

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. ชุดโครงการวิจัย : ชุดโครงการวิจัยและพัฒนาพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ
2. โครงการวิจัย : โครงการวิจัยและพัฒนาพืชสมุนไพรและเครื่องเทศที่มีศักยภาพ
กิจกรรม : ศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิตพืชสมุนไพรตามการใช้ประโยชน์
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : ผลของชนิดและอัตราปุ๋ยเคมีและอินทรีย์ที่มีต่อการเพิ่มผลผลิตและสารสำคัญในติป्ली
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Effect of Type and Ratio of Chemical Fertilizer and Organic Fertilizer on Yield and Active Ingredient in Long pepper (*Piper retrofractum* Vahl.)
4. คณะผู้ดำเนินงาน
หัวหน้าการทดลอง : นางสาวปิยะมาศ โสมภีร์¹
ผู้ร่วมงาน : นางสาวมาลย์พร เชื้อบัณฑิต¹
นางอริติ กอร์ปไพบูลย์¹
นางนาทะพี สุขจิตไพบูลย์ผล¹
นางสาวแสงมณี ชิงดวง²
5. บทคัดย่อ

ติป्ली จัดเป็นสมุนไพรและเครื่องเทศที่มีความสำคัญและจำเป็นในตำรับยาอายุรเวท แต่การเก็บเกี่ยวฝักติป्लीเพื่อนำมาเป็นยาสมุนไพรยังมีคำแนะนำที่ไม่ตรงกัน รวมไปถึงการใส่ปุ๋ยเพื่อบำรุงต้น ให้ได้ออกดอกตลอดปียังมีการศึกษาน้อย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมเพื่อนำไปผลิตเป็นยาสมุนไพร และศึกษาผลของอัตราปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตและสารสำคัญในติป्ली ในการทดลองครั้งนี้แบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน คือ

¹ ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร อ.ขลุง จ.จันทบุรี

² สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ

1) ศึกษาระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของตึปลีเพื่อให้ได้ผลผลิตตามมาตรฐานตำรายาสมุนไพรไทย ทำการทดลองที่ศูนย์พัฒนาไม้ผลเศรษฐกิจภาคตะวันออก จ.จันทบุรี โดยทำการเปรียบเทียบระยะเก็บเกี่ยวฝักตึปลี 4 ระยะ คือ สีเขียว (91-98 วัน) สีเขียวอมส้ม (99-104 วัน) สีส้มอมเขียว (105-112 วัน) และสีส้ม (113-119 วัน) มีขนาดความยาว 38.6, 39.5, 41.5 และ 41.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.5, 9.8, 9.8 และ 9.8 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งระยะสีส้มเป็นระยะที่มีน้ำหนักมากที่สุด 3.3 และ 1.0 กรัมต่อฝัก ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพและเคมี ของตึปลีทั้ง 4 ระยะ กับ ค่ามาตรฐานยาสมุนไพรไทย พบว่า ระยะสีเขียว และสีเขียวอมส้มผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 6 ข้อ ส่วนระยะสีส้มอมเขียวและระยะสีส้ม ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 5 ข้อ ซึ่งในแต่ละระยะจะมีข้อเด่นและข้อด้อยแตกต่างกันออกไป ดังนี้ ระยะสีเขียวเป็นระยะที่มีปริมาณสารสกัดน้ำ และไฟเพอรินดีที่สุด (15.7% และ 3.91% ตามลำดับ) แต่ระยะสีเขียวอมส้มมีขนาดของฝักแห้ง (ยาว 3.8 ซม., เส้นผ่านศูนย์กลาง 7.1 มม.) และปริมาณสารสกัดเอทานอลดีที่สุด (10.65%) ระยะสีส้มอมเขียวมีขนาดฝักแห้งเท่ากับระยะสีเขียวอมส้ม (ยาว 3.8 ซม., เส้นผ่านศูนย์กลาง 7.1 มม.) แต่มีค่าปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในน้ำต่ำ (1.6%) ซึ่งถือว่าเป็นระยะที่ไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงภาวะตกค้างของเกลือแคลเซียมออกซาลेट ที่เป็นสาเหตุของการเกิดนิ่วได้ ส่วนระยะสีส้ม ถึงแม้จะผ่านเกณฑ์เพียง 5 เกณฑ์ แต่ค่าวิเคราะห์ที่อยู่ในเกณฑ์ดีมีถึง 5 ข้อ คือ ขนาดของฝักแห้งไม่แตกต่างกับระยะสีเขียวอมส้ม และสีส้มอมเขียว (ยาว 3.8 ซม., เส้นผ่านศูนย์กลาง 7.1 มม.) แต่มีน้ำหนักฝักสดและฝักแห้งมากกว่าระยะอื่นๆ และมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำ (3.3 ก.ม 1.0 ก. และ 5.81% ตามลำดับ)

ดังนั้นจากการศึกษาระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของตึปลีครั้งนี้ สรุปได้ว่าการเก็บฝักตึปลีต้องเก็บฝักมีอายุ 91 ถึง 119 วัน เพราะทำให้ได้ลักษณะทางกายภาพและเคมีที่ดี เมื่อเกษตรกรเก็บขายและนำมาตากแห้งจะทำให้ได้น้ำหนักผลผลิตที่ดี และมีคุณภาพ

2) ทำการศึกษาค่าผลของปุ๋ยต่อผลผลิตและสารสำคัญในตึปลี โดยทำการวางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 1) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา 50:20:70 กรัม/ค้ำ + มูลวัวแห้ง 2 กิโลกรัม/ค้ำ 2) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา 50:20:70 กรัม/ค้ำ + มูลวัวแห้ง 4 กิโลกรัม/ค้ำ 3) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา 75:75:75 กรัม/ค้ำ + มูลวัวแห้ง 2 กิโลกรัม/ค้ำ 4) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา 75:75:75 กรัม/ค้ำ + มูลวัวแห้ง 4 กิโลกรัม/ค้ำ 5) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา 120:120:120 กรัม/ค้ำ + มูลวัวแห้ง 2 กิโลกรัม/ค้ำ 6) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา 120:120:120 กรัม/ค้ำ + มูลวัวแห้ง 4 กิโลกรัม/ค้ำ 7) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา 180:180:180 กรัม/ค้ำ + มูลวัวแห้ง 2 กิโลกรัม/ค้ำ 8) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา 180:180:180 กรัม/ค้ำ + มูลวัวแห้ง 4 กิโลกรัม/ค้ำ 9) ไม่มีการใส่ปุ๋ยทั้งปุ๋ยเคมีและมูลวัวแห้ง (ชุดควบคุม) ผลการศึกษาพบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 120 กรัม/ค้ำ/ปี ฟอสฟอรัส (P_2O_5) 120 กรัม/ค้ำ/ปี โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา 120 กรัม/ค้ำ/ปี ร่วมกับการใส่มูลวัว 2 กิโลกรัม/ค้ำ ให้ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และปริมาณไฟเพอริน สูงที่สุด คือ 151.75 และ 40.92 กรัม/ต้น และ 3.17 เปอร์เซ็นต์

ตามลำดับ นอกจากนี้ยังทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้นด้วย ดังนั้นการใส่ปุ๋ยดีปัสควรใส่ในอัตราดังกล่าวโดย การใส่ปุ๋ยเคมีควรแบ่งใส่ 4 ครั้ง/ปี และการใส่มูลวัวแห้งแบ่งใส่ 2 ครั้ง/ปี

6. คำนำ

ในปัจจุบันคนไทยมีการบริโภคหรือการใช้จ่ายคนไทยเพิ่มขึ้นจำนวนมาก เนื่องจากยาแผนไทยมีการผลิตจากสมุนไพรต่างๆ ที่มีความปลอดภัย ไม่เป็นอันตรายและในส่วนผสมของยาแผนไทยนั้น มีสมุนไพรมากมายหลายชนิด หนึ่งในนั้น คือ ดีปัส ซึ่งในตำรับยาแผนไทย มีการนำดีปัสไปเป็นส่วนผสมสำคัญในตัวยาหลายตำรับยา ซึ่งดีปัสมีสรรพคุณทางยา คือ ช่วยในการย่อยอาหาร รักษาอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ ขับลมและขับน้ำดี ฯลฯ ดีปัสที่นำมาผลิตยาแผนไทยนั้นมีสารสำคัญ คือ สารอัลคาลอยด์ ชื่อว่า ไพเพอริน (Piperine) เหมือนที่พบในพริกไทย ประมาณ ร้อยละ 3-5 และยังมีน้ำมันหอมระเหยประมาณร้อยละ 1 (Majeed and Prakash, 2000) ซึ่งสารสำคัญดังกล่าว มีผลทำให้ดีปัสมีสรรพคุณทางยา ในการผลิตดีปัสที่ใช้ในทางยาแผนไทยนั้น จำเป็นต้องมีสารสำคัญในปริมาณที่มาก เพื่อใช้ในการผลิตยาแผนไทยที่มีคุณภาพดี แต่การเก็บฝักดีปัสที่จะนำมาใช้เป็นยา ยังไม่มีข้อมูลระยะการเก็บเกี่ยวที่ใช้เป็นมาตรฐานได้ จากเอกสารคำแนะนำของกรมส่งเสริมการเกษตรมีการแนะนำให้เก็บในระยะแก่จัดฝักเริ่มมีสีส้มแดงเรื่อ แต่ยังไม่สุก เนื้อแน่นแข็งไม่นิ่มผลต้องไม่สุกแดงเกินไปหรือเขียวไป (นิรนาม, 2556) แต่ก็มีเอกสารจาก กรมส่งเสริมการเกษตรรายงานว่าหากต้องการเก็บเกี่ยวดีปัสเพื่อให้ได้สารออกฤทธิ์สูงต้องเก็บระยะแก่จัดแต่ไม่สุก สีเหลืองอมส้ม (นิรนาม, 2543) สำหรับในต่างประเทศ เช่น ประเทศอินเดียจะเก็บในระยะสีเขียวเข้ม ให้กลิ่นฉุนมากที่สุด (Anonymous, 2014; Joshi *et al.*, 2013) หรือบางครั้งมีการเก็บในระยะสีเหลืองสำหรับดอกเพศผู้ ส่วนดอกเพศเมียเก็บระยะสีเหลืองอมเขียว (Manoj *et al.*, 2004) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อหาระยะเก็บเกี่ยวที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดีปัสที่ได้มาตรฐานตามตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมยาแผนไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกเหนือจากการเก็บดีปัสให้ถูกระยะที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ตัวยาหรือสารสำคัญสูงแล้ว ในเรื่องของการดูแลรักษาเพื่อให้ได้ผลผลิตมากและมีคุณภาพ โดยเฉพาะเรื่องของการใส่ปุ๋ยเป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากดีปัสเป็นพืชหลายปี และให้ผลผลิตตลอดปี ปุ๋ยที่เกษตรกรใช้ในการปลูกดีปัสมีทั้งปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีสูตรเสมอ ปริมาณและอัตราส่วนเท่าใดจึงจะเหมาะสมต่อการให้ผลผลิตดีปัสที่มีคุณภาพและมีสารสำคัญสูงนั้นยังมีความศึกษาน้อยมาก งานวิจัยที่ผ่านมาจะมีการทดลองส่วนมากในพริกไทย เช่น สานิตย์ (2542) ได้ทดลองศึกษาผลของการให้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับ ปูนโดโลไมท์ต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมีในพริกไทย โดยทดลองใส่ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่อัดเม็ดอัตรา 2 กิโลกรัม/ค้าง ปีละ 3 ครั้ง ร่วมกับ ปูนโดโลไมท์ อัตรา 500 กรัม ปีละ 3 ครั้ง โดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์พร้อมกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 , 8-24-24 และ 12-12-17+2 Mg 2 ครั้ง/สัปดาห์ พบว่า เมื่อใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับ ปูนโดโลไมท์ ทำให้ผลผลิตพริกไทยสูงขึ้น อุดมลักษณะ และคณะ (2547) พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 20 กิโลกรัม + ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 จำนวน 200 กรัม/ค้าง/ครั้ง จำนวน 3 ครั้ง/ปี (600 กรัม/ปี) ทำให้พริกไทยผลผลิตสูงขึ้น และพบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 10 กิโลกรัม/ค้าง + ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 จำนวน 200 กรัม/ค้าง/ครั้ง จำนวน 7 ครั้ง/ปี (1,400 กรัม/ปี) จะให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูง และปริมาณไพเพอรินสูงสำหรับใน

ดีปลีจากข้อมูลของ Anonymous (No date) ดีปลีมีความต้องการปุ๋ยในไนโตรเจน (N) อัตรา 50 กิโลกรัม/เฮกแตร์ ฟอสฟอรัส (P_2O_5) อัตรา 20 กิโลกรัม/เฮกแตร์ และโพแทสเซียม (K_2O) อัตรา 70 กิโลกรัม/เฮกแตร์ ซึ่งเป็นคำแนะนำการปลูกดีปลีในประเทศอินเดีย จากข้อมูลสังเกตได้ว่าการวิจัยเกี่ยวกับอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมต่อดีปลีน้อยมาก ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการเพิ่มผลผลิตและสารสำคัญในดีปลี เพื่อนำผลการวิจัยไปแนะนำเกษตรกรเพื่อปลูกดีปลีเป็นการค้าต่อไป

7. วิธีดำเนินการ

การทดลองครั้งนี้แบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

1. ศึกษาระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของดีปลี

- แผนการทดลอง

ไม่มีการวางแผนการทดลอง

- อุปกรณ์

- ดีปลีอายุ 2 ปี
- วัสดุวิทยาศาสตร์
- เครื่องมือวิทยาศาสตร์ เช่น เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เตาเผา ตู้อบ ฯลฯ

- วิธีการ

การวัดการเจริญเติบโตของผักดีปลี

เลือกต้นดีปลีที่สมบูรณ์ ทำการติดป้ายชื่อ (Tag) บริเวณกิ่งที่มีการแทงตาดอก ทั้งหมด 100 ป้าย วัดความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลาง (วัดบริเวณฐานด้านล่างของผักดีปลีที่กว้างที่สุด) โดยวัดการเจริญเติบโตของผักดีปลี ในทุกๆ 7 วัน จนกระทั่งผักดีปลีเข้าสู่ระยะ สีเขียว สีเขียวอมส้ม สีส้มอมเขียว และสีส้ม

การหาน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งผักดีปลี

เก็บผักดีปลีจากแปลงปลูกดีปลี ล้างทำความสะอาดและผึ่งให้แห้งในที่ร่ม หลังจากนั้น คัดแยกผักดีปลีที่มีระยะสีต่างกัน คือ ระยะสีเขียวเข้ม ระยะสีเขียวอมส้ม ระยะสีส้มอมเขียว และระยะสีส้ม แยกผักที่มีลักษณะผิดปกติ หักทิ้ง เป็นโรคออก แล้วคัดผักดีปลีทั้ง 4 ระยะ มาระยะละ 30 ผัก โดยวางบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (Petri Dish) จานละ 1 ผัก เขียนหมายเลขกำกับ แล้วนำไปชั่ง ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง บันทึกข้อมูลน้ำหนักสด หลังจากนั้นนำดีปลีทั้งหมดที่ชั่งไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ในตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) จนกระทั่งแห้ง นำดีปลีที่อบออกจากตู้อบ ร่อนจนเย็น ชั่งน้ำหนักแห้งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง บันทึกข้อมูลน้ำหนักแห้ง

การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ

การตรวจหาปริมาณความชื้น และเลือกใช้วิธีวิเคราะห์ตามวิธีของ Chandel *et al.* (2011) ดังนี้

การหาปริมาณความชื้น (Moisture Content)

นำดีปลีแห้งในแต่ละระยะมาบดจนละเอียด ใส่ในถ้วยครุชีเบล (Crucible) ที่ทำให้แห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 6-7 ชั่วโมง นำออกมารองเย็นแล้วชั่งน้ำหนัก ถ้วยก่อน ชั่งดีปลีบดแห้งใส่ถ้วยละ 2 กรัม ทุกกระยะของดีปลี ระยะละ 3 ช้ำ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ในตู้อบลมร้อน นาน 5-6 ชั่วโมง เพื่อหาความชื้นของดีปลี

การหาปริมาณเถ้ารวม (Total Ash)

ชั่งดีปลีบดแห้ง 2 กรัม ทุกกระยะของดีปลี ระยะละ 3 ช้ำ ใส่ลงในถ้วยครุชีเบลแห้ง นำเข้าเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง แล้วเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น 600 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนด ร่อนกระตังเย็น นำครุชีเบล ที่มีเถ้าไปชั่งหาน้ำหนักหาปริมาณเถ้ารวม

การหาปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (Acid-Insoluble Ash)

เตรียมสารละลาย กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 500 มิลลิลิตร โดยการเติมกรดไฮโดรคลอริก 50 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 450 มิลลิลิตร นำเถ้าจากการวิเคราะห์ปริมาณเถ้ารวม (Total Ash) มาใส่ในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask) แล้วเติมด้วย กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปต้มจนเดือดนาน 4-5 นาที บนเตา (Hot Plate) จากนั้นนำสารละลายที่ต้มเสร็จมารองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 แล้วนำตะกอนเถ้าใส่ครุชีเบล ล้างเถ้าที่ติดกระดาษกรองซ้ำด้วยน้ำร้อน นำครุชีเบลที่มีตะกอนเถ้าไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง เมื่อเผาเสร็จ ร่อนกระตังเย็นจึงนำครุชีเบลที่มีตะกอนเถ้ามาชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด

การหาปริมาณเถ้าที่ละลายในน้ำ (Water Soluble Ash)

นำเถ้าจากการวิเคราะห์ปริมาณเถ้ารวม (Total Ash) มาใส่ในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask) แล้ว เติมน้ำ 25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปต้มจนเดือดนาน 4-5 นาที บนเตา (Hot Plate) จากนั้นนำสารละลายที่ต้มเสร็จมารองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 แล้วนำตะกอนเถ้าใส่ครุชีเบล ล้างเถ้าที่ติดกระดาษกรองซ้ำด้วยน้ำร้อน นำครุชีเบลที่มีตะกอนเถ้าไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง เมื่อเผาเสร็จ ร่อนกระตังเย็นจึงนำครุชีเบลที่มีตะกอนเถ้ามาชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณเถ้าที่ละลายในน้ำ

การตรวจสอบลักษณะทางเคมี

การตรวจหาปริมาณสารสกัดน้ำ และเอทานอลใช้วิธีวิเคราะห์ตามวิธีของ Chandel *et al.* (2011) การวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยใช้วิธีวิเคราะห์ตามวิธีของนันทนา (2547) และการวิเคราะห์หาปริมาณสารไฟเพอรินดัดแปลงวิธีวิเคราะห์ของ Chauhan *et al.* (1998) โดยมีวิธีการดังนี้

การหาปริมาณสารสกัดน้ำ (Water Soluble Extractive Value)

บดตีปัสทั้งทั้ง 4 ระยะ นำตีปัสแต่ละระยะมาชั่งน้ำหนัก 5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask) เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง เขย่าเมื่อครบ 6 ชั่วโมงแรก และตั้งทิ้งไว้อีก 18 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำสารละลายมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 ล้างขวดซ้ำด้วยน้ำกลั่น จนไม่มีตะกอนเกาะในขวด แล้วดูดสารละลายที่กรองได้มา 25 มิลลิลิตร นำมาระเหยโดยการอบด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนสารละลายแห้ง นำตะกอนในขวดมาชั่งน้ำหนักหาปริมาณสารสกัดน้ำ

การหาปริมาณสารสกัดเอทานอล (Ethanol Soluble Extractive)

บดตีปัสทั้งทั้ง 4 ระยะ นำตีปัสแต่ละระยะมาชั่งน้ำหนัก 5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask) เติเมทานอล (Ethanol) 100 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง เขย่าเมื่อครบ 6 ชั่วโมงแรก และตั้งทิ้งไว้อีก 18 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำสารละลายมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 ล้างขวดซ้ำด้วยเอทานอลจนไม่มีตะกอนเกาะในขวด แล้วดูดสารละลายที่กรองได้มา 25 มิลลิลิตร นำมาระเหยโดยการอบด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนสารละลายแห้ง นำตะกอนในขวดมาชั่งน้ำหนักหาปริมาณสารสกัดเอทานอล

การหาปริมาณน้ำมันหอมระเหย (Volatile Oil Content)

คัดเลือกตีปัสฝักสดทั้ง 4 ระยะ นำตีปัสแต่ละระยะมาชั่งน้ำหนัก 100 กรัม จากนั้นหั่นฝักตีปัสให้มีขนาดเล็ก นำตีปัสที่หั่นแล้วใส่ลงในขวดก้นกลม (Round Bottom Flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำเปล่าลงในขวดระดับน้ำประมาณ 3 ใน 4 ของขวด นำขวดวางบนเตาหุ้ลม (Heating Mantle) และติดตั้งชุดเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย ตั้งอุณหภูมิเตาหุ้ลมที่ 100-150 องศาเซลเซียส จนน้ำเดือด กลั่นจนไม่มีน้ำมันหอมระเหยออกมา วัดปริมาณน้ำมันหอมระเหย

การหาปริมาณสารไพเพอรีน (Piperine Value)

การเตรียมสารสกัดตัวอย่างตีปัส

นำตีปัสในแต่ละระยะ ไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนแห้ง แล้วบดตีปัสจนละเอียด จากนั้นชั่งตีปัสที่บดแห้งมา 0.1 กรัม โดยใส่ในขวดรูปชมพู่ เติเมทานอล (Methanol) 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้มจนเดือดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 4-5 นาที ด้วยอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath) แล้วนำสารละลายมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 41 ใส่ในขวดวัดปริมาตร (Volumetric Flask) ขนาด 25 มิลลิลิตร (โดยทำซ้ำ 3 รอบ) แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 25 มิลลิลิตร ด้วยเมทานอล จากนั้นดูดสารละลายมา 0.1 มิลลิลิตร และเติมด้วยเมทานอล 9.90 มิลลิลิตร

การเตรียมสารละลายมาตรฐานไพเพอรีน

นำสารมาตรฐานไพเพอรีน (Standard Piperine) ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำมาใส่ในโถดูดความชื้น (Dedicator) เตรียมสารไพเพอรีนมาตรฐานความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร โดยชั่งสารมาตรฐานไพเพอรีน 0.1 กรัม ละลายในเมทานอลปรับ

ปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วย เมทานอล จากนั้นทำการเตรียมสารไฟเพอรินมาตรฐานความเข้มข้น 100 มิลลิลิตร/ลิตร โดยดูดสารละลายไฟเพอรินมาตรฐานความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร มา 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วย เมทานอล จากนั้นเตรียมชุดสารละลายมาตรฐานไฟเพอรินให้มีความเข้มข้น 0, 2, 6, 10, และ 14 มิลลิกรัม/ลิตร โดยทำการเจือจางจากสารละลายมาตรฐานไฟเพอรินความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ลิตร ดูดสารมา 0, 1, 3, 5 และ 7 มิลลิลิตร ตามลำดับ ปรับปริมาตรให้ครบ 50 มิลลิลิตร ด้วยเมทานอล จากนั้นนำสารละลายดีป्लीที่จะวิเคราะห์ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 328 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับสารละลายไฟเพอรินมาตรฐาน

- การบันทึกข้อมูล

- ความยาวของฝักดีป्ली
- เส้นผ่านศูนย์กลางของฝักดีป्ली
- จำนวนวันที่เริ่มเปลี่ยนเป็นสีเขียว สีเขียวอมส้ม สีส้มอมเขียว และสีส้ม
- น้ำหนักสดของฝักดีป्ली
- น้ำหนักแห้งของฝักดีป्ली
- ปริมาณความชื้นของดีป्लीบดแห้ง
- ปริมาณเถ้ารวม
- ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด
- ปริมาณเถ้าที่ละลายในน้ำ
- ปริมาณสารสกัดน้ำ
- ปริมาณสารสกัดเอทานอล
- ปริมาณน้ำมันหอมระเหย
- ปริมาณสารไฟเพอริน

2. ศึกษาผลของชนิดและอัตราปุ๋ยเคมีและอินทรีย์ที่มีต่อการเพิ่มผลผลิตและสารสำคัญในดีป्ली

วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 4 ค้าง มีทั้งหมด 9 กรรมวิธี คือ

- 1) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา 50:20:70 กรัม/ค้าง + มูลวัวแห้ง 2 กิโลกรัม/ค้าง
- 2) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา 50:20:70 กรัม/ค้าง + มูลวัวแห้ง 4 กิโลกรัม/ค้าง

- 3) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา 75:75:75 กรัม/ค้ำ + มูลวัวแห้ง 2 กิโลกรัม/ค้ำ
- 4) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา 75:75:75 กรัม/ค้ำ + มูลวัวแห้ง 4 กิโลกรัม/ค้ำ
- 5) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา 120:120:120 กรัม/ค้ำ + มูลวัวแห้ง 2 กิโลกรัม/ค้ำ
- 6) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา 120:120:120 กรัม/ค้ำ + มูลวัวแห้ง 4 กิโลกรัม/ค้ำ
- 7) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา 180:180:180 กรัม/ค้ำ + มูลวัวแห้ง 2 กิโลกรัม/ค้ำ
- 8) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา 180:180:180 กรัม/ค้ำ + มูลวัวแห้ง 4 กิโลกรัม/ค้ำ
- 9) ไม่มีการใส่ปุ๋ยทั้งปุ๋ยเคมีและมูลวัวแห้ง (ชุดควบคุม)

- วิธีการ

การใส่ปุ๋ยเคมีจะแบ่งใส่ปีละ 4 ครั้ง โดยครั้งแรกใส่เพื่อบำรุงต้น ครั้งที่ 2 ใส่ช่วงติดปลีแทงช่อดอก หลังจากนั้นแบ่งใส่ 2 ครั้ง โดยแต่ละครั้งห่างกัน 3 เดือน สำหรับมูลวัวแห้งใส่ปีละ 2 ครั้ง คือใส่พร้อมปุ๋ยเคมีครั้งที่ 1 และ 3 การให้น้ำโดยใช้ระบบมินิสปริงเกอร์ หัวขนาด 120 ลิตร/ชั่วโมง สำหรับในช่วงฝนไม่ตก โดยเฉพาะในฤดูแล้งมีการให้น้ำสัปดาห์ละ 2 ครั้ง นานครั้งละ 1 ชั่วโมง และเมื่อพบแมลงศัตรูพืชและโรคจะทำการพ่นด้วยสารกำจัดศัตรู

การเก็บเกี่ยวทำการเก็บฝักดีปลีที่มีอายุประมาณ 98-112 วัน นำมาชั่งหาน้ำหนักสด จากนั้นนำมาล้างทำความสะอาด เด็ดก้านทิ้ง นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนแห้งนำไปชั่งเพื่อหาน้ำหนักแห้ง และวิเคราะห์หาปริมาณสารไฟเบอร์ตามวิธีของ Chauhan *et al.* (1998)

การเก็บตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี วิธีการคือ เก็บตัวอย่างดินทั้งก่อนการใส่ปุ๋ย และหลังการใส่ปุ๋ย วิธีการคือ สุ่มเก็บดินบริเวณรอบโคนต้น 4 ทิศ คลุกเคล้าให้เข้ากัน ให้มีปริมาณ 1 กิโลกรัม ส่งวิเคราะห์ที่สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 จ.จันทบุรี โดยทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ (P) และ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (K)

- การบันทึกข้อมูล

- น้ำหนักสดฝัก

- น้ำหนักแห้งฝัก
- ปริมาณสารไฟเบอร์
- คุณสมบัติทางเคมีดินก่อน และหลังใส่ปุ๋ย

- เวลาและสถานที่

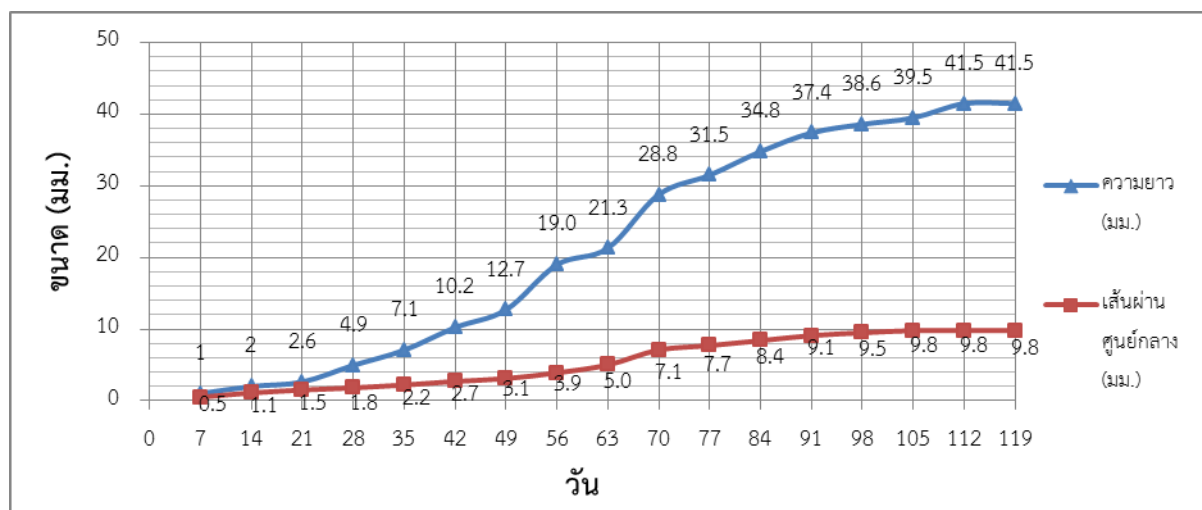
ตุลาคม 2554 ถึง กันยายน 2559

สถานที่ทำการทดลอง ศูนย์พัฒนาไม้ผลเศรษฐกิจภาคตะวันออก และศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

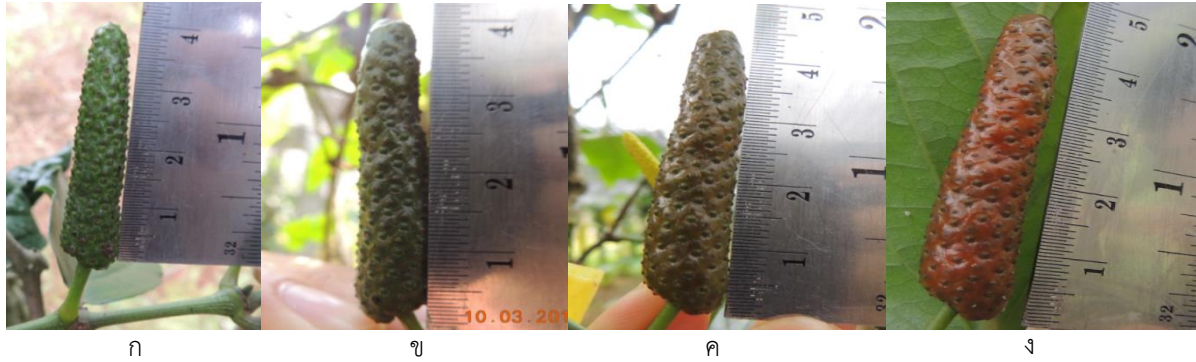
1. การศึกษาระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม

จากการวัดการเจริญเติบโตของฝักดีป्ली พบว่า ความยาว มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น โดยในช่วง 7-49 วัน มีการเจริญเพิ่มขึ้นประมาณ 2 มิลลิเมตร (1-12.7 มิลลิเมตร) ในช่วง 56-70 วัน มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วโดยมีการเจริญเพิ่มขึ้นประมาณ 6-7 มิลลิเมตร (19.0-28.8 มิลลิเมตร) และในช่วง 77-105 มีการเจริญเพิ่มขึ้น 1-2 มิลลิเมตร (31.5-39.5 มิลลิเมตร) ในช่วง 112-119 วัน ขนาดความยาวไม่เพิ่มขึ้น (41.5 มิลลิเมตร) สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลาง มีการเจริญเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับความยาว ซึ่งในช่วง 7-56 วัน มีการเจริญเพิ่มขึ้นประมาณ 0.5 มิลลิเมตร (0.5-3.9 มิลลิเมตร) ในช่วง 63-70 วัน มีการเจริญเพิ่มขึ้น 1-2 มิลลิเมตร (5.0-7.1 มิลลิเมตร) และในช่วง 77-84 วัน มีการเจริญเพิ่มขึ้น 0.5-1.0 มิลลิเมตร (7.7-8.4 มิลลิเมตร) และ 91-119 วัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นเล็กน้อย 9.1-9.8 มิลลิเมตร (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของฝักดีป्ली

การพัฒนาการการเจริญเติบโตของฝักดีปลี 4 ระยะ คือ เขียว เขียวอมส้ม ส้มอมเขียว และส้ม (ภาพที่ 2) มีช่วงระยะเวลาพัฒนาจากตาดอก 91-98, 99-104, 105-112 และ 113-119 วัน ตามลำดับ โดยมีขนาดความยาว 38.6, 39.5, 41.5 และ 41.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.5, 9.8, 9.8 และ 9.8 มิลลิเมตร ตามลำดับ



ภาพที่ 2 ฝักดีปลีในแต่ละระยะ ก. ดีปลีระยะสีเขียว ข. ดีปลีระยะสีเขียวอมส้ม ค. ดีปลีระยะส้มอมเขียว ง. ดีปลีระยะสีส้ม

ลักษณะภายนอกและภายในฝักดีปลีสด ระยะเก็บเกี่ยวทั้ง 4 ระยะแยกตามสี จะเห็นสีแตกต่างกันดังภาพที่ 3 เมื่อหักฝักออกจะเห็นลักษณะสีเนื้อของผลที่ต่างกัน โดยระยะสีเขียวเนื้อจะมีสีขาว จากนั้นเมื่ออายุเก็บเกี่ยวมากขึ้นสีเนื้อจะเปลี่ยนเห็นเป็นสีส้มชัดเจนขึ้น ส่วนสีของเมล็ดระยะสีเขียวจะมีสีเหลือง จากนั้นสีเมล็ดจะค่อยๆเข้มขึ้นจนกระทั่งเปลี่ยนเป็นสีดำเมื่อเข้าสู่ระยะสีส้ม



ภาพที่ 3 ลักษณะภายนอกและภายในฝักดีปลีสด

ลักษณะภายนอกและภายในของฝักดีปลีแห้ง ทั้ง 4 ระยะหลังจากอบ ภาพที่ 4 สีที่เห็น พบว่าระยะสีเขียวจะมีสีดำคล้ำ จากนั้นเมื่ออายุการเก็บเกี่ยวมากขึ้นสีจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงชัดเจนขึ้นดังรูปเมื่อหักฝักออกจะ

เห็นลักษณะสีเนื้อของผลที่ต่างกัน โดยระยะสีเขียวเนื้อจะมีสีเขียว นั้นเมื่ออายุเก็บเกี่ยวมากขึ้นสีเนื้อจะเปลี่ยนเห็นเป็นสีน้ำตาลแดงชัดเจนขึ้นส่วนของเมล็ดจะค่อยๆเข้มขึ้นจนกระทั่งเปลี่ยนเป็นสีดำเมื่อเข้าสู่ระยะสีส้ม



ภาพที่ 4 ลักษณะภายนอกและภายในฝักดีปลีแห่ง

ลักษณะสีภายนอกเมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของเครื่องยา ดีปลี ต้องมีสีของผลแห้งเป็นสีน้ำตาลแดง ผลอัดกันแน่นเป็นช่อรูปกระบอก โคโนโต ปลายเล็กมน (สุรารัตน์, 2558) ซึ่งเมื่อเทียบกันทั้ง 4 ระยะจะเห็นว่า ระยะสีส้มเป็นระยะที่มีสีตามเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากระยะอื่นสีของผลแห้งมีสีคล้ำไม่สวย

การหาน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของฝักดีปลี

จากการหาน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง พบว่า ดีปลีระยะสีส้มมีปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งมากที่สุด คือ 3.3 และ 1.0 กรัม ตามลำดับ ส่วนระยะสีเขียวมีปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งน้อยที่สุด คือ 2.7 และ 0.7 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 1) เนื่องจากในฝักดีปลีระยะสีส้มมีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้วทำให้มี ปริมาณ สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในส่วนที่เป็นองค์ประกอบของฝักดีปลีเองมีปริมาณมากกว่าดีปลีระยะอื่นที่ยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ โดย 90% ของน้ำหนักแห้งเป็นอินทรีย์สาร ส่วนใหญ่คือ โครงสร้างของผนังเซลล์ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ส่วนที่เหลือคือ อนินทรีย์สาร ที่พืชสะสมใน เซลล์หรือเนื้อเยื่อในรูปของธาตุอาหาร และนำไปใช้ ในกระบวนการเมแทบอลิซึม

ตารางที่ 1 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของฝักดีปลีในแต่ละระยะ

ระยะเก็บเกี่ยว	น้ำหนักฝัก	
	สด (ก.)	แห้ง (ก.)
เขียว (91-98 วัน)	2.7	0.7
เขียวอมส้ม (99-104 วัน)	2.8	0.8

ส้มอมเขียว (105-112 วัน)	3.1	0.9
ส้ม (113-119 วัน)	3.3	1.0
ค่ามาตรฐาน	NA	NA

หมายเหตุ : NA = Not Available, ค่ามาตรฐานตามตำรามาตรฐานสมุนไพรไทย (สุดารัตน์, 2553)

ลักษณะทางกายภาพของดีปลี

ปริมาณความชื้น ของตัวอย่างดีปลีสดแห้ง ทั้ง 4 ระยะ พบว่า ตัวอย่างดีปลีสดแห้ง ระยะที่มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด คือ ดีปลีระยะสีส้ม มีความชื้น 5.81 เปอร์เซ็นต์ ระยะที่มีปริมาณความชื้นมากที่สุด คือ ระยะสีเขียวอมส้ม (6.99 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 2) ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระยะสีเขียวอมส้มเป็นระยะเก็บเกี่ยวที่มีโอกาสเกิดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ได้มากกว่าระยะอื่นๆ เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นมากกว่า โดยมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นแตกต่างจากรยะสีส้มอมเขียว ระยะสีเขียว และระยะสีส้ม คิดเป็น 15.74, 13.16 และ 16.88 % ตามลำดับ

จากการสังเกตเนื้อด้านในของฝักดีปลีสดในระยะสีส้มพบว่า มีลักษณะฉ่ำน้ำมากกว่าระยะอื่นๆ เมื่อนำดีปลีระยะสีส้มมาอบทำให้มีการสูญเสียน้ำได้มากกว่าระยะอื่นๆ จึงมีผลทำให้ความชื้นหลังจากอบแล้วนำมาบดเป็นผงมีความชื้นน้อยกว่าระยะอื่นๆ และเช่นเดียวกันฝักดีปลีในระยะสีเขียวที่มีความชื้นต่ำ เนื่องจากระยะสีเขียวมีลักษณะการฉ่ำน้ำของเนื้อน้อยที่สุด ส่วนระยะสีเขียวอมส้มลักษณะของเนื้อและเมล็ดมีความแน่น อาจสันนิษฐานได้ว่าเป็นระยะที่มีความสุกแก่เต็มที่ (Maturity) เมื่อนำมาอบแล้วบดทำให้มีความชื้นจากเนื้อและเมล็ดหลงเหลืออยู่มากกว่าระยะอื่นๆ การมีปริมาณความชื้นในตัวอย่างบดแห้งมาก บ่งชี้ถึงโอกาสที่จะก่อให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ได้สูง (นันทนา, 2547)

การหาปริมาณเถ้ารวม ของดีปลีทั้ง 4 ระยะนั้น พบว่า ดีปลีในระยะสีเขียวอมส้มมีปริมาณเถ้ารวมมากที่สุด คือ 6.4 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ค่ามาตรฐานของดีปลีนั้นจะต้องไม่เกิน 7.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบดีปลีทั้ง 4 ระยะ จะเห็นได้ว่า มีปริมาณเถ้ารวมที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด (ตารางที่ 3) ซึ่งการตรวจสอบปริมาณเถ้ารวมนั้นเป็นการตรวจสอบปนเปื้อนที่ติดมากับฝักดีปลีก่อนจะนำมาผลิตเป็นยาสมุนไพร ซึ่งปริมาณเถ้าทั้งหมดที่ได้นั้นเป็นส่วนหนึ่งของพืชโดยตรง (Physiological ash) และปริมาณเถ้าที่เป็นสารอื่นที่ไม่ใช่พืช (Non-Physiological Ash) เช่น กรวด หิน และ ดิน ปัจจุบันพบว่าปริมาณเถ้ารวมของพืชสมุนไพรมีค่ามากขึ้นเนื่องจากการใส่ปุ๋ยเคมีในการเพาะปลูก ซึ่งในอดีตการปลูกพืชสมุนไพรมักมีการปฏิบัติดูแลไม่ดินนัก ทำให้การสะสมอาหารหรือความสมบูรณ์ของฝักมีน้อย แต่หากมีการใส่ปุ๋ยเพื่อเร่งการเจริญเติบโตมากเกินไปทำให้ปริมาณเถ้าน้อยกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย เนื่องจากการสะสมน้ำมากเกินไป (นันทนา, 2547)

การหาปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ของดีป्लीทั้ง 4 ระยะ พบว่า ดีป्लीทั้ง 4 ระยะมีปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดเท่ากัน คือ 0.2 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ค่ามาตรฐานของดีป्लीนั้นจะต้องไม่เกิน 0.4 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) จากเถ้าทั้งหมดเมื่อนำมาแยกโดยต้มกับกรดจะได้เป็นส่วนของเถ้าที่ละลายในกรด (Acid Soluble Ash) และเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (Acid Insoluble Ash) เถ้าที่ละลายในกรดคือส่วนที่เป็นแร่ธาตุต่างๆ ที่ร่างกายสามารถย่อยได้ สำหรับเถ้าที่ไม่ละลายในกรดส่วนใหญ่จะเป็นซิลิกา (Silica) หรือทรายต่างๆ ปริมาณเถ้าทั้งหมดหรือเถ้าที่ไม่ละลายในกรดที่มีมากกว่าปกติ อาจจะช่วยให้เห็นได้ถึงการปลอมปน ดินทรายหรือวัตถุอื่นๆลงในวัตถุดิบอาหาร โดยเฉพาะวัตถุดิบอาหาร (นันทนา, 2547) ที่ปนเปื้อนมากับดีป्ली ซึ่งทั้ง 4 ระยะมีการปนเปื้อนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

การหาปริมาณเถ้าที่ละลายในน้ำ ของดีป्लीทั้ง 4 ระยะ พบว่า ดีป्लीระยะสี่สัปดาห์มีปริมาณเถ้าที่ละลายในน้ำมากที่สุด คือ 2.5 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) ซึ่งการทดสอบด้วยวิธีนี้จะเป็นการแยกหาสารอนินทรีย์ที่สามารถละลายน้ำได้ออกจากสารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในเถ้ารวม ซึ่งวิธีการในการทดลองนี้เป็นการแยกหาเกลือที่ไม่ละลายในน้ำ (Water Insoluble Salts) เช่น เกลือแคลเซียมออกซาเลต (Calcium Oxalate) (Joseph and George, 2011) แคลเซียมออกซาเลต คือสารประกอบชนิดหนึ่งที่อยู่ในเนื้อเยื่อพืชเกิดจากการจับตัวกันระหว่างแคลเซียมกับกรดออกซาลิก (Oxalic Acid) เกิดเป็นผลึกรูปร่างต่างๆกัน เช่น ผลึกรูปดาว (Druse) ดอกกุหลาบ (Rosette) รูปสี่เหลี่ยมเหมือนกล่อง (Cubical) รูปแท่งปริซึม (Prismatic) รูปเข็ม (Raphide) ผลึกเม็ดทราย (Crystal Sand) ฯลฯ (Metcalf and Chalk, 1950; ภูวดล, 2532) ในพืชแต่ละวงศ์ (Family) จะมีรูปร่างผลึกแตกต่างกัน สารออกซาเลตเป็นสารสำคัญที่ก่อให้เกิดก้อนนิ่วในทางเดินปัสสาวะ ปริมาณของผลึกแคลเซียมออกซาเลตที่พบในพืชนั้นสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณแคลเซียมในสภาวะปลูก (นฤมล, 2557) ดังนั้นหากมีการสะสมในดีป्लीที่จะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการทำยาสมุนไพรจะเป็นอันตรายแก่ผู้บริโภคได้ แต่อย่างไรก็ตามดีป्लीในมาตรฐานตำรายาสมุนไพรไทยยังไม่ได้กำหนดปริมาณที่ยอมรับได้ไว้

ตารางที่ 2 ปริมาณความชื้น, ปริมาณเถ้าทั้งหมด, ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด และปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำของดีป्लीในแต่ละระยะ

ระยะเก็บเกี่ยว	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%น.น./น.น.)	ปริมาณเถ้าทั้งหมด (%น.น./น.น.)	ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (%น.น./น.น.)	ปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ (%น.น./น.น.)
เขียว (91-98 วัน)	6.07	5.7	0.2	2.1
เขียวอมส้ม (99-104 วัน)	6.99	6.4	0.2	2.1
ส้มอมเขียว (105-112 วัน)	6.88	5.5	0.2	1.6
ส้ม (113-119 วัน)	5.81	6.0	0.2	2.5
ค่ามาตรฐาน	NA	≤7.5	≤0.4	NA

หมายเหตุ : NA = Not Available, ค่ามาตรฐานตามตำรายาสมุนไพรไทย (สุตารัตน์, 2553)

ลักษณะทางเคมีของดีป्ली

ปริมาณสารสกัดน้ำ ของดีปลีทั้ง 4 ระยะ พบว่า ดีปลีในระยะสีเขียวมีปริมาณสารสกัดน้ำมากที่สุด คือ 15.7 % (ตารางที่ 4) การเลือกใช้ตัวทำละลายในการหาปริมาณสารสกัดจากสมุนไพรขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารสำคัญและส่วนประกอบอื่นในตัวว่าละลายได้มากน้อยเพียงใด สำหรับน้ำเป็นตัวทำละลายที่มีความสามารถในการละลายสารจำพวก กลูโคส (Glucose) มิวซิเลจ (Mucilage) และเพกติน (Pectin) (นันทนา, 2547) เนื่องจากกลูโคส (Glucose) มิวซิเลจ (Mucilage) และเพกติน (Pectin) จัดเป็นเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (Soluble Dietary Fiber) เส้นใยอาหารชนิดนี้มักจะปนอยู่กับส่วนที่เป็นแป้งในพืช ซึ่งมีคุณสมบัติต่างกัน เช่น เพกติน พบใน Middle Lamellae ของผนังเซลล์พืชโดยรวมตัวอยู่กับเซลลูโลส ทำหน้าที่ยึดเกาะผนังเซลล์ให้ติดกัน เพกตินเป็นพอลิเมอร์สายยาวของกรดกาแล็กทูโรนิก (D-galacturonic acid) ต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ที่ตำแหน่ง β -(1,4) สารประกอบเพกตินที่สกัดได้จากธรรมชาติยังมีน้ำตาลชนิดอื่นปนอยู่ด้วย เช่น น้ำตาลไซโลส (Xylose) กาแล็กโทส (Galactose) อะราบิโนส (Arabinose) และแรมนโนส (Rhamnose) โดยโมเลกุลของน้ำตาลจะเกาะอยู่เป็นสายแขนง เพกตินละลายน้ำได้ โดยความสามารถในการละลายขึ้นอยู่กับระดับของเอสเทอริฟิเคชัน (Degree of Esterification) ของกรดกาแล็กทูโรนิก เพกติน มีความสามารถในการเกิดเจล และมีความสามารถในการเพิ่มความหนืด พบมากในส่วนเปลือก ส่วนมิวซิเลจ (Mucilage) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์เชิงซ้อน คือมักพบอยู่ร่วมกับ โปรตีนและยูรานิด (Uranides) ซึ่งอยู่ในส่วนของผนังเซลล์พืช โดยมากพบอยู่ใน Endosperm มีน้ำหนักโมเลกุลสูง (ตั้งแต่ 200,000 ดอลตัน ขึ้นไป) มีโครงสร้างไม่แน่นอน พบในส่วนของเมล็ดพืชและสาหร่ายทะเล มีความเหนียวหนืดลิ้นๆ สามารถอุ้มน้ำได้มากเป็นพิเศษ ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้พืชขาดน้ำ มิวซิเลจจะถูกสร้างขึ้นขณะที่พืชมีการเจริญเติบโตปกติอยู่ในส่วนต่างๆ ของพืช ได้แก่ Mucilage-Secreting Hairs, Sacs และ Canals (Prosky and Devries, 1992)

ปริมาณสารสกัดเอทานอล ของดีปลีทั้ง 4 ระยะ พบว่า ดีปลีในระยะสีเขียวอมส้ม มีปริมาณมากที่สุด คือ 10.7 % รองลงมาคือระยะสีเขียว คือ 10.1 % โดยที่ค่ามาตรฐาน คือต้องไม่ต่ำกว่า 10 % (ตารางที่ 4) ซึ่งมีระยะสีเขียว และระยะสีเขียวอมส้ม ที่ผ่านค่ามาตรฐานการหาปริมาณสารสกัดเอทานอล สำหรับเอทานอลนั้น เป็นตัวทำละลายที่มีความสามารถในการละลายสารจำพวกคีโตน (Ketones) และผลึก แคลเซียม-ออกซาเลท (Calcium Oxalate) (นันทนา, 2547)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารสกัดน้ำ และเอทานอล จะเห็นว่าดีปลีทุกระยะการเก็บเกี่ยวมีปริมาณสารสกัดน้ำมากกว่าปริมาณสารสกัดเอทานอล โดยมีปริมาณสารสกัดในช่วง 12.5-15.7 และ 8.5-10.7% ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการละลายในตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ทำให้ได้สารสกัดที่ได้แตกต่างกัน จากข้อมูลนี้สามารถนำไปใช้เป็นทางเลือกในการสกัดสารออกฤทธิ์ให้ได้สารในกลุ่มที่ต้องการ โดยพิจารณาจากความสามารถในการละลายของตัวทำละลาย อย่างไรก็ตามการเลือกตัวทำละลายต้องพิจารณาถึง ความเป็นพิษ ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัด ไม่ระเหยง่ายหรือยากเกินไป เมื่อสกัดสารออกมาเป็นสารละลายแล้ว สามารถแยกตัวทำละลายออกจากสารละลายนั้นได้ง่าย หาง่าย และราคาถูก เมื่อเปรียบเทียบระหว่างน้ำ และเอทานอล หากคำนึงถึงความปลอดภัย และ ราคา น้ำเป็นตัวทำละลายที่ปลอดภัยกว่า ต้นทุนถูกกว่า และหาง่าย แต่อาจไม่ได้สารในบางกลุ่ม เช่น สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่มีความเป็นขี้ จึงสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีสภาพขี้ใกล้เคียง

กัน โดยส่วนใหญ่สารประกอบฟีนอลิกจะละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีสภาพขั้วสูง ละลายได้เล็กน้อยในน้ำ และจะละลายได้ดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (Walter and Purcell, 1979) เช่น จากการศึกษาของ ศิวาพร และ ญัญญินี (2546) ทำการทดลองสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากเปลือกมันฝรั่งด้วยน้ำ เมทานอล เอทานอล 95% และอะซีโตน นำสารสกัดที่ได้ไปทำแห้งแบบระเหิด พบว่า สารสกัดแห้งด้วยเมทานอล และเอทานอล 95% มีค่าร้อยละฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด รองลงมาคือเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 และ อะซีโตนตามลำดับ ซึ่งสัมพันธ์กับสภาพขั้วของตัวทำละลาย คือ เมทานอลมีความเป็นขั้วสูงสุด รองลงมาคือเอทานอล และอะซีโตน ตามลำดับ ส่วนการสกัดด้วยน้ำนั้น พบว่าให้ร้อยละของสารสกัดแห้งสูงที่สุดแต่ให้ร้อยละฟีนอลิกทั้งหมดต่ำที่สุด ถึงแม้ว่าน้ำที่อุณหภูมิสูงจะสามารถละลายสารฟีนอลิกออกมาได้ แต่เนื่องจากตัวทำละลายที่เป็นน้ำนั้นสามารถละลายสารอื่นที่ไม่ใช่สารฟีนอลิก เช่น คาร์โบไฮเดรต กรดอินทรีย์ เป็นต้น (Leszczynski, 1989; Macheix *et al.*, 1990)

ตารางที่ 3 ปริมาณสารสกัดน้ำ, ปริมาณสารสกัดเอทานอล, ปริมาณน้ำมันหอมระเหย และปริมาณสารไฟเบอร์รินของดีปลีในแต่ละระยะ

ระยะเก็บเกี่ยว	ปริมาณสารสกัดน้ำ (%น.น./น.น.)	ปริมาณสารสกัดเอทานอล (%น.น./น.น.)	ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (%ปริมาตร/น.น.)	ปริมาณไฟเบอร์ริน (%น.น./น.น.)
เขียว (91-98 วัน)	15.7	10.1	0.5	3.91
เขียวอมส้ม (99-104 วัน)	13.3	10.7	0.4	3.39
ส้มอมเขียว (105-112 วัน)	12.5	8.5	0.4	3.19
ส้ม (113-119 วัน)	13.3	9.6	0.4	3.27
ค่ามาตรฐาน	NA	≥10	≥1.0	≥2.5

หมายเหตุ : NA = Not Available, ค่ามาตรฐานตามตำรามาตรฐานสมุนไพรไทย (สุดารัตน์, 2553)

การหาปริมาณน้ำมันหอมระเหย ของดีปลีในแต่ละระยะนั้น พบว่า ดีปลีในระยะสีเขียวมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากที่สุด คือ 0.5 เปอร์เซ็นต์ และอีกทั้ง 3 ระยะนั้นมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยเท่ากัน คือ 0.4 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3) โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคือ ต้องมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยไม่ต่ำกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ในทุกระยะที่ตรวจสอบจึงไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน น้ำมันหอมระเหยในดีปลีประกอบด้วยสารหลายชนิด น้ำมันที่พืชสร้างขึ้นและเก็บไว้ในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ดอก ใบผล ลำต้น ตลอดจนเมล็ดซึ่งจะพบแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด คุณสมบัติที่เด่นชัด คือ มีกลิ่นหอมและระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ น้ำมันหอมระเหยเป็นกลุ่มสารอินทรีย์ กลิ่นดังกล่าวไม่จำเป็นต้องหอมเสมอไป สะสมอยู่ในบริเวณผนังเซลล์จากพืช เป็นผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากการเจริญเติบโต ซึ่งประกอบด้วย 2 ขบวนการ คือ การเผาผลาญ (Catabolism) และการสร้าง (Anabolism) ปริมาณและคุณภาพน้ำมันหอมระเหยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ดิน ภูมิอากาศ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความสูงจากระดับน้ำทะเล การเก็บเกี่ยว ตลอดจนเทคนิค และวิธีการสกัดและการกลั่นใส ศิริพรรณ และคณะ (2550) ศึกษาประสิทธิภาพในการเป้นสารไล่แมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส *Eucalyptus camaldulensis*

Dehnh ที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝนต่อหนอนกระทู้ผัก *Spodoptera litura* Fabricius พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบที่เก็บในฤดูแล้งมีประสิทธิภาพในการไล่หนอนกระทู้ผักได้ดีกว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบที่เก็บใน ฤดูฝน โดย น้ำมันหอมระเหยจากใบที่เก็บในฤดูแล้งไล่แมลงได้ดีที่สุดที่ความเข้มข้น 3.5 % ปริมาตร/ปริมาตร ให้ ระดับการไล่แมลงเท่ากับ 4 และน้ำมันหอมระเหยจากใบที่เก็บในฤดูฝนที่ความเข้มข้น 4.0 % ปริมาตร/ปริมาตร ให้ระดับการไล่แมลงเท่ากับ 3

การหาปริมาณสารไพเพอริน ของดีปลีทั้ง 4 ระยะ นั้นพบว่า จะต้องมียปริมาณสารไพเพอรินอยู่ไม่น้อยกว่า 2.5 เปอร์เซ็นต์ ตามมาตรฐานยาสมุนไพรโดยดีปลีที่นำมาตรวจสอบนั้น ผ่านมาตรฐานทุกระยะการเก็บเกี่ยว ซึ่ง ดีปลีในระยะสีเขียวมีปริมาณสาร ไพเพอรินมากที่สุด คือ 3.91 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3)

ในทางเภสัชกรรมการนำดีปลีมาใช้ประโยชน์ คำนึงถึงปริมาณสารไพเพอรินที่มีอยู่ในฝักดีปลีมากกว่า ปริมาณน้ำมันหอมระเหย เนื่องจากไพเพอรินเป็นสารในกลุ่มอัลคาลอยด์ (Alkaloid) เหมือนที่พบในพริกไทย คุณสมบัติของสารไพเพอรินเป็นสารในกลุ่มอัลคาลอยด์ (Alkaloid) มีฤทธิ์กดและกระตุ้นประสาทส่วนกลาง รวมทั้งสามารถต่อต้านการอักเสบ (จิราภรณ์, 2548) กรองกาญจน์ และคณะ (2555) ทำการทดสอบให้ piperine พร้อมกับ cholesterol กับหนูทดลองนาน 8 สัปดาห์มีผลลด Weight Gain ลด Total Cholesterol (TC) และ Triglyceride (TG) ตลอดจนทำให้การคลายตัวของหลอดเลือดดีขึ้น แต่ยังไม่พบการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในตับ หนู โดยสรุปมีความเป็นไปได้ที่ piperine และสารในกลุ่มนี้อาจมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นยาที่มีฤทธิ์ในการลด ความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจร่วมหลอดเลือดได้ ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าถ้าระยะใดที่มีสารไพเพอรินสูงถือว่าเป็น ระยะเก็บเกี่ยวที่ดี

จากการสอบถามโรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศรถึงการรับซื้อดีปลีในการผลิตยา จากแผนกรับซื้อจะซื้อ ดีปลีในรูปของผลที่ตากแห้งแล้ว โดยดีปลีที่เกษตรกรนำมาขายต้องผลิตให้ได้มาตรฐาน โดยทางโรงพยาบาลจะมีการตรวจสอบคุณภาพโดยการวิเคราะห์สารสำคัญ ซึ่งสารสำคัญหลักในดีปลีคือ สารไพเพอริน ต้องได้มาตรฐาน ตามตำรายาสมุนไพรไทย ($\geq 2.5\%$) เพราะเป็นสารที่มีสรรพคุณในการรักษาโรคได้หลากหลาย

จากผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของดีปลีทั้ง 4 ระยะ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ตามตำรายาสมุนไพรไทย พบว่า ระยะสีเขียว และสีเขียวอมส้มผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 6 ข้อ ส่วนระยะสีส้มอมเขียว และระยะสีส้ม ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 5 ข้อ ซึ่งในแต่ละระยะจะมีข้อเด่นและข้อด้อยแตกต่างกันออกไป ดังนี้ ระยะสีเขียวเป็นระยะที่มีปริมาณสารสกัดน้ำ และไพเพอรินดีที่สุด (15.7% และ 3.91% ตามลำดับ) แต่ระยะสีเขียวมส้มนี้นี้มีขนาดของฝักแห้ง (ยาว 3.8 ซม., เส้นผ่านศูนย์กลาง 7.1 มม.) และปริมาณสารสกัดเอทานอลดีที่สุด (10.65%) ระยะสีส้มอมเขียวมีขนาดฝักแห้งเท่ากับระยะสีเขียวมส้มนี้นี้ (ยาว 3.8 ซม., เส้นผ่านศูนย์กลาง 7.1 มม.) แต่มีค่า ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในน้ำต่ำ (1.6%) ซึ่งถือว่าเป็นระยะที่ไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงภาวะตกค้างของเกลือแคลเซียม ออกซาเลต ที่เป็นสาเหตุของการเกิดนิ่วได้ ส่วนระยะสีส้ม ถึงแม้จะผ่านเกณฑ์เพียง 5 เกณฑ์ แต่ค่าวิเคราะห์ที่อยู่ในเกณฑ์ดีมีถึง 5 ข้อด้วยกัน คือ ขนาดของฝักแห้งไม่แตกต่างกับระยะสีเขียวมส้มนี้นี้ และสีส้มอมเขียว (ยาว 3.8 ซม., เส้นผ่านศูนย์กลาง 7.1 มม.) แต่มีน้ำหนักฝักสดและฝักแห้งมากกว่าระยะอื่นๆ และมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำ (3.3 ก.ม 1.0 ก. และ 5.81% ตามลำดับ) (ตารางที่ 4)

ดังนั้นจากการศึกษาระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของตีปลีครั้งนี้ สรุปได้ว่าการเก็บตีปลีต้องมีอายุ 91 ถึง 119 วัน เพราะทำให้ได้สารสำคัญในปริมาณสูง และมีน้ำหนักรีดดี เมื่อเกษตรกรเก็บขายและนำมาตากแห้งจะทำให้ได้น้ำหนักผลผลิตที่ดี

ระยะเก็บเกี่ยว	ขนาดของฝักสด		ขนาดของฝักแห้ง		น้ำหนักฝัก		เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%w/w)	ปริมาณเถ้าทั้งหมด (%w/w)	ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (%w/w)	ปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ (%w/w)	ปริมาณสารสกัดน้ำ (%w/w)	ปริมาณสารสกัดเอทานอล (%w/w)	ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (%v/w)	ปริมาณไฟเพอริน (%w/w)
	ความยาว (ซม.)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)	ความยาว (ซม.)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)	สด (ก.)	แห้ง (ก.)								
เขียว	3.86	9.5	3.7✓	6.9✓	2.7	0.7	6.07	5.7✓	0.2✓	2.1	15.7	10.13✓	0.5✗	3.91✓
เขียวอมส้ม	3.95	9.8	3.8✓	7.1✓	2.8	0.8	6.99	6.4✓	0.2✓	2.1	13.3	10.65✓	0.4✗	3.39✓
ส้มอมเขียว	4.15	9.8	3.8✓	7.1✓	3.1	0.9	6.88	5.5✓	0.2✓	1.6	12.5	8.53✗	0.4✗	3.19✓
ส้ม	4.15	9.8	3.8✓	7.1✓	3.3	1.0	5.81	6.0✓	0.2✓	2.5	13.3	9.58✗	0.4✗	3.27✓
ค่ามาตรฐาน	NA	NA	2.5-7.5	5.0-8.0	NA	NA	NA	≤7.5	≤0.4	NA	NA	≥10	≥1.0	≥2.5

ตารางที่ 4 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของดีปลีที่ระยะเก็บเกี่ยวต่างๆเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตามตำรายาสมุนไพรไทย

หมายเหตุ: NA = Not Available

ค่ามาตรฐานตามตำรามาตรฐานสมุนไพรไทย (สุดารัตน์, 2553)

✓ หมายถึง ค่าวิเคราะห์ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามตำรายาสมุนไพรไทย

✗ หมายถึง ค่าวิเคราะห์ที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามตำรายาสมุนไพรไทย

ตัวอักษรสีแดง หมายถึง ค่าวิเคราะห์ที่ให้ผลดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับในระยะการเก็บเกี่ยวทั้ง 4 ระยะ

2. ศึกษาผลของชนิดและอัตราปุ๋ยเคมีและอินทรีย์ที่มีต่อการเพิ่มผลผลิตและสารสำคัญในดีป्ली

จากการใส่ปุ๋ยเคมีและมูลวัวแห้งในอัตราต่างๆกัน พบว่า การตอบสนองต่อปุ๋ยของดีป्लीในส่วนของน้ำหนักผลผลิตสด ของแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยกรรมวิธีที่ 6 คือ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 120 กรัม/ค้ำ/ปี ฟอสฟอรัส (P_2O_5) 120 กรัม/ค้ำ/ปี โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา 120 กรัม/ค้ำ/ปี ร่วมกับมูลวัวแห้ง 4 กิโลกรัม/ค้ำ ทำให้ได้น้ำหนักผลผลิตดีป्लीสดมากที่สุด (151.75 กรัม/ค้ำ) เช่นเดียวกันผลของน้ำหนักแห้ง กรรมวิธีที่ 6 ให้ปริมาณน้ำหนักแห้งของผลผลิตดีป्लीมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (40.92 กรัม/ค้ำ) (ตาราง 5) กรรมวิธีที่ 6 นอกจากมีผลทำให้มีปริมาณน้ำหนักของผลผลิตสดและแห้งมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆแล้วยังทำให้มีปริมาณสารไฟฟเฟอร์รินในฝักดีป्लीมากที่สุด ซึ่งสารไฟฟเฟอร์รินที่สกัดได้ในแต่ละกรรมวิธีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยกรรมวิธีที่ 5 และ 6 มีปริมาณสารไฟฟเฟอร์รินมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (3.17 %)

ตาราง 5 น้ำหนักผลผลิตสด แห้ง และปริมาณไฟฟเฟอร์รินของฝักดีป्लीหลังจากทำการใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีต่างๆ

กรรมวิธี	น้ำหนักสด (กรัม/ค้ำ)	น้ำหนักแห้ง (กรัม/ค้ำ)	ปริมาณไฟฟเฟอร์ริน (%)
1	90.10 bc	25.66 bc	2.85 bc
2	92.81 bc	26.84 bc	2.90 ab
3	119.55 ab	29.77 b	2.85 bc
4	105.16 bc	28.36 b	2.88 b
5	94.18 bc	27.16 b	3.17 a
6	151.75 a	40.92 a	3.17 a
7	94.36 bc	28.73 b	2.90 ab
8	101.31 bc	24.83 bc	2.88 b
9	66.18 c	19.56 c	2.59 c
F-test	*	**	*
CV (%)	30.07	18.58	7.04

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กแตกต่างกันในแนวสทมภ์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($p > 0.05$) เครื่องหมาย * = มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และ ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \geq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินก่อนการใส่ปุ๋ย พบว่าสมบัติทางเคมีของดินทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน (ตาราง 6) ได้แก่ มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 4.82-5.17 จัดเป็นดินกรดจัดถึงกรดจัดมาก แต่พืชทั่วไปสามารถตอบสนองได้ดีปานกลาง (Hoskin, 1997) ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0.02-0.03 มิลลิซีเมน/เซนติเมตร (ms/cm) ที่ไม่มีผลกระทบต่อพืชปลูก (นิรนาม, 2548) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปานกลาง อยู่ระหว่าง 1.74-2.48 % มีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในระดับปานกลางในช่วง 8.68-16.63 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ มีปริมาณโพแทสเซียมค่อนข้างต่ำอยู่ในช่วง 32.46-50.24 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังการใส่ปุ๋ย พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียมของดิน มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 6) กล่าวคือ ค่าความเป็นกรด-ด่างในทุกกรรมวิธีมีค่าลดลง โดยเฉพาะกรรมวิธีที่ 3-8 ที่มีค่าลดลงมากกว่ากรรมวิธีที่ 1-2 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีน้อยกว่า ส่วนกรรมวิธีที่ 2 มีค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มเล็กน้อย ถึงแม้จะมีการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของดินด้วยการเติมปูนโดโลไมท์ ในอัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ แล้วก็ตาม โดยค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 4.30-5.21 จัดเป็นดินกรดจัดถึงกรดจัดมาก อาจเป็นผลมาจากอิทธิพลของปุ๋ยเคมีไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียที่ใส่ลงไปดินที่มีการถ่ายเทอากาศดี จะถูกออกซิไดซ์เป็น NO_3^- ซึ่งจะมี H^+ เป็นผลพลอยได้ ปุ๋ยยูเรียก็มีส่วนทำให้เกิด H^+ เช่นเดียวกับปุ๋ยแอมโมเนีย เพราะเมื่อปุ๋ยยูเรียอยู่ในดินจะทำปฏิกิริยากับน้ำให้แอมโมเนีย หรือการเติมปูนในอัตราดังกล่าวไม่เพียงพอต่อการยกระดับค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (สมชาย, 3535)

สำหรับค่าความสามารถในการนำไฟฟ้าในทุกกรรมวิธีสูงขึ้น แต่ยังอยู่ในระดับที่ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช ซึ่งค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของเกลือในน้ำ ใช้เป็นดัชนีของความเค็มที่บอกได้ว่าพืชจะเจริญเติบโต เป็นปกติหรือไม่ มีหน่วยการวัดเป็น มิลลิโหมห์/เซนติเมตร (milimhos/cm) และ ไมโครโหมห์/เซนติเมตร (micromhos/cm) โดยคิดเทียบที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พืชต่างชนิดกันจะทนความเค็มได้ในระดับต่างกัน เช่น ฝ้าย และข้าวสาลีจะทนความเค็มได้มากกว่าข้าวโพด และข้าว (FarmKaset.ORG, 2557)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินหลังการใส่ปุ๋ย มีปริมาณมากขึ้นก่อนการใส่ปุ๋ย โดยกรรมวิธีที่ใส่มูลวัวอัตรา 2 กิโลกรัม/ค้าง มีปริมาณอินทรีย์วัตถุมากกว่า และกรรมวิธีควบคุมมีปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อยที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) (ตาราง 6) ซึ่งการเพิ่มของปริมาณอินทรีย์วัตถุ นอกจากจะเพิ่มขึ้นจากการใส่มูลวัวแล้ว ในสภาพแปลงปลูกดีปลีมีการเพิ่มขึ้นของอินทรีย์วัตถุได้จากการร่วงของใบและผล ตลอดจนซากเน่าเปื่อยผุพังของวัชพืชในแปลงปลูกดังเห็นจากชุดควบคุมที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 6 คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนและหลังใส่ปุ๋ยดีป्ली

กรรมวิธี	ความเป็นกรด-ด่าง		ค่าความนำไฟฟ้า (ms/cm)		อินทรีย์วัตถุ (%)		ฟอสฟอรัส (มก./กก.)		โพแทสเซียม (มก./กก.)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	5.05	4.99 ab	0.02	0.12	2.47	3.61	8.68	1.49 c	33.69	198.31 ab
2	5.17	5.21 a	0.03	0.16	2.15	4.00	8.93	1.24 c	44.56	242.63 a
3	4.91	4.73 bc	0.03	0.10	2.22	3.30	15.05	14.14 b	40	116.66 cd
4	4.96	4.79 abc	0.02	0.12	2.26	3.69	11.28	31.86 a	50.24	157.00 bcd
5	4.82	4.41 cd	0.02	0.15	2.48	3.63	16.20	5.74 bc	37.25	213.32 ab
6	5.01	4.46 cd	0.02	0.14	2.36	3.72	14.92	44.86 a	41.42	147.53 bcd
7	5.09	4.30 d	0.02	0.14	2.32	3.55	13.28	30.45 a	38.85	201.80 ab
8	5.05	4.39 cd	0.02	0.16	2.09	3.78	16.63	38.83 a	41.04	190.08 abc
9	5.16	5.10 ab	0.02	0.09	1.74	3.06	10.92	0.71 c	32.46	97.88 d
F-test	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	**
CV (%)	4.05	6.36	26.11	24.15	51.9	14.77	36.90	36.81	28.45	29.37

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กแตกต่างกันในแนวสมมติมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($p>0.05$) เครื่องหมาย ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และ ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p\geq 0.05$)

ปริมาณฟอสฟอรัสในดินก่อนการใส่ปุ๋ย แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq 0.05$) แต่ในดินหลังการใส่ปุ๋ย พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p\leq 0.01$) โดยในกรรมวิธีที่ 4, 6, 7 และ 8 มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ โดยกรรมวิธีที่ 1, 2 และ 9 มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินเหลือน้อยที่สุด (ตาราง 6)

ปริมาณโพแทสเซียมในดินก่อนและหลังการใส่ปุ๋ยให้ผลเช่นเดียวกับปริมาณฟอสฟอรัสในดิน คือ ปริมาณโพแทสเซียมในดินก่อนการใส่ปุ๋ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ในดินหลังการใส่ปุ๋ย พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) โดยในกรรมวิธีที่ 3, 5, 6, 7 และ 8 มีปริมาณโพแทสเซียมในดินมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (ตาราง 6)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นการใส่ปุ๋ยเคมี และมูลวัว ในอัตราที่เหมาะสมมีผลทำให้ดีป्लीมีปริมาณผลผลิตและมีคุณภาพมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยและการใส่ปุ๋ยในอัตราต่ำ เนื่องจากปริมาณธาตุอาหารไม่เพียงพอ ส่วนสาเหตุที่การใส่ปุ๋ยในอัตราสูงไม่ทำให้ผลผลิตดีป्लीมากกว่าอัตรากลาง เนื่องจากการใส่ปุ๋ยที่มากเกินไปเกินความต้องการของพืชย่อมไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ใด ๆ ปุ๋ยส่วนเกินมักถูกชะล้างลงสู่ดินหรือแหล่งน้ำธรรมชาติ ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ ทำให้คุณภาพของดินไม่ดี ดินจะแน่น หน้าดินแข็ง ทำให้ระบายน้ำและอากาศได้ไม่ดี ดินเป็นกรดจัดและมีค่า (pH) ต่ำ ธาตุอาหารพืชบางชนิด ธาตุไนโตรเจนถึงแม้พืชจะต้องการในปริมาณมาก แต่ถ้าใช้มาก

เกินไปจะทำให้พืชลูกข้า คุณภาพผลไม่ดี กิ่งก้านและใบไม่แข็งแรงหักโค่นได้ง่าย และไม่ต้านทานต่อโรคและแมลง นอกจากนี้ อินทรีย์วัตถุ และฮิวมัสที่มีประโยชน์ในดินก็ลดน้อยลง จากค่าวิเคราะห์ดินหลังจากใส่ปุ๋ยจะเห็นว่าการใส่ปุ๋ย $N:P_2O_5:K_2O$ อัตรา 180:180:180 กรัม/ค้ำ/ปี ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ 1 และ 2 กิโลกรัม ในกรรมวิธีที่ 7 และ 8 มีผลทำให้ค่า pH ของดินต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยในอัตราอื่น แต่ปริมาณผลผลิตและคุณภาพของผลผลิตไม่ได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น การใส่ปุ๋ยมูลวัวร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีนั้นนอกเหนือให้ธาตุอาหารแล้ว ปุ๋ยอินทรีย์เป็นวัสดุที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) สูง เมื่อมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีสารฮิวมัสในปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งมีประจุลบ ดูดซับอนุภาคของธาตุอาหารพืชที่มีประจุบวกได้ทำให้ลดการสูญเสียธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยลดความเป็นพิษของธาตุอาหารบางชนิด เช่น อลูมิเนียม แมงกานีส และโซเดียม เพิ่มความต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างของดิน ทำให้การเปลี่ยนแปลงไม่รวดเร็วจนเป็นอันตรายต่อพืช ทำให้โครงสร้างของดินดีขึ้น เพิ่มช่องว่างระหว่างเม็ดดิน เพิ่มปริมาณก๊าซออกซิเจนในดินซึ่งจะส่งเสริมให้ระบบรากของพืชเจริญเติบโตได้ดี ทำให้รากดูดน้ำและธาตุอาหารได้มากขึ้น เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดินทำให้ดินมีความชุ่มชื้น ลักษณะดังกล่าวจะลดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน ช่วยเพิ่มแหล่งอาหารของจุลินทรีย์เพิ่มปริมาณและกิจกรรมของ จุลินทรีย์ซึ่งจะเป็นตัวย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ ทำให้ธาตุอาหารพืชถูกปลดปล่อยออกมา (นิรนาม, 2548 ; บัญชา, 2555)

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การเก็บฝักดีปลีให้ได้คุณภาพตรงตามมาตรฐานตามตำรายาสมุนไพรไทยควรเก็บฝักที่มีอายุ 91-98 วัน โดยนับจากระยะตาดอกจนฝักเปลี่ยนสี การใส่ปุ๋ยให้กับดีปลีที่ปลูกในดินที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 4.82-5.17 ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0.02-0.03 มิลลิซีเมน/เซนติเมตร มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปานกลาง อยู่ระหว่าง 1.74-2.48 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในระดับปานกลางในช่วง 8.68-16.63 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และมีปริมาณโพแทสเซียมค่อนข้างต่ำอยู่ในช่วง 32.46-50.24 มิลลิกรัม/กิโลกรัม การใส่ปุ๋ยที่ให้ผลผลิตมากที่สุด คือ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา 120:120:120 กรัม/ค้ำ ร่วมกับมูลวัวแห้ง 4 กิโลกรัม/ค้ำ ให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ของฝัก คือ 151.75 และ 40.92 กรัม/ค้ำ ตามลำดับ นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยเคมีและมูลวัวแห้งอัตราดังกล่าว ยังมีผลทำให้มีปริมาณไฟเบอร์สูงที่สุดด้วย คือ 3.16 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักฝักแห้ง ทั้งนี้การใส่ปุ๋ยเคมีแนะนำให้แบ่งใส่ 4 ครั้ง/ปีส่วนมูลวัวแห้งแบ่งใส่ 2 ครั้ง/ปี

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ผลงานวิจัยถูกนำไปเผยแพร่ในการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53 ระหว่างวันที่ 3-6 กุมภาพันธ์ 2558 ในหัวข้อเรื่อง “ผลของอัตราปุ๋ยเคมีและมูลวัวต่อผลผลิตและสารไฟเบอร์ในดีปลี”
2. ผลงานวิจัยถูกนำไปเป็นผลงานสหกิจศึกษาของนักศึกษามหาวิทยาลัยนเรศวร และได้รับรางวัลสหกิจศึกษาดีเด่นระดับมหาวิทยาลัย และถูกคัดเลือกเข้าประกวดผลงานสหกิจศึกษาดีเด่นระดับปริญญาตรี ของ

สถาบันอุดมศึกษาภาคเหนือตอนล่าง 13 สถาบัน ในหัวข้อเรื่อง “ระยะเก็บเกี่ยวต่อคุณลักษณะทางกายภาพ และเคมีบางประการของดีปลี”

3. ผลงานวิจัยกำลังอยู่ในขณะรอตีพิมพ์ลงในวารสารเกษตร ของกรมวิชาการเกษตร หัวข้อเรื่อง “ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของดีปลี (*Piper retrofractum* Vahl) เพื่อให้ได้ผลผลิตตามมาตรฐานตำรายาสมุนไพรไทย”

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

ขอขอบคุณ นายวิรุฬห์ คำวงศ์ นักศึกษามหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วยงานวิจัยนี้อย่างพากเพียร เต็มกำลังความสามารถให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี และขอบคุณผู้อำนวยการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิตทางการเกษตร สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 จ.จันทบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ต่างๆ

7. เอกสารอ้างอิง

- กรองกาญจน์ ชูทิพย์ นันทิทิพย์ ลี้มเพียรชอบ นันทกา โกรธนา และสุชกิจ ยะโสธรศรีกุล. 2555. โครงการกลไกการออกฤทธิ์ของสารไพเพอรินและอนุพันธ์ในการลดปัจจัยเสี่ยงของการเกิด โรคระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สนับสนุนโดยงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร. 44 น.
- จิราภรณ์ สุวรรณะ. 2548. ผลของสารไพเพอรินต่อหนูขาวสายพันธุ์วีสตาร์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ. 99 หน้า.
- นฤมล ผิวเผื่อน. 2557. ผลึกแคลเซียมออกซาเลตและปริมาณออกซาเลตในพืชผักบางชนิดในจังหวัดหนองคาย. ว. วิทย. มข. 42(4): 820-829.
- นันทนา สิทธิชัย. 2547. มาตรฐานของสมุนไพรในตำรายามาตรฐานยาสมุนไพรไทย. ว. สมุนไพรไทย. 11(1) : 21-32.
- นิรนาม. 2543. การปลูกพืชเครื่องเทศและสมุนไพร. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. 32 หน้า.
- นิรนาม. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 547 หน้า.
- นิรนาม. 2556. องค์ความรู้เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสู่การเป็น smart office สมุนไพรและเครื่องเทศ. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. 142 หน้า.
- บัญชา รัตน์ทุ. 2555. ปุ๋ยอินทรีย์กับการปรับปรุงดินเสื่อมคุณภาพ. *Princess of Naradhiwas University Journal* 4(2): 115-127.
- ภูวดล บุตรรัตน์. 2532. โครงสร้างภายในของพืช. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด. กรุงเทพฯ. 57 หน้า.
- ศิริพรรณ ตันตาคม นันทิยา จิตธรรมมา บุญฤทธิ์ สายัมพล สุรัตน์ดีจิระจินดา และธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. 2550. วิทยาสารกำแพงแสน. 5 (1) : 30-35.

- ศิวาพร ศิวเวช และณัฐินี ใจสะอาด. 2546. การสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากเปลือกมันฝรั่ง. หน้า 1-8. ใน : รายงานการการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 3-7 กุมภาพันธ์ 2546 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- สมชาย องค์กรประเสริฐ. 2535. ปฐพีศาสตร์ประยุกต์. ภาควิชาดินและปุ๋ย คณะผลิตกรรมการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้.
- सानิตย์ สุขสวัสดิ์. 2542. อิทธิพลของสารเคมีบางชนิดที่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตของพริกไทย. ศูนย์วิจัยพืชสวน จันทบุรี จันทบุรี. 19 หน้า.
- สุดารัตน์ หอมหวล. 2553. ดีปลี. ฐานข้อมูลเครื่องยาสมุนไพร. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. แหล่งที่มา www.thaicrudedrugs.com/mail.php?action=viewpage&pid=58, (6/7/2557).
- อุดมลักษณ์ อุณจิตต์วรรณะसानิตย์ สุขสวัสดิ์อาภรณ์ เจียมสายใจและแสงมณี ชิงดวง. 2547. วิจัยชนิดและปริมาณสารสำคัญในพริกไทย. ใน: ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2547: เล่มที่ 1. กรมวิชาการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรุงเทพฯ.
- Anonymous. 2014. *Long pepper*. Available <http://vikaspedia.in/agriculture/crop-production/long-pepper/view>, (6/11/ 2014).
- Anonymous. No date. *Hand book on Medicinal & Aromatic Plants*. NEDFi India. 56-59.
- Chandel H. S., A. K. Pathak and M. Tailang. 2011. Standardization of some herbal antidiabetic drugs in polyherbal formulation. *Pharmacognosy Research*. 3(2): 49-56.
- Chauhan.S.K., G.P. Kimothi, B.P. Singh and S. Agrawal.1998. A Spectrophotometric method to estimate piperine in piper species. *Ancient Science of Life*. 18(1): 84 – 87.
- FarmKaset.ORG. 2557. EC: ค่าการนำไฟฟ้าของดิน. แหล่งที่มา http://www.ilab.asia/ilab/iLab_library.aspx?content=00413,6 กรกฎาคม 2557.
- Hoskins. B. R. 1997. Soil testing handbook for professionals in agriculture, horticulture, nutrient and residuals management. *Third edition. Formely "Soil Testing Handbook for professional Agriculturalists"*, Phosphate requirements. Maine Soil Testing Service / Analytical Lab Maine Forestry & Agricultural Experiment Station University of Maine 34-35, (1997).
- Joseph L. and M. George. 2011. Pharmacognostical profiling of *Geranium ocellatum* leaves. *International Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 1(3): 2249-4340.

- Joshi K., K. Panara, K. Nishteswar and S. Chaudhary. 2013. Cultivation and pharmacological profiles of root of *Piper longum* Linn.. *Pharma Science Monitor an International Journal of Pharmaceutical Sciences*. 4(1): 3617-3627.
- Leszczynski W. 1989. *Potato tubers as raw material for processing and nutrition*, pp. 11-113. In G.Lisinska and W. Leszczynski (eds.). *Potato Science and Technology*. Elsevier Science Publishing Co., Inc., New York.
- Macheix J.J., A. Fleuriet and J. Billot. 1990. *Fruit Phenolics*. CRC Press, Inc., Florida. 378 p.
- Majeed L. and L. Prakash. 2000. The medicinal uses of pepper. *International Pepper News*. 25(1): 23-31.
- Metcalfe C.R. and L. Chalk. 1950. *Anatomy of Dicotyledons and Monocotyledon*. Oxford Univ. Press, London . 1500 p.
- Prosky L. and J.W. Devries. 1992. *Controlling dietary fiber in food products*. VanNostrand Reinhold, New York. 161 p.
- Walter W. and A.E. Purcell. 1979. Evaluation of several methods for analysis of sweet potato phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 27(5): 942-964.

8. ภาคผนวก