ผลของชนิดและอัตราปุ๋ยเคมีและอินทรีย์ที่มีต่อการเพิ่มผลผลิตและสารสำคัญในดีปลี

Effect of Type and Ratio of Chemical Fertilizer and Organic Fertilizer on Yield and Active Ingredient in Long pepper (*Piper retrofractum* Vahl.)

นางสาวปิยะมาศ โสมภีร์[๑] นางสาวมาลัยพร เชื้อบัณฑิต[๑] นางอภิรดี กอร์ปไพบูลย์[๑]
นางนาทระพี สุขจิตไพบูลย์ผล[๑] นางสาวแสงมณี ชิงดวง[๒]

บทคัดย่อ

ดีปลี จัดเป็นสมุนไพรและเครื่องเทศที่มีความสำคัญและจำเป็นในตำรับยาอายุรเวท แต่การเก็บเกี่ยวฝักดีปลีเพื่อนำมาเป็นยาสมุนไพรยังมีคำแนะนำที่ไม่ตรงกัน รวมไปถึงการใส่ปุ๋ยเพื่อบำรุงต้น ให้ได้ออกดอกตลอดปียังมีการศึกษาน้อย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมเพื่อนำไปผลิตเป็นยาสมุนไพร และศึกษาผลของอัตราปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตและสารสำคัญในดีปลี ในการทดลองครั้งจึงแบ่งการทดลองเป็น ๒ ส่วน คือ

๑) ศึกษาระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของดีปลีเพื่อให้ได้ผลผลิตตามมาตรฐานตำรายาสมุนไพรไทย ทำการทดลองที่ศูนย์พัฒนาไม้ผลเศรษฐกิจภาคตะวันออก จ.จันทบุรี โดยทำการเปรียบเทียบระยะเก็บเกี่ยวฝักดีปลี ๔ ระยะ คือ สีเขียว (๙๑-๙๘ วัน) สีเขียวอมส้ม (๙๙-๑๐๔ วัน) สีส้มอมเขียว (๑๐๕-๑๑๒ วัน) และสีส้ม (๑๑๓-๑๑๙ วัน) มีขนาดความยาว ๓๘.๖, ๓๙.๕, ๔๑.๕ และ ๔๑.๕ มิลลิเมตร ตามลำดับ และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๙.๕, ๙.๘, ๙.๘ และ ๙.๘ มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งระยะสีส้มเป็นระยะที่มีน้ำหนักมากที่สุด ๓.๓ และ ๑.๐ กรัมต่อฝัก ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของดีปลีทั้ง ๔ ระยะ กับ ค่ามาตรฐานยาสมุนไพรไทย พบว่า ระยะสีเขียว และสีเขียวอมส้มผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ๖ ข้อ ส่วนระยะสีส้มอมเขียวและระยะสีส้ม ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ๕ ข้อ ซึ่งในแต่ละระยะจะมีข้อเด่นและข้อด้อยแตกต่างกันออกไป ดังนี้ ระยะสีเขียวเป็นระยะที่ปริมาณสารสกัดน้ำ และไพเพอรีนดีที่สุด (๑๕.๗% และ ๓.๙๑% ตามลำดับ) แต่ระยะสีเขียวอมส้มมีขนาดของฝักแห้ง (ยาว ๓.๘ ซม., เส้นผ่านศูนย์กลาง ๗.๑ มม.) และปริมาณสารสกัดเอทานอลดีที่สุด (๑๐.๖๕%) ระยะสีส้มอมเขียวมีขนาดฝักแห้งเท่ากับระยะสีเขียวอมส้ม (ยาว ๓.๘ ซม., เส้นผ่านศูนย์กลาง ๗.๑ มม.) แต่มีค่าปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในน้ำต่ำ (๑.๖%) ซึ่งถือว่าเป็นระยะที่ไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงภาวะตกค้างของเกลือแคลเซียมออกซาเลต ที่เป็นสาเหตุของการเกิดนิ่วได้ ส่วนระยะสีส้ม ถึงแม้จะผ่านเกณฑ์เพียง ๕ เกณฑ์ แต่ค่าวิเคราะห์ที่อยู่ในเกณฑ์ดีมีถึง ๕ ข้อ คือ ขนาดของฝักแห้งไม่แตกต่างกับระยะสีเขียวอมส้มและสีส้มอมเขียว (ยาว ๓.๘ ซม., เส้นผ่านศูนย์กลาง ๗.๑ มม.) แต่มีน้ำหนักฝักสดและฝักแห้งมากกว่าระยะอื่นๆ และมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำ (๓.๓ ก.ม ๑.๐ ก. และ ๕.๘๑% ตามลำดับ)

ดังนั้นจากการศึกษาระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของดีปลีครั้งนี้ สรุปได้ว่าการเก็บฝักดีปลีต้องเก็บฝักมีอายุ ๙๑ ถึง ๑๑๙ วัน เพราะทำให้ได้ลักษณะทางกายภาพและเคมีที่ดี เมื่อเกษตรกรเก็บขายและนำมาตากแห้งจะทำให้ได้น้ำหนักผลผลิตที่ดี และมีคุณภาพ

---

[๑] ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร อ.ขลุง จ.จันทบุรี

[๒] สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ

๒) ทำการศึกษาผลของปุ๋ยต่อผลผลิตและสารสำคัญในดีปลี โดยทำการวางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน ๔ ซ้ำ ประกอบด้วย ๑) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา ๕๐:๒๐:๗๐ กรัม/ค้าง + มูลวัวแห้ง ๒ กิโลกรัม/ค้าง ๒) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา ๕๐:๒๐:๗๐ กรัม/ค้าง + มูลวัวแห้ง ๔ กิโลกรัม/ค้าง ๓) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา ๗๕:๗๕:๗๕ กรัม/ค้าง + มูลวัวแห้ง ๒ กิโลกรัม/ค้าง ๔) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา ๗๕:๗๕:๗๕ กรัม/ค้าง + มูลวัวแห้ง ๔ กิโลกรัม/ค้าง ๕) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา ๑๒๐:๑๒๐:๑๒๐ กรัม/ค้าง + มูลวัวแห้ง ๒ กิโลกรัม/ค้าง ๖) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา ๑๒๐:๑๒๐:๑๒๐ กรัม/ค้าง + มูลวัวแห้ง ๔ กิโลกรัม/ค้าง ๗) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา ๑๘๐:๑๘๐:๑๘๐ กรัม/ค้าง + มูลวัวแห้ง ๒ กิโลกรัม/ค้าง ๘) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา ๑๘๐:๑๘๐:๑๘๐ กรัม/ค้าง + มูลวัวแห้ง ๔ กิโลกรัม/ค้าง ๙) ไม่มีการใส่ปุ๋ยทั้งปุ๋ยเคมีและมูลวัวแห้ง (ชุดควบคุม) ผลการศึกษาพบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา ๑๒๐ กรัม/ค้าง/ปี ฟอสฟอรัส (P_2O_5) ๑๒๐ กรัม/ค้าง/ปี โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา ๑๒๐ กรัม/ค้าง/ปี ร่วมกับการใส่มูลวัว ๒ กิโลกรัม/ค้าง ให้น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และปริมาณไพเพอรีน สูงที่สุด คือ ๑๕๑.๗๕ และ ๔๐.๙๒ กรัม/ต้น และ ๓.๑๗ เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้นด้วย ดังนั้นการใส่ปุ๋ยดีปลีควรใส่ในอัตราดังกล่าวโดยการใส่ปุ๋ยเคมีควรแบ่งใส่ ๔ ครั้ง/ปี และการใส่มูลวัวแห้งแบ่งใส่ ๒ ครั้ง/ปี

คำนำ

ในปัจจุบันคนไทยมีการบริโภคหรือการใช้ยาแผนไทยเพิ่มขึ้นจำนวนมาก เนื่องจากยาแผนไทยมีการผลิตจากสมุนไพรต่างๆ ที่มีความปลอดภัย ไม่เป็นอันตรายและในส่วนผสมของยาแผนไทยนั้น มีสมุนไพรมากมายหลายชนิด หนึ่งในนั้น คือ ดีปลี ซึ่งในตำรับยาแผนไทย มีการนำดีปลีไปเป็นส่วนผสมสำคัญในตัวยาหลายตำรับยา ซึ่งดีปลีมีสรรพคุณทางยา คือ ช่วยในการย่อยอาหาร รักษาอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ ขับลมและขับน้ำดี ฯลฯ ดีปลีที่นำมาผลิตยาแผนไทยนั้นมีสารสำคัญ คือ สารอัลคาลอยด์ ชื่อว่า ไพเพอริน (Piperine) เหมือนที่พบในพริกไทย ประมาณ ร้อยละ ๓-๕ และยังมีน้ำมันหอมระเหยประมาณร้อยละ ๑ (Majeed and Prakash, ๒๐๐๐) ซึ่งสารสำคัญดังกล่าว มีผลทำให้ดีปลีมีสรรพคุณทางยา ในการผลิตดีปลีที่ใช้ในทางยาแผนไทยนั้น จำเป็นต้องมีสารสำคัญในปริมาณที่มาก เพื่อใช้ในการผลิตยาแผนไทยที่มีคุณภาพดี แต่การเก็บฝักดีปลีที่จะนำมาใช้เป็นยายังไม่มีข้อมูลระยะการเก็บเกี่ยวที่ใช้เป็นมาตรฐานได้ จากเอกสารคำแนะนำของกรมส่งเสริมการเกษตรมีการแนะนำให้เก็บในระยะแก่จัดฝักเริ่มมีสีส้มแดงเรื่อ แต่ยังไม่สุก เนื้อแน่นแข็งไม่นิ่มผลต้องไม่สุกแดงเกินไปหรือเขียวไป (นิรนาม, ๒๕๕๖) แต่ก็มีเอกสารจาก กรมส่งเสริมการเกษตรรายงานว่าหากต้องการเก็บเกี่ยวดีปลีเพื่อให้ได้สารออกฤทธิ์สูงต้องเก็บระยะแก่จัดแต่ไม่สุก สีเหลืองอมส้ม (นิรนาม, ๒๕๔๓) สำหรับในต่างประเทศ เช่น ประเทศอินเดียจะเก็บในระยะสีเขียวเข้ม ให้กลิ่นฉุนมากที่สุด (Anonymous, ๒๐๑๔; Joshi *et al*., ๒๐๑๓) หรือบางครั้งมีการเก็บในระยะสีเหลืองสำหรับดอกเพศผู้ ส่วนดอกเพศเมียเก็บระยะสีเหลืองอมเขียว (Manoj *et al*., ๒๐๐๔) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อหาระยะเก็บเกี่ยวที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดีปลีที่ได้มาตรฐานตามตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมยาแผนไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกเหนือจากการเก็บดีปลีให้ถูกระยะที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ตัวยาหรือสารสำคัญสูงแล้ว ในเรื่องของการดูแลรักษาเพื่อให้ได้ผลผลิตมากและมีคุณภาพ โดยเฉพาะเรื่องของการใส่ปุ๋ยเป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากดีปลีเป็นพืชหลายปี และให้ผลผลิตตลอดปี ปุ๋ยที่เกษตรกรใส่ในการปลูกดีปลีมีทั้งปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีสูตรเสมอ ปริมาณและอัตราส่วนเท่าใดจึงจะเหมาะสมต่อการให้ผลผลิตดีปลีที่มีคุณภาพและมีสารสำคัญสูงนั้นยังมีผลการศึกษาน้อยมาก

งานวิจัยที่ผ่านมาจะมีการทดลองส่วนมากในพริกไทย เช่น สานิตย์ (๒๕๔๒) ได้ทดลองศึกษาผลของการให้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับ ปูนโดโลไมท์ต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมีในพริกไทย โดยทดลองใส่ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่อัดเม็ด อัตรา ๒ กิโลกรัม/ค้าง ปีละ ๓ ครั้ง ร่วมกับ ปูนโดโลไมท์ อัตรา ๕๐๐ กรัม ปีละ ๓ ครั้ง โดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์พร้อมกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร ๑๕-๑๕-๑๕ , ๘-๒๔-๒๔ และ ๑๒-๑๒-๑๗+๒ Mg ๒ ครั้ง/สัปดาห์ พบว่า เมื่อใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ร่วมกับ ปูนโดโลไมท์ ทำให้ผลผลิตพริกไทยสูงขึ้น อุดมลักษณ์ และคณะ (๒๕๔๗) พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา ๒๐ กิโลกรัม + ปุ๋ยเคมีสูตร ๑๕-๑๕-๑๕ จำนวน ๒๐๐ กรัม/ค้าง/ครั้ง จำนวน ๓ ครั้ง/ปี (๖๐๐ กรัม/ปี) ทำให้พริกไทยผลผลิตสูงขึ้น และพบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา ๑๐ กิโลกรัม/ค้าง + ปุ๋ยเคมีสูตร ๑๕-๑๕-๑๕ จำนวน ๒๐๐ กรัม/ค้าง/ครั้ง จำนวน ๗ ครั้ง/ปี (๑,๔๐๐ กรัม/ปี) จะให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูง และปริมาณไพเพอรีนสูงสำหรับในดีปลีจากข้อมูลของ Anonymous (No date) ดีปลีมีความต้องการปุ๋ยในไนโตรเจน (N) อัตรา ๕๐ กิโลกรัม/เฮกแตร์ ฟอสฟอรัส (P_2O_5) อัตรา ๒๐ กิโลกรัม/เฮกแตร์ และโพแทสเซียม (K_2O) อัตรา ๗๐ กิโลกรัม/เฮกแตร์ ซึ่งเป็นคำแนะนำการปลูกดีปลีในประเทศอินเดีย จากข้อมูลสังเกตได้ว่ามีการวิจัยเกี่ยวกับอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมต่อดีปลีน้อยมาก ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการเพิ่มผลผลิตและสารสำคัญในดีปลี เพื่อนำผลการวิจัยไปแนะนำแก่เกษตรกรเพื่อปลูกดีปลีเป็นการค้าต่อไป

วิธีดำเนินการ

การทดลองครั้งนี้แบ่งการทดลองเป็น ๒ การทดลอง ดังนี้

๑. ศึกษาระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของดีปลี

- แผนการทดลอง

  ไม่มีการวางแผนการทดลอง

- อุปกรณ์

  - ดีปลีอายุ ๒ ปี
  - วัสดุวิทยาศาสตร์
  - เครื่องมือวิทยาศาสตร์ เช่น เครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ เตาเผา ตู้อบ ฯลฯ

- วิธีการ

  การวัดการเจริญเติบโตของฝักดีปลี

  เลือกต้นดีปลีที่สมบูรณ์ ทำการติดป้ายชื่อ (Tag) บริเวณกิ่งที่มีการแทงตาดอก ทั้งหมด ๑๐๐ ป้าย วัดความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลาง (วัดบริเวณฐานด้านล่างของฝักดีปลีที่กว้างที่สุด) โดยวัดการเจริญเติบโตของฝักดีปลี ในทุกๆ ๗ วัน จนกระทั่งฝักดีปลีเข้าสู่ระยะ สีเขียว สีเขียวอมส้ม สีส้มอมเขียว และสีส้ม

  การหาน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งฝักดีปลี

  เก็บฝักดีปลีจากแปลงปลูกดีปลี ล้างทำความสะอาดและผึ่งให้แห้งในที่ร่ม หลังจากนั้นคัดแยกฝักดีปลีที่มีระยะสีต่างกัน คือ ระยะสีเขียวเข้ม ระยะสีเขียวอมส้ม ระยะสีส้มอมเขียว และระยะสีส้ม แยกฝักที่มีลักษณะผิดปกติ หงิกงอ เป็นโรคออก แล้วคัดฝักดีปลีทั้ง ๔ ระยะ มาระยะละ ๓๐ ฝัก โดยวางบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (Petri Dish) จานละ ๑ ฝัก เขียนหมายเลขกำกับ แล้วนำไปชั่ง ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม ๒ ตำแหน่ง บันทึกข้อมูลน้ำหนักสด หลังจากนั้นนำดีปลีทั้งหมดที่ชั่งไปอบที่อุณหภูมิ ๗๐ องศาเซลเซียส ในตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) จนกระทั่งแห้ง นำดีปลีที่อบออกจากตู้อบ รอจนเย็น ชั่งหาน้ำหนักแห้งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม ๒ ตำแหน่ง บันทึกข้อมูลน้ำหนักแห้ง

การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ

การตรวจหาปริมาณความชื้น และเถ้าใช้วิธีวิเคราะห์ตามวิธีของ Chandel *et al*. (๒๐๑๑) ดังนี้

การหาปริมาณความชื้น (Moisture Content)

นำดีปลีแห้งในแต่ละระยะมาบดจนละเอียด ใส่ในถ้วยครูซิเบิล (Crucible) ที่ทำให้แห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ ๗๐ องศาเซลเซียส นาน ๖-๗ ชั่วโมง นำออกมารอจนเย็นแล้วชั่งหาน้ำหนักถ้วย ก่อน ชั่งดีปลีบดแห้งใส่ถ้วยละ ๒ กรัม ทุกระยะของดีปลี ระยะละ ๓ ซ้ำ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ ๑๐๕ องศาเซลเซียส ในตู้อบลมร้อน นาน ๕-๖ ชั่วโมง เพื่อหาความชื้นของดีปลี

การหาปริมาณเถ้ารวม (Total Ash)

ชั่งดีปลีบดแห้ง ๒ กรัม ทุกระยะของดีปลี ระยะละ ๓ ซ้ำ ใส่ลงในถ้วยครูซิเบิลแห้ง นำเข้าเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ ๒๐๐ องศาเซลเซียส นาน ๒ ชั่วโมง แล้วเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น ๖๐๐ องศาเซลเซียส นาน ๖ ชั่วโมง เมื่อครบกำหนด รอจนกระทั่งเย็น นำครูซิเบิล ที่มีเถ้าไปชั่งหาน้ำหนักหาปริมาณเถ้ารวม

การหาปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (Acid-Insoluble Ash)

เตรียมสารละลาย กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น ๑๐% ปริมาตร ๕๐๐ มิลลิลิตร โดยการเติมกรดไฮโดรคลอริก ๕๐ มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น ๔๕๐ มิลลิลิตร นำเถ้าจากการวิเคราะห์ปริมาณเถ้ารวม (Total Ash) มาใส่ในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask) แล้วเติมด้วย กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น ๑๐% ปริมาตร ๒๕ มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปต้มจนเดือดนาน ๔-๕ นาที บนเตา (Hot Plate) จากนั้นนำสารละลายที่ต้มเสร็จมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ ๔๒ แล้วนำตะกอนเถ้าใส่ครูซิเบิล ล้างเถ้าที่ติดกระดาษกรองซ้ำด้วยน้ำร้อน นำครูซิเบิลที่มีตะกอนเถ้าไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ ๔๕๐ องศาเซลเซียส นาน ๒ ชั่วโมง เมื่อเผาเสร็จ รอจนกระทั่งเย็นจึงนำครูซิเบิลที่มีตะกอนเถ้ามาชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด

การหาปริมาณเถ้าที่ละลายในน้ำ (Water Soluble Ash)

นำเถ้าจากการวิเคราะห์ปริมาณเถ้ารวม (Total Ash) มาใส่ในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask) แล้ว เติมน้ำ ๒๕ มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปต้มจนเดือดนาน ๔-๕ นาที บนเตา (Hot Plate) จากนั้นนำสารละลายที่ต้มเสร็จมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ ๔๒ แล้วนำตะกอนเถ้าใส่ครูซิเบิล ล้างเถ้าที่ติดกระดาษกรองซ้ำด้วยน้ำร้อน นำครูซิเบิลที่มีตะกอนเถ้าไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ ๔๕๐ องศาเซลเซียส นาน ๒ ชั่วโมง เมื่อเผาเสร็จ รอจนกระทั่งเย็นจึงนำครูซิเบิลที่มีตะกอนเถ้ามาชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณเถ้าที่ละลายในน้ำ

การตรวจสอบลักษณะทางเคมี

การตรวจหาปริมาณสารสกัดน้ำ และเอทานอลใช้วิธีวิเคราะห์ตามวิธีของ Chandel *et al*. (๒๐๑๑) การวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยใช้วิธีวิเคราะห์ตามวิธีของนันทนา (๒๕๔๗) และการวิเคราะห์หาปริมาณสารไพเพอรีนดัดแปลงวิธีวิเคราะห์ของ Chauhan *et al*. (๑๙๙๘) โดยมีวิธีการดังนี้

การหาปริมาณสารสกัดน้ำ (Water Soluble Extractive Value)

บดดีปลีแห้งทั้ง ๔ ระยะ นำดีปลีบดแต่ละระยะมาชั่งน้ำหนัก ๕ กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask) เติมน้ำกลั่น ๑๐๐ มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ๒๔ ชั่วโมง เขย่าเมื่อครบ ๖

ชั่วโมงแรก และตั้งทิ้งไว้อีก ๑๘ ชั่วโมง หลังจากนั้นนำสารละลายมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ ๔๒ ล้างขวดซ้ำด้วยน้ำกลั่น จนไม่มีตะกอนเกาะในขวด แล้วดูดสารละลายที่กรองได้มา ๒๕ มิลลิลิตร นำมาระเหยโดยการอบด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ ๑๐๕ องศาเซลเซียส จนสารละลายแห้ง นำตะกอนในขวดมาชั่งน้ำหนักหาปริมาณสารสกัดน้ำ

การหาปริมาณสารสกัดเอทานอล (Ethanol Soluble Extractive)

บดดีปลีแห้งทั้ง ๔ ระยะ นำดีปลีบดแต่ละระยะมาชั่งน้ำหนัก ๕ กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask) เติมเอทานอล (Ethanol) ๑๐๐ มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ๒๔ ชั่วโมง เขย่าเมื่อครบ ๖ ชั่วโมงแรก และตั้งทิ้งไว้อีก ๑๘ ชั่วโมงหลังจากนั้นนำสารละลายมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ ๔๒ ล้างขวดซ้ำด้วยเอทานอลจนไม่มีตะกอนเกาะในขวด แล้วดูดสารละลายที่กรองได้มา ๒๕ มิลลิลิตร นำมาระเหยโดยการอบด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ ๑๐๕ องศาเซลเซียส จนสารละลายแห้ง นำตะกอนในขวดมาชั่งน้ำหนักหาปริมาณสารสกัดเอทานอล

การหาปริมาณน้ำมันหอมระเหย (Volatile Oil Content)

คัดเลือกดีปลีฝักสดทั้ง ๔ ระยะ นำดีปลีแต่ละระยะมาชั่งน้ำหนัก ๑๐๐ กรัม จากนั้นหั่นฝักดีปลีให้มีขนาดเล็ก นำดีปลีที่หั่นแล้วใส่ลงในขวดก้นกลม (Round Bottom Flask) ขนาด ๒๕๐ มิลลิลิตร เติมน้ำเปล่าลงในขวดระดับน้ำประมาณ ๓ ใน ๔ ของขวด นำขวดวางบนเตาหลุม (Heating Mantle) และติดตั้งชุดเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย ตั้งอุณหภูมิเตาหลุมที่ ๑๐๐-๑๕๐ องศาเซลเซียส จนน้ำเดือด กลั่นจนไม่มีน้ำมันหอมระเหยออกมา วัดปริมาณน้ำมันหอมระเหย

การหาปริมาณสารไพเพอรีน (Piperine Value)

การเตรียมสารสกัดตัวอย่างดีปลี

นำดีปลีในแต่ละระยะ ไปอบที่อุณหภูมิ ๗๐ องศาเซลเซียส จนแห้ง แล้วบดดีปลีจนละเอียด จากนั้นชั่งดีปลีที่บดแห้งมา ๐.๑ กรัม โดยใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมเมทานอล (Methanol) ๕ มิลลิลิตร แล้วนำไปต้มจนเดือดที่อุณหภูมิ ๗๐ องศาเซลเซียส นาน ๔-๕ นาที ด้วยอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath) แล้วนำสารละลายมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ ๔๑ ใส่ในขวดวัดปริมาตร (Volumetric Flask) ขนาด ๒๕ มิลลิลิตร (โดยทำซ้ำ ๓ รอบ) แล้วปรับปริมาตรให้เป็น ๒๕ มิลลิลิตร ด้วยเมทานอล จากนั้นดูดสารละลายมา ๐.๑ มิลลิลิตร และเติมด้วยเมทานอล ๙.๙๐ มิลลิลิตร

การเตรียมสารละลายมาตรฐานไพเพอรีน

นำสารมาตรฐานไพเพอรีน (Standard Piperine) ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ ๑๐๕ องศาเซลเซียส นาน ๒ ชั่วโมง จากนั้นนำมาใส่ในโถดูดความชื้น (Dedicator) เตรียมสารไพเพอรีนมาตรฐานความเข้มข้น ๑,๐๐๐ มิลลิกรัม/ลิตร โดยชั่งสารมาตรฐานไพเพอรีน ๐.๑ กรัม ละลายในเมทานอลปรับปริมาตรให้ครบ ๑๐๐ มิลลิลิตร ด้วย เมทานนอล จากนั้นทำการเตรียมสารไพเพอรีนมาตรฐานความเข้มข้น ๑๐๐ มิลลิลิตร/ลิตร โดยดูดสารละลายไพเพอรีนมาตรฐานความเข้มข้น ๑,๐๐๐ มิลลิกรัม/ลิตรมา ๑๐ มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตร ขนาด ๑๐๐ มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ ๑๐๐ มิลลิลิตร ด้วยเมทานอล จากนั้นเตรียมชุดสารละลายมาตรฐานไพเพอรีนให้มีความเข้มข้น ๐, ๒, ๖, ๑๐, และ ๑๔ มิลลิกรัม/ลิตร โดยทำการเจือจางจากสารละลายมาตรฐานไพเพอรีนความเข้มข้น ๑๐๐ มิลลิกรัม/ลิตรดูดสารมา ๐, ๑, ๓, ๕ และ ๗ มิลลิลิตร ตามลำดับ ปรับปริมาตรให้ครบ ๕๐ มิลลิลิตร ด้วยเมทานอล จากนั้นนำสารละลายดีปลีที่จะวิเคราะห์ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์

(Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น ๓๒๘ นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับสารละลายไพเพอรีนมาตรฐาน

- การบันทึกข้อมูล
  - ความยาวของฝักดีปลี
  - เส้นผ่านศูนย์กลางของฝักดีปลี
  - จำนวนวันที่เริ่มเปลี่ยนเป็นสีเขียว สีเขียวอมส้ม สีส้มอมเขียว และสีส้ม
  - น้ำหนักสดของฝักดีปลี
  - น้ำหนักแห้งของฝักดีปลี
  - ปริมาณความชื้นของดีปลีบดแห้ง
  - ปริมาณเถ้ารวม
  - ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด
  - ปริมาณเถ้าที่ละลายในน้ำ
  - ปริมาณสารสกัดน้ำ
  - ปริมาณสารสกัดเอทานอล
  - ปริมาณน้ำมันหอมระเหย
  - ปริมาณสารไพเพอรีน

๒. ศึกษาผลของชนิดและอัตราปุ๋ยเคมีและอินทรีย์ที่มีต่อการเพิ่มผลผลิตและสารสำคัญในดีปลี

วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน ๔ ซ้ำ ซ้ำละ ๔ ค้าง มีทั้งหมด ๙ กรรมวิธี คือ

๑) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา ๕๐:๒๐:๗๐ กรัม/ค้าง + มูลวัวแห้ง ๒ กิโลกรัม/ค้าง

๒) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา ๕๐:๒๐:๗๐ กรัม/ค้าง + มูลวัวแห้ง ๔ กิโลกรัม/ค้าง

๓) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา ๗๕:๗๕:๗๕ กรัม/ค้าง + มูลวัวแห้ง ๒ กิโลกรัม/ค้าง

๔) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา ๗๕:๗๕:๗๕ กรัม/ค้าง + มูลวัวแห้ง ๔ กิโลกรัม/ค้าง

๕) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา ๑๒๐:๑๒๐:๑๒๐ กรัม/ค้าง + มูลวัวแห้ง ๒ กิโลกรัม/ค้าง

๖) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา ๑๒๐:๑๒๐:๑๒๐ กรัม/ค้าง + มูลวัวแห้ง ๔ กิโลกรัม/ค้าง

๗) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา ๑๘๐:๑๘๐:๑๘๐ กรัม/ค้าง + มูลวัวแห้ง ๒ กิโลกรัม/ค้าง

๘) ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา ๑๘๐:๑๘๐:๑๘๐ กรัม/ค้าง + มูลวัวแห้ง ๔ กิโลกรัม/ค้าง

๙) ไม่มีการใส่ปุ๋ยทั้งปุ๋ยเคมีและมูลวัวแห้ง (ชุดควบคุม)

- วิธีการ

การใส่ปุ๋ยเคมีจะแบ่งใส่ปีละ ๔ ครั้ง โดยครั้งแรกใส่เพื่อบำรุงต้น ครั้งที่ ๒ ใส่ช่วงดีปลีแทงช่อดอก หลังจากนั้นแบ่งใส่ ๒ ครั้ง โดยแต่ละครั้งห่างกัน ๓ เดือน สำหรับมูลวัวแห้งใส่ปีละ ๒ ครั้ง คือใส่พร้อมปุ๋ยเคมีครั้งที่ ๑ และ ๓ การให้น้ำโดยใช้ระบบมินิสปริงเกอร์ หัวขนาด ๑๒๐ ลิตร/ชั่วโมง สำหรับในช่วงฝนไม่ตก โดยเฉพาะในฤดูแล้งมีการให้น้ำสัปดาห์ละ ๒ ครั้ง นานครั้งละ ๑ ชั่วโมง และเมื่อพบแมลงศัตรูพืชและโรคจะทำการพ่นด้วยสารกำจัดศัตรู

การเก็บเกี่ยวทำการเก็บฝักดีปลีที่มีอายุประมาณ ๙๘-๑๑๒ วัน นำมาชั่งหาน้ำหนักสด จากนั้นนำมาล้างทำความสะอาด เด็ดก้านทิ้ง นำไปอบที่อุณหภูมิ ๗๐ องศาเซลเซียส จนแห้ง นำไปชั่งเพื่อหาน้ำหนักแห้ง และวิเคราะห์หาปริมาณสารไพเพอรีนตามวิธีของ Chauhan *et al*. (๑๙๙๘)

การเก็บตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี วิธีการคือ เก็บตัวอย่างดินทั้งก่อนการใส่ปุ๋ย และหลังการใส่ปุ๋ย วิธีการคือ สุ่มเก็บดินบริเวณรอบโคนต้น ๔ ทิศ คลุกเคล้าให้เข้ากัน ให้มีปริมาณ ๑ กิโลกรัม ส่งวิเคราะห์ที่สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๖ จ.จันทบุรี โดยทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ (P) และ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (K)

- การบันทึกข้อมูล

- น้ำหนักสดฝัก
- น้ำหนักแห้งฝัก
- ปริมาณสารไพเพอรีน
- คุณสมบัติทางเคมีดินก่อน และหลังใส่ปุ๋ย

- เวลาและสถานที่

ตุลาคม ๒๕๕๔ ถึง กันยายน ๒๕๕๙

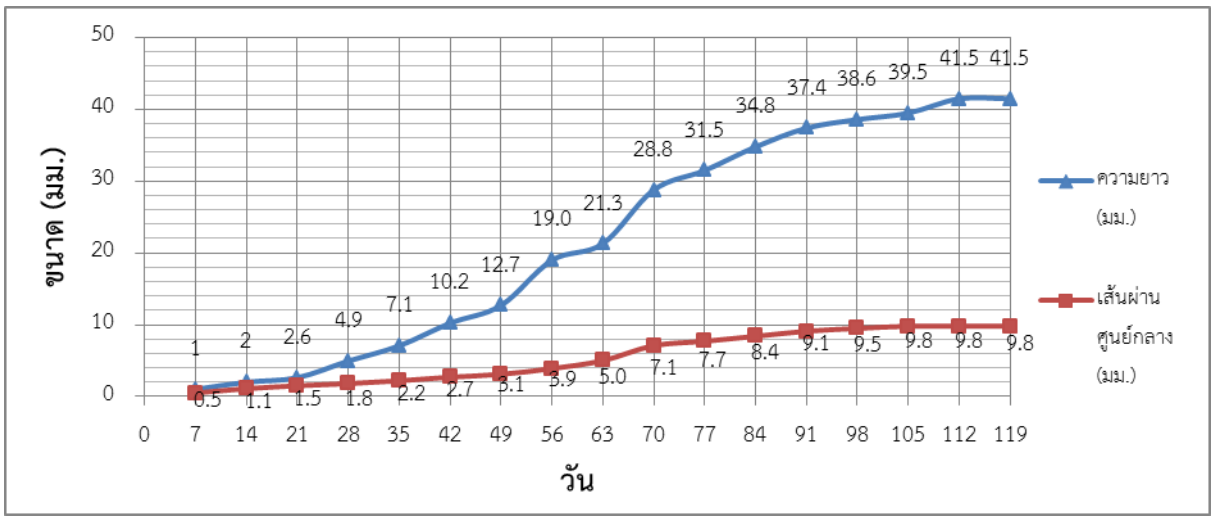
สถานที่ทำการทดลอง ศูนย์พัฒนาไม้ผลเศรษฐกิจภาคตะวันออก และศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี

ผลการทดลองและวิจารณ์

๑. การศึกษาระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม

จากการวัดการเจริญเติบโตของฝักดีปลี พบว่า ความยาว มีการเจริญเติบเพิ่มขึ้น โดยในช่วง ๗-๔๙ วัน มีการเจริญเพิ่มขึ้นประมาณ ๒ มิลลิเมตร (๑-๑๒.๗ มิลลิเมตร) ในช่วง ๕๖-๗๐ วัน มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยมีการเจริญเพิ่มขึ้นประมาณ ๖-๗ มิลลิเมตร (๑๙.๐-๒๘.๘ มิลลิเมตร) และในช่วง ๗๗-๑๐๕ มีการเจริญเพิ่มขึ้น ๑-๒ มิลลิเมตร (๓๑.๕-๓๙.๕ มิลลิเมตร) ในช่วง ๑๑๒-๑๑๙ วัน ขนาดความยาวไม่เพิ่มขึ้น (๔๑.๕ มิลลิเมตร) สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลาง มีการเจริญเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับความยาว ซึ่งในช่วง๗-๕๖ วัน มีการเจริญเพิ่มขึ้นประมาณ ๐.๕ มิลลิเมตร (๐.๕-๓.๙ มิลลิเมตร) ในช่วง ๖๓-๗๐ วัน มีการเจริญเพิ่มขึ้น ๑-๒ มิลลิเมตร

(๕.๐-๗.๑ มิลลิเมตร) และในช่วง ๗๗-๘๔ วัน มีการเจริญเพิ่มขึ้น ๐.๕-๑.๐ มิลลิเมตร (๗.๗-๘.๔ มิลลิเมตร) และ ๙๑-๑๑๙ วัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ๙.๑-๙.๘ มิลลิเมตร (ภาพที่ ๑)

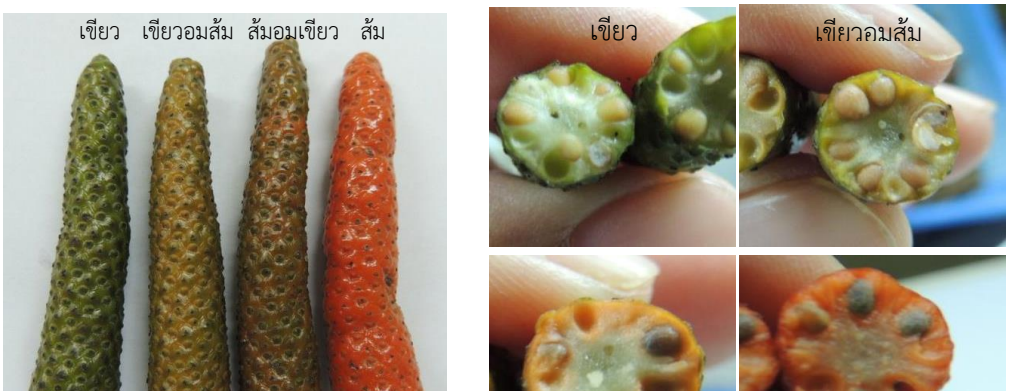


ภาพที่ ๑ ความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของฝักดีปลี

การพัฒนาการการเจริญเติบโตของฝักดีปลี ๔ ระยะ คือ เขียว เขียวอมส้ม ส้มอมเขียว และส้ม (ภาพที่ ๒) มีช่วงระยะเวลาพัฒนาจากตาดอก ๙๑-๙๘, ๙๙-๑๐๔, ๑๐๕-๑๑๒ และ ๑๑๓-๑๑๙ วัน ตามลำดับ โดยมีขนาดความยาว ๓๘.๖, ๓๙.๕, ๔๑.๕ และ ๔๑.๕ มิลลิเมตร ตามลำดับ และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๙.๕, ๙.๘, ๙.๘ และ ๙.๘ มิลลิเมตร ตามลำดับ

ภาพที่ ๒ ฝักดีปลีในแต่ละระยะ ก. ดีปลีระยะสีเขียว ข. ดีปลีระยะสีเขียวอมส้ม ค. ดีปลีระยะสีส้มอมเขียว ง. ดีปลีระยะสีส้ม

ลักษณะภายนอกและภายในฝักดีปลีสด ระยะเก็บเกี่ยวทั้ง ๔ ระยะแยกตามสี จะเห็นสีแตกต่างกันดังภาพที่ ๓ เมื่อหักฝักออกจะเห็นลักษณะสีเนื้อของผลที่ต่างกัน โดยระยะสีเขียวเนื้อจะมีสีขาว จากนั้นเมื่ออายุเก็บเกี่ยวมากขึ้นสีเนื้อจะเปลี่ยนเห็นเป็นสีส้มชัดเจนขึ้น ส่วนสีของเมล็ดระยะสีเขียวจะมีสีเหลือง จากนั้นสีเมล็ดจะค่อยๆเข้มขึ้นจนกระทั่งเปลี่ยนเป็นสีดำเมื่อเข้าสู่ระยะสีส้ม



ภาพที่ ๓ ลักษณะภายนอกและภายในฝักดีปลีสด

ลักษณะภายนอกและภายในของฝักดีปลีแห้ง ทั้ง ๔ ระยะหลังจากอบ ภาพที่ ๔ สีที่เห็น พบว่าระยะสีเขียวจะมีสีดำคล้ำ จากนั้นเมื่ออายุการเก็บเกี่ยวมากขึ้นสีจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงชัดเจนขึ้นดังรูปเมื่อหักฝักออกจะเห็นลักษณะสีเนื้อของผลที่ต่างกัน โดยระยะสีเขียวเนื้อจะมีสีเขียว นั้นเมื่ออายุเก็บเกี่ยวมากขึ้นสีเนื้อจะเปลี่ยนเห็นเป็นสีน้ำตาลแดงชัดเจนขึ้นส่วนสีของเมล็ดจะค่อยๆเข้มขึ้นจนกระทั่งเปลี่ยนเป็นสีดำเมื่อเข้าสู่ระยะสีส้ม

ภาพที่ ๔ ลักษณะภายนอกเมื่อแห้งในฝักดีปลี

ลักษณะสีภายนอกเมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของเครื่องยา ดีปลี ต้องมีสีของผลแห้งเป็นสีน้ำตาลแดงผลอัดกันแน่นเป็นช่อรูปกระบอก โคนโต ปลายเล็กมน (สุดารัตน์, ๒๕๕๘) ซึ่งเมื่อเทียบกันทั้ง ๔ ระยะจะเห็นว่าระยะสีส้มเป็นระยะที่มีสีตามเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากระยะอื่นสีของผลแห้งมีสีคล้ำไม่สวย

การหาน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของฝักดีปลี

จากการหาน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง พบว่า ดีปลีระยะสีส้มมีปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งมากที่สุด คือ ๓.๓ และ ๑.๐ กรัม ตามลำดับ ส่วนระยะสีเขียวมีปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งน้อยที่สุด คือ ๒.๗ และ ๐.๗ กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ ๑) เนื่องจากในฝักดีปลีระยะสีส้มมีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้วทำให้มี ปริมาณสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในส่วนที่เป็นองค์ประกอบของฝักดีปลีเองมีปริมาณมากกว่าดีปลีระยะอื่นที่ยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ โดย ๙๐% ของน้ำหนักแห้งเป็นอินทรียสาร ส่วนใหญ่คือ โครงสร้างของผนังเซลล์ เช่น คาร์โบไฮเดรท โปรตีน ไขมัน ส่วนที่เหลือคือ อนินทรียสาร ที่พืชสะสมใน เซลล์หรือเนื้อเยื่อในรูปของธาตุอาหาร และนำไปใช้ ในกระบวนการเมแทบอลิซึม

ตารางที่ ๑ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของฝักดีปลีในแต่ละระยะ

ระยะเก็บเกี่ยว	น้ำหนักฝัก	
	สด (ก.)	แห้ง (ก.)
เขียว (๙๑-๙๘ วัน)	๒.๗	๐.๗
เขียวอมส้ม (๙๙-๑๐๔ วัน)	๒.๘	๐.๘
ส้มอมเขียว (๑๐๕-๑๑๒ วัน)	๓.๑	๐.๙
ส้ม (๑๑๓-๑๑๙ วัน)	๓.๓	๑.๐
ค่ามาตรฐาน	NA	NA

หมายเหตุ : NA = Not Available, ค่ามาตรฐานตามตำรามาตรฐานสมุนไพรไทย (สุดารัตน์, ๒๕๕๓)

ลักษณะทางกายภาพของดีปลี

ปริมาณความชื้น ของตัวอย่างดีปลีบดแห้ง ทั้ง ๔ ระยะ พบว่า ตัวอย่างดีปลีบดแห้ง ระยะที่มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด คือ ดีปลีระยะสีส้ม มีความชื้น ๕.๘๑ เปอร์เซ็นต์ ระยะที่มีปริมาณความชื้นมากที่สุด คือ ระยะสีเขียวอมส้ม (๖.๙๙ เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ ๒) ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระยะสีเขียวอมส้มเป็นระยะเก็บเกี่ยวที่มีโอกาสเกิดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ได้มากกว่าระยะอื่นๆเนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นมากกว่า โดยมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นแตกต่างจากระยะสีส้มอมเขียว ระยะสีเขียว และระยะสีส้ม คิดเป็น ๑๕.๗๔, ๑๓.๑๖ และ ๑๖.๘๘ % ตามลำดับ

จากการสังเกตเนื้อด้านในของฝักดีปลีสดในระยะสีส้มพบว่ามีลักษณะฉ่ำน้ำมากกว่าระยะอื่นๆ เมื่อนำดีปลีระยะสีส้มมาอบทำให้มีการสูญเสียน้ำได้มากกว่าระยะอื่นๆ จึงมีผลทำให้ความชื้นหลังจากอบแล้วนำมาบดเป็นผงมีความชื้นน้อยกว่าระยะอื่นๆ และเช่นเดียวกันฝักดีปลีในระยะสีเขียวที่มีความชื้นต่ำ เนื่องจากระยะสีเขียวมีลักษณะการฉ่ำน้ำของเนื้อน้อยที่สุด ส่วนระยะสีเขียวอมส้มลักษณะของเนื้อและเมล็ดมีความแน่น อาจสันนิษฐานได้ว่าเป็นระยะที่มีความสุกแก่เต็มที่ (Maturity) เมื่อนำมาอบแล้วบดทำให้มีความชื้นจากเนื้อและเมล็ดหลงเหลืออยู่มากกว่าระยะอื่นๆ การมีปริมาณความชื้นในตัวอย่างบดแห้งมาก บ่งชี้ถึงโอกาสที่จะก่อให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ได้สูง (นันทนา, ๒๕๔๗)

การหาปริมาณเถ้ารวม ของดีปลีทั้ง ๔ ระยะนั้น พบว่า ดีปลีในระยะสีเขียวอมส้มมีปริมาณเถ้ารวมมากที่สุด คือ ๖.๔ เปอร์เซ็นต์ โดยที่ค่ามาตรฐานของดีปลีนั้นจะต้องไม่เกิน ๗.๕ เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบดีปลีทั้ง ๔ ระยะ จะเห็นได้ว่า มีปริมาณเถ้ารวมที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด (ตารางที่ ๓) ซึ่งการตรวจสอบปริมาณเถ้ารวมนั้นเป็นการตรวจสิ่งปนเปื้อนที่ติดมากับฝักดีปลีก่อนจะนำมาผลิตเป็นยาสมุนไพร ซึ่งปริมาณเถ้าทั้งหมดที่ได้นั้นเป็นส่วนของของพืชโดยตรง (Physiological ash) และปริมาณเถ้าที่เป็นสารอื่นที่ไม่ใช่พืช (Non-Physiological Ash) เช่น กรวด หิน และ ดิน ปัจจุบันพบว่าปริมาณเถ้ารวมของพืชสมุนไพรมีค่ามากขึ้นเนื่องจากมีการใส่ปุ๋ยเคมีในการเพาะปลูก ซึ่งในอดีตการปลูกพืชสมุนไพรมักมีการปฏิบัติดูแลไม่ดีนัก ทำให้การสะสมอาหารหรือความสมบูรณ์ของฝักมีน้อย แต่หากมีการใส่ปุ๋ยเพื่อเร่งการเจริญเติมมากเกินไปทำให้ปริมาณเถ้าน้อยกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย เนื่องจากมีการสะสมน้ำมากเกินไป (นันทนา, ๒๕๔๗)

การหาปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ของดีปลีทั้ง ๔ ระยะ พบว่า ดีปลีทั้ง ๔ ระยะมีปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรดเท่ากัน คือ ๐.๒ เปอร์เซ็นต์ โดยที่ค่ามาตรฐานของดีปลีนั้นจะต้องไม่เกิน ๐.๔ เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ ๒) จากเถ้าทั้งหมดเมื่อนำมาแยกโดยต้มกับกรดจะได้เป็นส่วนของเถ้าที่ละลายในกรด (Acid Soluble Ash) และ

เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (Acid Insoluble Ash) เถ้าที่ละลายในกรดคือส่วนที่เป็นแร่ธาตุ ต่างๆ ที่ร่างกายสามารถย่อยได้ สำหรับเถ้าที่ไม่ละลายในกรดส่วนใหญ่จะเป็นซิลิกา (Silica) หรือทรายต่างๆ ปริมาณเถ้าทั้งหมดหรือเถ้าที่ไม่ละลายในกรดที่มีมากกว่าปกติ อาจจะช่วยชี้ให้เห็นได้ถึงการปลอมปน ดินทรายหรือวัตถุอื่นๆลงในวัตถุอาหาร โดยเฉพาะวัตถุดิบอาหาร (นันทนา, ๒๕๔๗) ที่ปนเปื้อนมากับดีปลี ซึ่งทั้ง ๔ ระยะมีการปนเปื้อนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

การหาปริมาณเถ้าที่ละลายในน้ำ ของดีปลีทั้ง ๔ ระยะ พบว่า ดีปลีระยะสีส้มมีปริมาณเถ้าที่ละลายในน้ำมากที่สุด คือ ๒.๕ เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ ๒) ซึ่งการทดสอบด้วยวิธีนี้จะเป็นการแยกหาสารอนินทรีย์ที่สามารถละลายน้ำได้ออกจากสารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในเถ้ารวม ซึ่งวิธีการในการทดลองนี้เป็นการแยกหาเกลือที่ไม่ละลายในน้ำ (Water Insoluble Salts) เช่น เกลือแคลเซียมออกซาเลต (Calcium Oxalate) (Joseph and George, ๒๐๑๑) แคลเซียมออกซาเลท คือสารประกอบชนิดหนึ่งที่อยู่ในเนื้อเยื่อพืชเกิดจากการจับตัวกันระหว่างแคลเซียมกับกรดออกซาลิค (Oxalic Acid) เกิดเป็นผลึกรูปร่างต่างๆกัน เช่น ผลึกรูปดาว (Druse) ดอกกุหลาบ (Rosette) รูปสี่เหลี่ยมเหมือนกล่อง (Cubical) รูปแท่งปริซึม (Prismatic) รูปเข็ม (Raphide) ผลึกเม็ดทราย (Crystal Sand) ฯลฯ (Metcalfe and Chalk, ๑๙๕๐; ภูวดล, ๒๕๓๒) ในพืชแต่ละวงศ์ (Family) จะมีรูปร่างผลึกแตกต่างกัน สารออกซาเลตเป็นสารสำคัญที่ก่อให้เกิดก้อนนิ่วในทางเดินปัสสาวะ ปริมาณของผลึกแคลเซียมออกซาเลตที่พบในพืชนั้นสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณแคลเซียมในสภาวะปลูก (นฤมล, ๒๕๕๗) ดังนั้นหากมีการสะสมในดีปลีที่จะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการทำยาสมุนไพรจะเป็นอันตรายแก่ผู้บริโภคได้ แต่อย่างไรก็ตามดีปลีในมาตรฐานตำรายาสมุนไพรไทยยังไม่ได้กำหนดปริมาณที่ยอมรับได้ไว้

ตารางที่ ๒ ปริมาณความชื้น, ปริมาณเถ้าทั้งหมด, ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด และปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำของดีปลีในแต่ละระยะ

ระยะเก็บเกี่ยว	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%น.น./น.น.)	ปริมาณเถ้าทั้งหมด (%น.น./น.น.)	ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (%น.น./น.น.)	ปริมาณเถ้าที่ละลายน้ำ (%น.น./น.น.)
เขียว (๙๑-๙๘ วัน)	๖.๐๗	๕.๗	๐.๒	๒.๑
เขียวอมส้ม (๙๙-๑๐๔ วัน)	๖.๙๙	๖.๔	๐.๒	๒.๑
ส้มอมเขียว (๑๐๕-๑๑๒ วัน)	๖.๘๘	๕.๕	๐.๒	๑.๖
ส้ม (๑๑๓-๑๑๙ วัน)	๕.๘๑	๖.๐	๐.๒	๒.๕
ค่ามาตรฐาน	NA	≤๗.๕	≤๐.๔	NA

หมายเหตุ : NA = Not Available, ค่ามาตรฐานตามตำรามาตรฐานสมุนไพรไทย (สุดารัตน์, ๒๕๕๓)

ลักษณะทางเคมีของดีปลี

ปริมาณสารสกัดน้ำ ของดีปลีทั้ง ๔ ระยะ พบว่า ดีปลีในระยะสีเขียวมีปริมาณสารสกัดน้ำมากที่สุด คือ ๑๕.๗ % (ตารางที่ ๔) การเลือกใช้ตัวทำละลายในการหาปริมาณสารสกัดจากสมุนไพรขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารสำคัญและส่วนประกอบอื่นในตัวยาว่าละลายได้มากน้อยเพียงใด สำหรับน้ำเป็นตัวทำละลายที่มีความสามารถในการละลายสารจำพวก กลูโคส (Glucose) มิวซิเลจ (Mucilage) และเพกติน (Pectin) (นันทนา, ๒๕๔๗) เนื่องจากกลูโคส (Glucose) มิวซิเลจ (Mucilage) และเพกติน (Pectin) จัดเป็นเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (Soluble Dietary Fiber) เส้นใยอาหารชนิดนี้มักจะปนอยู่กับส่วนที่เป็นแป้งในพืช ซึ่งมีคุณสมบัติต่างกัน เช่น เพคติน พบใน Middle Lamellae ของผนังเซลล์พืชโดยรวมตัวอยู่กับเซลลูโลส ทำหน้าที่ยึดเกาะผนังเซลล์ให้ติดกัน

เพคตินเป็นพอลิเมอร์สายยาวของกรดกาแล็กทูโลนิก (D-galacturonic acid) ต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ที่ตำแหน่ง β–(๑,๔) สารประกอบเพคตินที่สกัดได้จากธรรมชาติยังมีน้ำตาลชนิดอื่นปนอยู่ด้วย เช่น น้ำตาลไซโลส (Xylose) กาแล็กโทส (Galactose) อะราบิโนส (Arabinose) และแรมโนส (Rhamnose) โดยโมเลกุลของน้ำตาลจะเกาะอยู่เป็นสายแขนง เพคตินละลายน้ำได้ โดยความสามารถในการละลายขึ้นอยู่กับระดับของเอสเทอริฟิเคชัน (Degree of Esterification) ของกรดกาแล็กทูโรนิก เพคติน มีความสามารถ ในการเกิดเจล และมีความสามารถในการเพิ่มความหนืด พบมากในส่วนของเปลือก ส่วนมิวซิเลจ (Mucilage) เป็นพอลิแซกคาไรด์เชิงซ้อน คือมักพบอยู่รวมกับ โปรตีนและยูราไนด์ (Uranides) ซึ่งอยู่ในส่วนของผนังเซลล์พืช โดยมากพบอยู่ใน Endosperm มีน้ำหนักโมเลกุลสูง (ตั้งแต่ ๒๐๐,๐๐๐ ดอลตัน ขึ้นไป) มีโครงสร้างไม่แน่นอน พบในส่วนของเมล็ดพืชและสาหร่ายทะเล มีความเหนียวหนืดลื่นๆ สามารถอุ้มน้ำได้มากเป็นพิเศษ ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้พืชขาดน้ำ มิวซิเลจจะถูกสร้างขึ้นขณะที่พืชมีการเจริญเติบโตปกติอยู่ในส่วนต่างๆ ของพืช ได้แก่ Mucilage-Secreting Hairs, Sacs และ Canals (Prosky and Devries, ๑๙๙๒)

ปริมาณสารสกัดเอทานอล ของดีปลีทั้ง ๔ ระยะ พบว่า ดีปลีในระยะสีเขียวอมส้ม มีปริมาณมากที่สุด คือ ๑๐.๗ % รองลงมาคือระยะสีเขียว คือ ๑๐.๑ % โดยที่ค่ามาตรฐาน คือต้องไม่ต่ำกว่า ๑๐ % (ตารางที่ ๔) ซึ่งมีระยะสีเขียว และระยะสีเขียวอมส้ม ที่ผ่านค่ามาตรฐานการหาปริมาณสารสกัดเอทานอล สำหรับเอทานอลนั้นเป็นตัวทำละลายที่มีความสามารถในการละลายสารจำพวกคีโตน (Ketones) และผลึก แคลเซียม-ออกซาเลท (Calcium Oxalate) (นันทนา, ๒๕๔๗)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารสกัดน้ำ และเอทานอล จะเห็นว่าดีปลีทุกระยะการเก็บเกี่ยวมีปริมาณสารสกัดน้ำมากกว่าปริมาณสารสกัดเอทานอล โดยมีปริมาณสารสกัดในช่วง ๑๒.๕-๑๕.๗ และ ๘.๕-๑๐.๗% ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการละลายในตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ทำให้ได้สารสกัดที่ได้แตกต่างกัน จากข้อมูลนี้สามารถนำไปใช้เป็นทางเลือกในการสกัดสารออกฤทธิ์ให้ได้สารในกลุ่มที่ต้องการ โดยพิจารณาจากความสามารถในการละลายของตัวทำละลาย อย่างไรก็ตามการเลือกตัวทำละลายต้องพิจารณาถึง ความเป็นพิษ ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัด ไม่ระเหยง่ายหรือยากเกินไป เมื่อสกัดสารออกมาเป็นสารละลายแล้ว สามารถแยกตัวทำละลายออกจากสารละลายนั้นได้ง่าย หาง่าย และราคาถูก เมื่อเปรียบเทียบระหว่างน้ำ และเอทานอล หากคำนึงถึงความปลอดภัย และ ราคา น้ำเป็นตัวทำละลายที่ปลอดภัยกว่า ต้นทุนถูกกว่า และหาง่าย แต่อาจไม่ได้สารในบางกลุ่ม เช่น สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่มีความเป็นขั้ว จึงสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่สารประกอบฟีนอลิกจะละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีสภาพขั้วสูง ละลายได้เล็กน้อยในน้ำและจะละลายได้ดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (Walter and Purcell, ๑๙๗๙) เช่น จากการศึกษาของ ศิวาพร และ ณัฏฐินี (๒๕๔๖) ทำการทดลองสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากเปลือกมันฝรั่งด้วยน้ำ เมทานอล เอทานอล ๙๕% และอะซีโตน นำสารสกัดที่ได้ไปทำแห้งแบบระเหิด พบว่า สารสกัดแห้งด้วยเมทานอล และเอทานอล ๙๕% มีค่าร้อยละฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด รองลงมาคือเอทานอลเข้มข้นร้อยละ ๙๕ และ อะซีโตนตามลำดับ ซึ่งสัมพันธ์กับสภาพขั้วของตัวทำละลาย คือ เมทานอลมีความเป็นขั้วสูงสุด รองลงมาคือเอทานอล และอะซีโตนตามลำดับ ส่วนการสกัดด้วยน้ำนั้น พบว่าให้ร้อยละของสารสกัดแห้งสูงที่สุดแต่ให้ร้อยละฟีนอลลิกทั้งหมดต่ำที่สุด ถึงแม้ว่าน้ำที่อุณหภูมิสูงจะสามารถละลายสารฟีนอลิกออกมาได้ แต่เนื่องจากตัวทำละลายที่เป็นน้ำนั้นสามารถละลายสารอื่นที่ไม่ใช่สารฟีนอลิก เช่น คาร์โบไฮเดรต กรดอินทรีย์ เป็นต้น (Leszczynski, ๑๙๘๙; Macheix *et al*.,๑๙๙๐)

ตารางที่ ๓ ปริมาณสารสกัดน้ำ, ปริมาณสารสกัดเอทานอล, ปริมาณน้ำมันหอมระเหย และปริมาณสารไพเพอรีน ของดีปลีในแต่ละระยะ

ระยะเก็บเกี่ยว	ปริมาณสารสกัดน้ำ (%น.น./น.น.)	ปริมาณสารสกัดเอทานอล (%น.น./น.น.)	ปริมาณน้ำมันหอมระเหย (%ปริมาตร/น.น.)	ปริมาณไพเพอรีน (%น.น./น.น.)
เขียว (๙๑-๙๘ วัน)	๑๕.๗	๑๐.๑	๐.๕	๓.๙๑
เขียวอมส้ม (๙๙-๑๐๔ วัน)	๑๓.๓	๑๐.๗	๐.๔	๓.๓๙
ส้มอมเขียว (๑๐๕-๑๑๒ วัน)	๑๒.๕	๘.๕	๐.๔	๓.๑๙
ส้ม (๑๑๓-๑๑๙ วัน)	๑๓.๓	๙.๖	๐.๔	๓.๒๗
ค่ามาตรฐาน	NA	≥๑๐	≥๑.๐	≥๒.๕

หมายเหตุ : NA = Not Available, ค่ามาตรฐานตามตำรามาตรฐานสมุนไพรไทย (สุดารัตน์, ๒๕๕๓)

การหาปริมาณน้ำมันหอมระเหย ของดีปลีในแต่ละระยะนั้น พบว่า ดีปลีในระยะสีเขียวมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากที่สุด คือ ๐.๕ เปอร์เซ็นต์ และอีกทั้ง ๓ ระยะนั้นมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยเท่ากัน คือ ๐.๔ เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ ๓) โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคือ ต้องมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยไม่ต่ำกว่า ๑.๐ เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในทุกระยะที่ตรวจสอบจึงไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน น้ำมันหอมระเหยในดีปลีประกอบด้วยสารหลายชนิด น้ำมันที่พืชสร้างขึ้นและเก็บไว้ในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ดอก ใบผล ลำต้น ตลอดจนเมล็ดซึ่งจะพบแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด คุณสมบัติที่เด่นชัด คือ มีกลิ่นหอมและระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ น้ำมันหอมระเหยเป็นกลุ่มสารอินทรีย์กลิ่นดังกล่าวไม่จำเป็นต้องหอมเสมอไป สะสมอยู่ในบริเวณผนังเซลล์จากพืช เป็นผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากการเจริญเติบโต ซึ่งประกอบด้วย ๒ ขบวนการ คือ การเผาผลาญ (Catabolism) และการสร้าง (Anabolism) ปริมาณและคุณภาพน้ำมันหอมระเหยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ดิน ภูมิอากาศ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความสูงจากระดับน้ำทะเล การเก็บเกี่ยว ตลอดจนเทคนิค และวิธีการสกัดและการกลั่นใส ศิริพรรณ และคณะ (๒๕๕๐) ศึกษาประสิทธิภาพในการเปนสารไลแมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh ที่เก็บในฤดูแลงและฤดูฝนตอหนอนกระทูผัก *Spodoptera litura* Fabricius พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบที่เก็บในฤดูแลงมีประสิทธิภาพในการไลหนอนกระทูผักไดดีกวาน้ำมันหอมระเหยจากใบที่เก็บใน ฤดูฝน โดยน้ำมันหอมระเหยจากใบที่เก็บในฤดูแลงไลแมลงไดดีที่สุดที่ความเขมขน ๓.๕ % ปริมาตร/ปริมาตร ให้ ระดับการไลแมลงเทากับ ๔ และน้ำมันหอมระเหยจากใบที่เก็บในฤดูฝนที่ความเขมขน ๔.๐ % ปริมาตร/ปริมาตร ให้ระดับการไลแมลงเทากับ ๓

การหาปริมาณสารไพเพอริน ของดีปลีทั้ง ๔ ระยะ นั้นพบว่า จะต้องมีปริมาณสารไพเพอรินอยู่ไม่น้อยกว่า ๒.๕ เปอร์เซ็นต์ ตามมาตรฐานยาสมุนไพรโดยดีปลีที่นำมาตรวจสอบนั้น ผ่านมาตรฐานทุกระยะการเก็บเกี่ยว ซึ่งดีปลีในระยะสีเขียวมีปริมาณสาร ไพเพอรินมากที่สุด คือ ๓.๙๑ เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ ๓)

ในทางเภสัชกรรมการนำดีปลีมาใช้ประโยชน์ คำนึงถึงปริมาณสารไพเพอรีนที่มีอยู่ในฝักดีปลีมากกว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหย เนื่องจากไพเพอรีนเป็นสารในกลุ่มอัลคาลอยด์ (Alkaloid) เหมือนที่พบในพริกไทย คุณสมบัติของสารไพเพอรีนเป็นสารในกลุ่มอัลคาลอยด์ (Alkaloid) มีฤทธิ์กดและกระตุ้นประสาทส่วนกลาง รวมทั้งสามารถต่อต้านการอักเสบ (จิราภรณ์, ๒๕๔๘) กรองกาญจน์ และคณะ (๒๕๕๕) ทำการทดสอบให้ piperine พร้อมกับ cholesterol กับหนูทดลองนาน ๘ สัปดาห์มีผลลด Weight Gain ลด Total Cholesterol (TC) และ Triglyceride (TG) ตลอดจนทำให้การคลายตัวของหลอดเลือดดีขึ้น แต่ยังไม่พบการเปลี่ยนแปลงของ

โปรตีนในตับหนู โดยสรุปมีความเป็นไปได้ที่ piperine และสารในกลุ่มนี้อาจมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นยาที่มีฤทธิ์ในการลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจร่วมหลอดเลือดได้ ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าถ้าระยะใดที่มีสารไพเพอรีนสูงถือว่าเป็นระยะเก็บเกี่ยวที่ดี

จากการสอบถามโรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศรถึงการรับซื้อดีปลีในการผลิตยา จากแผนกรับซื้อจะซื้อดีปลีในรูปของผลที่ตากแห้งแล้ว โดยดีปลีที่เกษตรกรนำมาขายต้องผลิตให้ได้มาตรฐาน โดยทางโรงพยาบาลจะมีการตรวจสอบคุณภาพโดยการวิเคราะห์สารสำคัญ ซึ่งสารสำคัญหลักในดีปลีคือ สารไพเพอรีน ต้องได้มาตรฐานตามตำรายาสมุนไพรไทย (≥๒.๕%) เพราะเป็นสารที่มีสรรพคุณในการรักษาโรคได้หลากหลาย

จากผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของดีปลีทั้ง ๔ ระยะ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตามตำรายาสมุนไพรไทย พบว่า ระยะสีเขียว และสีเขียวอมส้มผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ๖ ข้อ ส่วนระยะสีส้มอมเขียวและระยะสีส้ม ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ๕ ข้อ ซึ่งในแต่ละระยะจะมีข้อเด่นและข้อด้อยแตกต่างกันออกไป ดังนี้ ระยะสีเขียวเป็นระยะที่ปริมาณสารสกัดน้ำ และไพเพอรีนดีที่สุด (๑๕.๗% และ ๓.๙๑% ตามลำดับ) แต่ระยะสีเขียวอมส้มมีขนาดของฝักแห้ง (ยาว ๓.๘ ซม., เส้นผ่านศูนย์กลาง ๗.๑ มม.) และปริมาณสารสกัดเอทานอลดีที่สุด (๑๐.๖๕%) ระยะสีส้มอมเขียวมีขนาดฝักแห้งเท่ากับระยะสีเขียวอมส้ม (ยาว ๓.๘ ซม., เส้นผ่านศูนย์กลาง ๗.๑ มม.) แต่มีค่าปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในน้ำต่ำ (๑.๖%) ซึ่งถือว่าเป็นระยะที่ไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงภาวะตกค้างของเกลือแคลเซียมออกซาเลต ที่เป็นสาเหตุของการเกิดนิ่วได้ ส่วนระยะสีส้ม ถึงแม้จะผ่านเกณฑ์เพียง ๕ เกณฑ์ แต่ค่าวิเคราะห์ที่อยู่ในเกณฑ์ดีมีถึง ๕ ข้อด้วยกัน คือ ขนาดของฝักแห้งไม่แตกต่างกับระยะสีเขียวอมส้ม และสีส้มอมเขียว (ยาว ๓.๘ ซม., เส้นผ่านศูนย์กลาง ๗.๑ มม.) แต่มีน้ำหนักฝักสดและฝักแห้งมากกว่าระยะอื่นๆ และมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำ (๓.๓ ก.ม ๑.๐ ก. และ ๕.๘๑% ตามลำดับ) (ตารางที่ ๔)

ดังนั้นจากการศึกษาระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของดีปลีครั้งนี้ สรุปได้ว่าการเก็บดีปลีต้องมีอายุ ๙๑ ถึง ๑๑๙ วัน เพราะทำให้ได้สารสำคัญในปริมาณสูง และมีน้ำหนักดี 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)	ปริมาณไพเพอรีน (%w/w)
	ความยาว (ซม.)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)	ความยาว (ซม.)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)	สด (ก.)	แห้ง (ก.)								
เขียว	๓.๘๖	๙.๕	๓.๗✓	๖.๙✓	๒.๗	๐.๗	๖.๐๗	๕.๗✓	๐.๒✓	๒.๑	๑๕.๗	๑๐.๑๓✓	๐.๕✗	๓.๙๑✓
เขียวอมส้ม	๓.๙๕	๙.๘	๓.๘✓	๗.๑✓	๒.๘	๐.๘	๖.๙๙	๖.๔✓	๐.๒✓	๒.๑	๑๓.๓	๑๐.๖๕✓	๐.๔✗	๓.๓๙✓
ส้มอมเขียว	๔.๑๕	๙.๘	๓.๘✓	๗.๑✓	๓.๑	๐.๙	๖.๘๘	๕.๕✓	๐.๒✓	๑.๖	๑๒.๕	๘.๕๓✗	๐.๔✗	๓.๑๙✓
ส้ม	๔.๑๕	๙.๘	๓.๘✓	๗.๑✓	๓.๓	๑.๐	๕.๘๑	๖.๐✓	๐.๒✓	๒.๕	๑๓.๓	๙.๕๘✗	๐.๔✗	๓.๒๗✓
ค่ามาตรฐาน	NA	NA	๒.๕-๗.๕	๕.๐-๘.๐	NA	NA	NA	≤๗.๕	≤๐.๔	NA	NA	≥๑๐	≥๑.๐	≥๒.๕

ตารางที่ ๔ ลักษณะทางกายภาพและเคมีของดีปลีที่ระยะเก็บเกี่ยวต่างๆเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตามตำรายาสมุนไพรไทย

หมายเหตุ: NA = Not Available

ค่ามาตรฐานตามตำรามาตรฐานสมุนไพรไทย (สุดารัตน์, ๒๕๕๓)

✓ หมายถึง ค่าวิเคราะห์ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามตำราสมุนไพรไทย

✗ หมายถึง ค่าวิเคราะห์ที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามตำราสมุนไพรไทย

ตัวอักษรสีแดง หมายถึง ค่าวิเคราะห์ที่ให้ผลดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกันในระยะการเก็บเกี่ยวทั้ง ๔ ระยะ

๒. ศึกษาผลของชนิดและอัตราปุ๋ยเคมีและอินทรีย์ที่มีต่อการเพิ่มผลผลิตและสารสำคัญในดีปลี

จากการใส่ปุ๋ยเคมีและมูลวัวแห้งในอัตราต่างๆกัน พบว่า การตอบสนองต่อปุ๋ยของดีปลีในส่วนของน้ำหนักผลผลิตสด ของแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq ๐.๐๕$) โดยกรรมวิธีที่ ๖ คือ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา ๑๒๐ กรัม/ค้าง/ปี ฟอสฟอรัส (P_2O_5) ๑๒๐ กรัม/ค้าง/ปี โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา ๑๒๐ กรัม/ค้าง/ปี ร่วมกับมูลวัวแห้ง ๔ กิโลกรัม/ค้าง ทำให้ได้น้ำหนักผลผลิตดีปลีสดมากที่สุด (๑๕๑.๗๕ กรัม/ค้าง) เช่นเดียวกันผลของน้ำหนักแห้ง กรรมวิธีที่ ๖ ให้ปริมาณน้ำหนักแห้งของผลผลิตดีปลีมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (๔๐.๙๒ กรัม/ค้าง) (ตาราง ๕) กรรมวิธีที่ ๖ นอกจากมีผลทำให้มีปริมาณน้ำหนักของผลผลิตสดและแห้งมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆแล้วยังทำให้มีปริมาณสารไพเพอรีนในฝักดีปลีมากด้วย ซึ่งสารไพเพอรีนที่สกัดได้ในแต่ละกรรมวิธีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq ๐.๐๕$) โดยกรรมวิธีที่ ๕ และ ๖ มีปริมาณสารไพเพอ-รีนมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (๓.๑๗ %)

ตาราง ๕ น้ำหนักผลผลิตสด แห้ง และปริมาณไพเพอรีนของฝักดีปลีหลังจากทำการใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีต่างๆ

กรรมวิธี	น้ำหนักสด (กรัม/ค้าง)	น้ำหนักแห้ง (กรัม/ค้าง)	ปริมาณไพเพอรีน (%)
๑	๙๐.๑๐ bc	๒๕.๖๖ bc	๒.๘๕ bc
๒	๙๒.๘๑ bc	๒๖.๘๔ bc	๒.๙๐ ab
๓	๑๑๙.๕๕ ab	๒๙.๗๗ b	๒.๘๕ bc
๔	๑๐๕.๑๖ bc	๒๘.๓๖ b	๒.๘๘ b
๕	๙๔.๑๘ bc	๒๗.๑๖ b	๓.๑๗ a
๖	๑๕๑.๗๕ a	๔๐.๙๒ a	๓.๑๗ a
๗	๙๔.๓๖ bc	๒๘.๗๓ b	๒.๙๐ ab
๘	๑๐๑.๓๑ bc	๒๔.๘๓ bc	๒.๘๘ b
๙	๖๖.๑๘ c	๑๙.๕๖ c	๒.๕๙ c
F-test	*	**	*
CV (%)	๓๐.๐๗	๑๘.๕๘	๗.๐๔

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กแตกต่างกันในแนวสดมภ์มีความแตกกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมัน ๙๕ เปอร์เซ็นต์ ($p>๐.๐๕$) เครื่องหมาย * = มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq ๐.๐๕$) และ ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \geq ๐.๐๕$)

จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินก่อนการใส่ปุ๋ย พบว่าสมบัติทางเคมีของดินทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน (ตาราง ๖) ได้แก่ มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง ๔.๘๒-๕.๑๗ จัดเป็นดินกรดจัดถึงกรดจัดมาก แต่พืชทั่วไปสามารถตอบสนองได้ดีปานกลาง (Hoskin, ๑๙๙๗) ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง ๐.๐๒-๐.๐๓ มิลลิซีเมน/

เซนติเมตร (ms/cm) ที่ไม่มีผลกระทบต่อพืชปลูก (นิรนาม, ๒๕๔๘) มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินปานกลาง อยู่ระหว่าง ๑.๗๔-๒.๔๘ % มีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในระดับปานกลางในช่วง ๘.๖๘-๑๖.๖๓ มิลลิกรัม/กิโลกรัม และมีปริมาณโพแทสเซียมค่อนข้างต่ำอยู่ในช่วง ๓๒.๔๖-๕๐.๒๔ มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังการใส่ปุ๋ย พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียมของดิน มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง ๖) กล่าวคือ ค่าความเป็นกรด-ด่างในทุกกรรมวิธีมีค่าลดลงโดยเฉพาะกรรมวิธีที่ ๓-๘ ที่มีค่าลดลงมากกว่ากรรมวิธีที่ ๑-๒ ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีน้อยกว่า ส่วนกรรมวิธีที่ ๒ มีค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มเล็กน้อย ถึงแม้จะมีการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของดินด้วยการเติมปูนโดโลไมท์ ในอัตรา ๕๐๐ กิโลกรัม/ไร่ แล้วก็ตาม โดยค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง ๔.๓๐-๕.๒๑ จัดเป็นดินกรดจัดถึงกรดจัดมาก อาจเป็นผลมาจากอิทธิพลของปุ๋ยเคมีไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียที่ใส่ลงไปในดินที่มีการถ่ายเทอากาศดี จะถูกออกซิไดซ์เป็น NO_3^- ซึ่งจะมี H^+ เป็นผลพลอยได้ ปุ๋ยยูเรียก็มีผลทำให้เกิด H^+ เช่นเดียวกับปุ๋ยแอมโมเนีย เพราะเมื่อปุ๋ยยูเรียอยู่ในดินจะทำปฏิกิริยากับน้ำให้แอมโมเนีย หรือการเติมปูนในอัตราดังกล่าวไม่เพียงพอต่อการยกระดับค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (สมชาย, ๓๕๓๕)

สำหรับค่าความสามารถในการนำไฟฟ้าในทุกกรรมวิธีสูงขึ้น แต่ยังอยู่ในระดับที่ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช ซึ่งค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของเกลือในน้ำ ใช้เป็นดัชนีของความเค็มที่บอกได้ว่าพืชจะเจริญเติบโต เป็นปกติหรือไม่ มีหน่วยการวัดเป็น มิลลิโมห์/เซนติเมตร (milimhos/cm) และ ไมโครโมห์/เซนติเมตร (micromhos/cm) โดยคิดเทียบที่อุณหภูมิ ๒๐ องศาเซลเซียส พืชต่างชนิดกันจะทนความเค็มได้ในระดับต่างกัน เช่น ฝ้าย และข้าวสาลีจะทนความเค็มได้มากกว่าข้าวโพด และข้าว (FarmKaset.ORG, ๒๕๕๗)

ปริมาณอินทรียวัตถุในดินหลังการใส่ปุ๋ย มีปริมาณมากขึ้นก่อนการใส่ปุ๋ย โดยกรรมวิธีที่ใส่มูลวัวอัตรา ๒ กิโลกรัม/ค้าง มีปริมาณอินทรียวัตถุมากกว่า และกรรมวิธีควบคุมมีปริมาณอินทรียวัตถุน้อยที่สุด แต่อย่างไรก็ตามพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) (ตาราง ๖) ซึ่งการเพิ่มของปริมาณอินทรียวัตถุนอกจากจะเพิ่มขึ้นจากการใส่มูลวัวแล้ว ในสภาพแปลงปลูกดีปลีมีการเพิ่มขึ้นของอินทรียวัตถุได้จากการร่วงของใบและผล ตลอดจนซากเน่าเปื่อยผุพังของวัชพืชในแปลงปลูกดังเห็นจากชุดควบคุมที่มีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

ตารางที่ ๖ คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนและหลังใส่ปุ๋ยดีปลี

กรรมวิธี	ความเป็นกรด-ด่าง		ค่าความนำไฟฟ้า (ms/cm)		อินทรียวัตถุ (%)		ฟอสฟอรัส (มก./กก.)		โพแทสเซียม (มก./กก.)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
๑	๕.๐๕	๔.๙๙ ab	๐.๐๒	๐.๑๒	๒.๔๗	๓.๖๑	๘.๖๘	๑.๔๙ c	๓๓.๖๙	๑๙๘.๓๑ ab
๒	๕.๑๗	๕.๒๑ a	๐.๐๓	๐.๑๖	๒.๑๕	๔.๐๐	๘.๙๓	๑.๒๔ c	๔๔.๕๖	๒๔๒.๖๓ a
๓	๔.๙๑	๔.๗๓ bc	๐.๐๓	๐.๑๐	๒.๒๒	๓.๓๐	๑๕.๐๕	๑๔.๑๔ b	๔๐	๑๑๖.๖๖ cd
๔	๔.๙๖	๔.๗๙ abc	๐.๐๒	๐.๑๒	๒.๒๖	๓.๖๙	๑๑.๒๘	๓๑.๘๖ a	๕๐.๒๔	๑๕๗.๐๐ bcd

๕	๔.๘๒	๔.๔๑ cd	๐.๐๒	๐.๑๕	๒.๔๘	๓.๖๓	๑๖.๒๐	๕.๗๔ bc	๓๗.๒๕	๒๑๓.๓๒ ab
๖	๕.๐๑	๔.๔๖ cd	๐.๐๒	๐.๑๔	๒.๓๖	๓.๗๒	๑๔.๙๒	๔๔.๘๖ a	๔๑.๔๒	๑๔๗.๕๓ bcd
๗	๕.๐๙	๔.๓๐ d	๐.๐๒	๐.๑๔	๒.๓๒	๓.๕๕	๑๓.๒๘	๓๐.๔๕ a	๓๘.๘๕	๒๐๑.๘๐ ab
๘	๕.๐๕	๔.๓๙ cd	๐.๐๒	๐.๑๖	๒.๐๙	๓.๗๘	๑๖.๖๓	๓๘.๘๓ a	๔๑.๐๔	๑๙๐.๐๘ abc
๙	๕.๑๖	๕.๑๐ ab	๐.๐๒	๐.๐๙	๑.๗๔	๓.๐๖	๑๐.๙๒	๐.๗๑ c	๓๒.๔๖	๙๗.๘๘ d
F-test	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	**
CV (%)	๔.๐๕	๖.๓๖	๒๖.๑๑	๒๔.๑๕	๕๑.๙	๑๔.๗๗	๓๖.๙๐	๓๖.๘๑	๒๘.๔๕	๒๙.๓๗

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กแตกต่างกันในแนวสดมภ์มีความแตกกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมัน ๙๕ เปอร์เซ็นต์ (p>๐.๐๕) เครื่องหมาย ns = ไม่มีความแตกต่างกนทางสถิติ (p>๐.๐๕) และ ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (p≥๐.๐๕)

ปริมาณฟอสฟอรัสในดินก่อนการใส่ปุ๋ย แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p≥๐.๐๕) แต่ในดินหลังการใส่ปุ๋ย พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p≤๐.๐๑) โดยในกรรมวิธีที่ ๔, ๖, ๗ และ ๘ มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ โดยกรรมวิธีที่ ๑, ๒ และ ๙ มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินเหลือน้อยที่สุด (ตาราง ๖)

ปริมาณโพแทสเซียมในดินก่อนและหลังการใส่ปุ๋ยให้ผลเช่นเดียวกับปริมาณฟอสฟอรัสในดิน คือ ปริมาณโพแทสเซียมในดินก่อนการใส่ปุ๋ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>๐.๐๕) แต่ในดินหลังการใส่ปุ๋ย พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (p<๐.๐๑) โดยในกรรมวิธีที่ ๓, ๕, ๖, ๗ และ ๘ มีปริมาณโพแทสเซียมในดินมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (ตาราง ๖)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นการใส่ปุ๋ยเคมี และมูลวัว ในอัตราที่เหมาะสมมีผลทำให้ดีปลีมีปริมาณผลผลิตและมีคุณภาพมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยและการใส่ปุ๋ยในอัตราต่ำ เนื่องจากปริมาณธาตุอาหารไม่เพียงพอ ส่วนสาเหตุที่การใส่ปุ๋ยในอัตราสูงไม่ทำให้ผลผลิตดีปลีมากกว่าอัตรากลาง เนื่องจากการใส่ปุ๋ยที่มากเกินความต้องการของพืชย่อมไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ใด ๆ ปุ๋ยส่วนเกินมักถูกชะล้างลงสู่น้ำใต้ดินหรือแหล่งน้ำธรรมชาติ ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ ทำให้คุณภาพของดินไม่ดี ดินจะแน่น หน้าดินแข็ง ทำให้ระบายน้ำและอากาศได้ไม่ดี ดินเป็นกรดจัดและมีค่า (pH) ต่ำ ธาตุอาหารพืชบางชนิด ธาตุไนโตรเจนถึงแม้พืชจะต้องการในปริมาณมาก แต่ถ้าใช้มากเกินไปจะทำให้พืชลุกช้า คุณภาพผลไม่ดี กิ่งก้านและใบไม่แข็งแรงหักโค่นได้ง่าย และไม่ต้านทานต่อโรคและแมลง นอกจากนี้ อินทรียวัตถุ และฮิวมัสที่มีประโยชน์ในดินก็ลดน้อยลง จากค่าวิเคราะห์ดินหลังจากใส่ปุ๋ยจะเห็นว่าการใส่ปุ๋ย N:P_2O_5:K_2O อัตรา ๑๘๐:๑๘๐:๑๘๐ กรัม/ค้าง/ปี ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ ๑ และ ๒ กิโลกรัม ในกรรมวิธีที่ ๗ และ ๘ มีผลทำให้ค่า pH ของดินต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยในอัตราอื่น แต่ปริมาณผลผลิตและคุณภาพของผลผลิตไม่ได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่น การใส่ปุ๋ยมูลวัวร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีนั้นนอกเหนือให้ธาตุอาหารแล้ว ปุ๋ยอินทรีย์เป็นวัสดุที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) สูง เมื่อมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีสารฮิวมัสในปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งมีประจุลบ ดูดยึดอนุภาคของธาตุอาหารพืชที่มีประจุบวกได้ทำให้ลดการสูญเสียธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยลดความเป็นพิษของธาตุอาหารบางชนิด เช่น อลูมิเนียม แมงกานีส และโซเดียม เพิ่มความต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่างของดิน ทำให้การเปลี่ยนแปลงไม่รวดเร็วจนเป็นอันตรายต่อพืช ทำให้โครงสร้างของดินดีขึ้น เพิ่มช่องว่างระหว่างเม็ดดิน เพิ่มปริมาณก๊าซออกซิเจนในดินซึ่งจะส่งเสริมให้ระบบรากของพืชเจริญเติบโตได้ดี ทำให้รากดูดน้ำและธาตุอาหารได้มากขึ้น เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดินทำให้ดินมีความชุ่มชื้น ลักษณะดังกล่าวจะลดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน ช่วยเพิ่มแหล่งอาหารของจุลินทรีย์เพิ่มปริมาณและ

กิจกรรมของ จุลินทรีย์ซึ่งจะเป็นตัวย่อยสลายอินทรียวัตถุ ทำให้ธาตุอาหารพืชถูกปลดปล่อยออกมา (นิรนาม, ๒๕๔๘ ; บัญชา, ๒๕๕๕)

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การเก็บฝักดีปลีให้ได้คุณภาพตรงตามมาตรฐานตามตำรายามสมุนไพรไทยควรเก็บฝักที่มีอายะ ๙๑-๙๘ วัน โดยนับจากระยะตาดอกจนฝักเปลี่ยนสี การใส่ปุ๋ยให้กับดีปลีที่ปลูกในดินที่มีมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง ๔.๘๒-๕.๑๗ ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง ๐.๐๒-๐.๐๓ มิลลิซีเมน/เซนติเมตร มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินปานกลางอยู่ระหว่าง ๑.๗๔-๒.๔๘ เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในระดับปานกลางในช่วง ๘.๖๘-๑๖.๖๓ มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ มีปริมาณโพแทสเซียมค่อนข้างต่ำอยู่ในช่วง ๓๒.๔๖-๕๐.๒๔ มิลลิกรัม/กิโลกรัม การใส่ปุ๋ยที่ให้ผลผลิตมากที่สุด คือ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) อัตรา ๑๒๐:๑๒๐:๑๒๐ กรัม/ค้าง ร่วมกับมูลวัวแห้ง ๔ กิโลกรัม/ค้าง ให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ของฝัก คือ ๑๕๑.๗๕ และ ๔๐.๙๒ กรัม/ค้าง ตามลำดับ นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยเคมีและมูลวัวแห้งอัตราดังกล่าว ยังมีผลทำให้มีปริมาณไพเพอรีนสูงที่สุดด้วย คือ ๓.๑๖ เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักฝักแห้ง ทั้งนี้การใส่ปุ๋ยเคมีแนะนำให้แบ่งใส่ ๔ ครั้ง/ปีส่วนมูลวัวแห้งแบ่งใส่ ๒ ครั้ง/ปี

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

๑. ผลงานวิจัยถูกนำไปเผยแพร่ในการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ ๕๓ ระหว่างวันที่ ๓-๖ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๘ ในหัวข้อเรื่อง “ผลของอัตราปุ๋ยเคมีและมูลวัวต่อผลผลิตและสารไพเพอรีนในดีปลี”

๒. ผลงานวิจัยถูกนำไปเป็นผลงานสหกิจศึกษาของนักศึกษามหาวิทยาลัยนเรศวร และได้รับรางวัลสหกิจศึกษาดีเด่นระดับมหาวิทยาลัย และถูกคัดเลือกเข้าประกวดผลงานสหกิจศึกษาดีเด่นระดับปริญญาตรี ของสถาบันอุดมศึกษาภาคเหนือตอนล่าง ๑๓ สถาบัน ในหัวข้อเรื่อง “ระยะเก็บเกี่ยวต่อคุณลักษณะทางกายภาพ และเคมีบางประการของดีปลี”

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

คำขอบคุณ (ถ้ามี)

ขอขอบคุณ นายวิรุฬห์ คำวงศ์ นักศึกษามหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วยงานวิจัยนี้อย่างพากเพียร เต็มกำลังความสามารถให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี และขอบคุณผู้อำนวยการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิตทางการเกษตร สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๖ จ.จันทบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

กรองกาญจน์ ชูทิพย์ นันทีทิพย์ ลิ้มเพียรชอบ นันทกา โกรานา และสุขกิจ ยะโสธรศรีกุล. ๒๕๕๕. โครงการกลไกการออกฤทธิ์ของสารไพเพอรีนและอนุพันธ์ในการลดปัจจัยเสี่ยงของการเกิด โรคระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด. *รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ สนับสนุนโดยงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร*. ๔๔ น.

จิราภรณ์ สุวรรณะ. ๒๕๔๘. ผลของสารไพเพอรีนต่อหนูขาวสายพันธุ์วิสตาร์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต พยาธิชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ. ๙๙ หน้า.

นฤมล ผิวเผื่อน. ๒๕๕๗. ผลึกแคลเซียมออกซาเลตและปริมาณออกซาเลตในพืชผักบางชนิดในจังหวัดหนองคาย. *ว.วิทย. มข.* ๔๒(๔): ๘๒๐-๘๒๙.

นันทนา สิทธิชัย. ๒๕๔๗. มาตรฐานของสมุนไพรในตำรายามาตรฐานยาสมุนไพรไทย. *ว. สมุนไพรไทย.*๑๑(๑) : ๒๑-๓๒.

นิรนาม. ๒๕๔๓. *การปลูกพืชเครื่องเทศและสมุนไพร*. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. ๓๒ หน้า.

นิรนาม. ๒๕๔๘. *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น*. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.๕๔๗ หน้า.

นิรนาม. ๒๕๕๖. *องค์ความรู้เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสู่การเป็น smart office สมุนไพรและเครื่องเทศ.* กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. ๑๔๒ หน้า.

บัญชา รัตนีทู. ๒๕๕๕. ปุ๋ยอินทรีย์กับการปรับปรุงดินเสื่อมคุณภาพ. *Princess of Naradhiwas University Journa.l* ๔(๒): ๑๑๕-๑๒๗.

ภูวดล บุตรรัตน์. ๒๕๓๒. *โครงสร้างภายในของพืช.* สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จากัด. กรุงเทพฯ. ๕๗ หน้า.

ศิริพรรณ ตันตาคม นันทิยา จิตธรรมมา บุญฤทธิ์ สายัมพล สุรัตน์วดีจิวะจินดา และธรรมศักดิ์ ทองเกตุ . ๒๕๕๐. *วิทยาสารกำแพงแสน*. ๕ (๑): ๓๐-๓๕.

ศิวาพร ศิวเวช และณัฏฐินี ใจสะอาด. ๒๕๔๖. การสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากเปลือกมันฝรั่ง. หน้า ๑-๘. ใน : *รายงานการการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ ๔๑*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ๓-๗ กุมภาพันธ์ ๒๕๔๖ ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ.

สมชาย องค์ประเสริฐ. ๒๕๓๕. *ปฐพีศาสตร์ประยุกต์.* ภาควิชาดินและปุ๋ย คณะผลิตกรรมการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้.

สานิตย์ สุขสวัสดิ์. ๒๕๔๒. *อิทธิพลของสารเคมีบางชนิดที่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตของพริกไทย*. ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี จันทบุรี. ๑๙ หน้า.

สุดารัตน์ หอมหวล. ๒๕๕๓. *ดีปลี*. ฐานข้อมูลเครื่องยาสมุนไพร. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. แหล่งที่มา www.thaicrudedruge.com/mail.php?action=viewpage&pid=๕๘, (๖/๗/๒๕๕๗).

อุดมลักษณ์ อุ่นจิตต์วรรธนะสานิตย์ สุขสวัสดิ์อาภรณ์ เจียมสายใจและแสงมณี ชิงดวง. ๒๕๔๗. วิจัยชนิดและปริมาณสารสำคัญในพริกไทย. ใน: *ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ ๒๕๔๗*: เล่มที่ ๑. กรมวิชาการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรุงเทพฯ.

Anonymous. ๒๐๑๔. *Long pepper*. Available http://vikaspedia.in/agriculture/crop-production/long-pepper/view, (๖/๑๑/ ๒๐๑๔).

Anonymous. No date. *Hand book on Medicinal & Aromatic Pl*ants. NEDFi India. ๕๖-๕๙.

Chandel H. S., A. K. Pathak and M. Tailang. ๒๐๑๑. Standardization of some herbal antidiabetic drugs in polyherbal formulation. *Pharmacognosy Research*. ๓(๒): ๔๙-๕๖.

Chauhan.S.K., G.P. Kimothi, B.P. Singh and S. Agrawal.๑๙๙๘. A Spectrophotometric method to estimate piperine in piper species. *Ancient Science of Life.* ๑๘(๑): ๘๔ – ๘๗.

FarmKaset.ORG. ๒๕๕๗. EC: *ค่าการนำไฟฟ้าของดิน*. แหล่งที่มา http://www.ilab.asia/ilab/iLab_library.aspx?content=๐๐๔๑๓,๖ กรกฎาคม ๒๕๕๗.

Hoskins. B. R. ๑๙๙๗. 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 ๓๔-๓๕, (๑๙๙๗).

Joseph L. and M. George. ๒๐๑๑. Pharmacognostical profiling of Geranium ocellatum leaves. *International Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. ๑(๓): ๒๒๔๙-๔๓๔๐.

Joshi K., K. Panara, K. Nishteswar and S. Chaudhary. ๒๐๑๓. Cultivation and pharmacological profiles of root of *Piper longum* Linn.. *Pharma Science Monitor an International Journal of Pharmaceutical Sciences*. ๔(๑): ๓๖๑๗-๓๖๒๗.

Leszczynski W. ๑๙๘๙. *Potato tubers as raw material for processing and nutrition*, pp. ๑๑-๑๑๓. 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. ๑๙๙๐. *Fruit Phenolics*. CRC Press, Inc., Florida. ๓๗๘ p.

Majeed L. and L. Prakash. ๒๐๐๐. The medicinal uses of pepper. *International Pepper News*. ๒๕(๑): ๒๓-๓๑.

Metcalfe C.R. and L. Chalk. ๑๙๕๐. *Anatomy of Dicotyledons and Monocotyledon*. Oxford Univ. Press, London . ๑๕๐๐ p.

Prosky L. and J.W. Devries. ๑๙๙๒. *Controlling dietary fiber in food products*. VanNostrand Reinhold, New York. ๑๖๑ p.

Walter W. and A.E. Purcell. ๑๙๗๙. Evaluation of several methods for analysis of sweet potato phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* ๒๗(๕): ๙๔๒-๙๖๔.

ภาคผนวก