ้าบ้านสายพันธุ์ BL21 (DE3) เพื่อศึกษาการแสดงออกในระดับโปรตีน โดยการตรวจสอบปริมาณของ fusion protein จากเซลล์ *E. coli* ที่มี recombinant protein (pEcoli – CyP) เมื่อทำการเลี้ยงเพิ่มปริมาณเซลล์และชักนำยีนด้วย 3mM IPTG เป็นเวลานาน 0, 2, 4, 6, และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ พบว่า ยีน CyP มีการแสดงออกของยีนในระดับโปรตีน ซึ่งมีขนาดประมาณ 18.4 kDa และพบว่าโปรตีนจะมีปริมาณสูงสุด หลังจากชักนำด้วย IPTG เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (Figure 8)



a. **b.**

Figure 7. a. Map of protein expression vector (pEcoli) and position of the CyP gene in protein expression vector

b. DNA of protein expression vector (pEcoli) and CyP gene digested with specific enzyme *Sal*I and *Hind*III. Lane M = 1 kb ladder (Fermentas), lane 1 = Plasmid DNA of pEcoli vector digested with specific enzyme *Sal*I และ *Hind*III, Lane 2 = PCR product CyP gene, lane 3 = PCR product CyP gene digested with specific enzyme *Sal*I และ *Hind*III

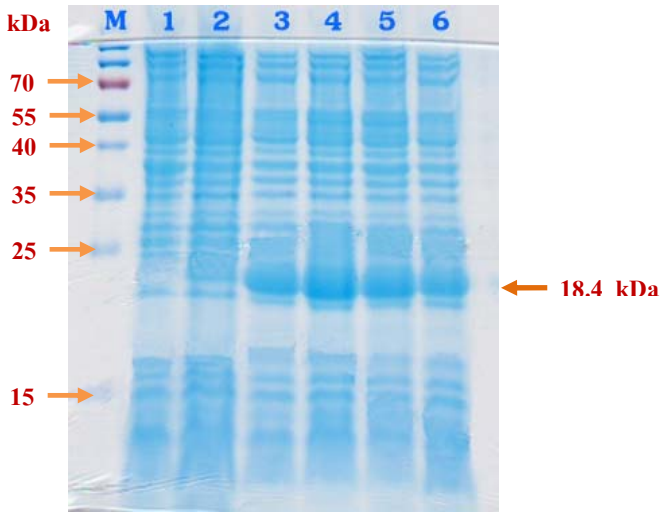


Figure 8. Expression of pEcoli - *Sb*CyP in *E. coli* BL21. M, protein marker; Lane 1 = BL21 without induction, Lane 2 = pEcoli - *Sb*CyP without induction; Lane 3 - 6 = pEcoli - *Sb*CyP induction for 2, 4, 6, and 8h respectively

4. การถ่ายยีนเข้าสู่ยาสูบ และการคัดเลือกต้นยาสูบที่ได้รับการถ่ายฝากยีน

การถ่ายยีน CyP ที่อยู่บนพลาสมิด pCAMBIA2300 เข้าสู่ยาสูบ (*Nicotiana tabacum* (Linn.)) โดยการใช้เชื้ออะโกรแบคทีเรียม สายพันธุ์ EHA105 ภายหลังการถ่ายยีนต้องกำจัดเชื้ออะโกรแบคทีเรีย ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบออกจากพืชให้หมด โดยการใช้สารปฏิชีวนะชนิด carbenicillin 400 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งปริมาณที่ใช้มีความเหมาะสมสามารถกำจัดเชื้ออะโกรแบคทีเรียได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อพืช เมื่อทำการตรวจสอบการแสดงออกของยีน CyP บนอาหารคัดเลือก สูตร MS ที่เติมสารปฏิชีวนะ kanamycin ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร + BA 5 µM + sucrose 3% (w/v) + gelrite 0.3% (w/v) pH 5.7 เป็นเวลา 2 สัปดาห์ จากนั้นคัดเลือกยอดอ่อนที่รอดชีวิต ย้ายลงในอาหารเพื่อเพิ่มปริมาณยอด เปลี่ยนอาหารใหม่ทุก 2 สัปดาห์ ทำการชักนำให้เกิดต้นที่สมบูรณ์ พบว่า ต้นยาสูบที่สามารถเจริญได้บนอาหารคัดเลือก MS – kanamycin มีจำนวน 25 ต้น โดยคัดเลือกจากยอดอ่อนที่ได้รับการถ่ายยีนจะสามารถพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ต่อไปได้ และต้นอ่อนที่ไม่ได้รับการถ่ายยีนจะไม่สามารถเจริญได้บนอาหารคัดเลือก หรือเรียกว่า ต้น escape นั่นเอง สารปฏิชีวนะ kanamycin เป็นยีนเครื่องหมาย (selectable marker gene) ที่ใช้คัดเลือกพืชที่ได้รับการถ่ายยีน โดยถ่ายฝากยีนเข้าไปในจีโนมพืชพร้อมกับยีนเป้าหมาย ซึ่งควบคุมลักษณะต้านทานต่อสารปฏิชีวนะ kanamycin จะไม่สามารถทำอันตรายแก่เนื้อเยื่อพืชที่ได้รับการถ่ายยีน ในขณะที่เนื้อเยื่อพืชที่ไม่ได้รับยีนจะตายในอาหารคัดเลือก (Miki and McHugh, 2004) งานวิจัยนี้พบว่า ต้นยาสูบที่ได้รับการถ่ายฝากยีนสามารถพัฒนาให้เป็นต้นที่สมบูรณ์ได้ โดยสามารถอยู่รอดบนอาหารคัดเลือก kanamycin ที่ความเข้มข้นในระดับค่อนข้างสูงคือ 200 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งคาดว่าเป็นผลมาจากยีน CyP ที่อยู่ในพลาสมิดสายผสมที่มียีน nptII สอดแทรกอยู่ในจีโนมของยาสูบด้วย

5. การตรวจสอบการปรากฏของยีนในยาสูบ โดยเทคนิค PCR

ผลการตรวจสอบการปรากฏของยีน CyP จากต้นยาสูบที่ได้รับการถ่ายยีนและสามารถเจริญได้บนอาหารคัดเลือก ด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ไพรเมอร์จำนวน 2 คู่ ได้แก่ ไพรเมอร์ที่จำเพาะกับยีน คือ CyP*Xba*I (forward) และ CyP*Kpn*I (reverse) และไพรเมอร์ที่เป็นส่วนประกอบของเวกเตอร์พาหะ คือ NOS (forward) และ 35SCaMV (reverse) พบว่า มีต้นยาสูบจำนวน 10 ต้น ที่สามารถทำปฏิกิริยาได้แถบดีเอ็นเอของยีน CyP ขนาดประมาณ 0.5 กิโลเบส ซึ่งแถบดีเอ็นเอที่ได้มีขนาดตรงกับยีนที่ได้สอดแทรกเข้าไปในจีโนมของยาสูบ ในขณะที่ต้นยาสูบที่ไม่ได้รับการถ่ายยีนจะไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอของยีนดังกล่าว (Figure 9a, b)

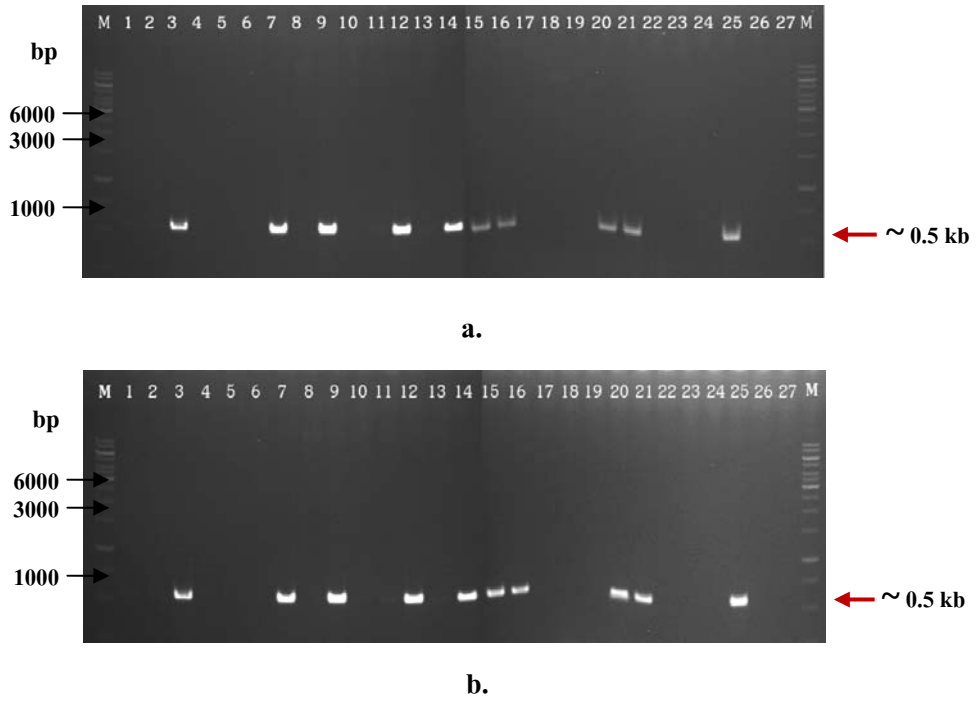


Figure 9 a. PCR analysis of tobacco plant using specific primer CyP*Xba*I (forward) and CyP*Kpn*I (reverse)

b. PCR analysis of tobacco plant using specific primer NOS (forward) and 35sCaMV (reverse). Lane M = 1 kb ladder (Fermentas), lane 1-2 = no. 1 – 2 control (no gene transfer had been performed), lane 3-27 = no. 3 – 27 (transgenic model plant)

6. การทดสอบการแสดงออกของยาสูบที่ได้รับการถ่ายยีน CyP

6.1 การทดสอบความทนทานต่อสภาวะเค็ม (NaCl)

จากการเพาะเลี้ยงยาสูบปกติที่ไม่ได้รับการถ่ายยีนและยาสูบที่ได้รับการถ่ายยีน CyP ในอาหารที่มีส่วนประกอบของเกลือ (NaCl) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ตั้งแต่ 0 – 3% เป็นเวลานาน 4 สัปดาห์ เมื่อพิจารณาที่ปัจจัยชนิดพืช ยาสูบที่ได้รับการถ่ายยีน CyP มีอัตราการเพิ่มปริมาณน้ำหนักสดเท่ากับ 2.21 เท่า มากกว่ายาสูบปกติซึ่งมีเท่ากับ 1.64 เท่า และเมื่อพิจารณาปัจจัยความเข้มข้นของเกลือ (NaCl) พบว่า

อัตราการเจริญเติบโตของยาสูบปกติและยาสูบที่ได้รับการถ่ายยีน CyP แตกต่างกันทางสถิติโดยมีอัตราการเพิ่มน้ำหนักสดสูงสุดในอาหาร MS ที่เติมเกลือ (NaCl) 0.5% และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเกลือ (NaCl) มากขึ้นอัตราการเพิ่มน้ำหนักสดจะลดลง และเริ่มเห็นความแตกต่างของยาสูบทั้งสองชนิดอย่างเห็นได้ชัดที่ระดับความเข้มข้นเกลือ (NaCl) 2.0, 2.5 และ 3.0% ยาสูบทั้งสองชนิดมีอัตราการเพิ่มน้ำหนักสดในอัตราที่ลดลง โดยยาสูบที่มียีน CyP มีน้ำหนักสดเพิ่มขึ้น 1.97, 0.76 และ 0.73 เท่า ซึ่งมากกว่าอัตราการเพิ่มน้ำหนักสดของยาสูบปกติ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.67, 0.34 และ 0.24 เท่า ตามลำดับ (Table 2) และจากการเปรียบเทียบลักษณะการเจริญเติบโตทางสัณฐานวิทยา ยาสูบที่มียีน CyP เมื่อเลี้ยงบนอาหารที่มีเกลือ (NaCl) ความเข้มข้น 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0% ถึงแม้ว่าจะมีการเพิ่มน้ำหนักสดในอัตราที่ลดลงเมื่อเทียบกับอาหารที่มีเกลือ (NaCl) ที่ระดับ 0 – 1% แต่ใบยังคงมีสีเขียว สามารถเจริญเติบโตได้ ในขณะที่ยาสูบปกติใบจะเหลืองซีด การตอบสนองต่ออาหารไม่ดี ขอบใบม้วน และมีบางส่วนเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อนเมื่อเลี้ยงบนอาหารที่เติมเกลือ (NaCl) ความเข้มข้น 2.5 และ 3.0% (Figure 10) เนื่องจากความเค็มมีผลกระทบต่อกระบวนการเมตาโบลิซึมของพืชในหลายๆ ลักษณะ และยังมีผลให้มีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายวิภาคและลักษณะทางสัณฐานวิทยา เมื่อทำการเลี้ยงในอาหารเดิมต่อไปอีก 2 สัปดาห์ จากข้อมูลเฉลี่ยอัตราการรอดชีวิตพบว่า ยาสูบทั้ง 2 ชนิด ยังคงมีอัตรารอดชีวิต 100% ที่ระดับเกลือ (NaCl) 1.5% เท่านั้น และจะค่อยๆ ลดลงเมื่อความเข้มข้นของเกลือ (NaCl) สูงขึ้น โดยยาสูบที่มียีน CyP มีอัตราการรอดชีวิต 80% และยาสูบปกติมีอัตราการรอดชีวิตเพียง 30% เมื่อเลี้ยงบนอาหารที่เติมเกลือ (NaCl) 2.0% และจะตายหมดเมื่อความเข้มข้นของเกลือ (NaCl) เพิ่มขึ้นเป็น 2.5 และ 3.0% ในขณะที่ยาสูบที่มียีน CyP ยังคงรอดชีวิตถึง 50 และ 30% ตามลำดับ

Table 2. Fresh weight increment (time) of non – transformed (non – GM) and transformed tobacco (GM) cultured on various concentrations of NaCl after 4 weeks of culture.

NaCl conc. (w/v) (A)	Fresh weight increment (time) (B)		A – Mean
	Non – GM	GM (CyP)	
0%	3.08	2.95	3.01 ab
0.5%	3.29	3.88	3.59 a
1.0%	2.30	2.56	2.43 b
1.5%	1.37	2.65	2.01 bc
2.0%	0.67	1.97	1.32 c
2.5%	0.34	0.76	0.55 d
3.0%	0.24	0.73	0.49 d
B – Mean	1.64	2.21	
% CV		**29.6**	

Means within the same column followed by a common letter are not significantly different at 5% level of DMRT

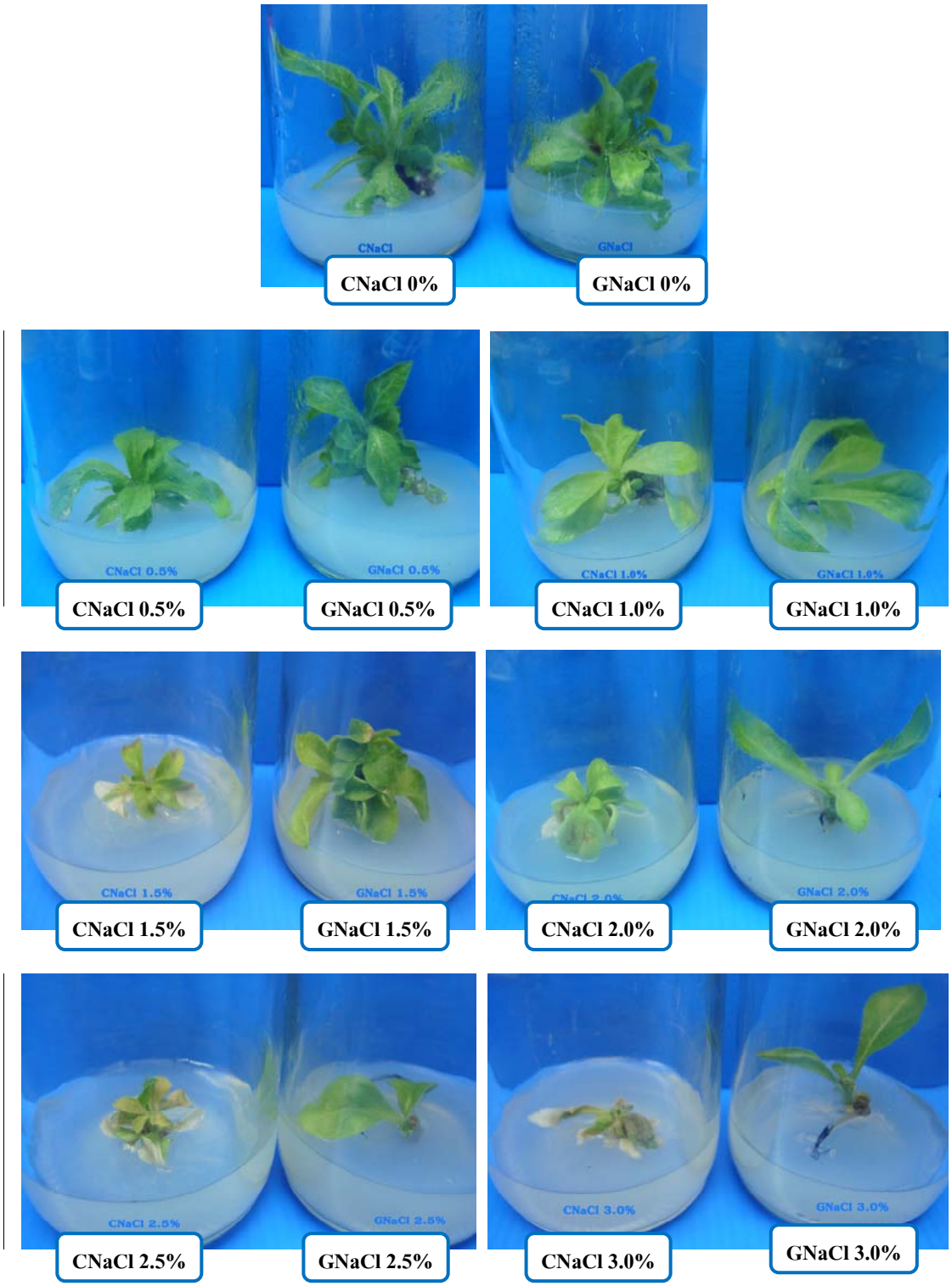


Figure 10. Growth of non – transformed tobacco (C) and transformed tobacco (G) on various concentration of NaCl (0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 and 3.0% (w/v)) after 4 weeks of culture

6.2 การทดสอบความทนทานต่อสภาวะขาดน้ำ (PEG 6000)

จากการเพาะเลี้ยงยาสูบปกติและยาสูบที่ได้รับการถ่ายยีน CyP ในอาหารที่มีส่วนประกอบของ PEG 6000 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ คือ 0, 5, 10, 15 และ 20% เป็นเวลานาน 3 สัปดาห์ เมื่อพิจารณาที่ปัจจัยชนิดพืชคือ ยาสูบปกติ กับยาสูบที่ได้รับการถ่ายยีน CyP พบว่ามีความแตกต่างกัน ในยาสูบปกติ เมื่อเลี้ยงบนอาหารที่เติม PEG 6000 ที่ระดับความเข้มข้น 0 และ 5% จะมีอัตราการเพิ่มน้ำหนักสดเท่ากับ 0.75 และ 0.60 เท่า และแตกต่างกันทางสถิติกับยาสูบปกติที่เลี้ยงบนอาหารที่เติม PEG 6000 ที่ระดับ 10, 15 และ 20% ซึ่งมีการเพิ่มน้ำหนักสดในอัตราที่ลดลงเท่ากับ 0.31, 0.33 และ 0.21 เท่าตามลำดับ ในขณะที่อัตราการเพิ่มน้ำหนักสดของยาสูบที่มียีน CyP เมื่อเลี้ยงบนอาหารที่เติม PEG 6000 ที่ระดับความเข้มข้น ตั้งแต่ 0, 5, 10, 15 และ 20% มีค่าระหว่าง 0.71 – 0.86 เท่า โดยไม่ต่างกันทางสถิติในทุกระดับ และเมื่อพิจารณาจากปัจจัยความเข้มข้นของ PEG 6000 พบว่า ยาสูบที่มียีน CyP เมื่อเลี้ยงบนอาหารที่เติม PEG 6000 ความเข้มข้นทุกระดับ จะมีอัตราการเพิ่มน้ำหนักสดมากกว่ายาสูบปกติที่เลี้ยงบนอาหาร PEG 6000 ที่ความระดับความเข้มข้น 10, 15 และ 20% (Table 3) แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการทนทานต่อสภาวะขาดน้ำของยาสูบที่มียีน CyP ซึ่งสามารถทนได้ถึงระดับความเข้มข้น 20% ในขณะที่ยาสูบปกติทนได้เพียงระดับความเข้มข้น 5% เท่านั้น ส่วนการเจริญทางสัณฐานวิทยา รูปร่าง และสีใบ มีลักษณะที่สอดคล้องกับปริมาณน้ำหนักสด ที่เพิ่มขึ้น โดยยาสูบปกติไม่มียีน CyP เมื่อเลี้ยงบนอาหารที่มี PEG 6000 ที่ระดับความเข้มข้น 10% ใบจะเริ่มเหลืองซีด และที่ระดับความเข้มข้น 15 – 20% จะแสดงให้เห็นถึงใบพืชที่มีลักษณะขาดน้ำอย่างเห็น ได้ชัดคือ ปลายใบ และขอบใบจะม้วนตัว ซึ่งเป็นลักษณะการปิดปากใบเพื่อลดการคายน้ำ สีของใบเหลืองซีดแห้งกรอบ ในขณะที่ยาสูบที่ได้รับการถ่ายยีน CyP ใบยังคงเขียว และสามารถเติบโตได้ตามปกติ (Figure 11)

Table 3. Fresh weight increment (time) of non – transformed (non – GM) and transformed tobacco (GM) cultured on various concentrations of PEG 6000 after 3 weeks of culture.

PEG 6000 conc. (w/v) (A)	Fresh weight increment (time) (B)		A – Mean
	Non – GM	GM (CyP)	
0%	0.75a	0.71a	0.73
5%	0.60a	0.78a	0.69
10%	0.31b	0.77a	0.54
15%	0.33b	0.79a	0.56
20%	0.21b	0.86a	0.53
B – Mean	0.44	0.78	
% CV		**23.1**	

Means within the same column followed by a common letter are not significantly different at 5% level of DMRT

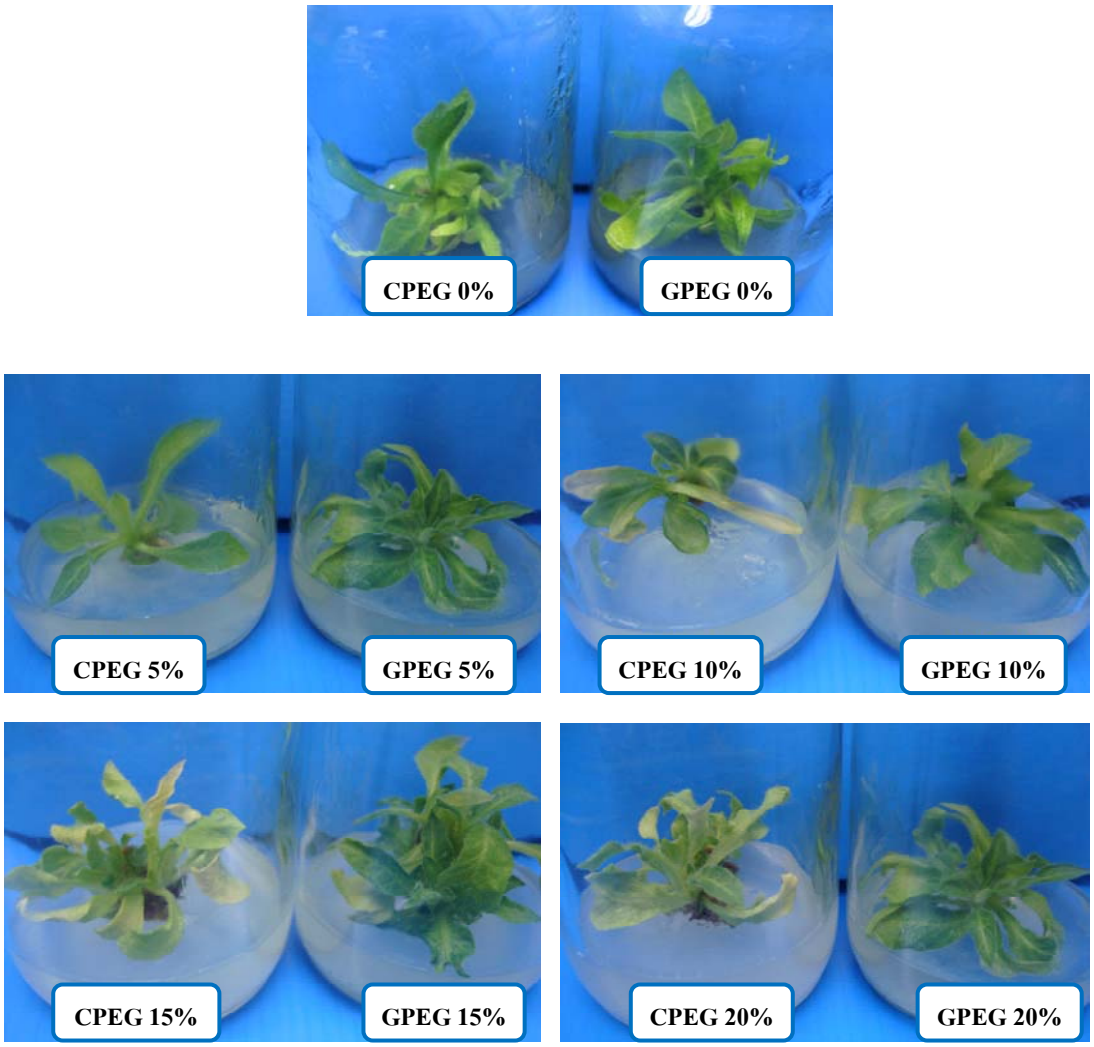


Figure 12. Growth of non – transformed tobacco (C) and transformed tobacco (G) on various concentration of PEG 6000 (0, 5, 10, 15 and 20% (w/v)) after 3 weeks of culture.

จากผลการทดลองดังกล่าว ยาสูบที่ได้รับการถ่ายยีน CyP สามารถทนทานต่อสภาวะเค็มของเกลือ (NaCl) ได้ที่ระดับความเข้มข้น 2.0 และ 2.5% โดยยังคงมีอัตราการรอดชีวิต 50% ขึ้นไป และสามารถทนต่อสภาวะขาดน้ำได้ที่ระดับความเข้มข้น 15 – 20% ทั้งนี้ยีน CyP อาจมีผลต่อการสังเคราะห์เอนไซม์ หรือโปรตีน ซึ่งทำให้พืชสามารถบรรเทาความเป็นพิษของเกลือ โดยการสร้างกลไกในลักษณะต่างๆ เช่น กลไกการหลีกเลี่ยง (avoidance mechanism) โดยหลีกเลี่ยงการสะสมเกลือในไซโตพลาสซึมจนถึงระดับที่เป็นพิษ หรือ สร้างระบบเอนไซม์ต่างๆ ที่มีความสามารถในการทนต่อความเข้มข้นของเกลือสูง โดยการที่เอนไซม์บางชนิดยังคงมีกิจกรรมได้เป็นปกติ แม้จะได้รับอิทธิพลจากความเค็ม (ชาญวิทย์, 2537) หรือมีผลต่อการสร้างสารประกอบไนโตรเจนและคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้เพิ่มมากขึ้นในเซลล์ มีการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล เพื่อลดค่าชลศักย์ (osmotic potential) ภายในเซลล์ และทำให้เกิดการออสโมซิสของน้ำกลับเข้ามาในเซลล์ (reverse osmosis) ให้มากขึ้น เพื่อชะลอการไม่ให้แรงดันเต่งลดลง ทำให้เซลล์รักษาสภาพเอาไว้ได้ (ชุมพล, 2555) อย่างไรก็ตามใน

พืชแต่ละชนิดหรือพืชชนิดเดียวกันแต่คนละสายพันธุ์ จะมีการแสดงออกของยีนที่อยู่ในสภาพเครียดแตกต่างกัน จึงมีความจำเป็นจะต้องศึกษากลไกการทำงานของยีน CyP ในพืชที่ได้รับการถ่ายยีนนี้โดยละเอียดต่อไป

สรุปผลการทดลอง

1. การโคลนยีน CyP จากจีโนมิกดีเอ็นเอของข้าวฟ่างพันธุ์อู่ทอง 1 และสุพรรณบุรี 60 พบว่ายีนที่สังเคราะห์ได้มีขนาด 1062 คู่เบส เมื่อวิเคราะห์โครงสร้างของยีน พบว่า ยีนที่ได้มีส่วนประกอบครบทั้งยีน มีลำดับนิวคลีโอไทด์ในส่วนที่มีการแสดงออก (ORF) จำนวน 519 คู่เบส สามารถแปลรหัสเป็นลำดับเปปไทด์ของยีน CyP จำนวน 172 amino acid และยีนที่ได้มีความเหมือนอย่างสูงกับยีน CyP ที่พบในอ้อย และข้าวโพด โดยมีค่า % Max Identity เท่ากับ 91% และ 90% ตามลำดับ

2. การสร้างชุด Cassette ยีน โดยการเชื่อมต่อชิ้นยีน CyP ขนาด 519 คู่เบส เข้ากับ plant expression vector (pCAMBIA2300) ภายใต้การควบคุมของโปรโมเตอร์ 35SCaMV และเทอร์มิเนเตอร์ NOS ได้ พลาสมิดสายผสมที่มีความสมบูรณ์ pCAMBIA2300 – CyP มีขนาด ~ 10 กิโลเบส

3. การตรวจสอบการแสดงออกของยีน CyP ในระดับโปรตีน โดยการเพิ่มปริมาณและวิเคราะห์ขนาด ของ fusion protein จากเซลล์ *E. coli* ที่มี recombinant protein (pEcoli – CyP) พบว่า ยีน CyP มีการแสดงออกของยีนในระดับโปรตีน และสังเคราะห์โปรตีนได้ปริมาณมากที่สุด เมื่อถูกชักนำด้วย 3mM IPTG เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และโปรตีนที่ได้มีขนาด ~ 18.4 kDa

4. การถ่ายฝากชุดยีน pCAMBIA2300 – CyP เข้าสู่ใบยาสูบ โดยการใช้เชื้ออะโกรแบคทีเรียม สามารถคัดเลือกต้นยาสูบบนอาหารคัดเลือกที่เติมสารปฏิชีวนะ kanamycin เข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร พบต้นยาสูบที่สามารถพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ต่อไปได้ จำนวน 25 ต้น

5. การตรวจสอบการปรากฏของยีน CyP ในยาสูบ โดยใช้เทคนิค PCR พบต้นยาสูบที่มียีน CyP ทั้งหมด 10 ต้น คิดเป็นประสิทธิภาพในการถ่ายยีนได้ร้อยละ 40

6. การตรวจสอบการแสดงออกของยีน CyP ในยาสูบ โดยการทดสอบความทนทานต่อสภาวะเครียด ได้แก่ ความทนเค็มและความทนสภาวะขาดน้ำ พบว่า ต้นยาสูบที่ได้รับการถ่ายยีน CyP มีความทนทานต่อสภาวะเครียดดังกล่าวได้ดีกว่าต้นยาสูบที่ไม่ได้รับการถ่ายยีน CyP ที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบแสดงว่ายีน CyP ที่โคลนได้มีการแสดงออกในพืช

<u>การนำไปใช้ประโยชน์</u> : ได้นำชุดยีน CyP ไปถ่ายฝากเข้าสู่ถั่วเหลืองเพื่อให้ทนต่อสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสม ซึ่งขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการชักนำแคลลัสที่ได้รับการถ่ายยีนให้พัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ สำหรับนำไปปลูกคัดเลือกต่อไป นอกจากนี้ยังมีการนำเทคโนโลยีการโคลนยีนมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาและโคลนยีนที่มีประโยชน์ในด้านอื่นๆ ได้สำเร็จ เช่น ยีน *Os*SKIPa ซึ่งเป็นยีนที่เกี่ยวข้องกับความทนต่อสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสมอีกยีนหนึ่ง และได้มีการนำยีน *Os*SKIPa ไปศึกษาการถ่ายฝากยีนเข้าสู่ถั่วเหลืองเพื่อให้ทนต่อสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสม สำหรับนำไปใช้ในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์พืช เพื่อรองรับปัญหาอันเกิดจากสภาวะโลกร้อนได้ในอนาคต

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ที่อนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่าง ดร.ศรีเมฆ ชาวโพงพาง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้คำปรึกษา และอนุเคราะห์ plant expression vector (pCAMBIA2300) สำหรับใช้ในการทดลองวิจัย ขอขอบคุณ คุณสุทวัฒน์ สินธีรโรจน์ และ คุณขวัญจิต ชั้นปั้นแตง ผู้ช่วยนักวิจัย สำหรับความช่วยเหลืองานวิจัยด้านต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

จารุจินต์ นภีตะภัฏ, 2554. *เอลนินโญ/ลานินญา*. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.tistr.or.th/t/publication/page_area_show_bc.asp?i1=86&i2=6. 12 ธันวาคม 2554.

เพิ่มพูน กีรติกสิกร. 2527. ดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. คณะเกษตรศาสตร์: มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 250 น.

ชาญวิทย์ ม่วงมิตร. 2537. การชักนำให้เกิดพันธุ์อ้อยทนเค็มโดยใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 69 น.

ชุมพล คุณวาสี. 2555. เอกสารประกอบการสอนวิชา 2303 107 General Biology ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.sc.chula.ac.th/botany/eClass/2303107/response49.pdf. 27 ธันวาคม 2556.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554. *ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร*. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.oae.go.th/main.php?filename=agri_production. 12 ธันวาคม 2554.

BioLabs, 1993. Instruction Manual : Protein Fusion & Purification System ; Expression and Purification of Protein from Cloned Genes. Mississauga, Ontario, L4V118, Canada. 37 p.

Gasser, C.S., D.A. Gunning, K.A. Budelier and S.M. Brown. 1990. Structure and expression of cytosolic cyclophilin peptidyl-prolyl *cis-trans* isomerase of higher-plants and production of active tomato cyclophilin in *Escherichia coli*. *Proc Natl Acad Sci.* 87: 9519 – 9523.

Godoy, A.V., A.S. Lazzaro, C.A. Casalongue and B. San Segundo. 2000. Expression of a *Solanum tuberosum* cyclophilin gene is regulated by fungal infection and abiotic stress conditions. *Plant Sci*. 152: 123 – 124.

Horsch, R.B., J.E. Fry, N.L. Hoffmann, D. Eichholtz, S.G. Rogers and R.T. Fraley. 1985. A simple and general method for transferring genes into plants. *Science*. 227 : 1229 – 1231.

Kong, H.Y., S.C. Lee and B.K. Hwang. 2001. Expression of pepper cyclophilin gene is differentially regulated during the pathogen infection and abiotic stress conditions. *Physiol Mol Plant Pathol*. 59: 189 – 199.

Lippuner, V., I.T. Chou, S.V. Scott, W.F. Ettinger, S.M. Theg and C.S. Gasser.1994. Cloning and characterisation of chloroplast and cytosolic forms of cyclophilin from *Arabidopsis thaliana*. *J Biol Chem*. 269 : 7863–7868.

Liu, J., C.M. Chen and C.T. Walsh. 1991. Human and *Escherichia coli* cyclophilins: Sensitivity to inhibition by the immunosuppressant cyclosporin A correlates with a specific tryptophan residue. *Biochemistry*. 30 : 2306–2310.

Luan, S., M.W. Albers and S.L. Schreiber. 1994. Light-regulated, tissue-specific immunophilins in a higher-plant. *Proc Natl Acad Sci*. 91: 984 – 988.

Marivet, J., P. Frendo and G. Burkard. 1992. Effects of abiotic stresses on cyclophilin gene-expression in maize and bean and sequence analysis of cyclophilin cDNA. *Plant Sci*. 84: 171-178.

Marivet, J., M. Margispinheiro, P. Frendo and G. Burkard. 1994. Bean cyclophilin gene-expression during plant development and stress conditions. *Plant Mol Biol*. 26: 1181-1189.

Marivet, J., P. Frendo and G. Burkard. 1995. DNA-sequence analysis of a cyclophilin gene from maize-developmental expression and regulation by salicylic acid. *Mol Gen Genet*. 247 : 222-228.

Miki, B and S. McHugh. 2004. Selectable marker genes in transgenic plants: applications, alternatives and biosafety. *J. of Biology*. 107 : 193 – 232.

Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio-assay with tobacco tissue culture. *Plant Physiol*. 15 : 473 – 497.

Sambrook, J., E.F. Fritsch and T. Maniatis. 1989. *Molecular cloning : A laboratory manual*. 2nd ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York. 545 p.

Sharma, S.D. and P. Singh. 2003. Effect of water stress on expression of a 20 kD cyclophilin-like protein in drought susceptible and tolerant cultivars of Sorghum. *J. Plant Biochem Biot*. 12 : 77 – 80.

Walkerpeach, C. R. and J. Velten. 1994. Agrobacterium-mediated gene transfer to plant cells: cointegrate and binary vector systems In: S. B. Gelvin and R. A. Schilperoort (eds). *Plant Molecular Biology Manual*, 2nd edn. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. B1: 1-19.

Watad, A.A., D. Swartzberg, R.A. Bressan, S. Izaher and P.M. Hasegawa. 1991. Stability of salt tolerance at the cell level after regeneration of plants from a salt tolerant tobacco cell line. *Physiol. Plant*. 83: 307 – 313.

Sorghum bicolor cyclophilin (Cyp) gene, complete cds

GenBank: EU722309.1

Go to:

```
LOCUS       EU722309     1062 bp    DNA     linear   PLN 09-JUN-2008
DEFINITION  Sorghum bicolor cyclophilin (Cyp) gene, complete cds.
ACCESSION   EU722309
VERSION     EU722309.1  GI:189345345
KEYWORDS    .
SOURCE      Sorghum bicolor (sorghum)
  ORGANISM  Sorghum bicolor
            Eukaryota; Viridiplantae; Streptophyta; Embryophyta; Tracheophyta;
            Spermatophyta; Magnoliophyta; Liliopsida; Poales; Poaceae; PACMAD
            clade; Panicoideae; Andropogoneae; Sorghum.
REFERENCE   1  (bases 1 to 1062)
  AUTHORS   Suphawadee,N., Payungsak,R., Karsedit,D., Chayanit,D. and
            Hathairat,U.
  TITLE     Cloning of a cyclophilin gene from Sorghum bicolor
  JOURNAL   Unpublished
REFERENCE   2  (bases 1 to 1062)
  AUTHORS   Suphawadee,N., Payungsak,R., Karsedit,D., Chayanit,D. and
            Hathairat,U.
  TITLE     Direct Submission
  JOURNAL   Submitted (14-MAY-2008) Biotechnology Technology Research and
            Development Office, Department of Agriculture, Rangsit-Nakhonnayok
             Road, Thunyaburi, Pathumthani 12110, Thailand
FEATURES             Location/Qualifiers
     source          1..1062
                     /organism="Sorghum bicolor"
                     /mol_type="genomic DNA"
                     /db_xref="taxon:4558"
     gene            <131..>649
                     /gene="Cyp"
     mRNA           <131..>649
                     /gene="Cyp"
                     /product="cyclophilin"
     CDS             131..649
                     /gene="Cyp"
                     /note="peptidyl-propyl cis-trans isomerase"
                     /codon_start=1
                     /product="cyclophilin"
                     /protein_id="ACD93011.1"
                     /db_xref="GI:189345346"
                     /translation="MANPRVFFDMTVGGAAAGRIVMELYANEVPKTAENFRALCTGEK
                     GVGKSGKPLHYKGSTFHRVIPQFMCQGGDFTRGNGTGGESIYGDKFPDEKFVRNHTAP
                     GVLSMANAGPNTNGSQFFICTVDTPWLDGKHVVFGQVVEGMDVVKAIEKVGSRSGSTS
                     KEVKIADCGQLS"
ORIGIN
        1  tccggctatt ttaccgcacc agttctccct ccaccagatc agatcagatc acagaacgca
       61  acagccgaag gaaaaatttc cccccaacca aaaaccctct ctcccaaacc ctagctacct
      121  tcggatcccg atggcgaacc cgcgcgtctt cttcgacatg acggtcggcg gcgcggcggc
      181  ggggcggatc gtgatggagc tgtacgcgaa cgaggtgccc aagacggccg agaacttccg
      241  cgcgctgtgc acgggcgaga agggcgtggg gaagtccggg aagccgctcc actacaaggg
      301  ctccaccttc caccgcgtca tcccgcagtt catgtgccag ggcggcgact tcacccgggg
      361  caacgggacc ggaggcgagt ccatctacgg cgacaagttc cccgacgaga agttcgtgcg
      421  caaccacacg gccccgggg tgctctccat ggccaacgcc gggcccaaca ccaacggctc
      481  ccagttcttc atctgcaccg tcgataccc ctggctcgac ggcaagcacg tcgtctttgg
      541  ccaggtcgtc gagggcatgg acgtcgtcaa ggccatcgag aaggtcggat cccgcagcgg
      601  atccacctcc aaggaggtca agatcgctga ctgcggccag ctcagctaga tcgttggtct
      661  ggtctgcccg tccgccctcc ctcccgtcat cgtccactcc gcctgcgtcc cgtcccgttt
      721  ccggtttgct tcgatctgaa taagatgatg gtgatctgag tggtggtctg agttgagtcg
      781  tttatttatc atgtgcgtct gtctgtgtcg ctcgcggttt aatctagcgg tgtaggtgtg
      841  gatctccgaa tcccatggcg cctctgctta cttcgtgttt catcaccagt tatatgttat
      901  gagatccagg ataatgcatt aatgctatga gaactgagat tcggtttcat gcttcttgtt
      961  ccatgtgcca tgtcatgtgc gtcttgttcc attgcaagtt cggaccccaa aatgattttg
     1021  attgtcaata tgttaatgtg aactgccaag catggatcgc cc
```

Appendix 1. Sequence of the gene Cyclophillin (CyP) submit to the database of GenBank accession no. EU722309. (www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/submit.html)

การพัฒนาชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus subtilis* สายพันธุ์ BS-DOA 24 ในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงที่เกิดจากแบคทีเรีย

Development of Bioproduct of *Bacillus subtilis* BS-DOA 24 strain for Controlling Bacterial Wilt of Ginger

ณัฏฐิมา โฆษิตเจริญกุล บูรณี พั่ววงษ์แพทย์ ทิพวรรณ กันหาญาติ รุ่งนภา ทองเครึ่ง

Nuttima Kositcharoenkul Buranee Puawongphat Tippawan Kanhayart Rungnapha Thong kreng

ABSTRACT

All 135 isolates of *Bacillus subtilis* were isolated from soil, roots and manure that were collected from 9 Provinces. The 8 isolates (BS-DOA 24, BS-DOA 69, BS-DOA 97, BS-DOA 108, BS-DOA 114, BS-DOA 123 BS-DOA 125 and BS-DOA 132) from 135 isolates were selected as antagonistic bacteria which can inhibit the growth of *Ralstonia solanacearum* causes bacterial wilt of Ginger in the laboratory. All antagonistic bacteria were tested for effectiveness in controlling bacterial wilt of Ginger plants in the greenhouse and experimental plots. The results showed that the antagonistic bacteria were BS-DOA 24 and BS-DOA 123 can control the disease 60%. The two antagonistic bacterial isolates were tested effective in controlling bacterial wilt of Ginger in the field. The results showed that antagonistic bacteria BS-DOA 24 can control the disease 68%. The antagonistic bacteria *B. subtilis* BS-DOA 24 was carried out to develop bioproduct as powder formulation using talcum 1:4 (V/W) gave the high population of *B. subtilis* BS-DOA 24 of $1.1x10^{10}$ CFU/g. The bioproduct storage for 12 months at room temperature and 15 months at 4 ^{o}C is still effective in controlling bacterial wilt of Ginger in greenhouse at 60% and in the wilt infested field at range 62-65%. The bioproduct of *B. subtilis* BS-DOA 24 was tested effective in controlling bacterial wilt of Ginger in a farmer's field at Phetchabun province. The results showed that the bioproduct can control the wilt at 62 % and harvest up to 2,260 kg / Rai. In this research, bioproduct of *B. subtilis* BS-DOA 24 was developed as a model to be extended to commercial production. Current, the Ladda Co.,Ltd. had requested the antagonistic bacteria *B. subtilis* BS-DOA 24 in order to develop the industry scale which is to bring the research of the Department of Agriculture to develop further commercial production and spread to farmers in the future.

Key words : Ginger, Bacterial Wilt

สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

แบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จำนวน 135 ไอโซเลท ถูกแยกจากดิน รากพืช และปุ๋ยคอกจาก 9 จังหวัด นำไปทดสอบการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* สาเหตุโรคเหี่ยวของขิง ในห้องปฏิบัติการพบว่ามีสามารถคัดเลือกได้แบคทีเรียปฏิปักษ์ จำนวน 8 ไอโซเลท (BS-DOA 24, BS-DOA 69, BS-DOA 97, BS-DOA 108, BS-DOA 114, BS-DOA 123 BS-DOA 125 และ BS-DOA 132) จากนั้นนำแบคทีเรียปฏิปักษ์ทั้งหมดไปทดสอบความสามารถในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงในสภาพเรือนทดลอง พบว่าแบคทีเรีย *B. subtilis* BS-DOA 24 และ BS-DOA 123 สามารถควบคุมโรคเหี่ยวของขิงได้ร้อยละ 60 นำแบคทีเรีย *B. subtilis* BS-DOA 24 และ BS-DOA 123 ไปทดสอบในสภาพแปลงทดลอง พบว่า *B. subtilis* BS-DOA 24 สามารถควบคุมโรคได้ร้อยละ 68 จากนั้นนำแบคทีเรีย *B. subtilis* BS-DOA 24 ไปพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์สูตรผงสำเร็จอย่างง่าย โดยใช้ ผง talcum เป็นสารพาในอัตรา 1:4 (V:W) ได้ปริมาณแบคทีเรียปฏิปักษ์ $1.1x10^{10}$ หน่วยโคโลนี/กรัม ชีวภัณฑ์นี้เก็บรักษาได้เป็นเวลา 12 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง และ 15 เดือน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงในเรือนทดลองได้ร้อยละ 60 และมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงในสภาพแปลงทดลองที่มีการระบาดของโรคเหี่ยวของขิงได้ร้อยละ 62-65 จากนั้นนำชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิปักษ์ BS-DOA 24 ไปทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงในสภาพแปลงเกษตรกร ที่จังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงในแปลงเกษตรกรร้อยละ 62 และได้ผลผลิต 2,260 กิโลกรัม/ไร่ ผลจากการวิจัยนี้สามารถนำ ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. subtilis* สายพันธุ์ BS-DOA 24 ที่ได้พัฒนาเป็นต้นแบบไปขยายผลสู่การผลิตเชิงพาณิชย์ ซึ่งในปัจจุบันมีบริษัท ลัดดา จำกัด มาขอรับการถ่ายทอดแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* BS-DOA 24 เพื่อต่อยอดในระดับอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นจะการนำผลงานวิจัยของกรมวิชาการเกษตรไปใช้ประโยชน์พัฒนาต่อยอดในเชิงพาณิชย์ และแพร่หลายสู่เกษตรกรในอนาคต

คำหลัก: ขิง, โรคเหี่ยว

คำนำ

ขิง (*Zingiber officinalis* Rosc.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีที่มีศักยภาพในการส่งออก สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ทั้งใช้เป็นอาหาร เครื่องดื่ม ยารักษาโรค และเครื่องสำอางค์ เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ แหล่งเพาะปลูกขิงที่สำคัญอยู่ในแถบภาคเหนือเขตจังหวัด เชียงราย พะเยา เลย เพชรบูรณ์ และบางจังหวัดในภาคใต้ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และชุมพร เกษตรกรสามารถจำหน่ายผลผลิตโดยเข้าสู่ตลาดสดและโรงงานแปรรูป และยังมีโดยมีการส่งออกไปยังต่างประเทศในรูปขิงแห้งและขิงสด มีมูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นทุกปี โดยใน ปี พ.ศ. 2554 ส่งออกปริมาณ 39,137 ตัน มูลค่า 865.7 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) อย่างไรก็ตามการปลูกขิงในประเทศไทยไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากปัญหาและอุปสรรคหลายประการที่

สำคัญคือเรื่องของโรคและการป้องกันกำจัด โดยเฉพาะโรคเหี่ยวจากแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* โรคนี้ทำความเสียหายอย่างสูงต่อการผลิตและการตลาดของขิง ทำให้ขิงที่ผลิตได้มีผลผลิตต่ำและคุณภาพไม่ตรงตามความต้องการของตลาด เกษตรกรสูญเสียรายได้ นอกจากนี้เกษตรกรยังไม่สามารถปลูกขิงซ้ำที่เดิมได้เพราะจะเกิดโรคระบาดรุนแรงในปีต่อมา จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนที่ปลูกทุกปีทำให้พื้นที่ปลูกหมดไป ต้องบุกรุกทำลายป่าเพื่อหาพื้นที่ปลูกขิง การป้องกันกำจัดโรคนี้มีรายงานการใช้พันธุ์ต้านทาน การเขตกรรมและการใช้ชีววิธีในการควบคุมโรคเหี่ยว ซึ่งพบว่าการใช้ชีววิธีควบคุมโรคเหี่ยวมีความเป็นไปได้สูง และเป็นที่ยอมรับอย่างมาก การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีเป็นทางเลือกหนึ่งในการป้องกันกำจัดโรคพืชที่ช่วยลดปัญหาการใช้สารเคมีทางการเกษตรที่ไม่ถูกต้อง และเป็นการนำเอาจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติเป็นแบคทีเรียปฏิปักษ์ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำมาใช้ในการควบคุมสาเหตุโรคพืชทั้งราและแบคทีเรียจนกระทั่งผลิตรูปแบบผลิตภัณฑ์ และจำหน่ายเป็นการค้ากันอย่างแพร่หลายเช่น รา *Trichoderma* และแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* เป็นต้น

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นงานวิจัยเพื่อพัฒนาชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. subtilis* ที่ใช้ง่าย แปลงปลูก สามารถถ่ายทอดให้กับเกษตรกรเพื่อในไปใช้ประโยชน์ในการผลิตขิง และเป็นต้นแบบในการขยายผลสู่เชิงพาณิชย์ และแพร่หลายสู่เกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การแยกแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จากดิน ปุ๋ยคอกและรากพืชต่าง ๆ

การเก็บตัวอย่างรากพืช ดิน และปุ๋ยคอก เก็บตัวอย่างพืชที่ไม่แสดงอาการของโรคเหี่ยวในแปลงปลูกพืชที่มีโรคเหี่ยวระบาดโดยเก็บราก ของพริก ยาสูบ กล้วย ปทุมมา มันฝรั่ง มะเขือเทศ และปุ๋ยคอก จาก จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง กาญจนบุรี ปทุมธานี นนทบุรี ชุมพร และนครปฐม จำนวน 20 ตัวอย่าง และเก็บดินบริเวณรอบราก จำนวน 20 ตัวอย่าง พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างปุ๋ยคอกจากแปลงปลูกพืช จำนวน 10 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 50 ตัวอย่าง

การแยกแบคทีเรียจากดินและปุ๋ยคอก นำตัวอย่างดินและปุ๋ยคอกที่เก็บมาได้ ผึ่งลมให้แห้งพอหมาด ๆ นำมาแยกแบคทีเรียตามวิธี soil plate method จากนั้นนำสารละลายดินหรือปุ๋ย 0.1 มิลลิลิตร มากระจายบนอาหาร Nutrient glucose agar (NGA) เก็บโคโลนีของแบคทีเรียที่เจริญเติบโต คัดเลือกเฉพาะแบคทีเรีย *B. subtilis* โดยทดสอบคุณสมบัติทางสัณฐานวิทยาและชีวเคมีตามวิธีการของ Holt *et al.*(1994)

การแยกแบคทีเรียจากรากพืช นำตัวอย่างรากพืชมาล้างดินบริเวณรากพืชออกหมด ชั่งตัวอย่างรากพืช จำนวน 1 กรัม นำมาบดในโกร่งนึ่งฆ่าเชื้อให้ละเอียด เติมด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แช่ไว้นาน 20 นาที ทำให้เจือจางโดยวิธี serial dilution จากนั้นนำตัวอย่างรากพืช 0.1 มิลลิลิตร ไปกระจายบนอาหารเลี้ยงเชื้อ NGA เก็บโคโลนีของแบคทีเรียที่เจริญเติบโต คัดเลือกเฉพาะแบคทีเรีย *B. subtilis* โดยทดสอบคุณสมบัติทางสัณฐานวิทยาและชีวเคมีตามวิธีการของ Holt *et al.*(1994)

2. การคัดเลือกแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *R. solanacearum* ในห้องปฏิบัติการ

การเตรียมแบคทีเรีย *R. solanacearum* นำแบคทีเรีย *R. solanacearum* สาเหตุโรคเหี่ยวที่แยกได้จากขิง จำนวน 2 ไอโซเลท ได้แก่ No.28 และ No.1378 จาก จังหวัดเชียงราย และเพชรบูรณ์ มาเลี้ยงบนอาหารเอียง Wakimoto's semisynthetic potato medium (PSA) บ่มเชื้อไว้ 48 ชั่วโมง แล้วนำมาทำสารละลายแบคทีเรียโดยเติมน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 5 มิลลิลิตร ละลายให้เข้ากัน จากนั้นนำมาทำ double layer ลงบนอาหาร PSA โดยนำหลอดอาหาร PSA ปริมาตร 7 มิลลิลิตร หลอมที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เติมด้วยสารละลายแบคทีเรีย 0.25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วเททับลงในจานเลี้ยงเชื้อมีอาหาร PSA เทอยู่แล้วปริมาตร 15 มิลลิลิตร เอียงจานอาหารเลี้ยงเชื้อให้ส่วนบนกระจายคลุมทั่วผิวหน้าชั้นล่างที่เทไว้แล้ว เมื่ออาหารแข็งตัวเก็บในตู้เย็น 4 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง โดยคว่ำจานเลี้ยงเชื้อลง

การเตรียมแบคทีเรีย *B. subtilis* นำแบคทีเรีย *B. subtilis* ที่แยกได้จากพืช ดิน และปุ๋ยคอก มาเลี้ยงในอาหารเหลว Nutrient Glucose Broth (NGB) ที่อุณหภูมิห้องบนเครื่องเขย่า เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดค่าความดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง spectrophotometer ให้มีค่าความดูดกลืนแสง (optical density) 0.1 ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร แบคทีเรียมีความเข้มข้นประมาณ 1.0×10^8 หน่วยโคโลนี/มิลลิลิตร

การทดสอบการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *R. solanacearum* ทำการทดสอบการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *R. solanacearum* สาเหตุโรคเหี่ยว ในสภาพห้องปฏิบัติการโดยวิธี disc diffusion method ใช้ micropipette หยดสารละลายของแบคทีเรีย *B. subtilis* ที่เตรียมไว้แล้ว แต่ละไอโซเลท 10 ไมโครลิตรลงบนกระดาษแผ่นกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร แล้ววางบนผิวหน้าอาหารที่เลี้ยงแบคทีเรีย *R. solanacearum* ที่เตรียมไว้ บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย *R. solanacearum* โดยการวัดความกว้างของบริเวณใส (clear zone) จากขอบโคโลนีของแบคทีเรียถึงขอบบริเวณใส

3. การทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์เพื่อควบคุมโรคเหี่ยวของขิงในสภาพเรือนทดลอง

การเตรียมดินปลูกขิงที่มีแบคทีเรีย *R. solanacearum* นำสารละลายแบคทีเรีย *R. solanacearum* No.28 ที่มีความเข้มข้นประมาณ 1.0×10^8 หน่วยโคโลนี/มิลลิลิตร ผสมกับดินที่อบฆ่าเชื้อแล้วในปริมาตร100 มิลลิลิตร/ดิน 8 กิโลกรัม ผสมคลุกให้เข้ากัน ตรวจหาปริมาณแบคทีเรีย *R. solanacearum* โดยวิธี soil dilution plates นำดินที่ผสมเชื้อแล้วใส่กระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว จำนวน 0.8 กิโลกรัม/กระถาง จำนวน 90 กระถาง

การเตรียมแบคทีเรียปฏิปักษ์ นำแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *R. solanacearum* ในห้องปฏิบัติการ มาทำเป็นสารละลายแบคทีเรียปฏิปักษ์มีความเข้มข้น 1.0×10^8 หน่วยโคโลนี/มิลลิลิตร เพื่อใช้ทดสอบความสามารถในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงในสภาพเรือนปลูกพืชทดลอง

การทดสอบการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงในสภาพเรือนทดลอง โดย วางแผนการทดลองแบบ complete randomize design (CRD) มี 9 กรรมวิธี 10 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 แบคทีเรียปฏิปักษ์ BS-DOA 24
กรรมวิธีที่ 2 แบคทีเรียปฏิปักษ์ BS-DOA 69
กรรมวิธีที่ 3 แบคทีเรียปฏิปักษ์ BS-DOA 97
กรรมวิธีที่ 4 แบคทีเรียปฏิปักษ์ BS-DOA 108
กรรมวิธีที่ 5 แบคทีเรียปฏิปักษ์ BS-DOA 114
กรรมวิธีที่ 6 แบคทีเรียปฏิปักษ์. BS-DOA 123
กรรมวิธีที่ 7 แบคทีเรียปฏิปักษ์ BS-DOA 125
กรรมวิธีที่ 8 แบคทีเรียปฏิปักษ์ BS-DOA 132
กรรมวิธีที่ 9 กรรมวิธีควบคุม น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ

นำหัวพันธุ์ขิง แช่ ในสารละลายแบคทีเรียปฏิปักษ์ตามกรรมวิธีที่เตรียมไว้ นาน 30 นาที ผึ่งให้แห้ง ก่อนปลูกในดินที่มีแบคทีเรีย *R. solanacearum* ที่เตรียมไว้ กรรมวิธีละ 10 กระถาง ๆ ละ 1 หัว รดแบคทีเรียปฏิปักษ์ตามกรรมวิธี ปริมาตร 50 มิลลิลิตร/ต้นทุกๆ 7 วัน

การบันทึกผล บันทึกต้นขิงที่แสดงอาการของโรคเหี่ยวทุก 15, 30 และ 45 วัน และตรวจนับปริมาณแบคทีเรียปฏิปักษ์และ แบคทีเรีย *R. solanacearum* ทุก 15, 30 และ 45 วัน

4. การทดสอบความสามารถในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงในสภาพแปลงทดลอง

การเตรียมแปลงทดลอง เตรียมแปลงทดลองที่ ศูนย์วิจัยพืชสวน ลำปาง โดย ทำการเพิ่มปริมาณแบคทีเรีย *R. solanacearum* ในแปลงปลูกให้มีแบคทีเรีย *R. solanacearum* สม่ำเสมอ โดยปลูกต้นมะเขือเทศพันธุ์สีดา เมื่อต้นมะเขือเทศอายุ 21 วัน ปลูกด้วยแบคทีเรีย *R. solanacearum* No. 28 ความเข้มข้น 10^8 หน่วยโคโลนี/มิลลิลิตร โดยวิธี clipping method ทิ้งไว้ประมาณ 1 เดือน ต้นมะเขือเทศแสดงอาการของโรคเหี่ยว จากนั้นทำการสับต้นมะเขือเทศให้ละเอียดและปล่อยให้ย่อยสลายในแปลงทดสอบ จากนั้นเตรียมแปลงทดลองขนาด 8.0 x 1.5 เมตร จำนวน 20 แปลง

การเตรียมแบคทีเรียปฏิปักษ์ นำแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวที่เกิดจากแบคทีเรีย *R. solanacearum* ในโรงเรือนทดลอง และ แบคทีเรียปฏิปักษ์ที่มีประสิทธิภาพน้อยในการควบคุมโรคเหี่ยวที่ใช้เป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ มาทำเป็นสารละลายแบคทีเรียปฏิปักษ์ความเข้มข้นประมาณ 1.0 x 10^8 หน่วยโคโลนี/มิลลิลิตร เพื่อใช้ทดสอบความสามารถในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงในสภาพแปลงทดลอง

การทดสอบการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงในสภาพแปลงทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCB) มี 4 กรรมวิธี ๆ ละ 5 ซ้ำ ๆ ละ 20 หัว ดังรายเอียดกรรมวิธีดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 แบคทีเรียปฏิปักษ์ BS-DOA 24
กรรมวิธีที่ 2 แบคทีเรียปฏิปักษ์ BS-DOA 123
กรรมวิธีที่ 3 กรรมวิธีเปรียบเทียบ BS-DOA 69
กรรมวิธีที่ 4 กรรมวิธีควบคุม น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ

นำหัวพันธุ์ขิง มาแช่ในสารละลายแบคทีเรียปฏิปักษ์ตามกรรมวิธีที่เตรียมไว้ นาน 30 นาที ผึ่งให้แห้ง ปลูกหัวพันธุ์ขิงโดยใช้ 20 หัวต่อแปลง หลังปลูกขิง รดแบคทีเรียปฏิปักษ์ตามกรรมวิธีให้ทั่วทั้งแปลง ทำการรดแบคทีเรียปฏิปักษ์ทุก ๆ 15 วัน จำนวน 14 ครั้ง เป็นเวลา 7 เดือน

การบันทึกผล บันทึกจำนวนต้นที่แสดงอาการของโรคเหี่ยวและตาย ตรวจนับปริมาณแบคทีเรียปฏิปักษ์และ แบคทีเรีย *R. solanacearum* ในแต่ละกรรมวิธี เดือนละครั้ง และบันทึกน้ำหนักและปริมาณของผลผลิตที่ได้

5. การพัฒนาชีวภัณฑ์สูตรผงของแบคทีเรีย *B. subtilis* BS-DOA 24 สำหรับควบคุมโรคเหี่ยวของขิง

5.1 การเตรียมชีวภัณฑ์สูตรผง BS-DOA 24

การเตรียมชีวภัณฑ์ชนิดผง เลี้ยงแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B.subtilis* BS-DOA 24 บนอาหาร Tryptic Soy Agar (TSA) เป็นเวลา 36 ชั่วโมง เติมสารละลาย 0.1M magnesium sulfate ปริมาตร 10 มิลลิลตร/จานเลี้ยงเชื้อ กวาดเซลล์แบคทีเรียบนผิวอาหารให้ผสมในสารละลายจากนั้นนำไปผสมกับ carboxymethylcellulose 2.5% ในน้ำ ในปริมาตรที่เท่ากัน พักไว้ 20 นาที จึงผสมกับสารพาผงทัลคัม (Talcum) ที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วในอัตรา 1:4 โดยปริมาตร/น้ำหนัก ผสมให้เข้ากันดีก่อนนำไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดให้เป็นผงละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 35 mesh เก็บไว้ในถุงพลาสติกก่อนนำไปศึกษาต่อไป (Xu and Gross, 1986)

การตรวจปริมาณแบคทีเรียที่มีชีวิตรอดในชีวภัณฑ์ชนิดผงที่ผลิตได้ นำชีวภัณฑ์ชนิดผง BS-DOA 24 จำนวน 1 กรัม มาตรวจนับปริมาณแบคทีเรีย *B. subtilis* ด้วยวิธี dilution plating บนอาหาร NA บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน แล้วตรวจนับแบคทีเรีย *B. subtilis* ที่เจริญบนผิวหน้าอาหาร

5.2 การศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาผงสำเร็จที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่าง ๆ

นำชีวภัณฑ์ชนิดผง BS-DOA 24 ที่ผลิตได้ แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (27-30 องศาเซลเซียส) อีกส่วนหนึ่งเก็บรักษาในตู้เย็น (4-6 องศาเซลเซียส) ทำการตรวจนับปริมาณแบคทีเรีย *B. subtilis* ที่มีชีวิตรอดในชีวภัณฑ์ชนิดผง ที่แบ่งเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและในตู้เย็นทุก 1 เดือน เป็นระยะเวลา 15 เดือน

6. การทดสอบประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ชนิดผง BS-DOA 24 ในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงในเรือนทดลอง

การเตรียมดินผสมแบคทีเรีย *R. solanacearum* นำสารละลายแบคทีเรีย *R. solanacearum* No.28 ที่มีความเข้มข้นประมาณ 1.0×10^8 หน่วยโคโลนี/มิลลิลิตร นำไปผสมคลุกเคล้ากับดินที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วที่อัตรา 1:10 (ปริมาตร:น้ำหนัก) นำดินที่ผสมแบคทีเรียไปตรวจหาปริมาณแบคทีเรีย *R. solanacearum* โดยวิธี soil dilution plates ก่อนนำดินไปบรรจุในกระถางเพื่อเตรียมไว้ปลูกพืชทดสอบต่อไป

การทดสอบประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ชนิดผง BS-DOA 24 นำหัวพันธุ์ขิงมาคลุกด้วยชีวภัณฑ์ชนิดผง BS-DOA 24 ที่อัตรา 1% โดยน้ำหนัก นำไปปลูกในดินที่เตรียมไว้ รดด้วยชีวภัณฑ์ชนิดผง BS-DOA 24 จำนวน 10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (มีความเข้มข้นของแบคทีเรีย $1x10^9$ หน่วยโคโลนี/มิลลิลิตร) ทุก 7 วัน สำหรับกรรมวิธีเปรียบเทียบปลูกด้วยหัวพันธุ์ขิงที่ไม่ได้คลุกด้วยชีวภัณฑ์ชนิดผงและใช้น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อรดทุก 7 วัน

การบันทึกข้อมูล บันทึกจำนวนต้นขิงที่แสดงอาการของโรคเหี่ยวทุก 7 วัน และบันทึกปริมาณแบคทีเรีย *R. solanacearum* และ *B. subtilis* ในดินที่ใช้ปลูกขิงทุก 7 วัน

7. การทดสอบประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ชนิดผง BS-DOA 24 ในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงในสภาพแปลงทดลอง

การเตรียมแปลงทดลอง เตรียมแปลงทดลองที่ ศูนย์วิจัยพืชสวน ลำปาง โดยทำการเพิ่มปริมาณแบคทีเรีย *R. solanacearum* ในแปลงปลูกให้มีแบคทีเรีย *R. solanacearum* สม่ำเสมอ ปลูกต้นมะเขือเทศพันธุ์สีดา ซึ่งอ่อนแอต่อโรคเหี่ยวลงในแปลงทดสอบ เมื่อต้นมะเขือเทศอายุ 21 วัน ปลูกด้วยแบคทีเรีย *R. solanacearum* No. 28 ความเข้มข้น 10^8 หน่วยโคโลนี/มิลลิลิตร ลงบนต้นมะเขือเทศโดยวิธี clipping method ทิ้งไว้ประมาณ 1 เดือน จากนั้นสับต้นมะเขือเทศให้ละเอียด จากนั้นเตรียมแปลงทดลองขนาด 8.0 x 1.5 เมตร จำนวน 12 แปลง

การทดสอบประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ชนิดผง BS-DOA 24 ในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิง โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design มี 4 กรรมวิธี 5 ซ้ำ ๆ ละ 20 หัว ดังรายเอียดกรรมวิธีดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ใช้ชีวภัณฑ์ชนิดผง BS-DOA 24 จำนวน 10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ทุก 15 วัน

กรรมวิธีที่ 2 ใช้ชีวภัณฑ์ชนิดผง BS-DOA 24 จำนวน 10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ทุก 30 วัน

กรรมวิธีที่ 3 ใช้ชีวภัณฑ์ชนิดผง BS-DOA 24 จำนวน 10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ทุก 60 วัน

กรรมวิธีที่ 4 กรรมวิธีควบคุม หัวพันธุ์ขิงไม่คลุกชีวภัณฑ์ชนิดผง BS-DOA 24 รดด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ

นำหัวพันธุ์ขิงของกรรมวิธีที่ 1-3 ไปคลุกด้วยใช้ชีวภัณฑ์ชนิดผง BS-DOA 24 ที่อัตรา 1% โดยน้ำหนัก แล้วไปปลูกในแปลงทดลองตามแผนการทดลอง

การบันทึกข้อมูล บันทึกจำนวนต้นขิงที่เป็นโรคเหี่ยวทุกเดือน

8. การทดสอบประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ชนิดผง BS-DOA 24 ในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงในสภาพแปลงเกษตรกร

ทำการทดสอบในแปลงปลูกขิงของเกษตรกร อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ขนาด 2 งาน โดยการเลือกแปลงปลูกขิงที่มีการระบาดของโรคเหี่ยว ทำการตรวจหาปริมาณของแบคทีเรีย *R. solanacearum* ในแปลงปลูกก่อนการทดลอง

ทำการทดลอง โดยแบ่งแปลงทดลองเป็น 2 แปลง ขนาดแปลงละ 1 งาน คือ

แปลงที่ 1 ทำการควบคุมโรคเหี่ยวของขิง ด้วยชีวภัณฑ์ชนิดผง BS-DOA 24 โดยนำหัวพันธุ์ขิงพันธุ์ขิงหยวก คลุกด้วยชีวภัณฑ์ชนิดผงที่อัตรา 1% โดยน้ำหนัก นำไปปลูกในดินที่เตรียมไว้ข้างต้น จากนั้นรดด้วยชีวภัณฑ์ชนิดผง BS-DOA 24 จำนวน 10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ทุก 30 วัน

แปลงที่ 2 แปลงเปรียบเทียบ ปลูกด้วยหัวพันธุ์ขิงที่ไม่ได้คลุกด้วยชีวภัณฑ์ชนิดผงและใช้น้ำเปล่ารดพืชแทนการใช้ชีวภัณฑ์ชนิดผง

การบันทึกข้อมูล บันทึกจำนวนต้นขิงที่เป็นโรคเหี่ยวทุกเดือน และ เก็บน้ำหนักและปริมาณของผลผลิตที่ได้

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การแยกแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus subtilis* จากดินและรากพืชต่าง ๆ

ผลการแยกแบคทีเรียจาก ดิน รากพืช และปุ๋ยคอก จำนวน 50 ตัวอย่าง นำมาคัดเลือกหาแบคทีเรีย *B. subtilis* ตามวิธีการของ Holt *et.al.*(1994) สามารถคัดเลือกแบคทีเรีย *B. subtilis* ได้จำนวน 135 ไอโซเลท เก็บรักษาเชื้อบริสุทธิ์ใน glycerol 20% ที่ –20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปทดสอบต่อไป

2. การคัดเลือกแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *R. solanacearum* ในห้องปฏิบัติการ

คัดเลือกได้แบคทีเรียที่มีคุณสมบัติเป็นแบคทีเรียปฏิปักษ์ 8 ไอโซเลท ได้แก่ แบคทีเรียปฏิปักษ์ BS-DOA 24, BS-DOA 69, BS-DOA 97, BS-DOA 108, BS-DOA 114, BS-DOA 123 BS-DOA 125และ BS-DOA 132 (Table 1) โดยแบคทีเรียปฏิปักษ์ BS-DOA 24 และ BS-DOA 123 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย *R. solanacearum* ได้มากที่สุดแสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียปฏิปักษ์ทั้งสองมีการผลิตสารปฏิชีวนะออกมาจำนวนมากโดยมีความกว้างของบริเวณใส 3.36- 4.85 มิลลิเมตร (Table 2; Figure 1)

3. การทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์เพื่อควบคุมโรคเหี่ยวของขิงในสภาพเรือนทดลอง

ผลการทดลองพบว่าต้นขิงที่รดด้วยแบคทีเรียปฏิปักษ์ BS-DOA 24 และ BS-DOA 123 มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงได้ดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวร้อยละ 60 ในขณะที่ต้นขิงที่เป็นตัวเปรียบเทียบที่รดด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อแสดงอาการของโรค 100% ตั้งแต่ 15 วันหลังปลูก (Table 3 ; Figure 2)

ผลการตรวจปริมาณแบคทีเรียปฏิปักษ์และแบคทีเรีย *R. solanacearum* พบว่าสอดคล้องกับผลทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์ โดย ปริมาณแบคทีเรียปฏิปักษ์ในกรรมวิธีที่ใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ BS-DOA 24 และ BS-DOA 123 ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวมากที่สุดมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น โดยมีปริมาณแบคทีเรียปฏิปักษ์ 1.5×10^{5} และ 1.75×10^{5} หน่วยโคโลนี/ดิน 1 กรัม ตามลำดับ (Table 4) ในขณะที่ปริมาณแบคทีเรีย *R. solanacearum* ในกรรมวิธีที่ใช้ แบคทีเรียปฏิปักษ์ BS-DOA 24 และ BS-DOA 123 ลดลง โดยมีปริมาณแบคทีเรีย *R. solanacearum* 2.75×10^{4} และ 5.6×10^{4} หน่วยโคโลนี/ดิน 1 กรัม ตามลำดับ (Table 4) จากผลทดลองแสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียปฏิปักษ์ BS-DOA 24 และ BS-DOA 123 มีการผลิตสารปฏิชีวนะออกมาจำนวนมากและสามารถอยู่ในดินปลูกขิงได้นาน จึงทำให้ มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับที่ Baker และ Cook (1974) ได้รายงานว่าแบคทีเรีย *B. subtilis* สร้างสปอร์ที่เรียกว่าเอ็นโดสปอร์ (endospore) ซึ่งมีความทนทาน และอยู่รอดสูงแม้สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม และสามารถสร้างสารปฏิชีวนะ ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุโรคพืช

4. การทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิง ในสภาพแปลงทดลอง

ผลการทดสอบพบว่ากรรมวิธีที่ใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* BS-DOA 24 มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและการควบคุมโรคแตกต่างกับกรรมวิธีอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีการเกิดโรคเหี่ยวเพียงร้อยละ 32 มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวร้อยละ 68 ให้ผลผลิต 4,288.03 กิโลกรัม/ไร่ ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคร้อยละ 86 ได้น้ำหนักผลผลิตเพียง 287.44 กิโลกรัม/ไร่ (Table 5; Figure 3) จากผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Sanaina *et al.* (1997) ที่คัดเลือกแบคทีเรีย *B. cereus, B. subtilis* จากบริเวณรากของต้นมันฝรั่ง สามารถลดการเกิดโรคเหี่ยวของมันฝรั่งได้ถึง 83% ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 160% เช่นเดียวกับ Guo *et al.* (2002) ได้รายงานการใช้แบคทีเรีย *B. subtilis* สายพันธุ์ BH11 สามารถควบคุมโรคเหี่ยวของพริกได้ 30% ในสภาพเรือนปลูกพืชทดลอง ทำให้โรคลดลง 65 % ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 80-100% ในสภาพแปลง จากการทดลองพบว่าการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* ในการทดสอบนี้เป็นการใช้ในรูปเซลแขวนลอยของแบคทีเรียทำให้ไม่สะดวกต่อการนำไปใช้ในสภาพแปลง และประสิทธิภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* มักไม่คงที่เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาชีวภัณฑ์สูตรผงที่ใช้สะดวกและมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคต่อไป

5. การพัฒนาชีวภัณฑ์สูตรผงของแบคทีเรีย *B. subtilis* BS-DOA 24 สำหรับควบคุมโรคเหี่ยวของขิง

5.1 การเตรียมชีวภัณฑ์สูตรผง BS-DOA 24

ได้ชีวภัณฑ์สูตรผง BS-DOA 24 ที่มีผงทัลคัม (Talcum) เป็นสารพา หลังจากผึ่งให้แห้งสนิทในตู้ปลอดเชื้อ นำไปตรวจนับปริมาณเซลล์แบคทีเรียที่มีชีวิตรอดในชีวภัณฑ์สูตรผง โดยวิธี dilution plating บนอาหาร NA พบว่า ปริมาณแบคทีเรียที่มีชีวิตรอดในชีวภัณฑ์สูตรผง คือ$1.1x10^{10}$ หน่วยโคโลนี/กรัม

5.2 การศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาผงสำเร็จที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่าง ๆ

ผลการทดลองพบว่า ชีวภัณฑ์สูตรผงแบคทีเรียที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีชีวิตอยู่รอดได้ 12 เดือน แต่ปริมาณแบคทีเรียเริ่มลดลงตั้งแต่เดือนที่ 3 และลดลงอย่างรวดเร็วตั้งแต่เดือนที่ 8 จนถึงเดือนที่ 12 เหลือเพียง 1.0×10^{2} หน่วยโคโลนี/กรัม (Table 6) ในขณะที่ชีวภัณฑ์สูตรผงที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ยังคงมีชีวิตอยู่รอดได้ถึง 15 เดือน โดยในเดือนที่ 15 ยังมีความเข้มข้นเหลือ 4.3×10^{7} หน่วยโคโลนี/กรัม (Table 6)

6. การทดสอบประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ชนิดผง BS-DOA 24 ในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงในเรือนทดลอง

พบว่า ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์สูตรผงในการควบคุมโรคเหี่ยวในสัปดาห์ที่ 7 หลังการปลูกขิง มีเปอร์เซ็นต์การควบคุมโรคร้อยละ 60 โดยมีปริมาณของแบคทีเรีย *B. subtilis* 3.5×10^{5} หน่วยโคโลนี/ดิน 1 กรัม และมีปริมาณแบคทีเรีย *R. solanacearum* เหลืออยู่เพียง 5.6×10^{3} หน่วยโคโลนี/ดิน 1 กรัม ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมที่ใช้น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อแสดงอาการของโรคเหี่ยว 100 เปอร์เซ็นต์ (Table 7)

7. การทดสอบประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ชนิดผง BS-DOA 24 ในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงในสภาพแปลงทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า การควบคุมโรคเหี่ยวของชีวภัณฑ์ชนิดผง BS-DOA 24 โดยการคลุกหัวพันธุ์ด้วย 1% ชีวภัณฑ์ชนิดผง และรดด้วยชีวภัณฑ์ชนิดผง ทุก 15 วัน 30 วัน และ 60 วัน พบในกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์สูตรผงทุกรรมวิธีให้ผลการเกิดโรคไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับ กรรมวิธีควบคุมที่ใช้น้ำเปล่าแทนชีวภัณฑ์ (Table 8) กรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ชนิดผง 10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ทุก 30 วัน ให้ผลการควบคุมโรคดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวร้อยละ 65 จากผลการทดลอง พบว่า การใช้ชีวภัณฑ์ชนิดผงทุก 30 วันให้ผลการควบคุมโรคเหี่ยวได้ดีกว่า การใช้ชีวภัณฑ์สูตรผง ทุก 15 วัน เนื่องมาจากจากหัวพันธุ์ขิงที่นำมาใช้ปลูกในแปลงที่มีการใช้ชีวภัณฑ์ ทุก 15 วัน มีแบคทีเรียสาเหตุโรคเหี่ยวติดมาด้วย โดยพบ บางแปลงทดลองย่อยพบการเกิดโรคเหี่ยวจำนวนมาก (ข้อมูลไม่ได้แสดง) ทำให้เมื่อเฉลี่ยการเกิดโรคทั้ง 4 ซ้ำ ทำให้มีการเกิดโรคเหี่ยวในแปลงที่มีการใช้ชีวภัณฑ์ผง ทุก 15 วันมากกว่า การใช้ทุก 30 วัน

8. การทดสอบประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ชนิดผง BS-DOA 24 ในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงในสภาพแปลงเกษตรกร

จากการตรวจหาปริมาณของแบคทีเรีย *R. solanacearum* ในแปลงปลูกก่อนการทดลอง พบปริมาณแบคทีเรีย *R. solacearum* 1.6×10^5 หน่วยโคโลนี/ดิน 1 กรัม ผลการทดสอบพบว่า แปลงที่มีการใช้ชีวภัณฑ์ชนิดผงพบการเกิดโรคร้อยละ 38 ได้ผลผลิต 2,260 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนแปลงที่ไม่ได้ใช้ชีวภัณฑ์ชนิดผงพบการเกิดโรคร้อยละ 79 เปอร์เซ็นต์ ได้ผลผลิตเพียง 690 กิโลกรัม/ไร่ (Table 9; Figure 4)

สรุปผลการทดลอง

จากการคัดเลือกและทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* สายพันธุ์ BS-DOA 24 พบว่า มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงร้อยละ 68 ในสภาพแปลงทดลอง และนำมาพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์สูตรผง BS-DOA 24 โดยใช้ ผง talcum เป็นตัวพาในอัตรา 1:4 (V/W) ได้ปริมาณแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. Subtilis* 1.1×10^{10} หน่วยโคโลนี/ ชีวภัณฑ์ 1 กรัม ชีวภัณฑ์สูตรผงนี้เก็บรักษาไว้ได้นาน 12 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง และ 15 เดือน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อัตราและวิธีการใช้ชีวภัณฑ์สูตรผง BS-DOA 24 ให้มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิง คือ การคลุกหัวพันธุ์ขิงด้วย 1% ชีวภัณฑ์สูตรผงและรดด้วยชีวภัณฑ์สูตรผงทุก 30 วัน สามารถควบคุมโรคเหี่ยวได้ ร้อยละ 65 และเมื่อนำไปทดสอบในแปลงปลูกขิงของเกษตรกรที่มีการระบาดของโรคเหี่ยว ที่อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่า ชีวภัณฑ์สูตรผง BS-DOA 24 สามารถควบคุมโรคเหี่ยวได้ร้อยละ 62 ได้ผลผลิต 2,260 กิโลกรัม/ไร่ การพัฒนาชีวภัณฑ์สูตรผง BS-DOA 24 นี้ เป็นการพัฒนาต้นแบบชีวภัณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ในการขยายผลสู่เชิงพาณิชย์ และแพร่หลายสู่เกษตรกรทำให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ ตรงตามความต้องการของตลาด เกษตรกรสามารถปลูกขิงซ้ำที่เดิมได้ เป็นการลด

ปัญหาการบุกรุกทำลายป่าเพื่อหาพื้นที่ ปัจจุบัน บริษัท ลัดดา จำกัด ได้มาขอรับการถ่ายทอดแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* BS-DOA 24 เพื่อต่อยอดในระดับอุตสาหกรรม ให้อยู่ในรูปที่เกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้สะดวกและเก็บรักษาได้นาน ซึ่งเป็นจะการนำผลงานวิจัยของกรมวิชาการเกษตรไปใช้ประโยชน์พัฒนาต่อยอดในเชิงพาณิชย์ และแพร่หลายสู่เกษตรกรในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. สถิติการส่งออก (Export) ขิงแห้งและขิงสด : ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน แหล่งที่มา : http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php. 22 เมษายน 2555.

Baker, K.F. and R.J. Cook. 1974. Biological Control of Soil-Borne Pathogens. W.H. Freeman and Co., San Francisco. 433 p.

Guo,J., H. Qi and S. Li . 2002. Biocontrol efficiency of three PGPR strains admixture to Pepper Bacterial wilt. Bacterial wilt newsletter. 17 :3 .

Holt, J.G., N.R. Krieg, P.H.A. Sneath, J.T. Staley and S.T. Williams. 1994. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th ed. The Williams & Wilkins Co., Baltomore.

Xu, G.W. and D.C. Gross.1986. Field evaluation of the interaction among fluorescent Pseudomonas, Erwinia calotovora and potato yield. Phytophathology 76 : 423-430.

Sanaina, V., V. Kishore and G.S. Shekhawat. 1997. Biocontrol of bacterial wilt of potato by avirulent mutants of *Ralstonia solanacearum* and other Bactria. Proceedings of the 2nd International Bacterial Wilt Symposium, Guadeloupe 22-27 June, 1997

Table 1. List of Antagonistic *Bacillus subtilis* isolates used in this study

Isolate No.	Location	Source
1. BS-DOA 24	Kanchanaburi	Soil from tobacco roots
2. BS-DOA 69	Chiang Rai	Soil from Curcuma roots
3. BS-DOA 97	Chumphon	Soil from Ginger roots
4. BS-DOA 108	Chiang Rai	Soil from Ginger roots
5. BS-DOA 114	Nakhon Pathom	Soil from sugarcane roots
6. BS-DOA 123	Pathum Thani	Soil from canal in the vegetable field
7. BS-DOA 125	Pathum Thani	Soil from canal in the vegetable field
8. BS-DOA 132	Pathum Thani	Manure (cow dung)

Table 2. Size of inhibition zone created by 8 antagonistic *Bacillus subtilis* againt *Ralstonia solanacearum* under Laboratory condition

Antagonistic Bacteria	Inhibition zone (mm.)	
	R. solanacearum **No 28.**	***R. solanacearum*** **No.1378**
1. BS-DOA 24	3.6	4.8
2. BS-DOA 69	3.5	2.15
3. BS-DOA 97	3.1	3.75
4. BS-DOA 108	2.6	2.5
5. BS-DOA 114	4.1	2.5
6. BS-DOA 123	3.35	4.85
7. BS-DOA 125	4.8	1.8
8. BS-DOA 132	2.75	2.4

Table 3. Efficacy of antagonistic *Bacillus subtilis* in controlling bacterial wilt of ginger caused by *Ralstonia solanacearum* in greenhouse experiments

Antagonistic Bacteria	Disease severity (%) [1/]			Disease control (%) [2/]		
	15 days	30 days	45 days	15 days	30 days	45 days
1. BS-DOA 24	0	20	40	100	80	60
2. BS-DOA 69	100	100	100	0	0	0
3. BS-DOA 97	20	80	80	80	20	20
4. BS-DOA 108	100	100	100	0	0	0
5. BS-DOA 114	0	40	60	100	60	40
6. BS-DOA 123	0	20	40	100	80	60
7. BS-DOA 125	40	80	80	60	20	20
8. BS-DOA 132	100	100	100	0	0	0
9. control	100	100	100	0	0	0

Table 4. Population of antagonistic *Bacillus subtilis* and *Ralstonia solanacearum* in controlling bacterial wilt of ginger under greenhouse experiments for 15, 30 and 45 days

Antagonistic bacteria	Population of antagonistic *Bacillus subtilis* (CFU / soil 1g)			Population of antagonistic *Ralstonia solanacearum* (CFU / soil 1g)		
	15 days	30 days	45 days	15 days	30 days	45 days
1. BS-DOA 24	2.97×10^4	2.6×10^4	1.75×10^5	1.485×10^5	2.7×10^4	2.75×10^4
2. BS-DOA 69	7.2×10^5	7.45×10^4	6.75×10^3	7.65×10^4	9.0×10^5	6.7×10^5
3. BS-DOA 97	6.4×10^3	4.4×10^3	6.6×10^3	1.35×10^5	9.0×10^5	1.16×10^6
4. BS-DOA 108	6.84×10^5	7.4×10^4	2.7×10^3	1.035×10^5	2.5×10^6	1.05×10^6
5. BS-DOA 114	1.53×10^4	1.25×10^4	9.3×10^4	1.26×10^5	6.75×10^4	9.9×10^5
6. BS-DOA 123	9.9×10^4	$2.1x\ 10^5$	1.5×10^5	1.225×10^5	1.485×10^5	5.6×10^4
7. BS-DOA 125	4.5×10^5	1.75×10^4	1.25×10^3	1.53×10^5	1.935×10^5	9.6×10^5
8. BS-DOA 132	4.5×10^4	$3.4x\ 10^4$	9.2×10^4	2.79×10^5	2.835×10^5	7.8×10^5

Table 5. Efficacy of antagonistic *Bacillus subtilis* in controlling bacterial wilt of ginger in the field trial

Antagonistic bacteria	Disease severity (%)	Disease control (%)	Yield (kg./rai)
1. BS-DOA 24	32 c[1/]	68	4,288.03 a
2. BS-DOA 123	60 b	40	1,260.18 b
3. BS-DOA 69	69 b	31	968.49 b
4. control	86 a	0	287.44 b
CV.	26 %		26 %

1/ Mean in the same column followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

Table 6. Populations *of Bacillus subtilis* that survive in bioproduct stored at various temperatures and time

Month	Populations *of Bacillus subtilis* (colony/ml)		Month	Populations *of Bacillus subtilis* (colony/ml)	
	Room temperature	4^oC		Room temperature	4^oC
0 [1/]	1.1×10^{10}	1.1×10^{10}	8	1.7×10^7	9.0×10^9
1	0.7×10^{10}	1.3×10^{10}	9	2.2×10^5	8.0×10^9
2	0.2×10^{10}	1.9×10^{10}	10	1.3×10^4	8.6×10^9
3	5.3×10^9	1.5×10^{10}	11	3.2×10^3	8.3×10^9
4	2.8×10^9	1.5×10^{10}	12	1.0×10^2	3.0×10^8
5	3.3×10^9	1.7×10^{10}	13	-	2.5×10^8
6	1.2×10^8	0.3×10^{10}	14	-	1.5×10^8
7	0.9×10^8	0.9×10^{10}	15	-	4.3×10^7

[1/] Initial bacterial population

Table 7. Efficacy of the bioproduct powder of *Bacillus subtislis*, BS-DOA 24, in controlling bacterial wilt of ginger in greenhouse experiments

weeks	bioproduct powder			Sterilized distilled water	
	Disease control (%)	Bacterial Population (CFU* / soil 1 g)[2/]		Disease control (%)	Bacterial Population (CFU* / soil 1 g)[2/]
		Ralstonia solanacearum	*Bacillus subtislis*		*Ralstonia solanacearum*
1	100[1/]	3.6×10^6	2.97×10^4	100	3.6×10^6
2	100	1.2×10^5	2.7×10^4	100	4.9×10^6
3	90	1.4×10^5	2.6×10^4	80	1.2×10^7
4	80	8.9×10^4	8.7×10^4	40	7.2×10^7
5	70	5.6×10^4	1.75×10^5	0	9.6×10^6
6	60	2.3×10^4	2.5×10^5	0	4.7×10^5
7	60	5.6×10^3	3.5×10^5	0	2.6×10^4

Table 8. Efficacy of the bioproduct powder of *Bacillus subtislis*, BS-DOA 24, in controlling bacterial wilt of ginger in the field trial

Treatment	Disease severity (%)	Disease control (%)
1. Mix ginger rhizome with 1% of bioproduct + 10 g/20 liter of bioproduct every 15 days	38 b[1/]	62
2. Mix ginger rhizome with 1% of bioproduct + 10 g/20 liter of bioproduct every 30 days	35 b	65
3. Mix ginger rhizome with 1% of bioproduct + 10 g/20 liter of bioproduct every 60 days	37 b	63
4. control	60 a	0
CV.	2.17 %	-

1/ Mean in the same column followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT

Table 9. The efficacy of bioproduct powder of *Bacillus subtilis,* BS-DOA 24, in controlling bacterial wilt of ginger in a farmer's field

Treatment	Disease severity (%)	Yield (kg / rai)
1. bioproduct powder BS-DOA 24	38	2,260
2. Control	79	690

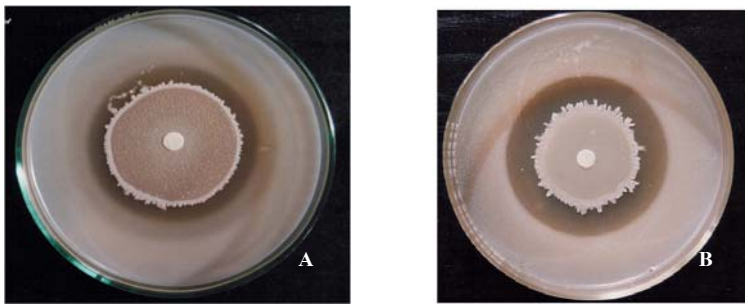


Figure 1. Inhibition zone of 2 antagonistic *Bacillus subtilis* BS-DOA 123 (A) and BS-DOA 24 (B) againt *Ralstonia solanacearum* were tested under laboratory condition

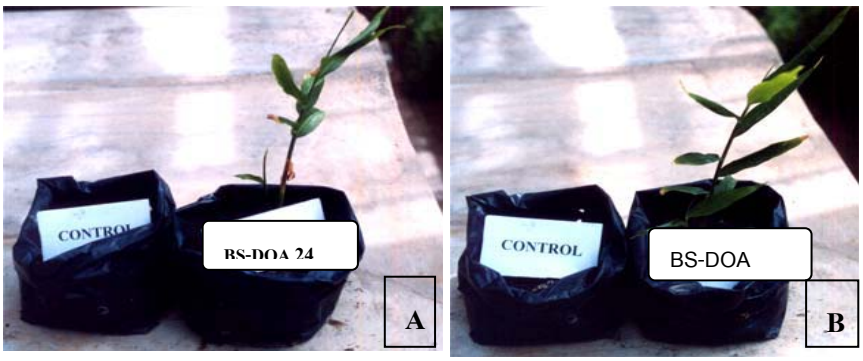


Figure 2. Efficacy of antagonistic *Bacillus subtilis in* controlling bacterial wilt of ginger in greenhouse experiments. BS-DOA 24 (A) and BS-DOA 123 (B)

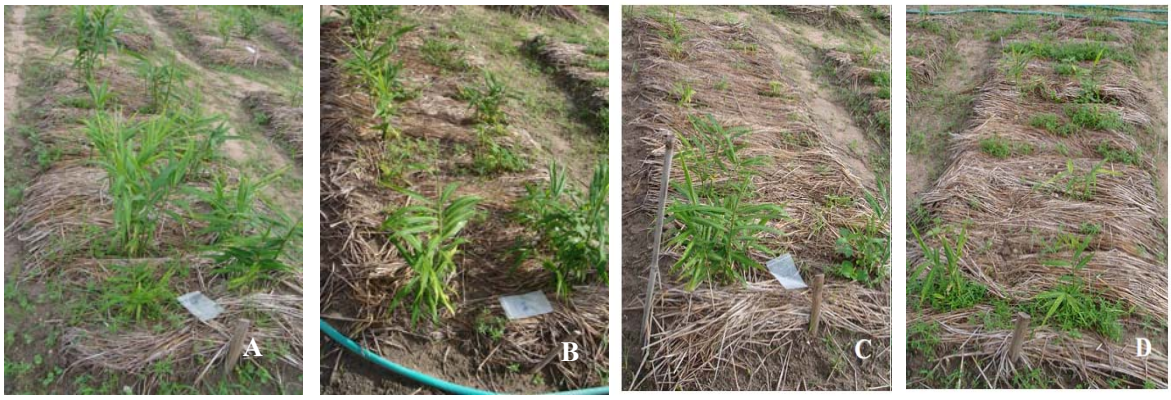


Figure 3. Efficacy of antagonistic *Bacillus subtilis* in controlling bacterial wilt of ginger in the field trial. (A) BS-DOA 24; (B) BS-DOA 123; (C) BS-DOA 69; (D) Control



Figure 4. The efficacy of bioproduct powder of *Bacillus subtilis* BS-DOA 24 in controlling bacterial wilt of ginger in a farmer's field.

(A) use the bioproduct powder BS-DOA 24 (B) Control

การแก้ไขปัญหาหนอนหัวดำมะพร้าวโดยวิธีการฉีดสารเข้าต้น

Coconut Black-headed Caterpillar; *Opisina arenosella* (Walker) Problem; Solving by Trunk Injection

สุเทพ สหายา [1] ประภัสสรา พิมพ์พันธุ์ [2] ลมัย ชูเกียรติวัฒนา [2] วะนิดา สุขประเสริฐ [2]
วีระสิงห์ แสงวรรณ [2] ยงยุทธ ไผ่แก้ว [2] พวงผกา อ่างมณี [1] พฤทธิชาติ ปุญวัฒโท [1]
วรวิช สุดจริตธรรมจริยางกูร [1] สุภางคนา ถิรวุธ [1] สุชาดา สุพรศิลป์ [1]
นลินา พรมเกศา [1] สรรชัย เพชรธรรมรส [1] สิริวิภา พลตรี [1]

Sutep Sahaya [1] Prapassara Pimpan [2] Lamai Chukiatwatana [2] Wanida Sukprasert [2]
Weerasing Saengwan [2] Yongyuth Phaikaew [2] Phuangphakha Angmani [1] Phrutthichat Boonyawattho [1]
Worrawich Sootjaritthamjariyangkoon [1] Suphangkhana Thirawut [1] Suchada Supornsilph [1]
Nalina Phromkesa [1] Sulchai Phetthammarot [1] Siriwipha Pholtree [1]

ABSTRACT

Black - headed caterpillar, *Opisina arenosella* (Walker) has severely affected the coconut yield in Thailand. Previous management recommendations by the Department of Agriculture and the Department of Agricultural Extension were to remove affected leaves, spray *Bacillus thuringiensis* and release parasitoid larvae, *Bracon* sp. but the problem still persists. A new application technique, trunk injection, was tested for control of this insect. The objective is to break the life cycle of severe damage followed by integrated pest management. The five insecticides tested were flubendiamide 20%WG, chlorantraniliprole 5.17%SC, emamectin benzoate 1.92%EC, abamectin 1.8%EC and acephate 75%SP, were applied as tree trunk injections. The experiment was arranged in RCB with 4 replications and carried out on trees of varying heights (averaging 12.0 and 18.1 meters), at two locations (Amphoe Maung and Amphoe Thab Sakhae, Prachuab Khirikhan Province) during May 2012 to May 2013. The insecticides were injected into two holes, 10 centimeter deep by drilling downwards at an angle of 45^{o}, about one meter above ground level. Assessment of the population of live larva was done before and at 15, 30, 60 and 90 days after injection by examining 20 leaflets per tree. CRD with 4 replications bioassay were conducted on leaflet samples from treated and untreated trees, 10 larvae per replications were fed at 15, 30, 60 and 90 days after treatment. The results showed that emamectin benzoate 1.92%EC at the rate of 50

[1] สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร (Plant Protection Research and Development Office)

[2] สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร (Agricultural Production Sciences Research and Development Office)

milliliters per tree was the most effective in black-headed caterpillar control, followed by emamectin benzoate 1.92%EC at the rate of 30 milliliters per tree. The residue of emamectin benzoate in kernel and nut water were undetected in all samples except in only one sample from the lowest coconut tree which was 8.6 meter high, at 0.0017 ppm. The Council of Ministers approved the Ministry of Agriculture and Cooperatives to use this method in the Area Wide coconut pest management (Black-headed caterpillar) Project in Prachuab Khirikhan Province headed by the Department of Agricultural Extension.

Keyword: Coconut, Black-headed caterpillar, *Opisina arenosella*, Trunk injection

บทคัดย่อ

ปัญหาการระบาดรุนแรงของหนอนหัวดำมะพร้าว ทำให้ผลผลิตมะพร้าวลดลง ส่งผลกระทบต่อเกษตรกร รวมทั้งอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง การแก้ไขปัญหาเบื้องต้นแนะนำให้ตัดทางใบมะพร้าวพ่นเชื้อบาซิลลัส ทูรินเจนซิส ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร รวมทั้งการปล่อย แตนเบียน บราคอน ของกรมส่งเสริมการเกษตร แต่ไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ จึงดำเนินการทดสอบ เทคนิคการใช้สารโดยวิธีฉีดสารเข้าต้น (Trunk injection) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการตัดวงจรชีวิต ของหนอนหัวดำมะพร้าว *Opisina arenosella* Walker ในช่วงที่มีการระบาดรุนแรง จนกว่าสถานการณ์ การระบาดลดลง ค่อยนำเอาวิธีการอื่นๆ เข้าไปดำเนินการป้องกันกำจัดโดยวิธีผสมผสาน ทำการทดลองระหว่าง เดือนพฤษภาคม 2555 ถึงพฤษภาคม 2556 จำนวน 2 การทดลอง ที่อำเภอเมือง และอำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ความสูงมะพร้าวเฉลี่ย 12.0 และ 18.1 เมตร ตามลำดับ วางแผนการทดลอง แบบ RCB 4 ซ้ำ 7 กรรมวิธี ได้แก่ การใช้สาร flubendiamide 20%WG อัตรา 5 กรัม/ต้น chlorantraniliprole 5.17%SC อัตรา 20 มิลลิลิตร/ต้น emamectin benzoate 1.92%EC อัตรา 30 และ 50 มิลลิลิตร/ต้น abamectin 1.8%EC อัตรา 30 มิลลิลิตร/ต้น acephate 75%SP อัตรา 35 กรัม/ต้น และการไม่ใช้สาร ทำการเจาะลำต้นมะพร้าวสูงจากพื้นดินประมาณ 1 เมตร เอียงทำมุม 45 องศา จำนวน 2 รู ขนาดกว้าง 5 หุน ลึก 10 เซนติเมตร แล้วใส่สารตามกรรมวิธี ประเมินผล โดยตรวจนับ หนอนและรอยทำลายบนต้นมะพร้าวที่ทดลอง และทดสอบอัตราการตายของหนอนหัวดำโดยวิธี Bio-assay หลังการใช้สาร 15, 30, 60 และ 90 วันโดยทำการเก็บใบมะพร้าวที่ใช้สารให้หนอนกิน วางแผน แบบ CRD 4 ซ้ำ ใช้หนอน 10 ตัว/ซ้ำ ผลการการทดลองสรุปได้ว่า การใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 50 มิลลิลิตร/ต้น มีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมาคือการใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 30 มิลลิลิตร/ต้น ผลการวิเคราะห์พิษตกค้างพบว่า ตรวจไม่พบสารพิษตกค้างของสาร emamectin benzoate ทั้งในเนื้อและน้ำมะพร้าว ยกเว้นตัวอย่างน้ำมะพร้าวในต้นที่ต่ำที่สุดในการทดลอง (8.6 เมตร) เพียงตัวอย่างเดียวและพบน้อยมากเท่ากับ 0.0017 มิลลิกรัม/ลิตร (ppm) ซึ่งเป็นค่าที่ปลอดภัย ซึ่งผลงานวิจัยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ นำผลงานไปใช้ประโยชน์ ในโครงการควบคุมและกำจัดศัตรูมะพร้าว

(หนอนหัวดำ) แบบครอบคลุมพื้นที่ คณะรัฐมนตรีได้อนุมัติให้ดำเนินการในพื้นที่นำร่อง ที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยมีกรมส่งเสริมการเกษตร เป็นผู้รับผิดชอบโครงการ

คำหลัก: มะพร้าว, หนอนหัวดำมะพร้าว, ฉีดสารเข้าต้น

คำนำ

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร รายงานในปี 2553 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมะพร้าวทั้งหมด 1,449,807 ไร่ ปัจจุบันมีพื้นที่ให้ผลจำนวน 1,443,439 ไร่ และผลผลิตรวมทั้งหมดจำนวน 1,298,147 ตัน จังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมะพร้าวมากที่สุดคือ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 432,261ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553)

หนอนหัวดำมะพร้าว (Coconut black-headed caterpillar; *Opisina arenosella* Walker) ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อกลางคืนขนาดยาวประมาณ 1- 1.2 เซนติเมตร ปีกสีเทาอ่อน มีจุดสีเทาเข้มที่ปลายปีก ผีเสื้อเพศเมียมีขนาดใหญ่กว่าเพศผู้เล็กน้อย ระยะหนอน 32 -48 วัน มีการลอกคราบ 6 - 10 ครั้ง หนอนจะกัดแทะผิวใบแก่และสร้างใยถักพันโดยใช้มูลที่ถ่ายออกมาผสมกับเส้นใยที่สร้างขึ้นทำเป็นอุโมงค์ยาวตามแนวของใบมะพร้าวคล้ายทางเดินของปลวก ตัวหนอนที่โตเต็มที่จะถักใยหุ้มลำตัวอีกครั้ง และเข้าดักแด้อยู่ภายในอุโมงค์ ดักแด้มีสีน้ำตาลเข้ม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2554)

ปัจจุบันพื้นที่เพาะปลูก และผลผลิตมะพร้าวมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากประสบปัญหาแมลงศัตรูมะพร้าวระบาด โดยเฉพาะหนอนหัวดำ และพื้นที่การระบาดยังขยายวงกว้างขึ้นอย่างรวดเร็ว มีรายงานว่าหนอนหัวดำมะพร้าวเป็นแมลงศัตรูมะพร้าวที่สำคัญและเคยระบาดรุนแรงในประเทศอินเดีย และศรีลังกา สิงคโปร์ มีรายงานการฉีดสารเข้าต้น (Trunk injection) ป้องกันกำจัดแมลงดำหนาม หนอนหัวดำ หรือด้วงแรดมะพร้าว ในหลายประเทศ เช่น อินเดีย ศรีลังกา สิงคโปร์ มาเลเซีย และฟิลิปปินส์ (Kanagaratnam and Pinto, 1985; Shivashankar *et al*, 2000 ; He *et al* ,2005 ; Varca and Fabro, 2008)

จากการทดลองเบื้องต้นโดยใช้สารหลายชนิด เช่น imidacloprid, dinotefuran, clothianidin, thiamethoxam, pirimiphos methyl, emamectin benzoateและ acephate ที่ อ.ทับสะแก จ.ประจวบคีรีขันธ์ พบว่าสารที่มีแนวโน้มว่ามีประสิทธิภาพกำจัดหนอนหัวดำด้วยวิธี Trunk injection ได้แก่ สาร emamectin benzoate และ acephate อย่างไรก็ตามสาร acephate เป็นสารเคมีที่กลุ่มประเทศสหภาพยุโรปประกาศห้ามใช้ (Anonymous, 2012 a) อีกทั้งสารชนิดนี้ยังเป็นอนุพันธ์ของสาร methamidophos หลังจากการใช้สารจะสลายตัวเป็น methamidophos ดังนั้นจึงทดลองหาสารที่มีฤทธิ์ดูดซึมมาทดสอบโดยใช้สาร acephate เป็นสารเปรียบเทียบ เพื่อหาทางแก้ไขปัญหาในระยะวิกฤติและหาวิธีจัดการใช้สารเคมีที่เหมาะสม สามารถผสมผสานร่วมกับวิธีการปล่อยศัตรูธรรมชาติ และแนะนำให้นักวิชาการ เจ้าหน้าที่ส่งเสริม ธุรกิจเอกชนที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนเกษตรกรต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทราบประสิทธิภาพวิธีการป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมะพร้าว โดยวิธีฉีดสารเข้าต้นมะพร้าว
2. เพื่อทราบข้อมูลพิษตกค้างของสารในเนื้อและน้ำมะพร้าว
3. เพื่อหาวิธีการตัดวงจรชีวิตของหนอนหัวดำมะพร้าวในช่วงที่มีการระบาดรุนแรง
4. เพื่อหาวิธีการใช้สารเคมีที่เหมาะสม สามารถใช้ผสมผสานกับวิธีป้องกันกำจัดโดยชีววิธี

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมะพร้าวโดยวิธี Trunk injection

วิธีการ

ขั้นตอนที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมะพร้าวโดยวิธี Trunk injection

วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 ซ้ำ 7 กรรมวิธี คือการเจาะลำต้นมะพร้าว 2 รู แล้วใส่สารฆ่าแมลงชนิดและอัตราต่างๆ ดังนี้

1. flubendiamide (Takumi 20%WG)	อัตรา 5 กรัม/ต้น
2. chlorantraniliprole (Prevathorn 5.17%SC)	อัตรา 20 มิลลิลิตร/ต้น
3. emamectin benzoate (Proclaim 1.92%EC)	อัตรา 30 มิลลิลิตร/ต้น
4. emamectin benzoate (Proclaim 1.92%EC	อัตรา 50 มิลลิลิตร/ต้น
5. abamectin (Abamectin 1.8%EC)	อัตรา 30 มิลลิลิตร/ต้น
6. acephate (Acephate 75%SP)	อัตรา 35 กรัม/ต้น

7 . ไม่ใช้สารฆ่าแมลง

สำรวจการระบาดของหนอนหัวดำมะพร้าวในแปลงเกษตรกร โดยแบ่งแปลงทดลองแบบ RCB ใช้ต้นมะพร้าว 2 ต้น/ซ้ำ

ใช้สว่านที่ดัดแปลงจากเครื่องตัดหญ้า (ส่วนปลายตัดส่วนใบพัดออก แล้วดัดแปลงใส่ดอกสว่านแทน) ทำการเจาะต้นมะพร้าวสูงจากพื้นดินประมาณ 1 เมตร โดยใช้ดอกสว่านขนาด 4-5 หุน ทำการเจาะต้นละ 2 รู ตรงข้ามกัน เอียงทำมุม 45 องศา ความลึกประมาณ 10 เซ็นติเมตร

ใส่สารฆ่าแมลงตามกำหนดโดยแบ่งใส่ครึ่งหนึ่งของอัตราที่กำหนดต่อ 1 รู กรณีสารที่เป็นของเหลวใส่แบบเข้มข้น ส่วนสารแบบผงละลายน้ำให้เข้ากันแล้วแบ่งใส่ 2 รูเช่นกัน หลังใส่สารใช้ดินน้ำมันตัดให้ได้ขนาดประมาณ 1 ลูกบาศก์นิ้ว อุดตรงรูทันทีเพื่อป้องกันแรงดันที่จะทำให้สารไหลย้อนออกมา

ทำการสุ่มตัดใบมะพร้าว เพื่อตรวจนับหนอนหัวดำมะพร้าวและรอยทำลาย ต้นละ 20 ใบย่อย จาก 4 ทิศ ก่อนการใช้สาร และหลังการใช้สารที่ 15, 30, 60 และ 90 วัน

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาการตกค้างของสารฆ่าแมลงในใบมะพร้าวและความเป็นพิษต่อหนอนหัวดำมะพร้าว (Bioassay)

วางแผนการทดลองแบบ CRD หลังการใช้สารที่ 15, 30, 60 และ 90 วัน ตัดใบมะพร้าวในแต่ละกรรมวิธีความยาวประมาณ 5 นิ้ว จำนวน 10 ชิ้น แล้วคัดเลือกหนอนที่เก็บรวบรวมจากธรรมชาติและมีขนาดใกล้เคียงกันใส่กล่องๆ ละ 10 ตัว แต่ละกรรมวิธีทำ 4 ซ้ำ ทำการบันทึกจำนวนหนอนที่ตายแต่ละกรรมวิธีหลังปล่อยหนอน 48 และ 72 ชั่วโมง

การทดลองที่ 2 ศึกษาการตกค้างของสารฆ่าแมลงในน้ำและเนื้อมะพร้าว

วิธีดำเนินการ

เก็บตัวอย่างผลมะพร้าวมาวิเคราะห์สารพิษตกค้างในเนื้อและน้ำมะพร้าว รวม 4 ครั้งๆ (ที่หลังการใช้สาร 15, 30, 60 และ 90 วัน) วันละ 24 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 192 ตัวอย่าง สกัดตัวอย่างเนื้อมะพร้าวน้ำหนัก 25 กรัม เพื่อหาสารพิษตกค้าง abamectin ตามวิธีการ TM-T04-R04 ที่ได้รับการรับรองห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005 ของกลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร สกัดด้วยตัวทำละลาย acetone และ dichloromethane ปรับด้วยสารผสมของ ethyl acetate และ hexane กำจัดสิ่งปนเปื้อนด้วยตัวชะผสม ethyl acetate, hexane และ methanol นำไปทำ derivatization ด้วยสารผสมของ methylimidazole และ acetonitrile จากนั้นเติมสารผสมของ trifluoroacetic anhydride และ acetonitrile แล้วกรองผ่าน PTFE filter ขนาด 0.2 ไมโครเมตร วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-FlD ส่วนสารพิษตกค้าง emamectin benzoate ไม่ต้องผ่านกระบวนการ derivatization และวิเคราะห์ด้วย LC/MS/MS สกัดน้ำมะพร้าวที่ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ด้วยวิธี Liquid-liquid partitioning โดยใช้ dichloromethane 3 ครั้ง ปริมาตร 100, 50 และ 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย acetonitrile นำไปทำ derivatization และกรองผ่าน PTFE filter ขนาด 0.2 ไมโครเมตร แล้ววิเคราะห์หาสารพิษตกค้างเช่นเดียวกับตัวอย่างเนื้อมะพร้าว นอกจากนี้ยังทดสอบวิธีการเพื่อหาประสิทธิภาพการวิเคราะห์ ตัวอย่างที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ (LOD) ตัวอย่างที่มีปริมาณต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้และน่าเชื่อถือ (LOQ) ตัวอย่าง Blank Sample และ Reagent Blank เพื่อการควบคุมคุณภาพผลการทดสอบ

การบันทึกข้อมูล บันทึกจำนวนหนอนหัวดำและรอยทำลายจากใบที่สุ่มจากต้น บันทึกจำนวนหนอนที่ตายจากการปล่อยให้กินใบ (bio-assay) แต่ละกรรมวิธี บันทึกอาการเกิดพิษของมะพร้าวเนื่องจากสารฆ่าแมลง นำข้อมูลจำนวนแมลงมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

เวลาและสถานที่ทำการทดลอง

แปลงที่ 1 แปลงเกษตรกร อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์

แปลงที่ 2 แปลงเกษตรกร อ.ทับสะแก จ.ประจวบคีรีขันธ์

ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยสารพิษตกค้าง กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ทำการทดลองระหว่างเดือนพฤษภาคม 2555 – พฤษภาคม 2556

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมะพร้าวโดยวิธี Trunk injection

แปลงที่ 1 แปลงเกษตรกร อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์ (Table 1)

สภาพแปลงที่ทดสอบมะพร้าวมีความสูงระหว่าง 8.60 – 17.50 เมตร เฉลี่ย 12.00 เมตร

ผลการตรวจนับรอยทำลายและจำนวนหนอนที่สุ่มตัดใบมะพร้าวพบว่ามีความแปรปรวนสูง ไม่สามารถวิเคราะห์ผลทางสถิติได้ จึงใช้ข้อมูลจากการทดสอบ Bio-assay โดยตัดใบมะพร้าวที่เจาะลำต้นมะพร้าวแล้วใส่สาร มาทดลองให้หนอนหัวดำมะพร้าวกิน จากนั้นนำมาหาเปอร์เซ็นต์การตายแต่ละกรรมวิธี

ผลพบว่าการใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 50 มิลลิลิตร/ต้น มีอัตราการตายสูงสุด รองลงมาได้แก่ emamectin benzoate อัตรา 30 มิลลิลิตร/ต้น โดยพบการตายของหนอนระหว่าง 90.0 – 100 % ตั้งแต่ 15 วันจนถึง 90 วัน ส่วนสาร abamectin อัตรา 30 มิลลิลิตร/ต้น พบอัตราการตาย 85.0 และ 87.5 % เฉพาะที่ 15 และ 30 วัน

แปลงที่ 2 แปลงเกษตรกร อ.ทับสะแก จ.ประจวบคีรีขันธ์(Table 2)

สภาพแปลงที่ทดสอบมะพร้าวมีความสูงระหว่าง 14.68 – 25.68 เมตร เฉลี่ย 18.14 เมตร

ผลพบว่าการใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 50 มิลลิลิตร/ต้น มีอัตราการตายสูงสุด ระหว่าง 67.5 – 95.0% รองลงมา ได้แก่ emamectin benzoate อัตรา 30 มิลลิลิตร/ต้น โดยพบการตายของหนอนระหว่าง 20.0 – 70.0 % ตั้งแต่ 15 วันจนถึง 90 วัน ส่วนสาร abamectin อัตรา 30 มิลลิลิตร/ต้น พบอัตราการตายสูงสุด 50.0 % เฉพาะที่ 30 วัน

การตรวจอาการเกิดพิษของสาร (Phytotoxicity) ตลอดระยะเวลาทำการทดลองไม่พบอาการเป็นพิษของสาร emamectin benzoate ต่อมะพร้าว

การทดลองที่ 2 ศึกษาการตกค้างของสารฆ่าแมลงในน้ำและเนื้อมะพร้าว

ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างที่หลังการใช้สาร 15, 30, 60 และ 90 วัน มาตรวจวิเคราะห์หาสารพิษตกค้าง abamectin และ emamectin benzoate ในตัวอย่างเนื้อและน้ำมะพร้าว (Table 3 และ 4) พบว่า ตรวจไม่พบสารพิษตกค้างในมะพร้าวทุกตัวอย่าง ยกเว้นในแปลงอำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตรวจพบเพียง 1 ตัวอย่างน้ำมะพร้าว 0.0017 มิลลิกรัม/ลิตร (ppm) แต่เป็นค่าต่ำมากและต่ำกว่าค่ามาตรฐานสารพิษตกค้างสูงสุด (MRL) ของ emamectin benzoate ในมะพร้าว ที่สหภาพยุโรปกำหนดไว้ คือ 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร (ppm) (Anonymous, 2013) ส่วน Codex ได้กำหนดค่า MRL ของสาร emamectin benzoate ไว้ในพืชต่างๆ ได้แก่ almonds 0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม apple 0.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัม citrus fruits 0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม cucumber 0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม lettuce

0.05 มิลลิกรัม/กิโลกรัม pear 0.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัม peppers 0.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัม strawberry 0.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัม tomato 0.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัม walnuts 0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ watermelon 0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Codex, 2012) ส่วนประเทศญี่ปุ่นได้กำหนดค่า MRL ไว้ในพืชต่างๆ ได้แก่ barley, rye, corn, potato, sweet potato, taro หรือ cereal grain อื่นๆ ไว้เท่ากันคือ 0.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Anonymous, 2012b) ดังนั้นการพบสาร emamectin benzoate ในน้ำมะพร้าวในปริมาณ 0.0017 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จึงเป็นค่าที่ปลอดภัย อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่พบปรากฏว่าเป็นต้นที่มีความสูง 8.6 เมตร ซึ่งเป็นต้นที่มีความสูงต่ำสุดของการทดลองนี้ จากการทดลองการศึกษาพิษตกค้างของสาร emamectin benzoate ในมะพร้าวเพิ่มเติม พบว่าหลังการใช้สาร 3, 6 และ 10 วัน พบสารเฉพาะที่ส่วนของใบเท่านั้น แต่ไม่พบพิษตกค้างในเนื้อและน้ำมะพร้าวทั้งในผลอ่อนและผลแก่ (Table 5)

สาร emamectin benzoate เป็นสารฆ่าแมลงในกลุ่มกลไกการออกฤทธิ์กระตุ้นการทำงานของการเข้าออกของคลอไรด์ (Chloride channel activators) ออกฤทธิ์กับระบบประสาทและการทำงานของกล้ามเนื้อ (Nerve and muscle action) ในช่องว่างระหว่าง synaptic transmission เป็นสารเคมีในกลุ่มของ Avermectins และ Milbemycins ซึ่งเป็นสารพิษที่ได้จากการหมักของเชื้อจุลินทรีย์ในดินชื่อ *Streptomyces avermitilis* ซึ่งอยู่ในลำดับชั้น Actinomycete นอกจากจะใช้กำจัดศัตรูพืชทางการเกษตรแล้ว ยังมีการขึ้นทะเบียนกำจัดพยาธิ แมลงและไรในปศุสัตว์และสัตว์เลี้ยงด้วย สารที่มีการขึ้นทะเบียนเป็นสารป้องกันกำจัดแมลงในประเทศไทยได้แก่ abamectin และ emamectin benzoate มีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดแมลงหลายชนิดเช่น เพลี้ยไฟ หนอนผีเสื้อ กลุ่มด้วงปีกแข็ง

Smitey (2011); Smitey et al.(2010) กล่าวว่าสาร emamectin benzoate เป็นสารที่ใช้ป้องกันกำจัดด้วงที่เป็นศัตรูป่าไม้ประเภทเจาะเปลือกและลำต้นไม้ โดยเฉพาะด้วง emerald ash borer; *Agrilus planipennes* Fairmaire ที่ทำลายในพืชตระกูลสน (Ash tree; *Fraxinus* spp.) โดยการใช้วิธี Trunk injection จะมีประสิทธิภาพได้นานมากกว่า 1 ปี Grosman et al.(2009) รายงานว่าการใช้วิธี Trunk injection ด้วยสาร emamectin benzoate จะมีประสิทธิภาพป้องกันกำจัด Southern pine beetle; *Deendroctonus frontalis* ในพืช Loblolly pine

ค่าความเป็นพิษของสาร emamectin benzoate (2.15%) อยู่ในระดับมีพิษเล็กน้อยโดยมีค่าความเป็นพิษทางปาก (Oral LD_{50}) 2,950 มก/กก ส่วนค่าพิษทางผิวหนัง (Dermal LD_{50}) มากกว่า 2,000 มก/กก (Anonymous. 2012 c)

จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้สาร emamectin benzoate โดยวิธี Trunk injection มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมะพร้าวได้ดีกว่าสารชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะการใช้อัตรา 50 มิลลิลิตร/ต้น ให้ผลค่อนข้างดีเนื่องจากหลังใช้สาร 90 วัน ยังพบเปอร์เซ็นต์การตายของหนอน 95.0 % ในต้นสูงเฉลี่ย 18.14 เมตร และ100% ในต้นสูงเฉลี่ย 12.00 เมตร ขณะที่อัตรา 30 มิลลิลิตร/ต้น ให้ผลค่อนข้างน่าพอใจเนื่องจากหลังใช้สาร 90 วัน ยังพบเปอร์เซ็นต์การตายของหนอน 67.5% ในต้น

สูงเฉลี่ย 18.14 เมตร และ 90.0 % ในต้นสูงเฉลี่ย 12.00 เมตร ส่วนสาร abamectin อัตรา 30 มิลลิลิตร/ต้น พบการตายของหนอนนานแค่ 30 วัน โดยพบหนอนตาย 50%ในต้นสูงเฉลี่ย 18.14 เมตร และ87.5% ในต้นสูงเฉลี่ย 12.00 เมตร

แม้ว่าปัจจุบันการป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมีการแนะนำให้เกษตรกรตัดทางใบมะพร้าว ปล่อยแตนเบียน บราคอน และการใช้เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* แต่ขณะนี้ปรากฏว่ายังไม่สามารถควบคุมการระบาดของแมลงชนิดนี้ จากรายงาน ณ วันที่ 1 สิงหาคม 2555 พบว่าพื้นที่การระบาดใน 10 จังหวัด ได้แก่ ประจวบคีรีขันธ์ ชลบุรี สมุทรสาคร กรุงเทพมหานคร ฉะเชิงเทรา ราชบุรี สุราษฎร์ธานี สตูล ระยอง และนนทบุรี จำนวน 95,192 ไร่ มีการขยายเพิ่มขึ้นมากกว่าเดือนกรกฎาคม 2555 ถึง 1,192 ไร่ สาเหตุที่การป้องกันกำจัดไม่ได้ผลเท่าที่ควร เนื่องจากสถานการณ์ปัจจุบันเป็นการระบาดที่รุนแรง ดังนั้นการใช้สารบีที ซึ่งเป็นประเภท Soft pesticide มีฤทธิ์ตกค้างสั้นเกินไป และการพ่นสารกับมะพร้าวที่เป็นต้นสูงทำให้ไม่ทั่วถึงหรือครอบคลุมพื้นที่ เป็นการเปิดโอกาสให้หนอนหัวดำมีวงจรชีวิตต่อเนื่อง ซึ่งสถานการณ์ปัจจุบัน นับว่าเป็นจุดวิกฤติของมะพร้าวในประเทศไทย เนื่องจากมะพร้าวเป็นพืชที่อายุยาว การปลูกทดแทนต้องใช้เวลาหลายปี จึงจะสามารถเก็บผลผลิตได้ ในสภาพที่สถานการณ์วิกฤติเช่นนี้ ควรต้องใช้มาตรการเร่งด่วนโดยการรักษาต้นมะพร้าวให้สามารถยืนต้นอยู่ได้ นั่นคือต้องตัดวงจรชีวิตของหนอนหัวดำให้มากที่สุด จากข้อมูลจากการใช้วิธีการนี้กำจัดด้วงศัตรูป่าไม้ในต่างประเทศประกอบกับข้อมูลจากผลการทดลองวิธีการ ใช้สาร emamectin benzoate โดยวิธี Trunk injection จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในขณะนี้ เนื่องจากมีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดหนอนหัวดำได้นานมากกว่า 3 เดือน ซึ่งจะสามารถตัดวงจรชีวิตของแมลงดำหนามทำให้การระบาดน้อยที่สุด หลังจากนั้นในระยะยาวเพื่อให้เกิดความสมดุลจึงใช้วิธีการปล่อยศัตรูธรรมชาติหรือการพ่นเชื้อบีที สำหรับการใช้สาร emamectin benzoate โดยวิธี Trunk injection นอกจากจะสามารถควบคุมการระบาดของหนอนหัวดำได้แล้ว ในพื้นที่ที่มีการระบาดทับซ้อนของแมลงดำหนามมะพร้าว วิธีการนี้จะมีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดแมลงดำหนามมะพร้าวได้อีกด้วย เนื่องจากเป็นแมลงในกลุ่มของด้วงดังข้อมูลที่อ้างอิงไว้ข้างต้น นอกจากนี้แล้ววิธีการใช้สารแบบ Trunk injection ยังเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อม เนื่องจากไม่ต้องพ่นสารทำให้เป็นวิธีการที่ไม่มีผลกระทบต่อผู้ใช้ ผู้ที่อยู่อาศัยบริเวณใกล้เคียง และสัตว์เลี้ยง ในส่วนผลต่อศัตรูธรรมชาติ จะไม่มีผลกระทบโดยตรงเนื่องจากเป็นการใช้สารเฉพาะต้นต่อต้นโดยตรงไม่เหมือนกับการพ่นสาร อาจจะมีบ้างในกรณีของผลทางอ้อมที่ศัตรูธรรมชาติบังเอิญไปกินหรือเบียนหนอนหัวดำที่ได้รับสารเคมีไปแล้ว อย่างไรก็ตามสัญชาติญาณของตัวห้ำตัวเบียน มักจะทำลายศัตรูพืชที่แข็งแรงพร้อมที่จะเป็นอาหารที่จะให้ลูกหลานรอดชีวิต ดังนั้นวิธีการใช้สารแบบ Trunk injection จึงเป็นวิธีการที่ผลกระทบน้อยกว่าการพ่นสาร

จากผลการทดลองเมื่อพิจารณาจากประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมะพร้าว และข้อมูลพิษตกค้าง พบว่าการใช้สาร emamectin benzoate อัตรา 30 มิลลิลิตร/ต้น เป็นอัตราที่เหมาะสมและมีความคุ้มค่า เนื่องจากประสิทธิภาพใกล้เคียงกับอัตรา 50 มิลลิลิตร/ต้น โดยแนะนำ

เฉพาะมะพร้าวที่มีความสูงมากกว่า 12 เมตร ขึ้นไป ห้ามใช้กับมะพร้าวน้ำหอมและมะพร้าวกะทิ เนื่องจากผลวิจัยนี้ยังไม่ครอบคลุมถึง

สรุปผลการทดลอง

การใช้สารโดยวิธีการเจาะลำต้นมะพร้าว (Trunk injection) ด้วยสารฆ่าแมลง ผลการตรวจสอบด้วยวิธี Bioassay พบว่าการใช้สาร emamectin benzoate (Proclaim 1.92%EC) อัตรา 30 และ 50 มิลลิลิตร/ต้น มีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมะพร้าวดีกว่าสารชนิดอื่น สามารถป้องกันกำจัดหนอนหัวดำได้นานมากกว่า 3 เดือนหลังการใช้สาร นอกจากนี้ตลอดระยะเวลาทำการทดลองไม่พบอาการเกิดพิษของสาร (Phytotoxicity) ต่อมะพร้าว จากการนำผลมะพร้าวมาวิเคราะห์สารที่หลังการใช้สาร 3, 6, 10, 15, 30, 60 และ 90 วัน มาตรวจวิเคราะห์หาสารพิษตกค้าง abamectin และ emamectin benzoate ในตัวอย่างเนื้อและน้ำมะพร้าว ผลการวิเคราะห์ ตรวจไม่พบสารพิษตกค้างทั้งสองชนิดในทั้งเนื้อและน้ำมะพร้าว ยกเว้นตัวอย่างน้ำมะพร้าวในต้นที่ต่ำที่สุดในการทดลอง (8.6 เมตร) เพียงตัวอย่างเดียว และพบน้อยมากเท่ากับ 0.0017 มิลลิกรัม/ลิตร (ppm) ซึ่งเป็นค่าที่ปลอดภัยและต่ำกว่าค่ามาตรฐานสารพิษตกค้างสูงสุด (MRL) ของ emamectin benzoate ในมะพร้าว ที่สหภาพยุโรปกำหนดไว้ คือ 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร (ppm)

จากผลการทดลองสามารถแนะนำสาร emamectin benzoate ป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมะพร้าวด้วยวิธี Trunk injection โดยใช้อัตรา 30 มิลลิลิตร/ต้น โดยแนะนำเฉพาะมะพร้าวที่มีความสูงมากกว่า 12 เมตร ขึ้นไป ห้ามใช้กับมะพร้าวน้ำหอมและมะพร้าวกะทิ เนื่องจากผลวิจัยนี้ยังไม่ครอบคลุมถึง

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. กรมวิชาการเกษตร นำผลงานที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในโครงการจัดการแมลงศัตรูมะพร้าวแบบผสมผสานในพื้นที่แปลงใหญ่ ที่ อำเภอเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี และอำเภอกุยบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
2. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ นำผลงานไปใช้ประโยชน์ในโครงการควบคุมและกำจัดศัตรูมะพร้าว (หนอนหัวดำ) แบบครอบคลุมพื้นที่ โดยคณะกรรมการกลั่นกรองเรื่องเสนอคณะรัฐมนตรี คณะที่ 1 ฝ่ายเศรษฐกิจ ซึ่งมีรองนายกรัฐมนตรี (นายกิตติรัตน์ ณ ระนอง เป็นประธานกรรมการ ได้อนุมัติเมื่อวันที่ 29 กันยายน 2556 ให้ดำเนินการในพื้นที่นำร่อง ที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยให้ใช้จ่ายจากงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 งบกลาง รายการเงินสำรองจ่ายเพื่อกรณีฉุกเฉินหรือจำเป็น ในวงเงิน 123, 624, 800 บาท โดยมีกรมส่งเสริมการเกษตร เป็นผู้รับผิดชอบโครงการ
3. ผลงานวิจัยมีการพัฒนาต่อยอด วิจัยเพิ่มเติมในมะพร้าวต้นที่มีความสูงน้อยกว่า 12 เมตร และมะพร้าวน้ำหอม ซึ่งผ่านความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจาณาโครงการวิจัยเร่งด่วนของกรมวิชาการเกษตร แล้ว

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณนางประไม จำปาเงิน นางสาววีณา ทิพย์สุขุม นางสาวกัญญาภัค ตาแก้ว นายปรีดี รักงาม และนายพรายงาม คงเปี่ยม ที่ช่วยดำเนินการทดลอง นายอำนาจ มณีแดง ประธานสหกรณ์ผู้ปลูกมะพร้าวทับสะแก อำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือเจาะต้นมะพร้าว

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2554. แมลงดำหนามมะพร้าว. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://forecast.doae.go.th/web/2011-06-30-07-04-11/341-2011-06-30-09-00-49/1245-2011-06-30-09-13-54.html

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. มะพร้าว : เนื้อที่ยืนต้น เนื้อที่ให้ผล ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ปี 2553. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา:http://www.oae.go.th/main.php?filename= agri_production

Anonymous. 2012 a. Substances Banned in The EU Market. (onlines) http://www.pan-europe.info/Resources/Links/Banned_in_the_EU.pdf.

Anonymous. 2012 b. Table of MRLs for Agrocamical. (onlines) http://www.m5.ws001.squarestart.ne.jp/foundation/agrdtl.php?a_inq=11900

Anonymous. 2012 c. Emamectin benzoate (2.15%) Safety data sheet. (onlines) http://www.syngenta.com/country/au/SiteCollectionDocuments/Labels/PROCLAIM%20INSECTICIDE%20MSDS.pdf

Anonymous. 2013. Commission Regulation (EU) no.293/2013. Official Journal of the Uropean Union. (onlines) http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:096:0001:0030:EN:PDF

Codex. 2012. Draft and Proposed Draft Maximum Residue Limits in Foods and Feeds at Steps 7 and 4. Joint FAO/WHO Food Standard Programme, Codex Committee on Pesticide Residues 44th session, Shanghai, P.R. China. 230 p.

Grosman, D.M., S.R.Clavke and W.W.Upton. 2009. Efficacy of Two Systemic Insecticides Injection into Loblolly Pine for Protection Against Southern Pine Bark Beetle(Coleoptera:Curculionidae). J.Econ.Entomol. 120(3):1062-41069.

He, L.S., K.H. Ong, C.P.Yik, Y.K. Fong and H.J.A. Chan. 2005. Chemical control of hispid beetles (*Brontispa longissima*) on palms. Singapore J.Pri.Ind. Vol.32 (80):80-92.

Kanagaratnam, P. and Pinto, J.L.J.G. 1985. Effect of monocrotophos on the leaf eating

caterpillar *Opisina arenosella* Walker, when injected into the Trunk of the coconut palm. [Online]. Available: http://www.sljol.info/sljol/index.php/COCOS/ article/viewFile/816/784

Shivashankar, T., Annadurai, R. S., Srinivas, M., Preethi, G., Sharada, T. B., Paramashivappa, R., Srinivasa Rao, A., Prabhu, K. S., Ramadoss, C. S., Veeresh, G. K. & Subba Rao, P. V. 2000. Control of coconut black-headed caterpillar (*Opisina arenosella* Walker) by systemic application of 'Soluneem' – A new water-soluble neem insecticide formulation. [Online]. Available: http://www.ias.ac.in/currsci/jan252000/ articles7.htm

Smitey, D.R. 2011. Emamectin benzoate trunk injection as diagnostic tool. (onlines) http://msue.anr.msu.edu/news/emamectin_benzoate_trunk_injections_as_a_diagnostic_tool

Smitey, D.R, J.J.Doccola and D.L.Cox. 2010. Multiple year Protection of Ash Trees from Emerald Ash Borer with a Single Trunk Injection of Emamectin benzoate and Single year Protection with an imidacloprid Basal Drench. Arboriculture and Urban Forestry. 36(5): 206-211.

VarcaL.M. and L.E. Fabro. 2008. Residual effect of pesticide applied against *Brontispa longissima* in coconut. (onlines). PCARRD Highlights:86-87

Table 1. Mortality of Black-headed Caterpillar at 72 hr. after feeding on coconut leaves sample from trunk injection trees (Location 1: Amphoe Maung, Prachuab Khirikhan)

Treatment	Application Rate	Mortality (%)			
		15 days after injection	30 days after injection	60 days after injection	90 days after injection
1. flubendiamide 20%WG	5 g/tree	22.5 c	0 c	0 c	0 c
2. chlorantraniliprole 5.17%SC	20 ml/tree	17.5 c	0 c	12.5 bc	0 c
3. ema. Benzoate 1.92%EC	30 ml/tree	90.0 a	90.0 a	92.5 a	90.0 a
4. ema. Benzoate 1.92%EC	50 ml/tree	97.5 a	97.5 a	100 a	100 a
5. abamectin 1.8%EC	30 ml/tree	85.0 a	87.5 a	25.0 b	30.0 b
6. acephate 75%SP	35 g/tree	60.0 b	37.5 b	0 c	12.5 c
7. Untreated	-	22.5 c	5.0 c	0 c	0 c
CV (%)		29.4	34.7	36.5	31.0

1/ Mean (from 4 replications) followed by a common letter are not significantly different at 95% by DMRT

Table 2. Mortality of Black-headed Caterpillar at 72 hr. after feeding on coconut leaves sample from trunk injection trees (Location 2: Amphoe Thab Sakhae, Prachuab Khirikhan)

Treatment	Application Rate	Mortality (%)			
		15 days after injection	30 days after injection	60 days after injection	90 days after injection
1. flubendiamide 20%WG	5 g/tree	10.0 bc	7.5 b	2.5 c	0 d
2. chlorantraniliprole 5.17%SC	20 ml/tree	0 c	7.5 b	2.5 c	0 d
3. ema. Benzoate 1.92%EC	30 ml/tree	20.0 b	70.0 a	47.5 b	67.5 b
4. ema. Benzoate 1.92%EC	50 ml/tree	67.5 a	72.5 a	82.5 a	95.0 a
5. abamectin 1.8%EC	30 ml/tree	20.0 b	50.0 a	12.5 c	30.0 c
6. acephate 75%SP	35 g/tree	65.0 a	47.5 a	2.5 c	0 d
7. Untreated	-	5.0 c	0 b	0 c	0 d
CV (%)		45.2 2/	61.6 2/	50.2 2/	53.4 2/

1/ Mean (from 4 replications) followed by a common letter are not significantly different at 95% by DMRT

2/ Data were transform to square root X+0.5 before analyzed.

Table 3. Residue of abamectin from trunk injection trees coconut

Date	Treatment	Code	Sample	Location	Kernel	water
11 May 2012 (15 days after injection)	Abamectin 30	009	T4R1	Thab Sakhae	ND	ND
		010	T4R2	Thab Sakhae	ND	ND
		011	T4R3	Thab Sakhae	ND	ND
		012	T4R4	Thab Sakhae	ND	ND
		021	T4R1	Maung	ND	ND
		022	T4R2	Maung	ND	ND
		023	T4R3	Maung	ND	ND
		024	T4R4	Maung	ND	ND
25 May 2012 (30 days after injection)	Abamectin 30	033	T4R1 10,17	Thab Sakhae	ND	ND
		034	T4R2 38,41	Thab Sakhae	ND	ND
		035	T4R3 59,72	Thab Sakhae	ND	ND
		036	T4R4 82,101	Thab Sakhae	ND	ND
		045	T4R1 12,15	Maung	ND	ND
		046	T4R2 27,52	Maung	ND	ND
		047	T4R3 65,66	Maung	ND	ND
		048	T4R4 80,103	Maung	ND	ND
29 June 2012 (60 days after injection)	Abamectin 30	057	T4R1 10,17	Thab Sakhae	ND	ND
		058	T4R2 38,41	Thab Sakhae	ND	ND
		059	T4R3 59,72	Thab Sakhae	ND	ND
		060	T4R4 82,101	Thab Sakhae	ND	ND
		069	T4R1 12,15	Maung	ND	ND
		070	T4R2 27,52	Maung	ND	ND
		071	T4R3 65,66	Maung	ND	ND
		072	T4R4 80,103	Maung	ND	ND
26 July 2012 (90 days after injection)	Abamectin 30	081	T4R1 10,17	Thab Sakhae	ND	ND
		082	T4R2 38,41	Thab Sakhae	ND	ND
		083	T4R3 59,72	Thab Sakhae	ND	ND
		084	T4R4 82,101	Thab Sakhae	ND	ND
		093	T4R1 12,15	Maung	ND	ND
		094	T4R2 27,52	Maung	ND	ND
		095	T4R3 65,66	Maung	ND	ND
		096	T4R4 80,103	Maung	ND	ND

Note: ND = Not detectable

Table 4. Residue of emamectin benzoate from trunk injection trees coconut

Date	Treatment	Code	Sample	Location	Kernel	water
11 May 2012 (15 days after injection)	emamectin b. 30	001	T3R1	Thab Sakhae	ND	ND
		002	T3R2	Thab Sakhae	ND	ND
		003	T3R3	Thab Sakhae	ND	ND
		004	T3R4	Thab Sakhae	ND	ND
		013	T3R1	Maung	ND	ND
		014	T3R2	Maung	ND	ND
		015	T3R3	Maung	ND	ND
		016	T3R4	Maung	ND	ND
11 May 2012 (15 days after injection)	emamectin b. 50	005	T10R1	Thab Sakhae	ND	ND
		006	T10R2	Thab Sakhae	ND	ND
		007	T10R3	Thab Sakhae	ND	ND
		008	T10R4	Thab Sakhae	ND	ND
		017	T10R1	Maung	ND	ND
		018	T10R2	Maung	ND	ND
		019	T10R3	Maung	ND	ND
		020	T10R4	Maung	ND	ND
25 May 2012 (30 days after injection)	emamectin b. 30	025	T4R1 12,15	Thab Sakhae	ND	ND
		026	T4R2 27,52	Thab Sakhae	ND	ND
		027	T4R3 63,68	Thab Sakhae	ND	ND
		028	T4R4 79,104	Thab Sakhae	ND	ND
		037	T4R1 11,16	Maung	ND	ND
		038	T4R2 38,41	Maung	ND	ND
		039	T4R3 64,67	Maung	ND	ND
		040	T4R4 79,104	Maung	ND	ND
25 May 2012 (30 days after injection)	emamectin b. 50	029	T4R1 9,18	Thab Sakhae	ND	ND
		030	T4R2 28,51	Thab Sakhae	ND	ND
		031	T4R3 62,69	Thab Sakhae	ND	ND
		032	T4R4 91,92	Thab Sakhae	ND	ND
		041	T4R1 7,20	Maung	ND	ND
		042	T4R2 36,43	Maung	ND	ND
		043	T4R3 62,69	Maung	ND	ND
		044	T4R4 83,100	Maung	ND	ND

Table 4. (continue**)**

Date	Treatment	Code	Sample	Location	Kernel	water
29 June 2012	emamectin b. 30	049	T3R1 12,15	Thab Sakhae	ND	ND
(60 days after		050	T3R2 27,52	Thab Sakhae	ND	ND
injection)		051	T3R3 63,68	Thab Sakhae	ND	ND
		052	T3R4 79,104	Thab Sakhae	ND	ND
		061	T3R1 11,16	Maung	ND	ND
		062	T3R2 38,41	Maung	ND	ND
		063	T3R3 64,67	Maung	ND	0.0017*
		064	T3R4 79,104	Maung	ND	ND
29 June 2012	emamectin b. 50	053	T10R1 9,18	Thab Sakhae	ND	ND
(60 days after		054	T10R2 28,51	Thab Sakhae	ND	ND
injection)		055	T10R3 62,69	Thab Sakhae	ND	ND
		056	T10R4 91,92	Thab Sakhae	ND	ND
		065	T10R1 7,20	Maung	ND	ND
		066	T10R2 36,43	Maung	ND	ND
		067	T10R3 62,69	Maung	ND	ND
		068	T10R4 83,100	Maung	ND	ND
26 July 2012	emamectin b. 30	073	T4R1 12,15	Thab Sakhae	ND	ND
(90 days after		074	T4R2 27,52	Thab Sakhae	ND	ND
injection)		075	T4R3 63,68	Thab Sakhae	ND	ND
		076	T4R4 79,104	Thab Sakhae	ND	ND
		085	T4R1 11,16	Maung	ND	ND
		086	T4R2 38,41	Maung	ND	ND
		087	T4R3 64,67	Maung	ND	ND
		088	T4R4 79,104	Maung	ND	ND
26 July 2012	emamectin b. 50	077	T4R1 9,18	Thab Sakhae	ND	ND
(90 days after		078	T4R2 28,51	Thab Sakhae	ND	ND
injection)		079	T4R3 62,69	Thab Sakhae	ND	ND
		080	T4R4 91,92	Thab Sakhae	ND	ND
		089	T4R1 7,20	Maung	ND	ND
		090	T4R2 36,43	Maung	ND	ND
		091	T4R3 62,69	Maung	ND	ND
		092	T4R4 83,100	Maung	ND	ND

Note : ND = Not detectable, * Unit= ml/liter(ppm)

Table 5. Residue of emamectin benzoate from coconut trunk injection at 3, 6 and 10 days after trunk injection

Trial 1: Tambol Saeng Arroon Amphoe Thab Sakhae (Less than 12 meters height)			Trial 2: Tambol Houy Yang Amphoe Thab Sakhae (More than 12 meters height)		
Residue of emamectin benzoate in the kernel of immature coconut					
days after trunk injection	Residue		days after trunk injection	Residue	
	30 ml/tree	50 ml/tree		30 ml/tree	50 ml/tree
3	ND	ND	3	ND	ND
6	ND	ND	6	ND	ND
10	ND	ND	10	ND	ND
Residue of emamectin benzoate in the kernel of mature coconut					
days after trunk injection	Residue		days after trunk injection	Residue	
	30 ml/tree	50 ml/tree		30 ml/tree	50 ml/tree
3	ND	ND	3	ND	ND
6	ND	ND	6	ND	ND
10	ND	ND	10	ND	ND
Residue of emamectin benzoate in the water of immature coconut					
days after trunk injection	Residue		days after trunk injection	Residue	
	30 ml/tree	50 ml/tree		30 ml/tree	50 ml/tree
3	ND	ND	3	ND	ND
6	ND	ND	6	ND	ND
10	ND	ND	10	ND	ND
Residue of emamectin benzoate in the water of mature coconut					
days after trunk injection	Residue		days after trunk injection	Residue	
	30 ml/tree	50 ml/tree		30 ml/tree	50 ml/tree
3	ND	ND	3	ND	ND
6	ND	ND	6	ND	ND
10	ND	ND	10	ND	ND
Residue of emamectin benzoate from coconut leaves sample					
days after trunk injection	Residue		days after trunk injection	Residue	
	30 ml/tree	50 ml/tree		30 ml/tree	50 ml/tree
3	0.050	0.072	3	0.005	0.012
6	0.048	0.525	6	0.117	0.027
10	0.498	1.066	10	0.149	0.216

Note : ND = Not detectable, * Unit= ml/liter(ppm)



Figure 1. larva and pupa of black-headed caterpillar



Figure 2. adult of black- headed caterpillar



Figure 3. Trunk injection



Figure 4. insecticide injection



Figure 5. closed the hole by plasticine



Figure 6. larva died by emamectin benzoate

กลไกในการวิเคราะห์สถานการณ์ยางพาราและช่องทางในการเผยแพร่ข้อมูลเร่งด่วน

Machanisms of Rubber Situation Analysis and Urgent Information Distribution

อธิวีณ์ แดงกนิษฐ์ [1] อัญญาณี มั่นคง [1] อรอุมา ประเสริฐ [1] เอนก กุณาละสิริ [2]
สมมาต แสงประดับ [3] สุวิทย์ รัตนพงศ์ [1]
Athiwee Daengkanit [1] Anyanee mankong [1] Ornuma Prasert [1] Anek Kunalasiri [2]
Summat Sangpradub [3] Suwit Rattanapong [1]

ABATRACT

The aim of this research was to find the machanisms of rubber situation Analysis, that it can be used to observed the rubber price fuctuation. The research included 1)the model of forecasting rubber smoked sheet price, which collected data from the five-day forecast of rubber smoked sheet price. The daily price was applied from January 2003 to July 2013 to analyzed the model. There were 4 forecasting techniques used, which are Box and Jenkins, Hybrid Forecasting, Multiple Regression and Combine Forecasting. Also, three statistical indicators checking the estimate precision held (1) Mean Absolute Error: MAE (2) Mean Absolute Percentage Error: MAPE and (3) Root Mean Square Error: RMSE. Hybrid Forecasting and Combine Forecasting have least error. To conclude, the predictive model suitable for rubber price are Hybrid Forecasting and Combine Forecasting.2) Early warning model for rubber price change. The study focused on modeling the early warning for rubber cost by an equation of the world's rubber use and creation. Then the reasonable price was ready to design an early warning model and to be the factor that needed monitored due to its impact on prices. The total of 120 samples were used the monthly series data from January 2003 to December 2013. From the result showed that the variables affecting the price and should be monitored were the changes of rubber volume in the 3 months ago, the changes of world stock and the changes Purchasing Managers Index (PMI), Excess demand or excess supply and the last objective is 3)to Establish Analysis Centre on Rubber Economic for Urgent Information Distribution such as rubber price statistic data, rubber price analysis, predictive the rubber price base on the data analysis from rubber price forecasting model on rubber smoked sheet price and model of Early Warning Model for Rubber Price fluctuation .

Key word : rubber situation, rubber price, forecasting, early warning

---

[1] สำนักงานตลาดกลางยางพารานครศรีธรรมราช (Office of Nakhon Si Thammarat Rubber Central Market)

[2] สถาบันวิจัยยาง (Rubber Research Institute)

[3] สำนักงานตลาดกลางยางพาราสุราษฎร์ธานี สถาบันวิจัยยาง (Office of Surat Thani Rubber Central Market)

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างกลไกในการวิเคราะห์สถานการณ์ยางพาราที่สามารถใช้ติดตามสถานการณ์ราคายางได้รวดเร็วและทันท่วงที ซึ่งประกอบด้วย 1) การสร้างแบบจำลองพยากรณ์ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ชนิดไม่อัดก้อนมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบที่เหมาะสมในการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ชนิดไม่อัดก้อน (Rubber Smoked Sheet Prices : RSS3) สำหรับพยากรณ์ราคาระยะสั้นล่วงหน้า 5 วันทำการ โดยใช้ข้อมูลราคารายวันตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2548 ถึงกรกฎาคม 2555 และใช้เทคนิคการพยากรณ์ 4 รูปแบบคือ Box and Jenkins, Hybrid Forecasting, Multiple Regression และ Combine Forecasting และตรวจสอบความแม่นยำของการพยากรณ์โดยให้สถิติวัดความถูกต้อง 3 ค่า ได้แก่ (1) Mean Absolute Error : MAE (2) Mean Absolute Percentage Error : MAPE และ (3) Root Mean Square Error : RMSE พบว่าวิธี Hybrid Forecasting และ Combine Forecasting ให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุด จึงสรุปได้ว่ารูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ชนิดไม่อัดก้อน คือ วิธี Hybrid Forecasting และ Combine Forecasting 2) การสร้างแบบจำลองสัญญาณเตือนภัยล่วงหน้าราคายางมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองราคายางดุลยภาพ เพื่อเป็นแบบจำลองสัญญาณเตือนภัยล่วงหน้าราคายาง และเป็นปัจจัยที่ต้องเฝ้าระวังหรือติดตามเนื่องจากเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อราคายาง โดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม 2546 ถึง ธันวาคม 2555 รวม 120 ตัวอย่าง สรุปได้ว่าตัวแปรหรือปัจจัยที่มีผลต่อราคายาง และเป็นปัจจัยที่ต้องจับตามองหรือเฝ้าระวังได้แก่ การเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิตยางใน 3 เดือนที่ผ่านมา การเปลี่ยนแปลงปริมาณสต็อกยางโลกในเดือนก่อนหน้า และการเคลื่อนไหวของดัชนีผู้จัดการฝ่ายจัดซื้อประเทศผู้ใช้ยาง ปริมาณผลผลิตส่วนเกินหรือปริมาณการใช้ยางส่วนเกิน และ 3) หลังจากนั้นจึงจัดตั้งศูนย์วิเคราะห์เศรษฐกิจยางพารา เพื่อเป็นช่องทางในการเผยแพร่ข้อมูลสถิติด้านราคายาง การวิเคราะห์สถานการณ์ และการคาดการณ์ราคายาง โดยนำผลที่ได้จากแบบจำลองการพยากรณ์ราคายางและแบบจำลองสัญญาณเตือนภัยล่วงหน้าเป็นฐานในการวิเคราะห์

คำหลัก : สถานการณ์ยาง, ราคายาง, การพยากรณ์, สัญญาณเตือนภัย

คำนำ

ตามยุทธศาสตร์พัฒนายางพารา พ.ศ. 2552 – 2556 กลยุทธ์ที่ 2 พัฒนาระบบตลาดยางในประเทศและต่างประเทศ มาตรการสร้างกลไกในการวิเคราะห์สถานการณ์เร่งด่วนเพื่อกำหนดเป้าหมายชี้นำ และแจ้งทางสื่อต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นผู้เกี่ยวข้องเตรียมการเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยสำคัญทางเศรษฐกิจที่สำคัญ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตและส่งออกยางธรรมชาติรายใหญ่ของโลก ซึ่งมักจะประสบปัญหาเมื่อราคายางเกิดความผันผวน โดยจะเห็นได้ว่าปัจจุบันราคายางถูกกำหนดโดยปัจจัยหลาย ๆ ปัจจัยทั้งปัจจัยพื้นฐานจากความต้องการบริโภคที่แท้จริง การขยายตัวหรือหดตัวทางเศรษฐกิจของประเทศคู่ค้า ความสามารถในการผลิตของประเทศผู้ผลิตและจากการเก็งกำไรในตลาดซื้อขายสินค้าเกษตรล่วงหน้า ซึ่งในบางช่วงเวลาส่งผลให้ราคายางมีความผันผวนอย่างรุนแรง อย่างเช่นการเกิดวิกฤตเศรษฐกิจสหรัฐที่ส่งผลให้ความต้องการใช้ยางของประเทศผู้ใช้ยางหดตัวราคายางพาราตกต่ำอย่างรวดเร็วและรุนแรง แต่ไม่มีองค์กรใดด้านยางพาราวิเคราะห์สถานการณ์ในเชิงพยากรณ์เพื่อเป็นสัญญาณเตือนภัยแก่ผู้ที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจยางพารา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการสร้างกลไกในการวิเคราะห์สถานการณ์ยางพาราโดย 1) สร้างแบบจำลองการพยากรณ์ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ชนิด ไม่อัดก้อน เนื่องจากปัจจุบันการผลิตยางพาราของเกษตรกรได้มีการพัฒนารูปแบบการผลิตจากเดิมที่เกษตรกรผลิตเป็นยางแผ่นดิบ เป็นการรวมกลุ่มเป็นสถาบันเกษตรกรเพื่อผลิตเป็นยางแผ่นรมควันไม่อัดก้อนเพื่อเพิ่มมูลค่ายาง หรือเกษตรกรบางส่วนได้พัฒนาตัวเองเป็นผู้ผลิตยางแผ่นรมควัน จึงสร้างแบบจำลองในการพยากรณ์และหารูปแบบที่เหมาะสมในการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ชนิดไม่อัดก้อนระยะ 5 วันทำการ เพื่อให้เกษตรกร สถาบันเกษตรกร และผู้ประกอบธุรกิจยางพาราใช้ในการวางแผนการผลิตและการตลาด ซึ่งจะเป็นแนวทางหนึ่งในการรักษาเสถียรภาพราคา 2) สร้างแบบจำลองสัญญาณเตือนภัยล่วงหน้าราคายางระยะหนึ่งเดือน เพื่อให้ตัวแปรในแบบจำลองเป็นตัวแปรที่ต้องตรวจตราและติดตามความเคลื่อนไหวอย่างสม่ำเสมอ และใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ทิศทางราคายางได้ต่อไป และ 3) ได้จัดตั้งศูนย์วิเคราะห์เศรษฐกิจยางพาราขึ้น เพื่อเป็นช่องทางในการเผยแพร่ข้อมูลเร่งด่วนด้านเศรษฐกิจยางเพื่อให้เกษตรกรและผู้เกี่ยวข้องในวงการยางเข้าถึงข้อมูลได้ง่าย สะดวก และสามารถรับทราบข้อมูลข่าวสารต่างๆ อย่างรวดเร็ว

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การพยากรณ์ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ชนิดไม่อัดก้อน

1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลอนุกรมเวลา โดยใช้ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ไม่อัดก้อน ณ ตลาดกลางยางพาราณครศรีธรรมราช ราคายางตลาดล่วงหน้าสิงคโปร์ ราคาตลาดล่วงหน้าโตเกียว ราคาตลาดล่วงหน้าเซี่ยงไฮ้ และอัตราแลกเปลี่ยนบาทต่อดอลล่าร์สหรัฐ ตั้งแต่วันที่ 2 มกราคม 2548 ถึงวันที่ 20 กรกฎาคม 2555 รวม 1,163 ข้อมูล โดยข้อมูลอนุกรมเวลาที่นำมาสร้างตัวแบบต้องมีความคงที่ (Stationary) คือ ข้อมูลมีค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าความแปรปรวน (Variance) และค่าความแปรปรวนร่วม (Covariance) ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยใช้ Unit root ในการทดสอบ ตามวิธีที่เรียกว่า Augmented Dickey-Fuller test (ADF-test) ซึ่งมีสมการในการทดสอบดังนี้

$\Delta X_t = \gamma X_{t-1} + \varepsilon_t$ กรณีไม่มีค่าคงที่และแนวโน้มเวลา (random walk process)

$\Delta X_t = \alpha + \gamma X_{t-1} + \varepsilon_t$ กรณีมีเฉพาะค่าคงที่ (random walk with drift)

$\Delta X_t = \alpha + \beta_t + \gamma X_{t-1} + \varepsilon_t$ กรณีมีทั้งค่าคงที่และแนวโน้มเวลา (random walk with drift and linear time trend)

สมมติฐานที่ทดสอบ

$H_0 : \gamma = 0$

$H_a : \gamma \neq 0$

ถ้ายอมรับ H_0 แสดงว่า X_t มีลักษณะไม่นิ่ง (Nonstationary)

1.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

การสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ ในลำดับแรกต้องกำหนดตัวแบบที่จะใช้ในการพยากรณ์ โดยในการวิจัยนี้ใช้เทคนิคในการกำหนดตัวแบบ แบบจำลองพยากรณ์ 4 รูปแบบ คือ Box and Jenkins, Hybrid Forecasting, Multiple Regression และ Combine Forecasting โดยวิธี Multiple Regression ได้นำรูปแบบ Intervention และแบบจำลอง Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (GARCH) มาประสานใช้ด้วยกัน หลังจากนั้นจึงตรวจสอบค่าความแม่นยำของแบบจำลองพยากรณ์

1.2.1 การกำหนดตัวแบบ แบบจำลองการพยากรณ์

1.2.1.1 วิธี Box and Jenkins

วิธี Box and Jenkins หรือตัวแบบ ARIMA เป็นการพยากรณ์ค่าในอนาคตภายใต้ข้อสมมุติว่าค่าปัจจุบันของค่าสังเกตเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของค่าสังเกต วิธีนี้เป็นวิธีที่เหมาะสำหรับการพยากรณ์ในช่วงระยะสั้นๆ และต้องมีอนุกรมเวลาที่ยาวพอ การสร้างรูปแบบ ARIMA ของอนุกรมเวลาที่มีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง จะอยู่ในรูปแบบ SARIMA (Seasonal Integrated

AutoRegressive and Moving Average) ของอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ Seasonal AutoRegressive SAR : (P), Integrated (I) และ Seasonal Moving Average SMA : (Q) โดย SAR (P) เป็นรูปแบบที่ แสดงว่า ค่าสังเกต X_t ขึ้นอยู่กับค่าของ X_{t-S} ,..,X_{t-PS} ส่วนรูปแบบ MA (Q) เป็นรูปแบบที่แสดงว่าค่าสังเกต X_t ขึ้นอยู่กับค่าความคลาดเคลื่อน ε_{t-S} ,…, ε_{t-PS} ส่วน Integrated (I) เป็นการหาผลต่าง difference) ของอนุกรมเวลา โดยทั่วไปมักนิยมเขียนในรูป SARIMA (p,d,q)(P,D,Q)S รูปแบบอนุกรมเวลาข้างต้น ดังนี้

$$(1-\Theta_1 B-\ldots-\Theta_p B^{p})(1-\Phi_1 B^{s}-\ldots-\Phi_P B^{Ps})(1-B)^{d}(1-B^{s})^{D}X_t = \delta+(1-\omega_1 B-\ldots-\omega_q B^{q})(1-\Psi_1 B^{s}-\ldots-\Psi_Q B^{Qs})\varepsilon_t$$

โดยที่ P = รูปแบบปกติของ autoregressive เทอม d = ค่าผลต่างปกติ

q = รูปแบบปกติของ moving average เทอม P = รูปแบบฤดูกาลของ autoregressive เทอม

D = ค่าผลต่างฤดูกาล ณ คาบเวลา s Q = รูปแบบฤดูกาลของ moving average เทอม

S = ช่วงของฤดูกาล B = backshift operator

1.2.1.2 วิธี Hybrid Forecasting

เป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลอง Box and Jenkins และ Artificial Neural Network (ANN) โดยคำนวณหาค่าพยากรณ์และค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์โดยวิธี Box and Jenkins เป็นปัจจัยนำเข้าของ Artificial Neural Network ซึ่งโดยทั่วไปนิยมใช้ Back propagation algorithm โดย Artificial Neural Network ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) ชั้น input ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลเข้า 2) ชั้น Hidden เป็นชั้นที่อยู่ระหว่างชั้น Input กับชั้น Output ทำหน้าที่ในการรวมข้อมูล Input และค่าถ่วงน้ำหนัก เพื่อแปลงเป็นค่าผลลัพธ์ส่งไปยังชั้น Output และ 3) ชั้น Output ทำหน้าที่แสดงผลลัพธ์ที่ได้จาก Artificial Neural Network (อัครพงศ์, 2555)

1.2.1.3 วิธี Multiple Regression

เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 3 ตัวขึ้นไป โดยที่ตัวแปรหนึ่งเป็นตัวแปรตาม และตัวแปรอื่น ๆ เป็นตัวแปรอิสระ และตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับตัวแปรตาม โดยตัวแปรจะเป็นตัวแปรเชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพซึ่งแปลงให้อยู่ในรูปของตัวแปรหุ่น (Dummy Variable) ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดตัวแปรหุ่นให้อยู่ในรูปแบบ Intervention และประมาณค่าสัมประสิทธ์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Squares : OLS) ร่วมกับแบบจำลอง GARCH

รูปแบบ Intervention

เป็นการกำหนดรูปแบบของตัวแปร Dummy ของเหตุการณ์ที่มีผลกระทบต่อการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา โดยเหตุการณ์นั้นเป็นเหตุการณ์ที่ทราบลักษณะการเกิด ช่วงเวลาการเกิด ลักษณะของอิทธิพลของ Intervention จะมีผลกระทบ 2 ลักษณะคือ ผลกระทบที่คงอยู่ตลอดไป (Step Function) และผลกระทบเฉพาะบางช่วงของเวลาแล้วหมดไป (Pulse Function) (อัครพงศ์และปวีณา, 2552) โดยกำหนดให้ตัวแปร Dummy ที่แสดงถึงอิทธิพลของ Intervention คือ

$I_t = 1$ เมื่อเกิด Intervention

$I_t = 0$ เมื่อไม่เกิด Intervention

แบบจำลอง Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (GARCH)

การวิเคราะห์อนุกรมเวลาส่วนใหญ่จะกำหนดให้ stochastic variable ของค่าความแปรปรวนคงที่ แต่ในการประยุกต์ใช้ในบางครั้งค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน (error term) จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาขึ้นอยู่กับขนาดของค่าความคลาดเคลื่อนในอดีต ดังนั้น Engle, Robert F. (อ้างอิงตามกัมปนาทและวิศิษฐ์, 2555) จึงได้พัฒนาแบบจำลอง ARCH และในปี 1986 Bollerslev ได้พัฒนาต่อยอดเป็นแบบจำลอง GARCH โดยกำหนดให้ค่าความแปรปรวนแบบมีเงื่อนไข (Conditional Variance) ของค่าความคลาดเคลื่อนที่เวลา t เป็นความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงกับค่ากำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อนและค่า Conditional Variance ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาก่อนหน้า ดังสมการ

$$E_{t-1}\varepsilon^2_t = \sigma^2_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{q}\alpha_i\varepsilon^2_{t-1} + \sum_{i=1}^{q}\beta_i\varepsilon^2_{t-i}$$

ดังนั้นค่า Conditional Variance ของ ε_t ถูกกำหนดโดย σ^2_t โดยที่

$\varepsilon_t = \nu_t\sqrt{\sigma^2_t}$ โดยที่ค่าความแปรปรวนของ $\nu_t = \sigma^2_v = 1$

1.2.1.4 วิธี Combine Forecasting

Combine Forecasting เป็นเทคนิคการพยากรณ์ร่วมด้วยตัวถ่วงน้ำหนัก โดยอาศัยเกณฑ์ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของค่าพยากรณ์ต่ำสุด เป็นการนำค่าพยากรณ์ที่ได้จากการพยากรณ์แต่ละวิธีมาพิจารณาร่วมกัน โดยหาตัวถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมสำหรับแต่ละวิธี

กำหนดให้ F_{1t} คือค่าพยากรณ์จากวิธีที่ 1 F_{2t} คือค่าพยากรณ์จากวิธีที่ 2 และมีความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เป็น e_{f1} และ e_{f2} ตามลำดับ

สมการ Combine Forecasting

$$CF_t = wF_{1t} + (1-w)F_{2t}$$

ความคลาดเคลื่อนของ Combine Forecasting

$$e_{CFt} = (CF_t - Y_{t+1}) = we_{F1t} + (1-w)e_{f2t}$$

ค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของ Combine Forecasting

$$\sigma^2_{eCFt} = w^2\sigma^2_{eF1t} + (1-w)^2\sigma^2_{eF2t} + 2w(1-w)\sigma_{eF1t\ eF2t}$$

โดย

σ^2_{eF1t} คือ ค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของค่าพยากรณ์ โดยวิธีที่ 1

σ^2_{eF2t} คือ ค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของค่าพยากรณ์ โดยวิธีที่ 2

$\sigma_{eF1t\ eF2t}$ คือ ค่าความแปรปรวนร่วมของความคลาดเคลื่อนของค่าพยากรณ์ โดยวิธีที่1และ 2

เกณฑ์การถ่วงน้ำหนัก (w) ที่ทำให้ค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนต่ำสุด

$$W = \frac{\sigma^2_{eF2t} - \sigma_{eF1t\ eF2t}}{\sigma^2_{eF1t} + \sigma^2_{eF2t} - 2\sigma_{eF1t\ eF2t}}$$

โดยที่ $\sigma_{eF1t\ eF2t}$ ประมาณได้จาก $\frac{1}{N}\sum eF_{1t}eF_{2t}$

ดังนั้น ค่าประมาณของค่าถ่วงน้ำหนักโดยวิธีความแปรปรวนต่ำสุดคือ

$$\hat{W} = \frac{\hat{\sigma}^2_{eF2t} - \hat{\sigma}_{eF1t\ eF2t}}{\hat{\sigma}^2_{eF1t} + \hat{\sigma}^2_{eF2t} - 2\hat{\sigma}_{eF1t\ eF2t}}$$

ที่มา : เสาวณิต สุขภารังษี (2548)

1.2.2 การตรวจสอบค่าความแม่นยำของแบบจำลองพยากรณ์

สถิติที่ใช้ตรวจสอบค่าความแม่นยำ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Error: MAE) ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) และ รากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error : RMSE) โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน $MAE = \frac{\sum_{t=k}^{k+n} \varepsilon_t}{n}$

ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน $MAPE = \frac{\sum_{t=k}^{k+n} \left(\frac{|\varepsilon_t|}{Y_t}\right)}{n} \times 100$

รากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง $RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=k}^{k+n} (\varepsilon_t)^2}{n}}$

ค่าสถิตติที่ได้เป็นการพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนจึงควรมีค่าที่น้อย หรือเข้าใกล้ 0 จึงแสดงว่าแบบจำลองมีความแม่นยำในการพยากรณ์สูง

2. แบบจำลองสัญญาณเตือนภัยล่วงหน้าราคายาง

2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการจัดเตรียมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือน โดยใช้ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ตลาดล่วงหน้าสิงคโปร์ ตลาดล่วงหน้าโตเกียว และตลาดล่วงหน้าเซี่ยงไฮ้ เป็นตัวแทนของราคายางในตลาดโลก ปริมาณยางคงเหลือสิ้นเดือน ดัชนีผู้จัดการฝ่ายจัดซื้อ (Purchasing Managers Index:PMI) ของประเทศผู้ใช้ยาง ตั้งแต่เดือนมกราคม 2546 ถึงมีนาคม 2556 รวม 120 ข้อมูล

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในอันดับแรกต้องทดสอบความคงที่ของข้อมูลเพื่อให้ทราบอันดับผลต่าง (order of integration) ที่ทำให้ข้อมูลอนุกรมเวลาคงที่ หลังจากนั้นจึงตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว แล้วจึงประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองความสัมพันธ์ในระยะยาว และสร้างสมการราคาภายใต้แนวคิดของสมการต่อเนื่อง

2.2.1 ทดสอบความคงที่ของข้อมูล (Stationary)

โดยใช้ Unit root ในการทดสอบข้อมูลตามวิธีที่เรียกว่า Augmented Dickey-Fuller test (ADF-test)

2.2.2 ตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว (Cointegration)

อนุกรมเวลาที่ไม่คงที่ (Nonsttionary) อาจมีความสัมพันธ์กันในระยะยาว หากพบว่าการทดสอบค่าความคงที่ของค่าเบี่ยงเบนที่ได้จากการประมาณค่าความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว (Long-run equilibrium relationship) มีลักษณะคงที่ ดังนั้น การทดสอบ Cointegration คือการทดสอบความคงที่ของค่าเบี่ยงเบนที่ได้จากการประมาณค่าความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวของอนุกรมเวลาที่ไม่คงที่ หากตัวแปรอนุกรมเวลามี Cointegration แสดงว่า ตัวแปรดังกล่าวมีความสัมพันธ์ร่วมกันในระยะยาว วิธีทดสอบ Cointegration มีหลายวิธี แต่ในงานวิจัยนี้ใช้วิธี Johansen – Juselius

2.2.3 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองความสัมพันธ์ในระยะยาว

การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของสมการถดถอยด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary least square : OLS) ในกรณีที่ข้อมูลไม่คงที่ อาจทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้ไม่สะท้อนความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปรในแบบจำลอง ดังนั้น Stock and Watson ในปี 1993 ได้เสนอวิธี Dynamic ordinary least square : DOLS เพื่อประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองความสัมพันธ์ในระยะยาวที่เป็นสมการเชิงเดี่ยว ซึ่งสามารถใช้ในกรณีที่ตัวแปรในแบบจำลองมีความคงที่ ณ ระดับผลต่างที่แตกต่างกันแต่ต้องมี Co-integration กัน (อัครพงศ์และมิ่งสรรพ์, 2554) โดยมีรูปแบบของแบบจำลองดังนี้

$$Q_t = X_t M + \sum_{i=-m}^{i=m} \phi_i \Delta P_{t-i} + \sum_{i=-n}^{i=m} \Psi_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=-l}^{i=l} \theta_i \Delta A_{t-i} + E_t$$

โดยที่

$$M = [c, \alpha, \beta, \gamma] \text{ , } X = [1, P_t, Y_t A_t]$$

ซึ่ง m , n และ l คือ The lengths of leads and lags of the regressors

ที่มา : Ahmed Al-Azzam and David Hawdon (1999)

2.2.4 สมการต่อเนื่อง (Simultaneous Equation System)

ระบบสมการต่อเนื่อง คือ แบบจำลองที่ประกอบด้วยสมการมากกว่าหนึ่งสมการ โดยตัวแปรบางตัวในแต่ละสมการมีความสัมพันธ์กันและกัน ทั้งนี้แต่ละสมการสร้างมาจากหลักทฤษฎีเศรษฐศาสตร์โดยตัวแบบดุลยภาพในตลาดสินค้าเกษตร ประกอบด้วย สมการอุปสงค์ สมการอุปทาน และเงื่อนไขดุลยภาพ

$$D = a_0 + a_1 P + a_2 Y + u_1$$

$$S = b_0 + b_1 P + b_2 W + u_2$$

$$D = S$$

หลังจากนั้น จึงหาสมการลดรูปจากเงื่อนไขดุลยภาพเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรราคา

$$P = \frac{a_0 - b_0}{b_1 - a_1} + \frac{a_2}{b_1 - a_1} Y + \frac{-b_2}{b_1 - a_1} W + \upsilon_1$$

$$\text{โดยที่ } \upsilon_1 = \frac{u_1 - u_2}{b_1 - a_1}$$

ที่มา : ถวิล นิลใบ (2544)

3. จัดตั้งศูนย์วิเคราะห์เศรษฐกิจยางพารา

โดยจัดทำข้อมูลทั้งในรูปของสื่อวีดีทัศน์ บทความ และข่าวสารเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้องกับราคายาง รวมถึงการเตือนภัยราคายางในกรณีมีปัจจัย ข่าวสาร หรือสถานการณ์ที่จะส่งผลกระทบต่อราคายาง และเผยแพร่ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองการพยากรณ์ราคายาง และแบบจำลองสัญญาณเตือนภัยล่วงหน้าราคายาง รวมถึงข้อมูลอื่นๆ เช่นบทวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อราคายาง สถิติยางย้อนหลัง และงานวิจัยหรือบทความที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจยางพาราโดยเผยแพร่ข้อมูลผ่านเวปไซต์ของสำนักงานตลาดกลางยางพารานครศรีธรรมราช(www.rubberthaiforward.com)และเวปไซต์ของสถาบันวิจัยยาง (www.rubberthai.com) ซึ่งเกษตรกรสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายและรวดเร็ว

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การพยากรณ์ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ชนิดไม่อัดก้อน

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยนี้ใช้ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ไม่อัดก้อน ณ ตลาดกลางยางพารา นครศรีธรรมราช เป็นข้อมูลในการสร้างตัวแบบด้วยวิธี Box and Jenkins หรือตัวแบบ ARIMA และใช้ราคายางตลาดล่วงหน้าสิงคโปร์ ราคาตลาดล่วงหน้าโตเกียว ราคาตลาดล่วงหน้าเซี่ยงไฮ้ และอัตราแลกเปลี่ยนบาทต่อดอลล่าร์สหรัฐเป็นตัวแปรอิสระในการพยากรณ์ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ชนิดไม่อัดก้อนตามวิธี Multiple Regression โดยใช้ข้อมูลรายวันตั้งแต่วันที่ 2 มกราคม 2548 ถึงวันที่ 20 กรกฎาคม 2555 รวม 1,163 ข้อมูล สถิติที่ใช้ตรวจสอบค่าความแม่นยำของการพยากรณ์ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Error : MAE) ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) และรากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error : RMSE) โดยใช้พยากรณ์ 5 ช่วงเวลาล่วงหน้า ผลลัพธ์ที่ได้จากแต่ละวิธี ดังนี้

1.1 วิธี Box and Jenkins

จากการทดสอบ Unit root ของข้อมูลราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ชนิดไม่อัดก้อน ด้วยวิธี ADF-test พบว่า ข้อมูลราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ชนิดไม่อัดก้อนมีคุณสมบัติคงที่ที่ I(1) สามารถกำหนดรูปแบบของสมการพยากรณ์ได้ว่า สมการพยากรณ์ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ชนิดไม่อัดก้อน (RSS3) มีรูปแบบ SARIMA $(1,1,0)(1,0,1)_5$ และเขียนสมการในรูป backshift operator ได้ดังนี้

$$(1-0.417B)(1-0.644B^5)(1-B)\ln Y_t = (1-0.636B^5)\varepsilon_t$$

หรือ $$\Delta y_t = 0.417\Delta y_{t-1} - 0.644\Delta y_{t-5} + \varepsilon_t + 0.636\varepsilon_{t-5}$$

Stationary $R^2 = 0.667$ $R^2 = 0.998$

โดยที่ B คือ backshift operator ($B^J X_t = X_{t-J}$)

Y_t คือ ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ชนิดไม่อัดก้อน(RSS3)

1.2 วิธี Hybrid Forecasting

เป็นการผสมระหว่างตัวแบบ ARIMA กับตัวแบบ ANN โดยกำหนดให้ข้อมูลเข้าในตัวแบบ ANN ในชั้นInput ประกอบด้วย 2 โหนด คือ ค่าที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยตัวแบบ SARIMA $(1,1,0)(1,0,1)_5$ และค่าพยากรณ์ของค่าความคลาดเคลื่อน ในชั้น Hidden 1 ชั้น ประกอบด้วย 2 โหนด และชั้น Output 1 โหนด หลังจากนั้นจึงคัดเลือกตัวแบบที่ให้ค่า sum of squares error ของข้อมูลฝึกสอนต่ำสุด

1.3 วิธี Multiple Regression

กำหนดให้ ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ชนิดไม่อัดก้อน (RSS3) เป็นตัวแปรตามในแบบจำลอง และตัวแปรอิสระประกอบด้วย ราคาตลาดล่วงหน้าโตเกียว (TOCOM) ราคาตลาดล่วงหน้าสิงคโปร์ (SICOM) ราคาตลาดล่วงหน้าเซี่ยงไฮ้ (SHFE) และอัตราแลกเปลี่ยนบาทต่อดอลลาร์(EX) และกำหนดเหตุการณ์ที่เกิด Intervention (I) ที่เป็นตัว Shock ตลาด 2 เหตุการณ์ คือการเกิด Hamberger Crisis ของสหรัฐ สึนามิ ในประเทศญี่ปุ่น ร่วมด้วยการพยากรณ์ค่าความคลาดเคลื่อนโดยแบบจำลอง GARCH และประมาณค่าด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Squares : OLS) ผลการประมาณค่าสมการเป็นดังนี้

$\Delta LOG(RSS3) = 0.0001 + 0.085\Delta LOG(TOCOM) + 0.049\Delta LOG(TOCOM_{t-1})$

z-statistic (9.315) (3.985)

$+ 0.246\Delta LOG(SICOM) + 0.207\Delta LOG(SICOM_{t-1}) + 0.252\Delta LOG(SHFE)$

(13.747) (10.370) (13.804)

$– 0.459\Delta LOG (EX) - 0.271I + 0.249I_1$

(-4.667) (-39.361) (19.979)

$GARCH = 0.00001 + 0.259\varepsilon^2_{t-1} + 0.685GARCH_{t-1}$

z-statistic (8.055) (21.777)

Stationary R^2 = 0.696 D-W = 2.106 F – statistic 210.266

1.4 วิธี Combine Forecasting

โดยนำค่าที่ได้จากการพยากรณ์จากตัวแบบ Hybrid Forecasting และ ตัวแบบ Multiple Regression มาหาค่าถ่วงน้ำหนักของค่าความแปรปรวนที่ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุด โดยกำหนดให้ F_1 คือ ค่าจากการพยากรณ์โดยวิธี Hybrid Forecasting และ F_2 คือค่าจากการพยากรณ์โดยวิธี Multiple Regression

เกณฑ์การถ่วงน้ำหนัก (W) ที่ทำให้ค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนต่ำสุด คือ

$W_{F1} = 0.195 \quad W_{F2} = 0.804$

ดังนั้นตัวแบบ Combine Forecasting (CF) สำหรับพยากรณ์ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ชนิดไม่อัดก้อน คือ

$CF_t = 0.195F_{1t} + 0.804F_{2t}$

1.5 เปรียบเทียบค่าความแม่นยำของการพยากรณ์

โดยพิจารณาค่าสถิติทดสอบความคลาดเคลื่อน MAE MAPE และ RMSE ที่มีค่าน้อยที่สุดหรือเข้าใกล้ โดยใช้ตัวแบบ 4 ตัวแบบข้างต้น พบว่าการพยากรณ์ด้วยตัวแบบ Hybrid Forecasting มีค่าความแม่นยำมากที่สุด รองลงมาเป็นตัวแบบ Combine Forecasting, Multiple Regression และ

SARIMA ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 1 และเมื่อนำแบบจำลองมาพยากรณ์ราคาในช่วงวันที่ 23-27 กรกฎาคม 2555 จะเห็นได้ว่าค่าพยากรณ์ที่ได้จากตัวแบบ Hybrid Forecasting มีค่าแตกต่างจากค่าจริงน้อยที่สุด ดังแสดงใน Table 2

2. แบบจำลองสัญญาณเตือนภัยล่วงหน้าราคายาง

ตัวแปรที่ใช้ในการทดสอบความคงที่ของข้อมูลประกอบด้วย ปริมาณความต้องการใช้ยางของโลก (DNR) ราคายางโลก (Pw) ดัชนีผู้จัดการฝ่ายจัดซื้อประเทศจีน (PMI_ch) ดัชนีผู้จัดการฝ่ายจัดซื้อประเทศญี่ปุ่น (PMI_ja) ปริมาณการผลิตยางของโลก (SNR) สต๊อกยางคงเหลือสิ้นเดือนของโลก (Stock)

2.1 การทดสอบความคงที่ของข้อมูล (Unit root test)

ผลการทดสอบความคงที่ของข้อมูลด้วยวิธี Augmented Dickey-Fuller test พบว่าตัวแปรที่ใช้มีอันดับความคงที่ ณ ระดับที่แตกต่างกัน โดย ดัชนีผู้จัดการฝ่ายจัดซื้อประเทศจีน(PMI_ch) มีความคงที่ที่ระดับ I(0) ราคายางตลาดโลก(Pw) มีระดับคงที่ที่ระดับ I(2) ในขณะที่ตัวแปรอื่น ได้แก่ ปริมาณการใช้ยางของโลก (DNR) ดัชนีผู้จัดการฝ่ายจัดซื้อประเทศญี่ปุ่น (PMI_ja) ปริมาณผลผลิตยาง(SNR) และสต๊อกยางโลก(STOCK) มีระดับคงที่ที่ I(1) ดังแสดงใน Table 3

2.2 การทดสอบค่าความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว (cointegration test)

ทดสอบค่าความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวของปริมาณการใช้ยางของโลก ใช้วิธีการของ Johensen - Juselius (1990) และทดสอบด้วยสถิติ Trace Statistic

ซึ่งหากค่า Trace Statistic ที่ได้มากกว่าค่าวิกฤต จะปฏิเสธสมมติฐานหลักและยอมรับสมมติฐานรอง คือตัวแปรราคายางตลาดโลก ปริมาณ สต๊อกสิ้นเดือน และ ดัชนีผู้จัดการฝ่ายจัดซื้อประเทศญี่ปุ่น ที่ใช้ในการประมาณค่าความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวของปริมาณความต้องการใช้ยางของโลก มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาวต่อกันเนื่องจากค่า r มีค่ามากกว่า 0 ดังแสดงใน Table 4

2.3 ทดสอบค่าความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวของปริมาณการผลิตยางของโลก ใช้วิธีการของ Johensen - Juselius (1990) และทดสอบด้วยสถิติ Trace Statistic

ซึ่งหากค่า Trace Statistic ที่ได้มากกว่าค่าวิกฤต จะปฏิเสธสมมติฐานหลักและยอมรับสมมติฐานรอง คือตัวแปรราคายางตลาดโลก ปริมาณการผลิตยางและผลผลิตส่วนเกิน ที่ใช้ในการประมาณค่าความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวของปริมาณการผลิตยางของโลก มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาวต่อกันเนื่องจากค่า r มีค่ามากกว่า 0 ดังแสดงใน Table 5

2.4 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระยะยาวโดยวิธี Dynamic Ordinary Least Square : DOLS

2.4.1. สมการปริมาณการใช้ยางของโลก

$$\ln DNR_t = 10.448 - 4.703\ \Delta\ln Pw_t - 1.021\ \ln stock_{t-1} + 0.853\ \ln PMI\_ja_{t-1}$$

$$(-8.356)^{**} \qquad (-23.690)^{**} \qquad (11.884)^{**}$$

$R^2 = 0.999$ adj $R^2 = 0.996$ D.W = 1.745

หมายเหตุ : ** ระดับความเชื่อมั่นที่ 99%

โดยที่ DNR คือ ปริมาณการใช้ยางของโลก

Pw คือ ราคายางในตลาดโลก

stock คือ ปริมาณสต๊อกยาง ณ สิ้นเดือน

PMI_ja คือ ดัชนีผู้จัดการฝ่ายจัดซื้อประเทศญี่ปุ่น

2.4.2. สมการการผลิตยางของโลก

$$\ln SNR_t = 6.819 + 8.642\Delta\ln Pw_t - 59.114\Delta\ln SNR_{t-3} - 0.003EXS_{t-1}$$

$$(38.990)^{**} \qquad (-78.936)^{**} \qquad (-5.884)^{**}$$

$R^2 = 0.999$ adj $R^2 = 0.998$ D.W = 1.925

หมายเหตุ : ** ระดับความเชื่อมั่นที่ 99%

โดยที่ SNR คือ ปริมาณการผลิตยางของโลก

EXS คือ ปริมาณผลผลิตส่วนเกิน

2.4.3 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ด้วยสมการต่อเนื่อง (Simultaneous-Equation Model)

ตามเงื่อนไขดุลยภาพและใช้สมการลดรูปเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการราคา ได้ดังนั้น

สมการราคา

$$\Delta\ln Pw_t = 0.272 + 4.430\Delta\ln SNR_{t-3} + 0.0002EXS_{t-1} - 0.077\ln stock_{t-1} + 0.064\ \ln PMI\_ja_{t-1}$$

การประมาณค่าสัมประสิทธ์ของการเปลี่ยนแปลงราคายางโลกภายใต้เงื่อนไขดุลยภาพ พบว่า การเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลผลิตใน 3 เดือนที่ผ่านมามีอิทธิพลต่อความต้องการขายยางของผู้ผลิตและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงราคาในเดือนปัจจุบัน โดยค่าความยืดหยุ่นของการเปลี่ยนแปลงผลผลิตยางใน 3 เดือนที่แล้วมีค่ามากกว่า 1(4.430) กล่าวคือส่วนต่างของปริมาณผลผลิตเมื่อ 3 เดือนที่แล้วเมื่อเทียบกับเดือนก่อนหน้าเพิ่มขึ้น 1% จะทำให้ความต้องการขายยางของผู้ผลิตลดลง 59.114% และราคายางในเดือนปัจจุบันจะเพิ่มขึ้น 4.430%

การเปลี่ยนแปลงของผลผลิตส่วนเกินในเดือนที่ผ่านมา มีอิทธิพลความต้องการขายยางของผู้ผลิตและมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงราคาในเดือนปัจจุบัน โดยค่าความยืดหยุ่นของผลผลิต

ส่วนเกินมีค่าน้อยกว่า 1 (0.0002) คือหากตลาดมีปริมาณผลผลิตส่วนเกินในเดือนที่ผ่านมา 1 พันตัน จะทำให้ความต้องการขายยางของผู้ผลิตลดลง 0.003% จะมีผลให้ราคายางในเดือนปัจจุบันมีเพิ่มขึ้น 0.0002%

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสต๊อกยางคงเหลือสิ้นเดือนของเดือนที่ผ่านมา มีอิทธิพลความต้องการใช้ยางของผู้ผลิตและมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงราคาในเดือนปัจจุบัน โดยค่าความยืดหยุ่นของปริมาณสต๊อกยางมีค่าน้อยกว่า -1(-0.077) กล่าวคือ หากปริมาณสต๊อกยางของเดือนที่ผ่านมาลดลง ผู้ใช้ยางจะเพิ่มปริมาณการสั่งซื้อยางในเดือนปัจจุบัน และจะส่งผลให้ราคายางมีเปลี่ยนแปลงปรับตัวเพิ่มขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณสต๊อกยางของเดือนที่ผ่านมาลดลง 1% จะมีอิทธิพลต่อปริมาณการสั่งซื้อยางของผู้ใช้ยางเพิ่มขึ้น 1.021% และส่งผลให้ราคายางมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 0.077%

ดัชนีผู้จัดการฝ่ายจัดซื้อของประเทศผู้ใช้ยาง โดยในงานวิจัยนี้ใช้ดัชนีฝ่ายจัดซื้อประเทศญี่ปุ่นเป็นตัวแทนดัชนีฝ่ายจัดซื้อของประเทศผู้ใช้ยาง เนื่องจากจำนวนตัวอย่างของดัชนีฝ่ายจัดซื้อของประเทศจีนมีไม่เพียงพอในการสร้างแบบจำลอง โดยดัชนีผู้จัดการฝ่ายจัดซื้อของประเทศผู้ใช้ยางในเดือนที่ผ่านมามีค่าความยืดหยุ่น น้อยกว่า -1 (-0.064) กล่าวคือ หากดัชนีผู้จัดการฝ่ายจัดซื้อในเดือนที่ผ่านมามีการขยายตัวเพิ่มขึ้น ผู้ใช้ยางจะเพิ่มปริมาณการสั่งซื้อยาง และส่งผลให้ราคายางมีแนวโน้มปรับตัวสูงขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงของดัชนีผู้จัดการฝ่ายจัดซื้อในเดือนที่ผ่านมา 1% จะมีอิทธิพลต่อปริมาณการสั่งซื้อยางของผู้ใช้ยางเพิ่มขึ้น 0.853% และมีผลให้ราคาเพิ่มขึ้น 0.064%

จากผลลัพธ์ดังกล่าวพบว่า การเปลี่ยนแปลงราคายางในแต่ละเดือน มีตัวแปรหรือปัจจัยที่อิทธิพลต่อราคายาง ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีความสะดวกในการติดตามและเฝ้าระวังได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลผลิตยางใน 3 เดือนที่แล้วเมื่อเทียบกับเดือนก่อนหน้า การเปลี่ยนแปลงปริมาณสต๊อกยางโลก การเคลื่อนไหวของดัชนีผู้จัดการฝ่ายจัดซื้อของประเทศผู้ใช้ยาง และปริมาณผลผลิตส่วนเกินหรือปริมาณความต้องการใช้ยางส่วนเกินในเดือนที่ผ่านมา และเป็นปัจจัยที่เกษตรกรและผู้ที่เกี่ยวข้องกับวงการยางควรติดตามและนำมาใช้ในการวางแผนการผลิตและการตลาด

3. จัดตั้งศูนย์วิเคราะห์เศรษฐกิจยางพารา

ศูนย์วิเคราะห์เศรษฐกิจยางพารา เป็นช่องทางการเผยแพร่ข้อมูลเร่งด่วน เกษตรกร และผู้เกี่ยวข้องในวงการยางสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายและสะดวก ผ่านเวปไซด์ www.rubberthaiforward.com ภายในศูนย์วิเคราะห์เศรษฐกิจยางพารา ประกอบด้วย ราคาพยากรณ์รายสัปดาห์ ซึ่งได้จากแบบจำลองการพยากรณ์ราคา บทวิเคราะห์คาดการณ์ราคายางรายวัน บทวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อราคายาง ฐานข้อมูลสถิติย้อนหลังของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับราคายาง เช่น ราคายางตลาดล่วงหน้า อัตราแลกเปลี่ยน ราคาน้ำมันดิบ ดัชนีดาวน์โจน ราคายางตลาดกลางยางพารา เป็นต้น และงานวิจัยหรือบทความที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจยางพารา ซึ่งนำเสนอข้อมูลทั้งในรูปสื่อวีดีทัศน์และบทความ

สรุปผลการทดลอง

การสร้างกลไกในการวิเคราะห์สถานการณ์ โดยสร้างเครื่องมือในการวิเคราะห์ 2 เครื่องมือ เพื่อให้เกษตรกร ผู้ประกอบธุรกิจยางพารา ใช้ในการตัดสินใจหรือวางแผนการผลิตและการตลาดยางพารา ที่มีความสะดวก รวดเร็ว และสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่าย โดยได้สร้างแบบจำลองการพยากรณ์ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ชนิดไม่อัดก้อน และแบบจำลองระบบสัญญาณเตือนภัยล่วงหน้าราคายาง พบว่าตัวแบบ Hybrid Forecasting เป็นตัวแบบที่ให้ค่าความแม่นยำของการพยากรณ์ดีที่สุด แต่มีข้อจำกัดของลักษณะการพยากรณ์แบบ Univariate ซึ่งจะใช้อนุกรมเวลาของตัวเองเท่านั้นในการพยากรณ์ แต่ในการตัดสินใจซื้อ-ขายยาง เกษตรกรและผู้ประกอบการค้ายางต้องวิเคราะห์ถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อราคายางแต่ละวัน ซึ่งมีการส่งผ่านข้อมูลข่าวสารซึ่งกันและกันผ่านกระดานซื้อขายในตลาดล่วงหน้าซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ราคายางมีความผันผวน ผู้วิจัยจึงนำแบบจำลอง Multiple Regression ซึ่งเป็นการพยากรณ์แบบ Multivariate มาใช้ในการพยากรณ์ ร่วมกับ GARCH แล้วจึงนำ 2 วิธีมา Combine เพื่อให้ค่าพยากรณ์ที่ดีขึ้นและสามารถอธิบายถึงตัวแปรที่มีผลกระทบต่อราคายางในแต่ละวัน และในการสร้างเป็นแบบจำลองสัญญาณเตือนภัยล่วงหน้าราคายาง โดยใช้ข้อมูลระหว่างเดือนมกราคม 2546 ถึง ธันวาคม 2555 และใช้วิธีทางเศรษฐมิติเพื่อให้ค่าสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือและใกล้เคียงสถานการณ์จริงมากที่สุด ผลการศึกษาพบว่า ตัวแปรที่สามารถใช้เป็นสัญญาณเตือนภัยราคายางประกอบด้วย การเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้ใน 3 เดือนที่ผ่านมา โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้ยางมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงราคายางมากที่สุด รองลงมาเป็นปริมาณสต๊อกยางคงเหลือในเดือนที่ผ่านมา ดัชนีผู้จัดการฝ่ายจัดซื้อในเดือนที่ผ่านมา และปริมาณผลผลิตส่วนเกินหรือปริมาณการใช้ส่วนเกินในเดือนที่ผ่านมา ดังนั้น จากแบบจำลองสัญญาณเตือนภัยล่วงหน้าราคายางจึงสรุปได้ว่า ปัจจัยที่ต้องเฝ้าระวังมากที่สุดคือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณยางในตลาดโลก ทั้งทางด้านการใช้ยาง การผลิตยาง และการบริหารสต๊อก ซึ่งในปัจจุบันการบริหารสต๊อกในประเทศผู้ใช้ยางทั้งประเทศจีนและประเทศญี่ปุ่นมีการบริหารสต๊อกที่เป็นระบบและมีความเข้มแข็ง ดังนั้นในประเทศผู้ผลิตยางโดยเฉพาะประเทศไทยซึ่งเป็นผู้ส่งออกยางรายใหญ่ของโลกจึงควรให้ความสำคัญในการวางแผนหรือกำหนดกลยุทธ์ในการบริหารสต๊อกยางที่เป็นระบบชัดเจน การให้ความสนใจและติดตามสถิติราคายางย้อนหลังรวมถึงดัชนีชี้นำทางเศรษฐกิจของประเทศผู้ใช้ยาง และหน่วยงานของรัฐควรเป็นแหล่งรวบรวมข้อมูลที่เป็นปัจจัยที่ต้องเฝ้าระวัง ทั้งทางด้านดัชนีทางเศรษฐกิจของประเทศผู้ใช้ยาง และผู้ผลิตยาง จึงได้จัดตั้งศูนย์วิเคราะห์เศรษฐกิจยางพาราเพื่อเป็นช่องทางในเผยแพร่ข้อมูลที่ใช้ในการติดตามสถานการณ์ยางพารา ที่ประชาชนทั่วไปสามารถเข้าถึงได้ง่าย มีความรวดเร็วในการบริการข้อมูลข่าวสาร

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ดร. อัครพงศ์ อั้นทอง นักวิจัย สถาบันศึกษานโยบายสาธารณะ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้คำปรึกษาจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วง รศ.ดร.อยุทธ์ นิสสภา คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้คำแนะนำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์มากขึ้น และขอขอบคุณองค์กรความร่วมมือยางระหว่างประเทศ (International Rubber Consortium Limited: IRCO) ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลอง

เอกสารอ้างอิง

กัมปนาท ภูริวัฒนะ และวิศิษฐ์ ลิ้มสมบุญชัย. การศึกการส่งผ่านค่าความแปรปรวนระหว่างกระดานหลักและกระดานต่างประเทศของหลักทรัพย์ที่มีการซื้อขายในประเทศไทยโดยใช้แบบจำลอง GARCH (1, 1). สืบค้นจาก: http://anchan.lib.ku.ac.th/thai-ciard/handle/009/28760 (31 พ.ค. 2555).

ถวิล นิลใบ. 2544. เศรษฐมิติ 2 กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 208 หน้า.

เสาวณิต สุขภารังษี. 2548. การพยากรณ์ร่วมด้วยตัวถ่วงน้ำหนักโดยให้ค่าความแปรปรวนต่ำสุด. วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์ 4(2): 18-23.

อัครพงศ์ อั้นทอง. 2555. เศรษฐมิติว่าด้วยการท่องเที่ยว. สถาบันศึกษานโยบายสาธารณะ. เชียงใหม่. 186 หน้า

อัครพงศ์ อั้นทอง และปวีณา คำพุกกะ. 2552. การพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติที่เดินทางมาท่องเที่ยวในประเทศไทยโดยใช้แบบจำลอง SARIMA Intervention. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 11(1): 196-214.

อัครพงศ์ อั้นทอง และมิ่งสรรพ์ ขาวสอาด. 2554. การวิเคราะห์อุปสงค์การท่องเที่ยวในระยะยาว. ใน : วารสารเศรษฐศาสตร์ธรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 29(2) : 1-34.

Ahmed Al-Azzam and David Hawdon. 1999. Estimating the Demand for Energy in Jordan : A Stock-Watson Dynamic OLS (DOLS) Approach. Department of Economics University of Surrey (Online). Available from : http://www.seec.surrey.ac.uk/Research/SEEDS/SEEDS97.pdf (cited Oct. 5 2013)

Table 1. Accuracy testing of forecasting mechanisms

Model	MAE	MAPE	RMSE
SARIMA(1,1,0)$(1,0,1)_5$	0.970	1.061	1.353
Hybrid Forecasting	0.214	0.668	0.988
Multiple Regression	0.786	0.842	1.339
Combine Forecasting	0.068	0.072	1.008

Table 2. RSS3 prices comparison between actual and forecasted prices

Unit : Baht/Kg.

dd/mm/yy	RSS3 Price	Forecasting mechanisms			
		SARIMA $(1,1,0)(1,0,1)_5$	Hybrid Forecasting	Multiple Regression	Combine Forecasting
23/7/2012	91.59	98.64	90.99	92.90	92.53
24/7/2012	91.59	90.12	90.97	90.77	90.81
25/7/2012	90.89	91.59	90.25	90.30	90.29
26/7/2012	91.40	90.66	90.78	90.37	90.45
27/7/2012	92.25	91.61	91.67	91.38	91.46

Table 3. Result of unit root test

variables	ADP - stat	critical value			stationary level
		1%	5%	10%	
DNR	-3.460*	-4.041	-3.450	-3.150	I (1)
Pw	-4.540**	-4.047	-3.453	-3.152	I (2)
PMI_ch	-3.596*	-4.050	-3.454	-3.152	I (0)
PMI_ja	-8.418**	-4.037	-3.448	-3.149	I (1)
SNR	-3.883**	-4.037	-3.448	-3.149	I (1)
STOCK	-4.009**	-4.042	-3.450	-3.150	I (1)

* : confident level 95% , ** : confident level 99%

Table 4. Results of cointegration testing of world rubber demand model

Null Hypothesis	Alternative Hypothesis	Eigen value	Trace statistic	Critical value	
				5%	1%
r= 0 **	> 0	0.208	64.595	55.245	62.521
r≤ 1 **	r > 1	0.156	37.708	35.010	41.081
r≤ 2 *	r > 2	0.110	18.928	18.397	23.152
r≤ 3 **	r > 3	0.046	5.447	3.841	6.634

* : 95% Confidence interval, ** 99% Confidence interval

Table 5. Results of cointegration testing of world rubber supply model

Null Hypothesis	Alternative Hypothesis	Eigenvalue	Trace statistic	Critical value	
				5%	1%
r= 0 **	r > 0	0.234	52.745	35.010	32.064
r≤ 1 **	r > 1	0.111	22.050	18.397	16.160
r≤ 2**	r > 2	0.070	8.429	3.841	2.705

* : 95% Confidence interval, ** 99% Confidence interval

การพัฒนาการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลำไยเพื่อการส่งออก

Development of Postharvest Management of Longan for Exporting

วิทยา อภัย[1] สมเพชร เจริญสุข[1] สุทธินี ลิขิตตระกูลรุ่ง[1] นิพัฒน์ สุขวิบูลย์[1] อุทัย นพคุณวงศ์[1]
สนอง อมฤกษ์[2] สถิตย์พงศ์ รัตนคำ[2] ชัยวัฒน์ เผ่าสันทัดพาณิชย์[2] มานพ หาญเทวี[3]
Wittaya Apai[1] Sompetch Jaroensuk[1] Suttinee Likhittragulrung[1] Nipat Sukhvibul[1] Uthai Noppakoonwong[1]
Sanong Amaroek[2] Satippong Rattanakam[2] Chaiwat Paosantanpanid[2] Manop Hantavee[3]

ABSTRACT

Longan is one of the important economic for export of Thailand but it is short shelf life by 2-3 days caused by pericarp browning and fruit rotting. Fruit fumigated with sulfur dioxide (SO_2) could commercially extend shelf life during export for 30-40 days but it frequently detected SO_2 residue problem over than limit standard in imported countries, i.e. P.R.China. Some restricted countries have not accepted fruit fumigated SO_2 thus it limited contents of fresh Thai longan for export. Office of Agricultural Research and Development Region 1, Chiang Mai province conducted the research and development on postharvest management of longan for exporting from 2010-2013. The objective was to find the new alternative to replace SO_2. The results found that some advices on decreasing SO_2 residue in fruit flesh for export, i.e. fruit wetting from rain should be dipped in HCl 1% containing sodium metabisulfite 5% for 5 minutes. It was found that SO_2 residue in fruit flesh was significantly less than the conventional method. The researches on the alternative to replace SO_2 found that dipping in HCl 6.4% for 5 minutes showed the highest efficacy and prolonged shelf life for 35 days at 2-5^{o}C and 85-90% RH. This treatment had low HCl residue in fruit flesh and thus safe for consumer. The exporter and consumer acceptances had 82 and 80%, respectively. The capacity of this method was 10 baskets per 5 minutes/time and this could be greatly benefited for longan exporters in commercial scale.

Key words: sulfur dioxide (SO_2), hydrochloric acid (HCl), Good Fumigation Practice for SO_2 fumigation plant.

[1] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 (Office of Agricultural Research and Development Region 1)

[2] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ (Agricultural Engineering Research Institute, Chiang Mai)

[3] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ (Chiang Mai Agricultural Research and Development Center)

บทคัดย่อ

ลำไยเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย แต่เก็บรักษาได้เพียง 2-3 วันเนื่องจากสีผิวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและเน่าเสีย การรมลำไยด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) สามารถยืดอายุการเก็บรักษาระหว่างส่งออกได้นาน 30-40 วัน แต่บ่อยครั้งที่พบปัญหาการตกค้างของ SO_2 ในผลเกินค่ามาตรฐานกำหนดของสาธารณรัฐประชาชนจีนและมีบางประเทศไม่ยอมรับผลไม้ที่ผ่านการรมก๊าซ SO_2 ทำให้เป็นข้อจำกัดในการส่งออกลำไยของไทย สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 (สวพ.1) จังหวัดเชียงใหม่ จึงได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลำไยเพื่อการส่งออกระหว่างปี 2553-2556 โดยการวิจัยหาเทคโนโลยีใหม่ทดแทนการรมก๊าซ SO_2 ผลการดำเนินงานได้คำแนะนำลดการตกค้างของ SO_2 เช่น ผลที่เปียกน้ำฝนควรแช่กรดเกลือ 1 เปอร์เซ็นต์ผสมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 5% นาน 5 นาที พบว่า การตกค้างของ SO_2 ต่ำกว่าการรมก๊าซ SO_2 ปกติ การวิจัยหาเทคโนโลยีทดแทนการรมก๊าซ SO_2 เพื่อยืดอายุเก็บรักษาลำไย พบว่า การแช่ผลในกรดไฮโดรคลอริก 6.4% นาน 5 นาที มีประสิทธิภาพสูงสุด ทำให้เก็บรักษาลำไยที่ 2-5°ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% ได้นาน 35 วัน มีการตกค้างของ SO_2 ต่ำและปลอดภัยต่อผู้บริโภค ผู้ประกอบการส่งออกและผู้บริโภคยอมรับร้อยละ 82 และ 80 ตามลำดับ คณะวิจัยจึงได้พัฒนาเครื่องต้นแบบแช่กรดไฮโดรคลอริกแทนแรงงานคนสามารถแช่ได้ 10 ตะกร้าพลาสติกต่อเวลา 5 นาที ซึ่งผลงานวิจัยและพัฒนานี้ผู้ประกอบการส่งออกสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการส่งออกลำไยได้ต่อไป

คำสำคัญ : ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์, กรดไฮโดรคลอริก (กรดเกลือ), หลักเกณฑ์การปฏิบัติที่ดีสำหรับโรงรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์

คำนำ

ปัญหาสำคัญที่ทำให้ผลลำไยมีอายุเก็บรักษาสั้น ได้แก่ สีเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเพราะสูญเสียน้ำภายใน 2-3 วันหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง อาการสะท้านหนาวภายใน 7-10 วัน หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10°ซ และปัญหาการเน่าเสียจากการเข้าทำลายของเชื้อรา (Jiang *et al*., 2002) การรมผลด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ช่วยฟอกสีผิวเปลือกให้มีสีเหลืองทองและฆ่าเชื้อที่ผิวเปลือก จึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 30-40 วัน ที่อุณหภูมิ 2-5°ซ (Tongdee, 1994) แต่อย่างไรก็ตามพบปัญหาที่ตามมาจากการใช้ก๊าซ SO_2 ในเชิงการค้า การหาสารทดแทนจึงเป็นสำคัญต่อการแก้ไขปัญหาในอนาคต

ปัจจัยที่มีผลต่อการตกค้างของ SO_2 ในผล เช่น ผลที่มีความสุกแก่เกินไป และผลที่เปียกน้ำฝนหรือหมอกความชื้น (พงษ์พันธุ์และคณะ, 2551) ส่วนมากผู้ประกอบการไม่รับซื้อลำไยเปียกฝนช่วงฤดูกาลผลิตเพราะรมควันแล้วอาจจะตกค้างสูงเกินค่ากำหนด กรณีรับซื้อมาแล้วต้องเป่าแห้ง 1 คืนจึงรมควัน มีผลทำให้ผิวเปลือกลำไยแห้งการรมควันอาจจะขาดประสิทธิภาพ ดังนั้นการพัฒนาเทคนิคการแช่เป็นเทคนิคหนึ่งที่ผู้ประกอบการสนใจเพราะสามารถนำมาแช่ได้ทันทีได้และอาจพบค่าตกค้าง

ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับการรมควันในปัจจุบัน พรรณทิพา และคณะ (2549) พบว่าการผสม sodium metabisulfite (SMS) เข้มข้น 7.5% กับกรด oxalic acid เข้มข้น 5% แช่นาน 5 นาที ช่วยทำให้สีผิวเปลือกลำไยมีความสม่ำเสมอขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ SMS ที่ไม่ผสมกรด แต่ขาดข้อมูลยืนยันถึงการตกค้างในผล ดังนั้นการศึกษาการใช้กรด HCl ที่ต้นทุนต่ำมาปรับพีเอชเกลือซัลไฟต์ให้ต่ำลง นอกจากยืดอายุการเก็บรักษาได้นานเท่ากับการรมควันแล้ว และอาจจะทำให้การตกค้างในเนื้อผลลดลงได้ต่ำกว่าวิธีการรมควัน จึงเป็นรูปแบบที่น่าสนใจสำหรับทดแทนการรมควันในอนาคต

การวิจัยเพื่อหาสารเคมีหรือเทคโนโลยียืดอายุการเก็บรักษาลำไยทดแทนการรมก๊าซ SO_2 เป็นสิ่งหนึ่งที่ผู้ประกอบการมีความต้องการ เพื่อเตรียมการสำหรับในอนาคตหากประเทศคู่ค้ายกเลิกหรือเข้มงวดต่อการใช้ก๊าซ SO_2 ในลำไย ที่ผ่านมาการวิจัย เช่น การแช่สารเคมี การเคลือบผิว การเก็บรักษาแบบดัดแปลงบรรยากาศและควบคุมบรรยากาศ ตลอดจนการใช้ความร้อนและความเย็นในการยืดอายุเก็บรักษาลำไย (วิชชาและคณะ, 2546; Jiang *et al*., 2002; Jiang and Li, 2001) ยังด้อยประสิทธิภาพและมีต้นทุนสูงกว่าการรมก๊าซ SO_2 แต่สำหรับกรดไฮโดรคลอลิก (HCl) เป็นสารเคมีที่ใช้แช่ผลเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาลิ้นจี่ (สดศรีและคณะ, 2547; Lichter *et al*., 2000) และลำไย (Drinan, 2004) ซึ่งการแช่ HCl มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการรมก๊าซ SO_2 แต่การหาเทคโนโลยีหรือสารทดแทนก๊าซ SO_2 จะต้องมีประสิทธิภาพลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลที่เปลือกผล ควบคุมการเน่าเสีย คุณภาพผลเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและผู้ประกอบการส่งออก ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาหาเทคโนโลยียืดอายุการเก็บรักษาลำไยทดแทนการรมก๊าซ SO_2 สำหรับใช้ในอนาคต จึงเป็นสิ่งสำคัญ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพสารทดแทน SO_2 ต่อการควบคุมการเปลี่ยนสีน้ำตาล

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ซ้ำ ใช้ลำไยผลเดี่ยวจำนวน 5 ผล/ซ้ำ (ถาดโฟม) และตัดขั้วยาวไม่เกิน 5 ซม. นำมาล้างน้ำไหลนาน 1 นาที และผึ่งให้แห้ง กรรมวิธีได้แก่ แช่ใน citric acid หรือ ascorbic acid 5 10 20 และ 50% (w/v) หรือ oxalic acid 5 และ 10% (w/v) นาน 20 และ 60 นาที โดยเปรียบเทียบกับ hydrochloric acid (HCl) 1.5 N ที่แช่นาน 5 และ 20 นาที ภายหลังแช่เสร็จนำผลมาล้างด้วยน้ำสะอาดและเป่าผลด้วยพัดลมให้แห้ง บรรจุผลลำไยจำนวน 5 ผล/ถาดโฟม (เปิดถาดโฟม) นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °ซ และ ความชื้นสัมพัทธ์ 85% บันทึกผลประเมินการเปลี่ยนสีน้ำตาลเปลือกทั้งด้านในและนอก 5 ระดับตามวิธีของ Jiang and Li (2001) (1 = ผิวเปลือกปกติ, 3 = เกิดสีน้ำตาลน้อยกว่า 25%, 5 = เกิดมากกว่า 50 %) และพีเอชของเปลือก (Joas *et al*., 2005) ภายหลังเก็บรักษานาน 30 วัน วางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมงก่อนบันทึกผล และใช้ การรมก๊าซ SO_2 และไม่แช่สารเป็นกรรมวิธีควบคุมร่วม

2. ผลของความเข้มข้นกรดเกลือต่อคุณภาพผล การยอมรับของผู้บริโภค และการตกค้างในผล

วางแผนการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 2 ซ้ำ 8 กรรมวิธี ได้แก่ การแช่ผลใน HCl ความเข้มข้น 6.4, 7, 8, 9 และ12% นาน 5 นาที โดยไม่ล้างสารออก เปรียบเทียบกับแช่ HCl 6% นาน 35 นาที + ล้างสารออก, SO_2 และผลลำไยที่ไม่แช่สารเคมี ทุกกรรมวิธีนำผลลำไยที่บรรจุในตะกร้าพลาสติก 11.5 kg ที่เก็บรักษาไว้ 1 คืน ที่ 5 °ซ มาล้างผลลำไยด้วยน้ำสะอาด จากนั้นแช่ผลลำไยสดทั้งตะกร้าในสารละลายกรดเกลือความเข้มข้น 6.4, 7, 8, 9 และ12% ปริมาตร 60 ลิตร เติมสารลดแรงตึงผิว Tween 20 เข้มข้น 0.1% แช่นาน 5 นาที ขยับตะกร้าไปมาระหว่างแช่เพื่อให้กรดซึมเข้าเปลือกได้ทั่วถึง หลังแช่ผึ่งไว้นาน 10 นาที และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 3°ซ, 85% RH ทันที เปรียบเทียบกับการแช่ผลใน 6% HCl นาน 35 นาที+ล้างให้สะอาด+ผึ่งนาน 10 นาทีและขึ้นตู้ทันที และ SO_2 รวม 7 กรรมวิธีๆ ละ 2 ซ้ำๆ ละ 11.5 กก. สุ่มปริมาณ 1.5 กก. ต่อตะกร้า (ซ้ำ) ทุก 7 วันจนครบ 21 วัน วิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ประเมินการเปลี่ยนสีน้ำตาลเปลือกด้านใน เปอร์เซ็นต์ผลดี เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค การเปลี่ยนสีเนื้อ 3 ระดับ (1 = ปกติ, 2 = สีเนื้อเปลี่ยนสีเล็กน้อยและยอมรับได้ และ 3 = สีเนื้อเปลี่ยนมากไม่ยอมรับ) พีเอชเปลือกและเนื้อ การตกค้างของกรดเกลือในผล (ดัดแปลงจากวิธี AOAC, 2005b) และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคใช้วิธี hedonic scaling 9 ระดับ

3. ผลอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อคุณภาพผล การยอมรับของผู้บริโภค และการตกค้างระหว่างการเก็บรักษา

วางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in CRD จำนวน 6 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 11.5 กก. ดังนี้ คือ ปัจจัยที่ 1 มี 2 กรรมวิธี ได้แก่ ผลที่รมก๊าซ SO_2 และผลที่แช่ HCl 6.4% นาน 5 นาที ปัจจัยที่ 2 มี 3 กรรมวิธีได้แก่ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3, 10 และ 30°ซ นำผลลำไยที่บรรจุในตะกร้าที่เก็บรักษาไว้ 1 คืนที่ 5 °ซ ล้างผลลำไยด้วยน้ำสะอาด แช่ผลลำไยใน HCl 6.4% (pH 0.03) ผสมสารลดแรงตึงผิว Tween 20 เข้มข้น 0.1% ไว้ประมาณ 300 ลิตร จะแช่ได้ถังพลาสติกละ 4 ตะกร้า ผึ่งให้แห้ง และจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ ที่กำหนดไว้ บันทึกการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทุก 1, 5, 10, 20 และ 30 วัน ได้แก่ การเปลี่ยนสีน้ำตาลเปลือกด้านในและนอก เปอร์เซ็นต์ผลดี เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค การเปลี่ยนสีเนื้อ พีเอชเปลือกและเนื้อ การตกค้างของกรดเกลือในผล และการยอมรับผู้บริโภค และยังทดสอบอายุการวางจำหน่ายโดยการยอมรับของผู้บริโภคระหว่างการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องนาน 3 วัน และประเมินอายุการเก็บรักษา พิจารณาจากการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผลเมื่อคะแนนมากกว่า 3.0 (Jiang and Li, 2001) คะแนนการยอมรับของเนื้อได้แก่ ลักษณะภายนอก กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมอย่างใดอย่างหนึ่งน้อยกว่า 5 คะแนนหรือ (Lawless and Heymann, 1998) และมีการเกิดโรคขึ้นระหว่างการเก็บรักษามากกว่า 25% ถือว่าหมดอายุการเก็บรักษา

4. การทดสอบการยอมรับผู้บริโภคและผู้ประกอบการส่งออกลำไยแช่กรดเกลือ

4.1 ผู้บริโภค และผู้ประกอบการส่งออก ได้แก่

1) การสำรวจด้วยแบบสอบถาม รวม 2 ครั้ง <u>ครั้งที่ 1</u> ใช้ลำไยสดพันธุ์ดอนอกฤดู พักไว้ที่ร่มนาน 1 คืน จากนั้นล้างผลในน้ำสะอาดและแช่ผลลำไยจำนวน 1 ตะกร้า ใน 6% HCl ปริมาตร 60 ลิตร นาน 30

นาที ล้างสารออกด้วยน้ำสะอาด 1 ครั้ง ผึ่งลำไยทั้งตะกร้านาน 10 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3°ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 85% นำตัวอย่างทดสอบกับผู้บริโภคจำนวน 300 คน ในจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน ด้วยแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของประชากร ในรูปของความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานด้วย SPSS ครั้งที่ 2 เป็นการศึกษาร่วมกับผู้ประกอบการ โดยเข้าไปสัมภาษณ์และนำผลลำไยที่แช่กรด HCl 6.4% นาน 5 นาที เป็นกรรมวิธีที่ปรับลดเวลาแช่ ให้ผู้ประกอบการทดสอบชิมและให้คะแนน

2) กลุ่มผู้บริโภคภาคสนาม รวม 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 เดือนสิงหาคม 2554 ตัวอย่างที่ใช้เป็นลำไยพันธุ์ดอในฤดูกาล และบรรจุไว้ในตะกร้าพลาสติกขนาด 11.5 กก. เป็นลำไยที่จะส่งออก นำไปรมก๊าซ SO_2 และขนส่งกลับมาห้องปฏิบัติการพักไว้ที่ห้องเย็นนาน 1 คืน จากนั้นล้างผลในน้ำสะอาดและแช่ผลลำไยจำนวน 1 ตะกร้า ใน HCl 6.4% ปริมาตร 60 ลิตร นาน 5 นาที ผึ่งลำไยทั้งตะกร้านาน 10 นาที และเก็บรักษาทันทีที่อุณหภูมิ 3 °ซ และ 85% RH นาน 10 วัน และนำตัวอย่างทดสอบ HCl เปรียบเทียบกับการรม SO_2 มาทำการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 433 คนในงานวันปทุมมาที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรแพร่ ครั้งที่ 2 เตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับครั้งที่ 1 สำรวจการยอมรับของผู้บริโภคในเขตภาคเหนือจำนวน 200 คนในงานนิทรรศการพืชไร่ 80 ปี เดือนกุมภาพันธ์ 2556 ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่

4.2 การทดสอบการส่งออก โดยคัดเลือกผู้ประกอบการโรงรมควันส่งออกลำไยนอกและในฤดูกาลจำนวน 3 บริษัทที่ให้ความร่วมมือ ส่งผลลำไยที่แช่กรด HCl ทดสอบส่งออกระหว่างเดือน พ.ย. 54 – ส.ค. 55 ร่วมกับผู้ประกอบการ ในเขต จ.เชียงใหม่ และลำพูน ได้แก่ บริษัทโอเค อินเตอร์เฟรชเทรดดิ้ง (ประเทศไทย), บริษัทหยวนเซิงเฟรช จำกัด และบริษัทรอยัล อินเตอร์ กรุ๊ป 88 จำกัด จำนวน 1 4 และ 2 ครั้งตามลำดับ รวมจำนวน 6 ครั้งในการส่งออกไปประเทศจีน และ อินโดนีเซียรวม 4 ครั้ง ส่งผ่านด่านประเทศไทยที่แหลมฉบัง จ.ระยอง และส่งต่อไปประเทศปลายทาง ควบคุมอุณหภูมิ 2°ซ และผู้ประกอบการที่ต้นทางประสานข้อมูลที่ประเทศปลายทางส่งผลให้ทางไปรษณีย์อิเล็คโทรนิก

5. การพัฒนาเครื่องแช่กรดเกลือต้นแบบและทดสอบคุณภาพและความปลอดภัยกรดเกลือร่วมกับประเทศสิงคโปร์

สร้างเครื่องแช่ต้นแบบดำเนินการที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ ปี 2555-56 ขั้นตอนได้แก่ ศึกษาดูงานเครื่องแช่ลิ้นจี่ และออกแบบ ดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงต้นแบบให้แล้วเสร็จ และทดสอบการทำงานของเครื่องแช่ต้นแบบปรับปรุงแก้ไขให้แล้วเสร็จ จากนั้นนำไปทดสอบเครื่องและทดสอบคุณภาพและความปลอดภัยกรดเกลือร่วมกับประเทศสิงคโปร์ ดำเนินงานที่ห้องปฏิบัติการ Post Harvest Technology Department และ Food & Nutrition Chemistry Section, Agri-Food & Veterinary Authority (AVA) ประเทศสิงคโปร์ ระหว่างวันที่ 15 กรกฎาคม – 13 สิงหาคม 2556 บริษัทผู้ส่งออก คือ พงษ์เจริญเทรดดิ้งหาดใหญ่ จ.ลำพูน ประเทศไทย และบริษัทผู้นำเข้าบริษัท HUPCO ประเทศสิงคโปร์ ส่งออกวันที่ 12 ก.ค. 56 ขนส่งถึงบริษัทนำเข้า

วันที่ 19 ก.ค. 56 รวม 8 วัน จำนวนตะกร้ารวม 18 ตะกร้า รวม 4 กรรมวิธี โดยกรรมวิธีที่ 1-3 ทำกรรมวิธีละ 4 ซ้ำ (ตะกร้า) ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 HCl manual (ใช้คนแช่) กรรมวิธีที่ 2 วิธีทางการค้า (SO_2) กรรมวิธีที่ 3 ผลไม่แช่สาร และกรรมวิธีที่ 4 HCl dipping machine (ใช้เครื่องแช่) จำนวน 6 ซ้ำ (ตะกร้า) นำไปเก็บรักษาที่ 5°ซ, 85-90% RH ของ AVA นาน 20 วัน ประเมินการตกค้างของกรด HCl ในผล การตกค้าง SO_2 ในผล (Kirk and Sawyer, 1991) พีเอชของเปลือก และน้ำคั้น การยอมรับของผู้บริโภค การเปลี่ยนสีน้ำตาลเปลือกผล การเปลี่ยนสีเนื้อ และเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และอายุการเก็บรักษา

6. การแช่ด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์กับกรดเกลือสำหรับทดแทนการรมควันด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์

6.1 ผลของ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ร่วมกับกรดเกลือต่อคุณภาพ การยอมรับผู้บริโภค และการตกค้างระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 1 ตะกร้าขนาด 11.5 กก. ได้แก่ 1) แช่ใน HCl 1%+sodium metabisulfite 5% นาน 5 นาที 2) แช่ใน HCl 6.4% นาน 5 นาที 3) รมด้วย SO_2 และ4) ไม่แช่สารเคมี ผึ่งให้แห้งและเก็บรักษาที่ 5°ซ นาน 60 วัน สุ่มวัดการตกค้าง SO_2 ในเนื้อ ผล และเปลือกทุก 7 วัน ด้วยวิธี Optimized Monier Williams Method (AOAC, 2005a) เมื่อเก็บรักษาที่ 5 °ซ ครบ 7 วัน และจนครบ 60 วัน ทำการบันทึกคุณภาพผลทุกๆ 7 วัน จนครบ 60 วัน ได้แก่ การเปลี่ยนสีน้ำตาล และการเปลี่ยนสีเนื้อ เปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย พีเอชเปลือกและเนื้อ และปริมาณกรดเกลือตกค้างและการยอมรับของผู้บริโภค

6.2 การทดสอบร่วมกับผู้ประกอบการสำหรับการส่งออก และค่าตกค้าง

การทดสอบการส่งออกที่ห้องปฏิบัติการสวพ.1 รวม 2 ครั้งร่วมกับผู้ประกอบการ ในเขต จ.เชียงใหม่ คือ บริษัทหยวนเซิงเฟรช จำกัด ได้แก่ ครั้งแรกลำไยสีผิวสำหรับส่งไปประเทศจีน ในเดือนพฤศจิกายน 2556 รวม 40 ตะกร้า แช่ในสารละลาย HCl 1%+sodium metabisulfite 5% นาน 5 นาที ตรวจวัดค่า pH หลังแช่ทุกครั้ง สุ่มวัดค่าตกค้างของ SO_2 ในเนื้อผล และครั้งที่ 2 นำลำไยสีผิวไม่สวยสำหรับส่งไปประเทศอินโดนีเซียที่ค้างคืน 1 คืน ในเดือนธันวาคม 2556 รวม 20 ตะกร้า (สำหรับส่งออก) มาทดสอบแช่ในสารละลาย HCl 1%+sodium metabisulfite 5% นาน 5 นาที แบ่งเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 1 แช่ทั้งตะกร้าโดยไม่เอาสายรัด+bubbles (แผ่นกันกระแทก) ออก และชุดที่ 2 แช่ทั้งตะกร้าแต่เอาสายรัดตะกร้า+bubblesออกก่อน หลังแห้งจึงนำ bubbles ใส่กลับคืนมัดสายรัดตะกร้า แบ่งเก็บรักษาที่ห้องเย็นห้องปฏิบัติการสวพ.1 รวม 12 ตะกร้า สุ่มวัดค่าตกค้างของ SO_2 ในเนื้อผล และคุณภาพผลระหว่างการเก็บรักษาที่ 6 °ซ และตะกร้าที่เหลือนำกลับไปเก็บรักษาที่ห้องเย็นบริษัทหยวนเซิงเฟรช จำกัด

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพสารทดแทน SO_2 ต่อการควบคุมการเปลี่ยนสีน้ำตาล การแช่ผลในกรด HCl เข้มข้น 1.5 N (~5%) นาน 20 นาที กรด oxalic acid เข้มข้น 10% นาน 60 นาที กรด citric acid เข้มข้น 50% นาน 60 นาที ลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลคะแนนระหว่าง 1.00–1.30 ไม่แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษานาน 30 วันที่ 3°ซ (เกณฑ์ยอมรับค่า browning index; BI $\leq$ 3.0) และพบค่า BI ไม่แตกต่างจากวิธีทางการค้า คือ รมด้วย SO_2 นาน 1 ชั่วโมง (ไม่แสดงข้อมูล) ประสิทธิภาพการลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลขึ้นอยู่กับการดูดซับของกรดในเปลือกวัดได้จากค่า pericarp pH ทั้ง 3 กรรมวิธีพบค่า 2.87–3.06 ส่วน SO_2 พบค่า 4.35 เมื่อเปรียบเทียบกับผลไม่แช่สารพบค่า BI เท่ากับ 5.00 และค่า pericarp pH เท่ากับ 5.14 เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนและประสิทธิภาพกรด HCl เข้มข้น 1.5 N นาน 20 นาที เหมาะสมสำหรับทดสอบสำหรับทดแทน SO_2 ได้ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ (ไม่แสดงข้อมูล) ผลการทดลองสอดคล้องกับ Drinnan (2004) แต่การนำไปใช้ประโยชน์ควรปรับปรุงเรื่องเวลาแช่และความเข้มข้นที่เหมาะสมก่อนนำไปใช้เพราะแช่นานเกินไป

2. ผลของความเข้มข้นกรดเกลือต่อคุณภาพผล การยอมรับของผู้บริโภค และการตกค้างในผล การแช่ผลในกรด HCl เข้มข้น 6.4% นาน 5 นาที ลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้ดีไม่แตกต่างกับกรรมวิธีอื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบผลไม่แช่สาร (Figure 1a) พบคะแนนการเปลี่ยนสีเนื้อต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับนาน 35 วัน (ค่าต่ำกว่า 2.0) เมื่อเปรียบกับ HCl ที่ความเข้มข้นสูงขึ้นหรือแช่นานเกินไป (Figure 1b) และความเข้มข้น HCl ที่สูงขึ้นกว่า 8% หรือแช่ HCl 6% นาน 35 นาทีพบว่า เปอร์เซ็นต์ผลนิ่มมากขึ้นและยุบตัว ทำให้ผลเกิดการเน่าเสียจากเชื้อราบางชนิดมากขึ้น เกิดจากการดูดซับของกรดในผลที่มากเกินไป และตกค้างในเนื้อมากขึ้น (Figure 1c) การใช้ HCl ระหว่าง 6.4-8% และรม SO_2 พบว่าการตกค้างของกรด HCl ในเนื้อพบระหว่าง 0.028 – 0.041 % (Figure 1c) ค่ามีการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และ juice pH พบระหว่าง 6.81 – 7.58 พบว่าค่าไม่แตกต่างกันและยังพบว่าไม่แตกต่างจากผลไม่แช่สาร พบการตกค้างของกรด HCl ในเนื้อสูงขึ้นเมื่อแช่นานขึ้นหรือความเข้มข้นสูง 9% มีค่าสูงขึ้นระหว่างการเก็บรักษา (Figure 1c) สันนิษฐานว่ากรดซึมจากเปลือกเข้าเนื้อหรือเนื้อหดตัวลงทำให้คุณภาพการบริโภคลดลง เมื่อพิจารณาคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าการแช่ใน HCl 6.4% นาน 5 นาที มีคะแนนการยอมรับทั้งสีเนื้อและรสชาติรองจากการใช้ SO_2 มีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์การยอมรับ (มากกว่า 5.0) นาน 21 วัน ที่อุณหภูมิ 3°ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 85% (Figure 1d)

3. ผลอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อคุณภาพผล การยอมรับของผู้บริโภค และการตกค้างระหว่างการเก็บรักษา การใช้ HCl มีคุณภาพผลดีรองจากวิธีทางการค้า เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษาพบว่าการใช้กรดเกลือเข้มข้น 6.4% นาน 5 นาที ช่วยยืดอายุที่อุณหภูมิ 3, 10 และ 30 °C ได้นาน 30, 20 และต่ำกว่า 5 วัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ SO_2 นาน 30, 20 และ 5 วัน ตามลำดับ เมื่อย้ายผลลำไยแช่กรดเกลือและเก็บรักษาที่ 3° ซ มาวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องโดยการสุ่มตัวอย่างจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษานาน 1, 5, 10, 20 และ30 วัน พบว่าจะคุณภาพบริโภคด้านรสชาติจะเก็บรักษาได้

ไม่เกิน 3 วัน ในขณะ SO_2 นานมากกว่า 3 วัน (ไม่แสดงข้อมูล) การใช้ HCl และเก็บรักษาที่ 3 และ 10°ซ ลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลทั้งเปลือกและการเน่าเสียนานเท่ากัน คือ 40 วัน (Figure 2a-b) การชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อนาน 30 และ40 วัน และพบการตกค้างกรด HCl ในเปลือกสูง 0.25 - 0.38 % ค่าพีเอชเปลือกต่ำระหว่าง 2.92 - 3.16 เมื่อเปรียบเทียบกับ SO_2 ที่พบค่าสูงกว่า แต่ทุกกรรมวิธีไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางของพีเอชเนื้อพบระหว่าง 6.75 – 7.34 และการตกค้างของกรดเกลือในเนื้อไม่แตกต่างกันระหว่าง 0.027 – 0.034 % (Figure 2c) ค่าที่วัดใกล้เคียงกับการทดลองที่ 2 ส่วนอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ต่ำลงมีผลการช่วยชะลอการเน่าเสีย (Figure 2b) และการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อได้นานขึ้น ระหว่างการเก็บรักษา การเก็บรักษาผลลำไยที่แช่กรดเกลือช่วยยืดอายุได้นานที่สุดเมื่อพิจารณาจากสีเนื้อเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 °ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 90% รองลงมา คือ 10 °ซ และ 30 °ซ ตามลำดับ (Figure 2d)

4. การทดสอบการยอมรับผู้บริโภคและผู้ประกอบการส่งออกลำไยแช่กรดเกลือ

4.1 ผู้บริโภค และผู้ประกอบการส่งออก ได้แก่

1) การสำรวจด้วยแบบสอบถาม ครั้งที่ 1 พบว่ากลุ่มผู้บริโภค ได้แก่ ภาครัฐ นักศึกษา ผู้ประกอบการ ค้าขาย เกษตรกร และอื่นๆ คะแนนการยอมรับโดยรวมเฉลี่ยต่อลำไยสดที่แช่ HCl และรม SO_2 มีค่า 5.86 ± 2.13 และ 5.95 ± 1.9 (จาก 9 คะแนน) (ไม่แสดงข้อมูล) ให้การยอมรับ HCl สำหรับเตรียมไว้เป็นสารทดแทนร้อยละ 84.7 และยอมรับ HCl ผู้บริโภคแนะนำให้ปรับปรุงสีผิวเปลือกนอกให้สม่ำเสมอ และปรับปรุงวิธีการแช่ HCl โดยลดเวลาการแช่ให้ต่ำกว่า 5 นาที โดยเพิ่มความเข้มข้น การทดสอบการยอมรับโดยผู้ประกอบการลำไยสดส่งออกนอกฤดูกาล จำนวน 15 ราย จาก 9 บริษัท ทดสอบการชิม (ไม่แสดงข้อมูล) พบว่าให้การยอมรับลำไยที่ใช้ HCl เป็นสารทดแทน SO_2 จำนวน 13 ราย คิดเป็นร้อยละ 86.67 เนื่องจากผู้ประกอบการส่วนมากมีความเห็นตรงกันว่าควรมีสารทดแทนเตรียมไว้ในอนาคต ครั้งที่ 2 ได้ปรับการแช่ผลใน HCl 6.4% นาน 5 นาที การทดสอบการยอมรับผู้ประกอบการลำไยสดส่งออกในฤดูกาล จำนวน 9 ราย จาก 8 บริษัท พบว่าผู้ประกอบการยอมรับร้อยละ 77.78 (ไม่แสดงข้อมูล) ค่าเฉลี่ยทั้งสองครั้ง คือ ร้อยละ 82.22

2) กลุ่มผู้บริโภคภาคสนาม ครั้งที่ 1 พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับคุณภาพผลโดยรวม 90.30% และครั้งที่ 2 พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับคุณภาพโดยรวม 70% ค่าเฉลี่ยทั้งสองครั้ง คือ 80.15%

4.2 การทดสอบการส่งออก พบว่าผลเป็นที่น่าพอใจ 3 ครั้ง จาก 6 ครั้ง ได้แก่ ผลการตอบรับการส่งออกไปปลายทางประเทศสิงคโปร์ที่ตัดขั้วผลเดี่ยวบรรจุใส่กล่องพลาสติกขนาด 1 kg ได้ผลการตอบรับที่มีความเป็นไปได้ผลการประเมินคุณภาพ ผ่านทั้ง 2 ครั้ง (ไม่แสดงข้อมูล) ส่วนการส่งออกไปประเทศจีนและอินโดนีเซียที่แช่ทั้งตะกร้าและส่งออกทันทีพบว่าผลเป็นที่น่าพอใจ 1ครั้ง จาก 4 ครั้ง พบว่าต้องปรับปรุงแก้ไขการปฏิบัติในเทคนิควิธีการแช่ ควรให้ผลลำไยแห้งก่อนเก็บรักษา และการบรรจุผลลำไยไม่ควรสวมฟิล์มพลาสติกปิดทึบทั้งตะกร้าเพราะเพิ่มความอับชื้นและกระตุ้นการเน่าเสียและการเปลี่ยนสีเนื้อ

5. การพัฒนาเครื่องแช่กรดเกลือต้นแบบ ดำเนินการออกแบบพัฒนาและสร้างเครื่องจุ่มสาร HCl ทำจาก สแตนเลสเกรด 304 หนา 1.2 ม.ม. (Figure 3a-c) ดัดแปลงจากเครื่องแช่ลิ้นจี่ส่วนประกอบสำคัญประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ 1) ขั้นตอนการเติม-บำบัดสาร HCl (Figure 3b) 2) ขั้นตอนการล้างทำความสะอาด (Figure 3c) 3) ขั้นตอนการแช่สาร อ่างแช่ HCl ขนาด กxยxส คือ 0.6 x 6 x 0.4 ม. ที่มีชุดหมุนเวียนกรด โดยใช้ปั๊มสแตนเลส 220 Vac ขนาด 3/4 HP อัตราไหลสูงสุด 7.2 ลบ.ม./ชั่วโมง หมุนเวียนสารแบบการไหลสวนทาง ผ่านท่อ PVC และมีวาล์ว เป็นตัวควบคุม และ 3) ชุดลำเลียง เป็นสายพานสแตนเลส และ 4) ขั้นตอนการเป่าแห้ง ด้วยชุดเป่าแห้ง มีพัดลมเป่าอากาศ ขนาด 12 นิ้ว 2 เครื่อง การทดสอบเครื่องแช่โดยเปรียบเทียบกระบวนการใช้ HCl กับใช้ SO_2 พบว่าเครื่องต้นแบบแช่ HCl มีความสามารถในการแช่ใช้เวลาเฉลี่ย 5.07 นาที เครื่องดังกล่าวทำงานได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับใช้แรงคนจุ่ม ความจุใช้ลำไยแช่ 10 ตะกร้าต่อ HCl ปริมาตร 1,200 ลิตร การทดสอบคุณภาพและความปลอดภัยกรดเกลือร่วมกับประเทศสิงคโปร์ พบการตกค้าง HCl พบในเปลือกมากกว่าเนื้อพบค่าระหว่าง 0.55 - 0.86 % (pericarp pH = 3.4 - 3.6) และการแช่ HCl ด้วยคน (manual) ไม่พบการตกค้างในเนื้อผล ส่วนการแช่ด้วยเครื่องแช่พบค่าต่ำมากระหว่าง 0.000-0.006% (ไม่แสดงข้อมูล) และพบค่าพีเอชเนื้อระหว่าง 6.78 – 7.03 ค่าพีเอชเนื้อใกล้เคียงกับการทดลองที่ 2-3 และ 7 ค่าลดลงเท่ากับ 0.000 เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 8 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับค่ากรด HCl ในกระเพาะมนุษย์มีค่า 0.5% จึงปลอดภัยตามคำแนะนำของ FDA (1979) แต่ AVA ให้นำผลต่างๆ มายืนยันถึงความปลอดภัยว่าสามารถใช้ได้ เช่น จาก FDA และสารที่ใช้ควรเป็นชนิด food grade เป็นต้น สรุปกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด คือ การใช้ SO_2 HCl machine HCl manual และผลไม่แช่สารมีอายุการเก็บรักษานาน 25, 27 และ 31 วัน ที่ 5°ซ ตามลำดับ (Figure 3d-f, 4a-d)

6. การแช่ด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์กับกรดเกลือสำหรับทดแทนการรมควันด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์

6.1 ผลของ HCl ร่วมกับ sodium metabisulfite ต่อคุณภาพผล การยอมรับของผู้บริโภค และการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์และกรดเกลือในผลระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ การแช่ HCl 1%+SMS 5% นาน 5 นาที ช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้นาน 42 วัน ไม่แตกต่างจากวิธีทางการค้า คือ การรมด้วย SO_2 และกรรมวิธีทดแทน HCl (Figure 5a) เมื่อเปรียบเทียบกับผลไม่แช่สาร ผลการทดลองสอดคล้องกับพรรณทิพา และคณะ (2549) พบว่าสารประกอบซัลไฟต์เมื่ออยู่ในสภาพพีเอชเป็นกรด สารประกอบซัลไฟต์จะปลดปล่อยกรดซัลฟูรัสออกมามากกว่าพีเอช SMS ปกติที่ไม่ผสมกรดที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน นอกจากนั้นพบค่าการเปลี่ยนสีเนื้อมีค่าต่ำไม่แตกต่างจากวิธีรม SO_2 นาน 1 ชั่วโมง มีค่าระหว่าง 1.0-1.1 เมื่อเปรียบเทียบกับ HCl และผลไม่แช่สาร ขณะที่ค่าการตกค้างของ SO_2 ในเนื้อพบค่าต่ำกว่ากรรมวิธีทางการค้า SO_2 ในวันแรก (Figure 5b) และลดลงไม่แตกต่างกันภายหลังการเก็บรักษานาน 7 วันขึ้นไป ค่าตกค้างที่ต่ำกว่าค่ากำหนดจึงเป็นผลดีต่อการส่งออกลำไยไปประเทศจีน การตกค้างของกรด HCl ในเนื้อพบค่าต่ำทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันค่าลดลงต่ำเท่ากับ 0.00 ภายหลังการเก็บรักษาผ่านไป 21 วัน ที่ 5°ซ การตกค้างกรด HCl ในเนื้อผลต่ำ 0.00 – 0.025% มี

ค่าไม่แตกต่างจากผลไม่แช่สาร ถือว่าปลอดภัยต่อผู้บริโภค (Figure 5d) ส่วนการตกค้างในเปลือกมีค่า 0.53 – 1.03% (Figure 5c) ค่าสอดคล้องการทดลองที่ 6 ส่วนค่าการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าค่าลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น การใช้ HCl+SMS, SO_2, HCl และผลไม่แช่สารผู้บริโภคยอมรับคุณภาพด้านรสชาตินาน 35, 21, 21 และ 14 วัน ตามลำดับ (Figure 5f) ขณะที่การยอมรับด้านสีเนื้อนาน 35, 42, 35 และ 7 วัน ตามลำดับ (Figure 5e) ผลลำไยไม่แช่สารค่าต่ำลงเนื่องจากสีผิวเปลือกเริ่มคล้ำและคุณภาพเนื้อเริ่มเปลี่ยน ขณะที่คุณภาพเนื้อของทั้งสามกรรมวิธียังยอมรับได้เพียงพอต่อการส่งออก

6.2 การทดสอบร่วมกับผู้ประกอบการสำหรับการส่งออก และค่าตกค้าง ผู้ประกอบการทั้งต้นทาง คือ บริษัทหยวนเชิงเฟรช และผู้นำเข้าที่ประเทศจีนยอมรับคุณภาพผลลำไยที่แช่ HCl 1%+SMS 5% นาน 5 นาที พบค่าตกค้าง SO_2 หลังแช่ 1 วันโดยเฉลี่ย 0.97 mg/kg บริษัทหยวนเชิงจึงนำลำไยสีผิวสำหรับส่งไปประเทศอินโดนีเซียและค้างคืนที่อุณหภูมิห้อง มาทดสอบแช่ HCl+SMS พบว่าการแช่โดยรัดตะกร้าและไม่นำแผ่นกันกระแทกออกพบค่าตกค้างต่ำไม่แตกต่างเท่ากับ 4.33 และ 11.39 mg/kg ตามลำดับ ค่าสลายตัวลดลงใกล้เคียง 1 mg/kg เมื่อเก็บรักษา 1 สัปดาห์ขึ้นไป ค่าต่ำกว่าเกณฑ์กำหนด 50 mg/kg จึงพบความเสี่ยงต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการรมควัน และลดการเน่าเสียได้ วิธีการแช่สามารถนำไปใช้ทดแทนวิธีการรมควันได้หากประเทศจีนเริ่มเข้มงวดมากขึ้น และสามารถนำมาใช้กรณีที่ผลลำไยเปียกได้ ผู้ประกอบการที่มีเครื่องแช่ลิ้นจี่อยู่แล้ว สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้

สรุปผลการทดลอง

1. วิธีการแช่กรดเกลือหรือกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 6.4% นาน 5 นาที ผึ่งให้แห้งและเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 2-5°C, 90% RH พบว่าเตรียมไว้ใช้ทดแทนสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอนาคตได้ มีอายุเก็บรักษาได้เฉลี่ยนาน 35 วัน คุณภาพการบริโภครองจากวิธีทางการค้าแต่ดีกว่ากรรมวิธีที่ไม่แช่สาร สีผิวเปลือกสีเหลืองอมส้ม การตกค้างของกรดในเนื้อต่ำปลอดภัย การพัฒนาเครื่องแช่สารต้นแบบพบว่ามีกำลังการผลิต 10 ตะกร้าต่อครั้ง แช่ครั้งละ 5 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีใช้แรงงานคนแช่ได้ครั้งละ 3 ตะกร้าต่อครั้ง ครั้งละ 5 นาที และต้องผึ่งจนผลแห้งก่อนเก็บรักษา

- นำไปใช้กับประเทศนำเข้าที่เข้มงวดการตรวจสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เช่น สิงคโปร์ แคนาดา ยุโรป อเมริกา เป็นต้น สามารถใช้ร่วมกับการฉายรังสีหรือวิธีที่มีข้อกำหนด plant quarantine ได้ การประยุกต์ใช้กับลำไยส่งไปประเทศจีน ต้องเพิ่มความยาวเครื่องแช่ทำให้เพิ่มกำลังการผลิตได้อย่างน้อย 50 ตะกร้าต่อครั้ง

- การผสมเตรียมสาระลายกรดเกลือ ควรแต่งกายมิดชิด สวมหน้ากากกันสารเคมี ใส่ถุงมือ และควรมีมอเตอร์ดูดกรดเกลือจากถังบรรจุจะทำได้ปลอดภัยกว่าการใช้คนเท และต้นแบบเครื่องจุ่มสาร HCl สำหรับผลลำไยสดต้นทุนก่อสร้าง 300,000 บาท แช่ผลผลิตได้ปริมาณมากและต่อเนื่อง ต้นทุนการใช้ HCl 6.4% ต่อลิตรเท่ากับ 2.11 บาท ถ้าผลการทดสอบดีสามารถนำไปทดสอบปรับใช้แช่ผลไม้ชนิดอื่นๆ ได้ เช่น ลิ้นจี่ เป็นต้น การบำบัดด้วยปูนขาวปรับพีเอชจนเป็นกลาง

- กฎระเบียบการนำเข้าแต่ละประเทศความปลอดภัยต่อผู้บริโภค เป็นอุปสรรคต่อการใช้ HCl บางครั้งต้องมีการ Approval ก่อนจึงควรเลือกใช้ชนิด Food grade ไว้ก่อน การตกค้างกรด HCl ในเนื้อผลต่ำ 0.00 – 0.025% เมื่อเปรียบเทียบกับกรด HCl ในกระเพาะมนุษย์มีค่า 0.5% (pH 1-2) กรด HCl ผ่านการ approved จาก US-FDA ใช้เป็นfood additive เป็นสารปลอดภัย (Generally recognized as Safe, GRAS) ในอาหารได้ (FDA, 1979) ภายใต้ระบบ GMP เมื่อนำเนื้อผลที่เปลี่ยนสีเป็นสีแดง (discolored flesh) พบ cyaniding-3-glucoside ปริมาณ 0.021 มก./กก. เป็นสารแอนโทไซยานินจึงปลอดภัยต่อผู้บริโภคแต่ควรตรวจหาเพิ่มเติมเทคนิคชั้นสูงต่อไป

- ผลลำไยที่กรดเกลือหากเปลือกหนาควรแช่นานขึ้น หากเปลือกบางไม่ควรแช่นานเกิน 4 นาที เพื่อป้องกันผลแตก ควรเว้นเวลาหลังการเก็บเกี่ยวก่อนแช่นาน 8 ชั่วโมงหรือเก็บรักษาไว้นาน 1 คืนที่ 5 °ซ หรือผสมเกลือแกง 1% ลงไปในกรดจะช่วยลดปัญหานี้ได้ และขนาดผลเล็กจะมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่าผลใหญ่จึงใช้เวลาแช่น้อยกว่า เป็นต้น การผสมโซเดียมคลอไรท์ (sodium chlorite) เข้มข้น 0.5 - 1% ในกรดเกลือเข้มข้น 5% แช่นาน 5 นาทีพบว่าสีผิวสวยกว่าเมื่อใช้กรดเกลืออย่างเดียวและป้องกันโรคได้ดีขึ้น

2. การใช้ SMS 5% +HCl 1% นาน 5 นาที สามารถใช้ทดแทนการรมควันได้ให้ผลที่น่าพอใจช่วยแก้ไขปัญหาผลลำไยเปียกฝนหรือหมอกน้ำค้างช่วงฤดูหนาวสร้างปัญหาให้กับผู้ประกอบการในการรมควันเพื่อส่งออก ควรเป่าผลให้แห้งก่อนรม วิธีนี้พบว่า SO_2 ตกค้างในเนื้อต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดของประเทศจีน การแช่ต้องระวังการสลายของก๊าซ SO_2 ผู้ปฏิบัติงานต้องป้องกันใส่หน้ากากกันก๊าซ สร้างฝาครอบเครื่องแช่และอุปกรณ์สำหรับดูดควัน และให้ตะกร้าไหลในทางเดียวกัน สามารถซ้ำได้ค่าพีเอชไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก และมีเครื่องตรวจวัดก๊าซ SO_2 ขณะแช่ ต้นทุนการใช้ SMS 5.0 % ต่อลิตรเท่ากับ 2.50 บาท การแช่ซ้ำควรวัดควบคุมพีเอชสารละลายให้ใกล้เคียง 0.91-1.20 หากเพิ่มควรเติมกรดหรือ SMS อย่างใดอย่างหนึ่ง สารผสมหลังแช่เสร็จไม่ควรทิ้งเก็บไว้ในถังพักโดยควรใช้ได้อย่างน้อย 1 สัปดาห์ขึ้นไป และควรมีระบบกรองตะกอน การทิ้งให้ผสมโซดาไฟปรับพีเอชจนเป็นกลาง

- การแก้ไขปัญหาสาร SO_2 ตกค้างในลำไยส่งออกจากประเทศปลายทาง แต่ละพื้นที่สามารถแก้ไขโดยมีความร่วมมือที่ดีระหว่างกันและอาจเข้มงวดระบบการส่งออกให้มากขึ้นตั้งแต่ระบบ GAP GFP GMP รวมถึง HACCP การสุ่มตัวอย่างส่งออก และการแจ้งเตือน การบังคับใช้กฎหมายในบางระบบจะช่วยลดปัญหาได้

เอกสารอ้างอิง

ซิง ชิง ทองดี สมศักดิ์ ชัยมงคล สดศรี เนียมเปรม สัมพันธ์ ศรีสุริยวงษ์ มานัส แจ่มจำรูญ ศิริพงษ์ พัฒนวิบูลย์ อนวัช สุวรรณกุล ยุวดี รัตนไชย จิตตา ศาสตร์เพ็ชร และน้ำเพชร ชัยวิภา. 2540. เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. กรุงเทพ. 97 หน้า.

พรรณทิพา บุญอินทร์, กานดา หวังชัย, กอบเกียรติ แสงนิล และ จำนงค์ อุทัยบุตร. 2549. ผลของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลต่อสีเปลือกและคุณภาพของผลลำไยพันธุ์ดอระหว่างการเก็บรักษา. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*. 37(5 (Suppl.): 144-147.

สดศรี เนียมเปรม. 2547. โครงการวิจัยที่ ภ. 46-01 การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและระบบประกันคุณภาพผลิตผลพืชสวนเพื่อการส่งออก โครงการย่อยที่ 1 การยืดอายุเก็บรักษาและการรักษาสีผิวลิ้นจี่. สถาบันวิจัยวิทยาและเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 62 หน้า.

วิชชา สอาดสุด อุราภรณ์ สอาดสุด ปริญญา จันทรศรี และสาริณี ประสาทเขตต์กรณ์. 2546. กรรมวิธีหลังการเก็บเกี่ยวบนผลลำไยเพื่อทดแทนการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.phtnet.org/research/ViewResearch.asp?id=16

AOAC. 2005a. *Sulfites in Food Optimized Monier – Williams Methods*, Vol.2, Ch. 47, Official Method 990.28, Section 47.3.43. In Official Method of AOAC, 17th edition.

A.O.A.C. 2005b. *AOAC Offical Method 942.15 Acidity (Titratable) of Fruit Products*. Revision 2, 2007. Ed.: William H. and George W.L., Jr. Published by AOAC International Suite 500, USA, 18th edition.

Drinnan, J. 2004. Longans postharvest handling and storage. Available [online] http: // www.rirde. qov.au /reports /NPP / 03-125 Sum.html [2 Nov, 2008].

FDA. 1979. Hydrochloric acid. http://www.accessdata.fda.gov/scripts/fcn/fcnDetail Navigation.cfm

Joas, J., Y. Caro, M.N. Ducamp and M. Reynes. 2005. Postharvest control of pericarp browning of litchi fruits (Litchi chinensis Sonn cv. Kwai Mi) by treatment with chitosan and organic acids I. Effect of pH and pericarp dehydration. *Postharvest Biol. Technol*. 38: 128-136.

Jiang, Y. M., D. C. Zhang and S. Ketsa. 2002. Postharvest Biology and Handling of Longan (*Dimorcarpus longan* Lour.) fruits. *Postharvest Biol.Technol*. 26: 241-252.

Jiang, Y.M. and Y.B. Li. 2001. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan. *Food Chemistry*. 73, 139-143.

Kirk RS & Sawyer R. 1991. Pearson's Composition and Analysis of Foods, 9th Ed. Longman Scientific and Technical: Harlow, UK.

Lichter, A., Dvir O, Rot I, Akerman M, Regev R, Wiesblum A, Fallik E, Zauberman G and Fuchs Y. 2000. Hot water brushing: an alternative method to SO_2 fumigation for color retention of litchi fruits. *Postharvest Biol. Technol*. 18: 235-244.

Lawless, H.T., and H. Heymann. 1998. *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*. Chapman and Hall. New York. 848 pp.

Tongdee, S.C. 1994. Sulfur dioxide fumigation in postharvest handling of fresh longan and lychee for export. pp. 186-195. *In: Postharvest Handling of Tropical Fruit. ACIAR Proceedings, vol. 50*, Chang Mai, Thailand, July 19–23, 1993.

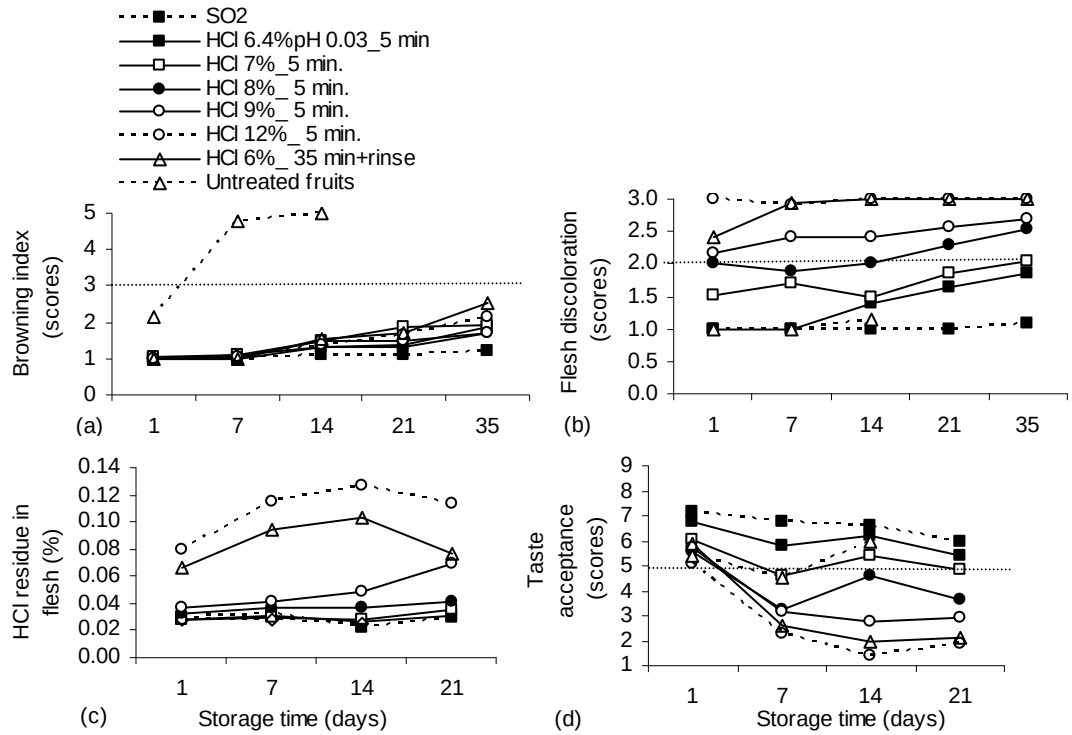


Figure 1. Effects of dipping in HCl 6.4, 7, 8, 9 and 12% for 5 min on browning index (a), flesh discoloration (b), HCl residue in flesh (c) and flesh taste acceptance (d) of fresh longan during storage at 3 ˚C, 85% RH (dot line represented limit of acceptance).

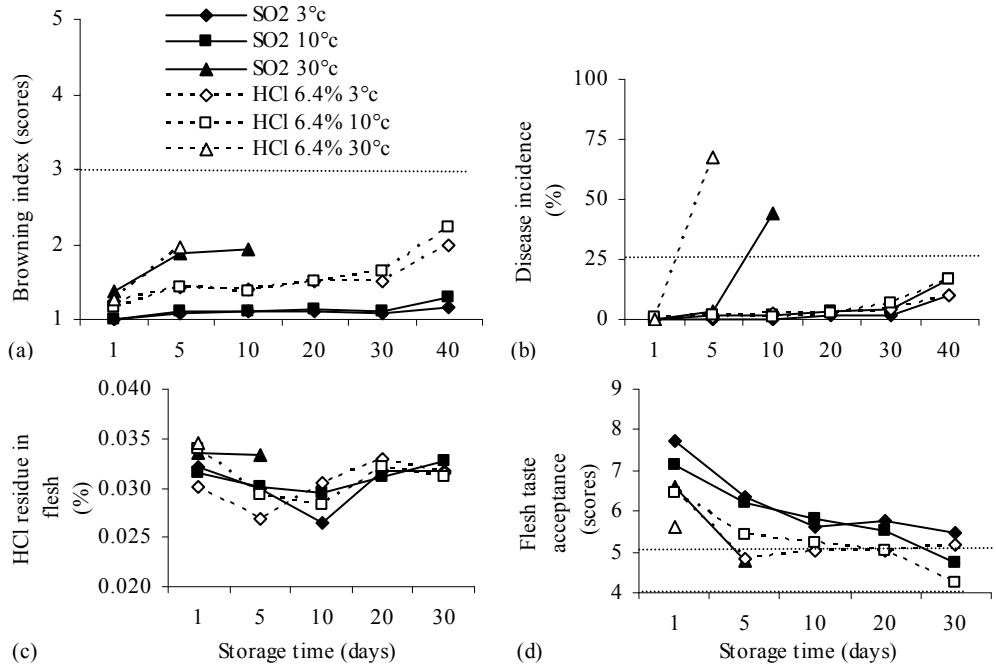


Figure 2. Effects of HCl 6.4% (pH 0.03) for 5 min on browning index (a), disease incidence (b), HCl residue in flesh (c) and flesh taste acceptance (d) of fresh longan during storage at 3, 10 and 30 °C, 85% RH (dot line represented limit of acceptance).



Figure 3. Model of original HCl dipping machine (a) and 10 meters in length, (b) staff demonstrated carefully during pouring HCl into plastic container, protected him with glove in hand, covered nose with mask and using lectric fan help (c) and HCl dipping machine made by stainless steel (d). Fruit appearance after dipped HCl 6.4% for 5 min before transportation (a) and arrived at Singapore (b) and compared between 4 treatments at 1st day during storage at 5°C for 20 days.

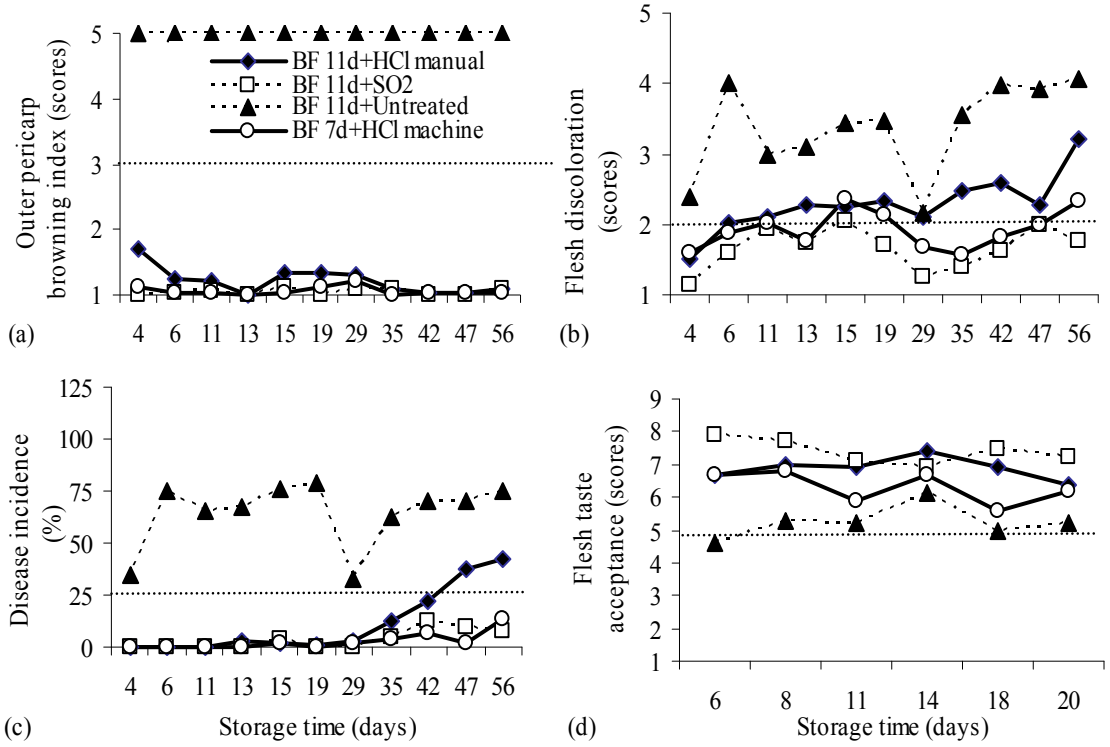


Figure 4. Effects of HCl dipping on fruit quality change in outer pericarp browning (a), flesh discoloration (b), disease incidence (c) and flesh taste acceptance (d) during storage at 5 °C, 85-90% relative humidity (RH) for 56 days. BF= before storage, (T1-T3; dipping date was 8th Jul, 2013, BF 11d+56 d = 67 days) and (T4; dipping date was 12th Jul, 2013, BF 7d+56 d = 63 days). Dot line represents limit of acceptance.

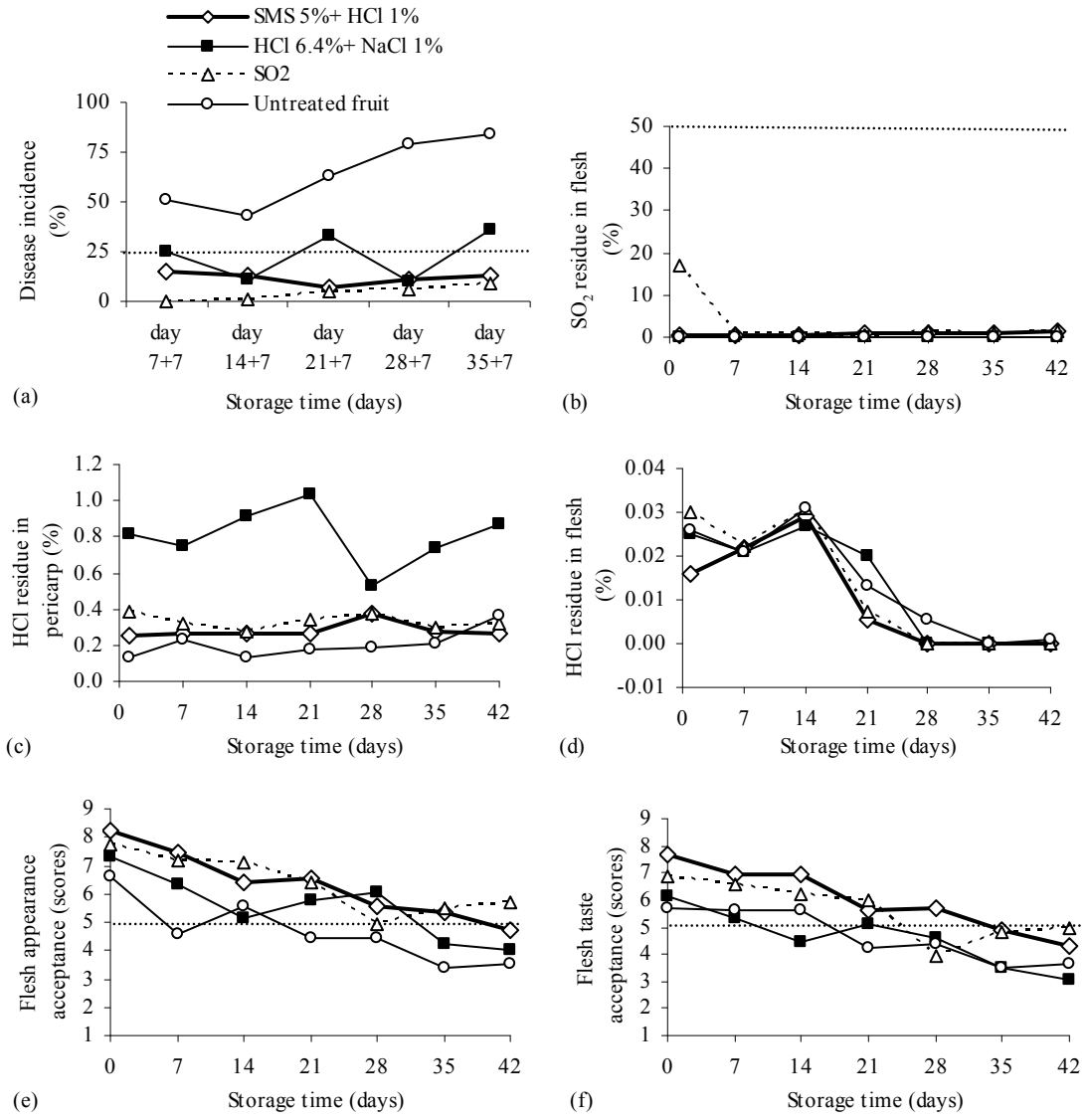


Figure 5. Effects of HCl+SMS dipping on fruit quality change in disease incidence (a), SO_2 residue in flesh (b), HCl residue in pericarp (c), HCl residue in flesh (d), flesh appearance acceptance (e) and flesh taste acceptance (f) during storage at 5 °C, 85-90% relative humidity (RH) for 42 days. Disease incidence percentage during simulated display for sale for 7 days at room temperature after taken from cold storage at 5 °C. Dot line represents limit of acceptance.

โครงการรณรงค์ปล่อยแตนเบียน *Anagyrus lopezi* เพื่อควบคุมเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพู

Released of the Insect Parasitoid *(Anagyrus lopezi*) to Control Pink Cassava Mealybug (*Phenacoccus manihoti*)

อิสระ พุทธสิมมา [1] นฤทัย วรสถิตย์ [2] สมศักดิ์ ทองศรี [3] เพียงเพ็ญ ศรวัต [1] ชยันต์ ภักดีไทย[1]
สุกิจ รัตนศรีวงษ์ [4] แคทลิยา เอกอุ่น [5] สุพรรณณี เป็งคำ [6] พิสิทธ์ ประทุมชาติ [1]
Issara Buddhasimma [1] Naruatai Worasatit [2] Somsak Thongsri [3] Peangpen Sarawat [1] Chayan Pakdeethai[1]
Sukit Rattanasriwong [4] Kathaliya Eak-un [5] Supannee Pengkhum [6] Pisit Pratumchat [1]

ABSTRACT

The propaganda project of releasing insect parasitoid *Anagyrus lopezi* to control pink cassava mealybug (Phenacoccus manihoti Matile and Ferrero), the pest of which seriously widespread and damaged cassava production in Thailand, was carried out. The project comprised of 3 procedures i.e. 1) Mass Rearing of *A. lopezi* 2) Developping map for *A. lopezi* releasing and evaluating its' efficacy 3) Releasing of *A. lopezi*. The parasitoid *A. lopezi* was cultured under insectary from July 2011 - April 2012 using mass production techniques which were designed and developed into two parts. There were 1) Mass Rearing of *A. lopezi* of DOA to control pink cassava mealybug for the entire country, 4 research centers of DOA were assigned for mass rearing of pink cassava mealybug whereas 28 centers conducted mass rearing of *A. lopezi*. With this 475 pumpkin fruits occupied with pink cassava mealybugs were delivered to those centers and 2,528,445 pairs of *A. lopezi* were successfully produced. 2) Development of mass rearing techniques for *A. lopezi* which yielding the techniques of mass rearing *A. lopezi* both on cassava plants and pumpkin fruits. A map of 1,152 grids (5x5 kilometers each) of which having at least 2,500 rai of cassava planting area, was developed. The 330,506 pairs of parasitoid were released in 1,152 grids area for 3 consecutive times during November-December 2011. We found that pink cassava mealybug collected from planting areas after the third released of parasitoids, were parasitized by 24.58 to 49.81%. Moreover, the continued releasing until March 2012 with 1,142,615 pairs of parasitoids, covered 45 provinces of cassava planting areas resulted in the reduction of

[1] ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น
[2] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3
[3] สถาบันวิจัยพืชไร่
[4] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา
[5] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์
[6] ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง

mealybug outbreak in April - May 2012 up to 92.56%. The outbreak area was only 32,000 rai compared to 430,000 rai in the year 2011, or 0.39% of total planting area of 8,250,000 rai. It minimized cassava yield loss by at least 860,000 tons which worth over 2,150 million baht. The success of this project is the result of bringing the knowledge of entomology, information technology and management in use together with a corporate man power from government and private sectors. The achievement gained from the project was the success control in broad and time with an environment friendly mean while save cost for government and farmers.

Key words : *Anagyrus lopezi, Phenacoccus manihoti* Matile and Ferrero, ArcView 3.2a

บทคัดย่อ

รณรงค์ปล่อยแตนเบียน *Anagyrus lopezi* เพื่อควบคุมเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพู (*Phenacoccus manihoti* Matile and Ferrero) ที่ระบาดทำความเสียหายในแหล่งปลูกมันสำปะหลังทั่วประเทศ โดยดำเนินงาน 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การผลิตและขยายแตนเบียนเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพู 2) การจัดทำแผนที่ปล่อยแตนเบียนและประเมินประสิทธิภาพการควบคุมเพลี้ยแป้ง และ 3) การปล่อยแตนเบียนเพื่อควบคุมเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพู โดยเลี้ยงขยายแตนเบียนระหว่างเดือนกรกฎาคม 2554 - เมษายน 2555 มีการพัฒนาเทคนิคและวิธีการผลิตและขยายแตนเบียน 2 รูปแบบ คือ 1) การผลิตและขยายแตนเบียนของกรมวิชาการเกษตร เพื่อใช้ในการควบคุมเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพูทั้งประเทศ โดยมีการกำหนดให้หน่วยงานที่มีความพร้อม 4 หน่วยงานผลิตแม่พันธุ์เพลี้ยแป้ง และส่งมอบผลฟักทองที่มีแม่พันธุ์เพลี้ยแป้งจำนวน 475 ผลให้ 28 หน่วยงานนำไปผลิตแตนเบียน ได้ 2,528,445 คู่ และ 2) การพัฒนาเทคนิคและวิธีการผลิตและขยายแตนเบียน ในหน่วยงานของกรมวิชาการเกษตร จนได้เทคนิคและวิธีการเลี้ยงขยายเพลี้ยแป้งและแตนเบียนบนต้นมันสำปะหลังและผลฟักทอง จัดทำแผนที่ปล่อยแตนเบียน จากการวิเคราะห์และแบ่งกลุ่มความหนาแน่นของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง แบ่งพื้นที่เป็น grids ขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร ที่มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังไม่น้อยกว่า 2,500 ไร่ ได้ 1,152 grids ปล่อยแตนเบียนใน grid ที่กำหนด จำนวน 3 ครั้ง ช่วงเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม 2554 ใช้แตนเบียน 330,506 คู่ พบว่าเพลี้ยแป้งในแปลงที่มีการปล่อยแตนเบียน 3 ครั้ง มีการเบียนร้อยละ 24.58-49.81 และเมื่อมีการปล่อยแตนเบียนต่อเนื่องถึงเดือนมีนาคม 2555 จำนวน 1,142,615 คู่ ครอบคลุมพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังมากกว่า 1,152 grids หรือ ครอบคลุม 45 จังหวัด การระบาดของเพลี้ยแป้งในเดือนเมษายน-พฤษภาคม 2555 ลดลงร้อยละ 92.56 (เหลือพื้นที่ระบาด 32,000 ไร่) เมื่อเทียบกับปี 2554 ที่มีพื้นที่ระบาด 430,000 ไร่ หรือคิดเป็นพื้นที่การระบาดทั้งประเทศเพียงร้อยละ 0.39 (พื้นที่ปลูก 8,250,000 ไร่) ลดความเสียหายของผลผลิตได้มากกว่า 860,000 ตัน คิดเป็นมูลค่าไม่ต่ำกว่า 2,150 ล้านบาท ความสำเร็จของโครงการเป็นผลจากการนำองค์ความรู้ด้านกีฏวิทยา สารสนเทศ และการจัดการเป็นเครื่องมือดำเนินงานร่วมกับการบูรณาการบุคลากรทั้งจากหน่วยงานภาครัฐ และเอกชน ทำให้สามารถควบคุมการระบาด

ได้ผลในระดับกว้าง ทันเหตุการณ์ และเป็นวิธีการที่มิตรต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยลดงบประมาณสำหรับการผลิตแตนเบียน และสารฆ่าแมลงของหน่วยงานภาครัฐ รวมทั้งลดค่าใช้จ่ายสารฆ่าแมลงของเกษตรกร

คำหลัก : แตนเบียน *Anagyrus lopezi,* การควบคุมเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพู

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีการผลิตอยู่ในหลายภูมิภาคของประเทศ ในปี 2553 มีพื้นที่ปลูก 7.56 ล้านไร่ ผลผลิต 25.03 ล้านตัน ลดลงจากปี 2552 ที่มีพื้นที่ปลูก 8.58 ล้านไร่ ผลผลิต 30.09 ล้านตัน ในอดีตการปลูกมันสำปะหลังของไทยไม่พบปัญหาศัตรูพืชรบกวน แต่เมื่อปลายปี 2551- ปี 2552 มีรายงานพบเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพู (*Phenacoccus manihoti* Matile and Ferrero) ซึ่งเป็นชนิดที่ทำความเสียหายรุนแรงให้กับการผลิตมันสำปะหลังในแอฟริกา และอเมริกาใต้ (Cox & Williams, 1981 อ้างจาก อัมพร, 2553) ระบาดในประเทศ ทำให้ผลผลิตลดลงร้อยละ 26 และในเดือนมีนาคม 2553 มีพื้นที่การระบาด 1,100,00 ไร่ การระบาดของเพลี้ยแป้งนอกจากทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังลดลง ยังทำให้หัวมันที่ได้มีคุณภาพต่ำ มีปริมาณแป้งลดลง และทำให้ขาดแคลนท่อนพันธุ์สำหรับใช้ปลูก และยังส่งผลกระทบต่อภาคอุตสาหกรรมและการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง คิดเป็นมูลค่า 51,337 ล้านบาทในปีการผลิต 2552 และ 33,797 ล้านบาทในช่วงเดือนมกราคม-พฤษภาคม 2553

เดือนกันยายน 2552 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช นำแตนเบียน *Anagyrus lopezi* จากสาธารณรัฐเบนิน ซึ่งมีรายงานว่าสามารถควบคุมเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพูได้ (Neuenschwander, 2001) มาศึกษาทางชีววิทยา ทดสอบความปลอดภัย และศึกษาประสิทธิภาพเพื่อใช้ควบคุมเพลี้ยแป้งที่ระบาดในประเทศไทย พบว่า แตนเบียน *A. lopezi* มีความเฉพาะเจาะจงต่อแมลงอาศัยสูง ทำลายเฉพาะเพลี้ยแป้งสีชมพู *P. manihoti* เท่านั้น และสามารถควบคุมเพลี้ยแป้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปี 2553 กรมวิชาการเกษตรมีการผลิตพ่อแม่พันธุ์แตนเบียนเพื่อให้หน่วยราชการและเอกชนนำไปใช้ในการเลี้ยงขยายและปล่อยในแหล่งที่มีการระบาดของเพลี้ยแป้ง มีการติดตามประเมินประสิทธิภาพการควบคุมเพลี้ยแป้ง พบปัญหาที่สำคัญคือ การควบคุมได้ผลดีแต่ทำได้ในพื้นที่จำกัด เนื่องจากหน่วยงานผลิตแตนเบียนเริ่มผลิตได้ในช่วงเดือนมกราคม 2554 ซึ่งเป็นช่วงที่มีการระบาดของเพลี้ยแป้งเป็นจำนวนมาก และจำนวนแตนเบียนที่ได้ไม่มากพอ ทำให้จำนวนจุดที่ปล่อยแตนเบียนมีน้อย การควบคุมจึงทำได้เฉพาะบางจุด ไม่เป็นวงกว้าง จึงยังพบการระบาดของเพลี้ยแป้งสีชมพูในแปลงเกษตรกรในพื้นที่หลายจังหวัด แนวคิดการแก้ปัญหาจึงต้องเร่งดำเนินการผลิตแตนเบียนให้ได้จำนวนมากพอ เพื่อปล่อยในช่วงที่เริ่มมีการระบาดของเพลี้ยแป้งน้อย ในช่วงเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม 2554 โดยการปล่อยแตนเบียนให้กระจายครอบคลุมพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง อย่างน้อย 1,000 จุด แต่ละจุดสามารถควบคุมเพลี้ยแป้งในรัศมี 2 กิโลเมตร หรือ ประมาณ 7,800 ไร่ รวมพื้นที่ประมาณ 7,800,000 ไร่ ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งประเทศ ดังนั้นเพื่อให้สามารถดำเนินการปล่อยแตนเบียนได้ในช่วงเวลาดังกล่าว จึงต้องมีการวางแผนและเริ่มดำเนินการผลิตแตนเบียนตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2554 เป็นต้นไป โดยมีการดำเนินการที่สำคัญคือ **เร่งผลิตขยายเพลี้ยแป้งเพื่อเป็น**

อาหารแตนเบียนให้ได้เป็นจำนวนมากในช่วงเดือนสิงหาคม-กันยายน 2554 จากนั้นจึงทำการผลิตขยายแตนเบียนให้ได้ในช่วงเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม 2554 และจัดทำแผนที่จุดปล่อยแตนเบียนจากการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศสนับสนุนการปล่อยในแปลงเกษตรกรให้มีการกระจายทั้งประเทศ เพื่อให้ควบคุมเพลี้ยแป้งก่อนที่จะมีการระบาดมากในแปลงเกษตรกร

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การผลิตและขยายแตนเบียนเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังชนิดสีชมพู

1.1 การผลิตและขยายแตนเบียนฯ ของกรมวิชาการเกษตร ประชุมหน่วยงาน เพื่อวางแผนผลิต โดยกำหนดหน่วยงานผลิตแม่พันธุ์เพลี้ยแป้งฯ ในช่วงเดือนสิงหาคม-กันยายน 2554 เพื่อส่งมอบให้หน่วยงานผลิตแตนเบียนในเดือนตุลาคม 2554 และขยายแตนเบียนฯ ในเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม 2554 ดังรายละเอียดใน Figure 1

1.2 การพัฒนาเทคนิคและวิธีการผลิตและขยายแตนเบียนฯ

1) ศึกษา เรียนรู้ พัฒนาเทคนิคและวิธีการเพาะเลี้ยงแตนเบียน
2) จัดเตรียมสถานที่ โรงเรือน และอุปกรณ์
3) การเลี้ยงขยายเพลี้ยแป้ง แตนเบียน และการจัดเก็บ

2. การจัดทำแผนที่ปล่อยแตนเบียนและประเมินประสิทธิภาพการควบคุมเพลี้ยแป้ง

2.1 นำข้อมูลดิจิตอลพื้นที่ปลูกมันฯ ขอบเขตการปกครอง และพื้นที่สี่เหลี่ยม (Grid) ขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร (15,625 ไร่) ซ้อนทับในโปรแกรม ArcView GIS 3.2a

2.2 วิเคราะห์ข้อมูลและแบ่งกลุ่มพื้นที่ปลูกมันฯใน grid ตามความหนาแน่นของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังต่อ grid

2.3 จัดทำแผนที่ปล่อยแตนเบียนและประเมินประสิทธิภาพการควบคุมเพลี้ยแป้ง ในโปรแกรม Google Earth และ Arc View GIS 3.2a จากนั้นจัดพิมพ์เป็นแผนที่ grid โดยเลือก grid ที่มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังมากกว่า 2,500 ไร่ และส่งมอบให้หน่วยงานที่รับผิดชอบในการปล่อยและประเมินประสิทธิภาพการควบคุมเพลี้ยแป้ง

3. การปล่อยแตนเบียนเพื่อควบคุมเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังชนิดสีชมพู

3.1 ปล่อยแตนเบียนตาม grids ให้ครอบคลุมพื้นที่ก่อนการระบาดของเพลี้ยแป้ง เมื่อได้แผนที่ grids ปล่อยแตนเบียน จัดประชุมคณะทำงานกรมวิชาการเกษตรและกรมส่งเสริมการเกษตร เพื่อกำหนดจุดและเวลาปล่อยแตนเบียน ทำการปล่อยแตนเบียนครั้งที่ 1 ในช่วงกลางหรือปลายเดือนพฤศจิกายน และปล่อยครั้งที่ 2 และ 3 ในเดือนธันวาคม ห่างกัน ครั้งละ 2-3 สัปดาห์ อัตรา 100-400 คู่/ grid

3.2 ปล่อยเมื่อพบการระบาดของเพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง สำรวจการระบาดของเพลี้ยแป้ง ถ้าพบการระบาดมาก ให้เกษตรกรหักยอดที่มีเพลี้ยแป้งมากออกเผาทำลาย เพื่อลดจำนวนเพลี้ยแป้งในแปลงเกษตรกรก่อน จากนั้นปล่อยแตนเบียนจำนวน 50-100 คู่/ไร่

4. การประเมินประสิทธิภาพการควบคุมเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังชนิดสีชมพูโดยแตนเบียน

4.1 การประเมินผลการควบคุมและประสิทธิภาพการควบคุมเพลี้ยแป้ง ใน grids ที่ปล่อยแตนเบียน

-การประเมินการควบคุม โดยสุ่มสำรวจจำนวนเพลี้ยแป้งก่อนและหลังปล่อยแตนเบียน 3 ครั้ง สุ่มเลือกพื้นที่ปล่อยแตนเบียน จำนวน 3 แปลง ในจังหวัดกาฬสินธุ์ ตรวจนับระดับการทำลายของเพลี้ยแป้งจากยอด ใบ และลำต้น ก่อนปล่อยและหลังปล่อย 3 สัปดาห์ แปลงละ 50 ต้น

-ประเมินผลประสิทธิภาพการควบคุมเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพู โดยสุ่มหักยอดมันสำปะหลังที่มีการทำลายของเพลี้ยแป้ง จำนวน 10 ยอดต่อแปลง ตรวจนับจำนวนเพลี้ยแป้งที่ถูกเบียนด้วยแตนเบียน ก่อนปล่อยแตนเบียนครั้งที่ 1 และหลังปล่อยแตนเบียนครั้งที่ 3 นาน 3 สัปดาห์

4.2 ประเมินการปล่อยในพื้นที่หลังการปล่อยตาม grids หรือเมื่อพบการระบาด รวบรวมข้อมูลการระบาดของเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังชนิดสีชมพูจากกรมวิชาการเกษตรและกรมส่งเสริมการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การผลิตและขยายแตนเบียนเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังชนิดสีชมพู

1.1 การผลิตและขยายแตนเบียนฯ ของกรมวิชาการเกษตร

1.1.1) การผลิตแม่พันธุ์เพลี้ยแป้งบนฟักทองเพื่อส่งมอบให้หน่วยงานขยายแตนเบียน มีการส่งมอบผลฟักทองที่มีแม่พันธุ์เพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพู เพื่อเป็นสนับสนุนหน่วยงานในกรมฯ รวมจำนวน 475 ผล (Table 1) ดังนี้

- ศวร.ขอนแก่น ส่งมอบแม่พันธุ์เพลี้ยฯ ให้ 18 หน่วยงาน จำนวน 272 ผล
- ศวร.ระยอง ส่งมอบแม่พันธุ์เพลี้ยฯ ให้ 2 หน่วยงาน จำนวน 50 ผล
- ศวพ.นครราชสีมา ส่งมอบแม่พันธุ์เพลี้ยฯ ให้ 4 หน่วยงาน จำนวน 44 ผล
- ศวพ.กาฬสินธุ์ ส่งมอบแม่พันธุ์เพลี้ยฯ ให้ 9 หน่วยงาน จำนวน 109 ผล

1.1.2) ผลการดำเนินการผลิตแตนเบียนของกรมวิชาการเกษตร จากแผนการผลิตแตนเบียน จำนวน 2,300,000 คู่ มีหน่วยงานที่รับผิดชอบในการผลิตจำนวน 29 หน่วยงาน สามารถผลิตแตนเบียนได้จำนวน 2,528,445 คู่ แต่ละหน่วยงานมีผลการผลิตแตนเบียน (Table 2) ดังนี้

- สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 ผลิตแตนเบียน โดย ศวพ.สุโขทัย และ ศวพ.เพชรบูรณ์ ผลิตแตนเบียนได้ จำนวน 38,400 คู่
- สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ผลิตแตนเบียน โดย ศวพ.สกลนคร ศวพ.กาฬสินธุ์ ศวพ.เลย ศวพ.มุกดาหาร และศวพ.อุดรธานี ศวพ.ขอนแก่น และ ศวพ.หนองคาย ผลิตแตนเบียนได้ จำนวน 308,170 คู่
- สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 ผลิตแตนเบียน โดย ศวพ.ร้อยเอ็ด ศวพ.มหาสารคาม ศวพ.นครราชสีมา ศวพ.บุรีรัมย์ ศวพ.สุรินทร์ ศวพ.อำนาจเจริญ และ ศพก.ภูสิงห์ และศวพ.โนนสูง ผลิตแตนเบียนได้ จำนวน 1,010,688 คู่

- สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 ผลิตแตนเบียน โดย ศวพ.สุพรรณบุรี ศวพ. ลพบุรี และ ศวพ.กาญจนบุรี ผลิตแตนเบียนได้จำนวน 327,055 คู่

- สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 ผลิตแตนเบียน โดย ศวพ.ปราจีนบุรี และ ศวพ. จันทบุรี ผลิตแตนเบียนได้ จำนวน 74,400 คู่

- สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนผลิตแตนเบียน โดย ศวร.ขอนแก่น ศวร.ระยอง ศวร. อุบลราชธานี ศวร.ชัยนาท และ ศวร.นครสวรรค์ ผลิตแตนเบียนได้ จำนวน 905,532 คู่

ทั้ง 29 หน่วยงานผลิตแตนเบียนได้ทั้งหมด จำนวน 2,528,445 คู่ มากกว่าเป้าหมายการผลิต 228,445 คู่

1.2 การพัฒนาเทคนิคและวิธีการผลิตและขยายแตนเบียน

1.2.1 ได้รูปแบบการผลิตและขยายแตนเบียนเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังชนิดสีชมพูของ กรมวิชาการเกษตร คือ การแบ่งหน้าที่การผลิตเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1) กลุ่มผลิตแม่พันธุ์เพลี้ยแป้งฯ เพื่อนำไปขยายเป็นอาหารแตนเบียน มี 4 หน่วยงานที่มีความพร้อมของอุปกรณ์ สถานที่ และบุคคลากร ทำหน้าที่ขยายแม่พันธุ์เพลี้ยแป้งในผลฟักทอง ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม 2554 ซึ่งเป็นช่วงที่การเลี้ยงแม่พันธุ์เพลี้ยแป้งทำได้ยาก เนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต สำหรับเตรียมแม่พันธุ์ให้หน่วยผลิตแตนเบียน มีกำหนดส่งมอบในช่วงเดือนกันยายน-ตุลาคม 2554

2) กลุ่มผลิตขยายแตนเบียน *A. lopezi* มี 28 หน่วยงาน โดยเตรียมปลูกมันสำปะหลังและอุปกรณ์ต่างๆ ในเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม 2554 จากนั้น นำแม่พันธุ์เพลี้ยแป้งที่เลี้ยงบนผลฟักทองจากหน่วยงานผลิตแม่พันธุ์เพลี้ยแป้งฯ มาขยายต่อบนต้นมันสำปะหลังที่อายุ 45-60 วัน นาน 2-3 สัปดาห์ ก่อนจะนำแม่พันธุ์แตนเบียนมาปล่อยเพื่อผลิตขยายแตนเบียนในเดือนตุลาคม 2554 และเริ่มจัดเก็บแตนเบียนได้ในช่วงเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม 2554

1.2.2 เทคนิคและวิธีการผลิตและขยายแตนเบียน ในหน่วยงานกรมวิชาการเกษตร

1) การผลิตแม่พันธุ์เพลี้ยแป้งเพื่อเป็นอาหารแตนเบียน

1.1) ผลิตบนต้นมันสำปะหลัง

1.1.1) การเตรียมต้นมันสำปะหลัง ปลูกมันสำปะหลังในถุงดำ ขนาด 5x9 นิ้ว ใช้ท่อนพันธุ์ถุงละ 2 ท่อน เพื่อเป็นอาหารเพลี้ยแป้ง ดูแลรักษาต้นมันสำปะหลังโดยการให้น้ำ ใส่ปุ๋ย สำรวจและป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดอื่น เช่น ไรแดง

1.1.2) การขยายเพลี้ยแป้งบนต้นมันสำปะหลัง

วิธีที่ 1 นำเพลี้ยแป้งมาเลี้ยงขยายบนต้นมันสำปะหลัง อายุ 45-90 วัน โดยวางกลุ่มไข่หรือตัวเต็มวัยเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพูบนยอด ใบ และลำต้นมันสำปะหลัง ปล่อยให้ไข่ฟัก และตัวอ่อนเพลี้ยแป้งเจริญเติบโตถึงวัยที่ 3 (21-45 วัน) จากนั้นนำเพลี้ยแป้งที่ได้ขยายบนต้นมันสำปะหลังหรือผลฟักทอง

วิธีที่ 2 นำเพลี้ยแป้งจากผลฟักทองขยายบนต้นมันสำปะหลัง โดยนำผลฟักทองที่มีเพลี้ยแป้งแขวน หรือวางบนต้นมันสำปะหลัง ปล่อยให้เพลี้ยแป้งเคลื่อนย้ายไปที่ต้นมัน นานประมาณ 1 สัปดาห์

1.2) ผลิตบนผลฟักทอง มี 2 วิธี ได้แก่

วิธีที่ 1 ขยายเพลี้ยแป้งจากใบมันสำปะหลังไปยังผลฟักทอง นำใบมันสำปะหลังที่มีเพลี้ยแป้งวัย 3-4 วางบนลูกฟักทองที่สะอาด ขนาดประมาณ 1.5 - 2.0 กิโลกรัม มีสีเขียว ไม่อ่อนหรือแก่เกินไป ล้างให้สะอาด และผึ่งให้แห้ง หากบริเวณผิวของลูกฟักทองมีรอยแผล ให้ใช้แอลกอฮอล์ 70% เช็ดบริเวณแผล เพื่อป้องกันเชื้อรา จากนั้นเลี้ยงขยายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 26-28 องศาเซลเซียส นาน 1 สัปดาห์ จากนั้น 1-2 สัปดาห์เพลี้ยแป้งจะวางไข่และฟักออกเป็นตัวเป็นวัย 1-2

วิธีที่ 2 ขยายเพลี้ยแป้งจากผลฟักทองไปยังผลฟักทอง นำผลฟักทองที่สะอาดวางบนกรงที่เพาะเลี้ยงเพลี้ยแป้งจากต้นมันสำปะหลังหรือฟักทอง ประมาณ 3-5 วัน เพลี้ยแป้งที่ฟักออกจากไข่เป็นวัย 1-2 มีพฤติกรรมในการเดินขึ้นที่สูง จะเดินขึ้นมาเกาะผลฟักทอง นำผลฟักทองที่มีเพลี้ยแป้งวัย 1-2 เกาะจำนวนมากไปเลี้ยงขยายในห้องควบคุมอุณหภูมิ นาน 4-5 สัปดาห์ เพลี้ยแป้งจะวางไข่และฟักออกเป็นตัวเป็นวัย 1-2 เมื่อสัปดาห์ที่ 5-6

2) การเลี้ยงขยายแตนเบียน (*A. lopezi*) บนต้นมันสำปะหลัง แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การเลี้ยงขยายเพลี้ยแป้ง 2) การเลี้ยงขยายแตนเบียน และ 3) การจัดเก็บแตนเบียน (Figure 2)

2.1) การเลี้ยงขยายเพลี้ยแป้ง บนต้นมันสำปะหลัง หลังจากปลูกต้นมันสำปะหลังนาน 45-60 วัน นำแม่พันธุ์เพลี้ยแป้งมาเลี้ยงขยายบนต้นมันสำปะหลัง นาน 21-30 วัน จากนั้นย้ายต้นมันที่มีเพลี้ยแป้งวัย 3-4 กระจายบนต้นมันสำปะหลังเป็นจำนวนมาก ไว้ในกรงเลี้ยงขยายแตนเบียน ขนาด 1.5x2.0x1.8 เมตร วางต้นมันสำปะหลัง จำนวน 80 ต้น ปล่อยให้ปรับตัว 7 วัน

2.2) การเลี้ยงขยายแตนเบียน บนต้นมันสำปะหลัง เมื่อต้นมันสำปะหลังมีเพลี้ยแป้งวัย 3-4 จำนวนมาก ทำการปล่อยพ่อ-แม่พันธุ์แตนเบียน จำนวน 400 คู่ต่อกรง หรือ 5 คู่/ต้น เพื่อให้แตนเบียนเพศเมียวางไข่ในเพลี้ยแป้ง เมื่อแตนเบียนวางไข่แล้วจะเจริญเติบโตในตัวเพลี้ยแป้ง เป็นระยะไข่ ระยะตัวอ่อน ระยะพักเข้าดักแด้และเข้าดักแด้ (มัมมี่) ซึ่งใช้เวลาประมาณ 14-30 (ฤดูหนาวใช้เวลามากกว่า 20 วัน ฤดูร้อน 12-15 วัน)

2.3) การจัดเก็บแตนเบียน หลังจากแตนเบียนวางไข่ในตัวเพลี้ยแป้งนาน 14-30 วัน พบแตนเบียนเจาะออกจากมัมมี่ บินออกมาภายนอก เกาะที่กรงเลี้ยง ให้ใช้อุปกรณ์ดูดแมลง (เครื่องดูดแมลงขนาด 10 วัตต์) ดูดเก็บแตนเบียน บรรจุ จำนวน 100 -110 ตัว หรือ ประมาณ 50 คู่ ใส่ขวดพลาสติกขนาด 2 ออนซ์ ที่ปิดด้วยโพลีเอสเตอร์ สปันบอนด์ พร้อมให้น้ำผึ้งบริสุทธิ์ และติดคำแนะนำการใช้ที่ข้างขวด จากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ในการเก็บแตนเบียนต่อกรง สามารถจัดเก็บได้นาน 3-8 สัปดาห์ และจัดเก็บได้มากที่สุดในช่วงสัปดาห์ที่ 1-3 โดยจำนวนแตนเบียนที่ได้ขึ้นกับจำนวนเพลี้ยแป้งบนต้นมันสำปะหลัง

2. การจัดทำแผนที่ปล่อยแตนเบียนและประเมินประสิทธิภาพการควบคุมเพลี้ยแป้ง

ได้แผนที่ Grids พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง จำนวน 1,152 grids (Figure 3) ใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกพื้นที่ กำหนดจุดปล่อยแตนเบียนและประเมินประสิทธิภาพการควบคุมเพลี้ยแป้งในช่วงเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม 1-3 ครั้ง ใน 38 จังหวัด ครอบคลุมพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง

5,813,496 ไร่ ซึ่งในแต่ละจังหวัดข้อมูลของแผนที่ได้ระบุจุดและจำนวนแตนเบียนที่ปล่อย มีการส่งมอบแผนที่ให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในเดือนตุลาคม 2554 (Figure 3) ดังนี้

1) ปล่อยแตนเบียน 100 คู่ ใน grid ที่มีพื้นที่ปลูกมันฯ 2,500-4,000 ไร่ จำนวน 496 grids
2) ปล่อยแตนเบียน 200 คู่ ใน grid ที่มีพื้นที่ปลูกมันฯ 4,001-8,000 ไร่ จำนวน 515 grids
3) ปล่อยแตนเบียน 300 คู่ ใน grid ที่มีพื้นที่ปลูกมันฯ 8,001-12,000 ไร่ จำนวน 118 grids
4) ปล่อยแตนเบียน 400 คู่ ใน grid ที่มีพื้นที่ปลูกมันฯมากกว่า 12,500 ไร่ จำนวน 23 grids

3. การปล่อยแตนเบียนเพื่อควบคุมเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังชนิดสีชมพู

3.1 การปล่อยตาม grids ในส่วนของกรมวิชาการเกษตร มีการปล่อยแตนเบียนครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 3-30 พฤศจิกายน 2554 ตาม grids ที่กำหนดไว้ ในพื้นที่เขตรับผิดชอบของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2-6 โดยปล่อยแตนเบียนจำนวน 100-400 คู่ต่อ grid จำนวน 894 grids 330,506 คู่ (Table 3) ดังนี้

-สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 ปล่อยแตนเบียนในพื้นที่ 97 grids จำนวน 20,900 คู่
-สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ปล่อยแตนเบียนในพื้นที่ 199 grids จำนวน 67,000 คู่
-สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 ปล่อยแตนเบียนในพื้นที่ 270 grids จำนวน 85,906 คู่
-สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 ปล่อยแตนเบียนในพื้นที่ 67 grids จำนวน 17,300 คู่
-สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 ปล่อยแตนเบียนในพื้นที่ 261 grids จำนวน 139,400 คู่

จากนั้นมีการบูรณาการปล่อยแตนเบียนระหว่างกรมวิชาการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร มูลนิธิมันสำปะหลังแห่งประเทศไทย สมาคมโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (Figure 4) ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2554 -มีนาคม 2555 จำนวน แตนเบียนมากกว่า 4 ล้านคู่ ครอบคลุมพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งประเทศ (45 จังหวัด) และครอบคลุมพื้นที่มากกว่า 1,152 grid

3.2 การปล่อยในแปลงเกษตรกรเมื่อพบเพลี้ยแป้งระบาดหลังการปล่อยตาม grids

- ส่งมอบให้กรมส่งเสริมการเกษตรปล่อยในพื้นที่ระบาด จำนวน 736,949 คู่
- ปล่อยในพื้นที่ปลูกของเกษตรกร จำนวน 1,142,615 คู่ ครอบคลุมพื้นที่ 45 จังหวัด จำนวน 1,152 grids แต่ละ grid ปล่อย 3 ครั้ง โดยไม่ซ้ำจุดเดิม โดยกรมวิชาการเกษตรร่วมกับกรมส่งเสริมการเกษตรปล่อยแตนเบียนพร้อมกันตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน 2554

4. การประเมินประสิทธิภาพการควบคุมเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังชนิดสีชมพูโดยแตนเบียน

4.1 ประเมินผลการควบคุมและประสิทธิภาพการควบคุมเพลี้ยแป้ง ใน grids ที่ปล่อยแตนเบียน

การควบคุมเพลี้ยแป้ง จากการศึกษาการปล่อยแตนเบียนในแปลงปลูกมันสำปะหลัง จำนวน 27 grids จังหวัดกาฬสินธุ์ ครอบคลุมพื้นที่ปลูก 5 อำเภอ คิดเป็นพื้นที่ 99,546 ไร่ จำนวน 3 ครั้งๆ ละ 3,500 คู่ รวมทั้งสิ้น 10,500 คู่ โดยปล่อยที่ 1 เมื่อ วันที่ 28-29 พฤศจิกายน 2554 ครั้งที่ 2 วันที่ 19-20 ธันวาคม 2554 ครั้งที่ 3 วันที่ 9-10 มกราคม 2555 พบว่า

ก่อนปล่อยแตนเบียน พบเพลี้ยแป้ง ในระดับ 1 ร้อยละ 12-16 ระดับ 2 ร้อยละ 4-10 และระดับ 4 ร้อยละ 0-2 แต่ไม่พบแตนเบียน *A. lopezi*

หลังการปล่อยครั้งที่ 1 พบเพลี้ยแป้งในระดับความหนาแน่น ระดับ 1 ร้อยละ 6-14 ระดับ 2 ร้อยละ 2-4 และระดับ 3 ร้อยละ 0-2 แต่ไม่พบในระดับ 4 และ 5 ส่วนแตนเบียน *A. lopezi* พบ ร้อยละ 4-12

หลังการปล่อยครั้งที่ 2 พบเพลี้ยแป้ง ระดับ 1 ร้อยละ 10-16 ระดับ 2 ร้อยละ 0-2 และระดับ 3 ร้อยละ 0-2 แต่ไม่พบในระดับ 4 และ 5 ส่วนแตนเบียน *A. lopezi* พบร้อยละ 2-8

หลังการปล่อยครั้งที่ 3 พบเพลี้ยแป้ง ระดับ 1 ร้อยละ 10-12 ระดับ 2 ร้อยละ 0-2 ไม่พบในระดับ 3, 4 และ5 และ ส่วนแตนเบียน *A. lopezi* พบ ร้อยละ 2-10

ประสิทธิภาพการควบคุมเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพู

พบว่า หลังปล่อยแตนเบียนครั้งที่ 1 มีร้อยละการเบียน 2.72-10.48 หลังปล่อยครั้งที่ 2 การเบียนเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.37-25.80 และหลังปล่อยครั้งที่ 3 ร้อยละ 24.58-49.81 แสดงว่าแตนเบียนชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพู

4.2 ประเมินการปล่อยในพื้นที่หลังการปล่อยตาม grid หรือเมื่อพบการระบาด

ผลการปล่อยแตนเบียน *A. lopezi* เพื่อควบคุมการระบาดของเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพู ปี 2554/2555 สามารถควบคุมการระบาดของเพลี้ยแป้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ การระบาดของเพลี้ยแป้งในเดือนเมษายน-พฤษภาคม 2555 ลดลงร้อยละ 92.56 (32,000 ไร่) เมื่อเทียบกับปี 2554 (430,000 ไร่) หรือคิดเป็นพื้นที่การระบาดทั้งประเทศร้อยละ 0.39 (พื้นที่ปลูก 8,250,000 ไร่) (Figure 5) ลดความเสียหายของผลผลิตได้ไม่น้อยกว่า 860,000 ตัน คิดเป็นมูลค่ามากกว่า 2,150 ล้านบาท

สรุปผลการทดลอง

การรณรงค์ปล่อยแตนเบียน *A. lopezi* เพื่อควบคุมเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพู เป็นการนำผลเทคโนโลยีเรื่องการนำเข้าแตนเบียน *A. lopezi* เพื่อควบคุมเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพูจากงานวิจัยของ อัมพร (2553) หลักการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชโดยมโนชัย (2528) และการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี (พิมลพร, 2534) มาวางแผนการดำเนินงาน เริ่มจากการวิเคราะห์ชนิดของเพลี้ยแป้ง การระบาด พฤติกรรม และช่วงเวลาการระบาด พบชนิดที่สำคัญ คือ เพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพู เริ่มพบการระบาดตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน-เมษายน โดยระบาดมากช่วงเดือนมกราคม-มีนาคม จากนั้นเลือกวิธีการป้องกันกำจัดโดยใช้แตนเบียน *A. lopezi* มาควบคุม มีการประยุกต์เทคโนโลยีสารสนเทศ นำโปรแกรม GIS และ Google Earth มาใช้กำหนดพื้นที่ปล่อยแตนเบียน โดยการปล่อยในช่วงเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม 2554 กระจายในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังครอบคลุมทั้งประเทศ ก่อนที่เพลี้ยแป้งระบาดมาก ผลการดำเนินงานได้รูปแบบการผลิตและขยายแตนเบียนฯ ของกรมวิชาการเกษตร เพื่อใช้ในการควบคุมเพลี้ยแป้งมันสะปะหลังสีชมพูทั้งประเทศ ที่มีการแบ่งหน่วยงานผลิตแม่พันธุ์เพลี้ยแป้งและหน่วยงานผลิตแตนเบียน และได้พัฒนาเทคนิคและวิธีการเลี้ยงขยายเพลี้ยแป้งและแตนเบียน *A. lopezi* บนต้นมันสำปะหลังและผลฟักทองให้ได้ปริมาณตามระยะเวลาที่ต้องการ

มีการปล่อยแตนเบียนในพื้นที่ Grids ครอบคลุมพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 5,813,496 ไร่ โดยใช้แตนเบียน 330,506 คู่ ในเดือนพฤศจิกายน 2554 เนื่องจากแตนเบียนมีความเจาะจงสูง เข้าทำลายและ

ขยายพันธุ์เฉพาะเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังชนิดสีชมพูเท่านั้น และสามารถหาอาหารได้ไกลมากกว่า 2 กิโลเมตร เมื่อแตนเบียนมีการเบียนเพลี้ยแป้งในแปลงปลูกของเกษตรกรจะเป็นการสร้างโรงงานผลิตแตนเบียนในแปลงปลูกมันสำปะหลังด้วย จากผลดำเนินงานพบว่าเพลี้ยแป้งที่เก็บมาจากแปลงมันสำปะหลังหลังการปล่อยแตนเบียน 3 ครั้ง มีการเบียนร้อยละ 24.58-49.81 การระบาดของเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพูในเดือนเมษายน-พฤษภาคม 2555 ลดลงร้อยละ 92.56 (เหลือพื้นที่ระบาด 32,000 ไร่) เมื่อเทียบกับปี 2554 ที่มีพื้นที่ระบาด 430,000 ไร่ หรือคิดเป็นพื้นที่ระบาดร้อยละ 0.39 (พื้นที่ปลูก 8,250,000 ไร่) ลดความเสียหายของผลผลิตได้ไม่น้อยกว่า 860,000 ตัน คิดเป็นมูลค่ามากกว่า 2,150 ล้านบาท เป็นการควบคุมที่ได้ผลมีประสิทธิภาพและประหยัดงบประมาณ เป็นการนำเอาองค์ความรู้ด้านกีฏวิทยา สารสนเทศ และการจัดการมาเป็นเครื่องมือดำเนินงานร่วมกับการบูรณาการบุคลากรทั้งจากหน่วยงานภาครัฐ และเอกชน ทำให้สามารถควบคุมการระบาดได้ผลในระดับกว้าง ทันเหตุการณ์ และเป็นวิธีการที่มิตรต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยลดงบประมาณสำหรับการผลิตแตนเบียน และสารฆ่าแมลงของหน่วยงานภาครัฐ รวมทั้งลดค่าใช้จ่ายสารฆ่าแมลงของเกษตรกร

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ดร.อัมพร วิโณทัย สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช ที่ให้ความอนุเคราะห์พ่อ-แม่พันธุ์แตนเบียนเพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง ขอขอบพระคุณ ท่านอดีตอธิบดีกรมวิชาการเกษตร (นายจิรากร โกศัยเสวี) ที่สนับสนุนโครงการนี้ รวมทั้งอธิบดีกรมวิชาการเกษตร(นายดำรงค์ จิระสุทัศน์) อดีตผู้อำนวยการและผู้อำนวยการสถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน(นายเทวา เมาลานนท์ และ ดร.ธงชัย ตั้งเปรมศรี) อดีตผู้อำนวยการศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น (ดร.เพียงเพ็ญ ศรวัต) ที่ช่วยให้ข้อแนะนำในการดำเนินงานจนบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ และขอขอบคุณ ดร.สุพัตรา ดลโสภณ นายวินัย ศรวัต นางสาวพัชรินทร์ แหลมคม นางสายชล แสนแก้ว และนางสาวหัทยา พรมโต ที่ให้ความรู้และคำแนะนำในการเลี้ยงขยายแตนเบียน และขอขอบคุณท่านผู้อำนวยการและทีมงานผลิตขยาย และปล่อยแตนเบียนจากศูนย์วิจัยพืชไร่และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

มโนชัย กีรติกสิกร. 2528. หลักการป้องกันกำจัดศัตรูพืช. หน้า 4-13. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พิมลพร นันทะ. 2534. การควบคุมแมลงศัตรูโดยชีววิธี (biological Control of Insect Pest). หน้า 1-34. ใน :เอกสารวิชาการ การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี.กรมวิชาการเกษตร.

อัมพร วิโนทัย ประภัสสร เชยคำแหง รจนา ไวยเจริญ ชลิดา อุณหวุฒิ อิสระ พุทธสิมมา วัชรินทร์ แหลมคม และ เถลิงศักดิ์ วีระวุฒิ. 2553. หน้า 21-35. ใน : ผลงานวิจัยดีเด่นและผลงานวิจัยที่เสนอเข้าร่วมพิจารณาเป็นผลงานวิจัยดีเด่น ประจำปี 2553. กรมวิชาการเกษตร.

Neuenschwander, P. 2001. Biological Control of the Cassava Mealybug in Africa: A Review. Biological Control 21, 214–229.

Table 1. Number of pumkin fruits with parental mealybug which delivered to the research centers of DOA.

Research centers of DOA which provide parental mealybug on pumkin fruits	**Research centers of DOA which** conduct mass rearing of *A. lopezi*	**No. of pumkin fruits with parental mealybug**
1.Khon-Kaen FCRC[1/]	1.1 Mahasarakham ARDC[2/]	8
	1.2 Sakonnakhon ARDC[2/]	10
	1.3 Udontani ARDC[2/]	20
	1.4 Petchabun ARDC[2/]	20
	1.5 Sukhothai ARDC[2/]	24
	1.6 Nakhonratchasima ARDC[2/]	15
	1.7 Amnatjarean ARDC[2/]	5
	1.8 Roiet ARDC[2/]	5
	1.9 Supanburi ARDC[2/]	5
	1.10 Nakhonsawan FCRC[1/]	10
	1.11.Rayong FCRC[1/]	15
	1.12 Chainat FCRC[1/]	20
	1.13 Ubonrathchatani FCRC[1/]	20
	1.14 Mukdahan ARDC[2/]	20
	1.15 Lei ARDC[2/]	30
	1.16 Khon kean ARDC[2/]	20
	1.17 OARD[3/] 4	20
	1.18 Nonsung ARDC[2/]	5
	Total	**272**
2.Rayong FCRC[1/]	2.1 Pracheenburi ARDC[2//]	20
	2.2 Chunburi ARDC[2/]	30
	Total	**50**
3.Nakonrathchasima ARDC[2/]	3.1 Loiet ARDC[2/]	4
	3.2 Phusing ARDC[2/]	4
	3.3 Surin ARDC[2/]	12
	3.4 Lopburi ARDC[2/]	24
	Total	**44**
4.Kalasin ARDC[2/]	4.1 Lopburi ARDC[2/]	2
	4.2 Nakhonrathchasima ARDC[2/]	5
	4.3 Aayong FCRC[1/]	5
	4.4 Udontani ARDC[2/]	2
	4.5 Sakonnakhon ARDC[2/]	10
	4.6 Burirum ARDC[2/]	20
	4.7 Mahasarakham ARDC[2/]	20
	4.8 Nongkhai ARDC[2/]	20
	4.9 Mukdahan ARDC[2/]	25
	Total	**109**
	Total number	**475**

FCRC[1/] **= Field Crops Research Center** ARDC[2/] = Agricultural Research and Development Center

OARD[3/] = Office of Agricultural Research and Development Center

Table 2. Expected and achieved numbers of *A. lopezi* from mass rearing

Organization of DOA	Mass rearing of *A. lopezi* (pairs)	
	Expect No.	**Rearing No.**
OARD[1/] 2	50,000	38,400
OARD[1/] 3	185,000	308,170
OARD[1/] 4	730,000	1,010,688
OARD[1/] 5	320,000	327,055
OARD[1/] 6	70,000	74,400
Field Crops Research Institue	945,000	905,532
Total	**2,300,000**	**2,528,445**

OARD[1/] = Office of Agricultural Research and Development Center

Table 3. Number of *A. lopezi* released to cassava growing areas to control pink cassava mealybug during 3-30 November 2011

Organization of DOA		Provinces	Area (Rai)	Grids no.	Released no. *A. lopezi* (pairs)	Organization for released *A. lopezi*
OARD[3] 2	1	Pithsanooklok	59,087	-	-	-
	2	Petchabun	27,418	7	1,000	Petchabun ARDC[2/]
	3	Sukothai	13,417	4	500	Sukothai ARDC[2/]
	4	Uttharadit	9,786	7	2,000	Sukothai ARDC[2/]
	5	Kampangpet	550,583	79	17,400	DOAE
		Total		**97**	**20,900**	
OARD[3] 3	1	Kalasin	99,546	27	13,500	Kalasin ARDC[2/]
	2	Khonkaen	45,684	18	5,700	Khonkaen **FCRC**[1/] & ARDC[2/]
	3	Chaiyaphum	374,144	73	25,800	Chaiyaphum ARDC[2/]
	4	Mookdahan	62,117	15	5,000	Mookdahan ARDC[2/]
	5	Lei	74,773	14	5,000	Lei ARDC[2/]
	6	Sakonnakhon	20,280	15	1,700	Sakonnakhon ARDC[2/]
	7	Nongkai	13,988	5	2,700	Nongkai ARDC[2/]
	8	Nongbeulumpu	67,820	17	4,600	สวพ.3
	9	Udontani	48,599	15	3,000	Udontani ARDC[2/]
		Total		**199**	**67,000**	

Table 3. Number of *A. lopezi* released to cassava growing areas to control pink cassava mealybug during 3-30 November 2011

Organization of DOA		Provinces	Area (Rai)	Grids no.	Released no. *A. lopezi* (pairs)	Organization for released *A. lopezi*
OARD[3] 4	1	Nakonrathchasima	1,566,717	200	43,956	Nakonrathchasima ARDC[2/]
	2	Burirum	274,790	15	4,600	Burirum ARDC[2/]
	3	Mahasarakham	27,788	9	5,100	Mahasarakham ARDC[2/]
	4	Yasothon	17,907	5	6,800	Amnatcharean ARDC[2/]
	5	Roiet	21,677	7	1,600	Roiet ARDC[2/]
	6	Srisaket	34,284	10	1,400	Pusing ARDC[2/]
	7	Surin	6,194	2	600	Surin ARDC[2/]
	8	Amnatcharean	19,601	3	4,900	Amnatcharean ARDC[2/]
	9	Ubonratchatani	58,041	19	16,950	OARD[3] 4& Ubonratchatani FCRC[1]
		Total		**270**	**85,906**	
OARD[3] 5	1	Kanchanaburi	385,853	14	3,100	Kanchanaburi ARDC[2/]
	2	Chainat	40,928	8	2,600	Chainat FCRC[1]
	3	Nakonsawan	263,629	1	200	Nakonsawan FCRC[1]
	4	Rathchaburi	43,165	7	1,200	Rathchaburi ARDC[2/]
	5	Lopburi	56,946	8	1,700	Lopburi ARDC[2/]
	6	Saraburi	56,471	6	1,700	Lopburi ARDC[2/]
	7	Supanburi	30,364	6	1,000	Supanburi ARDC[2/]
	8	Utthaitani	168,536	17	5,800	OARD[3] 5&Supanburi ARDC[2/]
		Total		**67**	**17,300**	
OARD[3] 6	1	Chanburi	150,291	38	12,000	OARD[3]6
	2	Chacheangchao	229,854	13	1,300	OARD[3] 6
	3	Chonburi	172,802	45	14,900	DOAE Chonburi
	4	Pracheenburi	159,310	40	11,800	Pracheenburi ARDC[2/]
	5	Rayong	79,099	25	72,700	Rayong FCRC[1]
	6	Sakaew	482,007	100	26,700	DOAE Chonburi
		Total		261	139,400	
		Total number	**5,813,496**	**894**	**330,506**	

FCRC[1/] = Field Crops Research Center ARDC[2/] = Agricultural Research and Development Center

OARD[3/] = Office of Agricultural Research and Development Center

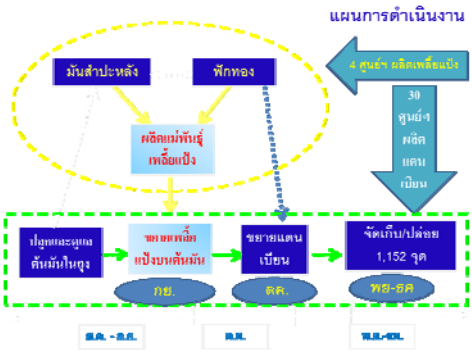


Figure 1. Plan for mass rearing of *A. lopezi* of DOA.

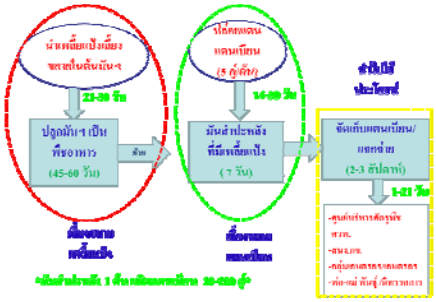


Figure 2. The techniques and methods of mass rearing *A. lopezi* on cassava plants.

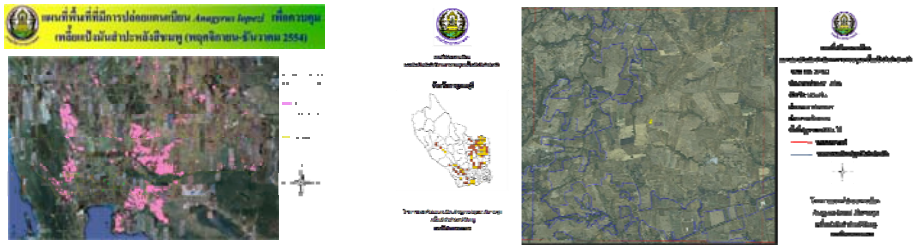


Figure 3. Grids map, a decision support tool for releasing of *A. lopezi*.



Figure 4. Release of *A. lopezi* in cassava planted area in November 2011.



Figure 5. The outbreak of cassava mealybug in 2009-2013.

อ้อยพันธุ์อู่ทอง 12

Sugarcane Variety : U-Thong 12

อดิศักดิ์ คำนวณศิลป์[1] วัลลิภา สุชาโต[1] สุนี ศรีสิงห์[1] อรรถสิทธิ์ บุญธรรม[1]
อุดมศักดิ์ ดวนมีสุข[1] วาสนา วันดี[1] สำราญ พ่วงสกุล[1] จารินี จันทร์คำ[1]
ปัญญา พุกสุ่น[2] อุดม เลียบวัน[1] วัฒเนศักดิ์ ชมพูนิช[1]
Adisak Kamnuansilp[1] Wanlipa Suchato[1] Sunee Srisink[1] Attrasith Boontham[1]
Udomsak Duanmeesuk[1] Vasana Wandee[1] Samran Puangsakul[1] Charinee Jankham[1]
Panya Pooksoon[2] Udom Leabwon[1] Watanasak Chumpoonich[1]

ABSTRACT

Sugarcane variety U-thong 12 (02-2-477) was a cross from Suphanburi 80 and U-Thong 3. The hybridization was carried out at Suphan Buri field crops research center in 2002. The first and second selections were done during 2003-2004. After that, clone evaluations were done during 2004-2009. Field trials were conducted in Kanchanaburi, Suphan Buri and Phetchaburi. U-thong 12 gave average yield of 16.92 ton/rai in irrigated area, 19% higher than K84-200 which gave 14.18 ton/rai. For sugar yield, U-thong 12 gave average sugar yield of 2.40 ton CCS/rai which was 17% higher than K84-200 (2.06 ton CCS/rai). U-thong 12 is recommended to plant in irrigated area. It is moderately resistant to smut and red rot wilt. U-thong 12 is released from Department of Agriculture on 18st June 2013. At present, it is popular among the cane farmers and planted more than 10,000 rai in Nakornsawan, Kampaengphet, Tak, Phitsanulok, Sukhothai, Suphan Buri and Kanchanaburi.

Key words: sugarcane, breeding, evaluation, yield

บทคัดย่อ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกน้ำตาลอันดับที่ 2 ของโลกรองจากประเทศบราซิล ทำรายได้เข้าประเทศปีละมากกว่า 100,000 ล้านบาท โดยผลผลิตอ้อยในปี 2555/2556 สูงถึง 100 ล้านตัน ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นส่วนหนึ่งมาจากพันธุ์อ้อยที่ดี ซึ่งในโครงการปรับปรุงพันธุ์อ้อยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้พันธุ์อ้อยที่ให้ผลผลิตน้ำหนักและผลผลิตน้ำตาลเฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ K 84-200 และอู่ทอง 3 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 และต้านทานโรคเหี่ยวเน่าแดง

[1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี จ.สุพรรณบุรี
[2] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 จ.ชัยนาท

อ้อยพันธุ์อู่ทอง 12 (02-2-477) เป็นลูกผสมของพันธุ์แม่สุพรรณบุรี 80 (ผลผลิตสูงโตเร็ว หวานช้าต้านทานโรคเหี่ยวเน่าแดงปานกลาง เป็นลูกผสมของ 85-2-352 กับ K 84-200) กับพันธุ์พ่ออู่ทอง 3 (ผลผลิตสูง หวาน ไม่ต้านทานโรคเหี่ยวเน่าแดง เป็นลูกผสมของอู่ทอง 1 กับอู่ทอง 2) ผสมข้ามพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรีในปี 2545 ได้ลูกอ้อย 172 ต้นปี 2546 ทำการคัดเลือกครั้งที่ 1 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ได้อ้อย 32โคลน ปี 2547 ทำการคัดเลือกครั้งที่ 2 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ได้อ้อย 4 โคลนปี 2549 – 2550 เปรียบเทียบเบื้องต้นพันธุ์อ้อยที่มีอ้อยทดลอง 43โคลน ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ปี 2549 – 2552 เปรียบเทียบมาตรฐานพันธุ์อ้อยมีอ้อยทดลอง 16 โคลน ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ชัยนาท และระยอง ปี 2550 – 2552 เปรียบเทียบในไร่เกษตรกรที่ไร่เกษตรกรอำเภอหนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี อำเภอบ่อพลอย อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี และอำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี

อ้อยพันธุ์อู่ทอง 12 ให้ผลผลิตน้ำหนักในเขตชลประทานเฉลี่ย 16.92 ตัน/ไร่ สูงกว่าพันธุ์ K 84-200 (14.18 ตัน/ไร่) ร้อยละ 19 สูงกว่าพันธุ์อู่ทอง 3 (14.11 ตัน/ไร่) ร้อยละ 20 และผลผลิตน้ำตาลเฉลี่ย 2.40 ตันซีซีเอส/ไร่ สูงกว่าพันธุ์ K 84-200 (2.06 ตันซีซีเอส/ไร่) ร้อยละ 17 สูงกว่าพันธุ์อู่ทอง 3 (1.94 ตันซีซีเอส/ไร่) ร้อยละ 24 ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเน่าแดงและโรคแส้ดำปานกลาง เกษตรกรควรปลูกอ้อยพันธุ์อู่ทอง 12 ในเขตชลประทาน อ้อยพันธุ์นี้ได้รับรองพันธุ์พืชขึ้นทะเบียนตามพระราชบัญญัติพันธุ์พืช พ.ศ. 2518 จากกรมวิชาการเกษตรเมื่อวันที่ 18 มิถุนายน 2556 ปัจจุบันอ้อยพันธุ์อู่ทอง 12 ได้รับความสนใจจากโรงงานน้ำตาลและเกษตรกรเครือข่าย โดยมีการปลูกนับหมื่นไร่ในเขตจังหวัดนครสวรรค์ กำแพงเพชร ตาก พิษณุโลก สุโขทัย สุพรรณบุรี และกาญจนบุรี

คำหลัก: อ้อย ปรับปรุงพันธุ์ ประเมินผล ผลผลิต

คำนำ

อ้อยเป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญของประเทศไทย ประเทศไทยผลิตอ้อยเป็นอันดับ 4 ของโลก เป็นผู้ส่งออกน้ำตาลอันดับ 2 ของโลกรองจากบราซิล สร้างรายได้ทั้งจากการจำหน่ายภายในประเทศและส่งออกปีละกว่า 200,000 ล้านบาท ปี 2554/55 มีพื้นที่ปลูกอ้อยทั่วประเทศ 8.998 ล้านไร่ เป็นพื้นที่ส่งโรงงาน 8.307 ล้านไร่ มีปริมาณอ้อยทั้งหมด 100.002 ล้านตัน ผลผลิตเฉลี่ย 12.44 ตัน/ไร่ คุณภาพความหวานอ้อยอ้อยที่ระดับ 11.64 ซีซีเอส ประสิทธิภาพการสกัดน้ำตาล 100.26 กิโลกรัมน้ำตาล/ตันอ้อย มีโรงงานเปิดหีบ 51 แห่ง ปริมาณอ้อยที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากมีพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้น โดยมีการปรับเปลี่ยนพื้นที่นาดอนมาปลูกอ้อย จากแนวโน้มราคาในช่วงปี 2551-2555 ราคาน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ในปี 2556 อยู่ที่ 950 บาท/ตันอ้อย ที่ความหวาน 10 ซีซีเอส และกู้เงินมาสมทบค่าอ้อยอีกตันละ 160 บาท รวมเป็น 1,110 บาท/ตันอ้อย (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2555)

โดยทั่วไปเกษตรกรจะชอบปลูกอ้อยลำใหญ่ ตั้งตรง ล้มยาก ไม่ออกดอก พันธุ์อ้อยจะเหมาะสมในแต่ละท้องถิ่น และแต่ละพันธุ์เกษตรกรสามารถปลูกได้ 6-10 ปี หลังจากนั้นศักยภาพใน

การให้ผลผลิตจะลดลง เพราะโรคและแมลงที่ทำลายอ้อยสะสมมากขึ้น การใช้พันธุ์อ้อยที่เหมาะสมในเฉพาะพื้นที่จะเป็นการเพิ่มผลผลิตได้ งานวิจัยและพัฒนาพันธุ์อ้อยจึงมีความจำเป็นต้องปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้พันธุ์อ้อยที่เหมาะสมในแต่ละแปลงปลูกในภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกและภาคตะวันตก

วัตถุประสงค์

เพื่อให้ได้พันธุ์อ้อยที่ให้ผลผลิตน้ำหนักและผลผลิตน้ำตาลสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ K84-200 และอู่ทอง 3 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 และมีความหวานไม่ต่ำกว่า 12 ซีซีเอส และต้านทานโรคเหี่ยวเน่าแดงปานกลาง เหมาะสำหรับปลูกในเขตชลประทาน

อุปกรณ์และวิธีการ

อ้อยอู่ทอง 12 เป็นอ้อยที่คัดเลือกได้จากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์แม่สุพรรณบุรี 80 (ให้ผลผลิตสูง โตเร็ว หวานช้า ต้านทานโรคเหี่ยวเน่าแดงปานกลาง เป็นลูกผสมของ 85-2-352 กับ K 84-200) กับพันธุ์พ่ออู่ทอง 3 (ให้ผลผลิตสูง หวาน ไม่ต้านทานโรคเหี่ยวเน่าแดง เป็นลูกผสมของอู่ทอง 1 กับอู่ทอง 2) ผสมข้ามพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ในปี 2545 ได้ลูกอ้อย 172 โคลน

ปี 2546 คัดเลือกครั้งที่ 1 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ได้อ้อย 32 โคลน

ปี 2547 คัดเลือกครั้งที่ 2 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ได้อ้อย 4 โคลน ที่ได้จากคู่ผสมระหว่างพันธุ์แม่สุพรรณบุรี 80 กับพันธุ์พ่ออู่ทอง 3 มีพันธุ์ K84-200 และอู่ทอง 3 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ

ปี 2549–2550 เปรียบเทียบเบื้องต้นพันธุ์อ้อย มีอ้อยทดลอง 43โคลน มีพันธุ์ K 84-200 และอู่ทอง 3 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี มีระยะปลูก 1.30 x 0.5 เมตร มีขนาดแปลงทดลองย่อย 5.2 x 6 เมตร ปลูกหลุมละ 1 ท่อน ๆ ละ 3 ตา แล้วกลบด้วยดินบาง ๆ ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 จำนวน 2 ครั้ง ครั้งละ 50 กก./ไร่ ในอ้อยปลูก ส่วนในอ้อยตอ 1 ใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง ๆ ละ 75 กก./ไร่ เก็บเกี่ยว 2 แถวกลาง มีพื้นที่เก็บเกี่ยว 15.6 ตารางเมตร

ปี 2549–2552 เปรียบเทียบมาตรฐานพันธุ์อ้อย มีอ้อยทดลอง 16 โคลน มีพันธุ์ K84-200 และอู่ทอง 3 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาทและศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง มีระยะระหว่างร่อง 1.30 เมตร ปลูกแบบวางลำเดี่ยวอย่างต่อเนื่อง แล้วตัดลำละ 3 - 4 ท่อน แล้วกลบด้วยดินบาง ๆ มีขนาดแปลงทดลองย่อย 5.2 x 8 เมตรเก็บเกี่ยว 2 แถวกลาง มีพื้นที่เก็บเกี่ยว 20.8 ตารางเมตร

ปี 2550–2552 เปรียบเทียบในไร่เกษตรกร พันธุ์อ้อยเพื่อผลผลิตและคุณภาพ มีอ้อยทดลอง 8 โคลน มีพันธุ์ K84-200 และอู่ทอง 3 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบที่ไร่เกษตรกร อ.หนองหญ้าไซ จ.สุพรรณบุรี อ.ท่ามะกา อ.บ่อพลอย จ.กาญจนบุรี อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี มีระยะระหว่างร่อง 1.30 เมตร ปลูกแบบวางลำเดียวอย่างต่อเนื่องแล้วตัดลำละ 3 - 4 ท่อน แล้วกลบด้วยดินบาง ๆ มีขนาดแปลงทดลองย่อย 6.5 x 8 เมตร เก็บเกี่ยว 3 แถวกลาง มีพื้นที่เก็บเกี่ยว 31.2 ตารางเมตร

ปี 2552 ศึกษาการเข้าทำลายของโรคแส้ดำ

ปี 2552 ศึกษาการเข้าทำลายของโรคเหี่ยวเน่าแดง

ปี 2553 ศึกษาการเข้าทำลายของหนอนกออ้อยและศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยเคมี

ปี 2556 ได้รับรองพันธุ์พืชขึ้นทะเบียนตามพระราชบัญญัติพันธุ์พืช พ.ศ. 2518 จากกรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

การผสมพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์

อ้อยอู่ทอง 12 คัดได้จากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์แม่สุพรรณบุรี 80 กับพันธุ์พ่อ อู่ทอง 3 ได้ลูกอ้อย 172 โคลน ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ในปี 2545 ทำการคัดเลือกครั้งที่ 1 ได้อ้อย 32 โคลน ในปี 2546 และทำการคัดเลือกครั้งที่ 2 ได้อ้อย 4 โคลน ในปี 2547 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี

การเปรียบเทียบเบื้องต้น

ปี 2549-2550 ทำการเปรียบเทียบเบื้องต้น ในอ้อยปลูก อ้อยตอ 1 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี 2 แปลงทดลอง อ้อยอู่ทอง 12 ผลผลิตน้ำหนักเฉลี่ย 18.68 ตัน/ไร่ สูงกว่าพันธุ์ K84-200 (12.88 ตัน/ไร่) ร้อยละ 45 และสูงกว่าพันธุ์อู่ทอง 3 (17.23 ตัน/ไร่) ร้อยละ 8 ความหวานเฉลี่ย 13.10 ซีซีเอส ขณะที่พันธุ์ K84-200 และอู่ทอง 3 ความหวานเฉลี่ย 14.64 และ 14.16 ซีซีเอส ตามลำดับ ส่วนผลผลิตน้ำตาลเฉลี่ย 2.42 ตันซีซีเอส/ไร่ สูงกว่าพันธุ์ K84-200 (1.91 ตันซีซีเอส/ไร่) ร้อยละ 27 ขณะที่พันธุ์อู่ทอง 3 ผลผลิตน้ำตาลเฉลี่ย 2.44 ตันซีซีเอส/ไร่ (Table 1)

การเปรียบเทียบมาตรฐาน

ปี 2549-2552 ทำการเปรียบเทียบมาตรฐานพันธุ์อ้อยในอ้อยปลูก อ้อยตอ 1 และอ้อยตอ 2 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาทและศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง 9 แปลงทดลอง มีอ้อยทดลอง 16 โคลน พันธุ์ K84-200 และอู่ทอง 3 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ อ้อยอู่ทอง 12 ผลผลิตน้ำหนักเฉลี่ย 13.81 ตัน/ไร่ สูงกว่าพันธุ์ K84-200 (12.21 ตัน/ไร่) ร้อยละ 13 สูงกว่าพันธุ์อู่ทอง 3 (10.24 ตัน/ไร่) ร้อยละ 35 ความหวานเฉลี่ย 14.53 ซีซีเอส ขณะที่พันธุ์ K84-200 และอู่ทอง 3 ความหวานเฉลี่ย 14.90 และ 14.80 ซีซีเอส ตามลำดับ สำหรับผลผลิตน้ำตาลเฉลี่ย 2.01 ตันซีซีเอส/ไร่ สูงกว่าพันธุ์ K84-200 (1.82 ตันซีซีเอส/ไร่) ร้อยละ 10 และสูงกว่าพันธุ์อู่ทอง 3 (1.52 ตันซีซีเอส/ไร่) ร้อยละ 32 (Table 2)

การเปรียบเทียบในไร่เกษตรกร

ปี 2550 - 2552 ทำการเปรียบเทียบพันธุ์อ้อยในไร่เกษตรกร ที่ไร่เกษตรกร อ.หนองหญ้าไซ จ.สุพรรณบุรี อ.บ่อพลอย อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี 11 แปลงทดลอง ในอ้อยปลูก อ้อยตอ 1 อ้อยตอ 2 มีอ้อยทดลอง 8 โคลน พันธุ์ K84 – 200 และอู่ทอง 3 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบอ้อยอู่ทอง 12 ผลผลิตน้ำหนักเฉลี่ย 12.17 ตัน/ไร่ สูงกว่าพันธุ์ K84 - 200 (11.71 ตัน/ไร่) ร้อยละ 4 และสูงกว่าพันธุ์อู่ทอง 3 (10.58 ตัน/ไร่) ร้อยละ 15 ความหวานเฉลี่ย 14.17 ซีซีเอส ขณะที่พันธุ์ K84-200 และอู่ทอง 3 มีความหวานเฉลี่ย 13.21 และ 14.11 ซีซีเอส ตามลำดับ และผลผลิตน้ำตาลเฉลี่ย 1.73 ตัน ซีซีเอส/ไร่ สูง

กว่าพันธุ์ K84-200 (1.54 ตันซีซีเอส/ไร่) ร้อยละ 12 และสูงกว่าพันธุ์ อู่ทอง 3 (1.49 ตันซีซีเอส/ไร่) ร้อยละ 16 (Table 3)

Table 1. Yields, CCS and sugar yield of preliminary yield trial from plant cane and 1st ratoon cane at Suphan Buri Field Crops Research Center during 2006-2007

Varieties	Plantcane (1)	1st ratoon cane (1)	Average	Index	
				K84-200	U-Thong 3
Yield (ton/rai)					
U-Thong12	20.49 a	16.87 a	18.68 a	145	108
K84-200	11.72 b	14.04 a	12.88 b	100	-
U-Thong3	17.71 ab	16.75 a	17.23 a	-	100
CV (%)	18.22	13.14	8.55		
CCS					
U-Thong12	11.82 a	14.37 a	13.10 a	89	93
K84-200	13.36 a	15.92 a	14.64 a	100	-
U-Thong3	13.64 a	14.67 a	14.16 a	-	100
CV (%)	9.16	6.64	5.35		
Sugar yield (ton CCS/rai)					
U-Thong12	2.42	2.42	2.42	127	99
K84-200	1.57	2.24	1.91	100	-
U-Thong3	2.42	2.46	2.44	-	100

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at 5 % by DMRT

Sources : อุดม และคณะ (2549 ก , 2550 ก) อุดม และคณะ (2549 ข , 2550 ข , 2551 ก)
อุดม และคณะ (2550 ค , 2551 ข , 2552 ก) อุดม และคณะ (2550 ง , 2551 ค , 2552 ข)

NB ; Sugar yield $= \frac{\text{yield} \times \text{CCS}}{100}$ ( ) = number of trials

ลักษณะทางการเกษตรของอ้อยอู่ทอง 12

อ้อยอู่ทอง 12 มีจำนวนลำเฉลี่ย 4.57 ลำ/กอ ความสูงเฉลี่ย 235 ซม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำเฉลี่ย 2.91 ซม. จำนวนปล้อง 27 ปล้อง/ลำ ขณะที่พันธุ์ K84-200 มีจำนวนลำเฉลี่ย 4.13 ลำ/กอ ความสูงเฉลี่ย 233 ซม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำเฉลี่ย 2.95 ซม. จำนวนปล้องเฉลี่ย 22 ปล้อง/ลำ สำหรับพันธุ์อู่ทอง 3 มีจำนวนลำเฉลี่ย 4.75 ลำ/กอ ความสูงเฉลี่ย 216 ซม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำเฉลี่ย 2.85 ซม. จำนวนปล้อง 23 ปล้อง/ลำ (Table 5)

การศึกษาปฏิกิริยาของอ้อยอู่ทอง 12 ต่อโรคอ้อย

โรคแส้ดำ

ในการทดสอบปฏิกิริยาของพืชต่อโรคที่มีสาเหตุจากเชื้อรา *Ustilago scitaminea* ของอ้อยอู่ทอง 12 ทำการปลูกเชื้อโดยวิธี dipping (แช่ท่อนพันธุ์ในสารละลายสปอร์เข้มข้น 5 x 106 สปอร์/มล. นาน

1 ชั่วโมง บ่มไว้ 1 คืนก่อนปลูก ประเมินความต้านทานโดย smut rating scale (ให้คะแนนตามความต้านทาน) ประเมินในสภาพแปลงทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี ปี 2552 พบว่าอ้อยอู่ทอง 12 มีกอเป็นโรค 11.8 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับตารางระดับการเป็นโรคแส้ดำอยู่ในเกรด 4 ซึ่งมีปฏิกิริยาต้านทานปานกลางต่อโรคแส้ดำ (MR) (Table 6)

โรคเหี่ยวเน่าแดง

ในการทดสอบปฏิกิริยาของพืชต่อโรคที่มีสาเหตุจากเชื้อรา *Collectotrichum falcatum* และ *Fusarium moniliforme* ของอ้อยอู่ทอง 12 โดยทำการทดลองในเรือนปลูกพืชทดลองในศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี ปี 2552 โดยปลูกเชื้อสาเหตุของโรคคือ *Collectotrichum falcatum* และ *Fusarium moniliforme* โดยวิธี wound plug ลงในลำอ้อยประเมินความต้านทาน โดยดูจากการขยายของแผลและการแห้งตายของต้น โดยวิธีของ อัปสร และคณะ (2535) พบว่า อ้อยอู่ทอง 12 มีปฏิกิริยาต้านทานปานกลาง (MR) เช่นเดียวกับพันธุ์ K84-200 ในขณะที่พันธุ์อู่ทอง 3 แสดงปฏิกิริยาอ่อนแอมาก (HS) ต่อโรค (Table 6)

Table 2. Yields, CCS and sugar yield of standard yield trials from plant cane 1st ratoon and 2nd ratoon cane at Suphan Buri Field Crops Research Center, Rayong Field Crops Research Center and Chainat Field Crops Research Center during 2006-2009

Varieties	Plant cane (3)	1st ratoon (3)	2nd ratoon (3)	Average	Index	
					K84-200	U-Thong 3
Yield (ton/rai)						
U-Thong 12	16.83 a	13.77 a	10.64 a	13.81 a	113	135
K84-200	13.81 b	11.86 a	10.96 a	12.21 b	100	-
U-Thong3	12.33 b	8.65 b	9.75 a	10.24 c	-	100
CV (%)	5.83	12.17	9.97	10.31		
CCS						
U-Thong 12	14.73 a	14.85 a	14.01 a	14.53 a	98	98
K84-200	15.12 a	14.14 a	15.43 a	14.90 a	100	-
U-Thong3	14.91 a	14.85 a	14.63 a	14.80 a	-	100
CV (%)	3.31	4.25	5.53	4.65		
Sugar yield (ton CCS/rai)						
U-Thong 12	2.48	2.07	1.49	2.01	110	132
K84-200	2.09	1.68	1.69	1.82	100	-
U-Thong3	1.84	1.28	1.43	1.52	-	100

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at 5 % by DMRT

Sources: อุดม และคณะ (2549 ข , 2550 ข , 2551 ก) อุดม และคณะ (2550 ค , 2551 ข , 2552 ก)

NB; Sugar yield $= \frac{\text{yield} \times \text{CCS}}{100}$ ( ) = number of trials

Table 3. Yields, CCS and sugar yield of Farmer's trials from plant cane 1st ratoon and 2nd ratoon cane at Nongyasai in Suphan Buri, Boploy and Tamaka in Kanchanaburi and Cha-am in Phechburi during 2007-2009

Varieties	Plant cane	1st ratoon	2nd ratoon	Average	Index	
	(3)	(3)	(3)		K84-200	U-Thong 3
Yield (ton/rai)						
U-Thong 12	13.26 a	12.34 a	10.50 a	12.17 a	104	115
K84-200	10.88 b	12.93 a	11.20 a	11.71 ab	100	-
U-Thong3	9.94 b	11.59 a	10.09 a	10.58 b	-	100
CV (%)	10.07	11.81	12.69	11.59		
CCS						
U-Thong 12	14.57 a	14.11 a	13.72 a	14.17 a	107	100
K84-200	13.70 a	12.61 a	13.35 a	13.21 a	100	-
U-Thong3	14.15 a	14.24 a	13.89 a	14.11 a	-	100
CV (%)	7.82	7.80	4.73	11.79		
Sugar yield (ton CCS/rai)						
U-Thong 12	1.93	1.74	1.44	1.73	112	116
K84-200	1.49	1.63	1.50	1.54	100	-
U-Thong3	1.41	1.65	1.40	1.49	-	100

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at 5 % by DMRT

Sources : อุดม และคณะ (2550 ง , 2551 ค , 2552 ข)

NB; Sugar yield = $\frac{\text{yield} \times \text{CCS}}{100}$ ( ) = number of trials

การทำลายของหนอนกออ้อย

การทำลายของหนอนกออ้อย ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี ในอ้อยปลูกและอ้อยตอ 1 อ้อยอู่ทอง 12 ถูกทำลาย 5.34 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่พันธุ์ K84-200 และอู่ทอง 3 ถูกทำลาย 6.72 และ 5.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (อดิศักดิ์ และคณะ, 2553) (Table 7)

การตอบสนองต่อปุ๋ยเคมี

ทำการทดลองการตอบสนองต่อปุ๋ยเคมีของอ้อย วางแผนการทดลองแบบ Split Plot Design ทำ 3 ซ้ำ Main plot เป็นพันธุ์อ้อย 5 โคลน 1 พันธุ์ ได้แก่ 95-2-213, 99-2-153, 01-2-178, อู่ทอง 12, 03-2-287 และพันธุ์อู่ทอง 3 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ Sub plot เป็นอัตราปุ๋ยเคมี 5 อัตรา คือ 0-0-0, 12-0-0 , 12-12-12, 24-12-12 และ 24-0-0 ของ N-P_2O_5 และ K_2O กก./ไร่ โดยใส่ครั้งแรก ½N + P + K เมื่ออ้อยอายุ 1 เดือน และอีก ½ N ใส่ครั้งที่ 2 เมื่ออ้อยอายุ 3 เดือน ผลการทดลองใส่ปุ๋ยแก่อ้อยทำให้ผลผลิตน้ำหนักและผลผลิตน้ำตาลเพิ่มขึ้น โดยอ้อยอู่ทอง 12 ตอบสนองต่อปุ๋ย N ที่ 12 กก./ไร่ (12-0-

0) และไม่ตอบสนองต่อปุ๋ย P และ K ดินที่ใช้ในการทดลองมี pH 6.88 O.M 1.875 % Avail P 168 ppm และ Exch K 137 ppm (Table 8)

Table 4. Average Yields, CCS and sugar yield of preliminary yield trial standard yield trial and farmer's trails in irrigated area in Suphan Buri Field Crops Research Center, Chainat Field Crops Research Center and Tamaka in Kanchanaburi during 2006-2009

Varieties	Plant cane	1st ratoon	2nd ratoon	Average	Index	
	(4)	(4)	(3)		K84-200	U-Thong 3
Yield (ton/rai)						
U-Thong 12	18.92 a	17.45 a	13.56 a	16.92 a	119	120
K84-200	14.37 b	14.51 b	13.47 a	14.18 b	100	-
U-Thong3	15.58 b	13.79 b	12.59 a	14.11 b	-	100
CV (%)	11.30	11.25	9.40	11.04		
CCS						
U-Thong 12	13.71 a	14.75 a	14.14 a	14.21 a	98	103
K84-200	14.02 a	15.28 a	14.33 a	14.56 a	100	-
U-Thong3	13.49 a	14.20 a	13.51 a	13.75 a	-	100
CV (%)	5.44	5.99	6.39	5.89		
Sugar yield (ton CCS/rai)						
U-Thong 12	2.59	2.57	1.92	2.40	117	124
K84-200	2.01	2.22	1.93	2.06	100	-
U-Thong3	2.10	1.96	1.70	1.94	-	100

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at 5 % by DMRT

Sources : อุดม และคณะ (2549 ก , 2550 ก) อุดม และคณะ (2549 ข , 2550 ข , 2551 ก)
อุดม และคณะ (2550 ค , 2551 ข , 2552 ก) อุดม และคณะ (2550 ง , 2551 ค , 2552 ข)

NB; Sugar yield = $\frac{\text{yield} \times \text{CCS}}{100}$ ( ) = number of trials

Table 5. Agronomic characters of sugarcane varieties at Suphan Buri Field Crops Research Center, Rayong Field Crops Research Center and Chainat Field Crops Research Center during 2006-2009

Varieties	Stalks no./hill	Height (cm.)	Stalk diameter (cm.)	internode number
U-Thong 12	4.57 ab	235 a	2.91 a	27 a
K84-200	4.13 b	233 a	2.95 a	22 b
U-Thong3	4.75 a	216 a	2.85 a	23 b
CV (%)	10.76	8.90	4.78	10.10

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at 5 % by DMRT

Sources : อุดม และคณะ (2549 ก, 2550 ก) อุดม และคณะ (2549 ข, 2550 ข, 2551 ก) อุดม และคณะ (2550 ค, 2551 ข, 2552 ก)

Table 6. Disease reactions of U-Thong 12 and check varieties at Suphan Buri Agricultural Research and development Center in 2009

	U-Thong 12	K84-200	U-Thong 3
Smut (inoculation)			
% disease hill	11.8	4.9	3.8
- Disease level	4	3	3
- Disease reaction	Moderately resistant (MR)	Moderately resistant (MR)	Moderately resistant (MR)
Red rot wilt (inoculation)			
- Disease level	2	2	5
- Disease reaction	Moderately resistant (MR)	Moderately resistant (MR)	Highly susceptible (HS)

Level of smut occurance

% disease hill		Grade	Reaction
Plant cane	1st ratoon		
0 – 3	6	1	R (resistant)
4 – 6	7 – 12	2	MR (Moderately resistant)
7 – 9	13 – 16	3	
10 – 12	17 – 20	4	
13 – 25	21 – 30	5	MS (Moderately susceptible)
26 – 35	31 – 40	6	
36 – 50	41 – 60	7	
51 – 75	61 – 80	8	S (susceptible)
76 – 100	81 - 100	9	

Level of red rot wilt occurance

Appearance at 2 months after inoculation	Level	Disease spread in stalk (internode)	Reaction
Normal cane	1	1	R (resistant)
Normal cane	2	2	MR (Moderately resistant)
Yellow leaves symptom	3	2.1 – 3	MS (Moderately susceptible)
Wilt symptom	4	3.1 – 4	S (Susceptible)
Die back	5	4.1 - 5	HS (Highly susceptible)

Sources : อัปสร และคณะ (2535) สุนี และคณะ (2547) สุนี และคณะ (2552)

Table 7. Top borer damage (%) at tillering stage at Suphan Buri Agricultural Research and development Center in 2010

Varieties	% damage
U-Thong 12	5.34 a
K84-200	6.72 a
U-Thong3	5.43 a
CV (%)	52.92

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at 5 % by DMRT

Source : อดิศักดิ์ และคณะ (2553)

Table 8. Rates of fertilizer application to sugarcane varieties at Suphan Buri Agricultural Research and development Center in 2010

Rate of	Yield (ton/rai)			CCS			Sugar yield (ton CCS/rai)		
$N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ (kg./rai)	U-Thong 12	U-Thong 3	Avg.	U-Thong 12	U-Thong 3	Avg.	U-Thong 12	U-Thong 3	Avg.
0-0-0	11.01 b	9.75 c	10.38	14.28 a	14.30 b	14.29	1.57	1.39	1.48
12-0-0	16.26 a	11.97 b	14.12	15.47 a	15.65 a	15.56	2.52	1.87	2.20
12-12-12	14.53 a	13.59 a	14.06	15.22 a	15.88 a	15.55	2.21	2.16	2.19
24-12-12	14.65 a	8.82 d	11.74	15.60 a	15.09 ab	15.35	2.29	1.33	1.81
24-0-0	14.94 a	12.81 ab	13.88	14.67 a	15.06 ab	14.87	2.19	1.93	2.06
Avg.	**14.28**	**11.39**	**12.84**	**15.05**	**15.20**	**15.12**	**2.16**	**1.74**	**1.95**
CV (a) (%)		17.25							
CV (b) (%)					7.45				
Varieties(a)		NS			NS				
Rate of fertilizer(b)		*			*				
Varieties x Rate of fertilizer		NS			NS				
Soil analysis before planting		pH 6.88			OM 1.875 %				
		Avail P 168 ppm			Exch K 137 ppm				

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at 5 % by DMRT

Source: วาสนา และคณะ, 2553

NB; Sugar yield = $\frac{\text{yield} \times \text{CCS}}{100}$

Table 9. Botanical characteristics of sugarcane varieties U-Thong 12, K84-200 and U-Thong 3

Characteristics	Varieties		
	U-Thong12	**K84-200**	**U-Thong3**
1. ลักษณะทรงกอ	ตั้งตรง	ค่อนข้างแคบ	ตั้งตรง
2. ลักษณะการติดของกาบใบกับลำต้น	หลวมปานกลาง	หลวม	หลวมปานกลาง
3. จำนวนหน่อต่อกอ	ปานกลาง	น้อย	ปานกลาง
(หลังงอกอายุ 4 เดือน)	(6-12 หน่อ)	(น้อยกว่า 6 หน่อ)	(6-12 หน่อ)
4. สีของยอดอ้อย	เขียว	เขียว	เขียว
5. ความยาวของปล้อง (ซม.)	ปานกลาง (10-20 ซม.)	ปานกลาง (10-20 ซม.)	ปานกลาง (10-20 ซม.)
6. เส้นผ่าศูนย์กลางปล้อง(ซม.)	ปานกลาง (2.5-3.0 ซม.)	ปานกลาง (2.5-3.0 ซม.)	ปานกลาง (2.5-3.0 ซม.)
7. ลักษณะปล้อง	กลางป่อง	กลางป่อง	ทรงกระบอก
8. ลักษณะปล้องตัดขวาง	กลม	กลม	กลม
9. การเรียงตัวของปล้อง	ค่อนข้างตรง	ค่อนข้างตรง	ตรง
10. ไขที่ปล้อง	มีมาก	มีปานกลาง	มีมาก
11. สีปล้องเมื่อต้องแสง	เขียวเหลือบเหลือง	เหลืองเหลือบเขียว	เขียวเหลือบเหลือง
12. สีปล้องเมื่อไม่ต้องแสง	เหลืองเหลือบเขียว	เขียวเหลือบเหลือง	เหลืองเหลือบเขียว
13. ร่องเหนือตา	มีลึก	มีตื้น	ไม่มี
14. รอยแตกของปล้อง	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
15. สีของวงเจริญเมื่อต้องแสง	เขียว	เหลืองเหลือบเขียว	เหลืองเหลือบเขียว
16. ลักษณะของวงเจริญ	เรียบเท่ากับปล้อง	นูนขึ้นเห็นได้ชัด	เรียบเท่ากับปล้อง
17. การเรียงตัวของจุดกำเนิดราก	ไม่เป็นระเบียบ	ไม่เป็นระเบียบ	ไม่เป็นระเบียบ
18. สีของจุดกำเนิดรากเมื่อไม่ต้องแสง	เหลือง	เหลือง	เหลือง
19. ความกว้างของวงราก(ซม.)	ปานกลาง	แคบ	ปานกลาง
	(0.8-1.3 ซม.)	(น้อยกว่า 0.8 ซม.)	(0.8-1.3 ซม.)
20. วงไข	มี	มี	มี
21. ความนูนของตา	นูนมาก	นูนปานกลาง	นูนปานกลาง
22. ลักษณะของตา	รูปรี	ห้าเหลี่ยม	ไข่ยอดแหลม
			ยอดปีกตัด
23. ตำแหน่งยอดตา	ต่ำกว่าวงเจริญ	ต่ำกว่าวงเจริญ	ต่ำกว่าวงเจริญ
24. ขนที่ตา	มีที่ปลายยอด	มีบนปีกตา	ไม่มี
25. ลักษณะของทรงใบ	ชัน - ตรง	ชัน - ตรง	ชัน - ตรง
26. ความกว้างของใบ (ซม.)	กว้าง (มากกว่า 6 ซม.)	ปานกลาง (4-6 ซม.)	ปานกลาง (4-6 ซม.)
27. ขนขอบใบ	มีมาก	ไม่มี	มีปานกลาง
28. ลักษณะของลิ้นใบ	แถบตรงกลางพอง	ตรงกลางโป่ง	แถบตรงการพองออก
	ออกปลายเรียวแหลม	เป็นรูปสามเหลี่ยม	ปลายเรียวแหลม
	ทั้ง 2 ข้าง		ทั้ง 2 ข้าง

Characteristics	Varieties		
	U-Thong12	K84-200	U-Thong3
29. ลักษณะหูใบขอบด้านนอก	ใบหอกสั้น	ปลายมน	ยอดงอ
30. ลักษณะหูใบขอบด้านใน	ยอดงอเข้า	ใบหอกยาว	ขอบโค้ง
31. ลักษณะของคอใบ	สามเหลี่ยม	สามเหลี่ยม	สามเหลี่ยม
	ฐานเรียบ	ชายธง	ชายธง
32. สีของคอใบ	เหลืองเหลือบเขียว	น้ำตาลเหลือบแดง	เขียว
33. ขนที่กาบใบ	ไม่มี	มีกลางกาบใบ	ไม่มี
34. การออกดอก	ไม่ออกดอก	ออกดอกเล็กน้อย	ออกดอกเล็กน้อย

Source : กองคุ้มครองพันธุ์พืช (2547)

Table 10. Agronomic characteristics of sugarcane U-Thong 12, K84-200 and U-Thong 3

Characteristics	Varieties		
	U-Thong12	K84-200	U-Thong3
1. Height (cm.)[1/]	235	233	216
2. Stalk diameter (cm.)[1/]	2.91	2.95	2.85
3. Stalks/hill[1/]	4.57	4.13	4.75
4. No. of internode/stalk[1/]	27	22	23
5. Harvesting age (month) [1/]	11-12	11-12	11-12
6. Disease reaction[2/]			
Smut (inoculation)	Moderately resistant	Moderately resistant	Moderately resistant
Red rot wilt (inoculation)	Moderately resistant	Moderately resistant	Highly susceptible
7. Top borer damage (%) [3/]	5.34	6.72	5.43
8. CCS[1/]	14.21	14.56	13.75
9. Yield (ton/rai) [1/]			
Plant cane	18.92	14.37	15.58
1st ratoon	17.45	14.51	13.79
2nd ratoon	13.56	13.47	12.59
Average	**16.92**	**14.18**	**14.11**
10. Sugar yield (ton CCS/rai) [1/]			
Plant cane	2.59	2.01	2.10
1st ratoon	2.57	2.22	1.96
2nd ratoon	1.92	1.93	1.70
Average	**2.40**	**2.06**	**1.94**

Sources: [1/] อุดม และคณะ (2549 ก , 2550 ก) [1/] อุดม และคณะ (2549 ข , 2550 ข , 2551 ก)

[1/] อุดม และคณะ (2550 ค , 2551 ข , 2552 ก) [1/] อุดม และคณะ (2550 ง , 2551 ค , 2552 ข)

[2/] สุนี และคณะ (2552) [3/] อดิศักดิ์ และคณะ (2553)

NB; Sugar yield $= \frac{\text{yield} \times \text{CCS}}{100}$

สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ

อ้อยพันธุ์อู่ทอง 12 ให้ผลผลิตน้ำหนักในเขตชลประทานเฉลี่ย 16.92 ตัน/ไร่ สูงกว่าพันธุ์ K 84-200 (14.18 ตัน/ไร่) ร้อยละ 19 สูงกว่าพันธุ์อู่ทอง 3 (14.11 ตัน/ไร่) ร้อยละ 20 และผลผลิตน้ำตาลเฉลี่ย 2.40 ตันซีซีเอส/ไร่ สูงกว่าพันธุ์ K 84-200 (2.06 ตันซีซีเอส/ไร่) ร้อยละ 17 สูงกว่าพันธุ์อู่ทอง 3 (1.94 ตันซีซีเอส/ไร่) ร้อยละ 24 นอกจากนี้อ้อยพันธุ์อู่ทอง 12 ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเน่าแดง และโรคแส้ดำปานกลาง พื้นที่แนะนำควรปลูกในพื้นที่ดินร่วนเหนียว ในเขตชลประทาน ภาคกลางและภาคตะวันตก

คำขอบคุณ

คณะผู้ดำเนินงานขอขอบคุณ ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท และผู้อำนวยการศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ที่ให้ความสะดวกในการทำงาน ขอขอบคุณพนักงานราชการและคนงานทดลองการเกษตรของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี ที่ช่วยปฏิบัติงาน วิเคราะห์ความหวานของอ้อย ตลอดจนวิเคราะห์ข้อมูล และพิมพ์เอกสารจนกระทั่งประสบความสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

กองคุ้มครองพันธุ์พืช. 2547. คู่มือตรวจสอบลักษณะพันธุ์พืช อ้อย สำหรับพนักงานเจ้าหน้าที่กองคุ้มครองพันธุ์พืช. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 79 หน้า.

วาสนา วันดี อดิศักดิ์ คำนวณศิลป์ อุดม เลียบวัน. 2553. การตอบสนองต่อปุ๋ยของอ้อย. *ใน* รายงานผลงานวิจัยอ้อยประจำปี 2553. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

สุนี ศรีสิงห์ และอุดม เลียบวัน. 2547. การทดสอบปฏิกิริยาของพันธุ์อ้อยต่อโรคอ้อยที่สำคัญในภาคกลางและภาคเหนือ (โรคแส้ดำ). หน้า 78-82. *ใน* รายงานผลงานวิจัยอ้อยประจำปี 2547 ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

สุนี ศรีสิงห์ อุสา วงษ์น้อย อุดม เลียบวัน เสรีวัฒน์ จัตตุพรพงษ์. 2552. การทดสอบความต้านทานต่อโรคที่สำคัญของอ้อย. *ใน* รายงานผลงานวิจัยอ้อยประจำปี 2552. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2555. รายงานการผลิตอ้อยและน้ำตาลทรายของโรงงานน้ำตาลทั่วประเทศ ประจำปีการผลิต 2554/2555. สำนักงานอ้อยและน้ำตาลทราย 2554. กระทรวงอุตสาหกรรม 3 หน้า. สืบค้นจาก : http//www.sugarzone.in.th 21 สิงหาคม 2555].

อดิศักดิ์ คำนวณศิลป์ อุดม เลียบวัน วิภาวรรณ กิติวัชระเจริญ. 2553. ผลของปริมาณการเข้าทำลายของหนอนกออ้อย. *ใน* รายงานผลงานวิจัยอ้อยประจำปี 2553. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

อัปสร เปลี่ยนสินไชย นิพนธ์ เอี่ยมสุภาษิต อุดม เลียบวัน วันทนา ตั้งเปรมศรี และวันทนีย์ อู่วาณิชย์. 2535. การทดสอบปฏิกิริยาของสายพันธุ์อ้อยต่อโรคเหี่ยวเน่าแดง. หน้า 9-21. *ใน* รายงานประจำปี 2535. ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

อุดม เลียบวัน ศักดิ์ เพ่งผล เสรีวัฒน์ จัตตุพรพงษ์ และสำราญ พ่วงสกุล. 2549 ก. การเปรียบเทียบเบื้องต้น พันธุ์อ้อยเพื่อผลผลิตและคุณภาพ ชุดปี 2545-2546 อ้อยปลูก. หน้า 33-38. *ใน* รายงานผลงานวิจัยอ้อยประจำปี 2549. ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

อุดม เลียบวัน สันติ พรหมคำ นริศร ขจรผล เสรีวัฒน์ จัตตุพรพงษ์ และสำราญ พ่วงสกุล. 2549 ข. การเปรียบเทียบมาตรฐาน พันธุ์อ้อยเพื่อผลผลิตและคุณภาพชุดปี 2544-2545 อ้อยปลูก. หน้า 23-32. *ใน* รายงานผลงานวิจัยอ้อยประจำปี 2549. ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

อุดม เลียบวัน ศักดิ์ เพ่งผล เสรีวัฒน์ จัตตุพรพงษ์ และสำราญ พ่วงสกุล. 2550 ก. การเปรียบเทียบเบื้องต้น พันธุ์อ้อยเพื่อผลผลิตและคุณภาพชุดปี 2545-2546. อ้อยตอ 1. หน้า 20-27. *ใน* รายงานผลงานวิจัยอ้อยประจำปี 2550. ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

อุดม เลียบวัน สันติ พรหมคำ ศักดิ์ เพ่งผล นริศร ขจรผล เสรีวัฒน์ จัตตุพรพงษ์ จงรักษ์ จารุเนตร สำราญ พ่วงสกุล และสุรศักดิ์ เสระพันธุ์. 2550 ข. การเปรียบเทียบมาตรฐานพันธุ์อ้อยเพื่อผลผลิตและคุณภาพ ชุดปี 2544-2545 อ้อยตอ 1. หน้า 1-12. *ใน* รายงานผลงานวิจัยอ้อยประจำ ปี 2550. ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

อุดม เลียบวัน ศักดิ์ เพ่งผล เสรีวัฒน์ จัตตุพรพงษ์ สำราญ พ่วงสกุล และจงรักษ์ จารุเนตร. 2550 ค. การเปรียบเทียบมาตรฐานพันธุ์อ้อยเพื่อผลผลิตและคุณภาพชุดปี 2545-2546 อ้อยปลูก. หน้า 13-19. *ใน* รายงานผลงานวิจัยอ้อยประจำปี 2550 ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

อุดม เลียบวัน ศักดิ์ เพ่งผล เสรีวัฒน์ จัตตุพรพงษ์ สำราญ พ่วงสกุล และพูนศักดิ์ ดิษฐ์กระจัน. 2550ง. การเปรียบเทียบในไร่เกษตรกร พันธุ์อ้อยเพื่อผลผลิตและคุณภาพชุดปี 2545-2546 อ้อยปลูก. หน้า 36-43. *ใน* รายงานผลงานวิจัยอ้อยประจำปี 2550 ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

อุดม เลียบวัน สันติ พรหมคำ ศักดิ์ เพ่งผล เสรีวัฒน์ จัตตุพรพงษ์ จงรักษ์ จารุเนตร และสำราญ พ่วงสกุล. 2551ก. การเปรียบเทียบมาตรฐานพันธุ์อ้อยเพื่อผลผลิตและคุณภาพชุดปี 2544-2545 อ้อยตอ 2. หน้า 96-108. *ใน* รายงานผลงานวิจัยอ้อยประจำปี 2551 ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

อุดม เลียบวัน ศักดิ์ เพ่งผล เสรีวัฒน์ จัตตุพรพงษ์ จงรักษ์ จารุเนตร และสำราญ พ่วงสกุล. 2551 ข. การเปรียบเทียบมาตรฐานพันธุ์อ้อยเพื่อผลผลิตและคุณภาพชุดปี 2545-2546 อ้อยตอ 1. หน้า 87-95. *ใน* รายงานผลงานวิจัยอ้อยประจำปี 2551 ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

อุดม เลียบวัน ศักดิ์ เพ่งผล เสรีวัฒน์ จัตตุพรพงษ์ สำราญ พ่วงสกุล และพูนศักดิ์ ดิษฐ์กระจัน. 2551ค. การเปรียบเทียบในไร่เกษตรกร พันธุ์อ้อยเพื่อผลผลิตและคุณภาพชุดปี 2545-2546 อ้อยตอ 1. หน้า 115-122. *ใน* รายงานผลงานวิจัยอ้อยประจำปี 2551 ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

อุดม เลียบวัน ศักดิ์ เพ่งผล เสรีวัฒน์ จัตตุพรพงษ์ จงรักษ์ จารุเนตร และสำราญ พ่วงสกุล. 2552 ก. การเปรียบเทียบมาตรฐานพันธุ์อ้อยเพื่อผลผลิตและคุณภาพชุดปี 2545-2546 อ้อยตอ 2. หน้า 76-84. *ใน* รายงานผลงานวิจัยอ้อยประจำปี 2552 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

อุดม เลียบวัน ศักดิ์ เพ่งผล เสรีวัฒน์ จัตตุพรพงษ์ สำราญ พ่วงสกุล และพูนศักดิ์ ดิษฐ์กระจัน. 2552 ข. การเปรียบเทียบในไร่เกษตรกร พันธุ์อ้อยเพื่อผลผลิตและคุณภาพชุดปี 2545-2546 อ้อยตอ 2. หน้า 110-116. *ใน* รายงานผลงานวิจัยอ้อยประจำปี 2552 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

Appendix

Botanical characteristics of sugarcane variety U-Thong 12 (02-2-477)



Internode cross section



Dewlap and Auricle



Reaction to red rot wilt



Internode and Alignment



Tiller pattern

มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13

Cassava : Rayong 86-13

จรุงสิทธิ์ ลิ่มศิลา [1] จิณณจาร์ หาญเศรษฐสุข [1] สุวลักษณ์ อะมะวัลย์ [1] ประพิศ วองเทียม [1]
วัลลีย์ อมรพล [1] เทอดศักดิ์ อนากาศ [1] ภานุวัฒน์ มูลจันทะ [1] วิเชียร ธรรมสิทธิ์ [1]
สมพงษ์ ทองช่วย [1] ปริญญา ศรีบุญเรือง [2] ดาวรุ่ง คงเทียน [2] สันติ พรหมคำ [3]
วรยุทธ ศิริชุมพันธ์ [4] ธำรง เชื้อกิติศักดิ์ [5] เสรีวัฒน์ จัตตุพรพงษ์ [6] อานนท์ มะลิพันธ์ [7]
พินิจ กัลยาศิลปิน [8] สุชาติ คำอ่อน [9] เสาวรี ตังสกุล [10] อภิชาต เมืองซอง [10] ปรีชา แสงโสดา [11]
วสันต์ วรรณจักร [12] นิพนธ์ ภาชนะวรรณ [13] จันทร์สว่าง ศรีหาตา [14] กิติพร เจริญสุข [15] จงรักษ์ จารุเนตร [16]

Jarungsit Limsila [1] Jinnajar Hansethasuk [1] Suwaluk Amawan [1] Prapit Wongtium [1]
Wanlee Amornpon [1] Therdsak Anakad [1] Phanuwat Moonjuntha [1] Vishean Thammasit [1]
Sompong Thongchuay [1] Parinya Sriboonroeng [2] Daowrung Khongtien [2] Santi Promkum [3]
Vorayut Sirichumpan [4] Tamrong Chuekittisak [5] Sereewat Jatupornpong [6] Anon Malipan [7]
Pinit Kalayasilapin [8] Suchat Kamoon [9] Saowaree Bamrung [10] Aphichat Muangsong [10] Preesha Sangsoda [11]
Wasan Wannajuk [12] Nipon Pachanavan [13] Chansawang Srihata [14] Kitiporn Charoensook [15] Jongrak Jarunate [16]

ABSTRACT

Rayong 86-13 is one of the F1 hybrid seeds produced by Rayong Field Crops Research Center in year 2003 under the Cassava varietal improvement project of the Department of Agriculture (DOA) which had the objective to get high starch yield variety. Its female and male

[1] ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จ.ระยอง
[2] ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ จ.นครสวรรค์
[3] ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท จ.ชัยนาท
[4] ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จ. ขอนแก่น
[5] ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี จ. อุบลราชธานี
[6] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี จ. สุพรรณบุรี
[7] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรลพบุรี จ.ลพบุรี
[8] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปราจีนบุรี จ.ปราจีนบุรี
[9] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรร้อยเอ็ด จ.ร้อยเอ็ด
[10] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา จ.นครราชสีมา
[11] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเลย จ. เลย
[12] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์ จ. กาฬสินธุ์
[13] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรมหาสารคาม จ.มหาสารคาม
[14] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรมุกดาหาร จ. มุกดาหาร
[15] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสกลนคร จ. สกลนคร
[16] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 จ.จันทบุรี

parents are Rayong 11 and Kasetsart 50 respectively. The data from 34 yield trials during 2003 to 2011 conducted in cassava planted area within 14 provinces including Rayong, Chon Buri, Prachin Buri, Nakhon Sawan, Chai Nat, Khon Kaen, Ubon Ratchathani, Mahasarakham, Loei, Nakhon Ratchasima, Roi-Et, Kalasin, Mukdahan, and Sakon Nakhon indicated that Rayong 86-13 had higher root yield and starch content compared to 3 checks, i.e. Rayong 5, Rayong 7 and Rayong 9. Its average fresh root yield over 34 locations was 4,513 kg per rai, while those of Rayong 5, Rayong 7 and Rayong 9 was 4,401, 4,366 and 4,351 kg per rai . Its fresh root yield is 3, 3 and 4 percent higher than those of Rayong 5, Rayong 7 and Rayong 9, respectively. Its average starch content was 26.3 percent, while those of Rayong 5, Rayong 7 and Rayong 9 was 23.1, 23.7 and 25.0 percent. Its starch content is 14, 11 and 5 percent higher than those of Rayong 5 , Rayong 7 and Rayong 9, respectively. Its average starch yield was 1,196 kg per rai, while those of Rayong 5, Rayong 7 and Rayong 9 was 1,029, 1,052 and 1,095 kg per rai. Its starch yield is 16, 14 and 9 percent higher than those of Rayong 5, Rayong 7 and Rayong 9, respectively.

Evaluations of red mite infestation among the tested cassava varieties under field condition revealed that Rayong 86-13 had the same infestation level as Rayong 5, Rayong 7 and Rayong 9. For disease resistant evaluation, cassava bacteria blight (CBB) resistance was evaluated. To identify varieties with CBB resistance, the tested varieties were inoculated with *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* and evaluated under greenhouse condition. None were identified as potential sources of cassava bacterial blight resistance, and Rayong 86-13 was susceptible for CBB.

Key words : breeding, cassava, cassava variety

บทคัดย่อ

มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 ได้จากการผสมข้ามพันธุ์ ระหว่างพันธุ์ระยอง 11 กับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ปี 2546 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้พันธุ์มันสำปะหลังที่ให้ผลผลิตแป้งสูงกว่าพันธุ์มาตรฐาน ระยอง 5 ระยอง 7 และ ระยอง 9 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ผลการทดลองตั้งแต่ ปี 2546 – 2554 จำนวน 34 แปลงทดลอง ในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 14 จังหวัด คือ จังหวัดระยอง ชลบุรี ปราจีนบุรี นครสวรรค์ ชัยนาท ขอนแก่น อุบลราชธานี มหาสารคาม เลย นครราชสีมา ร้อยเอ็ด กาฬสินธุ์ มุกดาหาร และ สกลนคร พบว่า พันธุ์ระยอง 86-13 ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 4,513 กิโลกรัม/ไร่ สูงกว่าพันธุ์ระยอง 5 ระยอง 7 และ ระยอง 9 คิดเป็นร้อยละ 3, 3 และ 4 (พันธุ์ระยอง 5 ระยอง 7 และ ระยอง 9 ให้ผลผลิตหัวสด 4,401 4,366 และ 4,351 กิโลกรัม/ไร่) มีแป้งเฉลี่ย 26.3 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าพันธุ์ระยอง 5 ระยอง 7 และ ระยอง 9 ร้อยละ 14 11 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (พันธุ์ระยอง 5 ระยอง 7 และระยอง 9 มีแป้ง 23.1 23.7 และ 25.0 เปอร์เซ็นต์) ให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ย

1,196 กิโลกรัม/ไร่ สูงกว่าพันธุ์ระยอง 5 ระยอง 7 และ ระยอง 9 คิดเป็นร้อยละ 16 14 และ 9 (พันธุ์ระยอง 5 ระยอง 7 และ ระยอง 9 ให้ผลผลิตแป้ง 1,029, 1,052 และ 1,095 กิโลกรัม/ไร่) และจากการสำรวจการเข้าทำลายของไรแดง พบว่า อยู่ในระดับใกล้เคียงกับกับพันธุ์ระยอง 5 ระยอง 7 และระยอง 9 สำหรับระดับความต้านทานโรคใบไหม้โดยการปลูกเชื้อจากทั้งหมด 90 พันธุ์ พบว่าไม่มีพันธุ์ใดต้านทานหรือค่อนข้างต้านทาน โดยพันธุ์ระยอง 86-13 แสดงปฏิกิริยาอ่อนแอต่อโรค เช่นเดียวกับพันธุ์ระยอง 5 ระยอง 7 ระยอง 9 และ ระยอง 11

คำหลัก : ปรับปรุงพันธุ์, มันสำปะหลัง, พันธุ์มันสำปะหลัง

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในปี 2555 มีพื้นที่เก็บเกี่ยว 7.91 ล้านไร่ อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณร้อยละ 53 ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด รองลงมาเป็นภาคกลางและตะวันออกร้อยละ 27 ส่วนที่เหลืออยู่ในภาคเหนือร้อยละ 20 ผลผลิตเฉลี่ยของประเทศ 3.36 ตัน/ไร่ ผลผลิตรวม 26.6 ล้านตัน ผลผลิตส่วนใหญ่นำไปแปรรูปเป็นมันเส้น และมันอัดเม็ด เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ และแป้ง รวมทั้งผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องจากแป้งอีกหลายชนิด เพื่อใช้ในประเทศและส่งออกขายต่างประเทศ ในปัจจุบัน ประเทศไทยเป็นประเทศผู้นำในการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังของโลก ซึ่งในปี 2555 มีมูลค่าการส่งออกสูงถึง 77,700 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555)

จากปี 2518 ถึงปัจจุบัน กรมวิชาการเกษตรได้ปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังมาอย่างต่อเนื่อง โดยได้พันธุ์มันสำปะหลังที่ขอรับรองพันธุ์และแนะนำให้เกษตรกรปลูกเพื่ออุตสาหกรรม รวมทั้งหมด 9 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ระยอง 1 ระยอง 3 ระยอง 60 ระยอง 90 ระยอง 5 ระยอง 72 ระยอง 7 ระยอง 9 และ ระยอง 11 อย่างไรก็ตามการพัฒนาเพื่อให้ได้พันธุ์ดีใหม่ๆ ที่ให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่าพันธุ์เดิม ก็ยังคงมีความจำเป็นต้องทำอย่างต่อเนื่อง เพราะการใช้พันธุ์ดีจะสามารถยกระดับผลผลผลิตและรายได้ให้แก่เกษตรกรได้โดยไม่ต้องลงทุนเพิ่ม และการเปลี่ยนพันธุ์เป็นเทคโนโลยีที่เกษตรกรยอมรับได้ง่าย นอกจากนี้เมื่อผู้ประกอบการรับซื้อหัวมันสำปะหลังพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จะทำให้ได้อัตราการแปรรูปสูงขึ้น เป็นการลดต้นทุนการผลิตของผู้ประกอบการ ช่วยเพิ่มโอกาสในการแข่งขันของผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังของไทยในตลาดโลก

อุปกรณ์และวิธีการ

การดำเนินการทดลอง ได้ดำเนินการตามขั้นตอนปรับปรุงพันธุ์ และศึกษาการตอบสนองของพันธุ์ในด้านต่างๆ ดังนี้

1. ผสมข้ามพันธุ์ ดำเนินการปี 2545/46 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง โดยผสมข้ามพันธุ์มันสำปะหลัง จำนวน 139 คู่ผสม นำเมล็ดมาเพาะเป็นต้นกล้า แล้วย้ายต้นกล้าที่สมบูรณ์ แข็งแรง ปลูกลงแปลง

2. คัดเลือกครั้งที่ 1 ดำเนินการปี 2546/47 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จากจำนวนต้นกล้าที่ย้ายปลูก 8,545 พันธุ์ เมื่ออายุ 12 เดือน ดำเนินการเก็บเกี่ยวผลผลิตและคัดเลือกแบบ seedling selection

3. คัดเลือกครั้งที่ 2 ดำเนินการปี 2547/48 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ปลูกมันสำปะหลังที่ได้จากการคัดเลือกครั้งที่ 1 จำนวน 856 พันธุ์ ด้วยท่อนพันธุ์ โดยปลูกแบบต้นต่อแถว แถวละ 10 ต้น เก็บเกี่ยวและคัดเลือกพันธุ์ ที่อายุ 12 เดือน

4. เปรียบเทียบเบื้องต้น ดำเนินการปี 2548/49 โดยปลูกและคัดเลือกพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง วางแผนการทดลองแบบ RCB 2 ซ้ำ จำนวน 120 พันธุ์ (มีพันธุ์ระยอง 5 และ ระยอง 72 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ)

5. เปรียบเทียบมาตรฐาน ดำเนินการปี 2549/50 3 แปลงทดลอง โดยปลูกและคัดเลือกพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น และที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรมหาสารคาม วางแผนการทดลองแบบ RCB 3 ซ้ำ จำนวน 18 พันธุ์ (มีพันธุ์ระยอง 5 และระยอง 9 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ)

6. **เปรียบเทียบในท้องถิ่น** ดำเนินการปี 2550/51 7 แปลงทดลอง โดยปลูกและคัดเลือกพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง นครสวรรค์ อุบลราชธานี ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรมหาสารคาม นครราชสีมา ร้อยเอ็ด และ เลย วางแผนการทดลองแบบ RCB 4 ซ้ำ 8 พันธุ์ (มีพันธุ์ระยอง 5 และระยอง 9 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ)

7. เปรียบเทียบในไร่เกษตรกร ดำเนินการปี 2551/52 10 แปลงทดลอง โดยปลูกและคัดเลือกพันธุ์ในไร่เกษตรกรจังหวัดระยอง ชลบุรี ปราจีนบุรี ชัยนาท นครราชสีมา มุกดาหาร สกลนคร เลย ร้อยเอ็ด และอุบลราชธานี วางแผนการทดลองแบบ RCB 4 ซ้ำ จำนวน 5 พันธุ์ (มีพันธุ์ระยอง 5 ระยอง 7 และระยอง 9 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ)

8. ทดสอบพันธุ์ในไร่เกษตรกรปีที่ 1 ดำเนินการปี 2552/53 จำนวน 10 แปลงทดลอง โดยปลูกและคัดเลือกพันธุ์ในไร่เกษตรกรจังหวัด ร้อยเอ็ด มุกดาหาร แห่งละ 2 แปลง จังหวัด ระยอง ขอนแก่น กาฬสินธุ์ นครราชสีมา มหาสารคาม และอุบลราชธานี แห่งละ 1 แปลง โดย ปลูกพื้นที่แปลงใหญ่ 200-300 ตารางเมตร/พันธุ์ มีพันธุ์เข้าทดสอบจำนวน 3 พันธุ์ (มีพันธุ์ระยอง 5 ระยอง 7 และ ระยอง 9 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ)

ทดสอบพันธุ์ในไร่เกษตรกรปีที่ 2 ดำเนินการปี 2553/54 3 แปลง ในไร่เกษตรกรจังหวัดระยอง เลย และกาฬสินธุ์ โดยปลูกและคัดเลือกพันธุ์ในพื้นที่แปลงใหญ่ 200-300 ตารางเมตร/พันธุ์ มีพันธุ์เข้าทดสอบจำนวน 3 พันธุ์ (มีพันธุ์ระยอง 5 ระยอง 7 และระยอง 9 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ)

9. ศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 ต่อการจัดการธาตุอาหาร ดำเนินการปี 2554/55 ในชุดดินสัตหีบ จังหวัดระยอง วางแผนการการทดลองแบบ Split plot ทำ 3 ซ้ำ Main plot เป็นมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ Sub plot เป็นการใช้ปุ๋ย 10 อัตรา ได้แก่ 1) 0-0-0 2) 0-8-16 3) 8-8-16 4) 16-8-16 5) 24-8-16 6) 16-0-16 7) 16-16-16 8) 16-8-0 9) 16-8-8 และ 10) 16-8-24 กิโลกรัม/ไร่ ของ $N–P_2O_5-K_2O$

10. ประเมินความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของไรแดงและแมลงศัตรู สำรวจและให้คะแนนการเข้าทำลายของแมลง เช่น ไรแดง แมลงหวี่ขาว และเพลี้ยแป้ง ในสภาพไร่ เดือนละ 1 ครั้ง ตั้งแต่พฤศจิกายน 2548 ถึง เมษายน 2549

11. ประเมินความต้านทานโรคใบไหม้ โดยนำท่อนพันธุ์จากแปลงอนุรักษ์เชื้อพันธุกรรม จากชุดลูกผสม ปี 2552 ร่วมกับพันธุ์มาตรฐาน ระยอง 5 ระยอง 7 ระยอง 9 ระยอง 11 และ พันธุ์ระยอง 86-13 รวม 90 พันธุ์ มาปลูกในเรือนทดลอง เมื่อต้นมันสำปะหลังอายุ 1 เดือน ปลูกเชื้อ *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* โดยวิธีการตัดใบด้วยกรรไกรจุ่มสารละลายเชื้อ ภายหลังปลูกเชื้อนำไปบ่มเลี้ยงไว้ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหูมิห้อง ตรวจสอบการเกิดโรคหลังจากปลูกเชื้อ 29 และ 30 วัน

ผลการทดลองและวิจารณ์

การผสมข้ามพันธุ์

สามารถผสมข้ามพันธุ์รวมทั้งเก็บเมล็ดจากการผสมเปิด (open pollination) ได้ จำนวน 11,544 เมล็ด เพาะเป็นต้นกล้า แล้วคัดเลือกต้นกล้าที่สมบูรณ์ แข็งแรง ย้ายปลูกลงแปลงได้ 8,545 ต้น พันธุ์ระยอง 86-13 หรือ CMR46-39-42 เป็นต้นลำดับที่ 42 ของคู่ผสมที่ 39 มีแม่เป็นพันธุ์ ระยอง 11 มีพ่อเป็นพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (Atchara *et al,* 2003)

การคัดเลือกครั้งที่ 1

สามารถคัดเลือกพันธุ์ที่มีลักษณะทรงต้นดี ลักษณะหัว และการกระจายของหัวดี และมีค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว (harvest index) สูงกว่า 0.50 ไม่แสดงอาการอ่อนแอต่อโรค เช่น มีอาการใบไหม้ ใบร่วง ใบเป็นพุ่มแจ้ หรือมียางไหลที่ลำต้น ไม่พบการถูกทำลายอย่างรุนแรงจากแมลงศัตรู เช่น ยอดหงิก ใบม้วนงอ ใบร่วง หรือ พื้นที่ใบถูกทำลายมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ได้ทั้งหมด 856 พันธุ์

การคัดเลือกครั้งที่ 2

สามารถคัดเลือกพันธุ์ที่มีความงอกสูง มีลักษณะทรงต้นดี ลักษณะหัวดี ให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งสูง และมีค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวสูง ตลอดจนไม่แสดงอาการอ่อนแอต่อโรคและแมลงศัตรู ได้ 120 พันธุ์ โดยพันธุ์ระยอง 86-13 หรือ CMR46-39-42 ให้ผลผลิตหัวสด 2.34 กิโลกรัม/ต้น มีแป้ง 29.8 เปอร์เซ็นต์ และมันแห้ง 40.2 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าพันธุ์ระยอง 5 H.I. คือ 0.68 (Table 1)

Table 1. Performance of Rayong 86-13 compared with Rayong 5 from the experiment of second selection at Rayong Field Crops Research Center in 2004/05

Varieties	Yield (kg/plant)	Starch (%)	Dry matter (%)	Harvest index	Height (cm)
Rayong 86-13	2.34	29.8	40.2	0.68	153
Rayong 5	2.10	25.4	37.0	0.73	170

การเปรียบเทียบเบื้องต้น

คัดเลือกพันธุ์ที่ดี ได้จำนวน 18 พันธุ์ โดยที่พันธุ์ระยอง 86-13 ให้ผลผลิตหัวสด 5,485 กิโลกรัม/ไร่ มีแป้ง 29.1 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นผลผลิตแป้ง 1,596 กิโลกรัม/ไร่ มีมันแห้ง 39.3 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นผลผลิตมันแห้งได้ 2,156 กิโลกรัม/ไร่ และ มี H.I. 0.69 เปรียบเทียบกับพันธุ์ระยอง 5 ที่ให้ผลผลิตหัวสด 6,205 กิโลกรัม/ไร่ มีแป้ง 27.1 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นผลผลิตแป้ง 1,681 กิโลกรัม/ไร่ มีมันแห้ง 38.0 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นผลผลิตมันแห้งได้ 2,358 กิโลกรัม/ไร่ และมีดัชนีเก็บเกี่ยว 0.68 (Table 2)

Table 2. Performance of Rayong 86-13 compared with Rayong 5 and Rayong 7 from the experiment of preliminary yield trial at Rayong Field Crops Research Center in 2005/06

Varieties	Yield	Starch		Dry matter		Harvest	Height
	(kg/rai)	(%)	(kg/rai)	(%)	(kg/rai)	index	(cm)
Rayong 86-13	5,485	29.1	1,596	39.3	2,156	0.69	165
Rayong 5	6,205	27.1	1,681	38.0	2,358	0.68	175
Rayong 72	5,999	24.1	1,446	35.9	2,153	0.71	190

การเปรียบเทียบมาตรฐาน

คัดเลือกพันธุ์ที่ดีได้จำนวน 8 พันธุ์ โดยพันธุ์ระยอง 86-13 ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 4,391 กิโลกรัม/ไร่ มีแป้ง 22.8 เปอร์เซ็นต์ มีมันแห้ง 35.1 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตแป้ง 1,008 กิโลกรัม/ไร่ และให้ผลผลิตมันแห้ง 1,547 กิโลกรัม/ไร่ ในขณะที่พันธุ์ระยอง 5 และพันธุ์ระยอง 9 ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 3,899 และ 3,622 กิโลกรัม/ไร่ มีแป้ง 17.3 และ 20.5 เปอร์เซ็นต์ มันแห้ง 31.9 และ 33.5 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตแป้ง 733 และ744 กิโลกรัม/ไร่ และให้ผลผลิตมันแห้ง1,275 และ 1,213 กิโลกรัม/ไร่ (Table 3)

Table 3. Performance of Rayong 86-13 compared with Rayong 5 and Rayong 9 from the experiment of standard yield trial in 2006/07 (3 locations)

Varieties	Yield	Starch		Dry matter	
	(kg/rai)	(%)	(kg/rai)	(%)	(kg/rai)
Rayong 86-13	4,391	22.8	1,008	35.1	1,547
Rayong 5	3,899	17.3	733	31.9	1,275
Rayong 9	3,622	20.5	744	33.5	1,213
$LSD_{0.05}$	876	3.5	249	2.6	331
CV (%)	22.8	20.1	33.5	8.5	26.4

การเปรียบเทียบในท้องถิ่น

คัดเลือกพันธุ์ที่ดีได้จำนวน 5 พันธุ์ โดยพันธุ์ระยอง 86-13 ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 5,116 กิโลกรัม/ไร่ มีแป้ง 27.0 เปอร์เซ็นต์ มีมันแห้ง 38.1 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตแป้ง 1,386 กิโลกรัม/ไร่ และให้ผลผลิตมันแห้ง 1,955 กิโลกรัม/ไร่ ในขณะที่พันธุ์ระยอง 5 และระยอง 9 ในผลผลิตหัวสด 5,015 และ 4,975 กิโลกรัม/ไร่ มีแป้ง 23.9 และ 26.0 เปอร์เซ็นต์ มีมันแห้ง 35.9 และ 37.4 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตแป้ง 1,210 และ 1,308 กิโลกรัม/ไร่ และให้ผลผลิตมันแห้ง 1,809 และ 1,872 กิโลกรัม/ไร่ (Table 4)

Table 4. Performance of Rayong 86-13 compared with Rayong 5 from the experiment of regional yield trial in 2007/08 (7 locations)

Varieties	Yield	Starch		Dry matter	
	(kg/rai)	(%)	(kg/rai)	(%)	(kg/rai)
Rayong 86-13	5,116	27.0	1,386	38.1	1,955
Rayong 5	5,015	23.9	1,210	35.9	1,809
Rayong 9	4,975	26.0	1,308	37.4	1,872
$LSD_{0.05}$	490	0.78	136	0.56	188
CV (%)	17.9	5.5	19.5	3.7	18.5

การเปรียบเทียบในไร่เกษตรกร

ดำเนินการปี 2551/52 เก็บข้อมูลได้ 10 แปลงทดลอง พบว่า สามารถคัดเลือกพันธุ์ที่ดีได้จำนวน 3 พันธุ์ โดยที่ผลผลิตหัวสดของพันธุ์ระยอง 86-13 ในแปลงทดลอง จ.ระยอง ชัยนาท และ เลย สูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบทั้ง 3 พันธุ์ (ระยอง 5 ระยอง 7 และระยอง 9) แปลงทดลอง จ. ชลบุรี สกลนคร และ มุกดาหารให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์เปรียบเทียบทั้ง 3 พันธุ์ และแปลงทดลอง จ.ปราจีนบุรี นครราชสีมา ร้อยเอ็ด และอุบลราชธานี ให้ผลผลิตใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบทั้ง 3 พันธุ์ แต่ในส่วนของเปอร์เซ็นต์แป้ง และมันแห้ง พบว่า เกือบทุกแปลงทดลอง พันธุ์ระยอง 86-13 มีเปอร์เซ็นต์แป้ง และมันแห้ง สูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบทั้ง 3 พันธุ์ ดังนั้น เมื่อคำนวนเป็นผลผลิตแป้งและผลผลิตมันแห้งต่อไร่ จึงทำให้พันธุ์ระยอง 86-13 ให้ผลผลิตแป้งและผลผลิตมันแห้งต่อไร่ สูงกว่าหรือใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบทั้ง 3 พันธุ์ ในเกือบทุกแปลงทดลอง คือ พันธุ์ระยอง 86-13 ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 4,185 กิโลกรัม/ไร่ มีแป้ง 26.0 เปอร์เซ็นต์ มีมันแห้ง 37.4 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นผลผลิตแป้งและผลผลิตมันแห้ง 1,088 และ 1,565 กิโลกรัม/ไร่ ในขณะที่พันธุ์ระยอง 5 ระยอง 7 และระยอง 9 ให้ผลผลิตหัวสด 4,432, 4,339 และ 4,155 กิโลกรัม/ไร่ มีแป้ง 22.3, 22.1 และ 24.4 เปอร์เซ็นต์ มีมันแห้ง

34.7, 34.6 และ 36.2 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นผลผลิตแป้ง 988, 959 และ 1,014 กิโลกรัม/ไร่ และผลผลิตมันแห้ง 1,538, 1,501 และ 1,504 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (Table 5)

Table 5. Performance of Rayong 86-13 compared with Rayong 5 Rayong 7 and Rayong 9 from the experiment of farmer field trial in 2008/09 (10 locations)

Varieties	Yield	Starch		Dry matter	
	(kg/rai)	(%)	(kg/rai)	(%)	(kg/rai)
Rayong 86-13	4,185	26.0	1,088	37.4	1,565
Rayong 5	4,432	22.3	988	34.7	1,538
Rayong 7	4,339	22.1	959	34.6	1,501
Rayong 9	4,155	24.4	1,014	36.2	1,504
$LSD_{0.05}$	351	1.0	103	0.7	136
CV (%)	17.0	9.0	21.0	4.3	18.4

การทดสอบในไร่เกษตรกร

ปีที่ 1 ดำเนินการปี 2552/53 10 แปลงทดลอง พบว่า ผลผลิตหัวสดของพันธุ์ระยอง 86-13 กับพันธุ์เปรียบเทียบทั้ง 3 พันธุ์ (ระยอง 5 ระยอง 7 และระยอง 9) ในหลาย ๆ แปลงทดลอง ใกล้เคียงกัน แต่ในส่วนของเปอร์เซ็นต์แป้ง และมันแห้ง พบว่า ในเกือบทุกแปลงทดลอง พันธุ์ระยอง 86-13 มีเปอร์เซ็นต์แป้ง และมันแห้ง สูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบทั้ง 3 พันธุ์ เมื่อนำข้อมูลมาหาค่าเฉลี่ย พบว่า พันธุ์ระยอง 86-13 ให้ผลผลิตหัวสด ผลผลิตแป้ง และผลผลิตมันแห้ง 3,948 1,050 และ 1,496 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ระยอง 5 ระยอง 7 และระยอง 9 ให้ผลผลิตหัวสด 3,812 4,122 และ 4,012 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ผลผลิตแป้ง 911 1,002 และ 1,047 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ และให้ผลผลิตมันแห้ง 1,368 1,492 และ 1,504 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์แป้ง พบว่า พันธุ์ระยอง 86-13 ให้สูงสุด (26.6 เปอร์เซ็นต์) ใกล้เคียงกับพันธุ์ระยอง 9 ที่มีแป้ง 26.1 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่พันธุ์ ระยอง 5 และ ระยอง 7 มีแป้ง 23.9 และ 24.3 เปอร์เซ็นต์ (Table 6)

Table 6. Performance of Rayong 86-13 compared with Rayong 5 Rayong 7 and Rayong 9 from the experiment of Farmer field test in 2009/10 (10 locations)

Varieties	Yield	Starch		Dry matter	
	(kg/rai)	(%)	(kg/rai)	(%)	(kg/rai)
Rayong 86-13	3,948	26.6	37.9	1,050	1,496
Rayong 5	3,812	23.9	35.9	911	1,368
Rayong 7	4,122	24.3	36.2	1,002	1,492
Rayong 9	4,012	26.1	37.5	1,047	1,504

ปีที่ 2 ดำเนินการปี 2553/54 3 แปลงทดลอง พบว่า พันธุ์ระยอง 86-13 ให้ผลผลิตหัวสด ผลผลิตแป้ง และผลผลิตมันแห้งเฉลี่ย 5,348 1,583 และ 2,139 กิโลกรัม/ไร่ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ระยอง 5 ระยอง 7 และระยอง 9 ให้ผลผลิตหัวสด 4,364 4,966 และ 5,226 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ผลผลิตแป้ง 1,191, 1,316 และ 1,400 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ และให้ผลผลิตมันแห้ง 1,680, 1,877 และ 1,986 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์แป้ง พบว่า พันธุ์ระยอง 86-13 มีแป้งสูงที่สุด (29.6 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่พันธุ์ระยอง 5 ระยอง 7 และ ระยอง 9 มีแป้ง 27.3 26.5 และ 26.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 7)

Table 7. Performance of Rayong 86-13 compared with Rayong 5 Rayong 7 and Rayong 9 from the experiment of Farmer field test in 2010/11 (3 locations)

Varieties	Yield	Starch		Dry matter	
	(kg/rai)	(%)	(kg/rai)	(%)	(kg/rai)
Rayong 86-13	5,348	29.6	1,583	40.0	2,139
Rayong 5	4,364	27.3	1,191	38.5	1,680
Rayong 7	4,966	26.5	1,316	37.8	1,877
Rayong 9	5,226	26.8	1,400	38.0	1,986

การปรับตัวกับสภาพแวดล้อม

จากการวิเคราะห์เสถียรภาพ (stability) โดยใช้ข้อมูลจากการเปรียบเทียบในไร่เกษตรกร ปี 2551/52 จำนวน 9 แปลงทดลอง โดยวิธีของ Eberhart และ Russell (1966) สรุปได้ดังนี้

ผลวิเคราะห์เสถียรภาพของการให้ผลผลิตหัวสด พบว่า พันธุ์ระยอง 86-13 ระยอง 5 และระยอง 9 ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 4,670, 4,710 และ 4,760 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ มีค่าสัมประสิทธิ์ รีเกรสชั่น (b_i) 1.216 1.031 และ 0.904 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างไปจาก 1.00 และมีค่าความแปรปรวนเนื่องจากความเบี่ยงเบนจากรีเกรสชั่น (S^2_{di}) 0.18 0.14 และ 0.09 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างไปจาก 0 แสดงว่า พันธุ์ระยอง 86-13 มีเสถียรภาพในการให้ผลผลิตหัวสดเช่นเดียวกับพันธุ์ระยอง 5 และระยอง 9 (Table 8)

ผลวิเคราะห์เสถียรภาพของการให้เปอร์เซ็นต์แป้ง พบว่า พันธุ์ระยอง 86-13 ระยอง 5 และระยอง 9 มีค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่น (b_i) ของการให้เปอร์เซ็นต์แป้ง 0.901, 1.055 และ 0.944 ตามลำดับ ซึ่งไม่ต่างไปจาก 1.00 และมีค่าความแปรปรวนเนื่องจากความเบี่ยงเบนจากรีเกรสชั่น (S^2_{di}) 1.29, 1.49 และ 0.61 ตามลำดับ ซึ่งไม่ต่างไปจาก 0 แสดงว่า การให้เปอร์เซ็นต์แป้งของ พันธุ์ระยอง 86-13 มีเสถียรภาพเช่นเดียวกับพันธุ์ระยอง 5 และระยอง 9 และยังให้เปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ย 26.1 เปอร์เซ็นต์

ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยรวม คือ 23.7 เปอร์เซ็นต์ และสูงกว่าพันธุ์ระยอง 5 และระยอง 9 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ย 22.5 และ 24.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 8)

Table 8. Regression coefficient and variation of deviation from regression of Rayong 86-13 compared with Rayong 5 and Rayong 9 (Analyzed from the results of farmer field trial in 2008/09 9 locations)

Varieties	Yield (kg/rai)	Starch content (%)	Regression coefficient [1] (b_i)	variation of deviation from regression [2] (S^2_{di})
Root yield				
Rayong 86-13	4,674		1.216^{ns}	0.18^{ns}
Rayong 5	4,706		1.031^{ns}	0.14^{ns}
Rayong 9	4,765		0.904^{ns}	0.09^{ns}
Average	4,710			
Starch content				
Rayong 86-13		26.12	0.901^{ns}	1.29^{ns}
Rayong 5		22.53	1.055^{ns}	1.49^{ns}
Rayong 9		24.69	0.944^{ns}	0.61^{ns}
Average		23.70		

[1] ns = not significantly different from 1

[2] ns = not significantly different from 0

การตอบสนองของพันธุ์ระยอง 86-13 ต่อการจัดการธาตุอาหาร

ดำเนินการปี 2554/55 ในชุดดินสัตหีบ จังหวัดระยอง พบว่า การให้ผลผลิตของพันธุ์ระยอง 86-13 มีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน และโพแทสเซียม อย่างชัดเจน โดยอัตราปุ๋ยที่ให้ผลผลิตหัวสดสูง คือ อัตรา 16-8-24 และ 24-8-16 กิโลกรัม/ไร่ ของ $N–P_2O_5-K_2O$ ซึ่งให้ผลผลิต 7,396 และ 7,277 กิโลกรัม/ไร่ และมีแป้ง 28.5 และ 28.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับอัตราที่แนะนำโดยทั่วไป คือ อัตรา 16-8-16 กิโลกรัม/ไร่ของ $N–P_2O_5-K_2O$ ให้ผลผลิตหัวสด 6,884 กิโลกรัม/ไร่ และมีแป้ง 29.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับ 2 อัตราข้างต้น และเมื่อคำนวณเป็นรายได้และกำไรต่อไร่แล้ว พบว่า ได้ใกล้เคียงกัน (Table 9)

การประเมินความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของไรแดงและแมลงศัตรู

โดยประเมินในสภาพแปลงตามธรรมชาติ ในปี 2548/49 พบว่า พันธุ์ระยอง 86-13 มีไรแดงเข้าทำลายในระดับ 2 คะแนน ในขณะที่พันธุ์ระยอง 5 ระยอง 7 และระยอง 9 มีไรแดงเข้าทำลายในระดับ 2 , 2 และ 2 คะแนน (Table 10) ส่วนแมลงหวี่ขาวและเพลี้ยแป้งไม่พบการระบาด

Table 9. Root yield, starch content, gross income, production cost and net income from the experiment of Studying cassava response to fertilizer management in Sattahip soil series at Rayong in 2011/12

N-P_2O_5-K_2O (kg/rai)	Root yield (kg/rai)	Starch content (%)	Gross income (baht/rai) [1]	Production cost (baht/rai)		Net income (baht/rai)
				Fertilizer	Other [2]	
0-0-0	3,680 f	28.1	7,360	0	2,792	4,568
0-8-16	4,386 e	28.8	8,991	1,136	3,274	4,581
8-8-16	6,148 d	28.7	12,603	1,341	3,979	7,283
16-8-16	6,884 ab	29.3	14,112	1,546	4,274	8,292
24-8-16	7,277 a	28.3	14,554	1,751	4,430	8,373
16-0-16	6,674 bc	28.7	13,681	1,198	4,190	8,293
16-16-16	6,686 c	28.3	13,768	1,894	4,274	7,600
16-8-0	4,802 e	28.2	9,604	1,054	3,441	5,109
16-8-8	6,649 cd	29.0	13,630	1,302	4,180	8,148
16-8-24	7,396 a	28.5	15,161	1,790	4,478	8,893
CV. (%)	8.1	3.7				

Value within a column that are followed by the same letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test

[1] Calculate from the root price 2.10 baht/kg at the starch content 30% and the price is decreased 0.05 baht/kg at each 1% lower of starch content

[2] Calculate from the other cost :

- Land preparation 630 baht/rai
- Planting 150 baht/rai
- Weed control 540 baht/rai
- Fertilizer application and fertilizer transportation cost 200 baht/rai
- Harvesting and yield transportation cost 0.40 baht/kg

Source : Wanlee *et al.* (2012)

การประเมินความต้านทานโรคใบไหม้

จากการนำมันสำปะหลังจำนวน 90 พันธุ์ รวมทั้งพันธุ์ระยอง 5 ระยอง 7 ระยอง 9 ระยอง 11 และ พันธุ์ระยอง 86-13 มาปลูกในเรือนทดลอง และปลูกเชื้อ *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* เมื่ออายุ 1 เดือน โดยวิธีการตัดใบด้วยกรรไกรจุ่มสารละลายเชื้อ ภายหลังปลูกเชื้อนำไปบ่มเลี้ยงไว้ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ไม่มีพันธุ์ใดที่ต้านทาน หรือค่อนข้างต้านทาน โดยที่ CMR46-39-42 ระยอง 5 ระยอง 7 ระยอง 9 และระยอง 11 แสดงปฏิกิริยาอ่อนแอต่อโรค คือ ใบเน่าจากรอยตัด ใบเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและร่วงหล่น เกิดแผลลุกลามเข้าสู่ต้น (Table 11)

Table 10. The evaluations of red mite infestation among the tested cassava varieties under field conditions at Rayong Field Crops Research Center in 2006.

Varieties	Level of infestation
Rayong 86-13	2
Rayong 5	2
Rayong 7	2
Rayong 9	2

Level : 1 = no infestation
2 = infestation 25 % of plant leaf area
3 = infestation 50 % of plant leaf area
4 = infestation 75 % of plant leaf area
5 = infestation 100 % of plant leaf area

Source : Prapit *et al.* (2012)

Table 11. The evaluations of Cassava bacterial blight among the tested cassava varieties under greenhouse conditions at Rayong Field Crops Research Center in 2012

Varieties	level of resistance	CBB interaction
Rayong 86-13	4.05	susceptible
Rayong 5	4.70	susceptible
Rayong 7	5.00	susceptible
Rayong 9	4.60	susceptible
Rayong 11	4.80	susceptible

Level : 0 - 1.0 resistance
1.1 - 2.0 relatively resistance
2.1 - 3.0 moderately resistance
3.1 - 4.0 relatively susceptible
4.1 - 5.0 susceptible

Source : Phanuwat *et al.* (2012)

สรุปลักษณะเด่นของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13

จากข้อมูลผลการทดลองตั้งแต่ปี 2548/49 – 2553/54 จำนวนทั้งหมด 34 แปลงทดลอง พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตแป้งสูง เปอร์เซ็นต์แป้งสูง และผลผลิตหัวสด สูง โดยสูงกว่าพันธุ์มาตรฐานระยอง 5 ระยอง 7 และระยอง 9 ดังนี้

1. ผลผลิตแป้งสูง จากข้อมูลผลการทดลองทั้งหมด 34 แปลงทดลอง มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 ให้ผลผลิตแป้ง 1,196 กิโลกรัม/ไร่ สูงกว่าพันธุ์มาตรฐานระยอง 5 ระยอง 7 และระยอง 9 คิดเป็นร้อยละ 16, 14 และ 9 ตามลำดับ (Table 12)

Table 12. Starch yield (kg/rai) of Rayong 86-13 compared with Rayong 5 Rayong 7 and Rayong 9 at different stages of selections under the cassava varietal improvement project of DOA during 2005/06 – 2010/11

Varieties	Preliminary yield trial	Standard yield trial	Regional yield trial	Farmer Field trial	Farmer Field test	Average	% Comparison		
Number of locations	1	3	7	10	13				
Rayong 86-13	1,596	1,008	1,389	1,088	1,173	1,196	116	114	109
Rayong 5	1,681	733	1,210	988	976	1,029	100	-	-
Rayong 7	-	-	-	959	1,074	1,052	-	100	-
Rayong 9	-	744	1,308	1,014	1,128	1,095	-	-	100

2. เปอร์เซ็นต์แป้งสูง จากข้อมูลผลการทดลองทั้งหมด 34 แปลงทดลอง มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 มีแป้งเฉลี่ย 26.3 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าพันธุ์มาตรฐานระยอง 5 ระยอง 7 และ ระยอง 9 ร้อยละ 14, 11 และ 5 ตามลำดับ (Table 13)

Table 13. Starch content (%) of Rayong 86-13 compared with Rayong 5 Rayong 7 and Rayong 9 at different stages of selections under the cassava varietal improvement project of DOA during 2005/06 – 2010/11

Varieties	Preliminary yield trial	Standard yield trial	Regional yield trial	Farmer Field trial	Farmer Field test	Average	% Comparison		
Number of locations	1	3	7	10	13				
Rayong 86-13	29.1	22.8	27.0	26.0	27.3	26.3	114	111	105
Rayong 5	27.1	17.3	23.9	22.3	24.7	23.1	100	-	-
Rayong 7	-	-	-	22.1	24.8	23.7	-	100	-
Rayong 9	-	20.9	26.0	24.4	26.3	25.0	-	-	100

3. ผลผลิตหัวสดสูง จากข้อมูลผลการทดลองทั้งหมด 34 แปลงทดลอง มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 ให้ผลผลิตหัวสด 4,513 กิโลกรัม/ไร่ สูงกว่าพันธุ์มาตรฐานระยอง 5 ระยอง 7 และระยอง 9 คิดเป็นร้อยละ 3, 3 และ 4 ตามลำดับ (Table 14)

Table 14. Fresh root yield (kg/rai) of Rayong 86-13 compared with Rayong 5 Rayong 7 and Rayong 9 at different stages of selections under the cassava varietal improvement project of DOA during 2005/06 – 2010/11

Varieties	Preliminary yield trial	Standard yield trial	Regional yield trial	Farmer Field trial	Farmer Field test	Average	% Comparison		
Number of locations	1	3	7	10	13				
Rayong 86-13	5,485	4,391	5,116	4,185	4,271	4,513	103	103	104
Rayong 5	6,205	3,899	5,015	4,432	3,939	4,401	100	-	-
Rayong 7	-	-	-	4,339	4,317	4,366	-	100	-
Rayong 9	-	3,622	4,975	4,155	4,292	4,351	-	-	100

Table 15. Root yield, starch content, cassava root price and farmer income before and after expense deduction of harvesting and yield transportation by planting Rayong 86-13 compared with Rayong 5, Rayong 7 and Rayong 9 and cost of starch factory for buying fresh root of each variety to produce stach

Varieties	Yield (kg/rai)	Starch content (%)	Cassava root price[1] (baht/kg)	Income (baht/rai)	Income after[2] expense deduction of harvesting and transportation (baht/rai)	Number of cassava fresh root to produce 1 ton of starch (kg)	Cost of starch factory for buying fresh root to produce 1 ton of starch (baht)
Rayong 86-13	4,513	26.3	1.91	8,620	6,815	3,802	7,262
Rayong 5	4,401	23.1	1.75	7,702	5,942	4,329	7,576
Rayong 7	4,366	23.7	1.78	7,771	6,025	4,219	7,510
Rayong 9	4,351	25.0	1.85	8,049	6,308	4,000	7,400

[1] Calculate from the root price 2.10 baht/kg at the starch content 30% and the price is decreased 0.05 baht/kg at each 1% lower of starch content

[2] Harvesting cost : 0.25 baht/kg ; yield transportation cost : 0.15 baht/kg

ข้อดีของการมีเปอร์เซ็นต์แป้งและผลผลิตแป้งสูง คือ เกษตรกรขายได้ในราคาที่สูงขึ้น และช่วยลดต้นทุนค่ากระบวนการผลิตของผู้ประกอบการ โดยในการผลิตแป้ง 1 ตัน จะใช้วัตถุดิบเป็น หัวสดของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 ปริมาณ 3,802 กิโลกรัม ต้นทุนของโรงงานในการซื้อหัวสดเพื่อแปรรูปเป็นแป้ง 1 ตัน พบว่า การใช้พันธุ์ระยอง86-13 มีต้นทุนต่ำสุด คือ 7,262 บาท (Table 15)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และทางเกษตรของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13

มีลำต้นสีเขียวเงิน ยอดอ่อนสีม่วง รูปร่างแผ่นใบกลางเป็นแบบใบหอกกลับ (Oblanceolate) ก้านใบสีเขียวอมแดง เนื้อสีขาว เปลือกสีน้ำตาลอ่อน (Table 16) ส่วนผลผลิต เปอร์เซ็นต์แป้ง และลักษณะทางเกษตรที่สำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์รับรองอื่น แสดงไว้ใน Table 17

Table 16. Botanic characters of Rayong 86-13 compared with Rayong 5 Rayong 7 Rayong 9 and Rayong 11

characters	Rayong 86-13	Rayong 5	Rayong 7	Rayong 9	Rayong 11
Height (cm)[1]	214[1]	196[1]	187[1]	225[1]	192[2]
Stem color	Silver green	Brown green	Light brown	Light brown	Silver green
Branching level	0-1	2-3	0-1	0-2	1-3
Height of branching position (cm)	160-180	100-120	160-180	160-180	140-160
Angle of branching (degree)	30-45	60-75	30-45	45-60	75-90
Color of petiole	Reddish green	Dark red	Pink green	Pink green	Reddish green
Length of petiole (cm)	15-20	15-20	15-20	20-25	15-20
Shape of central lobe of leaf	Oblanceolate	Lanceolate	Lanceolate	Lanceolate	Lanceolate
Color of the first mature leaf	Dark green	Dark green	Green	Green	Dark green
Color of apical leaf	Purple	Light purple	Light green	Light green	Purple
External color of root	Light brown	Light brown	Light brown	Light brown	Dark brown
Colour of flesh	White	White	White	White	White

[1] Average from Standard yield trial and Regional yield trial in 2006/07 10 locations

[2] Data from paper which applied for recommended variety of Rayong 11

Table 17. Agronomic characters of Rayong 86-13 compared with Rayong 5 Rayong 7 Rayong 9 and Rayong 11

Characters	Rayong 86-13	Rayong 5	Rayong 7	Rayong 9
Fresh root yield (kg/rai) [1]	4,513	4,401	4,366	4,351
Starch content (%)[1]	26.3	23.1	23.7	25.0
Starch yield (kg/rai) [1]	1,196	1,029	1,052	1,095
Root dry matter (%) [2]	37.6	35.4	35.8	36.7
Dry root yield (kg/rai) [2]	1,705	1,564	1,574	1,602
Harvest index[3]	0.61	0.60	0.63	0.61
CBB resistance[4]	susceptible	susceptible	susceptible	susceptible
Red mite infestation level[5]	2	2	2	2

[1] From Table 12 13 and 14

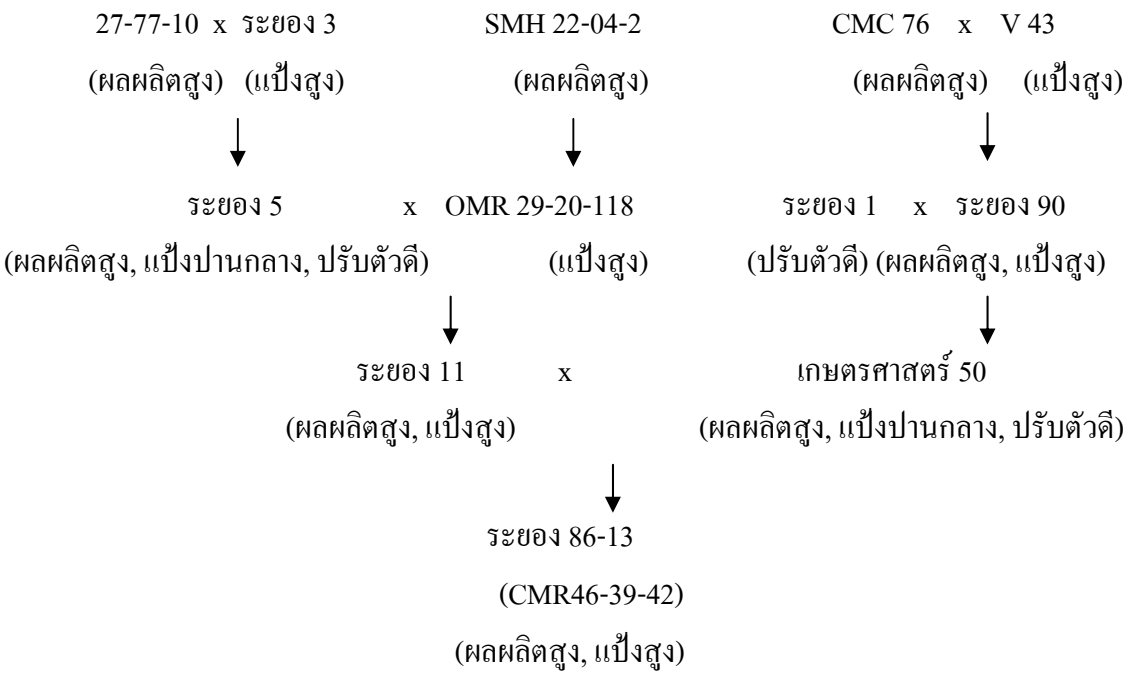
[2] Average from Preliminary yield trial, Standard yield trial , Regional yield trial , Farmer field trial and Farmer field test during 2005/06 – 2010/11 34 locations

[3] Average from Standard yield trial , Regional yield trial and Farmer field trial during 2006/07 – 2007/08 12 locations

[4] Phanuwat *et al.* (2012)

[5] Prapit *et al.* (2012)

แผนภูมิประวัติพ่อแม่พันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13



สรุปผลการทดลอง

มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 ได้จากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างพันธุ์แม่ที่มีแป้งสูงและผลผลิตสูง คือ ระยอง 11 กับพันธุ์พ่อที่ให้ผลผลิตสูงและปรับตัวได้ดีกับสภาพแวดล้อม คือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 หลังจากผ่านการคัดเลือกพันธุ์และเปรียบเทียบเบื้องต้นที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ได้นำไปปลูกเปรียบเทียบกับพันธุ์มาตรฐานและประเมินผลผลิตที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ฯ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรฯ ตลอดจนไร่เกษตรกรในจังหวัดต่าง ๆ ซึ่งเป็นแหล่งปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญของประเทศรวม 14 จังหวัด ดำเนินการตั้งแต่ปี 2546 -2554 มีจำนวนแปลงทดลองตั้งแต่ขั้นคัดเลือกพันธุ์จนถึงขั้นทดสอบพันธุ์รวมทั้งสิ้น 34 แปลงทดลอง พบว่ามีลักษณะที่ดี คือ

1. ให้ผลผลิตแป้งสูง เฉลี่ย 1,196 กิโลกรัม/ไร่ สูงกว่าพันธุ์ระยอง 5 ระยอง 7 และระยอง 9 ร้อยละ 16, 14 และ 9 ตามลำดับ

2. มีแป้งสูง เฉลี่ย 26.3 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าพันธุ์ระยอง 5 ระยอง 7 และระยอง 9 ร้อยละ 14, 11 และ 5 ตามลำดับ

3. ให้ผลผลิตหัวสดสูง เฉลี่ย 4,513 กิโลกรัม/ไร่ สูงกว่าพันธุ์ระยอง 5 ระยอง 7 และระยอง 9 ร้อยละ 3, 3 และ 4 ตามลำดับ

เป็นพันธุ์ที่สามารถปลูกได้ในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั่วไปทั้งภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง พื้นที่ซึ่งให้ผลผลิตสูง เช่น จังหวัดชัยนาท ขอนแก่น เลย มหาสารคาม นครราชสีมา และอุบลราชธานี เป็นต้น

จึงได้เสนอเป็นพันธุ์รับรอง ในปี 2556 เพื่อเป็นการเฉลิมพระเกียรติในวโรกาสมหามงคลที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงเจริญพระชนมพรรษา 86 พรรษา ได้ตั้งชื่อพันธุ์นี้ว่า มันสำปะหลังพันธุ์ “ระยอง 86-13”

คำขอบคุณ

การวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังระยอง 86-13 ได้รับความร่วมมือ การสนับสนุน และอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน จากผู้อำนวยการสถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง อุบลราชธานี นครสวรรค์ ขอนแก่น และ ชัยนาท ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปราจีนบุรี มหาสารคาม กาฬสินธุ์ สกลนคร ร้อยเอ็ด นครราชสีมา มุกดาหาร เลย และสุพรรณบุรี รวมทั้งนักวิชาการสถิติ กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์ทางสถิติงานวิจัยเกษตร กองแผนงาน กรมวิชาการเกษตร และเกษตรกรเจ้าของแปลงเปรียบเทียบและทดสอบพันธุ์ทำให้การดำเนินงานลุล่วงด้วยดี คณะผู้ดำเนินงานขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

ประพิศ วองเทียม จงรักษ์ จารุเนตร อัจฉรา ลิ่มศิลา ศุภชัย สารกาญจน์ และพิมลพันธ์ โศธนะ. 2555. ศึกษาปฏิกิริยาของไรแดงและแมลงศัตรูลูกผสมชุดปี 2546-2549. ใน : รายงานผลงานวิจัยปี 2549-2553. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

ภานุวัฒน์ มูลจันทะ จงรักษ์ จารุเนตร ประพิศ วองเทียม รุ่งระวี บุญทั่ง จิณณจาร์ หาญเศรษฐสุข สุพรรณณี เป็งคำ และพิมลพันธ์ โศธนะ. 2555. การศึกษาระดับความต้านทานโรคที่สำคัญของมันสำปะหลังลูกผสมปี 2552 พันธุ์จากแหล่งเชื้อพันธุกรรม. ใน : รายงานความก้าวหน้างานวิจัยมันสำปะหลัง ประจำปี 2555. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

วัลลีย์ อมรพล กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ รุ่งรวี บุญทั่ง. 2555. ศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังต่อการจัดการธาตุอาหารในกลุ่มดินทราย ชุดดินสัตหีบ. หน้า 7-25. ใน : รายงานประจำปี 2554 โครงการวิจัยและพัฒนาวิธีการเขตกรรมมันสำปะหลัง. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง 2553. เอกสารเสนอขอรับรองพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. 38 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2556. อักษรสยามการพิมพ์ กรุงเทพฯ. 162 น.

อัจฉรา ลิ่มศิลา ดนัย ศุภาหาร ศุภชัย สารกาญจน์ และวัฒนะ วัฒนานนท์. 2546. การผสมพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพ (ลูกผสมปี 2544 2545 2546). หน้า 24-51. ใน : รายงานผลงานวิจัยมันสำปะหลัง 2544-2546. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 6: 36-40.



Figure 1. Plant type : high, branching 0-1 level



Figure 2. Apical leaft color : purple



Figure 3. Stem color : silver green



Figure 4. Leaf : shape of central lobe : oblanceolate

: petiole color : reddish green



Figure 5. Root colour

External color : light brown

Flesh color : white

ฝ้ายเส้นใยสีเขียวพันธุ์ตากฟ้า 86-5

Tak Fa 86-5 : Green-Staple Cotton Cultivar

ปริญญา สีบุญเรือง [1] ศิวิไล ลาภบรรจบ [1] อมรา ไตรศิริ [1] สุริพัฒน์ ไทยเทศ [1] นัฐภัทร์ คำหล้า [1]
ศุภกาญจน์ ล้วนมณี [1] สมใจ โค้วสุรัตน์ [1] ปัทมพร วาสนาเจริญ [1] อรรณพ กสิวิวัฒน์ [2]
รวีวรรณ เชื้อกิตติศักดิ์ [2] ปรีชา แสงโสดา [3] เพชรรัตน์ พลชา [3] นิมิต วงศ์สุวรรณ [3]
จุฑามาศ ศรีสำราญ [3] พิกุล ซุนพุ่ม [3] นงลักษณ์ ปั้นลาย [4] รัมม์พัน โกศลานันท์ [5]

Parinya Sebunruang[1] Siwilai Lapbunjob[1] Amara Traisiri[1] Suriphat Thaitad[1] Nattapat Khumla[1] Supakarn Luanmanee[1] Somjai Kowsurat[1] Pattamaporn Vassanacharoen[1] Annop Kasivivat[2]
Raweewan Chuekittisak[2] Preecha Sangsoda[3] Pecharat Pulcha[3] Nimit Wongsuwan[3]
Juthamas Srisamran[3] Phikun Sunphum[3] Nongluk Panlai[4] Rumphan Koslanund[5]

ABSTRACT

In order to transfer green-staple trait to Tak Fa 2 cotton (the good long white-staple cultivar), Tak Fa 2 cotton was crossed with a short green-staple cotton cultivar at Nakhon Sawan Field Crop Research Center in 2000, then backcrossing to Tak Fa 2 and selection for good green-staple yielding cotton plants in four succeeding generations were done. In each backcrossing, bulked seed were collected from green-staple cotton plants that exhibiting Tak Fa 2 plant type. The seeds of BC_4F_1 - BC_4F_5 were then sown for pedigree selection. In 2007, only 20 lines of BC_4F_5 families with good uniform green-staple yield and Tak Fa 2 plant type were selected. The 20 green-staple lines with uniformity in good plant type and good fiber quality were evaluated for yield potential in 2008-2011. The promising, Tak Fa 86-5 was a selection as outstanding in green-stable quality, high yield and leaf roll disease resistance.

Key words: Tak Fa 86-5, green-staple cotton, leaf roll disease

[1] สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน (Field and Renewable Energy Crops Research Institute)

[2] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 จังหวัดพิษณุโลก (The Office of Agricultural Research and Development Region, Phitsanulok)

[3] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 จังหวัดขอนแก่น (The Office of Agricultural Research and Development Region 3, Khon Kaen)

[4] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 จังหวัดชัยนาท (The Office of Agricultural Research and Development Region 5, Chainat)

[5] สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลการเกษตร (Postharvest and Processing Research and Development Office)

บทคัดย่อ

ในปี 2543 ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ได้นำฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 2 ที่ให้ผลผลิตสูง คุณภาพเส้นใยดี และต้านทานโรคใบหงิก ใช้เป็นพันธุ์แม่ ไปผสมข้ามกับพันธุ์พ่อ Green Cotton ที่มีเส้นใยสั้นสีเขียว และอ่อนแอต่อโรคใบหงิก แล้วทำการผสมกลับไปยังตากฟ้า 2 จำนวน 4 ชั่วรุ่น ระหว่างปี 2544-2545 โดยในการผสมกลับแต่ละครั้ง เก็บเมล็ดรวมกันจากต้นที่มีลักษณะคล้ายพันธุ์ตากฟ้า 2 แต่ให้เส้นใยสีเขียว จากนั้นปลูกลูกผสมกลับดังกล่าว (BC_4F_1) ในปี 2546 แล้วเก็บเมล็ดรวมกันจากต้นที่มีลักษณะคล้ายพันธุ์ตากฟ้า 2 แต่ให้เส้นใยสีเขียว นำไปปลูกเป็นชั่วที่ 2 (BC_4F_2) ในปี 2547 โดยมีการปลูกเชื้อโรคใบหงิกในสภาพไร่ แล้วเก็บเมล็ดแยกกันเป็นรายต้นเฉพาะต้นที่ต้านทานโรคใบหงิก และมีลักษณะคล้ายพันธุ์ตากฟ้า 2 แต่ให้เส้นใยสีเขียว เพื่อนำไปปลูกคัดเลือกแบบต้นต่อแถวในปี 2548 และทำการคัดเลือกแบบเก็บรวมในปี 2549-2550 จนได้สายพันธุ์ที่มีความสม่ำเสมอดี 20 สายพันธุ์ จากนั้นประเมินผลผลิตและลักษณะต่าง ๆ ตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ของกรมวิชาการเกษตรในระหว่างปี 2551-2554 ซึ่งพบว่าพันธุ์ตากฟ้า 86-5 มีความต้านทานโรคใบหงิก ให้ผลผลิตใกล้เคียงกับพันธุ์ตากฟ้า 2 มีคุณภาพเส้นใยที่ดี และมีลักษณะเด่น คือ มีเส้นใยเป็นสีเขียว โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการฟอกย้อม ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคที่กลับมานิยมใช้เส้นใยฝ้ายสีธรรมชาติที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำหลัก: ตากฟ้า 86-5, ฝ้ายเส้นใยเขียว, โรคใบหงิก

คำนำ

ฝ้ายเป็นพืชเส้นใยที่มีบทบาทสำคัญยิ่ง ในการใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอภายในประเทศถึงแม้ว่าปัจจุบันสิ่งทอจากเส้นใยประดิษฐ์จะได้รับความนิยมมากขึ้น แต่สิ่งทอจากฝ้ายซึ่งเป็นเส้นใยธรรมชาติก็ยังคงเป็นที่ต้องการของตลาดเช่นเดิม และยังขยายไปสู่หัตถกรรมสิ่งทอพื้นบ้าน ที่ทำรายได้ให้แก่ชุมชนในรูปของหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ แต่พื้นที่ปลูกฝ้ายของประเทศลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงระยะ 10 ปีที่ผ่านมา สาเหตุหนึ่งเนื่องจากต้นทุนการผลิตสูง ไม่คุ้มกับการลงทุน และเกษตรกรปลูกเพื่อใช้ในครัวเรือนเท่านั้น นอกจากนี้การที่รัฐหันไปสนับสนุนเกษตรกรให้ปลูกพืชทดแทนพลังงานทั้ง ๆ ที่ตลาดยังคงมีความต้องการฝ้ายเพิ่มขึ้น ก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกษตรกรหันไปปลูกพืชที่ให้ผลผลิตและราคาที่ดีกว่า ทำให้ต้องนำเข้าฝ้ายจากต่างประเทศกว่าร้อยละ95 ของความต้องการใช้ทั้งหมดภายในประเทศ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2550) สำหรับผลผลิตฝ้ายของประเทศในปัจจุบันนี้ เป็นเส้นใยยาวจากพันธุ์ตากฟ้า 2 และตากฟ้า 84-4 ที่ผ่านการรับรองพันธุ์จากกรมวิชาการเกษตรตั้งแต่ปี 2545 และปี 2555 ตามลำดับ ตลอดจนมีการผลิตฝ้ายเส้นใยสั้นพันธุ์พื้นเมืองในบางพื้นที่ของภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ดังนั้นการที่จะจูงใจให้เกษตรกรหันกลับมาปลูกฝ้ายอีกครั้งหนึ่ง จึงควรมุ่งไปที่การพัฒนาพันธุ์ฝ้ายเพื่อเพิ่มมูลค่าของผลผลิต และสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ หรือหัตถกรรมสิ่งทอที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวที่สวยงาม และมีความทันสมัยดึงดูดใจผู้บริโภค ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ จึงได้

พัฒนาพันธุ์ฝ้ายให้เส้นใยมีสีธรรมชาติ (natural color) เช่น สีน้ำตาล หรือสีเขียว เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าผลผลิต และศักยภาพในการแข่งขันให้กับผู้ผลิต ตลอดจนเป็นทางเลือกใหม่ให้แก่ผู้บริโภคในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ด้วยการลดมลภาวะน้ำเสียจากการฟอกย้อม รวมถึงการแพ้สารเคมีที่ใช้ในการฟอกย้อม (สมชาย และคณะ, 2545) เพื่อเป็นการยกระดับและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์สิ่งทอของไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

การพัฒนาสายพันธุ์

พัฒนาพันธุ์ฝ้ายตากฟ้า 86-5 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ระหว่างปี 2543-2550 โดยผสมข้ามระหว่างพันธุ์ตากฟ้า 2 และ Green Cotton จากนั้นผสมกลับไปยังพันธุ์ตากฟ้า 2 จำนวน 4 ชั่วรุ่น แล้วปลูกลูกผสม BC_1F_2 ภายใต้สภาพที่มีการปลูกเชื้อใบหงิกในสภาพไร่ คัดเลือกแบบต้นต่อแถวในปี 2548 และคัดเลือกแบบเก็บรวมในปี 2549-2550 จนได้สายพันธุ์ฝ้ายเส้นใยสีเขียว ที่มีความสม่ำเสมอดี ต้านทานโรคใบหงิก ให้ผลผลิตและคุณภาพเส้นใยที่ดี แล้วจึงนำไปประเมินผลผลิต และคุณภาพเส้นใยตามขั้นตอนปรับปรุงพันธุ์ ระหว่างปี 2551-2554 คือ เปรียบเทียบเบื้องต้น เปรียบเทียบมาตรฐาน เปรียบเทียบในท้องถิ่น และเปรียบเทียบในไร่เกษตรกร รวมถึงศึกษาลักษณะประจำพันธุ์

การประเมินระดับความต้านทานต่อโรคใบหงิก

ปลูกเชื้อโรคใบหงิกในสภาพไร่ให้แก่ต้นฝ้ายสายพันธุ์คัดในประชากรลูกผสม BC_4F_2 ในปี 2547 แล้วคัดเลือกเฉพาะต้นที่ต้านทานต่อโรคใบหงิก มีลักษณะคล้ายพันธุ์ตากฟ้า 2 และมีเส้นใยสีเขียว แล้วเก็บเมล็ดรายต้นแยกกันเพื่อใช้ปลูกแบบต้นต่อแถวใน BC_4F_3 และทดสอบปฏิกิริยาของพันธุ์/สายพันธุ์ฝ้ายต่อโรคใบหงิกในสภาพเรือนทดลองด้วย โดยมีพันธุ์เดลต้าไพน์สมูทลีฟ ซึ่งอ่อนแอต่อโรคนี้เป็นพันธุ์ตรวจสอบเปรียบเทียบที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ในปี 2551 และ 2554

การประเมินการแพร่ระบาดของแมลงศัตรูที่สำคัญ และวิธีป้องกันกำจัดโดยเฉพาะเพลี้ยจักจั่นฝ้าย

ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ในปี 2553-2554 โดยในปี 2553 วางแผนการทดลอง RCB จำนวน 4 ซ้ำ ใช้ฝ้าย 5 พันธุ์/สายพันธุ์ เพื่อตรวจสอบการแพร่ระบาดของแมลงศัตรูตลอดฤดู ในสภาพที่มีการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้ายตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2545) สัปดาห์ละ 1 ครั้ง และตรวจนับแมลงศัตรูฝ้ายทุกชนิด สัปดาห์ละ 1 ครั้ง รวม 14 ครั้ง

ในปี 2554 วางแผนการทดลองแบบ split plot 3 ซ้ำ main plot ประกอบด้วยการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้าย 4 กรรมวิธี คือ 1) พ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้ายสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร 2) พ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้ายสัปดาห์ละ 1 ครั้งในระยะที่ฝ้ายอายุ 50-100 วัน ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (2545) 3) พ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้ายเมื่อปริมาณแมลงศัตรูถึงระดับเศรษฐกิจ ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร และ 4) ไม่มีการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้าย ส่วน sub plot ประกอบด้วยฝ้ายสายพันธุ์ก้าวหน้า 6 สายพันธุ์/พันธุ์

การศึกษาอัตราประชากรที่เหมาะสม

ดำเนินการ ในปี 2554 และ ปี 2555 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ วางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 3 ซ้ำ โดย main plot เป็นอัตราประชากร 4 อัตรา คือ 1,828 ต้น/ไร่ (1.75 x 0.50 เมตร) 2,133 ต้น/ไร่ (1.50 x 0.50 เมตร) 2,650 ต้น/ไร่ (1.25 x 0.50 เมตร) และ 3,200 ต้น/ไร่ (1.00 x 0.50 เมตร) ส่วน sub plot เป็นฝ้ายสายพันธุ์ดีเด่น จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ $TF2^5$/GC-B-5-2-B-B $TF2^5$/GC-B-5-3-B-B ตากฟ้า 86-5 $TF2^5$/GC-B-519-5-B-B และตากฟ้า 2

การศึกษาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสม

ศึกษาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมของฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 86-5 ในปี 2555 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ บนดินชุดวังไฮ (fine, mixed, active, isohyperthermic Oxyaquic Paleustalfs) เนื่องจากมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง pH 6-7 เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของฝ้ายและมีการระบายน้ำดีปานกลาง การซาบซึมน้ำช้าถึงปานกลาง โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 10 กรรมวิธีได้แก่ 0-8-8, 4-8-8, 8-8-8, 16-8-8, 8-0-8, 8-4-8, 8-16-8, 8-8-0, 8-8-4, 8-8-16 กิโลกรัมของ $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่

ศึกษาช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยว

ดำเนินการในปี 2555 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ วางแผนการทดลอง RCB จำนวน 3 ซ้ำ โดยมีกรรมวิธีการเก็บเกี่ยวหลังจากวันสมอแตก 50% จำนวน 6 กรรมวิธี คือ 1) เก็บเกี่ยวทุก 5 วัน 2) เก็บเกี่ยวทุก 10 วัน 3) เก็บเกี่ยวทุก 15 วัน 4) เก็บเกี่ยวทุก 20 วัน 5) เก็บเกี่ยวทุก 25 วัน และ 6) เก็บเกี่ยวทุก 30 วัน แล้วนำปุยฝ้ายที่ได้ไปทำการวิเคราะห์คุณภาพสีและคุณภาพเส้นใย

ศึกษา/ทดสอบการถนอมและรักษาคุณภาพเส้นด้ายและสิ่งทอด้วยความร้อน กรด ด่างและเกลือ

ดำเนินการ ในปี 2554-2555 ที่สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลการเกษตร แผนการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 6 กรรมวิธี 12 ซ้ำ ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 น้ำที่อุณหภูมิห้อง 25˚C (ควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 น้ำที่ 100˚C กรรมวิธีที่ 3 0.25% $Ca(OH)_2$ที่ 100˚C กรรมวิธีที่ 4 5% น้ำปูนใสที่ 100˚C กรรมวิธีที่ 5 5% น้ำขี้เถ้าที่ 100˚C และกรรมวิธีที่ 6 20% น้ำขี้เถ้าที่ 100˚C

โดยกรรมวิธีที่ 4 ใช้ปูนแดงที่กินกับหมาก 50 กรัม กรรมวิธีที่ 5 และ 6 ใช้ขี้เถ้าปริมาณ 50 และ 200 กรัม ตามลำดับ นำไปผสมกับน้ำ 1 ลิตร กวนให้ทั่วทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที จนตกตะกอน แล้วนำน้ำส่วนที่ใสไปใช้ โดยการนำเส้นด้ายและผืนผ้าไปต้มในสารละลายกรรมวิธีต่าง ๆ นาน 30 นาที แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง และผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง เก็บไว้ในถุงซิบในที่มืด ติดตามการเปลี่ยนแปลงสีนาน 12 เดือน

ศึกษาปัจจัยด้านความชื้นและอุณหภูมิต่อคุณภาพสีของเส้นใยฝ้ายสีธรรมชาติ

ในปี 2554-2556 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ทำการทดลองแบบ (3x2)x3+1 Factorial in RCB จำนวน 3 ซ้ำ 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 คือ สภาพการเก็บรักษา เป็นคู่ร่วม (combination) ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ในขณะเก็บรักษา 2 ระดับ ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ 60-65 และ 70-75 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิระหว่างเก็บรักษา 3 ช่วงได้แก่ อุณหภูมิระหว่าง 20-25 25-30 และ 30-35 องศาเซลเซียส ปัจจัยที่ 2 คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษา 3 ระยะ ได้แก่ ที่ 2, 4 และ 6 เดือน ส่วนชุดควบคุมหรือเปรียบเทียบ คือ การเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมปกติ

การสำรวจความคิดเห็นของเกษตรกร กลุ่มผู้ผลิตหัตถกรรมสิ่งทอ และกลุ่มผู้บริโภค 84 ราย

ในปี 2554-2555 โดยจัดทำแบบสอบถามเกษตรกรที่ให้ความร่วมมือในการทำแปลงเปรียบเทียบพันธุ์ฝ้ายและเกษตรกรที่มาเยี่ยมชมแปลงสาธิตพันธุ์ฝ้ายของศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ในเขตจังหวัดนครสวรรค์ เพชรบูรณ์ และอุบลราชธานี รวมถึงกลุ่มผู้ผลิตหัตถกรรมสิ่งทอในเขตจังหวัดนครสวรรค์ ลพบุรี กำแพงเพชร เพชรบูรณ์ เลย ชัยภูมิ แพร่ น่าน พะเยา และเชียงใหม่ ที่ได้นำเส้นใยฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 86-5 ไปทดลองผลิตหัตถกรรมสิ่งทอ ตลอดจนกลุ่มผู้บริโภคในเขตจังหวัดกรุงเทพมหานคร ปทุมธานี ชัยนาท ลพบุรี อ่างทอง นครสวรรค์ นครราชสีมา ชัยภูมิ พิษณุโลก แพร่ พะเยา และเชียงใหม่ ที่เคยใช้ผลิตภัณฑ์สิ่งทอจากเส้นใยสีเขียวของตากฟ้า 86-5 เพื่อประเมินความพึงพอใจที่มีต่อพันธุ์ เส้นใย และผลิตภัณฑ์สิ่งทอของฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 86-5

ผลการทดลองและวิจารณ์

การประเมินผลผลิตและคุณภาพเส้นใย

การเปรียบเทียบผลผลิตในขั้นตอนการเปรียบเทียบเบื้องต้น มาตรฐาน ในท้องถิ่น และในไร่เกษตรกร ปี 2551- 2554 จำนวน 10 แปลงทดลอง พบว่า ตากฟ้า 86-5 ให้ผลผลิต 192 กิโลกรัม/ไร่ ในขณะที่พันธุ์ตากฟ้า 2 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 221 กิโลกรัม/ไร่ (Table 1) สำหรับคุณภาพเส้นใยพบว่า ตากฟ้า 86-5 ให้เส้นใยสีเขียว มีความยาวเส้นใยสูงถึง 1.25 นิ้ว ซึ่งจัดเป็นฝ้ายที่มีคุณภาพที่ดีในระดับเดียวกับพันธุ์ตากฟ้า 2 ที่ให้เส้นใยสีขาว มีความยาวเส้นใย 1.22 นิ้ว ในขณะที่คุณภาพเส้นใยในด้านความเหนียวของกลุ่มเส้นใย และความสม่ำเสมอ อยู่ในระดับเดียวกับพันธุ์ตากฟ้า 2

เมื่อพิจารณาถึงผลผลิตปุยต่อไร่ พบว่า ตากฟ้า 86-5 ให้ผลผลิตปุยเพียง 45 กิโลกรัม/ไร่ ในขณะที่พันธุ์ตากฟ้า 2 ให้ผลผลิตที่สูงกว่าคือ 80 กิโลกรัม/ไร่ เนื่องจากมีค่าเปอร์เซ็นต์หีบที่สูงกว่า แต่เมื่อพิจารณาถึงราคาของผลผลิตปุยต่อไร่กลับพบว่า ตากฟ้า 86-5 ให้รายได้ที่มากกว่าพันธุ์ตากฟ้า 2 ประมาณ 2,600-3,250 บาท/ไร่ เนื่องจากเส้นใยสีเขียวที่เป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวทำให้ ตากฟ้า 86-5 มีราคาปุยที่สูงกว่าปุยสีขาวของพันธุ์ตากฟ้า 2 ประมาณ 1.4 เท่า หรือ 28 เปอร์เซ็นต์ (Table 2)

สำหรับลักษณะประจำพันธุ์ฝ้ายตากฟ้า 86-5 เปรียบเทียบกับพันธุ์ตากฟ้า 2 ตาม Table 3

การประเมินระดับความต้านทานต่อโรคใบหงิก

ประเมินความต้านทานของสายพันธุ์ฝ้ายต่อโรคใบหงิกในสภาพเรือนทดลองโดยมีพันธุ์ตากฟ้า 2 ซึ่งต้านทานโรค และพันธุ์เดลต้าไพน์สมูทลีฟ ซึ่งอ่อนแอต่อโรค เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ พบว่า พันธุ์ตากฟ้า 86-5 ต้านทานโรคใบหงิก โดยพบโรคใบหงิก 0% ในปี 2551 และ 2554 ส่วนพันธุ์ตากฟ้า 2 ต้านทานโรคใบหงิกปานกลาง โดยพบโรคนี้ 20 และ16% ในขณะที่พันธุ์เดลต้าไพน์สมูทลีฟอ่อนแอต่อโรคใบหงิก โดยพบโรคนี้ 80 และ 56% ในปี 2551 และ 2554 ตามลำดับ (ศิวิไล และคณะ, 2553 และ 2554)

การประเมินการแพร่ระบาดของแมลงศัตรูที่สำคัญ และวิธีป้องกันกำจัดโดยเฉพาะเพลี้ยจักจั่นฝ้าย

ในปี 2553 พบว่า มีปริมาณตัวเต็มวัยแมลงหวี่ขาวยาสูบมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในพันธุ์ตากฟ้า 84-4 (508 ตัว/ฝ้าย 10 ต้น) แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างพันธุ์ตากฟ้า 2 (309 ตัว/ฝ้าย 10 ต้น) และตากฟ้า 86-5 (141 ตัว/ฝ้าย 10 ต้น) ส่วนแมลงศัตรูฝ้ายชนิดอื่น พบว่าปริมาณเพลี้ยไฟฝ้ายไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระหว่างพันธุ์/สายพันธุ์ที่ศึกษาโดยมีปริมาณเฉลี่ย 76 ตัว/ฝ้าย 10 ต้น ส่วนปริมาณเพลี้ยจักจั่นฝ้ายพบน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในพันธุ์ตากฟ้า 84-4 โดยมีปริมาณเฉลี่ย 681 ตัว/ฝ้าย 10 ต้น เนื่องจากเป็นฝ้ายใบขนซึ่งเป็นลักษณะที่ทนทานต่อเพลี้ยจักจั่นฝ้าย แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างพันธุ์ตากฟ้า 2 (1,002 ตัว/ฝ้าย 10 ต้น) และตากฟ้า 86-5 (1,005 ตัว/ฝ้าย 10 ต้น) อย่างไรก็ตามปริมาณเพลี้ยอ่อนฝ้ายมีการแพร่ระบาดเฉพาะต้นฤดูและมีปริมาณน้อยมาก พบมีปริมาณเฉลี่ย 15 ตัว/ฝ้าย 10 ต้นตลอดฤดู และไม่พบการแพร่ระบาดของหนอนเจาะสมอฝ้ายในปีนั้น (อมรา และคณะ, 2553)

สำหรับการป้องกันกำจัด พบว่าไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่าง พันธุ์ฝ้ายกับวิธีการป้องกันกำจัด ปริมาณเพลี้ยอ่อนฝ้าย เพลี้ยจักจั่นฝ้าย เพลี้ยไฟฝ้าย และแมลงหวี่ขาวยาสูบ ตลอดฤดูในแต่ละสายพันธุ์/พันธุ์ฝ้าย มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กับวิธีการป้องกันกำจัด โดยปริมาณเพลี้ยอ่อนฝ้าย ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละสายพันธุ์/พันธุ์ เมื่อป้องกันกำจัดโดยใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงตลอดฤดู และเฉพาะเมื่อ ฝ้ายอายุ 50-100 วัน ปริมาณเพลี้ยจักจั่นฝ้าย ไม่ต่างกันทางสถิติในแต่ละสายพันธุ์/พันธุ์ สำหรับการป้องกันกำจัดพบว่า การพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้ายสัปดาห์ละ 1 ครั้งตลอดฤดูปลูก และการพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้ายสัปดาห์ละ 1 ครั้งเมื่อฝ้ายอายุ 50-100 วัน รวมถึงการพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูฝ้าย เมื่อปริมาณแมลงศัตรูถึงระดับเศรษฐกิจ มีปริมาณเพลี้ยจักจั่นไม่ต่างกันทางสถิติและมีปริมาณน้อยกว่าในฝ้ายที่ไม่มีการป้องกันกำจัดศัตรูฝ้าย

ศึกษาอัตราประชากรที่เหมาะสม

ผลการทดลองทั้ง 2 ปี สอดคล้องกันคือ ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ฝ้ายและอัตราประชากรที่ระดับต่าง ๆ พันธุ์ตากฟ้า 86-5 ให้ผลผลิตดีที่ 2,650 ต้น/ไร่ (1.25x0.50 เมตร) (สาธิต และคณะ, 2554) (ดาวรุ่ง และคณะ, 2555)

ศึกษาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสม

จากการทดลองในชุดดินวังไฮ โดยที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตรของดินชุดนี้มี pH 6.0 อินทรียวัตถุ 1.3% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 111 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และที่ระดับความลึก 20-50 เซนติเมตร มี pH 5.8 อินทรียวัตถุ 0.7% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 24 มิลลิกรัม/กิโลกรัม พบว่า ฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 86-5 ไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสเฟต และปุ๋ยโพแทชโดยให้ผลผลิตปุยเฉลี่ย 135 กิโลกรัม/ไร่ อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์พบว่าการใช้ปุ๋ยในอัตรา 8-16-8 กิโลกรัม/ไร่ ของ N-P_2O_5-K_2O ให้กำไรสูงสุด (ศุภกาญจน์ และคณะ, 2555)

ศึกษาช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยว

ผลการทดลอง พบว่าการเก็บเกี่ยวฝ้ายทุก 5 และ 10 วันหลังจากวันสมอแตก 50% จะให้เส้นใยที่มีสีเขียวเข้มที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในเรื่องเปอร์เซ็นต์หีบ และคุณภาพเส้นใย ไม่ว่าจะทำการเก็บเกี่ยวทุก 5, 10, 15, 20, 25 หรือ 30 วันหลังจากวันสมอแตก 50% (ปริญญา และคณะ, 2555)

ศึกษา/ทดสอบการถนอมและรักษาคุณภาพเส้นด้ายและสิ่งทอด้วยความร้อน กรด ด่างและเกลือ

ผลการทดลอง พบว่ากรรมวิธีที่มีศักยภาพในการถนอมรักษาสีเส้นด้ายและผืนผ้าคือการต้มใน 5% น้ำขี้เถ้า 5% น้ำปูนใส และ 0.25% $Ca(OH)_2$, นาน 30 นาที โดยกรรมวิธีเหล่านี้เพิ่มความเข้มของสีเส้นด้ายและผืนผ้า รวมทั้งการเก็บรักษาเส้นด้ายและผืนผ้าไว้ในถุงซิบในที่มืด สามารถถนอมรักษาสีของเส้นด้ายและผืนผ้า ให้คงมีสีเขียวสดใสกว่าการเก็บรักษาไว้ในที่มีแสงสว่าง (รัมม์พัน และคณะ, 2555)

ปัจจัยความชื้นและอุณหภูมิต่อคุณภาพสีของเส้นใย/ผ้าฝ้ายสี

พบว่า เมื่อระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวผ่านไป 2 เดือน ในทุกความชื้นสัมพัทธ์ที่ศึกษา มีผลให้สีของผ้าฝ้ายเข้มขึ้น แต่สีที่ได้ยังอยู่ในกลุ่มสีเดียวกัน สำหรับการเก็บรักษาในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 2 ระดับ คือ 60-65 และ 70-75 เปอร์เซ็นต์ และการได้รับแสงและไม่ได้รับแสง เมื่อเวลาผ่านไป 2 เดือน พบว่า เส้นใยฝ้ายที่ได้รับแสงจะมีสีจางลงเมื่อเทียบกับชุดที่ไม่ได้รับแสงและชุดควบคุม (ปัทมพร และคณะ, 2555)

ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 86-5

เกษตรกรมากกว่าร้อยละ 80 มีความชอบในศักยภาพและลักษณะของฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 86-5 ในด้านทรงต้นโปร่ง ต้านทานต่อโรคใบหงิกเมล็ดมีเปอร์เซ็นต์งอกที่ดี เจริญเติบโตดี ผลผลิตสูงมีคุณภาพเส้นใยดี สมอมีขนาดใหญ่ เก็บเกี่ยวง่าย และมีสีของเส้นใยเป็นสีเขียวโดยไม่ต้องผ่านการย้อมสี และเกษตรกรร้อยละ 42 มีความต้องการปลูกฝ้ายพันธุ์นี้ไม่เกิน 5 ไร่ ร้อยละ 42 ต้องการปลูกมากกว่า 5 ไร่ และอีกร้อยละ 16 ต้องการปลูกมากกว่า 10 ไร่ (ปริญญา และคณะ, 2554)

ความพึงพอใจของกลุ่มผู้ผลิตหัตถกรรมสิ่งทอ

ผู้ผลิตหัตถกรรมสิ่งทอมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ มีความพอใจในทุกขั้นตอนของการนำเส้นใยสีเขียวไปผลิตเป็นหัตถกรรมสิ่งทอ ตั้งแต่การตีเส้นใยให้ฟู การม้วนเส้นใยให้มีลักษณะกลมเรียวยาวหรือทำลูกหลี การปั่นเป็นเส้นด้าย และผู้ผลิตหัตถกรรมสิ่งทอทุกราย (100 เปอร์เซ็นต์) พอใจที่สามารถกำหนดขนาดของเส้นด้ายที่ปั่นจากเส้นใยสีเขียว เพื่อนำมาทอเป็นหัตถกรรมสิ่งทอ ผู้ผลิตหัตถกรรมสิ่งทอทุกรายยังมีความเห็นสอดคล้องกันถึงความพึงพอใจในการลดต้นทุนแรงงานขั้นตอน ตลอดจนลดเวลาในการฟอกย้อมสี อีกทั้งยังปลอดภัยจากการใช้สารเคมีในการฟอกย้อม ซึ่งยังช่วยลดมลภาวะน้ำเสียหรือน้ำทิ้งที่เกิดจากการฟอกย้อม และผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่ได้จากเส้นใยสีเขียวเป็นที่ชื่นชอบของผู้ผลิต เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์สิ่งทอรูปแบบใหม่ที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว โดยที่ไม่ต้องย้อมสี จึงเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Green Product) และตรงกับความต้องการของตลาดผู้บริโภค ทำให้สามารถขายได้ในราคาที่สูงขึ้น ซึ่งถือเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่จัดเป็น Green Product และกลุ่มผู้ผลิตหัตถกรรมสิ่งทอร้อยละ 32 มีความต้องการที่จะปลูกฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 86-5 ไม่เกินรายละ 1 ไร่ ร้อยละ 24 ต้องการปลูกไม่เกิน 5 ไร่ และร้อยละ 20 ต้องการปลูกไม่เกิน 10 ไร่

ความพึงพอใจของผู้บริโภค

ผู้บริโภคร้อยละ 100 มีความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์สิ่งทอจากเส้นใยฝ้ายสีธรรมชาติ เนื่องจากปลอดภัยต่อตนเองและสภาพแวดล้อม และสวมใส่สบายต่อร่างกาย เพราะผลิตภัณฑ์สิ่งทอจากเส้นใยสีเขียว ปราศจากสีเคมีที่ฟอกย้อม มีสีเขียวสวย นุ่ม น่าใช้ช่วยลดมลภาวะโลกร้อน และเมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ทอจากเส้นใยสีเขียวมาใช้ ผู้บริโภคสามารถสัมผัสได้ถึงความนิ่มของเส้นใยฝ้าย อีกทั้งปราศจากกลิ่นของสีเคมีที่ใช้ย้อม ไร้ความระคายเคืองต่อผิวหนังผู้สวมใส่ ผู้บริโภคร้อยละ 84 ให้ความเห็นว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวควรมีราคาขายที่สูงกว่าสิ่งทอจากเส้นใยฝ้ายสีขาวหรือเส้นใยฝ้ายที่ย้อมด้วยสีจากสารเคมี และยังเสนอว่าผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่สมควรผลิตจากเส้นใยสีเขียวของฝ้ายพันธุ์นี้คือ ผ้าตัดเสื้อ ผ้าคลุมไหล่ ผ้าพันคอ ผ้าเช็ดหน้า และผ้าอ้อมเด็ก

สรุปผลการทดลอง

ฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 86-5 มีความต้านทานโรคใบหงิก ให้ผลผลิตใกล้เคียงกับพันธุ์ตากฟ้า 2 มีคุณภาพ เส้นใยที่ดี และมีลักษณะเด่น คือ มีเส้นใยเป็นสีเขียว โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการฟอกย้อม ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคที่กลับมานิยมใช้เส้นใยฝ้ายสีธรรมชาติที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ขั้นตอนที่ 1 การวิจัยและพัฒนาพันธุ์ฝ้ายตากฟ้า 86-5

สามารถนำไปใช้เป็นเทคโนโลยีใหม่ ที่พร้อมสำหรับแนะนำ และถ่ายทอดให้แก่เกษตรกรอย่างครบถ้วน ทั้งฝ้ายพันธุ์ใหม่ตากฟ้า 86-5 และเทคโนโลยีการผลิตที่ถูกต้องและเหมาะสม

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนานำไปใช้ประโยชน์เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าผลประโยชน์ต่อเกษตรกรและชุมชน

สามารถเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกฝ้ายพันธุ์ใหม่ตากฟ้า 86-5 ถึงไร่ละ 2,600-3,250 บาท เนื่องจากเส้นใยที่เป็นสีเขียว โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการฟอกย้อม ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคที่กลับมานิยมใช้เส้นใยฝ้ายสีธรรมชาติที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรหันมาปลูกฝ้ายเพิ่มมากขึ้น

ในปัจจุบันกลุ่มผู้ผลิตหัตถกรรมสิ่งทอในเขตภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นิยมนำเส้นใยสีเขียวของพันธุ์ฝ้ายตากฟ้า 86-5 ไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์หัตถกรรมสิ่งทอพื้นเมืองคุณภาพสูงในรูปแบบต่าง ๆ เป็นการเพิ่มมูลค่า สร้างงาน และเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร ก่อให้เกิดการรวมกลุ่มเพื่อสร้างงานในชุมชน เริ่มจากกลุ่มผู้รับจ้างหีบฝ้าย กลุ่มปั่นเส้นด้าย กลุ่มทอผ้า รวมถึงกลุ่มตัดเย็บเสื้อผ้า เกิดรายได้หมุนเวียนในชุมชนเพิ่มมากขึ้น ส่งผลต่อเนื่องให้เกิดการคืนถิ่นของแรงงาน เพิ่มความมั่นคงของสถาบันครอบครัว ตลอดจนชุมชนที่เข้มแข็งสามารถพึ่งพาตนเองได้ ซึ่งนำไปสู่การเสริมสร้างอุตสาหกรรมขนาดย่อม (SMEs) ต่อไป

คำขอบคุณ

คณะผู้ดำเนินการวิจัยฯ ใคร่ขอขอบคุณบุคคลผู้มีรายนาม ดังต่อไปนี้

นายมนูญ	พุ่มกล่อม	อดีต ผอ.ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์
นายบุญเกื้อ	ภูศรี	อดีต ผอ.ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์
นายพิเชษฐ์	กรุดลอยมา	ผอ.ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์
นายรัฐพล	ชูยอด	ผอ.ศูนย์วิจัยพืชไร่เพชรบูรณ์
นายสุขุม	ขวัญยืน	ผอ.ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเลย
นายวีระวัฒน์	นิลรัตนคุณ	ผอ.ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรลพบุรี
นายสมเพชร	พรมเมืองดี	อดีตผอ.ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุโขทัย
นายสมพงษ์	ชมพูนุกูลรัตน์	ผอ.ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี
นายนิรันดร์	สุขจันทร์	อดีตผอ.ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์
นายบุญเชิด	วิมลสุจริต	ผอ.ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสกลนคร
นายเมธี	คำหุ่ง	อดีตผอ.ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรมุกดาหาร
นายธงชัย	ตั้งเปรมศรี	ผอ.สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
นายพรศักดิ์	ดวงพุฒตาน	อดีต ผอ.ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่
นายสุทัด	ปินตาเสน	ผอ.ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่
นางสาวเสริมสุข	สลักเพ็ชร	ผอ.สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลการเกษตร
นายจรัสพร	ถาวรสุข	อดีตผอ.สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5
นางกรรณีย์	ถาวรสุข	อดีตอาจารย์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นายจินดา	จันทร์อ่อน	ที่ปรึกษาคณะอนุกรรมการปรับปรุงพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร

ตลอดจน นักวิชาการ และพนักงานราชการ ของศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ที่ให้ความร่วมมือสนับสนุน และอำนวยความสะดวก ให้การวิจัยและพัฒนาฝ้ายพันธุ์ ตากฟ้า 86-5 สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2545. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับฝ้าย. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า20.

ดาวรุ่ง คงเทียน กัญจน์ชญา ตัดโส สุมาลี รูปงาม และอภิชาติ สุพรรณรัตน์. 2555 . อัตราประชากรที่เหมาะสมของฝ้ายสายพันธุ์ก้าวหน้า. หน้า 25.*ใน: รายงานความก้าวหน้าผลงานวิจัยประจำปี 2555*. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

นัฐภัทร์ คำหล้า อมรา ไตรศิริ ปริญญา สีบุญเรือง และสมนึก คงเทียน. 2553. การจำแนกและประเมินลักษณะเชื้อพันธุกรรมฝ้าย. หน้า 75.*ใน: รายงานความก้าวหน้าผลงานวิจัยประจำปี 255*3. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

ปัทมพร วาสนาเจริญ ปริญญา สีบุญเรือง. สุทัศนีย์ วงศ์ศุปไทย. 2555. ปัจจัยความชื้นและอุณหภูมิต่อคุณภาพสีของเส้นใยฝ้ายสีธรรมชาติ. หน้า 18-19. *ใน: รายงานความก้าวหน้าผลงานวิจัยประจำปี 2555*. ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

ปริญญา สีบุญเรือง ศิวิไล ลาภบรรจบ และอมรา ไตรศิริ. 2551**.** การเปรียบเทียบเบื้องต้น: พันธุ์ฝ้ายเพื่อคุณภาพเส้นใย.หน้า 37.*ใน: รายงานความก้าวหน้าผลงานวิจัยประจำปี 2551.* ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

ปริญญา สีบุญเรือง ปรีชา แสงโสดา นงลักษ์ ปั้นลาย อรรณพ กสิวิวัฒน์ เพชรรัตน์ พลชา และ ถนัด กันต์สุข. 2553ก. การเปรียบเทียบในท้องถิ่น: พันธุ์ฝ้ายสี. หน้า 130-146.*ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 255*3. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

ปริญญา สีบุญเรือง ปรีชา แสงโสดา นงลักษ์ ปั้นลาย อรรณพ กสิวิวัฒน์ รวีวรรณ เชื้อกิตติศักดิ์เพชรรัตน์ พลชา และถนัด กันต์สุข. 2553ข. การเปรียบเทียบมาตรฐาน: พันธุ์ฝ้ายเพื่อคุณภาพเส้นใย (เส้นใยสีธรรมชาติ). หน้า 172-194.*ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 255*3. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

ปริญญา สีบุญเรือง ปรีชา แสงโสดา อรรณพ กสิวิวัฒน์ เพชรรัตน์ พลชา สมใจ โค้วสุรัตน์ แคทลิยา เอกอุ่นจุฑามาศ ศรีสำราญ และพิกุล ซุนพุ่ม. 2554. การเปรียบเทียบในไร่เกษตรกร : พันธุ์ฝ้ายเส้นใยสี.หน้า 9.*ใน:รายงานความก้าวหน้าผลงานวิจัยประจำปี 255*4. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

ปริญญา สีบุญเรือง ถนัด กันต์สุข และกริศนะ พึ่งสุข. 2555. การศึกษาช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวฝ้ายเส้นใยสี.หน้า 28.*ใน: รายงานความก้าวหน้าผลงานวิจัยประจำปี 255*5. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

รัมม์พัน โกศลานันท์ ปริญญา สีบุญเรือง. จารุวรรณ บางแวก. 2555. การถนอมและรักษาคุณภาพเส้นด้ายและสิ่งทอด้วยความร้อน กรด ด่าง และเกลือ. *ใน: รายงานผลการวิจัยประจำปี 2555*. กรมวิชาการเกษตร. (อยู่ในระหว่างการจัดพิมพ์)

ศิวิไล ลาภบรรจบ ปริญญา สีบุญเรือง และสุริพัฒน์ ไทยเทศ. 2553. การประเมินฝ้ายสายพันธุ์ต่างๆ ต่อโรคใบหงิก. หน้า 215-226.*ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 255*3. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

ศิวิไล ลาภบรรจบ ปริญญา สีบุญเรือง และอมรา ไตรศิริ.2554. การประเมินสายพันธุ์ฝ้ายต่อโรคใบหงิก. หน้า 11.*ใน: รายงานความก้าวหน้าผลงานวิจัยประจำปี* 2554. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี ดาวรุ่ง คงเทียน ปริญญา สีบุญเรือง สำราญ พึ่งพุ่ม สุมาลี รูปงาม และอภิชาติ สุพรรณรัตน์. 2555 . อัตราปุ๋ยที่เหมาะสมของฝ้ายสายพันธุ์ก้าวหน้า. หน้า 22.*ใน: รายงานความก้าวหน้าผลงานวิจัยประจำปี 255*5. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2550. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตรปี 2550. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กรุงเทพฯ. 97 หน้า.

สมชาย กันหลง ปริญญา สีบุญเรือง รังษี เจริญสถาพร เมธินี ศรีวัฒนกุล และอมรรัชฎ์ คิดใจเดียว. 2545. รายงานการดูงาน ณ สาธารณรัฐประชาชนจีน. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 13.

สาธิต อารีรักษ์ ปัญจพล สิริสุวรรณมา กัญจน์ชญา ตัดโส สุมาลี รูปงาม และอภิชาติ สุพรรณรัตน์. 2554 . อัตราประชากรที่เหมาะสมของฝ้ายสายพันธุ์ก้าวหน้า. หน้า 13.*ใน: รายงานความก้าวหน้าผลงานวิจัยประจำปี 255*4. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

อมรา ไตรศิริ ปริญญา สีบุญเรือง นัฐภัทร์ คำหล้า สุริพัฒน์ ไทยเทศ และศิวิไล ลาภบรรจบ. 2553. การศึกษาการจัดการแมลงศัตรูฝ้าย. หน้า 195-214.*ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 255*3. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

อมรา ไตรศิริ ปริญญา สีบุญเรือง และศิวิไล ลาภบรรจบ. 2554. การศึกษาการจัดการแมลงศัตรูฝ้ายบนฝ้ายสายพันธุ์ก้าวหน้า. หน้า 10. *ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2554*. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

Table 1. Yield (kg/rai) of Tak Fa 86-5 compared to Tak Fa 2 in 2008 -2011

Variety	PYT[2/] (2008)	SYT[3/] (2009)	RYT[4/] (2010)	FT[5/] (2011)	Mean	Relative to Tak Fa 2
Tak Fa 86-5	107a	304b	205b	97a	192	87
Tak Fa 2	98a	352a	240a	111a	221	100
Mean[6/]	65	284	202	101	207	-
CV (%)	54.6	13.4	14.4	17.0	-	-
No. of location[1/]	(1)	(3)	(3)	(3)	(10)	-

Means within a column followed by a common letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

1/ Number in blanket are numbers of locations 2/ Preliminary yield trial

3/ Standard yield trial 4/ Regional yield trial 5/ Farm trial

6/ Average from 22 varieties in PYT, 16 varieties in SYT, 10 varieties in RYT and 5 varieties in FT

Source: Parinya *et al*. (2008) (2010) (2011)

Table 2. Cotton yield, ginning out turn percentage (GOT), cotton fiber and cotton fiber price of Tak Fa 86-5 compared to Tak Fa 2

Cultivar	Cotton yield[1/] (kg/rai)	GOT (%)	Cotton fiber (kg/rai)	Price (Baht / kg)	Price (Baht / rai)
TF 86-5	192	23.3	45	200-250	9,000-11,250
TF2	221	36.2	80	80-100	6,400-8,000

[1/] Average from PYT SYT RYT and FT in 2008-2011

Table 3. Traits of Tak Fa 86-5 compared to Tak Fa 2

Trait	Tak Fa 86-5	Tak Fa 2
Petal color	cream	cream
Pollen color	cream	cream
Petal base color	absence	absence
Leaf shape	palmate to digitate	palmate to digitate
Boll shape	ovate	ovate
Boll : number of pigment gland	medium	medium
Plant shape	spreading	spreading
Lint color	green	white

Source: Khumla *et al*. (2010)



Figure 1. Uniformity of Tak Fa 86-5 Plant Type



Figure 2. Tak Fa 86-5, leaf roll disease resistant cultivar (left)
compares to Delta pine smooth leaf, susceptible cultivar (right)



Petal color: cream

Pollen color: cream



Leaf shape: Palmate to digitate



Boll shape: ovate



Lint color: green

Figure 3. Traits of Tak Fa 86-5









Figure 4. Delicate products from green fiber of Tak Fa 86-5

ถั่วฝักยาวพันธุ์พิจิตร 3

Yard Long Bean Variety Phichit 3

จรัญ ดิษฐไชยวงศ์ [1] เสงี่ยม แจ่มจำรูญ [1] พานิช จิตดี [2]
ประภาศรี ไชยวงศ์ [2] แววดาว สมตา [3] กฤษณ์ ลินวัฒนา [4]
Charan Ditchaiwong [1] Sangium Jamjomroon [1] Panich Jitdee [2]
Prapasri Chaiwong [2] Waewdao Somta [3] Grisana Linwattana [4]

ABSTRACT

Five lines of yard long bean, lines; (Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-2-6, (Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-8-34 , (Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-10-19, (Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-14-17 and (Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21 and 1 variety; variety Phichit 2 were tested at 4 locations; Phichit Agricultural Research and Development Center, Uttaradit Agricultural Research and Development Center, a farmer farm in Phichit province and a farmer farm in Uttaradit province in 2010. The research aimed to introduce a new yard long bean line which has thicker pericarp, earlier harvesting time and higher yield than variety Phichit 2. A randomized complete block design with 4 replications was used. Results show that (Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21 was proposed as a new recommended line. Three prominent characteristics of this line showed 3.02 millimeter thickness of pericarp which was 25.8 percentages thicker than variety Phichit 2, besides it showed 3 days earlier harvesting time than variety Phichit 2. Its yield was 6.3 percent more than variety Phichit 2. Line (Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21 was a new variety of Department of Agriculture. Its name was yard long bean variety Phichit 3.

Key words: yard long bean**,** variety, pericarp, yield

[1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร (Phichit Agricultural Research and Development Center)

[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุตรดิตถ์ (Uttaradit Agricultural Research and Development Center)

[3] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ (Agricultural Research and Development Center)

[4] สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร (Horticulture Research Institute, Department of Agriculture)

บทคัดย่อ

ปลูกทดสอบถั่วฝักยาว 5 สายพันธุ์ได้แก่ สายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-2-6, (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-8-34 , (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-10-19, (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-14-17 และ (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21 ร่วมกับพันธุ์พิจิตร 2 เพื่อให้ได้สายพันธุ์ถั่วฝักยาวที่มีความหนาเนื้อฝักมากกว่าพันธุ์พิจิตร 2 อายุเก็บเกี่ยวสั้น และผลผลิตสูง วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ มี 4 ซ้ำ ปลูกทดสอบ 4 แหล่ง ได้แก่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุตรดิตถ์ แปลงเกษตรกรจังหวัดพิจิตร และแปลงเกษตรกรจังหวัดอุตรดิตถ์ ได้ถั่วฝักยาวเสนอเป็นพันธุ์แนะนำ 1 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21 มีลักษณะเด่นคือ ความหนาเนื้อฝัก 3.02 มากกว่าพันธุ์พิจิตร 2 ร้อยละ 25.8 อายุเก็บเกี่ยว 43 วัน อายุเก็บเกี่ยวสั้นกว่าพันธุ์พิจิตร 2 3 วัน และให้ผลผลิตมากกว่าพันธุ์พิจิตร 2 ร้อยละ 6.3 สายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21 เป็นพันธุ์แนะนำพันธุ์ใหม่ของกรมวิชาการเกษตรชื่อถั่วฝักยาวพันธุ์พิจิตร 3

คำหลัก : ถั่วฝักยาว, พันธุ์, เนื้อฝัก, ผลผลิต

คำนำ

ถั่วฝักยาว (*Vigna unguiculata* ssp. *sesquipedalis*) เป็นพืชผักที่นิยมปลูกทั่วทุกภาคของประเทศไทย ข้อมูลการผลิตพืชรายจังหวัดของกรมส่งเสริมการเกษตร ปีเพาะปลูก 2552/2553 มีพื้นที่ปลูกถั่วฝักยาว 65,638 ไร่ ผลผลิตรวม 112,459 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 1,488 กิโลกรัม/ไร่ แหล่งปลูกสำคัญเช่น จ.เพชรบุรี ราชบุรี นครปฐม และสระบุรี เป็นต้น นอกจากใช้บริโภคภายในประเทศแล้ว ยังส่งออกไปต่างประทศอีกด้วย ข้อมูลของกลุ่มบริการส่งออกสินค้าเกษตร สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร ปี 2554 มีปริมาณการส่งออกถั่วฝักยาว 481.08 ตัน มูลค่า 18.99 ล้านบาท ตลาดต่างประเทศเช่น สหราชอาณาจักร สวิตเซอร์แลนด์ ฝรั่งเศส และเยอรมนี เป็นต้น ถั่วฝักยาวเป็นพืชที่ชอบแสงแดดเต็มที่ ต้องการอุณหภูมิกลางวัน 25-35 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิกลางคืนไม่ต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส (Siemonsma and Piluek, 1994) ผลผลิตมีความสัมพันธ์ด้านบวกกับจำนวนฝัก ขนาดฝัก และจำนวนครั้งที่เก็บเกี่ยว จึงใช้ลักษณะดังกล่าวในการคัดเลือกด้านผลผลิต (Vidya and Oommen, 2002) ปี 2540-2545 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร ได้ปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาว จนกระทั่งปี 2546 ได้ถั่วฝักยาวเป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร ชื่อพันธุ์พิจิตร 2 ปี 2545-2547 และปี 2550 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร ทำการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวแบบจดประวัติ (pedigree method) คัดเลือกลักษณะประจำพันธุ์บางลักษณะ จนถึงชั่วที่ 5 (F_5) คัดเลือกได้ 5 สายพันธุ์ และเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้ พันธุ์ถั่วฝักยาวที่เกษตรกรปลูกในแต่ละท้องถิ่นมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาด ปัจจุบันถั่วฝักยาวพันธุ์พิจิตร 2 มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น ผลผลิตสูง ความยาวฝักสม่ำเสมอ

ลดเวลาและแรงงานในการคัดแยกฝักสดก่อนวางจำหน่าย และมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ ยังได้รับความนิยมสม่ำเสมอจนถึงปัจจุบัน แต่มีลักษณะประจำพันธุ์บางลักษณะที่ต้องปรับปรุงให้ตรงตามความต้องการของตลาดได้แก่ ระดับสีของฝัก ให้เพิ่มขึ้นอีกอย่างน้อย 1 ระดับ และเพิ่มความหนาเนื้อฝักให้จัดอยู่ในกลุ่มประเภทถั่วเนื้อ แต่ยังคงรักษาปริมาณผลผลิต และความสม่ำเสมอของฝัก ให้ใกล้เคียงพันธุ์พิจิตร 2 ดังนั้น ในปี 2553 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร จึงนำสายพันธุ์ถั่วฝักยาวที่คัดเลือกบางลักษณะและเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้ 5 สายพันธุ์ นำมาปลูกทดสอบสายพันธุ์ร่วมกับพันธุ์พิจิตร 2 เพื่อให้ได้สายพันธุ์ถั่วฝักยาวที่มีลักษณะฝักตามที่ตลาดต้องการ และเสนอกรมวิชาการเกษตรใช้เป็นพันธุ์แนะนำต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์

ทำการคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วฝักยาวแบบบันทึกประวัติ หลังจากทำการผสมพันธุ์ ทำการคัดแยกสายพันธุ์ในแต่ละรุ่นของการทดลองโดย คัดเลือกต้นที่ให้ผลผลิตสูง ออกดอกและเก็บเกี่ยวเร็ว มีลักษณะฝักได้แก่ ความยาวฝักมากกว่า 40 เซนติเมตร ความหนาเนื้อฝักมากกว่า 2.4 มิลลิเมตร และฝักสดสีเขียว (YG 144 A) เก็บเมล็ดแบบแยกต้น ขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ดังนี้ (Figure 1)

ปี 2545

- ผสมข้ามพันธุ์ ระหว่างถั่วฝักยาวพันธุ์พิจิตร 2 กับพันธุ์ YB 15 เก็บเมล็ดลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1)
- ปลูก F_1 คือ (พิจิตร 2 × YB 15) 20 ต้น เพื่อขยายพันธุ์ ได้เมล็ด F_2 คือ (พิจิตร 2 × YB 15) – 1
- ปลูก F_2 52 ต้น จัดระยะปลูกและเลือกต้นที่ดี ได้เมล็ด F_3 2 สายพันธุ์ คือ (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-31 และ (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32

ปี 2546

- ปลูก F_3 แบบต้นต่อแถวและคัดต้นที่ดี ได้เมล็ด F_4 1 สายพันธุ์คือ (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138

ปี 2547

- ปลูก F_4 แบบต้นต่อแถวและคัดต้นที่ดี ได้เมล็ด F_5 5 สายพันธุ์คือ
  1. (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-2
  2. (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-8
  3. (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-10
  4. (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-14
  5. (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-25

ปี 2550

- ปลูก F_5 แบบต้นต่อแถวและคัดต้นที่ดี ได้เมล็ด (F_6) 5 สายพันธุ์คือ
  1. (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-2-6

2. (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-8-34
3. (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-10-19
4. (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-14-17
5. (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21

ปี 2553

- วางแผนการทดลองแบบ RCB เมล็ด F_6 5 สายพันธุ์ และพันธุ์พิจิตร 2 เป็นกรรมวิธี รวม 6 กรรมวิธี 4 ซ้ำคือ
  1. (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-2-6
  2. (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-8-34
  3. (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-10-19
  4. (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-14-17
  5. (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21
  6. พิจิตร 2
- ปลูกทดสอบพันธุ์ถั่วฝักยาวในแหล่งปลูกต่างๆ 4 แหล่งได้แก่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุตรดิตถ์ แปลงเกษตรกร อำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตร และแปลงเกษตรกร อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

ปี 2554

- เสนอให้พิจารณาเป็นพันธุ์แนะนำ 1 สายพันธุ์คือ สายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21

2. การปลูกและดูแลรักษา

เตรียมแปลงปลูกขนาดแปลงย่อย 1.5 × 10 เมตร ปลูก 2 แถวๆ ละ 20 หลุม มี 40 หลุม/แปลง ปลูก 1 ต้น/หลุม ระยะปลูก ระหว่างแถว 0.75 เมตร ระหว่างต้น 0.5 เมตร ปักไม้ค้างตรง สูงจากพื้นดิน 2 เมตร ปลูกแถวคุม (guard row) รอบนอกแปลง ให้น้ำทันทีหลังปลูกและหลังใส่ปุ๋ย ให้น้ำอย่างสม่ำเสมอตั้งแต่ปลูกถึงเก็บเกี่ยว ปริมาณน้ำที่ให้ สังเกตดินในแปลงเปียกชื้น จึงหยุดให้ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่/ครั้ง ให้ 3 ครั้ง ครั้งแรกรองก้นหลุมก่อนปลูก ครั้งที่สองเมื่อเริ่มออกดอก และครั้งสุดท้ายหลังออกดอก 15 วัน ให้แบบโรยสองข้างแถว แล้วพรวนดินกลบ เก็บใบแห้งโดยเฉพาะใบที่เป็นโรคไปทำลายนอกแปลงปลูก กำจัดวัชพืช ระยะเจริญเติบโต ออกดอก และเก็บเกี่ยว พ่นสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงตามความจำเป็นและเหมาะสม

3. การบันทึกข้อมูล

บันทึกผลผลิตทั้งแปลงเว้นต้นหัวท้ายแปลง และบันทึกลักษณะประจำพันธุ์ตามระเบียบกรมวิชาการเกษตร ว่าด้วยการตรวจสอบลักษณะของพันธุ์พืชที่ขอจดทะเบียนเป็นพันธุ์พืชใหม่ (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2547 (นิรนาม, 2548) และดัดแปลงจาก Cowpea Descriptors (IBPGR SECRETARIAT, 1983)

โดยเก็บข้อมูล 18 ต้น/แปลง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) สุ่มเก็บตัวอย่างฝักสดระยะส่งตลาด (อายุหลังดอกบาน 7 วัน) ตัวอย่างละ 1 กิโลกรัม วิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารที่เป็นประโยชน์ได้แก่ ใยอาหาร และโปรตีน ใช้วิธี AOAC (2005) ณ บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด เขตจตุจักร กรุงเทพฯ

Year	Yard long bean breeding procedure	Location
2002	Phichit 2 × YB 15	PARDC [1/]
	↓	
	F_1 20 plants	PARDC [1/]
	↓	
	F_2 52 plants	PARDC [1/]
	↓	
2003	F_3 2 lines	PARDC [1/]
	↓	
2004	F_4 1 line	PARDC [1/]
	↓	
2007	F_5 5 lines	PARDC [1/]
	↓	
2010	Varietal trial of 5 lines (F_6) + Phichit 2	1. PARDC [1/] 2. UARDC [2/] 3. FTP [3/] 4. FLU [4/]
	↓	
2011	Propose for consideration as a new varietal recommendation	

[1/] PARDC = Phichit Agricultural Research and Development Center.

[2/] UARDC = Uttaradit Agricultural Research and Development Center.

[3/] FTP = Farm of farmer Tapkhlo district, Phichit province.

[4/] FLU = Farm of farmer Laplae district, Uttaradit province.

Figure 1. Flowchart for yard long bean breeding procedure.

ผลการทดลองและวิจารณ์

ปี 2553 ปลูกทดสอบถั่วฝักยาว 6 สายพันธุ์ร่วมกับพันธุ์พิจิตร 2 ในศูนย์วิจัย 2 แหล่งคือ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุตรดิตถ์ ในแปลงเกษตรกร 2 แหล่ง คือ แปลงเกษตรกร อำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตร และแปลงเกษตรกร อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

ข้อมูลสนับสนุนที่เกี่ยวกับลักษณะเด่น

1.1 ปลูกในศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร

ปลูกฤดูแล้ง วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2553 และฤดูฝน วันที่ 19 พฤษภาคม 2553

1.1.1 ความหนาเนื้อฝัก

มีปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างพันธุ์กับฤดูปลูก ในแต่ละฤดูปลูกพบว่า สายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) –1-32-138-25-21 ให้ค่าเฉลี่ยความหนาเนื้อฝักมากกว่าพันธุ์พิจิตร 2 กล่าวคือ ปลูกฤดูแล้ง สายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) –1-32-138-25-21 มีความหนาเนื้อฝัก 2.93 มิลลิเมตร แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์พิจิตร 2 ซึ่งมีความหนาเนื้อฝัก 2.21 มิลลิเมตร และปลูกฤดูฝน สายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) –1-32-138-25-21 มีความหนาเนื้อฝัก 3.10 มิลลิเมตร (Table 1 and Figure 2)

Table 1. Pericarp thickness of yard long bean at Phichit Agricultural Research and Development Center in 2010

Treatment	Dry season [1/]	Wet season [1/]	Average (mm)
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-2-6	2.92 ab	2.93 bc	2.93
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-8-34	2.80 b	3.03 ab	2.92
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-10-19	2.90 ab	3.03 ab	2.97
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-14-17	3.04 a	2.88 c	2.96
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21	2.93 ab	3.10 a	3.02
Phichit 2	2.21 c	2.60 d	2.40

CV = 3.3%

[1/] Means followed by the same letters indicate no differences at $P < 0.05$ by DMRT.



Figure 2. Pericarp of yard long bean line (Phichit 2 × YB 15) -1-32-138-25-21; pod color, green (YG 144A); pod curvature, straight; pod surface texture, wrinkle; terminal pod shape, obtuse, green (YG 144A); pericarp thickness 3.02 mm.

1.1.2 อายุเก็บเกี่ยว

มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับฤดูปลูก ในแต่ละฤดูพบว่า สายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) –1-32-138-25-21 เก็บเกี่ยวผลผลิตเร็วกว่าพันธุ์พิจิตร 2 กล่าวคือ ปลูกฤดูแล้ง สายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) –1-32-138-25-21 เก็บเกี่ยวผลผลิตหลังปลูก 45 วัน แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์พิจิตร 2 ซึ่งเก็บเกี่ยวผลผลิตหลังปลูก 47 วัน และปลูกฤดูฝน สายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) –1-32-138-25-21 เก็บเกี่ยวผลผลิตหลังปลูก 40 วัน แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์พิจิตร 2 ซึ่งเก็บเกี่ยวผลผลิตหลังปลูก 45 วัน (Table 2)

Table 2. Days to first havest of yard long bean at Phichit Agricultural Research and Development Center in 2010

Treatment	Dry season [1/]	Wet season [1/]	Average (day)
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-2-6	45 a	42 bc	44
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-8-34	46 ab	41 ab	44
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-10-19	46 ab	42 bc	44
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-14-17	47 c	43 c	45
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21	45 a	40 a	43
Phichit 2	47 c	45 d	46

CV = 2.0%

[1/] Means followed by the same letters indicate no differences at $P < 0.05$ by DMRT.

1.1.3 ผลผลิต

ทั้ง 2 ฤดู ถั่วฝักยาวสายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) –1-32-138-25-21 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 2,578 กิโลกรัม/ไร่ ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์พิจิตร 2 ซึ่งให้ผลผลิตเฉลี่ย 2,785 กิโลกรัม/ไร่ (Table 3)

Table 3. Comparison of yard long bean yield (kg/rai) in dry and wet seasons at Phichit Agricultural Research and Development Center in 2010

Treatment	Dry season	Wet season	Average [1/]
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-2-6	1,393	3,768	2,580 a
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-8-34	1,323	3,774	2,548 a
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-10-19	1,361	3,600	2,480 a
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-14-17	1,241	3,725	2,482 a
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21	1,427	3,731	2,578 a
Phichit 2	1,459	4,112	2,785 a
Average [1]	1,368 b	3,785 a	

CV = 8.9%

[1//] Means followed by the same letters indicate no differences at P < 0.05 by DMRT.

1.2 ปลูกในศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุตรดิตถ์

ปลูกฤดูฝน วันที่ 18 มิถุนายน 2553 พบว่า ถั่วฝักยาวสายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) –1-32-138-25-21 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 4,610 กิโลกรัม/ไร่ ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์พิจิตร 2 ซึ่งให้ผลผลิตเฉลี่ย 4,646 กิโลกรัม/ไร่ (Table 4)

Table 4. Comparison of yard long bean yield in wet season at Uttaradit Agricultural Research and Development Center in 2010

Treatment	Fresh weight (kg/rai) [1/]
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-2-6	4,863 ab
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-8-34	4,692 ab
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-10-19	5,197 a
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-14-17	4,315 b
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21	4,610 ab
Phichit 2	4,646 ab

CV = 8.7%

[1/] Means followed by the same letters indicate no differences at P < 0.05 by DMRT.

1.3 ปลูกในแปลงเกษตรกรอำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตร

ปลูกฤดูฝน วันที่ 15 มิถุนายน 2553 พบว่า ถั่วฝักยาวสายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) –1-32-138-25-21 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 5,870 กิโลกรัม/ไร่ แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์พิจิตร 2 ซึ่งให้ผลผลิตเฉลี่ย 5,209 กิโลกรัม/ไร่ (Table 5)

Table 5. Comparison of yard long bean yield in wet season at farm of farmer Tapkhlo district, Phichit province in 2010

Treatment	Fresh weight (kg/rai) [1/]
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-2-6	5,927 a
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-8-34	5,874 a
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-10-19	5,591 ab
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-14-17	5,604 ab
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21	5,870 a
Phichit 2	5,209 b

CV = 6.3 %

[1/] Means followed by the same letters indicate no differences at P < 0.05 by DMRT.

1.4 ปลูกในแปลงเกษตรกรอำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

ปลูกฤดูฝน วันที่ 18 มิถุนายน 2553 พบว่า ถั่วฝักยาวสายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) –1-32-138-25-21 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3,667 กิโลกรัม/ไร่ แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์พิจิตร 2 ซึ่งให้ผลผลิตเฉลี่ย 2,727 กิโลกรัม/ไร่ (Table 6)

Table 6. Comparison of yard long bean yield in wet season at farm of farmer Laplae district, Uttaradit province in 2010

Treatment	Fresh weight (kg/rai) [1/]
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-2-6	3,447 bc
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-8-34	3,216 c
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-10-19	4,009 a
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-14-17	2,202 c
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21	3,667 b
Phichit 2	2,727 d

CV = 6.5%

[1/] Means followed by the same letters indicate no differences at P < 0.05 by DMRT.

ค่าเฉลี่ยผลผลิตใน 4 แหล่ง (Tables 3 - 6) พบว่า สายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21 ให้ผลผลิต 3,861 กิโลกรัม/ไร่ พันธุ์พิจิตร 2 ให้ผลผลิต 3,631 กิโลกรัม/ไร่ สายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21 ให้ผลผลิตมากกว่าพันธุ์พิจิตร 2 คิดเป็นร้อยละ 6.3 (Table 7)

Table 7. Average yield (kg/rai) of yard long bean in 2010

Planting season	(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21	Phichit 2
Dry season (February 2010)	1,427 [1/]	1,459 [1/]
Wet season (May – June 2010)	3,731 [1/]	4,112 [1/]
	4,610 [2/]	4,646 [2/]
	5,870 [3/]	5,209 [3/]
	3,667 [4/]	2,727 [4/]
Average	3,861	3,631

[1/] Yield in Phichit Agricultural Research and Development Center.

[2/] Yield in Uttaradit Agricultural Research and Development Center.

[3/] Yield in farm of farmer Tapkhlo district, Phichit province.

[4/] Yield in farm of farmer Laplae district, Uttaradit province.

2. ข้อมูลการปรับปรุงพันธุ์

ปลูกในศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร

2.1 อายุออกดอก 50%

ปลูกฤดูแล้ง สายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) –1-32-138-25-21 ออกดอก 50% หลังปลูก 36 วัน แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์พิจิตร 2 ซึ่งมีอายุออกดอก 50% หลังปลูก 39 วัน และปลูกฤดูฝน สายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) –1-32-138-25-21 มีอายุออกดอก 50% หลังปลูก 31 วัน แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์พิจิตร 2 ซึ่งมีอายุออกดอก 50% หลังปลูก 35 วัน (Table 8)

2.2 จำนวนครั้งที่เก็บเกี่ยว

ปลูกฤดูแล้ง สายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) –1-32-138-25-21 และพันธุ์พิจิตร 2 เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ 9 ครั้ง ปลูกฤดูฝน สายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) –1-32-138-25-21 และพันธุ์พิจิตร 2 ให้จำนวนครั้งที่เก็บเกี่ยวไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ 42 และ 40 ครั้ง ตามลำดับ (Table 9)

Table 8. Days to 50% flower of yard long bean in dry and wet seasons at Phichit Agricultural Research and Development Center in 2010

Treatment	Dry season [1/]	Wet season [1/]
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-2-6	35 a	31 a
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-8-34	37 c	32 ab
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-10-19	36 b	31 a
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-14-17	37 c	32 b
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21	36 b	31 a
Phichit 2	39 d	35 c
CV (%)	1.8	1.0

[1/] Means followed by the same letters indicate no differences at P < 0.05 by DMRT.

Table 9. Number of harvesting time of yard long bean in dry and wet seasons at Phichit Agricultural Research and Development Center in 2010.

Treatment	Dry season [1/]	Wet season [1/]
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-2-6	9	42 ab
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-8-34	9	43 ab
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-10-19	9	42 ab
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-14-17	9	43 a
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21	9	42 ab
Phichit 2	9	40 b
CV (%)	-	3.9

[1/] Means followed by the same letters indicate no differences at P < 0.05 by DMRT.

2.3 ลักษณะดอก ฝัก และเมล็ด

สายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) –1-32-138-25-21 ให้ลักษณะดอกสีม่วง ฝักสดสีเขียว (YG 144 A) ฝักตรง ผิวฝักย่น ปลายฝักมน สีเขียว เมล็ดรูปไต สีน้ำตาล เปลือกหุ้มเมล็ดเรียบ มีลายบนเปลือกเมล็ด ขั้วเมล็ดสีขาวหรือสีครีม น้ำหนัก 100 เมล็ด 23.1 กรัม (Figures 2-4) และพันธุ์พิจิตร 2 ให้ฝักสดสีเขียวอ่อน (YG 144 C) ฝักตรง ผิวฝักเรียบ ปลายฝักมน สีเขียวอ่อน

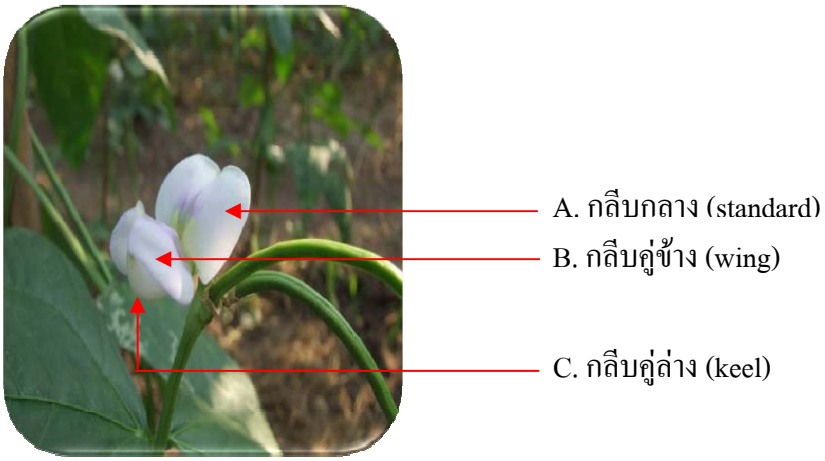


Figure 3. Flower charactistic of yard long bean line (Phichit 2 × YB 15) -1-32- 138-25-21; **A,** standard, purple; **B,** wing, purple; **C,** keel, purple



Figure 4. Seed charactistic of yard long bean line (Phichit 2 × YB 15) -1-32-138-25-21; seed color, brown; seed shape, kidney; seed coat texture, smooth, mottle; hilum color, white or cream

ขนาดฝัก ปลูกฤดูแล้ง สายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) –1-32-138-25-21 ให้ค่าเฉลี่ยขนาดฝัก ยาว 43.6 เซนติเมตร กว้าง 0.98 เซนติเมตร และพันธุ์พิจิตร 2 ให้ขนาดฝัก ยาว 48.2 เซนติเมตร กว้าง 0.89 เซนติเมตร ปลูกฤดูฝน สายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21 ให้ค่าเฉลี่ยขนาดฝัก ยาว 47.0 เซนติเมตร กว้าง 0.98 เซนติเมตร และพันธุ์พิจิตร 2 ให้ขนาดฝัก ยาว 49.1 เซนติเมตร กว้าง 0.90 เซนติเมตร (Table 10)

Table 10. Pod size (cm) of yard long bean in dry and wet seasons at Phichit Agricultural Research and Development Center in 2010

Treatment	Dry season [1/]		Wet season [1/]	
	Length	Width	Length	Width
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-2-6	44.5 b	0.94 c	46.0 b	0.95 abc
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-8-34	43.9 bc	0.97 b	47.0 ab	0.88 c
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-10-19	43.9 bc	1.01 a	47.0 ab	0.90 bc
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-14-17	43.1 c	0.94 c	46.8 ab	1.02 a
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21	43.6 bc	0.98 b	47.0 ab	0.98 ab
Phichit 2	48.2 a	0.89 d	49.1 a	0.90 bc
CV (%)	1.6	2.3	3.0	5.6

[1/] Means followed by the same letters indicate no differences at P < 0.05 by DMRT.

น้ำหนักฝัก ปลูกฤดูแล้ง สายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) –1-32-138-25-21 ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักฝัก 20.9 กรัม แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์พิจิตร 2 ซึ่งให้น้ำหนักฝัก 19.2 กรัม ปลูกฤดูฝน สายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21 และพันธุ์พิจิตร 2 ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักฝัก 21.7 และ 20.8 กรัม ตามลำดับ และไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 11)

Table 11. Pod weight (g)/pod of yard long bean in dry and wet seasons at Phichit Agricultural Research and Development Center in 2010

Treatment	Dry season [1/]	Wet season [1/]
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-2-6	21.3 a	22.2 a
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-8-34	21.1 a	22.1 a
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-10-19	21.7 a	24.0 a
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-14-17	19.2 b	23.2 a
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21	20.9 a	21.7 a
Phichit 2	19.2 b	20.8 a
CV (%)	4.4	7.9

[1/] Means followed by the same letters indicate no differences at P < 0.05 by DMRT.

2.4 คุณสมบัติทางเคมี

ทั้ง 2 ฤดู พบว่า สายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) –1-32-138-25-21 ให้ค่าเฉลี่ยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ได้แก่ ปริมาณใยอาหาร 2.88 กรัม/น้ำหนักฝักสด 100 กรัม และโปรตีน 2.59 กรัม/น้ำหนักฝักสด 100 กรัม พันธุ์พิจิตร 2 ให้ปริมาณใยอาหาร 2.25 กรัม/น้ำหนักฝักสด 100 กรัม และโปรตีน 2.68 กรัม/น้ำหนักฝักสด 100 กรัม (Table 12)

Table 12. Dietary fiber and protein of yard long bean (g/100 g pod) in dry and wet seasons at Phichit Agricultural Research and Development Center in 2010

กรรมวิธี	Dry season		Wet season		Average	
	Dietary fiber	Protein	Dietary fiber	Protein	Dietary fiber	Protein
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-2-6	3.57	2.65	2.77	2.47	3.17	2.56
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-8-34	3.16	2.87	2.95	2.44	3.06	2.66
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-10-19	3.07	2.50	2.82	2.46	2.96	2.48
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-14-17	3.35	3.04	2.16	2.85	2.76	2.95
(Phichit 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21	2.96	2.36	2.79	2.81	2.88	2.59
Phichit 2	3.06	2.90	1.43	2.45	2.25	2.68

แหล่งปลูกและฤดูปลูกมีอิทธิพลต่อผลผลิตและคุณภาพของผลผลิต (อเนกและคณะ, 2545) ปลูกถั่วฝักยาวในฤดูแล้งให้ผลผลิตต่ำกว่าปลูกในฤดูฝน ปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ ความชื้นสัมพัทธ์ในฤดูแล้งต่ำกว่าในฤดูฝน สภาพอากาศแห้งในฤดูแล้ง การช่วยถ่ายละอองเรณูโดยแมลงลดลง จึงทำให้ผลผลิตลดลง ((Siemonsma and Piluek, 1994)

2.5 ความพึงพอใจของเกษตรกร

สำรวจระดับความพึงพอใจของเกษตรกร ของถั่วฝักยาวสายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) -1-32-138 -25-21 จำนวน 12 คน พบว่า เกษตรกรมีความพึงพอใจระดับมากกับผลผลิต 12 คน อายุเก็บเกี่ยว 11 คน จำนวนครั้งที่เก็บเกี่ยว 10 คน ความกว้างฝัก 3 คน ความยาวฝัก 10 คน ความหนาเนื้อฝัก 3 คน และสีฝักสด 12 คน และมีความพึงพอใจระดับปานกลางกับ อายุเก็บเกี่ยว 1 คน จำนวนครั้งที่เก็บเกี่ยว 2 คน ความกว้างฝัก 9 คน ความยาวฝัก 2 คน และความหนาเนื้อฝัก 9 คน (Table 13)

Table 13. Satisfying of farmers of yard long bean line (Phichit 2 × YB 15) -1-32-138 – 25-21

Characteristic	Satisfying level [1/]	
	Very satisfied	Satisfied
1. Yield	12	0
2. Days to first harvest	11	1
3. Number of harvesting time	10	2
4. Pod size		
4.1 Width	3	9
4.2 Length	10	2
4.3 Pericarp thickness	3	9
5. Pod color	12	0

[1/] Data was recorded from 12 farmers at Tapkhlo district, Phichit province; yard long bean was planted in wet season in 2010. Four satisfying levels were very satisfied, satisfied, less satisfied and dissatisfied respectively.

สรุปผลการทดลอง

ปลูกทดสอบถั่วฝักยาว 5 สายพันธุ์ร่วมกับพันธุ์พิจิตร 2 ได้ถั่วฝักยาวสายพันธุ์ (พิจิตร 2 × YB 15) – 1-32-138-25-21 มีลักษณะเด่นคือ ความหนาเนื้อฝักมากกว่าพันธุ์พิจิตร 2 ร้อยละ 25.8 อายุเก็บเกี่ยวสั้นกว่าพันธุ์พิจิตร 2 3 วัน และให้ผลผลิตมากกว่าพันธุ์พิจิตร 2 ร้อยละ 6.3 ใช้เป็นพันธุ์แนะนำพันธุ์ใหม่ของกรมวิชาการเกษตรชื่อ ถั่วฝักยาวพันธุ์พิจิตร 3

คำขอบคุณ

ขอบคุณ นางพุฒนา รุ่งระวี กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์ทางสถิติงานวิจัยการเกษตร กองแผนงานและวิชาการ กรมวิชาการเกษตร ให้คำแนะนำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และพนักงานปฏิบัติงานในแปลงทดลองที่มีส่วนร่วม ทำให้งานทดลองนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

จรัญ ดิษฐไชยวงศ์. 2554. เอกสารแนะนำ การปลูกถั่วฝักยาวพันธุ์แนะนำ พันธุ์พิจิตร 2. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 กรมวิชาการเกษตร.

นิรนาม. 2548. รายละเอียดในการตรวจสอบลักษณะของพันธุ์พืชที่ขอจดทะเบียนเป็นพันธุ์พืชใหม่ตามชนิดพืชที่ได้ประกาศให้เป็นพันธุ์พืชใหม่ที่จะได้รับการคุ้มครอง ตามมาตรา 14 แห่งพระราชบัญญัติคุ้มครองพันธุ์พืช พ.ศ. 2542 ชนิดพืช: ถั่วฝักยาว. ใน: ระเบียบกรมวิชาการเกษตร ว่าด้วยการตรวจสอบลักษณะของพันธุ์พืชที่ขอจดทะเบียนเป็นพันธุ์พืชใหม่ (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2547. กองคุ้มครองพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 75-86 แหล่งข้อมูล: http://m.doa.go.th/pvp/main [9 พฤศจิกายน 2554].

นิรนาม. 2554. ข้อมูลสถิติการเกษตรรายจังหวัด กรมส่งเสริมการเกษตร. แหล่งข้อมูล: http://www.doae.go.th [14 พฤศจิกายน 2554].

อเนก บางข่า อาพร สามพิมพ์ สมนึก ปีอาทิตย์ จรัญ ดิษฐไชยวงศ์ มาโนช ทองเจียม และกฤษณ์ ลินวัฒนา. 2545. การทดสอบสายพันธุ์ถั่วฝักยาวรับประทานฝักสด. กำหนดการประชุมและบทคัดย่อ การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 2 ณ โรงแรมเจริญธานี ปริ๊นเซส ขอนแก่น. หน้า 7.

Anonymous. 1983. Cowpea Descriptors. International Board for Plant Genetic Resources, Rome. 29 p.

Siemonsma, J. S. and K. Piluek. 1994. Plant Resources of South-East Asia No. 8 Vegetables. Prosea Foundation, Bogor. 412 p.

Vidya, C. and S. K. Oommen. 2002. Correlation and path analysis in yard long bean. Kerala Agricultural University, Thrissur. Journal of Tropical Agriculture 40: 48-50.

การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพืชตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง

Technology Development of Crops production Base on Sufficiency Economy in Lower Southern Area

สำราญ สะรุโณ[1] นลินี จาริกภากร[1] อุดร เจริญแสง[1] ปัทมา พรหมสังคหะ[2]
อาอีฉ๊ะ ละใบจิ[2] เสาวภาค รัตนสุภา[2] ไพเราะ เทพทอง[2] ชอ้อน พรหมสังคหะ[2] มานิตย์ แสงทอง[2]
สมใจ จีนชาวนา[2] อริยธัช เสนเกตุ[2] เกียรติศักดิ์ ขุนไกร[2]

Samran Saruno[1] Nalinee Jarikapagorn[1] Udon Jareanseang[1] Phattama Phomsangkaha[2]
Arecha Labigi[2] Soawapak Rattanasupa[2] Pirau Teptong[2] Chaon Phomsangkaha[2] Manit Sangtong[2]
Somjai Geenchoana[2] Ariyatat Sengket[2] Keitisak Kunkrai[2]

ABSTRACT

Theresearch aims to develop crop-production technology based on the sufficiency economy. The guidelines to increase crop production, in order to reach sufficient livelihood, could be recommended as the following: 1) Developing production of 9 groups of crops to serve the demand of household sufficiently and gathering plantation for pubic beneficial together with building plant nursery at the community level. 2) Developing the appropriate technology by integrating local knowledge with academic research properly. 3) Activating social movement relied on participated development, building identity, informing best practices, on-farm share and exchange knowledge , linkage with outside networks, and launching advertise keywords as “the 4-pillars to sufficiency”, which are sufficient heart, 9-integreated sufficient plants, sufficient knowledge,and sufficient livelihood. 4) Developing sufficient crop-production indicators composed of the quantity of useful crops, reduction of cost, increasing of income, security of food, development of livelihood, sustainability of natural resources, gross happiness, using of reasons, monitoring and inspecting, knowledge and integrity, immunity of impacts, and assets of living. The evaluations of crop production development found that farmer’s plant incomes increased by 2.1%, on-farm spending decreased by 56.0%, and the overall sufficiency score increased from 3.51 to 3.85.These findings have made it clear in the methodology of research and development base on sufficiency economy which is beneficial to the development of research, can be defined as development policy and causing benefits to the farmers and the community immediately.

Key word: Crops production, Sufficiency Economy,Lower Southern Thailand

---

[1]สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 8 จ.สงขลา (Office of agriculture research and development region 8)

[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพัทลุง อ.เมือง จ.พัทลุง (Phatthalung agriculture research and development center)

บทคัดย่อ

การวิจัยได้คิดค้นพัฒนาเทคนิคการประยุกต์ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้ในการผลิตพืช ผลการวิจัยสรุปว่าวิธีการผลิตพืชให้เพียงพอต่อการดำรงชีพตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงทั้งในระดับครัวเรือนและชุมชนควรดำเนินการดังนี้ คือ 1) พัฒนาการผลิตพืชรวม 9 กลุ่มให้มีชนิดและปริมาณพืชเพียงพอต่อการใช้ประโยชน์ทุกด้านในครัวเรือนส่วนในระดับชุมชนควรมีการร่วมกันปลูกพืชเพื่อสาธารณะประโยชน์ และจัดสร้างเรือนเพาะชำสำหรับการเพาะขยายพันธุ์พืช 2) พัฒนาภูมิปัญญาการผลิตพืช โดยการทำแปลงทดลองผสมผสานภูมิปัญญาท้องถิ่นกับผลงานวิจัยทางวิชาการ 3) จัดกิจกรรมการเคลื่อนไหวทางสังคมเพื่อสนับสนุนความสำเร็จในการผลิตพืชโดยทำการพัฒนาแบบมีส่วนร่วม พัฒนาความเป็นต้นแบบ “จัดเวทีวิจัยสัญจร”เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เชื่อมโยงกับเครือข่ายภายในและภายนอก และสร้างวาทกรรม “4 เสาหลักสู่ความพอเพียง” เพื่อสื่อความเข้าใจเทคนิคการพัฒนาได้แก่หัวใจพอเพียง, 9 พืชผสมผสานพอเพียง, ภูมิปัญญาภิวัตน์พอเพียงและดำรงชีพพอเพียง 4) การวิจัยได้สร้างตัวชี้วัดระดับความพอเพียงในการผลิตพืชได้แก่ด้านความพอประมาณ : การลดต้นทุนเพิ่มรายได้ปริมาณพืชใช้ประโยชน์ความมั่นคงพืชอาหาร พืชกับความเป็นอยู่ พืชกับความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติ พืชกับความสุขมวลรวมด้านความมีเหตุผล : การใช้เหตุใช้ผล ตรวจสอบติดตามความรู้ และคุณธรรมในการผลิตพืชด้านภูมิคุ้มกัน : ภูมิคุ้มกันจากผลกระทบและการเพิ่มทุนในการดำรงชีพซึ่งการนำตัวชี้วัดไปประเมินผลกระทบจากพัฒนา พบว่าทำให้คะแนนระดับความพอเพียงในการดำรงชีพเพิ่มขึ้นจาก 3.51 เป็น 3.85 สัดส่วนรายได้ด้านพืชจากเดิมที่มีแนวโน้มลดลงกลับเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.1 รายจ่ายทางการเกษตรลดลง ร้อยละ 56.0 ผลการวิจัยนี้ได้ทำให้เกิดรูปแบบความชัดเจนการประยุกต์ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้ในการผลิตพืชที่เป็นรูปธรรม เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาต่อยอด และเป็นงานวิจัยที่สามารถนำไปกำหนดเป็นนโยบายการพัฒนาการผลิตพืชได้ทั่วประเทศ มีความครอบคลุมหลายมิติของการดำรงชีพ มีความยั่งยืน เกิดประโยชน์ต่อเกษตรกรและชุมชนได้ทันที

คำหลัก: การผลิตพืช, เศรษฐกิจพอเพียง, ภาคใต้ตอนล่าง

บทนำ

การเป็นอยู่ของเกษตรกรรายย่อยในภาคใต้มีแนวโน้มพึ่งพาตนเองได้น้อยลง โดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ (2551) รายงานว่า พื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ยลดลงจากปี 2541 ซึ่งมีเนื้อที่ถือครองเฉลี่ย 19.1 ไร่ เป็น 16.8 ไร่/ราย ผู้ถือครองเนื้อที่ขนาดเล็กมีเพิ่มขึ้นจำนวนสมาชิกครัวเรือนลดลงจำนวนผู้มีรายได้จากการทำการเกษตรอย่างเดียวมีเพียงร้อยละ 23.7 มีหนี้สินเพื่อการเกษตรร้อยละ 33.3 หนี้สินเฉลี่ย 89,772 บาทต่อครัวเรือนแนวทางแก้ไขปัญหาความยากจน สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2551) จึงได้เสนอแนะมาตรการที่นำไปสู่การพึ่งพาตนเอง เช่น ควรให้ความรู้เทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ผสมสานภูมิปัญญาท้องถิ่นในการเพิ่มผลผลิตส่งเสริมให้นำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้ในการดำรงชีวิตเป็นต้น และโครงการสนับสนุนการ

ขับเคลื่อนเศรษฐกิจพอเพียงด้านการศึกษาและเยาวชนสำนักงานทรัพย์สินส่วนพระมหากษัตริย์ (2551) แนะนำหลักการประยุกต์ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงโดยค้นหาตัวอย่างที่เป็นรูปธรรม พัฒนากระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสม สร้างองค์ความรู้สร้างเพื่อน สานข่าย และขยายผล

เนื่องจากพระราชดำริเศรษฐกิจพอเพียงเป็นปรัชญาคำสอน การนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตพืชนอกจากพระราชดำริทฤษฎีใหม่แล้วยังมีรูปแบบที่เป็นรูปธรรมอย่างอื่นน้อยมาก สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8 จึงได้ทำการศึกษาค้นคว้าพัฒนาเทคนิควิธีในการประยุกต์ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเพื่อใช้ในการผลิตพืช อันจะนำไปใช้แนะนำให้เกษตรกรและผู้เกี่ยวข้องนำไปปฏิบัติต่อยอดสู่การพึ่งตนเองตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อให้เกษตรกรและชุมชนต้นแบบ ได้นำเทคนิคการประยุกต์ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้ในการผลิตพืชให้มีระดับความพอเพียงในการดำรงชีพเพิ่มขึ้น และนักพัฒนาสามารถนำองค์ความรู้ไปใช้ในการพัฒนาต่อยอดขยายผลต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เนื่องจากเป็นงานวิจัยที่มีความยุ่งยากซับซ้อนในการผสมผสานระหว่างปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง การดำรงชีพของเกษตรกร และการผลิตพืช การวิจัยจึงต้องใช้แนวทางการวิจัยเชิงบูรณาการแบบองค์รวม (Holistically Integrative Research : นงนภัส คู่วรัญญู เที่ยงกมล,2551) ซึ่งเป็นการวิจัยแบบผสมผสานทั้งการวิจัยทางเกษตร และการวิจัยทางสังคม ใช้วิธีวิทยาการวิจัยทั้งการวิจัยเชิงทดลอง การวิจัยเชิงสำรวจ การวิจัยเชิงปริมาณ การวิจัยเชิงคุณภาพ และการเคลื่อนไหวทางสังคม

อุปกรณ์ ได้แก่ พันธุ์พืช ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรี สารปรับปรุงดิน สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชวัสดุในการจัดประชุม อบรม อุปกรณ์บันทึกภาพ และวัสดุที่ใช้ในการประชาสัมพันธ์

วิธีการการดำเนินงานวิจัยและพัฒนา มีขั้นตอนดำเนินการ 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การจัดทำตัวชี้วัดการผลิตพืชตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง
2. การพัฒนาการผลิตพืชให้เพียงพอต่อการดำรงชีพตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง
3. การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพืชที่เหมาะสมกับภูมิปัญญาท้องถิ่น
4. การจัดกิจกรรมการเคลื่อนไหวทางสังคมเพื่อสนับสนุนความสำเร็จในพัฒนาการผลิตพืช
5. การประเมินผลกระทบการพัฒนาตามตัวชี้วัดจากการพัฒนาการผลิตพืชที่มีต่อการเพิ่มความพอเพียงในการดำรงชีพ

โดยแต่ละขั้นตอนมีวิธีการดำเนินงาน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การจัดทำตัวชี้วัดการผลิตพืชตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงโดยการสังเคราะห์หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง และองค์ความรู้การพัฒนาที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ จากนั้นค้นหากุญแจความสำเร็จคัดเลือกตัวชี้วัด (ตัวแปร) ที่จะนำมาใช้วัด โดยใช้หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเป็น

กลุ่มตัวแปรหลัก และใช้ตัวแปรจากแนวความคิดอื่นๆเป็นตัวแปรย่อยและทดสอบการนำตัวแปรไปใช้ในการประเมินผลกระทบการพัฒนาเพื่อวัดความพอเพียงในการผลิตพืช

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาการผลิตพืชให้เพียงพอต่อการดำรงชีพตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง โดยสำรวจข้อมูลการผลิตพืชของเกษตรกร วิเคราะห์จำแนกกลุ่มพืชตามลักษณะการใช้ประโยชน์ วิเคราะห์ระดับความพอเพียงต่อความต้องการ จากนั้นจัดประชุม รณรงค์ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ศึกษาดูงาน เพื่อกระตุ้นให้มีการปลูกพืชเพิ่มขึ้นในชนิดที่ยังมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการ ด้านการปลูกดูแลรักษาพืชแต่ละชนิด ใช้วิธีผสมผสานภูมิปัญญาท้องถิ่นกับคำแนะนำ GAP พืช การบันทึกข้อมูลชนิดพืชปริมาณการผลิตผลผลิตและผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจ

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพืชที่เหมาะสมกับภูมิปัญญาท้องถิ่นตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงแบบเกษตรกรมีส่วนร่วม โดยให้ความรู้เกษตรกรในหลักการทำงานวิจัยร่วมทำการสำรวจวิเคราะห์ปัญหาการผลิตพืชเศรษฐกิจหลักของครัวเรือน รวบรวมแนวทางในการแก้ปัญหาทั้งใช้วิธีจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและจากคำแนะนำทางวิชาการต่าง ๆ การวางแผนการทดลองเพื่อทดสอบวิธีการแก้ปัญหา มี 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 เป็นพืชที่มีเกษตรกรปลูกหลายราย จะวางแผนการทดลองแบบ RCB มีกรรมวิธีในการทดลอง 3 กรรมวิธีคือ กรรมวิธีที่ 1 วิธีเดิม กรรมวิธีที่ 2 วิธีตามคำแนะนำทางวิชาการ กรรมวิธีที่ 3 วิธีตามภูมิปัญญาท้องถิ่นผสมผสานกับคำแนะนำวิชาการ จำนวนซ้ำในการทดลอง 5-10 ราย (ขึ้นกับจำนวนเกษตรกรที่ปลูกพืช) รายละ 2 ซ้ำ กรณีที่ 2 หากเป็นพืชที่ปลูกเพียงรายเดียวหรือมีพื้นที่ปลูกไม่มาก จะเปรียบเทียบกรรมวิธีเช่นเดียวกับกรณีแรก โดยมีจำนวนซ้ำเพียง 1 ซ้ำ และเก็บผลผลิตทั้งแปลงโดยไม่มีการสุ่มตัวอย่าง

ขั้นตอนที่ 4 การจัดกิจกรรมการเคลื่อนไหวทางสังคมเพื่อสนับสนุนความสำเร็จในการพัฒนาการผลิตพืชตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง โดย 1) การเพิ่มความรู้ เช่นจัดอบรม ศึกษา ดูงาน ฝึกทักษะการผลิตพืช พร้อมทั้งจัดประชุมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และเชื่อมโยงกับเครือข่ายทั้งภายในและภายนอกชุมชน 2) พัฒนาเกษตรกรให้เป็นต้นแบบโดยฝึกทักษะการเป็นวิทยากร พัฒนาแปลงให้เป็นต้นแบบ เผยแพร่ผลงานต้นแบบสู่ชุมชนสาธารณะ นำเกษตรกรมาศึกษาดูงาน การให้มีส่วนร่วมในการประชุมสัมมนา นิทรรศการต่างๆ เชิญเป็นวิทยากร เผยแพร่ผลงานทางวิทยุชุมชน โทรทัศน์ และสื่อประชาสัมพันธ์ต่าง ๆ 3) สร้างวาทกรรมที่เป็นเอกลักษณ์สำหรับการรณรงค์ และสื่อความหมายเทคนิคการพัฒนาการผลิตพืชตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง โดยวิธีการสร้างวาทกรรม คือวิเคราะห์หาเงื่อนไขความสำเร็จในการพัฒนา คิดค้นคำสำคัญ ออกแบบสัญลักษณ์และเผยแพร่

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินผลกระทบจากการพัฒนาการผลิตพืชที่มีต่อความพอเพียงในการดำรงชีพ โดยทำสำรวจข้อมูลการดำรงชีพตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงโดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง และแบบมีโครงสร้างตามรายการตัวชี้วัดในขั้นตอนที่1การทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสัมภาษณ์ (Reliability)ใช้การวิเคราะห์การวัดความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency)โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบัค (Cronbach's Alpha Coefficient) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ หา

ค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ (Pearson's product moment correlations) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ จะดำเนินการไปพร้อมๆกับกระบวนการเก็บข้อมูล โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบการตีความ สร้างข้อสรุปข้อมูลจากปรากฏการณ์ที่มองเห็น วิเคราะห์ขั้นตอนของเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นเป็นลักษณะของกระบวนการการเปรียบเทียบข้อมูลเพื่อสร้างเป็นข้อสรุปแบบความสัมพันธ์เป็นลักษณะกรอบแนวคิด (สุภางค์ จันทวานิช,2549)

สถานที่ดำเนินการ จ.พัทลุงระยะเวลาดำเนินการ ปี 2551-2553 พัฒนาระดับครัวเรือน ตัวแทนระบบการปลูกพืชละ 1 คน รวม 11 คน ปี 2554-2555 พัฒนาระดับชุมชน 2 ชุมชน คือชุมชนที่ลุ่มข้าวและพืชผักเป็นหลัก ต.พญาขัน อ.เมือง และ ชุมชนที่ดอนยางพาราเป็นหลัก ต.คลองเฉลิม อ.กงหรา จ.พัทลุง ชุมชนละ 30 คน รวม 60 คน

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การจัดทำตัวชี้วัดการผลิตพืชตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง

ทฤษฎีที่นำมาสังเคราะห์ตัวชี้วัด ได้แก่ ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง แนวความคิดการดำรงชีพอย่างยั่งยืน (Sustainable Livelihoods นำเสนอโดย Department for inter national develop ment ภายใต้การพัฒนาของหน่วยงานนานาชาติหลายหน่วยงานเช่น FAO และ UNDP เป็นต้น) แนวคิดระบบสังคมเกษตร (สมยศทุ่งหว้า, 2541) แนวคิดเรื่องความสุขมวลรวมประชาชาติ (Gross National Happiness, GNH) แนวคิดการพัฒนาภูมิปัญญาท้องถิ่น (Indigenous knowledge) แนวคิดการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research) แนวความคิดการเคลื่อนไหวทางสังคม (Social movement:วีรพงษ์วรวัตร,2551) ผลการคัดเลือกตัวแปรและนำตัวแปรมาทดลองใช้วัดความพอเพียงเป็นเวลา 5 ปี สรุปตัวชี้วัดการผลิตพืชตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง ได้ดังนี้

1.1 ตัวชี้วัดด้านความพอประมาณในการผลิตพืช ได้แก่ปริมาณและชนิดพืชที่ผลิตได้เพียงพอต่อความต้องการใช้ประโยชน์การลดต้นทุน เพิ่มรายได้ความมั่นคงทางอาหาร หรือความสามารถในการผลิตพืชอาหารได้เอง พืชกับความเป็นอยู่ในครอบครัวพืชกับความเป็นอยู่กับเพื่อนบ้าน พืชกับความเป็นอยู่ในสังคม พืชกับความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติ และพืชกับความสุขมวลรวม

1.2 ตัวชี้วัดด้านความมีเหตุผลในการผลิตพืช ได้แก่การใช้ภูมิปัญญาความรู้ในการคิดค้นพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพืชการใช้เหตุใช้ผลในการผลิตพืช การตรวจสอบติดตามการผลิตพืช ความรอบรู้ในการผลิตพืช และคุณธรรมในการผลิตพืช

1.3 ตัวชี้วัดด้านการสร้างภูมิคุ้มกันในการผลิตพืชได้แก่ภูมิคุ้มกันจากผลกระทบบริบทความอ่อนแอหรือความเปราะบาง (vulnerability context)ที่จะเกิดความเสียหายอย่างทันทีทันใด(shocks) ภูมิคุ้มกันจากภาวะแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล(trends and seasonality) ภูมิภูมิคุ้มกันจากการเปลี่ยนผ่านโครงสร้าง/การพัฒนา (transforming structures and processes) การสร้างภูมิคุ้มกันด้วยการพัฒนาทุนดำรงชีพ ทุนมนุษย์ทุนสังคม ทุนธรรมชาติทุนการเงิน และทุนกายภาพ

2. การพัฒนาการผลิตพืชให้เพียงพอต่อการดำรงชีพตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง

2.1 ผลการพัฒนาการผลิตพืชผสมผสานในระดับครัวเรือนผลการวิจัยพบว่าจะต้องผลิตพืช 9 กลุ่ม จึงจะครอบคลุมทุกมิติการใช้ประโยชน์ทั้งทางด้านการดำรงชีพ เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ผลการพัฒนาได้ทำให้มีครัวเรือนเพิ่มการผลิตพืชขึ้น 1.3 เท่า คือเพิ่มขึ้นจาก 23 ชนิด/ครัวเรือน ในปี 2551 เป็น 53 ชนิด/ครัวเรือนในปี 2555 โดยแบ่งพืชเป็น 9 กลุ่มพืชดังนี้ 1) พืชรายได้เพิ่มขึ้นจาก 3 ชนิด เป็น 4 ชนิด 2) พืชอาหาร จาก 8 ชนิด เป็น 26 ชนิด 3) พืชสมุนไพรเพื่อสุขภาพจาก 7 ชนิด เป็น 15 ชนิด 4) พืชสมุนไพรกำจัดศัตรูพืช จาก 1 เป็น 2 ชนิด 5) พืชไม้ใช้สอยจาก 1 ชนิด เป็น 3 ชนิด 6) พืชอนุรักษ์ดินและน้ำ เพิ่มเป็น 1 ชนิด 7) พืชอนุรักษ์พันธุ์กรรมท้องถิ่นเพิ่มเป็น 2 ชนิด 8) พืชอาหารสัตว์เพิ่มเป็น 1 ชนิด 9) พืชพลังงานมีการปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น 1ราย

2.2 ผลการพัฒนาการปลูกพืชผสมผสานในระดับชุมชนผลวิจัยพบว่าในเขตพื้นที่ดอนยางพาราเป็นหลักมีความหลากหลายของชนิดพืช 44 ชนิด/ครัวเรือน มากกว่าในพื้นที่ลุ่มข้าวและพืชผักเป็นหลักซึ่งมีปัญหาน้ำท่วมที่มีชนิดพืช 20 ชนิด/ครัวเรือน วิธีการที่ทำให้ชุมชนผลิตพืชเพิ่มขึ้น คือแต่งตั้งคณะกรรมการรับผิดชอบพืชผสมผสาน จัดสร้างเรือนเพาะชำชุมชนสำหรับการเพาะขยายพันธุ์พืชแจกจ่ายมีการร่วมกันปลูกพืชเพื่ออนุรักษ์พันธุกรรมท้องถิ่นให้เป็นป่าชุมชนการปลูกพืชอาหารให้เป็นสาธารณะประโยชน์ เช่นผักหวาน ผักเหรียง กล้วย บริเวณริมถนนให้ทุกคนสามารถใช้ประโยชน์ได้ปลูกแฝกในพื้นที่ริมคลองธรรมชาติ ร่วมกันวิเคราะห์การปลูกพืชที่มีปัญหาเช่นปาล์มน้ำมันทดแทนยางพาราในพื้นที่ลุ่ม ค้นหาพืชที่จะเป็นเอกลักษณ์ชุมชนเช่น ตาหมัดและผักเหรียงแซมยางพาราในเขตชุมชนที่ดอน

2.3 เงื่อนไขความสำเร็จในการพัฒนาเพื่อเพิ่มการปลูกพืชพบว่า วิธีการสร้างจิตสำนึกตามพระราชดำริ “ปลูกป่าในใจคน” จะทำให้เกษตรกรเสาะหาพืชมาปลูกด้วยตนเอง และจะช่วยให้มีการเพิ่มพืชในกลุ่มอื่นๆที่ไม่ใช่พืชรายได้หรืออาหารมากขึ้นได้ กระบวนการพัฒนาที่ได้ผลในการสร้างจิตสำนึก คือ การจัดเวทีให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้หลายๆครั้ง ทั้งภายในและภายนอกชุมชน ทำให้เกษตรกรได้เห็นแบบอย่างจากเพื่อนบ้าน ได้แรงจูงใจ และเกิดแรงผลักดันการพัฒนา

3. การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพืชที่เหมาะสมกับภูมิปัญญาท้องถิ่นตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง

ผลการพัฒนาเทคโนโลยีโดยวิธีให้เกษตรกรทำแปลงทดลองเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาพร้อมกับมีนักวิชาการร่วมการทดลอง พบว่าสามารถทำให้เกษตรกรได้ภูมิปัญญาหรือเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับท้องถิ่นตนเองดังนี้

3.1 การพัฒนาเทคโนโลยีผสมผสานภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อเพิ่มผลผลิตพริกความต้องการของเกษตรกร คือเพิ่มผลผลิต ลดสารเคมีกำจัดเพลี้ยไฟ เพลี้ยอ่อน และแก้ปัญหาโรคโคนเน่า ผลการทดลองพบว่าวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8 ผสมผสานกับการป้องกันโรคโดยใส่ปูนขาวก่อนปลูกเพื่อปรับสภาพดิน ถอนทำลายต้นที่เป็นโรค ฉีดพ่นจุลินทรีย์ *Bacillus subtilis* ทุ ก ๆ 5-7 วันจัดการเพลี้ยไฟโดยใช้สารสกัดน้ำมัน พ่นทุก ๆ 7-10 วัน ให้ผลผลิตพริก

เฉลี่ย 1,909 กก./ไร่ สูงกว่าแบบเดิมร้อยละ 18 ที่ให้ผลผลิต 1,621 กก./ไร่ รายได้เหนือต้นทุน 31,782 บาท สูงกว่าวิธีเดิมร้อยละ 26 ความเห็นเกษตรกรคือควรลดการใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 เพราะทำให้ต้นพริกสูง ใบดกเก็บผลผลิตยาก และเพิ่มการใส่ปุ๋ยที่เร่งดอก

3.2 การพัฒนาเทคโนโลยีผสมผสานภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อเพิ่มผลผลิตดาวเรือง ความต้องการเกษตรกร คือเพิ่มผลผลิตและลดสารเคมีกำจัดหนอนทำลายดอก เพลี้ยไฟ และโรคเหี่ยวผลการทดลองพบว่า วิธีการจัดการหนอนผีเสื้อกินดอกโดยใช้กับดักกากน้ำตาลผสมน้ำและฉีดพ่นสารสกัดหางไหลทุก ๆ 7-10 วัน จัดการเพลี้ยไฟโดยพ่นด้วยสารสกัดน้ำมัน ทุก ๆ 7-10 วัน จัดการโรคเหี่ยวโดยไถตากดิน ลดการให้น้ำ และฉีดพ่นจุลินทรี *Bacillus subtilis* ทุกๆ 5-7 วันพบหนอนผีเสื้อทำลายดอกลดลงร้อยละ 56 ต้นเป็นโรคเหี่ยวลดลงร้อยละ 71 ผลผลิตดาวเรือง 189,245 ดอก/ไร่ เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 33

3.3 การพัฒนาเทคโนโลยีผสมผสานกับภูมิปัญญาท้องถิ่นในการผลิตมังคุดคุณภาพนอกฤดู ความต้องการของเกษตรกร คือ ผลิตมังคุดให้มีผลผลิต คุณภาพสูง และออกนอกฤดูปกติ ผลการทดลอง พบว่าวิธีการจัดการตามคำแนะนำของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8 ผสมผสานกับภูมิปัญญาผู้นำท้องถิ่นในการให้น้ำช่วงฤดูแล้งเพื่อจะทำให้เกิดการแตกใบอ่อนแทนการปล่อยให้ออกดอกตามธรรมชาติ พร้อมกับมีการจัดการความชื้นบริเวณโคนต้น ตัดแต่ง ให้ปุ๋ย ให้น้ำ พ่นสารเคมีป้องกันหนอนกินใบอ่อน พ่นสารเร่งดอก ใช้ปุ๋ยน้ำหมักราดโคนต้น พ่นสารน้ำมันป้องกันเพลี้ยไฟ และพ่นปุ๋ยบำรุงผลได้ทำให้มังคุดในแปลงทดลองมีการออกดอกนอกฤดูถึงร้อยละ 40 คือในภาวะที่มีฝนตกตามฤดูกาลมังคุดทั่วไปจะออกดอกเดือน มี.ค.-เม.ย. แต่มังคุดแปลงทดลองจะออกดอกนอกฤดูกาลคือเดือน ส.ค. จำนวน 4 แปลง จาก 10 แปลง ซึ่งจะขายได้ราคาสูงกว่าฤดูปกติประมาณ 5-10 เท่า ในขณะที่แปลงที่ดูแลรักษาแบบเดิมจะไม่มีการออกดอก ส่วนผลผลิตมีเปอร์เซ็นต์การติดผลร้อยละ 20.6 ของยอด ผลผลิต 78.3 กก./ต้น ผลคุณภาพดีร้อยละ 67

3.4 การพัฒนาเทคโนโลยีผสมผสานกับภูมิปัญญาท้องถิ่นในการผลิตสละ ความต้องการของเกษตรกร คือแก้ปัญหาเนื้อผลยุบดำและรสชาติไม่แน่นอน ผลการทดลองพบว่าวิธีการจัดการปุ๋ยโดยใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อัตรา 1.6 กก./ต้น แบ่งใส่ 4 ครั้ง สูตร 13-13-21 อัตรา 2.0 กก./ต้น แบ่งใส่ 4 ครั้ง ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 8 กก./ต้น แบ่งใส่ 4 ครั้ง ยิบซั่มอัตรา 4 กก./ต้น แบ่งใส่ 2 ครั้ง ก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 3-4 เดือนฉีดพ่นผลด้วยแคลเซียมโบรอนทำให้ได้ผลผลิต 11.5 ทะลาย/ต้น ทะลายละ 9.4 ช่อผลผลิตรวม 119.1 กก./ต้น ให้คุณภาพผลผลิตสูงกว่าวิธีการเดิม คือมีจำนวนผลดี ร้อยละ 84.7 สูงกว่าแบบเดิม ร้อยละ 19 และให้คุณภาพผลแตกต่างจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือจำนวนผลยุบร้อยละ 7.1 น้อยกว่าเดิมร้อยละ 11.6 จำนวนผลเน่า ร้อยละ 8.2น้อยกว่าเดิมร้อยละ 7.4 และวัดค่าความหวานได้ 20.2 สูงกว่าแบบเดิมคือ 18.9 องศาบริกซ์ ต้นทุนเฉลี่ย 882 บาท/ต้น รายได้เหนือต้นทุน 5,073 บาท/ต้น

3.5 การพัฒนาเทคโนโลยีผสมผสานกับภูมิปัญญาท้องถิ่นในการผลิตสะตอ ความต้องการเกษตรกร คือเพิ่มผลผลิต ผลการทดลองพบว่าวิธีการใส่ปุ๋ยคอกหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต 25 กก./ต้น หลังจากผลัดใบจนใบแก่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 2-4 กก./ต้น และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 3-5 กก./ต้น

และก่อนออกดอกจนถึงติดเมล็ด ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 8-24-24 อัตรา 2-4 กก./ต้น โดยแบ่งใส่ 2-3 ครั้ง ทำให้ได้ผลผลิตสูงกว่าวิธีการเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือจำนวนช่อ 38.9 ช่อ/ต้น จำนวนฝักต่อช่อ 10.1 ฝัก/ช่อ จำนวนฝักต่อต้น 462.1 ฝัก/ต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก 18.2 เมล็ด/ฝัก และ ความยาวฝักเฉลี่ย 34.4 ซม. ผลตอบแทนการผลิต มีต้นทุนเฉลี่ย 335 บาท/ต้น รายได้สุทธิ 2,438 สูงกว่าวิธีเดิมร้อยละ 49

3.6 การพัฒนาเทคโนโลยีผสมผสานภูมิปัญญาท้องถิ่นในการป้องกันกำจัดแมลงวันทองเจาะผลมะระ ความต้องการของเกษตรกรคือลดการใช้สารเคมี โดยทดสอบการป้องกันกำจัดแมลงด้วยกับดักกาวเหนียวแบบฉีดพ่นบนขวดน้ำพลาสติก วางในแถวปลูก 1 แถว เว้น 1 แถว ระยะระหว่างกับดัก 6 เมตร/จุด รวม 78 จุด/ไร่ ผลการทดลองพบว่ามีจำนวนแมลงวันทองติดกับดัก 2,992 ตัว ผลผลิตเสียหายจากแมลงทำลายเฉลี่ย ร้อยละ 7.5 ลดลงจากปีก่อนทดลองที่มีผลผลิตเสียหายร้อยละ 35 ผลผลิตเฉลี่ย 5,526 กก./ไร่ สูงกว่าปีก่อนทดลองร้อยละ 78.7 ต้นทุนการผลิตลดลงจากปีก่อนทดลองร้อยละ 45.6 รายได้เหนือต้นทุน เพิ่มขึ้นจากก่อนทดลอง 2.4 เท่า ผลดีด้านอื่นๆ คือช่วยยืดเวลาการห่อผลจาก 1-3 วัน เป็น 7 วัน ทำให้มีความคล่องตัวในการจัดการมากขึ้นกว่าเดิม เทคโนโลยีนี้เกษตรกรได้ทดลองขยายผลในการลดการทำลายของแมลงวันทองเจาะผลบวบและการปลูกผักผสมผสาน นอกจากจะดักจับแมลงวันทองได้แล้วผลจากการร่วมกันตรวจนับแมลงติดกับดักได้ทำให้เกษตรกรได้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแมลงเพิ่มขึ้น

3.7 การพัฒนาเทคโนโลยีผสมผสานภูมิปัญญาท้องถิ่นในการผลิตยางพาราความต้องการของเกษตรกร คือ เพิ่มผลผลิต ลดต้นทุน พร้อมๆกับเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ผลการทดลองพบว่าเกษตรกรจะเลือกใช้วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 29-5-18 อัตรา 0.5 กก./ต้นและปุ๋ยอินทรีย์ 2 กก./ต้น หรือใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว 3 กก./ต้นซึ่งให้ผลผลิตน้ำยางสด 69 กรัม/ต้น/วัน ค่าเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งในน้ำยางสดเฉลี่ย 30.7 % รายที่เก็บผลผลิตยางก้อน ให้ผลผลิต 28 กรัม/ต้น/วัน ผลการวิเคราะห์ดินหลังการทดลอง 3 ปี พบว่า อินทรียวัตถุส่วนใหญ่เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับเหมาะสมจาก 1.34-1.78 เป็น 1.35-2.39 % และมีการขยายการทดสอบในชุมชนที่ดอนยางพาราเป็นหลัก พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 อัตรา 1 กก./ต้น/ปี ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 2 กก./ต้น/ปีให้ผลผลิตน้ำยางสดเฉลี่ย 24.3 กรัม/ต้น/วัน เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งในน้ำยางสด 29.9 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีหรืออินทรีย์อย่างเดียว

3.8 การพัฒนาเทคโนโลยีผสมผสานภูมิปัญญาท้องถิ่นในการใช้สารสกัดจากพืชป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วฝักยาว ความต้องการเกษตรกร คือลดสารเคมีป้องกันกำจัดเพลี้ยอ่อนและหนอนเจาะฝักทำลายผลผลิตถั่วฝักยาว โดยทดสอบการใช้สาบเสือ 1 กก. ตำให้ละเอียด ผสมน้ำ 20 ลิตร หมักไว้ 1 คืน กรองเอาน้ำไปใช้ฉีดพ่นสัปดาห์ละ 1 ครั้ง สลับกับการใช้ มันแกว และตะไคร้หอม หมักอย่างละ 1 กก. ตำให้ละเอียด ผสมน้ำ 20 ลิตร หมักไว้ 1 คืน เปรียบเทียบกับการไม่ใช้สารสกัด เก็บข้อมูลผลผลิตทั้งแปลง ผลการทดลองพบการระบาดทำลายของแมลงน้อยกว่าแปลงที่ไม่ใช้สารสกัด ร้อยละ 20 ผลผลิตถั่วฝักยาวแปลงฉีดพ่น 436 กก./ไร่ สูงกว่าแปลงไม่ฉีดพ่น ร้อยละ 31 ที่ให้ผลผลิต 333 กก./ไร่

3.9 การพัฒนาเทคโนโลยีผสมผสานภูมิปัญญาท้องถิ่นในการผลิตมันเทศก่อนข้าว ความต้องการของเกษตรกร คือ เพิ่มผลผลิตและรายได้ ผลการทดลองพบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา 20 กก./ไร่ + ปุ๋ยอินทรีย์เม็ดอัตรา 20 กก./ไร่ ให้ผลผลิต 1,688 กก./ไร่ให้รายได้สูงกว่าปุ๋ยสูตรอื่น ๆ และการทดสอบอัตราที่เหมาะสมในการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 ผลการทดลองสรุปว่า การใส่ปุ๋ยหลังปลูก 15-20 วันอัตรา 50 กก./ไร่ให้ผลผลิต 1,440 กก./ไร่ รายได้เหนือต้นทุน 10,233 บาท/ไร่ สูงกว่าการใช้ อัตรา 25 กก./ไร่ ร้อยละ14

3.10 การพัฒนาเทคโนโลยีผสมผสานภูมิปัญญาท้องถิ่นในการผลิตแตงกวาก่อนข้าว ความต้องการของเกษตรกร คือ เพิ่มผลผลิตและรายได้ผลการทดลองพบว่าเกษตรกรเลือกใช้วิธีการใช้ปุ๋ยคอกระยะเตรียมดิน 1 กก./หลุม ใส่ปุ๋ยเคมีรองพื้นสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กก. / ไร่ หลังจากปลูก 10-15 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 8 กก./ไร่+ ปุ๋ยอินทรีเม็ดอัตรา 8 กก. / ไร่ ให้ผลผลิต 4,220 กก./ไร่ รายได้เหนือต้นทุน 29,152 บาท/ไร่

3.11 การพัฒนาเทคโนโลยีผสมผสานภูมิปัญญาท้องถิ่นในการผลิตแตงโมก่อนข้าว ความต้องการของเกษตรกร คือ เพิ่มผลผลิตและรายได้ผลการทดลอง พบว่าเกษตรกรเลือกใช้วิธีการใส่ปุ๋ยรองพื้นด้วยปุ๋ยคอก อัตรา 1 กก./หลุม ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 5 กก./ไร่ และปุ๋ยอินทรีเม็ด อัตรา 5 กก. /ไร่ เมื่อแตงโมอายุประมาณ 15-20 วัน ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 15 กก. /ไร่ ร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 15 กก./ไร่ ให้ผลผลิต 1,164 กก./ไร่ รายได้เหนือต้นทุน 7,429 บาท/ไร่

3.12 การพัฒนาเทคโนโลยีผสมผสานภูมิปัญญาท้องถิ่นในการปลูกข้าวโพดหวาน ความต้องการของเกษตรกร คือ เพิ่มผลผลิตและรายได้ ผลการทดลอง พบว่าเกษตรกรเลือกใช้วิธีการใส่ปุ๋ยรองพื้นด้วยปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ เมื่ออายุ 20 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กก./ไร่ ให้ผลผลิต 1,266 กก./ไร่ รายได้เหนือต้นทุน 11,235 บาท/ไร่

3.13 การพัฒนาเทคโนโลยีผสมผสานภูมิปัญญาท้องถิ่นในการปลูกพืชต่างระดับ ความต้องการของเกษตรกร คือเพิ่มการใช้ประโยชน์จากการปลูกพืชในพื้นที่จำกัด ผลการทดลองพบว่าการปลูกพืชต่างระดับ 4 ชั้น ได้แก่ พืชชั้นใต้ดิน (ขมิ้น) พืชชั้นผิวดิน (เช่น ผักกูด ผักบุ้ง ผักชีฝรั่ง) พืชชั้นกลาง (เช่น ผักเหรียง ชะอม มะเขือตาหมัด ผักหวาน พริก) และชั้นอากาศ (ไม้ผลและผักขึ้นค้าง) ในสวนยางพารา อายุ 4 ปี รวม 12 ชนิด ให้มูลค่าผลผลิต 8,522 บาท/ไร่ การปลูกพืชต่างระดับ 4 ชั้นพื้นที่บริเวณบ้าน มีพืชชั้นใต้ดิน 2 ชนิด ชั้นผิวดิน 3 ชนิด ชั้นกลาง 11ชนิด ชั้นอากาศ 29 ชนิด รวม 45 ชนิด มูลค่าผลผลิต 68,442 บาท/ไร่

4. การจัดกิกรรมการเคลื่อนไหวทางสังคมเพื่อสนับสนุนความสำเร็จในการพัฒนาการผลิตพืชตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงดำเนินการพัฒนาแบบมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนของการวิจัยและพัฒนา ดังนี้

4.1 จัด "เวทีวิจัยสัญจร"คือการจัดประชุมพบปะแลกเปลี่ยนเรียนรู้ภูมิปัญญาระหว่างเกษตรกร นักวิจัย และผู้มีส่วนร่วมต่างๆ เดือนละครั้งหมุนเวียนกันไปในพื้นที่ไร่นาเกษตรกรแต่ละราย โดยมีกิจกรรมคือ ของฝากจากเพื่อนบ้านเรื่องเล่าจากเจ้าของบ้านแลกเปลี่ยน เรียนรู้ ภูมิปัญญาการ

ทำการเกษตรการรายงานความก้าวหน้างานทดลอง ผลการประเมินการจัดเวทีวิจัยสัญจร พบว่า เกษตรกรได้รับประโยชน์ดังนี้คือ ความสัมพันธ์ในหมู่คณะข้อคิดในการดำเนินชีวิตความรู้ ประสบการณ์การปลูกพืชรู้สึกอิ่มบุญและภาคภูมิใจที่ได้ให้ความรู้แก่ผู้อื่น ภูมิปัญญาใหม่จากผู้อื่นได้ รื้อฟื้นวัฒนธรรมประเพณีที่ดีงาม ฝึกทักษะการพูดในที่ชุมชนและได้นำเสนอผลงานต่อผู้อื่น

4.2 สร้างอัตลักษณ์หรือพัฒนาความเป็นเกษตรกรต้นแบบโดยสรุปจะต้องดำเนินการหลาย ๆ วิธีในการพัฒนา ดังนี้คือพัฒนาแปลงให้เป็นตัวอย่างฝึกทักษะการเป็นวิทยากร เปิดโลกทัศน์จาก การศึกษาดูงาน ร่วมประชุมสัมมนา พบปะเชื่อมโยงกับบุคคลต้นแบบและเครือข่ายต่างๆ เช่น ปราชญ์ชาวบ้าน เครือข่ายมหาวิทยาลัย และผู้นำภาคประชาชนต่างๆ จัดกิจกรรมเผยแพร่ผลงานและส่งเสริม บทบาทเกษตรกรต้นแบบ ด้วยการนำเกษตรกรต้นแบบเผยแพร่ผลงานทางวิทยุชุมชน รายการโทรทัศน์ สื่อหนังสือพิมพ์ การเชิญเป็นวิทยากรบรรยายนอกสถานที่ จัดให้เกษตรกรมาศึกษาดูงานไร่นาและแต่งตั้งเป็นกรรมการในโครงการต่างๆในหน่วยงานภาครัฐ

4.3 สร้างวาทกรรมในการเคลื่อนไหวการพัฒนาการผลิตพืชตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง วาทกรรมหมายถึงสัญลักษณ์ที่จะสื่อให้เห็นถึงรูปแบบความคิดที่จะเห็นเป็นภาพที่ง่ายต่อความเข้าใจและจะนำมาใช้ในการขับเคลื่อนและรณรงค์ประชาสัมพันธ์การพัฒนาตลอดโครงการ สรุปคือได้คิดค้นบัญญัติคำว่า “4 เสาหลักสู่ความพอเพียง” ประกอบด้วย 1) เสาหลักที่ 1 “หัวใจพอเพียง” เพื่ออธิบายหลักความคิดสู่การพึ่งตนเอง เป้าหมายการพัฒนา คือ การเป็นครัวเรือน หรือชุมชนให้เป็นต้นแบบหลักในการพัฒนา คือพัฒนาไร่นาให้เป็นแปลงตัวอย่าง พัฒนาทักษะการเป็นผู้นำและการเป็นวิทยากร พัฒนาทักษะความรู้ความสามารถในการปลูกพืช แลกเปลี่ยนเรียนรู้ อบรม ศึกษา ดูงาน เชื่อมโยงกับผู้อื่น และมีจิตอาสากล้าเป็นตัวแทน 2) เสาหลักที่2 “9 พืชผสมผสานพอเพียงและเกษตรผสมผสานพอเพียง” เพื่ออธิบายหลักการปลูกพืชผสมผสานที่เพียงพอและยั่งยืนเป้าหมายการพัฒนา คือมีพืชเพียงพอต่อการดำรงชีพ โดยจำแนกพืชเป็น 9 กลุ่ม คือ พืชอาหาร พืชรายได้ พืชสมุนไพรสุขภาพ พืชสมุนไพรศัตรูพืช พืชอนุรักษ์ดินและน้ำ พืชอาหารสัตว์ พืชใช้สอย พืชอนุรักษ์พันธุกรรมท้องถิ่นพื้นเมือง และพืชพลังงานรวมทั้งเกษตรผสมผสาน 3) เสาหลักที่ 3 “ภูมิปัญญาภิวัตน์พอเพียง” เพื่ออธิบายหลักการพัฒนาภูมิปัญญาที่ผสมผสานกับองค์ความรู้ต่าง ๆ อย่างเหมาะสม เป้าหมายการพัฒนา คือ เกษตรกรสามารถทดลอง ค้นคว้า หาความรู้ที่เหมาะสมกับตนเอง *“1 คน 1 ภูมิปัญญานำพาชีวิตพอเพียง”* ขั้นตอนการพัฒนา คือ 1. วิเคราะห์ปัญหาการผลิตพืช 2. ศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลที่จะนำมาแก้ไขปัญหาอย่างกว้างขวาง โดยรวบรวมภูมิปัญญาผู้นำชุมชน (Best practices) และผลงานทางวิชาการต่าง ๆ 3. สังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาสรุปคัดเลือกออกมาเป็นวิธีการปฏิบัติอย่างน้อย 1-2 วิธี 4. นำวิธีใหม่มาทดลองทำเปรียบเทียบกับวิธีปฏิบัติเดิม โดยทดลองตามหลักวิชาการที่ถูกต้อง ติดตามเก็บบันทึกข้อมูลผลการทดลอง สรุปผลและทดลองซ้ำประมาณ 3 รุ่น จนกว่าได้ผลที่ยืนยันว่าวิธีไหนดีกว่าชัดเจน 5. สรุปเป็นภูมิปัญญาใหม่ 6. ถ่ายทอดสู่บุคคลอื่น 4) เสาหลักที่ 4 “ดำรงชีพพอเพียง” เพื่อ อธิบายหลัก “3 ห่วง 2 เงื่อนไข” เป้าหมายการพัฒนา คือ 1 เดือนทำตามคำพ่อสอน 1 ถ้อยคำนำชีวิตพอเพียง ตามหลักความพอประมาณ ความมีเหตุผล ความมีภูมิคุ้มกัน มีความรอบรู้ มีหลักคุณธรรม(Figure 1-4)

5. การประเมินผลกระทบจากการพัฒนาการผลิตพืชที่มีต่อความพอเพียงในการดำรงชีพ

5.1 ผลกระทบจากการพัฒนาการผลิตพืชที่มีต่อความพอเพียงในการดำรงชีพในระดับครัวเรือนปรากฏผลดังนี้

5.1.1 รายได้เฉลี่ย จากพืช 95,311 บาท/ครัวเรือน/ปี คิดเป็นร้อยละ 67.9 ของรายได้ทั้งหมด เพิ่มขึ้นจากก่อนพัฒนาร้อยละ 2.1 โดยมาจากยางพารา ร้อยละ 47 พืชผักพืชไร่ ร้อยละ 19 ข้าว ร้อยละ 18 และ ไม้ผล ร้อยละ16 สูงกว่าเพื่อนบ้าน (จำนวนตัวอย่าง 52 ราย) ร้อยละ 5.5 รายจ่ายเพื่อลงทุนการเกษตร 16,730 บาท ลดลงจากก่อนพัฒนาร้อยละ 56.0 โดยค่าปุ๋ยเคมีลดลงร้อยละ 44.2 ค่าสารเคมีลดลงร้อยละ 62.8 ค่าพันธุ์พืชพันธุ์สัตว์ลดลงร้อยละ 68.9 ค่าเครื่องมือทุ่นแรงลดลงร้อยละ 79.5 ปุ๋ยคอกลดลงร้อยละ 63.6 ค่าจ้างแรงงานลดลงร้อยละ 24.8 รายจ่าย ค่าอาหารที่เป็นพืชผักผลไม้ลดลงร้อยละ 50.1 รายจ่ายเพื่อดำรงชีพอื่น ๆ ลดลงร้อยละ 22.4 รวมรายจ่ายต่ำกว่าเพื่อนบ้านร้อยละ 3.7

5.1.2 พืชกับความพอเพียงในการดำรงชีพ พบว่ามีคะแนนความพอเพียงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 3.51 เป็น 3.85 สูงกว่าของเพื่อนบ้านซึ่งมีคะแนนเฉลี่ย 2.59 โดยคะแนนพืชกับความพอประมาณเพิ่มขึ้นจาก 3.43 เป็น 3.69 คะแนนพืชกับความมีเหตุผลเพิ่มขึ้น จาก 3.81 เป็น 4.03 คะแนนพืชกับการสร้างภูมิคุ้มกันจากบริบทความอ่อนแอ/ความเปราะบางเพิ่มขึ้น จาก 3.32 เป็น 3.82 คะแนนพืชกับการพัฒนาต้นทุนในการดำรงชีพ เพิ่มขึ้นจาก 3.24 เป็น 3.88 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความพอเพียงในทุก ๆ ปี ได้แก่ ทุนมนุษย์คุณธรรมความเพียร และความสุขมวลรวม หมายความว่า หากเกษตรกรมีการพัฒนาตัวแปรเหล่านี้ให้มีคะแนนมากขึ้นก็จะส่งผลให้เกิดคะแนนความพอเพียงเพิ่มมากขึ้นตาม

5.2 ผลกระทบจากการพัฒนาการผลิตพืชที่มีต่อความพอเพียงในการดำรงชีพในระดับชุมชน

5.2.1 รายได้ รายจ่ายการผลิตพืช ชุมชนที่ลุ่มมีรายได้ ต่ำกว่าชุมชนที่ดอน คือ เฉลี่ย 223,649 และ 275,818 บาท/ครัวเรือน/ปี แต่มีรายจ่ายเพื่อลงทุนการเกษตรสูงกว่า คือ เฉลี่ย 81,483 และ 18,933 บาท/ครัวเรือน/ปี รายได้เหนือรายจ่ายด้านพืช เฉลี่ย 142,166 และ 256,886 บาท/ครัวเรือน/ปี ตามลำดับ

5.2.2 พืชกับความพอเพียงในการดำรงชีพ ชุมชนที่ลุ่มมีคะแนนความพอเพียงในการดำรงชีพเพิ่มขึ้นจาก 2.98 เป็น 3.48 ซึ่งต่ำกว่าชุมชนที่ดอน ที่มีคะแนนเพิ่มขึ้นจาก 2.92 เป็น 4.22

จากการประเมินผลกระทบการพัฒนาดังที่กล่าวมาแล้วแสดงให้เห็นว่าวิธีการและกระบวนการที่โครงการนำมาใช้ในการพัฒนาการผลิตพืชสามารถทำให้เพิ่มความพอเพียงในการดำรงชีพตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงได้จริงทั้งในระดับครัวเรือนและในระดับชุมชน (Table 1)

สรุปผลการทดลอง

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพืชตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง ผลการวิจัยสรุปเป็นคำแนะนำวิธีการประยุกต์ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้ในการผลิตพืชเพื่อนำไปสู่การเพิ่มระดับความพอเพียงในการดำรงชีพของเกษตรกรและชุมชนได้ดังนี้

1. ดำเนินการพัฒนาแบบมีส่วนร่วม โดยเริ่มจากร่วมกันศึกษาวิเคราะห์ ทำความเข้าใจสภาพพื้นที่ สภาพการผลิตพืชและปัญหาการผลิต ร่วมวางแผนและกำหนดเป้าหมายการพัฒนา ร่วมทดลองหาวิธีการแก้ปัญหา และร่วมกิจกรรมในการขับเคลื่อนการพัฒนาให้บรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมาย

2. ดำเนินกระบวนการพัฒนา ตามวาทกรรม “4 เสาหลักสู่ความพอเพียง” ได้แก่

2.1 เสาหลักที่ 1 “หัวใจพอเพียง” พัฒนาเกษตรกรและชุมชนให้เป็นต้นแบบ โดยจัดเวทีวิจัยสัญจรแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เชื่อมโยงกับเครือข่ายภายนอกพัฒนาเพิ่มความสามารถการเป็นผู้นำ พัฒนาแปลงตัวอย่าง ประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ผลงานผลการพัฒนาทำให้ได้เกษตรกรต้นแบบและชุมชนมุสลิมต้นแบบการผลิตพืชตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงในจังหวัดพัทลุง

2.2 เสาหลักที่ 2 “9 พืชผสมผสาน/เกษตรผสมผสานพอเพียง” พัฒนาการผลิตพืชให้เพียงพอต่อการดำรงชีพ 9 กลุ่ม ได้แก่ พืชอาหาร พืชรายได้ พืชสมุนไพรสุขภาพ พืชสมุนไพรศัตรูพืช พืชอนุรักษ์ดินและน้ำ พืชอาหารสัตว์ พืชใช้สอย พืชอนุรักษ์พันธุกรรมท้องถิ่นพื้นเมือง และ พืชพลังงาน โดยใช้วิธีการสร้างจิตสำนึกตามพระราชดำริ "ปลูกป่าในใจคน"คือจัดเวทีให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้หลายๆครั้งทั้งภายในและภายนอกชุมชน รณรงค์ ประชุม ศึกษาดูงาน และร่วมกันจัดหาพันธุ์พืช ส่วนการพัฒนาพืชระดับชุมชน มีการจัดสร้างเรือนเพาะชำชุมชนสำหรับการเพาะขยายพันธุ์พืชแจกจ่าย มีการร่วมกันปลูกพืชเพื่อสาธารณะประโยชน์ และร่วมกันวางแผนการใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชร่วมพืชแซมในพืชหลัก ผลการวิจัยได้แสดงให้เห็นว่าทำให้ครัวเรือนเกษตรกรมีชนิดพืชในครัวเรือนเพิ่มขึ้น 1.3 เท่า คือเพิ่มขึ้นจาก 23 ชนิด/ครัวเรือน ในปี 2551 เป็น 53 ชนิด/ครัวเรือน ในปี 2555

2.3 เสาหลักที่3 “ภูมิปัญญาภิวัตน์พอเพียง” พัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพืชที่เหมาะสมกับภูมิปัญญาท้องถิ่นตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงและพัฒนาเกษตรกรให้เป็นนักวิจัยท้องถิ่น ใช้หลัก “1 คน 1 ภูมิปัญญานำพาชีวิตพอเพียง”เกษตรกรสามารถทดลองหาองค์ความรู้มาแก้ปัญหาตัวเองได้ภายใต้การมีส่วนร่วมของนักวิจัยตั้งแต่วิเคราะห์ปัญหา หาวิธีการแก้ปัญหาจากการผสมผสานภูมิปัญญาท้องถิ่นและผลงานวิจัยจัดทำแปลงทดลอง เก็บข้อมูล และสรุปผลการศึกษาเปรียบเทียบผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าได้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับท้องถิ่นหลายเรื่อง เช่น เทคโนโลยีผสมผสานภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อเพิ่มผลผลิตและลดการใช้สารเคมีในการผลิตพริกลดการใช้สารเคมีในการผลิตดาวเรือง การผลิตมังคุดคุณภาพนอกฤดูการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพสละ การเพิ่มผลผลิตสะตอ การป้องกันกำจัดแมลงวันทองเจาะผลมะระ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ยางพาราการใช้สารสกัดจากพืชป้องกันกำจัดแมลงศัตรูถั่วฝักยาว การเพิ่มผลิตมันเทศก่อนข้าว แตงกวาก่อนข้าว แตงโมก่อนข้าว ข้าวโพดหวาน และการปลูกพืชต่างระดับ 4 ชั้น

2.4 เสาหลักที่ 4 “ดำรงชีพพอเพียง” ใช้หลัก “1 เดือนทำตามคำพ่อสอน 1 ถ้อยคำนำชีวิตพอเพียง” โดยจัดเวทีวิจัยสัญจรแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เชื่อมโยงกับเครือข่ายภายในภายนอกผลการวิจัยพบว่าในระดับครัวเรือนมีรายได้จากพืชเพิ่มขึ้นจากก่อนพัฒนาร้อยละ 2.1 รายจ่ายเพื่อลงทุนการเกษตร ลดลงจากก่อนพัฒนาร้อยละ 56.0 ค่าใช้จ่ายค่าอาหารที่เป็นพืชผักผลไม้ลดลงร้อยละ 50.1 รายจ่ายเพื่อดำรงชีพอื่นๆลดลงร้อยละ 22.4 การวัดระดับความพอเพียงพบว่ามีคะแนนความพอเพียงในการดำรงชีพเพิ่มขึ้นจาก 3.51 เป็น 3.85

3. ตัวชี้วัดที่นำมาใช้ในการประเมินผลการผลิตพืชตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงประกอบด้วย ด้านความพอประมาณในการผลิตพืช ได้แก่ปริมาณการผลิตพืชที่เพียงพอต่อความต้องการใช้ประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมการลดต้นทุน เพิ่มรายได้ความมั่นคงทางอาหาร พืชกับความเป็นอยู่ในครอบครัว พืชกับความเป็นอยู่กับเพื่อนบ้าน พืชกับความเป็นอยู่ในสังคม พืชกับความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติ และพืชกับความสุขมวลรวม ด้านความมีเหตุผลในการผลิตพืช ได้แก่ การใช้ภูมิปัญญาความรู้ในการคิดค้นพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพืชการใช้เหตุใช้ผลในการผลิตพืช การตรวจสอบติดตามการผลิตพืช ความรอบรู้ในการผลิตพืช คุณธรรมในการผลิตพืช ด้านการสร้างภูมิคุ้มกันในการผลิตพืชได้แก่ ภูมิคุ้มกันจากผลกระทบที่จะเกิดความเสียหายอย่างทันทีทันใด ภูมิคุ้มกันจากภาวะแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ภูมิภูมิคุ้มกันจากการเปลี่ยนผ่านโครงสร้างและกระบวนการ การสร้างภูมิภูมิคุ้มกันด้วยการพัฒนาทุนมนุษย์ทุนทางสังคม ทุนธรรมชาติทุนการเงิน และทุนกายภาพ

4. ข้อเสนอแนะ ความสำเร็จของการนำผลการวิจัยไปใช้ขยายผล จำเป็นต้องอาศัยความคิดในการทำงานแบบองค์รวม การทำงานแบบชุมชนมีส่วนร่วมการพัฒนาการผลิตพืชที่มีการเชื่อมโยงกับการเกษตรสาขาอื่น สังคมและการดำรงชีพ พัฒนาจากการแก้ปัญหาความพอเพียงในครัวเรือนสู่การพัฒนาในระดับชุมชน

5. ประโยชน์ที่ได้รับ การนำผลงานไปใช้ประโยชน์ และการเผยแพร่ผลงานวิจัย

5.1 เป็นงานวิจัยที่แสดงออกถึงความจงรักภักดีและสนองพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ในการนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อประชาชน

5.2 การนำไปใช้ประโยชน์ของหน่วยงานต่างๆ ตัวอย่างเช่น สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8 นำไปขยายผลในการจัดทำโครงการวิจัยและพัฒนาต่อเนื่อง ปี 2556-2558ใช้ในการพัฒนาศูนย์เรียนรู้ฯและในโครงการพระราชดำริฯของศวพ.พัทลุง ใช้พัฒนาในงบยุทธศาสตร์การพัฒนาของจังหวัดพัทลุง ปี 2553-55 ใช้งบประมาณ 861,000 บาทและวิทยาลัยภูมิปัญญาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยทักษิณวิทยาเขตพัทลุง นำไปใช้เป็นหลักสูตรฝึกงานนักศึกษาและพัฒนาเครือข่ายผู้นำท้องถิ่น

5.3 ได้รับคัดเลือกในการเผยแพร่ผลงานวิจัยในการประชุมสัมมนาวิชาการระดับชาติ เช่น การประชุมวิชาการ Thailand research expo 2011 กรุงเทพฯ การประชุมวิชาการระบบเกษตรแห่งชาติครั้งที่ 5 จ.อุบลราชธานี ครั้งที่ 6 จ.สงขลา และ ครั้งที่ 7จ.มหาสารคาม และ ครั้งที่ 9 จ.ขอนแก่น

5.4 เผยแพร่ผลงานนิทรรศการเช่น งาน “เปิดบ้านงานวิจัย กรมวิชาการเกษตร” ประจำปี 2552และ2554 งานเกษตรแฟร์มหาวิทยาลัยทักษิณ ปี2552-53 และงานประจำปีจังหวัดพัทลุงเป็นต้น

5.5 เผยแพร่โดยใช้สื่ออื่นๆ เช่นจัดทำแผ่นพับ สติ๊กเกอร์ และเอกสารวิชาการ องค์ความรู้ “4 เสาหลักสู่ความพอเพียง” ประมาณ 9,000 ชุดเกษตรกรต้นแบบถ่ายทอดความรู้แก่ผู้มาศึกษาดูงาน รวมทั้งสิ้น 4,014 คน เผยแพร่ออนไลน์ Web siteงานวิจัย www.samrancom.com, เศรษฐกิจพอเพียง.com (ตั้งแต่ปี 2552 เป็นต้นมา) Web site สำนักผู้เชี่ยวชาญ สวพ.8 www.soard8.com เผยแพร่ สื่อมวลชนอื่นๆ ข่าวในหนังสือพิมพ์และรายการโทรทัศน์ก้าวไกลกับกรมวิชาการเกษตร

5.6ได้ชุมชนมุสลิมต้นแบบการปลูกพืชตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง บ้านคู ต.คลองเฉลิม อ.กงหรา จ.พัทลุง และเกษตรกรต้นแบบในเขตการปลูกพืชต่างๆของจังหวัดพัทลุง ผลกระทบจากงานวิจัยต่อการพัฒนาประเทศ ผลงานวิจัยสามารถนำไปใช้ได้ทั่วประเทศหากสามารถนำองค์ความรู้จากงานวิจัยไปใช้กำหนดเป็นนโยบายระดับชาติในการพัฒนาเกษตรกรประมาณ 5 ล้านครอบครัวทั่วประเทศให้มีความพอเพียงเพิ่มขึ้นได้

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้บริหารและผู้เชี่ยวชาญ กรมวิชาการเกษตรทั้งในปัจจุบันและในอดีต โดยเฉพาะจากที่ปรึกษา 4 ท่านที่ร่วมงานโดยตรงคือ นายไพโรจน์ สุวรรณจินดา อดีตรองอธิบดีกรมวิชาการเกษตร นายสมเจต์ ประทุมมินท์ อดีตหัวหน้าผู้เชี่ยวชาญ นางนลินี จาริกภากร ผู้เชี่ยวชาญฯ สวพ.8 และนางสาวดวงใจ ช บุญพันธ์ อดีตรองผู้ว่าราชการจังหวัดพัทลุง

เอกสารอ้างอิง

โครงการสนับสนุนการขับเคลื่อนเศรษฐกิจพอเพียงด้านการศึกษาและเยาวชนสำนักงานทรัพย์สิน

ส่วนพระมหากษัตริย์.2551.เศรษฐกิจพอเพียง.:สืบค้นจาก http://www.sufficiencyeconomy.org

นงนภัส คู่วรัญญู เที่ยงกมล.2551.การวิจัยเชิงบูรณาการแบบองค์รวม.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรุงเทพฯ. 359 หน้า.

วีรพงษ์วรวัตร.2551.วาทกรรมกับการวิเคราะห์วาทกรรม:สืบค้นจาก http://worrawat.exteen.com/

สมยศ ทุ่งหว้า.2541.การวิเคราะห์ระบบสังคมเกษตร.คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัย

สงขลานครินทร์.233 หน้า.

สุภางค์ จันทวานิช.2549. การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยเชิงคุณภาพ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กรุงเทพฯ.177 หน้า.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติรายงาน.2551. ภาวะความยากจน

ปี 2550 : สืบค้นจาก http://www.nesdb.go.th/

สำนักงานสถิติแห่งชาติ.2551.สำมะโนการเกษตรพ.ศ. 2546 ภาคใต้ :สืบค้นจาก dhttp://service.nso.go.th/

Institute of Development Studies. 2008. Livelihoods Sustainable livelihoods guidance sheets.

:สืบค้นจาก http://www.eldis.org/go/livelihoods/

Table 1. Level of self-sufficiency livelihood of farmers :Phatthalung province.

Indicators	**Household**			**Community**			
	Before (2007)	**After (2008-2010)**	**Neighbor (2010)**	**Lowland**		**Upland**	
				2011	**2012**	**2011**	**2012**
1. Total moderation	3.43	3.69	2.92	3.02	3.47	3.28	4.68
-Plant and Well being	4.15	4.63	3.52	3.02	3.47	3.28	4.68
- Plants andfood security	2.92	3.21	2.42				
- Sustainable of natural resource	2.57	2.78	2.2				
- Plant and Happiness	4.07	4.15	3.53				
2.Total reasonableness				3.85	4.50	3.55	4.65
-Reasoning	3.3	3.84	2.6	3.90	4.68	3.30	5.00
-Monitoring				3.75	4.60	3.28	4.60
-Knowledge	4.07	4.1	2.64	3.73	4.20	3.15	4.05
-Moral	4.05	4.15	3.15	4.05	4.50	4.48	4.95
3. Total self-immunity	3.32	3.82	2.48	2.30	2.77	2.15	3.27
-Shock	3.32	3.81	2.34	2.60	2.58	2.28	3.47
-Trend and seasonal	2.84	3.62	3.04	2.40	3.20	2.25	3.55
-Transforming structure and process	3.8	4.01	2.07	1.88	2.50	1.92	2.80
4. Total capital	3.24	3.88	2.27	2.75	3.20	2.68	4.17
-Human capital	3.48	3.98	2.56	2.88	3.02	2.82	4.67
-Knowledge and skill				2.37	3.13	2.20	2.95
-Social capital	3.56	4.31	2.04	3.40	3.48	3.37	4.95
-Financial capital	2.8	3.31	2.4	3.12	3.08	3.07	4.33
-Natural Capital	3.45	4.05	2.08	2.47	2.92	2.43	3.93
-Physical capital	2.91	3.72	2.25	2.23	3.53	2.20	4.13
5. Total Sufficiency economy	3.51	3.85	2.59	2.98	3.48	2.92	4.22



Figure 1. Symbols of the "4-pillar to sufficiency"



Figure 2. Famers participatoryin agro-ecosystem analysis and planning



Figure 3. Integrated croppingandtechnology development



Figure 4. On-farm share and exchange knowledge

การพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมันในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง

The Development of Oil Palm Production in Pak Panang Basin

สุรกิตติ ศรีกุล[1] ไพบูรณ์ เปรียบยิ่ง[1] ฐปนีย์ทองบุญ[2] ธีรชาต วิชิตชลชัย[1]

Surakitti Srikul[1] Phaibun Priapying[1] Thapanee Thongboon[2] Theerachart Vichitcholachai[1]

ABSTRACT

Pak Panang River Basinis an area with complex problems in agriculture such as the short age of fresh water in dry season as well as flooding in the rainy season. And in the dry season, sea water has offense in to the Pak Panang River result in the river become salt water about 5-6 month /year which is not suitable for farming.

Office of Agricultural Research and Development Region 7 has started to explore and analyze the area since 1996 and has compiled a set of the Department of Agriculture technology of oil palm production, including oil palm hybrids varieties, site preparation, planting, crop nutrient management, plantation management and harvesting. As well as transfer of technology to test, deploy and extend to local farmers. This builds on research results to the development of research to farmers literally. By doing the following:

To test the feasibility of planting oil palm in 5 farmers of 134 rai in the year 1997 to 2012 found that oil palm grown in the area give an average yield of 12 years (age 4-15 years) 3.70 tons /rai /year. This result indicated that oilpalm which is a new crop of the area can be satisfactory grown in the area. Then in 2004, the project expanded into programs for abandoned shrimp farms to grow oil palm. The 620 farmers in the area of 8,158 rai have participant the project. And in 2010, the study of the improvement efficiency of oil palm production has been done in the 6 abandoned shrimp farms in area of 73 rai by adding organic matter 30 kg. / tree / year and good plantation management. The average yield over the period of 3 years (aged 6-8 years) increases from 2,789 kg. /rai / year to 4,106 kg./rai / year (47.22 %)

In addition, technology transfer and training course of oil palm plantation management technology has been done to provide farmers with knowledge and understanding of the management of oil palm plantations. The farmers were trained about 500 farmers / year. Oil palm plantation model

[1] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 จังหวัดสุราษฎร์ธานี (Office ofAgricultural Research and DevelopmentRegion7)

[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครศรีธรรมราช กรมวิชาการเกษตร (Nakhon Si ThammaratAgricultural Research and Development Center)

in the area has been prepared to the growers learning center production of oil palm to be distributed to 11 farmers in the area of oil palm plantations.

The results of the continuous work(16 years), resulting in farmers planting oil palm increased from the year of 1996, with the area planted to oil palm only 200 rai to213,000 rai(17,000 families) in the year 2012. The farmers in the area revenue from sales of oil palm bunch at least about 3,514.50 million baht /year and have a better life. Finally, the farmers have conducted the sustainable agriculture.

Key words: Pak PanangRiver Basin,abandoned shrimp farms, Oil Palm, Production Technology

บทคัดย่อ

พื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง เป็นพื้นที่ที่มีปัญหาสลับซับซ้อนในการทำการเกษตร โดยในฤดูแล้งประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำรวมทั้งมีการรุกตัวของน้ำทะเลเข้าไปในแม่น้ำปากพนังทำให้เกิดสภาพน้ำเค็มในฤดูแล้งปีละ5-6เดือน และในฤดูฝนประสบปัญหาอุทกภัย ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการทำการเกษตร

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 ได้เข้าไปสำรวจและวิเคราะห์พื้นที่ในปี 2539 จากนั้นได้รวบรวมชุดเทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมันที่สำคัญซึ่งเป็นผลงานวิจัยของกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ พันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี การเตรียมพื้นที่ปลูก การปลูก การจัดการธาตุอาหาร การจัดการสวนและการเก็บเกี่ยวผลผลิต ตลอดจนการถ่ายทอดเทคโนโลยี เข้าไปทดสอบ ปรับใช้และขยายผลในพื้นที่เกษตรกร ซึ่งเป็นการต่อยอดผลงานวิจัย เพื่อการพัฒนางานวิจัยสู่เกษตรกรอย่างแท้จริง โดยมีการดำเนินการ ดังนี้

การทดสอบความเป็นไปได้ในการปลูกปาล์มน้ำมันในแปลงเกษตรกรจำนวน 5 ราย 134ไร่ ในปี 2540-2556 พบว่าปาล์มน้ำมันสามารถให้ผลผลิตเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 12 ปี (อายุ 4-15ปี) ในพื้นที่ 134 ไร่ 3.70 ตัน/ไร่/ปี แสดงให้เห็นว่าปาล์มน้ำมันซึ่งเป็นพืชใหม่ของพื้นที่ สามารถปลูกได้ดีมีผลผลิตและทำรายได้เป็นที่พอใจของเกษตรกรจากนั้นในปี 2547 ได้ขยายผลไปสู่โครงการปรับสภาพนากุ้งร้างที่ประสบความล้มเหลวมาปลูกปาล์มน้ำมันโดยมีเกษตรกรร่วมโครงการจำนวน 620 ราย พื้นที่ 8,158ไร่จากนั้น ในปี 2554ได้เข้าดำเนินการเพิ่มประสิทธิภาพการปลูกปาล์มน้ำมันในดินนากุ้งร้างในแปลงเกษตรกรจำนวน 6 ราย 73ไร่พบว่าการปรับปรุงบำรุงดินนากุ้งร้างโดยการเพิ่มอินทรียวัตถุ 30 กิโลกรัม/ต้น/ปี และการจัดการสวนที่ถูกต้องทำให้ปาล์มน้ำมันสามารถให้ผลผลิตเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 3 ปี (อายุ 6-8 ปี)ในพื้นที่ 73ไร่ เพิ่มขึ้นจาก 2,789กิโลกรัม/ไร่/ปี (ก่อนเริ่มโครงการ) เป็น 4,106 กิโลกรัม/ไร่/ปี หรือเพิ่มขึ้น 47.22 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้มีการฝึกอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีหลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการสวนและการเพิ่มประสิทธิภาพการปลูกปาล์มน้ำมันในดินนากุ้งร้างเพื่อให้เกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจในการจัดการสวนปาล์มน้ำมันซึ่งมีเกษตรกรเข้ารับการฝึกอบรม

ประมาณ 500 ราย/ปี รวมทั้งยังได้จัดทำแปลงเรียนรู้ และแปลงต้นแบบการผลิตปาล์มน้ำมันที่ถูกต้องในแปลงเกษตรกรกระจายครอบคลุมพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันจำนวน 11 แปลง

จากผลการดำเนินงานพัฒนางานวิจัยอย่างต่อเนื่อง (16 ปี) ส่งผลให้เกษตรกรมีการปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น จากปี 2540 ที่มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพียง 200 ไร่ ขยายพื้นที่ปลูกไปเป็น 213,000 ไร่ (17,000ครัวเรือน) ในปี 2555 ซึ่งทำให้เกษตรกรมีรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตปาล์มน้ำมันเข้าสู่พื้นที่อย่างน้อย ประมาณ 3,514.50 ล้านบาท/ปี

คำสำคัญ: ลุ่มน้ำปากพนัง, นากุ้งร้าง, ปาล์มน้ำมัน, เทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมัน

คำนำ

พื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังตั้งอยู่ทางตอนใต้ของจังหวัดนครศรีธรรมราชมีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 1.98 ล้านไร่ ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทำนาสวนไม้ผลสวนยางพาราสวนปาล์มน้ำมันประมงเลี้ยงกุ้งทะเลรับจ้างเป็นต้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2552) ซึ่งในอดีตพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังมีความอุดมสมบูรณ์เป็นเมืองอู่ข้าวอู่น้ำที่สำคัญของภาคใต้ที่สามารถผลิตข้าวส่งออกไปขายต่างประเทศจากการทำลายทรัพยากรธรรมชาติโดยเฉพาะอย่างยิ่งป่าต้นน้ำลำธารได้ถูกบุกรุกทำลายเพื่อทำไม้ และปลูกยางพาราทำให้ลำน้ำสาขาในลุ่มน้ำปากพนังมีปริมาณลดลงเรื่อยๆที่เคยมีน้ำจืดในแม่น้ำปากพนังและลำน้ำสาขาใช้ปีละ 9 เดือนเหลือเพียงปีละ 3 เดือนเท่านั้นอีกทั้งในช่วงฤดูฝนมีปริมาณฝนตกมากแต่พื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังเป็นพื้นที่ราบลุ่มมีความลาดชันน้อยประกอบกับเกิดในช่วงน้ำทะเลหนุนสูงทำให้ระบายน้ำออกสู่ทะเลได้ยากทำให้มีสภาพน้ำท่วมทำความเสียหายให้แก่พื้นที่เพาะปลูกและพื้นที่ชุมชนเมืองเป็นบริเวณกว้างนอกจากนี้ทางตอนใต้ของพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังยังมีพื้นที่พรุซึ่งเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำพื้นที่ประมาณ 200,000 ไร่มีน้ำท่วมขังโดยใต้พื้นที่พรุจะมีสารประกอบไพไรท์ซึ่งจะตกตะกอนอยู่ในแหล่งน้ำเมื่อระดับน้ำลดลงจนชั้นไพไรท์สัมผัสอากาศจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีกลายเป็นกรดกำมะถันซึ่งทำให้ดินเปรี้ยวไม่สามารถใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกได้

ปัญหาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังในฤดูฝนเกิดอุทกภัยฤดูแล้งน้ำทะเลหนุนเป็นปัญหากับการปลูกข้าวที่เป็นพืชหลักมีพื้นที่นาร้าง และนากุ้งร้าง2-3 แสนไร่เกษตรกรทิ้งถิ่นไปทำกินที่อื่น

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นและเป็นพืชอุตสาหกรรมพืชหนึ่งทางภาคใต้ซึ่งมีศักยภาพในการให้ผลผลิตได้ดีหากมีการจัดการพื้นที่ปลูกให้เหมาะสมซึ่งเขตลุ่มน้ำปากพนังในสภาพที่ลุ่มนาร้างและนากุ้งร้างโครงสร้างดินแน่นทึบการระบายน้ำไม่ดี ดินเป็นดินเปรี้ยวและดินเค็มนากุ้งร้าง ซึ่งเป็นข้อจำกัดหากได้จัดการพื้นที่เหล่านี้ให้เหมาะสมกับการปลูกปาล์มน้ำมันเนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นให้ผลผลิตต่อเนื่องตลอดปีช่วยสร้างระบบนิเวศวิทยาดูดซับน้ำได้ดีและยังกระจายแรงงานในพื้นที่ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 ได้เลือกปาล์มน้ำมันเป็นพืชทางเลือกหนึ่งในการพัฒนาอาชีพและส่งเสริมรายได้ภาคเกษตรของเกษตรกรในการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังต่อไป

วัตถุประสงค์

1.เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ในการปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่นาร้าง และนากุ้งร้างในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง ให้เป็นแปลงสาธิตให้แก่เกษตรกร และผู้เกี่ยวข้อง นำไปปรับใช้ประโยชน์

2. เพื่อให้ได้รูปแบบของระบบการปลูกพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่

3. เพื่อนำเทคโนโลยีเกี่ยวกับการปรับปรุงสภาพดินให้เหมาะสมต่อการปลูกพืชที่ได้จากการศึกษาวิจัยไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันบริเวณนากุ้งร้าง โดยให้เกษตรกรมีส่วนร่วมในการดำเนินการรวมทั้งเพื่อเพิ่มผลผลิตปาล์มน้ำมัน และผลตอบแทนสุทธิจากการใช้เทคโนโลยีของเกษตรกร

4.เพื่อนำผลงานที่ได้ผลและสำเร็จแล้วถ่ายทอดสู่เกษตรกร และบุคคลที่สนใจไปปรับใช้ให้เป็นโยชน์ให้เกิดการขยายผลต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นตอน และวิธีการดำเนินการ ได้แบ่งออกเป็นรายกิจกรรมโครงการในการดำเนินการในพื้นที่ตามกิจกรรม จำนวน 4 กิจกรรม และระยะเวลาการดำเนินการ ดังนี้

1. การสำรวจและวิเคราะห์พื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง

ดำเนินการสำรวจ และวิเคราะห์พื้นที่ ในภาพรวมของพื้นที่ ทางด้านกายภาพ สภาพแวดล้อม และปัญหาของพื้นที่ ในปี พ.ศ. 2541 โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) จากเอกสารข้อมูลของหน่วยงานต่างๆ เช่นกรมพัฒนาที่ดิน กรมชลประทาน และกรมส่งเสริมการเกษตร และข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) จากการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้อง และการบันทึกข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ก่อนดำเนินการจัดทำแปลงศึกษา และทดสอบ

2. การทดสอบความเป็นไปได้ในการปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง

การทดสอบความเป็นไปได้ในการปลูกปาล์มน้ำมันได้รวบรวมชุดเทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมันที่สำคัญซึ่งเป็นผลงานวิจัยของกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ พันธุ์ปาล์มน้ำมันลูกผสมสุราษฎร์ธานี การเตรียมพื้นที่ปลูก การปลูก การจัดการธาตุอาหาร การจัดการสวนและการเก็บเกี่ยวผลผลิต ตลอดจนการถ่ายทอดเทคโนโลยี เข้าไปทดสอบ ปรับใช้และขยายผลในพื้นที่เกษตรกร โดยมีการดำเนินการ ดังนี้

2.1 คัดเลือกเกษตรกรเข้าร่วมโครงการได้เริ่มโครงการปี 2541 โดยคัดเลือกเกษตรกรที่มีความสนใจจะปลูกปาล์มน้ำมัน ก่อนดำเนินการได้เก็บตัวอย่างดินวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีดิน

2.2 วางแนวการปลูกปาล์มน้ำมัน และขุดคูระบายน้ำ เพื่อยกระดับพื้นที่ให้สูงขึ้น เพื่อป้องกันน้ำท่วมขังแปลงปลูก โดยจะต้องระบายออกจากแปลงปลูกให้ได้ในฤดูฝน และ เก็บกักน้ำในร่องสำหรับใช้ในฤดูแล้ง ซึ่งคูระบายน้ำทำทุกๆ สองแถวของปาล์มน้ำมันขนาด 200x50x100 เซนติเมตร (ด้านบน x ด้านล่าง x ลึก) (Figure 1 and 2) ระยะปลูกปาล์มน้ำมัน ระยะปลูก 9.0 เมตรแบบสามเหลี่ยมด้านเท่า

2.3 การเตรียมต้นกล้าปาล์มน้ำมันเพาะเลี้ยงต้นกล้าปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอร่า (D x P) คือพันธุ์ลูกผสมสุราษฎร์ธานีเพื่อนำไปปลูกทดสอบในโครงการ

2.4 การทดสอบปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่เกษตรกรการปลูกปาล์มน้ำมันตั้งแต่เริ่มโครงการในปี 2541 จนถึงปี 2555 ได้ปลูกปาล์มน้ำมันและดูแลรักษาตลอดจนบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตรายได้ของเกษตรกรในแต่ละแปลงทดสอบในพื้นที่รวมจำนวน5รายพื้นที่ 134 ไร่

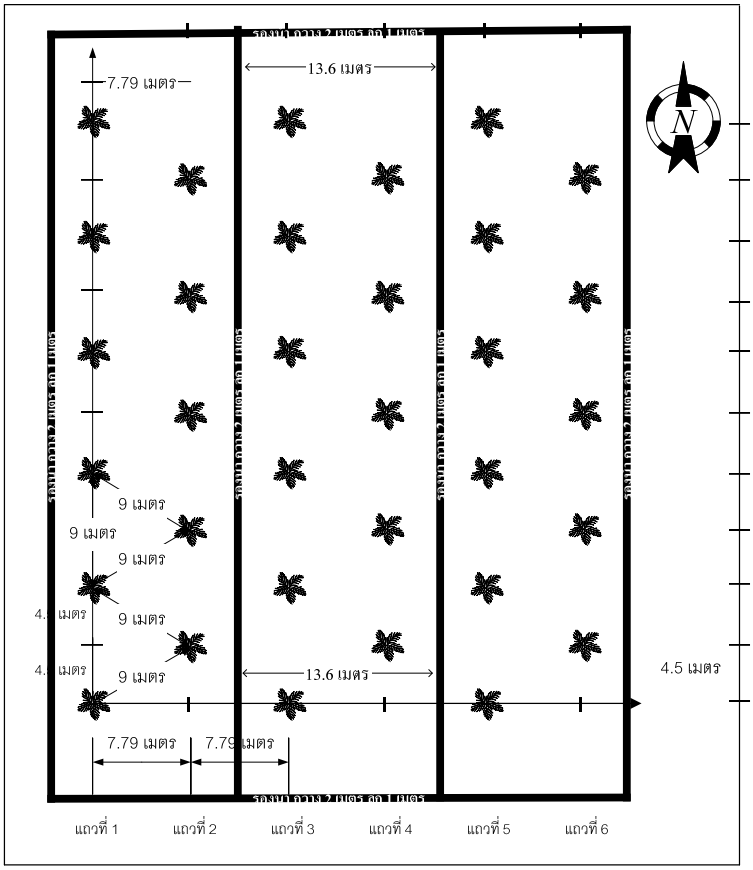


Figure 1. Oil Palm Planting Layout in Paddy and Shrimp Area



Figure 2. Land Preparations and Drainage in Paddy and Shrimp Area.

2.5 การจัดการ และการดูแลรักษาปาล์มน้ำมัน (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

2.5.1 การกำจัดวัชพืช กำจัดวัชพืชรอบ ๆ โคนต้นปาล์ม

2.5.2 การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำ ตาม GAP กรมวิชาการเกษตร (Table 1)

2.5.3 การป้องกันกำจัดหนู โรค และแมลง

2.5.4 การสูบน้ำออกจากแปลงปลูกในฤดูฝนเพื่อป้องกันน้ำท่วมขัง

2.6 การบันทึกข้อมูลบันทึกข้อมูลการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันและรายได้ จากใบเสร็จค่าจำหน่ายทะลายปาล์มของเกษตรกร ในแปลงทดสอบซึ่งได้ปลูกเมื่อปี 2541-2544 ปัจจุบันอายุ 12-15ปี

3. การเพิ่มประสิทธิภาพการปลูกปาล์มน้ำมันในดินนากุ้งร้าง

3.1 การคัดเลือกเกษตรกรผู้ร่วมโครงการ เริ่มดำเนินการในปี 2553 โดยคัดเลือกผู้ร่วมโครงการจากเกษตรกรโครงการปรับเปลี่ยนอาชีพจากนากุ้งร้างในเขตน้ำจืดมาปลูกปาล์มน้ำมันของกรมวิชาการเกษตร (ปี 2547-2548) ซึ่งพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเป็นนากุ้งร้างมาก่อนจำนวน 6 รายพื้นที่ 73 ไร่ ซึ่งในพื้นที่ดำเนินการมีลักษณะปัญหาเฉพาะ 2 ประการคือประการแรกเป็นพื้นที่ลุ่มมีน้ำท่วมขังและมีลักษณะเป็นนากุ้งร้างต้องมีการปรับปรุงสภาพดินนากุ้งร้าง และขุดร่องเพื่อเตรียมพื้นที่ปลูก ประการที่สองพื้นที่นากุ้งร้างเป็นพื้นที่ที่มีความเค็มปริมาณธาตุอาหารค่อนข้างต่ำและมีอินทรียวัตถุต่ำ สภาพทั่วไปค่อนข้างเป็นกรดลักษณะเนื้อดินค่อนข้างเหนียวดังนั้นการจัดการสำหรับปาล์มน้ำมันที่ปลูกในพื้นที่นากุ้งร้างจึงมีลักษณะเฉพาะทั้งการจัดการพื้นที่และการจัดการด้านการดูแลรักษา โดยเฉพาะการจัดการธาตุอาหาร (สุรกิตติ, 2553)

3.2 การเตรียมแปลงเพื่อปลูกปาล์มน้ำมัน การเตรียมแปลงปลูกปาล์มน้ำมัน ในแบบเดียวกันกับการปลูกปาล์มน้ำมันในนาร้าง (Figure 1 and 2)

3.3 การจัดการและการดูแลรักษาปาล์มน้ำมัน

3.3.1 การปรับปรุงบำรุงดิน

1. การใช้วัสดุปรับปรุงบำรุงดินประเภทอินทรีย์สารได้แก่ปุ๋ยหมักปุ๋ยคอกพืชปุ๋ยสด แกลบขี้เถ้าแกลบและอื่น ๆ การปลูกปาล์มน้ำมันจะใส่ปุ๋ยหมักปุ๋ยคอกแกลบหรือขี้เถ้าแกลบประมาณ 5-10 กิโลกรัม/หลุมโดยขุดหลุมขนาด 50x50x50 เซนติเมตร

2. การใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรและมีการคลุมดินร่วมด้วยทั้งนี้เพื่อรักษาความชื้นภายในดินไว้ตลอดเวลา

3.3.2 การวิเคราะห์ดิน และใบปาล์มน้ำมัน เพื่อประกอบการใส่ปุ๋ย

3.4 การบันทึกข้อมูลบันทึกข้อมูลการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันและรายได้ จากใบเสร็จค่าจำหน่ายทะลายปาล์มของเกษตรกร ในแปลงทดสอบซึ่งได้ปลูกเมื่อปี 2548 ปัจจุบันอายุ 8 ปี

Table1. General Fertilizer Recommendationof Oil Palm by Department of Agriculture

Years	Month	Fertilizer(kg/palm)				
		Ammonium sulfate	Rock Phosphate	Potassium chloride	Kieserite	Borate (g/palm)
Hole		-	0.5	-	-	-
1	1	0.1	-	-	-	-
	3	0.2	-	-	0.1	-
	6	0.2	-	0.1	-	-
	9	0.3	0.8	0.2	-	30
	12	0.4	-	0.2	-	-
2	15	0.5	-	-	0.3	-
	18	0.5	1.5	0.5	-	60
	21	1.0	-	1.0	0.3	-
	24	1.5	1.5	1.0	-	-
3	27	1.5	-	1.0	0.5	-
	31	1.5	3.0	1.0	-	90
	36	2.0	-	1.0	0.5	-
4	40	2.5	1.5	1.5	0.5	100
	46	2.5	1.5	1.5	0.5	-
5	52	2.5	1.5	2.0	0.5	80
	58	2.5	1.5	2.0	0.5	-
6 yrs up	No. 1	2.5	1.5	2.0	0.5	80
	No. 2	2.5	1.5	2.0	0.5	-

Remark; **Ammonium sulfate** (21-0-0), **Rock Phosphate** (0-3-0) and **Potassium chloride** (0-0-60)

4. การฝึกอบรมหลักสูตรเทคโนโลยี และจัดทำแปลงต้นแบบการจัดการสวนปาล์มน้ำมัน

ดำเนินการจัดการฝึกอบรม การจัดการสวนปาล์มน้ำมัน ในพื้นที่ โดยมีเป้าหมาย เกษตรกร 500 ราย/ปี รวมถึงการจัดทำแปลงต้นแบบ และแปลงเรียนรู้ปาล์มน้ำมัน จำนวน 11 แปลง

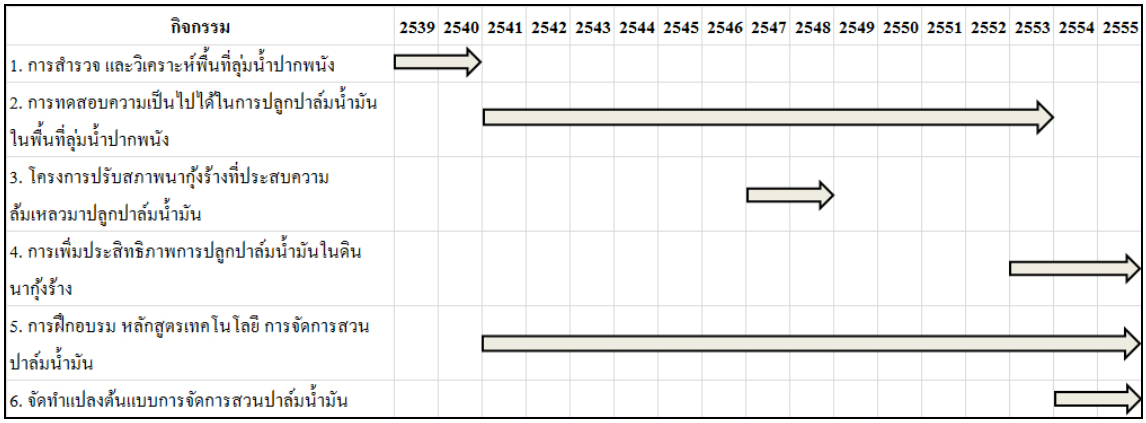
5. เวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลาการดำเนินการ กันยายน 2541 ถึง ตุลาคม 2555

สถานที่ดำเนินการ พื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังจังหวัดนครศรีธรรมราช

สรุปการดำเนินงานกิจกรรมในโครงการตั้งแต่เริ่มจนถึงปัจจุบันปี พ.ศ. 2539 ถึง 2555

เริ่มจากการศึกษาข้อมูลต่างๆ สำรวจและวิเคราะห์พื้นที่ก่อนดำเนินการในปี 2539 – 2540 จากนั้นทำการทดสอบความเป็นไปได้ในการปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังในปี 2541 - 2553 พบว่า สามารถปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ได้ดี จึงขยายผลสู่การปรับสภาพนากุ้งร้างที่ประสบความล้มเหลวไปปลูกปาล์มน้ำมันในปี 2547 – 2548 แต่เกษตรกรประสบปัญหาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของต้นปาล์มน้ำมันในพื้นที่ปลูกในสภาพดินนากุ้งร้าง จึงศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการปลูกปาล์มน้ำมันในดินนากุ้งร้างในปี 2553 – ปัจจุบัน พร้อมทั้งได้จัดทำแปลงต้นแบบการจัดการสวนปาล์มน้ำมันในปี 2554 – ปัจจุบัน นอกจากนี้ได้มีการให้ความรู้เกี่ยวกับการจัดการสวนปาล์มน้ำมันที่ถูกต้องและเหมาะสมตั้งแต่ปี 2541 – ปัจจุบัน



ผลการทดลองและวิจารณ์

1.การสำรวจพื้นที่และวิเคราะห์พื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง

ได้เริ่มโครงการตั้งแต่เดือนมีนาคม 2539 โดยสำรวจพื้นที่ก่อนดำเนินการ

1.1 พื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังมีพื้นที่ 1,989,932 ไร่ครอบคลุม 3 จังหวัด จังหวัดนครศรีธรรมราช พื้นที่ 1,838,865 ไร่ จังหวัดพัทลุงพื้นที่ 71,007 ไร่และ จังหวัดสงขลาพื้นที่ 80,060 ไร่

1.2 สภาพปัญหาในอดีตของพื้นที่โครงการลุ่มน้ำปากพนัง

จากการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติรวมถึงการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ทำให้พื้นที่ในเขตลุ่มน้ำปากพนังมีสภาพเสื่อมโทรมดังนี้

1.2.1 ปัญหาน้ำท่วมช่วงฤดูฝนของทุกปี(ตุลาคม-ธันวาคม)เนื่องจากสภาพพื้นที่ราบท้องกระทะมีระดับใกล้เคียงกับระดับน้ำทะเลการระบายน้ำออกมีน้อยและสิ่งก่อสร้างกีดขวางทางน้ำ

1.2.2 ปัญหาการขาดแคลนน้ำ และปัญหาน้ำเค็มรุกตัวในช่วงฤดูแล้งเนื่องจากไม่มีแหล่งน้ำที่จะกักเก็บน้ำอย่างพอเพียงประกอบกับความต้องการน้ำจืดมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นทุกปี

1.2.3 ปัญหาน้ำเปรี้ยวตอนกลางของพื้นที่มีสภาพลุ่มต่ำน้ำท่วมขังตลอดปีคือพรุควนเคร็งและพรุคลองฆ้อง

1.2.4 ปัญหาดินมีปัญหาต่อการทำเกษตรมีพื้นที่ประมาณ 593,531 ไร่

1.3 สภาพภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำปากพนัง (Figure3) ประกอบด้วยเทือกเขาสูงชันทางด้านตะวันตกของพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังทอดตัวยาวตามแนวเหนือ-ใต้สภาพพื้นที่จะลาดเอียงลงมาทางด้านตะวันออกของลุ่มน้ำจนถึงฝั่งทะเล

1.4 ทรัพยากรดิน

ทรัพยากรดินของพื้นที่สามารถจำแนกตามความเหมาะสมของดินสำหรับด้านการเกษตรกรรม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2552) คือดินที่เหมาะสมสำหรับการทำนาพื้นที่ประมาณ 666,967 ไร่ ดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกไม้ผล -ไม้ยืนต้นพื้นที่ประมาณ 470,260 ไร่ ดินที่ต้องพัฒนาถึงจะเหมาะสมแก่การทำการเกษตรกรรมพื้นที่ประมาณ 156,452 ไร่ ดินที่ไม่เหมาะสมแก่การทำการเกษตรกรรมพื้นที่ประมาณ 588,175 ไร่ แหล่งน้ำพื้นที่ประมาณ 8,160 ไร่ และพื้นที่อื่นๆเช่นบ่อเลี้ยงกุ้งที่อยู่อาศัยเหมืองแร่ประมาณ 129,918 ไร่

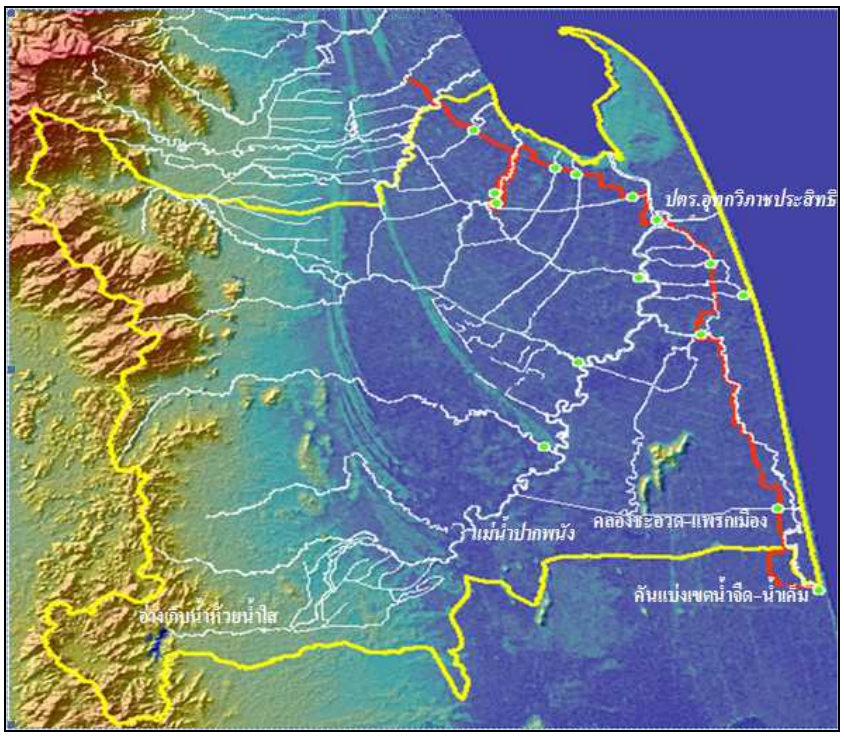


Figure3. Satellite Image of Pak PanangBasin Area

1.5 ทรัพยากรน้ำ

แม่น้ำปากพนังเป็นแม่น้ำสายหลักในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง (Figure3) มีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาบรรทัดทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังไหลจากทิศใต้ไปทางเหนือโดยไหลผ่านอำเภอชะอวดเชียรใหญ่และปากพนังไหลลงสู่อ่าวปากพนังความยาวลำน้ำปากพนังประมาณ 150 กิโลเมตรซึ่งลำน้ำสาขา 13 ลำน้ำสาขา กระจายอยู่ทั่วพื้นที่

1.6 สภาพภูมิอากาศ

พื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือทำให้ฤดูกาล 2 ฤดู คือฤดูฝน และฤดูร้อนสำหรับมรสุมตกเฉียงใต้ที่พัดผ่านช่วงเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม ทำให้มีฝนในบริเวณพื้นที่ไม่มากนักเพราะมีภูเขาสูงด้านทิศตะวันตกขวางทิศทางลมไว้ส่วนลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดผ่านบริเวณอ่าวไทยในช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนธันวาคม ทำให้ปริมาณฝนตกชุก และน้ำท่วมในบริเวณพื้นที่

สภาพพื้นที่เป็นพื้นที่ราบลุ่มแอ่งกระทะทำให้น้ำท่วมขังในฤดูฝนฤดูแล้งจะขาดน้ำซึ่งจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนและค่าการขาดน้ำของปาล์มน้ำมัน(Table 2 and 3)ในช่วงปี 2545 ถึง 2555 พบว่าเดือนที่ขาดน้ำสำหรับการปลูกปาล์มน้ำมันคือ เดือนมกราคม–เมษายน และน้ำท่วมขังช่วงเดือนตุลาคม – ธันวาคมของทุกปี ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่าการขาดน้ำพบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังมีค่าการขาดน้ำเฉลี่ย -270 มิลลิเมตร/ปี ซึ่งถือว่าเป็นพื้นที่ที่ค่อนข้างเหมาะสมกับการปลูกปาล์มน้ำมันแต่อย่างไรก็ตามปัญหาที่สำคัญที่สุดคือปัญหาฝนตกหนักและน้ำท่วมขังโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเดือนตุลาคม-ธันวาคม มีฝนตกหนักประมาณ 1,313 มิลลิเมตรหรือประมาณ 50.85% ของปริมาณน้ำฝนตลอดทั้งปีซึ่งการพิจารณาการปลูกปาล์มน้ำมันจะต้องมีการเตรียมพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการระบายน้ำท่วมขังออกจากแปลงปลูกปาล์มน้ำมัน

Table 2. Monthly Rainfall (mm.)in Pak PanangBasin Areaduring 2545-2555

Month/Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
2544	321	6	309	91	211	147	236	63	157	303	538	261	**2,642**
2545	19	-	39	100	134	262	80	86	82	134	690	669	**2,295**
2546	152	14	137	17	101	249	268	46	165	337	518	588	**2,591**
2547	46	81	69	39	86	58	104	100	245	363	258	230	**1,679**
2548	39	-	75	15	180	79	49	179	100	378	765	1,053	**2,912**
2549	152	219	43	156	187	311	33	65	185	366	284	156	**2,155**
2550	182	3	58	161	320	174	176	108	86	420	476	215	**2,397**
2551	437	63	38	218	246	124	55	176	50	382	1158	322	**3,297**
2552	89	8	160	427	210	15	177	181	54	161	377	148	**2,007**
2553	113	6	82	18	76	48	60	152	172	271	972	512	**2,481**
2554	598	16	1,267	127	188	85	115	225	93	484	560	371	**4,128**
2555	792	54	41	151	80	94	63	44	52	239	287	507	**2,404**
Average	**245**	**47**	**193**	**127**	**168**	**137**	**118**	**119**	**120**	**320**	**574**	**419**	**2,582**

Table 3. Water Deficit Data(mm.) in Pak PanangBasin Areaduring 2545-2555

Month/Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
2545	-131	-150	-111	-20	0	0	0	0	-52	0	0	0	-464
2546	0	-104	0	-116	-19	0	0	0	0	0	0	0	-239
2547	-104	-69	-81	-111	-64	-92	-16	-20	0	0	0	0	-557
2548	-111	-150	-75	-135	0	-11	-101	0	0	0	0	0	-583
2549	0	0	0	0	0	0	0	-52	0	0	0	0	-52
2550	0	-85	-92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-177
2551	0	0	-49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-49
2552	-61	-142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-203
2553	-7	-144	-68	-132	-74	-102	-90	0	0	0	0	0	-617
2554	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2555	0	0	-25	0	0	0	0	-12	0	0	0	0	-37
Average	-37	-76	-45	-46	-14	-18	-18	-7	-4	0	0	0	-270

2. การทดสอบความเป็นไปได้ในการปลูกปาล์มน้ำมัน

2.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน

ได้เริ่มโครงการตั้งแต่ปี 2541 ซึ่งเป็นการบุกเบิกการปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีดิน (Table 4) พบว่าส่วนใหญ่สภาพดินในพื้นที่เป็นดินเหนียวถึงร่วนปนเหนียวและมีสภาพเป็นนาร้างในแปลงทดสอบที่มีสภาพเป็นกรดจัดได้ดำเนินการใส่ปูนขาว 100 กิโลกรัม/ไร่

Table 4. Soil Analysis Result from 6 farmer plantations

Growers	pH	OM(%)	P	K	Ca	Mg	Soil Texture
			mg/kg (ppm)				
1. นายนัด หนูทอง	4.36	2.65	12.0	70	152	70	Loamy Clay
2. นายเกลื่อม รักเสมอ	3.66	3.85	3.9	84	292	140	Loamy Clay
3. นายวิรัตน์ หนูคง	4.72	2.05	3.4	103	843	1,465	Clay
4. นายสมจิตร คลอดเพ็ง	5.71	5.22	2.1	136	1,741	1,743	Loamy Clay
5. นายสมพร ประทุมสังข์	3.90	6.99	15.0	94	168	275	Loamy Clay
6. นายเวียน เต็มเกตุ	5.07	1.00	8.00	158	294	1,528	Clay

2.2 ผลผลิต และรายได้ของเกษตรกร

จากผลการศึกษาข้อมูลการให้ผลผลิต (Table 5) พบว่า ในบางแปลงเริ่มให้ผลผลิตก่อนหลังต่างกัน ทั้งที่อายุเท่ากัน เนื่องจากความแตกต่างของพื้นที่หรือโครงสร้างของดินต่างกัน และการจัดการระบายน้ำในแต่ละแปลงน้ำท่วมขังนานไม่เท่ากันในช่วงฤดูฝน เช่นแปลงนายสมพร ปทุมสังข์ และ

นายสมจิตร คลอดเพ็ง มีสภาพน้ำท่วมขัง และช่วงฤดูแล้งสภาพดินค่อนข้างเป็นดินเหนียว เช่นแปลงนายวิรัตน์ หนูคง และ แปลงนายเวียน เต็มเกตุ ซึ่งเป็นบ่อเลี้ยงกุ้งเก่า ดินยังคงมีความเค็ม และแน่นทึบ ทำให้ผลผลิตต่ำกว่า แปลงอื่นๆ แต่เมื่อปาล์มน้ำมันมีอายุมากขึ้นระบบรากมากขึ้นปัจจัยต่าง ๆ จะมีผลกระทบน้อยลงผลผลิตปาล์มน้ำมันจะสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม การให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน yield profile ของกรมวิชาการเกษตร ซึ่งมีผลผลิตเฉลี่ย 12 ปี เท่ากับ 3,691 กิโลกรัม/ไร่/ปี (Table 5) ซึ่งชี้ให้เห็นว่า สามารถปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ และสร้างอาชีพให้เกษตรกรได้

Table 5. Average Fresh Fruit Bunch Yield (kg/rai/yr.) and Return of5plantations

Age (years)	1. นายนัด หนูทอง	2. นายเกลื่อม รักเสมอ	3. นายวิรัตน์ หนูคง	4. นายวิจิตร คลอดเพ็ง	5. นายเวียนเต็ม เกตุ	Average
4	953	1,559	-	171	-	894
5	2,856	2,036	832	1,546	766	1607,
6	3,133	3,004	1,209	2,594	1,087	2,205
7	4,160	3,503	873	2,130	1,823	2498,
8	3,539	4,483	1,195	3,845	5,928	3,798
9	4,093	5,338	4,923	5,218	3,387	4,592
10	5,612	4,869	5,390	4,712	1,447	4,406
11	4,520	4,057	4,024	3,473	2,857	3,786
12	4,023	3,402	4,030	4,396	4,654	4,101
13	3,854	2,579	5,297	5,166	-	4,224
14	3,742	4,204	7,614	-	-	5,187
15	6,988	-	-	-	-	6,989
Total Yield (tones)	**914.51**	**864.94**	**745.15**	**781.05**	**410.06**	**3,691**
Total Return (B)	**3,481,231**	**3,257,604**	**3,201,182**	**2,938,386**	**1,675,437**	

3. การเพิ่มประสิทธิภาพการปลูกปาล์มน้ำมันในดินนากุ้งร้าง

3.1 การวิเคราะห์ดิน และใบปาล์มน้ำมัน

จากการเก็บตัวอย่างดินวิเคราะห์ก่อนการดำเนินการ ในปี 2553 (Table6) ซึ่งพบว่า ส่วนใหญ่สภาพดินในพื้นที่เป็นดินเหนียวถึงร่วนปนเหนียว และมีสภาพเป็นแปลงปลูกปาล์มน้ำมันในบริเวณนากุ้งร้างเดิม มีอินทรียวัตถุในระดับต่ำถึงปานกลาง ไม่ต้องใส่ปูนเพื่อปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดิน เนื่องจากเป็นการดำเนินการในแปลงเกษตรกรที่ได้ปลูกปาล์มน้ำมันมาแล้ว 3 – 4 ปี ซึ่งเกษตรกรได้มีการจัดการด้านต่าง ๆ ไปแล้วเบื้องต้น เช่นการใส่ปูน การใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก เป็นต้น

ดำเนินการเก็บตัวอย่างใบเพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารจากผลการวิเคราะห์ใบ พบว่า ก่อนเข้าร่วมโครงการเกษตรกรไม่ได้ใส่ปุ๋ยให้ปาล์มน้ำมันตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรมาก่อน จึงส่งผลให้ปริมาณธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้จากใบปาล์มน้ำมันบางธาตุที่พืชต้องการมาก พบว่า มีปริมาณต่ำกว่าค่าวิกฤต ไม่เพียงพอต่อความต้องการของปาล์มน้ำมัน (Table7) โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในใบปาล์มน้ำมันที่มีอายุ 5ปี สำหรับแมกนีเซียมนั้นมีปริมาณสูงมากจากการที่เข้าไปดำเนินการ

Table 6. Soil Analysis Result from 6 farmer plantations. 2553

Growers	pH	OM (%)	Conductivity (ms/cm)	P	K	Ca	Mg	Soil Texture
				mg/kg (ppm)				
1.นายผ่อง แก้วจันทร์ทอง	6.74	1.74	0.42	24	192	1,815	1,099	Loamy Clay
2.นายจ่ำ รอดเพชร	5.98	1.67	0.14	11	131	846	823	Clay
3.นายบุญลาภ คงศรี	6.18	1.52	0.11	13	207	942	821	Clay
4.นายเฉลิม วรรณงาม	7.47	2.01	0.32	137	241	2,437	1,097	Loamy Clay
5.นางมาลี บุญวรรณ	6.87	1.09	0.15	7	145	1,127	1,251	Loamy Clay
6.นายเพลิน ทองเอียด	7.39	1.89	0.35	23	145	2,186	1,380	Clay

Table 7. Leaf Analysis Result from 6 farmer plantations in the year 2553

Growers	**Percent by dry weight**				
	N	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**
1.นายผ่อง แก้วจันทร์ทอง	2.321	0.126	0.801	0.952	0.480
2.นายจ่ำ รอดเพชร	1.319	0.210	0.532	0.959	0.820
3.นายบุญลาภ คงศรี	1.566	0.137	0.700	0.646	0.350
4.นายเฉลิม วรรณงาม	2.128	0.150	0.544	1.142	0.510
5.นางมาลี บุญวรรณ	1.870	0.109	0.599	0.967	0.440
6.นายเพลิน ทองเอียด	1.826	0.126	0.837	0.836	0.620

การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ใบ พบว่า สามารถปรับระดับของปริมาณธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน ให้มีปริมาณเหมาะสมใกล้เคียงกับค่าวิกฤต (critical level) ของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในแปลงเกษตรกรทั้ง 6 ราย (Table 8) ซึ่งส่งผลให้ปาล์มน้ำมันมีผลผลิตในปริมาณที่สูงขึ้นในปี 2555 (Table 9)

Table 8. Leaf Analysis Result from 6 farmer plantations in the year 2555

Growers	**Percent by dry weight**				
	N	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**
1.นายผ่อง แก้วจันทร์ทอง	2.521	0.196	1.010	0.973	0.410
2.นายจ่ำ รอดเพชร	2.419	0.160	0.832	0.991	0.640
3.นายบุญลาภ คงศรี	2.366	0.177	0.900	0.862	0.300
4.นายเฉลิม วรรณงาม	2.528	0.160	1.044	1.034	0.430
5.นางมาลี บุญวรรณ	2.370	0.159	0.999	0.977	0.380
6.นายเพลิน ทองเอียด	2.226	0.156	1.137	0.981	0.560

3.2 ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน

จากการดำเนินงานปรับปรุงสภาพดินที่มีการเลี้ยงกุ้งเดิม เพื่อมาปลูกปาล์มน้ำมัน โดยให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ปรับปรุงโครงสร้างของดิน และการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ใบปาล์มน้ำมัน พบว่า เกษตรกรที่ร่วมโครงการ จำนวน 6 ราย มีผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี โดยปาล์มน้ำมันมีอายุ 6-8ปี (พ.ศ. 2554 – 2556) สามารถให้ผลผลิตเฉลี่ย 4,106 กิโลกรัม/ไร่/ปี (Table 9) ซึ่งเพิ่มขึ้นจากก่อนเริ่มโครงการในปี 2553 ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 2,789 กิโลกรัม/ไร่/ปี หรือผลผลิตเพิ่มขึ้น 47.22 เปอร์เซ็นต์ โดยแปลงของนายผ่อง แก้วจันทร์ทอง ให้ผลผลิตสูงสุด 4,985 กิโลกรัม/ไร่/ปี

Table 9. Fresh Fruit Bunch Yield (kg/rai/yr.) of6plantations in the year 2010-2013

Name	PlantingYear	Area (Rai)	Fresh Fruit Bunch Yield (kg/rai)				
			2010	2011	2012	2013	Average (2011-2013)
1.นายผ่อง แก้วจันทร์ทอง	2548	7	2,980	4,877	4,342	5,736	**4,985**
2.นายจ่ำ รอดเพชร	2548	10	2,709	4,239	3,257	4,295	**3,930**
3.นายบุญลาภ คงศรี	2548	12	2,716	4,255	4,568	5,171	**4,664**
4.นายเฉลิม วรรณงาม	2548	12	3,120	4,215	3,406	4,295	**3,972**
5.นางมาลี บุญวรรณ	2548	22	2,567	3,095	3,194	4,035	**3,441**
6.นายเพลิน ทองเอียด	2548	10	2,642	3,149	3,208	4,572	**3,643**
Average			**2,789**	**3,972**	**3,662**	**4,684**	**4,106**

4. การฝึกอบรมหลักสูตรเทคโนโลยี และการจัดทำแปลงต้นแบบการจัดการสวนปาล์มน้ำมัน

การจัดการฝึกอบรม การจัดการสวนปาล์มน้ำมัน โดยมีเป้าหมาย เกษตรกร 500 ราย/ปี ซึ่งเกษตรกรให้ความสนใจมาก รวมถึงการจัดทำแปลงต้นแบบ และแปลงเรียนรู้ปาล์มน้ำมัน จำนวน 11 แปลง จำนวนพื้นที่ 207 ไร่ ซึ่งมีหลากหลายอายุของสวนปาล์มน้ำมันกระจายครอบคลุมทั้งพื้นที่ (Table10)

Table 10. Oil Palm Training Center Plantations in Pak Panang Basin

Growers	Address	Year of Planting	Age (yrs)	Planted Area (rai)
1. นายนัด หนูทอง	หมู่ที่6ต.แม่เจ้าอยู่หัวอ.เชียรใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช	2541	15	22
2. นายเกลื่อมรักเสมอ	หมู่ที่7ต.สวนหลวงอ.เฉลิมพระเกียรติ จ.นครศรีธรรมราช	2542	14	25
3. นายวิรัตน์ หนูคง	หมู่ที่9ต.ท้องลำเจียกอ.เชียรใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช	2542	14	29
4. นายสมจิตรคลอดเพ็ง	หมู่ที่10. ต.ป่าระกำอ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	2543	13	30
5. นายเวียน เต็มเกตุ	หมู่ที่8ต.ท้องลำเจียกอ.เชียรใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช	2544	12	27
6 .นายผ่องแก้วจันทร์ทอง	หมู่ที่4ต.ทรายขาวอ.หัวไทรจ.นครศรีธรรมราช	2548	8	7
7. นายจ่ำ รอดเพชร	หมู่ที่4ต.ทรายขาวอ.หัวไทรจ.นครศรีธรรมราช	2548	8	10
8 .นายบุญลาภคงศรี	หมู่ที่11ต.ทรายขาวอ.หัวไทรจ.นครศรีธรรมราช	2548	8	12
9. นายเฉลิม วรรณงาม	หมู่ที่1ต.เกาะทวดอ.ปากพนังจ.นครศรีธรรมราช	2548	8	12
10. นางมาลี บุญวรรณ	หมู่ที่ 6 ต.ท้องลำเจียกอ.เชียรใหญ่จ.นครศรีธรรมราช	2548	8	22
11. นายเพลิน ทองเอียด	หมู่ที่3ต.ท่าซอมอ.หัวไทรจ.นครศรีธรรมราช	2548	8	10

ซึ่งจากการดำเนินการตลอดระยะเวลา 16ปี (2539-2555) พบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง มีการเพิ่มพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันอย่างต่อเนื่อง จากเดิมมีเพียง 200 ไร่ จนปัจจุบัน มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันประมาณ 213,000 ไร่ (17,000 ครัวเรือน) ในปี 2555(Figure4) ซึ่งทำให้เกษตรกรในพื้นที่มีรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตปาล์มน้ำมันเข้าสู่พื้นที่อย่างน้อย ประมาณ 3,514.50ล้านบาท/ปี และมีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น และมีอาชีพทำการเกษตรกรรมอย่างมั่นคง และยั่งยืน

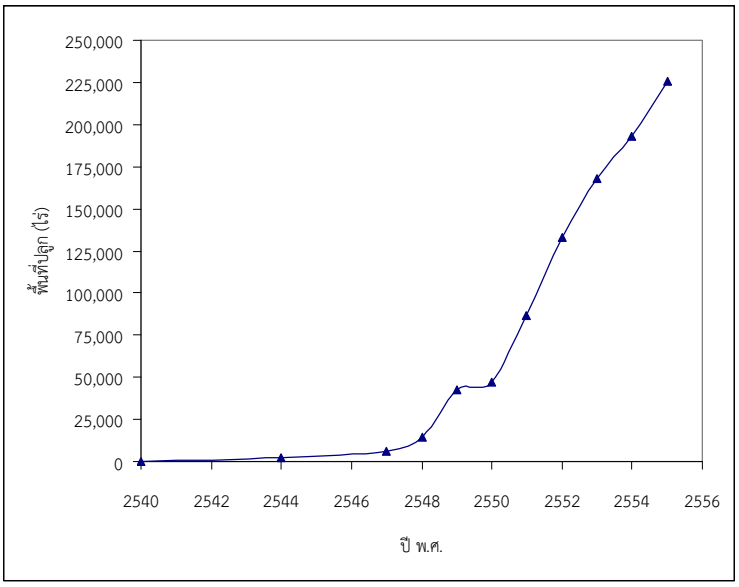


Figure 4. Oil Palm Area Expansion in Pak Panang Areaduringthe year 1997to2012

สรุปผลการทดลอง

จากผลการศึกษา และทดสอบการปลูกปาล์มน้ำมัน ตามกิจกรรมในโครงการอย่างต่อเนื่อง ตลอดระยะเวลา 16ปี (2539-2555) อย่างต่อเนื่อง สรุปได้ว่า

1. สภาพนิเวศน์วิทยาของพื้นที่ทดสอบพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชมีสภาพพื้นที่เป็นดินเหนียว แน่นทึบ มีการระบายน้ำต่ำ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีปัญหาสำคัญคือ สภาพน้ำท่วมขัง ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 2,582 มิลลิเมตร/ปี (เฉลี่ยระหว่างปี 2545-2555) และมีค่าการขาดน้ำเท่ากับ 270 มิลลิเมตร/ปี ซึ่งถือว่ามีสภาพเหมาะสมกับการปลูกปาล์มน้ำมันอย่างไรก็ตามสภาพพื้นที่เป็นพื้นที่นาร้าง และนากุ้งร้างดินเหนียว และดินมีความเค็ม ดังนั้นในการปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่นี้ให้ได้ผลผลิตสูง จะต้องมีเทคโนโลยีการเตรียมแปลงปลูก การปรับปรุงบำรุงดิน และการจัดการธาตุอาหารให้เหมาะสมสำหรับการปลูกปาล์มน้ำมัน

2. จากผลการทดสอบในแปลงปลูกของเกษตรกร พบว่าปาล์มน้ำมันการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตได้มาตรฐานกรมวิชาการเกษตร ในพื้นที่นาร้าง มีผลผลิตเฉลี่ย 3.70 ตัน/ไร่/ปี (อายุ 4-15 ปี พื้นที่ 134 ไร่) และ ในพื้นที่นากุ้งร้าง มีผลผลิตเฉลี่ย 4.11 ตัน/ไร่/ปี (อายุ 6-8 ปี พื้นที่ 73 ไร่)ในขณะที่ก่อนเริ่มโครงการ ผลผลิตปาล์มน้ำมันของเกษตรกร ให้ผลผลิตเพียง 2.79 ตัน/ไร่/ปี ซึ่งเพิ่มขึ้น 47.22 เปอร์เซ็นต์

3. เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันจำนวน 17,000 ครัวเรือน มีรายได้จากการขายผลผลิตปาล์มน้ำมัน 3,514.50 ล้านบาท/ปี มีรายได้เฉลี่ย 206,735 บาท/ครัวเรือน/ปี ซึ่งสามารถปลูกปาล์มน้ำมันเป็นอาชีพได้อย่างเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง

4. มีแปลงปลูกปาล์มน้ำมันต้นแบบ และเป็นแปลงเรียนรู้ โดยใช้เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรในการปลูกและการจัดการสวนปาล์มน้ำมัน ให้เกษตรกรได้ศึกษา เรียนรู้ ในพื้นที่ จำนวน 11 แปลง 207 ไร่

5. มีการจัดฝึกอบรม และมีเกษตรกรเข้ารับการฝึกอบรม ศึกษาเรียนรู้การจัดการสวนปาล์มน้ำมัน ประมาณ 500 ราย/ปี ตลอดระยะเวลา 16 ปี มีเกษตรกรได้รับการฝึกอบรม ประมาณ 7,500 ราย

คำแนะนำ ในการจัดการสวนปาล์มน้ำมันในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีปัญหาน้ำท่วมขัง ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินเปรี้ยว และดินเค็ม ควรมีการปฏิบัติ ดังนี้

1. วางแผนการปลูกการวางแนวปลูก และการเตรียมขุดคูระบายน้ำ ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร

2. มีระบบการจัดการสวนตามแนวทางเกษตรดีที่เหมาะสมของกรมวิชาการเกษตร ดังนี้

2.1 มีการปรับสภาพดินให้เหมาะสมโดยใส่อินทรียวัตถุในการปรับปรุงบำรุงดิน

2.2 การใช้ทะลายเปล่าปาล์มน้ำมันคลุมโคนต้น 200 กิโลกรัม/ต้น/ปี เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ดินรวมทั้งปรับสภาพทางเคมีและกายภาพของดินให้ดีขึ้น และรักษาความชื้นของดินบริเวณต้นปาล์มน้ำมัน

2.3 มีการใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำ หรือ จากผลการวิเคราะห์ดินและใบ

2.4 มีการเก็บเกี่ยวในระยะสุกที่เหมาะสม

ซึ่งการจัดการเหล่านี้สามารถนำมาปรับใช้หรือผสมผสานได้ จะเป็นประโยชน์ในการวางแผนการจัดการสวนปาล์มน้ำมันในสภาพพื้นที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และสภาพดินเหนียวน้ำท่วมขัง รวมทั้งดินเปรี้ยวดินเค็ม ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถเพิ่มผลผลิต ตลอดจนลดต้นทุนการผลิตปาล์มน้ำมันได้ รวมทั้งเกษตรกรมีการประกอบอาชีพปลูกปาล์มน้ำมันได้อย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2541. เกษตรดีที่เหมาะสมกับการผลิตปาล์มน้ำมัน . 21 หน้า.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2552. รายงานผลการดำเนินการ โครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. กรมพัฒนาที่ดิน. 14 หน้า.

เกริกชัย ธนรักษ์. 2554. การเก็บตัวอย่างดิน และใบปาล์มน้ำมัน. ใน: *เทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมันแบบครบวงจร*. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7.กรมวิชาการเกษตร. หน้า 67-91.

สุรกิตติ ศรีกุล. 2553. ปาล์มน้ำมัน : เทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมันในพื้นที่นากุ้งร้าง. เอกสารการจัดการองค์ความรู้ ปี 2553 สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7. กรมวิชาการเกษตร. 40 หน้า.

Fairhurst, T.2553. Oil Palm Training.“Yield Improvement for Smallholders in Thailand”. Tropical Crop Consultant Limited. 68 pp.

โครงการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์เชื้อพันธุกรรมไม้ผล (สกุลมะม่วง มังคุด เงาะ และส้ม) อย่างยั่งยืน เพื่อความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น ความมั่นคงทางอาหาร และรักษาสภาพความสมดุลของระบบนิเวศ

Conservation and Sustainable Use of Cultivated and Wild Tropical Fruit Diversity: Promoting Sustainable Livelihoods, Food Security and Ecosystem Services

ทรงพล สมศรี [1] มาร์กาเร็ต อยู่วัฒนา [2] ฉัตรชนก นพพรพรรร [3] พิจิตร ศรีปินตา [4] ธวัชชัย นิ่มกิ่งรัตน [5]
สำเริง ช่างประเสริฐ [6] นาตยา ดำอำไพ [7] มนตรี อิสรไกรศีล [8] สุจิตรา จางตระกูล [9]
เกษมศักดิ์ ผลากร [10] ทวีศักดิ์ แสงอุดม [10] สัจจะ ประสงค์ทรัพย์ [10] สุพัฒธณกิจ โพธิ์สว่าง [4] อรรถพล รุกขพันธ์ [5]
สมบัติ ตงเต๊า [6] สมคิด รัตนบุรี [4] พนิดา รุ่งรัตนกุล [9] จำรอง ดาวเรือง [10]

Songpol Somsr [1] Margaret Yuvatana [2] Chatchanok Noppornphan [3] Pichit Sripinta [4] Tawatchai Nimkingrut [5]
Samroeng Changprasert [6] Nataya Dumampai [7] Montri Issarakraisila [8] Suchitra Changtragoon [9]
Kasemsak Palakorn [10] Taveesak Saengudom [10] Satja Prasongsup [10] Supattanakit Posawang [4] Auttapon Rukkhaphan [5]
Sombat Tongtoa [6] Somkid Rattanaburi [4] Phanidha Rungrattanakul [9] Chamrong Daoruang [10]

ABSTRACT

The Department of Agriculture has conducted the study entitled “Conservation and Sustainable Use of Cultivated and Wild Tropical Fruit Diversity: Promoting Sustainable Livelihoods, Food Security and Ecosystem Services” with India, Indonesia and Malaysia government during 2010-2014 which has been budgeted by United Nations Environment Programme/Global Environment Facility (UNEP/GEF) and has regionally been coordinated by Bioversity International.

In Thailand, five locations were selected as project study area i.e., (1) Mae-O Nai village, Chiang Dao district, Chiang Mai province, (2) Huai Thap Than village, Huai Thap Than district, Si Sa Ket province, (3) Khlong Narai and Troknong villages, Muang and Khlung districts, Chanthaburi province, (4) Kiriwong village, Lanska district, Nakhon Si Thammarat province and (5) NongBua village, Rasda district, Trang province.

[1] สำนักผู้เชี่ยวชาญ กรมวิชาการเกษตร

[2] กองแผนงานและวิชาการ กรมวิชาการเกษตร

[3] ข้าราชการบำนาญ กรมวิชาการเกษตร

[4] ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร

[5] ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ กรมวิชาการเกษตร

[6] ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี กรมวิชาการเกษตร

[7] ศูนย์วิจัยพืชสวนตรัง กรมวิชาการเกษตร

[8] มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช

[9] สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติฯ

[10] สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร

The focus of the project is on four tropical fruit species (and their wild relatives) that are highly diverse and economically important within the target countries: citrus (*Citrus* spp.), mango (*Mangifera indica*), mangosteen (*Garcinia mangostana*), and rambutan (*Nephelium lappaceum*).

The results revealed that the project outcomes were analysis and assessment on various aspects of technical knowledge and scientific properties in project communities as described in following orders, (1) assessment on diversity of tropical fruit tree genetic resources, (2) documentation of community fruit catalogue, (3) documentation on methodologies of good practices for the management and conservation of tropical fruit tree species and intra-specific diversity; and stakeholders have the capacity and the leadership skills to apply good practices for managing tropical fruit tree diversity for sustainable livelihoods, food security and ecosystem health, (4) selection of 7 elite materials, (5) complete survey of farmers' and user' knowledge (16 of traditional knowledge) on genetic diversity and in situ and on farm conservation of tropical fruit tree genetic resources, (6) selection of 17 custodian farmers who actively maintain, adapt and disseminate agricultural biodiversity over time and space , (7) completion survey on pattern of household level consumption of tropical fruits and (8) piloted and implemented good practices in project sites.

Key words : conservation and sustainable use, tropical fruit diversity, good practices, fruit catalogue, custodian farmers, traditional knowledge, consumption of tropical fruits

บทคัดย่อ

กรมวิชาการเกษตรได้ดำเนินงานโครงการความร่วมมือทางวิชาการเพื่อศึกษาการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์เชื้อพันธุกรรม ไม้ผลสกุล มะม่วง มังคุด เงาะ และส้มอย่างยั่งยืน เพื่อความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น ความมั่นคงทางอาหาร และรักษาสภาพความสมดุลของระบบนิเวศ ร่วมกับประเทศอินเดีย อินโดนีเซีย มาเลเซีย โดยมีสถาบันพันธุกรรมพืชนานาชาติเป็นผู้ประสานงานระดับภูมิภาค เป็นระยะเวลา 5 ปี (พ.ศ. 2552-2556) โดยในส่วนของประเทศไทยได้ดำเนินการในพื้นที่ (1) บ้านแม่อ้อใน ต. แม่นะ อ. เชียงดาว จ. เชียงใหม่ (2) บ้านหนองจะมะ ต. อีเซ อ. โพธิ์ศรีสุวรรณ และบ้านห้วยทับทัน ต. ห้วยทับทัน อ. ห้วยทับทัน จ. ศรีสะเกษ (3) บ้านคลองนารายณ์ ต. คลองนารายณ์ อ. เมือง และบ้านตรอกนอง ต. ตรอกนอง อ. ขลุง จ. จันทบุรี (4) บ้านคีรีวง ต. กำโลน อ. ลานสกา จ. นครศรีธรรมราช และ (5) บ้านหนองบัว อ. รัษฎา จ. ตรัง

ผลการศึกษา ได้วิเคราะห์และประเมินผลข้อมูลในพื้นที่ศึกษาของโครงการ ในด้านต่างๆ ดังนี้ (1) ประเมินความหลากหลายของเชื้อพันธุกรรมไม้ผลร่วมกับเกษตรกรในชุมชน (2) จัดทำเอกสารบัญชีรายชื่อไม้ผลในชุมชน (3) คัดเลือกและจัดทำเอกสารชุดการปฏิบัติที่ดีด้านการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางพันธุกรรมของไม้ผลเมืองร้อนอย่างยั่งยืนในชุมชน

6 ชุด (4) คัดเลือกพันธุ์พืชท้องถิ่นดีเด่น 7 พันธุ์ (5) จัดทำเอกสาร/วีดีโอ ภูมิปัญญาท้องถิ่น 16 เรื่อง (6) คัดเลือกเกษตรกร/ปราชญ์ชาวบ้านอนุรักษ์พันธุ์พืชท้องถิ่น 17 ราย (7) สำรวจและประเมินพฤติกรรมการบริโภคผลอาหารและผลไม้ในครัวเรือน และ (8) จัดทำโครงการนำร่องร่วมกับชุมชนเพื่อขยายผลการปฏิบัติที่ดีในระดับพื้นที่

คำนำ

ภาพรวมทางเศรษฐกิจการเกษตรในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยมีมูลค่าการส่งออกสินค้าทั้งหมด 6,882,642 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจาก 6,176,170 ล้านบาทของปีที่แล้วเป็นร้อยละ 11.44 โดยเป็นมูลค่าสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์ 1,447,716 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจาก 1,135,750 ล้านบาทของปีที่แล้ว เป็นร้อยละ 27.47 โดยส่งออกไปยังประเทศที่สำคัญ คือ จีน ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา มาเลเซีย อินโดนีเซีย เกาหลีใต้ สหราชอาณาจักร เวียดนาม ออสเตรเลีย และกัมพูชา ตามลำดับ

พื้นที่ปลูกไม้ผลตามภาคต่าง ๆ ของประเทศไทยปี พ.ศ. 2553 ประมาณ 10.76 ล้านไร่ แบ่งออกเป็น มะม่วง 20.87 เปอร์เซ็นต์ มะพร้าว 13.48 เปอร์เซ็นต์ ลำไย 9.63 เปอร์เซ็นต์ มะขาม 7.64 เปอร์เซ็นต์ กล้วยน้ำว้า 6.43 เปอร์เซ็นต์ ทุเรียน 6.15 เปอร์เซ็นต์ สับปะรด 5.59 เปอร์เซ็นต์ มังคุด 4.49 เปอร์เซ็นต์ เงาะ 3.26 เปอร์เซ็นต์ ส้มโอ 2.75 เปอร์เซ็นต์ ส้มเขียวหวาน 1.37 เปอร์เซ็นต์ และผลไม้อื่น ๆ 18.34 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิต 12.05 ล้านตัน การส่งออกทั้งในรูปผลสดและผลิตภัณฑ์ ปี พ.ศ. 2553 มีปริมาณ 2.05 ล้านตัน มูลค่า 63,072 ล้านบาท หรือ 5.55 เปอร์เซ็นต์ ของมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตร และในปี พ.ศ. 2554 มีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 2.52 ล้านตัน มูลค่า 81,513 ล้านบาท หรือ 5.63 เปอร์เซ็นต์ ของมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตร

ไม้ผลเมืองร้อนของประเทศไทยสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ตามความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ คือ (1) ไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากและมีมูลค่าการส่งออกสูง จำนวน 10 ชนิด ได้แก่ ลำไย, ทุเรียน, มังคุด, ลิ้นจี่, มะม่วง, ส้มโอ, เงาะ, สับปะรด, มะพร้าวน้ำหอม และมะขาม (2) ไม้ผลที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจในอนาคตหรือเป็นไม้ผลท้องถิ่นหรือพื้นเมือง มีการบริโภคภายในประเทศมากกว่าการส่งออก ได้แก่ กระท้อน, ชมพู่, น้อยหน่า, พุทรา, มะปราง, ฝรั่ง, ลองกอง, ลางสาด, สละ, ขนุน, มะนาว, องุ่น และกล้วย เป็นต้น ไม้ผลของประเทศไทยจึงเป็นทรัพยากรพันธุ์พืชที่มีความสำคัญต่อประชากรของประเทศเป็นอย่างยิ่ง มีความสำคัญในด้านต่างๆทั้งเกษตรกรรมและป่าไม้ อุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม เช่น เป็นเชื้อพันธุ์ที่มีคุณสมบัติที่ดี เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาหาสายพันธุ์ที่เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในอนาคต มีศักยภาพที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ เช่นการใช้ เส้นใย เนื้อไม้ และเปลือกไม้ทางด้านอุตสาหกรรม หรือจากการใช้ส่วนต่างๆเป็นวัตถุดิบทางการแพทย์

การอนุรักษ์เชื้อพันธุกรรมไม้ผลจึงมีความสำคัญต่อการใช้ชีวิต ความเป็นอยู่ และการสร้างรายได้ของประชากรประเทศไทยในอนาคต พันธุกรรมไม้ผลเป็นทรัพยากรที่มีค่าและมี

ความสำคัญต่อการปรับปรุงและพัฒนาหาพันธุ์ใหม่ ที่เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมที่กำลังเปลี่ยนแปลงไปในอนาคต การใช้ประโยชน์จากเชื้อพันธุกรรมไม้ผลหากคำนึงถึงความสำคัญทางเศรษฐกิจแต่เพียงอย่างเดียว อาจก่อให้เกิดภัยคุกคามต่อการสูญเสียความหลากหลายทางพันธุกรรมไม้ผลในท้องถิ่นไปได้ จึงเห็นสมควรที่จะเร่งรัด ส่งเสริมและสนับสนุน การอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางพันธุกรรมไม้ผลในท้องถิ่นให้เหมาะสมและยั่งยืนมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานชุมชน (Baseline survey)
2. ศึกษาความหลากหลายชนิด/พันธุ์ ไม้ผลทั้ง 4 สกุล และผลิตเอกสารบัญชีรายชื่อไม้ผล (Fruit Catalogue)
3. สำรวจภูมิปัญญาท้องถิ่นของเกษตรกรที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์เชื้อพันธุกรรมไม้ผล
4. คัดเลือกการปฏิบัติที่ดี ด้านการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนจากความหลากหลายทางพันธุกรรมของไม้ผล 4 สกุล (Good Practices for Tropical Fruit Diversity)ในพื้นที่โครงการ และผลิตเอกสาร การปฏิบัติที่ดีเผยแพร่แก่สาธารณชน
5. ศึกษาพฤติกรรมการบริโภคอาหารและผลไม้ในครัวเรือน
6. จัดทำโครงการนำร่องร่วมกับชุมชนเพื่อขยายผลการปฏิบัติที่ดีในระดับพื้นที่

อุปกรณ์และวิธีการ

กรมวิชาการเกษตรดำเนินการศึกษาในครั้งนี้ด้วยการจัดระบบการดำเนินงานด้านบริหารควบคู่กับการศึกษาทางวิชาการ

ในด้านการบริหาร กรมฯได้มีคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการบริหารโครงการระดับชาติ (National Project Steering Committee) คณะทำงานโครงการ UNEP/GEF ส่วนกลาง คณะกรรมการวิชาการ และคณะทำงานโครงการ UNEP/GEF ในระดับพื้นที่ (Multi-Disciplinary Site Team – MDST) เพื่อให้มีการบริหารโครงการ และดำเนินงานโครงการดังกล่าวอย่างเป็นระบบ บรรลุวัตถุประสงค์และเป้าหมาย

ในด้านวิชาการ กรมฯได้วางแผนดำเนินการวิจัยแบบสถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) กรรมวิธี ประกอบไปด้วย 1. การสำรวจและสัมภาษณ์ประชากร ได้แก่ (1.1) การสำรวจข้อมูลพื้นฐานด้วยแบบสอบถามครัวเรือน (1.2) การสัมภาษณ์พฤติกรรมการบริโภคอาหาร และ (1.3) การสัมภาษณ์เกษตรกรผู้นำและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในชุมชน 2. การประชุมอภิปรายกลุ่มร่วมกับเกษตรกรในพื้นที่ชุมชน ได้แก่ 2.1) การวิเคราะห์เหตุการณ์สำคัญตามช่วงเวลาในอดีต (Time Line Analysis) 2.2) การจัดทำแผนที่ทรัพยากรและชุมชน (Community & Resource Mapping) 2.3) การวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมพืชแบบกราฟ 4 ช่อง (Four cell analysis) 2.4) การประเมินคุณสมบัติพันธุ์พืชในชุมชน (Variety Preferences Scoring Diagram) 2.5) การวิเคราะห์ภูมิปัญญาท้องถิ่น (Traditional Knowledge) และ 2.6) การจัดลำดับหน่วยงาน ที่เกี่ยวข้องกับชุมชน (Venn Diagram)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การคัดเลือกพื้นที่ศึกษา

โครงการได้ศึกษาและคัดเลือกพื้นที่ดำเนินงานโครงการ 5 แห่ง ดังแสดงข้อมูลและเหตุผลในการคัดเลือก (Table 1) และข้อมูลความหลากหลายของไม้ผลและครัวเรือนในพื้นที่ (Table 2)

Table 1. Description and justification for selecting project locations

Sites (Province)	Community	Target Tropical Fruit Trees	Agro-Ecological Systems	Appreciation and Interest for Site Selection
Chiang Mai	Mae-O Nai village, Chiang Dao district	*Mangifera, Citrus*	Home garden, Fruit orchard, Agroforestry, Paddy field, Forest	High intra-diversity, Most interest in conservation of diversity
Si Sa Ket	Huai Thap Than village, Huai Thap Than district	*Mangifera, Garcinia, Nephelium, Citrus*	Buffering area along the creek, Fruit orchard, Agroforestry, Paddy field	Evenness of diversity, Conservation diversity group exists
Chanthaburi	Klong Narai and Trok Nong villages, Muang and Khlung districts	*Mangifera, Garcinia, Nephelium, Citrus*	Fruit orchard, Home garden, Buffering area, National forests	High intra-diversity, Active Community Group
Nakhon Si Thammarat	Kiriwong village, Lansaka district	*Mangifera, Garcinia, Nephelium, Citrus*	Home garden, Community forest and fruit orchard	Evenness of diversity, Active Community Group, Many value added activities
Trang	Nong Bua village, Rasda district	*Mangifera, Garcinia, Nephelium, Citrus*	Home garden, Community forest	Most interest in conservation, Strong community leader

Table 2. Diversity data of fruit trees and household samples in the selected communities

Sites (Province)	Community	Fruit Diversity				Total Households	Fruit households	Households* Survey target	Non-target households	Total surveyed
		M	G	N	C					
Chiang Mai	Mae-O Nai village, Chiang Dao district	21	-	-	10	538	490	50	15	65
Si Sa Ket	Huai Thap Than village, Huai Thap Than district	10	4	1	4	750	750	75	22	97
Chanthaburi	Klong Narai village, Muang district	8	5	4	5	1,106	800	80	24	104
Chanthaburi	Trok Nong village, Khlung district	4	2	3	3	770	770	77	23	100
Nakhon Si Thammarat	Kiriwong village, Lansaka district	3	5	7	5	1,000	1,000	100	30	130
Trang	Nong Bua village, Rasda district	6	3	3	9	1,700	520	50	15	65
	Total					5,865	3,930	432	129	561

M= *Mangifera* G= *Garcinia* N= *Nephelium* C= *Citrus* *Sampling of population to be surveyed according to Yamane (1973) and สุบงกช (2526)

2. การประเมินความหลากหลายของเชื้อพันธุกรรมไม้ผลร่วมกับเกษตรกรในชุมชน

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการอภิปรายกลุ่ม (Focus Group Discussion) ร่วมกับเกษตรกร ในพื้นที่เพื่อจำแนกข้อมูลของการปลูกพืชในชุมชน แบบ 4 ช่อง (Four Cell Analysis) 4 กลุ่ม คือ I) ปลูกน้อยบ้านมากต้น II) ปลูกมากบ้านมากต้น III) ปลูกมากบ้านน้อยต้น IV) ปลูกน้อยบ้านน้อยต้น (Figure 1.)

Many trees **มากต้น** **II** "common (มากบ้านมากต้น)" **Many households** **(มากบ้าน)**	**I** "mono cropping (น้อยบ้านมากต้น) " **Few households** **(น้อยบ้าน)**
III "unique (มากบ้านน้อยต้น)" **Few trees** **น้อยต้น**	**IV** "rare (น้อยต้นน้อยบ้าน)"

Figure 1. Assessment of fruit tree diversity in the community (Four Cell Analysis)

สามารถที่จะสรุปผลการจำแนกความหลากหลายของเชื้อพันธุกรรมไม้ผลเป้าหมาย 4 สกุล ในพื้นที่ศึกษาของโครงการแต่ละจังหวัด ได้ดังต่อไปนี้

2.1 จังหวัดเชียงใหม่ : สกุลมะม่วงที่พบในป่ามี 4 ชนิดพันธุ์ (ไข่แลน/ธิดา/ฝ้าย/ขี้ย้า)

ปลูกน้อยบ้านมากต้น : สกุลส้ม (ส้มโอทองดี) **(II) ปลูกมากบ้านมากต้น** : สกุลมะม่วง (โชคอนันต์/ น้ำดอกไม้สีทอง/มันขุนศรี/แก้ว/น้ำดอกไม้เบอร์4) สกุลส้ม (ส้มโอขาวใหญ่) **(III) ปลูกมากบ้านน้อยต้น** : สกุลมะม่วง (เขียวมรกต/ ตลับนาก/ งามเมืองย่า/ พิมพ์เสน/ ด้ามทอง/ จินหวง/ เขียวเสวย) **(IV) ปลูกน้อยบ้านน้อยต้น** : สกุลมะม่วง (สามฮ้อย/ป้อม/แก้วเขียว/แรด/งาช้าง/คุ๊/สามปี/อกร่อง/ลิ้นงูเห่า/ จิ้งหรีด/หนองแซง/แก้มแดง/มหาชนก/ฟ้าลั่น/เขียวใหญ่/น้ำดอกไม้มัน/งาขาว/งาหมู) สกุลส้ม (ส้มโอขาวน้ำผึ้ง/ส้มโอขาวแป้น/ส้มโอขาวชัยนาท/ส้มโอพื้นเมือง/มะกรูดพันธุ์พระราชทาน/มะนาว111/ มะนาวน้ำหอม/ มะนาวไร้เมล็ด)

2.2 จังหวัดศรีสะเกษ :

(I) ปลูกน้อยบ้านมากต้น: ไม่มี **(II) ปลูกมากบ้านมากต้น**: มะม่วงกะล่อน **(III) ปลูกมากบ้านน้อยต้น**: มะม่วง(แก้ว/เขียวเสวย/น้ำดอกไม้) สกุลส้ม (มะนาวไข่/มะนาวแป้น/มะกรูด) **(IV) ปลูกน้อยบ้านน้อยต้น** : สกุลมะม่วง (ฟ้าลั่น/โชคอนันต์/หนองแซง/แรด/ทองดำ/สามฤดู/อกร่อง/อกร่องทอง/พิมเสน/ น้ำดอกไม้สีทอง/มันขุนศรี/หนังกลางวัน/แก้วจุก/แก้วหัวช้าง/กล้วย/แก้มแดง/ไข่/หัวช้าง/ลิ้นงูเห่า/สำปะโคน/กระสวย/มะม่วงป่า/มะม่วงปะ) สกุลมังคุด (มะดันป่า/มะดันบ้าน/ชะมวง/กวก/มังคุด/พะวา) สกุลเงาะ (โรงเรียน/คอแลน) สกุลส้ม (ส้มจี๊ด/ส้มขี้ม้า/มะนาวตาฮิติ/ส้มโอทองดี/ส้มโอขาวน้ำผึ้ง/ ส้มเขียวหวาน)

2.3 จังหวัดจันทบุรี ตำบลคลองนารายณ์: (I) ปลูกน้อยบ้านมากต้น : ไม่มี **(II) ปลูกมากบ้านมากต้น**: มังคุด เงาะสีชมพู/เงาะโรงเรียน **(III) ปลูกมากบ้านน้อยต้น**: มะม่วง (แก้ว/น้ำดอกไม้/เขียวเสวย) สกุลมังคุด (ชะมวง) สกุลส้ม (มะกรูด/ส้มมะปี๊ด/มะนาว) **(IV) ปลูกน้อยบ้านน้อยต้น** : สกุลมะม่วง (อกร่อง/ ขี้หมู/พรวน/สาวชะโงก/แรด) สกุลมังคุด (พะวา/รง/ส้มแขก) สกุลเงาะ (สีทอง) สกุลส้ม (ส้มโอ/ ส้มเขียวหวาน)

2.4 จังหวัดจันทบุรี ตำบลตรอกนอง:

(I) ปลูกน้อยบ้านมากต้น : ไม่มี **(II) ปลูกมากบ้านมากต้น** : สกุลมังคุด (มังคุด) สกุลเงาะ (โรงเรียน) **(III) ปลูกมากบ้านน้อยต้น**: สกุลมังคุด (ชะมวง) **(IV) ปลูกน้อยบ้านน้อยต้น**:มะม่วง(แก้ว/น้ำดอกไม้/ พรวน/เขียวเสวย)สกุลส้ม(มะกรูด/ส้มมะปี๊ด/มะนาว)

2.5 จังหวัดนครศรีธรรมราช :

(I) **ปลูกน้อยบ้านมากต้น** : ไม่มี **(II) ปลูกมากบ้านมากต้น** : มังคุด **(III) ปลูกมากบ้านน้อยต้น** : สกุลมังคุด (ส้มกันดาร) **(IV) ปลูกน้อยบ้านน้อยต้น** : สกุลมะม่วง (มะม่วงเบา) สกุลเงาะ (เงาะบ้าน) สกุลส้ม (จังกระ)

2.6 จังหวัดตรัง : สกุลมังคุดพบในป่า (พะวา) สกุลมะม่วงพบในป่า (ขี้กวาง/มะม่วงป่า)

(I) **ปลูกน้อยบ้านมากต้น** : ไม่มี **(II) ปลูกมากบ้านมากต้น** : สกุลมังคุด (มังคุด) สกุลเงาะ (โรงเรียน) **(III) ปลูกมากบ้านน้อยต้น** : สกุลมะม่วง (มะม่วงเบา/มะมุด) สกุลมังคุด (ชะมวง) สกุลส้ม (ส้มโอเนื้อแดง/ส้มโอเนื้อขาว/ส้มโอปัตตาเวีย/มะนาว/มะกรูด/จังกระ) **(IV) ปลูกน้อยบ้านน้อยต้น** : สกุลมะม่วง (แก้มแดง/คัน) สกุลเงาะ (พรวน/เงาะบ้าน) สกุลส้ม (ส้มจี๊ด/ส้มโชกุน/ส้มส้า/ส้มแป้นขี้ม้า)

3. จัดทำเอกสารบัญชีรายชื่อไม้ผลในชุมชน (Community Fruit Catalogue)

ผลปรากฏว่าโครงการได้จัดทำบัญชีรายชื่อพืชในชุมชนข้างต้น ตามจำนวนรายชื่อพืชทุกชนิดที่มีอยู่ในผลการจำแนกข้อมูลความหลากหลายของพืชแบบ 4 ช่อง (Four Cell Analysis) โดยจัดทำข้อมูล ตามแบบฟอร์มที่โครงการกำหนด โดยได้จัดทำบัญชีรายชื่อไม้ผล แสดงความหลากหลายทางพันธุกรรมพืช 4 สกุล ในแต่ละชุมชน ดังนี้: จังหวัดเชียงใหม่ สกุลส้ม 9 พันธุ์ สกุลมะม่วง 15 พันธุ์ จังหวัดศรีสะเกษ สกุลส้ม 8 พันธุ์ สกุลมังคุด 6 พันธุ์ สกุลมะม่วง 27 พันธุ์ สกุลเงาะ 1 พันธุ์ จังหวัดจันทบุรี สกุลส้ม 1 พันธุ์ สกุลมังคุด 3 พันธุ์ สกุลมะม่วง 5 พันธุ์ สกุลเงาะ 2 พันธุ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช สกุลมังคุด 2 พันธุ์ สกุลมะม่วง 1 พันธุ์ สกุลเงาะ 2 พันธุ์ จังหวัดตรัง สกุลส้ม 9 พันธุ์ สกุลมังคุด 5 พันธุ์ สกุลมะม่วง 5 พันธุ์ สกุลเงาะ 2 พันธุ์ ดังแสดงตัวอย่างในภาพถัดไป 1 ชนิดพืช (Figure 2)

4. การปฏิบัติที่ดี (Good Practices for Diversity) ด้านการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางพันธุกรรมของไม้ผลเมืองร้อนอย่างยั่งยืนในชุมชน

โครงการคัดเลือกการปฏิบัติที่ดีจากผลงานที่เป็นพัฒนาการจากภูมิปัญญาท้องถิ่นของเกษตรกรในพื้นที่ดำเนินงานโครงการของแต่ละประเทศ เกษตรกรในชุมชนนั้นๆ ได้ปฏิบัติต่อเนื่องมาเป็นเวลานาน มีผลที่ดีต่อการสร้างรายได้ส่งเสริมชีวิตความเป็นอยู่ของเกษตรกรให้ดีขึ้น และมีผลในเชิงของการอนุรักษ์และเพิ่มความหลากหลายทางพันธุกรรมพืชรวมทั้งความมั่นคงทางอาหารและรักษาสมดุลธรรมชาติของระบบนิเวศ โดยจัดการประชุมเชิงปฏิบัติการระดับภูมิภาค (Regional) ณ จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 22-26 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างนักวิชาการจากประเทศไทย มาเลเซีย อินเดีย และอินโดนีเซีย นำเสนอผลงานการปฏิบัติที่ดี 4 กลุ่ม ได้แก่ (1) การขยายพันธุ์และการจัดการเรือนเพาะชำ (Propagation and nursery methods) (2) การผลิตและการจัดการ (Production and management) (3) การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์สู่การตลาดที่สนับสนุนความหลากหลายและชีวิตความเป็นอยู่ (Value added products to support diversity and livelihood) 4) การสร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชน (Community empowerment)

ที่ประชุมระดับภูมิภาคมีมติรับรองผลงานการปฏิบัติที่ดีของประเทศไทย รวม 6 เรื่อง คือ (1) การขยายพันธุ์และการแลกเปลี่ยนเชื้อพันธุกรรมมะม่วงของเกษตรกรสวนมะม่วงในพื้นที่เขตใช้น้ำฝน อ. เชียงดาว จ. เชียงใหม่ (2) การเพิ่มมูลค่าไม้ผลด้วยผลิตภัณฑ์แกงหมูชะมวงบรรจุกระป๋องเป็นสินค้าจำหน่ายในประเทศ ของกลุ่มสตรีบ้านคลองนารายณ์ จ. จันทบุรี (3) การแปรรูปผลิตภัณฑ์ผลไม้ที่หลากหลาย ในพื้นที่ปลูกไม้ผลชนิดต่างๆของกลุ่มสตรีบ้านตรอกนอง จ. จันทบุรี (4) การพัฒนาผลิตภัณฑ์

จากไม้ผลและการดำเนินงานกิจการท่องเที่ยวเชิงนิเวศของกลุ่มเกษตรกรต่าง ๆ ในบ้านคีรีวง จ. นครศรีธรรมราช (5) การผลิตไม้มะดันเพื่อการอนุรักษ์และนำไปใช้ในเชิงเศรษฐกิจผลิตไก่ย่างไม้มะดันอย่างยั่งยืน ใน อ. ห้วยทับทัน จ. ศรีสะเกษ และ (6) การทำสวนหลังบ้านแบบผสมผสานเพื่อการอนุรักษ์พืชที่หลากหลาย ใน อ. รัษฎา จ. ตรัง ที่ประชุมมีมติรับรองให้เรื่องที่ 1-4 เป็นเรื่องที่สามารถนำไปขยายผลในทางปฏิบัติได้ในระดับนานาชาติ สำหรับเรื่องที่ 5-6 เป็นเรื่องที่ขยายผลในทางปฏิบัติในประเทศ ผลงานการปฏิบัติที่ดีทุกเรื่อง ได้จัดทำเป็นเอกสารฉบับภาษาอังกฤษและภาษาไทยควบคู่กัน

5. คัดเลือกพันธุ์พืชท้องถิ่นดีเด่น (Elite Materials) : จังหวัดเชียงใหม่ 1พันธุ์ (มะม่วงมันขุนศรี) จังหวัดศรีสะเกษ 2 พันธุ์ (มะดันป่าผลกลม และมะดันป่าผลรี) จังหวัดจันทบุรี 2 พันธุ์ (ชะมวงและส้มจี๊ด(ส้มมะปี๊ด)) จังหวัดนครศรีธรรมราช 1 พันธุ์ (ส้มกันดาร) จังหวัดตรัง 1 พันธุ์ (ส้มโอปัตตาเวียเนื้อขาว)

6. จัดทำเอกสาร/วีดีโอ ภูมิปัญญาท้องถิ่น (Traditional Knowledge)

จัดทำรวมทั้งหมดจำนวน 16 เรื่อง : **จังหวัดเชียงใหม่** 2 เรื่อง 1) การขยายพันธุ์มะม่วงแบบเสียบข้าง 2) การปรุงอาหารพื้นบ้าน **จังหวัดศรีสะเกษ** 6 เรื่อง 1) การจัดการต้น การปลูกและขยายพันธุ์มะดันป่า 2) การทำมะม่วงดองและมะม่วงแช่อิ่ม 3) การทำน้ำมะดันพร้อมดื่ม 4) ไก่ย่างไม้มะดัน 5) การขยายผลสู่การย้อมผ้า 6) รายการอาหารผสมใบมะดันหลากชนิด **จังหวัดจันทบุรี** 2 เรื่อง 1) ตำรับอาหารแกงหมูชะมวงท้องถิ่น 2) ผลิตภัณฑ์ผลไม้แปรรูป **จังหวัดนครศรีธรรมราช** 4 เรื่อง 1) การทำมังคุดคัด 2) การทำผ้ามัดย้อม 3) การทำผ้าลายเทียน 4) การทำสบู่และแชมพู จากมังคุดและส้มแขก **จังหวัดตรัง** 2 เรื่อง 1) การทำสวนแบบผสมผสาน 2) การแปรรูปมะมุดกวนและมะม่วงดอง

7. สำรวจและคัดเลือกเกษตรกร/ปราชญ์ชาวบ้านอนุรักษ์พันธุ์พืชท้องถิ่น (Custodian Farmers) 17 ราย

สำรวจและคัดเลือกเกษตรกรที่มีบทบาทในด้านการอนุรักษ์พันธุ์พืชท้องถิ่น จำนวน 17 ราย จังหวัดเชียงใหม่ 4 ราย (นายสุรเดช ต๊ะปวน นายอินสอน เขียวศรี นายจาตุรันต์ พุทธา และนายอามร มะลิมน) จังหวัดศรีสะเกษ 4 ราย (นายเหลี่ยม ลินละทัย นายเทพ เทพประสิทธิ์ นางปิยนุช พิจิตรชุมพล และนายพีรชัย วงษ์เลิศ) จังหวัดจันทบุรี 3 ราย (นางบานเย็น มะโนกิจ นางรจนา แก้วมณี นางยุพา นิยมวานิช) จังหวัดนครศรีธรรมราช 3 ราย (นายวิรัตน์ ตรีโชติ นายสนธยา ชำนะ และนางอารี ขุนทน) และ จังหวัดตรัง 3 ราย (นายนันต์ หนูจันท์ นายทวี เพ็ชรสง และนายวิเชียร ปราบปราม

8. สำรวจและประเมินพฤติกรรมการบริโภคผลอาหารและผลไม้ในครัวเรือน

พบว่าครัวเรือนจังหวัดจันทบุรี มีค่าความถี่ในการบริโภคผลไม้สดในฤดูชนิดต่างๆสูงที่สุด (ร้อยละ 77.13) รองลงไปได้แก่ ครัวเรือนจังหวัดเชียงใหม่ (ร้อยละ 58.97) และครัวเรือนจังหวัดศรีสะเกษ (ร้อยละ 53.16) ตามลำดับ (Table 3)

Ngo Ban (red type)

1. Botanical name: *Nephelium lappaceum* L.
2. Meaning of local name: Rambutan found at the house
3. Relative abundance: 5 trees in the village (Few trees, Few households)
4. Flowering: June - July
5. Fruiting: Harvesting, August - September
6. Productivity estimate: 50 kg./tree
7. Farmer descriptors:
   - High tree, small fruit, leaves and fruits are smaller than Ngo Rongrian, pulp is soft and juicy and sticks into the seeds, sweet and sour taste
8. Uses:
   - Fruit: eaten fresh, juice
9. Key traits and characteristics:
   - striking red or yellow rind, sweet with light sour taste
10. Good practises or conservation action:
    - Propagation by layering and seeding
11. Description of location where tree found:
    In home garden
12. Latitude, Longitude: N 7.99258, E 99.72882
13. Farmers name + photo; who is owner of tree(s)
    - House of Mr. Nan Nu-Chan:
      24/1 Moo 5, Ban Nong Si Chan
    - House of Mr. Sombat Wongkaeo:
      24 Moo 5, Ban Nong Si Chan,
    - House of Mr. Lamphu Wongkaeo
      4 Moo 5, Ban Nong Si Chan



Mr. Nan Nu-Chan

14. Comments:
    It could be used for juice because of the sour taste













Figure 2. Local rambutan in a fruit catalogue of NongBua village, Rasda district, Trang province

Table 3. Household fruit consumption in Chanthaburi, Chiang Mai and Si Sa Ket

List	Fruits	Frequency Consumption (percent)		
		Chanthaburi	Chiang Mai	Si Sa Ket
1	**Mango**	60.42	97.79	51.82
2	**Pummelo**	47.92	68.81	44.09
3	**Citrus**	65.10	59.07	52.73
4	**Lime**	91.67	71.90	57.73
5	**Rambutan**	92.71	54.87	50.45
6	**Mangosteen**	95.31	53.10	49.55
7	**Tangerine**	58.85	25.00	35.00
8	**Water melon, Cantaloupe**	84.38	59.51	45.45
9	**Papaya, Banana, Guava**	84.38	59.51	50.00
10	**Grape, Apple, Pear**	83.85	50.66	42.27
11	**Mixed fruit juice**	83.85	48.45	42.73
	Average	77.13	58.97	53.16

ครัวเรือนจังหวัดจันทบุรีมีค่าความมั่นคงทางอาหารสูงสุด (ร้อยละ 66.67) รองลงไปได้แก่ ครัวเรือนจังหวัดเชียงใหม่มีค่าความมั่นคงทางอาหารต่ำ (ร้อยละ 27.43) ในขณะที่ครัวเรือนจังหวัดศรีสะเกษ มีค่าความมั่นคงทางอาหารต่ำที่สุด (ร้อยละ12.82) (Table4)

ครัวเรือนในจังหวัดศรีสะเกษมีโอกาสการขาดอาหารในเด็กเล็กสูงที่สุด (ร้อยละ 74.36) สูงกว่าครัวเรือนในจังหวัดเชียงใหม่ (ร้อยละ 19.47) และครัวเรือนในจังหวัดจันทบุรี (ร้อยละ 6.25) (Table 4)

ครัวเรือนจังหวัดเชียงใหม่มีค่าความหลากหลายในการบริโภคอาหารของครัวเรือนสูงที่สุด เนื่องจากร้อยละ 100 ของครัวเรือนมีค่าความหลากหลายในการบริโภคอาหารของครัวเรือนในระดับสูง (High DDS) ในขณะที่ในจังหวัดจันทบุรี ร้อยละ 95.83 ของครัวเรือนมีค่าความหลากหลายในการบริโภคอาหารระดับสูง (High DDS) และร้อยละ 4.17 ของครัวเรือนมีค่าความหลากหลายในการบริโภคอาหารระดับปานกลาง (Moderate DDS) ซึ่งใกล้เคียงกันกับจังหวัดศรีสะเกษ ที่พบว่าร้อยละ 94 ของครัวเรือนมีค่าความหลากหลายในการบริโภคอาหารระดับสูง (High DDS) และร้อยละ 6 ของครัวเรือนมีค่าความหลากหลายในการบริโภคอาหารระดับปานกลาง (Moderate DDS) (Table 5)

Table 4. Household food security and child hunger in Chanthaburi, Chiang Mai and Si Sa Ket

Parameter	Chanthaburi	Chiang Mai	Si Sa Ket Chiang Mai
Food Secure (%)	66.67	27.43	12.82
Child Hunger (%)	6.25	19.47	74.36

Table 5. Household dietary diversity in Chanthaburi, Chiang Mai and Si Sa Ket

Dietary Diversity Score (DDS)	Chanthaburi (%)	Chiang Mai (%)	Si Sa Ket (%)
Low DDS	0	0	0
Moderate DDS	4.17	0	6
High DDS	95.83	100	94

9. จัดทำโครงการนำร่องร่วมกับชุมชนเพื่อขยายผลการปฏิบัติที่ดีในระดับพื้นที่

ในด้านการนำร่องขยายผลการปฏิบัติที่ดี โครงการได้เริ่มต้นด้วยการแปลเอกสารการปฏิบัติที่ดีฉบับภาษาอังกฤษ 6 เรื่อง ให้เป็นฉบับภาษาไทย เพื่อแจกจ่ายไปยังพื้นที่ศึกษาของโครงการ ให้คณะทำงานและผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและภาคเอกชนได้ใช้ในการทำความเข้าใจในเรื่องของการปฏิบัติที่ดีให้มากยิ่งขึ้น

โครงการได้นำร่องร่วมกับชุมชนเพื่อขยายผลการปฏิบัติที่ดีในทุกพื้นที่ ผลงานที่เด่นชัดของโครงการได้แก่กรณีตัวอย่างของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ จากพืชเป้าหมายในพื้นที่โครงการ จ. ศรีสะเกษ โดยปัจจุบันโครงการฯ และโรงเรียนบ้านอีเซ (คุรุราษฎร์วิทยา) ร่วมกันประชาสัมพันธ์และผลักดันผ้าที่ย้อมด้วยสีจากเปลือกไม้มะดันป่าให้เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดศรีสะเกษ โดยผ่านผู้ว่าราชการจังหวัดศรีสะเกษ และสื่อประชาสัมพันธ์ท้องถิ่นอื่น ได้แก่ เว็บไซต์ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ เว็บไซต์จังหวัดศรีสะเกษ วิทยุประชาสัมพันธ์จังหวัดศรีสะเกษ (แดนลำดวน) จัดนิทรรศการงานกาชาดสี่เผ่าไทยจังหวัดศรีสะเกษ ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2555-2557 เป็นต้น

การย้อมผ้าด้วยวัสดุจากธรรมชาติ เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติที่ดี พัฒนามาจากองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการประยุกต์ใช้วัสดุจากพืชที่ให้สีมาย้อมกับผ้าฝ้ายและผ้าไหมรวมถึงการทอผ้าด้วยมือซึ่งในอดีตเป็นการทำเพื่อใช้ภายในครัวเรือนเท่านั้น โครงการฯ และคณะนักเรียนโรงเรียนบ้านอีเซ (คุรุราษฎร์วิทยา) จึงได้ร่วมกันพัฒนาเทคโนโลยีการย้อมผ้าจากเปลือกไม้มะดันป่า ซึ่งยังไม่เคยมีการย้อมมาก่อน ประกอบไปด้วยขั้นตอนการสกัดสีน้ำย้อมผ้าด้วยการต้มเปลือกไม้มะดันป่า ขั้นตอนการนำผ้ามามัดด้วยไม้ไผ่เพื่อให้เกิดลวดลายตามต้องการ แล้วใส่ลงไปในน้ำสีย้อมที่มีอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นและนำไปแช่ในสารช่วยติดสีที่ปรับปรุงสูตรใหม่ จนได้ที่จึงแกะไม้ไผ่ที่มัดผ้าออกแล้วผึ่งลม 2-3 นาที นำมาล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อล้างสารช่วยติดสีออกไป ขั้นตอนสุดท้ายคือการผึ่ง ให้แห้งในที่ร่ม จะได้ผลิตผลเป็นผ้าหรือด้ายหรือทำเป็นผ้าพันคอตามขั้นตอนต่อไป (Figure 3)





Figure 3. Wild madan dye cotton cloth and threads (left) and scarfs (right)

สรุปผลการทดลอง

ผลจากการศึกษาครั้งนี้ช่วยให้ได้ปัจจัยและรูปแบบความสำเร็จในการปรับปรุงพัฒนาคุณภาพชีวิต ความมั่นคงทางอาหาร ของกลุ่มเป้าหมาย ด้วยการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากแหล่งเชื้อพันธุกรรม ไม้ผลเมืองร้อน ชุมชนมีความรู้ความสามารถที่จะขยายผลต่อยอดเพื่อพัฒนาวิธีการอนุรักษ์เชื้อพันธุกรรม ไม้ผลและการใช้ประโยชน์ความหลากหลายเชื้อพันธุกรรมไม้ผลท้องถิ่น เพื่อเพิ่มรายได้ แก่ชุมชน ท้องถิ่น ส่งเสริม รักษาสภาพสิ่งแวดล้อม ความสมดุลของระบบนิเวศน์ การป้องกันและลดภาวะโลกร้อนในปัจจุบันและอนาคต เพิ่มสมรรถนะและพัฒนาบุคลากรของชุมชน กลุ่มเกษตรกร กลุ่มผู้ใช้ประโยชน์ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอย่างยั่งยืนด้วยหลักการปฏิบัติที่ดี นำไปขยายผลใช้กับชุมชนอื่นต่อไป เนื่องจากผลการศึกษาสามารถจำแนกองค์ความรู้/ภูมิปัญญาท้องถิ่น ความหลากหลายของพันธุกรรมพืช ตลอดจนการอนุรักษ์ และการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายของพันธุกรรมพืช ในพื้นที่ชุมชนต่างๆ ซึ่งเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่น ด้านการปฏิบัติที่ดีที่นำไปสู่การใช้ประโยชน์และอนุรักษ์ความหลากหลายของเชื้อพันธุกรรมไม้ผล ทำให้มีผลลัพธ์ต่อการยกระดับรายได้และความเป็นอยู่ของเกษตรกร ตลอดจนผู้ทีมีส่วนเกี่ยวข้อง โดยไม่ได้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมแต่อย่างใด

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ United Nations Environmental Programme (UNEP) / Global Environment Facility (GEF) Agencies, Bioversity International, อธิบดีกรมวิชาการเกษตร (นายสมชาย ชาญณรงค์กุล นายจิรากร โกศัยเสวี และนายดำรงค์ จิระสุทัศน์) ผู้ตรวจราชการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (นางวีณา พงศ์พัฒนานนท์) รองอธิบดีกรมวิชาการเกษตร (ดร. สุวิทย์ ชัยเกียรติยศ และนายดิเรก ตนพยอม) ที่ได้สนับสนุนงบประมาณและการบริหารโครงการ ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

สุบงกช จามีกร. 2526. สถิติวิเคราะห์สำหรับงานวิจัยทางสังคมศาสตร์. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี พ.ศ. 2555. สำนักงานเศรษฐกิจกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Anonymous. 1969. Rambutan varieties widely grown in Thailand. Kasetsart Journal. 2 (3) : 237-244.

Eiadthong, W., F. Nakatsubo, K. Yonemori and A. Sugiura. 2000. Records of Mangifera Species in Thailand. Pages. 213-223. In : Proc. 6th IS on Mango. Acta Horticulturae. 509 p.

Jintanawong, S., H. Hiranpradit, P. Duangpikul, and P. Polprasit. 1992. Group characterization of Thai mango, *Mangifera indica* Linn. Pages. 254-261. In:Frontier in Tropical Fruit Research.Acta Horticulturae. 321 p.

Jones, P.G. and A. Gladkov. 1999. FloraMap : a computer tool for predicting the distribution of plants and other organisms in the wild, version 1. Edited by Annie L. Jones. Centro International de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 99 p.Vangnai, V. 1986. Mango. Srisombat Publishing Ltd. Bangkok. 301 p.

Smitinand, T. 2001. Thai plant names (revised edition). Royal Forest Department, Bangkok.

Vangnai, V. 1996. Status Reports on Genetic Resource of Rambutan 1. Malaysia 2. Thailand. IPGRI Project No. B06. IPGRI Regional Office for Asia, the Pacific and Oceania, Singapore. 13 p.

Yamane, T. 1973. Statistics; An Introduction Analysis. 3rd, Harper International ed., Tokyo.

การจัดการแมลงศัตรูมะพร้าวแบบผสมผสานในพื้นที่แปลงใหญ่

Integrated Management of Coconut Insect Pests in Wide Area

อัมพร วิโนทัย [1] พัชรีวรรณ มณีสาคร[1] สุวัฒน์ พูลพาน[1] สุเทพ สหายา[1] พฤทธิชาติ ปุณวัฒโท[1]
สุภางคนา ถิรวุธ[1] เสาวนิตย์ โพธิ์พูนศักดิ์[1] วลัยพร ศะศิประภา[2] ธีรชาต วิชิตชลชัย[3] ไพบูรณ์ เปรียบยิ่ง[3]
พัชราพร หนูวิสัย[4] ยิ่งนิยม ริยาพันธ์[5] รัชดา อินทรกำแหง[6] นรีรัตน์ ชูช่วย[6] สุภิญญา ปานตู[6]
สุนี ศรีสิงห์[7] อุดม วงศ์ชนะภัย[8] ประภาพร ฉันทานุมัติ[9] ดารากร เผ่าชู[9] ปิยนุช นาคะ[10]
วารี คล้ายพุก[10] ภัสชญภณ หมื่นแจ้ง[11] โกมินทร์ วิโรจน์วัฒนกุล[12]

Amporn Winotai[1], Patchareewan Maneesakorn[1], Suwat Poolpan[1], Sutep Sahaya[1],
Preuthichart Poonwattho[1], Supangkana Thirawuth[1], Saowanit Popoonsak[1], Walaiporn Sasiprapa[2],
Theerachart Wichitcholchai[3], Paiboon Priabying[3], Patcharaporn Noowasai[4], Yingniyom Riyapan[5],
Ratchada Intarakanhaeng[6], Nareerat Choochuay[6], Supinya Pandhu[6], Sunee Srisink[7],
Udom Wongchanapai[8], Prapaporn, Chanthanumat[9], Darakorn Paochoo[9], Piyanoot Naka[10],
Waree Klaipook[10], Phachyapon Meunchaeng[11], Komin Wirotewattanakul[12]

ABSTRACT

Integrated management of coconut insect pests in a wide area project was conducted on Koh Samui, Suratthani from November 2012 to October 2014 with a budget allocated by the Department of Agriculture Research Fund. All technologies used were developed by the Department of Agriculture researchers and transferred to the end users. Four important insect pests of coconut at Koh Samui are coconut hispine beetle (*Brontispa longissima*), black headed caterpillar (*Opisina arenosella*), rhinoceros beetle (*Oryctes rhinoceros*), and red palm weevil (*Rhynchophorus ferrugeneous*). There were 12 organizations collaborating on suppression of the coconut pest problems on Koh Samui

[1] สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช (Plant Protection Research and Development Office)

[2] ศูนย์สารสนเทศ (Information Technology Center)

[3] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 (Office of Agricultural Research and Development Region 7)

[4] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรชุมพร (Chumphon Center of Agricultural Research and Development)

[5] ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี (Surat Thani Oil Palm Research Center)

[6] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบุรี (Petchburi Center of Agricultural Research and Development)

[7] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี (Suphanburi Center of Agricultural Research and Development)

[8] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรราชบุรี (Rachburi Center of Agricultural Research and Development)

[9] ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร (Chumphon Horticulture Research Center)

[10] สถาบันวิจัยพืชสวน (Horticulture Research Institute)

[11] สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (Agricultural Production Sciences Research and Development Office)

[12] กองแผนงานและวิชาการ (Planning and Technical Division)

A total of eight activities were conducted in various locations. (1) Survey and mapping of coconut pest distribution was undertaken to evaluate occurrences and levels of damage of each pest. Pest population maps showed locations and infestion levels of the pests, so appropriate control could be selected and applied. (2) Establishment of parasitoid rearing units for producing three parasitoid species, *Asecodes hispinarum*, *Tetrastichus brontispae* and *Goniozus nephantidis* used in the project. (3) Trunk injection with chemicals were conducted when severe damage was observed. (4) Application of green muscardine, *Metarhizium anisopliae*, to kill rhinoceros beetle larvae. (5) Installing pheromone traps for trapping rhinoceros beetles. (6) Encouraging elephant camp owners to construct a bio-fertilizer chamber for converting elephant dung into bio-fertilizer in order to reduce breeding sites of rhinoceros beetles. (7) Evaluation of the effectiveness of IPM scheme used in the project was conducted every two months by observing recovery of coconut palms. (8) Technology transfer to end users, such as coconut orchard owners, hotel gardeners, Agricultural Extension officials, and DOA researchers who work in Suratthani and nearby areas.

Conclusions drawn from the project for November 2012 to December 2013 include: (1) Developing appropriate technologies for management of coconut insect pests in Koh Samui; (2) Six mass rearing units were established for rearing of *A. hispinarum*, *T. brontispae* and *G. nephantidis*, one mass rearing units was established for rearing only *G. nephantidis*. A total of 123,281 mummified larvae of *A. hispinarum*, 162,347 mummified pupae of *T. brontispae*, and 353,034 cocoons of *G. nephantidis* were produced; (3) Trunk injection of the insecticide Emamectin benzoate was done at eight sites and a total of 3,422 coconut palms were applied for the control of black headed caterpillars; (4) A total of 52 Metarhizium pit log traps were made and 87-100% of larvae observed were infected and killed; (5) A total of 200 pheromone traps were installed and 1,230 rhinoceros beetle were trapped and killed; (6) Four sets of coconut pest distribution maps were developed to demonstrate distribution of insect each pest in Koh Samui; (7) Two training courses were conducted for transferring technologies to coconut orchard owners, hotel gardeners, Agricultural extension officers including the production of two technical documents for the courses were produced.

Key word: coconut hispine beetle, black headed caterpillar, rhinoceros beetle, red palm weevil

บทคัดย่อ

การจัดการแมลงศัตรูมะพร้าวแบบผสมผสานในพื้นที่แปลงใหญ่ ดำเนินงานในพื้นที่อำเภอเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2555 ถึงเดือนตุลาคม 2557 โดยใช้เทคโนโลยีที่เป็นผลการศึกษาวิจัยและพัฒนาของนักวิจัยจากกรมวิชาการเกษตร และเป็นการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับเกษตรกรและผู้ที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อควบคุมแมลงศัตรูมะพร้าวที่สำคัญ ได้แก่ แมลงดำหนามมะพร้าว (*Brontispa longissima*) หนอนหัวดำมะพร้าว (*Opisina arenosella*) ด้วงแรดมะพร้าว (*Oryctes rhinoceros*) และด้วงงวงมะพร้าว (*Rhynchophorus ferruginous*) มีหน่วยงานของกรมวิชาการเกษตรร่วมงานรวม 12 หน่วยงาน แบ่งเป็น 8 กิจกรรม ได้แก่ (1) การสำรวจประเมินพื้นที่การระบาดของแมลงศัตรูมะพร้าวแต่ละชนิด (2) การจัดตั้งหน่วยเพาะเลี้ยงแตนเบียนจำนวน 3 ชนิด คือ แตนเบียนหนอนแมลงดำหนาม (*Asecodes hispinarum*) แตนเบียนดักแด้แมลงดำหนาม (*Tetrastichus brontispae*) และแตนเบียนหนอนหัวดำมะพร้าว (*Goniozus nephantidis*) (3) การเจาะอัดสารเคมีฆ่าแมลงอิมาเม็กตินเบนโซเอตเข้าลำต้น ในกรณีที่พบหนอนหัวดำระบาดรุนแรง(4) การทำกับดักกองล่อและใช้เชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae* ช่วยฆ่าทำลายหนอนด้วงมะพร้าว (5) การติดตั้งกับดักฟีโรโมนดักจับตัวเต็มวัยของด้วงแรดมะพร้าวแล้วนำไปทำลาย (6) การส่งเสริมให้เจ้าของปางช้างจัดการกับขยะมูลช้างและเศษเหลือจากใบมะพร้าวที่เป็นอาหารช้าง ซึ่งเป็นแหล่งขยายพันธุ์ของด้วงแรดมะพร้าว โดยการนำไปทำปุ๋ยอินทรีย์แบบเติมอากาศ (7) การประเมินผลการดำเนินงานในการจัดการแมลงศัตรูมะพร้าวแต่ละชนิด (8) การประชาสัมพันธ์ อบรมและเผยแพร่เทคโนโลยี

ผลการดำเนินงานตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2555 ถึงเดือนธันวาคม 2556 มีดังนี้ (1) ได้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการจัดการแมลงศัตรูมะพร้าวในพื้นที่เกาะสมุย (2) ดำเนินการจัดตั้งหน่วยเพาะเลี้ยงแตนเบียนแมลงดำหนาม 2 ชนิด และแตนเบียนหนอนหัวดำมะพร้าวรวม 6 หน่วย และหน่วยเพาะเลี้ยงเฉพาะแตนเบียนหนอนหัวดำมะพร้าว 1 หน่วย ทำการเพาะเลี้ยงและปล่อยแตนเบียนหนอนแมลงดำหนาม 123,281 มัมมี่ แตนเบียนดักแด้แมลงดำหนาม 162,347 มัมมี่ และผลิตดักแด้แตนเบียนหนอนหัวดำมะพร้าว 353,034 ตัว (3) ทำการเจาะอัดสารเคมีอิมาเม็กตินเบนโซเอตเพื่อควบคุมหนอนหัวดำมะพร้าวที่ระบาดรุนแรงรวม 8 แปลง มีต้นมะพร้าวรวม 3,422 ต้น (4) ทำกับดักกองล่อและใช้เชื้อราเขียวทำลายหนอนด้วงแรดมะพร้าวจำนวน 52 กองล่อ และพบหนอนด้วงแรดถูกเชื้อราเข้าทำลายตายร้อยละ 87-100 (5) ติดตั้งกับดักฟีโรโมนจำนวน 200 กับดัก สามารถดักตัวเต็มวัยด้วงแรดมะพร้าวได้รวม 1,250 ตัว (6) ได้แผนที่แสดงการระบาดของแมลงศัตรูมะพร้าวในเกาะสมุย (7) จัดอบรมเผยแพร่ผลงานรวม 2 ครั้ง เพื่อถ่ายทอดความรู้ให้กับเกษตรกร เจ้าหน้าที่สวนของโรงแรม และ เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร รวมทั้งจัดพิมพ์เอกสารเผยแพร่จำนวน 2 เรื่อง

คำสำคัญ: แมลงดำหนามมะพร้าว, หนอนหัวดำมะพร้าว, ด้วงแรดมะพร้าว, ด้วงงวงมะพร้าว

คำนำ

มะพร้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคใต้ แต่พื้นที่เพาะปลูกมะพร้าวมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และปัญหาแมลงศัตรูมะพร้าวระบาด แมลงศัตรูที่สำคัญได้แก่ หนอนหัวดำมะพร้าว แมลงดำหนาม ด้วงแรด และด้วงงวงมะพร้าว จากการระบาดของศัตรูมะพร้าวบนเกาะสมุยส่งผลกระทบทั้งต่อชาวสวนมะพร้าวและธุรกิจการท่องเที่ยว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยกรมวิชาการเกษตรได้กำหนดแนวทางการจัดการศัตรูพืช เน้นการทดสอบเทคโนโลยีการจัดการแมลงศัตรูมะพร้าวแบบยั่งยืนในพื้นที่แปลงใหญ่ และกำหนดพื้นที่ อำเภอเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นพื้นที่ดำเนินงานพัฒนางานวิจัย และพัฒนา ทดสอบเทคโนโลยีซึ่งมุ่งเน้นการใช้แมลงศัตรูธรรมชาติเป็นหลักในการควบคุม

การควบคุมแมลงดำหนามมะพร้าว *Brontispa longissima* (Gestro) ที่ได้ผลดีและเป็นวิธีการที่เป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อมได้แก่ การเพาะเลี้ยงแตนเบียนหนอนแมลงดำหนาม *Asecodes hispinarum* และแตนเบียนดักแด้แมลงดำหนาม *Tetrastichus brontispae* (จรัสศรี, 2551; รจนา 2554, อัมพร, 2551) และนำออกปล่อยในพื้นที่ที่พบการระบาด โดยกำหนดปล่อยแตนเบียนชนิดละ 5 มัมมี่/ไร่ ปล่อย 3 ครั้งห่างกัน 7-10 วัน ในพื้นที่ที่พบการระบาดรุนแรงให้ปล่อยอัตราการปล่อยแตนเบียนแต่ละครั้งเพิ่มขึ้นเป็นชนิดละ 10 มัมมี่/ไร่ กรมวิชาการเกษตรนำเข้าแตนเบียนหนอนแมลงดำหนามมะพร้าว *A. hispinarum* จากประเทศเวียดนามโดยความร่วมมือจาก องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ เมื่อวันที่ 25 สิงหาคม 2547 ทำการศึกษาพบว่า มีความปลอดภัยสามารถนำมาใช้ควบคุมแมลงดำหนามมะพร้าวในประเทศไทยได้

หนอนหัวดำ *Opisina arenosella* Walker เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญที่สุดของมะพร้าว การควบคุมหนอนหัวดำที่ดีที่สุด คือ การตัดทางใบที่ถูกทำลายและนำไปทำลายโดยการเผาหรือฝังดิน การพ่นชีวภัณฑ์บีที (*Bacillus thuringiensis*) แต่ความสูงของต้นมะพร้าวเป็นข้อจำกัดทำให้การพ่นบีทีเพื่อควบคุมหนอนหัวดำที่ลงทำลายต้นมะพร้าวที่สูงมากไม่ได้ผลเท่าที่ควร กรมวิชาการเกษตรได้นำเข้าแตนเบียน *Goniozus nephantidis* (Muesebeck) จากสาธารณรัฐสังคมนิยมประชาธิปไตยศรีลังกา เมื่อวันที่ 28 เมษายน 2555 มาทดสอบความปลอดภัยในการนำมาใช้ควบคุมหนอนหัวดำ จากการทดสอบความเฉพาะเจาะจงต่อแมลงอาศัย พบว่า แตนเบียน *G. nephantidis* ไม่เข้าทำลายแมลงทดสอบในกลุ่มแมลงศัตรูพืชและแมลงศัตรูธรรมชาติ เนื่องจากมีความเฉพาะเจาะจงต่อแมลงอาศัยค่อนข้างสูงการเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์ทำได้โดยการเลี้ยงขยายปริมาณโดยใช้หนอนหัวดำและหนอนผีเสื้อข้าวสารเป็นแมลงอาศัย และสามารถเลี้ยงเพิ่มปริมาณได้มาก 8 - 10 เท่าในแต่ละชั่วชีวิต (อัมพร, 2555)

ด้วงแรดมะพร้าว *Oryctes rhinoceros* L. เป็นแมลงศัตรูมะพร้าวที่เกิดจากระยะตัวเต็มวัยเท่านั้นที่ลงกัดเจาะที่ส่วนโคนของทางใบมะพร้าว ทำลายยอดอ่อน ทำให้ทางใบที่เกิดใหม่ไม่สมบูรณ์ มีรอยขาดแหว่งเป็นริ้วๆ คล้ายรูปสามเหลี่ยม ถ้าต้นมะพร้าวถูกทำลายมากๆ จะทำให้ใบที่เกิดใหม่แคระแกรน รอยแผลที่ถูกด้วงแรดมะพร้าวเจาะเข้าทำลาย จะเป็นช่องทางให้ด้วงงวงมะพร้าว

Rhynchophorus ferrugineus (Olivier) เข้ามาวางไข่ เมื่อไข่ฟักเป็นตัวหนอนจะเจาะชอนไชกินเนื้อเยื่อที่ยอดมะพร้าว ทำให้ยอดมะพร้าวหักพับ และต้นมะพร้าวตายในที่สุด จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่าด้วงแรดมะพร้าวระบาดกระจายทั่วทั้งเกาะสมุย โดยเฉพาะบริเวณปางช้าง ซึ่งมีซากใบมะพร้าวที่ใช้เป็นอาหารช้างและกองมูลช้างปริมาณมาก ซากใบมะพร้าวและมูลช้างเป็นแหล่งขยายพันธุ์ของด้วงแรดมะพร้าว แนวทางแก้ปัญหาด้วงงวงมะพร้าวที่กรมวิชาการเกษตรแนะนำคือ การควบคุมด้วงแรดมะพร้าวซึ่งจะควบคุมด้วงงวงมะพร้าวด้วย ซึ่งโกวิทย์ (2543) ทวีศักดิ์ (2544) และเสาวนิตย์ (2554) ได้แนะนำให้กำจัดแหล่งขยายพันธุ์เป็นวิธีที่ดีที่สุด การเผาหรือฝังซาก ทางใบ ลำต้น หรือตอของมะพร้าว หรือปาล์มน้ำมัน เกลี่ยกองซากพืช มูลสัตว์ให้กระจายออก ให้มีความสูงไม่เกิน 15 ซม. หากมีความจำเป็นต้องกองซากพืช หรือมูลสัตว์นานเกินกว่า 2-3 เดือน ควรหมั่นพลิกกลับกอง เพื่อเก็บไข่หนอน ดักแด้ ตัวเต็มวัยไปทำลาย การทำความสะอาดบริเวณคอมะพร้าว ตามโคนทางใบ หากพบรอยแผลเป็นรู ให้ใช้เหล็กแหลมแทงหาตัวด้วงแรดมะพร้าว เพื่อเก็บไปฆ่าทำลาย การทำกับดักกองล่อและใช้เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมผสมกับอินทรียวัตถุล่อให้ด้วงแรดมะพร้าวมาวางไข่ขยายพันธุ์ในกองล่อ เมื่อไข่ฟักเป็นตัวหนอน ตัวหนอนจะถูกเชื้อราเขียวเข้าทำลายตาย เป็นการลดจำนวนประชากรด้วงแรดมะพร้าวลงได้ นอกจากนี้ การใช้กับดักฟีโรโมนเพื่อล่อและดักจับตัวเต็มวัยของด้วงแรดมะพร้าวและนำไปทำลายสามารถลดประชากรด้วงแรดมะพร้าวได้อีกวิธีหนึ่ง รวมทั้งการนำมูลช้างและอินทรียวัตถุซึ่งเป็นแหล่งขยายพันธุ์ของด้วงแรดมะพร้าวไปใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ยหมัก โดยใช้เทคโนโลยีการทำปุ๋ยหมักแบบเติมอากาศสามารถเพิ่มมูลค่าและลดการแพร่การจายพันธุ์ของแมลงศัตรูมะพร้าวได้ จึงนำผลงานวิจัยและพัฒนาของนักวิจัยจากกรมวิชาการเกษตร นำมาทดสอบและถ่ายทอดเทคโนโลยีการควบคุมแมลงศัตรูมะพร้าวที่สำคัญ 4 ชนิด มาใช้ร่วมกันเพื่อให้เกิดต้นแบบของการจัดการแมลงศัตรูมะพร้าวแบบผสมผสาน เพิ่มศักยภาพของหน่วยงานของกรมวิชาการเกษตรในส่วนภูมิภาคในการตั้งศูนย์ต้นแบบเพื่อเพาะเลี้ยงแตนเบียนแมลงดำหนามมะพร้าว และแตนเบียนหนอนหัวดำ การจัดการแมลงศัตรูมะพร้าวแบบผสมผสานที่สามารถนำไปใช้ในระดับพื้นที่ขนาดใหญ่ และเป็นต้นแบบในการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อแก้ปัญหาแมลงศัตรูมะพร้าวในพื้นที่อื่น ๆ ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ผลงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยการจัดการแมลงศัตรูมะพร้าวโดยวิธีผสมผสานในพื้นที่แปลงใหญ่ อ.เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี ซึ่งมีพื้นที่ปลูกมะพร้าวประมาณ 68,000 ไร่ ดำเนินการ 2 ปี ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2555 ถึงเดือนธันวาคม 2557 โดยนำเสนอผลงานพัฒนางานวิจัยที่ดำเนินงานเพียง 1 ปี แบ่งการดำเนินงานเป็น 7 กิจกรรม ได้แก่

1. การสำรวจประเมินพื้นที่ระบาดของแมลงศัตรูมะพร้าวทั้ง 4 ชนิด ก่อนดำเนินงานโดยสุ่มเลือกแปลงมะพร้าวเพื่อเป็นตัวแทนตามสัดส่วนพื้นที่ปลูก จำนวน 250 ตัวอย่าง ประเมินความเสียหายจากการทำลายของแมลงศัตรูมะพร้าวแปลงละ 10 ต้น พร้อมทั้งสัมภาษณ์เกษตรกรเกี่ยวกับ

การปฏิบัติดูแล นับทางใบที่ถูกทำลาย แล้วจำแนกระดับการทำลายของแมลงศัตรูมะพร้าว ในช่วง 30 ตุลาคม -22555 – 2 พฤศจิกายน 2557 ซึ่งกำหนดระดับการทำลายตามวิธีการ ดังนี้

ระดับการทำลาย	หนอนหัวดำ (นับทางใบที่ยังไม่ถูกทำลาย)	แมลงดำหนาม (ทางใบยอดที่ถูกทำลาย)	ด้วงแรด (นับทางใบที่ขาดเป็นสามเหลี่ยม)	ด้วงงวง (ยอดที่หัก)
รุนแรง (3)	< 6 ทางใบ	> 10 ทางใบ	.> 5 ทางใบ	> 5 ยอด
ปานกลาง (2)	6-12 ทางใบ	6-10 ทางใบ	3-5 ทางใบ	3-5 ยอด
น้อย (1)	> 13ทางใบ	< 6 ทางใบ	< 3 ทางใบ	< 3 ยอด
ไม่มีการระบาด (0)	ไม่พบการทำลาย	ไม่พบทางใบที่ถูกทำลาย	ไม่พบการทำลาย	ไม่พบยอดที่ถูกทำลาย

2. การเพาะเลี้ยงและปล่อยแตนเบียน 3 ชนิด ได้แก่ แตนเบียนหนอนแมลงดำหนามมะพร้าว แตนเบียนดักแด้แมลงดำหนามมะพร้าว และแตนเบียนหนอนหัวดำมะพร้าว ตามขั้นตอนและวิธีการเพาะเลี้ยงแตนเบียนหนอนแมลงดำหนามมะพร้าวและแตนเบียนดักแด้แมลงดำหนามมะพร้าว ดำเนินการตาม อัมพรและคณะ (2556ก) การเพาะเลี้ยงแตนเบียนหนอนหัวดำมะพร้าวดำเนินการตาม อัมพร และคณะ (2556ข)

3. การใช้สารเคมีควบคุมหนอนหัวดำมะพร้าวโดยการฉีดอัดสารเคมีเข้าลำต้น คัดเลือกต้นมะพร้าวที่มีความสูงมากกว่า 12 เมตร ใช้สว่านที่ดัดแปลงจากเครื่องตัดหญ้า ส่วนปลายตัดส่วนใบพัดออก แล้วดัดแปลงใส่ดอกสว่านแทน ทำการเจาะต้นมะพร้าวสูงจากพื้นดินประมาณ 1 เมตร โดยใช้ดอกสว่านขนาด 4 - 5 หุน เจาะต้นละ 2 รู ตรงข้ามกัน ลึกประมาณ 10 ซม. โดยเจาะให้เอียงทำมุม 45 องศา เพื่อป้องกันสารไหลย้อนออกมา ใส่สารฆ่าแมลง อิมาเม็กตินเบนโซเอต (1.92% EC) อัตรา 30 มล. /ต้น โดยแบ่งใส่ครึ่งหนึ่งของสารต่อ 1 รู พร้อมกัน หลังใส่สารใช้ดินน้ำมันตัดให้ได้ขนาดประมาณ 1 ลูกบาศก์นิ้ว อุดปากรูทันที

4. การใช้เชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae* ควบคุมด้วงแรด สำรวจ และกำหนดจุดตั้งกองล่อในพื้นที่ที่พบการระบาดรุนแรง และติดต่อเกษตรกร รวมทั้งผู้ประกอบการปางช้าง และผู้ประกอบการสนามชนควาย โดยพิจารณาจากการระบาดของด้วงแรด ด้วงงวง และความสมัครใจในการเข้าร่วมโครงการของเกษตรกรเจ้าของแปลงที่มีการระบาดของด้วงแรด ด้วงงวง ซึ่งขั้นตอนและวิธีการทำการล่อดำเนินการตามอัมพร และคณะ (2556ก) จัดทำกองล่อในช่วงเดือนมีนาคม 2556 ตรวจนับจำนวนตัวหนอนด้วงแรดที่พบในกองล่อ จดบันทึกข้อมูลจำนวนหนอนที่พบ ครั้งแรกในเดือนพฤษภาคม 2556 หลังจากนั้นนำเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมที่เลี้ยงไว้อายุประมาณ 14 วัน ใส่กองล่อในอัตรา 400 กรัม/ลูกบาศก์เมตร คลุกเคล้าให้เชื้อกระจายทั่วทั้งกอง รดน้ำให้ความชื้นภายในกองล่อ สุ่มตรวจนับจำนวนตัวหนอนทั้งหมด ทั้งที่ติดเชื้อและไม่ติดเชื้อ จดบันทึกข้อมูลทุกเดือน

5. การใช้กับดักฟีโรโมนควบคุมด้วงแรด ฮอร์โมนเพศที่มีกลิ่นเฉพาะใช้ในการล่อตัวเต็มวัยด้วงแรดทั้งตัวผู้และตัวเมีย สังเคราะห์และผลิตเป็นการค้า มีชื่อว่า Chirislure มาจากสารเคมีชื่อ ethyl dihydrochrysanthemumate และ Rhinolure มาจากสารเคมีชื่อ ethyl chrysanthemumte นำมาใช้เป็นฟีโรโมนปล่อยออกมาอย่างช้าๆ มีอายุการใช้งานประมาณ 2-4 เดือน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสภาพอากาศ ถ้าอุณหภูมิสูง ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ฟีโรโมนจะระเหยเร็ว การติดตั้งกับดักฟีโรโมน 1 ถัง ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 10 ไร่ ฟีโรโมนมีความเฉพาะเจาะจงต่อด้วงแรดเท่านั้น ไม่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสัตว์ต่างๆ และมีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม ดำเนินการติดตั้งตามอัมพร และคณะ (2556)ก และเก็บข้อมูลจำนวนตัวเต็มวัยด้วงแรดจากกับดักฟีโรโมน ทุกๆ เดือน

6. การสำรวจประเมินผลการดำเนินงาน ทำการสำรวจประเมินความเสียหายที่เกิดจากการทำลายของแมลงศัตรูมะพร้าวทั้ง 4 ชนิด ทำนองเดียวกับขั้นตอนที่1 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และประเมินความเสียหายจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูมะพร้าวในพื้นที่ทุก ๆ 2 เดือน เปอร์เซ็นต์ใบแรกที่ถูกทำลาย และจำนวนยอดหักใหม่ในแปลงมะพร้าวสังเกตุจากยอดหักใบยังเขียวอยู่เปรียบเทียบกับการสำรวจและประเมินได้ในช่วงแรกหรือวันที่ 30 ตุลาคม - 2 พฤศจิกายน 2555 ของแมลงศัตรูมะพร้าวทั้ง 4 ชนิด

7. การประชาสัมพันธ์ อบรมและถ่ายทอดองค์ความรู้

ผลการทดลองและวิจารณ์

การสำรวจประเมินพื้นที่ระบาดของแมลงศัตรูมะพร้าว

ผลการสำรวจประเมินความเสียหายจากการทำลายของแมลงศัตรูมะพร้าว และจำแนกระดับการทำลายของแมลงศัตรูมะพร้าวทั้ง 4 ชนิด แล้วจัดทำเป็นแผนที่การระบาดของศัตรูมะพร้าวแต่ละชนิด เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดแผนการทำงาน และประเมินผลการควบคุมหลังดำเนินการแต่ละกิจกรรม พบว่า การระบาดของศัตรูมะพร้าวแต่ละชนิดมีความแตกต่างทั้งระดับการทำลาย (Table 1) และพื้นที่ ดังนี้

หนอนหัวดำ การระบาดรุนแรงมากทางตอนเหนือของเกาะเป็นบริเวณกว้าง ส่วนใหญ่อยู่ในเขตตำบลแม่น้ำ และพบบางส่วนของตำบลอ่างทอง ตำบลบ่อผุด ตำบลมะเร็ต และตำบลหน้าเมือง

แมลงดำหนาม พบกระจายทั่วไปทั้งเกาะส่วนใหญ่พบการระบาดของแมลงดำหนามมะพร้าวในระดับน้อย แต่ที่รุนแรงส่วนใหญ่พบทางด้านตะวันออก และด้านใต้ของเกาะ ทั้งนี้อาจเนื่องจากฝนทิ้งช่วงเป็นเวลากว่า 2 เดือนร่วมด้วย

ด้วงแรด พบการทำลายโดยทั่วไป ที่รุนแรงพบในตำบลหน้าเมือง ตำบลมะเร็ต ตำบลตลิ่งงาม ตำบลลิปะน้อย

ด้วงงวง พบการทำลายรุนแรงพบในตำบลมะเร็ต ตำบลหน้าเมือง ตำบลลิปะน้อย ตำบลบ่อผุด

Table 1. Infestation levels (rais) of black-headed caterpillarม coconut hispine beetle, rhinoceros beetle and red palm weevil in Koh Samui, October 2012

infestation levels	black-headed caterpillar	coconut hispine beetle	rhinoceros beetle	red palm weevil
No infestation	21,932	-	-	1,846
Level 1	31,617	10,989	65,365	53,798
Level 2	9,153	52,167	2,896	10,504
Level 3	5,813	5,359	254	2,367

การเพาะเลี้ยงและปล่อยแตนเบียน 3 ชนิด

1. แตนเบียนแมลงดำหนามมะพร้าวเข้าทำลายหนอนแมลงดำหนามมะพร้าวโดยแตนเบียนเพศเมียที่ผสมพันธุ์แล้ววางไข่เข้าไปในลำตัวของหนอนแมลงดำหนามมะพร้าว หนอนของแตนเบียนฟักออกจากไข่ดูดกินของเหลว เจริญเติบโตและเข้าดักแด้ภายในลำตัวหนอนแมลงดำหนามมะพร้าว หนอนแมลงดำหนามมะพร้าวที่ถูกเบียนจะเคลื่อนไหวช้า กินอาหารน้อยลง และตายในที่สุด ภายหลังจากถูกเบียน 5-7 วัน หนอนที่ถูกเบียนตายแล้วลำตัวจะมีสีดำและแข็ง เรียกว่า “มัมมี่” แตนเบียนเมื่อออกจากดักแด้แล้วจะกัดผนัง “มัมมี่” เป็นรู และคลานออกมา จับคู่ผสมพันธุ์ทันทีที่ออกจาก “มัมมี่” ภายหลังผสมพันธุ์ 1-2 ชั่วโมง สามารถเข้าเบียนหนอนแมลงดำหนามมะพร้าวได้ทันที ตัวเต็มวัยของแตนเบียนอายุ 4-7 วัน เมื่อให้น้ำผึ้งเป็นอาหาร ระยะการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะไข่ถึงตัวเต็มวัยประมาณ 17-20 วัน แต่ตัวหนอนวัย 3 และวัย 4 เป็นวัยที่เหมาะสมสำหรับใช้เพาะเลี้ยงแตนเบียนเนื่องจากมีขนาดใหญ่ ทำให้ได้ “มัมมี่” ที่ใหญ่ และเลี้ยงขยายแตนเบียนได้ 23-129 ตัว/มัมมี่

2. แตนเบียนหนอนหัวดำมะพร้าวเพศเมียจะต่อยและทำให้หนอนหัวดำมะพร้าวหยุดเคลื่อนไหว และวางไข่ครั้งละ 1 ฟองบนลำตัวหนอน ไข่จะฟักเป็นตัวหนอน เกาะดูดกิน เจริญเติบโตและถักใยเข้าดักแด้อยู่ภายนอกลำตัวหนอนหัวดำมะพร้าว จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการ พบว่าแตนเบียนหนอนหัวดำมะพร้าวเพศเมียวางไข่ 2-13 ฟอง อัตราการฟักเป็นตัวหนอนร้อยละ 92.28 อัตราการเจริญเติบโตและรอดชีวิตถึงระยะดักแด้ร้อยละ 90.42 และเป็นเต็มวัยร้อยละ 83.88 ระยะเวลาการเจริญเติบโตระยะไข่ 1-2 วัน ระยะหนอน 4-5 วัน ระยะดักแด้ 10-11 วัน ระยะไข่ถึงตัวเต็มวัย 15-19 วัน อัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียประมาณ 5:1 (เพศเมีย 5 ตัว : เพศผู้ 1 ตัว) แตนเบียนเพศเมียจะเริ่มผสมพันธุ์และวางไข่ประมาณ 6-7 วันหลังออกจากดักแด้ และมีอายุนาน 7-40 วัน แตนเบียน 1 ตัววางไข่วันละ 4-18 ฟอง ขึ้นกับขนาดของหนอนที่ใช้เลี้ยง สามารถขยายพันธุ์โดยให้เบียนหนอนหัวดำมะพร้าวได้ 7-8 ตัว จากการทดสอบพฤติกรรมการเบียน พบว่า แตนเบียนหนอนหัวดำมะพร้าวจะต่อยและทำให้หนอนตายครั้งละ 2-3 ตัว แต่จะวางไข่บนตัวหนอนเพียง 1 ตัวเท่านั้น

จากการดำเนินงานเป็นเวลา 1 ปี สามารถตั้งศูนย์เพาะเลี้ยงแตนเบียนแมลงดำหนามมะพร้าวทั้งสองชนิดและแตนเบียนหนอนหัวดำมะพร้าว ได้ 6 ศูนย์ ได้แก่ ศูนย์วิจัยพัฒนาการเกษตรเพชรบุรี ศูนย์วิจัยพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี ศูนย์วิจัยพัฒนาการเกษตรราชบุรี ศูนย์วิจัยพัฒนาการเกษตรชุมพร ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี กลุ่มงานวิจัยการปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช และศูนย์เพาะเลี้ยงเฉพาะแตนเบียนหนอนหัวดำมะพร้าว 1 ศูนย์ คือ ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร ศูนย์เพาะเลี้ยงแตนเบียนแมลงศัตรูมะพร้าวสามชนิดทั้ง 7 ศูนย์ ซึ่งแต่ละศูนย์เรียนรู้และพัฒนาเทคนิคการเลี้ยงเฉพาะที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของตนเอง สามารถผลิตและปล่อยแตนเบียน *A. hispinarum* ได้123,281 มัมมี่ *T. brontispae* 162,347 มัมมี่ และดักแด้ รวมกับตัวเต็มวัย *G. nephantidis* จำนวน 353,084 ตัว (Table 2)

Table 2. No. of *A. hispinarum*, *T. brontispae* and *G. nephantidis* reared by 7 Parasitoid Rearing Units in the project

Parasitoid Rearing Units	*A. hispinarum*	*T. brontispae*	*G. nephantidis*
Chumphon Center of Agricultural Research and Development	24,645	36,841	41,197
Petchburi Center of Agricultural Research and Development	11,155	21,465	73,933
Suphanburi Center of Agricultural Research and Development	8,130	16,470	78,177
Rachburi Center of Agricultural Research and Development	17,942	20,773	28,268
Surat Thani Oil Palm Research Center	43,279	39,100	48,238
Plant Protection Research and Development Office	18,130	27,698	52,900
Chumphon Horticultural Research Center	-	-	30,371
Total	123,281	162,347	353,084

การใช้สารเคมีควบคุมหนอนหัวดำมะพร้าวโดยการเจาะอัดสารเคมีเข้าลำต้น

การใช้สารเคมีฆ่าแมลงแบบฉีดเข้าลำต้นยังเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อม เนื่องจากเป็นวิธีการที่ไม่มีผลกระทบต่อผู้ใช้ ผู้ที่อยู่อาศัยบริเวณใกล้เคียง และสัตว์เลี้ยง ไม่มีผลกระทบโดยตรงต่อศัตรูธรรมชาติเนื่องจากเป็นการใช้สารเฉพาะต้นต่างจากการพ่นสาร แต่อาจจะมีบ้างในกรณีที่ศัตรูธรรมชาติไปกินหรือเบียนหนอนหัวดำที่ได้รับสารเคมีไปแล้ว ผลการดำเนินการที่ผ่านมาสามารถเจาะลำต้นและฉีดสารอิมาเม็กตินเบนโซเอตเข้าในต้นมะพร้าว จำนวน 3,422 ต้น แบ่งเป็นแปลงได้รวม 8 แปลง ในพื้นที่ ตำบลหน้าเมือง 3 แปลง มีต้นมะพร้าวจำนวน 171 ต้น 386 ต้น และ 220 ต้น ตำบลมะเร็ต 1 แปลง จำนวน 1214 ต้น ตำบลบ่อผุด 2 แปลง จำนวน 169 ต้น และ 362 ต้น ตำบลแม่น้ำ 2 แปลง จำนวน 200 ต้น และ 700 ต้น ซึ่งผลการสำรวจการฟื้นตัวของต้นมะพร้าวภายหลังการเจาะอัดสารฆ่าแมลง พบว่า ยอดมะพร้าวที่ขึ้นใหม่เริ่มมีใบยอดที่เขียวขึ้น และจากการนำตัวอย่างผลมะพร้าวแก่มาวิเคราะห์สารตกค้าง พบว่า ไม่พบสารอิมาเม็กตินเบนโซเอตตกค้างในทุกตัวอย่างที่สุ่มเก็บมาวิเคราะห์ สอดคล้องกับผลงานวิจัยที่กรมวิชาการเกษตรทำการทดสอบประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมะพร้าวโดยวิธีเจาะลำต้นมะพร้าวและฉีดอัดสารเคมีฆ่าแมลงอิมาเมคติน

เบนโซเอต ที่ทดลองกับมะพร้าวที่มีความสูงเฉลี่ย 12 เมตร และ 18 เมตร พบว่า การใช้สารอิมาเม็กตินเบนโซเอต 1.92% EC อัตรา 30 และ 50 มล./ต้น มีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมะพร้าวได้ประมาณ 3 เดือน ผลการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างอิมาเม็กตินเบนโซเอตในตัวอย่างเนื้อและน้ำมะพร้าว ภายหลังการทดลองใช้สารทั้งสองชนิดนี้ เป็นเวลา 3, 6, 10, 15, 30, 60 และ 90 วัน ไม่พบสารพิษตกค้างทั้งเนื้อและน้ำมะพร้าว ยกเว้นตัวอย่างน้ำมะพร้าวในต้นที่ต่ำที่สุดในการทดลอง (8.6 เมตร) เพียงตัวอย่างเดียวและพบน้อยมากเท่ากับ 0.0017 มล./ลิตรซึ่งเป็นค่าที่ปลอดภัย ดังนั้นสามารถแนะนำสารอิมาเม็กตินเบนโซเอตป้องกันกำจัดหนอนหัวดำมะพร้าวด้วยวิธีฉีดอัดเข้าต้นโดยใช้อัตรา 30 มล./ต้น ซึ่งเป็นอัตราที่เหมาะสม และมีความคุ้มค่า โดยแนะนำเฉพาะมะพร้าวที่มีความสูงมากกว่า 12 เมตร ขึ้นไป ห้ามใช้กับมะพร้าวน้ำหอมและมะพร้าวกะทิ เนื่องจากผลวิจัยนี้ยังไม่ครอบคลุมถึง

การใช้เชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae* ควบคุมด้วงแรด

คัดเลือกแปลงดำเนินการที่เกษตรกรเจ้าของแปลงอนุญาตให้ดำเนินการได้จำนวนทั้งหมด 29 ราย 52 กองล่อ จัดทำกองล่อ สุ่มตรวจนับจำนวนตัวหนอนทั้งหมด ทั้งที่ติดเชื้อและไม่ติดเชื้อทุกเดือน พบว่า หลังการจัดทำกับดักกองล่อ 90 วัน ในกองที่มีหนอนด้วงแรดเกิดขึ้นกองล่อจะยุบตัวลงมาอย่างเห็นได้ชัด คงเหลือวัสดุภายในกองประมาณ 1 ใน 3 ของวัสดุที่ใส่เริ่มต้น และจากการตรวจนับหนอนด้วงแรดที่ติดเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมระหว่างเดือนมิถุนายน – เดือนสิงหาคม 2556 พบว่า หลังใส่ราเขียวเมตาไรเซียมในเดือนที่ 1 พบการติดเชื้อของหนอนด้วงแรดค่อนข้างน้อย โดยพบเพียง 9 กอง (17.31%) ในเดือนที่ 2 เริ่มพบหนอนด้วงแรดติดเชื้อมากขึ้น 51 กอง (98.08%) การติดเชื้อราเขียวใน 2 เดือนแรกยังพบไม่เกิน 50% ส่วนในเดือนที่ 3 พบหนอนด้วงแรดติดเชื้อราเขียวมากที่สุด โดยพบติดเชื้อ 100% จำนวน 38 กอง ที่เหลืออีก 14 กอง พบการติดเชื้อราเขียวอยู่ระหว่าง 82.14 – 98.88% โดยในจำนวนนี้พบว่าหนอนที่ไม่ติดเชื้อเป็นหนอนที่เข้ามาใหม่ในกองล่อช่วงเดือนสิงหาคม

การใช้กับดักฟีโรโมนควบคุมด้วงแรด

ดำเนินการติดตั้งกับดักฟีโรโมนด้วงแรดมะพร้าว จำนวน 205 กับดัก เก็บข้อมูลทุกๆ เดือน ตั้งแต่เดือนมีนาคม – ตุลาคม 2556 ติดต่อกัน 8 เดือน พบจำนวนตัวเต็มวัยด้วงแรดมะพร้าวที่ได้รวม 6,922 ตัว ดังนี้

- ตำบลบ่อผุด 65 กับดัก ติดตั้งกับดักช่วงวันที่ 26 ก.พ.-1 มี.ค. 56 ดักจับตัวเต็มวัยด้วงแรดได้รวม 1,801 ตัว แบ่งเป็นเพศผู้ 702 ตัว เพศเมีย 1,099 ตัว คิดเป็นอัตราส่วนเพศผู้ : เพศเมีย คือ 1 : 1.6
- ตำบลแม่น้ำ 18 กับดัก ติดตั้งกับดักช่วงวันที่ 25 – 29 มี.ค. 56 ดักจับตัวเต็มวัยด้วงแรดได้รวม 1,609 ตัว แบ่งเป็นเพศผู้ 718 ตัว เพศเมีย 891 ตัว คิดเป็นอัตราส่วนเพศผู้ : เพศเมีย คือ 1 : 1.2
- ตำบลมะเร็ต 22 กับดัก ติดตั้งในช่วงวันที่25 – 19 มี.ค. 56 ดักจับตัวเต็มวัยด้วงแรดได้รวม 578 ตัว แบ่งเป็น เพศผู้ 206 ตัว เพศเมีย 372 ตัว คิดเป็นอัตราส่วนเพศผู้ : เพศเมีย คือ 1 : 1.8
- ตำบลหน้าเมือง 46 กับดัก ติดตั้งในช่วงวันที่ 28 ก.พ.-26 มี.ค. 56 ดักจับตัวเต็มวัยด้วงแรดได้รวม 1,579 ตัว แบ่งเป็นเพศผู้ 799 ตัว เพศเมีย 780 ตัว คิดเป็นอัตราส่วนเพศผู้ : เพศเมีย คือ1 : 1

- ตำบลลิปะน้อย 29 กับดัก ติดตั้งในช่วงวันที่ 28 ก.พ. - 26 มี.ค. 56ดักจับตัวเต็มวัยด้วงแรดได้รวม 672 ตัว เพศผู้ 303 ตัว เพศเมีย 369 ตัว คิดเป็นอัตราส่วนเพศผู้ : เพศเมีย คือ 1 : 1.2

- ตำบลตลิ่งงาม 21 กับดัก ติดตั้งในช่วงวันที่ 28 ก.พ. - 26 มี.ค. 56ดักจับตัวเต็มวัยด้วงแรดได้รวม 570 ตัว แบ่งเป็น เพศผู้ 271 ตัว เพศเมีย 299 ตัว คิดเป็นอัตราส่วนเพศผู้ : เพศเมีย คือ 1 : 1.1

- ตำบลอ่างทอง 4 กับดัก ติดตั้งในช่วงวันที่ 28 ก.พ. - 26 มี.ค. 56 ดักจับตัวเต็มวัยด้วงแรดได้รวม 113 ตัว แบ่งเป็นเพศผู้จำนวน 49 ตัว เพศเมีย 64 ตัว คิดเป็นอัตราส่วนเพศผู้ : เพศเมีย คือ1 : 1.3

การสำรวจประเมินผลการดำเนินงาน

การประเมินความสำเร็จของโครงการในช่วง 1 ปีที่ผ่านมาเปรียบเทียบกับการสำรวจครั้งแรก พบว่า พื้นที่ที่ไม่ถูกทำลายด้วยหนอนหัวดำลดลงจาก 21,932 เป็น 17,629 ไร่ เนื่องจากมีการทำลายในระดับต่ำ ๆ (Table 3) ส่วนพื้นที่ที่ถูกทำลายด้วยหนอนหัวดำรุนแรงลดลงจาก 5,813 เป็น 1,771 ไร่ โดยลดความรุนแรงลงแต่ยังมีใบใหม่ที่ไม่ถูกทำลายขึ้นมาทดแทนยังไม่ถึง 13 ใบ ส่วนแมลงดำหนามมะพร้าว พบในทุกพื้นที่แต่มีความรุนแรงต่างกันไปส่วนใหญ่อยู่ในระดับน้อยถึงปานกลาง พบว่าพื้นที่ที่ไม่ถูกทำลายด้วยแมลงดำหนามเพิ่มขึ้นเป็น 2,374 ไร่ จากแปลงที่เคยถูกทำลายในระดับน้อยและปานกลาง (Table 4) ส่วนพื้นที่ที่ถูกทำลายด้วยแมลงดำหนามรุนแรงลดลงจาก 5,359 เป็น 572 ไร่ โดยลดความรุนแรงลงในแทบทุกพื้นที่ (Figure 1) เปอร์เซ็นต์ใบแรกที่ถูกทำลายก็ลงลง สำหรับด้วงแรดและด้วงงวงประเมินจากใบที่ขาดเป็นสามเหลี่ยม และยอดที่หักใหม่ พบว่าการระบาดยังไม่ลดลง พบการทำลายของด้วงแรดทั่วเกาะ มะพร้าวที่ถูกด้วงงวงทำลายจะถูกโค่น แต่กว่าที่จะแสดงอาการยอดหักให้เห็นมะพร้าวต้นนั้นก็ถูกทำลายแล้ว ผลการดำเนินการโดยรวมแมลงทั้ง 4 ชนิดมีการทำลายลดลงทั้งพื้นที่และระดับความรุนแรง

Table 3. Infestation levels change of black-headed caterpillar in Koh Samui, between October 2012 and October 2013(rais)

October 2012 infestation levels	October 2013 infestation levels				
	No infestation	Level 1	Level 2	Level 3	Total
No infestation	13,028	8,779	105	20	21,932
Level 1	4,492	25,402	1,612	111	31,617
Level 2	109	4,907	3,844	294	9,154
Level 3	-	393	4,074	1,346	5,813
total	17,629	39,481	9,635	1,771	68,516

Table 4. Infestation levels change of coconut hispine beetle in Koh Samui, between October 2012 and October 2013(rais)

October 2012 infestation levels	October 2013 infestation levels				
	No infestation	Level 1	Level 2	Level 3	Total
No infestation	0	0	0	0	0
Level 1	1,121	8,876	992	-	10,989
Level 2	1253	21,145	29,414	355	52,167
Level 3	0	1,231	3,911	217	5,359
total	2374	31,252	34,319	572	68,515

การประชาสัมพันธ์ ฝึกอบรม และเผยแพร่ผลงาน

ดำเนินการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ เพื่อชี้แจงและให้ข้อมูลรวมทั้งขอความร่วมมือจากผู้ประกอบการโรงแรม ผู้ประกอบการท่องเที่ยว และเกษตรกร 3 ครั้ง และจัดทำเอกสารเผยแพร่ เพื่อใช้ในกิจกรรมของโครงการ สรุปได้ดังนี้

1) วันที่ 15 มกราคม 2556 จัดการอบรมเรื่อง การจัดการแมลงศัตรูมะพร้าวในเกาะสมุย เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีและการปฏิบัติในการจัดการแมลงศัตรูมะพร้าวแบบผสมผสานไปใช้ในระดับพื้นที่อำเภอเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายกับนักวิชาการของกรมวิชาการเกษตร ในการแก้ไขปัญหาการจัดการแมลงศัตรูมะพร้าวแบบผสมผสาน ผู้เข้ารับการอบรมประกอบด้วย ผู้ประกอบการโรงแรม 66 คน นักวิชาการ และ เจ้าหน้าที่รัฐ 54 คน

2) วันที่ 16 มกราคม 2556 จัดการอบรมเรื่อง การจัดการแมลงศัตรูมะพร้าวในอำเภอเกาะสมุย เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้การจัดการแมลงศัตรูมะพร้าวให้แก่ เกษตรกร 62 คน นักวิชาการ และ เจ้าหน้าที่รัฐ 38 คน

3) 14 มีนาคม 2556 จัดการอบรมเรื่อง การเพาะเลี้ยงและการใช้ประโยชน์แตนเบียนหนอนหัวดำมะพร้าว *G. nephantidis* ให้ เกษตรกร 50 คน และ เจ้าหน้าที่รัฐ 40 คน จาก สอพ. สวพ.7 สำนักงานเกษตรอำเภอเกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี และ เทศบาลนครเกาะสมุย

4) 24 เมษายน 2556 จัดการอบรมเรื่องการเพาะเลี้ยงและการใช้แตนเบียน *G. nephantidis* ควบคุมหนอนหัวดำมะพร้าว ให้แก่ นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร และนักวิชาการเกษตร จำนวน 41 คน

5) การจัดทำเอกสารเผยแพร่ โครงการได้จัดทำเอกสารเผยแพร่ 2 เรื่อง คือ การจัดการแมลงศัตรูมะพร้าวในเกาะสมุย และการเพาะเลี้ยงและใช้ประโยชน์จากแตนเบียนโกนิโอซัส นีแฟนติดีส (*Goniozus . nephantidis*)

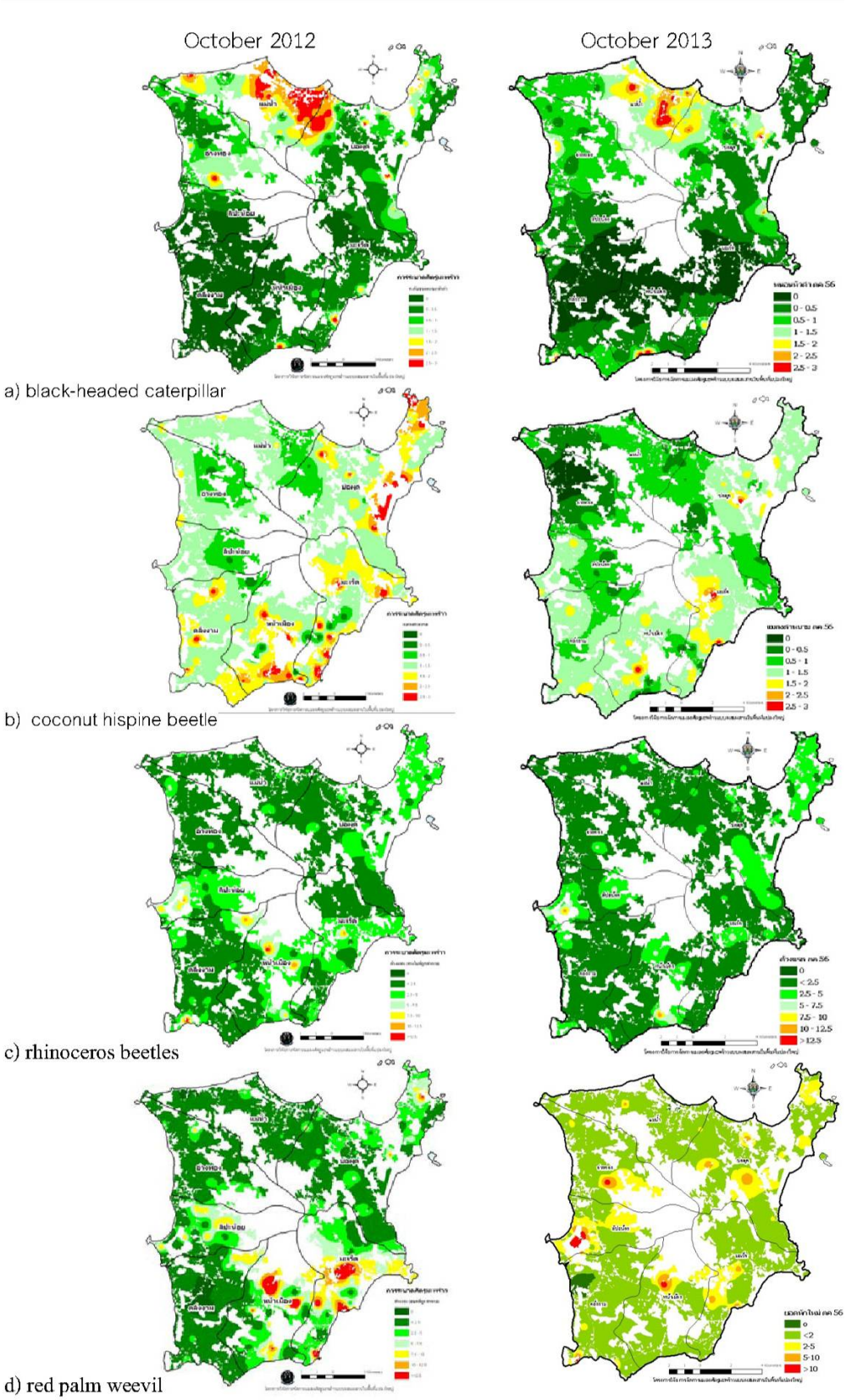


Figure 1. Infestation levels change of coconut pest in Koh Samui, between October 2012 and October 2013

สรุปผลการทดลอง

การจัดการแมลงศัตรูมะพร้าวโดยใช้พื้นฐานงานวิจัยป้องกันกำจัดแมลงศัตรูมะพร้าวของกรมวิชาการเกษตรที่มีการศึกษาทดลองเพื่อควบคุมแมลงศัตรูมะพร้าว 4 ชนิด มาปรับให้เหมาะสมในการพัฒนาให้สามารถนำไปใช้ในพื้นที่แปลงใหญ่ ที่เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี สรุปได้ ดังนี้

(1) ได้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการจัดการแมลงศัตรูมะพร้าวแบบผสมผสานที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาแมลงศัตรูมะพร้าวในพื้นที่เกาะสมุย

(2) จัดตั้งศูนย์เพาะเลี้ยงแตนเบียนหนอนแมลงดำหนามมะพร้าว *A. hispinarum* แตนเบียน *T. brontispae* และแตนเบียนหนอนหัวดำมะพร้าว 6 ศูนย์ ศูนย์เพาะเลี้ยงเฉพาะแตนเบียนหนอนหัวดำมะพร้าว *G. nephantidis* 1 ศูนย์ และสามารถเพาะเลี้ยงและปล่อยแตนเบียนหนอนแมลงดำหนามมะพร้าว *A. hispinarum* จำนวน 123,281 มัมมี่ แตนเบียนดักแด้แมลงดำหนามมะพร้าว *T. brontispae* จำนวน 162,347 มัมมี่ แตนเบียนหนอนหัวดำมะพร้าว *G. nephantidis* จำนวน 353,084 ตัว

(3) ทำการเจาะและฉีดอัดสารฆ่าแมลงอิมาเมกตินเบนโซเอตเข้าลำต้นมะพร้าว 3,422 ต้น 8 แปลง เพื่อเป็นแปลงสาธิตการควบคุมหนอนหัวดำมะพร้าวโดยใช้สารเคมีที่เหมาะสมของโครงการ

(4) จัดทำกองล่อที่ใช้เชื้อราเขียว *M. anisopliae* ควบคุมหนอนด้วงแรดมะพร้าวจำนวน 52 กอง

(5) ดำเนินการติดตั้งกับดักฟีโรโมนจำนวน 200 กับดัก เพื่อสาธิตการใช้ฟีโรโมนควบคุมด้วงแรดมะพร้าว

(6) จัดการอบรมเกษตรกร ผู้ประกอบการท่องเที่ยว เจ้าหน้าที่จากโรงแรม เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรและเจ้าหน้าที่จากเทศบาลนครเกาะสมุยในเรื่องการจัดการแมลงศัตรูมะพร้าวแบบผสมผสาน 3 ครั้ง เรื่องการเพาะเลี้ยงแตนเบียนหนอนหัวดำมะพร้าว 2 ครั้ง เรื่องการทำปุ๋ยหมักแบบเติมอากาศจากขยะอินทรีย์และมูลช้าง 2 ครั้ง รวมทั้งจัดทำเอกสารเผยแพร่ผลงาน 2 เรื่อง

การประเมินผลสำเร็จของโครงการ 1 ปี พบพื้นที่ที่ไม่ถูกทำลายด้วยหนอนหัวดำลดลงจาก 21,932 เป็น 17,629 ไร่ เนื่องจากมีการทำลายในระดับต่ำ ๆ ส่วนพื้นที่ที่ถูกทำลายด้วยหนอนหัวดำรุนแรงลดลงจาก 5,813 เป็น 1,771 ไร่ โดยลดความรุนแรงลงแต่ยังมีใบใหม่ที่ไม่ถูกทำลายขึ้นมาทดแทนยังไม่ถึง 13 ใบ ส่วนแมลงดำหนามมะพร้าว พบในทุกพื้นที่แต่มีความรุนแรงต่างกันไปส่วนใหญ่อยู่ในระดับน้อยถึงปานกลาง พื้นที่ที่ถูกทำลายด้วยแมลงดำหนามรุนแรงลดลงจาก 5,359 เป็น 752ไร่ โดยลดความรุนแรงลงในแทบทุกพื้นที่ สำหรับด้วงแรดและด้วงงวงการระบาดยังไม่ลดลง พบการทำลายของด้วงแรดทั่วเกาะ มะพร้าวที่ถูกด้วงงวงทำลายจะถูกโค่น แต่กว่าที่จะแสดงอาการยอดหักให้เห็นมะพร้าวต้นนั้นก็ถูกทำลายแล้ว

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณกองทุนสนับสนุนการวิจัยด้านการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ที่สนับสนุนงบประมาณ ขอขอบคุณเกษตรกรเจ้าของแปลงทุกท่านในการอนุเคราะห์คณะวิจัยในการสำรวจ จัดทำกับดักกองล่อช่วยดูแลไม่ให้สูญหาย เจ้าหน้าที่ของศวพ.เพชรบุรี ศวส.ชุมพร ศวพ.ชุมพร ศวพ.สุพรรณบุรี ศวพ.ราชบุรี ศวป.สุราษฎร์ธานี สวพ. 7 สถาบันวิจัยพืชสวน ศูนย์สารสนเทศ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืชในการสนับสนุนการทำงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

โกวิทย์ พงษ์แสวง. 2543. ด้วงแรดมะพร้าวและการป้องกันกำจัด. เอกสารเผยแพร่ (แผ่นพับ) กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร.

จรัสศรี วงศ์กาแหง. 2551. การระบาดและการดาเนินงานป้องกันและกาจัดแมลงดำหนามมะพร้าวในภาคใต้ตอนล่าง. หน้า 33 - 65. *ใน* รายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่อง “การป้องกันและกำจัดแมลงดำหนามศัตรูมะพร้าวและมาตรการเฝ้าระวัง”

ทวีศักดิ์ ชโยภาส. 2544. แมลงศัตรูปาล์มน้ำมันในประเทศไทย. เอกสารวิชาการ กลุ่มงานวิจัยพืชสวนอุตสาหกรรม กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 97 - 104.

รจนา ไวยเจริญ. 2554. แตนเบียนดักแด้แมลงดำหนามมะพร้าว. เอกสารเผยแพร่ (แผ่นพับ) สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. กรมวิชาการเกษตร.

เสาวนิตย์ โพธิ์พูนศักดิ์ อิศเรส เทียนทัด วิไลวรรณ เวชยันต์ และยุทธนา แสงโชติ. 2554. ศึกษาอัตราการใช้เชื้อราเขียว *M. anisopliae* (Metsch) Sorokin ในการควบคุมหนอนด้วงแรดมะพร้าว. หน้า 2104-2113. *ใน*: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2554 เล่มที่ 4. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

อัมพร วิโนทัย ประภัสสร เชยคำแหง รจนา ไวยเจริญ รุจ มรกต และ เฉลิม สินธุเสก. 2551. วิจัยพัฒนาการผลิตขยายและการจ้างเอกชนผลิตแตนเบียน *Asecodes hispinarum* เพื่อควบคุมแมลงดำหนามมะพร้าว *Brontispa longissima* โดยชีววิธี. หน้า 7 - 19. *ใน : การสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่องการป้องกันและกำจัดแมลงดำหนามศัตรูมะพร้าวและมาตรการเฝ้าระวัง*. 28 - 29 มกราคม 2551 ณ โรงแรมชลจันทร์ พัทยา รีสอร์ท จ.ชลบุรี.

อัมพร วิโนทัย. 2555. รายงานความก้าวหน้าโครงการ การนำเข้าแตนเบียนหนอนหัวดำ *Goniozus nephantidis* เพื่อทดสอบความปลอดภัยและใช้ควบคุมหนอนหัวดำมะพร้าว. 13 หน้า.

อัมพร วิโนทัย สุเทพ สหายา เสาวนิตย์ โพธิ์พูนศักดิ์ ภัสชญภณ หมื่นแจ้ง ยิ่งนิยม ริยาพันธ์ ปิยนุช นาคะและวีรา คล้ายพุก. 2556ก. เอกสารประกอบการอบรมเรื่อง การจัดการแมลงศัตรูมะพร้าวที่เกาะสมุย. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. 36 หน้า.

อัมพร วิโนทัย พัชรีวรรณ มณีสาครและสุวัฒน์ พูลพาน. 2556ข. การเพาะเลี้ยงและใช้ประโยชน์จากแตนเบียนหนอนหัวดำมะพร้าว โกนิโอซัส นีแฟนติดีส (*Goniozus nephantidis*). สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. 14 หน้า.

การพัฒนาการใช้เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมเพื่อป้องกันกำจัดด้วงแรด ศัตรูมะพร้าว และปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน

Efficiency of *Metarhizium anisopliae* to Control Rhinoceros Beetle in Coconut and Oil Palm under Upper South Environmental Conditions

ไพบูรณ์ เปรียบยิ่ง [1] จินตนาพร โคตรสมบัติ [1] อุดมพร เสือมาก [1] สุรกิตติ ศรีกุล [1]
ธีรชาต วิชิตชลชัย [1] เสาวนิตย์ โพธิ์พูนศักดิ์ [2] อัมพร วิโณทัย [2] วลัยพร ศศิประภา [3]
Phaibun Priapying [1] Jintanaporn Kodsombat [1] Udomporn Saeamak [1] Surakitti Srikul [1]
Theerachart Vichitcholachai [1] Saowanit Popoonsak [2] Amporn Winothai [2] Walaiporn Sasiprapa [3]

ABSTRACT

Rhinoceros beetle (*Oryctes rhinoceros* L.) and Red weevil (*Rhynchophorus ferrugineus* Olivier) aremajor serious insect pests of coconut and oil palm. The beetle Infest by boring young shoots and leaves. Then red weevil infests continuity in a way complementary. As a result, coconut and oil palm die and has a tendency to be outbreak.

Office of Agricultural Research and Development Region 7 has used a *M. anisopliae* strain of Department of Agriculture (DOA) which has been developed by the Plant Protection Research and Development Office as a bio control agent. Further develop research is to deploy solution to the outbreak of rhinoceros beetle and red weevil of coconut and oil palm plantations in the upper South. The project has been undertaken in2011to study the type of material used to make the trap of the beetle egg laying. The materials consist of 4 types ie. manure, compost, oil palm empty fruit bunch and coconut husk. The experiment has been done in the farmer coconut plantation in PrachuapKhiri Khan. The result found that beetles prefer to lay eggs in the manure. And also found that a *M. anisopliae* strain of DOA can destroy the worm of beetles up to 100 percent in the last 15 - 60 days after the application of *M. anisopliae*.

Then in the year 2012,study the optimum rate of *M. anisopliae* to apply for infection of worms in the trap under natural conditions in coconut plantation at Koh Samui, Surat Thani. The investigation found that treating *M. anisopliae* rate of 200, 400 and 600 grams per cubic meter in the trap size 2x2x0.5 meters (2 cubic meters) can destroy Rhinoceros beetle worm 100 percent

[1] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 จังหวัดสุราษฎร์ธานีกรมวิชาการเกษตร (Office of Research and Development Region 7, Surat Thani)

[2] สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร (Plant Protection Research and Development Office)

[3] ศูนย์สารสนเทศ กรมวิชาการเกษตร (Information Technology Center)

within a period of 120 days after infection. In the year 2013, the project continues to expand the area in which an outbreak of beetles and weevil severely under natural conditions in Koh Samui Surat Thani total of 1,000 rai. The work has been done by making the trap of the beetle egg layingof 52 trapsspread across an area where there were outbreaks. The results found that150 days after treating *M. anisopliae*can destroy worm beetles with 100 percent of the 38 traps another 14 traps the worm beetles infected ranged from 82.14 to 98.88 percent. From the damage survey of beetles, the result showed that the comparison between October 2012 (before the project) and September 2013 found that the damage from beetles have destroyed severity decreased by about 50 percent. Because of the use of *M. anisopliae*can control a population of beetles.

The *M. anisopliae* strain of the DOA can control the outbreak of the rhinoceros beetle in coconut trees efficiently, and a method of protection is environmentally friendly.

Key words: Rhinoceros beetle, Red weevil, *Metarhizium anisopliae*, Bio control agent, Coconut, Oil Palm

บทคัดย่อ

ด้วงแรด (*Oryctes rhinoceros* L.) และด้วงงวง (*Rhynchophorus ferrugineus* Olivier) เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญของมะพร้าวและปาล์มน้ำมัน ด้วงแรดเข้าทำลายโดยการเจาะกัดกินยอดอ่อนและใบอ่อน เป็นช่องทางให้ด้วงงวงเข้าทำลายต่อเนื่องตามมาในลักษณะเกื้อกูลกัน ส่งผลให้มะพร้าวและปาล์มน้ำมันตายในที่สุดและมีแนวโน้มที่จะระบาดอย่างรุนแรง

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 จึงได้นำเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมสายพันธุ์กรมวิชาการเกษตร ที่พัฒนาโดยสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืชมาพัฒนาต่อยอดงานวิจัยเพื่อปรับใช้แก้ปัญหาการระบาดของด้วงแรดและด้วงงวงให้กับเกษตรกรผู้ปลูกมะพร้าวและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน โดยในปี พ.ศ. 2554 ได้ศึกษาชนิดของวัสดุที่นำมาทำเป็นกองล่อ 4 ชนิด คือ มูลสัตว์ปุ๋ยหมัก ทะลายเปล่าปาล์มน้ำมันและขุยมะพร้าว ในพื้นที่สวนมะพร้าวของเกษตรกรจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่า ด้วงแรดชอบวางไข่ในกองมูลสัตว์มากที่สุด โดยตรวจนับตัวหนอนหลังจากทำกองล่อ 45 วัน ได้เฉลี่ย 61.2ตัว/กองล่อ อีกทั้งพบว่า เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมสายพันธุ์ของกรมวิชาการเกษตร สามารถเข้าทำลายตัวหนอนของด้วงแรดได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ในช่วง 15 - 60 วันหลังจากการคลุกเชื้อ จากนั้นในปีพ.ศ. 2555 ได้ศึกษาอัตราเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดหนอนด้วงแรดในกองมูลสัตว์ภายใต้สภาพธรรมชาติ ที่สวนมะพร้าวอำเภอเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่า การใส่เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมอัตรา 200 400 และ 600 กรัม/ลูกบาศก์เมตร ในกองล่อขนาด 200x200x50 เซนติเมตร (2 ลูกบาศก์เมตร) ทุกอัตราสามารถทำลายหนอนด้วงแรดได้ 100 เปอร์เซ็นต์ภายในระยะเวลา 120 วัน หลังจากการคลุกเชื้อและในปี พ.ศ. 2556 ดำเนินการขยายผล

ในพื้นที่ที่มีการระบาดของด้วงแรดและด้วงงวงอย่างรุนแรงภายใต้สภาพธรรมชาติ ที่อำเภอเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานีจำนวน 1,000 ไร่ โดยการจัดทำกองล่อกระจายทั่วพื้นที่ที่มีการระบาดอย่างรุนแรงจำนวน 52 กองล่อ พบว่า หลังใส่เชื้อราเขียวเมตาไรเซียม 150 วัน มีหนอนด้วงแรดติดเชื้อ 100 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 38 กองล่อ และอีกจำนวน 14 กองล่อ พบว่า หนอนด้วงแรดติดเชื้ออยู่ระหว่าง 82.14 – 98.88 เปอร์เซ็นต์ ผลการสำรวจความเสียหายจากระดับการทำลายของด้วงแรดเปรียบเทียบในเดือนตุลาคม 2555 (ก่อนเริ่มโครงการ) กับ เดือนกันยายน 2556 พบว่า ความเสียหายจากการทำลายของด้วงแรดมีระดับความรุนแรงลดลงมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลจากการใช้เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมควบคุมประชากรของด้วงแรดซึ่งเป็นการตัดวงจรการทำลายของด้วงแรดและด้วงงวง

จากการนำเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดด้วงแรดโดยใช้เชื้อราเขียวเมตาไรเซียม เป็นการพัฒนาต่อยอดผลงานวิจัยนำมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ และพบว่าเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมสายพันธุ์ของกรมวิชาการเกษตรสามารถควบคุมการระบาดของด้วงแรดในพื้นที่สวนมะพร้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นวิธีป้องกันกำจัดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ:ด้วงแรด, ด้วงงวง, เมตาไรเซียม, ชีวภัณฑ์, มะพร้าว, ปาล์มน้ำมัน

คำนำ

ด้วงแรด (*Oryctes rhinoceros* L.) เป็นศัตรูที่สำคัญของมะพร้าวและปาล์มน้ำมัน ซึ่งมักจะระบาดทำความเสียหายเป็นพื้นที่กว้างในหลายเขตที่ปลูกมะพร้าว และ ปาล์มน้ำมัน ในปาล์มน้ำมันเริ่มมีความสำคัญมาก เพราะเริ่มมีการโค่นล้มต้นปาล์มอายุมากและปลูกทดแทนใหม่ ทำให้มีแหล่งขยายพันธุ์ของด้วงแรดมากขึ้น ประชากรของด้วงแรดจึงเพิ่มมากขึ้น และเข้าทำลาย ตั้งแต่ต้นปาล์มน้ำมันขนาดเล็กจนถึงต้นปาล์มน้ำมันให้ผลผลิต สำหรับต้นปาล์มน้ำมันขนาดเล็กมีโอกาสทำให้ต้นผิดปกติและตายมากที่สุด ด้วงแรดตัวเต็มวัยเท่านั้นที่เข้าเจาะทำลายต้นมะพร้าว รอยแผลที่ถูกด้วงแรดกัดจะเป็นช่องทางให้ ด้วงงวง (*Rhydrophorus ferrugeneus)* เข้ามาวางไข่ และเจริญเติบโตในต้นมะพร้าว โดยการดูดกินน้ำเลี้ยงจากยอดอ่อน ทำให้ต้นมะพร้าวหรือปาล์มน้ำมันตายได้ ด้วงแรดจะขยายพันธุ์โดยตัวเต็มวัย (90-180 วัน) เพศผู้และเมียผสมพันธุ์ วางไข่ (10-12 วัน) ในแหล่งขยายพันธุ์ หนอนวัยต่างๆ (80-150 วัน) เจริญเติบโตจนเข้าดักแด้ (23-28 วัน)และเป็นตัวเต็มวัย แหล่งขยายพันธุ์ได้แก่ ซากเน่าเปื่อยของลำต้นหรือตอของต้นมะพร้าว และปาล์มน้ำมันที่ตายแล้ว ซากพืชที่เน่าเปื่อยเช่น ซากทะลายปาล์ม กองมูลสัตว์เก่า กองปุ๋ยคอก กองขุยมะพร้าว กองกากเมล็ดกาแฟ และกองขยะ(ทวีศักดิ์, 2547) ซึ่งแหล่งขยายพันธุ์เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการเพิ่มประชากรของด้วงแรด ทำให้ด้วงแรดมีการแพร่กระจายทั่วไปได้ตลอดปี

เชื้อราเขียวเมตาไรเซียม *(Metarhizium anisopliae)* เป็นจุลินทรีย์ที่นำมาใช้ควบคุมแมลงศัตรูพืชได้หลายชนิดขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของเชื้อราเขียวเมตาไรเซียม เสาวนิตย์ และคณะ (2548) ได้ทำการคัดเลือกและทดสอบประสิทธิภาพเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมในห้องปฏิบัติการ โดยเน้นการควบคุมแมลง

ศัตรูมะพร้าว และปาล์มน้ำมัน ได้แก่ หนอนด้วงแรด ,หนอนแมลงดำหนาม และหนอนหัวดำมะพร้าว จากการดำเนินงานที่ผ่านมาได้เก็บรวบรวมเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมจากแหล่งต่างๆ จำนวน 10 ไอโซเลท และทดสอบประสิทธิภาพเพื่อคัดเลือกไอโซเลทที่มีความเหมาะสม ซึ่งได้ไอโซเลทที่มีประสิทธิภาพดีในการควบคุมด้วงแรดศัตรูมะพร้าว และปาล์มน้ำมัน โดยโคนิเดียของเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมที่ติดกับผนังลำตัวหนอนด้วงแรด เมื่อได้รับความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมจะกระตุ้นให้เกิดการงอกและแทงทะลุผ่านชั้นผนังลำตัวเข้าสู่ภายใน เส้นใยเชื้อราเจริญเติบโตโดยการดูดซึมและใช้อาหารภายในตัวหนอน ในขณะเดียวกันเส้นใยบางส่วนอาจทำลายเนื้อเยื่อหรืออวัยวะภายในของหนอนให้ได้รับความเสียหาย จากนั้นจะเจริญเติบโตและแพร่กระจายจนเต็มตัวเหยื่อ ตัวหนอนที่ตายจะแข็งและแห้ง (เสาวนิตย์, 2553)

พื้นที่ภาคใต้ตอนบน พบการระบาดของด้วงแรดควบคู่กับด้วงงวงในสวนมะพร้าว และสวนปาล์มน้ำมันอย่างรุนแรงเป็นปัญหาสำคัญ และเร่งด่วนของเกษตรกรเนื่องจากแมลงศัตรูทั้งสองชนิดเข้าทำลายมะพร้าว และปาล์มน้ำมัน ร่วมกันโดยด้วงแรดเป็น primary pest ในการเจาะยอดอ่อนมะพร้าวให้มีบาดแผล จากนั้น ด้วงงวงเข้าทำลายโดยการวางไข่และดูดกินน้ำเลี้ยงของมะพร้าว ส่งผลให้ต้นมะพร้าวตายในที่สุด (ทวีศักดิ์, 2547) สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 จึงรวบรวมเทคโนโลยีในการป้องกันกำจัดด้วงแรด และด้วงงวง โดยใช้เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมสายพันธุ์กรมวิชาการเกษตรที่วิจัยและพัฒนาโดยสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช มาทดสอบ พัฒนาต่อยอดงานวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. ศึกษาวัสดุที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นกองล่อให้ด้วงแรดมาวางไข่ และศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมในการกำจัดหนอนด้วงแรด
2. ศึกษาอัตราเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดหนอนด้วงแรดในกองมูลสัตว์ในสภาพธรรมชาติ
3. ขยายผลแก้ไขปัญหาในการป้องกันกำจัดด้วงแรดที่มีการระบาดในแปลงเกษตรกร

การนำเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดด้วงแรดโดยใช้เชื้อราเขียวเมตาไรเซียม เป็นการพัฒนาต่อยอดผลงานวิจัยนำมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ โดยมีเป้าหมายในการควบคุมการระบาดของด้วงแรดในพื้นที่สวนมะพร้าวและปาล์มน้ำมันได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นวิธีป้องกันกำจัดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมให้กับเกษตรกรผู้ปลูกมะพร้าวและปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน

ในการพัฒนาการใช้เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมเพื่อป้องกันกำจัดด้วงแรดศัตรูมะพร้าว และปาล์มน้ำมัน ในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน นี้ ได้ดำเนินการเป็นรายกิจกรรม จำนวน 3 กิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 การศึกษาชนิดของวัสดุที่นำมาทำเป็นกองล่อ และ ศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมในการกำจัดหนอนด้วงแรด

อุปกรณ์

1. เชื้อราเขียวเมตาไรเซียม *M. anisopliae* (Metsch) Sorokin (ไอโซเลทของสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช)

2. ข้าวโพดบดหยาบ

3. Potato Dextrose Broth (PDB)

4. ตู้เขี่ยเชื้อ

5. หม้อนึ่งความดัน (Autoclave)

6. ถังซีเมนต์ เส้นผ่าศูนย์กลาง 100 เซนติเมตรสูง 50 เซนติเมตร

7. วัสดุสำหรับใช้ทำกองล่อ คือปุ๋ยหมัก มูลวัว ขุยมะพร้าว และ ทะลายเปล่าปาล์มน้ำมัน

วิธีการ

ดำเนินการ 12 เดือน ในระหว่างเดือน ตุลาคม 2553 ถึง กันยายน 2554 ที่สวนมะพร้าวของเกษตรกร จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 5 ซ้ำ 4 กรรมวิธี คือ 1. มูลวัว 2. ปุ๋ยหมัก 3. ทะลายเปล่าปาล์มน้ำมัน และ 4. ขุยมะพร้าว

การดำเนินการ

1. สำรวจและคัดเลือกแปลงมะพร้าว และปาล์มน้ำมัน ที่มีการระบาดของด้วงแรด

2. เตรียมทำกองล่อโดยใช้ มูลวัว ปุ๋ยหมัก ทะลายเปล่าปาล์มน้ำมัน และขุยมะพร้าว ลงหมักในบ่อซีเมนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 เซนติเมตรสูง 50 เซนติเมตร ชนิดละ 10 บ่อ สุ่มวางบ่อวัสดุตามกรรมวิธีซ้ำละ 2 บ่อ/กรรมวิธี จำนวนรวม 40 บ่อ หมักไว้ 2 เดือน

3. การเตรียมเชื้อราเขียวเมตาไรเซียม

เตรียมข้าวโพดบดหยาบต่อน้ำในอัตราส่วน 1 : 1 (ข้าวโพดบดหยาบ 200 กรัม : น้ำ 200 มิลลิลิตร) ใส่ถุงพลาสติกทนร้อน ปิดปากถุงด้วยจุกสำลีและหุ้มทับด้วยกระดาษก่อนนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ /ตารางนิ้ว เป็นเวลา 20 นาที ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นแล้วใส่ หัวเชื้อที่เตรียมไว้คลุกให้กระจายทั่วอาหารเลี้ยงไว้ในอุณหภูมิห้องประมาณ 2 สัปดาห์ เชื้อจะสร้างโคนิเดียสีเขียวกระจากเต็มถุงจึงนำราเขียวที่ผลิตได้ไปใช้ควบคุมด้วงแรดมะพร้าว (ทวีศักดิ์ และคณะ, 2552)

4. วิธีการปฏิบัติการทดลอง

- หลังการวางกองล่อ 2 เดือน ทำการตรวจนับจำนวนหนอนของด้วงแรดที่เจริญอยู่ในวัสดุกองล่อ วิเคราะห์ชนิดของกองล่อที่ด้วงแรดชอบวางไข่

- นำเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมที่เตรียมไว้ ใส่ในกองล่อชนิดวัสดุละ 2 บ่อ/กรรมวิธี/ซ้ำโดยคลุกเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมให้ทั่วกองล่อที่วางล่อไว้ในสภาพธรรมชาติ

- จากนั้น 1 เดือนตรวจนับจำนวนหนอนที่เป็นโรคจากเชื้อราเขียวเมตาไรเซียม และอาการความผิดปกติ

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

- วิเคราะห์จำนวนหนอนของด้วงแรดเปรียบเทียบในแต่ละวัสดุกองล่อตามแผนการทดลอง

- วิเคราะห์ประสิทธิภาพของเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมในการกำจัดหนอนด้วงแรด

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ชนิดของวัสดุที่นำมาทำเป็นกองล่อ

หลังวางกองล่อภายใน 30-45 วัน สามารถพบตัวหนอนของด้วงแรดในมูลวัว และพบในทะลายปาล์มเปล่าเล็กน้อย โดยด้วงแรดเข้าวางไข่ในกองมูลวัวหมักทันทีหลังวางกองล่อ เนื่องจากระยะไข่ใช้เวลา 8-12 วัน จึงจะฟักเป็นตัวหนอน (ทวีศักดิ์, 2547) ดังนั้นตัวหนอนที่พบในช่วง 30-45 วันแรก จะมีอายุประมาณ 15-30 วัน (Figure 1)



Figure1. Worms of the rhinoceros beetle found in the trap of the beetle egg lying after put the trap 30-45 days



Figure2. Infection and death of the worm beetles detected in the trap after putting *M. anisopliae* 15-45 days

ส่วนในขุยมะพร้าว และปุ๋ยหมักไม่พบตัวหนอนของด้วงแรดและจากการตรวจสอบจำนวนตัวหนอนในระยะต่อมา พบว่าในมูลวัวมีจำนวนตัวหนอนสูงสุดหลังวางกองในช่วง 30-90 วัน (Table1) จากผลการทดลองนี้ แสดงว่าด้วงแรดชอบ วางไข่ในมูลวัวมากกว่าวัสดุล่อชนิดอื่น รองลงมาคือทะลายปาล์มน้ำมันซึ่งต้องผ่านการย่อยสลายมาแล้วระยะหนึ่งด้วงแรดจึงวางไข่ ดังนั้นเพื่อป้องกันไม่ให้ด้วงแรดแพร่พันธุ์ เกษตรกรที่เลี้ยงสัตว์ร่วมด้วย หรือในคอกปศุสัตว์ใกล้เคียงแหล่งปลูกมะพร้าว หรือปาล์มน้ำมัน และโรงงานปาล์มน้ำมันที่ตั้งใกล้แหล่งปลูกปาล์ม ควรมีการจัดการเพื่อป้องกันการขยายพันธุ์ของด้วงแรด (ทวีศักดิ์, 2547)

Table 1. Average number of worms per the trap at various times after putting the trap

Type of trap	Average number of worms per the trap (number)			
	After 30 days	After 45 days	After 60 days	After 75 days
Cow manure	54.2	61.2	61.2	61.2
Empty Oil Palm Bunch	6	18.8	23.6	26.6
Coconut husk	0	0	0	0
Compost	0	0	0	0

2. ประสิทธิภาพของเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมในวัสดุกองล่อชนิดต่างๆ

จากการตรวจสอบการติดเชื้อ และการตายของตัวหนอนด้วงแรดพบว่า ตัวหนอนติดเชื้อและตายภายใน 15 วันหลังการคลุกเชื้อในกองล่อ (Figure2) แสดงว่าเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมมีประสิทธิภาพทั้งด้านความสามารถในการเจริญในมูลวัว และในทะลายเปล่าปาล์มน้ำมันที่ย่อยสลาย และมีประสิทธิภาพในการเข้าทำลายตัวหนอนได้ดี จากผลการศึกษา พบว่า เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมมีประสิทธิภาพในการเข้าทำลายตัวหนอนด้วงแรดได้ดี ภายใน 15-45 วัน พบว่าสามารถกำจัดตัวหนอนด้วงแรดได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ (Table 2)

Table 2. The average number of death worms of the rhinoceros beetle after applying *M. anisopliae*

Type of trap	Number of the worms			
	Before applying	Day after applying *M. anisopliae* (days)		
		15	30	45
Cow manure	39.8	24.2 (60.80%)	37.8 (94.97%)	39.8 (100%)
Empty Oil Palm Bunch	26	19.8 (76.15%)	19.4 (74.61%)	26 (100%)
Coconut husk	0	-	-	-
Compost	0	-	-	-

สรุปผลการทดลอง

1. วัสดุที่ด้วงแรดชอบวางไข่ เพื่อแพร่พันธุ์ คือ มูลวัว และทะลายปาล์มน้ำมัน

2. เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมมีประสิทธิภาพในการกำจัดหนอนของด้วงแรดได้ดีในช่วง 15-45 วัน โดยเข้าทำลายตัวหนอนของด้วงแรดได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ภายใน 45 วัน หลังจากการใส่เชื้อ

ดังนั้น เพื่อป้องกันไม่ให้ด้วงแรดแพร่พันธุ์ ในแหล่งปลูก การส่งเสริมให้ใส่เชื้อราเมตาไรเซียมในกองมูลปศุสัตว์ของคอกเลี้ยงในแปลงปลูก หรือในคอกปศุสัตว์ใกล้เคียงแหล่งปลูกมะพร้าว หรือปาล์มน้ำมัน และกองทะลายปาล์มที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ตั้งใกล้แหล่งปลูกปาล์ม และมะพร้าว สามารถลดการแพร่พันธุ์ของด้วงแรดได้

กิจกรรมที่ 2 การศึกษาอัตราเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดหนอนด้วงแรดในกองมูลช้างในสภาพธรรมชาติ

อุปกรณ์

1. เชื้อราเขียวเมตาไรเซียม *M. anisopliae* (Metsch) Sorokin (ไอโซเลทของสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช)

2. ข้าวโพดบดหยาบ

3. Potato Dextrose Broth (PDB)

4. ตู้เขี่ยเชื้อ

5. หม้อนึ่งความดัน (Autoclave)

6. ท่อนต้นมะพร้าว ขนาดความยาว 200 เซนติเมตร จำนวน 4 ท่อน/กอง

7. วัสดุสำหรับใช้ทำกองล่อ คือ มูลช้าง

วิธีการ ดำเนินการ 15 เดือน ในระหว่างเดือน ตุลาคม 2554 ถึง ธันวาคม 2555 ที่สวนมะพร้าวเกษตรกร อำเภอเกาะสมุยจังหวัดสุราษฎร์ธานี วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ 4 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 เชื้อราเขียวเมตาไรเซียม อัตรา 200 กรัม/ลูกบาศก์เมตร

กรรมวิธีที่ 2 เชื้อราเขียวเมตาไรเซียม อัตรา 400 กรัม/ลูกบาศก์เมตร

กรรมวิธีที่ 3 เชื้อราเขียวเมตาไรเซียม อัตรา 600 กรัม/ลูกบาศก์เมตร

กรรมวิธีที่ 4 ไม่ใส่เชื้อ (control)

การดำเนินการ

1. ดำเนินการทดลองในพื้นที่ทิ้งมูลช้างของปางช้าง อ.เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี

2. ทำกองล่อโดยใช้มูลช้างที่กองทิ้งไว้ในสภาพธรรมชาติ ใช้ท่อนต้นมะพร้าวกั้นทำกองขนาด 200x200x50 เซนติเมตร

3. การเตรียมเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมโดยดำเนินการเช่นเดียวกันกับกิจกรรมที่ 1

4. วิธีการปฏิบัติการทดลอง

- หลังการวางกองล่อ 1เดือน ทำการตรวจนับจำนวนหนอนของด้วงแรดที่เจริญอยู่ในวัสดุกองล่อ

- นำเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมใส่ตามกรรมวิธีต่างๆ โดยคลุกเชื้อให้ทั่วกอง สังเกตการเป็นโรคของหนอนด้วงแรดทุก 30 วัน

5. การบันทึกข้อมูล : เก็บรวบรวมข้อมูลและจดบันทึกความผิดปกติทั้งหมดที่เกิดขึ้นระหว่างทำการทดลอง ได้แก่ อาการและการเกิดโรคของหนอนด้วงแรดระยะเวลาที่ทำให้เกิดโรค ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา และความชื้นภายในกองล่อ

6. การวิเคราะห์ข้อมูล จำนวนหนอน และการตายของหนอนในแต่ละกรรมวิธี และความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นภายในกองล่อกับการตายของหนอน

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเข้าทำลายหนอนด้วงแรดของเชื้อราเขียวเมตาไรเซียม

จากการทดลองพบว่า ปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพการเข้าทำลายหนอนด้วงแรดของเชื้อราเขียวเมตาไรเซียม คือสภาพภูมิอากาศ ในระหว่างการดำเนินงาน ซึ่งจะเห็นได้ว่า ปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่อำเภอเกาะสมุยระหว่างวันที่ 21 กรกฎาคม ถึง 20 พฤศจิกายน 2555 แต่ละเดือนมีปริมาณค่อนข้างน้อยคืออยู่ระหว่าง 64.00 -38.00 มิลลิเมตร/เดือน ส่งผลให้ความชื้นที่มีภายในกองล่อของแต่ละเดือนมีน้อยตามไปด้วย คือมีค่าอยู่ระหว่าง 36.25 - 52.20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความชื้นสัมพัทธ์มีค่าอยู่ระหว่าง 73.59 - 83.42 เปอร์เซ็นต์ และมีอุณหภูมิค่อนข้างสูงอยู่ระหว่าง 30.81 - 33.86 องศาเซลเซียส (Table 3) ซึ่งในสภาพดังกล่าวไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพของเชื้อราเขียวเมตาไรเซียม จึงส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การตายของหนอนด้วงแรดมีปริมาณต่ำ โดยมีจำหนอนตายในกองล่อแต่ละเดือนที่ทำการตรวจนับพบน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

Table 3. Rainfall, Relative Humidity, Temperature and Moisture Content in the trap during July – December 2012 at Koh Samui Surat Thani

Date/Month	Rainfall (mm.)	Moisture Content (%)	Relative Humidity (%)	Temperature (^{o}C)	Mortality (%)
21 Jul.-20 Aug.	64.00	36.25	73.59	33.86	0.00
21 Aug.-20 Sep.	71.60	43.87	76.87	32.37	6.91
21 Sep.-20 Oct.	96.90	48.19	79.99	31.32	20.89
21 Oct.-20 Nov.	138.00	52.20	83.42	30.81	28.58
21 Nov.-20 Dec.	453.60	76.84	85.99	29.59	100.00

เมื่อมีปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่เพิ่มมากขึ้นในระหว่างเดือนธันวาคม เท่ากับ 453.60 มิลลิเมตร/เดือน ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มสูงขึ้นและอุณหภูมิลดลง ส่งผลให้วัสดุที่ทำกองล่อมีความชื้นสูงขึ้นถึง 76.84 เปอร์เซ็นต์ มีผลให้เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมเจริญได้ดี สามารถเข้าทำลายหนอนด้วงแรดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเข้าทำลายหนอนด้วงแรดให้ตายได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ (Table 3)

2. อัตราการใช้เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมในการควบคุมหนอนด้วงแรดมะพร้าวในวัสดุมูลช้างในสภาพธรรมชาติ

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมอัตราต่าง ๆ (200, 400 และ 600 กรัม/ลูกบาศก์เมตร) กับวัสดุมูลช้าง (Figure 3) ในสภาพธรรมชาติ พบว่า สามารถตรวจพบหนอนด้วงแรดในทุกกองล่อได้ในวันที่ 30 หลังจากการทำกองล่อ (Figure 4) ก่อนการใส่เชื้อราเขียวเมตาไรเซียม สามารถตรวจพบมากที่สุด 87 ตัว/กองล่อ และน้อยที่สุด 15 ตัว/กองล่อ (Table 4) หลังจากนั้นทำการใส่เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมและคลุกเคล้าให้ทั่วกองล่อ ทำการตรวจนับหลังใส่เชื้อ 30, 60, 90 และ120 วัน พบว่า หนอนด้วงแรดตายทั้งหมด 100 เปอร์เซ็นต์ ในทุกอัตราของการใส่เชื้อหลังจากใส่เชื้อ 120 วัน ยกเว้นในกองที่ไม่ใส่เชื้อ (control) ไม่พบการตายของหนอนด้วงแรด

การตายของหนอนด้วงแรดที่เกิดจากเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมในแปลงทดสอบสามารถตรวจพบตั้งแต่ 30 วันหลังจากใส่เชื้อ โดยเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมของหนอนด้วงแรดมีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ในทุกอัตราที่ทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 30, 60, 90 และ 120 วันหลังจากการใส่เชื้อ (Figure5) ยกเว้นในกรรมวิธีที่ไม่ใส่เชื้อ ไม่พบการตายของหนอนด้วงแรด ซึ่งจากการตรวจนับในกรรมวิธีที่ใส่เชื้อราเขียวเมตาไรเซียม 200, 400 และ 600 กรัม/ลูกบาศก์เมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table5) โดยพบเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนด้วงแรดที่เกิดจากเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมจากการตรวจนับ 3 ครั้งแรก คือ 30, 60 และ 90 วันหลังจากการใส่เชื้อ พบหนอนติดเชื้อค่อนข้างน้อย โดยพบน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์แต่เมื่อตรวจนับวันที่ 120 หลังจากการใส่เชื้อ พบว่าหนอนด้วงแรดตายหมด 100 เปอร์เซ็นต์ (Figure6)

Table 4. Total number of rhinoceros beetle worms and number of the worm has dead before and after putting *M. anisopliae*

Rate of *M. anisopliae* (g/m3)	Before Apply		Time after Applying *M. anisopliae* (days)							
			30		60		90		120	
	Total	Mortality	Total	Mortality	Total	Mortality	Total	Mortality	Total	Mortality
200	87	0	236	11	521	75	701	123	225	255
400	15	0	84	6	100	9	169	32	78	78
600	22	0	215	9	392	47	594	99	249	249
control	52	0	167	0	260	0	343	0	405	0



Figure 3. Characteristics of trap made from elephant dung



Figure 4. Rhinoceros beetle worms which detected from elephant dung trap

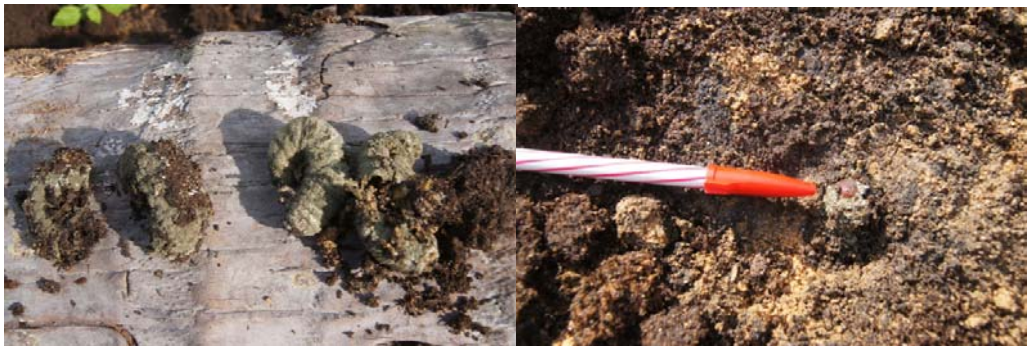


Figure 5. The rhinoceros beetle worms have been infected and dead in the trap

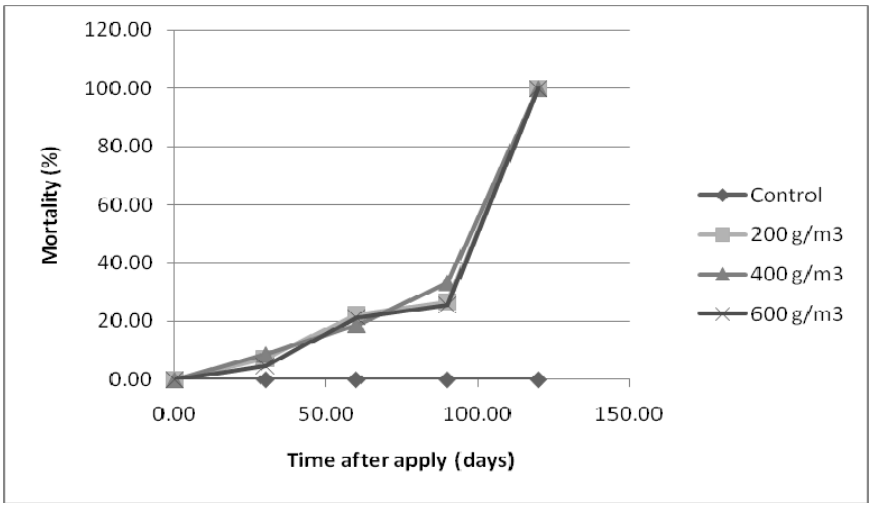


Figure 6. Mortality (%) of rhinoceros beetle wormsin various rate of *M. anisopliae*

อย่างไรก็ตาม จากการทดลองยังพบว่า ปริมาณเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมที่ใส่ไม่ได้สัมพันธ์ต่อการเกิดโรคมากนัก เนื่องจากส่วนใหญ่พบเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของหนอนด้วงแรดจากเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การแพร่ระบาดของเชื้อราโรคแมลงขึ้นอยู่กับปริมาณความหนาแน่นของเชื้อซึ่งต้องมีมากพอ และต้องอยู่ในสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสม เช่น ความชื้นที่เพียงพอ และอุณหภูมิที่พอเหมาะ ที่จะกระตุ้นให้เชื้อราสร้างสปอร์และงอกได้ (Boucias and Pendland, 1998) นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงโอกาสในการสัมผัสของโคนิเดียเชื้อต่อผนังลำตัวของเหยื่อ ซึ่งแมลงที่ติดโรคส่วนใหญ่มักได้รับเชื้อผ่านทางผนังลำตัวราเขียวเมตาไรเซียมเป็นเชื้อราที่พบในดิน ซึ่งโดยปกติดินจะช่วยปกป้องแสงแดดซึ่งเป็นอันตรายต่อโคนิเดีย ทำให้โคนิเดียสามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ นอกจากนี้ยังช่วยปกป้องไม่ให้เกิดความแห้งอันเกิดจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงจากภายนอก แต่อย่างไรก็ดีในดินประกอบไปด้วยจุลินทรีย์ชนิดอื่นอีกมากมาย ซึ่งอาจผลิตสารที่สามารถยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของโคนิเดียได้ในธรรมชาติมีจุลินทรีย์อยู่หลายชนิดทั้งเชื้อรา และเชื้อแบคทีเรียชนิดต่างๆ เมื่ออยู่ในพื้นที่จำกัด ทำให้เกิดการแข่งขันกันเพื่อแย่งอาหารและที่อยู่อาศัย จากปรากฏการณ์นี้ทำให้เกิดความผันผวนในกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ที่อยู่ในพื้นที่ดังกล่าว โดยพบว่า ในธรรมชาติจุลินทรีย์ที่มีการเจริญเติบโตได้เร็วกว่าจะมีความสามารถและมีศักยภาพในการแข่งขันที่สูงกว่าจุลินทรีย์ที่มีการเจริญเติบโตช้ากว่า (Anonymous, 2012)

Table 5. Percentage of dead rhinoceros beetle worms before and after putting *M. anisopliae*

Rate of *M. anisopliae* (g/m3)	Before Apply	Time after Applying *M. anisopliae* (days)			
		30	**60**	**90**	**120**
200	0.00	7.38	22.46	26.67	100.00
400	0.00	8.70	18.75	33.33	100.00
600	0.00	4.66	21.47	25.74	100.00
control	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Average	0.00	5.19	15.67	21.44	75.00

3.ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นภายในกองล่อกับการตายของหนอน

จากการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นของความชื้นภายในกองล่อกับเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนด้วงแรดจากเชื้อราเขียวเมตาไรเซียม พบว่า ความชื้นภายในกองล่อมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับการตายของหนอนด้วงแรดภายในกองล่อ แบบ quadratic regression (Figure 7) โดยเมื่อความชื้นภายในกองล่อมีน้อยทำให้เปอร์เซ็นต์การตายของหนอนด้วงแรดน้อย แต่เมื่อมีความชื้นภายในกองล่อเพิ่มขึ้นส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การตายของหนอนด้วงแรดเพิ่มขึ้นตามไปด้วย จากการศึกษาพบว่า สมการที่ได้สามารถอธิบายได้มากถึง 99.81 เปอร์เซ็นต์ ($R^2 = 0.9981$) โดยสามารถอธิบายได้ว่าในสภาพธรรมชาติหนอนด้วงแรดจะถูกเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมเข้าทำลายได้ 50 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปก็ต่อเมื่อความชื้นภายในกองล่อมีค่า เกินกว่า

60 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป และจะส่งผลให้เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมสามารถเจริญเข้าทำลายอย่างรวดเร็วทำให้หนอนด้วงแรดตายได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์

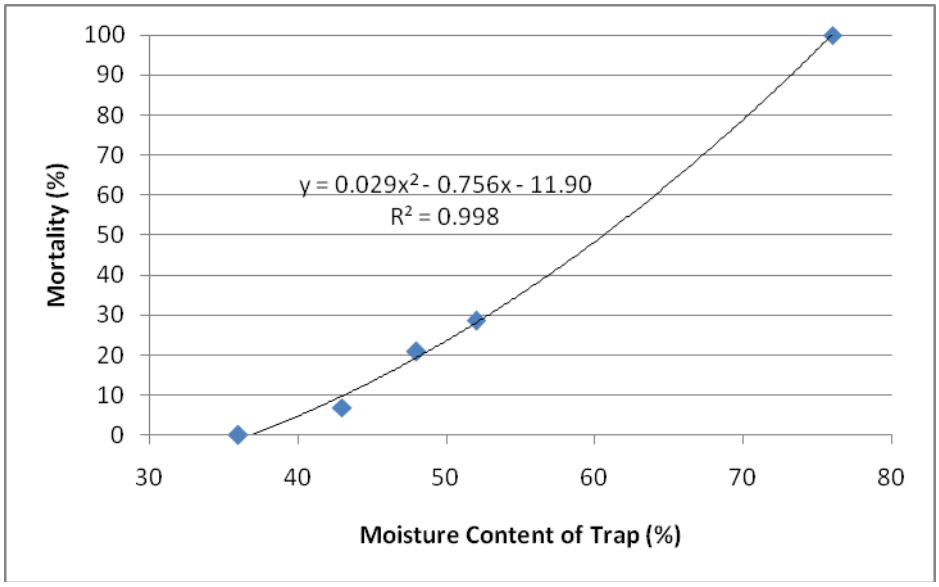


Figure 7. The relationship between Mortality (%) of rhinoceros beetle worm sand Moisture Content in the trap

สรุปผลการทดลอง

1. การใช้เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมอัตรา 200-600 กรัม/ลูกบาศก์เมตร เป็นอัตราที่เหมาะสมในการกำจัดหนอนด้วงแรดในสภาพธรรมชาติจึงควรแนะนำให้ใช้เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมอัตรา 400 กรัม/ลูกบาศก์เมตร

2. ในสภาพธรรมชาติพบว่า ความชื้นในกองล่อจะต้องไม่ต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีผลอย่างสูงต่อการเจริญของเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมที่จะเข้าทำลายหนอนของด้วงแรด

3. มูลช้างสามารถใช้ทำเป็นวัสดุ เพื่อล่อให้ด้วงแรดมาวางไข่ได้ดี โดยภายใน 30 วันสามารถล่อให้ด้วงแรดมาวางไข่ได้ และเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมสามารถทำลายหนอนด้วงแรดได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 120 วัน หลังจากใส่เชื้อ

กิจกรรมที่ 3 การขยายผลการป้องกันกำจัดด้วงแรดโดยใช้เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมในแปลงเกษตรกร

อุปกรณ์

1. เชื้อราเขียวเมตาไรเซียม *M. anisopliae* (Metsch) Sorokin (ไอโซเลทของสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช)

2. ข้าวโพดบดหยาบ

3. Potato Dextrose Broth (PDB)

4. ตู้เขี่ยเชื้อ

5. หม้อนึ่งความดัน (Autoclave)

6. ท่อนต้นมะพร้าว ขนาดความยาว 200 เซนติเมตร จำนวน 4 ท่อน/กอง

7. วัสดุสำหรับใช้ทำกองล่อ คือ มูลช้าง

8. เครื่องระบบกำหนดตำแหน่งพื้นโลกด้วยดาวเทียม (Global Positioning System; GPS) และ เครื่องมือทำแผนที่ทางภูมิศาสตร์

วิธีการ

ดำเนินการ ในระหว่างเดือน ตุลาคม 2555 ถึง ธันวาคม 2556 ที่สวนมะพร้าวในอำเภอเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งมีการระบาดของด้วงแรดและด้วงงวงอย่างรุนแรง จำนวน 1,000 ไร่

1. ประเมินการระบาดของด้วงงวง ด้วงแรดที่ระบาดในพื้นที่เกาะสมุยก่อนดำเนินการ (ตุลาคม 2555) และ ประเมินการระบาดทุกๆ 4 เดือน เพื่อจัดทำแผนที่การระบาด

2. คัดเลือกพื้นที่เป้าหมายที่มีการระบาดของด้วงงวง ด้วงแรด ศัตรูมะพร้าว

3. ประสานความร่วมมือกับเกษตรกรเจ้าของแปลงมะพร้าวที่มีการระบาดของด้วงแรดรุนแรง

4. ระบุพิกัด GPS แปลงที่ได้คัดเลือกในการดำเนินการ

5. การเตรียมเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมโดยดำเนินการเช่นเดียวกันกับกิจกรรมที่ 1

6. จัดทำกองล่อในพื้นที่ ที่เกษตรกรให้ความร่วมมือ โดยมีวิธีการดังนี้

6.1 เตรียมขอบกองล่อโดยตัดท่อนมะพร้าวยาวท่อนละ 200 เซนติเมตร เลือกท่อนมะพร้าวที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20 เซนติเมตร จำนวน 4 ท่อน นำมาวางต่อกันเป็นกรอบสี่เหลี่ยม ขุดดินภายในกรอบให้ลึกประมาณ 30 เซนติเมตร จะได้กองล่อขนาดความจุ 2.0 ลูกบาศก์เมตร (200x200x50 เซนติเมตร) ดำเนินการทำกองล่อจำนวน 52 กอง ครอบคลุมทั่วเกาะสมุยในพื้นที่ ที่มีการระบาดรุนแรง และเกษตรกรเจ้าของแปลงให้ความร่วมมือ

6.2 ใส่วัสดุในกองล่อเพื่อล่อด้วงแรดตัวเต็มวัยมาวางไข่ โดยใช้มูลช้าง

6.3 คลุกส่วนผสมต่างๆให้ทั่ว ให้ความชื้นโดยการรดน้ำ ดำเนินการในฤดูฝน เนื่องจากมีสภาพความชื้นสูง จุลินทรีย์ต่างๆในดินทำงานได้ดีซึ่งจะทำให้เกิดขบวนการหมักและเกิดการย่อยสลายภายในกองล่อได้เร็วขึ้น

6.4 ทิ้งกองล่อไว้จนสิ้นสุดขบวนการหมัก กลิ่นที่เกิดจากขบวนการหมักจะดึงดูดตัวเต็มวัยของด้วงแรดมะพร้าวให้มาจับคู่ผสมพันธุ์และวางไข่ในกองล่อ ตรวจนับจำนวนหนอนด้วงแรดที่มีอยู่ในกองล่อหลังวางกองแล้วประมาณ 30 – 45 วัน หลังจากนั้นใส่เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมที่เลี้ยงไว้อายุประมาณ 14 วัน คลุกเคล้าให้ทั่วกองล่อ โดยใช้เชื้ออัตรา 400 กรัม/ลูกบาศก์เมตร

7. ตรวจนับจำนวนหนอนด้วงแรดที่พบในกองล่อ จดบันทึกลักษณะอาการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับตัวหนอนด้วงแรดภายในกองล่อ เดือนละ 1 ครั้ง

ผลการทดลองและวิจารณ์

การปฏิบัติงานการใช้ราเขียวเมตาไรเซียมควบคุมหนอนด้วงแรดมะพร้าว ตั้งแต่ มกราคม–สิงหาคม 2556

เดือน	การปฏิบัติงาน
มกราคม	คัดเลือกเกษตรกรที่ให้ความร่วมมือได้ 29 ราย 52กองล่อ ในพื้นที่ 1,000 ไร่
กุมภาพันธ์	สำรวจการระบาดของด้วงแรด และทำแผนที่การระบาด
มีนาคม	จัดทำกองล่อ โดยใช้มูลช้างในพื้นที่เกาะสมุย
เมษายน	ทิ้งให้วัสดุในกองล่อเกิดการหมัก สำหรับล่อให้ด้วงแรดมาวางไข่
พฤษภาคม	เริ่มดำเนินการตรวจนับจำนวนตัวหนอนด้วงแรดในกองล่อหลังจากนั้นใส่เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมที่เลี้ยงไว้ ในอัตรา 400 กรัม/ลูกบาศก์เมตร
มิถุนายน	ตรวจนับตัวหนอนด้วงแรดทั้งหมดในกอง บันทึกข้อมูลหนอนที่ติดเชื้อและไม่ติดเชื้อทั้งหมดในกอง และสำรวจการระบาดของด้วงแรด และทำแผนที่การระบาด
กรกฎาคม	ตรวจนับตัวหนอนด้วงแรดทั้งหมดในกอง บันทึกข้อมูลหนอนที่ติดเชื้อและไม่ติดเชื้อทั้งหมดในกอง
สิงหาคม	ตรวจนับตัวหนอนด้วงแรดทั้งหมดในกอง บันทึกข้อมูลหนอนที่ติดเชื้อและไม่ติดเชื้อทั้งหมดในกอง
กันยายน	ตรวจนับตัวหนอนด้วงแรดทั้งหมดในกอง บันทึกข้อมูลหนอนที่ติดเชื้อและไม่ติดเชื้อทั้งหมดในกอง
ตุลาคม	สำรวจการระบาดของด้วงแรด และทำแผนที่การระบาด

1. การจัดทำกองล่อในพื้นที่สวนมะพร้าวของเกษตรกรที่มีการระบาดอย่างรุนแรง

เข้าสำรวจและติดต่อเกษตรกรในพื้นที่ รวมทั้งผู้ประกอบการปางช้าง และผู้ประกอบการสนามชนควาย ในพื้นที่อำเภอเกาะสมุย เพื่อคัดเลือกพื้นที่ดำเนินการจัดทำกองล่อ (Figure 8) โดยพิจารณาถึงการระบาดของด้วงแรด ด้วงงวง และ ความร่วมมือของเกษตรกรเจ้าของแปลงที่มีการระบาดของด้วงแรด ด้วงงวงในการเข้าร่วมโครงการคัดเลือกแปลงเกษตรกรได้จำนวนทั้งหมด 29 ราย 52 กองล่อ (Appendix 1 and Figure 9) จากนั้นได้เข้าพื้นที่เพื่อจัดทำกองล่อ

2. ประสิทธิภาพการทำลายหนอนด้วงแรดของเชื้อราเขียวเมตาไรเซียม

ข้อมูลการตรวจนับหนอนด้วงแรดที่ติดเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมระหว่างเดือนพฤษภาคม– เดือนสิงหาคม 2556 (Table 6 and 7) พบว่าในช่วงเดือนพฤษภาคม (ก่อนใส่เชื้อ) มีจำนวนหนอนด้วงแรดทั้งหมด 3,674 ตัว จากกองล่อ 52 กองล่อ หลังใส่ราเขียวเมตาไรเซียม 1 เดือน (มิถุนายน) พบการตายของหนอนด้วงแรดค่อนข้างน้อยโดยมีจำนวนหนอนที่ตาย 34 ตัว (0.92 เปอร์เซ็นต์) ในเดือนที่ 2 (กรกฎาคม) พบหนอนด้วงแรดตายมากขึ้น 246ตัว (6.63 เปอร์เซ็นต์) อย่างไรก็ดีการติดเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมใน 2 เดือนแรกยังพบไม่เกิน 50% ส่วนในเดือนที่ 3 (สิงหาคม) พบหนอนด้วงแรดติดเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมมากที่สุด โดยพบติดเชื้อ 98.51 เปอร์เซ็นต์ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในกิจกรรมที่ 1 และ 2

จากการดำเนินการในสภาพแปลงใหญ่ซึ่งเป็นการขยายผลเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดด้วงแรด พบว่า เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมมีความสามารถในการควบคุมหนอนด้วงแรดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. แผนที่การทำลายมะพร้าวของด้วงแรดในพื้นที่เกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี

จากการดำเนินการสำรวจเพื่อจัดทำแผนที่การระบาดของด้วงแรดในพื้นที่ พบว่า ในเดือนตุลาคม 2555 และ กุมภาพันธ์ 2556 มีการระบาดมากกระจายทั่วพื้นที่เกาะสมุย และการระบาดเริ่มลดลง ในเดือนมิถุนายน 2556 และลดลงต่ำสุดในเดือนตุลาคม 2556 (Figure 10)

Table 6. Total number of rhinoceros beetle worms and number of the worm has dead before and after putting *M. anisopliae*

Application of *M. anisopliae*	Rhinoceros BeetleWorms (Number)		
	Total	Live	Dead
Before	3,674	3,674	0
After 1 month	3,711	3,677	34
After 2 month	3,712	3,466	246
After 3 month	3,890	58	3,832

Table 7. Percentage of dead and live rhinoceros beetle worms before and after putting *M. anisopliae*

Application of *M. anisopliae*	Percentage ofdead and live rhinoceros beetleworms (%)	
	Live	Dead
Before	100.00	0.00
After 1 month	99.08	0.92
After 2 month	93.37	6.63
After 3 month	1.49	98.51

ซึ่งสอดคล้องกับการดำเนินการจัดทำกองล่อโดยใช้เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมในการควบคุมประชากรด้วงแรด ทำให้จำนวนการทำลายลดลงอย่างมากจากการเปรียบเทียบระหว่างเดือนตุลาคม 2555 กับ ตุลาคม 2556 พบว่า พื้นที่ที่เคยจัดว่าถูกทำลายรุนแรงมีจำนวนใบที่ถูกทำลายด้วยด้วงแรดลดลงเฉลี่ยจาก 12 ทางใบ/ต้น (เดือนตุลาคม 2555) เหลือ 6 ทางใบ/ต้น (เดือนตุลาคม 2556) การระบาดของด้วงแรดลดลงมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (Figure 10) อย่างไรก็ตาม การปรากฏร่องรอยของการทำลายจากด้วงแรดที่ไม่ลดลงได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากต้นมะพร้าวต้องใช้ระยะเวลาในการฟื้นตัวอย่างน้อย 6 – 12 เดือน หลังจากการเข้าทำลายของด้วงแรด แต่ไม่ปรากฏร่องรอยการทำลายใบใหม่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ประชากรของด้วงแรดลดลง



Figure 8. Coconut plantation damaged by rhinoceros beetle in Kho Samui, Surat Thani

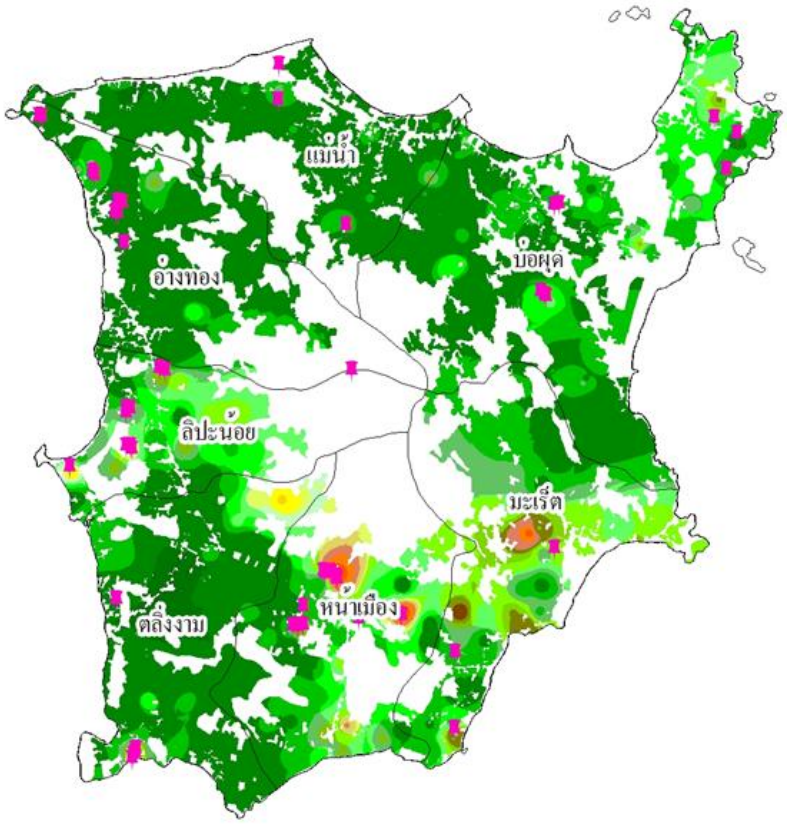
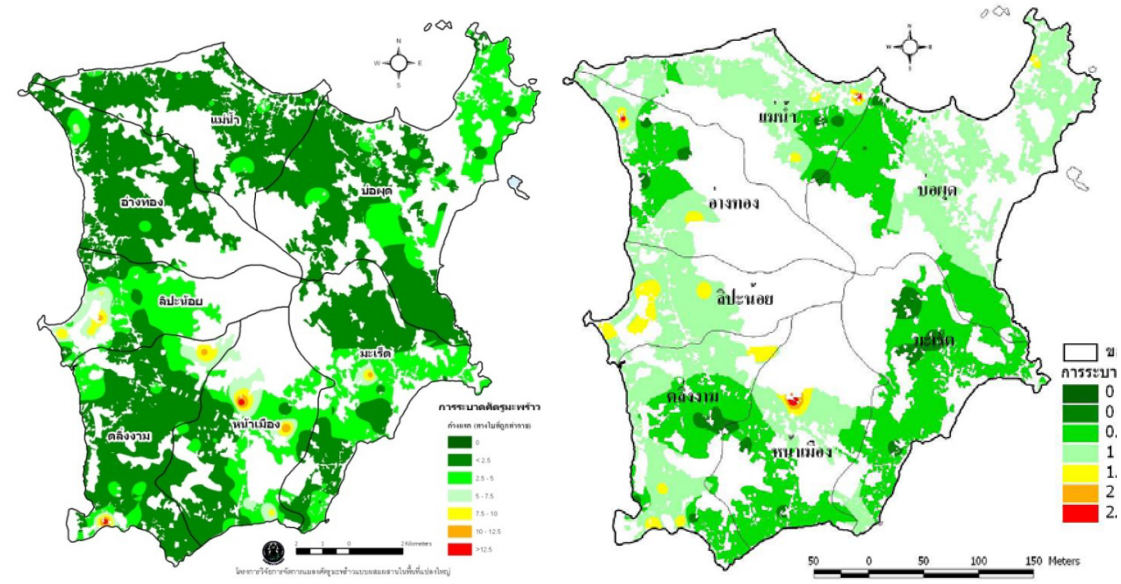


Figure 9. Position of the 52 traps in infection area at Kho Samui, Surat Thani



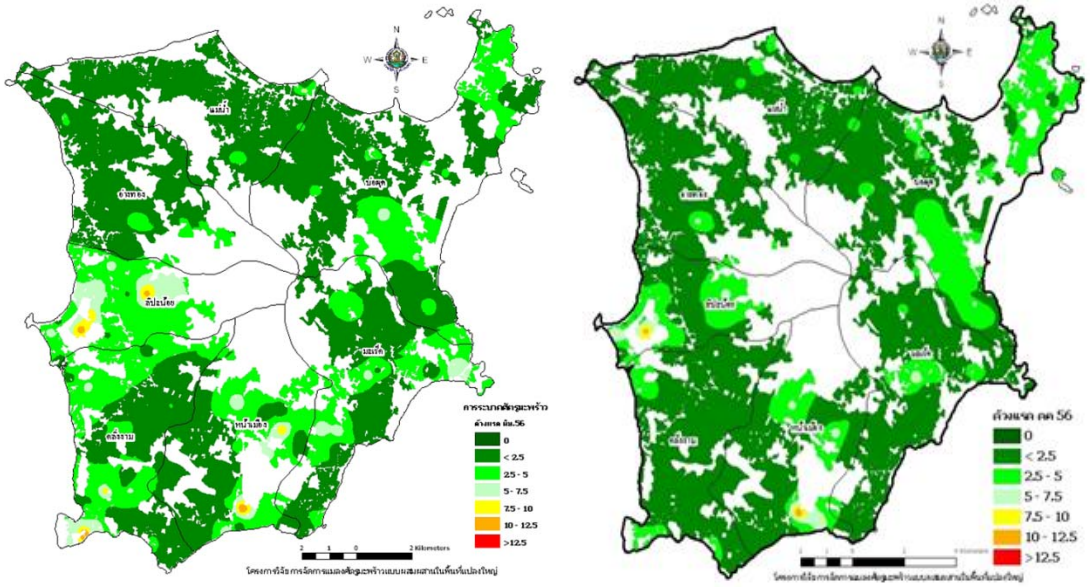


Figure 10. Map of the coconut plantation damaged by rhinoceros beetle in Koh Samui during October 2011, February, Juneand October 2012

สรุปผลการทดลอง

1. ในสภาพธรรมชาติเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมสามารถทำลายหนอนด้วงแรดได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ 90 – 120 วัน หลังจากการใส่เชื้อ

2. การจัดทำกองล่อด้วงแรดมาวางไข่ให้กระจายทั่วพื้นที่ ที่มีการระบาดของด้วงแรดสามารถลดการทำลายของด้วงแรดได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลรวมของโครงการ

จากการทดสอบการใช้เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมป้องกันกำจัดหนอนด้วงแรดในกิจกรรมที่ 1 และ 2 สามารถสรุปได้ดังนี้ คือ

1. วัสดุที่ด้วงแรดชอบวางไข่ เพื่อแพร่พันธุ์ คือ มูลวัว และทะลายเปล่าปาล์มน้ำมัน

2. เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมมีประสิทธิภาพในการกำจัดหนอนของด้วงแรดได้ดีในช่วง 15-45 วัน โดยเข้าทำลายตัวหนอนของด้วงแรดได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ภายใน 60 วัน หลังจากการใส่เชื้อ

3. การใช้เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมอัตรา 200-600 กรัม/ลูกบาศก์เมตร เป็นอัตราที่เหมาะสมในการกำจัดหนอนด้วงแรดในสภาพธรรมชาติจึงควรแนะนำให้ใช้เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมอัตรา 400 กรัม/ลูกบาศก์เมตร

4. ในสภาพธรรมชาติพบว่า ความชื้นในกองล่อจะต้องไม่ต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีผลอย่างสูงต่อการเจริญของเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมที่จะเข้าทำลายหนอนของด้วงแรด

5. มูลช้างสามารถใช้ทำเป็นวัสดุ เพื่อล่อให้ด้วงแรดมาวางไข่ได้ดี โดยภายใน 30 วันสามารถล่อให้ด้วงแรดมาวางไข่ได้ และในสภาพธรรมชาติเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมสามารถทำลายหนอนด้วงแรดได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 120 วัน หลังจากใส่เชื้อ

หลังจากนั้นได้นำผลการทดลองจากกิจกรรมที่ 1 และ 2 มาทดสอบขยายผลในพื้นที่การระบาดแปลงใหญ่ภายใต้สภาพธรรมชาติ ซึ่งสามารถสรุปผลการดำเนินการได้ดังนี้ คือ

1. ในสภาพธรรมชาติเชื้อราเขียวเมตาไรเซียมสามารถทำลายหนอนด้วงแรดได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ 90 – 120 วัน หลังจากการใส่เชื้อ

2. การจัดทำกองล่อด้วงแรดมาวางไข่ให้กระจายทั่วพื้นที่ ที่มีการระบาดของด้วงแรดสามารถลดการทำลายของด้วงแรดได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

3. ในภาพรวมของการดำเนินโครงการการพัฒนางานวิจัยขยายผลการทดสอบเทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรสู่พื้นที่เกษตรกร สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง โดยสามารถควบคุมการระบาดของการทำลายมะพร้าวจากด้วงแรด และด้วงงวงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้น เพื่อป้องกันไม่ให้ด้วงแรดแพร่พันธุ์ ในแหล่งปลูก การส่งเสริมให้ใส่เชื้อราเมตาไรเซียมในกองมูลปศุสัตว์ของคอกเลี้ยงในแปลงปลูก หรือในคอกปศุสัตว์ใกล้เคียงแหล่งปลูกมะพร้าว หรือปาล์มน้ำมัน และกองทะลายปาล์มที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ตั้งใกล้แหล่งปลูกปาล์ม และมะพร้าว สามารถลดการแพร่พันธุ์ของด้วงแรดได้

เอกสารอ้างอิง

ทวีศักดิ์ ชโยภาส. 2547. แมลงศัตรูปาล์มน้ำมัน. เอกสารวิชาการปาล์มน้ำมัน. กรมวิชาการเกษตร พิมพ์ครั้งที่ 1 โรงพิมพ์ดอกเบี้ย. 188 หน้า.

ทวีศักดิ์ชโยภาส มลิวัลย์ ปันยารชุน และ เสาวนิตย์ โพธิ์พูนศักดิ์. 2552. การใช้ราเขียวเมตาไรเซียมควบคุมด้วงแรดมะพร้าว. จดหมายข่าวผลิใบ ฉบับที่ 8 ประจำเดือน กันยายน 2552.

เสาวนิตย์ โพธิ์พูนศักดิ์. 2553. การใช้ราเขียวเมตาไรเซียมควบคุมด้วงแรดมะพร้าว. เอกสารเผยแพร่กลุ่มกีฏและวิทยา สำนักวิจัยพัฒนากาอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.พิมพ์ครั้งที่ 1 พิมพ์ที่ Post Tech.

เสาวนิตย์ โพธิ์พูนศักดิ์ อภิรัชต์ สมฤทธิ์ และ อนุวัฒน์จันทรสุวรรณ. 2548. การพัฒนาการผลิตและใช้เชื้อราเขียว *Metarhizium anisopliae*เพื่อประโยชน์ทางการเกษตร. *ใน*รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็ม 2548 เอกสารวิชาการ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Anonymous. 2012. Ecological Association/Interactions among Soil Microorganisms. Available.http://agriinfo.in/?page=topic&superid=5&topicid=172 (January 18, 2012).

Boucias, D.G. and J.C. Pendland. 1998. Principles of Insect Pathology. Kluwer Academic Publishers.537 p.

ออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์

Design and Development of Cassava Planter Attached with Tractor

ประสาท แสงพันธุ์ตา [1] อนุชิต ฉ่ำสิงห์ [2] คุรุวรรณ ภามาตร์ [3]
วุฒิพล จันทร์สระครู [4] ศักดิ์ชัย อาษาวัง [4]

Prasat Sangphanta [1] Anuchit Chamsing [2] Kuruwan PhaMart [3]
Wuttipol Chansacoo [4] Sakchai ArsaWang [4]

ABSTRACT

A cassava planter has been designed and developed to reduce time, process, costs and labor in planting cassava. The design was taken place into two models; for one and two rows planting. The prototype of cassava planter consisted of 4 main parts including fertilizing, ridging, stake conveying, and planting units. The test of influential factors that might affect the planting performance and stake damage showed that v-shape rubber wheel performed better than flat rubber wheel. The speed of planting wheel with 22 cm diameter was approximately 450 rpm and the force exerting on cassava stake by the planting wheel was about 29.43 N. The performance test of the cassava planter, for single-row and two-rows was carried out using 37 and 50 hp tractors respectively. The average field capacity was 1 and 2 rai/hour at planting space of 50x120 cm, the field efficiency was about 80 and 75 percent, and the fuel consumption was about 2.05 and 2.55 liters/rai respectively. The cassava stake angle with respect to ground plane in the tractor moving direction varied from 60-80°. The efficiency of planting was about 93-95 percent and the germination rate was about 90 percent, not significantly different from manual planting. Economic analysis indicated that the cassava planters both for single row and two rows had a break-even point at 103 rai/year and 149.48 rai/year respectively at the 5-year lifecycle compared with manual planting.

Key words : Cassava, Cassava Planter

[1] กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

[2] กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จ.ปทุมธานี

[3] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จ.จันทบุรี

[4] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จ.ขอนแก่น

บทคัดย่อ

เพื่อลดเวลา ขั้นตอนการทำงาน ต้นทุน และแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการปลูกมันสำปะหลัง ได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขึ้นโดยมี 2 แบบ คือแบบ 1 แถว และแบบ 2 แถว มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนโรยปุ๋ยรองพื้น ส่วนยกร่อง ส่วนป้อนและกำหนดระยะท่อนพันธุ์ และส่วนปักท่อนพันธุ์ มีหลักการทำงานโดยเครื่องจะโรยปุ๋ยรองพื้นแล้วยกร่องกลบ และปักท่อนพันธุ์บนร่องตามระยะระหว่างต้นที่กำหนด ผลการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการปักท่อน และความเสียหายของตาท่อนพันธุ์พบว่า ล้อปักแบบยางร่องวีสามารถทำงานได้ดีกว่าล้อปักแบบยางเรียบ ความเร็วรอบล้อปักที่เหมาะสมประมาณ 450 รอบ/นาที (ล้อปักมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 เซนติเมตร) และแรงกดของล้อปักต่อท่อนพันธุ์ประมาณ 29.43 นิวตัน ซึ่ง ผลการทดสอบการสมรรถนะการทำงานในแปลงของเครื่องปลูกมันสำปะหลังโดยใช้รถแทรกเตอร์ต้นกำลังขนาด 37 แรงม้า สำหรับเครื่องแบบ 1 แถว และแทรกเตอร์ขนาด 50 แรงม้าสำหรับเครื่องแบบ 2 แถว พบว่ามีความสามารถในการทำงาน 1 และ 2 ไร่/ชั่วโมง ตามลำดับ ที่ระยะการปลูก 50x120 เซนติเมตร ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ 80 และ 75 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.05 และ 2.55 ลิตร/ไร่ โดยท่อนพันธุ์ที่ปักได้จากเครื่องต้นแบบจะเอียงตามแนวการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ประมาณ 60-80 องศา ประสิทธิภาพการปักประมาณ 93-95 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการงอกประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างจากการใช้แรงงานคน เมื่อวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่า มีจุดคุ้มทุนการทำงานที่ 103 ไร่/ปี และ 149.48 ไร่/ปี ตามลำดับ ที่อายุการใช้งานเครื่อง 5 ปี โดยเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคนในการปลูกมันสำปะหลัง

คำหลัก : เครื่องปลูกมันสำปะหลัง, มันสำปะหลัง, เครื่องปลูก

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยประเทศไทยผลิตมันสำปะหลังได้เป็นอันดับ 3 ของโลก รองจากประเทศไนจีเรีย บราซิล แต่เป็นประเทศผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับ 1 ของโลก ที่ครองส่วนแบ่งทางการตลาด 70 เปอร์เซ็นต์ มีมูลค่าส่งออกรวมมากกว่า 40,000 ล้านบาท/ปี และมีพื้นที่ปลูก 8.51 ล้านไร่ เป็นอันดับ 4 รองจากข้าว ข้าวโพด และยางพารา มีผลผลิตรวมทั้งประเทศ 29.62 ล้านตัน/ปี โดยพื้นที่ปลูก 53.07 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 30.20 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคกลาง และ 16.73 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคเหนือ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2551) มันสำปะหลังนอกจากจะเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในภาคอุตสาหกรรมอาหาร อาหารสัตว์ เป็นวัตถุดิบในการผลิตแอลกอฮอล์เกรดสูงสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางและอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ (ธีรภัทร, 2545) แล้ว ยังเป็นพืชพลังงานที่สำคัญโดยพบว่ามันสำปะหลังจัดเป็นพืชที่เหมาะที่สุดในการทำเอทานอล (เจริญศักดิ์, 2544) เพื่อใช้เป็นส่วนผสมน้ำมันเบนซิน 91 ให้เป็นน้ำมันแก๊ส โซฮอล์ที่มีออกเทนเท่ากับน้ำมันเบนซิน 95 เพื่อเป็นการลดการนำเข้าสาร MTBE

(Methyl Tertiary Butyl Ether) ที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และใช้ในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งกำลังได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐบาลให้มีการส่งเสริมการผลิตมันสำปะหลังและขยายวงกว้างมากขึ้น (วงศ์สุภัทร, 2549) โดยในปี 2554 คาดว่าจะมีผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 30.2 ล้านตัน และสามารทำการผลิตเอทานอลได้ประมาณ 1,600 ล้านลิตร (กล้าณรงค์, 2549)

การผลิตมันสำปะหลังนั้น ขั้นตอนการเตรียมพันธุ์และการปลูกนับว่ามีความสำคัญต่อผลผลิตมันสำปะหลังมากเนื่องมาจากการปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทยนั้นเป็นการปลูกตามฤดูกาล โดยจะปลูกในช่วงต้นฤดูฝน และในช่วงปลายฤดูฝน หากปลูกช้าไม่ทันตามฤดูกาลอาจเกิดความเสียหายต่อท่อนพันธุ์ ท่อนพันธุ์ไม่งอกและตาย ทำให้เกิดความสูญเสียทั้งค่าใช้จ่ายและแรงงาน และขั้นตอนในการปลูกมันสำปะหลังนั้น ต้องการความประณีตตั้งแต่การตัดท่อนพันธุ์ การปลูก ซึ่งในการปักท่อนพันธุ์นั้นต้องปักท่อนพันธุ์ด้านโคนลงบนดิน ต้องใช้ความชำนาญในการสังเกตท่อนพันธุ์ หากปักท่อนพันธุ์ด้านยอดลง ท่อนพันธุ์จะไม่งอก วิธีการปลูกมันสำปะหลังที่เหมาะสมให้ผลผลิตสูงคือการปลูกด้วยวิธีการปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลังให้ตั้งตรงหรือเอียงได้ไม่เกิน 45 องศา ให้มีความลึกประมาณ 5-10 เซนติเมตร สำหรับการปลูกต้นฤดูฝน และลึก 10-15 เซนติเมตร สำหรับการปลูกปลายฤดูฝน การปักท่อนพันธุ์ตั้งตรงทำให้รากและหัวออกรอบโคนต้นอย่างสมดุลดีกว่าการปักเอียง (กรมวิชาการเกษตร, 2551) ซึ่งการปลูกมันสำปะหลังนั้นจะมีทั้งแบบยกร่องและแบบไม่ยกร่อง ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ และสภาพดิน หากปลูกแบบยกร่องการปักท่อนพันธุ์ก็จะปักเป็นแนวบนสันร่อง แต่หากปลูกแบบไม่ยกร่อง เกษตรกรจะทำการขึงเชือกเป็นเส้นตรงเป็นแนวอ้างอิงในการปลูกเพื่อให้แถวปลูกตรง

ในปัจจุบันการปลูกมันสำปะหลังยังใช้แรงงานคนเป็นหลัก ซึ่งต้องใช้เวลาและแรงงานจำนวนมาก โดยต้นทุนในการเตรียมท่อนพันธุ์และการปลูกมีสัดส่วนร้อยละ 7 ของต้นทุนการผลิตมันสำปะหลังทั้งหมด (สุรพงษ์ และคณะ, 2550) ผลของการขยายตัวของเศรษฐกิจทั้งในภาคของอุตสาหกรรม การท่องเที่ยว การก่อสร้าง และการบริการด้านอื่นๆ ทำให้เกษตรกรที่ปลูกพืชเกือบทุกชนิดประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานและนับวันยิ่งทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น และยังไม่มีเครื่องปลูกมันสำปะหลังที่มีประสิทธิภาพสำหรับทดแทนการปลูกด้วยแรงงานคน จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นจึงเห็นว่าควรมีการวิจัยและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังให้สามารถทดแทนการปลูกด้วยแรงงานคน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดต้นทุน ช่วยเพิ่มความรวดเร็วในการปลูกให้ทันต่อฤดูกาล ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังขึ้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าว

อุปกรณ์และวิธีการ

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัย จึงได้วางแผนการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

1. ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง
2. ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ
3. ศึกษาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องต้นแบบ

4. ทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่องต้นแบบ

1) ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

การศึกษาในขั้นตอนนี้เพื่อหาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง โดยใช้ข้อมูลจากรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง และจากการศึกษาโดยตรงของผู้วิจัย ได้แก่ สภาพดินและการเตรียมดินรวมถึงวิธีการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรในปัจจุบัน และลักษณะทางกายภาพของท่อนพันธุ์ที่ใช้ปลูก ซึ่งข้อมูลที่สนใจได้แก่

1.ความลึกในการปักท่อน

2.มุมที่ปักท่อนพันธุ์

3.ระยะปลูกที่เหมาะสม

4.ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่สุดและเล็กสุดของท่อนพันธุ์

5.ความยาวของท่อนพันธุ์

2) ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

จากการศึกษาข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบเรียบร้อยแล้ว จึงดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลังขึ้น ซึ่งกำหนดเกณฑ์และรายละเอียดในการออกแบบดังต่อไปนี้

- เครื่องสามารถยกร่อง ใส่ปุ๋ย และปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง โดยสามารถกำหนดระยะปลูกได้

- ชุดปักท่อนพันธุ์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้องสามารถใช้กับท่อนพันธุ์ที่มีขนาดต่างกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- กลไกการทำงานของเครื่องไม่ยุ่งยากซับซ้อนมากเกินไป การบำรุงรักษาง่ายใช้ชิ้นส่วนที่มีจำหน่ายในท้องตลาด และมีความปลอดภัยในการทำงาน

- ใช้ผู้ปฏิบัติงาน 2 คน

- ใช้แทรกเตอร์ขนาด 50 hp เป็นต้นกำลัง

3) ศึกษาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องต้นแบบ

หลังจากที่ได้ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ รวมถึงการทดสอบการทำงานเบื้องต้นแล้ว เครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบจะถูกทดสอบเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่อง โดยปัจจัยที่สำคัญนั้นมีหลายปัจจัย ด้วยข้อจำกัดด้านต่างๆ จึงเลือกปัจจัยที่สำคัญในการศึกษา 3 ปัจจัย ดังนี้

1. รูปแบบของล้อปักท่อนพันธุ์ จากการออกแบบส่วนการปักท่อนพันธุ์นั้น เลือกใช้การปักด้วยล้อยางในการปัก ดังนั้นรูปทรงหน้าสัมผัสของยางล้อปักจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการปัก

2. ความเร็วรอบของล้อปัก

3. แรงหนีบกดของล้อปักที่กระทำต่อท่อนพันธุ์

จากการออกแบบให้ล้อปักสามารถถ่างออกได้เองตามขนาดท่อนพันธุ์ที่ใช้ปลูก โดยใช้แรงสปริงในการจับหนีบท่อนพันธุ์ ดังนั้นแรงหนีบจึงมีผลต่อความเสียหายของตาของท่อนพันธุ์โดยค่าชี้ผลที่สำคัญที่ใช้พิจารณาคือ เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการปักท่อนพันธุ์ และเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของตาท่อนพันธุ์ โดยได้วางแผนการทดลองแบบ 5x3 Factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 15 ต้น โดยมีปัจจัยที่ควบคุมคือ ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 0.45 ms^{-1} ระยะห่างล้อปักเริ่มต้น 0.5 cm ความยาวท่อนพันธุ์ 25 cm และกำหนดระดับความเร็วรอบล้อปักที่จะศึกษา คือ 150, 300, 450, 600 และ 800 rpm ระดับแรงหนีบกดของล้อปักที่กระทำต่อท่อนพันธุ์ที่ทำการศึกษา คือ 19.62, 29.43 และ 39.24 นิวตัน

4) ทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่องต้นแบบ

หลังการทดสอบปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องต้นแบบ จนได้ต้นแบบที่สมบูรณ์แล้ว เครื่องต้นแบบจะถูกทดสอบและประเมินผล เพื่อหาสมรรถนะในการทำงาน โดยมีค่าชี้ผลดังนี้

1. ความสามารถในการทำงาน

$$C_a = \frac{A}{T_t}$$

เมื่อ C_a = ความสามารถในการทำงานจริง (ไร่/ชั่วโมง)

A = พื้นที่ในการทำงาน (ไร่)

T_t = เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด (ชั่วโมง)

2. ประสิทธิภาพในการทำงาน

$$E_f = \frac{T_e}{T_t} \times 100$$

เมื่อ E_f = ประสิทธิภาพในการทำงาน (%)

T_e = เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานทางทฤษฎี (ชั่วโมง)

T_t = เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานจริง (ชั่วโมง)

3. อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

$$F_c = \frac{O}{A}$$

เมื่อ F_c = อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่)

O = น้ำมันที่ใช้ (ลิตร)

A = พื้นที่การทำงาน (ไร่)

4. เปอร์เซ็นต์ท่อนพันธุ์ที่ปลูกได้ตั้งมากกว่า 45 องศา (%)

5. มุมท่อนพันธุ์ในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ (องศา)

6. เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของตาท่อนพันธุ์ (%)

ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ผลการศึกษาข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

จากการศึกษาเอกสารวิชาการการปลูกมันสำปะหลังของกรมวิชาการเกษตรพบว่า วิธีการปลูกมันสำปะหลังที่เหมาะสมให้ผลผลิตสูงคือการปลูกด้วยวิธีการปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลังให้ตั้งตรงหรือเอียงได้ไม่เกิน 45 องศา ให้มีความลึกประมาณ 5-10 เซนติเมตร สำหรับการปลูกต้นฤดูฝนและลึก 10-15 เซนติเมตร สำหรับการปลูกปลายฤดูฝน การปักท่อนพันธุ์ตั้งตรงทำให้รากและหัวออกรอบโคนต้นอย่างสมดุลดีกว่าการปักเอียง และระยะการปลูกที่เหมาะสมคือที่ระยะปลูกประมาณ 1x1 เมตร (กรมวิชาการเกษตร, 2551) และจากการสำรวจสุ่มวัดความยาวและขนาดท่อนพันธุ์ที่เกษตรกรใช้ในการปลูกพบว่า เกษตรกรตัดท่อนพันธุ์ยาวอยู่ในช่วง 20-30 cm และท่อนพันธุ์ที่ใช้ปลูกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 1-3 cm โดยข้อมูลทางกายภาพของต้นมันสำปะหลัง แสดงใน Table 1

3.2 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

จากการกำหนดหลักเกณฑ์ในการออกแบบและจากผลการศึกษาข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบ จึงได้ออกแบบส่วนประกอบต่างๆของเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบออกเป็น 4 ส่วนหลักๆ คือ

1. ชุดผาลยกร่อง
2. ชุดกำหนดระยะท่อนพันธุ์
3. ชุดปักท่อนพันธุ์
4. ชุดโรยปุ๋ยรองพื้น

โดยมีรายละเอียดการออกแบบดังนี้

1. ชุดผาลยกร่อง

ในส่วนการยกร่องของเครื่องต้นแบบเลือกยกร่องโดยผาลจานคู่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 นิ้ว ซึ่งเป็นขนาดใหญ่เนื่องจากต้องการยกร่องให้ได้ที่ความเร็วรถแทรกเตอร์ต่ำ โดยวางตำแหน่งของผาลไว้ด้านหน้าของตัวเครื่อง

2. ชุดกำหนดระยะท่อนพันธุ์

การกำหนดระยะท่อนพันธุ์กระทำโดยการกำหนดการหมุนของวงล้อป้อนท่อนพันธุ์ ซึ่งขับโดยเพลาของล้อจิกดิน กำหนดอัตราทดเพื่อให้ได้ระยะตามที่กำหนด

Table 1. Physical characteristics of cassava

Physical characteristics	Kasetsart 50	Rayong 9	Rayong 7
1.Age of cassava (months)	12	12	12
2.Keeping time (days)	24	25	23
3.Diameter (mm)			
Maximum diameter	26.0	29.0	29.0
Minimum diameter	11.0	10.0	11.0
Average	17.0	16.6	17.9
4. Curvature(mm)			
Maximum	260.0	175.0	160.0
Minimum	10.0	10.0	0.0
Average	74.9	64.5	32.3
5.Length (mm)			
Maximum	1360.0	1200.0	1500.0
Minimum	500.0	460.0	430.0
Average	872.8	867.4	779.2
6.Weigth (g)			
Maximum	563.6	515.2	532.0
Minimum	47.7	30.9	63.6
Average	165.0	146.8	191.1
7.Moisture (%wb)	60.0	64.4	62.1

3. ชุดปักท่อนพันธุ์

การปักท่อนพันธุ์เลือกใช้การปักโดยล้อเหล็กหุ้มแผ่นยางจำนวน 2 ล้อ ติดตั้งบนเพลาที่ขนานกัน โดยระห่างระหว่างล้อปักสามารถปรับได้โดยอัตโนมัติ ตามขนาดของท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ล้อปักนี้จะถูกขับให้หมุนโดยเพลาอำนวยกำลังจากแทรกเตอร์

4. ชุดโรยปุ๋ยรองพื้น

ติดตั้งชุดโรยปุ๋ยรองพื้นไว้ด้านบนของชุดผาลยกร่อง เพื่อเมื่อโรยปุ๋ยแล้วจะถูกดินกลบฝังไว้ ป้องกันการระเหิด

เครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบแสดงใน Figure 1

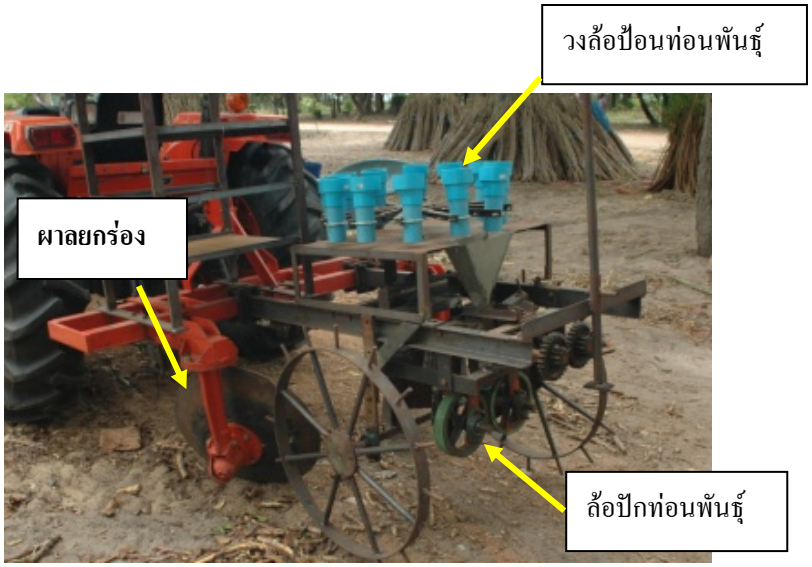


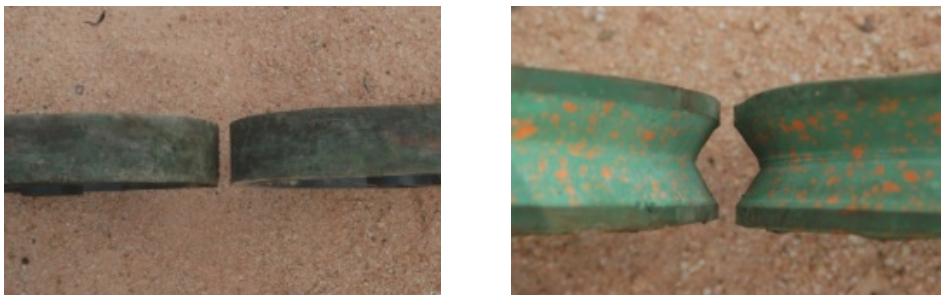
Figure 1. Prototype of cassava planter

3.3 ผลการปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องต้นแบบ

จากปัจจัยที่สำคัญที่เลือกทำการศึกษาจำนวน 3 ปัจจัย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. รูปแบบของล้อปักท่อนพันธุ์

การศึกษานี้เลือกศึกษารูปแบบล้อปัก 2 แบบ คือ ล้อปักแบบหน้าเรียบ และล้อปักแบบร่องวี (Figure 2 (a) และ (b))โดยปัจจัยอื่นที่ควบคุมได้แก่ ความเร็วรอบล้อปัก 540 rpm ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 0.45 ms^{-1} ระยะห่างล้อปักเริ่มต้น 0.5 cm ความยาวท่อนพันธุ์ 25 cm โดยทำการทดสอบจำนวน 3 ซ้ำซ้ำละ 15 ต้น มีค่าชี้ผลคือ ความสามารถในการปักท่อนพันธุ์ มุมเอียงของท่อนพันธุ์ที่ปักได้ และความลึกในการปัก



(a) (b)

Figure 2. (a) Flat wheel and (b) V-wheel

ซึ่งผลการทดสอบต่างๆได้แสดงใน Table 2

Table 2. Result of Testing of Planting Wheel Type

Testing No.	Planting wheel type	Inclination	% of standing plant	Depth
1	Flat wheel	74.33	69.23	12.33
2	Flat wheel	74.20	100.00	11.00
3	Flat wheel	76.00	92.86	11.00
	Average	74.84	87.36	11.44
4	V-wheel	60.75	85.71	13.33
5	V-wheel	62.00	100.00	12.67
6	V-wheel	52.50	100.00	10.00
	Average	58.42	95.24	12

Table 3. Effect of roller rotational speed and roller compression force on percentage of standing plant

Roller rotational speed (rpm)	Roller compression force (F)			Average
	19.62 N	29.43 N	39.24 N	
150	97.78	97.78	97.78	97.78
300	100.00	100.00	95.56	98.52
450	97.78	97.78	100.00	98.52
600	95.56	100.00	100.00	98.52
800	95.56	91.11	93.33	93.33
Average	97.33	97.33	97.33	

จากผลการทดสอบเปรียบเทียบล้อปักทั้งสองแบบตาม Table 2 นั้นพบว่า ล้อปักแบบร่องวีมีความสามารถในการปักท่อนพันธุ์เฉลี่ยได้ดีกว่าล้อปักแบบเรียบ และได้ความลึกเฉลี่ยลึกกว่า แต่ล้อปักแบบเรียบสามารถปักท่อนพันธุ์ได้เอียงเฉลี่ยน้อยกว่าท่อนพันธุ์ที่ปักด้วยล้อปักร่องวี อย่างไรก็ตามท่อนพันธุ์ที่ปักโดยล้อปักแบบร่องวีมีความเอียงอยู่ในช่วง 45-90 องศา ซึ่งยังเป็นช่วงที่เหมาะสมในการปลูกมันสำปะหลัง ตามเอกสารแนะนำการปลูกมันสำปะหลังของกรมวิชาการเกษตร จึงเลือกล้อปักแบบร่องวีสำหรับเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบ

ในส่วนการทดสอบปัจจัยอีก 2 ปัจจัยคือ ความเร็วรอบของล้อปักท่อนพันธุ์ และแรงหนีบกดของล้อปักที่กระทำต่อท่อนพันธุ์มันสำปะหลังซึ่งได้แสดงการปรับความเร็วรอบ ดัง Figure 3 และ Figure 4 นั้น ได้ผลการทดสอบดังแสดงใน Table 3 และ Table 4

Table 4. Effect of roller rotational speed and roller compression force on percentage of cassava stake damaged

Roller rotational speed	Roller compression force (F)			Average
(rpm)	19.62 N	29.43 N	39.24 N	
150	3.33	0.00	0.00	1.11
300	0.00	3.03	0.00	1.01
450	0.00	0.00	3.70	1.23
600	7.87	7.04	12.50	9.14
800	11.92	11.20	18.70	13.94
Average	4.62	4.25	6.98	

จาก Table 3 และ Table 4 พบว่าความเร็วรอบของล้อปักท่อนพันธุ์ที่ทำให้ตาท่อนพันธุ์เสียหายน้อยอยู่ในช่วง 150 – 450 รอบ/นาที โดยตาท่อนพันธุ์ได้รับความเสียหายประมาณ 1.11 เปอร์เซ็นต์ และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อความเร็วรอบของล้อปักเพิ่มขึ้น และแรงบีบกดของล้อปักที่กระทำต่อท่อนพันธุ์ที่ทำให้ตาของท่อนพันธุ์มันสำปะหลังเสียหายน้อยอยู่ในช่วง 19.62 – 29.43 นิวตัน คือเสียหายประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อแรงบีบกดของล้อเพิ่มขึ้น และจากการวิเคราะห์ข้อมูลตามหลักการทางสถิติพบว่า อิทธิพลของความเร็วรอบล้อปัก และอิทธิพลของแรงบีบกดท่อนพันธุ์ ในระดับที่แตกต่างกัน ต่อความสามารถในการปัก และความเสียหายของตาท่อนพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และอิทธิพลของสองปัจจัยไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ดังนั้นในการพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบจะเลือกใช้ค่าความเร็วรอบของล้อปักไม่เกิน 450 รอบ/นาที และเลือกใช้แรงบีบกดของล้อปักที่กระทำต่อท่อนพันธุ์มันสำปะหลังไม่เกิน 29.43 นิวตัน ซึ่งจากตารางผลการทดสอบได้ประสิทธิภาพการปักสูงและความเสียหายของตาท่อนพันธุ์น้อย ซึ่งจะส่งผลให้ท่อนพันธุ์มีอัตราการงอกสูง



Figure 3. Adjustment of roller rotational speed

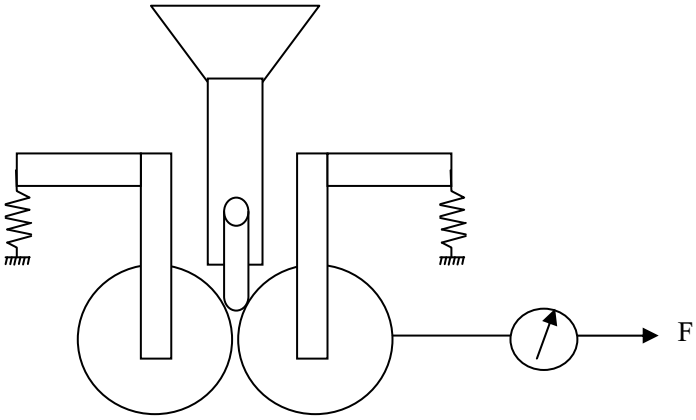


Figure 4. Measurement of roller compression force on a stake



Figure 5. Field testing and measurement

3.4 ผลการทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่องต้นแบบ

หลังจากได้ทดสอบปัจจัยต่างที่สำคัญต่อการทำงานของเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบแล้ว จึงได้นำเครื่องต้นแบบมาทดสอบในแปลงของเกษตรกรเพื่อประเมินสมรรถนะของเครื่องต้นแบบ และประเมินความพึงพอใจของเกษตรกร ดังแสดงใน Figure 5 และได้ผลการทดสอบสมรรถนะตามค่าชี้ผลต่าง ๆ ตาม Table 5

Table 5. Result of Performance testing

Test	Result
Planting space (cm)	119.67x50.33
Inclination (degree)	60.78
Planting Efficiency (%)	92.4
Field capacity (rai/hr.)	1.02
Field efficiency (%)	80.67
Fuel consumption (l/rai)	2.05

สรุปผลการทดลอง

เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์สามารถลดเวลา ขั้นตอนการทำงาน ต้นทุน และแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการปลูกมันสำปะหลังได้ โดยเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ต้นแบบมี 2 รุ่น คือแบบ 1 แถว และ 2 แถว มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนโรยปุ๋ยรองพื้น ส่วนยกร่อง ส่วนป้อนและกำหนดระยะท่อนพันธุ์ และส่วนปักท่อนพันธุ์ มีหลักการทำงานโดยเครื่องจะโรยปุ๋ยรองพื้นแล้วยกร่องกลบและปักท่อนพันธุ์บนร่องตามระยะระหว่างต้นที่กำหนด ผลการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการปักท่อนและความเสียหายของตาท่อนพันธุ์ พบว่าล้อปักควรอยู่ใกล้สันร่องปลูก ล้อปักแบบยางร่องวีสามารถทำงานได้ดีกว่าล้อปักแบบยางเรียบ ความเร็วรอบล้อปักประมาณ 450 รอบ/นาที (ล้อปักมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 เซนติเมตร) และแรงกดสปริงของล้อปักต่อท่อนพันธุ์ประมาณ 29.43 นิวตัน ทิศทางการปักท่อนพันธุ์คือแนวดิ่ง ซึ่งข้อมูลทดสอบปัจจัยทั้งหมดนี้ได้นำมาใช้ปรับแต่งเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบ ผลการทดสอบการสมรรถนะการทำงานในแปลงของเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบแถวเดียว และแบบ 2 แถว โดยใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 37 และ 50 แรงม้าเป็นต้นกำลังตามลำดับ พบว่า มีความสามารถในการทำงาน 1 และ 2 ไร่/ชั่วโมง ที่ระยะการปลูก 50x120 เซนติเมตร ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ 80 และ 75 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.05 และ 2.55 ลิตร/ไร่ ตามลำดับ โดยท่อนพันธุ์ที่ปักได้จากเครื่องต้นแบบทั้งสองแบบจะเอียงตามแนวการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ประมาณ 60-80 องศา ประสิทธิภาพการปักประมาณ 93-95 เปอร์เซ็นต์และมีอัตราการงอกประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างจากการใช้แรงงานคน เมื่อวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่า เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบแถวเดียวและแบบ 2 แถว มีจุดคุ้มทุนการทำงานที่ 103 ไร่/ปี และ 149.48 ไร่/ปี ตามลำดับ ที่อายุการใช้งานเครื่อง 5 ปี โดยเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคนในการปลูกมันสำปะหลัง

อย่างไรก็ตามเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบที่พัฒนาขึ้นนั้น สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยังมีข้อจำกัดในการใช้งานด้วยสภาพดินและการเตรียมดินที่ปลูกมันสำปะหลัง สภาพดินที่เหมาะสมต่อการใช้งานควรเป็นสภาพดินทราย หรือดินร่วนปนทราย และมีการเตรียมดินไถพรวนด้วยผาล 5 หรือผาล 7 เพื่อย่อยดินได้ละเอียด การใช้งานในสภาพดินชนิดอื่นๆ เช่นดินร่วนหรือดินเหนียว ควรมีการทดสอบและพัฒนาต่อไป

คำขอบคุณ

ทางคณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณท่านผู้อำนวยการสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม คุณอัคคพล เสนาณรงค์ ที่ได้สนับสนุนให้คำชี้แนะต่างๆ ขอขอบคุณ ดร.อนุชิต ฉ่ำสิงห์ ที่ได้ช่วยสอนแนวทางและระเบียบวิธีการทำวิจัย เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด รวมถึงแง่คิดด้านต่างๆ ขอขอบคุณท่านผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ (ตากฟ้า) ซึ่งให้การสนับสนุนแปลงทดสอบ ขอขอบคุณ คุณบุญชู ที่ช่วยประสานงานในการจัดหาแปลงทดสอบ ให้คำแนะนำ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ระหว่างการทดสอบที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ ขอบคุณนายช่าง ลูกจ้างประจำ และพนักงานราชการของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ที่ช่วยงานอย่างขันแข็งนอกจากนี้ยังมีผู้ที่ได้ให้การสนับสนุนในด้านต่างๆแต่มิได้เอ่ยนาม ซึ่งล้วนแต่มีส่วนส่งเสริมให้โครงการวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการดำเนินงานอย่างดี ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2551. การปลูกมันสำปะหลัง. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6. 40น.

กล้าณรงค์ ศรีรอต. 2549. สถานภาพวัตถุดิบในการผลิตเอทนอลของประเทศไทย. สืบค้นจาก: http://www.cassava.org [3 มีนาคม 2549]

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พเชษฐ์. 2544. ข่าววิจัยพัฒนา. เดลินิวส์ จันทร์ที่ 29 ตุลาคม 2544 หน้า 27

ธีรภัทร ศรีนรคุตร. 2545. วิจัยผลิตเอทานอลเกรดสูงจากมันสำปะหลัง ลดการนำเข้าเคมีภัณฑ์. โครงการวิจัยเอทานอลจากมันสำปะหลัง สถาบันพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. สืบค้นจาก: http://www.itdoa.com/news_itda/science/doc_19.htm [7 สิงหาคม 2545]

วงศ์สุภัทร คงสวัสดิ์. 2549. บันทึกประเทศไทยปลาย 2547: สถานการณ์พลังงานไทยปี 2548 – 2551. หนังสือพิมพ์โพสทูเดย์. สืบค้นจาก: http://www.posttoday.com/thailand2547/plang.html [5 พฤษภาคม 2549]

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2551. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร. http://www2.oae.go.th/pdffile/commodity.pd [พฤศจิกายน 2550]

สุรพงษ์ เจริญรัถ, นันทวรรณ สโรบล, กุลศิริ กลั่นนุรักษ์, อาภาณี โภคประเสริฐ, เสาวรี ตังสกุล, จรุงสิทธิ์ ลิ่มศิลา และอุดม เลียบวัน. 2550. กิจกรรมการศึกษาโอกาสและข้อจำกัดของการผลิตพืช

ไร่เศรษฐกิจสำคัญงานทดลองประเมินความคุ้มค่าการลงทุนและสภาวะความเสี่ยงของเกษตรกรจากความแปรปรวนด้านการผลิตและราคาของผลผลิตมันสำปะหลังและอ้อย, น.135-139. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องแนวทางการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง. 159น.

สนับสนุนส่งออกพืชเศรษฐกิจภาคเหนือตอนบนด้วยกลยุทธ์ความปลอดภัยด้านอาหารพืช

Supporting Exports of Economic Crops in Upper Northern Region by Food Safety Strategies

อาทิตยา พงษ์ชัยสิทธิ์ ลาภิสรา วงศ์แก้ว วิทยา อภัย เนาวรัตน์ ตั้งมั่นคงวรกูล สุทธินี ลิขิตตระกูลรุ่ง
สมเพชร เจริญสุข นงพงา โอลเสน ฉัฐนัย ตั้งมั่นคงวรกูล สิริพร มะเจี่ยว ประกาสิต เมืองมูล
สุรัชนี ตันตระกูล อนรรค อุปมาลี จงรัก อิ่มใจ นิสิต บุญเพ็ง ธเนศวร์ สีระแก้ว
นิพัฒน์ สุขวิบูลย์ อุทัย นพคุณวงศ์

Athitaya Pongchaisit Lapitsara Wongkaew Wittaya Apai Naowarat Tangmunkongvorakul
Suttinee Likhittragulrung Sompech Chareonsuk Nongpanga Olsen Nuttanai Tangmunkongvorakul
Siriporn Majiew Pakasit Muangmool Suratchanee Tuntragul Anakoop Ooppamalee Jongrak Imji
Nisit Boonpeng Thanet Serakaew Nipat Sukhvibul Uthai Nopakhunwong

ABSTRACT

The export of economic crops in upper northern region gains many billions baht per year. The high value crops are longan, mango, okra, lychee, greenpea and sweet pepper. There are many problems in exporting such as low quality of products or over limit of pesticides residue due to inappropriate applications of farmers or low standard of agricultural products (fertilizers, seeds and pesticides). According these problems, Office of Agricultural Research and Development Region (OARD1) has supported farmers and exporters in order to increase safe and good quality of production by food safety strategies during 2011-2013. Agricultural shops have been continuously inspected to meet the requirement of permission to sell and provide good agricultural inputs. OARD1 permitted about 4,054 shops, 66 shops with certified Q-shop and 9,297 titles. Total 409 of pesticides were sampled to analyze the active ingredients and found that 13.2% were below FAO specifications. Total 1,087 of fertilizers were analyzed and found that 86 samples were below standard. Farms and manufactures have been improved by quality certification with GAP, GMP and GFP. Total 79,717 GAP farms with 415,047.82 rai, 887 organic farms, 19 organic packing houses, 85 GMP and 65 GFP for SO_2 fumigation were certified. Total 6,009 plant samples were analyzed for pesticide residues, mostly found cypermethrinand chlorpyrifos, respectively. OARD1 also provided 18,163 of health certification before exporting. Moreover, two laboratories have been certified

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 จ.เชียงใหม่ (Office of Agricultural Research and Development Region 1, Chiang Mai)

accreditation of ISO/IEC 17025:2005. One is a laboratory for analysis of organophosphorus in longan. Another is a laboratory for total nitrogen, total phosphate and soluble potash. With these OARD1 activities, farmers and exporters can improve safety, quality and exporting value of economic crops in upper northern region.

Key words: pesticide residue, health certification, GAP, Organic, GMP, GFP

บทคัดย่อ

การส่งออกพืชเศรษฐกิจสำคัญในภาคเหนือตอนบนสร้างรายได้ให้ประเทศไทยหลายพันล้านบาทต่อปี พืชเศรษฐกิจที่ส่งออกมากคือลำไย มะม่วง กระเจี๊ยบเขียว ลิ้นจี่ ถั่วลันเตา และพริกหวาน ปัญหาการส่งออกที่สำคัญคือ ผลผลิตมีคุณภาพต่ำและ/หรือมีสารพิษตกค้างเกินมาตรฐานการส่งออก เนื่องจากปัจจัยการผลิตทางการเกษตรด้อยคุณภาพและเกษตรกรใช้ปัจจัยการผลิตอย่างไม่ถูกต้อง จนอาจเป็นประเด็นกีดกันทางการค้าหรือเป็นข้อจำกัดในการขยายตลาดต่างประเทศระหว่างปี 2554-2556 สวพ. 1 จึงได้ดำเนินงานด้านบริการวิชาการเพื่อแก้ไขปัญหาการส่งออกผลผลิตพืชใน 8 จังหวัด ภาคเหนือตอนบน ตามยุทธศาสตร์ความปลอดภัยด้านอาหารพืชของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ อย่างต่อเนื่องคือการควบคุมมาตรฐานร้านค้าปัจจัยการผลิตการเกษตร 4,054 ร้านค้า ซึ่งเป็นร้าน Q-shop 66 ร้านค้าและออกใบอนุญาตจำหน่าย 9,297 ฉบับ การสุ่มเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์วัตถุอันตรายทางการเกษตร 409 ตัวอย่าง พบว่า ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานขององค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ 13.2% การรับรองแหล่งผลิต GAP พืช 79,717 แปลง รวม 415,047.82 ไร่ การรับรองแหล่งผลิตพืชอินทรีย์ 887 แปลง และการรับรองโรงคัด/แปรรูปผลิตภัณฑ์พืชอินทรีย์ 19 โรง การให้บริการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผลิตผลโดยห้องปฏิบัติการของ สวพ. 1 ซึ่งได้รับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005 จากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ด้านวิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 5 ชนิด ได้แก่ ไดอะซินอน พิริมิฟอส-เมทิล มาลาไธออน คลอไพริฟอสและอีไทออน รวม 6,009 ตัวอย่าง พบมีสารไซเปอร์เมทรินตกค้างมากที่สุด รองลงมาคือ สารคลอไพริฟอส ออกใบรับรองสุขอนามัยเพื่อการส่งออกรวม 18,163ฉบับ ให้บริการวิเคราะห์ปุ๋ยเคมีโดยห้องปฏิบัติการซึ่งได้รับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005 จากกรมวิทยาศาสตร์บริการด้านการวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี 3 ชนิด คือ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสเฟตทั้งหมดและโพแทชที่ละลายน้ำรวม 1,087 ตัวอย่าง พบว่าเป็นปุ๋ยผิดมาตรฐาน จำนวน 86 ตัวอย่าง นอกจากนี้ยังได้รับรองโรงคัดบรรจุผลผลิตตามมาตรฐาน GMP จำนวน 85 โรง และโรงรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตามมาตรฐาน GFP จำนวน 65 โรง การดำเนินงานของ สวพ. 1 ทำให้เกษตรกรและผู้ประกอบการมีการปรับปรุงการผลิตการจัดการหลังเก็บเกี่ยวและการส่งออกจนผลิตผลมีมาตรฐานและสามารถเพิ่มศักยภาพการส่งออกพืชเศรษฐกิจของภาคเหนือตอนบน

คำสำคัญ : สารพิษตกค้าง, ใบรับรองสุขอนามัย, การรับรองแหล่งผลิตพืช, เกษตรอินทรีย์, โรงคัดบรรจุ, โรงรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

คำนำ

ภาคเหนือตอนบนมี 8 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ ลำปาง เชียงราย ลำพูน แพร่ น่าน พะเยา และแม่ฮ่องสอน สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาการเกษตรจะอยู่ตามที่ลาดเชิงเขา มีพื้นที่ทำการเกษตร 29.2 ล้านไร่ พืชเศรษฐกิจที่สำคัญมีข้าว พืชไร่ เช่นข้าวโพด ถั่วเหลือง พืชสวน เช่น ไม้ผล คือ ลำไย ลิ้นจี่ ส้มเปลือกล่อน มะม่วง ส้มโอ สตรอเบอรี่ และพืชผัก เช่นพริก ข้าวโพดฝักอ่อน ถั่วเหลืองฝักสด หอมหัวใหญ่ หอมแดง กระเทียม พืชผักตระกูลกะหล่ำ รวมทั้งพืชผักเมืองหนาวพบว่าภาคเหนือตอนบนมีศักยภาพในการผลิตพืชได้หลากหลาย ซึ่ง สวพ.1 รับผิดชอบในเขตภาคเหนือตอนบนมีหน้าที่หลักคือ วิจัยพัฒนาพืชและบริการตรวจสอบรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตร ตั้งแต่ปี 2547 รัฐบาลกำหนดเป็นปีเริ่มต้นแห่งความปลอดภัยด้านอาหารตามยุทธศาสตร์ความปลอดภัยด้านอาหารของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ภายใต้กำกับดูแลของกรมวิชาการเกษตร สวพ. 1 ได้ดำเนินตามยุทธศาสตร์ 4 ด้าน คือ 1) ด้านปัจจัยการผลิตและวัตถุดิบ 2) ด้านการผลิตระดับแปลงเกษตรกร 3) ด้านโรงงาน 4) ด้านผลผลิต จากผลการดำเนินการตามยุทธศาสตร์ความปลอดภัยอาหารในระยะที่ 1 (2548-2551) ประสบความสำเร็จได้เป้าหมายตามที่ตั้งเป้าไว้และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียตั้งแต่ระดับฟาร์มจนถึงผู้ส่งออกมีความรู้ และตระหนักถึงความปลอดภัยทางด้านอาหาร แต่ยังมีปัญหาด้านการปฏิบัติในทุกกลุ่มที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากมาตรฐานและความปลอดภัยของสินค้าเกษตรและอาหารเป็นภารกิจหลักของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงได้จัดทำยุทธศาสตร์ระยะที่ 2 (2553-2555) ภายใต้ยุทธศาสตร์มาตรฐานความปลอดภัยสินค้าเกษตรและอาหาร เพื่อให้ครอบคลุมเรื่องมาตรฐานสอดคล้องกับสถานการณ์การผลิตและการค้าในปัจจุบันที่ให้ความสำคัญในเรื่องมาตรฐานให้ประเทศไทยเป็นแหล่งสินค้าการเกษตรและอาหารของโลกที่ปลอดภัยนำไปสู่ความมั่นคงด้านอาหารอย่างแท้จริงมีด้วยกัน 5 ยุทธศาสตร์(สำนักบริหารยุทธศาสตร์กลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน1, 2557) ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกรมวิชาการเกษตรและ สวพ.1 นำนโยบายมาปฏิบัติในพื้นที่รับผิดชอบด้วยกัน 3 ประเด็นยุทธศาสตร์ คือ ยุทธศาสตร์ที่ 2 สนับสนุนผู้ผลิตเข้าสู่ระบบมาตรฐานโดยตรวจรับรองแหล่งผลิต GAP พืชตรวจรับรองแหล่งผลิตพืชอินทรีย์ ตรวจรับรองโรงคัดบรรจุผักผลไม้และโรงรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ยุทธศาสตร์ที่ 3 วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์และตลาดสินค้าเกษตร ได้บริการตรวจสอบปัจจัยการผลิต ดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัตถุอันตรายทางการเกษตรสารพิษตกค้าง จุลินทรีย์และโรคพืช ได้พัฒนาห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต จนได้รับการรับรองความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005 เป็นที่ยอมรับในระดับสากล และยุทธศาสตร์ที่ 5 สร้างความมั่นใจในมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารไทย ดำเนินการกำกับดูแล พรบ. 3 ฉบับ ด้านพันธุ์พืช ปุ๋ย และวัตถุอันตรายทางการเกษตร โดยออกใบอนุญาตขายปัจจัยการผลิตดังกล่าว และอำนวยความสะดวกในการออกใบรับรองสุขอนามัยสำหรับการส่งออกในพืชควบคุมเฉพาะ 21 ชนิด ซึ่ง สวพ.1 ดำเนินการภายใต้โครงการความปลอดภัยทางด้านอาหารตั้งแต่

ระยะที่ 1 ถึงปัจจุบัน เพื่อสนับสนุนปัจจัยการผลิตพืชให้มีมาตรฐาน ผลผลิตมีคุณภาพ ลดปัญหาการกีดกันทางการค้าและเพิ่มปริมาณการส่งออกให้ยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การปฏิบัติงานภายใต้ยุทธศาสตร์ที่ 2 สนับสนุนผู้ผลิตเข้าสู่ระบบมาตรฐาน

1. การตรวจรับรองแหล่งผลิต GAP พืช และการผลิตพืชอินทรีย์

มีขั้นตอนการรับรองแหล่งผลิต GAP พืชและการผลิตพืชอินทรีย์ ดังนี้

1.1 เกษตรกรยื่นคำขอรับรองและเอกสารแนบที่สวพ. 1 หรือศวพ.เครือข่าย

1.2 เจ้าหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องของคำขอ ขอบข่ายและเอกสารแนบ

1.3 สวพ. 1 คัดเลือกคณะผู้ตรวจประเมินที่มีคุณสมบัติเหมาะสม

1.4 คณะผู้ตรวจประเมินวางแผนงานและเตรียมการตรวจประเมิน

1.5 คณะผู้ตรวจประเมินตรวจให้สอดคล้องกับหลักเกณฑ์และเงื่อนไขในการตรวจประเมินแหล่งผลิต GAP พืช หรือการตรวจประเมินการผลิตพืชอินทรีย์ซึ่งการตรวจประเมินมี 3 ประเภท คือการตรวจรับรองการตรวจติดตาม (เฉพาะการรับรองแหล่งผลิต GAP พืช) และการตรวจต่ออายุ

1.6 หัวหน้าผู้ตรวจประเมินทำรายงานและสรุปการตรวจประเมินส่งสวพ.1

1.7 คณะกรรมการรับรองมาตรฐานการผลิต GAP พืชพิจารณารับรองแหล่งผลิต GAP พืชและเกษตรอินทรีย์

1.8 สวพ. 1 ออกใบรับรองแหล่งผลิต GAP พืชและเกษตรอินทรีย์พร้อมจัดส่งให้เกษตรกร

หมายเหตุ 1. การตรวจต่ออายุมีขั้นตอนเหมือนกับการตรวจรับรองแหล่งผลิตพืช

2. การตรวจติดตามเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1.3-1.8

2. การตรวจรับรองโรงรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)

มีขั้นตอนการดำเนินงานรับรองโรงรมก๊าซ SO_2 (กลุ่มพัฒนาระบบตรวจรับรองมาตรฐานการผลิต,2554ก) ดังนี้

2.1 การตรวจเพื่อรับรองโรงรมก๊าซ SO_2

2.1.1. ผู้ประกอบการยื่นคำขอรับรองและเอกสารแนบที่สวพ.1 และเจ้าหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้อง

2.1.2. สวพ.1 คัดเลือกผู้ตรวจประเมินและนัดหมายวันที่เข้าตรวจกับผู้ประกอบการ

2.1.3. ตรวจสอบคุณสมบัติบุคลากรและสภาพห้องรมและทดสอบประสิทธิภาพห้องรม

2.1.4. หัวหน้าผู้ตรวจประเมินรวบรวมข้อมูลและสรุปรายงานส่ง สวพ. 1

2.1.5. คณะกรรมการรับรองมาตรฐานการผลิตพืชพิจารณาให้การรับรอง

2.1.6. สวพ. 1 ออกใบรับรองโรงรมก๊าซ SO_2พร้อมจัดส่งให้ผู้ประกอบการ

2.2 การตรวจเพื่อเฝ้าระวังโรงรมก๊าซ SO_2

2.3 การตรวจเพื่อต่ออายุการรับรองโรงรมก๊าซ SO_2 (ขั้นตอนเหมือนตรวจเพื่อการรับรอง)

3. การรับรองมาตรฐานโรงงานผลิตสินค้าพืช(GMP)

มีขั้นตอนการรับรองมาตรฐานโรงงานผลิตสินค้าพืช(กลุ่มพัฒนาระบบตรวจรับรองมาตรฐานการผลิต, 2554ข)

3.1 การตรวจเพื่อรับรองโรงงานผลิตสินค้าพืช

3.1.1 ผู้ประกอบการยื่นคำขอรับรองและเอกสารแนบที่สวพ.1

3.1.2 เจ้าหน้าที่ตรวจสอบคำขอและคุณสมบัติของผู้ขอ และส่งคำขอให้ผู้ตรวจประเมิน

3.1.3 ผู้ตรวจประเมินตรวจรับรองโรงคัดบรรจุและสรุปผลการตรวจและมอบต้นฉบับให้ผู้ประกอบ

3.1.4 ผู้ตรวจประเมินสรุปผลเสนอคณะกรรมการรับรองมาตรฐานโรงคัดบรรจุเพื่อพิจารณาให้การรับรอง

3.1.5 สวพ. 1ออกใบรับรองมาตรฐานโรงคัดบรรจุพร้อมจัดส่งให้ผู้ประกอบการ

3.2การตรวจติดตามโรงคัดบรรจุอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

3.3 การตรวจเพื่อต่ออายุการรับรองโรงคัดบรรจุ (ขั้นตอนเหมือนตรวจเพื่อการรับรอง)

การปฏิบัติงานภายใต้ยุทธศาสตร์ที่ 3วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์และตลาดสินค้าเกษตร

1. การขอรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบตามมาตรฐาน ISO/IEC17025: 2005

มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1.1 การพัฒนาบุคลากรโดยส่งบุคลากรเข้ารับการฝึกอบรมข้อกำหนดของระบบ ISO/IEC17025: 2005

1.2 การจัดทำเอกสารที่เกี่ยวข้องในระบบคุณภาพ (ดุษฎี, 2548)

1.3 การเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมี

1.4 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ (อุมาพร และอารีย์, 2553)

1.5 การประมาณค่าความไม่แน่นนอนของวิธีทดสอบ

1.6 การควบคุมคุณภาพผลการทดสอบ ทั้งภายใน และภายนอกห้องปฏิบัติการ

1.7 การตรวจติดตามคุณภาพภายใน ดำเนินการอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

1.8 การจัดประชุมทบทวนระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการโดย ผอ. สวพ.1 เป็นประธาน

1.9 การยื่นขอรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบตามมาตรฐาน ISO/IEC17025:2005 โดยจัดส่งเอกสารในระบบคุณภาพให้หน่วยรับรองเพื่อประกอบการขอรับรอง

2. การวิเคราะห์สารพิษตกค้างในพืช และผลิตผลทางการเกษตร

ใช้วิธี In house method based on H.Steinwandter, Fresenius Z. Anal. Chem., 322 (1985) 752-754 ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีด้วยเครื่องมือ

2.1 แก๊สโครมาโตรกราฟ สำหรับวิเคราะห์สารกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส ออร์กาโนคลอรีน และไพรีทรอยด์

2.2 ลิควิดโครมาโตรกราฟสมรรถนะสูงที่ต่อพ่วงกับเครื่องทำสารอนุพันธ์ ใช้วิเคราะห์สารกลุ่มคาร์บาเมต

3. การวิเคราะห์ปุ๋ยตัวอย่าง

3.1 ปุ๋ยเคมี

3.1.1 การหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยวิธี In-house method: TS-5.4-01 based on AOAC official method of Analysis (18^{th} ed.) 2005, 955.04. (AOAC, 2005)

3.1.2 การหาปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด โดยวิธี In-house method: TS-5.4-02 based on AOAC official method of Analysis (18^{th} ed.) 2005, 958.01. (AOAC, 2005)

3.1.3 การหาปริมาณโพแทชที่ละลายน้ำ โดยวิธี In-house method: TS-5.4-03 based on OMAF 1987, 4.3.3 (OMAF, 1987)

3.2 ปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธี In-house method based on AOAC and OMAF(AOAC, 2005 และ OMAF, 1987) และคู่มือวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์ กรมวิชาการเกษตร (กลุ่มวิจัยเคมี, 2551)

การปฏิบัติงานภายใต้ยุทธศาสตร์ที่ 5 สร้างความมั่นใจในมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารไทย

1. การควบคุมร้านจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

เพื่อควบคุมปัจจัยการผลิตทางการเกษตร 3 ชนิด (ปุ๋ย วัตถุอันตราย และเมล็ดพันธุ์)ให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ในพ.ร.บ. (สำนักควบคุมพืชและวัตถุการเกษตร, 2547)

1.1 การออกใบอนุญาตขายปัจจัยการผลิต มีขั้นตอนดังนี้

1.1.1 ผู้ประกอบการยื่นใบขออนุญาตและเอกสารแนบ ณ สวพ. 1 และศวพ. เครือข่าย

1.1.2 เจ้าหน้าที่ตรวจสอบคุณสมบัติผู้ประกอบการและความถูกต้องเอกสารแนบ

1.1.3 สวพ. 1 พิจารณาออกใบอนุญาตขายปัจจัยการผลิต ซึ่งมีอายุ 1 ปี ยกเว้นใบอนุญาตขายพันธุ์พืชมีอายุสิ้นปีแห่งปีปฏิทิน

1.2 การตรวจสอบปัจจัยการผลิตที่จำหน่ายในร้านค้า

1.2.1 สารวัตรเกษตรของสวพ.1 และศวพ.เครือข่ายวางแผนและออกตรวจสอบร้านค้า

1.2.2 สุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพในห้องปฏิบัติการ

1.2.3 ดำเนินคดีหากพบมีการลักลอบจำหน่ายปัจจัยการผลิตคุณภาพต่ำกว่าเกณฑ์

1.3 ส่งเสริมโครงการร้านจำหน่ายปัจจัยการผลิตที่มีคุณภาพ คัดเลือกร้านค้าที่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด โดยกรมวิชาการเกษตรออกใบประกาศและได้รับป้ายสัญลักษณ์ร้าน Q shop

2. การออกใบรับรองสุขอนามัยเพื่อการส่งออกในพืชควบคุมเฉพาะ (สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช, 2555)

2.1 ผู้ส่งออกจดทะเบียนผู้ส่งออกกับสำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช

2.2 ระบุประเทศและสินค้าที่จะส่งออก ซึ่งต้องได้รับการรับรองแหล่งผลิต GAP พืช

2.3 ผู้ส่งออกต้องมีโรงคัดบรรจุผักผลไม้ที่ได้รับรอง GMP หรือ HACCP กรณีส่งยุโรป

2.4 ผู้ส่งออกต้องมีโรงรมก๊าซSO_2ที่ได้รับรอง GFP กรณีส่งออกลำไยสดหรือลิ้นจี่สด

2.5 การออกใบรับรองสุขอนามัย (แบบ พ.ก. 11-1)

2.6 ผู้ประกอบการส่งออกนำใบรับรองสุขอนามัยและ/หรือสำเนาใบรับรองสุขอนามัยและแบบ พ.ก.11.1ให้เจ้าหน้าที่ ณ ด่านตรวจพืชที่จะส่งออกเพื่อออกใบรับรองสุขอนามัยพืช

ผลการทดลองและวิจารณ์

การปฏิบัติงานภายใต้ยุทธศาสตร์ที่ 2 สนับสนุนผู้ผลิตเข้าสู่ระบบมาตรฐาน

1. การตรวจรับรองแหล่งผลิต GAP พืชและการผลิตพืชอินทรีย์

สวพ.1 เริ่มตรวจรับรองแหล่งผลิต GAP พืชตั้งแต่ปี 2547 การดำเนินงานปี 2554-2556 พบว่าปี 2554 มีแปลงที่จดทะเบียนขอรับรองแหล่งผลิต GAP พืชสูงสุด จำนวน 113,997 แปลง รวม 607,566.88 ไร่ รองลงมาคือปี 2555 จำนวน 108,922 แปลง รวม 546,685.92 ไร่ และปี 2556 จำนวน 98,430 แปลง รวม 509,399.72 ไร่ โดยปี 2556 ได้รับการรับรองแหล่งผลิตพืชสูงสุด 80.99% รองลงมาคือปี 2555 และ 2554 คือ 75.59 และ 75.58% ตามลำดับ (Table 1)ในพืช 5 ลำดับแรกที่ยื่นขอและได้รับรองแหล่งผลิต GAP พืชมากที่สุด คือ ลำไย รองลงมาคือ ข้าวโพดหวาน ผักตระกูลกะหล่ำ พืชตระกูลถั่ว และลิ้นจี่ ตามลำดับจำนวนแปลงที่ยื่นจดทะเบียนมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเป็นแปลงที่ได้รับการรับรองแล้วหรือเกษตรกรเปลี่ยนไปปลูกพืชอื่น และขอยกเลิกเอง เนื่องจากการขอรับรองแหล่งผลิต GAP พืชเป็นมาตรฐานสมัครใจ สวพ.1 เริ่มตรวจการผลิตพืชอินทรีย์ตั้งแต่ปี 2545 ตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของประเทศไทย (สถาบันพืชอินทรีย์. 2549) โดยมีขอบข่ายครอบคลุมถึงแหล่งผลิตพืช โรงคัดบรรจุและแปรรูป มีรูปแบบการขอรับรองเป็นรายเดี่ยว รายกลุ่มเกษตรกรต่อโครงการ โดยเฉพาะโครงการหลวง มีการขอรับรองระบบการผลิตพืชอินทรีย์จำนวน 15 โครงการ จาก 38 โครงการ ซึ่งในปี 2556 ได้มีการปรับเปลี่ยนใช้มาตรฐาน มกษ. 9,000 เล่ม 1-2552 ความแตกต่างระหว่างมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของประเทศไทย และมาตรฐาน มกษ. คือ ระยะปรับเปลี่ยนเดิมนับตั้งแต่ปรับเปลี่ยนมาผลิตพืชอินทรีย์ ในพืชล้มลุก 1 ปี และไม้ยืนต้น 3ปี แต่มาตรฐาน มกษ. นับตั้งแต่วันยื่นใบสมัครกับหน่วยรับรอง ในไม้ล้มลุก 12 เดือน และไม้ยืนต้น 18 เดือน ถ้ามีหลักฐานพิสูจน์ได้ว่ามีการผลิตเป็นเกษตรอินทรีย์มาแล้วตามระยะปรับเปลี่ยนที่กำหนด สามารถลดระยะการปรับเปลี่ยนได้สูงสุดไม่เกิน 6 เดือน

จากการตรวจรับรองแหล่งผลิตพืชอินทรีย์ระหว่างปี 2554-2556 พบว่าผลการตรวจรับรองสูงกว่าแปลงเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยปี 2555 มีผู้ยื่นคำขอสูงสุด 939 แปลง และในปี 2556 ได้รับการรับรองสูงสุด 887 แปลง คิดเป็นร้อยละ 99.44 ของจำนวนแปลงที่ยื่นคำขอข้อบกพร่องที่พบมากที่สุดคือ แปลงปลูกไม่มีแนวกันชน หรือมีแต่ไม่หนาแน่นเพียงพอ หรือแปลงที่ยื่นขอรับรองยังไม่พ้นระยะการปรับเปลี่ยน การบันทึกของฟาร์มไม่สมบูรณ์ เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีการรับรองโรงคัดบรรจุ/แปรรูปเกษตรอินทรีย์ ซึ่งมีผู้ยื่นคำขอ 21 โรง ได้รับการรับรอง 19 โรง คิดเป็นร้อยละ 90.48 ของผู้ยื่นคำขอข้อบกพร่องที่พบส่วนมากมีการผลิตแบบคู่ขนานทั้งการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์และการผลิตแบบเกษตรทั่วไป ไม่มีการแบ่งแยกสายการผลิตให้ชัดเจนทำให้มีโอกาสปนเปื้อนและสูญเสียการเป็นอินทรีย์ ซึ่งอายุใบรับรองแหล่งผลิตพืชอินทรีย์ โรงคัดบรรจุ/แปรรูปมีอายุการรับรอง 1 ปี

2. การตรวจโรงรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

สวพ.1 ให้บริการตรวจรับรองโรงรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเขตภาคเหนือตอนบน จังหวัดที่มีโรงรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มี 4 จังหวัด คือ เชียงใหม่ ลำพูน พะเยา และเชียงราย ในปี 2554-2556 มีโรงรมที่ยื่นขอการรับรองทั้งสิ้น 71 โรงรม ได้รับการรับรอง 65 โรงรม โดยโรงรมที่ได้รับการรับรองสามารถส่งลำไย และลิ้นจี่ไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้ ในการตรวจรับรองโรงรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นการรับรองสภาพห้องรม อุปกรณ์ประกอบการรม และความเข้าใจในการรมของผู้ประกอบการและผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งผู้ประกอบการจะต้องให้ความร่วมมือกับเจ้าหน้าที่ในการตรวจประเมิน รวมถึงพร้อมแก้ไขข้อบกพร่องที่ได้รับจากการตรวจประเมิน ลักษณะโรงรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ผ่านการรับรองคือ 1. สถานที่ตั้งของโรงรมอยู่ห่างจากชุมชน กลิ่นของ SO_2 ไม่กระทบต่อชุมชน 2. บริเวณโดยรอบโรงรมสะอาด มีระบบระบายน้ำที่เหมาะสม มีการแบ่งพื้นที่ในการปฏิบัติงานอย่างชัดเจน 3. ห้องรมมีความมั่นคงแข็งแรง มีขนาดเหมาะสมกับปริมาณสินค้าที่จะรม มีระบบหมุนเวียนอากาศ อุปกรณ์สำหรับการรม หอบำบัด เหมาะสมพร้อมใช้งาน 4. ไม่มีการรั่วซึมของห้องรม และหอบำบัด และ 5. ผลการวิเคราะห์การตกค้างของ SO_2 ไม่เกินค่ามาตรฐาน (50 มก./กก.)

3. ผลการรับรองมาตรฐานโรงงานผลิตสินค้าพืช (GMP)

การตรวจรับรองโรงคัดบรรจุ (GMP) ผักผลไม้ในปี 2555– 2556 ได้รับการรับรองทั้งสิ้น 85 โรงคัด เป็นโรงคัดลำไยสดมากที่สุด 62 โรง รองลงมาคือหอมแดง และจังหวัดที่มีโรงคัดบรรจุที่รับรองมากที่สุด คือ ลำพูน จำนวน 44 โรง รองลงมาคือ เชียงใหม่ 39 โรงเชียงราย และพะเยา จังหวัดละ 1 โรง โรงคัดบรรจุส่วนใหญ่ปฏิบัติได้สอดคล้องกับข้อกำหนดและมีการแก้ไขข้อบกพร่องตามมาตรฐานที่กำหนด ข้อบกพร่องที่พบ คือ 1) ไม่มีป้ายชี้บ่งขั้นตอนการผลิตและสถานที่ปฏิบัติงาน 2) อุปกรณ์ทำความสะอาดไม่เพียงพอ 3) สถานที่ปฏิบัติงานขาดการทำความสะอาดที่เพียงพอและขาดอุปกรณ์ป้องกันสัตว์เข้ามาสถานที่ปฏิบัติงาน และ 4) การบันทึกเวลาในการปฏิบัติงานไม่สมบูรณ์

การปฏิบัติงานภายใต้ยุทธศาสตร์ที่ 3วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์และตลาดสินค้าเกษตร

1. การขอรับรองความสามารถของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005

1.1 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์สารพิษตกค้าง วิธีทดสอบการหาปริมาณออร์กาโนฟอสฟอรัสในลำไยสดมี ขอบข่าย 5 ชนิด คือ คลอไพรีฟอสไดอะซินอน มาลาไธออนพิริมิฟอสเมทริล และอีไธออน ได้รับการรับรอง เมื่อวันที่ 14 ตุลาคม 2553 จาก กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข หมายเลขทะเบียนที่ได้รับการรับรอง 1192/53

1.2 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย 3 วิธีทดสอบในปุ๋ยเคมี คือ การหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในช่วง 2.6-46.5% การหาปริมาณฟอสเฟตทั้งหมดในช่วง 2.6-52.2% และการหาปริมาณโพแทชที่ละลายน้ำในช่วง 2.5-60.4% ได้รับการรับรองเมื่อวันที่ 18 กันยายน 2555 จาก กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหมายเลขทะเบียนที่ได้รับการรับรอง 0093/55

1.3 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์วัตถุอันตรายทางการเกษตร 2 วิธีทดสอบในวัตถุอันตรายทางการเกษตร คือ การหาปริมาณคลอไพรีฟอส และการหาปริมาณไซเปอร์เมทริน กำลังยื่นขอจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข และคาดว่าจะได้รับการรับรองในปี 2557 นี้

2. ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในพืช และผลิตผลทางการเกษตร

ในระหว่างปี 2554 – 2556 มีพืชที่ทำการวิเคราะห์ 28 ชนิด รวม 6,009 ตัวอย่าง พืชที่มีการส่งตรวจวิเคราะห์มากที่สุด 4 อันดับคือ ลำไย พริก ลิ้นจี่ และมะม่วง ตามลำดับลำไยเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการส่งตรวจวิเคราะห์มากที่สุด 3,278 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง 1,884 ตัวอย่าง คิดเป็น 57.48% สารพิษตกค้างที่ตรวจพบมี 26 ชนิดแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต 20 ชนิด เช่น คลอไพรีฟอส, อีไธออน, ไซฮาโลทรีน, อีพีเอ็น และไดอะซินอน เป็นต้น กลุ่มออร์แกโนคลอไรด์ ได้แก่ เอ็นโดซัลแฟน และกลุ่มสารสังเคราะห์ไพรีทรอยด์ 5 ชนิด ไซเปอร์เมทริน, เฟนวาเลอเรต, เพอร์เมทริน, เดลทาเมทริน และ ไซฟลูทริน (Table 2) ในปี 2554 – 2556 กลุ่มสารเคมีที่อนุญาตให้ใช้ตกค้างเกินเกณฑ์มาตรฐาน 7.84%, 14.41% และ 0.90% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ามีการใช้สารเคมีลดลง เนื่องจากเกษตรกรปฏิบัติตาม GAP พืชแต่ยังพบสารพิษตกค้างบางชนิด ได้แก่ อีไธออน และไดอะซีนอน ที่มีการตกค้างเกินค่า MRLs ในเปอร์เซ็นต์ที่สูงทุกปี อีไธออพบ 91.1%, 75% และ 98.56% ตามลำดับ ไดอะซีนอนพบ 60% และ 100% ตามลำดับ ดังนั้นควรมีการให้คำแนะนำแก่เกษตรกรมากขึ้น และเก็บตัวอย่างส่งวิเคราะห์อย่างสม่ำเสมอ เพื่อดูแนวโน้มของการใช้สารเคมีและเฝ้าระวังไม่ให้เป็นปัญหาต่อการส่งออกในอนาคตส่วนวัตถุอันตรายที่กรมวิชาการเกษตรเฝ้าระวัง ได้แก่ อีพีเอ็น และเมทิดาไธออน ยังคงพบว่ามีการใช้และในปี 2555 พบวัตถุอันตรายชนิดที่ 4 (วอ.4) จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ อะซิฟอสเอทิล เมทามิโดฟอส พาราไธออน พาราไทออนเมธิลและเอ็นโดซัลแฟน เนื่องจากเมื่อมีการตรวจพบสาร วอ.4 จะแจ้งผลการตรวจพบไปยังกลุ่มถ่ายถอดเทคโนโลยี สวพ.1 เพื่อให้คณะกรรมการรับรองมาตรฐานพิจารณา กรณีที่เป็นแปลงใหม่จะไม่ให้การรับรอง แต่ถ้าเป็นแปลงที่

ได้รับการรับรองแล้วใช้สาร วอ.4 อยู่คณะกรรมการมีสิทธิ์เพิกถอนการรับรองได้เช่นเดียวกับสารเคมีที่อนุญาตให้ใช้กรณีเกินมาตรฐาน ทำให้เกษตรกรตระหนักถึงความสำคัญของการใช้สารเคมีที่ถูกต้อง ทำให้ปี 2556 การตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างมีแนวโน้มลดลงก่อให้เกิดประโยชน์กับเกษตรกร ในการจำหน่ายผลผลิตที่มีคุณภาพ และเป็นการเพิ่มศักยภาพในการส่งออก

3. ผลการวิเคราะห์ปุ๋ย

ในปี 2554-2556 ห้องปฏิบัติการ ให้บริการวิเคราะห์ตัวอย่างกับหน่วยงานต่างๆ คือ หน่วยราชการ (ภายใน และภายนอกกรมวิชาการเกษตร) 262 ราย (56.47%) บริษัทเอกชน 157 ราย (33.83%) และเกษตรกร 45 ราย (9.70%) ตัวอย่างที่ส่งวิเคราะห์ ได้แก่ ปุ๋ยเคมี 522 ตัวอย่าง (50%) ปุ๋ยอินทรีย์ 436 ตัวอย่าง (41.76%) และปุ๋ยอินทรีย์เคมี 86 ตัวอย่าง (8.24%) นอกจากนี้ยังมีตัวอย่างอื่นๆ เช่น กระดูกป่น ขุยไผ่ น้ำหมัก กากน้ำตาล ซังข้าวโพด ครั่ง และก้อนเห็ด โดยตัวอย่างดังกล่าวส่งวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณธาตุอาหาร ซึ่งจะนำไปเป็นส่วนผสมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อขอรับการขึ้นทะเบียน โดยการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อขึ้นทะเบียนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากเดิมในปี 2554 มี 30 ตัวอย่าง (8.45%) เพิ่มขึ้นเป็น 41 ตัวอย่าง (10.93 %) ในปี 2556 มีปุ๋ยเคมีวิเคราะห์เพื่อขึ้นทะเบียน 18 ตัวอย่าง (4.8%) เพิ่มขึ้นจากปี 2554 - 2555 ที่ไม่มีปุ๋ยเคมีวิเคราะห์เพื่อขึ้นทะเบียน สาเหตุที่ทำให้มีจำนวนตัวอย่างเพิ่มเพราะมีผู้ผลิตปุ๋ยมากขึ้น โดยมีผู้ผลิตทั้งในและนอกเขตพื้นที่ให้บริการ การได้รับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการเป็นการสร้างความมั่นใจให้กับผู้ผลิตและผู้ประกอบการว่าผลการวิเคราะห์ที่ได้มีความถูกต้อง แม่นยำ และเชื่อถือได้สำหรับระยะเวลาในการวิเคราะห์นั้น พบว่าสามารถลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ลงได้ ในปุ๋ยเคมีจากเดิมใช้เวลาในการวิเคราะห์เฉลี่ย 29.5 วันทำการ เมื่อเข้าสู่ระบบคุณภาพระยะเวลาในการวิเคราะห์ลดลงเหลือ 19.4 วันทำการ ซึ่งสามารถลดลงได้ถึง 33.2 % สำหรับปุ๋ยอินทรีย์นั้นไม่ได้อยู่ในขอบข่ายที่ขอการรับรอง แต่เมื่อปฏิบัติตามระบบคุณภาพระยะเวลาในการวิเคราะห์ลดลงจาก 22.8 วันทำการ เหลือ 20.7 วันทำการ โดยสามารถลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ได้ 9.2% การได้รับการรับรองตาม ISO/IEC 17025 นอกจากจะช่วยสร้างความมั่นใจในผลการวิเคราะห์ ยังเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหาปุ๋ยปลอมหรือผิดมาตรฐานได้โดยช่วยป้องกันและลดข้อโต้แย้งในวิธีการและผลการวิเคราะห์ ในการดำเนินคดีตามกฎหมาย ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ.2518 แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ.2550 ซึ่งจะเป็นการช่วยให้เกษตรกรได้ใช้ปุ๋ยตรงตามสูตร มีคุณภาพตรงตามความต้องการ และเป็นการพัฒนาบุคลากรในห้องปฏิบัติการให้มีความสามารถตามระบบ ISO/IEC 17025: 2005 ทั้งในด้านคุณภาพและวิชาการ ทำให้ห้องปฏิบัติการสามารถเป็น Reference Laboratory ตามนโยบายกรมวิชาการเกษตรเพื่อพัฒนาไปสู่ AEC 2015 ต่อไป

4. การวิเคราะห์วัตถุอันตรายทางการเกษตร

การสุ่มเก็บตัวอย่างวัตถุอันตรายทางการเกษตรในปี 2554 – 2556 จาก 46 ร้านค้า ที่ห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ตาม FAO พบว่า 409 ตัวอย่าง ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 355 ตัวอย่าง (86.8%) และไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 54 ตัวอย่าง (13.2%) แบ่งเป็นจำนวน

ตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์ 84.21%, 80% และ 100% ตามลำดับ และจำนวนตัวอย่างที่ไม่ผ่านเกณฑ์ 15.79%, 20% และ 0% ตามลำดับ นั่นคือ จำนวนตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์มีจำนวนมากขึ้น ในขณะที่ตัวอย่างไม่ผ่านเกณฑ์มีจำนวนลดลง จากการสำรวจร้านค้าจำหน่ายวัตถุอันตรายทางการเกษตร พบว่า ร้านค้าส่วนใหญ่ปฏิบัติตามคำแนะนำจากกรมวิชาการเกษตร ผ่านการฝึกอบรมสำหรับร้านค้าที่ขายปัจจัยการผลิต มีใบอนุญาตที่เป็นปัจจุบัน เห็นได้จากเปอร์เซ็นต์ตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามลำดับในแต่ละปี ทำให้เกษตรกรมีการใช้วัตถุอันตรายอย่างถูกต้องและเหมาะสมกับชนิดของศัตรูพืช แต่บางร้านค้ายังขาดการจัดการที่เหมาะสม ซึ่งอาจมีข้อจำกัดในเรื่องสถานที่ หรือมีสาเหตุมาจากภาชนะบรรจุเกิดการรั่วซึม ถูกแสงแดดตลอดเวลา สารเกิดการปนเปื้อน มีการตกตะกอนของสาร โดยเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องควรมีการควบคุมดูแลให้ดีขึ้น

การปฏิบัติงานภายใต้ยุทธศาสตร์ที่ 5 สร้างความมั่นใจในมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารไทย

1.การควบคุมร้านจำหน่ายปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

การตรวจสอบคุณภาพปัจจัยการผลิตจากร้านจำหน่ายในภาคเหนือตอนบนพบว่าเชียงรายมีร้านค้าปัจจัยการผลิตมากที่สุด คือ 1,145 ร้าน รองลงมา คือ เชียงใหม่ 1,072 ร้าน น่าน 399 ร้าน ลำปาง 375 ร้าน พะเยา 391 ร้าน ลำพูน 330 ร้าน แพร่ 298 ร้าน และแม่ฮ่องสอน 84 ร้าน ร้านขายปัจจัยการผลิตที่ได้รับ Q Shop มากที่สุด ได้แก่ เชียงใหม่ 19 ร้าน รองลงมาคือ เชียงราย 18 ร้าน ลำปาง 9 ร้าน น่าน 7 ร้าน ลำพูน 4 ร้านแพร่ พะเยา และแม่ฮ่องสอนจังหวัดละ 3 ร้าน ในช่วงปี 2554-2556 ได้ออกใบรับรองอนุญาตขายปัจจัยการผลิต 21,908 ฉบับ เป็นใบอนุญาตขายปุ๋ยมากที่สุด 8,488 ฉบับ รองลงมาคือพันธุ์พืช 6,721 ฉบับ และวัตถุอันตรายทางการเกษตร 6,699 ฉบับจากตัวอย่างของวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่สุ่มเก็บ 280 ตัวอย่าง รองลงมา พันธุ์พืช 165 ตัวอย่าง และปุ๋ย 169 ตัวอย่าง ได้มาตรฐาน 97.5% 89.7% และ 66.5%ตามลำดับ (Table 3) สาเหตุที่ปัจจัยการผลิตไม่ได้คุณภาพเพราะผู้ประกอบการผลิตสินค้าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเพื่อลดต้นทุนการผลิตเช่นผลิตสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชผลิตปุ๋ย และผลิตเมล็ดพันธุ์พืชควบคุมมีมาตรฐานและคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ สวพ.1 จะรวบรวมหลักฐานพร้อมผลวิเคราะห์ส่งกรมวิชาการเกษตรเพื่อดำเนินคดีต่อไป

2. ผลการออกใบรับรองสุขอนามัยเพื่อการส่งออกในพืชควบคุมเฉพาะ

สวพ.1 ดำเนินการสุ่มเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์สารพิษตกค้างในพืช รวมทั้งออกใบรับรองสุขอนามัยตั้งแต่ปี 2547-2553 และในเดือนมกราคม 2554 มีการถ่ายโอนภาระกิจการสุ่มเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในพืชส่งออกให้แก่ บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาเชียงใหม่ แต่ในการออกใบรับรองสุขอนามัย (พก.11-1) เป็นหน้าที่ของ สวพ.1 จากผลการดำเนินงาน พบว่าพืชที่ส่งออกและขอใบรับรองสุขอนามัยที่สวพ.1 มี 14 ชนิด ในการส่งออกจะมีทั้งสด แช่แข็ง อบแห้งทั้งเปลือก อบแห้งเฉพาะเนื้อ อบแห้งสีทอง และบดเป็นผง พืชที่ส่งออก 5 ลำดับแรก คือ ลำไย มะม่วง กระเจี๊ยบเขียว ผักรวม และลิ้นจี่ ตามลำดับ จำนวนใบรับรองสุขอนามัยที่ออกเพื่อประกอบการส่งออก 18,163 ฉบับ ในพืช 5 ลำดับแรกคือ ลำไย มะม่วง กระเจี๊ยบเขียว

ลิ้นจี่ และถั่วลันเตา ตามลำดับ ในปี 2555 มีปริมาณการส่งออกมากที่สุด 178,137,426 กิโลกรัม ใบรับรองสุขอนามัยมากที่สุด 8,185 ฉบับ แต่ปริมาณการส่งออกมีแนวโน้มลดลงในปี 2556 เพราะประเทศคู่ค้าตั้งเงื่อนไขการนำเข้าเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะประเทศสาธารณประชาชนจีนที่รับซื้อลำไยไทยมากที่สุด มีการเข้มงวดในการตรวจสารตกค้าง SO_2ในลำไยสดและตรวจเฝ้าระวังสารพิษตกค้างชนิดอื่นในลำไยสดเพื่อเป็นมาตรการเฝ้าระวังและแจ้งเตือนมาที่ประเทศไทยบ่อยๆ นอกจากนั้นการส่งออกในพืชควบคุมเฉพาะ 21 ชนิด (ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2556) ไปยุโรปโรงคัดบรรจุต้องได้รับการรับรอง HACCP หรือประยุกต์ตาม HACCP ซึ่งในเขตรับผิดชอบของ สวพ.1 มีโรงคัดบรรจุเพียง 1 แห่ง ที่ได้รับรอง HACCP คือ โรงคัดบรรจุของวิสาหกิจชุมชนส้มโอเวียงแก่น ที่ จ.เชียงราย หรือกรณีการส่งลำไยสดไปประเทศอินโดนีเซียต้องขอโควต้าส่งออกก่อนส่งออก 6 เดือน และมีการจำกัดด่านนำเข้าในช่วงปลายปี 2556 ปริมาณการส่งออกลำไยและขอใบรับรองสุขอนามัยที่ สวพ.1 ลดลง ทางกรมวิชาการเกษตรมีประกาศว่า ผักและผลไม้แปรรูปให้ขอใบรับรองสุขอนามัยที่ สมพ. เท่านั้นในปี 2554-2556 ประเทศที่นำเข้าผักและผลไม้จากประเทศไทยและขอใบรับรองสุขอนามัยที่ สวพ.1 มีทั้งหมด 15 ประเทศ 5 อันดับแรก คือจีน (ลำไยสดมากที่สุด) ญี่ปุ่น (มะม่วงแช่แข็ง ลำไยแช่แข็ง กระเจี๊ยบเขียวแช่แข็ง และผักรวมแช่แข็ง) สิงคโปร์ (ลำไยอบแห้งทั้งเปลือก ลำไยสด) อินโดนีเซีย (ลำไยสด ลิ้นจี่สด) และฝรั่งเศส (ลำไยสด และมะม่วงแช่แข็ง) อุปสรรคที่พบในการออกใบรับรองสุขอนามัยเพื่อการส่งออกที่พบมากที่สุด คือ 1) ผู้ประกอบการไม่ปฏิบัติตามคู่มือการตรวจสอบและออกใบรับรองสุขอนามัย ส่งเอกสาร พก.11 และ พก.11.1 ล่าช้า ข้อมูลไม่ครบถ้วนและไม่ถูกต้องขาดรหัสแปลง GAP ของเกษตรกร หรือไม่ระบุเบอร์ตู้สินค้า กรณีส่งลำไยไปสาธารณรัฐประชาชนจีนทางเรือไม่ระบุเที่ยวเรือ BL (BILL OF LOADING) หรือขนส่งทางรถยนต์ไม่ระบุหมายเลข seal ซึ่งออกโดยกรมวิชาการเกษตร 2) สินค้าที่ผู้ประกอบการขอสุ่มตัวอย่างตรวจสารพิษตกค้างมีน้อยกว่า 70% ของตู้ ซึ่งผิดเงื่อนไขการสุ่มตัวอย่าง 3) ขอเพิ่มหรือลดน้ำหนักผลผลิตหลังจากออกใบรับรองสุขอนามัย 4) ยกเลิกใบรับรองสุขอนามัยกรณีเลื่อนวันส่งออก

สรุปผลการทดลอง

สวพ.1 ให้บริการตรวจสอบรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตร ระหว่างปี 2547-2551 ตามยุทธศาสตร์ความปลอดภัยด้านอาหารและต่อเนื่องมาสู่ยุทธศาสตร์ระยะที่ 2 ระหว่างปี 2553-2555 ภายใต้ยุทธศาสตร์มาตรฐานความปลอดภัยสินค้าเกษตรและอาหารและสืบเนื่องจนถึงปัจจุบันตามยุทธศาสตร์ที่ 2 ได้มีการตรวจรับรองแหล่งผลิต GAP พืชใน 28 พืช/กลุ่มพืช 79,717 แปลง เป็นพื้นที่ 415,047.82 ไร่ และรับรองระบบการผลิตพืชอินทรีย์ 887 แปลง รวมทั้งโรงคัดบรรจุและแปรรูปเกษตรอินทรีย์ 19 โรง นอกจากนั้นมีการตรวจรับรองโรงคัดบรรจุผักและผลไม้ 85 โรง และโรงรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 65 โรง ส่วนยุทธศาสตร์ที่ 3 ได้พัฒนาห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิตจนได้รับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐาน

ISO/IEC 17025:2005 ในด้านสารพิษตกค้างเมื่อปี 2553 จากวิทยาศาสตร์การแพทย์และปี 2556 ขอขยายขอบข่ายในด้านวัตถุอันตรายทางการเกษตรและด้านปุ๋ยเคมี เมื่อปี 2555 ได้มีการวิเคราะห์ปุ๋ย 1,087 ตัวอย่าง และวัตถุอันตรายทางการเกษตร 409 ตัวอย่าง และตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในพืชในแปลงรับรองแหล่งผลิต GAP พืช 6,009 ตัวอย่าง พบสารไซเปอร์เมทริน และคลอไพรีฟอสมากที่สุด แต่พบสารที่เกินค่า MRLs มากที่สุด คือ อีพีเอ็นและไดเมทไธเอตและยุทธศาสตร์ที่ 5 มีการตรวจร้านขายปัจจัยการผลิตตาม พรบ.ปุ๋ย วัตถุอันตรายทางการเกษตรและพันธุ์พืช 4,054 ร้านค้า ร้าน Q shop 66 ร้านค้าใบอนุญาต 9,297 ฉบับ จากการตรวจสอบปัจจัยการผลิต ดิน น้ำ ปุ๋ย พืช และวัตถุอันตรายทางการเกษตรให้ได้มาตรฐานมีการควบคุมกำกับร้านขายปัจจัยการผลิตเพื่อขายปัจจัยการผลิตที่มีคุณภาพ เมื่อเกษตรกรนำมาใช้ในการผลิตพืชให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานการผลิต GAP พืช และโรงคัดบรรจุได้มาตรฐาน GMP/HACCP และโรงรมก๊าซ SO_2 ได้มาตรฐาน GFP ผู้ประกอบการต้องเป็นผู้จดทะเบียนเป็นผู้ส่งออกกับกรมวิชาการเกษตรในพืชควบคุมเฉพาะ ต้องมีการตรวจสารพิษตกค้างตามเงื่อนไขของประเทศผู้นำเข้าและผลไม่เกินค่า MRLs ในระหว่างปี 2554-2556 ออกใบรับรองสุขอนามัย 18,163 ฉบับ ในพืช 14 ชนิด ผลผลิตส่งออกทั้งสิ้น 405,077,957 กิโลกรัม เป็นพืชลำไยมากที่สุด ฉะนั้นการส่งออกจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อปัจจัยการผลิตมีคุณภาพ เกษตรกรใช้ปัจจัยการผลิตได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ระบบการตรวจสอบมีมาตรฐานทั้ง GAP พืช และเกษตรอินทรีย์รวมทั้งโรงคัดบรรจุและโรงรมก๊าซ SO_2 ได้มาตรฐาน ท้ายที่สุดผลผลิตมีคุณภาพไม่มีสารพิษตกค้างเกินเกณฑ์มาตรฐานเพื่อเพิ่มศักยภาพส่งออกพืชเศรษฐกิจสู่อาเซียนและตลาดโลกต่อไป

คำขอบคุณ

คณะทำงานและเจ้าหน้าที่สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 ที่ให้ข้อมูลและบูรณาการทางด้านความคิด รวมทั้งให้ความร่วมมือในการจัดทำงานวิจัยให้บรรลุวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่วางไว้ ท้ายที่สุดขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญ และ ผอ.สวพ.1 ที่ให้โอกาสในการดำเนินงานครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มพัฒนาระบบตรวจรับรองมาตรฐานการผลิต สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช. 2554ก. ระบบการรับรองโรงงานผลิตสินค้าเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ. 92 หน้า.

กลุ่มพัฒนาระบบตรวจรับรองมาตรฐานการผลิต สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช. 2554ข. คู่มือตรวจประเมินโรงรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กรมวิชาการเกษตรกรุงเทพฯ. 73 หน้า.

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี. 2551. คู่มือวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 49หน้า.

ญาณพัฒน์ อู่ทองทรัพย์. 2549. ข้อกำหนดในระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน มอก.7025-2548. กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรุงเทพฯ.110 หน้า.

ดุษฎี มั่นความดี. 2548. การพัฒนาห้องปฏิบัติการสู่มาตรฐาน ISO/IEC 17025 (การเขียนคู่มือคุณภาพ). เอกสารประกอบการฝึกอบรม. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กำหนดพืชเป็นพืชควบคุมเฉพาะ พ.ศ. 2556.(14 พฤศจิกายน 2556).ราชกิจจานุเบกษา. 130(ตอนพิเศษ 158 ง). หน้า 12.

สถาบันพืชอินทรีย์. 2549. มาตรฐานการผลิตพืชอินทรีย์ของประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 5. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ. 30 หน้า.

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร ศูนย์สารสนเทศ และสำนักงานเลขานุการกรมวิชาการเกษตร. 2547. คู่มือและขั้นตอนการปฏิบัติงานตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535.พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักวิจัย และพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1. 65 หน้า.

สำนักบริหารยุทธศาสตร์กลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน1. 2557. แผนพัฒนากลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน1พ.ศ. 2557-2560. 88 หน้า

สำนักพัฒนาระบบรับรองมาตรฐานสินค้าพืช กรมวิชาการเกษตร. 2555. คู่มือเจ้าหน้าที่การตรวจสอบและออกใบรับรองสุขอนามัย. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด กรุงเทพฯ. 116หน้า

อุมาพร สุขม่วง และ อารีย์คชฤทธิ์. 2553. ความใช้ได้ของวิธีทดสอบ. เอกสารประกอบการฝึกอบรม. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

Official Method of Analysis of Fertilizers. 1987. Official Method OMAF 4.3.3. The National Institute of Agro-Environmental Sciences. Ministry of Agriculture Forestry and Fisheries.Tsukuba. Japan

Official Method of Analysis of AOAC International. 2005. AOAC International Gaithersburg, MD, USA, Official Method 955.04. 18thed.

Official Method of Analysis of AOAC International. 2005. AOAC International Gaithersburg, MD, USA, Official Method 958.01. 18thed.

Table 1. Results of GAP certifications in 2011-2013

Crops	Register			GAP certifiedand valid		
	plot	farmer	rai	plot	farmer	rai
2011	113,997	78,362	607,566.88	86,155 (75.58%)	61,334	465,774.75
2012	105,922	68,161	546,685.92	80,069 (75.59%)	48,590	396,221.99
2013	98,430	57,384	509,399.73	79,717 (80.99%)	46,982	415,047.82

Table 2. Results of pesticide resdue

	2011		**2012**		**2013**	
	No.Example	**% MRLs**	**No.Example**	**% MRLs**	**No.Example**	**% MRLs**
1. Organophoshate group						
azinphos ethyl	-	-	3	100	-	-
Chlonpyrifos	166	-	190	2.1	323	0.31
diazinon	5	60	7	100	1	100
dimethoate	-	-	17	100	-	-
EPN	-	-	18	100	-	-
ethion	34	91.18	12	75	209	98.56
fenitrothion	-	-	1	100	-	-
l-cyhalothrin	4		6		10	10
malathion	-	-	1	100	-	-
methamidophos	-	-	6	100	-	-
methidathion	2	100	-	-	-	-
monocrotophos	-	-	2	100	-	-
parathion methyl	-	-	2	100	-	-
parathion	-	-	4	100	-	-
phesalone	-	-	2	100	-	-
pirimiphos ethyl	-	-	-		1	100
pirimiphos methyl	-	-	3	-	-	-
profenophos	1	100	2	100	-	-
prothiophos	-	-	3	66.64	-	-
triazophos	-	-	1	100	1	-
2. Pyrethroid group						
cyfluthrin	-	-	6	33.33	2	100
cypermethrin	311	1.29	290	2.76	229	0.44
deltamethrin	-	-	1	100	2	
fenvalerate	-	-	3	-	-	-
permethrin	-	-	2	50	-	-
3. Organochlorine group	-					
endosulfan	-	-	1	100	-	-

Table 3. Number of samples and results of analysis

Year	Fertilizers		Pesticides		Seeds	
	Samples	Certified	Samples	Certified	Samples	Certified
2011	85	57	98	95	43	41
2012	69	49	76	74	47	39
2013	100	63	106	104	75	68
Total	254	169	280	273	165	148
% Pass spec.	66.5		97.5		89.7	

การพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานให้บริการห้องปฏิบัติการเครือข่ายตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กรมวิชาการเกษตร

Quality Criteria Development for Collaborative Fertilizer Analysis Department of Agriculture

อมรา หาญจวณิช [1] วรรณรัตน์ ชุติบุตร [1] จริยา วงศ์ตรี [1] วิทยา อภัย [2] ชัยศักดิ์ แผ้วพลสง [3]
นาตยา จันทร์ส่อง [4] จิราภา เมืองคล้าย [5] เกษสิริ ฉันทวิริยะพูล [6] อรพิน หนูทอง [7]
อนนท์ สุขสวัสดิ์ [8] จริยา ประศาสน์ศรีสุภาพ [1]

Omara Hanjavanich [1] Wannarut Chutibut [1] Jariya Wongtree [1] Wittaya Apai [2]
Chaisak Paewpolsong [3] Nattaya jansong [4] Chirapha Muangklai [5] Kedsiri Chantapiriyapoon [6]
Orapin Nuthong [7] Anon Suksawat [8] Jaiiya Prasatsrisupab [1]

ABSTRACT

One of the missions of Agricultural Production Science Research and Development Office (APSRDO) is to provide high quality fertilizer analysis. Therefore, the standard operating criteria have been established for collaborating all of fertilizer laboratory analysis services governed by Department of Agriculture (DOA).This commitment is to develop fertilizer laboratory of Office of Agricultural Research and Development (OARD) Region 1-8 and finally achieving ISO/IEC 17025 accreditation.

The fertilizer collaborative network was introduced from 2008-2013 which firstly carried out by strengthening performance of staff members with specific training programs in combination with fertilizer analysis techniques and ISO/IEC 17025 knowledge, then supporting sufficiency budget for setting up the necessary instruments. Furthermore, quality control of fertilizer results was monitored by generated internal reference material (IRM), blind samples and provided the fertilizer Proficiency Testing program; have been consistently sent through central and regional fertilizer

[1] สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (Agricultural Production Science Research and Development Office)
[2] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 จ.เชียงใหม่ (Office of Agriculture Research and Development Region 1 Chiang Mai)
[3] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 จ.ขอนแก่น (Office of Agriculture Research and Development Region 3 Khonkaen)
[4] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 จ.อุบลราชธานี (Office of Agriculture Research and Development Region 4 Ubolratthani)
[5] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 จ.ชัยนาท (Office of Agriculture Research and Development Region 5,Chai Nat)
[6] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 จ.จันทบุรี (Office of Agriculture Research and Development Region 6 Chanthaburi)
[7] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 จ.สุราษฎร์ธานี (Office of Agriculture Research and Development Region 7 Suratthani)
[8] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8 จ. สงขลา (Office of Agriculture Research and Development Region 8 Songkla)

laboratories. Thus, their testing or measurement performances were regularly evaluated. Finally completing the accreditation assessment based on the norm ISO/IEC 17025

Since the collaborative fertilizer analysis program has been launched, the fertilizer laboratories of OARD were successfully certified in accordance with the recognized International Standard ISO/IEC 17025. In addition, 2,641 bottles of IRM was valuably produced saving nearly 14 M Bt. cost on IRM purchased from international providers.

This evidence proved that these laboratories have excellent performance in fertilizer analysis and high measurement quality as DOA standard. With 8 convenient laboratory services throughout Thailand, customers or users have more flexibility in which accessible services resulting in much more cost and time saving. This standard makes more efficiency in monitoring and controlling the quality of fertilizer traded in Thailand.

Key word: laboratory**,** fertilizer analysis

บทคัดย่อ

สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรได้ดำเนินการพัฒนาคุณภาพและสร้างมาตรฐานการให้บริการห้องปฏิบัติการเครือข่ายตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กรมวิชาการเกษตรขึ้น เพื่อพัฒนาห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย สวพ. 1-8 ให้ได้การรับรองระบบตามมาตรฐาน ISO/IEC17025 จัดทำมาตรฐานห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยและตรวจติดตามให้ทุกห้องปฏิบัติการมีมาตรฐานการวิเคราะห์ปุ๋ย เป็นมาตรฐานเดียวกันและเป็นมาตรฐานกรมวิชาการเกษตรดำเนินการระหว่างปี พ.ศ. 2551 - 2556 มีขั้นตอนการดำเนินการคือ การให้ความช่วยเหลือด้านวิชาการ การของบประมาณสนับสนุน การเตรียมความพร้อมของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย สวพ. และยื่นขอการรับรองระบบตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 การควบคุมและเฝ้าระวังคุณภาพห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาค โดยวิธีควบคุมภายนอก ผ่านกิจกรรมโครงการทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย และประเมินห้องปฏิบัติการด้วยตัวอย่างไม่แจ้งค่า (Blind sample) อย่างสม่ำเสมอ วิธีควบคุมภายในโดยการจัดทำและส่งวัสดุอ้างอิงภายใน (Internal reference material, IRM) เพื่อใช้ควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ปุ๋ย ผลของการดำเนินการโครงการสรุปได้ว่าห้องปฏิบัติการเครือข่ายส่วนภูมิภาคได้รับการรับรองระบบตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 มีความสามารถในการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ย โดยมีมาตรฐานการวิเคราะห์เดียวกับ สปผ. และเป็นมาตรฐานกรมวิชาการเกษตร และจากการดำเนินโครงการนี้ได้ผลิตตัวอย่างอ้างอิงภายในรวมทั้งสิ้น 2,641 ขวด คิดเป็นมูลค่า 14 ล้านบาททดแทนการสั่งซื้อจากต่างประเทศ

จากการที่กรมวิชาการเกษตรได้พัฒนาและสร้างมาตรฐานห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยของกรมวิชาการเกษตร ทั้ง 8 แห่ง ให้มีมาตรฐานการวิเคราะห์เป็นมาตรฐานเดียวกันและเป็น

มาตรฐานสากลทำให้ผู้ขอรับบริการสามารถมั่นใจในความถูกต้องเที่ยงตรงของผลวิเคราะห์ มีช่องทางเลือกในการส่งตัวอย่างปุ๋ยเพื่อวิเคราะห์ ทำให้การบริการวิเคราะห์ปุ๋ยของกรมวิชาการเกษตรทำได้ทั่วถึง และเพิ่มความสะดวกให้กับผู้ขอรับบริการ และการควบคุมกำกับดูแลคุณภาพปุ๋ยในท้องตลาดของกรมวิชาการเกษตรมีประสิทธิภาพ

คำหลัก: ห้องปฏิบัติการ, วิเคราะห์ปุ๋ย

คำนำ

ปุ๋ยเป็นปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่สำคัญปัจจัยหนึ่ง โดยเฉพาะปุ๋ยเคมีซึ่งมีความจำเป็นต้องใช้ในการเพิ่มผลผลิตพืชแต่ไม่สามารถผลิตเองได้ในประเทศไทย ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าปุ๋ยเคมีของประเทศไทยระหว่างปี 2545-2551 พบว่ามูลค่าการนำเข้าเพิ่มสูงขึ้นเกือบ 4 เท่า จาก 2.0 – 7.56 หมื่นล้านบาท ขณะที่ปริมาณนำเข้าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย (Figure1) ปุ๋ยเคมีจึงเป็นสินค้านำเข้าด้านปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่มีมูลค่ามากและมีผลกระทบโดยตรงอย่างมากต่อประเทศไทย ซึ่งประชากรส่วนใหญ่คือเกษตรกร จากมูลค่าของปุ๋ยเคมีที่เพิ่มขึ้นดังกล่าว เป็นเหตุให้มีผู้ฉวยโอกาสผลิตและจำหน่ายปุ๋ยเคมีปลอม ปุ๋ยเคมีผิดมาตรฐาน ตลอดจนนำปุ๋ยที่เสื่อมคุณภาพมาจำหน่าย ทำให้เกษตรกรเสียประโยชน์ เกิดความความเสียหายต่อเศรษฐกิจและสังคม

เพื่อเป็นการรักษาผลประโยชน์ของเกษตรกร จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมกำกับตามกฎหมาย พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 โดยอาศัยการพิจารณาผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยของห้องปฏิบัติการเป็นหลัก กรมวิชาการเกษตรเห็นความสำคัญของคุณภาพห้องปฏิบัติการวิเคระห์ จึงได้จัดทำคำรับรองกับสำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ในมิติคุณภาพการให้บริการเรื่อง ความสำเร็จของการพัฒนาห้องปฏิบัติการตามระบบ ISO/IEC 17025 ในปี พ.ศ. 2550 โดยกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี เป็นหน่วยงานที่มีภารกิจในการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพปุ๋ย ได้ดำเนินการพัฒนาห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพปุ๋ยเพื่อขอการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบ ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025: 2005 และได้ยื่นขอการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบต่อสำนักบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เมื่อ 21 กันยายน 2550 ผ่านการประเมินและได้รับการรับรอง เมื่อวันที่ 23 กันยายน 2551 ลำดับการรับรองที่ 0028 และเพื่อให้มาตรฐานการวิเคราะห์ปุ๋ยของกรมวิชาการเกษตรมีคุณภาพเท่าเทียมกันทั้งห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยส่วนกลางและส่วนภูมิภาค กรมวิชาการเกษตรจึงกำหนดนโยบายมอบหมายให้สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร เป็นแกนในการจัดทำโครงการพัฒนาและสร้างมาตรฐานห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยกรมวิชาการเกษตร โดยกำหนดให้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยของสำนักวิจัยพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1-8 (สวพ. 1-8) ได้รับการรับรองตามมาตรฐานสากลเช่นเดียวกันกับส่วนกลาง โดยมี

วัตถุประสงค์หลัก คือพัฒนาห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพปุ๋ยส่วนภูมิภาค ให้มีความสามารถทัดเทียมกับห้องปฏิบัติการส่วนกลาง เป็น**มาตรฐานเดียวกันทั้งกรม และผ่านการรับรองตามมาตรฐานสากล** เพื่อให้ผู้ใช้บริการ หรือผู้ที่เกี่ยวข้องมั่นใจในผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง แม่นยำ เชื่อถือได้ ของห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพปุ๋ยทุกแห่งของกรมวิชาการเกษตร

จากการรวบรวมข้อมูลในพื้นที่เพื่อวางแผนการดำเนินงานพบว่า สวพ. 2 จังหวัดพิษณุโลก มีการพัฒนาห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ด้านสารพิษตกค้างทางการเกษตรตามข้อตกลงกับสำนักงานอาหารและสัตวแพทย์ หรือ เอฟ วี โอ ของ อี ยู แล้ว และอยู่ระหว่างขยายขอบข่ายด้านปุ๋ย โดยได้รับงบประมาณในการสร้างอาคารใหม่ ดังนั้นคณะทำงานจึงมีแผนในการพัฒนาห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยส่วนภูมิภาคทุกแห่ง แต่ให้ได้รับการรับรอง 7 แห่ง

คณะทำงานของ สปผ.และเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานทุกระดับ ได้ร่วมกัน ประชุมวางแผนปฏิบัติงาน ร่วมวิเคราะห์ปัญหาอุปสรรค และนำเสนอกรมฯเพื่อแก้ไขในระดับนโยบาย โดย สปผ. ให้ความช่วยเหลือด้านวิชาการจนได้รับการรับรองตามระบบ ISO/IEC 17025 ทั้ง 7 แห่ง นอกจากนั้น ได้กำหนดมาตรฐานกรมวิชาการเกษตร เพื่อเป็นแนวทางการปฏิบัติงานของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยตามนโยบายของกรมวิชาการเกษตร เพื่อให้มีการปฏิบัติงานเป็นทิศทางเดียวกันทั้งในส่วนกลางและส่วนภูมิภาค โดยมุ่งเน้นไปที่ การรับตัวอย่างเข้าห้องปฏิบัติการ ให้มีการจัดการที่เหมาะสม ปลอดภัยจากปัจจัยภายนอกที่อาจก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพ การสลับตัวอย่าง หรือข้อมูลของตัวอย่างที่จำเป็นต้องปกปิด หรือเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการดำเนินคดีเพื่อมิให้เกิดอคติเอนเอียง เพื่อให้การวิเคราะห์มีความเที่ยงธรรม มีการประเมินคุณภาพห้องปฏิบัติการ รวมทั้งให้มีการควบคุมรายงานผลการทดสอบสามารถเข้าถึงได้เฉพาะผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้อง เพื่อความปลอดภัยของข้อมูล ป้องกันบุคคลอื่นๆที่ไม่เกี่ยวข้อง แก้ไข ทำลาย หรือใช้ประโยชน์จากข้อมูลในทางที่ไม่เหมาะสม การจัดการตัวอย่างภายหลังจากวิเคราะห์แล้วให้มีการเก็บรักษาในเวลาและสถานที่ที่เหมาะสม เพื่อการค้นหาตรวจสอบ และป้องกันมิให้ตัวอย่างที่ต้องการอ้างอิงประกอบการดำเนินคดีสูญหาย หรือเสื่อมสภาพ

ประโยชน์สำคัญที่ได้รับจากการดำเนินงานคือยกระดับห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยของกรมวิชาการเกษตร ให้มีมาตรฐานสากล ทำให้การควบคุมคุณภาพปุ๋ยในประเทศไทยมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพิ่มความมั่นใจให้แก่เกษตรกรว่าได้ใช้ปุ๋ยที่ได้คุณภาพ การที่ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย ได้การรับรองตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ทำให้ผลการวิเคราะห์เป็นที่ยอมรับในระดับประเทศและระหว่างประเทศ สร้างความเชื่อมั่นด้านการตรวจสอบควบคุมคุณภาพปุ๋ยทำให้ลดข้อโต้แย้งในการนำเข้า ส่งออก และการควบคุมตามกฎหมาย พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งอยู่ในความรับผิดชอบของกรมวิชาการเกษตร

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาสมรรถนะห้องปฏิบัติการ และควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ปุ๋ยของประเทศ

2. เพื่อพัฒนาศักยภาพห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย ส่วนภูมิภาค ให้สามารถตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยได้มาตรฐานเท่าเทียมห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยในส่วนกลาง และดำเนินการให้ได้รับการรับรองระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025

3. เฝ้าระวังคุณภาพของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาคทั้ง 8 แห่ง ให้มีคุณภาพได้มาตรฐานอย่างสม่ำเสมอ

อุปกรณ์และวิธีการ

กรมวิชาการเกษตรกำหนดเป็นนโยบาย มอบหมายสำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรร่วมกับ สวพ. 1-8 **พัฒนาศักยภาพห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย ส่วนภูมิภาค** ให้สามารถตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยได้มาตรฐานเท่าเทียมห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยในส่วนกลาง และดำเนินการให้ได้รับการรับรองระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ในปี พ.ศ. 2555-6

สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรมอบหมายกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี เป็นพี่เลี้ยงให้ความช่วยเหลือด้านวิชาการ ในการพัฒนาห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย มีคำสั่งเมื่อ 22 สิงหาคม พ.ศ. 2551

คณะทำงานของ สปผ. และ สวพ. 1-8 ประชุมวางแผนปฏิบัติงาน ร่วมวิเคราะห์ปัญหานำเสนอกรมฯเพื่อแก้ไขในระดับนโยบาย กำหนดกรอบการทำงานเป็น 3 ระยะ คือ

1) ปี พ.ศ. 2551- 2552 พัฒนาศักยภาพของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยส่วนภูมิภาคให้สามารถตรวจวิเคราะห์ได้มาตรฐานเท่าเทียมห้องปฏิบัติการส่วนกลาง

2) ปี พ.ศ. 2553 - 4 เตรียมความพร้อมห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยส่วนภูมิภาค เพื่อขอรับการรับรองระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025

3) ปี พ.ศ. 2555 - 6 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยส่วนภูมิภาค ได้รับการรับรองระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025

ขั้นตอนการดำเนินการ

1. การให้ความช่วยเหลือด้านวิชาการ เพื่อพัฒาบุคลากรทุกระดับให้มีความรู้ความเข้าใจในข้อกำหนดตามมาตรฐานสากลและมีการปฏิบัติงานในแนวทางเดียวกันมีขั้นตอนดังนี้

1.1 จัดอบรมความรู้พื้นฐาน สปผ. ได้จัดหลักสูตรที่มีความจำเป็นเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ การควบคุมคุณภาพผลการวิเคราะห์ และการจัดทำระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025 และเทคนิคเฉพาะทาง เช่น การเขียนเอกสารในระบบคุณภาพ การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบทางเคมี การควบคุมคุณภาพของการทดสอบทางเคมี เป็นต้น ซึ่งสปผ. ได้จัดฝึกอบรม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 - 2555 และเชิญห้องปฏิบัติการส่วนภูมิภาค เข้าร่วมการฝึกอบรม ทั้งที่ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมีและกลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษ เพื่อเพิ่มพูนความรู้ และพัฒนาศักยภาพนักวิชาการของห้องปฏิบัติการ

1.2 จัดอบรมเชิงปฏิบัติการให้นักวิชาการ สวพ. 1-8 เรื่องการวิเคราะห์ปุ๋ย ณ ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี โดยเจ้าหน้าที่ของห้องปฏิบัติการกลุ่ม

วิจัยเกษตรเคมี สปผ. เป็นผู้อบรม แนะนำ และสาธิตการปฏิบัติงาน เริ่มตั้งแต่รับตัวอย่าง เตรียมตัวอย่าง วิเคราะห์ตัวอย่าง การบันทึกความพร้อมของเครื่องมือ สถานที่ สภาพแวดล้อม การจัดการตัวอย่างและการรายงานผล

1.3 ฝึกอบรมและให้คำแนะนำการปฏิบัติงาน ณ สถานที่ปฏิบัติงานห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย สวพ. 1-8 โดยคณะทำงานได้จัดทีมเจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยเกษตรเคมีที่มีความชำนาญเฉพาะด้านลงพื้นที่ให้คำแนะนำและสาธิตการทำงาน เพื่อให้มีการปฏิบัติงานเป็นทิศทางเดียวกันทั้งในส่วนกลางและส่วนภูมิภาคจัดให้มีการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่างส่วนกลางและส่วนภูมิภาค การวิเคราะห์ใดที่มี %Recovery ออกนอกช่วงที่กำหนด ทีมพี่เลี้ยงจากสปผ.จะทำการวิเคราะห์ซ้ำเพื่อหาสาเหตุ พบว่าการวิเคราะห์ส่วนใหญ่ที่ให้ผลออกนอกเกณฑ์การยอมรับนั้น มีสาเหตุมากจากเครื่องแก้วที่ไม่ได้มาตรฐาน และเทคนิคการวิเคราะห์ เช่น เทคนิคการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดด้วย Block digestion เทคนิคการย่อยหาปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด เทคนิคการเขย่าตัวอย่างที่วิเคราะห์หาปริมาณโพแทชที่ละลายน้ำได้ นอกจากนี้ยังมีความเบี่ยงเบนของเครื่องมือที่แตกต่างกันได้แก่ Flame photometer และ Atomic absorption spectrophotometer อย่างไรก็ตามคณะทำงานได้แนะนำ ปรับปรุง แก้ไขจนผลการวิเคราะห์ของสวพ.ทั้ง 8 เขต จัดอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

นอกจากนั้นนโยบายกรมวิชาการเกษตร ยังมุ่งเน้นการทำงานของห้องปฏิบัติการที่ควบคุมกำกับดูแลตามกฎหมายให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทุกแห่งทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาค โดยเน้นขั้นตอนอื่นๆที่สำคัญได้แก่

ก) การรับตัวอย่างเข้าห้องปฏิบัติการ ให้มีการจัดการที่เหมาะสม ปลอดภัยจากปัจจัยภายนอกที่อาจก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพ การสลับตัวอย่าง หรือข้อมูลของตัวอย่างที่จำเป็นต้องปกปิด หรือเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการดำเนินคดีเพื่อมิให้เกิดอคติเอนเอียง เพื่อให้การวิเคราะห์มีความเที่ยงธรรม นักวิชาการและเจ้าหน้าที่ในห้องปฏิบัติการไม่ควรทราบว่าตัวอย่างที่วิเคราะห์เป็นของใคร บริษัทใด ทราบแต่รายการที่จะต้องทำการวิเคราะห์เป็นต้น

ข) มีการตรวจสอบยืนยันความถูกต้องของการถ่ายโอนข้อมูลการวิเคราะห์ ทำให้ลดโอกาสผิดพลาดในการถ่ายโอนข้อมูล รวมทั้งให้มีการควบคุมรายงานผลการทดสอบสามารถเข้าถึงได้เฉพาะผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้อง เพื่อความปลอดภัยของข้อมูล ป้องกันบุคคลอื่นๆที่ไม่เกี่ยวข้อง แก้ไข ทำลาย หรือใช้ประโยชน์จากข้อมูลในทางที่ไม่เหมาะสม

ค) การจัดการตัวอย่างภายหลังจากวิเคราะห์แล้วให้มีการเก็บรักษาในเวลาและสถานที่ที่เหมาะสม เพื่อการค้นหา ตรวจสอบ และป้องกันมิให้ตัวอย่างที่ต้องการอ้างอิงประกอบการดำเนินคดีสูญหาย หรือเสื่อมสภาพ

2. การของบประมาณ

ผู้เชี่ยวชาญด้านวิเคราะห์ทดสอบซึ่งเป็นผู้ประสานงาน ได้สำรวจและรวบรวมความต้องการของแต่ละห้องปฏิบัติการนำเสนอกรมเพื่อขอรับงบประมาณสนับสนุน ทั้งงบลงทุน งบดำเนินการให้

สวพ. ที่ร่วมเตรียมความพร้อมของห้องปฏิบัติการเพื่อขอการรับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025 จากการลงพื้นที่สำรวจพบว่าปัญหาและอุปสรรคที่พบในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยเคมีของ สวพ. เขตต่างๆ คือ พื้นที่ในการดำเนินการไม่เพียงพอ รวมทั้งความไม่สม่ำเสมอ และไม่ต่อเนื่องของกระแสไฟฟ้า ทำให้เกิดความลำบากในการปฏิบัติงาน และอาจส่งผลกระทบต่อผลการวิเคราะห์ได้ นอกจากนี้อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการไม่เพียงพอ ได้แก่ ตู้ดูดควัน เครื่องแก้วที่ได้มาตรฐาน Riffle สำหรับเตรียมตัวอย่างปุ๋ย อะไหล่สำหรับเครื่องบดตัวอย่างปุ๋ย เครื่องย่อยไนโตรเจน เครื่องเขย่า (Shaker) เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ตู้ดูดความชื้น ชุดย่อยไนโตรเจน ชุดกลั่นไนโตรเจน เครื่องบดตัวอย่าง เป็นต้น ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพการวิเคราะห์

สำหรับ สปผ. ต้องใช้งบประมาณในการเดินทางไปเป็นพี่เลี้ยง/ที่ปรึกษา/ทีมตรวจติดตาม ค่าจัดทำโครงการทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย (Proficiency Testing หรือ PT) ประเมินห้องปฏิบัติการด้วยตัวอย่างไม่แจ้งค่า (Blind sample) จัดทำตัวอย่างควบคุมภายใน (IRM) ส่งให้ สวพ. เพื่อควบคุมคุณภาพผลการวิเคราะห์ และจัดประชุมสัมมนาร่วมระหว่าง สปผ. และ สวพ.

3. การเตรียมความพร้อมห้องปฏิบัติการเพื่อขอการรับรองระบบมาตรฐาน ISO/IEC 17025

3.1 แนะนำการเริ่มต้นดำเนินการตามระบบคุณภาพ

3.1.1 กำหนดขอบข่ายในการขอรับการรับรอง โดยกำหนดรายการวิเคราะห์ ช่วงความเข้มข้น และตัวอย่างที่วิเคราะห์

3.1.2 กำหนดโครงสร้างการบริการ โดยจะต้องกำหนดผู้บริหารสูงสุด ผู้จัดการคุณภาพ ผู้จัดการวิชาการ ผู้ควบคุมเอกสาร และทีมวิชาการ

3.2 อบรม แนะนำ การจัดทำเอกสารคู่มือคุณภาพ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ทั้ง 25 ข้อ (ด้านการบริหาร 15 ข้อ และด้านวิชาการ 10 ข้อ) พร้อมแสดงตัวอย่างวิธีการเขียนขั้นตอนการปฏิบัติงาน วิธีการปฏิบัติงาน และวิธีทดสอบ

3.3 แนะนำวิธีการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปุ๋ย เพื่อแสดงว่าวิธีใช้ทดสอบเหมาะสมกับวัตถุประสงค์การใช้งานรวมทั้งวิธีการควบคุมคุณภาพผลการวิเคราะห์ โดยให้การอบรมเกี่ยวกับ

3.3.1 การใช้วิธีทางสถิติสำหรับงานวิเคราะห์ทดสอบ ตามหลักมาตรฐานสากล

3.3.2 วิธีการจัดการเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบเพื่อให้มั่นใจว่าอยู่ในความควบคุม ดูแลรักษาให้มีประสิทธิภาพ

3.3.3 ความสอบกลับได้ของการวัด เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องมือทดสอบได้รับการสอบเทียบและทวนสอบอย่างเหมาะสม

3.3.4 การควบคุมคุณภาพผลการทดสอบ โดยใช้ สารมาตรฐานอ้างอิง สารควบคุมภายในที่ สปผ. ผลิตขึ้น การวิเคราะห์ Blank และการสร้างแผนภูมิควบคุม เป็นต้น เพื่อให้ผลการทดสอบที่ได้มีความถูกต้อง แม่นยำ เชื่อถือได้ และสามารถพิสูจน์ตรวจสอบย้อนกลับได้

3.4 ตรวจสอบระบบการดำเนินงานปกติที่มีอยู่แล้ว และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมในระบบคุณภาพ เช่น

3.4.1 วิธีการทดสอบ วิธีการใช้เครื่องมือ วิธีการปฏิบัติงาน จัดทำเป็นเอกสารตามข้อกำหนด ซึ่งแสดงถึงผู้รับผิดชอบในการปฏิบัติงาน ปฏิบัติที่ไหน ปฏิบัติอย่างไร เพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปในทิศทางเดียวกัน จะปฏิบัติโดยใคร เมื่อไรก็จะเหมือนกัน และสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้เพื่อให้มีการปฏิบัติงานที่ถูกต้องเหมาะสม

3.4.2 การสร้างแบบฟอร์ม เพื่อใช้ในการบันทึก ได้แก่ บันทึกการตรวจติดตามคุณภาพภายใน บันทึกการทบทวนการบริหาร บันทึกปฏิบัติการแก้ไขและป้องกัน บันทึกการควบคุมเอกสาร บันทึกทบทวนคำขอ บันทึกการจัดซื้อ บันทึกข้อร้องเรียน เป็นต้นและนำแบบฟอร์มที่สร้างขึ้นไปปฏิบัติจริง หากส่วนใดไม่สอดคล้องกับงานที่ปฏิบัติ ให้ดำเนินการแก้ไขให้ถูกต้องตามข้อกำหนด

3.4.3 วิธีการรายงานผลการทดสอบที่ถูกต้อง ชัดเจน มีรายละเอียดครบถ้วนครอบคลุม รูปแบบ เนื้อหา ข้อมูลรายงานผลการทดสอบรวมทั้งการแก้ไข และการส่งรายงานผลการทดสอบ

3.4.4 ความเหมาะสมของสถานที่โดยแบ่งแยกพื้นที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ ในการปฏิบัติการ เช่น ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ ห้องเตรียมตัวอย่างปุ๋ย ห้องเก็บรักษาตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์ ห้องเครื่องชั่ง ห้องเครื่องมือวิทยาศาสตร์ และส่วนให้บริการประชาชน จัดการการแบ่งพื้นที่ติดป้ายชื่อผู้รับผิดชอบ จำกัดการเข้าถึง และจัดการควบคุมอย่างเหมาะสม ส่วนห้องที่ต้องควบคุมอุณหภูมิทำการควบคุมอุณหภูมิให้ได้ตามกำหนด

3.5 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย แต่ละเขตเมื่อดำเนินการด้านเอกสารและวิชาการได้แก่ คู่มือคุณภาพ ขั้นตอนการดำเนินงาน วิธีทดสอบ วิธีปฏิบัติงานสำหรับเครื่องมือทุกชนิด และสร้างแบบฟอร์มต่าง ๆเพื่อบันทึกการปฏิบัติงาน จัดเตรียมสถานที่ เครื่องมือ ครุภัณฑ์วัสดุอุปกรณ์และเคมีภัณฑ์ให้เหมาะสมและเพียงพอต่อการปฏิบัติงาน ทำการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ หาค่าความไม่แน่นอนของการวัด จัดให้มีการควบคุมคุณภาพการทดสอบทั้งภายนอกและภายใน จัดการตรวจติดตามคุณภาพภายในโดยมีนักวิชาการจากกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี ร่วมทีม จัดประชุมเพื่อทบทวนระบบคุณภาพ รวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้อง และได้ยื่นขอการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบต่อสำนักบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4. การควบคุมและเฝ้าระวังคุณภาพห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย เพื่อให้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ของกรมวิชาการเกษตรทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาครวม 9 แห่ง มีคุณภาพได้มาตรฐานอย่างสม่ำเสมอโดย

4.1 วิธีควบคุมคุณภาพจากภายนอก

4.1.1จัดทำโครงการทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย (Proficiency Testing หรือ PT)

สปผ. ซึ่งเป็นพี่เลี้ยง/ที่ปรึกษา/ทีมตรวจติดตาม จัดทำโครงการทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยเป็นการเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยใน

เครือข่าย ซึ่งเป็นห้องปฏิบัติการภายนอก เป็นการประเมินคุณภาพห้องปฏิบัติการจากภายนอก (External Quality Assessment) โดยมีวัตถุประสงค์คือ นำผลการประเมินไปเป็นข้อมูลในการขอรับการรับรองตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ศึกษาสมรรถนะของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย ที่มีในประเทศไทย เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยให้มีมาตรฐานเดียวกัน ได้ดำเนินการตามวิธีมาตรฐาน ISO/IEC 17043 มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1) ติดต่อเชิญให้ห้องปฏิบัติการปุ๋ยทั้งภาครัฐและภาคเอกชนเข้าร่วมโครงการทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการ

2) รวบรวมข้อมูลและให้รหัสห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมโครงการ

3) จัดทำตัวอย่างปุ๋ยและส่งห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมโครงการ

4) จัดทำรายงานพร้อมประเมินผล และส่งผลกลับไปยังห้องปฏิบัติการ

5) ให้คำปรึกษา แนะนำ และค้นหาสาเหตุ ในกรณีที่ผลการประเมินไม่ผ่านเกณฑ์

4.1.2 ประเมินห้องปฏิบัติการโดยใช้ตัวอย่างไม่แจ้งค่า (Blind sample)

ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยเกษตรเคมีจัดเตรียมตัวอย่างส่งให้ห้องปฏิบัติการ 9 แห่ง ทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาคทุก 2 เดือนโดยไม่ให้แต่ละห้องปฏิบัติการทราบค่า เมื่อได้รับผลทดสอบ เจ้าหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายจะทำการประเมินตามเกณฑ์กำหนดและส่งผลการประเมินให้แต่ละห้องปฏิบัติการทราบ เพื่อเฝ้าระวังและแจ้งเตือนหากมีแนวโน้ม หรือไม่อยู่ในเกณฑ์กำหนด ทำให้แต่ละห้องปฏิบัติการสามารถค้นหาสาเหตุและทำการแก้ไขป้องกันก่อนเกิดข้อบกพร่องต่อคุณภาพการวิเคราะห์

4.2 วิธีควบคุมคุณภาพภายใน โดยใช้วัสดุอ้างอิงภายใน (Internal reference material, IRM)

ในการควบคุมคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการ จำเป็นต้องใช้วัสดุอ้างอิงในการควบคุมผลการวิเคราะห์จำนวนมาก โดยกำหนดให้ใช้แทรกระหว่างการวิเคราะห์ทุก 10 ตัวอย่าง แล้วประเมินค่าความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าที่วิเคราะห์ได้ต้องอยู่ในเกณฑ์กำหนดจึงจะยอมรับผลการวิเคราะห์ในชุดตัวอย่างนั้นๆ การใช้วัสดุอ้างอิงรับรองหรือวัสดุอ้างอิงมาตรฐานโดยตรงต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ มีราคาแพงประมาณ 20,000 บาท ต่อ 100 กรัม จึงต้องจัดทำวัสดุอ้างอิงภายในขึ้น สิ่งที่ต้องคำนึงในการจัดเตรียมวัสดุอ้างอิงภายใน คือ เนื้อของสาร (Matrix) ความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity) ความคงที่หรือเสถียรภาพ (Stability) และจำนวนของตัวอย่างที่จัดเตรียมต้องมากเพียงพอ

สปผ. จัดทำตัวอย่างอ้างอิงภายในปุ๋ย โดยการนำตัวอย่างปุ๋ยมาทำการคลุกเคล้าจนเป็นเนื้อเดียวกัน ทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน และประเมินผลทางสถิติ จากค่าความแปรปรวน (ANOVA แบบทางเดียว) รวมถึงทดสอบความเสถียรของตัวอย่างปุ๋ย และกำหนดค่าอ้างอิง จากค่าเฉลี่ยของการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน หรือความเสถียร ที่ทำการวิเคราะห์ควบคู่กับวัสดุอ้างอิงมาตรฐาน และ

ผ่านเกณฑ์การยอมรับ ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งในการกำหนดค่าอ้างอิง เพื่อนำมาใช้เป็นตัวอย่างอ้างอิงเริ่มผลิตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 – 2556

ระยะเวลาและสถานที่ระยะเวลา 6 ปี (2551 - 2556) ณ สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร และสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1-8

ผลการดำเนินงานและวิจารณ์

1. การให้ความช่วยเหลือด้านวิชาการ เจ้าหน้าที่ของห้องปฏิบัติการส่วนภูมิภาคมีความพร้อม สามารถตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยได้มาตรฐานเท่าเทียมห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยในส่วนกลาง โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบผลระหว่างห้องปฏิบัติการ การเฝ้าสังเกตจากการปฏิบัติการร่วมของเจ้าหน้าที่ส่วนกลางและส่วนภูมิภาค การตรวจติดตามและประเมินห้องปฏิบัติการเป็นระยะอย่างสม่ำเสมอ

2. การของบประมาณจากการของบประมาณสนับสนุนจากกรมฯ ในปี 2552 ได้รับงบดำเนินงานและงบลงทุน ทำให้สวพ.ทั้ง 8 แห่ง สามารถดำเนินการแบ่งแยกห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยออกจากการวิเคราะห์ปัจจัยการผลิต(ดิน น้ำ พืช)และสามารถดำเนินการวิเคราะห์ปุ๋ยได้อย่างมีประสิทธิภาพตรงตามวัตถุประสงค์

สำหรับ สปผ. ได้รับงบในการเดินทางไปเป็นพี่เลี้ยง/ที่ปรึกษา/ทีมตรวจติดตาม ค่าจัดทำโครงการ PT จัดทำ IRM ส่งให้ สวพ. เพื่อควบคุมผลวิเคราะห์ และจัดประชุมสัมมนาร่วมระหว่าง สปผ. และ สวพ.

3. การเตรียมความพร้อมห้องปฏิบัติการเพื่อขอการรับรองระบบมาตรฐาน ISO/IEC 1702 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย แต่ละเขตมีความสามารถและความพร้อมในและได้ยื่นขอการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบต่อ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และได้รับการรับรอง

สำหรับ สวพ.5 และ 6 ได้รับการรับรองด้านสารพิษตกค้างตั้งแต่ปี พ.ศ 2554 และ ปี พ.ศ 2553 ตามลำดับ แล้วทำการขยายขอบข่ายด้านปุ๋ย จากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

4. การควบคุมและเฝ้าระวังคุณภาพห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยส่วนกลางและส่วนภูมิภาครวม 9 แห่ง ให้มีคุณภาพได้มาตรฐานอย่างสม่ำเสมอโดยอาศัยกิจกรรม ที่สำคัญ 2 วิธีคือ

4.1วิธีควบคุมคุณภาพจากภายนอก

4.1.1 โครงการทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย (Proficiency Testing หรือ PT)

จากการจัดกิจกรรมทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการตามวิธีมาตรฐาน ISO/IEC 17043 ได้ผลห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยของกรมวิชาการเกษตรอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ ผ่านการประเมิน โดยใช้ค่า Z – score ในการประเมิน

ผลการเข้าร่วมกิจกรรมทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการที่ สปผ. จัดขึ้น ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยสามารถนำไปใช้ประกอบการขอรับการรับรองตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025

ของตนเองด้วย จะเห็นได้ว่าโครงการนี้ได้พัฒนาสมรรถนะห้องปฏิบัติการ และควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ปุ๋ยของประเทศ รวมทั้งเป็นศูนย์กลางในการประสานงานเชื่อมต่อระหว่างนักวิเคราะห์ปุ๋ยของกรมวิชาการเกษตร ภาคราชการอื่น ๆ และภาคเอกชน ให้เกิดความช่วยเหลือกันในด้านต่าง ๆ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 – 2556 มีผู้เข้าร่วมกิจกรรมทั้งภาครัฐและภาคเอกชนแต่ละปีประมาณ 20-50 ราย (Table 1)

4.1.2โดยใช้ตัวอย่างไม่แจ้งค่า (Blind sample)ประเมินห้องปฏิบัติการโดยมีเกณฑ์ซึ่งกำหนดโดยอาศัยเกณฑ์คลาดเคลื่อนตามตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่องกำหนดเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองของปุ๋ยเคมีตาม พรบ. ปุ๋ย 2518 และที่แก้ไขเพิ่มเติมฯ เป็นฐานในการคิดซึ่งครอบคลุมในทุกช่วงความเข้มข้น พบว่าส่วนใหญ่ให้ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ มี 1 สวพ. มีปัญหาเกี่ยวกับเครื่องมือไม่เหมาะสม จึงหยุดการรายงานในรายการดังกล่าวและส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ที่ ห้องปฏิบัติการที่อยู่ในเครือข่าย

4.2วิธีควบคุมคุณภาพภายในโดยใช้วัสดุอ้างอิงภายใน (Internal reference material, IRM)

จัดทำวัสดุอ้างอิงภายใน (Internal reference material, IRM) ที่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน และมีความเสถียรเพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ปุ๋ยในส่วนกลางและ สวพ. 1.8โดยได้ผลิตตัวอย่างอ้างอิงภายในตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 – 2556 แล้วจำนวน 2,641 ขวด แบ่งเป็น4 ประเภทคือ ปุ๋ยเชิงประกอบ ปุ๋ยเกร็ด ปุ๋ยเชิงผสมแบบปั้นเม็ด และปุ๋ยเชิงผสมแบบคลุกเคล้า เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างปุ๋ยอ้างอิงรับรองที่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศในราคา 20,000 บาท/100 กรัม สามารถลดการนำเข้าตัวอย่างปุ๋ยอ้างอิงไปแล้วคิดเป็นมูลค่าประมาณ 14 ล้านบาท (Figure 3)

แจกจ่ายตัวอย่างเพื่อใช้สำหรับควบคุมคุณภาพภายในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพปุ๋ยการของสวพ. 1-8 ปี พ.ศ. 2552 – 2556ในรายการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสเฟตทั้งหมด และโพแทชที่ละลายน้ำได้โดยใช้ตัวอย่างอ้างอิงภายในจำนวน 221ขวด น้ำหนัก 8,840 กรัมสามารถประหยัดงบประมาณการจัดซื้อตัวอย่างอ้างอิงได้ 1,768,000 บาท

นอกจากนั้นวัสดุอ้างอิงภายในที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในการควบคุณภาพ ได้แจกจ่ายให้กับห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยภาคเอกชนเพื่อใช้ในการควบคุมและเฝ้าระวังคุณภาพการวิเคราะห์

สรุปผลการดำเนินงาน

ปี พ.ศ.2551 – 2 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย สวพ. 1-8 สามารถตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยที่พนักงานเจ้าหน้าที่ฯในพื้นที่สุ่มเก็บได้

ปี พ.ศ.2553 – 4 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย สวพ. 1-8 มีความพร้อม และยื่นขอการรับรองระบบตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025

ปี พ.ศ.2555 – 6 ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยของกรมวิชาการเกษตรมีมาตรฐานการวิเคราะห์ปุ๋ย เป็นมาตรฐาน เดียวกันและเป็นมาตรฐานกรมวิชาการเกษตรและมีห้องปฏิบัติการได้รับการ

รับรองตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 จำนวน 7 ห้องปฏิบัติการคือ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ย สวพ. 1,3,4 ได้รับการรับรองในปี พ.ศ.2555 และ สวพ. 5,8 ปี พ.ศ.2556

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ยกระดับห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยของกรมวิชาการเกษตร ให้มีมาตรฐานสากล และเป็นมาตรฐานเดียวกันในการวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี ทำให้ผู้ขอรับบริการสามารถมั่นใจในความถูกต้องเที่ยงตรง เป็นการเพิ่มความสะดวกและเพิ่มช่องทางในการให้บริการวิเคราะห์ปุ๋ยของกรมวิชาการเกษตรให้ทั่วถึงผู้ขอรับบริการมากขึ้น

2. การควบคุมกำกับดูแลคุณภาพปุ๋ยตามกฎหมายมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างปุ๋ยที่พนักงานเจ้าหน้าที่สารวัตรเกษตรสุ่มเก็บในส่วนภูมิภาคไม่ต้องส่งมาวิเคราะห์ที่ส่วนกลาง (สปผ.) และนิติกรในส่วนภูมิภาคสามารถรวบรวมพยานหลักฐานในการดำเนินคดีกับผู้จำหน่ายได้รวดเร็ว โดยเริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ซึ่งจากมาตรการที่เข้มงวดกวดขันของกรมวิชาการเกษตรพบว่าตัวอย่างปุ๋ยที่สุ่มตรวจและไม่ได้มาตรฐานมีปริมาณลดลงอย่างชัดเจน จาก 68 %ในปี พ.ศ.2550 เหลือ 13% ในปี พ.ศ.2555เป็นการป้องปรามผู้คิดฉวยโอกาสผลิตปุ๋ยไม่ได้คุณภาพและทำให้ผู้ประกอบการมีความรอบคอบในการผลิตปุ๋ยให้ได้มาตรฐานมากขึ้น ปริมาณปุ๋ยปลอมในท้องตลาดลดน้อยลง ส่งผลดีต่อเกษตรกรผู้ใช้ปุ๋ย เพิ่มความมั่นใจว่าได้ใช้ปุ๋ยที่ได้คุณภาพ คุ้มค่าต่อการลงทุน

3. เป็นที่ยอมรับในระดับประเทศและระหว่างประเทศการได้รับการรับรองตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 สร้างความเชื่อมั่นด้านการตรวจสอบควบคุมคุณภาพปุ๋ยทำให้ลดข้อโต้แย้งในการนำเข้าส่งออก และการควบคุมตามกฎหมาย พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ซึ่งอยู่ในความรับผิดชอบของกรมวิชาการเกษตร

4. ได้ตัวอย่างอ้างอิงใช้ในการควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ สามารทดแทนการนำเข้าตัวอย่างอ้างอิงที่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศคิดเป็นมูลค่าประมาณ 14 ล้านบาท

5. ทราบสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตต่างๆ และชี้แจงให้ผู้บังคับบัญชาในระดับสูงทราบ เพื่อแก้ไขปัญหาที่อาจส่งผลกระทบต่อผลการวิเคราะห์ของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยเคมี

6. มีการบูรณาการร่วมกัน เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการของกรมวิชาการเกษตรในสปผ. และสวพ. มีการแลกเปลี่ยนความรู้ เทคนิควิธีการวิเคราะห์ใหม่ๆ และการแก้ไขปัญหาเชิงพื้นที่ ทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ๆ เพิ่มขึ้น ตลอดจนเป็นการทำความรู้จัก และสร้างความร่วมมือระหว่างเจ้าหน้าที่ภายในกรมวิชาการเกษตร รวมทั้งพัฒนาสมรรถนะและคุณภาพการวิเคราะห์ของประเทศ เป็นศูนย์กลางในการประสานงานระหว่างกรมวิชาการเกษตร ภาคราชการอื่นๆ และภาคเอกชน

คำขอบคุณ

คณะผู้จัดทำโครงการขอขอบคุณ อธิบดีกรมวิชาการเกษตร รองอธิบดีกรมวิชาการเกษตร ผู้อำนวยการสำนักงานวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1-8 ผู้อำนวยการกองแผนงาน ที่ดำรงตำแหน่งในระหว่างปี พ.ศ. 2551 -2555 และได้เกษียณอายุราชการหรือย้ายไปดำรงตำแหน่งอื่น ทุกท่านได้ให้การสนับสนุน ให้ความร่วมมือในการทำให้โครงการนี้สำเร็จ บรรลุจุดประสงค์

และขอขอบคุณ นักวิเคราะห์ เจ้าหน้าที่ พนักงานของสปผ.และสวพ. 1-8 ทุกท่านที่ให้ความร่วมมืออย่างดีในกิจกรรมของโครงการมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

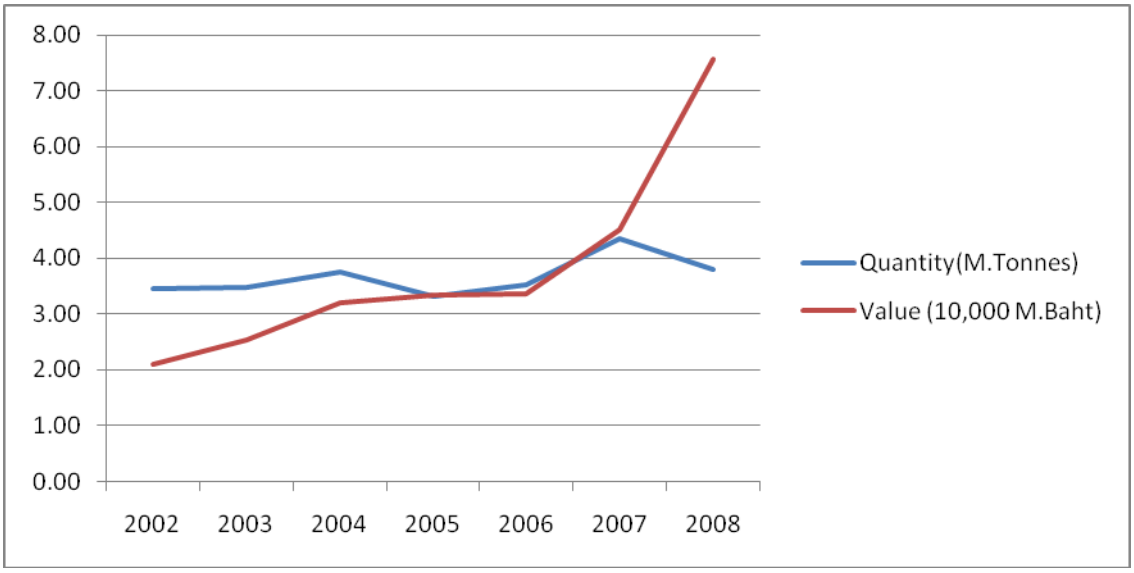
วรรณรัตน์ และคณะ. 2551. การทดสอบความชำนาญในการวิเคราะห์ตรวจสอบปุ๋ย.ผลงานวิจัยดีเด่นและผลงานวิจัยที่เสนอเข้าร่วมพิจารณาเป็นผลงานวิจัยดีเด่นประจำปี 2550.กรมวิชาการเกษตร.หน้า 49-62

ISO/IEC 17025 : 2005. General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories.

ISO/IEC 17043 :2010. Conformity Assessment-General Requirement for Proficiency Testing

Table 1. Fertilizer laboratories participating in Proficiency Testing program

Year	Government sector	Private sector	Total
2550	13	8	21
2552	11	14	25
2553	14	22	36
2554	14	21	35
2555	16	30	46
2556	17	33	50



source : สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

Figure 1. Quantity and value of imported chemical fertilizer from 2002-2008



Figure 2. Collaborative between central and regional fertilizer laboratories



Figure 3. Chemical fertilizer Internal reference materials



Figure 4. Review and implement corrective actions in unsatisfied performances of OARD fertilizer laboratories



(a) **(b)**

Figure 5. a) OARD region 1, 3 and 4 being accredited and received ISO/IEC 17025 certificate

b) OARD region 7 and 8 being accredited and received ISO/IEC 17025 certificate

สารตกค้างของสารรมในข้าว

Fumigant Residues in Rice

ลมัย ชูเกียรติวัฒนา พนิดา ไชยยันต์บูรณ์ จินตนา ภู่มงกุฎชัย ประภัสสรา พิมพ์พันธุ์
ประชาธิปัตย์ พงษ์ภิญโญ จินตนา แสนทวีสุข ชนิตา ทองแซม วิษณุ แจ้งใบ
ปิยะศักดิ์ อรรคบุตร สมสมัย ปาลกูล บุญทวีศักดิ์ บุญทวี

Lamai Chukiatwatana Panida Chaiyanboon Jintana Poomongkutchai Prapassara Pimpan
Prachathipat Pongpinyo Jintana Santaweesook Chanita Tongsam Witsanu Jangbai
Piyasak Akcaboot Somsamai Palakul Boonthaweesak Boonthawee

ABSTRACT

Standard exceedance of methyl bromide residue and misfumigation of methyl bromide in rice under the rice pledging scheme are hot issue in 2013. Regarding the methyl bromide fumigated rice not only create a panic to Thai people, but also have negative impacts on rice exports. Fumigation at post harvest is required to protect rice from insects. Laboratory of Agricultural Production Science Research and Development Office, Department of Agriculture received 283 rice samples from 4 offices which are representative in rice standard and rice quality. The Ministry of Agriculture and Cooperatives collected 111 rice samples from mills and the result showed that bromide ion was founded in 37 samples at the range of 0.6 -3.5 mg/kg which were lower than Codex MRL. (Codex MRL of bromide ion in cereal grain is 50 mg/kg). The Food and Drug Administration Ministry of Public Health collected 107 rice samples from the manufactures and the result showed that bromide ion was founded in 85 samples at the range of 0.4-29.2 mg/kg which were lower than Codex MRL. The Department of Agriculture collected 45 rice samples, fumigated with methyl bromide, from the exporter's storehouses and the result showed that 42 samples contained bromide ion at the range of 12.7-102.7 mg/kg. which 6 samples or 13.3% founded exceed Codex MRL. And the Department of Internal Trade, Ministry of Commerce collected 20 rice samples from retails and wholesales. The result showed that 0.9-7.8 mg/kg bromide ion was founded in 8 samples which were lower than MRL. The result of methyl bromide analysis in rice was reported to the Department of Agriculture in order to declare consumers for better understanding. In addition, it is also useful information for the rice standards and quality supervision agencies for efficient enforcement of laws and regulations in order to build customers' confidence in rice quality both national and international levels.

Key words: fumigant, fumigant residue, rice

สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร Agricultural Production Science Research and Development Office.

บทคัดย่อ

ในปี พ.ศ.2556 มีข่าวการปนเปื้อนสารพิษในข้าว มีการตรวจพบสารรมเมทิลโบรไมด์ในข้าวบรรจุถุงเกินค่ามาตรฐานและการใช้สารรมข้าวในโกดังภายใต้โครงการรับจำนำข้าวของรัฐบาลในปริมาณสูง ข่าวดังกล่าวไม่เพียงสร้างความกังวลและตระหนกตกใจกับคนไทยทั้งประเทศ แต่ยังส่งผลกระทบทางลบต่อเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศและสุดท้ายจะส่งผลกระทบต่อชาวนา ซึ่งเป็นเกษตรกรส่วนใหญ่ของประเทศ และเป็นที่ทราบกันดีว่าการเก็บข้าวจำนวนมากจำเป็นต้องใช้สารรมเพื่อกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ ดังนั้นกรมวิชาการเกษตรโดยห้องปฏิบัติการสารพิษตกค้าง สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร จึงได้ดำเนินการเพื่อหาข้อเท็จจริงมาโดยลำดับ ในการดำเนินงานครั้งนี้ได้วิเคราะห์ตัวอย่างข้าวรวมทั้งหมด 283 ตัวอย่าง ซึ่งส่งมาจาก 4 หน่วยงาน ดังนี้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ส่งตัวอย่างข้าวที่เก็บจากโรงสี/สหกรณ์/วิสาหกิจชุมชนทั่วประเทศ จำนวน 111 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ทุกตัวอย่างไม่พบไฮโดรเจนฟอสไฟด์ แต่พบโบรไมด์ไอออนตกค้างใน 37 ตัวอย่าง ปริมาณอยู่ระหว่าง 0.6-3.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานของ Codex ที่กำหนดไว้ 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ส่งตัวอย่างตามมติคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการค้าข้าวเสื่อมคุณภาพ จำนวน 107 ตัวอย่าง ซึ่งสุ่มเก็บจากผู้ประกอบการผลิตข้าวถุงทั่วประเทศ ผลการวิเคราะห์ไม่พบไฮโดรเจนฟอสไฟด์ในทุกตัวอย่างและพบโบรไมด์ไอออนตกค้างใน 85 ตัวอย่าง ปริมาณอยู่ระหว่าง 0.4-29.2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐาน Codex กรมวิชาการเกษตรสุ่มเก็บตัวอย่างข้าวที่รมสารเมทิลโบรไมด์จากโกดังของ ผู้ส่งออกจำนวน 45 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์พบโบรไมด์ไอออนตกค้างใน 42 ตัวอย่าง ปริมาณอยู่ระหว่าง 12.7-102.7 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มีปริมาณสูงเกินค่ามาตรฐาน Codex จำนวน 6 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 13.3 ของตัวอย่างข้าวส่งออก และกรมการค้าภายในส่งตัวอย่างข้าวจำนวน 20 ตัวอย่างที่สุ่มเก็บจากร้านค้าปลีกและส่ง ผลวิเคราะห์พบโบรไมด์ไอออนตกค้างใน 8 ตัวอย่าง ปริมาณอยู่ระหว่าง 0.9-7.8 มิลลิกรัม/กิโลกรัมและทุกตัวอย่างไม่พบเมทิลโบรไมด์ตกค้าง จากการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าข้าวที่บรรจุถุงจำหน่ายในประเทศและข้าวที่ส่งออกมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและไม่เป็นอุปสรรคต่อการส่งออก ถึงแม้ว่าตัวอย่างข้าวจากโกดังผู้ส่งออกจะพบโบรไมด์ไอออนเกินค่ามาตรฐาน 6 ตัวอย่างจาก 45 ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์สารตกค้างในข้าวที่ได้ดำเนินการดังกล่าวข้างต้น ห้องปฏิบัติการได้ทำรายงานเสนอกรมวิชาการเกษตร เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับนำเสนอต่อสังคมให้ทราบข้อเท็จจริงเป็นการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์สร้างความเข้าใจให้กับผู้บริโภค รวมทั้งเป็นข้อมูลให้หน่วยงานที่มีหน้าที่กำกับดูแลด้านมาตรฐานและคุณภาพของข้าวใช้ประกอบการพิจารณาดำเนินการให้เป็นไปตามกฎหมายเพื่อสร้างความเชื่อมั่นคุณภาพข้าวไทยให้แก่ผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ

คำหลัก: สารรม, การตกค้างของสารรม, ข้าว

คำนำ

เมื่อกลางปี 2556 มีข่าวการปนเปื้อนสารพิษในข้าว ข่าวการตรวจพบเมทิลโบรไมด์ตกค้างในข้าวบรรจุถุงเกินค่ามาตรฐานและข้าวในโกดังภายใต้โครงการรับจำนำข้าวของรัฐบาลเสื่อมสภาพต้องใช้สารรมในปริมาณสูง ข่าวดังกล่าวไม่เพียงสร้างความกังวลและตระหนกตกใจกับคนไทยทั้งประเทศ แต่ยังส่งผลกระทบต่อการส่งออกด้วย เนื่องจากข้าวเป็นอาหารหลักที่คนไทยบริโภคทุกวัน จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พบว่า ปี 2554 ไทยส่งออกข้าวปริมาณ 10 ล้านตัน มูลค่า 1.9 แสนล้านบาท และปี 2555 ส่งออกปริมาณ 6.7 ล้านตัน มูลค่า 1.4 แสนล้านบาท ถ้าข้อเท็จจริงเป็นตามข่าวและยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ในระยะเวลาอันสั้น จะเกิดผลเสียต่อเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศและสุดท้ายจะส่งผลต่อเกษตรกรส่วนใหญ่ของประเทศ การเก็บข้าวจำนวนมากจำเป็นต้องใช้สารรมเพื่อกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บเป็นการรักษาผลผลิตให้มีคุณภาพตามตลาดต้องการ ดังนั้นการใช้สารรมอย่างถูกต้องและเหมาะสมตามหลักเกณฑ์ปฏิบัติที่ดี ผู้ควบคุมการใช้หรือใช้รับจ้างต้องผ่านการอบรมหลักสูตรผู้ควบคุมการใช้รับจ้างรมยากำจัดแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ซึ่งดำเนินการโดยสำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร จึงเป็นการกำกับดูแลตามกฎหมายเพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานและผลผลิตไม่มีการตกค้างของสารรมเกินค่ามาตรฐาน สารรมที่นิยมใช้และมีประสิทธิภาพดี ได้แก่ เมทิลโบรไมด์และไฮโดรเจนฟอสไฟต์หรือฟอสฟีน ซึ่งสารทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติดังนี้

เมทิลโบรไมด์ มีสูตรโมเลกุล CH_3Br น้ำหนักโมเลกุล 94.7 จุดเดือด 3.6 องศาเซลเซียส เป็นแก๊ส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่ติดไฟ บางครั้งจึงเติมคลอโรพิคริน (Chloropicrin) หรือแก๊สน้ำตาเพื่อเป็นสารเตือน (Warning agent) เมื่อได้รับสัมผัสทางผิวหนังและตาจะเกิดการระคายเคือง พิษเฉียบพลันทางการหายใจมีค่า LC_{50} (4hrs, rat) 3.03 mg/L air มีความเป็นพิษทางการหายใจต่อคนถ้าได้รับอากาศที่มีเมทิลโบรไมด์เกิน 0.019 mg/L air อาจเสียชีวิตได้ EPA จัดเมทิลโบรไมด์เป็นวัตถุอันตรายที่มีความเป็นพิษอยู่ใน class 2 หลายประเทศกำหนดเงื่อนไขให้ผู้ใช้ต้องผ่านการอบรม ประโยชน์ใช้รมเพื่อควบคุมแมลง ไรในโรงเก็บ รมฆ่าเชื้อโรงเพาะเห็ด รมฆ่าเชื้อโรคและพยาธิในดิน การเกิดเมตาโบลิซึมในพืชและสัตว์ยังไม่มีการอธิบายได้ชัดเจนกล่าวได้เพียงว่าจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ inorganic bromide ion

ไฮโดรเจนฟอสไฟด์หรือฟอสฟีน มีสูตรโมเลกุล PH_3 น้ำหนักโมเลกุล 34 จุดเดือด -87 องศาเซลเซียส มีความดันไอสูง เป็นแก๊ส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ติดไฟได้ พิษเฉียบพลันทางการหายใจมีค่า LC_{50} (4hrs, rat) 0.015 mg/L air EPA จัดไฮโดรเจนฟอสไฟด์เป็นวัตถุอันตรายอยู่ใน class 1 ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจำหน่ายอยู่ในรูปอลูมิเนียมฟอสไฟด์ (Aluminium phosphide : AlP) หรือแมกนีเซียมฟอสไฟด์ (Magnesium phosphide : Mg_3P_2)

จากข่าวเรื่องข้าวปนเปื้อนสารรมดังกล่าวข้างต้นส่งผลกระทบต่อผู้บริโภค ผู้ผลิตและการส่งออก ทำให้ส่วนราชการที่มีหน้าที่กำกับดูแลด้านมาตรฐานและด้านคุณภาพของข้าว ได้แก่ กระทรวงพาณิชย์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงสาธารณสุขและกระทรวงต่างประเทศ ร่วมกันบูรณาการเพื่อแก้ปัญหาอย่างเร่งด่วน ดังนั้นการเก็บตัวอย่างข้าวจากโรงสี/สหกรณ์/วิสาหกิจชุมชน ผู้ประกอบการ

ข้าวบรรจุถุง โกดังผู้ส่งออก และร้านค้าปลีกและส่ง เพื่อนำมาวิเคราะห์สารพิษตกค้างของไฮโดรเจนฟอสไฟด์ เมทิลโบรไมด์และโบรไมไอออน จึงเป็นการดำเนินการเพื่อให้ได้ข้อเท็จจริงที่ถูกต้องชัดเจน เพื่อสร้างความเชื่อมั่นคุณภาพข้าวไทยให้แก่ผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศอีกทั้งเป็นข้อมูลเผยแพร่ ประชาสัมพันธ์สร้างความเข้าใจที่ถูกต้องให้ผู้บริโภคในประเทศและคู่ค้าต่างประเทศ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. อุปกรณ์ ประกอบด้วย

1.1 เครื่อง GC-ECD

1.2 เครื่อง GC-FPD

1.3 เครื่องบดข้าว

1.4 เครื่องแก้ว ได้แก่ ขวดรูปชมพู่ gas tight syringe, headspace bottle, vial 2 ml

1.5 สารเคมี ได้แก่ กรดซัลฟูริค แอมโมเนียมซัลเฟต โซเดียมซัลเฟต ethyl acetate

2. ตัวอย่างข้าว เนื่องจากห้องปฏิบัติการสารพิษตกค้าง สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ได้ตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างข้าวที่ส่งมาจากหลายหน่วยงาน ซึ่งแบ่งตามผู้ส่งตัวอย่างได้ดังนี้

2.1 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้ดำเนินงานแก้ไขสถานการณ์สร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้บริโภคกรณีพบสารรมควันในข้าวถุง สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ได้รับตัวอย่างจำนวน 111 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นตัวอย่างข้าวที่สุ่มเก็บจากโรงสี/สหกรณ์/วิสาหกิจชุมชนที่บรรจุถุงจำหน่าย โดยเก็บจากจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศ ระหว่างเดือนสิงหาคม 2556 เพื่อวิเคราะห์หาเมทิลโบรไมด์ โบรไมด์ไอออนและไฮโดรเจนฟอสไฟด์

2.2 สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ส่งตัวอย่าง จำนวน 107 ตัวอย่าง เป็นการดำเนินงานตามมติคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการค้าข้าวเสื่อมคุณภาพ ซึ่งประกอบด้วยหน่วยงานที่มีอำนาจหน้าที่กำกับดูแลมาตรฐานและคุณภาพของข้าวสาร ได้แก่กระทรวงพาณิชย์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงสาธารณสุข และกระทรวงการต่างประเทศ โดยร่วมกันตรวจสถานที่ผลิตและสถานที่จำหน่ายทั่วประเทศระหว่างเดือน กรกฎาคม-พฤศจิกายน 2556 รวมทั้งสุ่มเก็บตัวอย่างข้าวบรรจุถุงเพื่อวิเคราะห์หาโบรไมด์ไอออนและไฮโดรเจนฟอสไฟด์

2.3 กรมวิชาการเกษตร โดยสำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร ได้สุ่มเก็บตัวอย่างข้าวที่รมเมทิลโบรไมด์จากโกดังผู้ส่งออกระหว่างเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม 2556 ส่งมาวิเคราะห์หาโบรไมด์ไอออน จำนวน 45 ตัวอย่าง

2.4 กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ ส่งตัวอย่างข้าวบรรจุถุง จำนวน 20 ตัวอย่าง เป็นตัวอย่างที่สุ่มเก็บจากร้านค้าปลีกและส่ง ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2556 เพื่อวิเคราะห์หาเมทิลโบรไมด์และโบรไมด์ไอออน

3. วิธีการวิเคราะห์สารตกค้างของสารรมในข้าว ปัจจุบันสารรมข้าวเพื่อกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บนิยมใช้มี 2 ชนิด ได้แก่ เมทิลโบรไมด์และฟอสฟีน ดังนั้นจึงวิเคราะห์สารตกค้างของสารรม 3 ชนิด ดังนี้

3.1 วิธีการวิเคราะห์โบรไมด์ไอออน (CVUA, 2008 และ Thier and Zeumer, 1987) ชั่งตัวอย่างข้าวที่บดละเอียดใส่ขวดรูปชมพู่ เติมสารละลายกรดซัลฟูริคและ derivatizing solution เขย่าขวดและตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ เติม ethyl acetate และแอมโมเนียมซัลเฟต เขย่าแรงๆ 1 นาที ตั้งไว้ 20 นาที แยกส่วนของตัวทำละลายอินทรีย์ นำไปวิเคราะห์ปริมาณโบรไมด์ไอออนด้วยเครื่อง GC-ECD

3.2 วิธีการวิเคราะห์เมทิลโบรไมด์ (Page BD, 1989) ชั่งตัวอย่างข้าว เติมสารละลายโซเดียมซัลเฟตใน headspace bottle ทำภายใต้สภาวะอ่างน้ำแข็ง เขย่าขวด ใช้ gas tight syringe ดูดส่วนของแก๊สในขวดตัวอย่าง นำไปวิเคราะห์หาปริมาณเมทิลโบรไมด์ด้วยเครื่อง GC-ECD

3.3 วิธีการวิเคราะห์ไฮโดรเจนฟอสไฟด์ (Anonymous, 2008) ชั่งตัวอย่างข้าวและเติมสารละลายกรดซัลฟูริคใน headspace bottle เขย่าขวดและตั้งทิ้งไว้ 30 นาที ใช้ gas tight syringe ดูดส่วนของแก๊สในขวดตัวอย่างนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไฮโดรเจนฟอสไฟด์ด้วยเครื่อง GC-FPD

ผลการทดลองและวิจารณ์

จาก Table 1 จะเห็นได้ว่าตัวอย่างข้าวจากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์จำนวน 111 ตัวอย่าง พบสารตกค้างโบรไมด์ไอออน 37 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 33.3 ของตัวอย่างทั้งหมด ปริมาณที่พบอยู่ระหว่าง 0.6-3.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตัวอย่างจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา จำนวน 107 ตัวอย่าง พบสารตกค้างโบรไมด์ไอออน 85 ตัวอย่าง หรือ ร้อยละ 79.4 ของตัวอย่างทั้งหมด ปริมาณที่พบอยู่ระหว่าง 0.4-29.2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตัวอย่างจากสำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ซึ่งเป็นตัวอย่างที่รมเมทิลโบรไมด์ก่อนการส่งออก จำนวน 45 ตัวอย่าง พบสารตกค้างโบรไมด์ไอออน 42 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 93.3 ปริมาณที่พบอยู่ระหว่าง 12.7-102.7 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตัวอย่างจากกรมการค้าภายในจำนวน 20 ตัวอย่าง พบโบรไมด์ไอออน 8 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 40 ปริมาณที่พบอยู่ระหว่าง 0.9-7.8 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จากปริมาณสารตกค้างโบรไมด์ไอออนที่พบในตัวอย่างข้าว

ถ้านำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน Codex ซึ่ง ค่า MRL ของโบรไมด์ไอออนในธัญพืชเท่ากับ 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ดังแสดงใน Table 2 พบว่า ข้าวส่วนใหญ่พบโบรไมด์ไอออนต่ำกว่าค่ามาตรฐาน Codex ยกเว้นข้าวที่เก็บจากโกดังผู้ส่งออกเท่านั้น พบโบรไมด์ไอออนเกินค่ามาตรฐาน 6 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 13.3 จากการประเมินข้อมูลสารพิษตกค้างในอาหารที่รมเมทิลโบรไมด์ของ FAO (1972) พบว่าอาหารที่ผ่านการรมด้วยเมทิลโบรไมด์จะยังคงพบสารตกค้างสูงอยู่ในช่วงแรก แต่จะลดลงอย่างรวดเร็วระหว่างการเก็บในโกดังหรือการขนส่ง สอดคล้องกับการศึกษาของห้องปฏิบัติการเอง พบว่าสารตกค้างของโบรไมด์ไอออนจะลดลงในเวลาอันสั้น การที่พบโบรไมด์ไอออนสูงเกินค่ามาตรฐานอาจเนื่องจากตัวอย่างข้าวส่งออกจะเก็บหลังจากสิ้นสุดการรม ดังนั้นการปล่อยไว้ตามปกติโบรไมด์ไอออน

จะลดลงจนอยู่ในระดับต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ผลการวิเคราะห์เมทิลโบรไมด์ (Table 3) พบว่าตัวอย่างข้าวทั้งหมด 131 ตัวอย่าง ไม่พบเมทิลโบรไมด์ ซึ่ง FAO (1972) ได้ประเมินเรื่องการตกค้างของเมทิลโบรไมด์ในอาหารว่า เมทิลโบรไมด์มีการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในการเก็บอาหารแห้งและเพื่อการกักกันพืช ภายหลังการรมส่วนที่เป็นแก๊สจะระบายออกไปโดยเร็ว มีบางส่วนที่อาจเข้าทำปฏิกิริยากับอาหารแต่ประมาณได้ว่าจะไม่มีเมทิลโบรไมด์ตกค้างในอาหารถึงผู้บริโภค สอดคล้องกับหน่วยงานควบคุมของออสเตรเลียและแคนาดาได้ประเมินว่าการใช้เมทิลโบรไมด์ภายหลังการเก็บเกี่ยวจะไม่พบสารตกค้างเมทิลโบรไมด์เมื่ออาหารถึงผู้บริโภค จากTableที่ 4 จะเห็นว่าตัวอย่างข้าวที่วิเคราะห์ไฮโดรเจนฟอสไฟด์จำนวน 218 ตัวอย่าง ปรากฏว่าไม่พบสารตกค้างในทุกตัวอย่าง อธิบายได้ตามคุณสมบัติของไฮโดรเจนฟอสไฟด์ที่เป็นแก๊ส มีความดันไอสูงและมีจุดเดือดต่ำมาก (-87 องศาเซลเซียส) และสอดคล้องกับรายงานของ FAO (1972) ที่ศึกษาการรมสินค้าที่เป็นอาหารด้วยฟอสฟีน เมื่อสิ้นสุดการรมและเปิดระบายอากาศ ฟอสฟีนจะถูกระบายไปอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องกำหนดค่าปริมาณที่ยอมรับให้บริโภคได้ทุกวันหรือค่า ADI (Acceptable Daily Intake) ของฟอสฟีน แต่สำหรับการค้าธัญพืชระหว่างประเทศให้ใช้ค่า tolerance 0.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และปัจจุบันค่า Codex MRLของฟอสฟีนในธัญพืชเท่ากับ 0.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

Table 1. Residue of bromide ions in rice

Samples taken by	No. of samples	Residue found		Range (mg/kg)
		No. (sample)	%	
Ministry of Agriculture and Cooperatives	111	37	33.3	0.6 - 3.5
Food and Drug Administration	107	85	79.4	0.4 – 29.2
Department of Agriculture	45	42	93.3	12.7 – 102.7
Department of Internal Trade	20	8	40	0.9 – 7.8
Total	283	172	60.8	0.4 - 102.7

Table 2. Percentage of rice samples bromide ions found exceed Codex MRL

Samples taken by	No. of samples	Residue found exceed Codex MRL	
		No. (sample)	%
Ministry of Agriculture and Cooperatives	111	-	-
Food and Drug Administration	107	-	-
Department of Agriculture	45	6	13.3
Department of Internal Trade	20	-	-
Total	283	6	2.1

Table 3. Residue of methyl bromide in rice

Samples taken by	No. of samples	Residue found		Range (mg/kg)
		No. (sample)	%	
Ministry of Agriculture and Cooperatives	111	-	-	ND
Department of Internal Trade	20	-	-	ND
Total	131	-	-	ND

ND = Not Detectable

Table 4. Residue of hydrogen phosphide in rice

Samples taken by	No. of samples	Residue found		Range (mg/kg)
		No. (sample)	%	
Ministry of Agriculture and Cooperatives	111	-	-	ND
Food and Drug Administration	107	-	-	ND
Total	218	-	-	ND

ND = Not Detectable

จากผลการวิเคราะห์หาสารพิษตกค้างในตัวอย่างข้าวทั้งหมดจะเห็นได้ว่า พบสารตกค้างเฉพาะโบรไมด์ไอออนเท่านั้น ส่วนเทมิลโบรไมด์และไฮโดรเจนฟอสไฟด์ ซึ่งมีสถานะเป็นแก๊สที่อุณหภูมิห้องจะไม่พบตกค้างในทุกตัวอย่าง โบรไมด์ไอออนที่ตกค้างในข้าวส่วนหนึ่งมาจากการรมเมทิลโบรไมด์ FAO (1972)ได้รายงานว่าธัญพืชที่รมด้วยเมทิลโบรไมด์จะเกิดปฏิกิริยา methylation กับไนโตรเจนและซัลเฟอร์ที่อยู่ในโปรตีนเกิดเป็นโบรไมด์ไอออน ในอาหารชนิดอื่นๆที่รมเมทิลโบรไมด์ก็จะเกิด methylation กับโปรตีนเช่นกัน ดังนั้นการรมอาหารด้วยเมทิลโบรไมด์จึงกำหนดค่า tolerance ในรูปของโบรไมด์ไอออน

สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างข้าวทั้งหมด ซึ่งเป็นตัวอย่างที่สุ่มเก็บจากโรงสี/สหกรณ์/วิสาหกิจชุมชน ผู้ประกอบการบรรจุข้าวถุงจำหน่าย โกดังผู้ส่งออกและร้านค้าปลีกและส่ง รวมทั้งหมด 283 ตัวอย่าง กล่าวได้ว่าเป็นตัวแทนของข้าวที่จำหน่ายในประเทศและส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศได้ทำให้ทราบข้อเท็จจริงว่าข้าวที่จำหน่ายตามท้องตลาดไม่ว่าจะผ่านการรมเมทิลโบรไมด์หรือฟอสฟีน เมื่อถึงผู้บริโภคจะไม่มีสารตกค้างอันเนื่องมาจากการรมสารเพื่อกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ มีบางตัวอย่างพบโบรไมด์ไอออนตกค้างอยู่บ้างแต่ก็มีปริมาณต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ซึ่งค่า Codex MRLs ของโบรไมด์ไอออนในcereal grain เท่ากับ 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วนข้าวที่เก็บจากโกดังผู้ส่งออกที่ผ่านการรมด้วยเมทิลโบรไมด์ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรพบว่ามีสารตกค้างโบรไมด์ไอออนในเกือบทุกตัวอย่างและมีปริมาณสูงเกินค่ามาตรฐาน Codex 6 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 13.3 ของตัวอย่างทั้งหมด ซึ่งตามหลักวิชาการปริมาณสารตกค้างโบรไมด์ไอออนจะค่อยๆ ลดลงในระยะเวลาอันสั้น จากผลการวิเคราะห์สารตกค้างที่เกิดจากการรมข้าวในตัวอย่างที่ส่งมาจากทั้ง 4 หน่วยงาน ได้แก่ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตรและกรมการค้าภายใน สรุปได้ว่าปลอดภัยต่อผู้บริโภคและไม่เป็นอุปสรรคต่อการส่งออก ผลการวิเคราะห์ทั้งหมดห้องปฏิบัติการได้ทำรายงานเสนอกรมวิชาการเกษตรเพื่อเป็นข้อมูลเผยแพร่สร้างความเข้าใจให้กับผู้บริโภค รวมทั้งเป็นข้อมูลให้หน่วยงานที่มีหน้าที่กำกับดูแลด้านมาตรฐานและคุณภาพของข้าวนำไปใช้ประกอบการพิจารณาดำเนินการให้เป็นไปตามกฎหมาย เพื่อสร้างความเชื่อมั่นคุณภาพข้าวไทยให้กับผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ

เอกสารอ้างอิง

Anonymous. 2008. Rapid method for determination of phosphine residues in wheat. Food Analytical Methods. Spinger-Verlag, New York.

CVUA. 2008. Community reference laboratory for single residue methods. Stuttgart, Germany.

FAO. 1972. FAO Agricultural Studies, No.88 Rome.

Page BD, A.R. 1989. Determination of methyl bromide in foods by headspace capillary gas chromatography with Electron capture detection. J. Assoc. off. Anal. Chem. 72 (5) : 815-822.

Thier, H.P. and H. Zeumer. 1987. Bromide containing fumigats. Manual of Pesticide Residue Analysis Volume I. VCH, weinheim. Germany. 433p.

การตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษในผลิตผลเกษตร และวิธีลดสารพิษสำหรับผู้บริโภค

Determination of fungi and mycotoxins in Agricultural produces and practical reduction method for consumers

รัตตา สุทธยาคม สุพี วนศิรากุล เนตรา สมบูรณ์แก้ว อัฉราพร ศรีจุดานุ

Ratta Suttayakom Su-phi Wanasirakul Nettra Somboonkaew Atcharaporn Srijudanu

ABSTRACT

Grain and dried fruit are highly consumed. However, these produces are probably contaminated with fungi and mycotoxin especially aflatoxin B_1 (AFB_1) and ochratoxin A (OTA), if they are maintained in improper storage condition i.e. high temperature and humidity. The aim of this study was to determine and reduce the contaminations of fungi and AFB_1 in grain and OTA in dried fruit. In 2011, 10 types of grain *viz*. rice, brown rice, sticky rice, black sticky rice, soy bean, mung bean, red bean, groundnut, white sesame and black sesame were collected from 10 locations in Bangkok whilst 20 types of imported and local dried fruits were bought from markets across Thailand. Fungi contamination was analyzed by Direct Plate Count method while mycotoxins were determined by Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) technique. *Aspergillus flavus* and AFB_1 were detected greatly in groundnut leading to high concentration of AFB_1 (80%) in this product, followed by black sesame (29.25%), black sticky rice (4.25%) and brown rice (3.75%). About 46.8% of groundnuts in this study were contaminated with AFB_1 over level of limitation (20 µg/kg or ppb) while the highest AFB_1 level in groundnut was 186.4 ppb. Concentrations of AFB_1 detected in brown rice, black sticky rice, black sesame and sticky rice were 0.9-50.4, 8.5-50.0, 1.0-48.9 and 1.0-27.1 ppb, respectively. *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. aculeatus*, *Rhizopus* sp., *Penicillium* sp. and *Fusarium* sp. were found in dried fruit in this study. OTA was detected in 80 samples (86.9%) of dried fruit at concentration between 0.05 and 24.1 ppb. The third highest levels of OTA were found in dried blueberry imported from USA (24.1 ppb), white raisin (13.0 ppb) and dried cranberry (9.6 ppb). The maximum level of OTA in food is 10 ppb. The results indicated that both local and imported products were not safe for consumers. Simple and practical technique to decrease contamination of mycotoxin in

สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร (Post-harvest and Processing Research and Development Office)

agricultural produces could be benefit to consumers. Hot air- and microwave oven were used to reduce the concentration of both AFB_1 and OTA in recent study. Heat at 50-80°C from hot air oven for 1-2 hour could lower AFB_1 in brown rice, sticky rice and black sesame for 19.82-69.73% depending on type of products. OTA contents in dried blueberry, white raisin and dried cranberry, heated at 80°C hot air oven for 1 hour, were dropped by 43.30, 81.85 and 83.59%, respectively. For microwave oven, higher OTA reductions were detected in white raisin (84.56%) and dried cranberry (74.35%) after microwave-heat at 400 watt for 60 second and 800 watt for 45 second, respectively. The results indicate that heating by either hot air- or microwave ovens could be an alternative method to reduce the OTA contamination in various dried fruits.

Key words: Aflatoxin B1, agricultural products, dried fruit, ochratoxin A, ELISA, physical methods

บทคัดย่อ

ผลิตผลเกษตรจำพวกธัญพืชและผลไม้อบแห้งต่างๆ เป็นที่นิยมในกลุ่มผู้บริโภคมาก แต่ผลิตผลและผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีโอกาสปนเปื้อนเชื้อราและสารพิษจากเชื้อราสูงมาก หากมีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่ถูกต้อง เช่น เก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม มีอุณหภูมิและความชื้นสูง การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำข้อมูลชนิด ปริมาณของเชื้อรา และสารพิษจากเชื้อราที่ปนเปื้อนในผลิตผลเกษตรและผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งวิธีการลดปริมาณสารพิษที่ผู้บริโภคสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง โดยสุ่มเก็บตัวอย่างธัญพืช 10 ชนิดๆ ละ 10 ตัวอย่างจากแหล่งจำหน่าย 10 แหล่ง และผลไม้อบแห้ง 20 ชนิด จำนวน 92 ตัวอย่าง มาตรวจการปนเปื้อนของเชื้อราด้วยวิธี Direct Plate Count ตรวจหาสารพิษจากเชื้อราด้วยวิธี Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) พบว่าถั่วลิสงมีการปนเปื้อนของรา *Aspergillus flavus* สูงที่สุด 80% รองลงมา ได้แก่ งาดำ 29.25% ข้าวเหนียวดำ 4.25% และข้าวกล้อง 3.75% และพบการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งตับในถั่วลิสงสูงที่สุด โดยมีปริมาณสารพิษเฉลี่ย 186.4 พีพีบี (ไมโครกรัม/กิโลกรัม) ซึ่ง 46.8% ของจำนวนตัวอย่างถั่วลิสงที่ตรวจ พบว่ามีสารพิษเกินมาตรฐานที่ประเทศกำหนด (20 พีพีบี) ขณะที่ในข้าวกล้องพบสารแอฟลาทอกซินระหว่าง 0.9-50.4 พีพีบี ข้าวเหนียวดำ 8.5-50 พีพีบี งาดำ 1.0-48.9 พีพีบี และข้าวเหนียวขาว 1.0-27.1 พีพีบี สำหรับผลไม้อบแห้งพบการปนเปื้อนของราหลายชนิด ได้แก่ *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. aculeatus*, *Rhizopus* sp., *Penicillium* sp. และ *Fusarium* sp. และพบสารโอคราทอกซิน เอ ซึ่งเป็นสารพิษที่ทำลายระบบการทำงานของไตปนเปื้อนในผลไม้อบแห้งจำนวน 80 ตัวอย่าง มีปริมาณระหว่าง 0.05-24.1 พีพีบี โดยพบปริมาณสูงสุดคือ 24.1 พีพีบี ในบลูเบอร์รี่อบแห้งที่นำเข้าจากอเมริกา ลูกเกดขาว 13.0 พีพีบี และพบในแครนเบอร์รี่อบแห้ง 9.6 พีพีบี ซึ่งมาตรฐานกำหนดให้ปนเปื้อนได้ไม่เกิน 10 พีพีบี ข้อมูลนี้ทำให้ทราบว่าผลิตผลเกษตรที่ผลิตใน

ประเทศและนำเข้ามีความไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค เนื่องจากผู้บริโภคไม่สามารถตรวจวิเคราะห์สารพิษได้ด้วยตนเองก่อนการบริโภค ดังนั้นการศึกษาวิธีการลดปริมาณสารแอฟลาทอกซิน และสารโอคราทอกซิน เอ แบบง่ายๆ ที่ผู้บริโภคสามารถปฏิบัติเองได้จึงมีความจำเป็น ผลการทดลองพบว่าวิธีการอบด้วยตู้อบลมร้อน และเตาไมโครเวฟ สามารถลดปริมาณสารพิษลงได้ ผลิตผลเกษตรที่เป็นข้าวกล้อง ข้าวเหนียว และงาดำใช้ตู้อบความร้อน อุณหภูมิ 50-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผลเกษตร สามารถลดสารแอฟลาทอกซินได้ 19.82-69.73% ขณะที่การใช้ตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง สามารถลดสารโอคราทอกซิน เอ ในบลูเบอร์รี่ ลูกเกดขาว และแครนเบอร์รี่ลงได้ 43.3, 81.8 และ 83.6 % ตามลำดับ และถ้าใช้เตาไมโครเวฟที่ระดับกำลังไฟ 400 วัตต์ นาน 45 วินาที สามารถลดสารโอคราทอกซิน เอ ในบลูเบอร์รี่ 28.4% และในลูกเกดขาว ที่ 400 วัตต์ นาน 60 วินาที ลดได้ 84.6% ขณะที่แครนเบอร์รี่ระดับไฟ 800 วัตต์ นาน 45 วินาที ลดสารโอคราทอกซิน เอ ได้ 74.3%

คำหลัก: แอฟลาทอกซิน บี1, โอคราทอกซิน เอ, ผลิตผลเกษตร, ผลไม้อบแห้ง, ELISA, วิธีทางกายภาพ

คำนำ

การปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษจากเชื้อรา (Mycotoxins) เป็นปัญหาที่พบในผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวหลายชนิด ทั้งในประเทศและระหว่างประเทศ ส่งผลให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจและส่งผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพของมนุษย์ สารพิษจากเชื้อราเป็นสารทุติยภูมิที่สร้างโดยเชื้อรา เมื่อมีสภาพแวดล้อมเหมาะสม ปัจจุบันประเทศแถบยุโรปได้นำเอาปัญหาการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อรามาเป็นข้อกีดกันทางการค้าในการส่งออกสินค้าเกษตร เช่น กำหนดว่าผลิตภัณฑ์จากถั่วลิสงที่นำเข้าจะต้องไม่ให้มีการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินเกิน 2 พีพีบี (ไมโครกรัม/กิโลกรัม) ผลิตภัณฑ์กาแฟและผลไม้อบแห้งให้มีการปนเปื้อนของสารโอคราทอกซินได้ไม่เกิน 10 พีพีบี สำหรับการกำหนดปริมาณสูงสุดของสารพิษในระดับที่ยอมให้มีได้ในอาหารของแต่ละประเทศจะมีการกำหนดแตกต่างกันไป (อมรา, 2551)

สารแอฟลาทอกซิน (Aflatoxins) เป็นกลุ่มของสารพิษที่สร้างโดยเชื้อรา *Aspergillus flavus A. parasiticus* และ *A. nomius* พบมากในเมล็ดธัญพืช และพืชน้ำมันชนิดต่างๆ เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าว ข้าวสาลี ถั่วลิสง และในผลิตภัณฑ์แปรรูปแทบทุกชนิดที่ใช้วัตถุดิบจากผลิตผลเกษตรที่มีเชื้อราชนิดนี้ปนเปื้อนอยู่ก่อน (Pitt and Hocking, 1996) ผลิตผลเหล่านี้เมื่ออยู่ในสภาพการเก็บรักษาที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง อาจมีเชื้อราขึ้นปะปน เชื้อรากลุ่ม Aspergillus พบแพร่กระจายอยู่ทั่วไปโดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมของประเทศไทย ซึ่งเหมาะกับการเจริญเติบโตของเชื้อราและการสร้างแอฟลาทอกซินเป็นอย่างมาก อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อรากลุ่ม Aspergillus คือ 36-38 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 25-35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85% เชื้อราสามารถสร้างสารพิษได้ภายใน 48 ชั่วโมง (ปริศนา, 2524) สารแอฟลาทอกซินที่พบตามธรรมชาติมีอยู่ 4 ชนิด คือ แอฟลาทอกซิน บี1 บี2

จี1 และจี2 โดยแอฟลาทอกซิน บี1 มีความเป็นพิษสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ จี1 บี2 และ จี2 ตามลำดับ องค์การอนามัยโลกจัดให้แอฟลาทอกซินเป็นสารก่อมะเร็งที่ร้ายแรงมากที่สุดชนิดหนึ่ง ทำให้เกิดมะเร็งในสัตว์ทดลองได้หากได้รับอย่างต่อเนื่อง โรคที่ตรวจพบในคน ได้แก่ มะเร็งตับ ตับอักเสบ ตับแข็ง และสมองอักเสบ นอกจากนี้ยังพบความผิดปกติที่อวัยวะอื่นๆ รวมด้วย เช่น เซลล์ปอดและเซลล์หลอดลม ความเป็นพิษแสดงออกมากหรือน้อยขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ภาวะของการบริโภคอาหาร อายุ เพศ ฮอร์โมน การทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ในตับ และจำนวนสารพิษที่เข้าสู่ร่างกาย (Martins and Martins, 2004; Park *et al*., 2002)

สารโอคราทอกซิน (Ochratoxins) พบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1965 สร้างโดยเชื้อรา *Aspergillus ochraceus* ต่อมาพบว่าสารพิษชนิดนี้ถูกสร้างโดยเชื้อราในกลุ่ม Aspergillus หลายสายพันธุ์ เช่น *A. alliaceus A. ostianus A. sclerotiorum* และ *A. glaucus* ในปัจจุบันยังพบว่าราดำ เช่น *A. niger A. carbonarius* และ *A. foetidus* ก็สามารถสร้างสารพิษนี้ได้ ราในกลุ่ม Aspergillus พบสร้างสารพิษในแถบอากาศร้อนชื้น ส่วนในประเทศแถบอากาศเย็นการสร้างสารพิษจะเกิดจากเชื้อราในกลุ่ม Penicillium เช่น *Penicillium verrucosum* และ *P. aurantiogriseum* เชื้อราเหล่านี้จะสร้างสารพิษเมื่อมีอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความชื้นในตัวผลิตภัณฑ์เหมาะสม (Blesa *et al.*, 2006) โอคราทอกซินมี 2 ชนิด คือ โอคราทอกซิน เอ และบี แต่ที่พบตามธรรมชาติคือ โอคราทอกซิน เอ พบในผลิตผลเกษตรหลายชนิด เช่น ข้าวโพด ข้าวบาร์เลย์ ข้าวสาลี เมล็ดโกโก้ เมล็ดกาแฟ และถั่วชนิดต่าง ๆ (อมรา, 2551) นอกจากนี้ยังพบในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ผลไม้อบแห้ง น้ำองุ่น เบียร์และไวน์ (Belli *et al.*, 2004) โอคราทอกซิน เอ เป็นสารที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษกับไต (nephrotoxic) ก่อให้เกิดลูกวิรูป (teratogenic) เป็นพิษต่อภูมิคุ้มกันและเป็นพิษต่อพันธุกรรมในสัตว์ทดลองหลายชนิด (Bayman *et al*., 2002) องค์กร International Agency for Research on Cancer (IRAC) ได้จัดให้สารโอคราทอกซิน เอ เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์อีกด้วย (IRAC, 1993)

การปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษจากเชื้อราสามารถเกิดขึ้นได้ในทุกขั้นตอนการผลิตตั้งแต่การเก็บเกี่ยว การบรรจุ การขนส่ง จนถึงการเก็บรักษา แอฟลาทอกซินมักพบการปนเปื้อนตั้งแต่อยู่ในแปลง ขณะที่โอคราทอกซิน เอ มักพบในระหว่างขั้นตอนการทำให้แห้งและการเก็บรักษา (Magan and Aldred, 2005) การจัดการสารพิษจากเชื้อราสามารถทำได้หลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นวิธีทางเคมี เช่น การใช้กรดแก่ หรือด่างแก่ และวิธีทางกายภาพ เช่น การคัดแยกเมล็ดธัญพืช การใช้รังสี (Marth and Doyle, 1979) การใช้ความร้อน และการใช้พลังงานแสง (อมรา, 2551) ประเทศไทยกำหนดให้มีการปนเปื้อนของแอฟลาทอกซินในอาหารทั่วไปได้ไม่เกิน 20 พีพีบี และสหภาพยุโรปกำหนดให้มีสารแอฟลาทอกซินในถั่วลิสงที่ต้องนำไปผ่านกระบวนการ ไม่เกิน 20 พีพีบี สำหรับการปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้ง สหภาพยุโรปกำหนดให้มีได้ไม่เกิน 10 พีพีบี (European Union, 2010) แต่ประเทศไทยยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานของสารพิษนี้ในผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภค การปนเปื้อนของสารพิษแอฟลาทอกซิน และโอคราทอกซิน เอ เป็นปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพและอนามัย

ของผู้บริโภคโดยตรง ดังนั้น จึงต้องมีการศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราที่สร้างสารพิษทั้งสองชนิด รวมทั้งการหาวิธีการลดปริมาณสารพิษอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อผู้บริโภคเพื่อให้ได้คำแนะนำกับผู้บริโภคเป็นการแก้ปัญหาในระยะสั้น

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ตัวอย่างผลไม้อบแห้ง
2. ตัวอย่างเมล็ดธัญพืช
3. เครื่องปั่น (blender)
4. อาหารเลี้ยงเชื้อรา DG18 และ PDA
5. เมทานอล
6. ชุดตรวจสอบโอคราทอกซิน เอ
7. ชุดตรวจสอบแอฟลาทอกซินบี1
8. กระดาษกรอง whatman เบอร์ 4
9. เครื่องดูดปล่อยสารละลาย
10. เครื่องอ่าน MicroELISA Reader
11. ตู้อบลมร้อน
12. เตาอบไมโครเวฟ

วิธีการ

1. ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตร

1.1 การปนเปื้อนของเชื้อราและสารแอฟลาทอกซินบี1 ในผลิตผลเกษตร 10 ชนิด

สุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดธัญพืชที่วางจำหน่ายในเขตกรุงเทพมหานครจากซุปเปอร์มาร์เก็ต 5 แห่ง และตลาดทั่วไป 5 แห่ง โดยแต่ละแหล่งเก็บตัวอย่างเมล็ด10 ชนิด ได้แก่ ข้าวสาร ข้าวกล้อง ข้าวเหนียวดำ ข้าวเหนียวขาว ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วแดง ถั่วลิสง งาขาว และงาดำ แต่ละชนิดเก็บ 10 ตัวอย่าง ทำการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ครั้งที่1 มกราคม-มีนาคม 2554 และครั้งที่2 กรกฎาคม-กันยายน 2554 รวมทั้งหมด 1,712 ตัวอย่าง ทำการสุ่มตัวอย่างเมล็ดจำนวน 100 กรัม/ตัวอย่าง เพื่อใช้ในการตรวจการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินบี1 และนำตัวอย่างที่เหลือมาคลุกรวมกันแล้วทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอีกครั้ง เพื่อใช้เป็นตัวแทนในการตรวจการปนเปื้อนของเชื้อรา *Aspergillus flavus*

1.1.1 การตรวจการปนเปื้อนของเชื้อรา *Aspergillus flavus* โดยวิธี Direct Plate Count Method ล้างตัวอย่างเมล็ดด้วยคลอรอกซ์ (Clorox) 10% นาน 5 นาที ซับให้แห้ง วางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Dichloran Glycerol Agar (DG18) จำนวน 400 เมล็ด/ชนิด เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน จึงตรวจนับจำนวนเชื้อรา *A. flavus* ที่ปนเปื้อน

1.1.2 การตรวจการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซิน บี1 โดยใช้ชุดตรวจสอบสำเร็จรูป DOA ELISA Test Kit

นำตัวอย่างมาบดให้ละเอียดและผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดปริมาณ 20 กรัม ใส่ใน flask (ขวดแก้ว) ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารเมทานอล 70% ลงในขวดแก้วที่ใส่ตัวอย่าง ปริมาณ 100 มิลลิลิตร/ขวดแก้ว (อัตราส่วน 1:5) ปิดปากขวดด้วยจุกยางแล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่อัตราความเร็ว 300 รอบ/นาที นาน 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ให้ตกตะกอน นำส่วนใสมา

กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 ส่วนที่กรองได้นำไปเจือจางด้วย 0.01 M PBS (Phosphate buffer saline) ให้เป็นอัตราส่วน 1:20 นำไปวิเคราะห์สารพิษด้วยชุดตรวจสอบสำเร็จรูป DOA ELISA Test Kit

1.2 การปนเปื้อนของเชื้อราและสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้ง

เก็บตัวอย่างผลไม้อบแห้งที่วางจำหน่ายในตลาดและห้างสรรพสินค้าต่างๆ ทั้งผลิตภัณฑ์นำเข้า และผลิตภัณฑ์ในประเทศ จำนวน 20 ชนิด ได้แก่ กีวี แครนเบอร์รี่ บลูเบอร์รี่ บ๊วย บิงเชอร์รี่ ฝรั่ง พรุน พุทราจีน ฟิกซ์ มะเขือเทศ มะขาม มะม่วง มะละกอ ลำไย ลิ้นจี่ ลูกเกดสีขาว ลูกเกดสีดำ สตรอเบอร์รี่ สับปะรด และอินทผลัม รวม 92 ตัวอย่างๆ ละ 5 ซ้ำ

1.2.1 การตรวจการปนเปื้อนของเชื้อรา ใช้วิธี Direct Plate Count Method ล้างตัวอย่างผลไม้อบแห้งด้วยคลอรอกซ์ (Clorox) 10% นาน 1 นาที ซับตัวอย่างให้แห้ง วางตัวอย่างบนอาหารเลี้ยงเชื้อรา DG18 โดยวางตัวอย่าง 7-10 ชิ้น/จานเลี้ยงเชื้อ จำนวน 5 จานเลี้ยงเชื้อ/ตัวอย่าง บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน ตรวจนับจำนวนเชื้อราที่พบ

1.2.2 การตรวจการปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน เอโดยวิธี ELISA ใช้ชุดทดสอบของ Veratox® NEOGEN

ชั่งผลไม้อบแห้งตัวอย่างละ 25 กรัม ใส่ลงในเครื่องปั่น เติม 70% ของเมทานอล 100 มิลลิลิตร ปั่นด้วยความเร็วสูงเป็นเวลา 2 นาที กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ปรับ pH ของสารสกัดให้อยู่ระหว่าง 6-7 เจือจางสารสกัดโดยใช้สารละลาย 0.01M PBS นำไปวิเคราะห์สารพิษด้วยชุดตรวจสอบสำเร็จรูป Veratox® NEOGEN

2. การลดปริมาณสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตรด้วยวิธีทางกายภาพ

2.1 การลดปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินบี1 ในผลิตผลเกษตร

เลือกตัวอย่างเมล็ดที่มีการปนเปื้อนสารแอฟลาทอกซินบี 1 สูงเกินค่ามาตรฐาน (20 พีพีบี) จำนวน 4 ชนิด คือ ข้าวกล้อง ข้าวเหนียวดำ ถั่วลิสง และงาดำ ทำการปลูกเชื้อบนเมล็ด โดยชั่งตัวอย่างเมล็ด 100 กรัม/ขวด ปลูกเชื้อด้วยสารแขวนลอยสปอร์ของเชื้อรา *Aspergillus flavus* ปริมาณ $1x10^7$ สปอร์/มิลลิลิตร จำนวน 3 มิลลิลิตร/ขวด ปิดฝาขวด บ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิห้องในบริเวณที่ได้รับแสงนาน 14 วัน แล้วนำตัวอย่างมานึ่งฆ่าเชื้อโดยหม้อนึ่งความดัน ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส แรงดันไอน้ำ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 15 นาที นำตัวอย่างจากทุกขวดมาเทรวมกัน คลุกให้เข้ากันเพื่อให้ตัวอย่างมีความสม่ำเสมอ

2.1.1 การอบด้วยเตาไมโครเวฟ

ชั่งเมล็ดงาดำที่ปลูกเชื้อแล้ว 100 กรัม/จาน จำนวน 60 จาน นำมาอบในไมโครเวฟตามกรรมวิธี โดยใช้ไมโครเวฟ Panasonic model NN-S235 MF/WF ซึ่งมีความถี่คลื่น ขณะทำงาน 2450 เมกะเฮิรตซ์ กำลังไฟฟ้าในการทำงาน 800 วัตต์ สำหรับในเมล็ดอีก 3 ชนิด คือ ข้าวกล้อง ข้าวเหนียวดำ และงาดำ การอบไมโครเวฟมีผลให้เมล็ดข้าวแตกหัก และเมล็ดถั่วลิสงไหม้ วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 10 กรรมวิธี 6 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ความร้อนต่ำ เวลา 2 นาที
กรรมวิธีที่ 2 ความร้อนต่ำ เวลา 3 นาที
กรรมวิธีที่ 3 ความร้อนต่ำ เวลา 4 นาที
กรรมวิธีที่ 4 ความร้อนปานกลาง เวลา 30 วินาที
กรรมวิธีที่ 5 ความร้อนปานกลาง เวลา 60 วินาที
กรรมวิธีที่ 6 ความร้อนปานกลาง เวลา 90 วินาที
กรรมวิธีที่ 7 ความร้อนสูง เวลา 20 วินาที
กรรมวิธีที่ 8 ความร้อนสูง เวลา 30 วินาที
กรรมวิธีที่ 9 ความร้อนสูง เวลา 40 วินาที
กรรมวิธีที่ 10 ชุดควบคุม (control)

2.1.2 การอบด้วยตู้อบลมร้อน

ข้าวกล้อง ข้าวเหนียวดำ และงาดำ ชั่งตัวอย่างเมล็ดปลูกเชื้อทั้ง 3 ชนิด น้ำหนัก 100 กรัม/ถาด ชนิดละ 120 ถาด วางแผนการทดลองแบบ factorial 4x5 in CRD จำนวน 6 ซ้ำ

ปัจจัยที่ 1 อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ มี 4 ระดับ คือ 50 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส

ปัจจัยที่ 2 เวลาที่ใช้ในการอบ มี 5 ระดับ คือ 30 60 90 120 และ 150 นาที

ถั่วลิสงปลูกเชื้อ ชั่งตัวอย่าง 100 กรัม/ถาด จำนวน 60 ถาด เนื่องจากถั่วลิสงเมื่ออบที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียสมีผลให้เมล็ดถั่วลิสงไหม้ จึงทำการทดลองที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส วางแผนการทดลองแบบ factorial 2x5 in CRD จำนวน 6 ซ้ำ

ปัจจัยที่ 1 ระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ มี 2 ระดับ คือ 50 และ 60 องศาเซลเซียส

ปัจจัยที่ 2 ระดับเวลาที่ใช้ในการอบ มี 5 ระดับ คือ 30 60 90 120 และ 150 นาที

นำตัวอย่างที่ผ่านการอบมาตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินบี1 โดยใช้ชุดตรวจสอบสำเร็จรูป และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การลดลงของสารพิษ

2.2 การลดปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้ง

นำผลไม้อบแห้งที่มีการปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน เอ สูง ได้แก่ บลูเบอร์รี่ ลูกเกดขาว และแครนเบอร์รี่ คลุกตัวอย่างแต่ละชนิดให้เข้ากัน ชั่งตัวอย่างๆ ละ 200 กรัม ใส่ในภาชนะสำหรับอบ

2.2.1 การอบด้วยเตาไมโครเวฟ

ใช้เตาไมโครเวฟ Sharp รุ่น R-241 ความถี่ 2,450 เมกะเฮิรตซ์ กำลังไฟสูงสุด 800 วัตต์ วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 7 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 กำลังไฟ 800 วัตต์ (ระดับความร้อนสูง) เวลา 30 วินาที
กรรมวิธีที่ 2 กำลังไฟ 800 วัตต์ (ระดับความร้อนสูง) เวลา 45 วินาที
กรรมวิธีที่ 3 กำลังไฟ 400 วัตต์ (ระดับความร้อนปานกลาง) เวลา 45 วินาที
กรรมวิธีที่ 4 กำลังไฟ 400 วัตต์ (ระดับความร้อนปานกลาง) เวลา 60 วินาที
กรรมวิธีที่ 5 กำลังไฟ 240 วัตต์ (ระดับความร้อนต่ำปานกลาง) เวลา 60 วินาที
กรรมวิธีที่ 6 กำลังไฟ 240 วัตต์ (ระดับความร้อนต่ำปานกลาง) เวลา 90 วินาที
กรรมวิธีที่ 7 ชุดควบคุม (ไม่ผ่านการอบ)

2.2.2 การอบด้วยตู้อบลมร้อน

วางแผนการทดลองแบบ 3x3(+1) factorial in CRD ปัจจัยที่ 1 อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ 3 ระดับ คือ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาในการอบ 3 ระดับ คือ 30 45 และ 60 นาที มี 10 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 80 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที กรรมวิธีที่ 6 70 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที
กรรมวิธีที่ 2 80 องศาเซลเซียส เวลา 45 นาที กรรมวิธีที่ 7 60 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที
กรรมวิธีที่ 3 80 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที กรรมวิธีที่ 8 60 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที
กรรมวิธีที่ 4 70 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที กรรมวิธีที่ 9 60 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที
กรรมวิธีที่ 5 70 องศาเซลเซียส เวลา 45 นาที กรรมวิธีที่ 10 ชุดควบคุม

นำตัวอย่างที่ผ่านการอบมาตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของสาร โอคราทอกซิน ด้วยชุดทดสอบ Veratox ® NEOGEN คำนวณเปอร์เซ็นต์การลดลงของสารพิษ

สูตรคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารพิษ} = \frac{(\text{ปริมาณสารพิษของชุดควบคุม} - \text{ปริมาณสารพิษของกรรมวิธี}) \times 100}{\text{ปริมาณสารพิษของชุดควบคุม}}$$

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาทำการทดลอง เริ่มต้น ตุลาคม 2553 สิ้นสุด กันยายน 2555

สถานที่ทำการทดลอง ห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตร

1.1 การปนเปื้อนของเชื้อราและสารแอฟลาทอกซินบี1 ในผลิตผลเกษตร

1.1.1 การตรวจการปนเปื้อนของเชื้อรา *Aspergillus flavus*

พบการปนเปื้อนของเชื้อราแต่ละตัวอย่างในปริมาณต่ำไม่เกิน 6% ยกเว้นในถั่วลิสงพบการปนเปื้อนของ *A. flavus* สูงที่สุด มีค่าอยู่ระหว่าง 1.75-80% และงาดำพบ *A. flavus* มีค่าอยู่ระหว่าง 0.25-29.25% สำหรับในกลุ่มของข้าว 4 ชนิด คือ ข้าวสาร ข้าวกล้อง ข้าวเหนียวขาว และข้าวเหนียวดำ พบการปนเปื้อนของเชื้อ *A. flavus* ในข้าวเหนียวดำมากที่สุด มีค่าอยู่ระหว่าง 0.25-4.25% พบรองลงมา คือ ข้าวกล้อง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.25-3.75% (Table 1)

1.1.2 การตรวจการปนเปื้อนสารแอฟลาทอกซินบี1

การปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินบี1 จากตัวอย่างธัญพืช 10 ชนิด จำนวน 1,712 ตัวอย่าง ตรวจพบตัวอย่าง 5 ชนิด ที่มีค่าแอฟลาทอกซินบี1 สูงเกินมาตรฐานกำหนด 20 พีพีบี คือ ข้าวกล้อง มีค่าแอฟลาทอกซินบี1 อยู่ระหว่าง 0.9-50.4 พีพีบี ข้าวเหนียวขาว 1.0-27.1 พีพีบี ข้าวเหนียวดำ 8.5-50 พีพีบี

งาดำ 1.0 - 48.9 พีพีบี และถั่วลิสง 1.1-186.4 พีพีบี ซึ่งในถั่วลิสงมีการปนเปื้อนของแอฟลาทอกซินบี1 สูงที่สุด พบเกินค่ามาตรฐาน 40.7% ของตัวอย่างถั่วลิสงทั้งหมด (Table 2)

Table 1. Percent of *Aspergillus flavus* contamination in 10 kinds of agricultural products from 10 locations on January – March and July – September 2011

Time	Agricultural Products	% *Aspergillus flavus* of sample*									
		Market 1	Market 2	Market 3	Market 4	Market 5	Super market 1	Super market 2	Super market 3	Super market 4	Super market 5
January – March 2011	Rice	0	0	1.25	0	0.25	0	0	0	0.75	0.75
	Brown rice	1	0	0.25	0	0.5	0	0	0	1	1.5
	Sticky rice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5
	Black sticky rice	4.25	0.5	0.25	2.5	0.25	0	0.75	0	2.25	0.25
	Soybean	0.5	0.25	0	0.5	0.75	1	0	0.25	0.5	0.75
	Mung bean	0.5	0	1.75	0	0.5	0.25	2.5	0	0.5	0.5
	Red bean	0.25	0.75	0.5	0	2.75	0	0.25	2	5.5	0.25
	Groundnut	18.75	18	35.5	51.5	63.25	0	37.5	25.75	9.75	2.5
	Sesame	0	0	0	0	0	0.25	0	0	2.5	0
	Black sesame	0	0	1.25	5.5	7.5	1.5	0	0	0	0
July – September 2011	Rice	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0	0
	Brown rice	0	0	3.75	0	1.5	0	0	0	0	0
	Sticky rice	0	1.5	0	0.25	0	0	0	0	0	0.25
	Black sticky rice	1.75	1	0	1.75	1.75	0	1	1	0.5	0
	Soybean	1	0.75	0.75	0	0.25	0.25	0.75	0.5	0	1.25
	Mung bean	0.5	0.75	0.5	1.75	1.25	0.25	0	0	0.25	0
	Red bean	0	0	0.25	0.25	0.25	0	0.25	0	0	1.5
	Groundnut	1.75	31	45	80	12	2	0	5.25	2.25	18.5
	Sesame	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Black sesame	0	0	2.75	0	0.25	0	0	29.25	0	0

จากผลการทดลองพบว่า ถั่วลิสงมีการปนเปื้อนของเชื้อรา *A. flavus* และแอฟลาทอกซินบี1 มีค่าสูงสอดคล้องกัน โดยพบเชื้อราที่สร้างสารพิษสูง และมีปริมาณแอฟลาทอกซินบี1 สูงเช่นกัน เนื่องจากเชื้อราที่สร้างสารแอฟลาทอกซินเจริญได้ดีในสภาพอากาศร้อนชื้น อมราและคณะ (2549) ศึกษาการปนปื้อนของเชื้อราในผลิตผลเกษตรจำนวน 17 ชนิด จากแหล่งจำหน่าย 10 แห่ง พบเชื้อรา *A. flavus* และ *A. niger* มากที่สุด โดยพบ *A. flavus* ปนเปื้อนในถั่วลิสงสูง 38.6% และจากการรวบรวมผลการวิเคราะห์สารแอฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนในถั่วลิสงและผลิตภัณฑ์ถั่วลิสง ในปี 2525-2536 จำนวน 600 ตัวอย่าง พบถั่วลิสงดิบมีการปนเปื้อนมากที่สุด 81% ของตัวอย่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1-3529 พีพีบี พบเกินค่ามาตรฐาน 55% (ศรีสิทธิ์และคณะ, 2538)

Table 2. Amount of AFB1 contamination in 10 kinds of agricultural products from 10 locations in Bangkok 2011

Kind of products	No. of analyzed sample	positive sample (%)	No. of contaminated sample over 20 ppb (%)	Range amount of AFB1 (ppb)
Rice	179	65.4	0	0.6-12.6
Brown rice	165	99.4	24.8	0.9-50.4
Sticky rice	165	97.6	1.8	1.0-27.1
Black sticky rice	152	100	40.8	8.5-50
Soybean	165	84.8	0	0.9-10.1
Mung bean	182	57.1	0	0.6-8.9
Red bean	190	77.4	0	0.5-11.7
Groundnut	188	98.4	46.8	1.1-186.4
Sesame	157	70.7	0	0.6-9.6
Black sesame	169	97.6	15.4	1.0-48.9
Total	1,712	84.8	12.9	0.5-186.4

1.2 การปนเปื้อนของเชื้อราและสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้ง

1.2.1 การตรวจการปนเปื้อนของเชื้อรา

พบการปนเปื้อนของเชื้อราในผลไม้อบแห้ง 14 ชนิด จำนวน 38 ตัวอย่าง (41.30%) เชื้อราที่พบ ได้แก่ *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. aculeatus*, *Rhizopus* sp., *Penicillium* sp. และ *Fusarium* sp. เชื้อราสาเหตุที่มีรายงานการสร้างสารโอคราทอกซิน เอ ได้แก่ *A. niger* (Abarca *et al*., 1994) และกลุ่ม *Penicillium* เช่น *P. verrucosum* (Cabanes *et al.*, 2010) จากการศึกษาพบเชื้อสาเหตุคือ *A. niger* ในผลไม้อบแห้ง 12 ชนิด ได้แก่ แครนเบอร์รี่ บลูเบอร์รี่ บ๊วย บิงเชอร์รี่ พรุน มะขาม มะม่วง ลำไย ลูกเกดขาว ลูกเกดดำ สตรอเบอร์รี่ และอินทผลัม และพบ *Penicillium* sp. ในผลไม้อบแห้ง 4 ชนิด ได้แก่ พรุน มะขาม ลิ้นจี่ และลูกเกดดำ (Table 3)

1.2.2 การตรวจการปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน เอ

พบการปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้ง 80 ตัวอย่าง (86.96%) การปนเปื้อนอยู่ระหว่าง 0.30- 24.10 พีพีบี การปนเปื้อนสูงสุดพบในบลูเบอร์รี่ 24.10 พีพีบี รองลงมาคือ ลูกเกดขาว แครนเบอร์รี่ มะเขือเทศ และลิ้นจี่ พบ 13.0, 9.55, 9.4 และ 8.00 พีพีบี ตามลำดับ (Table 3) และยังพบว่า ผลไม้อบแห้งนำเข้ามีการปนเปื้อนของเชื้อราน้อยกว่าผลไม้อบแห้งที่ผลิตในประเทศ โดยพบการปนเปื้อน 37.50% และ 50.00% ตามลำดับ แต่ในทางตรงกันข้ามพบการปนเปื้อนของสารพิษในผลไม้อบแห้งนำเข้ามากกว่าผลไม้อบแห้งที่ผลิตในประเทศ โดยพบการปนเปื้อน 92.85% และ 77.77% ตามลำดับ ตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนของเชื้อราอาจไม่มีการปนเปื้อนของสารพิษหรือมีใน

ปริมาณน้อย ทั้งนี้เชื้อราที่พบอาจไม่ใช่สายพันธุ์ที่สร้างสารพิษ การสร้างสารพิษของเชื้อราเกิดขึ้นได้ทั้งในแปลงปลูก ระหว่างเก็บเกี่ยว หลังการเก็บเกี่ยว และในระหว่างการเก็บรักษา (เนตรนภิส, 2554) สำหรับผลไม้อบแห้งนำเข้า สารพิษอาจถูกสร้างทิ้งไว้ในผลิตผล แต่เชื้อราอาจถูกทำลายในระหว่างขั้นตอนการผลิต อีกทั้งผลิตภัณฑ์นำเข้าส่วนใหญ่มีการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ได้มาตรฐาน โอกาสในการปนเปื้อนของเชื้อราจึงน้อย ในขณะที่ผลไม้อบแห้งที่ผลิตในประเทศ มีหลายชนิดใช้บรรจุภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน เมื่อมีสภาพแวดล้อมและอาหารที่เหมาะสมเชื้อราจึงเจริญได้ดีกว่า

Table 3. The number of fungi and OTA contaminated and OTA concentration in dried fruit samples

Dried fruit	No. of samples	No. of contaminated fungi	Contaminated fungi (%)							No. of contaminated OTA	Range of OTA concentration (µg/kg)
			A. flavus	*A. niger*	*A. aculeatus*	*Penicillium* sp.	*Fusarium* sp.	*Rhizopus* sp.	Other		
Kiwi	1	0	-	-	-	-	-	-	-	1	0.5
Cranberry	6	1	-	0.48	0.48	-	-	-	-	6	4.50 - 9.55
Blueberry	4	2	3.5	1	-	-	-	1.5	-	4	16.05 - 24.10
Apricot	2	1	4.28	4.28	-	-	-	-	-	1	0-1.00
Bing cherry	3	2	8	2.67	1.33				-	3	0.9 - 6.4
Guava	2	0	-	-	-	-	-	-	-	2	2.50 - 4.85
Prune	10	3	1.6	1	-	0.4	-	-	-	9	0 - 4.40
Chinese jujube	3	1	1.33	-	-	-	-	-	1.33	3	0.70 - 3.30
Fig	2	0	-	-	-	-	-	-	-	2	1.30 - 2.50
Tomato	4	0	-	-	-	-	-	-	-	3	0-9.40
Tamarind	3	3	4.67	6.67	-	1.33		5.33	-	3	1.20 - 5.10
Mango	3	1	-	1.33	-	-	-	-	-	3	0.30 - 3.00
Papaya	1	0	-	-	-	-	-	-	-	0	0
Longan	9	7	3.97	7.43	2.41	-	-	-	5.01	6	0 - 2.30
Lychee	5	3	4.4	-	0.8	0.4		0.4	3.2	2	0-8.00
White raisin	15	4	2.48	0.95	0.19	-	0.19	-	-	15	0.50 - 13.00
Black raisin	12	7	3.09	3.57	1.9	0.24	0.48	0.24	-	10	0 - 1.30
Strawberry	4	2	2.14	2	1	-	-	-	1	4	1.00 - 6.40
Pineapple	1	0	-	-	-	-	-	-	-	1	0.1
Date	2	1	4	42	4	-	-	-	-	2	0.35 - 1.15
Total	92	38	43.46	73.38	12.11	2.37	0.67	7.47	10.54	80	0 – 24.10

2. การลดปริมาณสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตรด้วยวิธีทางกายภาพ

2.1 การลดปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินบี1 ในผลิตผลเกษตร

2.1.1 การอบด้วยเตาไมโครเวฟ

การอบงาดำด้วยเตาไมโครเวฟ พบว่า กรรมวิธีที่ต่างกันมีผลต่อปริมาณแอฟลาทอกซินบี 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การอบงาดำด้วยความร้อนระดับปานกลาง นาน 90 วินาที มีผลให้ปริมาณแอฟลาทอกซินบี1 มีค่าต่ำสุด 75.18 พีพีบี ลดลง 26.81% รองลงมาคือ การอบด้วยความร้อนระดับปานกลาง นาน 60 วินาที มีปริมาณแอฟลาทอกซินบี 1 78.35 พีพีบี ลดลง 23.72% (Table 4) เช่นเดียวกับในเมล็ดแมงลักอบด้วยเตาไมโครเวฟ กำลังไฟ 800 วัตต์ที่ความร้อนระดับต่ำ นาน 1 นาที สามารถลดปริมาณแอฟลาทอกซินบี1 ได้ 39.4% (ศุภราและคณะ, 2551)

Table 4. Average amount of AFB1 contamination in black sesame when treated with microwave

Treatment	Average amount of AFB1 (ppb)**	Reduction amount of AFB1 (%)
1. Low level 2 min.	86.65 b	15.64
2. Low level 3 min.	87.67 b	14.65
3. Low level 4 min.	87.17 b	15.14
4. Medium level 30 sec.	87.22 b	15.09
5. Medium level 60 sec.	78.35 ab	23.72
6. Medium level 90 sec.	75.18 a	26.81
7. High level 20 sec.	82.13 ab	20.04
8. High level 30 sec.	81.92 ab	20.25
9. High level 40 sec.	81.57 ab	20.59
10. control	102.72 c	0

cv (%) = 10.42

In a column , Means followed by a common letter are not significantly different at the 1% level by DMRT

2.1.2 การอบด้วยตู้อบลมร้อน

ข้าวกล้อง การอบที่อุณหภูมิแตกต่างกันมีผลต่อปริมาณสารแอฟลาทอกซินบี 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การอบข้าวกล้องที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีผลให้ปริมาณแอฟลาทอกซินบี 1 มีค่าต่ำสุด โดยเวลาที่ใช้ในการอบข้าวกล้องไม่มีผลต่อปริมาณแอฟลาทอกซินบี 1 ดังนี้ 7.33, 7.82, 7.22, 7.27 และ 7.73 พีพีบี (Table 5) และมีค่าลดลง 47.05, 43.56, 47.89, 47.53 และ 44.16% ที่เวลา 30, 60, 90, 120 และ150 นาที ตามลำดับ (Table 9)

Table 5. Average amount of AFB1 contamination in brown rice when treated with hot air oven

Temperature (C)	Average amount of AFB1 (µg/kg)					Temp. average**
	30 min.	60 min.	90 min.	120 min.	150 min.	
control	13.85	13.85	13.85	13.85	13.85	13.85 d
50	11.88	11.78	11.30	10.82	10.83	11.32 c
60	11.35	10.87	10.48	10.53	9.62	10.57 bc
70	11.12	10.68	8.90	8.60	7.10	9.28 b
80	7.33	7.82	7.22	7.27	7.73	7.47 a
Time average	11.107	11.000	10.350	10.213	9.827	

cv (%) = 21.86 In a column , Means followed by a common letter are not significantly different at the 1% level by DMRT

ข้าวเหนียวดำ การอบมีอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่แตกต่างกัน มีผลต่อปริมาณแอฟลาทอกซินบี1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การอบข้าวเหนียวดำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 150 นาที มีผลให้ปริมาณแอฟลาทอกซินบี1 มีค่าต่ำสุด 11.35 พีพีบี ลดลง 69.73% และการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 30, 60, 90 และ120 นาที มีแนวโน้มในการลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินบี 1 ได้ดีเช่นกัน คือ 13.52, 12, 12.18 และ11.67 พีพีบี ตามลำดับ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานอาจเลือกใช้เวลาในการอบที่น้อยลง (Table 6 และ 9)

งาดำ การอบมีอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่แตกต่างกัน มีผลต่อปริมาณแอฟลาทอกซินบี1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การอบงาดำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 120 และ 150 นาที และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 60 90 และ 150 นาที มีผลให้ปริมาณแอฟลาทอกซินบี1 มีค่าต่ำสุด (Table 7) แต่ในด้านของการประหยัดพลังงาน การอบงาดำที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที มีปริมาณแอฟลาทอกซินบี 1 81.80 พีพีบี ลดลง 59.26% ให้ผลคุ้มค่าที่สุด (Table 9)

Table 6. Average amount of AFB1 contamination in black sticky rice when treated with hot air oven

Temperature (C)	Average amount of AFB1 (µg/kg)**					Temp. average
	30 min.	60 min.	90 min.	120 min.	150 min.	
control	37. 50 f	37.50 f	37. 50 f	37.50 f	37. 50 f	37.50
50	22.20 e	22.33 e	19.85 de	19.02 de	15.10 a-d	19.70
60	19.07 de	19.65 de	18.03 de	17.88 bcde	16.93 a-e	18.31
70	18.67 de	18.03 de	18.35 cde	18.82 bcde	17.15 a-e	18.20
80	13.52 a-d	12.00 abc	12.18 abc	11.67 ab	11.35 a	12.14
Time average	22.19	21.90	21.18	20.98	19.61	

cv (%) = 41.81 In a column , Means followed by a common letter are not significantly different at the 1% level by DMRT

Table 7. Average amount of AFB1 contamination in black sesame when treated with hot air oven

Temperature (C)	Average amount of AFB1 (µg/kg)**					Temp. average
	30 min.	60 min.	90 min.	120 min.	150 min.	
control	200.80 f	200.80 f	200.80 f	200.80 f	200.80 f	200.80
50	114.73 cde	106.42 bc	107.05 bc	109.93 cd	104.95 bc	108.62
60	97.62 abc	96.53 abc	99.63 abc	84.30 a	83.70 a	92.36
70	100.13 abc	81.80 a	80.83 a	89.58 ab	84.48 a	87.37
80	133.90 e	134.03 e	127.05 de	114.57 cde	113.45 cd	124.60
Time average	129.4	123.92	123.07	119.84	117.48	

cv (%) = 31.36 In a column , Means followed by a common letter are not significantly different at the 1% level by DMRT

ถั่วลิสง การอบมีอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่แตกต่างกัน มีผลต่อปริมาณแอฟลาทอกซินบี 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การอบถั่วลิสงที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 150 นาที มีผลให้ปริมาณแอฟลาทอกซินบี1 มีค่าต่ำสุด 201.42 พีพีบี ลดลง 19.82% (Table 8-9)

Table 8. Average amount of AFB1 contamination in groundnut when treated with hot air oven

Temperature (C)	Average amount of AFB1 (µg/kg)*					Temp. average
	30 min.	60 min.	90 min.	120 min.	150 min.	
control	251.20 c	251.20 c	251.20 c	251.20 c	251.20 c	251.20
50	238.30 bc	237.27 bc	237.17 bc	230.18 bc	201.42 a	228.87
60	233.18 bc	237.63 bc	232.63 bc	234.65 bc	220.12 ab	231.64
Time average	240.89	242.03	240.33	238.68	224.24	

cv (%) = 5.8 In a column , Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 9. Reduction amount of AFB1 contamination in agricultural products when treated with hot air oven.

Kind of products	Temperature (C)	Reduction amount of AFB1 (%)				
		30 min.	60 min.	90 min.	120 min.	150 min.
brown rice	50	14.20	14.92	18.41	21.90	21.78
	60	18.05	21.54	24.31	23.95	30.57
	70	19.74	22.86	35.74	37.91	48.74
	80	47.05	43.56	47.89	47.53	44.16
black sticky rice	50	40.80	40.45	47.07	49.28	59.73
	60	49.15	47.60	51.91	52.32	54.85
	70	50.21	51.92	51.07	49.81	54.27
	80	63.95	68.00	67.52	68.88	69.73
black sesame	50	42.86	47.00	46.69	45.25	47.73
	60	51.38	51.93	50.38	58.02	58.32
	70	50.13	59.26	59.75	55.39	57.93
	80	33.32	33.25	36.73	42.94	43.50
groundnut	50	5.14	5.55	5.59	8.37	19.82
	60	7.17	5.40	7.39	6.59	12.37

เนื่องจากตัวอย่างเมล็ดที่ใช้ในการทดลองได้ทำการปลูกเชื้อเพื่อเพิ่มปริมาณสารแอฟลาทอกซินบี1 จากผลการทดลองในข้าวกล้อง และข้าวเหนียวดำ สามารถลดปริมาณสารพิษลงได้ต่ำกว่า 20 พีพีบี ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่สามารถใช้บริโภคได้ ในขณะที่งาดำ และถั่วลิสง เป็นแหล่งอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราและสร้างสารแอฟลาทอกซิน จึงมีผลต่อการเพิ่มปริมาณสารแอฟลาทอกซินบี1 ในตัวอย่างได้สูง ทำให้ไม่สามารถลดปริมาณลงได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด

2.2 การลดปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้ง

2.2.1 การอบด้วยเตาไมโครเวฟ

ปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้งหลังทำการอบด้วยเตาไมโครเวฟที่กำลังไฟและระยะเวลาการอบต่างๆ เปรียบเทียบกับผลไม้อบแห้งที่ไม่ผ่านการอบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การอบด้วยเตาไมโครเวฟระดับปานกลางหรือกำลังไฟ 400 วัตต์ขึ้นไป มีผลทำให้ปริมาณสารพิษลดลงได้ โดยระดับกำลังไฟและระยะเวลาจะแตกต่างกันในแต่ละชนิดของผลไม้ ในบลูเบอร์รี่พบปริมาณสารพิษอยู่ระหว่าง 19.17–21.25 พีพีบี สารพิษลดลงสูงสุด 28.45% เมื่ออบที่กำลังไฟ 400 วัตต์ นาน 45 วินาที แต่ปริมาณสารพิษที่ผ่านการอบในแต่ละกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ลูกเกดขาวพบการปนเปื้อนของสารพิษอยู่ระหว่าง 2.17–9.47 พีพีบี สารพิษลดลง 32.48– 84.56% โดยพบว่าการอบที่กำลังไฟ 400 วัตต์ นาน 60 วินาที ลดปริมาณสารพิษลงได้สูงสุด 84.56% และในลูกเกดที่ผ่านการอบที่กำลังไฟ 800 วัตต์ นาน 30 และ 45 วินาที และที่กำลังไฟ 400 วัตต์ นาน 45 วินาที มีปริมาณสารพิษไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยสามารถลดสารพิษลงได้ 69.70, 68.46 และ 68.59% ตามลำดับ สำหรับแครนเบอร์รี่พบการปนเปื้อนของสารพิษตั้งแต่ 4.45 – 13.28 พีพีบี สารพิษลดลงสูงสุด 74.35% เมื่อทำการอบที่กำลังไฟ 800 วัตต์ นาน 45 วินาที (Table 10 และ Figure 1)

2.2.2 การอบด้วยตู้อบลมร้อน

ปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้งหลังทำการอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างกัน เปรียบเทียบกับผลไม้อบแห้งที่ไม่ผ่านการอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้จะแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดของผลไม้ บลูเบอร์รี่พบปริมาณสารพิษอยู่ระหว่าง 15.19- 20.74 พีพีบี (Table 11) สารพิษลดลงสูงสุด 43.30% เมื่ออบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที (Figure 2) ซึ่งการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นและระยะเวลาที่นานขึ้นไม่มีผลต่อการลดลงของสารพิษ

Table 10. The concentration of OTA after treated with microwave oven at different electric powers and times

Treatment	Amount of OTA (µg/kg)		
	Blueberry[1/]	White raisin[1/]	Cranberry[1/]
800 watt 30 sec	21.25 a	4.25 ab	7.29 ab
800 watt 45 sec	20.13 a	4.42 ab	4.45 a
400 watt 45 sec	19.17 a	4.41 ab	13.02 c
400 watt 60 sec	20.65 a	2.17 a	10.45 bc
240 watt 60 sec	20.59 a	9.47 c	11.25 c
240 watt 90 sec	20.03 a	7.23 bc	13.28 c
control	26.79 b	14.03 d	17.36 d
	**	**	**
cv (%)	8.6	27.1	17.8

[1/] In a column , Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 11. The concentration of OTA in dried blueberry after treated with hot air oven at different temperatures and times

Temperature (ºC)	Time (minute)			Temp. average
	30	45	60	
80	16.64 abc	16.10 ab	15.19 a	15.98
70	18.88 abc	17.66 abc	16.26 ab	17.60
60	20.74 c	18.81 abc	19.94 bc	19.83
control	26.79 d	26.79 d	26.79 d	26.79
Time average	20.76	19.84	19.54	

cv (%) = 12.1 In a column , Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

ลูกเกดขาวพบการปนเปื้อนของสารพิษอยู่ระหว่าง 2.55 - 13.74 พีพีบี (Table 12) สารพิษลดลงสูงสุด 81.85% เมื่ออบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที (Figure 2) อุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลต่อการลดลงของสารพิษ สำหรับแครนเบอร์รี่พบการปนเปื้อนของสารพิษอยู่ระหว่าง 2.85- 7.27 พีพีบี (Table 13) ลดลงสูงสุด 83.59% เมื่ออบด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที (Figure 2) การใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลาที่นานขึ้นมีผลต่อการลดลงของสารพิษ แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยทั้งสอง

Table 12. The concentration of OTA in white raisin after treated with hot air oven at different temperatures and times

Temperature (ºC)	Time (minute)			Temp. average
	30	45	60	
80	8.02 bc	6.15 b	2.55 a	5.57
70	6.69 b	7.70 bc	6.13 b	6.84
60	13.74 d	10.02 c	13.00 bc	12.25
control	14.03 d	14.03 d	14.03 d	14.03
Time average	10.62	9.47	8.93	

cv (%) = 19.0 In a column , Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 13. The concentration of OTA in cranberry after treated with hot air oven at different temperatures and times

Temperature (ºC)	Time (minute)			Temp. average
	30	45	60	
80	4.55 abc	3.27 ab	2.85 a	3.56
70	7.27 d	5.39 cd	3.87 abc	5.51
60	5.35 bcd	3.71 abc	3.25 ab	4.10
control	17.36 d	17.36 d	17.36 d	17.36
Time average	8.63	7.43	6.83	

cv (%) = 19.3 In a column , Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

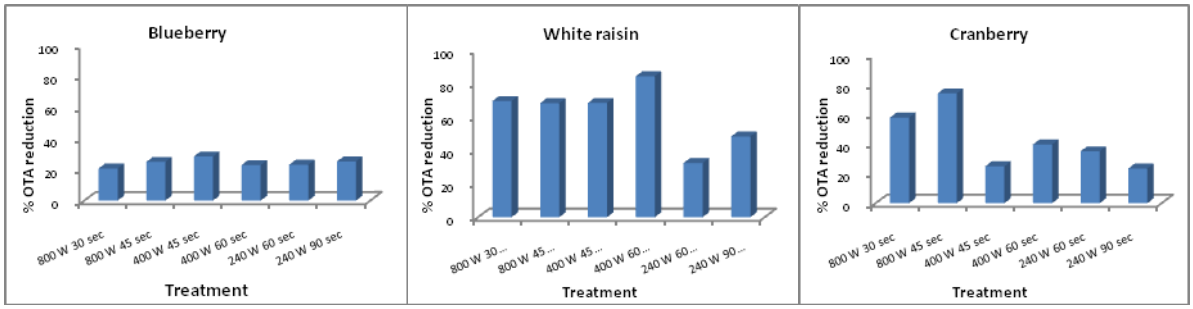


Figure 1. Comparision percentage of OTA reduction after treated with microwave at different electric powers and times

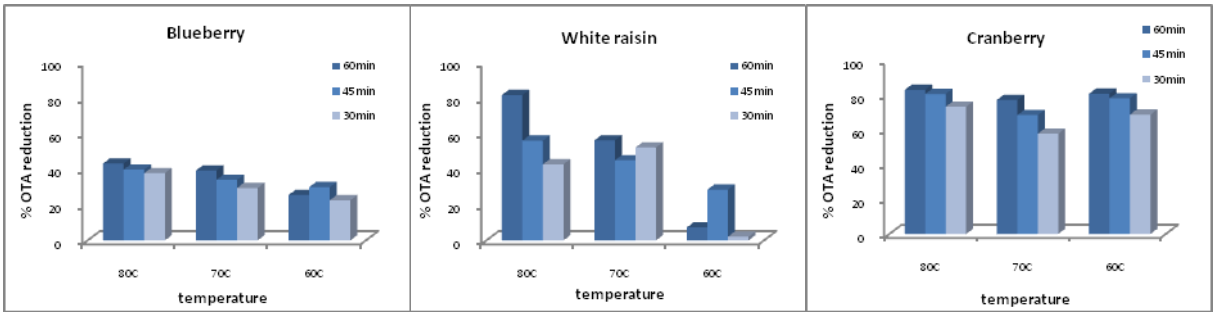


Figure 2. Comparision percentage of OTA reduction after treated with hot air oven at different temperatures and times

สรุปผลการทดลอง

1. การปนเปื้อนของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และสารแอฟลาทอกซินบี1 ในผลิตผลเกษตร 10 ชนิด พบปนเปื้อนสูงสุดในเมล็ดถั่วลิสง โดยพบเชื้อราปนเปื้อน 80% และพบสารแอฟลาทอกซินบี 1 สูงสุด 186.4 พีพีบี พบตัวอย่างที่มีสารพิษเกินค่ามาตรฐานกำหนด 40.7% ของตัวอย่างถั่วลิสง

2. เชื้อราที่พบปนเปื้อนในผลไม้อบแห้งได้แก่ *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. aculeatus*, *Rhizopus* sp., *Penicillium* sp. และ *Fusarium* sp. โดยพบ *A. niger* สูงที่สุด 73.38% และการปนเปื้อนของสารโอคราทอกซิน เอ พบสูงสุดในบลูเบอร์รี่ ลูกเกดขาว และแครนเบอร์รี่ โดยพบการปนเปื้อนที่เกินค่ามาตรฐานกำหนดสูงสุดของสหภาพยุโรปใน บลูเบอร์รี่ และลูกเกดขาว

3. การอบงาดำด้วยเตาไมโครเวฟ ขนาดกำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ ที่ความร้อนระดับปานกลาง 90 วินาที สามารถลดปริมาณแอฟลาทอกซินบี 1 ได้สูงสุด 26.81% และการอบลูกเกด ด้วยเตาไมโครเวฟที่ความร้อนระดับปานกลางหรือกำลังไฟ 400 วัตต์ 60 วินาที ลดสารโอคราทอกซิน เอ ได้สูงสุด 84.6%

4. การใช้ตู้อบลมร้อนเพื่อลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินบี1 ให้ผลดีในการอบข้าวกล้องที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 30 นาที ลดลง 47.05% ข้าวเหนียวดำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 150 นาที ลดลง 69.73% งาดำที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 60 นาที ลดลง 59.26% ถั่วลิสงที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 150 นาที ลดลง 19.82% และการอบบลูเบอร์รี่ ลูกเกดขาว และแครนเบอร์รี่ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 60 นาที ปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ ลดลง 43.3 81.8 และ 83.6% ตามลำดับ

การนำไปใช้ประโยชน์

การให้ความร้อนด้วยเตาไมโครเวฟและตู้อบลมร้อนก่อนการบริโภค เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถลดปริมาณสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตรและผลิตภัณฑ์ได้ โดยผู้บริโภคสามารถนำไปปฏิบัติในครัวเรือนได้ โดยเฉพาะการอบด้วยเตาไมโครเวฟซึ่งเป็นวิธีการที่ง่ายและสะดวก โดยเลือกระดับความร้อนและระยะเวลาที่เหมาะสมในแต่ละชนิด ในการปฏิบัติควรเกลี่ยให้เมล็ดบางทั่วกันเพื่อที่จะได้รับความร้อนอย่างทั่วถึง

คำขอบคุณ

เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิจัยสารพิษจากเชื้อรา และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการโรคพืชหลังเก็บเกี่ยว กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ที่ช่วยให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

เนตรนภิส เขียวขำ. 2554. สารพิษจากเชื้อราในผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว. *Postharvest Newsletter* 10: 5-7.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. ฉบับที่ 98 (พ.ศ.2529). เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน. 2553. หน้า 86. ใน : พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ.2522 พร้อมกฎกระทรวงและประกาศกระทรวง สาธารณสุข. กองควบคุมอาหาร สำนักคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข.

ปริศนา เหมสุจิ. 2524. สารพิษจากเชื้อราในเมล็ดพืชอาหาร. หน้า 80-93. ใน: การสัมมนาเรื่อง วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวของข้าว พืชไร่และพืชสวน. 19-20 พฤศจิกายน 2524 ณ สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ บางเขน กรุงเทพฯ.

ศุภรา อัคคะสาระกุล อมรา ชินภูติ และอรุณศรี วงษ์อุไร. 2551. การศึกษาวิธีการลดปริมาณสารแอฟลาทอกซินในเมล็ดแมงลักเพื่อการบริโภค. ใน : รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็ม. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร บางเขน กรุงเทพฯ.

ศรีสิทธิ์ การุณยะวนิช ดวงจันทร์ สุประเสริฐ อุมา บริบูรณ์ สุวัฒน์ โปษยะวัฒนา และนพาภรณ์ ปัญจะ. 2538. อะฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนในถั่วลิสงและผลิตภัณฑ์ในประเทศไทย วารสารกรมวิทยาศาสตร์ การแพทย์. 37(1): 19-32

อมรา ชินภูติ ชวเลิศ ตรีกรุณาสวัสดิ์ อรุณศรี วงษ์อุไร รัตตา สุทธยาคม วิชชุดา รัตนากาญจน์ และจิรากร โกศัยเสวี. 2549. โครงการทดสอบประสิทธิภาพชุดตรวจสอบสารแอฟลาทอกซินสำเร็จรูปเพื่อขยายผลการใช้งานสู่เกษตรกรและผู้ประกอบการส่งออก. รายงานผลการวิจัยเรื่องเต็ม กองทุนสนับสนุนงานวิจัยด้านการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 109 หน้า

อมรา ชินภูติ. 2551. สารพิษจากเชื้อราและการจัดการ. หน้า 1-21. ใน: เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ การตรวจวิเคราะห์สารแอฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตรอย่างรวดเร็วโดยชุดตรวจสอบสำเร็จรูป “DOA-Aflatoxin ELISA Test Kit”. สำนักวิจัยพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

Abarca, M.L., M.R. Bragulat, G. Castella and F.J. Cabanes. 1994. Ochratoxin A Production by Strains of *Aspergillus niger* var. *niger*. *Applied and Environmental Microbiology* 60: 2650- 2652.

Bayman, P., J.L. Baker, M.A. Doster, T.J. Michailides and N.E. Mahoney. 2002. Ochratoxin production by the *Aspergillus ochraceus* group and *Aspergillus alliaceus*. *Applied and Environmental Microbiology* 68: 2326- 2329.

Belli, N., S. Marin, A. Duaigues, A. J. Ramos and V. Sanchis. 2004. Ochratoxin A in wines, musts and grape juices from Spain. *J. Sci. Food Agric*. 84: 591- 594.

Blesa, J., J.M. Soriano, J.C. Molto and J. Manes. 2006. Factors affecting the presence of ochratoxin A in wine. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 46: 473-478.

Cabanes F.J., M.R. Bragulat and G. Castella. 2010. Ochratoxin A Producing Species in the Genus *Penicillium*. *Toxin* 2: 1111- 1120.

European Union. 2010. Maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Commission Regulation (EU) No 165/2010. 26 february 2010.

IARC. 1993. Evalution of Carcinogenic Risk of Chemical to Humans. Some Naturally-Occurring Substances. Food Item and Constituents. Heterocyclic Aromatic Amines and Mycotoxins. *Monographs*, vol. 56. pp. 359- 362.

Magan N. and D. Aldred. 2005. Conditions of formation of ochratoxin A in drying, transport and in different commodities. *Food Additives and Contaminants*: 10-16.

Marth, E.H. and M.P. Doyle. 1979. Update on mold degradation of aflatoxin. *Food Technol*.33:81- 87.

Martins, ML. and HM. Martins. 2004. Aflatoxin M(1) in yoghurts in Portugal. *Int J Food Microbiol*. 91:315-317.

Park, JW., EK. Kim, DH. Shon and YB. Kim. 2002. Natural co-occurrence of aflatoxin B1, fumonisin B1 and ochratoxin A in barley and corn foods from Korea. *Food Additives and Contaminants*. 19: 1073-1080.

Pitt, J.I. and A.D. Hocking.1996. Current knowledge of fungi and mycotoxins associated with food commodities in Southeast Asia. In: Highly, E. And John, G.I. ed., Mycotoxin contamination in grain. *ACIAR Technical Reports*. 37:5-10.



คำสั่งกรมวิชาการเกษตร
ที่ ๑๕๓๖ /๒๕๕๕
เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร

เพื่อเป็นการประกาศเกียรติคุณและสร้างขวัญกำลังใจให้นักวิจัยในการผลิตผลงานวิจัยที่มีคุณภาพและมีคุณประโยชน์ต่อภาคเกษตรของประเทศไทย กรมวิชาการเกษตร ได้จัดให้มีการมอบรางวัลผลงานวิจัยดีเด่นประจำทุกปี เพื่อให้การพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่นของกรมวิชาการเกษตร แต่ละปีเป็นไปตามระเบียบ กรมวิชาการเกษตร จึงแต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร โดยมีองค์ประกอบดังนี้

๑.	อธิบดีกรมวิชาการเกษตร		ที่ปรึกษา
๒.	ผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตพืช	กรมวิชาการเกษตร	ประธานกรรมการ
๓.	ผู้เชี่ยวชาญด้านพืชสวน	สถาบันวิจัยพืชสวน	กรรมการ
๔.	ผู้เชี่ยวชาญด้านพืชไร่	สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน	กรรมการ
๕.	ผู้เชี่ยวชาญด้านยางพารา	สถาบันวิจัยยาง	กรรมการ
๖.	ผู้เชี่ยวชาญด้านโรคพืช	สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช	กรรมการ
๗.	ผู้เชี่ยวชาญด้านศัตรูพืช	สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช	กรรมการ
๘.	ผู้เชี่ยวชาญด้านวัชพืช	สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช	กรรมการ
๙.	ผู้เชี่ยวชาญด้านจุลชีววิทยา	สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ	กรรมการ
๑๐.	ผู้เชี่ยวชาญด้านกักกันพืช	สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร	กรรมการ
๑๑.	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิเคราะห์และทดสอบ	สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	กรรมการ
๑๒.	ผู้เชี่ยวชาญด้านดินและปุ๋ย	สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	กรรมการ
๑๓.	ผู้เชี่ยวชาญด้านวัตถุอันตรายทางการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร		กรรมการ
๑๔.	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร		กรรมการ
๑๕.	ผู้เชี่ยวชาญด้านผลิตภัณฑ์เกษตร สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร		กรรมการ
๑๖.	ผู้เชี่ยวชาญด้านมาตรฐานคุณภาพสินค้าเกษตร สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร		กรรมการ
๑๗.	ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร	สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ	กรรมการ

/๑๘. ผู้เชี่ยวชาญ...

๑๘. ผู้เชี่ยวชาญด้านคุ้มครองพันธุ์พืช	กรมวิชาการเกษตร	กรรมการ
๑๙. ผู้เชี่ยวชาญด้านอนุรักษ์พันธุกรรม	สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ	กรรมการ
๒๐. ผู้เชี่ยวชาญด้านควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร	สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร	กรรมการ
๒๑. ผู้เชี่ยวชาญด้านพืชทดแทนพลังงาน	สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน	กรรมการ
๒๒. ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบการปลูกพืช	กรมวิชาการเกษตร	กรรมการ
๒๓. ผู้เชี่ยวชาญด้านไม้ผล	สถาบันวิจัยพืชสวน	กรรมการ
๒๔. ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมการเกษตร	กรมวิชาการเกษตร	กรรมการ
๒๕. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคเหนือตอนบน) สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๑ จังหวัดเชียงใหม่		กรรมการ
๒๖. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคเหนือตอนล่าง) สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๒ จังหวัดพิษณุโลก		กรรมการ
๒๗. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน) สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๓ จังหวัดขอนแก่น		กรรมการ
๒๘. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง) สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๔ จังหวัดอุบลราชธานี		กรรมการ
๒๙. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคกลาง) สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕ จังหวัดชัยนาท		กรรมการ
๓๐. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคตะวันออก) สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๖ จังหวัดจันทบุรี		กรรมการ
๓๑. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคใต้ตอนบน) สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๗ จังหวัดสุราษฎร์ธานี		กรรมการ
๓๒. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคใต้ตอนล่าง) สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๘ จังหวัดสงขลา		กรรมการ
๓๓. ผู้อำนวยการกองแผนงานและวิชาการ กองแผนงานและวิชาการ		กรรมการและเลขานุการ
๓๔. ผู้อำนวยการกลุ่มวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย กองแผนงานและวิชาการ		กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

/โดยให้...

โดยให้คณะกรรมการชุดนี้มีหน้าที่ดังนี้

๑. พิจารณาและคัดเลือกผลงานวิจัยดีเด่นประจำปี ของกรมวิชาการเกษตร เสนออธิบดีเพื่อพิจารณา

๒. พิจารณาจัดทำเอกสารผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ในแต่ละปีให้สำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายที่กำหนด

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๒๑ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๕๕

(นายดำรงค์ จิระสุทัศน์)
อธิบดีกรมวิชาการเกษตร



คำสั่งคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร

ที่ ๑ /๒๕๕๗

เรื่อง แต่งตั้งคณะอนุกรรมการพิจารณางานวิจัยดีเด่น ประจำปี ๒๕๕๖

ตามคำสั่งกรมวิชาการเกษตร ที่ ๑๙๓๖/๒๕๕๕ สั่ง ณ วันที่ ๒๖ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๕๕ แต่งตั้งคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร เพื่อพิจารณาและคัดเลือกผลงานวิจัยดีเด่นประจำปี ของกรมวิชาการเกษตร ซึ่งจำแนกงานประเภทงานวิจัยไว้จำนวน ๖ ประเภท ดังนั้นเพื่อให้การพิจารณาคัดเลือกผลงานวิจัยดีเด่นประจำปี ๒๕๕๖ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โปร่งใส บริสุทธิ์ ยุติธรรม จึงเห็นสมควรแต่งตั้งคณะอนุกรรมการพิจารณางานวิจัยดีเด่น ประจำปี ๒๕๕๖ เพื่อทำหน้าที่พิจารณาผลงานวิจัยแต่ละประเภท ดังนี้

๑. คณะอนุกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น ประเภทงานวิจัยพื้นฐาน ประกอบด้วย

๑.๑ ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง ประธานคณะอนุกรรมการ
๑.๒ ผู้เชี่ยวชาญด้านจุลชีววิทยา อนุกรรมการ
๑.๓ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร อนุกรรมการ
๑.๔ ผู้เชี่ยวชาญด้านอนุรักษ์พันธุกรรม อนุกรรมการ
๑.๕ ผู้เชี่ยวชาญด้านผลิตภัณฑ์เกษตร อนุกรรมการ
๑.๖ ผู้เชี่ยวชาญด้านศัตรูพืช อนุกรรมการ
๑.๗ ผู้เชี่ยวชาญด้านวัชพืช อนุกรรมการ
๑.๘ นายศิวกร เกียรติมณีรัตน์ กองแผนงานและวิชาการ เลขานุการ

๒. คณะอนุกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น ประเภทงานวิจัยประยุกต์ ประกอบด้วย

๒.๑ ผู้เชี่ยวชาญด้านศัตรูพืช ประธานคณะอนุกรรมการ
๒.๒ ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบบ่ลูกพืช อนุกรรมการ
๒.๓ ผู้เชี่ยวชาญด้านดินและปุ๋ย อนุกรรมการ
๒.๔ ผู้เชี่ยวชาญด้านไม้ผล อนุกรรมการ
๒.๕ ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ภาคกลาง อนุกรรมการ
๒.๖ ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ภาคเหนือตอนบน อนุกรรมการ
๒.๗ ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง อนุกรรมการ
๒.๘ นายโกมินทร์ วิโรจน์วัฒนกุล กองแผนงานและวิชาการ เลขานุการ

/๓ คณะอนุกรรมการ...

๓. คณะอนุกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น ประเภทปรับปรุงพันธุ์ ประกอบด้วย

๓.๑	ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ภาคใต้ตอนบน	ประธานคณะอนุกรรมการ
๓.๒	ผู้เชี่ยวชาญด้านพืชสวน	อนุกรรมการ
๓.๓	ผู้เชี่ยวชาญด้านพืชไร่	อนุกรรมการ
๓.๔	ผู้เชี่ยวชาญด้านยางพารา	อนุกรรมการ
๓.๕	ผู้เชี่ยวชาญด้านดินและปุ๋ย	อนุกรรมการ
๓.๖	ผู้เชี่ยวชาญด้านศัตรูพืช	อนุกรรมการ
๓.๗	ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ภาคเหนือตอนบน	อนุกรรมการ
๓.๘	นายโกมินทร์ วิโรจน์วัฒนกุล กองแผนงานและวิชาการ	เลขานุการ

๔. คณะอนุกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น ประเภทงานวิจัยพัฒนางานวิจัย ประกอบด้วย

๔.๑	ผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตพืช	ประธานคณะอนุกรรมการ
๔.๒	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิเคราะห์และทดสอบ	อนุกรรมการ
๔.๓	ผู้เชี่ยวชาญด้านวัชพืช	อนุกรรมการ
๔.๔	ผู้เชี่ยวชาญด้านพืชไร่	อนุกรรมการ
๔.๕	ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบการปลูกพืช	อนุกรรมการ
๔.๖	ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง	อนุกรรมการ
๔.๗	ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน	อนุกรรมการ
๔.๘	นางสาวกัญญ์ดา ยิ่งภิญโญ กองแผนงานและวิชาการ	เลขานุการ

๕. คณะอนุกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น ประเภทงานวิจัยสิ่งประดิษฐ์คิดค้น ประกอบด้วย

๕.๑	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมการเกษตร	ประธานคณะอนุกรรมการ
๕.๒	ผู้เชี่ยวชาญด้านไม้ผล	อนุกรรมการ
๕.๓	ผู้เชี่ยวชาญด้านผลิตภัณฑ์เกษตร	อนุกรรมการ
๕.๔	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว	อนุกรรมการ
๕.๖	ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร	อนุกรรมการ
๕.๕	ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ภาคตะวันออก	อนุกรรมการ
๕.๗	ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง	อนุกรรมการ
๕.๘	นายศิวกร เกียรติมณีรัตน์ กองแผนงานและวิชาการ	เลขานุการ

๖. คณะอนุกรรมการพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น ประเภทงานบริการวิชาการ ประกอบด้วย

๖.๑	ผู้เชี่ยวชาญด้านการควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร	ประธานคณะอนุกรรมการ
๖.๒	ผู้เชี่ยวชาญด้านคุ้มครองพันธุ์พืช	อนุกรรมการ
๖.๓	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว	อนุกรรมการ

/๖.๔ ผู้เชี่ยวชาญ...

๖.๔ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิเคราะห์และทดสอบ อนุกรรมการ
๖.๕ ผู้เชี่ยวชาญด้านจุลชีววิทยา อนุกรรมการ
๖.๖ ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ภาคตะวันออก อนุกรรมการ
๖.๗ ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน อนุกรรมการ
๖.๘ นางสาวหนึ่งฤทัย ศรีธรราษฎร์ กองแผนงานและวิชาการ เลขานุการ

ทั้งนี้ให้คณะอนุกรรมการฯ แต่ละคณะพิจารณาผลงานวิจัยดีเด่น ประจำปี ๒๕๕๖ ให้แล้วเสร็จภายในวันที่ ๒๖ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๗ และนำผลการพิจารณาเสนอต่อคณะกรรมการพิจารณางานวิจัยดีเด่นในวันที่ ๒๗ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๗ โดยการประชุมของอนุกรรมการฯ เพื่อพิจารณาคัดเลือกผลงานวิจัยดีเด่นแต่ละประเภท ต้องมีองค์ประชุมไม่น้อยกว่า ๕ ใน ๗ ท่าน

สั่ง ณ วันที่ ๓ มกราคม พ.ศ. ๒๕๕๗

(นายทรงพล สมศรี)
นักวิชาการเกษตรเชี่ยวชาญ
รักษาราชการแทนหัวหน้าคณะผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่องานวิจัยที่หน่วยงานเสนอเพื่อพิจารณาเป็นผลงานวิจัยดีเด่น กรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2556

	ชื่อเรื่อง	หน่วยงาน
ประเภทงานวิจัยพื้นฐาน		
1	การเฝ้าระวังการแพร่กระจายของราเขม่าดำ *Urocystis cepulae* และ แบคทีเรีย *Pseudomonas syringae* pv.	สอพ.
2	การพัฒนาชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus subtilis* สายพันธุ์ BS-DOA 24 ในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงที่เกิดจากแบคทีเรีย	สอพ.
3	*Phytophthora* สาเหตุโรคโคน รากและหัวเน่ามันสำปะหลังของประเทศไทย	สวร.
4	*Aspergillus flavus* สายพันธุ์ใหม่ที่ไม่สร้างสารพิษในการควบคุมเชื้อราและสารแอฟลาทอกซินในผลิตผลเกษตร	สวป.
5	การประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารกำจัดวัชพืชในพืชเศรษฐกิจต่อผู้ใช้ ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม	สปผ.
6	โครงการวิจัยและพัฒนาเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรพันธุกรรมพืช	สวส.
7	การโคลนยีนไซโคลฟิลินจากข้าวฟ่างและการแสดงออกของยีนในยาสูบ	สทช.
8	การพัฒนาเอนไซม์แอลฟา อะไมเลส จากเชื้อ *Bacillus sp.* และการแสดงออกในเซลล์ *Escherichia coli* เพื่อการผลิตเอทานอล	สทช.
9	การประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิตยางของเกษตรกรในเขตปลูกยางใหม่	สวย.
10	การศึกษาลักษณะทางกายภาพของคุณสมบัติไม้ยางพารา	สวย.
ประเภทงานวิจัยประยุกต์		
1	การแก้ไขปัญหาหนอนหัวดำมะพร้าวโดยวิธีการฉีดสารเข้าต้น	สอพ.
2	การพัฒนาการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลำไยเพื่อการส่งออก	สวพ.1
3	การผลิตพลาสติกชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อประยุกต์ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์	สวป.
4	ศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดหวานในดินเหนียว-ดินร่วนเหนียว	สปผ.
5	กลไกในการวิเคราะห์สถานการณ์ยางพาราและช่องทางในการเผยแพร่ข้อมูลเร่งด่วน	สวย.
6	ศักยภาพในการให้ผลผลิตและวิธีการเขตกรรมที่เหมาะสมสำหรับอ้อยอาหารสัตว์โคลน Phil 58-260 x K 84-200	สวพ.8
7	ศึกษาการจำแนกชนิดกล้วยไม้สกุลหวาย (*Dendrobium* sw.) เพื่อตรวจสอบติดตามและควบคุมไม่ให้การส่งออก	สคพ.
8	โครงการรณรงค์ปล่อยแตนเบียน *Anagyrus lopezi* เพื่อควบคุมเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพู	สวร.
ประเภทงานวิจัยปรับปรุงพันธุ์		
1	ถั่วฝักยาวพันธุ์พิจิตร 84-3	สวพ.2
2	ข้าวโพดหวานลูกผสมพันธุ์ชัยนาท 86-1	สวร.
3	มันสำปะหลัง: พันธุ์ระยอง 86-13	สวร.
4	ฝ้ายพันธุ์ตากฟ้า 86-5	สวร.
5	การปรับปรุงพันธุ์กระเจี๊ยบเขียวต้านทานโรคเส้นใบเหลือง	สวส.
6	อ้อยพันธุ์อู่ทอง 84-12	สวพ.5

ประเภทงานพัฒนางานวิจัย		
1	การใช้เชื้อราเขียวเมตาไรเซียมเพื่อป้องกันกำจัดด้วงแรดศัตรูมะพร้าว และปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน	สวพ.7
2	การพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมันในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง	สวพ.7
3	การจัดการแมลงศัตรูมะพร้าวแบบผสมผสานในพื้นที่แปลงใหญ่	สอพ.
4	การผลิตหน่อพันธุ์สับปะรดพันธุ์เพชรบุรี	สวพ.5
5	การจัดทำแผนที่สิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ส้มโอ	สวพ.5
6	วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีในการเพิ่มศักยภาพการผลิตมันสำปะหลังแบบมีส่วนร่วมในภาคตะวันออก	สวพ.6
7	วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	สวพ.3
8	การพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตถั่วลิสงในพื้นที่จังหวัดชัยภูมิ	สวพ.3
9	น้ำคั้นกระเทียมรูปแบบผงสำหรับป้องกันเชื้อราและลดสารแอฟลาทอกซินในพริกแห้งและพริกป่น	สวป.
10	โครงการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์เชื้อพันธุกรรมไม้ผล (สกุลมะม่วง มังคุด เงาะ และส้ม) อย่างยั่งยืน เพื่อความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น ความมั่นคงทางอาหาร และรักษาสภาพความสมดุลของระบบนิเวศน์	สวส.
11	การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพืชตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง	สวพ.8
12	การจัดกระบวนการแก้ไขปัญหาโรคหอมเลื้อยในหอมแดงแบบมีส่วนร่วมพื้นที่จังหวัดยโสธร	สวพ.4
13	การถ่ายทอดเทคโนโลยีการจัดการปุ๋ยมันสำปะหลังเฉพาะพื้นที่	สวพ.4
ประเภทงานวิจัยสิ่งประดิษฐ์คิดค้น		
1	ออกแบบและพัฒนาเครื่องหยอดติดพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดกลางสำหรับถั่วเขียว, ถั่วเหลืองฝักสด, ข้าวโพดฝักอ่อนสำหรับพืชหลังนา	สวศ.
2	การออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์	สวศ.
ประเภทงานบริการวิชาการ		
1	การตรวจสอบสารพิษตกค้างทางการเกษตรในผักและผลไม้สดนำเข้าในเขตพื้นที่ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคเหนือ	สมพ.
2	การตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษในผลผลิตเกษตรและวิธีลดสารพิษสำหรับผู้บริโภค	สวป.
3	การพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานให้บริการห้องปฏิบัติการเครือข่ายตรวจสอบคุณภาพปุ๋ย	สปผ.
4	สารตกค้างของสารรมในข้าว	สปผ.
5	สนับสนุนส่งออกพืชเศรษฐกิจภาคเหนือตอนบนด้วยกลยุทธ์ความปลอดภัยด้านอาหารพืช	สวพ.1
6	งานศึกษาและตรวจสอบพันธุ์กล้วยไม้เพื่อการคุ้มครองพันธุ์พืชใหม่ ตามพระราชบัญญัติคุ้มครองพันธุ์พืช พ.ศ. 2552	สคพ.

คณะผู้จัดทำ

ที่ปรึกษา

ดำรงค์ จิระสุทัศน์	อธิบดีกรมวิชาการเกษตร
สุวิทย์ ชัยเกียรติยศ	รองอธิบดีกรมวิชาการเกษตร
ดิเรก ตนพยอม	รองอธิบดีกรมวิชาการเกษตร
เสริมสุข สลักเพ็ชร์	รองอธิบดีกรมวิชาการเกษตร
คณะผู้เชี่ยวชาญ	กรมวิชาการเกษตร
อนันต์ อักษรศรี	ผู้อำนวยการกองแผนงานและวิชาการ

ข้อมูล

คณะผู้วิจัย

คณะผู้เรียบเรียง

กลุ่มวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย กองแผนงานและวิชาการ

โกมินทร์ วิโรจน์วัฒนกุล	ผู้อำนวยการกลุ่มวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย
หนึ่งฤทัย ศรีธรราษฎร์	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
กัญญ์ดา ยิ่งภิญโญ	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
นิยม รอดทิม	นักวิชาการเกษตร
วรินดา เม่นทอง	นักวิชาการเกษตร
ธีรเดช เกลียวกลม	นักวิชาการเกษตร
จีรวรรณ พรหมตัน	เจ้าหน้าที่วิเคราะห์นโยบายและแผน
สมเจตน์ บุรีรักษ์	เจ้าหน้าที่วิเคราะห์นโยบายและแผน
ธนพนธ์ เผ่าบรรจง	เจ้าหน้าที่ระบบงานคอมพิวเตอร์

กองแผนงานและวิชาการ กรมวิชาการเกษตร

50 พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทรศัพท์ 0-2579-1306, 0-2940-5411 โทรสาร 0-2940-6342