การจัดการความรู้

เทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยชีวภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชในเขตภาคกลางและภาคตะวันตก

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรมวิชาการเกษตร

คำนำ

พื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันตกของไทยเป็นแหล่งผลิตพืชเศรษฐกิจสำคัญหลากหลายชนิด ได้แก่ ข้าว พืชไร่ พืชผัก ไม้ผล และอื่น ๆ สร้างรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตทั้งในและต่างประเทศ แต่เกษตรกรยังประสบปัญหาในเรื่องประสิทธิภาพการผลิตพืชที่ลดลง เนื่องจากผลผลิตต่ำและต้นทุนการผลิตสูง เช่นเดียวกับพื้นที่เพาะปลูกพืชในภูมิภาคอื่นของประเทศ โดยเฉพาะต้นทุนค่าปุ๋ยเคมี ทั้งนี้เพราะประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตอากาศร้อนและมีการปลูกพืชต่อเนื่องเป็นเวลานานทำให้ดินเสื่อมโทรมอย่างรวดเร็ว เกษตรกรแก้ปัญหาโดยการใส่ปุ๋ยเคมี ซึ่งมีแนวโน้มราคาสูงขึ้น นอกจากนั้นการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่องหรือใช้มากไป ยังทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินเสีย ปริมาณอินทรียวัตถุและจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินลดลง ประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารพืชต่ำลงทำให้ผลผลิตลดลง กรมวิชาการเกษตรมีผลงานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพหลายชนิด ได้แก่ ไรโซเบียม แหนแดง พีจีพีอาร์ ปุ๋ยละลายฟอสเฟต และไมคอร์ไรซา ซึ่งเป็นปุ๋ยที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีชีวิตและสามารถสร้างธาตุอาหารแล้วแบ่งให้พืชใช้ได้ หรือช่วยให้ธาตุอาหารอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช รวมถึงการผลิตสารที่ช่วยให้พืชเจริญเติบโตรวดเร็ว แข็งแรง และมีความทนทานต่อสภาพที่ไม่เหมาะสม เช่น ความแห้งแล้ง โรคและแมลงศัตรูพืช ปุ๋ยชีวภาพเหล่านี้ส่วนใหญ่สามารถใช้เพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้ร้อยละ 20–50 หรือใช้ทดแทนธาตุอาหารบางชนิดของปุ๋ยเคมี และช่วยเพิ่มผลผลิตพืชได้อย่างน้อยร้อยละ 10 ขึ้นกับชนิดของปุ๋ยชีวภาพ ชนิดพืช วิธีการใช้ และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 จังหวัดชัยนาท ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชในพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันตก โดยการใช้ปุ๋ยชีวภาพเพื่อการทดแทนหรือลดการใช้ปุ๋ยเคมีลง ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีและเพิ่มผลผลิตพืชแล้ว ยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และเป็นประโยชน์ต่อการผลิตพืชอินทรีย์ ดังนั้นจึงได้รวบรวมองค์ความรู้ที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีปุ๋ยชีวภาพและการใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชจากหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกกรมวิชาการเกษตร รวมถึงองค์ความรู้จากผู้ที่มีความเชี่ยวชาญและเกษตรกร นำมาประมวลความรู้ให้มีความเหมาะสมทางวิชาการและเข้าใจง่าย ซึ่งสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 จังหวัดชัยนาท หวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารวิชาการฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการนำปุ๋ยชีวภาพไปใช้การผลิตพืชอย่างเหมาะสม ซึ่งจะนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชอย่างยั่งยืนต่อไป

(นายปัญญา พุกสุ่น)
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 ปุ๋ยชีวภาพกับการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชในพื้นที่ภาคกลางและตะวันตก	1
บทที่ 2 แหนแดง	7
บทที่ 3 ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์	15
บทที่ 4 ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา	34
บทที่ 5 ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต	42
บทที่ 6 ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม	51

บทที่ 1
ปุ๋ยชีวภาพกับการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชในพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันตก

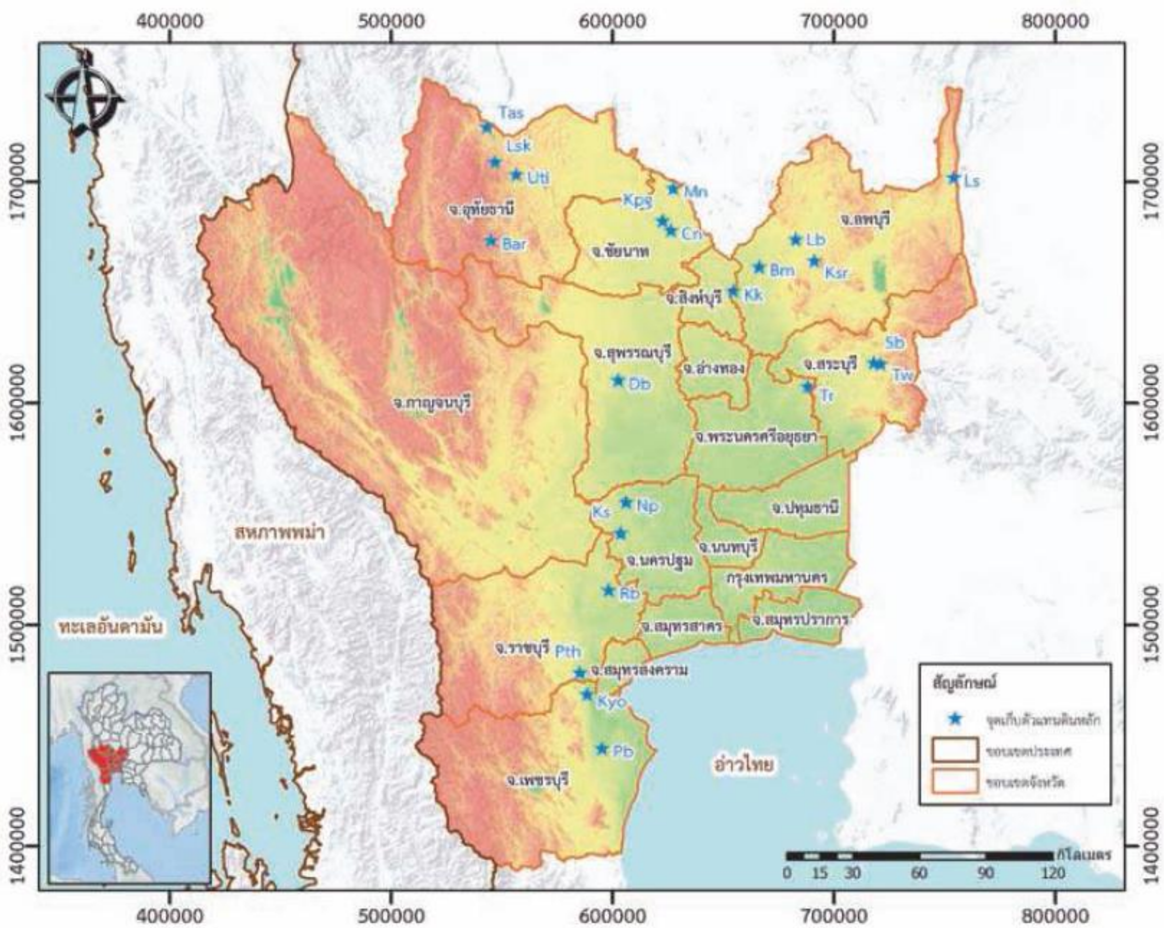
นิลุบล ทวีกุล[1/] และวีระพงษ์ เย็นอ่วม[2/]

สภาพพื้นที่ ดิน และพืชเศรษฐกิจสำคัญในเขตภาคกลางและตะวันตก

ภาคกลางและภาคตะวันตกของไทย ประกอบด้วย 20 จังหวัด ได้แก่ อุทัยธานี นครสวรรค์ ชัยนาท ลพบุรี สระบุรี สิงห์บุรี อ่างทอง พระนครศรีอยุธยา ปทุมธานี นนทบุรี นครนายก สุพรรณบุรี กาญจนบุรี นครปฐม ราชบุรี เพชรบุรี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม สมุทรปราการ และกรุงเทพมหานคร ดินในพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันตกมีศักยภาพทางการเกษตรค่อนข้างสูง ประกอบกับพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ภายใต้ระบบชลประทาน การใช้ที่ดินจึงมีประสิทธิมาก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) ดังนั้นพื้นที่ภาคกลางและตะวันตกของไทยจึงเป็นแหล่งผลิตพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศหลายชนิด เช่น ข้าว พืชไร่ พืชผัก ไม้ผล และอื่น ๆ

สภาพโดยทั่วไปของพื้นที่ด้านตะวันตกของภาค (บางส่วนของจังหวัดอุทัยธานี กาญจนบุรี ราชบุรี เพชรบุรี) เป็นแนวเทือกเขาสูง วัตถุต้นกำเนิดดินมาจากการผุพังสลายตัวของหินแกรนิตและหินไนส์ ลักษณะพื้นที่เป็นพื้นที่ดอน มีความลาดเอียงปานกลาง เนื้อดินมีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย ดินทรายปนหิน ชุดดินที่สำคัญในพื้นที่นี้ ได้แก่ ชุดดินบ้านไร่ ทับเสลา ลานสัก เขาพลอง ส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชไร่ เช่น อ้อยโรงงาน มันสำปะหลัง ข้าวโพด ถั่ว มีพื้นที่ปลูกไม้ผล และข้าวในบางแห่ง และบริเวณพื้นที่ถัดมาบริเวณลุ่มแม่น้ำแม่กลอง มีลักษณะเป็นพื้นที่ดอนที่เรียกว่าเนินตะกอนรูปพัด (alluvial fan) มีความลาดชันต่ำ ดินมีต้นกำเนิดมาจากตะกอนน้ำพา ลักษณะดินเป็นดินร่วน ดินร่วนเหนียว เหมาะสมสำหรับการปลูกอ้อย ข้าวโพด พืชผักและนาข้าว ชุดดินที่สำคัญในบริเวณนี้ ได้แก่ ชุดดินกำแพงแสน นครปฐม ปากท่อ ราชบุรี เพชรบุรี พื้นที่ตอนกลางของภาค บริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำน้อย มีลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง (Flood plain) มีความลาดเอียงน้อย ดินเกิดจากวัตถุต้นกำเนินดินตะกอนลำน้ำ หน้าดินลึกมาก การระบายน้ำไม่ดี ลักษณะเนื้อดินส่วนใหญ่เป็น ดินเหนียวจัด ดินเหนียวปนทรายแป้ง ชุดดินที่สำคัญ ได้แก่ ชุดดินชัยนาท เดิมบาง โคกกระเทียม มโนรมย์ สรรพยา บริเวณนี้เป็นแหล่งปลูกข้าวที่สำคัญของประเทศไทยเนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมาก ส่วนพื้นที่ดอนสามารถปลูกพืชไร่ได้บางส่วน เช่น อ้อย ข้าวโพด หากปลูกไม้ผลหรือพืชผักจะต้องปลูกแบบยกร่องสวนเพื่อระบายน้ำ พื้นที่ฝั่งตะวันออกของภาคกลางบริเวณส่วนที่ต่อแนวของที่ราบลุ่มแม่น้ำ (บางส่วนของจังหวัดนครสวรรค์ ลพบุรี สระบุรี) สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ดอนมีความลาดเอียงจนถึงที่ราบสลับลูกเนินเตี้ย ๆ ดินบริเวณนี้สึกกร่อนมาจากหินปูน หินชนวน และหินดินดาน มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวมีสีดำ ดินร่วนปนทราย ชุดดินที่สำคัญ ได้แก่ ชุดดินลพบุรี ตาคลี โคกสำโรง ลำสนธิ สระบุรี ทับกวาง บริเวณนี้เป็นแหล่งที่มีความสำคัญในการปลูกพืช เช่น ข้าวโพด อ้อย ข้าวฟ่าง มันสำปะหลัง และอื่น ๆ กลายเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ

[1/] ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคกลาง) สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5
[2/] นักวิชาการเกษตรชำนาญการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5



ภาพที่ 1.1 ลักษณะภูมิประเทศและตัวอย่างชุดดินที่สำคัญในพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันตก
ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2558)

ปุ๋ยชีวภาพ

ปุ๋ยชีวภาพ เป็นปุ๋ยที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีชีวิต ที่สามารถสร้างธาตุอาหาร หรือช่วยให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์กับพืช หรือเรียกว่า "ปุ๋ยจุลินทรีย์" ใช้เพื่อการปรับปรุงดินทางชีวภาพ ทางกายภาพ หรือทางเคมี และมีความหมายครอบคลุมถึงหัวเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งหมายถึงจุลินทรีย์ชีวภาพที่มีจำนวนเซลล์ต่อหน่วยสูงที่ถูกเพาะเลี้ยงจากวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นจุลินทรีย์ทุกชนิดไม่ใช่จะใช้ผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพได้ทั้งหมด แต่ต้องเป็นจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติพิเศษ ที่สามารถสร้างธาตุอาหารขึ้นโดยวิธีทางชีวภาพ แล้วแบ่งให้พืชใช้ได้หรือมีคุณสมบัติพิเศษเฉพาะเจาะจงในการสร้างสารบางอย่างออกมา เพื่อช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารบางชนิด ให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

ประเภทของปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยชีวภาพสามารถแบ่งตามลักษณะการให้ธาตุอาหารแก่พืช ได้ 2 ประเภท คือ

1. ปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์สร้างธาตุอาหารพืช จุลินทรีย์ที่สามารถสร้างธาตุอาหารพืชได้ในปัจจุบันพบเพียงกลุ่มเดียว คือ จุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจน ประกอบด้วยแบคทีเรียและแอคทีโนมัยซีท จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้มีชุดยีนไนโตรจีเนส (nitrogenase genes) เป็นองค์ประกอบในจีโนม มีหน้าที่สำคัญในการควบคุมการสร้างเอนไซม์ไนโตรจีเนส และควบคุมกลไกการตรึงไนโตรเจนให้กับจุลินทรีย์กลุ่มนี้ ทำให้มีขบวนการตรึงไนโตรเจนจากอากาศที่มีประสิทธิภาพ ปุ๋ยชีวภาพประเภทนี้สามารถแบ่งตามลักษณะความสัมพันธ์กับพืชอาศัยได้ 2 แบบ คือ

แบบที่ 1 ปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยแบคทีเรียตรึงไนโตรเจน ที่อาศัยอยู่ร่วมกับพืชแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (Symbiosis)ปุ๋ยชีวภาพนี้มีแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนสูงมากเป็นส่วนประกอบ สามารถทดแทนไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมีให้กับพืชอาศัยได้มากกว่าร้อยละ 50 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ ชนิดของพืช

อาศัย รวมทั้งระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน จุลินทรีย์เหล่านี้ส่วนใหญ่มีการสร้างโครงสร้างพิเศษอยู่กับพืชอาศัยและตรึงไนโตรเจนทางชีวภาพจากอากาศ ได้แก่ การสร้างปมของแบคทีเรียสกุลไรโซเบียมกับพืชตระกูลถั่วชนิดต่าง ๆ การสร้างปมที่รากสนกับแฟรงเคีย การสร้างปมที่รากปรงกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สกุลนอสทอค (Nostoc) และการอาศัยอยู่ในโพรงใบแหนแดงของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลอะนาบีนา (*Anabaena*) ในกลุ่มนี้พืชอาศัยจะได้รับไนโตรเจนที่ตรึงได้ทางชีวภาพจากจุลินทรีย์ไปใช้โดยตรง สามารถนำไปใช้ในการสร้างการเจริญเติบโต เพิ่มผลผลิตและคุณภาพพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แบบที่ 2 ปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนที่อาศัยอยู่ร่วมกับพืชแบบอิสระ (non-symbiotic N_2-fixing bacteria) แบคทีเรียกลุ่มนี้มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนต่ำ จึงสามารถทดแทนปุ๋ยไนโตรเจนให้กับพืชที่อาศัยอยู่ระหว่างร้อยละ 5-30 ขึ้นอยู่กับสกุลของจุลินทรีย์และชนิดพืชที่จุลินทรีย์อาศัยอยู่ และพื้นฐานระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน จุลินทรีย์เหล่านี้ชอบอาศัยอยู่บริเวณรากพืชตระกูลหญ้า สามารถแบ่งได้ 3 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 แบคทีเรียที่อาศัยอยู่อย่างอิสระในดินและบริเวณรากพืช ได้แก่ สกุลอะโซโตแบคเตอร์ (*Azotobacter*) และสกุลไบเจอริงเคีย (*Beijerinckia*)

กลุ่มที่ 2 แบคทีเรียที่พบอาศัยอยู่ได้ทั้งในดิน บริเวณรากพืช และภายในรากพืชชั้นนอก ได้แก่ สกุลอะโซสไปริลลัม (*Azospirillum*)

กลุ่มที่ 3 แบคทีเรียพบอาศัยอยู่ภายในต้นและใบพืช เป็นแบคทีเรียบางสกุลหรือบาง ชนิดที่ค้นพบใหม่ ๆ เมื่อประมาณ 10 ปีที่ผ่านมา ได้แก่ สกุลอะซีโตแบตเตอร์ ชนิดไดอะโซโตรฟิคัส (*Acetobacter diazotrophicus*) ที่พบในอ้อยและกาแฟ สกุลเฮอไปริลลัม (*Herbaspirillum* sp.) ที่พบในข้าว อ้อยและพืชเส้นใยบางชนิด และสกุลอาโซอาร์คัส (*Azoarcus* sp.) ที่พบในข้าว และหญ้าอาหารสัตว์บางชนิด

2. ปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่ช่วยให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์กับพืช

2.1 ปุ๋ยชีวภาพแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เป็นปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช หรือพีจีพีอาร์ (Plant Growth Promoting Rhizobacteria; PGPR) โดยอาจเป็นแบคทีเรียกลุ่มเดียวกันหรือต่างกลุ่มกัน เช่น ประกอบด้วยแบคทีเรียกลุ่มที่สามารถตรึงไนโตรเจน ช่วยละลายฟอสเฟต ผลิตฮอร์โมนส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช และช่วยให้ธาตุอาหารเสริมบางชนิดเป็นประโยชน์ ซึ่งในแบคทีเรียบางสกุลมีความสามารถหลายอย่าง เช่น แบคทีเรียสกุลอะโซสไปริลลัมบางสายพันธุ์มีความสามารถในการตรึงไนโตเจน ช่วยละลายฟอสเฟต ผลิตฮอร์โมนส่งเสริมการเจริญของรากพืช ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดธาตุอาหารพืช

2.2 ปุ๋ยชีวภาพที่ช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ปุ๋ยชีวภาพในกลุ่มนี้ช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ธาตุอาหารพืชบางชนิด ที่ละลายน้ำยากให้เป็นประโยชน์กับพืชได้มากขึ้น โดยการเพิ่มพื้นที่ผิวรากสำหรับการดูดธาตุอาหารให้กับพืชด้วยเส้นใยของจุลินทรีย์ ทำให้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ได้ยาก เช่น ฟอสฟอรัส และแคลเซียม มีโอกาสได้สัมผัสรากพืชและถูกดูดใช้ได้มากขึ้น จึงช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ให้กับพืช นอกจากนั้นจุลินทรีย์บางกลุ่มที่สามารถสร้างกรดอินทรีย์ หรือเอนไซม์บางชนิด ที่สามารถช่วยละลายหรือย่อยฟอสเฟตให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้ง่ายขึ้น จึงทำให้ธาตุอาหารดังกล่าวเป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้น สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม

กลุ่มที่ 1 ปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ช่วยเพิ่มศักยภาพในการดูดธาตุอาหารพืช ซึ่งเป็นเชื้อรากลุ่มไมคอร์ไรซาที่อาศัยอยู่กับพืชแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน จะสร้างเส้นใยพันรอบและเข้าไปในรากพืชและบางส่วนจะชอนไชไปในดิน ช่วยดูดธาตุอาหารต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสฟอรัสทำให้พืชได้รับฟอสฟอรัสที่ผ่านการดูดของเส้นใยไมคอร์ไรซาช่วยให้พืชมีปริมาณฟอสฟอรัสสำหรับใช้ในการเจริญเติบโต และสร้างผลผลิตอย่างเพียงพอ นอกจากนี้ไมคอร์ไรซายังช่วยให้ฟอสฟอรัสที่ถูกตรึง โดยปฏิกิริยาทางเคมีของดินสามารถถูกใช้ได้ โดยไมคอร์ไรซาจะช่วยดูดฟอสเฟตเก็บไว้ในโครงสร้างพิเศษที่เรียกว่า อาบัสกูลและเวสสิเคิลที่อยู่ภายในและระหว่างเซลล์พืช ไมคอร์ไรซาแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ ราเอ็คโตไมคอร์ไรซา (Ectomycorrhizal fungi) ซึ่งสร้างเส้นใยห่อหุ้มรากพืชและเส้นใยบางส่วนชอนไชไปในผนังเซลล์ของเนื้อเยื่อรากพืชซึ่งเป็นบริเวณมีการแลกเปลี่ยนสารอาหารกับพืชอาศัย พบในรากพืช

มากกว่า 2,000 ชนิด ส่วนใหญ่เป็นไม้ป่า เช่น สน ยูคาลิปตัส โมก มะค่า ยาง ตะเคียน และโสน เป็นต้น และราเอ็นโดไมคอร์ไรซา (Endomycorrhizal fungi) ซึ่งมีเส้นใยบางส่วนกระจายอยู่รอบ ๆ รากพืช และอีกส่วนหนึ่งเจริญอยู่ระหว่างเซลล์และภายในเซลล์ของรากพืช โดยมีการพัฒนาโครงสร้างเพื่อแลกเปลี่ยนสารอาหารกับพืชอาศัย ในเซลล์รากพืช คืออาร์บัสคูล (arbuscule) ซึ่งเป็นเส้นใยที่มีการแตกแขนงมากและมักแตกแขนงเป็นแบบสองแฉก และสร้างเวสิเคิล (vesicle) ที่มีเป็นถุงค่อนข้างกลมหรือรีเล็กอยู่กลางหรือปลายเส้นใย ทำหน้าที่เก็บสะสมอาหารของเชื้อรา พบได้ทั้งในเซลล์และระหว่างเซลล์รากพืช เชื้อราที่สร้างโครงสร้างพิเศษทั้ง 2 ชนิด เรียกว่าราเวสิคิวลา อาร์บาสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา (vesicular arbuscular mycorrhizal fungi) หรือ วี-เอ ไมคอร์ไรซา (VA mycorrhiza) ส่วนราที่สร้างเฉพาะอาร์บาสคูล เรียกว่า ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (arbuscular mycorrhizal fungi) หรือ เอ-เอ็ม ไมคอร์ไรซา (AM mycorrhiza) เอนโดไมคอร์ไรซาทั้ง 2 ชนิดนี้ ได้มีการพัฒนาเป็นปุ๋ยชีวภาพสำหรับพืชเศรษฐกิจต่าง ๆ ทั้งพืชสวน พืชไร่ พืชผัก และไม้ดอกไม้ประดับ การใช้ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา

กลุ่มที่ 2 ปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ช่วยละลายธาตุอาหารพืช มี 2 ชนิด คือปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต และปุ๋ยชีวภาพละลายโพแทสเซียม

ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต เป็นปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ช่วยละลายฟอสเฟต หินฟอสเฟตพบทั่วไปในประเทศไทยและมีการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตในการเพาะปลูกพืชอย่างต่อเนื่อง แต่มักพบว่ามีปริมาณฟอสเฟตที่ละลายออกมาให้พืชได้ใช้น้อย หรือการที่ฟอสเฟตในดินถูกตรึงโดยจุลธาตุ เช่น เหล็ก อลูมินัม สังกะสี แมงกานีส เนื่องจากดินค่าความเป็นกรดหรือด่างมากเกินไป รวมถึงการถูกดูดยึดโดยอนุภาคดินเหนียว ทำให้พืชขาดฟอสฟอรัส ปัจจุบันพบว่าจุลินทรีย์พวกแบคทีเรียและราหลายชนิดที่สามารถช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสให้พืช ได้แก่ *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Thiobacillus*, *Aspergillus*, *Penicillium* และอื่น ๆ โดยจุลินทรีย์เหล่านี้จะสร้างกรดอินทรีย์ออกมาละลายฟอสเฟตออกจากหิน หรือจากการถูกตรึง ประสิทธิภาพการทำให้ฟอสเฟตเป็นประโยชน์กับพืชจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์และปริมาณอินทรียวัตถุที่ต้องใช้เป็นแหล่งน้ำตาลในการผลิตกรดอินทรีย์

ปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญสำหรับพืชธาตุหนึ่ง โดยมีความสำคัญในการสร้างโปรตีน สังเคราะห์แป้งและน้ำตาล โดยเฉพาะในพืชหัวบางชนิด ปกติพบโพแทสเซียมในดินในรูปของแร่ธรรมชาติ มี 3 รูปแบบ คือ รูปที่ถูกตรึงไว้โดยอนุภาคของคอลลอยด์ รูปที่แลกเปลี่ยนได้ และรูปที่ละลายน้ำได้ โพแทสเซียมในธรรมชาติสามารถเป็นประโยชน์กับพืชได้ โดยการสลายตัวทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ ในทางชีวภาพจุลินทรีย์บางชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียสกุลบาซิลลัส (*Bacillus circulans*) ที่สามารถสร้างกรดอินทรีย์ออกมาละลายโพแทสเซียมให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช จึงสามารถใช้จุลินทรีย์เหล่านี้ผลิตปุ๋ยชีวภาพได้ โดยให้ผลดีทั้งในพืชสวนและพืชไร่ โดยมีการผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพใช้ในต่างประเทศ เช่น ประเทศจีน

ข้อแนะนำในการใช้ปุ๋ยชีวภาพ

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพมีประโยชน์ในการให้ธาตุอาหาร หรือทำให้ธาตุอาหารอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เพื่อการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตพืช แต่ถ้าหากใช้ไม่ถูกต้องก็จะไม่เกิดประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ ดังนั้นการใช้ปุ๋ยชีวภาพจะต้องคำนึงถึงปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ชนิดของปุ๋ยชีวภาพ ต้องเลือกชนิดของปุ๋ยชีวภาพให้เหมาะสมกับชนิดของพืชที่ปลูก ปุ๋ยชีวภาพแต่ละชนิดจะมีประสิทธิภาพในการให้ธาตุอาหารแก่พืชแตกต่างกัน เช่น ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม จะใช้เฉพาะกับพืชตระกูลถั่วเท่านั้น และพืชตระกูลถั่วแต่ละชนิดก็ต้องใช้ชนิดแบคทีเรียสกุลไรโซเบียม ที่มีความสามารถจำเพาะที่แตกต่างกัน เช่น ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวหรือถั่วเหลือง ก็ต้องใช้แบคทีเรียสกุลไรโซเบียมชนิดสำหรับถั่วเขียว หรือปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

สำหรับถั่วเหลือง ตามลำดับ จึงจะเกิดประสิทธิภาพในการใช้ ถ้าหากใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมถั่วเหลืองกับถั่วเขียวก็จะไม่ได้ผลอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น

2. ชนิดของธาตุอาหารที่ต้องการให้พืช ปุ๋ยชีวภาพแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติในการให้ธาตุอาหารแก่พืชที่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้ใช้จะต้องทราบว่าต้องการให้ธาตุอาหารอะไรกับพืช ปุ๋ยชีวภาพที่ผลิตในปัจจุบันประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน ดังนี้

2.1 ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม มีคุณสมบัติช่วยตรึงไนโตรเจนจากอากาศให้พืช นำไปใช้ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนสามารถใช้ได้กับพืชตระกูลถั่วเท่านั้น

2.2 ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ ประกอบด้วยแบคทีเรีย สกุลอะโซโตแบตเตอร์ สกุลไบเจอริงเคีย และสกุลอะโซสไปริลลัม มีคุณสมบัติในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศให้พืช ทดแทนปุ๋ยเคมีไนโตรเจนได้ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชบางชนิดได้ด้วย ใช้ได้กับข้าวโพด ข้าวฟ่าง ผัก ข้าว มันสำปะหลัง และอ้อย

2.3 ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซามี 2 กลุ่ม คือ เอ็คโตไมคอร์ไรซา และเอ็นโดไมคอร์ไรซาช่วยดูดธาตุอาหารในดินให้พืชนำไปใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุฟอสฟอรัส ใช้ได้กับพืชหลายชนิดทั้ง พืชไร่ ไม้ผล ไม้ดอกไม้ประดับ พืชผักบางชนิด ยางพารา ไม้ป่าโตเร็วและสน

2.4 ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ประกอบด้วย แบคทีเรียสกุลบาซิลลัส (*Bacillus*) สกุลซูโดโมแนส (*Pseudomonas*) และราสกุลเพนนิซิลเลียม (*Penicillium*) สามารถช่วยละลายฟอสฟอรัสจากหินฟอสเฟต ซึ่งมีราคาถูกและหาได้ง่ายภายในประเทศ และช่วยละลายฟอสเฟตที่ถูกตรึง สามารถใช้ทดแทนปุ๋ยฟอสเฟตราคาแพงบางชนิดที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

3. สมบัติของดิน ก่อนใช้ปุ๋ยชีวภาพควรรู้สมบัติของดินที่จะทำการปลูกพืชและใช้ปุ๋ยชีวภาพ เช่น ปฏิกิริยากรด-ด่าง เป็นต้น จุลินทรีย์บางชนิดหรือสายพันธุ์มีความทนทานต่อสภาพความเป็นกรด-ด่างของดินต่างกัน เช่น ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมบางสายพันธุ์เจริญได้ดีในสภาพเป็นกรด หากนำไปใช้ในดินที่เป็นด่างจะทำให้ประสิทธิภาพในการทดแทนปุ๋ยเคมีไนโตรเจนลดลง สมบัติของดินทั้งทางเคมีกายภาพและชีวภาพต่างมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบในปุ๋ยชีวภาพ ในดินที่ร่วนซุยจุลินทรีย์มักจะมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าในดินเหนียวแน่นทึบ

4. ปริมาณจุลินทรีย์ในดิน ถ้าในดินมีปริมาณของจุลินทรีย์ชนิดเดียวกับที่ใช้ผลิตปุ๋ยชีวภาพมากเพียงพอแล้ว ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยชีวภาพชนิดนั้นให้กับพืชอีก หรือบางครั้งถ้าดินมีจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบในปุ๋ยชีวภาพแต่ละชนิดที่จะใส่เข้าไป ควรจะมีการทำลายจุลินทรีย์ให้โทษเหล่านั้นก่อน วิธีการกำจัดจุลินทรีย์อันตรายที่อยู่ในดินสามารถทำได้ง่าย ๆ โดยการไถให้ดินร่วนซุยแล้วตากดินหรืออบดินโดยการคลุมดินด้วยพลาสติก เพื่อให้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นโทษให้หมดไปก่อนที่จะใช้ปุ๋ยชีวภาพบางชนิด

5. ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมในดิน จุลินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการใช้ปุ๋ยชีวภาพบางชนิดสามารถอยู่ได้ในสภาพน้ำขัง เช่น ปุ๋ยชีวภาพแหนแดง แต่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในที่แห้งแล้ง ส่วนปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมและปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาเจริญเติบโตได้ไม่ดีในสภาพที่มีน้ำขัง และไม่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ แบคทีเรียไรโซเบียมและราไมคอร์ไรซาต้องการความชื้นในระดับที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืชอาศัย ดังนั้นก่อนจะใช้ปุ๋ยชีวภาพจึงต้องคำนึงถึงปริมาณความชื้นที่เหมาะสมในดินที่จะทำการปลูกพืชด้วย

6. สารเคมีทางการเกษตร การใช้ปุ๋ยชีวภาพในการผลิตพืช ควรมีข้อควรระวังเกี่ยวกับการใช้สารเคมีทางการเกษตรบางชนิด เช่น สารป้องกันกำจัดวัชพืช สารกำจัดโรคพืช เพราะสารบางชนิดจะมีผลยับยั้งหรือทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบในปุ๋ยชีวภาพ เช่น สารเคมีป้องกันและกำจัดแบคทีเรียบางชนิด อาจจะมีผลยับยั้งและทำลายแบคทีเรียสกุลไรโซเบียมที่เป็นองค์ประกอบในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม หรือสารเคมีกำจัดเชื้อราที่เป็นสาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าบางชนิด อาจจะมีผลยับยั้งหรือทำลายเชื้อรากลุ่มไมคอร์ไรซาที่เป็นองค์ประกอบในปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา

7. ปริมาณธาตุอาหารพืชบางชนิดในดิน ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงหรือมีอินทรียวัตถุสูง มักจะมีปริมาณธาตุอาหารบางชนิดสูง เช่น ไนโตรเจน ดังนั้นการใช้ปุ๋ยชีวภาพบางชนิดจะไม่เห็นผลการใช้ที่เด่นชัด เช่น การใช้ปุ๋ยชีวภาพไร

โซเบียมในการปลูกถั่วในดินที่เปิดใหม่ ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์สูงและมีระดับอินทรียวัตถุในดินสูง รากถั่วจะเกิดปมน้อย และมีศักยภาพในการตรึงไนโตรเจนทางชีวภาพจากอากาศมาให้ถั่วใช้ได้ต่ำ ดังนั้นเมื่อใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมจึงไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน

จากข้อมูลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จะเห็นได้ว่าพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันตกของไทยมีสภาพพื้นที่และลักษณะดินที่แตกต่างกันไป จึงเป็นแหล่งผลิตพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศหลากหลายชนิด ถึงแม้ว่าพื้นที่ส่วนใหญ่โดยเฉพาะในภาคกลางมีความอุดมสมบูรณ์ดินค่อนข้างสูง แต่เนื่องจากมีการเพาะปลูกพืชมานานประกอบกับสภาพอากาศร้อนที่รุนแรงมากขึ้นในปัจจุบัน ทำให้ดินเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะเมื่อมีการจัดการดินที่ไม่เหมาะสม เกษตรกรจึงต้องแก้ปัญหาโดยการใส่ปุ๋ยเคมี ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง เนื่องจากปุ๋ยเป็นปัจจัยการผลิตที่มีมูลค่าสูงในลำดับต้น ๆ ของการผลิตพืช และมีแนวโน้มว่าราคาปุ๋ยเคมีจะสูงขึ้นตามลำดับ จากค่าพลังงานที่ใช้ในการผลิตและการขนส่งที่เพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพชนิดต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพในการลดการใช้ปุ๋ยเคมี และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืช นอกจากนั้นยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วย ซึ่งหากมีการนำมาใช้อย่างถูกต้องและเหมาะสม จะช่วยให้การผลิตพืชของพื้นที่ภาคกลางและตะวันตกมีประสิทธิภาพอย่างยั่งยืนต่อไป

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. ชุดดินภาคกลาง ความรู้พื้นฐานการเกษตร. กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. ปุ๋ยชีวภาพและผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพ. เอกสารวิชาการลาดับที่ 7/2548. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. ม.ป.ป.. ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต. เอกสารประกอบการบรรยาย *ใน* การอบรมเชิงปฏิบัติการผลิตปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต. งานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

เกตน์ณนิภา วันชัย. 2556. การประยุกต์ใช้จุลินทรีย์ท้องถิ่นที่ตรึงอยู่บนวัสดุชนิดต่างๆ ในการปรับปรุงคุณภาพดินนาข้าวที่เกิดอุทกภัย กรณีศึกษา : อ.บางบาล จ.พระนครศรีอยุธยา. มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา. 86 น.

สุบัณฑิต นิ่มรัตน์. 2549. จุลชีววิทยาทางดิน. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

สุวลักษณ์ อะมะวัลย์. 2555. ผลของปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์. 153 น.

หนึ่ง เตียอารุง กมลลักษณ์ เทียมไธสง และนันทกร บุญเกิด. 2548. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแบคทีเรีย PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria). วารสารเทคโนโลยีสุรนารี. 12 (กรกฎาคม-กันยายน) : 248-257.

บทที่ 2
แหนแดง

นพพร ศิริพานิช[1/]

แหนแดง (*Azolla*) จัดเป็นพืชน้ำขนาดเล็ก อยู่ในตระกูลเฟิร์นชนิดลอยน้ำ มีขนาดเล็กเจริญเติบโตลอยอยู่บนผิวน้ำในเขตร้อนและเขตอบอุ่น สำหรับประเทศไทยพบได้ทั่วไปตามคู คลอง หรือแหล่งน้ำขังตามธรรมชาติ ต้นแหนแดงประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ คือ ลำต้น (rhizome) ราก (root) และใบ (lobe) แหนแดงมีกิ่งแยกจากลำต้น ใบของแหนแดงเกิดตามกิ่งเรียงสลับกันไป ใบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ใบบน และใบล่าง มีขนาดใกล้เคียงกัน ใบบนมีคลอโรฟิลล์เป็นองค์ประกอบมากกว่าใบล่างจึงมีสีเขียวเข้มกว่า ที่กาบใบบนด้านหลังมีโพรงใบและมีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue green algae) อาศัยอยู่แบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (symbiosis) เช่นเดียวกับไรโซเบียมในรากพืชตระกูลถั่ว สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินนี้สามารถตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศแล้วเปลี่ยนเป็นสารประกอบในรูปของแอมโมเนียมให้แหนแดงเอาไปใช้ประโยชน์ได้ในอัตรา 200-600 กรัมต่อไร่ต่อวัน (Watanabe *et al*., 1977) แหนแดงจึงเปรียบเสมือนโรงงานผลิตปุ๋ยไนโตรเจนทางชีวภาพ โดยผ่านกระบวนการตรึงไนโตรเจนจากอากาศของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่ชื่อ *Anabaena azollae* ซึ่งอาศัยอยู่ในโพรงใบของแหนแดง

แหนแดงจัดเป็นปุ๋ยชีวภาพชนิดหนึ่ง เนื่องจากตามพระราชบัญญัติปุ๋ย นิยามว่าปุ๋ยชีวภาพหมายถึงปุ๋ยที่ได้จากการนำจุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่สามารถสร้างธาตุอาหาร หรือช่วยให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์กับพืชมาใช้ในการปรับปรุงบำรุงดินทางชีวภาพ ทางกายภาพ หรือทางชีวเคมี และให้หมายความรวมถึงหัวเชื้อจุลินทรีย์ Lumpkin และ Plucknett (1982) ได้วิเคราะห์แร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของแหนแดง (*Azolla* sp.) พบว่ามีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ร้อยละ 1.96-5.30 0.16-1.59 และ 0.31-5.97 ตามลำดับ โดยแหนแดงอาจมีไนโตรเจนสูงถึงร้อยละ 6.5 เมื่อเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ (Peter *et al*., 1980) นอกจากนั้นศิริลักษณ์ และประไพ (2554) พบว่าแหนแดง (*Azolla microphylla*) มีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ประกอบอยู่ร้อยละ 4.62 0.65 และ 5.27 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าพืชตระกูลถั่วที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 3

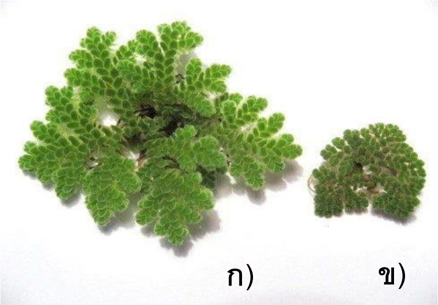
ชนิดของแหนแดง

แหนแดงที่พบอยู่ทั่วโลกมีอยู่ด้วยกัน 7 ชนิด (species) คือ *Azolla nilotica, A. pinnata, A. caroliniana, A. filiculoides, A. mexicana, A. rubra* และ *A. microphylla* ในประเทศไทยมักพบแหนแดง 2 สายพันธุ์ คือ อะซอลล่า พินนาต้า (*Azolla pinnata*) ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีถิ่นกำเนิดกระจายอยู่เป็นบริเวณกว้างของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จีน อินเดีย และออสเตรเลีย ซึ่งเป็นสายพันธุ์ท้องถิ่นที่แพร่กระจายอยู่ตามแหล่งน้ำธรรมชาติ และสายพันธุ์อะซอลล่า ไมโครฟิลล่า (*Azolla microphylla*) ที่มีถิ่นกำเนิดเดิมอยู่บริเวณเขตร้อนของอเมริกาตั้งแต่ด้านทิศตะวันตก และทิศเหนือของอเมริกาใต้ ถึงด้านใต้ของอเมริกาเหนือ และ West Indies ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่กรมวิชาการเกษตรนำเข้ามาเพื่อคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์จนได้แหนแดงพันธุ์ที่มีขนาดใหญ่ มีการเจริญเติบโตได้รวดเร็ว สามารถตรึงไนโตรเจนได้มากกว่าสายพันธุ์ท้องถิ่น โดยกรมวิชาการเกษตรได้เริ่มทำการวิจัยค้นคว้าเรื่องแหนแดงมาตั้งแต่ ปี 2520 และได้มีการเก็บรักษาพันธุ์มาอย่างต่อเนื่อง จนเมื่อประเทศไทยหันมาส่งเสริมเรื่องการทำเกษตรอินทรีย์ แหนแดงของกรมวิชาการเกษตรจึงได้ถูกนำมาพัฒนาการใช้ประโยชน์เกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์อีกครั้งหนึ่งในปี 2540 เป็นต้นมา

[1/] นักกีฏวิทยาชำนาญการ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปทุมธานี

แหนแดงที่พัฒนาโดยกรมวิชาการเกษตร

แหนแดงที่กรมวิชาการเกษตรได้ทำการปรับปรุงพันธุ์คือสายพันธุ์อะซอลล่า ไมโครฟิลล่า (*Azolla microphylla*) มีลักษณะเด่นคือมีขนาดใหญ่ ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว ให้ผลผลิตสูงกว่าสายพันธุ์พื้นเมืองถึง 10 เท่า แหนแดงสามารถเลี้ยงได้ง่าย เจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณได้อย่างรวดเร็ว เป็น 2 เท่า จากเดิมภายในเวลา 3–5 วัน เมื่อแหนแดงเจริญเติบโตเต็มที่บนผิวน้ำในนาข้าว จะได้ผลผลิตแหนแดงสดประมาณ 3,000 กิโลกรัม หรือ 150 กิโลกรัมแห้ง เทียบได้กับปุ๋ยยูเรีย 6-7.5 กิโลกรัมต่อพื้นที่ 1 ไร่ ประยูร และบรรหาญ (2545) รายงานผลการวิเคราะห์ตัวอย่างแหนแดงพบว่ามีน้ำหนักแห้งร้อยละ 5-7 และประกอบด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ หลายชนิด (ตารางที่ 2.1) ศิริลักษณ์ (2561) รายงานผลการเพาะเลี้ยงแหนแดงในกระชังขนาด 32 ตารางเมตร โดยหว่านแหนแดงอัตรา 300 กรัมต่อตารางเมตร เป็นเวลา 15 วัน ได้ผลผลิตประมาณ 300 กิโลกรัม การอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่าแหนแดงสด 15 กิโลกรัม ให้แหนแดงแห้ง 1 กิโลกรัม และผลตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแหนแดง พบว่ามีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละ 5.48 สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 9.95 ปริมาณลิกนิน 24.2 ฟอสฟอรัสทั้งหมดร้อยละ 0.64 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดร้อยละ 5.08 ปริมาณแคลเซียมทั้งหมดร้อยละ 2.59 และปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดร้อยละ 0.39 (ตารางที่ 2.2) การทำแหนแดงแห้งสามารถทำได้ง่ายโดยการนำแหนแดงไปตากแดดให้แห้ง แล้วเก็บใส่ภาชนะ เช่น ถุงปุ๋ย ไว้ใช้ต่อไปได้



ภาพที่ 2.1 ลักษณะของแหนแดง ก) *Azolla microphylla* และ ข) *A. pinnata*

ภาพที่ 2.2. การตากแหนแดงเพื่อทำแหนแดงแห้ง
ที่มา: https://www.kasetkaoklai.com

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบและแร่ธาตุต่าง ๆ ของตัวอย่างแหนแดง (ที่มา : ประยูร และบรรหาญ, 2545)

องค์ประกอบ	อัตราร้อยละ
น้ำหนักแห้ง	5-7
โปรตีน	13-30
ไขมัน	3.1
เซลลูโลส	8.5-11.7
ไนโตรเจน (N)	3-5
คาร์บอน (C)	41-45
ฟอสฟอรัส (P)	0.2-1.6
โปแตสเซียม (K)	0.3-0.6
แคลเซียม (Ca)	0.5-1.7
แมกนีเซียม (Mg)	0.2-0.7
กำมะถัน (S)	0.2-0.7
ซิลิกา (Si)	0.2-3.5
โซเดียม (Na)	0.2-1.3
คลอรีน (Cl)	0.6-0.8
อลูมิเนียม (Al)	0.04-0.6
เหล็ก (Fe)	0.04-0.6

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของแหนแดง โดยวิธี Atomic Absorption Spectrophotometer และปริมาณลิกนิน ที่ทำการเพาะเลี้ยงในกระชังขนาด 32 ตารางเมตร

	Total-N (%)	Carbon (%)	C/N ratio	Lignin (%)	Total-P (%)	Total-K (%)	Total-Ca (%)	Total-Mg (%)
Azolla	4.58	45.6	9.95	24.2	0.64	5.08	2.59	0.39

ประโยชน์ของแหนแดง

1. สามารถทดแทน หรือลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลงได้
2. เพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดินทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น ปรับปรุงโครงสร้างดินดีขึ้นในระยะยาว
3. ใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์สำหรับพืชผักและไม้ผล เพิ่มทางเลือกสำหรับการผลิตพืชอินทรีย์
4. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมี ลดการดูดตรึงฟอสเฟตของดิน
5. ใช้เป็นแหล่งโปรตีนสำหรับเลี้ยงสัตว์ เช่น ปลา เป็ด เป็นต้น
6. มีต้นทุนการผลิตต่ำ แหนแดงเติบโตและขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว แม้เลี้ยงในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ
7. ลดปริมาณวัชพืชในนาข้าว แหนแดงที่ขยายคลุมผิวน้ำจะทำให้แสงแดดส่องไม่ผ่าน จึงช่วยลดการเจริญเติบโตของวัชพืชจำพวกสาหร่ายลงได้

ข้อดีของแหนแดงคือสามารถใช้ได้ทันทีไม่ต้องรอกระบวนการหมักทำเป็นปุ๋ยหมัก เนื่องจากมีค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำอยู่ระหว่าง 8-13 ทำให้สามารถย่อยสลายปลดปล่อยธาตุอาหารได้รวดเร็ว

การขยายพันธุ์และเพาะเลี้ยงแหนแดง

แหนแดงมีการขยายพันธุ์ 2 แบบด้วยกัน คือแบบมีเพศ และแบบไม่มีเพศ ซึ่งแบบมีเพศจะเกิดเมื่อแหนแดงอยู่ในระยะที่พร้อมจะผลิตสปอร์ มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เป็นเพศผู้และเพศเมียแล้วมาผสมพันธุ์กัน โดยสปอร์จะแก่ในเวลาประมาณ 1 สัปดาห์ จากนั้นจึงเจริญเป็นต้นอ่อนแหนแดงที่มีโครโมโซมเป็น 2n (diploid) ส่วนการขยายพันธุ์แบบไม่มีเพศในธรรมชาติแหนแดงจะมีการเจริญเติบโตและสร้างกิ่งย่อยแตกแขนงออกจากต้นแม่ (rhizome) แบบสลับกัน (alternate) เมื่อต้นแม่แก่จัดจะมีสีเขียวเข้ม แล้วค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ซึ่งแสดงว่าต้นแม่อันเดิมนั้นหมดอายุลง กิ่งแขนงย่อยจะหลุดออกมาเป็นต้นใหม่ที่มีขนาดเล็กและเจริญเติบโตเป็นเป็นต้นใหม่ต่อไป ดังนั้นจึงมีวิธีการที่สามารถกระตุ้นให้เกิดการแตกตัว และหลุดออกของกิ่งแขนง เช่น การใช้แขนงไม้ตีแหนแดงเบา ๆ จะทำให้มีการแยกส่วนของแขนงแตกออกจากต้นเดิม (fragmentation) ทำให้การขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณได้รวดเร็วยิ่งขึ้น การขยายพันธุ์ทั้ง 2 วิธีสามารถเพิ่มปริมาณของแหนแดงเป็น 2 เท่าจากเดิมในเวลา 3–6 วัน ขึ้นกับความเหมาะสมของสภาพแวดล้อม

การเพาะเลี้ยงแหนแดง

การเพาะเลี้ยงแหนแดงควรมีบ่อเลี้ยงแม่พันธุ์ไว้ต่างหาก เนื่องจากแหนแดงมีไนโตรเจนสูง เนื้อเยื่อของแหนแดงค่อนข้างอ่อน สัตว์และแมลงหลายชนิดจะเข้าทำลายได้ง่าย เพราะฉะนั้นจะต้องมีบ่อเพาะเลี้ยงแม่พันธุ์ไว้ หากนำแหนแดงลงไปใช้ในแปลง หรือถูกแมลงทำลายเสียหายหมด ยังมีแม่พันธุ์แหนแดงที่เลี้ยงไว้ในบ่อใช้ได้ทันที โดยไม่ต้องเสียเวลาไปหาแม่พันธุ์ใหม่ วิธีเพาะเลี้ยงแม่พันธุ์แหนแดง มีดังนี้

1. การเลี้ยงในบ่อซีเมนต์

1.1 เตรียมบ่อปูนเจาะรูสูงจากก้นบ่อ 10 เซนติเมตร เพื่อใช้ควบคุมระดับน้ำ

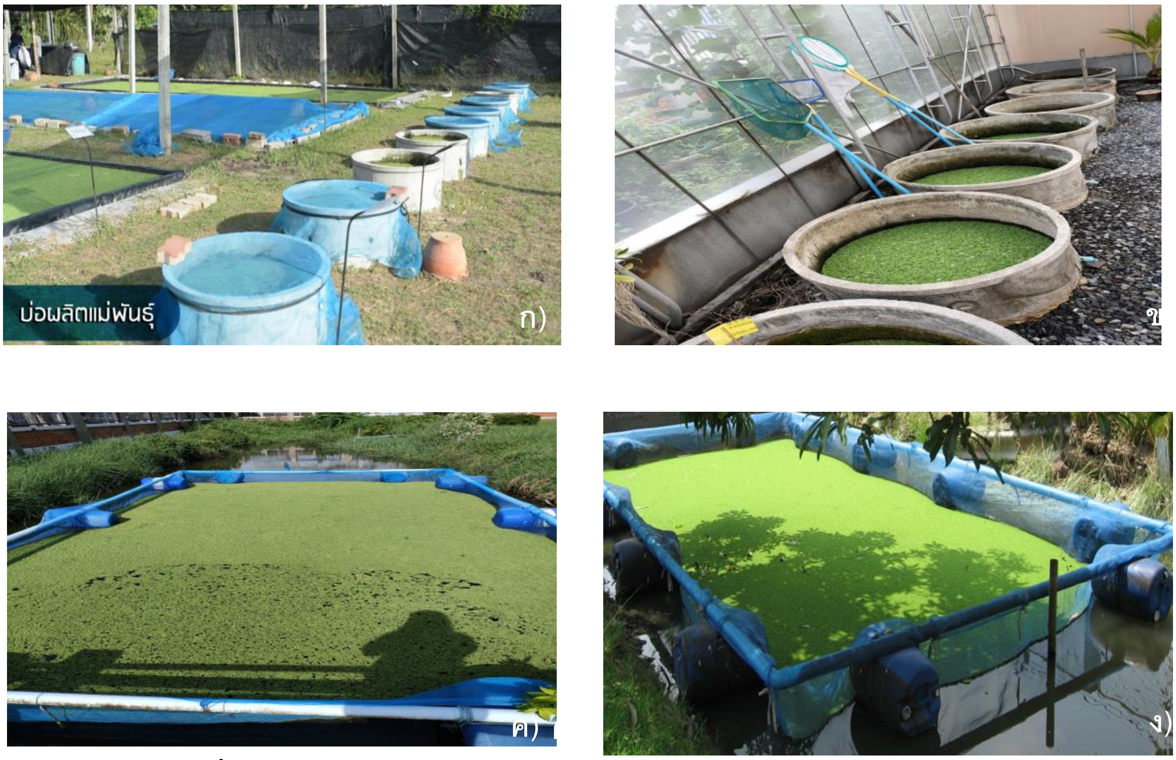
1.2 ใส่ดินนารองก้นบ่อเพาะเท่ากับระดับด้านล่างของรู เติมปุ๋ยคอก 1 กิโลกรัม และเติมน้ำให้สูงจากระดับผิวดินประมาณ 10 เซนติเมตร

1.3 ใส่แหนแดง 50 กรัม ลงในบ่อที่เตรียมไว้เพื่อเป็นแม่พันธุ์ แล้วเขี่ยแหนแดงกระจายให้เสมอทั่วบ่อ

1.4 เมื่อแหนแดงเจริญเติบโตเต็มบ่อจนแน่น ให้ปล่อยน้ำออกจากบ่อ หรือนำแหนแดงไปขยายต่อในที่ที่ต้องการ

1.5 นำแหนแดงที่ได้จากบ่อแม่พันธุ์ลงปล่อยในบ่อขนาดใหญ่ หรือกระชังเพื่อเพิ่มปริมาณต่อไป การเลี้ยงในบ่อปูนควรนำมุ้งตาข่ายเขียวมาปิดปากบ่อเพื่อป้องกันแมลงเข้าทำลาย และเป็นการช่วยพรางแสงให้แหนแดงไปพร้อมกัน วิธีนี้จะช่วยให้แหนแดงมีการเจริญเติบโตที่ดียิ่งขึ้น

2. การเพาะเลี้ยงแหนแดงแบบบ่อขุด เนื่องจากแหนแดงไม่ต้องการน้ำลึก จึงควรขุดบ่อให้มีลักษณะเหมือนท้องนาขังน้ำให้ลึกประมาณ 5-10 เซนติเมตร เรียกว่าเป็นบ่อน้ำตื้น ควรมีการพรางแสง หรือมีร่มไม้รำไร ตัวอย่างพื้นที่บ่อขนาดประมาณ 5 ตารางเมตร ปล่อยแหนแดงลงไปประมาณ 10 กิโลกรัม ใช้เวลา 10-15 วัน แม่พันธุ์แหนแดงจะเจริญเติบโตเต็มบ่อ สามารถตักแหนแดงไปปล่อยลงบ่ออื่น หรือนำไปขยายต่อในพื้นที่ที่ต้องการได้ต่อไป โดยคำนึงถึงระบบการขยายพันธุ์ของแหนแดงที่จะขยายให้น้ำหนักสดเป็น 2 เท่าตัว ทุก 3-6 วัน ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ดังนั้นจึงสามารถดัดแปลงปริมาณการใส่แหนแดงเริ่มต้นได้ตามความเหมาะสม แหนแดงที่ขยายเติบโตเต็มที่จะได้น้ำหนักแหนแดงสดประมาณ 1.5-2.0 กิโลกรัมต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร



ภาพที่ 2.3 การผลิตแม่พันธุ์ ก) และ ข) และการขยายพันธุ์แหนแดง ค) และ ง)
ที่มา : กรมวิชาการเกษตร

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแหนแดง

1. น้ำ ความลึกที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 5-15 เซนติเมตร หากมีความลึกมาก ธาตุอาหารจะเจือจาง แหนแดงจะได้รับธาตุอาหารน้อยไม่เจริญเติบโต น้ำมีความลึกน้อยอุณหภูมิน้ำจะสูง แหนแดงไม่เจริญเติบโต

2. อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตของแหนแดง อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับแหนแดงทุกชนิดควรอยู่ในช่วง 20-30 องศาเซลเซียส จึงพบว่าในเขตร้อนแหนแดงบางชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ จึงมีการคัดเลือกพันธุ์ที่ทนทานต่ออุณหภูมิสูง เช่น *A. microphylla* และ *A. nilotica* เป็นต้น

3. แสงแดด แหนแดงเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ในที่ที่มีแสงประมาณ 50-75 เปอร์เซ็นต์ ของแสงแดด จึงควรมีการพรางแสงแดดให้เหมาะสม หรือเลือกพื้นที่เพาะปลูกแหนแดงที่มีร่มรำไร

4. ความชื้นสัมพัทธ์ แหนแดงเป็นพืชที่ชอบความชื้นสูง 85-90 เปอร์เซ็นต์

5. ความเป็นกรด-ด่าง ควรอยู่ในช่วง 4.5-6.5

6. ลม แหนแดงไม่ชอบลมแรง เพราะทำให้ถูกพัดพาเกิดการกระจายตัวของแหนแดงและสูญเสียความชื้นได้ง่ายยิ่งขึ้น หรือหากถูกพัดพาไปอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของแปลงก็ส่งผลให้ไม่สามารถขยายตัวได้เช่นกัน

7. ธาตุอาหาร แหนแดงมีความต้องการธาตุอาหารทั้งธาตุหลักและธาตุรองเช่นพืชอื่น นอกจากนั้นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่อยู่ร่วมด้วยยังต้องการ Molybdenum, Cobalt และ Sodium เพื่อใช้ในการตรึงไนโตรเจน ส่วนธาตุที่สำคัญในการเจริญเติบโตของแหนแดงมากที่สุดคือฟอสฟอรัส เพราะมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต การตรึงไนโตรเจนและปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ใบแหนแดง ในแหล่งน้ำที่เพาะเลี้ยงแหนแดงควรมีธาตุอาหารเหล่านี้เพื่อช่วยในการเจริญเติบโตและกระบวนการตรึงไนโตรเจน

8. ศัตรูพืช ควรมีการควบคุมศัตรูพืชในบ่อเพาะเลี้ยงแหนแดงเป็นระยะ เพื่อควบคุมโรค แมลง และสัตว์ที่กินแหนแดงเป็นอาหาร เช่น หนอนด้วง หนอนผีเสื้อกลางคืน หนอนไรน้ำ ปลา เป็ด หอย เป็นต้น

การนำแหนแดงไปใช้ประโยชน์

แหนแดงมีประวัติการใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าวในประเทศเวียดนามและจีนมาหลายทศวรรษ ในประเทศไทยได้เริ่มทำการวิจัยค้นคว้าเรื่องแหนแดงมาตั้งแต่ปี 2520 โดยประยูร และคณะ (2520-2521) รายงานว่าการเลี้ยงขยายแหนแดงเป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าวหนึ่งชุดหรือสองชุด สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวพอ ๆ กับการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนอัตรา 6 หรือ 12 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ผลการทดสอบภายใต้โครงการความร่วมมือระหว่างประเทศในโครงการ INSFFER ของสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติพบว่าการเลี้ยงแหนแดงในนาแล้วไถกลบก่อนปักดำ สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้เท่ากับการใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 4.8 กิโลกรัมต่อไร่ และการเลี้ยงแหนแดงหลังปักดำแล้วไถกลบก็ให้ผลผลิตในทำนองเดียวกัน การไถกลบทั้ง 2 วิธีร่วมกันสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวเปลือกได้ โดยเฉลี่ย 160 กิโลกรัมต่อไร่ และแหนแดง 1 ตัน สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้โดยเฉลี่ย 40 กิโลกรัม นพพร และคณะ (2562) พบว่าการให้ปุ๋ยกล้วยหอม (เฉลี่ยต่อต้น) ที่ปลูกในจังหวัดปทุมธานี โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ Good agricultural practice (GAP) ของกรมวิชาการเกษตร และใส่แหนแดงสด 2 กิโลกรัม (มีธาตุไนโตรเจน 5 กรัม) หรือใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ GAP กรมวิชาการเกษตร โดยลดไนโตรเจนร้อยละ 20 และใส่แหนแดงสดทดแทนไนโตรเจนที่ลดลง หรือใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ (GAP) กรมวิชาการเกษตรโดยลดไนโตรเจนร้อยละ 40 และใส่แหนแดงสดทดแทนไนโตรเจนที่ลดลงให้ค่าน้ำหนักเครือ จำนวนหวี น้ำหนักหวี และจำนวนผลต่อหวีที่สูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกร และการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ GAP ของกรมวิชาการเกษตร (ตารางที่ 2.3) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ GAP ของกรมวิชาการเกษตร และใส่แหนแดงสด 2 กิโลกรัม มีผลผลิต รายได้ กำไรสุทธิและค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) สูงที่สุด (ตารางที่ 2.4) และการนำไปปฏิบัติไม่ยุ่งยาก จึงมีความเหมาะสมที่สุดในการส่งเสริมให้เกษตรกรนำไปใช้ สอดคล้องกับผลการใช้แหนแดงแห้งต่อการอยู่รอดและการเจริญเติบโตของต้นกล้วยน้ำว้าพันธุ์ปากช่อง 50 ในแปลงปลูก พีรยุทร และคณะ (2559) พบว่าการใช้แหนแดงแห้งทำให้กล้วยน้ำหว้ามีอัตรารอดชีวิตสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ และมีการเจริญเติบโตของต้นกล้าทั้งด้านความสูง เส้นรอบวงลำต้น ความกว้างใบ และความยาวใบมากที่สุด มีช่วงระยะการแทงปลีที่อายุ 10 เดือน เร็วกว่ากรรมวิธีอื่นที่มีช่วงระยะการแทงปลีที่อายุ 11 เดือน

ตารางที่ 2.3 ผลของการใส่ปุ๋ยตามวิธีต่าง ๆ ต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของกล้วยหอมในแปลงเกษตรกรอำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี ระหว่างเดือนตุลาคม 2559 ถึง ตุลาคม 2560

วิธีการใส่ปุ๋ย	น้ำหนักเครือ (กก.)	จำนวนหวี (หวี/เครือ)	น้ำหนักหวี (กก.)	จำนวนผล (ผล/หวี)
เกษตรกร	13.5 c	6.1	1.9 b	13.5 b
GAP	16.0 b	6.4	2.2 b	15.1 b
GAP +แหนแดง 2 กก./ต้น	17.7 a	6.2	2.5 a	15.7 b
GAP (ลด N 20%)+แหนแดงเท่ากับ N ที่ลด 20%	18.0 a	6.4	2.7 a	16.4 a
GAP(ลด N 40%)+แหนแดงเท่ากับ N ที่ลด 40%	17.5 a	6.4	2.5 a	16.2 ab
CV. (%)	5.75	2.99	5.47	1.70

*ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี DMRT

ตารางที่ 2.4 ผลของการใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีต่าง ๆ ต่อผลผลิต ต้นทุน รายได้ และอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) ของเกษตรกรผู้ปลูกกล้วยหอม ในพื้นที่อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี ปี 2560

วิธีการใส่ปุ๋ย	ผลผลิต (กก./ไร่)	ต้นทุน (บาท/ไร่)	รายได้ (บาท/ไร่)	BCR
กรรมวิธีเกษตรกร	7,821	71,126	78209	1.10
กรรมวิธีที่2 คำแนะนำ (GAP)	8,526	66,289	85265	1.29
กรรมวิธีที่ 3 คำแนะนำ+แหนแดง 2 กก.	8,952	67,489	89518	1.33
กรรมวิธีที่ 4 ลด N 20%+แหนแดงเท่ากับ N ที่ลด 20%	8,985	67,680	89845	1.33
กรรมวิธีที่ 5 ลด N 40%+แหนแดงเท่ากับ N ที่ลด 40%	8,888	67,469	88878	1.32

สิริลักษณ์ และคณะ (2561) พบว่าในผักกวางตุ้งการใช้แหนแดงแห้งต่อดินปลูก 1 กิโลกรัม ในอัตราตั้งแต่ 20 กรัม ขึ้นไป ทำให้ผักกวางตุ้งมีน้ำหนักสดรวมน้ำหนักรากสดและแห้ง และน้ำหนักใบแห้งสูงกว่าที่ใส่แหนแดงแห้งอัตรา 0-15 กรัม โดยการใช้แหนแดงแห้งที่อัตรา 30 กรัม มีผลทำให้น้ำหนักสดรวมน้ำหนักใบ และขนาดพื้นที่ใบของต้นกวางตุ้งสูงสุด

นอกจากนั้น เกษตรกรที่ปลูกผักหรือทำการเกษตรอินทรีย์ สามารถใช้แหนแดงผสมกับดินปลูก เพื่อเป็นแหล่งธาตุอาหารโดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีได้ และแหนแดงสามารถนำไปเป็นอาหารสัตว์ได้ โดยให้สัตว์กินได้ทั้งแบบสดและแห้ง ควบคู่ไปกับอาหารเม็ด หรือผสมกับฟางข้าวหรือหญ้าแห้งก็ได้ เพราะองค์ประกอบของแหนแดงมีโปรตีนสูง ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ มีกรดอะมิโนครบทุกตัว จึงเหมาะที่จะเป็นอาหารสัตว์ โดยเฉพาะในฤดูแล้งขาดแคลนหญ้าอาหารสัตว์หรือมีไม่เพียงพอ เกษตรกรสามารถใช้แหนแดงสดหรือแห้งผสมกับฟางแห้งหรือหญ้าแห้ง สัตว์จะได้อาหารที่มีคุณภาพดี

ภาพที่ 2.4 การใช้แหนแดงในการผลิตกล้วยและข้าว
ที่มา : กรมวิชาการเกษตร

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

นพพร ศิริพานิช กุลวดี ฐานกาญจน์ ชญาดา ดวงวิเชียร ไกรสิงห์ ชูดี จิราภา เมืองคล้าย สิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต และ สุปรานี มั่นหมาย. 2562. ศึกษาการใช้แหนแดงร่วมกับปุ๋ยเคมีในการผลิตกล้วยหอมในจังหวัดปทุมธานี. ในรายงานผลการดำเนินงานประจำปี 2562 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปทุมธานี กรมวิชาการเกษตร. หน้า 63-85.

ประยูร สวัสดี วิทยา ศรีทานันท์ จักรพงษ์ เจิมศิริ ชอบ คณะฤกษ์ และ เจ ทาคาฮิชิ. 2520. การทดสอบประสิทธิภาพของแหนแดง (*Azolla*) ในการเพิ่มผลผลิตข้าว. รายงานผลการทดลองและวิจัยประจำปี 2520 กรมวิชาการเกษตร.

ประยูร สวัสดี วิทยา ศรีทานันท์ หรรษา คุณาไท ศิริชัย สมบูรณ์พงษ์ เจนวิทย์ สุขทองสา จันทนา สุดโต และชอบ คณะฤกษ์. 2521. การใช้ประโยชน์จากแหนแดง (*Azolla*) ในการทำนา. รายงานผลการทดลองและวิจัยประจำปี 2521 กรมวิชาการเกษตร.

ประยูร สวัสดี และบรรหาญ แตงฉ่ำ. 2545. แหนแดง ชีววิทยาและการใช้ประโยชน์. *ใน* กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร (บ.ก.), เอกสารวิชาการปุ๋ยชีวภาพ (น.163-212). กรุงเทพฯ.

ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต และประไพ ทองระอา. 2554. ศึกษาการสลายตัวและการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนของแหนแดงในดินสภาพต่าง ๆ. กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 10 หน้า

ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต ประไพ ทองระอา กานดา ฉัตรไชยศิริ และภาสันต์ ศาลากุลทัต. 2561. ผลของแหนแดงแห้งต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง. เอกสารการประชุมวิชาการพืชสวน ครั้งที่ 17 ปี 2561. หน้า 332-337.

พีรยุทธ สิริฐนกร อารยา อาจเจริญ เทียนหอม ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต กัลยาณี สุวิทวัส พิมพ์นิภา เพ็งช่าง เจนจิรา ชมพูคำ และทัศนัย จารุวัฒนพันธ์. 2559. ผลของไมคอร์ไรซาร่วมกับผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพต่อการอยู่รอดและการเจริญเติบโตของต้นกล้ากล้วยน้ำว้าพันธุ์ปากช่อง 50 ในแปลงปลูก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 17(2)(พิเศษ) : 357-360.

Lumpkin, T.A. and D.L. Plucknett. 1982. *Azolla* as a green manure: use and management in crop production. Westview Pres, Inc., USA. 230 p.

Peter, G.A., R.E.Toia , W.R. Evans , D.K. Crist , B. Mayne and R.E. Poole. 1980. Characterization and comparisons of five N_2- fixing *Azolla-Anabaena* associations. I. Optimization of growth conditions for biomass increase and N-content in a controlled environment. Plant Cell and Environ. 3 : 261-269.9

Watanabe, I., C.R. Espinas, N.S. Berfa and B.V. Alimagno. 1977. The utilization of the *Azolla Anabaena* as a nitrogen fertilizer for rice. IRRI research paper series No.11 : 16 p.

บทที่ 3

ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์

วารีรัตน์ สมประทุม[1/] ณพงษ์ วสยางกูร[2/] ไชยา บุญเลิศ[2/]

"ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ หรือ ปุ๋ยชีวภาพแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (Plant Growth Promoting Rhizobacteria or PGPR)" เป็นปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยแบคทีเรียที่ได้จากดินบริเวณรอบรากพืช (rhizosphere) มีคุณสมบัติช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช โดยแบคทีเรียดังกล่าวสามารถตรึงไนโตรเจน เพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช และสร้างสารซิเดอโรฟอร์ (siderophores) ที่ช่วยนำธาตุเหล็กเข้าสู่เซลล์พืช โดยการจับธาตุเหล็กทำให้เชื้อราสาเหตุโรคพืชไม่สามารถนำธาตุเหล็กไปใช้ได้ นอกจากนี้สามารถสร้างฮอร์โมนพืช (phytohormones) เช่น ฮอร์โมนกลุ่มออกซิน (auxins) ที่ช่วยกระตุ้นการยืดตัว การแบ่งตัวและการเปลี่ยนสภาพของเซลล์ สร้างเอนไซม์ไคติเนส (chitinase) และลามินาริเนส (laminarinase) ย่อยเส้นใยเชื้อราโรคพืช สร้างสารปฏิชีวนะที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อราสาเหตุโรคพืช (Glick *et al*., 1999; หนึ่ง, 2548; ธงชัย, 2550) ซึ่งแบคทีเรียบางสกุลมีความสามารถหลายอย่าง เช่น แบคทีเรียสกุลอะโซสไปริลลัม (*Azospirillum*) บางสายพันธุ์สามารถตรึงไนโตรเจน ช่วยละลายฟอสเฟต ผลิตฮอร์โมนส่งเสริมการเจริญของรากพืช และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดธาตุอาหารพืช จากคุณสมบัติดังกล่าว ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพืช ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ช่วยเพิ่มปริมาณรากอย่างน้อย 20 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มประสิทธิภาพในการดูดน้ำและปุ๋ยอย่างน้อย 15 เปอร์เซ็นต์ ช่วยเพิ่มผลผลิตพืชอย่างน้อย 10 เปอร์เซ็นต์ และช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมี อย่างน้อย 25 เปอร์เซ็นต์ (กัลยกร, 2561)

ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์

จากการวิจัยและพัฒนาของกรมวิชาการเกษตร โดยกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ 3 ชนิด ที่แตกต่างกัน และมีคำแนะนำในการนำไปใช้ประโยชน์แตกต่างกัน ดังนี้

1. ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน ประกอบด้วย แบคทีเรีย 3 ชนิด ได้แก่ *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter vinelandii* และ *Beijerinckia mobilis* มีปริมาณจุลินทรีย์ดังกล่าวชนิดละไม่ต่ำกว่า 1×10^6 โคโลนี ต่อ ปุ๋ยชีวภาพ 1 กรัม แนะนำให้ใช้ในการผลิตข้าวโพด ข้าวฟ่าง พืชผัก และสมุนไพร

2. ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทู ประกอบด้วย แบคทีเรีย 2 ชนิด ได้แก่ *Azospirillum brasilense* และ *Burkholderia vietnamiensis* มีปริมาณจุลินทรีย์ดังกล่าวชนิดละไม่ต่ำกว่า 1×10^6 โคโลนี ต่อ ปุ๋ยชีวภาพ 1 กรัม แนะนำให้ใช้ในการผลิตข้าว

[1/] นักวิชาการเกษตรชำนาญการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5
[2/] นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์

3. ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี ประกอบด้วย แบคทีเรีย 2 ชนิด ได้แก่ *Azospirillum brasilense* และ *Gluconacetobacter diazotrophicus* มีปริมาณจุลินทรีย์ดังกล่าวชนิดละไม่ต่ำกว่า 1×10^{6} โคโลนี ต่อ ปุ๋ยชีวภาพ 1 กรัม แนะนำให้ใช้ในการผลิตอ้อย และมันสำปะหลัง

วิธีการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์

การนำปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ทั้ง 3 ชนิด ไปใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชแต่ละชนิดนั้น มีวิธีการใช้ที่แตกต่างกันตามชนิดพืช ดังนี้

1. ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน สำหรับใช้ในการผลิตข้าวโพดและข้าวฟ่าง มี 2 วิธี ดังนี้

1.1 คลุกเมล็ดพืชก่อนนำไปปลูก ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีอาร์-วัน อัตรา 1 ถุงต่อพื้นที่ปลูกไร่ หรือต่อเมล็ดพันธุ์ 3 กิโลกรัม (ภาพที่ 3.1) โดยละลายปุ๋ยในน้ำสะอาดให้ข้นเหนียวแล้วจึงนำเมล็ดพืชมาคลุกเคล้า โดยสังเกตว่าปุ๋ยเกาะทั่วเมล็ดก่อนจึงนำมาผึ่งเมล็ดในที่ร่มให้แห้งแล้วนำไปปลูก เมล็ดพืชที่คลุกปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ควรใช้ให้หมด ไม่ควรเก็บเมล็ดที่คลุกปุ๋ยดังกล่าวไว้

2. ผสมกับปุ๋ยหมัก ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีอาร์-วัน 1 ถุง ละลายน้ำสะอาด 20 ลิตร ราดกองปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์แล้ว 500 กิโลกรัม ปรับความชื้นในกองปุ๋ยหมักประมาณ 50–60 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก คลุกเคล้าให้เข้ากัน บ่มไว้ 1 สัปดาห์ เพื่อนำมาใช้รองก้นหลุมข้าวโพดหรือข้าวฟ่างก่อนปลูก ใช้อัตรา 250–500 กิโลกรัมต่อไร่

ภาพที่ 3.1 การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน คลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดก่อนนำไปปลูก
ที่มา : กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ในการผลิตผัก โดยใช้อัตราปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน 1 ถุง ผสมกับปุ๋ยหมัก 250 กิโลกรัม อัตราการใช้ปุ๋ยที่ผสมแล้ว 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ หรือขึ้นกับปริมาณธาตุอาหารที่ได้จากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดิน

2. ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทู สำหรับข้าวใช้ได้ 2 วิธี ดังนี้

2.1 คลุกเมล็ดข้าวก่อนนำไปปลูก ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีอาร์-ทู อัตรา 1 ถุงต่อพื้นที่ปลูกไร่ หรือต่อเมล็ดพันธุ์ข้าว 15-20 กิโลกรัม (ภาพที่ 3.2) โดยละลายปุ๋ยในน้ำสะอาดให้ข้นเหนียวแล้วจึงนำเมล็ดข้าวมาคลุกเคล้าจนเนื้อปุ๋ยสีดำ

เคลือบติดเมล็ดข้าวแล้วจึงนำไปหว่าน ถ้าเป็นการหว่านข้าวนาน้ำตรม (ข้าวงอก) ควรหว่านเมล็ดข้าวที่คลุกเคล้าปุ๋ยให้หมดไม่ควรเก็บเมล็ดข้าวไว้ แต่ถ้าเป็นการหว่านข้าวนาสำรวย (ข้าวแห้ง) สามารถเก็บเมล็ดข้าวที่คลุกเคล้าปุ๋ยดังกล่าวในถุงพลาสติก แช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส ไม่ควรเก็บนานเกิน 1 สัปดาห์ ข้อควรระวังในการหว่านข้าวแห้งคือสภาพดินควรมีความชื้นในขณะที่หว่านเมล็ดข้าวเพื่อรักษาความมีชีวิตของจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพ

2.2 ผสมกับปุ๋ยหมัก ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีอาร์-ทู อัตรา 1 ถุง ผสมกับปุ๋ยหมัก 250 กิโลกรัม ใช้ในพื้นที่ 1 ไร่ โดยวิธีการผลิตเช่นเดียวกับปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน เมื่อได้ปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์แล้วนำมาหว่านในนาข้าวหรือไถกลบในขั้นตอนเตรียมดินก่อนการปลูกข้าว

ภาพที่ 3.2 การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทู คลุกเมล็ดข้าวก่อนนำไปหว่าน
ที่มา : กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

3. ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี สำหรับอ้อยและมันสำปะหลังใช้ได้ ดังนี้

3.1 ฉีดพ่นท่อนพันธุ์อ้อย ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี อัตรา 2 ถุง ละลายในน้ำสะอาด 100 ลิตรเพื่อฉีดพ่นท่อนพันธุ์อ้อยที่จะปลูกในพื้นที่ 1 ไร่ โดยฉีดพ่นเป็นฝอยละเอียดลงบนท่อนพันธุ์ขณะปลูก แล้วจึงกลบทับด้วยดินทันที สารแขวนลอยปุ๋ยดังกล่าวควรใช้ให้หมดไม่ควรเก็บไว้ใช้ต่อ

3.2 แช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี อัตรา 2 ถุง ละลายในน้ำสะอาด 20 ลิตร เพื่อแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่จะปลูกในพื้นที่ 1 ไร่ แช่ท่อนพันธุ์เป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงนำไปปลูกทันที (ภาพที่ 3.3)

ภาพที่ 3.3 การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี ละลายน้ำและใช้แช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังก่อนนำไปปลูก

วิธีการเก็บรักษาปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์

เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส ไม่โดนความร้อน แสงแดด สารเคมีเข้มข้น ความชื้น เมื่อเปิดใช้แล้วควรรีบใช้ให้หมดภายในวันที่เปิดถุง หากใช้ไม่หมดในครั้งเดียวควรปิดผนึกถุงให้สนิท และเก็บในที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส

ขั้นตอนการผลิตขยายปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 เป็นศูนย์ขยายผลการผลิตปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ในส่วนภูมิภาค ผลิตปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทู และปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี ให้กับเกษตรกรในพื้นที่รับผิดชอบของ สวพ.5 ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันตก ซึ่งเริ่มดำเนินการผลิตปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทู ในเดือนกันยายน 2561 ถึงปัจจุบัน ศักยภาพในการผลิตปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ได้สัปดาห์ละ 600-800 ถุง โดยกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรหรือเจ้าของเทคโนโลยีเป็นผู้ผลิตหัวเชื้อแบคทีเรียสำหรับผลิตปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แต่ละชนิดให้กับ สวพ.5 เพื่อนำไปใช้ผลิตขยายและกระจายสู่เกษตรกรนำไปใช้ประโยชน์

วัสดุอุปกรณ์ในการผลิตขยายปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ ดังนี้

1. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2-3 ตำแหน่ง พร้อมอุปกรณ์ตวงและใส่สารเคมี
2. กระบอกตวงสารขนาด 2,000 มิลลิลิตร
3. บีกเกอร์ขนาด 2,000 มิลลิลิตร พร้อมแท่งแก้วกวนสาร
4. สารเคมีสำหรับเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละชนิด
5. เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง
6. กระดาษทิชชู่
7. อุปกรณ์สำหรับผนึกขวดอาหารเลี้ยงเชื้อ 9 ลิตร ได้แก่ เทปกาว สำลี กระบอกฉีดขนาด 50 มิลลิลิตร อะลูมิเนียมฟอยล์ กรรไกร
8. หม้อนึ่งความดันไอ
9. ภาชนะสำหรับใส่อาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ ขวดแก้วรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ขวกแก้วขนาด 10 ลิตร พร้อมฝา
10. ตู้เขี่ยเชื้อ พร้อมอุปกรณ์สำหรับถ่ายเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ ไมโครไปเปต ทิป ตะแกรงอะลูมิเนียม ตะเกียงแอลกอฮอล์ ไฟแช็ค กระดาษทิชชู บีกเกอร์ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว กระบอกพ่นแอลกอฮอล์
11. เครื่องผสมสารอัตโนมัติ
12. เครื่องเขย่าขวดอาหารเลี้ยงเชื้อ
13. ปั้มลม พร้อมสายยางพลาสติก
15. ตู้เย็น
16. เข็มฉีดยา พร้อมกระบอกฉีดขนาด 50 มิลลิลิตร

ขั้นตอนการผลิตขยายปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ (ภาพที่ 3.4) ดังนี้

1. รับหัวเชื้อจากกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร
2. นำหัวเชื้อที่ได้จากข้อ 1 มาทำการเลี้ยงเป็นหัวเชื้อ (starter) ในขวดรูปชมพู่ที่บรรจุอาหารจำเพาะ 250 มิลลิลิตร บนเครื่องเขย่า ในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน
3. นำหัวเชื้อจากข้อ 2 ฉีดลงในขวดอาหารเลี้ยงเชื้อขนาดใหญ่ (9 ลิตร) และทำการเลี้ยงเชื้อต่อเป็นเวลา 3 วัน
4. นำเชื้อเหลวที่ได้จากข้อ 3 มาผสมกับวัสดุพา (ปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายสมบูรณ์ ได้แก่ เปลือกไม้ยู-คาลิปตัสหมัก 20 เปอร์เซ็นต์ ปุ๋ยมูลไก่ 60 เปอร์เซ็นต์ ปุ๋ยมูลโค 10 เปอร์เซ็นต์ และปุ๋ยมูลสุกร 10 เปอร์เซ็นต์) โดยให้มี

ความชื้นไม่เกิน 60 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนวัสดุพากับเชื้อเหลว เท่ากับ 2 กิโลกรัม ต่อ 1 ลิตร ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วบ่มทิ้งไว้ 1 วัน ในที่ร่ม อุณหภูมิปกติ

5. บรรจุปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ลงในถุง ๆ ละ 500 กรัม และเก็บรักษาไว้ในห้องเย็น 25 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า

หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการผลิต ต้องสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ส่งตรวจ ณ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยชีวภาพ กลุ่มวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรทุกรอบการผลิต

ขั้นตอนในการผลิตขยายปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แต่ละชนิดปฏิบัติตามกรรมวิธีที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่มีความแตกต่างกันที่ชนิดของหัวเชื้อแบคทีเรียและอาหารเลี้ยงเชื้อที่นำมาใช้ในการผลิต ดังนี้

การผลิตปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน

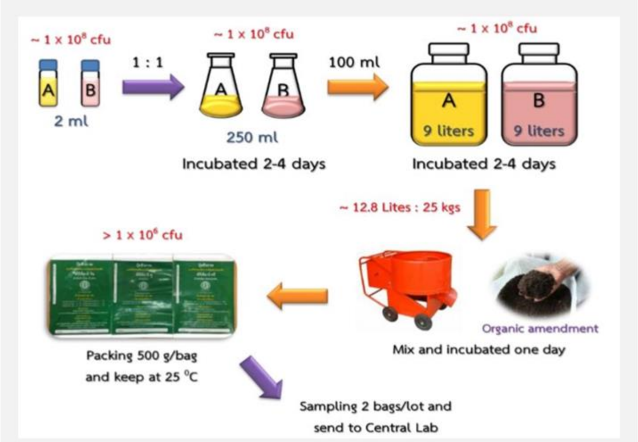
ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน ประกอบด้วยแบคทีเรีย 3 สกุล ซึ่งมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ดังนี้

1. *Azospirillum brasilense* (A1) ใช้ระยะเวลาในเจริญเติบโต 2-3 วัน ใช้อาหาร NFb (ตารางผนวกที่ 1) ในการเลี้ยง

2. *Azotobacter valendii* (B1) ใช้ระยะเวลาในเจริญเติบโต 2-3 วัน ใช้อาหาร Azoto (ตารางผนวกที่ 3) ในการเลี้ยง

3. *Beijerinckia mobilis* (C1) ใช้ระยะเวลาในเจริญเติบโต 4-5 วัน ใช้อาหาร Beijer (ตารางผนวกที่ 4) ในการเลี้ยง

สัดส่วนหัวเชื้อเหลว A : B : C เท่ากับ 2 : 1 : 1



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการผลิตขยายปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์

การผลิตปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทู

ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทู ประกอบด้วยแบคทีเรีย 2 สกุล ซึ่งมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน ดังนี้

1. *Azospirillum brasilense* (A2) ใช้ระยะเวลาในเจริญเติบโต 2-3 วัน ใช้อาหาร NFb-1 (ตารางผนวกที่ 2) ในการเลี้ยง

2. *Burkholderia vietnamiensis* (B2) ใช้ระยะเวลาในเจริญเติบโต 2-3 วัน ใช้อาหาร NFb-1 (ตารางผนวกที่ 2) ในการเลี้ยง

สัดส่วนหัวเชื้อเหลว A : B เท่ากับ 1 : 1

การผลิตปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี

ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี ประกอบด้วยแบคทีเรีย 2 สกุล ซึ่งมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน ดังนี้

1. *Azospirillum brasilense* (A3) ใช้ระยะเวลาในเจริญเติบโต 2-3 วัน ใช้อาหาร NFb (ตารางผนวกที่ 1) ในการเลี้ยง

2. *Gluconacetobacter diazotrophicus* (B3) ใช้ระยะเวลาในเจริญเติบโต 3-4 วัน ใช้อาหาร LGI (ตารางผนวกที่ 15 ในการเลี้ยง

สัดส่วนหัวเชื้อเหลว A : B เท่ากับ 1 : 1

การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ในพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันตก

สวพ. 5 ได้มีการนำปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์มาทดสอบและขยายผลในแปลงเกษตรกรที่ปลูกพืช ได้แก่ ข้าวโพด ข้าว มันสำปะหลัง และอ้อย และมีการนำไปใช้โดยเกษตรกรเองเป็นที่แพร่หลายในพื้นที่ภาคกลาง และภาคตะวันตก โดยแบ่งการนำปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ไปใช้ประโยชน์ตามชนิดปุ๋ยได้ดังนี้

1. การใช้ประโยชน์ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด

กัลยกร และคณะ (2558ก) ทดสอบการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี ในการปลูกข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮบริกซ์-3 ในสภาพดินร่วนปนเหนียวที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง และดินร่วนปนทรายที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำและขาดฟอสฟอรัส พบว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราลด N-P_2O_5-K_2O 50 เปอร์เซ็นต์ ของปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตได้สูงสุด (1,837 กิโลกรัมต่อไร่) ในสภาพดินร่วนปนเหนียว (ตารางที่ 3.1) ส่วนในสภาพดินร่วนปนทรายพบว่าการใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำให้ผลผลิตสูงสุด (1,591 กิโลกรัมต่อไร่) (ตารางที่ 3.2)

ตารางที่ 3.1 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮบริกซ์-3 เมื่อใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราต่างกันในดินร่วนปนเหนียว แปลงทดสอบ ณ ศวพ.ลพบุรี ปี 2558

กรรมวิธี	ผลผลิต (กก./ไร่)	ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (กก./ไร่)	รายได้ (บาท/ไร่)	รายได้ที่เพิ่มขึ้น (บาท/ไร่)	ราคาปุ๋ย* (บาท)	ผลตอบแทน** (VCR)
1) ไม่ใส่ปุ๋ย	1,760	-	14,080	-	-	-
2) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ	1,529	-231	12,231	-1,618	291	-5.55
3) PGPR-I + ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ	1,462	-298	11,694	-2,088	311	-6.71
4) PGPR-I + ปุ๋ยเคมี 75% อัตราแนะนำ	1,748	-12	13,985	-83	218	-0.38
5) PGPR-I + ปุ๋ยเคมี 50% อัตราแนะนำ	1,837	77	14,696	539	146	3.70

* ราคาปุ๋ยเคมี ดังนี้ 46-0-0 กก.ละ 13.40 บาท และ 0-40-0 กก.ละ 20 บาท และปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วันถุงละ 20 บาท

** อัตราส่วนระหว่างรายได้จากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย (Value to Cost Ratio, VCR)

ตารางที่ 3.2 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮบริกซ์-3 เมื่อใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราต่างกันในดินร่วนปนทราย แปลงทดสอบ ณ ศวพ. นครสวรรค์ ปี 2558

กรรมวิธี	ผลผลิต (กก./ไร่)	ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (กก./ไร่)	รายได้ (บาท/ไร่)	รายได้ที่เพิ่มขึ้น (บาท/ไร่)	ราคาปุ๋ย* (บาท)	ผลตอบแทน** (VCR)
1) ไม่ใส่ปุ๋ย	701	-	5,608	-	-	-
2) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ	1,518	817	12,144	6,536	851	7.68
3) PGPR-I + ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ	1,591	890	12,728	7,120	871	8.17
4) PGPR-I + ปุ๋ยเคมี 75%อัตราแนะนำ	1,264	563	10,112	4,504	639	7.05
5) PGPR-I + ปุ๋ยเคมี 50%อัตราแนะนำ	1,306	605	10,448	4,840	426	11.37

* ราคาปุ๋ยเคมี ดังนี้ 46-0-0 กก.ละ 13.40 บาท และ 0-40-0 กก.ละ 20 บาท และปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วันถุงละ 20 บาท

** อัตราส่วนระหว่างรายได้จากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย (Value to Cost Ratio, VCR)

กัลยกร และคณะ (2558ข) ทดสอบการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ในสภาพดินร่วนปนเหนียว และดินร่วนปนทราย พบว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราลด N-P_2O_5-K_2O 50 เปอร์เซ็นต์ ของปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตได้สูงสุด (1,489 กิโลกรัมต่อไร่) ในสภาพดินร่วนปนเหนียว (ตารางที่ 3.3) ส่วนในสภาพดินร่วนปนทรายพบว่าการใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำให้ผลผลิตสูงสุด (491 กิโลกรัมต่อไร่) (ตารางที่ 3.4)

ตารางที่ 3.3 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 เมื่อใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราต่างกันในดินร่วนปนเหนียว แปลงทดสอบ ณ ศวร. นครสวรรค์ ปี 2558

กรรมวิธี	ผลผลิต (กก./ไร่)	ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (กก./ไร่)	รายได้ (บาท/ไร่)	รายได้ที่เพิ่มขึ้น (บาท/ไร่)	ราคาปุ๋ย* (บาท)	ผลตอบแทน** (VCR)
1) ไม่ใส่ปุ๋ย	1,278	-	8,946	-	-	-
2) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ	1,440	162	10,081	1,135	454	2.50
3) PGPR-I + ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ	1,423	145	9,959	1,013	474	2.14
4) PGPR-I + ปุ๋ยเคมี 75% อัตราแนะนำ	1,397	119	9,782	836	340	2.45
5) PGPR-I + ปุ๋ยเคมี 50% อัตราแนะนำ	1,489	211	10,423	1,477	227	6.51

* ราคาปุ๋ยเคมี 46-0-0 กก.ละ 13.40 บาท และ 15-15-15 กก.ละ 16.80 บาท และปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน ถุงละ 20 บาท

** อัตราส่วนระหว่างรายได้จากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย (Value to Cost Ratio, VCR)

ตารางที่ 3.4 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 เมื่อใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราต่างกันในดินร่วนปนทราย แปลงทดสอบ ณ ศวพ.นครสวรรค์ ปี 2558

กรรมวิธี	ผลผลิต (กก./ไร่)	ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (กก./ไร่)	รายได้ (บาท/ไร่)	รายได้ที่เพิ่มขึ้น (บาท/ไร่)	ราคาปุ๋ย* (บาท)	ผลตอบแทน** (VCR)
1) ไม่ใส่ปุ๋ย	145	-	1,015	-	-	-
2) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ	413	268	2,891	1,876	706	2.66

3) PGPR-I + ปุ๋ยเคมี อัตราแนะนำ	491	346	3,437	2,422	726	3.34
4) PGPR-I + ปุ๋ยเคมี 75%อัตราแนะนำ	329	184	2,303	1,288	529	2.43
5) PGPR-I + ปุ๋ยเคมี 50%อัตราแนะนำ	368	223	2,576	1,561	353	4.42

* ราคาปุ๋ยเคมี 46-0-0 กก.ละ 13.40 บาท และ 15-15-15 กก.ละ 16.80 บาท และปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน ถุงละ 20 บาท

** อัตราส่วนระหว่างรายได้จากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย (Value to Cost Ratio, VCR)

ณพงษ์ และคณะ (2562) ได้ขยายผลการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินที่ลดการใช้ปุ๋ยเคมีลง 25 เปอร์เซ็นต์ ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อำเภอไพศาลี จ.นครสวรรค์ พบว่าแปลงต้นแบบที่ใช้เทคโนโลยีดังกล่าวสามารถลดต้นทุนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้เฉลี่ย 104 บาท/ไร่ ผลผลิตเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 193 กิโลกรัม/ไร่ และมีรายได้สุทธิเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1,168 บาทต่อไร่ ด้านสัดส่วนรายได้ต่อการลงทุน (BCR) สูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกร (ตารางที่ 3.5)

ตารางที่ 3.5 ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ต้นทุน รายได้ รายได้สุทธิ และผลตอบแทนรายได้ ณ แปลงเกษตรกรต้นแบบ ในจังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562

วิธีการ* / ชื่อเกษตรกร	ต้นทุน (บาท/ไร่)		ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)		รายได้ (บาท/ไร่)		รายได้สุทธิ (บาท/ไร่)		สัดส่วนรายได้ต่อการลงทุน (BCR)	
	เกษตรกร	ทดสอบ	เกษตรกร	ทดสอบ	เกษตรกร	ทดสอบ	เกษตรกร	ทดสอบ	เกษตรกร	ทดสอบ
1. คุณสำเภา หงษ์ทอง	3,440	3,021	933	1,506	5,131.50	8,283.00	1,691.50	5,262.00	1.49	2.74
2. คุณสมปอง โคยามา	3,283	3,212	1,306	1,493	7,183.00	8,211.50	3,900.00	4,999.50	2.19	2.56
3. คุณสุรินทร์ เปี่ยมศรี	3,178	3,201	1,253	1,573	6,891.50	8,651.50	3,713.50	5,450.50	2.17	2.70
4. คุณ เครือวัลย์ สว่างยิ่ง	2,817	2,817	1,400	1,400	7,700.00	7,700.00	4,883.00	4,883.00	2.73	2.73
5. คุณสมชาย โพธิ์ตุ่น	2,515	2,490	1,360	1,520	7,480.00	8,360.00	4,965.00	5,870.00	2.97	3.36
6. คุณสารวย หญ้าผา	3,273	3,234	1,173	1,253	6,451.50	6,891.50	3,178.50	3,657.50	1.97	2.13
7. คุณวันลพ น่วมโต	2,917	2,962	1,226	1,306	6,743.00	7,183.00	3,826.00	4,221.00	2.31	2.43
8. คุณละเมียด สว่างยิ่ง	3,260	3,182	880	1,306	4,840.00	7,183.00	1,580.00	4,001.00	1.48	2.26
9. คุณสมยศ ดีนุช	3,260	3,021	1,066	1,120	5,863.00	6,160.00	2,603.00	3,139.00	1.80	2.04
10. คุณโทน ขุนเณร	3,260	3,021	1,386	1,440	7,623.00	7,920.00	4,363.00	4,899.00	2.34	2.62
ค่าเฉลี่ย	3,120	3,016	1,198	1,392	6,591	7,654	3,470	4,638	2.15	2.56
ผลต่าง	-104		193		1,064		1,168			

* การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินที่ลดการใช้ปุ๋ยเคมีลง 25 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 3.5 การเจริญเติบโตของรากข้าวโพดที่ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน กับที่ไม่ได้ใช้

2. การใช้ประโยชน์ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทู ในพื้นที่ปลูกข้าว

ผลการนำเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทู ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน แบ่งตามพื้นที่สรุปได้ดังนี้

จังหวัดชัยนาท

ปี 2561 เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรที่ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทู ร่วมกับการลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงร้อยละ 25 จากค่าวิเคราะห์ดิน ให้ค่าเฉลี่ยต่อไร่ของผลผลิต รายได้ และรายได้สุทธิเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 53 กิโลกรัม 376 บาท และ 603 บาท ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 5.87 5.40 และ 15.40 ตามลำดับ มีผลตอบแทนรายได้เพิ่มขึ้นเป็น 2.75 แต่มีต้นทุนลดลงเฉลี่ย 217 บาทต่อไร่ หรือร้อยละ 7.11 เมื่อเทียบกับวิธีเกษตรกร (ตารางที่ 3.6)

นายขวัญชัย แตงทอง ต.สามง่ามท่าโบสถ์ อ.หันคา ที่ร่วมทำแปลงทดสอบเทคโนโลยี ได้ทำแปลงสาธิตเพิ่มเติมในพื้นที่ 1 ตารางเมตร โดยใช้พันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 ปลูกข้าว 12 เมล็ดต่อตารางเมตร พบว่าเทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรได้จำนวนต้นข้าว 30-45 ต้น จำนวนเมล็ดที่สมบูรณ์ 183 เมล็ด จำนวนเมล็ดลีบ 14 เมล็ด ผลผลิต 0.8 กิโลกรัม ความยาวราก 30-40 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าเทคโนโลยีของเกษตรกร ได้ทำการขยายผลโดยการทำแปลงต้นแบบอย่างต่อเนื่อง และได้พัฒนาเป็นศูนย์เรียนรู้ ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกรรายอื่น ๆ ทั้งในและนอกพื้นที่ ทำให้เกษตรกรรายอื่นเกิดความสนใจ และยอมรับในเทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรมากขึ้นอย่างรวดเร็ว

ปี 2562 พบว่าเทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรดีกว่าเทคโนโลยีของเกษตรกร โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 835 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าเทคโนโลยีของเกษตรกรร้อยละ 13.92 มีรายได้และกำไรเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 792 และ 1,003 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 14.30 และ 50.38 ตามลำดับ และมีผลตอบแทนรายได้ 1.96 สูงกว่าเทคโนโลยีเกษตรกรร้อยละ 18.79 และมีต้นทุนเฉลี่ยลดลง 211 บาทต่อไร่ (ตารางที่ 3.7)

เกษตรกรแปลงต้นแบบที่เข้าร่วมโครงการมีความพึงพอใจในการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทู ร่วมกับการลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงร้อยละ 25 จากค่าวิเคราะห์ดินระดับมากที่สุด

ตารางที่ 3.6 ผลผลิตข้าว ต้นทุน รายได้ รายได้สุทธิ และผลตอบแทนรายได้ ณ แปลงเกษตรกรต้นแบบในจังหวัดชัยนาท ปี 2561

วิธีการ / ชื่อเกษตรกร	ผลผลิต (กก./ไร่)		ต้นทุน (บาท/ไร่)		รายได้ (บาท/ไร่)		รายได้สุทธิ (บาท/ไร่)		สัดส่วนรายได้ต่อการลงทุน (BCR)	
	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ
น.ส.นิสากร ภูนาหลวง	912	969	3,694	2,118	7,524	7,897	3,830	5,876	2.04	3.73
นางปราณี หอมจันทร์	800	820	2,453	2,557	6,280	6,437	3,827	3,880	2.56	2.52
นายขวัญชัย แตงทอง	800	870	1,854	1,881	6,480	7,047	4,626	5,166	3.50	3.75
นางน้ำค้าง มีวงษ์	750	906	2,986	2,778	5,850	7,067	2,864	4,289	1.96	2.54
น.ส.กลมวิภา ทั่วมวงษ์	1,200	1,300	5,450	5,538	10,020	10,855	4,570	5,317	1.84	1.96
นายปัญญา โพธิ์ทอง	950	1,003	2,825	2,550	6,555	6,921	3,730	4,371	2.32	2.71
นางบุญลือ ขุนโสภา	833	917	2,330	2,358	5,581	6,144	3,251	3,786	2.40	2.61
นายสมศักดิ์ เกินเสม	878	775	2,672	2,327	7,902	6,975	5,230	4,648	2.96	3.00
นายวันนา สะตาดี	1,005	1,040	3,215	3,419	6,533	6,760	3,318	3,341	2.03	1.98
ค่าเฉลี่ย	903	956	3,053	2,836	6,969	7,345	3,916	4,519	2.40	2.75

* การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินที่ลดการใช้ปุ๋ยเคมีลง 25 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3.7 ผลผลิตข้าว ต้นทุน รายได้ รายได้สุทธิ และผลตอบแทนรายได้ ณ แปลงเกษตรกรต้นแบบ ในจังหวัดชัยนาท ปี 2562

วิธีการ / ชื่อเกษตรกร	ผลผลิต (กก./ไร่)		ต้นทุน (บาท/ไร่)		รายได้ (บาท/ไร่)		รายได้สุทธิ (บาท/ไร่)		สัดส่วนรายได้ต่อการลงทุน (BCR)	
	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ
นายบุญนาค เกิดคล้าย	610	650	4,154	3,878	4,880	5,200	726	1,322	1.17	1.34
นายยุทธนา ชะม้อย	1,120	1,280	4,444	4,118	7,728	8,832	3,284	4,714	1.74	2.14
นายสำเริง ยิ้มศรี	620	770	4,080	4,017	4,402	5,462	322	1,447	1.08	1.36
นายชรินทร์ ยิ้มศรี	759	918	4,932	4,262	6,649	8,042	1,717	3,780	1.35	1.89
นายจิรัฐกาล วงษ์สมาน	538	550	2,576	2,412	3,658	3,740	1,082	1,328	1.42	1.55
นายสมศักดิ์ แตงโพธิ์	610	630	2,176	2,149	4,270	4,410	2,094	2,261	1.96	2.05
น.ส.จำเนียร สุขเนียง	710	790	3,983	3,657	4,828	5,372	845	1,715	1.21	1.47
น.ส.ไพลิน ขุนโสภา	741	950	3,026	2,862	5,069	6,745	2,043	3,883	1.68	2.36
นายสุวรรณ มงคลเมฆ	889	975	2,552	2,667	8,357	9,165	5,805	6,498	3.27	3.44
ค่าเฉลี่ย	733	835	3547	3336	5538	6330	1991	2994	1.65	1.96

* การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินที่ลดการใช้ปุ๋ยเคมีลง 25 เปอร์เซ็นต์

จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ปี 2562 ได้นำเทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรที่ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทู ร่วมกับการลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงร้อยละ 25 จากค่าวิเคราะห์ดิน ไปขยายผลให้เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ใน 5 อำเภอ ได้แก่ เสนา บางบาล บางซ้าย มหาราช และบางปะอิน อำเภอละ 1 ราย พบว่าเทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรให้ค่าเฉลี่ยต่อไร่ของผลผลิต รายได้ และรายได้สุทธิ เฉลี่ยเพิ่มขึ้น 91 กิโลกรัม 681 บาท และ 961 บาท ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 11.15 10.95 และ 34.48 ตามลำดับ ผลตอบแทนรายได้เพิ่มขึ้นเป็น 2.25 แต่มีต้นทุนลดลงเฉลี่ย 280 บาทต่อไร่ หรือร้อยละ 8.89 เมื่อเทียบกับวิธีเกษตรกร (ตารางที่ 3.8)

ตารางที่ 3.8 ผลผลิตข้าว ต้นทุน รายได้ รายได้สุทธิ และผลตอบแทนรายได้ ณ แปลงเกษตรกรต้นแบบใน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปี 2562

วิธีการ / สถานที่ (อำเภอ)	ผลผลิต (กก./ไร่)		ต้นทุน (บาท)		รายได้ (บาท)		รายได้สุทธิ (บาท/ไร่)		สัดส่วนรายได้ต่อการลงทุน (BCR)	
	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ
เสนา	732	800	3,467	2,854	5,490	6,000	2,023	3,146	1.58	2.10
บางบาล	929	1,050	3,493	3,702	6,782	7,665	3,289	3,963	1.94	2.07
บางซ้าย	925	938	4,242	4,280	7,863	7,970	3,621	3,690	1.85	1.86
มหาราช	700	720	3110	2240	5,250	5,468	2140	3228	1.69	2.44
บางปะอิน	794	1,028	2,854	2,690	5,717	7,402	2,863	4,712	2.00	2.75
ค่าเฉลี่ย	816	907	3,433	3,153	6,220	6,901	2,787	3,748	1.81	2.25

* การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินที่ลดการใช้ปุ๋ยเคมีลง 25 เปอร์เซ็นต์

จังหวัดนครสวรรค์

ปี 2561 ดำเนินการจัดทำแปลงต้นแบบในพื้นที่เกษตรกร จำนวน 4 กลุ่ม รวม 12 ราย โดยแบ่งกลุ่มเกษตรกรตามระบบน้ำ พันธุ์ข้าวที่ปลูก และลักษณะเนื้อดิน มีการสร้างการรับรู้และการพัฒนากระบวนการผลิตร่วมกันระหว่างเกษตรกรและเจ้าหน้าที่ เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรที่นำไปใช้ในแปลงต้นแบบคือการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทู ร่วมกับการลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงร้อยละ 25 จากค่าวิเคราะห์ดิน ผลการจัดทำแปลงต้นแบบนำมาเปรียบเทียบข้อมูลกับกรรมวิธีเกษตรกรมีดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มระบบการปลูกข้าวโดยใช้ระบบน้ำชลประทาน ปลูกพันธุ์ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง ลักษณะดินร่วนปนทราย พบว่าเทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรให้ผลผลิตเฉลี่ย 983 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าเทคโนโลยีของเกษตรกรร้อยละ 9.02 เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรมีต้นทุนลดลงจากแปลงเกษตรกรทุกราย โดยมีค่าเฉลี่ยลดลง 310 บาท/ไร่ ต่ำกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 9.06 เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรมีรายได้เพิ่มขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 581 บาท สูงกว่าเทคโนโลยีของเกษตรกรร้อยละ 9.25 เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรมีกำไรเพิ่มขึ้นจากแปลงเกษตรกรทุกราย โดยมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 891 บาท สูงกว่าเทคโนโลยีของเกษตรกรร้อยละ 31.14 และมีผลตอบแทนรายได้ (BCR) เฉลี่ย คือ 2.2 สูงกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 20.22 (ตารางที่ 3.9)

กลุ่มที่ 2 กลุ่มระบบการปลูกข้าวโดยใช้ระบบน้ำชลประทาน ปลูกพันธุ์ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง ลักษณะดินเหนียวและดินร่วนเหนียว พบว่าเทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรให้ผลผลิตเฉลี่ย 925 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าเทคโนโลยีของเกษตรกรร้อยละ 19.35 เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรมีต้นทุนลดลงในแปลงเกษตรกรทุกราย โดยมีค่าเฉลี่ยลดลง 130.5 บาท/ไร่ ต่ำกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 4.99 เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรมีรายได้เพิ่มขึ้น จากแปลงเกษตรกรทุกราย โดยมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1,410 บาท สูงกว่าเทคโนโลยีของเกษตรกรร้อยละ 17.97 เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรมีกำไรเพิ่มขึ้นจากแปลงเกษตรกรทุกราย โดยมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1,540.5 บาท สูงกว่าเทคโนโลยีของเกษตรกรร้อยละ 29.47 และมีผลตอบแทนรายได้ (BCR) เฉลี่ย คือ 3.91 สูงกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 27.78 (ตารางที่ 3.10)

กลุ่มที่ 3 กลุ่มระบบการปลูกข้าวโดยใช้ระบบรอน้ำฝน ปลูกพันธุ์ข้าวไวต่อช่วงแสง ลักษณะดินเหนียวพบว่าเทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรให้ผลผลิตเฉลี่ย 750 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าเทคโนโลยีของเกษตรกรร้อยละ 7.14 เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรมีต้นทุนเฉลี่ยสูงกว่าในแปลงเกษตรกร โดยมีค่าเฉลี่ยสูงกว่า 23 บาท/ไร่ สูงกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 1.15 เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรมีรายได้เพิ่มขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 700 บาท สูงกว่าเทคโนโลยีของเกษตรกรร้อยละ 7.14 เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรมีกำไรเพิ่มขึ้นจากแปลงเกษตรกรทุกราย โดยมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 794 บาท สูงกว่าเทคโนโลยีของเกษตรกรร้อยละ 10.26 และมีผลตอบแทนรายได้ (BCR) เฉลี่ย คือ 5.19 สูงกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 5.92 (ตารางที่ 3.11)

กลุ่มที่ 4 กลุ่มระบบการปลูกข้าวเกษตรอินทรีย์ แบบรอน้ำฝน ปลูกพันธุ์ข้าวไวต่อช่วงแสง ลักษณะดินเหนียว พบว่าเทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรให้ผลผลิตเฉลี่ย 707 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าเทคโนโลยีของเกษตรกรร้อยละ 6.00 เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรมีต้นทุนสูงกว่า โดยมีค่าเฉลี่ย 626 บาท/ไร่ สูงกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 21.99 เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรมีรายได้เพิ่มขึ้นจากแปลงเกษตรกรทุกราย โดยมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 755 สูงกว่าเทคโนโลยีของเกษตรกรร้อยละ 6.19 เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรมีกำไรเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 128 บาท สูงกว่าเทคโนโลยีของเกษตรกรร้อยละ 1.37 และมีผลตอบแทนรายได้ (BCR) เฉลี่ย คือ 3.72 น้อยกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 13.08 (ตารางที่ 3.12)

ปี 2562 ดำเนินการจัดทำแปลงต้นแบบในพื้นที่เกษตรกร จำนวน 2 กลุ่ม ๆ ละ 10 ราย รวม 20 ราย โดยนำเทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรมาขยายผลทำแปลงต้นแบบเปรียบเทียบข้อมูลกับกรรมวิธีเกษตรกรดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มเกษตรกรแปลงใหญ่ อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ ปลูกข้าวโดยใช้ระบบน้ำชลประทาน ปลูกพันธุ์ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง พบว่า แปลงทดสอบเทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,055.29 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าเทคโนโลยีของเกษตรกรร้อยละ 9.06 เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรมีต้นทุนลดลง โดยมี

ค่าเฉลี่ยลดลง 137.86 บาท/ไร่ ต่ำกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 3.15 เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรมีรายได้เพิ่มขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 854.92 บาท สูงกว่าเทคโนโลยีของเกษตรกรร้อยละ 9.27 เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรมีกำไรเพิ่มขึ้นจากแปลงเกษตรกรทุกราย โดยมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 992.78 บาท สูงกว่าเทคโนโลยีของเกษตรกรร้อยละ 20.45 และมีผลตอบแทนรายได้ (BCR) เท่ากันทุกราย คือ 2.44 สูงกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 12.96 (ตารางที่ 3.13)

กลุ่มที่ 2 กลุ่มเกษตรกรแปลงใหญ่ อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์ ปลูกข้าวโดยใช้ระบบน้ำชลประทาน ปลูกพันธุ์ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง พบว่าเทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรให้ผลผลิตเฉลี่ย 986.36 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าเทคโนโลยีของเกษตรกรร้อยละ 2.74 เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรมีต้นทุนลดลง โดยมีค่าเฉลี่ยลดลง 274.63 บาท/ไร่ ต่ำกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 7.85 เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรมีรายได้เพิ่มขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 187.91 บาท สูงกว่าเทคโนโลยีของเกษตรกรร้อยละ 2.60 เทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรมีกำไรเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 461.78 บาท สูงกว่าเทคโนโลยีของเกษตรกรร้อยละ 12.38 และมีผลตอบแทนรายได้ (BCR) เท่ากันทุกราย คือ 2.33 สูงกว่าวิธีเกษตรกรร้อยละ 10.95 (ตารางที่ 3.14)

ตารางที่ 3.9 ผลผลิตข้าว ต้นทุน รายได้ รายได้สุทธิ และผลตอบแทนรายได้ ณ แปลงต้นแบบในจังหวัดนครสวรรค์ ที่ปลูกข้าวโดยใช้ระบบน้ำชลประทาน ลักษณะดินร่วนปนทราย ใช้พันธุ์ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง ปี 2561

ชื่อเกษตรกร \ วิธีการ	ต้นทุน (บาท/ไร่)		ผลผลิต (กก./ไร่)		รายได้ (บาท/ไร่)		รายได้สุทธิ (บาท/ไร่)		สัดส่วนรายได้ต่อการลงทุน (BCR)	
	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ
1.นางศศิวรรณ สิงห์ลอ	2,893	2,821	733	817	4,765	5,311	1,872	2,490	1.65	1.88
2.นายสมเด็จ กรีมีน	3,821	3,596	1,000	1,090	8,300	9,047	4,479	5,451	2.17	2.52
3.นายสามารถ คำหลาบ	3,000	2,727	800	982	5,600	6,874	2,600	4,147	1.87	2.52
4.นายฐิติโชค คำไทย	4,252	3,230	1,127	1,058	7,213	6,771	2,961	3,541	1.69	2.1
5. นายอิทธิชัย จันทร์แจ้ง	3,132	3,175	850	970	5,525	6,305	2,393	3,130	1.76	1.99
ค่าเฉลี่ย	3,419.6	3,109.8	902	983.4	6280.6	6,861.6	2,861	3,751.8	1.83	2.2

ตารางที่ 3.10 ผลผลิตข้าว ต้นทุน รายได้ รายได้สุทธิ และผลตอบแทนรายได้ ณ แปลงต้นแบบในจังหวัดนครสวรรค์ ที่ปลูกข้าวระบบน้ำชลประทาน ลักษณะดินเหนียวและดินร่วนเหนียว ใช้พันธุ์ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง ปี 2561

ชื่อเกษตรกร \ วิธีการ	ต้นทุน (บาท/ไร่)		ผลผลิต (กก./ไร่)		รายได้ (บาท/ไร่)		รายได้สุทธิ (บาท/ไร่)		สัดส่วนรายได้ต่อการลงทุน (BCR)	
	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ
1.นายพิชัย โสทะ	2,425	2,137	650	750	9,750	11,250	7,325	9,113	4.02	5.26
2.นายเสริมศักดิ์ เหมพิจิตร	2,810	2,837	900	1,100	5,940	7,260	3,130	4,423	2.11	2.56
ค่าเฉลี่ย	2617.5	2487	775	925	7,845	9,255	5,227.5	6,768	3.06	3.91

ตารางที่ 3.11 ผลผลิตข้าว ต้นทุน รายได้ รายได้สุทธิ และผลตอบแทนรายได้ ณ แปลงต้นแบบในจังหวัดนครสวรรค์ ที่ปลูกข้าวระบบรอน้ำฝน ลักษณะดินเหนียว ใช้พันธุ์ข้าวไวต่อช่วงแสง ปี 2561

วิธีการ / ชื่อเกษตรกร	ต้นทุน (บาท/ไร่)		ผลผลิต (กก./ไร่)		รายได้ (บาท/ไร่)		รายได้สุทธิ (บาท/ไร่)		สัดส่วนรายได้ต่อการลงทุน (BCR)	
	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ
1.นางทองเม็ด พรมพิทักษ์	2,090	2,019	700	800	9,800	11,200	7,710	9,181	4.69	5.55
2.นางชูศรี ขุนพานิช	1,908	2,025	700	700	9,800	9,800	7,775	7,892	4.84	5.14
ค่าเฉลี่ย	1,999	2,022	700	750	9,800	10,500	7,742.5	8,536.5	4.90	5.19

ตารางที่ 3.12 ผลผลิตข้าว ต้นทุน รายได้ รายได้สุทธิ และผลตอบแทนรายได้ ณ แปลงต้นแบบในจังหวัดนครสวรรค์ ที่ปลูกข้าวระบบรอน้ำฝน ลักษณะดินเหนียว ใช้พันธุ์ข้าวไวต่อช่วงแสง ปี 2561

วิธีการ / ชื่อเกษตรกร	ต้นทุน (บาท/ไร่)		ผลผลิต (กก./ไร่)		รายได้ (บาท/ไร่)		รายได้สุทธิ (บาท/ไร่)		สัดส่วนรายได้ต่อการลงทุน (BCR)	
	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ
1.นายสุรชัย รวมทรัพย์	1,910	3,130	600	650	8,580	9,295	6,670	6,165	4.49	2.97
2.นางเตือนใจ ใบไพศาล	5,020	4,740	720	720	10,500	10,800	5,480	6,060	2.09	2.28
3. นายสุด ลำภา	1,610	2,550	700	750	17,500	18,750	15,890	16,200	10.87	7.35
ค่าเฉลี่ย	2,847	3,473	673	707	12,193	12,948	9,347	9,475	4.28	3.72

ตารางที่ 3.13 ผลผลิตข้าว ต้นทุน รายได้ รายได้สุทธิ และผลตอบแทนรายได้ ณ แปลงต้นแบบในอำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562

วิธีการ / ชื่อเกษตรกร	ต้นทุน (บาท/ไร่)		ผลผลิต (กก./ไร่)		รายได้ (บาท/ไร่)		รายได้สุทธิ (บาท/ไร่)		สัดส่วนรายได้ต่อการลงทุน (BCR)	
	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ
1. นายโยธิน ทองคำ	5,804.8	5,657.5	1,000	1,000	8,500	8,500	2,695.2	2,842.5	1.46	1.50
2. นายสมโภชน์ แหวนแก้ว	5,038.3	4,739.6	1,004	1,091	8,232.8	8,946.2	3,194.5	4,206.6	1.63	1.89
3. นางจริญ ปั่นเกตุ	4,002.9	3,875.6	732	1,138	7,268.8	11,300.3	3,265.9	7,424.7	1.82	2.92
4. น.ส.สายชล เกิดสวัสดิ์	4,263.1	3,943.8	1,106	1,106	9,235.1	9,235.1	4,972	5,291.3	2.17	2.34
5. นายฉลวย เกิดสวัสดิ์	3,729	3,661.1	750	818	7,312.5	7,975.5	3,583.5	4,314.4	1.96	2.18
6. นายกุหลาบ เกิดสวัสดิ์	3,720.4	3,675.6	1,080	1,080	11,425.6	11,415.6	7,695.2	7,740	3.07	3.11
7. นายวีระ เรือนทอง	4,223.4	4,320.4	825	1,090.9	8,085	10,690.8	3,861.6	6,370.4	1.91	2.47
8. นางปราณี จันทร์หอม	4,987.4	4,750.8	1,030	1,080	11,031.3	11,566.8	6,043.9	6,816	2.21	2.43
9. น.ส.สำเริง ชาญนารถ	4,287.6	4,098.7	1,083	1,083	10,288.5	10,288.5	6,000.9	6,189.8	2.39	2.51
10. น.ส.วันเพ็ญ ชาญนารถ	3,641.2	3,596.4	1,066	1,066	10,863.6	10,863.6	7,222.4	7,267.2	2.93	3.02
ค่าเฉลี่ย	4,369.81	4,231.95	967.6	1,055.29	9,223.32	10,078.24	4,853.51	5,846.29	2.16	2.44

ตารางที่ 3.14 ผลผลิตข้าว ต้นทุน รายได้ รายได้สุทธิ และผลตอบแทนรายได้ ณ แปลงต้นแบบในอำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์ ปี 2562

วิธีการ / ชื่อเกษตรกร	ต้นทุน (บาท/ไร่)		ผลผลิต (กก./ไร่)		รายได้ (บาท/ไร่)		รายได้สุทธิ (บาท/ไร่)		สัดส่วนรายได้ต่อการลงทุน BCR	
	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ	เกษตรกร	กรมฯ
1. นายวิโรจน์ ทดเจริญ	4,352.3	3,912.8	1,013	1,292.3	7,091	9,046.1	2,738.7	5,133.3	1.63	2.32
2. น.ส.นงนุช เกตุทิม	3,281.5	2,804.1	1,000	1,000	7,000	7,000	3,718.5	4,195.5	2.13	2.49
3. นายเลิศชาย เมืองแก	3,566.8	3,554.8	1,000	1,000	8,000	8,000	4,433.2	4,445.2	2.24	2.25
4. นายถวิล บุญไล้	3,381.9	3,141.8	1,000	1,000	8,900	8,900	5,518.1	5,758.2	2.63	2.83
5. นายณรงค์ ฉุนเทศ	3,719.5	3,431.8	900	900	7,470	7,470	3,750.5	4,038.2	2.01	2.18
6. นายศรีโพธิ์ ศรีทอง	2,589.5	2,321.9	950	993.3	6,175	6,456.5	3,585.5	4,128.7	2.38	2.77
7. นายบรรเจิด วัชชัย	4,098.7	3,578.8	980	850	6,860	5,950	2,761.3	2,371.2	1.67	1.66
8. นายวันชัย แสงสังข์	3,014	2,920	1,008	1,028	7,560	7,710	4,546	4,789.7	2.51	2.65
9. นายโชค ถุงเงิน	3,880.8	3,950.1	950	1,000	7,647.5	8,050	3,766.7	4,098.9	1.97	2.04
10. นายเด่น เพ็งสุข	3,144	2,636.6	800	800	5,600	5,600	2,486	2,963.4	1.79	2.12
ค่าเฉลี่ย	3,499.9	3,225.27	960.1	986.36	7,230.35	7,418.26	3,730.45	4,192.23	2.10	2.33

นอกจากนั้นยังมีการนำไปใช้ประโยชน์ในแปลงปลูกข้าวของเกษตรกรจังหวัดสระบุรี อ่างทอง ปทุมธานี อุทัยธานี นครปฐม ราชบุรี กาญจนบุรี และเพชรบุรี ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการใช้ในพื้นที่ภาคกลางตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

ภาพที่ 3.6 การเจริญเติบโตของรากข้าวที่ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทู กับที่ไม่ได้ใช้
ที่มา : กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

3. การใช้ประโยชน์ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี ในพื้นที่ปลูกอ้อยและมันสำปะหลัง

การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี ในการปลูกอ้อย

การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี ในอ้อยปลูกอ้อยตอ 1 และอ้อยตอ 2 ในดินร่วนทรายที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรร้อยเอ็ด ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราต่าง ๆ กัน พบว่าการใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรีสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนได้ 50 เปอร์เซ็นต์ หรือลดปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ได้ 25 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยผลวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนจากการลงทุนพบว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี มีผลตอบแทนเพิ่มขึ้น

จากการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวอย่างชัดเจน และเมื่อติดตามผลการใช้ประโยชน์ในกลุ่มเกษตรกรเป้าหมายที่ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี ในการปลูกอ้อย พบว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี สามารถลดการใช้ปุ๋ยได้ 33-34 เปอร์เซ็นต์ เกษตรกรทุกรายมีความพึงพอใจในการใช้ผลิตภัณฑ์ เนื่องจากต้นอ้อยเจริญเติบโตดี และให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 2-3 ตันต่อไร่ ทำให้เกษตรกรบางรายที่ใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราสูงมากยอมลดอัตราการใช้ปุ๋ยลง (ภัสชญภณ และคณะ, 2558ก) และการทดลองการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี กับการผลิตอ้อยอินทรีย์อ้อยตอปีที่ 1 ที่จังหวัดมหาสารคราม โดยใช้ปุ๋ยหมักกากตะกอนอ้อย 50 เปอร์เซ็นต์ ของคำแนะนำร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี มีแนวโน้มให้ผลผลิตและคุณภาพของอ้อยสูงที่สุดที่ 11.93 ตันต่อไร่ ซึ่งมากกว่าวิธีอื่น (อนุชา และคณะ, 2561)

ภาพที่ 3.7 การเจริญเติบโตของต้นอ้อยใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี กับที่ไม่ได้ใช้
ที่มา : กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี ในการปลูกมันสำปะหลัง

การศึกษาผลการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์เพื่อเพิ่มคุณภาพและผลผลิตมันสำปะหลัง ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยองพบว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี ทำให้ความสูง น้ำหนักต้น เหง้าและใบ ผลผลิตหัวมันสด และผลผลิตแป้ง เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ 5.06, 8.84, 5.84 และ 4.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี ช่วยลดการใช้ไนโตรเจนได้ 20 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน และทำให้ผลผลิตหัวมันสดเพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราเดียวกันสูงสุด 8.98 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ทำให้ผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ 5 เปอร์เซ็นต์ (ภัสชญภณ และคณะ, 2558ข)

สรุป

ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ทั้ง 3 ชนิด ที่มีการทดสอบและขยายผลในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชในพื้นที่ต่าง ๆ พบว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ ช่วยเพิ่มผลผลิตพืชได้ ขณะที่ช่วยลดต้นทุนการผลิตพืช จึงเป็นเทคโนโลยีที่ควรขยายผลสู่เกษตรกรได้นำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ปัญหาและอุปสรรค

1. เกษตรส่วนใหญ่ยังเข้าไม่ถึงเทคโนโลยี

2. เกษตรกรที่เคยใช้และเข้าถึงเทคโนโลยีมีความต้องการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์อย่างต่อเนื่อง การผลิตปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์โดยเจ้าของเทคโนโลยีและศูนย์ขยายผลการผลิตในส่วนภูมิภาคมีข้อจำกัดในการผลิตได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกรในพื้นที่ เนื่องจากมีงบประมาณที่จำกัด สามารถผลิตเพื่อสนับสนุนได้เฉพาะเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการต่าง ๆ เช่น โครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร (ศพก.) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเท่านั้น เพื่อแก้ไขปัญหาให้เกษตรกรเข้าถึงเทคโนโลยีได้อย่างทั่วถึง กรมวิชาการเกษตรจึงถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยชีวภาพดังกล่าวให้กับบริษัทเอกชน เพื่อลดปัญหาการผลิตไม่เพียงพอกับความต้องการของเกษตรกร

3. การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์คลุกกับเมล็ดพันธุ์ ถ้าให้ความชื้นที่ไม่เหมาะสมช่วงการคลุกเมล็ด (ข้าวโพดและข้าว) อาจทำให้เกิดการจับเป็นก้อน เกิดปัญหากับการใช้เครื่องหยอดหรือเครื่องหว่านเมล็ดพันธุ์ได้

ภาคผนวก

สูตรอาหารจำเพาะ (Selective media) สำหรับเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียเพื่อผลิตปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์

ตารางผนวกที่ 1 อาหาร NFb สำหรับเลี้ยงเชื้อ *Azospirillum brasilense*

รายการ (ต่อ 1 ลิตร)	ปริมาณ	
1. Malic acid	5.0	กรัม
2. K_2HPO_4	0.1	กรัม
3. KH_2PO_4	0.4	กรัม
4. $MgSO_4.7H_2O$	0.2	กรัม
5. NaCl	0.1	กรัม
6. $CaCl_2.6H_2O$	0.02	กรัม
7. $FeCl_3.6H_2O$	0.01	กรัม
8. $Na_2MoO_4.2H_2O$	0.002	กรัม
9. KOH	4.0	กรัม
10. Yeast extract	1.0	กรัม
11. Distilled water	1,000	มล.

หมายเหตุ: 1) ปรับ pH เป็น 6.8 ด้วย KOH หรือ HCl นำอาหารมานึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 $^{\circ}$C นาน 30 นาที
2) Bromthymal blue 2 มล. เติมเฉพาะเตรียม plate และ MPN
3) Agar 7.8 กรัม/0.5 ลิตร สำหรับ plate และ 1.8 กรัม/ลิตร สำหรับ MPN
4) ในการเตรียมอาหารสำหรับทำ MPN ไม่มีการเติม Yeast extract

ตารางผนวกที่ 2 อาหาร NFb-1 สำหรับเลี้ยงเชื้อ *Azospirillum brasilense* และ *Burkholderia vietnamiensis*

รายการ (ต่อ 1 ลิตร)	ปริมาณ	
1. Malic acid	5.0	กรัม
2. K_2HPO_4	0.1	กรัม
3. KH_2PO_4	0.4	กรัม
4. $MgSO_4.7H_2O$	0.2	กรัม
5. NaCl	0.1	กรัม
6. $CaCl_2.6H_2O$	0.02	กรัม
7. $FeCl_3.6H_2O$	0.01	กรัม
8. $Na_2MoO_4.2H_2O$	0.002	กรัม

9. KOH	4.0	กรัม
10. Yeast extract	1.0	กรัม
11. Trehalose	1.0	กรัม
12. Distilled water	1,000	มล.

ตารางผนวกที่ 3 อาหาร *Azotobacter*

รายการ (ต่อ 1 ลิตร)	ปริมาณ	
1. Glucose (น้ำตาลทราย)	10.0	กรัม
2. K_2HPO_4	0.05	กรัม
3. KH_2PO_4	0.15	กรัม
4. $CaCl_2.2H_2O$	0.02	กรัม
5. $MgSO_4.7H_2O$	0.2	กรัม
6. $Na_2MoO_4.2H_2O$	0.002	กรัม
7. $FeCl_3.6H_2O$	0.01	กรัม
8. Yeast extract	1.0	กรัม
9. Distilled water	1,000	มล.
12. Bromthymal blue (BTB)	2	มล.

หมายเหตุ: ในการเตรียมอาหารสำหรับนับเชื้อ (plate) เติม Yeast extract 0.5 กรัม/ลิตร

ตารางผนวกที่ 4 อาหาร *Beijerinkia*

รายการ (ต่อ 1 ลิตร)	ปริมาณ	
1. Glucose (น้ำตาลทราย)	20.0	กรัม
2. KH_2PO_4	1.0	กรัม
3. $MgSO_4.7H_2O$	0.5	กรัม
4. $FeCl_3.6H_2O$	0.01	กรัม
5. $Na_2MoO_4.2H_2O$	0.02	กรัม
6. Yeast extract	0.5	กรัม
7. Distilled water	1,000	มล.

หมายเหตุ: ในการเตรียมอาหารสำหรับนับเชื้อ (plate) เติม Yeast extract 0.5 กรัม/ลิตร

ตารางผนวกที่ 5 อาหาร LGI สำหรับเลี้ยงเชื้อ *Gluconacetobacter diazotrophicus*

รายการ (ต่อ 1 ลิตร)	ปริมาณ	
1. Glucose (น้ำตาลทราย)	10.0	กรัม
2. K_2HPO_4	0.2	กรัม
3. KH_2PO_4	0.6	กรัม
4. $MgSO_4.7H_2O$	0.2	กรัม
5. $CaCl_2.2H_2O$	0.02	กรัม
6. $Na_2MoO_4.2H_2O$	0.002	กรัม
7. $FeCl_3.6H_2O$	0.01	กรัม
8. Yeast extract	1.0	กรัม
9. Distilled water	1,000	มล.
12. BTB 0.5% in 0.2 N KOH	5	มล.

หมายเหตุ: ในการเตรียมอาหารสำหรับทำ MPN ไม่มีการเติม Yeast extract

ตารางผนวกที่ 6 อาหาร PVK สำหรับนับปริมาณ *Burkholderia*

รายการ (ต่อ 1 ลิตร)	ปริมาณ	
1. Glucose (น้ำตาลทราย)	10.0	กรัม
2. $CaHPO_4$	5.0	กรัม
3. $(NH_4)_2SO_4$	0.5	กรัม
4. NaCl	0.2	กรัม
5. $MgSO_4.7H_2O$	0.1	กรัม
6. KCl	0.2	กรัม
7. $MnSO_4.H_2O$	0.002	กรัม
7. $FeSO_4.7H_2O$	0.002	กรัม
8. Yeast extract	0.5	กรัม
9. Distilled water	1,000	มล.

หมายเหตุ: 1) pH 7.20±0.20 (ปรับด้วย HCl และ NaOH) นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 110°C นาน 30 นาที
2) Agar 7.8 กรัม/ 0.5 ลิตร สำหรับ plate

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. เอกสารวิชาการลำดับที่ 1/2553. 122 หน้า.

กัลยกร โปร่งจันทึก. 2561. เทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 24 หน้า.

กัลยกร โปร่งจันทึก ภัชญภณ หมื่นแจ้ง ประไพ ทองระอา ชัชะนพร เกื้อหนุน นงลักษณ์ ปั้นลาย และ วีระพงษ์ เย็นอ่วม. 2558ก. การศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ต่อการลดต้นทุน เพิ่มปริมาณและคุณภาพผลผลิตข้าวโพดฝักสด. ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2558. กองวิจัยพันาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. หน้า118-124.

กัลยกร โปร่งจันทึก ภัชญภณ หมื่นแจ้ง ประไพ ทองระอา ชัชะนพร เกื้อหนุน ศุภกาญจน์ ล้วนมณี และ วีระพงษ์ เย็นอ่วม. 2558ข. การศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ต่อการลดต้นทุน เพิ่มปริมาณและคุณภาพผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2558. กองวิจัยพันาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. หน้า125-131.

ณพงษ์ วสยางกูร ไชยา บุญเลิศ ปิยะพรต กาบตุ้ม และปรีชา กาเพ็ชร. .2562. งานขับเคลื่อนนโยบายกระทรวงเกษตรและสหกรณ์โครงการระบบส่งเสริมเกษตรแบบแปลงใหญ่ ประจำปีงบประมาณ 2562 ชนิดพืช ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อำเภอไพศสาลี จังหวัดนครสวรรค์. ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2562. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์.

ธงชัย มาลา. 2550. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ: เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 300 หน้า.

ภัสชญภณ หมื่นแจ้ง กัลยกร โปร่งจันทึก สุชาติ คำอ่อน ดาวรุ่ง คงเทียน อุชฎา สุขจันทร์ สรัตนา เสนาะ ธัชชนันท์ เกื้อหนุน ธนวัฒน์ เสนเผือก ประไพร ทองระอา สุกิจ รัตนศรีวงศ์ อำนาจ เอี่ยมวิจารณ์ ประพันธ์ ประเสริฐศักดิ์ ศรีสุดา ทิพย์รักษ์ กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ และอัจฉรา นันทกิจ. 2558ก. ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์อ้อย. หน้า 37-40. *ใน*: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการเกษตร ประจำปี 2558 กรมวิชาการเกษตร วันที่ 25-27 พฤษภาคม 2558 ณ โรงแรมเซ็นทราศูนย์ราชการและคอนเวนชั่นเซ็นเตอร์ แจ้งวัฒนะ, กรุงเทพฯ.

ภัสชญภณ หมื่นแจ้ง สุวลักษณ์ อะมะวัลย์ ประไพ ทองระอา กัลยกร โปร่งจันทึก เสมอจิตร เกื้อหนุน วัลลีย์ อมรพลและ ศรีสุดา ทิพย์รักษ์. 2558ข. ผลการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์เพื่อเพิ่มคุณภาพและผลผลิตมันสำปะหลัง. *ใน*: รายงานโครงการวิจัยและพัฒนาวิธีการเขตกรรมมันสำปะหลัง. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. หน้า 34-35.

หนึ่ง เตียอำรุง. 2548. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแบคทีเรีย PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria). วารสารเทคโนโลยีสุรนารี. 12(3): 249–258.

อนุชา เหล่าเคน นิพนธ์ ภาชนะวรรณ สุชาต คำอ่อน นวลจันทร์ ศรีสมบัติ สนั่น อุประวรรณา จักรพรรดิ์ วุ้นสีแซง. 2561. การจัดการธาตุอาหารเพื่อผลิตอ้อยอินทรีย์ในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม. ว.แก่นเกษตร 46 ฉบับพิเศษ 2: 130-139.

American Public Health Association. 2005. Standard Methods for the Examination of water and Wastewater. 21th Edition, American Public Health Association.

Alexander, M. 1982. Most Probable Number Method for Microbial Populations, in Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, A. L. Page. American Society of Agronomy, 2nd edition, 1982.

Glick, B.R., C.L. Patten, G. Holguin and D.M. Penrose. 1999. Biochemical and genetic mechanisms used by plant growth promoting bacteria. Imperial College Press, Waterloo, Ontario, Canada. 276 pp.

Hucker, G.J. 1921. A New Modification and Application of the Gram Stain. J. Bacteriol. 6(4): 395–397.

บทที่ 4
ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา

เพทาย กาญจนเกษร[1/]

ไมคอร์ไรซา หมายถึงการดำรงชีวิตร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัย ระหว่างรากับรากพืชชั้นสูง ซึ่งเรียกราที่อยู่ร่วมกับรากพืชนี้ว่า ราไมคอร์ไรซา ซึ่งลักษณะความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกันนี้พบประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ของพืชทั้งหมด โดยรากับพืชได้ประโยชน์ร่วมกัน คือราได้รับสารอาหารจากระบบรากพืช เช่น แป้ง น้ำตาล โปรตีน วิตามินต่าง ๆ รวมถึงสารประกอบคาร์บอนและสารอื่น ๆ จากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ส่วนพืชได้รับประโยชน์จากเชื้อราในการช่วยเพิ่มการดูดซับน้ำและธาตุอาหารให้กับพืช นอกจากนั้นยังเพิ่มความสามารถในการทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่างที่ไม่เหมาะสมของดิน ความแห้งแล้ง และดินเค็ม เป็นต้น นอกจากนี้ราไมคอร์ไรซายังช่วยป้องกันรากพืชจากการเข้าทำลายของเชื้อโรค สปอร์ของราไมคอร์ไรซามีอยู่ทั่วไปในดิน (Soil bone fungi) (พักตร์เพ็ญ, 2556)

การแบ่งกลุ่มของราไมคอร์ไรซา

ราไมคอร์ไรซาสามารถแบ่งตามลักษณะทางสัญฐานวิทยา และการนำไปใช้ประโยชน์ได้ 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่

1. ราเอ็กโตไมคอร์ไรซา (Ectomycorrhizal fungi) เชื้อรากลุ่มนี้เป็นพวกที่สร้างเส้นใยแบบที่มีผนังกั้นตามขวาง ลักษณะโครงสร้างของรากพืชที่มีราเอ็กโตไมคอร์ไรซานี้ จะมีเส้นใยราประสานตัวกันและห่อหุ้มรอบ ๆ รากพืชไว้ เส้นใยราบางส่วนชอนไชเข้าไปในผนังเซลล์ของเนื้อเยื่อชั้นผิวนอก (epidermis) และผิวชั้นคอร์เทกซ์ (cortex) ซึ่งอยู่ติดกับผิวชั้นนอก และเป็นบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างเชื้อรากับรากพืชอาศัย เส้นใยราบางส่วนที่ยื่นออกนอกรากช่วยในการดูดน้ำและธาตุอาหารให้แก่พืช ราเอ็กโตไมคอร์ไรซาเกิดที่บริเวณส่วนปลายของรากแขนงขนาดเล็กและเกิดได้ดีบริเวณดินชั้นบนที่มีอินทรียวัตถุในปริมาณมาก ราเอ็กโตไมคอร์ไรซาจะเข้าสู่รากของพืชอาศัยโดยเส้นใยที่สัมผัสกับรากที่ยังอ่อนอยู่และเพิ่มจำนวนเส้นใยบริเวณผิวของรากและเจริญเข้าไปภายในราก และเจริญอยู่ระหว่างเซลล์ของรากพืช รากพืชที่มีราเอ็กโตไมคอร์ไรซาจะมีลักษณะสั้นและแตกแขนงมาก ราเอ็กโตไมคอร์ไรซาพบในรากพืชประมาณ 2,000 ชนิด ส่วนใหญ่เป็นไม้ป่า เช่น สน ยูคาลิปตัส โมก มะค่า ยาง ตะเคียน เต็งรัง และโสน เป็นต้น ราชนิดนี้สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า อยู่ตระกูลเดียวกับเชื้อเห็ด เมื่อเชื้อนี้เจริญเติบโตเต็มที่ก็จะเกิด fruiting body ขึ้นเหนือพื้นดิน เชื้อรากลุ่มนี้สามารถเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อได้ แต่การที่จะทำให้เชื้อราชนิดนี้เจริญจนครบวงจรจนถึงการรวมตัวของเส้นใยและสร้างเป็นดอกเห็ด ยังจำเป็นต้องอยู่ร่วมกับรากพืชอาศัยและมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เห็ดที่เป็นราเอ็กโตไมคอร์ไรซาบางชนิดกินได้ บางชนิดเป็นเห็ดมีพิษ บางชนิดสร้างดอกเห็ดอยู่เหนือดิน บางชนิดสร้างดอกเห็ดอยู่ใต้ดิน เห็ดที่เป็นราเอ็กโตไมคอร์ไรซา เช่น เห็ดตับเต่า เห็ดเผาะ เห็ดแดง เห็ดหล่ม เห็ดก้อนกรวดหรือเห็ดหัวเข่า เป็นต้น

2. ราเอ็นโดไมคอร์ไรซา (Endomycorrhizal fungi) เชื้อรากลุ่มนี้ดำรงชีพแบบ obligate symbiosis กับพืชหลายชนิด จึงไม่สามารถเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อได้ การเพิ่มปริมาณเชื้อราชนิดนี้นิยมทำในกระถางปลูกที่มีพืชอาศัยเจริญอยู่ ราเอ็นโดไมคอร์ไรซามีเส้นใยส่วนแรกอยู่รอบ ๆ รากพืช ส่วนที่สองอยู่ในผนังเซลล์ของเนื้อเยื่อชั้นผิวนอก (epidermis) และผิวชั้นคอร์เทกซ์ (cortex) และส่วนที่สามแทรกเข้าไปในเซลล์ของคอร์เทกซ์แล้วพัฒนาปลายเส้นใยเป็นโครงสร้างแลกเปลี่ยนอาหาร เส้นใยราที่เจริญออกมานอกรากมีหน้าที่ในการช่วยดูดซับน้ำและธาตุอาหารให้แก่พืช

[1/] นักวิชาการเกษตรชำนาญการ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครปฐม

สำหรับเส้นใยที่อยู่ภายในเซลล์รากพืชมีโครงสร้างพิเศษที่เรียกว่า อาร์บัสคูลา (abuscular) ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นใยที่แตกแขนงมากโดยมีลักษณะการแตกแขนงแบบแยกสองแฉก และสัมผัสชิดกับเยื่อหุ้มเซลล์ของพืช เพื่อแลกเปลี่ยนสารอาหารกันระหว่างเชื้อราและพืชอาศัย ส่วนเส้นใยที่อยู่ระหว่างเซลล์ของรากพืช มักพบโครงสร้างที่เรียกว่า เวสิเคิล (vesicle) ที่มีลักษณะเป็นถุงค่อนข้างกลมหรือรีขนาดเล็กอยู่ปลายเส้นใยหรือระหว่างเส้นใย อาจมีการสร้างเวสิเคิลได้ทั้งภายในเซลล์และระหว่างเซลล์ของรากพืช ทำหน้าที่ในการเก็บสะสมอาหารของเชื้อรา จึงมีการเรียกไมคอร์ไรซาแบบนี้ว่า ราเวสิคิวลาอาร์บัสคูลา ไมคอร์ไรซา หรือที่นิยมใช้ชื่อย่อว่า VAM (vesicular arbuscular mycorrhizal fungi) หากมีเฉพาะอาร์บัสคูลา ก็เรียกว่า ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา หรือที่นิยมใช้ชื่อย่อว่า AM fungi พบรากลุ่มนี้อยู่กับรากไม้ป่าและพืชเศรษฐกิจหลายชนิด การสร้างสปอร์ของเชื้อรากลุ่มนี้มักจะสร้างนอกรากและบางครั้งก็สร้างสปอร์ภายในราก สปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีขนาดใหญ่เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดสปอร์ของไมคอร์ไรซากลุ่มอื่น ๆ สปอร์มีบทบาทในการสะสมอาหารและขยายพันธุ์ นอกจากนี้ลักษณะทางสัณฐานของสปอร์ยังใช้ในการตรวจสอบชนิดของเชื้อราเหล่านี้ได้

ลักษณะสำคัญของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ประกอบไปด้วยกลุ่มของเส้นใยที่เจริญอยู่รอบ ๆ รากพืช และอาจยื่นออกมาจากรากประมาณ 1 เซนติเมตร เส้นใยมีลักษณะสานกันเป็นร่างแห ช่วยเพิ่มพื้นที่ในการดูดซับธาตุอาหารและน้ำให้แก่พืช ภายในเส้นใยราจะไม่มีผนังกั้น มีหลายนิวเคลียส เส้นใยราในดินมี 2 ชนิด เส้นใยราหลัก มีขนาดที่ค่อนข้างใหญ่ เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยประมาณ 8-12 ไมโครเมตร บางครั้งมีขนาดใหญ่ถึง 20 ไมโครเมตร ที่ปลายของเส้นใยมีการแตกแขนงกิ่งก้านสาขาผนังบางคล้ายขนรากของพืช และกลุ่มเส้นใยขนาดเล็กที่มีอายุสั้น แตกกิ่งก้านสาขามากมายออกด้านข้างคล้ายรากพืช แทรกตัวไปตามอนุภาคของอินทรียวัตถุ ทำหน้าที่ดูดธาตุอาหารให้แก่เชื้อรา เมื่ออาหารหมดไซโตพลาสซึมจะเคลื่อนที่ไปยังเส้นใยหลักและสร้างผนังมาปิดกั้น ทำให้เส้นใยราขนาดเล็กเหี่ยวสลายไป เส้นใยที่อยู่ภายนอกรากนี้ยังสามารถสานตัวกันเป็นร่างแหเพิ่มพื้นที่ในการดูดธาตุอาหาร เมื่อเส้นใยราเจริญเข้าสู่รากพืชผ่านชั้นผิวเข้าไปยังชั้นคอร์เทกซ์ โดยเจริญเติบโตได้ทั้งภายในเซลล์และระหว่างเซลล์ โดยมีการเจริญเติบโตหลายลักษณะ เช่น เจริญม้วนเป็นวงหรือแตกกิ่งก้านสาขาออกไปรอบ ๆ ทุกทิศทุกทางคล้ายกิ่งไม้ เรียกว่า อาร์บัสคูล ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างเซลล์พืชกับเชื้อรา ต่อมาเชื้อราจะสร้างเวสิเคิล ลักษณะรูปร่างค่อนข้างกลมหรือรีที่ส่วนปลายหรือระหว่างเส้นใยรา ภายในประกอบด้วยหยดไขมันจำนวนมาก เป็นที่เก็บสะสมอาหารของเชื้อรา เมื่อผิวนอกของเซลล์ชั้นคอร์เทกซ์เกิดฉีกขาด เวสิเคิลจะหลุดออกมาจากเนื้อเยื่อรากพืชลงสู่ดินซึ่งต่อมาอาจจะงอกเป็นเซลล์ใหม่ได้และทำหน้าที่เป็นส่วนขยายพันธุ์ของเชื้อราต่อไป (ภาพที่ 4.1)

ภาพที่ 4.1 ลักษณะโครงสร้างของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ก) Arbuscule; ข) Spores; ค) Vesicle
ที่มา : www.uni-koeln.de/math-natfak/botainik/bot2/agbothe/mykorr/euproj.htm

ในปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์ของเชื้อราไมคอร์ไรซาในการปลูกกล้าไม้ป่า โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ มีการตัดไม้หรือทำไร่เลื่อนลอย ซึ่งหน้าดินจะถูกทำลายเนื่องจากการชะล้างของน้ำผิวดิน และน้ำฝน ดังนั้นการปลูกกล้าไม้ป่าที่มีเชื้อราไมคอร์ไรซา จะทำให้พืชมีอัตราการรอดตายสูงและเจริญเติบโตได้ดี นอกจากนี้แล้วเชื้อราไมคอร์ไรซายังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชเศรษฐกิจเพื่อเพิ่มผลผลิตของพืชได้ (ภิรญา, 2559; ออมทรัพย์, 2545)

การพัฒนาเข้าสู่รากพืชของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

1. การงอกของเชื้อรา เมื่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในดินเหมาะสมสปอร์ของเชื้อราในดินจะงอกและเจริญเป็นเส้นใยเข้าหารากพืชที่อยู่ใกล้เคียง พืชแต่ละชนิดอาจมีการปลดปล่อยสารที่ชักนำให้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซางอกและเจริญเข้าหารากพืช

2. การสร้างเส้นใยรา เส้นใยเชื้อราที่ผิวรากพืชจะแตกแขนงเส้นใยแทรกเข้าไปในเซลล์ผิวรากชั้นนอก (epidermis) และคอร์เทกซ์ (cortex) โดยในส่วนของคอร์เทกซ์จะสร้างอาร์บัสคูล (arbuscule) และเวสิเคิล (vesicle)

3. การเจริญของเส้นใยเข้าสู่ราก เส้นใยจะเจริญเข้าสู่ภายในรากพืชผ่านเนื้อเยื่อพืชชั้นผิวนอก (epidermis) และเจริญเข้าสู่ชั้นคอร์เทกซ์ (cortex) ของพืช ในระยะนี้เส้นใยของเชื้อราเวสิคูลาร์อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีการเจริญอยู่ระหว่างเซลล์ของพืช

4. การสร้างอาร์บัสคูล (arbuscule) ในชั้นคอร์เท็กซ์ (cortex) ของรากพืช เส้นใยของเชื้อราเจริญผ่านผนังเซลล์ของรากพืชและสร้างโครงสร้างพิเศษที่เรียกว่า อาร์บัสคูล โดยการแตกแขนงของเส้นใยแบบแยกเป็นสองแฉก ดันเยื่อหุ้มเซลล์ของรากพืชให้เว้าเข้าไป โครงสร้างนี้มีอายุประมาณ 1-2 สัปดาห์ ในขณะที่ยังมีชีวิตอยู่ อาร์บัสคูลจะทำหน้าที่สำคัญในการแลกเปลี่ยนธาตุอาหารจากรากสู่พืช และรับคาร์โบไฮเดรตจากพืชเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และเมื่อหยุดการใช้งานจะถูกย่อยสลายโดยเซลล์ของพืชต่อไป

5. การเจริญของเส้นใยในรากพืช หลังจากได้รับอาหารจากพืช เส้นใยนอกรากพืชมีการเจริญออกไปเช่นเดียวกัน เส้นใยเหล่านี้อาจเจริญไปตามผิวราก และสร้างจุดที่เข้าสู่รากพืชในตำแหน่งใหม่ รวมทั้งการเจริญออกไปในดินขยายเส้นใยให้ครอบคลุมรากพืชมากขึ้น

6. การสร้างเวสิเคิล (vesicle) หลังจากมีการเข้าสู่รากพืชเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ราบางชนิดอาจมีการสร้างเวสิเคิล ทำหน้าที่ในการเก็บสะสมอาหารในรูปของไขมันในเซลล์ชั้นคอร์เทกซ์ (cortex) ของรากพืช ในบางครั้งก็สามารถพัฒนาเป็นสปอร์ได้

7. การสร้างสปอร์ เชื้อราเวสิคูลาร์อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถสร้างสปอร์บนเส้นใยนอกรากพืชได้ สปอร์เหล่านี้จะทำหน้าที่พักตัว และขยายพันธุ์ต่อไป

ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา คือปุ๋ยที่ประกอบไปด้วยเชื้อราไมคอร์ไรซาที่มีชีวิตสามารถดูดซึมธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์กับพืช ไมคอร์ไรซาเป็นชื่อเชื้อราในดินกลุ่มหนึ่ง ซึ่งอาศัยอยู่บริเวณรากพืชและเจริญเข้าไปภายในรากโดยไม่ทำอันตรายต่อพืชที่อาศัยอยู่ พืชและไมคอร์ไรซาต่างได้รับประโยชน์ร่วมกันจากการอยู่แบบพึ่งพาอาศัยกันและกันเซลล์ของรากพืชและไมคอร์ไรซาสามารถถ่ายทอดอาหารให้กันและกันได้ ไมคอร์ไรซาจะช่วยดูดธาตุอาหารต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตให้กับพืช โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัส ขณะเดียวกันพืชจะสร้างแป้งและน้ำตาลจากการสังเคราะห์แสงให้กับไมคอร์ไรซาเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโต

ราไมคอร์ไรซาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายทางการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ คือ เอ็กโตไมคอร์ไรซา (Ectomycorrhiza) ซึ่งมักใช้ในไม้ผลบางชนิด ไม้ป่า ไม้โตเร็ว และ เอ็นโดไมคอร์ไรซา (Endomycorrhiza) ชนิด วี-เอ หรือ เอ-เอ็ม ไมคอร์ไรซา (VA/AM Mycorrhiza) ใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพในการปลูกพืชเศรษฐกิจทั่ว ๆ ไป เช่น ไม้ผล ยางพารา ผักบางชนิด เป็นต้น (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

การพัฒนาปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาเพื่อใช้เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพืชของกรมวิชาการเกษตร

ปัจจุบันมีการกำหนดยุทธศาสตร์การแข่งขันสินค้าเกษตรโดยให้ความสำคัญเรื่องคุณภาพของสินค้าเกษตรเป็นสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณภาพทางด้านความปลอดภัยในการบริโภค ยกระดับความสามารถของการตรวจสอบและรับรองคุณภาพทุกขั้นตอน เน้นเพิ่มประสิทธิภาพ ลดต้นทุนการผลิต โดยส่งเสริมให้เกษตรกรมาใช้ปุ๋ยชีวภาพเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซามีประโยชน์กับพืชเศรษฐกิจหลายชนิด ทั้งพืชไร่ พืชสวน และพืชผัก ซึ่งกรมวิชาการเกษตรมีเป้าหมายในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพให้ได้มาตรฐานสินค้าเกษตรปลอดภัย ซึ่งการใช้ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยให้บรรลุเป้าหมาย กรมวิชาการเกษตรจึงได้ดำเนินการพัฒนาปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาเพื่อใช้เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชเศรษฐกิจ ได้แก่ หน่อไม้ฝรั่ง กระเจี๊ยบเขียว และพริก เป็นต้น ซึ่งขั้นตอนการพัฒนานั้นประกอบไปด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. การคัดเลือกสายพันธุ์ไมคอร์ไรซาที่มีความเฉพาะเจาะจงกับพืช เริ่มจากการสำรวจและรวบรวมเชื้อไมคอร์ไรซาแล้วทำการคัดเลือกสายพันธุ์ที่สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชเป้าหมายที่ต้องการพัฒนา

2. คัดเลือกวัสดุพาหะและสูตรส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ โดยนำหัวเชื้อไมคอร์ไรซาเข้มข้นผสมกับวัสดุพาหะชนิดต่าง ๆ ในสัดส่วนที่แตกต่างกันเพื่อคัดเลือกชนิดของวัสดุพาและสูตรส่วนผสม โดยพิจารณาจากจำนวนสปอร์ในดินและเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยในรากพืช

3. ศึกษาการมีชีวิตรอดในถุงผลิตภัณฑ์ โดยบันทึกจำนวนสปอร์ของไมคอร์ไรซาในสภาพอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ร่วมกับระยะเวลาในการเก็บรักษา รวมถึงจำนวนสปอร์ที่มีชีวิตรอดในถุงและเปอร์เซ็นต์การเข้าอาศัยในรากพืช

4. การทดสอบผลิตภัณฑ์ในกระถางทดลอง โดยทดสอบผลิตภัณฑ์สูตรที่พัฒนาขึ้นใหม่เปรียบเทียบกับสูตรเดิมในสภาพกระถางทดลอง เพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากการเจริญเติบโตของพืชทดสอบและปริมาณสปอร์ในดินและเปอร์เซ็นต์การเข้าอาศัยในรากพืช

5. การทดสอบผลิตภัณฑ์ในแปลงทดลอง โดยทำการทดสอบผลิตภัณฑ์สูตรที่พัฒนาขึ้นใหม่เปรียบเทียบกับสูตรเดิมในสภาพแปลงทดลองเพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากการเจริญเติบโตของพืชทดสอบและปริมาณสปอร์ในดินและเปอร์เซ็นต์การเข้าอาศัยในรากพืช

6. การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ในแปลงทดลอง โดยทำการทดสอบผลิตภัณฑ์สูตรที่พัฒนาขึ้นใหม่ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีในสภาพแปลงทดลอง เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของไมคอร์ไรซาโดยพิจารณาจากการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ ปริมาณผลผลิต ปริมาณสปอร์ในดินและเปอร์เซ็นต์การเข้าอาศัยในรากพืช

7. การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ในแปลงเกษตรกร โดยทำการทดสอบผลิตภัณฑ์สูตรที่พัฒนาขึ้นใหม่ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีในสภาพแปลงเกษตรกร เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของไมคอร์ไรซาโดยพิจารณาจากปริมาณผลผลิต ปริมาณสปอร์ในดินและเปอร์เซ็นต์การเข้าอาศัยในรากพืช (สุภาพร และคณะ, 2553ก; สุภาพร และคณะ, 2553ข; มณฑิกานธิ์ และคณะ, 2553)

ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา กรมวิชาการเกษตร

ชนิด เอ-เอ็ม ไมคอร์ไรซา ขนาดบรรจุ 500 กรัม โดยมีจำนวนสปอร์มากกว่า 25 สปอร์ต่อกรัม จำหน่ายถุงละ 60 บาท เบื้องต้นแนะนำสำหรับไม้ผล ได้แก่ มะม่วง ขนุน มะละกอ ทุเรียน มังคุด ลำไย มะขามหวาน พืชอื่น ได้แก่ ยางพารา

หน่อไม้ฝรั่ง และมีการศึกษาการใช้ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตในส้มโอพบว่ามีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นในส้มโอขาวแตงกวาในจังหวัดชัยนาท (ละเอียด และคณะ, 2557) และปัจจุบันยังมีการทดลองใช้ในไม้ผลและไม้ยืนต้น รวมถึงพืชผักและพืชอื่น ๆ

คำแนะนำวิธีการใช้

1. อัตราการใช้ปุ๋ยชีวภาพชนิดเอ-เอ็มไมคอร์ไรซา10 กรัม หรือ 1 ช้อนโต๊ะ ต่อพืช 1 ต้น

2. ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาสามารถนำไปใช้ได้กับพืชทุกระยะ แต่ถ้าจะให้ได้ผลดีที่สุดควรใส่ในระยะต้นกล้า หรือรองก้นหลุมก่อนปลูก หลังการใช้ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาได้ 2 สัปดาห์ จึงใส่ปุ๋ยชนิดอื่นได้ตามความเหมาะสม

3. สำหรับการเพาะชำกิ่ง ก่อนนำไปปลูกให้คลุกปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซากับดินที่ใช้เพาะชำ หลังจากกิ่งชำมีรากงอกแล้วอย่างน้อย 1 เดือน จึงย้ายปลูก

4. ส่วนการปลูกพืชใหม่ในแปลงให้โรยปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซารอบ ๆ บริเวณรากพืชแล้วกลบดิน

5. สำหรับพืชที่โตแล้วให้ขุดเป็นร่องบริเวณทรงพุ่ม หรือเกลี่ยเศษใบไม้ที่คลุมอยู่ออกจนพบรากฝอย แล้วโรยปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาให้สัมผัสกับรากฝอยจนรอบทั้งต้น หลังจากนั้นกลบรากพืชด้วยดินเดิม โดยใส่ปริมาณ 10 กรัมต่อต้น (1 ช้อนโต๊ะ) และสามารถใช้ร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นปุ๋ยชีวภาพอื่นได้หลายชนิด

ประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา

1. ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวรากพืชในการดูดน้ำและธาตุอาหาร การใช้ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาจะช่วยให้รากพืชมีการแตกแขนงเพิ่มมากขึ้น และเส้นใยของไมคอร์ไรซาจะเจริญออกจากพืชสู่ดินทำให้รากสัมผัสกับผิวดินได้เป็นบริเวณกว้างขึ้น เพิ่มบริเวณดูดซึมธาตุอาหารและน้ำของรากพืช และยังช่วยให้พืชทนต่อความแห้งแล้งได้อีกด้วย

2. ช่วยดูดธาตุอาหารที่สลายตัวยากหรืออยู่ในรูปที่ถูกตรึงไว้ในดิน ธาตุอาหารบางชนิดโดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นธาตุที่ละลายน้ำได้ดีในช่วงที่ค่าความเป็นกรดด่างของดินเป็นกลาง ในดินที่เป็นกรดหรือด่างจัดฟอสฟอรัสมักจะถูกตรึงโดยการรวมตัวกับเหล็ก อะลูมินัม แคลเซียม หรือแมกนีเซียม ทำให้ไม่ละลายน้ำซึ่งไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ไมคอร์ไรซามีบทบาทที่สำคัญในการดูดซึมธาตุฟอสฟอรัสให้แก่พืช โดยผ่านทางผนังเซลล์ของเส้นใยไมคอร์ไรซาสู่ผนังเซลล์ของรากพืช นอกจากนี้ไมคอร์ไรซายังช่วยดูดอินทรียวัตถุต่าง ๆ ที่ยังสลายตัวไม่หมดให้พืชนำไปใช้ได้ รวมทั้งช่วยดูดและสะสมธาตุอาหารต่าง ๆ ไว้ให้พืชโดยสะสมอยู่ในรากพืชที่อาศัยอยู่

3. ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต เพิ่มผลผลิตของพืชและรายได้ ไมคอร์ไรซาช่วยในการดูดซึมน้ำและแร่ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของพืช ส่งผลให้พืชมีการสังเคราะห์แสง การเคลื่อนย้ายลำเลียงธาตุอาหารไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืชและกระบวนการเผาผลาญอาหาร (Metabolism) เป็นไปด้วยดี พืชจึงมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยสามารถช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้ครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำ ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้น อย่างกรณีผลการทดสอบการใช้ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซากับหน่อไม้ฝรั่ง พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไมคอร์โรซา จะทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นจากเดิมที่ใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวถึง 61 เปอร์เซ็นต์

4. ช่วยทำให้พืชทนต่อโรครากเน่าหรือโคนเน่า ไมคอร์ไรซาที่เจริญเข้าไปเจริญเติบโตอาศัยอยู่ในรากพืช แล้วจะช่วยให้พืชทนต่อโรครากเน่าโคนเน่าซึ่งเป็นโรคพืชที่มีสาเหตุจากเชื้อราบางชนิด

5. สามารถใช้ร่วมกับสารเคมีทางการเกษตรบางชนิดได้ ไมคอร์ไรซามีความทนทานต่อสารเคมีบางชนิดได้ ได้แก่ สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง เช่น endrin, chlordane, methyl parathion, methyl Carbofuran เป็นต้น สารกำจัดวัชพืช เช่น glyphosate, fluazifopbutyl เป็นต้น สารกำจัดโรคพืช เช่น captan, benomyl, mcncozeb และ zineb เป็นต้น

ข้อควรระวังในการใช้ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา

1. ห้ามใช้เพื่อการรักษาพืชที่เป็นโรครากเน่าโคนเน่าแล้ว แม้ว่าปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาจะมีข้อดีหลายประการดังที่กล่าวมาแล้ว แต่ถ้าพืชเป็นโรครากเน่าโคนเน่าไปแล้ว การใช้ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาในการรักษาจะไม่ได้ผล แต่จะใช้ได้ผลดีเฉพาะก่อนพืชจะเป็นโรค หรือใช้เพื่อป้องกันไม่ให้พืชเป็นโรคเท่านั้น

2. ห้ามใช้ร่วมกับสารเคมีกำจัดโรคพืชพวก fosetyl, metalaxyl และ metalaxyl mancozeb เนื่องจากสารเคมีเหล่านี้มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของราไมคอร์ไรซา

การเก็บรักษาปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา

เก็บรักษาไว้ในที่อุณหภูมิห้องปกติ ไมคอร์ไรซาจะอยู่ได้นานในระยะเวลาตั้งแต่ 1 ปี จนถึง 5 ปี ขึ้นอยู่กับชนิดของไมคอร์ไรซา

ศักยภาพของปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาต่อการผลิตพืชในพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันตก

ในสภาพการผลิตทางการเกษตรในปัจจุบันมีแนวโน้มต้นทุนการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะต้นทุนในการใช้ปุ๋ยเคมี จำเป็นที่จะต้องหาวิธีการในการจัดการผลิตเพื่อให้มีต้นทุนการผลิตที่ลดลง แต่ยังคงปริมาณผลผลิตและคุณภาพที่ดีเพื่อให้เกิดระบบการผลิตพืชที่ยั่งยืนและปลอดภัย ซึ่งเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยชีวภาพร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการผลิตพืชเป็นแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนการผลิตและเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืช เนื่องจากปุ๋ยชีวภาพเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารที่สำคัญกับพืชที่มีประสิทธิภาพสูง ปุ๋ยชีวภาพยังช่วยส่งเสริมให้พืชสามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ โดยพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันตกที่เป็นแหล่งผลิตพืช ที่มีศักยภาพในการใช้ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสำหรับเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต โดยพืชที่มีศักยภาพในกลุ่มไม้ผลและไม้ยืนต้น ได้แก่ ส้มโอ มะนาว และหม่อน สำหรับพืชผัก ได้แก่ พริก หน่อไม้ฝรั่ง และกระเจี๊ยบเขียว

1. การนำปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาไปใช้ประโยชน์ในการผลิตส้มโอ

การใส่ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาในการผลิตส้มโอหอมหาดใหญ่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีได้ โดยทำให้การเจริญเติบโตทางลำต้นเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 20–40 เมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ปริมาณ 1 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี เกษตรกรควรใช้วิธีใส่ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา ปริมาณ 10 กรัมต่อต้น ร่วมกับการใส่ปุ๋ยสูตรเคมีสูตร 15-15-15 ปริมาณ 750 กรัมต่อต้นต่อปี ในการให้ปุ๋ยส้มโอหอมหาดใหญ่ โดยเสียค่าใช้จ่าย 695.25 บาทต่อไร่ ประหยัดกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ปริมาณ 1 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี 157.95 บาทต่อไร่ (ชญานุช และคณะ, 2559) ละเอียด และคณะ (2557) พบว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตช่วยฟื้นฟูส้มโอขาวแตงกวาหลังประสบอุทกภัยในพื้นที่จังหวัดชัยนาท โดยส้มโอฟื้นตัวได้เร็วกว่าและให้ผลผลิตสูงกว่าวิธีเกษตรกร 8.7 เปอร์เซ็นต์

2. การนำปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาไปใช้ประโยชน์ในการผลิตกระเจี๊ยบเขียว

การนำปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาไปใช้ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 และ 8-8-8 โดยนำปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาปริมาณ 10 กรัม รองก้นหลุมก่อนปลูกแสดงให้เห็นว่าการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาแล้วสามารถใส่ปุ๋ยเคมีเพียงครึ่งอัตราที่ใช้ปกติ ก็ได้ผลผลิตใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยตามอัตราปกติ เนื่องจากกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซามีจำนวนสปอร์ และเปอร์เซ็นต์การเข้าอาศัยในรากมากกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซามีประสิทธิภาพดีกว่าเชื้อไมคอร์ไรซาที่มีอยู่ในธรรมชาติ (สุภาพร และคณะ, 2553ก)

3.การนำปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาไปใช้ประโยชน์ในการผลิตอ้อย

การนำปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซารองก้นหลุมปริมาณ 20 กรัม แล้วนำต้นกล้าอ้อยลงปลูกในหลุม ๆ ละ 1 ต้น กลบดินและรดน้ำทุกวันเป็นเวลา 120 วัน พบว่าราไมคอร์ไรซาสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของอ้อยได้เป็นอย่างดี โดยทำให้อ้อยมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของลำต้นและราก มีปริมาณธาตุอาหารหลักสูงกว่าอ้อยที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (เมธาวีการณ์ และโสภณ, 2554)

แนวทางการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา

ในประเทศไทยการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับเชื้อราเอ็กโตไมคอร์ไรซา ได้เริ่มดำเนินการเป็นครั้งแรกโดยกรมป่าไม้เมื่อประมาณ 30 ปีมาแล้ว โดยใช้หัวเชื้อจากดินป่า (Soil inoculum) เพาะเชื้อกับกล้าไม้สนสามใบ (*Pinus kesiva*) สนสองใบ (*P. mercussi*) และสนต่างประเทศในแปลงเพาะชำแล้วนำไปย้ายปลูกเป็นสวนป่า ปัจจุบันการวิจัยและพัฒนาได้ดำเนินการทั้งหน่วยงานกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรมป่าไม้ มหาวิทยาลัย และสถาบันต่าง ๆ โดยมุ่งเน้นการวิจัยเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพของเห็ดราไมคอร์ไรซา ที่มีความสัมพันธ์กับชนิดพันธุ์ไม้ป่าต่าง ๆ โดยศึกษาความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ ความหลากหลายทางระบบนิเวศป่าไม้ การคัดเลือกชนิดพันธุ์ การเก็บรวบรวมพันธุ์ การตรวจพิสูจน์ชนิดพันธุ์ การเพาะเลี้ยง การเพาะเชื้อ การขยายพันธุ์ ตลอดจนศึกษาการใช้ประโยชน์ของเห็ดราไมคอร์ไรซาในแนวทางต่าง ๆ มากมายเพิ่มขึ้น การวิจัยด้านการผลิตและการเพาะเชื้อกับพืชอาศัยที่เฉพาะเจาะจงให้กับกล้าไม้การผลิตหัวเชื้อ (Spawn) โดยคัดเลือกจากสายพันธุ์ดีจากการเพาะเลี้ยงเส้นใยที่มีประสิทธิภาพ (Efficient culture) และการทำเม็ด (Tablets) ได้มีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้น และในอนาคตควรมีการพัฒนาบุคลากรด้านการจำแนกเห็ดราไมคอร์ไรซา (Mycological taxonomists) การวิจัยความหลากหลายทางพันธุกรรม (Genetic diversity) ความเหมือนกันทางเผ่าพันธุ์ (DNA homology) การตัดต่อยีน (DNA or gene sequences) เทคนิคการผลิตหัวเชื้อ (Inoculum production techniques) เทคนิคการเพาะเชื้อที่มีประสิทธิภาพ (Practical inoculation methods) การจัดตั้งธนาคารยีน (Gene bank) และการแลกเปลี่ยนความรู้กับสถาบันต่าง ๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศนับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

กรมวิชาการเกษตร. 2548. เอกสารวิชาการ ปุ๋ยชีวภาพและผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพ. สำนักงานเลขานุการกรม กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพมหานคร. 39 หน้า.

กิตติมา ด้วงแค. 2548. ไมคอร์ไรซา: ความหลากหลาย และแนวทางการพัฒนา. รายงานการประชุม ความหลากหลายทางชีวภาพด้านป่าไม้และสัตว์ป่า. กลุ่มงานกีฏวิทยาและจุลชีววิทยาป่าไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช, กรุงเทพมหานคร.

ชญานุช ตรีพันธ์ บุญชนะ วงศ์ชนะ ศุภลักษณ์ อริยภูชัย และสุมาลี ศรีแก้ว. 2559. ผลของปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของส้มโอหอมหาดใหญ่. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ ปีที่ 3 ฉบับพิเศษ (I) หน้า 24-29. ปี 2559.

พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์. 2556. บทบาทของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อพืช ดิน และสิ่งแวดล้อม. *ใน* วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม 2556. หน้า 91-101.

ภิรญา ชมพูผิว. 2559. ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของยางพารา 4 พันธุ์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร) ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี. 95 หน้า.

มณฑิกานธิ์ สงบจิต สุภาพร ธรรมสุระกุล และนิศารัตน์ ทวีนุต. 2553. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาสำหรับพริก. ผลการปฏิบัติงาน ประจำปีงบประมาณ 2553. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพมหานคร.

เมธาวีการณ์ พรหมสา และโสภณ บุญลือ. 2554. ชนิดและผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ต่อการเจริญเติบโตของอ้อย. การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยของแก่น ประจำปี 2554. หน้า 16–22.

ละเอียด ปั้นสุข จันทนา ใจจิตร อรัญญา ภู่วิไล เครือวัลย์ บุญเงิน และวันชัย ถนอมทรัพย์. (2557).ทดสอบเทคโนโลยีการฟื้นฟูต้นส้มโอพันธุ์ท้องถิ่น จ.ชัยนาท. รายงานผลการดำเนินงาน ประจำปีงบประมาณ 2557 กลุ่มวิชาการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5. หน้า 68-77.

สุภาพร ธรรมสุระกุล นิศารัตน์ ทวีนุต และมณฑิกานธิ์ สงบจิต. 2553ก. การวิจัยคุณสมบัติการผลิตและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาของกระเจี๊ยบเขียว. ผล การปฏิบัติงาน ประจำปีงบประมาณ 2553,

สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพมหานคร.

สุภาพร ธรรมสุระกุล มณฑิกานธิ์ สงบจิต และนิศารัตน์ ทวีนุต. 2553ข. การวิจัยคุณสมบัติการผลิตและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาของหน่อไม้ฝรั่ง. ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2553. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพมหานคร.

ออมทรัพย์ นพอมรบดี. 2545. ชีววิทยาเชื้อราไมคอร์ไรซา (Biology of Mycrorrhizal Fungi). เอกสารวิชาการ ปุ๋ยชีวภาพ. กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพมหานคร. 378 หน้า.

บทที่ 5

ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

วีระพงษ์ เย็นอ่วม[1/] เพ็ญลักษณ์ ชูดี[2/] และนิลุบล ทวีกุล[3/]

ธาตุฟอสฟอรัส (Phosphorus) เป็นธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการมีชีวิตของพืช โดยจัดอยู่ในกลุ่มของธาตุอาหารหลัก (Primary element) และมักขาดแคลนในดินทั่วไป (ยงยุทธ และคณะ, 2556) ฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ในพืช เช่น DNA RNA Phospholipid รวมถึง ATP ซึ่งเป็นแหล่งพลังงาน จึงทำให้พืชเจริญเติบโตแข็งแรง สร้างราก แตกแขนง กิ่งก้าน สร้างดอกและเมล็ด (ภาวนา, 2545) เนื่องจากฟอสเฟตที่พบในดินส่วนใหญ่ (90-95 เปอร์เซ็นต์) อยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้ยาก เช่น เป็นองค์ประกอบในหินแร่ หรือธาตุอาหารที่ถูกดินตรึง จึงพบในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชค่อนข้างต่ำ เช่น ไอออนของธาตุอาหารในสารละลายดิน ($H_2PO_4^-$ และ HPO_4^{2-}) (ยงยุทธ, 2552) นอกจากนี้สารประกอบฟอสฟอรัสในดินส่วนใหญ่ละลายน้ำได้ยาก เนื่องจากแร่ธาตุต่าง ๆ ในดิน เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม แคลเซียม แมกนีเซียม จะจับกับอนุมูลของฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ กลายเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ยากและไม่เป็นประโยชน์แก่พืช

ปัจจัยที่มีผลต่อการตรึงฟอสฟอรัสในดิน

ฟอสฟอรัสในดินจะถูกตรึงไว้ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากน้อยเพียงใด ขึ้นกับปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ชนิดและปริมาณของดินเหนียว ในดินที่มีค่าความเป็นกรดด่างและชนิดของแร่ดินเหนียวใกล้เคียงกัน ดินที่มีปริมาณดินเหนียวสูงกว่าจะตรึงฟอสฟอรัสได้มากกว่า ปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาได้ยากกว่า นอกจากนี้ในดินเหนียวที่มีองค์ประกอบของชนิดแร่ดินเหนียวต่างกัน จะมีความจุในการตรึงฟอสเฟตต่างกัน ส่งผลให้ความสามารถในการตรึงฟอสเฟตแตกต่างกัน

2. ค่าความเป็นกรดด่างของดิน (พีเอช) โดยทั่วไปการตรึงฟอสเฟตจะเกิดขึ้นมากในดินที่มีพีเอชต่ำมากและสูงมาก โดยเมื่อสภาพดินเป็นกรด พีเอชต่ำกว่า 5.5 เหล็กไอออนและอะลูมิเนียมไอออนจะจับกับฟอสเฟตไอออนเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ ดังสมการ

$$Fe^{3+} + H_2PO^{4-} + 2H_2O \longrightarrow FePO_4.2H_2O + 2H^+$$

$$Al^{3+} + H_2PO^{4-} + 2H_2O \longrightarrow AlPO_4.2H_2O + 2H^+$$

และเมื่อสภาพดินเป็นด่าง พีเอชสูงกว่า 7 แคลเซียมไอออน และแมกนีเซียมไอออนจะจับกับฟอสเฟตไอออนเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำเช่นกัน ดังสมการ

$$Ca^{2+} + HPO_4^{2-} + 2H_2O \longrightarrow CaHPO_4.2H_2O$$

$$Mg^{2+} + HPO_4^{2-} + 2H_2O \longrightarrow MgHPO_4.2H_2O$$

ทั้งนี้ หากพีเอชของดินอยู่ระหว่าง 6.0-7.0 สารประกอบฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ จะสามารถละลายได้มากขึ้น (กฤตย์ ,2549; ยงยุทธ และคณะ 2556)

[1/] นักวิชาการเกษตรชำนาญการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5
[2/] นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาญจนบุรี
[3/] ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคกลาง) สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5

3. ปริมาณอินทรียวัตถุ โดยปรกติอินทรียวัตถุในดินไม่ตรึงฟอสเฟต แต่จะช่วยลดการตรึงฟอสเฟต โดยสารฮิวมิกและกรดอินทรีย์ ที่เกิดจากการย่อยสลายของอินทรียวัตถุ จะเกาะกับผิวดินเหนียวและออกไซด์ของเหล็ก และอลูมิเนียม ป้องกันไม่ให้ไอออนของฟอสเฟตเข้าทำปฏิกิริยาจนเกิดการตรึง ด้วยเหตุนี้อินทรียวัตถุจึงมีบทบาทมากในเรื่องลดการตรึงฟอสเฟต ช่วยให้พืชได้ประโยชน์จากฟอสฟอรัสในดิน (ยงยุทธ, 2552) จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าในเขตภาคกลางและภาคตะวันตกของไทย พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบลุ่มและมีเนื้อดินที่มีองค์ประกอบเป็นแร่ดินเหนียวสูง หากมีการจัดการที่ไม่เหมาะสมพืชอาจจะขาดธาตุฟอสฟอรัสได้หรือมีการสูญเสียฟอสเฟตไป ทั้งที่มีการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตอย่างต่อเนื่องก็ตาม นอกจากนั้นยังอาจทำให้พืชขาดธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริม เช่น แคลเซียม เหล็ก อลูมิเนียม แมงกานิส และ สังกะสี เนื่องจากการจับกับฟอสฟอรัสของธาตุอาหารดังกล่าว

การที่จะทำให้ฟอสเฟตที่มีสะสมอยู่ในดิน ทั้งในรูปที่ถูกตรึงไว้ด้วยแร่ดินเหนียวและที่เป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ยาก สามารถละลายออกมาเป็นฟอสเฟตไอออน ซึ่งเป็นรูปที่พืชสามารถดูดนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตได้นั้น ทำได้โดยวิธีการทางชีวภาพ คือการใช้จุลินทรีย์เพื่อเพิ่มการละลายและเพิ่มศักยภาพในการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสของพืช จุลินทรีย์ดังกล่าวสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ จุลินทรีย์ที่ช่วยละลายฟอสเฟตและจุลินทรีย์ที่ช่วยเพิ่มศักยภาพในการดูดใช้ธาตุอาหารพืช ได้แก่ เชื้อรากลุ่มไมคอร์ไรซา (กฤตย์, 2549) โดยในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะกลุ่มจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตเท่านั้น

จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถละลายอนินทรีย์ฟอสเฟตหรือสารประกอบฟอสเฟตที่ละลายน้ำยาก และเปลี่ยนแปลงอินทรียสารที่มีฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบไปเป็นอนินทรียสารเพื่อให้กลับมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์กับพืชได้ โดยมีกลไกที่สำคัญ ดังนี้

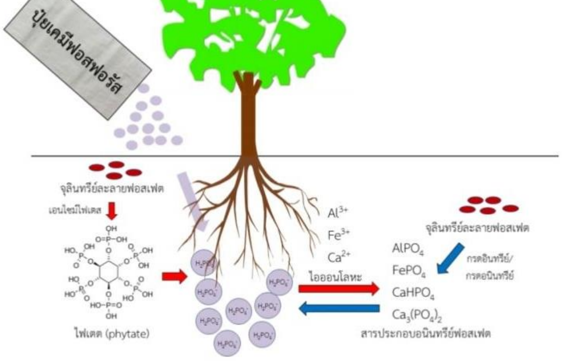
1. ขับกรดอินทรีย์ออกมาละลายสารประกอบฟอสเฟต เช่น กรดแลคติก กรดมาลิค กรดออกซาลิก กรดซิตริก กรดไกลโคลิก เป็นต้น จึงสามารถเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในสารละลายดิน

2. กรดอินทรีย์ที่ขับออกมาเป็นสารคีเลต ซึ่งทำปฏิกิริยาคีเลชั่นกับแคตไอออนต่าง ๆ ที่ละลายออกมาจากสารประกอบฟอสเฟต เช่น แคลเซียม เหล็ก อลูมิเนียม แมงกานิส สังกะสี กลายเป็นคีเลตที่ละลายน้ำได้แต่ไม่กลับไปทำปฏิกิริยากับฟอสเฟตไอออนอีก สารละลายดินจึงมีจุลธาตุที่เป็นประโยชน์มากกว่าเดิม

3. ขับกรดอนินทรีย์ ได้แก่ กรดไนตริกและกรดซัลฟูลิค เพื่อละลายสารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟต

4. สังเคราะห์สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ออกซิน จิบเบอเรนลิน และไซโตไคนิน ออกมาเร่งการเจริญเติบโตของพืชทั้งส่วนรากและส่วนเหนือดิน ส่งผลต่อการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสในการดูดธาตุอาหาร และผลักดันให้มีความต้องการธาตุอาหารสูงขึ้น จึงดูดฟอสฟอรัสและธาตุอาหารอื่นได้มากขึ้น

5. ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ที่มีฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบ เช่น DNA RNA เลซิติน กลีเซอรัล ไปเป็นสารประกอบอนินทรีย์ และสร้างเอนไซม์ไฟเตส (phytase) เพื่อย่อยสลายไฟเตท (phytate) ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟตที่พบในวัสดุอินทรีย์ (ยงยุทธ และคณะ, 2556)

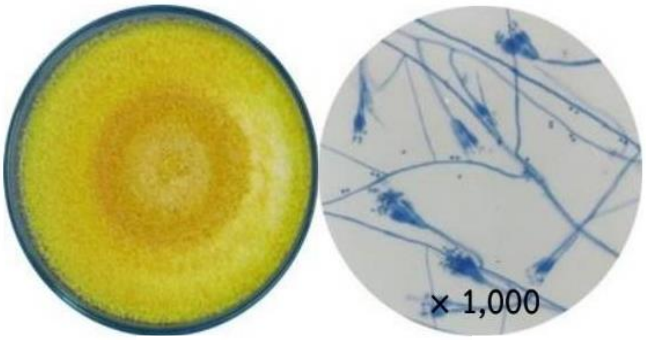


ภาพที่ 5.1 การละลายฟอสเฟตในดินโดยจุลินทรีย์

ที่มา : กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน, 2559

ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการละลายฟอสเฟตมีอยู่หลายสกุล เช่น *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., *Micrococcus* sp., *Streptomyces* sp. และ *Penicillium* sp. แต่การผลิตปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตในปัจจุบัน นิยมใช้จุลินทรีย์ในสกุล *Bacillus* sp., *Aspergilus* sp. *และ Penicillium* sp. เพราะเป็นจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการละลายฟอสเฟต และสามารถสร้างสปอร์ ทำให้มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ดี กรมวิชาการเกษตร โดยกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ซึ่งเป็นการนำจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตชนิดเชื้อรามาใช้ผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพ ประกอบด้วยรา *Penicillium pinophilum* มีปริมาณจุลินทรีย์รับรองไม่น้อยกว่า 1×10^7 โคโลนีต่อปุ๋ยชีวภาพ 1 กรัม (ภาพที่ 5.2)



ก) ข)

ภาพที่ 5.2 เชื้อรา *Penicillium pinophilum* ก) ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ และ ข) ลักษณะของเส้นใยและสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ที่มา : (กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน, 2559)

ภาพที่ 5.3 ลักษณะบรรจุภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตของกรมวิชาการเกษตร

การผลิตขยายปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต จากนโยบายของกรมวิชาการเกษตร ที่สนับสนุนให้หน่วยงานในภูมิภาคผลิตขยายปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต เพื่อให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีได้สะดวกรวดเร็ว และสนองต่อความต้องการของเกษตรกรได้กว้างขวางขึ้น ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาญจนบุรีจึงทำการผลิตขยายปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต โดยรับจัดสรรงบประมาณจากกรมวิชาการเกษตร การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิต และหัวเชื้อปุ๋ยจากกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร และมีการตรวจรับรองคุณภาพผลิตภัณฑ์ จากกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ก่อนการกระจายปุ๋ยสู่การใช้ประโยชน์ของเกษตรกร ในปี 2562 – 2563 โดยมีวิธีการผลิตดังนี้

วัสดุและอุปกรณ์

1. หัวเชื้อจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตของกรมวิชาการเกษตร
2. เมล็ดข้าวฟ่าง 10 กิโลกรัม (ล้างทำความสะอาดแช่น้ำไว้ 1 คืน)
3. รำละเอียด 5 กิโลกรัม
4. น้ำสะอาด 1.5 ลิตร
5. ปุ๋ยหมัก 50 กิโลกรัม
6. ซีโอไลท์ 10 กิโลกรัม
7. ถุงพลาสติกทนความร้อนขนาด 6×9 นิ้ว
8. ถุงสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์
9. คอขวดพลาสติก สำลี และอลูมินัมฟอยด์
10. หนังยางวง
11. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อควบคุมความดัน (Autoclave)
12. ห้องพร้อมชั้นวางสำหรับเพาะเชื้อ
13. อุปกรณ์เขี่ยเชื้อ ได้แก่ ตู้ปลอดเชื้อ (Laminar flow) ตะเกียงแอลกอฮอล์ แอลกอฮอล์ 75 % ช้อนโลหะ
14. อุปกรณ์ผสมวัสดุ ได้แก่ กะละมัง ทัพพี พลั่ว เครื่องชั่ง
15. เครื่องผนึกปากถุง

วิธีการผลิต

1. การเตรียมอาหาร

นำเมล็ดข้าวฟ่าง รำละเอียด และน้ำสะอาดตามปริมาณที่เตรียมไว้ทั้งหมด ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน ตักใส่ถุงพลาสติกทนร้อนขนาด 6×9 นิ้ว ปริมาณ 150 กรัมต่อถุง รวบปากถุงแล้วใส่คอขวดพลาสติก รัดด้วยหนังยางวง ปิดจุกด้วยสำลีและปิดทับด้วยอลูมิเนียมฟอยด์อีกที จากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 80 นาที

ภาพที่ 5.4 การเตรียมอาหารเพื่อเพาะเลี้ยงขยายเชื้อราในการผลิตปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

2. การใส่หัวเชื้อ

ใส่หัวเชื้อลงในอาหารเพาะเลี้ยงที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว โดยใช้เทคนิคปลอดเชื้อ (aseptic technique) โดยทำความสะอาดอุปกรณ์ มือผู้ปฏิบัติและรอบถุงอาหาร โดยพ่นแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ บนผ้าเช็ดทำความสะอาด ถ่ายหัวเชื้อจุลินทรีย์ในตู้เขี่ยเชื้อ โดยตักหัวเชื้อใส่ในถุงอาหารที่เตรียมไว้จำนวนครึ่งช้อนชา ปิดจุกสำลีและฟอยด์ หลังจากนั้นนำไปวางที่ชั้นวางเพื่อเพาะเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (27-33 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 40-45 วัน

ภาพที่ 5.5 การใส่หัวเชื้อและการเลี้ยงเชื้อในการผลิตปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

3. การผสมปุ๋ย

ผสมปุ๋ยหมัก 50 กิโลกรัม ซีโอไลท์ 10 กิโลกรัม และเชื้อจุลินทรีย์ที่เลี้ยงได้จากข้อ 2 จำนวน 200 ถุง ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน ตักใส่ถุงบรรจุผลิตภัณฑ์ถุงละ 500 กรัม ซีลให้สนิท นำไปเก็บรักษาในตู้แช่เย็น ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 5.6 การผสมปุ๋ยและการเก็บรักษาปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาญจนบุรี ดำเนินการผลิตปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและขยายสู่การใช้ประโยชน์ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรองมาตรฐานในปีงบประมาณ 2562-2563 รายละเอียด ดังนี้

ปี	การดำเนินงาน			งบประมาณ (บาท)	ใช้ในการสนับสนุน หน่วยงาน/กลุ่มเกษตรกร	จำนวน (กิโลกรัม)
	หน่วยนับ	แผน	ผล			
ก.ย.61-มิ.ย.62	กิโลกรัม	1,000	1,020	90,000	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5	150
					สำนักงานเกษตรจังหวัดกาญจนบุรี	50
					โครงการห้วยองคตอันเนื่องจากพระราชดำริ	100
					ศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร (ศพก.) ศพก.สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี ศพก.เลาขวัญ จ.กาญจนบุรี ศพก.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี ศพก.เมือง จ.กาญจนบุรี ศพก.บ่อพลอย จ.กาญจนบุรี ศพก.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี	300 100 100 50 50 100

ก.ย.62- มิ.ย.63	กิโลกรัม	320	320	28,800	ศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร (ศพก.)	
					ศพก.สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี	100
					ศพก.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี	100
					ศพก.บางคนที จ.สมุทรสงคราม	10
					ศพก.นครชัยศรี จ.นครปฐม	10
					โครงการส่งเสริมระบบการเกษตรแบบแปลงใหญ่	
					อ.บ่อพลอย จ.กาญจนบุรี	55
					อ.สองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี	45

การเก็บรักษาปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

หลังจากที่เกษตรกรได้รับปุ๋ยชีวภาพและหากยังไม่ได้นำไปใช้ทันที ให้เก็บรักษาในที่เย็น ที่ร่ม และมีอากาศถ่ายเท หรือในตู้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส โดยเก็บแยกกับช่องเก็บอาหาร ระวังอย่าให้โดนแดด ไม่ควรวางซ้อนทับกันมากเกินไปเป็นเวลานาน และเนื่องจากปุ๋ยชีวภาพเป็นปุ๋ยที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีชีวิต ดังนั้นควรรีบนำไปใช้ก่อนที่ปุ๋ยชีวภาพจะหมดอายุการเก็บรักษา เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด แต่หากปุ๋ยชีวภาพหมดอายุไปไม่นานนัก ยังสามารถนำมาใช้ได้ แต่จะมีประสิทธิภาพลดลง

ประโยชน์ของปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตมีประโยชน์ในการผลิตพืช ดังนี้

1. ช่วยละลายฟอสเฟตที่ถูกตรึงไว้ในดินซึ่งไม่เป็นประโยชน์แก่พืช จึงสามารถลดการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตได้ 25-50 เปอร์เซ็นต์
2. ช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของหินฟอสเฟต
3. ช่วยให้พืชมีความแข็งแรง ป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรครากเน่าโคนเน่า สาเหตุจากเชื้อราในดิน
4. เพิ่มปริมาณและคุณภาพผลผลิต

ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต เหมาะสำหรับดินที่มีปัญหาการตรึงฟอสเฟต เช่น ดินกรด ดินด่าง ดินที่มีองค์ประกอบของแร่ดินเหนียวสูง สามารถนำไปใช้กับพืชได้หลายชนิด เช่น ปาล์มน้ำมัน ยางพารา พืชไร่ ไม้ผล พืชผัก ไม้ดอกไม้ประดับ ข้าวไร่ เป็นต้น

วิธีการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต สามารถใช้ได้ทั้งในไม้ผล ไม้ยืนต้น พืชไร่และพืชผัก ได้หลากหลายชนิด ดังนี้

1. ไม้ผลไม้ยืนต้น เช่น มะม่วง ลำไย ทุเรียน ลองกอง ส้มเขียวหวาน ส้มโอ มะละกอ มะพร้าว ยางพารา ปาล์มน้ำมัน

1.1 การเพาะกล้าหรือการชำกิ่ง ใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 10 กรัมต่อถุงเพาะ จากนั้นหยอดเมล็ดหรือปักชำกิ่งลงในถุงเพาะ

1.2 รองก้นหลุมก่อนปลูกพืช ใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 10 กรัมต่อหลุม รองก้นหลุมก่อนปลูกพืช

1.3 การโรยรอบทรงพุ่ม สำหรับไม้ผลอายุ 1-3 ปี ใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 50-100 กรัมต่อต้น คลุกผสมกับปุ๋ยอินทรีย์โรยรอบทรงพุ่มแล้วกลบดินทันที ส่วนไม้ผลอายุ 3 ปีขึ้นไป ใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 100-200 กรัมต่อต้นคลุกผสมกับปุ๋ยอินทรีย์โรยรอบทรงพุ่มแล้วกลบดินทันที

ภาพที่ 5.7 วิธีการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตกับไม้ผล

2. พืชไร่ เช่น ข้าวโพด มันสำปะลัง อ้อย ถั่วเหลือง ถั่วลิสง งา

การคลุกเมล็ด นำเมล็ดพืชที่ต้องการปลูก 5 กิโลกรัม ใส่ในภาชนะ พรมด้วยน้ำสะอาดให้ทั่ว แล้วจึงโรยปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 1 ถุง คลุกเมล็ดให้ทั่วก่อนนำไปปลูก

การรองก้นหลุม เช่น มันสำปะหลัง อ้อย ใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 5 กิโลกรัมต่อไร่ คลุกกับปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัม ให้เข้ากันแล้วใช้รองก้นหลุมพร้อมปลูก

ภาพที่ 5.8 วิธีการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตคลุกเมล็ดพันธุ์พืชไร่ก่อนปลูก

3. พืชผัก เช่น พริก มะเขือ มะเขือเทศ กระเจี๊ยบเขียว

การเพาะกล้าในกระบะเพาะชำ ใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 1 ถุง คลุกกับวัสดุเพาะ 50 กิโลกรัม ผสมกับปุ๋ยอินทรีย์ 100 กิโลกรัม ให้เข้ากันแล้วใช้รองก้นหลุมพร้อมปลูก

ผสมปุ๋ยชีวภาพกับปุ๋ยอินทรีย์ รองก้นหลุม นำต้นกล้ามาปลูก

ภาพที่ 5.9 วิธีการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตรองก้นหลุมก่อนปลูกพืช

ข้อควรระวังในการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

1. เลือกใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตที่ยังไม่หมดอายุ
2. ไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตร่วมกับสารป้องกันกำจัดเชื้อราสาเหตุโรคพืช เช่น ฟอสอีทิล (fosetyl) เมทาแลกซิล (metalaxyl) แมนโคเซบ (mancozeb) เป็นต้น เนื่องจากเป็นสารเคมีกำจัดเชื้อรา
3. ไม่ควรผสมปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตกับปุ๋ยเคมีโดยตรง

การทดลองใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตในการผลิตพืชในเขตพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันตก

ละเอียด และคณะ (2557) รายงานว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซ่าและปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตช่วยฟื้นฟูส้มโอขาวแตงกวาจังหวัดชัยนาท หลังประสบปัญหาอุทกภัยอย่างหนักในปี 2553 ได้รวดเร็วกว่าวิธีเกษตรกร โดยส้มโอมีความสมบูรณ์ของใบมากกว่าและให้ผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี สูงกว่าวิธีเกษตรกรที่ไม่ได้ใช้ปุ๋ยชีวภาพดังกล่าว 8.7 เปอร์เซ็นต์ วัชรา และคณะ (2563) พบว่าในส้มโอขาวแตงกวาของจังหวัดชัยนาท อายุประมาณ 5-7 ปี ที่ประสบปัญหาผลร่วงก่อนอายุการเก็บเกี่ยว การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซ่าและปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดิน ป้องกันกำจัดศัตรูพืช การตัดแต่งกิ่งส้มโอหลังการเก็บเกี่ยว และการตัดแต่งผลตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ช่วยลดปัญหาการร่วงของผลส้มโอได้ โดยให้จำนวนผลเฉลี่ยต่อต้น 22 ผล (977 ผลต่อไร่) และพบผลร่วงเฉลี่ย 43 เปอร์เซ็นต์ (420 ผลต่อไร่) ส่วนกรรมวิธีเกษตรกรมีจำนวนผลเฉลี่ยต่อต้น 19 ผล (850 ผลต่อไร่) พบผลร่วงเฉลี่ย 66 เปอร์เซ็นต์ โดยคุณภาพของส้มโอไม่แตกต่างกัน คือมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักผล 1,254 กรัม น้ำหนักเนื้อ 633 กรัม ความหนาเปลือก 24.50 มิลลิเมตร ค่าความหวาน 9.80 บริกซ์ (Brix) และกรดซิติก (TA) 0.66 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้นแนวทางการจัดการธาตุอาหารสำหรับธาตุฟอสฟอรัส นอกจากจะมีการใส่ปุ๋ยละลายฟอสเฟตแล้ว เกษตรกรควรมีการจัดการดินด้วยวิธีการแบบผสมผสานอย่างถูกต้อง เช่น เลือกพืชปลูกให้เหมาะสมกับคุณลักษณะของดินที่เกษตรกรมีอยู่ หรือปรับปรุงความเป็นกรดด่างของดินให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นพิษต่อต้นพืช โดยพืชส่วนใหญ่ต้องการดินที่มีความเป็นกรดอ่อนจนถึงกลาง (พีเอช 5.5–7.0) หากพื้นที่ของเกษตรกรมีความเป็นกรดสูง (พีเอชต่ำกว่า 5.0) ควรปรับปรุงคุณสมบัติของดินโดยการใส่ปูนทางการเกษตร เช่น ปูนมาร์ล หรือหินปูนบด นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดิน โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด ยังสามารถลดความรุนแรงของความเป็นกรดด่างของดินได้ อีกทั้งยังส่งผลให้โครงสร้างดินมีความร่วนซุยเหมาะสมกับการปลูกพืชอีกด้วย และเพื่อความแม่นยำในการจัดการธาตุอาหาร เกษตรกรควรนำตัวอย่างดินส่งตรวจวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร โดยหากพบว่าดินมีธาตุอาหารธาตุใดต่ำก็ควรเติมธาตุอาหารนั้นด้วยการใส่ปุ๋ยเคมีและ/หรือปุ๋ยอินทรีย์ ในปริมาณที่แต่ละพืชต้องการ รวมถึงการใช้ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยละลายฟอสเฟต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยก็จะเป็นการจัดการดินให้เหมาะสมต่อการผลิตพืชได้อย่างยั่งยืนต่อไป

แนวทางการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตเพื่อพัฒนาการผลิตพืชในเขตพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันตก

ในพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันตกของไทยเป็นพื้นที่ศักยภาพในการผลิตพืชสูงทั้งพืชไร่ ไม้ผล พืชผักต่าง ๆ โดยลักษณะของดินก็มีความหลากหลาย ตั้งแต่ที่ดินที่เป็นพื้นที่ราบลุ่มของฝั่งของแม่น้ำเจ้าพระยาจะมีลักษณะเป็นดินเหนียวค่อนข้างมาก พื้นที่ลักษณะนี้พบดินที่เป็นดินเปรี้ยวจัดได้ โดย สถิระ (2558) รายงานว่าเฉพาะพื้นที่เขตภาคกลางมีดินที่เป็นดินเปรี้ยวจัดมีพื้นที่ประมาณ 3.1 ล้านไร่ เกษตรกรที่ทำการเกษตรในพื้นที่นี้ก็มีการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตอย่างต่อเนื่อง จึงมีการตรึงธาตุฟอสเฟตส่งผลให้มีการสะสมของธาตุอาหารฟอสเฟตในดินอยู่บ้าง การใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการลดต้นทุนการผลิต เนื่องจากลดการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตลงได้ โดยเฉพาะธาตุอาหารฟอสเฟตเป็นธาตุอาหารในปุ๋ยเคมีที่มีราคาต่อกิโลกรัมสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุไนโตรเจนและธาตุโพแทสเซียม นอกจากพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาแล้วในพื้นที่ดอน เช่น นครสวรรค์ ลพบุรี สระบุรี กาญจนบุรี ราชบุรี ที่มีดินเป็นลักษณะด่าง เนื้อดินมีหินปูนปะปนอยู่ จึงเป็นพื้นที่ที่ควรส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต เพื่อละลายธาตุฟอสเฟตที่สะสมอยู่ในดินมาใช้ให้เป็นประโยชน์ โดยควรใช้ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดใช้ฟอสฟอรัสของพืช รวมถึงการใส่ปุ๋ยเคมีและ/หรือปุ๋ยอินทรีย์ให้ถูกต้องทั้งปริมาณ เช่น ใส่ตามค่าวิเคราะห์ดิน และช่วงเวลาที่พืชต้องการ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชอย่างยั่งยืนต่อไป

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

กฤตย์ สมสาร์. 2549. ฟอสฟอรัสในดิน. กรมวิทยาศาสตร์บริการ. ระบบออนไลน์.แหล่งข้อมูล : http://www.dss.go.th/images/st-article/cp_9_2549_Phosphorus.pdf. (11 มิถุนายน 2563).

กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน. 2559. คู่มือปุ๋ยชีวภาพ. กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

ภาวนา ลิกขนานนท์. 2545. เอกสารวิชาการปุ๋ยชีวภาพ. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 371-377.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2552. ธาตุอาหารพืช. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา อรรถศิษฐ์ วงมณีโรจน์ และเชาวลิต ฮงประยูร. 2556. ปุ๋ยเพื่อการพัฒนาการเกษตรยั่งยืน. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 519 หน้า.

ละเอียด ปั้นสุข จันทนา ใจจิตร อรัญญา ภู่วิไล เครือวัลย์ บุญเงิน และวันชัย ถนอมทรัพย์. 2557.ทดสอบเทคโนโลยีการฟื้นฟูต้นส้มโอพันธุ์ท้องถิ่น จ.ชัยนาท. รายงานผลการดำเนินงาน ประจำปีงบประมาณ 2557 กลุ่มวิชาการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 ชัยนาท. หน้า 68-77.

วัชรา สุวรรณอาสน์. 2563. เอกสารรายงานความก้าวหน้างานวิจัย ปี 2562. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 ชัยนาท. กรมวิชาการเกษตร

สถิระ อุดมศรี. 2558. สถานการณ์ทรัพยากรดินของประเทศไทย ปี 2557. เอกสารประกอบการบรรยายวิชาปฐพีวิทยาสิ่งแวดล้อม สาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

บทที่ 6
ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

วราภรณ์ เรือนแก้ว[1/] และนิลุบล ทวีกุล[2/]

ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม เป็นปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยแบคทีเรียในวงศ์ (Family) ไรโซเบียซีอี (Rhizobiaceae) มีความสามารถพิเศษในการเข้าไปสร้างปมที่รากพืชตระกูลถั่วได้ และเจริญอยู่ภายในปมรากพืชแบบพึ่งพาอาศัยกัน (symbiosis) สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาเป็นปุ๋ยให้แก่พืชโดยอาศัยเอนไซม์ไนโตรจีเนส (nitrogenase) การตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมจะมีความเฉพาะเจาะจง โดยที่ไรโซเบียมแต่ละชนิดมีความเหมาะสมกับพืชตระกูลถั่วแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกันไป การเลือกใช้ไรโซเบียมอย่างถูกวิธีสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนลงได้ กรมวิชาการเกษตรได้แนะนำให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคลุกเมล็ดถั่วก่อนปลูก ซึ่งช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ทำให้ผลผลิตของพืชตระกูลถั่วเพิ่มมากขึ้น และยังสามารถเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วย (จิระศักดิ์, 2542)

ภาพที่ 6.1 ปมที่รากของพืชตระกูลถั่วที่ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมและภาพผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมของกรมวิชาการเกษตร ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2535)

วิธีการตรึงไนโตรเจน

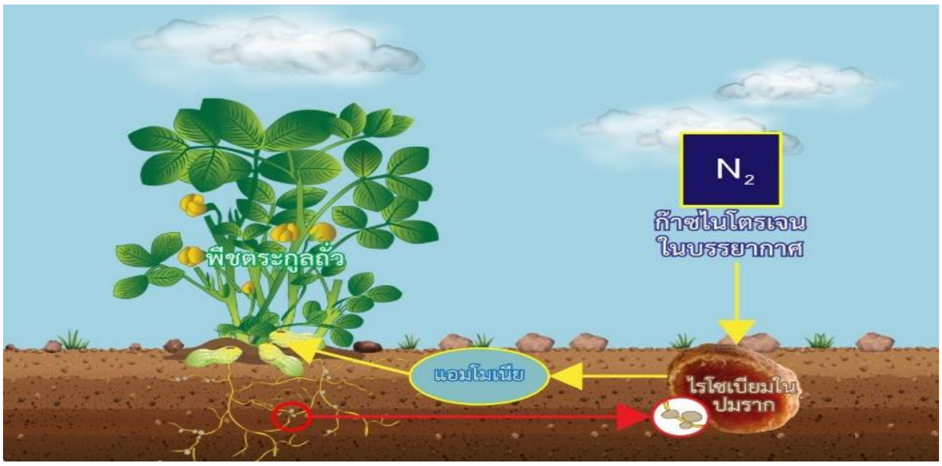
ไรโซเบียมสามารถเข้าสร้างปมรากกับพืชตระกูลถั่วได้ และเจริญอยู่ภายในปมรากแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (symbiosis) ควบคุมปฏิกิริยาการเปลี่ยนก๊าซไนโตรเจนที่มีอยู่ในบรรยากาศถึง 78 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักให้เป็นสารประกอบไนโตรเจน เพื่อให้พืชใช้ในการเจริญเติบโตได้ โดยจะสังเกตเห็นปมถั่วได้เมื่อต้นถั่วอายุประมาณ 15-25 วัน ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดินและถั่วที่ปลูก ถ้าดินมีไนโตรเจนสูง การเกิดปมจะช้าและปริมาณปมจะลดลง ดังนั้น ยิ่งมีปมที่รากถั่วมากก็จะมีไรโซเบียมช่วยตรึงไนโตรเจนให้แก่ต้นถั่วได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมยังขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญคือ ระดับธาตุอาหารไนโตรเจนในดิน ถ้าดินขาดไนโตรเจนมาก การตรึงไนโตรเจนจะมีมากที่สุด ถ้าดินมีไนโตรเจนเพียงพอกับความต้องการของพืช การตรึงไนโตรเจนจะน้อยหรือไม่มีเลย และถ้ามีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนลงไปในปริมาณมาก ไรโซเบียมในรากถั่วจะไม่ตรึงไนโตรเจน จากกิจกรรมดังกล่าวของไรโซเบียม จะเห็นได้ว่าเราไม่จำเป็นต้องใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนในการปลูกพืชตระกูลถั่ว เพราะธาตุอาหารไนโตรเจนที่ไรโซเบียมสร้างได้ มีปริมาณมากกว่าความต้องการของต้นถั่ว (บุปผา, มปป.)

[1/] นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5

[2/] ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคกลาง) สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5

รูปแบบผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมอาจอยู่ในรูปของแบคทีเรียที่ผสมกับวัสดุพาของแข็ง (solid-based inoculant) เช่น ดิน ดินเหนียว ถ่าน ถ่านหิน เพอร์ไลท์ หินฟอสเฟต หรือพีทมอส เป็นต้น ข้อดีคือทำให้ปุ๋ยชีวภาพมีอายุการเก็บรักษาได้นานเป็นปีโดยไม่ต้องแช่ตู้เย็น ปัจจุบันได้มีการผลิตปุ๋ยชีวภาพในรูปแบบของเหลว (liquid inoculant) ซึ่งเชื้อแบคทีเรียที่ต้องการจะอยู่ในรูปของเหลว โดยสามารถนำเชื้อแบคทีเรียในรูปของเหลวไปคลุกกับเมล็ดได้โดยตรง โดยไม่จำเป็นต้องใช้สารช่วยติดเมล็ด หรือสารเหนียว (adhesive) เชื้อแบคทีเรียจะสามารถยึดเกาะกับผิวเมล็ดได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้พบว่าสารหลายชนิดสามารถนำมาประกอบเป็นสูตรอาหารสำหรับเก็บรักษาเชื้อแบคทีเรียในรูปของเหลวได้ โดยสารเหล่านี้จะต้องสามารถส่งเสริมการเจริญ และการดำรงชีวิตของเชื้อ รวมทั้งปกป้องเซลล์จากสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่าง ๆ ในดิน แต่อย่างไรก็ดีพบว่าอายุการเก็บรักษาของปุ๋ยชีวภาพในรูปของเหลวนี้จะสั้นกว่าในรูปหัวเชื้อที่เป็นของแข็ง โดยมีอายุการเก็บรักษาเพียง 6 เดือน หากไม่ได้แช่ตู้เย็น



ภาพที่ 6.2 แสดงวิธีการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมและอธิบายปมรากที่มีประสิทธิภาพสูงในการตรึงไนโตรเจน คือปมขนาดใหญ่ ติดอยู่กับรากแก้ว และภายในปมจะมีสีชมพูหรือสีแดงเข้ม ที่มา : บุปผา (มปป.)

ประโยชน์ของปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในพืชตระกูลถั่ว

การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในพืชตระกูลถั่ว สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและทำให้ปริมาณไนโตรเจนในลำต้นถั่วเพิ่มขึ้น และช่วยเพิ่มผลผลิต นอกจากนั้นยังช่วยปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดถั่วได้ โดยทำให้มีปริมาณโปรตีนในเมล็ดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ไรโซเบียมยังมีบทบาทสำคัญในระบบเกษตรยั่งยืน เนื่องจากสารประกอบไนโตรเจนที่ไรโซเบียมตรึงได้จะถูกสะสมในต้นถั่ว และเมื่อไถกลบก็จะถูกย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนลงสู่ดิน ทำให้ดินคงความอุดมสมบูรณ์อยู่ได้นาน เหมาะแก่การเพาะปลูกพืชอื่นต่อไป

ภาพที่ 5.3 การเจริญเติบโตของต้นถั่วเหลืองที่ใช้และไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ที่มา : จิตรา (2559)

วิธีการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

การเลือกซื้อปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมให้ตรงกับชนิดของถั่วที่จะผลิต เพราะไรโซเบียมแต่ละชนิดเหมาะสมกับถั่วเฉพาะที่ระบุไว้บนถุงของผลิตภัณฑ์เท่านั้น และต้องยังไม่หมดอายุ โดยดูวันหมดอายุบนถุง ถ้าไม่มีระบุหรือไม่ชัดเจนไม่ควรใช้ เนื่องจากเชื้อไรโซเบียมชอบอากาศเย็นจึงควรเก็บไว้ในที่เย็น เช่น เก็บไว้ในที่ร่มหรือใต้ถุนบ้าน ที่อุณหภูมิระหว่าง 20-30 องศาเซลเซียส ซึ่งจะสามารถเก็บไว้ได้ประมาณ 6 เดือน ถ้าเก็บไว้ในตู้เย็น (อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส) จะอยู่ได้นานถึง 1 ปี สิ่งที่ต้องระวังคือห้ามวางถุงปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมตากแดด เพราะเชื้อจะถูกทำลายโดยความร้อน เมื่อเปิดถุงแล้วควรใช้เชื้อให้หมด แต่ถ้าใช้ไม่หมดต้องใช้ยางรัดถุงให้แน่นและเก็บไว้ในที่เย็น เพราะเชื้อจะแห้งตายได้ง่าย

การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมให้ได้ประโยชน์สูงสุดนั้น จะต้องทำให้เชื้อไรโซเบียมเข้าสู่รากเพื่อสร้างปมให้ได้มากที่สุด ซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีการใช้เชื้อ โดยจะต้องทำให้เชื้ออยู่ใกล้เมล็ดมากที่สุด เมื่อรากถั่วเริ่มงอกไรโซเบียมที่อยู่กับเมล็ดก็จะสามารถเข้าสู่รากได้ทันที วิธีการใช้โดยทั่วไปมี 2 วิธี คือ

1. การคลุกเมล็ด วิธีการที่จะทำให้เชื้อไรโซเบียมติดเมล็ดได้ดี จะต้องใช้สารช่วยเกาะยึดในการคลุกเมล็ดด้วย และสารที่ใช้จะต้องไม่เป็นพิษต่อไรโซเบียม สารที่หาได้ง่ายและนิยมใช้กันทั่วไปคือ น้ำมันพืช หรือน้ำเชื่อมจาง ๆ โดยมีขั้นตอนการคลุกเมล็ดง่าย ๆ ดังนี้

1.1 เตรียมสารช่วยยึดเกาะเมล็ด เช่น น้ำ น้ำมันพืช หรือน้ำเชื่อมเจือจางโดยใช้น้ำตาลทราย ประมาณ 3-5 ช้อนแกง ผสมน้ำให้ได้น้ำเชื่อมประมาณ 300 มิลลิลิตร สำหรับเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 15 กิโลกรัม หรือเมล็ดพันธุ์ถั่วอื่น ๆ ในอัตราสำหรับปลูกหนึ่งไร่

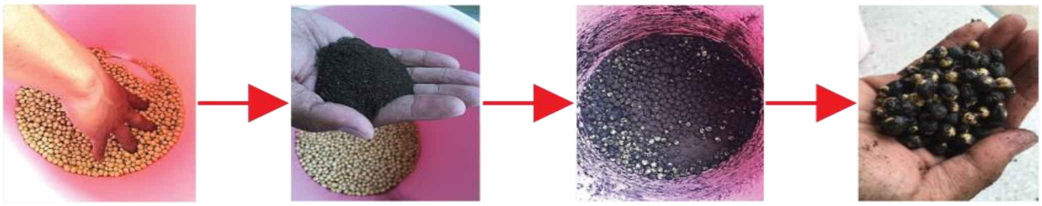
1.2 เทน้ำมันพืช หรือน้ำเชื่อม ลงคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วที่เตรียมไว้คลุกเคล้าเบา ๆ ให้เคลือบผิวเมล็ดพันธุ์

1.3 โรยเชื้อไรโซเบียมลงบนเมล็ดพันธุ์ถั่วในอัตรา เชื้อไรโซเบียม 1 ถุงต่อเมล็ดพันธุ์สำหรับปลูก 1 ไร่ (ตารางที่ 6.1)

1.4 คลุกเคล้าเบา ๆ ให้เชื้อไรโซเบียมติดเมล็ดพันธุ์อย่างทั่วถึง อย่าคลุกรุนแรงเพราะจะทำให้เมล็ดแตกหรือสูญเสียความงอกและความแข็งแรง

1.5 เมล็ดพันธุ์ที่คลุกเชื้อแล้วควรนำไปปลูกทันทีหรือภายในวันนั้น ระหว่างรอการปลูกควรเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ในที่ร่ม และปลูกในขณะที่ดินยังมีความชื้น

2. การใส่ลงไปในดิน เป็นวิธีการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมลงสู่ดินโดยตรง แต่ก็ยึดถือหลักการเดียวกันที่ว่าต้องให้ไรโซเบียมอยู่ใกล้เมล็ดที่สุด โดยใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมลงไปในหลุมปลูก ก่อนหรือหลังการหยอดเมล็ดก็ได้ ข้อจำกัดของการใส่เชื้อลงสู่ดินคือ มีการใช้แรงงานเพิ่มมากขึ้น แต่ถ้าเกษตรกรสามารถทำได้จะดีมาก เพราะปกติขณะทำการปลูกพืชอุณหภูมิดินมักจะสูง บางครั้งดินแห้ง และการคลุกเชื้อบางครั้งอาจทำให้เมล็ดเสียหายได้ ดังนั้นการใส่เชื้อลงสู่ดินโดยตรงจะโดยการผสมกับน้ำหรือวัสดุอื่น ๆ ก็ตามเป็นวิธีการที่ดีและช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้



ก) พรมน้ำให้ทั่ว | ข) ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม | ค) คลุกให้ติดเมล็ด | ง) นำไปปลูกให้หมดทันที

ภาพที่ 6.4 วิธีการคลุกปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมกับเมล็ดถั่วเหลือง ดังนี้ ก) พรมน้ำให้ทั่ว ข) ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ค) คลุกให้ติดเมล็ดและ ง) นำไปปลูกให้หมดทันที ที่มา : บุปผา, (มปป.)

ตารางที่ 6.1 อัตราการใช้เมล็ดพันธุ์ถั่วแต่ละชนิดต่อปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

ชนิดถั่ว	ปริมาณการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม
ถั่วเหลือง	คลุกเมล็ด 10-12 กิโลกรัม ด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วเหลือง 1 ถุง
ถั่วเขียว	คลุกเมล็ด 3-5 กิโลกรัม ด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียว 1 ถุง
ถั่วลิสง	คลุกเมล็ด 10-15 กิโลกรัม ด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วลิสง 1 ถุง
ปอเทือง	คลุกเมล็ด 2 กิโลกรัม ด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับปอเทือง 1 ถุง
ถั่วเหลืองฝักสด	คลุกเมล็ด 10-12 กิโลกรัม ด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วเหลืองฝักสด 1 ถุง
ถั่วพร้า	คลุกเมล็ด 10 กิโลกรัม ด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วพร้า 1 ถุง

ภาพที่ 6.5 ผลิตภัณฑ์และข้อบ่งชี้ที่ต้องสังเกตบนถุงผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม
ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2548)

การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในการผลิตพืชตระกูลถั่วในเขตพื้นที่ภาคกลาง

การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะช่วยลดต้นทุนการผลิตพืชจากการใช้ปุ๋ยเคมีได้ เพราะปัจจุบันปุ๋ยเคมีมีราคาแพง ส่งผลให้เกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณค่อนข้างจำกัด และในภาวะวิกฤติเศรษฐกิจเช่นนี้ การลดต้นทุนการผลิตที่จะลดการใช้ปุ๋ยเคมีโดยที่ไม่กระทบต่อปริมาณผลผลิตที่จะได้รับจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ นอกจากนั้นยังช่วยในการฟื้นฟูปรับปรุงบำรุงสภาพดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินได้อย่างยั่งยืนต่อไป เนื่องจากพื้นที่ภาคกลางในหลายพื้นที่มีลักษณะเป็นดินเหนียวหรือร่วนเหนียว เนื้อดินแน่นจึงทำให้การระบายน้ำไม่ดี หรือมีปริมาณไนโตรเจนสูง ดังนั้นผลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมต่อการเจริญเติบและผลผลิตของถั่วอาจไม่ปรากฏเด่นชัด ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลการศึกษาของ ศริษา และคณะ (2556) ในถั่วเขียวที่ปลูกในจังหวัดชัยนาทและอุทัยธานี พบว่าการให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินหรือการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมทดแทนปุ๋ยไนโตรเจนแต่ยังคงใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ฉัตรชีวิน และคณะ (2562) ทำการทดสอบถั่วลิสงในแปลงเกษตรกร 10 ราย ในจังหวัดชัยนาท พบว่าการใส่ปุ๋ยโดยวิธีของกรมวิชาการเกษตรที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมและใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินที่ลดปริมาณปุ๋ยลงตามคำแนะนำมีแนวโน้มให้ผลผลิตฝักสดเฉลี่ย ผลผลิตฝักแห้งเฉลี่ย จำนวนฝักเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ย และน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ยสูงกว่าวิธีของเกษตรกรที่ใช้วิธีฉีดพ่นปุ๋ยทางใบ สูตร 25-5-5 หรือ สูตร 15-30-15 โดยแบ่งพ่น 4-6 ครั้ง (ตารางที่ 6.2) และมีผลต่อข้อมูลในด้านเศรษฐศาสตร์ในทำนอง

เดียวกัน (ตารางที่ 6.3) แต่การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมมีข้อได้เปรียบคือช่วยฟื้นฟูและปรับปรุงสภาพดิน รวมถึงช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินได้อย่างยั่งยืน

ตารางที่ 6.2 องค์ประกอบผลผลิต การทดสอบการใช้ปุ๋ยที่เหมาะสมกับการผลิตถั่วลิสงจังหวัดชัยนาท ปี 2562

เกษตรกร	จำนวนหลุม/ไร่		จำนวนฝัก/หลุม		ผลผลิตฝักสด (กก./ไร่)		ผลผลิตฝักแห้ง (กก./ไร่)		% กะเทาะ		น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	
	เกษตรกร	ทดสอบ	เกษตรกร	ทดสอบ	เกษตรกร	ทดสอบ	เกษตรกร	ทดสอบ	เกษตรกร	ทดสอบ	เกษตรกร	ทดสอบ
1.นายสมศักดิ์	61,600	55,600	6.00	7.50	1,106	944	459	472	66.27	60.00	44.80	44.19
2.นายสังเวียน	14,000	40,000	7.80	8.00	160	504	70	252	38.57	70.00	40.20	50.10
3.นายกฤษฎา	36,400	38,400	6.10	7.00	440	400	176	140	55.68	68.57	29.18	39.07
4.นายสมศรี	31,000	24,000	6.70	4.00	580	384	196	160	58.16	55.00	43.98	35.44
5.นายกิตติ	60,600	65,200	9.10	8.80	780	900	351	360	70.00	72.50	34.15	34.84
6.นายบุญชอบ	52,200	47,800	12.90	19.15	1,090	929	556	460	75.00	58.00	40.12	30.72
7.นางอำพันธ์	50,200	60,800	9.40	8.00	940	1,052	470	473.4	55.00	55.56	35.61	40.12
8.นางประยงค์	60,600	63,800	12.40	11.65	940	1,110	399.6	428.4	62.75	72.73	29.65	33.23
9.นายทวิช	57,400	47,000	6.60	9.70	640	416	211.2	130	43.94	27.69	27.98	26.24
10.นายไพโรจน์	40,600	43,200	8.10	7.40	400	516	140	206.4	52.14	51.25	27.50	25.48
เฉลี่ย	46,460	48,580	8.51	9.12	707.60	715.50	302.9	308.2	57.75	59.13	35.32	35.94
t-test	ns		ns		ns		ns		ns		ns	

ตารางที่ 6.3 ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ การทดสอบการใช้ปุ๋ยที่เหมาะสมกับการผลิตถั่วลิสงจังหวัดชัยนาท ปี 2562

เกษตรกร	ผลผลิตฝักสด (กก./ไร่)		รายได้ (บาท/ไร่)		ต้นทุน (บาท/ไร่)		ผลตอบแทน (บาท/ไร่)		BCR	
	เกษตรกร	ทดสอบ	เกษตรกร	ทดสอบ	เกษตรกร	ทดสอบ	เกษตรกร	ทดสอบ	เกษตรกร	ทดสอบ
1.นายสมศักดิ์	1,106	944	24,194	20,650	9,198	8,773	14,996	11,877	2.63	2.35
2.นายสังเวียน	160	504	3,500	11,025	6,025	7,179	(2,525)	3,846	0.58	1.54
3.นายกฤษฎา	440	400	9,625	8,750	7,025	6,843	2,600	1,907	1.37	1.28
4.นายสมศรี	580	384	12,688	8,400	6,695	5,913	5,993	2,487	1.90	1.42
5.นายกิตติ	780	900	17,063	19,688	10,505	11,239	6,558	8,449	1.62	1.75
6.นายบุญชอบ	1,090	929	23,844	20,322	10,188	9,748	13,656	10,574	2.34	2.08
7.นางอำพันธ์	940	1,052	20,563	23,013	7,855	8,458	12,708	14,555	2.62	2.72
8.นางประยงค์	940	1,110	20,563	24,281	8,655	9,557	11,908	14,725	2.38	2.54
9.นายทวิช	640	416	14,000	9,100	6,730	6,154	7,270	2,946	2.08	1.48
10.นายไพโรจน์	400	516	8,750	11,288	6,480	7,098	2,270	4,190	1.35	1.59
เฉลี่ย	707.6	715.5	15,479	15,652	7,936	8,096	7,543	7,555	1.95	1.93

ข้อควรระวังในการเลือกซื้อและเก็บรักษาปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

1. ควรเลือกใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมให้ตรงกับชนิดของถั่วที่ระบุไว้บนถุงผลิตภัณฑ์เท่านั้น
2. เลือกใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมที่ยังไม่หมดอายุ ซึ่งระบุบนถุงผลิตภัณฑ์
3. เก็บผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมไว้ในที่ร่มและมีอุณหภูมิเย็น สามารถเก็บในตู้เย็นได้ ไม่ควรวางถุงผลิตภัณฑ์ตากแดด
4. ถุงผลิตภัณฑ์ที่เปิดใช้แล้วควรใช้ให้หมด หากใช้ไม่หมด ควรปิดปากถุงให้สนิทและเก็บไว้ในที่เย็น เนื่องจากเชื้อไรโซเบียมจะแห้งและตายได้ง่ายเมื่อเปิดปากถุงทิ้งไว้

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. เอกสารวิชาการลำดับที่ 001/2553 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 122 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2535. การใช้เชื้อไรโซเบียมเพื่อเพิ่มผลผลิตให้แก่พืชตระกูลถั่ว. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมและผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จิตรา เกาะแก้ว มนต์ชัย มนัสสิลา อมรรัตน์ ใจยะเสน ธนวัฒน์ เสนเผือก และภัสชญภณ หมื่นแจ้ง. 2559. การคัดเลือกสายพันธุ์ไรโซเบียมและผลการใช้ไรโซเบียมร่วมกับปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ต่อการเกิดปมและประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์เชียงใหม่ 84-2. เอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 54.หน้า 350-357.

จิระศักดิ์ อรุณศรี. 2542. ชีววิทยาและการใช้ประโยชน์ของเชื้อไรโซเบียม: เอกสารวิชาการปุ๋ยชีวภาพ กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. 24-62.

ฉัตรชีวิน ดาวใหญ่ วัชรา สุวรรณ์อาศน์ และอุกกฤษ ดวงแก้ว. 2562. รายงานผลการทดสอบการใช้ปุ๋ยที่เหมาะสมกับการผลิตถั่วลิสงจังหวัดชัยนาท รอบ 12 เดือน. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร.

บุปผา มงคลศิลป์. มปป. ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมกับพืชตระกูลถั่ว. กลุ่มส่งเสริมการผลิตพืชน้ำมันและพืชตระกูลถั่ว สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร.

ศริษา สังข์วิเศษ ศิริลักษณ์ จิตรอักษร และวิลัยรัตน์ แป้นแก้ว. 2556. การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมร่วมกับการจัดการดินในการเพิ่มผลผลิตถั่วเขียวผิวมันในพื้นที่เขตชลประทานและเขตน้ำฝน. เอกสารรายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุดปี 2565 กรมวิชาการเกษตร. 14 หน้า.

สมปอง หมื่นแจ้ง. 2552. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยชีวภาพในการผลิตพืช 2552. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕ อำเภอสรรพยา จังหวัดชัยนาท ๑๗๑๕๐
Fax. ๐๕๖-๔๐๕๐๗๑, โทร. ๐๕๖-๔๐๕๐๗๐, ๔๐๕๐๗๒-๓ Email : oard5@doa.in.th

ที่ กษ ๐๙๒๑/ ๑๖๔ **วันที่** ๓ มกราคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขอส่งสำเนาคำสั่ง

เรียน ผชช./ผอ.ศวพ.ปทุมธานี/ผอ.ศวพ.นครปฐม/ผอ.ศวพ.นครสวรรค์/ผอ.กวช./ผอ.กปบ.

สวพ.๕ ขอส่งสำเนาคำสั่ง สวพ.๕ ที่ ๑/๒๕๖๓ ลว. ๒ ม.ค. ๒๕๖๓ เรื่อง แต่งตั้งคณะทำงานจัดการความรู้ เรื่อง การใช้ปุ๋ยชีวภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชในเขตภาคกลางและภาคตะวันตก ตามเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้ จำนวน ๑ ชุด

จึงเรียนมาเพื่อทราบ และแจ้งผู้เกี่ยวข้องทราบด้วย

(นายปัญญา พุกสุ่น)
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕

คำสั่งสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕

ที่ ๖ /๒๕๖๓

เรื่อง แต่งตั้งคณะทำงานจัดการความรู้เรื่อง การใช้ปุ๋ยชีวภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืช ในเขตภาคกลางและภาคตะวันตก

ด้วยในปีงบประมาณ ๒๕๖๓ กรมวิชาการเกษตรได้กำหนดตัวชี้วัด (บังคับ) คือ ตัวชี้วัดระดับความสำเร็จของการจัดการความรู้ ไว้แล้วนั้น

เพื่อให้การดำเนินการตามแผนการจัดการความรู้ของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕ บรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมาย และสามารถนำองค์ความรู้ที่กำหนดไปใช้ประโยชน์ในการปฏิบัติราชการตามประเด็นยุทธศาสตร์ของส่วนราชการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตรงตามวัตถุประสงค์ของการจัดการความรู้สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕ จึงแต่งตั้งคณะทำงานจัดการความรู้ (KM Team) เรื่อง การใช้ปุ๋ยชีวภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชในเขตภาคกลางและภาคตะวันตก ดังนี้

๑. ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕ ที่ปรึกษาคณะทำงาน

๒. ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคกลาง) ประธานคณะทำงาน

๓. ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปทุมธานี คณะทำงาน

๔. ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครปฐม คณะทำงาน

๕. ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ คณะทำงาน

๖. ผู้อำนวยการกลุ่มวิชาการ คณะทำงาน

๗. ผู้อำนวยการกลุ่มประสานและบริหารนโยบาย คณะทำงาน

๘. นายนพพร ศิริพานิช นักกีฏวิทยาชำนาญการ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปทุมธานี คณะทำงาน

๙. นายวีระพงษ์ เย็นอ่วม นักวิชาการเกษตรชำนาญการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕ คณะทำงาน

๑๐. นายเพทาย กาญจนเกษร นักวิชาการเกษตรชำนาญการ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครปฐม คณะทำงาน

๑๑. นายณพงษ์ วสยางกูร นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ คณะทำงาน

๑๒. นางสาววารีรัตน์ สมประทุม นักวิชาการเกษตรชำนาญการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕ คณะทำงาน และเลขานุการ

๑๓. นางวิชยา...

๑๓. นางวิชยา	เรืองกิตติบริบูรณ์	นักวิชาการเกษตร สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕	คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ

โดยให้คณะทำงานฯ มีหน้าที่ดังนี้

๑. จัดทำแผนการจัดการความรู้ (KM Action Plan) ตามองค์ความรู้ที่ได้เลือก โดยมีรายละเอียดกิจกรรมการจัดการความรู้ทุกขั้นตอน

๒. ประสานงานกับผู้ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินกิจกรรมตามแผนการจัดการความรู้ให้สำเร็จครบถ้วนทุกกิจกรรม และครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมายตามแผนการจัดการความรู้

๓. ติดตามความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง โดยรวบรวมหลักฐานการดำเนินกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนตามแผนการจัดการความรู้ส่งกลุ่มพัฒนาระบบบริหาร กรมวิชาการเกษตร

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๒ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๓

(นายปัญญา พุกสุ่น)
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕ อำเภอสรรพยา จังหวัดชัยนาท ๑๗๑๕๐
Fax. ๐๕๖-๔๐๕๐๗๑ โทร. ๐๕๖-๔๐๕๐๗๐, ๔๐๕๐๗๒-๓ Email : oard5@doa.in.th
ที่ กษ ๐๙๒๑/ ๑๒๓๔ **วันที่** ๒๖ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๓
เรื่อง ขอส่งสำเนาคำสั่ง

เรียน ผชช./ผอ.ศวพ.ปทุมธานี/ผอ.ศวพ.นครปฐม/ผอ.ศวพ.นครสวรรค์/ผอ.กวช./ผอ.กปบ.

สวพ.๕ ขอส่งสำเนาคำสั่ง สวพ.๕ ที่ ๑๑/๒๕๖๓ ลว. ๒๖ ก.พ. ๒๕๖๓ เรื่อง แต่งตั้งคณะทำงานจัดการความรู้ เรื่อง การใช้ปุ๋ยชีวภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชในเขตภาคกลางและภาคตะวันตก (เพิ่มเติม) ตามเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้ จำนวน ๑ ชุด

จึงเรียนมาเพื่อทราบ และแจ้งผู้เกี่ยวข้องทราบด้วย

(นายปัญญา พุกสุ่น)
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕

คำสั่งสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕

ที่ ๑๑/๒๕๖๓

เรื่อง แต่งตั้งคณะทำงานจัดการความรู้เรื่อง การใช้ปุ๋ยชีวภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืช ในเขตภาคกลางและภาคตะวันตก (เพิ่มเติม)

ตามคำสั่งสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕ ที่ ๑/๒๕๖๓ ลงวันที่ ๒ มกราคม ๒๕๖๓ เรื่อง แต่งตั้งคณะทำงานจัดการความรู้เรื่อง การใช้ปุ๋ยชีวภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชในเขตภาคกลางและภาคตะวันตก ไว้แล้วนั้น

เพื่อให้การปฏิบัติงานติดตามผลการดำเนินงานและการใช้ปุ๋ยชีวภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชในเขตภาคกลางและภาคตะวันตก เป็นไปด้วยความเรียบร้อย บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕ จึงแต่งตั้งคณะทำงานเพิ่มเติม จำนวน ๑ ราย ดังนี้

๑. นายไชยา	บุญเลิศ	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์	คณะทำงาน

โดยให้คณะทำงานฯ มีหน้าที่ดังนี้

๑. จัดทำแผนการจัดการความรู้ (KM Action Plan) ตามองค์ความรู้ที่ได้เลือก โดยมีรายละเอียดกิจกรรมการจัดการความรู้ทุกขั้นตอน

๒. ประสานงานกับผู้ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินกิจกรรมตามแผนการจัดการความรู้ให้สำเร็จครบถ้วนทุกกิจกรรม และครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมายตามแผนการจัดการความรู้

๓. ติดตามความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง โดยรวบรวมหลักฐานการดำเนินกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนตามแผนการจัดการความรู้ส่งกลุ่มพัฒนาระบบบริหาร กรมวิชาการเกษตร

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๒๖ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๓

(นายปัญญา พุกสุ่น)

ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕

ผู้ให้ข้อมูล/แหล่งข้อมูล

นางนิลุบล	ทวีกุล	ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคกลาง) สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕
นางปัญจพร	เลิศรัตน์	ผู้เชี่ยวชาญด้านดินและปุ๋ย กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นางสาวศุภกาญจน์	ล้วนมณี	ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นางเพ็ญลักษณ์	ชูดี	ผู้อำนวยการกลุ่มวิชาการ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาญจนบุรี
นางสุปราณี	มั่นหมาย	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นางสาวศิริลักษณ์	แก้วสุรลิขิต	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นางสาวกัลยกร	โปร่งจันทึก	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นายเพทาย	กาญจนเกษร	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครปฐม
นายนพพร	ศิริพานิช	นักกีฏวิทยาชำนาญการ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปทุมธานี
นางสาววารีรัตน์	สมประทุม	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕
นายวีระพงษ์	เย็นอ่วม	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕
นายณพงษ์	วสยางกูร	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์
นายไชยา	บุญเลิศ	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์
นายวรากรณ์	เรือนแก้ว	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕

ผู้ตรวจสอบข้อมูล

นางนิลุบล	ทวีกุล	ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคกลาง)
นางสาววารีรัตน์	สมประทุม	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕

จัดทำรูปเล่ม/ออกแบบปกหน้า/หลัง

นางวิชยา	เรืองกิตติบริบูรณ์	นักวิชาการเกษตร สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๕

ปุ๋ยชีวภาพ
ไรโซเบียม
ปุ๋ยชีวภาพ
ปุ๋ยชีวภาพ
พีจีพีอาร์-ทู
ปุ๋ยชีวภาพ
พีจีพีอาร์-ทรี