รายงานแผนงานวิจัยย่อย

วิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังและการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง

Research and Development on Cassava Varietal and Increasing Production Efficiency

หัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย

นางสุวลักษณ์ อะมะวัลย์

Mrs. Suwaluk Amawan

พ.ศ. 2564

กรมวิชาการเกษตร

รายงานแผนงานวิจัยย่อย

วิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังและการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง

Research and Development on Cassava Varietal and Increasing Production Efficiency

หัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย

นางสุวลักษณ์ อะมะวัลย์

Mrs. Suwaluk Amawan

พ.ศ. 2564

กรมวิชาการเกษตร

คำปรารภ

รายงานผลงานวิจัยของแผนงานวิจัยย่อยการวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังและการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง ดำเนินการวิจัยตั้งแต่เดือนตุลาคม 2558 - ธันวาคม 2564 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาความแตกต่างทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของพันธุ์มันสำปะหลัง และจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง 2) การใช้เครื่องหมายโมเลกุลในการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้ต้านทานต่อโรคแบคทีเรียลไบลท์ โรคใบด่าง โรครากปม ให้มีผลผลิตและปริมาณแป้งสูง ไซยาไนด์ต่ำ และลักษณะแป้งเหนียว 3) เพื่อปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้ได้พันธุ์ที่ให้ผลผลิตและแป้งสูง และพันธุ์ที่มีคุณสมบัติเหมาะต่อการบริโภค 4) เพื่อจัดทำฐานข้อมูลเชื้อพันธุ์มันสำปะหลังที่เก็บรวบรวมไว้ในประเทศไทยอย่างเป็นระบบ โดยมีข้อมูลลักษณะทางสัณฐาน-สรีรวิทยา และคุณสมบัติที่สำคัญบางประการ 5) เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการขยายพันธุ์มันสำปะหลังแบบเร่งด่วนและปลอดศัตรูพืชโดยเทคนิคโซมาติกเซลล์ และ 6) เพื่อศึกษาเทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลังที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง โดยการปรับปรุงดินด้วยระบบปลูกพืช และการจัดการธาตุอาหารพืช ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้ ประกอบด้วย 1) ข้อมูลความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์มันสำปะหลัง ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการจำแนกพันธุ์และสร้างลูกผสมให้มีความหลากหลายทางพันธุกรรม 2) เครื่องหมายโมเลกุลสำหรับใช้ในการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีลักษณะความต้านทานต่อโรคแบคทีเรียลไบลท์ ต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง ต้านทานโรครากปม ลักษณะแป้งสูง ลักษณะไซยาไนด์ต่ำ และลักษณะแป้งเหนียวได้ 3) มันสำปะหลัง 6 สายพันธุ์ ที่ให้ผลผลิตแป้งสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ 4) ฐานข้อมูลลักษณะทางสัณฐาน-สรีรวิทยาของพันธุ์มันสำปะหลัง ข้อมูลการตอบสนองต่อระดับความเค็มของพันธุ์มันสำปะหลังในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ข้อมูลปริมาณเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสในกากมันสำปะหลัง และข้อมูลศักยภาพในการสร้างรากสะสมอาหารของพันธุ์มันสำปะหลังในสภาพเพาะเนื้อเยื่อ และได้เทคนิคการชักนำให้เกิดรากสะสมอาหารของมันสำปะหลังในสภาพเพาะเนื้อเยื่อ ซึ่งฐานข้อมูลและเทคนิคที่ได้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในงานปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังและงานด้านเขตกรรม 5) ได้เทคนิคการขยายพันธุ์มันสำปะหลังโดยโซมาติกเซลล์ 6) ได้เทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังโดยการใช้ระบบปลูกพืชร่วมกับการจัดการธาตุอาหารพืชและการจัดการน้ำอย่างเหมาะสมกับสภาพพื้นที่และ 7) ได้เทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังโดยการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วยระบบปลูกพืช การจัดการธาตุอาหารพืชของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และวัสดุอินทรีย์ร่วมกันสำหรับการปลูกมันสำปะหลังระยะยาว การจัดการปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ทั้งที่มีการให้น้ำและไม่ให้น้ำที่

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานเล่มนี้จะมีประโยชน์แก่นักวิจัย นักวิชาการเกษตร ตลอดจนเกษตรกร และผู้สนใจโดยทั่วไป ที่จะได้ศึกษาและนำเทคโนโลยีที่ได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

(นางสุวลักษณ์ อะมะวัลย์)

หัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย

กุมภาพันธ์ 2565

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	1
ผู้วิจัย	2
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	3
บทนำ	4
บทคัดย่อ	7
โครงการที่ 1 โครงการวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต	9
โครงการที่ 2 โครงการเทคโนโลยีชีวภาพเพื่อการจำแนกและปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง	39
โครงการที่ 3 โครงการวิจัยและพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง	68
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	99
บรรณานุกรม	109

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

แผนงานวิจัยย่อยการวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังและการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง ดำเนินการในปี 2559 – 2564 โดยได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนวิจัยสำนักงานวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) คณะผู้วิจัยขอขอบคุณท่านผู้อำนวยการศูนย์ฯ ผู้อำนวยการสำนักฯ คณะผู้เชี่ยวชาญ คณะกรรมการบริหารงานวิจัย และคณะกรรมการที่ปรึกษาด้านวิชาการ ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะและคำปรึกษาในการจัดทำข้อเสนอ การวางแผนการดำเนินงานในกิจกรรมต่างๆ และติดตามความก้าวหน้าของแผนงานวิจัยย่อยฯ ความสำเร็จของการดำเนินงานในครั้งนี้ ได้รับความร่วมมือจากทีมงานวิจัยหลายหน่วยงาน ได้แก่ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเลย ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุโขทัย ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบูรณ์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปราจีนบุรี ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรมหาสารคาม ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรมุกดาหาร ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรร้อยเอ็ด ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรโนนสูง ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสกลนคร ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอำนาจเจริญ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุรินทร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรยโสธร ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรบุรีรัมย์ ศูนย์วิจัยและและพัฒนาการเกษตรราชบุรี ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาญจนบุรี ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสงขลา ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พิษณุโลก ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี และศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมวิชาการเกษตร รวมทั้งเกษตรกรเจ้าของแปลงทดลอง นักวิจัยและผู้ช่วยวิจัยที่ช่วยเหลืองานวิจัยในด้านต่างๆ ซึ่งล้วนมีส่วนช่วยส่งเสริมให้งานวิจัยนี้ดำเนินงานจนประสบผลสำเร็จ คณะผู้วิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย

กุมภาพันธ์ 2565

กรมวิชาการเกษตร

คณะผู้วิจัย

สุวลักษณ์ อะมะวัลย์ สุภาวดี ง้อเหรียญ บุญเรือนรัตน์ เพียรงาน จีราพร แก่นทรัพย์ มัลลิกา แก้ววิเศษ อัจฉราพรรณ ใจเจริญ อรุโณทัย ซาววา วิภาวี ชั้นโรจน์ กฤตยา เพชรผึ้ง กิตติพัฒน์ อุโฆษกิจ นราชัย โพธิ์สาร กุลชาต นาคจันทึก กุสุมา รอดแผ้วพาล รุ่งรวี บุญทั่ง วัลลีย์ อมรพล ภานุวัฒน์ มูลจันทะ ศิริลักษณ์ ล้านแก้ว ธนาวดี ค้ำชู จิณณจาร์ หาญเศรษฐสุข ศุจิรัตน์ สงวนรังศิริกุล ชยันต์ ภักดีไทย ประพิศ วองเทียม วารีย์ ทองมี อรทัย วรสุทธิ์พิศาล สมฤทัย ตันเจริญ กิตจเมธ แจ้งศิริกุล เสาวลักษณ์ บันเทิงสุข วลัยพร ศะศิประภา อุดม วงศ์ชนะภัย เสาวรี บำรุง อานนท์ มลิพันธ์ สมฤทัย ตันเจริญ เนติรัฐ ชุมสุวรรณ ศุภชัย อติชาติ ศุภกาญจน์ ล้วนมณี บรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์

Suwaluk Amawan Suphawadee Ngorian Boonraunrat Pearnngan Jeeraporn Kansup Mallika Kaewwises Adcharapun Chaicharoen Aroonothai Sawwa Vipavee Chanroj Krittaya Petchpoung Kittipat Ukoskit Narachai Phosan Kulachart Nakchuntuk Kusuma Rodpeawpan Rungravee Boontung Wanlee Amornpon Panuwat Moonjuntha Sirilak Lankaew Tanavadee Kumchoo Jinnajar Hansetthasuk Suchirat Sakuanrungsirikul Chayan Pakdeethai Prapit Wongtiem Waree Thongmee Orathai Worasutpisan Somruthai Tancharoen Kitjameth Jangsirikul Saowalak Bunthengsuk Walaiporn Sasiprapa Udom Wongchanapai Saowaree Bamrung Anon Malipan Somrutai Tancharoen Netirat Chumsuwan Suphachai Atichat Suphakarn Luanmanee Bhannapitch Samrit

กรมวิชาการเกษตร

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ม.ล. = มิลลิลิตร	ก.ก. = กิโลกรัม	ซ.ม. = เซนติเมตร
ชม. = ชั่วโมง	% = เปอร์เซ็นต์	°C = องศาเซลเซียส
µl = ไมโครลิตร	µM = ไมโครโมล	ml = มิลลิลิตร
L = ลิตร	mM = Millimoles	ng = นาโนกรัม
mg = มิลลิกรัม	g = กรัม	kg = กิโลกรัม
rpm = จำนวนรอบต่อนาที	U/mL = Unit/mL	nm =*nanometers*

OD_{600} = optical density ที่ความยาวคลื่น 600 nm

CMR = Cross Manihot Rayong (ลูกผสมข้ามแบบกำหนดพ่อแม่)

OMR = Open Manihot Rayong (ลูกผสมเปิด)

ppm = หนึ่งส่วนในล้านส่วน

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับ 1 ของโลก มีมูลค่าปีละ 5-9 หมื่นล้านบาท โดยหัวมันสำปะหลังสดจะเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเป็นมันเส้น มันอัดเม็ด และแป้งมัน ก่อให้เกิดอุตสาหกรรมต่อเนื่อง เช่น อาหารสัตว์ อุตสาหกรรมอาหาร สารความหวาน ผงชูรส กระดาษ และสิ่งทอ เป็นต้น ปัจจุบันมันสำปะหลังยังมีความสำคัญในการใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตพลังงานทดแทน และผลิตภัณฑ์รักษ์สิ่งแวดล้อม เช่น พลาสติกย่อยสลายได้ ในปี 2561 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังรวมทั้งประเทศ 8.33 ล้านไร่ ผลผลิตรวม 29.37 ล้านตัน ผลผลิตเฉลี่ย 3.53 ตันต่อไร่ การที่ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยต่อไร่ในระดับประเทศค่อนข้างต่ำ เนื่องมาจาก การเลือกใช้พันธุ์ไม่เหมาะสมกับแหล่งปลูก ความเสื่อมโทรมของดิน จากการใช้พื้นที่ทำการเกษตรอย่างต่อเนื่อง แต่ขาดการจัดการดินและการใช้ปัจจัยการผลิตที่ไม่เหมาะสม รวมทั้งปัญหาการระบาดของโรคและแมลงศัตรูที่รุนแรงขึ้น โดยเฉพาะโรคใบด่างมันสำปะหลัง ทำให้ผลผลิตลดลง 10-80 % สร้างความเสียหายให้แก่เกษตรกรและส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศ

ดังนั้นงานวิจัยเพื่อการพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังให้ได้พันธุ์ดีพันธุ์ใหม่ๆ ที่ให้ผลผลิตหัวสดและเปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่าพันธุ์แนะนำเดิม จะเป็นหนทางหนึ่งที่ช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตโดยไม่ต้องเพิ่มพื้นที่ปลูก และสามารถลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรโดยไม่ต้องลงทุนเพิ่ม และปัจจัยสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชนั้น จะต้องมีการจัดการดิน ปุ๋ย และการให้น้ำที่เหมาะสม การปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินจึงเน้นไปที่การเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน เพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดยึดธาตุอาหารและน้ำของดิน การเพิ่มอินทรียวัตถุในดินโดยการใช้ระบบปลูกพืช นอกจากเป็นการปรับปรุงดินโดยการช่วยคลุมหน้าดิน การเลือกใช้พืชตระกูลถั่วมาปลูกร่วมกับมันสำปะหลัง ไม่ว่าจะเป็นระบบปลูกแบบหมุนเวียนหรือระบบปลูกเป็นพืชแซม สามารถเพิ่มไนโตรเจนเข้ามาในระบบ นอกจากนี้การปลูกถั่วยังเป็นพืชเศรษฐกิจ ทำให้เกษตรกรมีรายได้ระยะสั้นก่อน แต่ต้องมีการจัดการให้การลงทุนเพิ่มน้ำให้ได้ผลตอบแทนคุ้มค่า โดยมีการจัดการการใช้ปุ๋ยและการให้น้ำเสริมในดินที่ปลูกหลัก ที่ผ่านมาการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้มีลักษณะทางการเกษตรที่ต้องการจะใช้วิธีการปรับปรุงพันธุ์แบบดั้งเดิม (conventional breeding) ต้องใช้ระยะเวลานานประมาณ 8 - 10 ปี และมีหลายขั้นตอนกว่าจะสามารถคัดเลือกพันธุ์ที่มีลักษณะตามต้องการได้ ปัจจุบันเทคนิคด้านเทคโนโลยีชีวภาพเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการวิจัยและพัฒนาการปรับปรุงพันธุ์พืชมากขึ้น โดยการใช้เครื่องหมายโมเลกุลเข้ามาช่วยในกระบวนการคัดเลือกเพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืชที่เหมาะสม จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีความแม่นยำในการคัดเลือกและสามารถแยกความแตกต่างของลักษณะที่แสดงออกได้อย่างถูกต้องแม่นยำ รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ กรมวิชาการเกษตรเป็นแหล่งรวบรวมพันธุ์มันสำปะหลังที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมจำนวนมาก ดังนั้นการใช้เครื่องหมายโมเลกุลในการตรวจสอบและคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังให้มีลักษณะทางการเกษตรที่ต้องการ สามารถช่วยร่นระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์

กรมวิชาการเกษตร

มันสำปะหลังลงได้ 3 – 4 ปี จึงเป็นตัวช่วยสำคัญในขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ให้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับพันธุ์มันสำปะหลังของไทยได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความแตกต่างทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของพันธุ์มันสำปะหลัง และจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง

2. การใช้เครื่องหมายโมเลกุลในการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้ต้านทานต่อโรคแบคทีเรียลไบลท์ โรคใบด่างโรครากปม ให้มีผลผลิตและปริมาณแป้งสูงไซยาไนด์ต่ำ และลักษณะแป้งเหนียว

3. เพื่อปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้ได้พันธุ์ที่ให้ผลผลิตและแป้งสูง และพันธุ์ที่มีคุณสมบัติเหมาะต่อการบริโภค

4. เพื่อจัดทำฐานข้อมูลเชื้อพันธุ์มันสำปะหลังที่เก็บรวบรวมไว้ในประเทศไทยอย่างเป็นระบบ โดยมีข้อมูลลักษณะทางสัณฐาน-สรีรวิทยา และคุณสมบัติที่สำคัญบางประการ

5. เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการขยายพันธุ์มันสำปะหลังแบบเร่งด่วนและปลอดศัตรูพืชโดยเทคนิคโซมาติกเซลล์

6. เพื่อศึกษาเทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลังที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง โดยการปรับปรุงดินด้วยระบบปลูกพืช และการจัดการธาตุอาหารพืช

วิธีการวิจัย

โครงการที่ 1 โครงการวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ประกอบ 4 กิจกรรม 34 การทดลอง โดยกิจกรรมที่ 1 วิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อผลผลิตและแป้งสูง ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกระตุ้นการออกดอกของมันสำปะหลังโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต การพัฒนาสายพันธุ์แท้มันสำปะหลัง การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อผลผลิตและแป้งสูงตามกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้า การจัดกลุ่มสภาพแวดล้อมสำหรับการวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเฉพาะพื้นที่ ศึกษาประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าเพื่อผลผลิตและแป้งสูงในกลุ่มดินทรายปนร่วน-ดินทราย ในกลุ่มดินร่วนปนทราย-ดินร่วน และในกลุ่มดินร่วนปนเหนียว-ดินเหนียว การสำรวจระดับการเข้าทำลายของแมลงศัตรูที่สำคัญของมันสำปะหลังในสภาพธรรมชาติของลูกผสมในแต่ละปี การทดสอบความต้านทานต่อเพลี้ยแป้ง ความต้านทานต่อไรแดงของมันสำปะหลังลูกผสมในแต่ละปี ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมันสำปะหลังพันธุ์ก้าวหน้า/รับรอง ของกรมวิชาการเกษตร การทดสอบความต้านทานต่อไรแดงหม่อนของมันสำปะหลังพันธุ์รับรอง การทดสอบประสิทธิภาพการแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังด้วยน้ำร้อนเพื่อควบคุมการเกิดโรคพุ่มแจ้มันสำปะหลัง การตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าในดินทราย กิจกรรมที่ 2 วิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค โดยทำการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภคตามกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ การตอบสนองทางด้านผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์/สายพันธุ์สำหรับ

กรมวิชาการเกษตร

บริโภคในระบบน้ำหยดผิวดินที่ให้น้ำตามความต้องการของพืช กิจกรรมที่ 3 การประเมินลักษณะเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลัง โดยทำการศึกษาจำแนกลักษณะพันธุกรรมโดยสัณฐาน-สรีรวิทยา ศักยภาพในการสร้างหัวในสภาพเนื้อเยื่อ การตอบสนองต่อระดับความเค็มในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ของเชื้อพันธุ์มันสำปะหลัง การวิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสในกากมันสำปะหลังพันธุ์รับรองของกรมวิชาการเกษตรและพันธุ์ต่างประเทศ กิจกรรมที่ 4 การศึกษาและพัฒนาเทคนิค Somatic embryogenesis โดยการศึกษาการขยายพันธุ์มันสำปะหลังแบบรวดเร็วโดยเทคนิคโซมาติกเซลล์ การศึกษาอิทธิพลของอะดีนินในการกระตุ้นเซลล์ให้เกิดคัพพะอ่อนในการผลิตเซลล์โซมาติกของมันสำปะหลัง

โครงการที่ 2 โครงการเทคโนโลยีชีวภาพเพื่อการจำแนกและปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง ประกอบด้วย 7 การทดลอง โดยการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์มันสำปะหลังกลุ่มพ่อแม่พันธุ์โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR การศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานโรคแบคทีเรียลไบลท์ของมันสำปะหลังด้วยโมเลกุลเครื่องหมายชนิด EST-SSRs การใช้เครื่องหมายโมเลกุลในการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังต้านทานโรคใบด่าง การคัดเลือกลักษณะต้านทานโรคราก้ปมในมันสำปะหลัง การคัดเลือกลักษณะแป้งสูงและไซยาไนด์ต่ำ การคัดเลือกลักษณะแป้งเหนียว รวมทั้งการพัฒนาเครื่องหมายยีนในกระบวนการสังเคราะห์แป้งที่สัมพันธ์กับน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง

โครงการที่ 3 โครงการวิจัยและพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง ประกอบด้วย 5 การทดลอง โดยศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังระยะยาวโดยใช้ระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ย การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังโดยใช้ระบบปลูกพืชและการจัดการชนิดและอัตราปุ๋ย การให้น้ำ ในกลุ่มดินทราย การจัดการธาตุอาหารพืชระยะยาวด้วยวัสดุอินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมีในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังต่อผลผลิตและการกักเก็บคาร์บอนในดิน

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

แผนงานวิจัยย่อยการวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังและการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง ประกอบด้วย 3 โครงการ ได้แก่ 1) โครงการวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต 2) โครงการเทคโนโลยีชีวภาพเพื่อการจำแนกและปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง และ 3) โครงการวิจัยและพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง มีวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1) เพื่อศึกษาความแตกต่างทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของพันธุ์มันสำปะหลัง และจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง 2) การใช้เครื่องหมายโมเลกุลในการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้ต้านทานต่อโรคแบคทีเรียลไบลท์ โรคใบด่าง โรครากปม ให้มีผลผลิตและปริมาณแป้งสูงไซยาไนด์ต่ำ และลักษณะแป้งเหนียว 3) เพื่อปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้ได้พันธุ์ที่ให้ผลผลิตและแป้งสูง และพันธุ์ที่มีคุณสมบัติเหมาะต่อการบริโภค 4) เพื่อจัดทำฐานข้อมูลเชื้อพันธุ์มันสำปะหลังที่เก็บรวบรวมไว้ในประเทศไทยอย่างเป็นระบบ โดยมีข้อมูลลักษณะทางสัณฐาน-สรีรวิทยา และคุณสมบัติที่สำคัญบางประการ 5) เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการขยายพันธุ์มันสำปะหลังแบบเร่งด่วนและปลอดศัตรูพืชโดยเทคนิคโซมาติกเซลล์ และ 6) เพื่อศึกษาเทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลังที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง โดยการปรับปรุงดินด้วยระบบปลูกพืช และการจัดการธาตุอาหารพืช จากการทดลอง ได้ข้อมูลความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์มันสำปะหลัง มีอัลลีลที่แสดงความแตกต่างกันถึง 88 อัลลีล สามารถนำข้อมูลทางพันธุกรรมที่ได้มาใช้ในการจำแนกพันธุ์และการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ในการสร้างลูกผสมให้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมมากยิ่งขึ้น และสามารถพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลเพื่อใช้ในการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีลักษณะความต้านทานต่อโรคแบคทีเรียลไบลท์ ต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง ต้านทานโรครากปม ลักษณะแป้งสูง ลักษณะไซยาไนด์ต่ำ และลักษณะแป้งเหนียวได้ จากการทดลองปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังได้สายพันธุ์CMR56-71-68 CMR57-83-69 CMR57-83-160 CMR57-83-129 และCMR58-75-110 ให้ผลผลิตแป้งสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ ซึ่งจะนำไปศึกษาข้อมูลประกอบการรับรองพันธุ์ต่อไป ส่วนสายพันธุ์CMR54-31-53 ให้ผลผลิตสูง ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในกลุ่มดินทราย ดินร่วนปนทรายและดินร่วน และต้านทานโรครากเน่าโคนเน่า ซึ่งจะพัฒนาไปเป็นพันธุ์รับรองต่อไป ได้ฐานข้อมูลลักษณะทางสัณฐาน-สรีรวิทยาของพันธุ์มันสำปะหลังจำนวน 500 พันธุ์ ได้ข้อมูลการตอบสนองต่อระดับความเค็มของพันธุ์มันสำปะหลังในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจำนวน 240 พันธุ์ ได้ข้อมูลปริมาณเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสในกากมันสำปะหลังจำนวน 356 พันธุ์ และได้ข้อมูลศักยภาพในการสร้างรากสะสมอาหารของพันธุ์มันสำปะหลังในสภาพเพาะเนื้อเยื่อจำนวน 115 พันธุ์ และได้เทคนิคการชักนำให้เกิดรากสะสมอาหารของมันสำปะหลังในสภาพเพาะเนื้อเยื่อ ซึ่งฐานข้อมูลและเทคนิคที่ได้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในงานปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังและงานด้านเขตกรรม และได้เทคนิคการขยายพันธุ์มันสำปะหลังโดยโซมาติกเซลล์มีอัตราการขยายพันธุ์มากกว่าการขยายพันธุ์แบบธรรมดาถึง 10 เท่า และใช้ระยะเวลาการขยายพันธุ์สั้นประมาณ 3-4 เดือน เมื่อเทียบกับระยะเวลาการขยายพันธุ์แบบธรรมดา และเป็นการขยายพันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อ โดยท่อนพันธุ์ที่ได้จะเป็นท่อนพันธุ์ที่สะอาดและปลอดศัตรูพืช ซึ่งเป็นหนึ่งทางเลือกที่ใช้ในการขยายพันธุ์หากเกิดปัญหาโรคและแมลงระบาด ได้เทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังโดยการใช้ระบบปลูกพืชร่วมกับการจัดการธาตุอาหารพืชและการจัดการน้ำอย่างเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง และได้เทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังโดยการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วยระบบปลูกพืช การจัดการธาตุอาหารพืชของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และวัสดุอินทรีย์ร่วมกันสำหรับการปลูกมันสำปะหลังระยะยาว การจัดการปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ทั้งที่มีการให้น้ำและไม่ให้น้ำที่จะสามารถยกระดับผลผลิตมันสำปะหลัง และยกระดับรายได้ของเกษตรกร

Abstract

Cassava is an important economic crop due to the value of cassava products export of Thailand is up to 50-90 billion baht per year, making it becomes the world's first largest cassava exporter. In 2020, cassava harvested area in Thailand was 1.43 million ha, total yield was 28.99 million tons that was not enough for cassava processing industry, hence, cassava was imported to Thailand for 3 million tons. In general, cassava plantation in Thailand is in rainfed area, hence cassava yield is dependent on rainfall. In addition, continuous cassava plantation without soil improvement leads to soil degradation, problem by pests and diseases including natural disasters, and rising cost of factors of production, these cause higher production cost, yield loss, thus cassava farmers get risk of production and loss of profit. Hence, Department of Agriculture (DOA) has provided a project "Research and Development on Cassava Varietal Improvement for Increasing Production Efficiency" that has been executed from 2016 – 2021. The objects of this project are 1) to breed and improve high yield and high starch content cassava variety that has starch yield more 15% than Rayong 5, 2) to breed and improve cassava variety for human food that has yield more 10% than Hanatee, 3) to establish cassava germplasm database system of Thailand by using morphological and physiological characters and other anatomical traits, 4) to study and develop rapid phytosanitary cassava propagation by somatic cells. This project consists of 4 research activities, activity 1) Research and Development Cassava variety for High yield and High starch content. Proceeding by cross-breeding good parental traits, followed by clones selection, clones evaluation and clones testing in farmer's fields, including other related information for variety certification and variety recommendation. This activity revealed that CMR56-71-68 CMR57-83-69 CMR57-83-160 CMR57-83-129 and CMR58-75-110 gave more yield and starch than check variety. These clones will be studied on varietal information for variety certification. Moreover, CMR54-31-53 which had high yield and response to N-fertilization in sandy soil, loamy-sand and loamy, and resistant to root rot will be developed and applied for variety certification. Activity 2) Research and Development for Edible Cassava exhibited 7 clones that have good trait and will be studied in regional yield trial and evaluated for environmental adaptation. Activity 3) Cassava Germplasm Evaluation gets database on morphological and physiological characters of 500 varieties. Moreover, this activity gets information on 240 cassava varieties response to different salinity level in tissue culture, information of 356 varieties on cellulose and hemicellulose level in cassava pulp, information of 115 varieties on storage root formation ability in tissue culture and get technique for storage root induction in tissue culture. These database and technique could be useful for cassava breeding and cultivation. And activity 4) Study and Development on Somatic Embryogenesis Technique gets cassava propagation technique that 10 times faster than conventional methods. Period of somatic propagation is 3-4 months. Somatic cells propagation is in vitro, therefore cassava stock are clean and phytosanitary that will be an alternative way for propagation in case of disease and pests problem.

กรมวิชาการเกษตร

โครงการที่ 1

โครงการวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต
Research and Development on Cassava Varietal Improvement for Increasing Production Efficiency

สุวลักษณ์ อะมะวัลย์ นราชัย โพธิ์สาร กุลชาต นาคจันทึก กุสุมา รอดแผ้วพาล รุ่งรวี บุญทั่ง วัลลีย์ อมรพล ภานุวัฒน์ มูลจันทะ ศิริลักษณ์ ล้านแก้ว ธนาวดี ค้ำชู จิณณจาร์ หาญเศรษฐสุข ศุจิรัตน์ สงวนรังศิริกุล ชยันต์ ภักดีไทย ประพิศ วองเทียม วารีย์ ทองมี อรทัย วรสุทธิ์พิศาล สมฤทัย ตันเจริญ กิตจเมธ แจ้งศิริกุล เสาวลักษณ์ บันเทิงสุข วลัยพร ศะศิประภา อุดม วงศ์ชนะภัย เสาวรี บำรุง อานนท์ มลิพันธ์

Suwaluk Amawan Narachai Phosan Kulachart Nakchuntuk Kusuma Rodpeawpan Rungravee Boontung Wanlee Amornpon Panuwat Moonjuntha Sirilak Lankaew Tanavadee Kumchoo Jinnajar Hansetthasuk Suchirat Sakuanrungsirikul Chayan Pakdeethai Prapit Wongtiem Waree Thongmee Orathai Worasutpisan Somruthai Tancharoen Kitjameth Jangsirikul Saowalak Bunthengsuk Walaiporn Sasiprapa Udom Wongchanapai Saowaree Bamrung Anon Malipan

คำสำคัญ (Key words)

มันสำปะหลัง (cassava), การปรับปรุงพันธุ์ (breeding), การจัดการธาตุอาหาร (nutrient management), เชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลัง (cassava germplasm), โซมาติกเซลล์ (Somatic embryogenesis)

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย สร้างรายได้ให้แก่ประเทศจากการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับ 1 ของโลก มูลค่าปีละ 5-9 หมื่นล้านบาท ในปี 2563 ประเทศไทยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง 8.91 ล้านไร่ ผลผลิตรวม 28.99 ล้านตัน ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของอุตสาหกรรมแปรรูปมันสำปะหลัง จึงมีการนำเข้าจากต่างประเทศประมาณปีละ 3 ล้านตัน การปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทยส่วนใหญ่ปลูกในเขตอาศัยน้ำฝน ผลผลิตจึงผันแปรและขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนของแต่ละปี และการใช้พื้นที่ปลูกอย่างต่อเนื่องทุกปี ไม่มีช่วงพักเพื่อปรับปรุงบำรุงดิน ทำให้ดินเสื่อมโทรมลง ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่จึงค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้ราคาปัจจัยการผลิตที่สูงขึ้นในปัจจุบัน ทำให้เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตมันสำปะหลังสูงขึ้น หากปีใดมีปัญหาการระบาดของโรคและแมลงศัตรู หรือมีภัยธรรมชาติร่วมด้วยจะทำให้เกษตรกรมีความเสี่ยงในการผลิตและมีโอกาสขาดทุนสูง ดังนั้น กรมวิชาการเกษตรจึงได้จัดทำโครงการวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้ได้พันธุ์ที่ให้ผลผลิตและแป้งสูง โดยให้ผลผลิตแป้งสูงกว่าพันธุ์ระยอง 5 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 15 2) เพื่อปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้ได้พันธุ์ที่มีคุณสมบัติเหมาะต่อ

การบริโภคและให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ห้านาทีไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 3) เพื่อจัดทำฐานข้อมูลเชื้อพันธุ์มันสำปะหลังที่เก็บรวบรวมไว้ในประเทศไทยอย่างเป็นระบบ โดยมีข้อมูลลักษณะทางสัณฐาน-สรีรวิทยา และคุณสมบัติที่สำคัญบางประการ และ 4) เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการขยายพันธุ์มันสำปะหลังแบบเร่งด่วนและปลอดศัตรูพืชโดยเทคนิคโซมาติกเซลล์ ดำเนินการในปี 2559 – 2564 ประกอบด้วย 4 กิจกรรมวิจัย คือ กิจกรรมที่ 1 การวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อผลผลิตและแป้งสูง โดยการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างพ่อแม่พันธุ์ที่มีลักษณะดีเด่น ทำการคัดเลือกพันธุ์ ประเมินพันธุ์ และทดสอบพันธุ์ในไร่เกษตรกร รวมทั้งการศึกษาข้อมูลประกอบการรับรองพันธุ์และแนะนำพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์CMR56-71-68 CMR57-83-69 CMR57-83-160 CMR57-83-129 และ CMR58-75-110 ให้ผลผลิตแป้งสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ ซึ่งจะนำไปศึกษาข้อมูลประกอบการรับรองพันธุ์ต่อไป ส่วนสายพันธุ์ CMR54-31-53 ให้ผลผลิตสูง ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในกลุ่มดินทราย ดินร่วนปนทรายและดินร่วน และต้านทานโรครากเน่าโคนเน่า ซึ่งจะพัฒนาไปเป็นพันธุ์รับรองต่อไป กิจกรรมที่ 2 การวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค ได้สายพันธุ์มันสำปะหลังที่มีลักษณะที่ดี จำนวน 7 สายพันธุ์ เพื่อนำไปทดลองในขั้นตอนการเปรียบเทียบพันธุ์มันสำปะหลังในท้องถิ่นเพื่อประเมินการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่อไป กิจกรรมที่ 3 การประเมินลักษณะเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลัง ได้ฐานข้อมูลลักษณะทางสัณฐาน-สรีรวิทยา ของพันธุ์มันสำปะหลัง จำนวน 500 พันธุ์ ได้ข้อมูลการตอบสนองต่อระดับความเค็มของพันธุ์มันสำปะหลังในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ จำนวน 240 พันธุ์ ได้ข้อมูลปริมาณเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสในกากมันสำปะหลัง จำนวน 356 พันธุ์ และได้ข้อมูลศักยภาพในการสร้างรากสะสมอาหารของพันธุ์มันสำปะหลังในสภาพเพาะเนื้อเยื่อ จำนวน 115 พันธุ์ และได้เทคนิคการชักนำให้เกิดรากสะสมอาหารของมันสำปะหลังในสภาพเพาะเนื้อเยื่อ ซึ่งฐานข้อมูลและเทคนิคที่ได้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในงานปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังและงานด้านเขตกรรม และกิจกรรมที่ 4 การศึกษาและพัฒนาเทคนิค Somatic embryogenesis ได้เทคนิคการขยายพันธุ์มันสำปะหลังโดยโซมาติกเซลล์มีอัตราการขยายพันธุ์มากกว่าการขยายพันธุ์แบบธรรมดาถึง 10 เท่า และใช้ระยะเวลาการขยายพันธุ์สั้นประมาณ 3-4 เดือน โดยท่อนพันธุ์ที่ได้จะเป็นท่อนพันธุ์ที่สะอาดและปลอดศัตรูพืช ซึ่งเป็นหนึ่งทางเลือกที่ใช้ในการขยายพันธุ์หากเกิดปัญหาโรคและแมลงระบาด

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

Cassava is an important economic crop due to the value of cassava products export of Thailand is up to 50-90 billion baht per year, making it becomes the world's first largest cassava exporter. In 2020, cassava harvested area in Thailand was 1.43 million ha, total yield was 28.99 million tons that was not enough for cassava processing industry, hence, cassava was imported to Thailand for 3 million tons. In general, cassava plantation in Thailand is in rainfed area, hence cassava yield is dependent on rainfall. In addition, continuous cassava plantation without soil improvement leads to soil degradation, problem by pests and diseases including natural disasters, and rising cost of factors of production, these cause higher production cost, yield loss, thus cassava farmers get risk of production and loss of profit. Hence, Department of Agriculture (DOA) has provided a project “Research and Development on Cassava Varietal Improvement for Increasing Production Efficiency” that has been executed from 2016

– 2021. The objects of this project are 1) to breed and improve high yield and high starch content cassava variety that has starch yield more 15% than Rayong 5, 2) to breed and improve cassava variety for human food that has yield more 10% than Hanatee, 3) to establish cassava germplasm database system of Thailand by using morphological and physiological characters and other anatomical traits, 4) to study and develop rapid phytosanitary cassava propagation by somatic cells. This project consists of 4 research activities, activity 1) Research and Development Cassava variety for High yield and High starch content. Proceeding by cross-breeding good parental traits, followed by clones selection, clones evaluation and clones testing in farmer's fields, including other related information for variety certification and variety recommendation. This activity revealed that CMR56-71-68 CMR57-83-69 CMR57-83-160 CMR57-83-129 and CMR58-75-110 gave more yield and starch than check variety. These clones will be studied on varietal information for variety certification. Moreover, CMR54-31-53 which had high yield and response to N-fertilization in sandy soil, loamy-sand and loamy, and resistant to root rot will be developed and applied for variety certification. Activity 2) Research and Development for Edible Cassava exhibited 7 clones that have good trait and will be studied in regional yield trial and evaluated for environmental adaptation. Activity 3) Cassava Germplasm Evaluation gets database on morphological and physiological characters of 500 varieties. Moreover, this activity gets information on 240 cassava varieties response to different salinity level in tissue culture, information of 356 varieties on cellulose and hemicellulose level in cassava pulp, information of 115 varieties on storage root formation ability in tissue culture and get technique for storage root induction in tissue culture. These database and technique could be useful for cassava breeding and cultivation. And activity 4) Study and Development on Somatic Embryogenesis Technique gets cassava propagation technique that 10 times faster than conventional methods. Period of somatic propagation is 3-4 months. Somatic cells propagation is in vitro, therefore cassava stock are clean and phytosanitary that will be an alternative way for propagation in case of disease and pests problem.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกง่าย ทนแล้ง เป็นวัตถุดิบที่สามารถแปรรูปเป็นแป้ง ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย จึงเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญที่สร้างรายได้ให้แก่ประเทศจากการส่งออกผลิตภัณฑ์ ปีละ 5-9 หมื่นล้านบาท และมีความสำคัญต่อเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังไม่น้อยกว่า 550,000 ครัวเรือน ในพื้นที่มากกว่า 40 จังหวัด โดยหัวมันสำปะหลังสดจะเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเป็นมันเส้น มันอัดเม็ด และแป้งมัน ก่อให้เกิดอุตสาหกรรมต่อเนื่อง เช่น อาหารสัตว์ อุตสาหกรรมอาหาร สารความหวาน ผงชูรส กระดาษ และสิ่งทอ เป็นต้น ปัจจุบันมันสำปะหลังยังมีความสำคัญในการใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตพลังงานทดแทน และผลิตภัณฑ์รักษ์สิ่งแวดล้อม

จากการประมาณความต้องการผลผลิตมันสำปะหลัง โดยคณะทำงานจัดทำยุทธศาสตร์ 4 สินค้าตามคำสั่งของคณะรักษาความสงบแห่งชาติ ปี 2557 พบว่า ในปี 2569 อุตสาหกรรมทุกประเภทที่ใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบในการแปรรูป มีความต้องการหัวมันสำปะหลังสดรวมประมาณ 60 ล้านตัน แต่เนื่องจากรัฐบาลมีนโยบายที่จะคงพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังไว้ไม่ให้เกิน 8.5 ล้านไร่ ดังนั้นจากผลผลิตเฉลี่ยของประเทศในปัจจุบัน คือ 3.58 ตันต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ในอนาคตหากไม่สามารถเพิ่มผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ให้สูงขึ้นเป็น 7 ตันต่อไร่ จะทำให้มีวัตถุดิบไม่เพียงพอต่อความต้องการของอุตสาหกรรมแปรรูปมันสำปะหลัง

การปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทยส่วนใหญ่ปลูกในเขตใช้น้ำฝน ผลผลิตจึงผันแปรขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนของแต่ละปี เนื่องจากมันสำปะหลังมีอายุเก็บเกี่ยว 12 เดือน การใช้พื้นที่ปลูกจึงมีการเก็บเกี่ยวแล้วปลูกใหม่อย่างต่อเนื่องทุกปี ไม่มีช่วงพักเพื่อปรับปรุงบำรุงดิน ทำให้ดินเสื่อมโทรมลง ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่จึงค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้ ราคาปัจจัยการผลิตและค่าจ้างแรงงานที่สูงขึ้นในปัจจุบัน ทำให้เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตมันสำปะหลังสูงขึ้น โดยในปี 2561 มีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 1.87 บาทต่อกิโลกรัม ขณะที่ราคาขายเฉลี่ยอยู่ที่ 2.40 บาทต่อกิโลกรัม ได้ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ย 530 บาทต่อตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) ซึ่งค่อนข้างต่ำ หากปีใดมีปัญหาการระบาดของโรคและแมลงศัตรู หรือมีภัยธรรมชาติร่วมด้วย จะทำให้เกษตรกรมีความเสี่ยงในการผลิตและมีโอกาสขาดทุนสูง

ดังนั้นงานวิจัยเพื่อการพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังให้ได้พันธุ์ดีพันธุ์ใหม่ๆ ที่ให้ผลผลิตหัวสดและเปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่าพันธุ์แนะนำเดิม จะเป็นหนทางหนึ่งที่ช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตให้ได้ตามเป้าหมายของประเทศ โดยไม่ต้องเพิ่มพื้นที่ปลูก และสามารถลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรโดยไม่ต้องลงทุนเพิ่ม ทั้งจากปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่ที่เพิ่มขึ้นและราคาที่ขายได้สูงขึ้นตามเปอร์เซ็นต์แป้ง ซึ่งโดยทั่วไปโรงแป้งจะกำหนดราคารับซื้อไว้ที่แป้ง 30 เปอร์เซ็นต์ และราคาจะลดลง 0.03-0.05 บาท/กิโลกรัม ทุก 1 เปอร์เซ็นต์แป้งที่ลดลง

การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังที่ผ่านมา นักปรับปรุงพันธุ์จะมุ่งเน้นหาพันธุ์ที่ปรับตัวได้กว้าง เพื่อที่จะนำไปปลูกได้ทุกแหล่งปลูกและฤดูปลูก แต่พบว่าจากสภาพของพื้นที่ที่แตกต่างกันทั้ง ลักษณะเนื้อดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณน้ำฝน และสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน มันสำปะหลังพันธุ์แต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อพื้นที่ปลูกด้านการให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน ดังนั้นการพัฒนาเทคนิคและวิธีการที่เหมาะสมตั้งแต่ขั้นตอนการเลือกพื้นที่ทดสอบพันธุ์ การประมวลผลข้อมูลสภาพแวดล้อมเพื่อจัดแบ่งเขตนิเวศน์ และการพัฒนาแบบจำลองมันสำปะหลัง เพื่อให้สามารถแนะนำพันธุ์เฉพาะพื้นที่ได้อย่างแม่นยำ ทั้งในพันธุ์ที่แนะนำให้เกษตรปลูกแล้วและพันธุ์ก้าวหน้าที่จะขอรับรองพันธุ์ในอนาคต จะเป็นการสนับสนุนให้งานปรับปรุงพันธุ์มีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมทั้งจะเป็นข้อมูลที่ช่วยให้เกษตรกรสามารถเลือกใช้พันธุ์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกเพื่อยกระดับผลผลิตและรายได้

ปัญหาดินเสื่อมโทรมจากการปลูกมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่อง (ชุมพล และคณะ, 2550; โชติ, 2539) เป็นปัญหาสำคัญอีกประการหนึ่ง ที่ทำให้มันสำปะหลังให้ผลผลิตต่ำ จากผลงานวิจัยของกรมวิชาการเกษตรที่ผ่านมาพบว่า มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มีการดูดใช้ธาตุอาหารที่แตกต่างกัน ดังนั้นหากมีข้อมูลของประสิทธิภาพในการดูดใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าที่พัฒนาขึ้น ในแต่ละเนื้อดินและแต่ละเขต หรือมีสายพันธุ์มันสำปะหลังที่มีประสิทธิภาพในการใช้ธาตุอาหาร จะเป็นข้อมูลสำคัญที่สามารถวางแผนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตต่อไร่ให้สูงขึ้น และนำไปสู่การใช้ปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพสูงสุด และสามารถลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยผลผลิตได้

กรมวิชาการเกษตร

จากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป พบว่า ปัจจุบันการระบาดของศัตรูมันสำปะหลังทั้งโรคและแมลงมีความรุนแรงมากขึ้น ดังนั้นขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งในงานปรับปรุงพันธุ์เพื่อลดความเสียหายจากศัตรูมันสำปะหลังเหล่านี้ คือ การทดสอบปฏิกิริยาของมันสำปะหลังต่อการเกิดโรค และการประเมินความต้านทานต่อแมลงศัตรูมันสำปะหลังที่สำคัญ ในพันธุ์ลูกผสมชุดต่าง ๆ ของโครงการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานประจำพันธุ์ ประกอบการขอรับรองพันธุ์ของพันธุ์ที่คัดเลือกได้ และหากมีพันธุ์ต้านทานโรคหรือแมลง ก็จะเป็นแนวทางในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืน

คุณภาพของต้นพันธุ์ทั้งด้านความงอกและอายุในการเก็บรักษาของต้นพันธุ์ ก็เป็นคุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของพันธุ์มันสำปะหลังที่ส่งผลโดยตรงต่อผลผลิต เพราะพันธุ์ที่มีต้นพันธุ์ไม่แข็งแรง เมื่อปลูกแล้วกระทบแล้ง ต้นพันธุ์จะมีความงอกต่ำ ทำให้ได้ผลผลิตต่ำ หรือจำเป็นต้องปลูกซ่อมหรือปลูกใหม่ ทำให้สิ้นเปลืองทั้งเงินทุนและเวลา นอกจากนี้หากตัดต้นพันธุ์แล้วรอปลูกใหม่แต่ฝนทิ้งช่วงยาวนาน พันธุ์ที่ต้นพันธุ์แห้งเร็ว จะไม่สามารถใช้ต้นทำพันธุ์ปลูกได้และมีผลทำให้พันธุ์สูญหายได้ ในการเสนอขอรับรองพันธุ์ใหม่ๆ จึงควรมีข้อมูลด้านคุณภาพของต้นพันธุ์เพื่อสามารถวางแผนการปลูกและการจัดการต้นพันธุ์ได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้การที่มันสำปะหลังขยายพันธุ์ด้วยลำต้น ทำให้การกระจายพันธุ์ดีเป็นไปได้ช้า และหากมีการระบาดของโรคและแมลงที่สามารถถ่ายทอดไปกับต้นพันธุ์ได้ง่าย จะทำให้ยากแก่การป้องกันกำจัด การศึกษาวิธีการเพิ่มอัตราการขยายพันธุ์ที่รวดเร็วและได้ท่อนพันธุ์สะอาดปลอดจากศัตรูพืช โดยเทคนิคโซมาติกเซลล์จะช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้

ความต้องการพันธุ์ของเกษตรกรในปัจจุบัน นอกจากต้องการพันธุ์ที่ให้ผลผลิตและแป้งสูงเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุปกติแล้ว จากปัญหาทางเศรษฐกิจที่รุนแรงขึ้น และสภาพความแปรปรวนของภูมิอากาศ ทั้งช่วงฝนและปริมาณน้ำฝนที่ไม่แน่นอน และสภาพแห้งแล้งยาวนาน เกษตรกรในหลายพื้นที่มีความต้องการพันธุ์มันสำปะหลังที่สามารถให้ผลตอบแทนเร็ว เพื่อแก้ปัญหาทางเศรษฐกิจและเพื่อแก้ปัญหาเฉพาะ เช่น เพื่อปลูกเป็นรายได้เสริมในนาหลังเก็บเกี่ยวข้าว เพื่อลดการสะสมของโรคและแมลงศัตรูจากการปลูกพืชเดียวต่อเนื่องในพื้นที่เดิม หรือเพื่อปลูกในสภาพพื้นที่ค่อนข้างลุ่มน้ำท่วมขังเร็วหรือพื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง รวมทั้งข้อจำกัดด้านแรงงานเก็บเกี่ยวและโรงงานรับซื้อที่ปิดดำเนินการในบางช่วงในบางพื้นที่ ทำให้ไม่สามารถเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนได้ หากในลูกผสมแต่ละชุดของโครงการปรับปรุงพันธุ์ มีพันธุ์ที่สามารถสะสมน้ำหนักหัวสดได้เร็ว หรือให้ผลผลิตได้สูงและยังมีคุณภาพแป้งที่ดีเมื่อเก็บเกี่ยวอายุสั้น ก็จะเป็นการตอบสนองโจทย์ดังกล่าวของเกษตรกร

สำหรับพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อการบริโภคซึ่งมีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิคต่ำ ในปัจจุบันประเทศไทยมี 4 พันธุ์ คือ พันธุ์ห้านาที ระยอง 2 พิรุณ 2 และพิรุณ 4 ซึ่งมีลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อมันสุกแตกต่างกัน โดยพันธุ์ห้านาทีที่ปลูกเป็นการค้าให้ผลผลิตค่อนข้างต่ำในสภาพไร่ จึงเป็นข้อจำกัดของการผลิตในเชิงพาณิชย์ ส่วนพันธุ์ระยอง 2 พิรุณ 2 และพิรุณ 4 ยังมีการปลูกไม่แพร่หลาย และจากสภาวะโลกร้อนและการระบาดของศัตรูพืชชนิดใหม่ๆที่รุนแรงในปัจจุบัน ส่งผลให้ในอนาคตประชากรโลกอาจประสบภาวะวิกฤติด้านอาหารที่ผลิตได้ไม่เพียงพอ การพัฒนาให้ได้พันธุ์ที่มีคุณสมบัติเหมาะต่อการบริโภคและให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์บริโภคเดิม นอกจากจะเป็นทางเลือกในการเลือกใช้พันธุ์เพื่อบริโภคภายในประเทศแล้ว ก็จะเป็นช่องทางในการเพิ่มมูลค่าและเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร และยังเป็นการเพิ่มโอกาสในการผลิตเพื่อส่งออกสำหรับการบริโภค รวมทั้งจะเป็นการเพิ่มความยั่งยืนและความมั่นคงด้านอาหารของประชากรโลก อย่างไรก็ตาม อุปสรรคที่สำคัญประการหนึ่งในการดำเนินงานด้าน

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังที่ผ่านมา คือ การออกดอกที่ไม่แน่นอนในแต่ละพันธุ์ ทำให้ยากต่อการกำหนดคู่ผสมพันธุ์ในพันธุ์ที่มีลักษณะที่ต้องการ หากสามารถควบคุมการออกดอกของมันสำปะหลังได้ จะช่วยให้นักปรับปรุงพันธุ์วางแผนปฏิบัติงานได้สะดวกและมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การผลิตสายพันธุ์แท้มันสำปะหลัง (Inbred Lines) ซึ่งเป็นการกำจัดยีนที่ควบคุมลักษณะที่ไม่ต้องการออกไปเพื่อไว้ใช้ประโยชน์ในการสร้างพันธุ์ลูกผสมดีเด่น รวมทั้งการศึกษาข้อมูลลักษณะที่สำคัญและจัดทำฐานข้อมูลอย่างเป็นระบบของเชื้อพันธุ์มันสำปะหลังที่เก็บรวบรวมไว้กว่า 800 พันธุ์ เพื่อช่วยให้นักปรับปรุงพันธุ์สามารถเลือกใช้พันธุ์สำหรับสร้างลูกผสมได้ตามวัตถุประสงค์ จะเป็นการเพิ่มโอกาสและประสิทธิภาพของโครงการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังได้อีกทางหนึ่ง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้ได้พันธุ์ที่ให้ผลผลิตและแป้งสูง โดยให้ผลผลิตแป้งสูงกว่าพันธุ์ระยอง 5 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 15
2. เพื่อปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้ได้พันธุ์ที่มีคุณสมบัติเหมาะต่อการบริโภค และให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ห้านาที ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10
3. เพื่อจัดทำฐานข้อมูลเชื้อพันธุ์มันสำปะหลังที่เก็บรวบรวมไว้ในประเทศไทยอย่างเป็นระบบ โดยมีข้อมูลลักษณะทางสัณฐาน-สรีรวิทยา และคุณสมบัติที่สำคัญบางประการ
4. เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการขยายพันธุ์มันสำปะหลังแบบเร่งด่วนและปลอดศัตรูพืชโดยเทคนิคโซมาติกเซลล์

ขอบเขตการวิจัย

กิจกรรมที่ 1 วิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อผลผลิตและแป้งสูง เป็นการดำเนินงานตั้งแต่การหาวิธีกระตุ้นการออกดอกของมันสำปะหลัง เพื่อช่วยให้สามารถวางแผนผสมพันธุ์มันสำปะหลังตามคู่ผสมที่กำหนดได้ง่ายขึ้น การผสมตัวเองเพื่อพัฒนาสายพันธุ์แท้ การผสมข้ามพันธุ์ระหว่างพ่อแม่พันธุ์ที่มีลักษณะดีเด่น การคัดเลือกพันธุ์ ประเมินพันธุ์ และการเปรียบเทียบและทดสอบพันธุ์ในไร่เกษตรกร เพื่อให้ได้พันธุ์ที่ให้ผลผลิตและแป้งสูง เหมาะต่อการนำไปใช้ในอุตสาหกรรม รวมทั้งการศึกษาข้อมูลคุณลักษณะของพันธุ์สำหรับใช้ในแบบจำลองการเจริญเติบโตและพัฒนาการของมันสำปะหลัง เพื่อให้สามารถใช้ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกรได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการจัดการข้อมูลของพันธุ์ที่ได้จากขั้นตอนต่างๆ ในการปรับปรุงพันธุ์และข้อมูลของพื้นที่ เพื่อให้ได้เทคนิคในการระบุความเหมาะสมเฉพาะเขตนิเวศของมันสำปะ หลังพันธุ์ก้าวหน้า เพื่อใช้แนะนำพันธุ์เฉพาะพื้นที่ได้อย่างแม่นยำ การให้น้ำมันสำปะหลังเป็นการเพิ่มผลผลิตและยกระดับคุณภาพของมันสำปะหลัง โดยศึกษาปริมาณความต้องการน้ำของมันสำปะหลัง การศึกษาสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมันสำปะหลังโดยการปลูกในสภาพแปลงเพื่อให้ได้ข้อมูลมาใช้ในการจัดการน้ำในแปลงปลูกมันสำปะหลัง ร่วมกับการศึกษาข้อมูลจำเพาะเพื่อสนับสนุนการรับรองพันธุ์ โดยศึกษาประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของพันธุ์มันสำปะหลัง ใน 3 กลุ่มเนื้อดิน คือ 1) กลุ่มดินทรายปนร่วน-ดินทราย 2) กลุ่มดินร่วนปนทราย-ดินร่วน 3) กลุ่มดินร่วนปนเหนียว-ดินเหนียว เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารของพันธุ์มันสำปะหลังตามลักษณะเนื้อดินเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตมันสำปะหลังของประเทศ และเพื่อให้ได้ข้อมูลการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของมันสำปะหลังพันธุ์ก้าวหน้า สำหรับนำไปใช้ในการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยแบบเฉพาะพื้นที่กับมันสำปะหลังอย่างมีประสิทธิภาพ งานด้านอารักพืช การควบคุมความรุนแรงของโรคพุ่มแจ้ ประเมินระดับการเข้าทำลายของ

กรมวิชาการเกษตร

แมลงศัตรูที่สำคัญ พร้อมทั้งประเมินระดับความต้านทานของมันสำปะหลังพันธุ์ลูกผสมที่อยู่ระหว่างขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์และพันธุ์ก้าวหน้าที่มีแนวโน้มจะเสนอรับรองพันธุ์ เพื่อให้ได้ข้อมูลประกอบการรับรองและแนะนำพันธุ์ รวมทั้งอาจได้เชื้อพันธุ์ที่ต้านทานต่อศัตรูพืชเหล่านั้น งานด้านวิทยาการเมล็ดพันธุ์/ท่อนพันธุ์ ศึกษาอายุเก็บรักษาของท่อนพันธุ์ในพันธุ์แนะนำที่ยังขาดข้อมูลและพันธุ์ก้าวหน้าที่จะเสนอรับรองพันธุ์

กิจกรรมที่ 2 วิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค ดำเนินการตั้งแต่การผสม คัดเลือก และเปรียบเทียบพันธุ์ เพื่อให้ได้พันธุ์ที่เหมาะต่อการบริโภค รวมทั้งการให้น้ำมันสำปะหลังเป็นการเพิ่มผลผลิตและยกระดับคุณภาพของมันสำปะหลัง เพื่อเพิ่มทางเลือกในการสร้างรายได้และเพื่อรองรับสถานการณ์วิกฤติด้านอาหารในอนาคต

กิจกรรมที่ 3 การประเมินลักษณะเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลัง เพื่อเป็นฐานข้อมูลลักษณะพันธุ์ทั้งลักษณะทางสัณฐานสรีรวิทยา ศักยภาพในการสร้างหัวและการทนทานต่อสภาวะดินเค็มในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ รวมทั้งวิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสในกากมันสำปะหลังซึ่งมีประโยชน์สำหรับการผลิตเอทานอล

กิจกรรมที่ 4 การศึกษาและพัฒนาเทคนิค Somatic embryogenesis เพื่อศึกษาวิธีเพิ่มอัตราการขยายพันธุ์มันสำปะหลังแบบเร่งด่วนในกรณีรับรองพันธุ์ใหม่ซึ่งท่อนพันธุ์มีปริมาณจำกัด โดยท่อนพันธุ์ที่ได้จะเป็นท่อนพันธุ์ที่สะอาดและปลอดศัตรูพืชด้วย

ระเบียบวิธีการวิจัย

<u>ประเด็นวิจัย :</u> 1. ผลผลิตมันสำปะหลังเฉลี่ยต่อไร่ค่อนข้างต่ำ และผลผลิตไม่เพียงพอกับความต้องการของอุตสาหกรรมแปรรูปมันสำปะหลัง

2. มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มีการดูดใช้ธาตุอาหารที่แตกต่างกัน หากมีข้อมูลของประสิทธิภาพในการดูดใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าที่พัฒนาขึ้นในแต่ละเนื้อดินและแต่ละเขต หรือมีสายพันธุ์มันสำปะหลังที่มีประสิทธิภาพในการใช้ธาตุอาหาร จะเป็นข้อมูลสำคัญที่สามารถวางแผนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตต่อไร่ให้สูงขึ้น และนำไปสู่การใช้ปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพสูงสุด และสามารถลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยผลผลิตได้

3. มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อพื้นที่ปลูกด้านการให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน ดังนั้นการพัฒนาเทคนิคและวิธีการที่เหมาะสมตั้งแต่ขั้นตอนการเลือกพื้นที่ การประมวลผลข้อมูลสภาพแวดล้อมเพื่อจัดแบ่งเขตนิเวศน์ และการพัฒนาแบบจำลองมันสำปะหลัง เพื่อให้สามารถแนะนำพันธุ์เฉพาะพื้นที่ได้อย่างแม่นยำ

4. ปัจจุบันการระบาดของศัตรูมันสำปะหลังทั้งโรคและแมลงมีความรุนแรงมากขึ้น ขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งในงานปรับปรุงพันธุ์เพื่อลดความเสียหายจากศัตรูมันสำปะหลังเหล่านี้ คือ การทดสอบปฏิกิริยาของมันสำปะหลังต่อการเกิดโรค และการประเมินความต้านทานต่อแมลงศัตรูมันสำปะหลังที่สำคัญ ในพันธุ์ลูกผสมชุดต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานประจำพันธุ์ ประกอบการขอรับรองพันธุ์ของพันธุ์ที่คัดเลือกได้

5. จากสภาวะโลกร้อนและการระบาดของศัตรูพืชชนิดใหม่ๆที่รุนแรงในปัจจุบัน ส่งผลให้ในอนาคตประชากรโลกอาจประสบภาวะวิกฤติด้านอาหารที่ผลิตได้ไม่เพียงพอ การพัฒนาให้ได้พันธุ์มันสำปะหลังที่มีคุณสมบัติเหมาะต่อการบริโภคและให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์บริโภคเดิม จะเป็นช่องทางในการเพิ่มมูลค่าและเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร และยังเป็นการเพิ่มโอกาสในการผลิตเพื่อส่งออกสำหรับการบริโภค รวมทั้งจะเป็นการเพิ่มความยั่งยืนและความมั่นคงด้านอาหารของประชากรโลก

กรมวิชาการเกษตร

6. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยองเป็นแหล่งรวบรวมเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลัง ที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรม การศึกษาข้อมูลลักษณะที่สำคัญและจัดทำฐานข้อมูลอย่างเป็นระบบของเชื้อพันธุ์มันสำปะหลังจะเป็นประโยชน์และเพิ่มโอกาสความสำเร็จในการปรับปรุงพันธุ์ตามวัตถุประสงค์

7. มันสำปะหลังขยายพันธุ์ด้วยลำต้น ทำให้การกระจายพันธุ์ดีเป็นไปได้ช้า และหากมีการระบาดของโรคและแมลงที่สามารถถ่ายทอดและปนเปื้อนไปกับต้นพันธุ์ได้ง่าย จะทำให้ยากแก่การป้องกันกำจัด การศึกษาวิธีการเพิ่มอัตราการขยายพันธุ์ที่รวดเร็วและได้ท่อนพันธุ์สะอาดปลอดจากศัตรูพืช โดยเทคนิคโซมาติกเซลล์จะช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้

<u>สถานที่ทำการวิจัย :</u> สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตรกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเลย ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุโขทัย ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาญจนบุรี ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสงขลา และศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรีไร่เกษตรกรจังหวัดระยอง นครสวรรค์ ชัยนาท ขอนแก่น อุบลราชธานี นครราชสีมา เลย กำแพงเพชร เพชรบูรณ์ ปราจีนบุรี กาฬสินธุ์ มหาสารคาม มุกดาหาร ร้อยเอ็ด สกลนคร อำนาจเจริญ สุรินทร์ ยโสธร บุรีรัมย์ ราชบุรี กาญจนบุรี พิษณุโลก และลพบุรี

<u>ระยะเวลาดำเนินงาน :</u> ตุลาคม 2558 - ธันวาคม 2564

<u>วิธีการดำเนินการ :</u> ประกอบด้วย 4 กิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 วิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อผลผลิตและแป้งสูง ประกอบด้วย 29 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1.1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกระตุ้นการออกดอกของมันสำปะหลังโดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต

การทดลองที่ 1.3 การพัฒนาสายพันธุ์แท้มันสำปะหลัง

การทดลองที่ 1.4 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อผลผลิตและแป้งสูง : การผสมพันธุ์ (ลูกผสมปี 2559-2564)

การทดลองที่ 1.5 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อผลผลิตและแป้งสูง : การคัดเลือกปีที่ 1 (ลูกผสมปี 2559-2564)

การทดลองที่ 1.6 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อผลผลิตและแป้งสูง : การคัดเลือกปีที่ 2 (ลูกผสมปี 2558-2563)

การทดลองที่ 1.7 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อผลผลิตและแป้งสูง : การเปรียบเทียบเบื้องต้น (ลูกผสมปี 2557-2562)

การทดลองที่ 1.8 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อผลผลิตและแป้งสูง : การเปรียบเทียบมาตรฐาน (ลูกผสมปี 2556-2561)

การทดลองที่ 1.9 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อผลผลิตและแป้งสูง : การเปรียบเทียบในท้องถิ่น (ลูกผสมปี 2555-2560)

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1.10 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อผลผลิตและแป้งสูง : การเปรียบเทียบในไร่เกษตรกร (ลูกผสมปี 2554-2559)

การทดลองที่ 1.11 การประเมินความสามารถในการสะสมน้ำหนักได้เร็วของสายพันธุ์มันสำปะหลัง (ลูกผสมปี 2555-2556)

การทดลองที่ 1.12 การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าเพื่อใช้ในแบบจำลองการผลิตมันสำปะหลัง

การทดลองที่ 1.13 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าเพื่อใช้ในแบบจำลองการผลิตมันสำปะหลัง

การทดลองที่ 1.14 การจัดกลุ่มสภาพแวดล้อมสำหรับการวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเฉพาะพื้นที่

การทดลองที่ 1.15 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าเพื่อผลผลิตและแป้งสูงในกลุ่มดินทรายปนร่วน-ดินทราย ชุดดินสัตหีบ ชุดดินพัทยาหรือชุดดินพังงา

การทดลองที่ 1.16 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าเพื่อผลผลิตและแป้งสูงในกลุ่มดินทรายปนร่วน-ดินทราย ชุดดินน้ำพอง ชุดดิน บ้านไผ่ หรือชุดดินวาริน

การทดลองที่ 1.17 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าเพื่อผลผลิตและแป้งสูงในกลุ่มดินร่วนปนทราย-ดินร่วน ชุดดินลาดหญ้า หรือ ชุดดินสตึก

การทดลองที่ 1.18 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าเพื่อผลผลิตและแป้งสูง ในกลุ่มดินร่วนปนทราย-ดินร่วน ชุดดินห้วยโป่ง ชุดดินบ้านบึงหรือชุดดินมาบบอน

การทดลองที่ 1.19 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าเพื่อผลผลิตและแป้งสูงในกลุ่มดินร่วนปนเหนียว-ดินเหนียว ชุดดินปากช่อง หรือชุดดินโชคชัย

การทดลองที่ 1.20 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าเพื่อผลผลิตและแป้งสูงในกลุ่มดินร่วนปนเหนียว-ดินเหนียว ชุดดินวังไฮ/ชุดดินลำนารายณ์

การทดลองที่ 1.21 ทดสอบระดับความต้านทานโรคใบไหม้ของมันสำปะหลังลูกผสมปี 2556-2561

การทดลองที่ 1.22 ทดสอบระดับความต้านทานอาการหัวเน่าโคนเน่าของมันสำปะหลังที่มาสาเหตุมาจากเชื้อ *Phytophthora* sp. ในมันสำปะหลังลูกผสมปี 2553-2555 และสายพันธุ์ก้าวหน้า

การทดลองที่ 1.23 การสำรวจระดับการเข้าทำลายของแมลงศัตรูที่สำคัญของมันสำปะหลังในสภาพธรรมชาติของลูกผสม ปี 2555-2560

การทดลองที่ 1.24 การทดสอบความต้านทานต่อเพลี้ยแป้งของมันสำปะหลังลูกผสม ปี 2555-2560

การทดลองที่ 1.25 การทดสอบความต้านทานต่อไรแดงของมันสำปะหลังลูกผสมปี 2555-2560

การทดลองที่ 1.26 การศึกษาความสามารถในการเก็บรักษาต้นพันธุ์มันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้า

การทดลองที่ 1.27 ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมันสำปะหลังพันธุ์ก้าวหน้า/รับรอง ของกรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1.28 การทดสอบความต้านทานต่อไรแดงหม่อนของมันสำปะหลังพันธุ์รับรอง

การทดลองที่ 1.29 การทดสอบประสิทธิภาพการแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังด้วยน้ำร้อนเพื่อควบคุมการเกิดโรคพุ่มแจ้มันสำปะหลัง

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1.30 การตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าในดินทรายชุดดินสัตหีบ จังหวัดระยอง

กิจกรรมที่ 2 วิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค ประกอบด้วย 12 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 2.1 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค : การผสมพันธุ์ (ชุดลูกผสม 2560)

การทดลองที่ 2.2 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค : การคัดเลือกปีที่ 1 (ชุดลูกผสม 2560)

การทดลองที่ 2.3 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค : การคัดเลือกปีที่ 2 (ลูกผสมปี 2560)

การทดลองที่ 2.4 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค : การเปรียบเทียบเบื้องต้น (ลูกผสมปี 2560)

การทดลองที่ 2.5 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค : การเปรียบเทียบมาตรฐาน (ชุดลูกผสม 2560)

การทดลองที่ 2.6 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค : การเปรียบเทียบในท้องถิ่น (ชุดลูกผสม 2560)

การทดลองที่ 2.7 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค : การผสมพันธุ์ (ชุดลูกผสม 2562)

การทดลองที่ 2.8 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค : การคัดเลือกปีที่ 1 (ชุดลูกผสม 2562)

การทดลองที่ 2.9 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค : การคัดเลือกปีที่ 2 (ชุดลูกผสม 2562)

การทดลองที่ 2.10 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค : การเปรียบเทียบเบื้องต้น (ชุดลูกผสม 2562)

การทดลองที่ 2.11 การศึกษาคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการบริโภคของมันสำปะหลัง

การทดลองที่ 2.12 การตอบสนองทางด้านผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์/สายพันธุ์สำหรับบริโภคในระบบน้ำหยดผิวดินที่ให้น้ำตามความต้องการของพืชและให้น้ำตามความชื้นดิน

กิจกรรมที่ 3 การประเมินลักษณะเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลัง ประกอบด้วย 4 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 3.1 การศึกษาจำแนกลักษณะพันธุกรรมโดยสัณฐาน-สรีรวิทยา ของเชื้อพันธุ์มันสำปะหลัง

การทดลองที่ 3.2 การศึกษาศักยภาพในการสร้างหัวในสภาพเนื้อเยื่อของเชื้อพันธุ์มันสำปะหลังที่รวบรวมไว้

การทดลองที่ 3.3 การตอบสนองต่อระดับความเค็มของเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลังในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

การทดลองที่ 3.4 การวิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสในกากมันสำปะหลังพันธุ์รับรองของกรมวิชาการเกษตรและพันธุ์ต่างประเทศ เพื่อใช้ประโยชน์สำหรับการผลิตเอทานอล

กิจกรรมที่ 4 การศึกษาและพัฒนาเทคนิค Somatic embryogenesis ประกอบด้วย 2 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 4.1 การขยายพันธุ์มันสำปะหลังแบบรวดเร็วโดยเทคนิคโซมาติกเซลล์

การทดลองที่ 4.2 การศึกษาอิทธิพลของอะดีนิน (Adenine) ในการกระตุ้นเซลล์ให้เกิดคัพพะอ่อนในการผลิตเซลล์โซมาติกของมันสำปะหลัง

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การทดลองที่ 1.1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกระตุ้นการออกดอกของมันสำปะหลัง : โดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต

การฉีดพ่นสารอีทีฟอนความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสภาพไร่ ที่อายุ 4 เดือนหลังงอก ให้กับมันสำปะหลัง 5 พันธุ์ ได้แก่ 1) ระยอง 72 2) ระยอง 5 3) ระยอง 9 4) เกษตรศาสตร์ 50 และ 5) ห้วยบง 80 พบว่า ปัจจัยด้านพันธุ์มันสำปะหลังทำให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังแตกต่างกันทางสถิติที่อายุ 2 4 6 และ 8 เดือนหลังงอก

กรมวิชาการเกษตร

ขณะที่การฉีดพ่นสารการฉีดพ่นสารอีทีฟอนความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่ทำให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังแตกต่างกัน มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ออกดอกที่อายุ 8 เดือนหลังงอก ทั้งในปัจจัยที่ฉีดพ่นสารอีทีฟอนความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และไม่ฉีดพ่นสาร (ฉีดพ่นด้วยน้ำเปล่า)

การทดลองที่ 1.3 การพัฒนาสายพันธุ์แท้มันสำปะหลัง

การพัฒนาสายพันธุ์แท้ชั่วที่ 4 (S4) ดำเนินการผสมตัวเองชั่วที่ 4 นำมาปลูกและเก็บเกี่ยวคัดเลือกต้นที่มีลักษณะที่ต้องการ คัดเลือกได้สายพันธุ์แท้ชั่วที่ 4 โดย ศวพ.นครราชสีมา คัดเลือกได้จำนวน 753 สายพันธุ์ นำมาปลูกแบบต้นต่อแถว ได้ดำเนินการประเมินความทนทานต่อโรคใบด่างเบื้องต้นเพื่อหาสายพันธุ์ที่มีความทนทานต่อโรคใบด่างมันสำปะหลัง พบว่ามีสายพันธุ์มันสำปะหลังที่ค่อนข้างทนทานต่อโรคใบด่างจำนวน 53 สายพันธุ์ ซึ่งสามารถนำสายพันธุ์แท้ชั่วที่ 4 ที่ค่อนข้างมีความทนทานต่อโรคใบด่างมันสำปะหลังเหล่านี้ไปใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการพัฒนาพันธุ์ลูกผสมในโครงการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อต้านทานต่อโรคใบด่างได้ ส่วนที่ ศวร.ระยอง คัดเลือกต้นที่มีลักษณะที่ต้องการ คัดเลือกได้สายพันธุ์แท้ชั่วที่ 4 ได้จำนวน 40 สายพันธุ์

การทดลองที่ 1.4 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อผลผลิตและแป้งสูง : การผสมพันธุ์ (ลูกผสมปี 2559-2564)

ในปี 2559 สามารถผสมดอก ได้เมล็ดลูกผสมจำนวน 18,724 เมล็ด

ในปี 2560 สามารถผสมดอก ได้เมล็ดลูกผสมจำนวน 23,198 เมล็ด

ในปี 2561 สามารถผสมดอก ได้เมล็ดลูกผสมจำนวน 14,547 เมล็ด

ในปี 2562 สามารถผสมดอก ได้เมล็ดลูกผสมจำนวน 18,512 เมล็ด และการศึกษาความสัมพันธ์และโครงสร้างทางพันธุกรรมของมันสำปะหลังจำนวน 112 หมายเลข ที่รวบรวมไว้ที่แหล่งรวบรวมพันธุ์ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ด้วยเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR จำนวน 33 เครื่องหมาย พบว่าเครื่องหมาย SSR ที่เลือกใช้มีประสิทธิภาพสูงในการแยกความแตกต่างทางพันธุกรรมของมันสำปะหลังที่ศึกษา จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมพบว่าสายพันธุ์ไทยมีความแตกต่างจากกลุ่มที่รวบรวมโดย CIAT พบโครงสร้างทางพันธุกรรมหลักมาจาก 3 แหล่งพันธุกรรม และโครงสร้างย่อยมาจากแหล่งพันธุกรรมอย่างน้อย 7 แหล่งพันธุกรรม สามารถแยกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ กลุ่มพันธุ์ที่รวบรวมไว้ในไทย กลุ่มพันธุ์นำเข้าของ CIAT และกลุ่มพันธุ์อื่นๆในเอเชียเช่นกัน การสร้างแบบจำลองโครงสร้างทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของพันธุ์มันสำปะหลัง ซึ่งแสดงสัดส่วนองค์ประกอบทางพันธุกรรมที่ทำให้แยกความแตกต่างทางพันธุกรรมได้อย่างละเอียดชัดเจน โดยเฉพาะในกรณีการผสมเปิด สามารถคัดเลือกพันธุ์ และลูกผสมที่มีลักษณะทางพ่อหรือแม่พันธุ์ได้อย่างแม่นยำ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองนี้ สอดคล้องกับประวัติการพัฒนาพันธุ์ เป็นการยืนยันความแม่นยำของวิธีการ นอกจากนี้แล้วข้อมูลที่ได้สามารถนำมาช่วยในการสร้างแหล่งรวบรวมพันธุ์ และเป็นตัวแทนของรูปแบบทางพันธุกรรมที่ทำให้นักปรับปรุงพันธุ์มีกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นในการใช้ประโยชน์จากแหล่งเชื้อพันธุ์ที่มีอยู่ ช่วยลดความซ้ำซ้อน ร่นระยะเวลาแรงงาน รวมทั้งเพิ่มความแม่นยำในขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์

ในปี 2563 สามารถผสมดอก ได้เมล็ดลูกผสมจำนวน 6,036 เมล็ด

ในปี 2564 สามารถผสมดอก ได้เมล็ดลูกผสมจำนวน 14,313 เมล็ด

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1.5 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อผลผลิตและแป้งสูง : การคัดเลือกปีที่ 1 (ลูกผสมปี 2559-2564)

ในปี 2559 ทำการปลูกต้นกล้าลูกผสมปี 2559 ในแปลงจำนวน 7,817 ต้น สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีลักษณะตามต้องการได้ จำนวน 771 สายพันธุ์

ในปี 2560 ทำการปลูกต้นกล้าลูกผสมปี 2560 ในแปลงจำนวน 8,785 ต้น สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีลักษณะตามต้องการได้ จำนวน 770 สายพันธุ์

ในปี 2561 ทำการปลูกต้นกล้าลูกผสมปี 2561 ในแปลงจำนวน 8,019 ต้น สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีลักษณะตามต้องการได้ จำนวน 676 สายพันธุ์

ในปี 2562 ทำการปลูกต้นกล้าลูกผสมปี 2562 ในแปลงจำนวน 10,285 ต้น สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีลักษณะตามต้องการได้ จำนวน 858 สายพันธุ์

ในปี 2563 ทำการปลูกต้นกล้าลูกผสมปี 2563 ในแปลงจำนวน 6,335 ต้น สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีลักษณะตามต้องการได้ จำนวน 932 สายพันธุ์

ในปี 2564 ทำการปลูกต้นกล้าลูกผสมปี 2564 ในแปลงจำนวน 8,277 ต้น ขณะนี้อยู่ระหว่างดูแลรักษาในแปลง จะทำการเก็บเกี่ยวในเดือนพฤษภาคม 2565

การทดลองที่ 1.6 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อผลผลิตและแป้งสูง : การคัดเลือกปีที่ 2 (ลูกผสมปี 2558-2563)

ในปี 2559 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2558 จำนวน 641 สายพันธุ์ สามารถคัดเลือกพันธุ์ดีได้ 80 พันธุ์ ซึ่งมีผลผลิตหัวสดเฉลี่ยต่อต้นอยู่ระหว่าง 1.4 – 11.0 กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 16.1 – 29.0 เปอร์เซ็นต์

ในปี 2560 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2559 จำนวน 771 สายพันธุ์ สามารถคัดเลือกพันธุ์ดีได้ 82 พันธุ์ ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 2.86-4.68 กิโลกรัมต่อต้น ให้ปริมาณแป้งในหัวสดเฉลี่ย 22.8-34.0 เปอร์เซ็นต์

ในปี 2561 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2560 จำนวน 770 สายพันธุ์ สามารถคัดเลือกต้นที่ดีต้องการไว้ได้ 58 พันธุ์ น้ำหนักหัวสดเฉลี่ย 1.30-7.77 กิโลกรัมต่อ ปริมาณแป้งในหัวสดเฉลี่ย 23.1-34.0 เปอร์เซ็นต์

ในปี 2562 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2561 จำนวน 676 สายพันธุ์ สามารถคัดเลือกต้นที่ดีต้องการไว้ได้ จำนวน 66 สายพันธุ์ ซึ่งมีผลผลิตหัวสดระหว่าง 1.6 – 7.0 กิโลกรัม/ต้น และมีปริมาณแป้งระหว่าง 7.8% - 23.7%

ในปี 2563 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2562 จำนวน 858 สายพันธุ์ สามารถคัดเลือกพันธุ์ดีได้ 112 พันธุ์ ซึ่งมีผลผลิตหัวสดเฉลี่ยต่อต้นอยู่ระหว่าง 1.6 – 6.8 กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 18.5 – 28.9 เปอร์เซ็นต์ และจากการวิเคราะห์โครงสร้างทางพันธุกรรมของตัวอย่างมันสำปะหลังจำนวน 194 หมายเลข พบว่าสามารถจัดกลุ่มตัวอย่างออกได้ 3 กลุ่มหลัก (K = 3) เมื่อพิจารณาโครงสร้างย่อยทางพันธุกรรรม อาจกล่าวได้ว่ากลุ่มตัวอย่างที่ศึกษานี้พบลักษณะโครงสร้างทางพันธุกรรมย่อยแตกต่างกันอย่างน้อย 7 แหล่งพันธุกรรม การสร้างแบบจำลองโครงสร้างทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของพันธุ์มันสำปะหลังที่รวบรวมไว้ได้ ซึ่งแสดงสัดส่วนองค์ประกอบทางพันธุกรรม ที่ทำให้แยกความแตกต่างทางพันธุกรรมได้อย่างละเอียดชัดเจน ทำให้สามารถคัดเลือกลูกผสมที่มีลักษณะทางพ่อหรือแม่พันธุ์ได้อย่างแม่นยำ

สำนักวิชาการเกษตร

ในปี 2564 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2563 จำนวน 947 สายพันธุ์ โดยปลูกในเดือนพฤษภาคม 2564 ขณะนี้อยู่ระหว่างดูแลรักษาในแปลงจะทำการเก็บเกี่ยวในเดือนพฤษภาคม 2565

การทดลองที่ 1.7 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อผลผลิตและแป้งสูง : การเปรียบเทียบเบื้องต้น (ลูกผสมปี 2557-2562)

ในปี 2559 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2557 จำนวน 88 สายพันธุ์ พร้อมพันธุ์ปรียบเทียบ สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่จะนำเข้าขั้นตอนการเปรียบเทียบมาตรฐานต่อไปได้จำนวน 23 สายพันธุ์ ซึ่งให้ผลผลิตหัวสดระหว่าง 3,005-5,793 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสดของสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้มีค่าอยู่ระหว่าง 16.2-27.3 เปอร์เซ็นต์

ในปี 2560 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2558 จำนวน 80 สายพันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบ สามารถคัดเลือกไว้ได้ 27 สายพันธุ์ โดยให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยระหว่าง 5,086-7,920 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยระหว่าง 23.6-31.8 เปอร์เซ็นต์

ในปี 2561 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2559 จำนวน 82 สายพันธุ์ พร้อมพันธุ์ปรียบเทียบ สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่จะนำเข้าขั้นตอนการเปรียบเทียบมาตรฐานต่อไปได้จำนวน 20 สายพันธุ์ ซึ่งให้ผลผลิตหัวสดระหว่าง 3,405-5,267 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณแป้งในหัวสดอยู่ระหว่าง 24.0-32.8 เปอร์เซ็นต์

ในปี 2562 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2560 จำนวน 58 สายพันธุ์ พร้อมพันธุ์ปรียบเทียบ สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่จะนำเข้าขั้นตอนการเปรียบเทียบมาตรฐานต่อไปได้จำนวน 15 สายพันธุ์ ซึ่งให้ผลผลิตหัวสดอยู่ระหว่าง 1,917 - 6,880 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์แป้งอยู่ระหว่าง 20.8 – 27.1 %

ในปี 2563 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2561 จำนวน 66 สายพันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบ สามารถคัดเลือกไว้ได้ 13 สายพันธุ์ โดยให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยระหว่าง 4,573-6,440 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยระหว่าง 20.1-32.5 เปอร์เซ็นต์

ในปี 2564 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2562 จำนวน 112 สายพันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบ พบว่า มันสำปะหลังลูกผสมปี 2562 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกอยู่ระหว่าง 56% - 100% และมีความสูงเฉลี่ยที่อายุ 6 เดือน อยู่ระหว่าง 93 - 258 เซนติเมตร จะเก็บเกี่ยวเมื่ออายุครบ 12 เดือน ในช่วงเดือนพฤษภาคม 2565

การทดลองที่ 1.8 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อผลผลิตและแป้งสูง : การเปรียบเทียบมาตรฐาน (ลูกผสมปี 2556-2561)

ในปี 2559 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2556 จำนวน 17 พันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบพันธุ์ สามารถคัดเลือกไว้ได้ 9 สายพันธุ์ โดยให้ผลผลิตหัวสดอยู่ระหว่าง 3,470-5,014 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์แป้งอยู่ระหว่าง 23.1-27.6 เปอร์เซ็นต์

ในปี 2560 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2557 จำนวน 23 พันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบพันธุ์ สามารถคัดเลือกไว้ได้ 10 สายพันธุ์ โดยให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 4,361-6,768 กิโลกรัมต่อไร่ มีแป้ง 24.5-29.3 เปอร์เซ็นต์

ในปี 2561 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2558 จำนวน 27 พันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบพันธุ์ สามารถคัดเลือกไว้ได้ 8 สายพันธุ์ โดยให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 3,015-4,463 กิโลกรัมต่อไร่ มีแป้ง 20.2-26.4 เปอร์เซ็นต์

กรมวิชาการเกษตร

ในปี 2562 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2559 จำนวน 20 พันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบพันธุ์ สามารถคัดเลือกไว้ได้ 9 สายพันธุ์ โดยให้ผลผลิตหัวสด 2,789-5,175 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณแป้ง 16.7-25.3 เปอร์เซ็นต์

ในปี 2563 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2560 จำนวน 15 พันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบพันธุ์ สามารถคัดเลือกไว้ได้ 8 สายพันธุ์ โดยให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 1,650-9,055 กิโลกรัมต่อไร่ มีแป้ง 18.0-30.0 เปอร์เซ็นต์

ในปี 2564 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2561 ในเดือนพฤษภาคม 2564 จำนวน 13 พันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบพันธุ์ พบว่า มันสำปะหลังลูกผสมปี 2561 มีความสูงเฉลี่ยที่อายุ 6 เดือน ระหว่าง 134.8 – 185.2 เซนติเมตร จะเก็บเกี่ยวเมื่ออายุครบ 12 เดือน ในช่วงเดือนพฤษภาคม 2565

การทดลองที่ 1.9 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อผลผลิตและแป้งสูง : การเปรียบเทียบในท้องถิ่น (ลูกผสมปี 2555-2560)

ในปี 2559 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2555 จำนวน 10 พันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบพันธุ์ สามารถคัดเลือกไว้ได้ 4 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ CMR55-11-1 มีผลผลิตหัวสดสูงสุด 4,733 กิโลกรัมต่อไร่ และสายพันธุ์ CMR55-126-20 มีปริมาณแป้งสูงสุดและมันแห้งในหัวสูง 26.5 และ 40.7 เปอร์เซ็นต์

ในปี 2560 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2556 จำนวน 9 สายพันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบ สามารถคัดเลือกไว้ได้ 4 สายพันธุ์ ให้ผลผลิตเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.8-8.0 ตันต่อไร่ เปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 22.9-26.8

ในปี 2561 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2557 จำนวน 10 สายพันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบ สามารถคัดเลือกไว้ได้ 6 สายพันธุ์ ให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ย 1,071-1,267 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

ในปี 2562 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2558 จำนวน 8 สายพันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบ สามารถคัดเลือกไว้ได้ 3 สายพันธุ์ ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 4,286-5,117 กิโลกรัมต่อไร่ มีแป้ง 22.5-25.1 เปอร์เซ็นต์

ในปี 2563 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2559 จำนวน 9 พันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบ สามารถคัดเลือกมันสำปะหลังสายพันธุ์ดี จำนวน 4 สายพันธุ์ ให้ผลผลิตหัวสด 4,429-5,484 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณแป้งในหัวสด 22.3-25.5 เปอร์เซ็นต์

ในปี 2564 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2560 จำนวน 10 พันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบ จะเก็บเกี่ยวเมื่ออายุครบ 12 เดือน ในช่วงเดือนพฤษภาคม 2565

การทดลองที่ 1.10 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อผลผลิตและแป้งสูง : การเปรียบเทียบในไร่เกษตรกร (ลูกผสมปี 2555)

ในปี 2559 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2554 จำนวน 3 สายพันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบ เก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 12 เดือน พบว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ให้ผลผลิตหัวสดสูงที่สุดเท่ากับ 5,229 กิโลกรัมต่อไร่ พันธุ์ระยอง 11 ให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงที่สุดเท่ากับ 25.1 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์ระยอง86-13 ให้ผลผลิตแป้งสูงที่สุดเท่ากับ 1,298 กิโลกรัมต่อไร่ จึงนำทั้ง 3 พันธุ์เข้าเก็บไว้ในแปลงอนุรักษ์เชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลัง

ในปี 2560 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2555 จำนวน 4 สายพันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบ เก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 12 เดือน พบว่าสายพันธุ์ CMR55-126-20 ให้ผลผลิตหัวสดสูงกว่าพันธุ์ระยอง 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในพื้นที่จังหวัดลพบุรีและร้อยเอ็ด ร้อยละ 93 40 ตามลำดับ ด้านปริมาณแป้งในหัวสดพบว่า เมื่อคำนวณ

กรมวิชาการเกษตร

ผลผลิตแป้งต่อไร่ พบว่า มีเฉพาะสายพันธุ์ CMR55-126-20 ให้ผลผลิตแป้งต่อไร่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพันธุ์ระยอง 5

ในปี 2561 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2556 จำนวน 4 สายพันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบ เก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 12 เดือน พบว่า สายพันธุ์ CMR 56-71-68 มีลักษณะโดดเด่นหลายพื้นที่ โดยให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 4,782 กิโลกรัมต่อไร่ มีแป้งในหัวสดให้แป้งเฉลี่ย 23.4 เปอร์เซ็นต์ และผลผลิตแป้งให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ย 1,130 กิโลกรัมต่อไร่

ในปี 2562 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2557 จำนวน 6 สายพันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบ เก็บเกี่ยวที่อายุ 12 เดือน พบว่า สายพันธุ์ CMR57-83-69 CMR57-83-160 และ CMR57-83-129 ที่ให้ผลผลิตแป้งสูงกว่าพันธุ์ระยอง 5 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 15 โดยให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ย 1,218 1,148 และ 1,069 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ระยอง 5 ร้อยละ 36 28 และ 19 ตามลำดับ

ในปี 2563 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2558 จำนวน 3 สายพันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบ เก็บเกี่ยวเมื่ออายุครบ 12 เดือน พบว่า สายพันธุ์ CMR58-75-110 ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 6,080 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1,462 กิโลกรัมต่อไร่

ในปี 2564 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2559 จำนวน 5 พันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบพันธุ์ จะเก็บเกี่ยวเมื่ออายุครบ 12 เดือน ในช่วงเดือนพฤษภาคม 2565

การทดลองที่ 1.11 การประเมินความสามารถในการสะสมน้ำหนักได้เร็วของสายพันธุ์มันสำปะหลัง (ลูกผสมปี2555-2556)

ในปี 2559 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2555 จำนวน 8 สายพันธุ์ และลูกผสมปี 2545 จำนวน 1 สายพันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบ โดยปลูกหลังจากเกษตรกรเก็บเกี่ยวข้าว และเก็บเกี่ยวเมื่อมันสำปะหลังอายุประมาณ 6 เดือน พบว่า สายพันธุ์ CMR55-09-6 ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 3,026 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณแป้งเฉลี่ย 20.7 เปอร์เซ็นต์

ในปี 2560 ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมปี 2556 จำนวน 5 สายพันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบ เก็บเกี่ยวอายุ 6-8 เดือน พบว่า พันธุ์ระยอง 72 ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 4,552 กิโลกรัมต่อไร่ สายพันธุ์ CMR 56-42-6 มีปริมาณแป้งเฉลี่ยในหัวสด 23.8 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 1.12 การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าเพื่อใช้ในแบบจำลองการผลิตมันสำปะหลัง

การปรับแต่งค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 พันธุ์ระยอง86-13 และพันธุ์ CMR53-87-20 เบื้องต้น การจำลองการเจริญเติบโตส่วนของน้ำหนักใบแห้งช่วงอายุ 100-200 วัน ค่าที่ได้จากแบบจำลองสูงกว่าค่าที่เก็บตัวอย่างจริงจากแปลงทดลองค่อนข้างมาก น้ำหนักต้นแห้งค่าที่ได้จากการจำลองการเจริญเติบโตสูงกว่าค่าที่เก็บตัวอย่างจริงจากแปลงทดลอง ผลผลิตมันสำปะหลังแบบจำลองสามารถจำลองการเจริญเติบโตในระยะแรก (0-150 วัน) ได้ใกล้เคียงกับกับข้อมูลที่เก็บตัวอย่างจริงในแปลงทดลอง การจำลองการเจริญเติบโตส่วนของน้ำหนักใบแห้ง พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และ CMR54-31-53 ในช่วงแรกของการเจริญเติบโตอายุ 0-180 วัน ค่าที่ได้จากแบบจำลองสูงกว่าค่าที่เก็บตัวอย่างจริงจากแปลงทดลองค่อนข้างมาก น้ำหนักต้นแห้ง

กรมวิชาการเกษตร

ค่าที่ได้จากการจำลองการเจริญเติบโตต่ำกว่าค่าที่เก็บตัวอย่างจริงจากแปลงทดลองค่อนข้างมากและเพิ่มขึ้นในอัตราต่ำกว่าค่าที่เก็บตัวอย่างจริงจากแปลงทดลอง ผลผลิตพบว่าแบบจำลองสามารถจำลองการเจริญเติบโตมีรูปแบบสัมพันธ์กับข้อมูลที่เก็บตัวอย่างจริงในแปลงทดลอง แต่ปริมาณสูงกว่าค่าที่เก็บตัวอย่างจริงจากแปลง

การทดลองที่ 1.13 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าเพื่อใช้ในแบบจำลองการผลิตมันสำปะหลัง

การจำลองการให้ผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ ระยอง 9 ใน 4 แปลงปลูกได้แก่แปลงปลูกฤดูแล้ง ปี 2562/2563 ฤดูฝน 2563/2564 ให้ค่า RMSEn มากกว่า 30% ทุกแปลงยังไม่สามารถนำมาใช้ในการประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิตได้ อาจจะมาจากปริมาณน้ำฝนที่ไม่สม่ำเสมอในฤดูปลูก พันธุ์ CMR54-31-53 การจำลองการให้ผลผลิตในฤดูฝน ปี 2020/2021 สามารถจำลองผลผลิตได้ ให้ค่า RMSEn 29% แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ค่อนข้างดี พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในฤดูฝนใน ปี 2020/2021 สามารถจำลองผลผลิตได้ ให้ค่า RMSEn มากกว่า 21% แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ค่อนข้างดี และพันธุ์ CMR53-87-20 ในฤดูฝนใน ปี 2020/2021 สามารถจำลองผลผลิตได้ ให้ค่า RMSEn 19% แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ดี ข้อมูลที่ได้จากแปลงทดลองในฤดูฝน เป็นข้อมูลที่เป็นตัวแทนของการเจริญเติบโตได้ดี

การทดลองที่ 1.14 การจัดกลุ่มสภาพแวดล้อมสำหรับการวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเฉพาะพื้นที่

การจัดทำเขตนิเวศสำหรับการวิจัยพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเฉพาะพื้นที่ จากแผนที่ขอบเขตพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ขนาดของกลุ่มพันธุ์และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับงานปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง และขนาดกลุ่มสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ การจัดแผนที่สภาพแวดล้อมจากจำนวนวันฝนตกในรอบปี ปริมาณฝนในช่วงต้นฝน และช่วงปลายฝน อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในช่วงเดือนพฤศจิกายน รวมทั้งจัดกลุ่มแปลงทดสอบจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศและผลผลิต จัดทำเป็นแผนที่เขตนิเวศของการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง 9 เขต แต่ละเขตมีคำอธิบายคุณลักษณะ รวมทั้งเทคนิคการใช้เครื่องมือทางสถิติ AMMI และ GGE ในการระบุพันธุ์เฉพาะพื้นที่ การจัดกลุ่มสภาพแวดล้อมนี้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจเลือกพันธุ์ดี ซึ่งต้องพิจารณาร่วมกับผลผลิต หรือลักษณะที่สนใจร่วมด้วย

การทดลองที่ 1.15 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าเพื่อผลผลิตและแป้งสูงในกลุ่มดินทรายปนร่วน-ดินทราย ชุดดินสัตหีบ ชุดดินพัทยาหรือชุดดินพังงา

ปี 2559/2560 – 2561/2562 ดำเนินการทดลองในดินทราย ชุดดินพังงา โดยปี2559/2560 ทำการปลูกมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ คือ 1) พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 2) พันธุ์ระยอง 11 3) พันธุ์OMR45-27-76 (ระยอง 15) พบว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 24 กิโลกรัมN ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุดและการใช้ปุ๋ยโพแทชที่ระดับ 16 24 และ 32 กิโลกรัมK2O ต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสดและผลิตแป้งเฉลี่ยไม่แตกต่างกันแต่การใช้โพแทชที่ระดับ 16 กิโลกรัมK2O ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนกับการลงทุนมากที่สุด

ปี 2560/2561 ทำการปลูกมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ คือพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์ระยอง 11 พันธุ์ OMR45-27-76 (ระยอง 15) พบว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 24 กิโลกรัมN ต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้งเฉลี่ยสูงสุด มีค่า MRR 932 ซึ่งให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด และการใช้ปุ๋ยโพแทชที่ระดับ 24 กิโลกรัมK2O ต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้งเฉลี่ยสูงสุด และมีค่า MRR 309 ซึ่งคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด

กรมวิชาการเกษตร

ปี 2561/2562 ทำการปลูกมันสำปะหลัง 3 พันธุ์คือพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์CMR55-126-20 และพันธุ์CMR54-31-53 พบว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 32 กิโลกรัมN ต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด และให้ผลผลิตแป้งสูงสุด ส่วนการใช้ปุ๋ยโพแทช พบว่า การปลูกมันสำปะหลังพันธุ์CMR54-31-53 ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด

ปี 2562/2563 – 2563/2564 ดำเนินการทดลองในดินทราย ชุดดินสัตหีบ ในปี 2562/2563 ทำการปลูกมันสำปะหลัง 3 พันธุ์คือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์CMR55-126-20 และพันธุ์CMR54-31-53 พบว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในมันสำปะหลังพันธุ์ CMR54-31-53 ให้ผลผลิตหัวสดและผลผลิตแป้งเฉลี่ยสุด 3,993 และ 603 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และการเลือกใส่ปุ๋ย 24-4-16 กก.N-P2O5-K2O/ไร่ จะให้ผลผลิตหัวสด ผลผลิตแป้ง และผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด และการใช้ปุ๋ยโพแทช 16-4-24 กก.N-P2O5-K2O/ไร่ ให้ผลผลิตแป้งและผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด

ปี 2563/2564 ดำเนินการทดลองในดินทราย ชุดดินสัตหีบ ทำการปลูกมันสำปะหลัง 3 พันธุ์คือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์CMR55-126-20 และพันธุ์CMR54-31-53 พบว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 24 กิโลกรัม N ต่อไร่ มันสำปะหลังพันธุ์CMR54-31-53 ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด 5,366 แต่การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 32 กิโลกรัมN ต่อไร่ ให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ยสูงสุด 1,178 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งพบว่า ไนโตรเจนที่ระดับ 32 กิโลกรัมN ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด ส่วนการใช้ปุ๋ยโพแทชในมันสำปะหลังพันธุ์CMR55-126-20 ให้ผลผลิตหัวสดและผลผลิตแป้งเฉลี่ยสูงสุด 3,668 และ 768 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยการใช้ปุ๋ยโพแทชที่ระดับ 16 กิโลกรัมK2O ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าเพื่อผลผลิตและแป้งสูงในกลุ่มดินทรายปนร่วน-ดินทราย ระว่างปี2559/2560 – 2563/2564 พื้นที่ดำเนินการทดลอง ดินมีปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัด มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ ทำให้มีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยได้อย่างเด่นชัด โดยมีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 24 กิโลกรัม N ต่อไร่ และปุ๋ยโพแทชที่ระดับ 24 กิโลกรัม K2O ต่อไร่ และให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุน

การทดลองที่ 1.16 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าเพื่อผลผลิตและแป้งสูงในกลุ่มดินทรายปนร่วน-ดินทราย ชุดดินน้ำพอง ชุดดิน บ้านไผ่ หรือชุดดินวาริน

ผลการทดลองในปี 2560-2561 ทำการปลูกมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ระยอง 11 พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และพันธุ์ CMR54-31-53 พบว่า พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ระยอง 11 แต่ในปีที่ 2 พันธุ์ CMR54-31-53 มีแนวโน้มให้ผลผลิตกว่าพันธุ์อื่นๆ การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงก็มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ แต่การให้ปุ๋ยโพแทซในอัตราสูงไม่ได้ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเสมอไป การใช้อัตราปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทซในอัตราสูง พันธุ์ระยอง 11 ให้ปริมาณเปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุด ในส่วนของผลผลิตแป้งจะสอดคล้องกับผลผลิต พันธุ์ CMR54-31-53 มีแนวโน้มให้ผลผลิตแป้งมากกว่ามันสำปะหลังพันธุ์อื่นๆ การดูดใช้ธาตุอาหารพบว่า การใช้อัตราปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทซในอัตราแตกต่างกัน มันสำปะหลังพันธุ์ CMR54-31-53 มีปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารโดยรวมมากกว่าพันธุ์อื่น ผลการทดลองในปี 2562/2563 และ 2563/2564 การใช้พันธุ์และอัตราปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทซที่แตกต่างกันไม่ทำให้ผลผลิตมีความแตกต่างในทางสถิติ การดูดใช้ธาตุอาหารพบว่า ในปี 2561/2562 การใช้อัตราปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทซในอัตราแตกต่างกัน มันสำปะหลังพันธุ์ CMR53-87-20 มี

กรมวิชาการเกษตร

ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารโดยรวมมากกว่าพันธุ์อื่น และในปี 2562/2563 มันสำปะหลังพันธุ์OMR53-03-6 มีปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารโดยรวมมากกว่าพันธุ์อื่น ในด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ การปลูกมันสำปะหลังในกลุ่มดินทรายปนร่วน-ดินทราย การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 32 กิโลกรัม N ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด การใช้ปุ๋ยโพแทส 8 กิโลกรัม K2O ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด

การทดลองที่ 1.17 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าเพื่อผลผลิตและแป้งสูงในกลุ่มดินร่วนปนทราย-ดินร่วน ชุดดินลาดหญ้า หรือ ชุดดินสตึก

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนและโพแทสเซียมของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าในชุดดินลาดหญ้าที่มีเนื้อดินเป็นดินทราย พบว่า มันสำปะหลังจะตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนสูงที่อัตรา 16 และ 24 กิโลกรัม N/ไร่ และมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 มีการดูดใช้ไนโตรเจนรวมทุกส่วนสูงสุดแต่มีการดูดใช้ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่ำกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ด้านผลตอบแทน พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 จะมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนสูงสุด ส่วนการใช้โพแทสเซียม พบว่ามันสำปะหลังจะให้ผลผลิตหัวสดสูงสุดที่การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 32 กิโลกรัม K2O/ไร่ ไม่แตกต่างกับที่อัตรา 16 กิโลกรัม K2O/ไร่ และการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 16 กิโลกรัม K2O/ไร่ จะให้ผลตอบแทนที่เป็นรายได้เหนือต้นทุนผันแปรสูงสุด

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนและโพแทสเซียมของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าในชุดดินสตึกที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 16 กิโลกรัม N/ไร่ มันสำปะหลัง จะให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยสูงสุด มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีการดูดใช้ธาตุอาหารรวมทุกส่วนสูงสุด ด้านผลตอบแทนมันสำปะหลังสายพันธุ์CMR54-31-53 และพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการ คำแนะนำจึงควรปลูกมันสำปะหลังสายพันธุ์ CMR54-31-53 หรือพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 16 กิโลกรัม N/ไร่ ส่วนการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียม พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยสูงสุดที่การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 16 กิโลกรัม K2O/ไร่ ด้านผลตอบแทน มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 จะให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุนสูงสุด และการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 12 กิโลกรัม K2O/ไร่ จะให้ผลตอบแทนสูงสุด คำแนะนำจึงควรปลูกพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 12 กิโลกรัม K2O/ไร่

การทดลองที่ 1.18 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าเพื่อผลผลิตและแป้งสูงในกลุ่มดินร่วนปนทราย-ดินร่วน ชุดดินห้วยโป่ง ชุดดิน บ้านบึงหรือชุดดินมาบบอน

ปี 2559/2560 – 2563/2564 ดำเนินการทดลองดินร่วนปนทราย-ดินร่วน ชุดดินห้วยโป่ง โดยในปี 2559/2560 ปลูกมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์OMR 53-03-6 พันธุ์CMR53-87-20 พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 32 กิโลกรัมN ต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้งสูงสุด ซึ่งคุ้มค่ากับการลงทุน

ปี 2560/2561 ปลูกมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์OMR 53-03-6 และพันธุ์CMR53-87-20 พบว่า การปลูกมันสำปะหลังพันธุ์CMR53-87-20 ให้ผลผลิตหัวสดมากที่สุด และการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 32 กิโลกรัมN ต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้งเฉลี่ยมากที่สุด

ปี2561/2562 ทำการปลูกมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์CMR53-87-20 และพันธุ์CMR54-31-53 การตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน พบว่า การปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และพันธุ์CMR54-31-53 มีกำไรสุทธิเฉลี่ยสูงสุดเท่ากัน การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 32 กิโลกรัมN ต่อไร่ ให้

กรมวิชาการเกษตร

ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด และมันสำปะหลังพันธุ์CMR53-87-20 มีประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนเพื่อสร้างผลผลิตสูงสุด ขณะที่พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนเพื่อสร้างผลผลิตต่ำสุด ส่วนการใช้ปุ๋ยโพแทชที่ระดับ 24 กิโลกรัม K2O ต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด โดยการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์CMR54-31-53 มีกำไรสุทธิเฉลี่ยสูงสุด และการใช้ปุ๋ยโพแทชที่ระดับ 24 กิโลกรัม K2O ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด

ปี2562/2563 ทำการปลูกมันสำปะหลัง พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์CMR53-87-20 และ พันธุ์CMR54-31-53 การตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์CMR54-31-53 ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 32 กิโลกรัมN ต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด และให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด และมันสำปะหลังพันธุ์CMR53-87-20 มีประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนเพื่อสร้างผลผลิตสูงสุด ขณะที่พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนเพื่อสร้างผลผลิตต่ำสุด การตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทช พบว่า การปลูกมันสำปะหลังพันธุ์CMR54-31-53 ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด โดยการใช้ปุ๋ยโพแทชที่ระดับ 24 กิโลกรัม K2Oต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้งสูงสุด และให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด

ปี2563/2564 ทำการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์CMR56-08-2 และ พันธุ์CMR54-31-53 การตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์CMR54-31-53 ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยสูงสุด โดยการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 32 กิโลกรัมN ต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสดและผลผลิตแป้งเฉลี่ยสูงสุด และให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด และหากมีเงินลงทุนน้อยสามารถเลือกใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 16 และ 24 กิโลกรัม K2O ต่อไร่ ซึ่งคุ้มค่ากับการลงทุน การตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทช พบว่า การปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ให้ผลผลิตหัวสดและผลผลิตแป้งเฉลี่ยสูงสุด การใช้ปุ๋ยโพแทชที่ระดับ 24 กิโลกรัม K2O ต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสดและผลผลิตแป้งเฉลี่ยสูงสุด และให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด และหากมีเงินลงทุนน้อยสามารถเลือกใช้ปุ๋ยโพแทชที่ระดับ 16 กิโลกรัม K2O ต่อไร่ ซึ่งคุ้มค่ากับการลงทุน และการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมเพื่อสร้างผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าเพื่อผลผลิตและแป้งสูงในกลุ่มดินร่วนปนทราย-ดินร่วน ระว่างปี 2559/2560 – 2563/2564 พื้นที่ดำเนินการทดลองมีปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ ทำให้มีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยได้อย่างเด่นชัด โดยมีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 16 - 24 กิโลกรัม N ต่อไร่ และปุ๋ยโพแทชที่ระดับ 16 - 24 กิโลกรัม K2O ต่อไร่ ขึ้นอย่างกับความอุดมสมบรูณ์หรือลักษณะการใช้พื้นที่ และให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุน

การทดลองที่ 1.19 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าเพื่อผลผลิตและแป้งสูงในกลุ่มดินร่วนปนเหนียว-ดินเหนียว ชุดดินปากช่อง หรือชุดดินโชคชัย

ฤดูปลูกปี 2559/60-2560/61 ทำการทดลองในกลุ่มดินร่วนปนเหนียว-ดินเหนียว ชุดดินปากช่อง พบว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 2 กิโลกรัม N ต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตมากกว่าการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราอื่นๆ และให้อัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่ม (MRR) ซึ่งคุ้มค่ากับการลงทุน ส่วนการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 4 กิโลกรัม K2O ต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตมากกว่าการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราอื่นๆ และให้อัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่ม (MRR) ซึ่งคุ้มค่ากับการลงทุน

กรมวิชาการเกษตร

ฤดูปลูกปี 2561/62-2563/64 ทำการทดลองในกลุ่มดินร่วนปนเหนียว-ดินเหนียว ชุดดินโชคชัย พบว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 16 กิโลกรัม N ต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตมากกว่าการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราอื่นๆ มันสำปะหลังพันธุ์ OMR53-03-6 เป็นพันธุ์ที่เหมาะสมในพื้นที่ โดยควรมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 8 กิโลกรัม N ต่อไร่ และให้อัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่ม (MRR) ซึ่งคุ้มค่ากับการลงทุน ส่วนการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 2 กิโลกรัม K2O ต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตมากกว่าการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราอื่นๆ และการใช้ปุ๋ยโพแทชอัตรา 6 กิโลกรัม K2O ต่อไร่ ให้อัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่ม (MRR) ซึ่งคุ้มค่ากับการลงทุน

การทดลองที่ 1.20 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าเพื่อผลผลิตและแป้งสูงในกลุ่มดินร่วนปนเหนียว-ดินเหนียว ชุดดินวังไฮ/ชุดดินลำนารายณ์

การปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และพันธุ์ระยอง 11 ในดินร่วนปนเหนียว-ดินเหนียว ชุดดินวังไฮ ให้ผลผลิตหัวสดและผลผลิตแป้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 12-8-8 และ 8-8-8 กิโลกรัม N-P2O5-K2O ต่อไร่ ส่วนในปี 2561 ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 12-8-8 และ 16-8-8 กิโลกรัม N ต่อไร่ การตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยโพแทชของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และพันธุ์ระยอง 11 ในปี 2560 พบว่า ไม่ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยโพแทชในทุกอัตรา แต่ในปี 2561 ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยโพแทชที่อัตรา 8-8-12 และ 8-8-4 กิโลกรัม N-P2O5-K2O ต่อไร่ การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 4-8-8 กิโลกรัม N-P2O5-K2O ต่อไร่ มีประสิทธิภาพการใช้ธาตุไนโตรเจนเพื่อสร้างผลผลิตสูง และการใช้มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ร่วมกับปุ๋ยอัตรา 8-8-8 กิโลกรัม N-P2O5-K2O ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด ในขณะที่การใช้ปุ๋ยโพแทชในอัตรา 8-8-4 กิโลกรัม N-P2O5-K2O ต่อไร่ มีประสิทธิภาพการใช้ธาตุโพแทสเซียมเพื่อสร้างผลผลิตสูง และการใช้มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ร่วมกับปุ๋ยอัตรา 8-8-12 กิโลกรัม N-P2O5-K2O ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด

การทดลองที่ 1.21 ทดสอบระดับความต้านทานโรคใบไหม้ของมันสำปะหลังลูกผสมปี 2556-2561

พบว่า มันสำปะหลังลูกผสมปี 2556 มีพันธุ์ต้านทานปานกลางจำนวน 2 พันธุ์ มันสำปะหลังลูกผสมปี 2557 มีพันธุ์ต้านทานปานกลางจำนวน 9 พันธุ์ และมันสำปะหลังลูกผสมปี 2558 พันธุ์ต้านทานปานกลางจำนวน 2 พันธุ์ เนื่องจากเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลังให้มีผลผลิตและแป้งสูงนั้น ได้กำหนดพ่อแม่พันธุ์ที่มีคุณลักษณะให้สอดคล้องกับลักษณะที่ต้องการ และเป็นพันธุ์ที่อ่อนแอต่อโรค ดังนั้นมันสำปะหลังลูกผสมที่ได้จึงมีลักษณะที่ส่วนใหญ่อ่อนแอต่อโรค ดังนั้นควรพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังให้มีคุณลักษณะที่ต้านทานต่อโรคร่วมด้วย

การทดลองที่ 1.22 ทดสอบระดับความต้านทานอาการหัวเน่าโคนเน่าของมันสำปะหลังที่มาสาเหตุมาจากเชื้อ Phytophthora sp. ในมันสำปะหลังลูกผสมปี 2553-2555 และสายพันธุ์ก้าวหน้า

พบว่า มันสำปะหลังจำนวน 27 สายพันธุ์ เป็นพันธุ์อ่อนแอต่ออาการหัวเน่าโคนเน่าโดยแสดงอาการเหี่ยว ใบเหลืองซีด และลำต้นเน่า เนื่องจากเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลังให้มีผลผลิตและแป้งสูงนั้น ได้กำหนดพ่อแม่พันธุ์ที่มีคุณลักษณะให้สอดคล้องกับลักษณะที่ต้องการ และเป็นพันธุ์ที่อ่อนแอต่อโรค ดังนั้นมันสำปะหลังลูกผสมที่ได้จึงมีลักษณะที่ส่วนใหญ่อ่อนแอต่อโรค ดังนั้นควรพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังให้มีคุณลักษณะที่ต้านทานต่อโรคร่วมด้วย

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1.23 การสำรวจระดับการเข้าทำลายของแมลงศัตรูที่สำคัญของมันสำปะหลังในสภาพธรรมชาติของลูกผสม ปี 2555-2560

สำรวจปริมาณการเข้าทำลายของแมลงในแปลงมันสำปะหลังลูกผสม ปีละ 1 ชุดลูกผสม ที่ โดยสุ่มสำรวจจำนวน 10 ต้นต่อพันธุ์ เดือนละ 1 ครั้ง จนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิต บันทึกชนิดและจำนวนแมลงที่พบในแปลงของลูกผสม ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ปีละ 1 ชุดลูกผสม เรียงตามลำดับ จากการสำรวจพบว่า ในเดือนที่ 1-3 ยังไม่พบการเข้าทำลายของแมลงจะเริ่มพบการเข้าทำลายของแมลงในเดือนที่ 3 เป็นต้นไป ซึ่งพบการเข้าทำลายของแมลงทั้งหมด 7 ชนิดคือ เพลี้ยแป้งสีชมพู เพลี้ยแป้งแจ๊คเบียดส์เลย์ เพลี้ยแป้งลาย เพลี้ยแป้งมะละกอ ไรแดง แมลงหวี่ขาว และเพลี้ยหอยขาว โดยเฉลี่ยพบการเข้าทำลายของไรแดงมากที่สุด รองลงมาคือ เพลี้ยแป้งมะละกอ เพลี้ยแป้งแจ๊คเบียดส์เลย์ เพลี้ยแป้งสีชมพู และเพลี้ยแป้งลายในปริมาณใกล้เคียงกัน ส่วนเพลี้ยหอยขาวมักพบเข้าทำลายในระยะใกล้เก็บเกี่ยวและพบเป็นบางพันธุ์เท่านั้น

แมลงศัตรูมันสำปะหลังส่วนมากจากการสำรวจจะพบเป็นแมลงปากดูด ซึ่งได้แก่ เพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง ไรแดง และแมลงหวี่ขาว โดยในประเทศไทยพบการเข้าทำลายของเพลี้ยแป้งจำนวน 5 ชนิด (อัมพร, 2552) แต่ชนิดที่มีความรุนแรงมากที่สุดคือ เพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพู ชนิดนี้จะพบดูดกินอยู่บริเวณส่วนยอด ในส่วนของไรแดงดูดกินตามใบมันสำปะหลังทั้งด้านบนและด้านล่าง หากมีการทำลายรุนแรงจะทำให้ใบเป็นสีเหลืองและร่วงหล่นไป (มานิตา, 2547) ส่วนเพลี้ยหอยขาวมักพบเข้าทำลายดูดกินตรงบริเวณลำต้นโดยเข้าทำลายจากด้านล่างขึ้นมาด้านบนลำต้น หากมีปริมาณมากจะสามารถเห็นได้ชัดเจน แมลงปากดูดเหล่านี้ หากมีการเข้าทำลายที่รุนแรงอาจทำให้ผลผลิตลดลงถึง 10-50% (กรมวิชาการเกษตร, 2554) ส่วนแมลงหวี่ขาวที่พบส่วนใหญ่จะมี 2 ชนิดคือ แมลงหวี่ขาวเกลียวและแมลงหวี่ขาวยาสูบ ซึ่งแมลงหวี่ขาวยาสูบนั้นสามารถเป็นพาหะนำโรคใบด่างมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นโรคที่มีความสำคัญในปัจจุบันและทำให้เกิดผลผลิตลดลงอย่างมาก โดยมีปริมาณแมลงจะแปรผันกับปริมาณน้ำฝน หากในช่วงที่มีปริมาณฝนตกมากจะพบการเข้าทำลายของแมลงน้อย และหากช่วงที่มีปริมาณฝนตกน้อยจะพบการเข้าทำลายของแมลงมากขึ้น

การทดลองที่ 1.24 การทดสอบความต้านทานต่อเพลี้ยแป้งของมันสำปะหลังลูกผสม ปี 2555-2560

ประเมินการเข้าทำลายของเพลี้ยแป้งสีชมพูต้นมันสำปะหลังสัปดาห์ละ 1 ครั้ง และเปรียบเทียบในแต่ละพันธุ์ ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ปีละ 1 ชุดลูกผสม โดยปีแรกจะเป็นลูกผสม ปี 2555 และปีสุดท้ายจะเป็นลูกผสม ปี 2560 พบว่าหลังจากเขี่ยเพลี้ยแป้งลงบนต้นมันสำปะหลัง 1 สัปดาห์ โดยเฉลี่ยพบมีเพลี้ยแป้งเพิ่มปริมาณมากขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 และสัปดาห์ที่ 3 และพบเพลี้ยแป้งมากที่สุดในสัปดาห์ที่ 4 และในสัปดาห์ที่ 5 ปริมาณเพลี้ยแป้งเริ่มลดลงเริ่มเหี่ยวและตายไป ยังไม่พบว่ามีมันสำปะหลังพันธุ์ใดที่มีความสามารถต้านทานต่อการเข้าทำลายของเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังสีชมพูได้

มันสำปะหลังมีศัตรูที่เข้าทำลายมากกว่า 200 ชนิดในประเทศอเมริกาและแอฟริกา (Lebot, 2009) มีรายงานการเข้าทำลายของเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังมากกว่า 15 ชนิด (Hillocks et.al, 2001) โดยเพลี้ยแป้งเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญที่สุด เนื่องจากสามารถแพร่ขยายพันธุ์ได้รวดเร็วหากมีสภาพอากาศที่เหมาะสม (CABI, 2006) ส่วนในประเทศไทย ในอดีตการปลูกมันสำปะหลังมักไม่พบปัญหาการเข้าทำลายของแมลงศัตรูมากนัก จนกระทั่งในปี 2551 พบว่าการระบาดของเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังจะทำให้ผลผลิตลดลง 10-50% ส่งผลให้ผลผลิตรวมของประเทศลดลง

กรมวิชาการเกษตร

3.2-16 ล้านตัน (กรมวิชาการเกษตร, 2554) จากการรายงานของอัมพร (2552) พบการเข้าทำลายของเพลี้ยแป้งในแปลงมันสำปะหลัง 4 ชนิด แต่ชนิดที่มีความรุนแรงมากที่สุดคือ เพลี้ยแป้งสีชมพู เนื่องจากพบการเข้าทำลายมากที่สุดในขณะนั้น ความรุนแรงที่เกิดจากการทำลายของเพลี้ยแป้งในมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์นั้นมีความแตกต่างกัน โดยประพิศ และคณะ (2553) ได้ศึกษาการจำแนกและประเมินระดับความต้านทานแมลงศัตรูของเชื้อพันธุ์มันสำปะหลังในปี 2549 ถึงปี 2553 จำนวน 503 พันธุ์พบว่าปริมาณการเข้าทำลายของเพลี้ยแป้งต่อมันสำปะหลังในแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกัน โดยมี 228 พันธุ์ที่สามารถต้านทานต่อการเข้าทำลายเพลี้ยแป้งได้ และนุชรีย์และคณะ (2560) ได้ศึกษาเปรียบเทียบพันธุ์มันสำปะหลังต่อปริมาณเพลี้ยแป้งและระดับอาการหงิกในมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง72 ระยอง9 เกษตรศาสตร์50 และพันธุ์ห้วยบง60 พบปริมาณเพลี้ยแป้งสีชมพูและระดับหงิกสูงสุดในพันธุ์ระยอง72 รองลงมาคือระยอง6 เกษตรศาสตร์ 50 และห้วยบง 60 โดยระยอง72 ระยอง9 และเกษตรศาสตร์50 มีอาการหงิกระดับ 4 จะเห็นได้ว่าในแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อการเข้าทำลายในระดับที่แตกต่างกัน

การทดลองที่ 1.25 การทดสอบความต้านทานต่อไรแดงของมันสำปะหลังลูกผสมปี 2555-2560

ประเมินการเข้าทำลายของไรแดงต้นมันสำปะหลังสัปดาห์ละ 1 ครั้ง และเปรียบเทียบในแต่ละพันธุ์ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ปีละ 1 ชุดลูกผสม โดยปีแรกจะเป็นลูกผสม ปี 2555 และปีสุดท้ายจะเป็นลูกผสม ปี 2560 พบว่าหลังจากเขี่ยไรแดงลงบนต้นมันสำปะหลัง 1 สัปดาห์ โดยเฉลี่ยพบมีไรแดงเพิ่มปริมาณมากขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 และบางพันธุ์เริ่มตายไปในสัปดาห์ที่ 3-4 ยังไม่พบว่ามีมันสำปะหลังพันธุ์ใดที่มีความสามารถต้านทานต่อการเข้าทำลายของไรแดงได้

ไรแดงเป็นศัตรูมันสำปะหลังที่มีขนาดเล็กมาก โดยทั่วไปจะมีสีแดง ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว มีวงจรชีวิตสั้นประมาณ 9-12 วัน อยู่รวมกันเป็นกลุ่มและสร้างเส้นใยได้ แพร่กระจายได้โดยการเดิน อาศัยลมพัดพาไป และโดยการพาไปของมนุษย์และสัตว์ ทำลายพืชโดยการดูดกินน้ำเลี้ยง มักพบอยู่ตามใบ เมื่อดูดกินแล้วทำให้เนื้อเยื่อพืชเกิดเป็นจุดด่างและจะขยายบริเวณกว้างขึ้น ทำให้ใบที่มีสีเขียวจะกลายเป็นสีเหลือง และสีน้ำตาล และใบอาจร่วงหล่นไป (มานิตา, 2547) หากมีการเข้าทำลายมันสำปะหลังในช่วงที่ยังเล็กจะมีผลต่อการสร้างหัวทำให้เกษตรกรไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ (วัฒนาและคณะ, 2544) การระบาดของไรมีหลายสาเหตุ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝน และการเลือกใช้พันธุ์ ในส่วนของอุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝนเราไม่สามารถกำหนดได้ แต่ในส่วนของพันธุ์นั้นมีรายงานพบว่าในแคลิฟอร์เนีย ไรแดงส้มจะมีความชอบเข้าทำลายต้นตอส้มพันธุ์ Troyer มากกว่าส้มพันธุ์อื่นๆ (มานิตา, 2556) ส่วนในมันสำปะหลัง ประพิศและคณะ (2553) ได้ศึกษาการจำแนกและประเมินระดับความต้านทานแมลงศัตรูของเชื้อพันธุ์มันสำปะหลังตามสภาพธรรมชาติในแปลงรวบรวมพันธุ์ พบว่าในแต่ละพันธุ์มีการเข้าทำลายของไรแดงที่แตกต่างกัน

การทดลองที่ 1.26 การศึกษาความสามารถในการเก็บรักษาต้นพันธุ์มันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้า

การเก็บรักษาต้นพันธุ์มันสำปะหลังในการปลูกต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน ปี 2561 และปี 2562 พบว่า มันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้า ได้แก่ สายพันธุ์ CMR53-106-24 และสายพันธุ์ CMR38-125-77 มีความสามารถในการเก็บรักษาได้ดีกว่าพันธุ์ตรวจสอบ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และพันธุ์ระยอง 90 โดยสามารถเก็บรักษาท่อนพันธุ์ได้มากกว่า 15 วันหลังตัด และสามารถเก็บรักษาได้ถึง 45 วันหลังตัด หากมีการปลูกในช่วงระยะเวลาที่เหมาะสม

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1.27 ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมันสำปะหลังพันธุ์ก้าวหน้า/รับรอง ของกรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลอง พบว่ามันสำปะหลังสายพันธุ์ CMR54-31-53 มีปริมาณการใช้น้ำสะสม 1,218 – 1,565 มิลลิเมตร ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมันสำปะหลังจากกรรมวิธีที่ให้น้ำ 37.5% AWC ซึ่งให้ผลผลิตมากที่สุด สามารถนำค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้ใช้เพื่อใช้บริหารจัดการน้ำในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ในพื้นที่ในโซนฝน 1,000 ถึง 1,600 มิลลิเมตรต่อปี รวมถึงคำแนะนำความต้องการน้ำ เพื่อใช้ในการกำหนดปริมาณที่ต้องให้กับมันสำปะหลังในแต่ละรอบเวรของการให้น้ำ สามารถนำไปปฏิบัติได้โดยประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ที่สามารถคำนวณอัตราการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการน้ำเป็นตัวแปรในการกำหนดปริมาณน้ำ แต่ละช่วงระยะการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง เพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง ให้ใช้น้ำตามความจำเป็น เพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรน้ำให้สามารถใช้ได้อย่างคุ้มค่าและยั่งยืน แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการน้ำของมันสำปะหลังที่ได้เป็นข้อมูลเฉพาะพันธุ์ก้าวหน้าที่ใช้ในการทดลดลอง การน้ำไปใช้ประโยชน์จึงควรใช้กับมันสำปะหลังที่มีลักษณะการเจริญเติบโตในรูปแบบใกล้เคียงกัน

การทดลองที่ 1.28 การทดสอบความต้านทานต่อไรแดงหม่อนของมันสำปะหลังพันธุ์รับรอง

1. ศึกษาการเจริญเติบโตของไรแดงหม่อนบนมันสำปะหลังพันธุ์รับรอง (16 พันธุ์) ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าไรแดงหม่อนเพศผู้มีระยะการเจริญเติบโตเฉลี่ยในระยะไข่ 72 ชั่วโมง ระยะตัวอ่อน 15 ชั่วโมง ระยะพัก1 12 ชั่วโมง ระยะวัยรุ่นที่1 11 ชั่วโมง ระยะพัก2 12 ชั่วโมง ระยะวัยรุ่นที่2 14 ชั่วโมง ระยะพัก3 18 ชั่วโมง และระยะตัวเต็มวัยมีอายุเฉลี่ย 14 วัน และเพศเมียมีระยะการเจริญเติบโตเฉลี่ยในระยะไข่ 72 ชั่วโมง ระยะตัวอ่อน 14 ชั่วโมง ระยะพัก1 12 ชั่วโมง ระยะวัยรุ่นที่1 13 ชั่วโมง ระยะพัก2 12 ชั่วโมง ระยะวัยรุ่นที่2 19 ชั่วโมง ระยะพัก3 19 ชั่วโมง และระยะตัวเต็มวัยมีอายุเฉลี่ย 13 วัน โดยมีระยะก่อนการวางไข่ 24 ชั่วโมง และวางไข่ได้เฉลี่ย 48 ฟองต่อตัว

2. ศึกษาการเพิ่มปริมาณและการเข้าทำลายของไรแดงหม่อนบนมันสำปะหลังพันธุ์รับรอง (16 พันธุ์) ในสภาพโรงเรือน พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเสียหายในสัปดาห์ที่ 1 ทุกพันธุ์ยังปกติ มีความเสียหายเท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ สัปดาห์ที่ 2 มีความเสียหายเฉลี่ยอยู่ที่ 4.32 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ระยอง 5 มากที่สุด 8.67 เปอร์เซ็นต์ ระยอง86-13 น้อยที่สุด 2 เปอร์เซ็นต์ สัปดาห์ที่ 3 มีความเสียหายเฉลี่ยอยู่ที่ 44.16 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ระยอง 9 มากที่สุด 75 เปอร์เซ็นต์ ระยอง86-13 น้อยที่สุด 16.5 เปอร์เซ็นต์ สัปดาห์ที่ 4 มีความเสียหายเฉลี่ยอยู่ที่ 89.20 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ระยอง 7 มากที่สุด 99.17 เปอร์เซ็นต์ ระยอง86-13 น้อยที่สุด 57.83 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 1.29 การทดสอบประสิทธิภาพการแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังด้วยน้ำร้อนเพื่อควบคุมการเกิดโรคพุ่มแจ้มันสำปะหลัง

การแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 48-52 องศาเซลเซียส มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์/สายพันธ์ มีอัตราการงอกมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป แต่การแช่ท่อนพันธุ์ในน้ำร้อนนานกว่า 15 นาที มันสำปะหลังมีอัตราการงอกลดลง เมื่อนำท่อนพันธุ์ที่เป็นโรคมาปลูกในสภาพไร่ โดยการแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ก่อนปลูก มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์/สายพันธุ์ ไม่แสดงอาการพุ่มแจ้จนถึง 5 เดือนหลังปลูก โดยพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 แสดงอาการพุ่มแจ้มากที่สุด รองลงมาคือ ระยอง 11 และสายพันธ์ CMR57-83-69 เมื่อมันสำปะหลังอายุ 8 เดือน มันสำปะหลังแสดงอาการการเกิดพุ่มแจ้มากขึ้น ซึ่งแสดงอาการพุ่มแจ้ไม่ต่างกันกับไม่ได้แช่ท่อนพันธุ์ในน้ำร้อน เก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อมันสำปะหลังอายุ 8 เดือน การแช่ท่อนพันธุ์ในน้ำร้อนมันสำปะหลังทั้ง

กรมวิชาการเกษตร

3 พันธุ์/สายพันธุ์ ให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่แช่ท่อนพันธุ์ในน้ำร้อน ด้านปริมาณแป้งในหัวสด การแช่ท่อนพันธุ์ในน้ำร้อนมันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์/สายพันธุ์ ให้ปริมาณแป้งไม่แตกต่างกับการไม่แช่ท่อนพันธุ์ในน้ำร้อน และการแช่ท่อนพันธุ์ในน้ำร้อนมันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์/สายพันธุ์ ให้ผลผลิตแป้งสูงกว่าการไม่แช่ท่อนพันธุ์ในน้ำร้อน

การแช่ท่อนพันธุ์ในน้ำร้อนสามารถควบคุมการเกิดโรคพุ่มแจ้ที่มีสาเหตุจากเชื้อไฟโตพลาสมาได้ในช่วง 4 เดือน นิรนาม (2013) การใช้ความร้อนกำจัดหรือควบคุมโรคในพืช (heat treatment of diseased plant) คือ การใช้ความร้อนกำจัดทำลายเชื้อสาเหตุโรคไม่ว่าจะเป็น รา แบคทีเรีย ไส้เดือนฝอยหรือไวรัส ที่อยู่บนหรือภายในพืชหรือส่วนของพืช ส่วนใหญ่มักใช้กับเมล็ดพันธุ์ หน่อ หัว ต้นตอ หรือส่วนที่ใช้ในการขยายพันธุ์ต่างๆ ที่เป็นโรค ความร้อนจะทำลายเฉพาะเชื้อที่เป็นสาเหตุโรคและไม่ทำให้พืชได้รับอันตราย ทำได้โดยนำพืชหรือส่วนของพืชที่จะใช้ทำพันธุ์ จุ่มในน้ำอุ่น (hot water treatment) อุณหภูมิประมาณ 45-51 องศาเซลเซียส นาน 15-25 นาที ขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด และปริมาณของพืชที่ต้องการฆ่าเชื้อ เช่นเดียวกับการทดลองของสุนี และคณะ (ม.ป.ป.) ทดลองกำจัดโรคใบขาวที่มีสาเหตุจากเชื้อไฟโตพลาสมาในท่อนพันธุ์อ้อย โดยใช้ท่อนพันธุ์ที่มีระดับการเป็นโรคต่างกันจากแปลงอ้อยที่เป็นโรคใบขาว พบว่า การผ่านความร้อนจะทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการใช้น้ำร้อนในทุกกรรมวิธีสามารถลดปริมาณเชื้อไฟโตพลาสมาในท่อนพันธุ์อ้อยได้

การทดลองที่ 1.30 การตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าในดินทรายชุดดินสัตหีบจังหวัดระยอง

การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 24 กิโลกรัม N ต่อไร่ มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ให้ผลผลิตหัวสดและผลผลิตแป้งสูงสุด ในขณะที่พันธุ์ระยอง 15 ให้ผลผลิตหัวสดและผลผลิตแป้งสูงสุดเมื่อมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 32 กิโลกรัม N ต่อไร่ และที่เก็บเกี่ยวที่อายุ 14 เดือน มันสำปะหลังทั้ง 2 พันธุ์ให้ผลผลิตหัวสดและผลผลิตแป้งสูงสุดและใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ 32 กิโลกรัมN ต่อไร่ ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นและให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด และหากมีเงินลงทุนน้อยสามารถเลือกใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 16 – 24 กิโลกรัม N ต่อไร่ ซึ่งให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุน โดยพบว่า การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่อายุ 14 เดือน จะให้ผลผลิตหัวสดและผลผลิตแป้งสูงสุด ทำให้มีกำไรสุทธิสูงสุด

การทดลองที่ 2.1 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค : การผสมพันธุ์ (ชุดลูกผสม 2560)

ผลการผสมพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อการบริโภค ได้เมล็ดทั้งหมด 1,075 เมล็ด

การทดลองที่ 2.2 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค : การคัดเลือกปีที่ 1 (ชุดลูกผสม 2560)

คัดเลือกสายพันธุ์จากจำนวน 507 ต้น เพื่อปลูกคัดเลือกครั้งที่ 2 ในปีต่อไปได้ 64 สายพันธุ์ คิดเป็นร้อยละของการคัดเลือก 12.6

การทดลองที่ 2.3 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค : การคัดเลือกปีที่ 2 (ลูกผสมปี 2560)

คัดเลือกได้จากการคัดเลือกปีที่ 1 จำนวน 64 สายพันธุ์ สามารถคัดเลือกมันสำปะหลังสายพันธุ์ดีจำนวน 20 สายพันธุ์ สายพันธุ์ที่คัดเลือกไว้ ให้ผลผลิตหัวสด 0.56-3.18 กิโลกรัมต่อต้น มีปริมาณแป้งในหัวสด 18.0-34.0 เปอร์เซ็นต์ ค่าความหวานอยู่ 5-7.4 บริกซ์ ปริมาณไซยาไนด์ 3-7 ในขณะที่พันธุ์ห้านาทีให้ผลผลิตหัวสด 2.65 กิโลกรัมต่อต้น ปริมาณแป้งในหัวสด 23.0 เปอร์เซ็นต์ ค่าความหวาน 6.3 บริกซ์ มีปริมาณไซยาไนด์เท่ากับ 6

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 2.4 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค : การเปรียบเทียบเบื้องต้น (ลูกผสมปี 2560)

ปลูกสายพันธุ์ที่คัดเลือกจากขั้นตอนการคัดเลือกปีที่ 2 จำนวน 20 สายพันธุ์ และพันธุ์เปรียบเทียบ เก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อมันสำปะหลังอายุประมาณ 8 เดือน สามารถคัดเลือกมันสำปะหลังสายพันธุ์ดี ได้จำนวน 12 สายพันธุ์ สำหรับปลูกเปรียบเทียบมาตรฐาน ต่อไป ทั้ง 12 สายพันธุ์ ให้ผลผลิตหัวสด 1,259-2,829 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 13.1-28.3 เปอร์เซ็นต์ ค่าความหวาน 6.8-8.1 บริกซ์ และ ปริมาณไซนาไนด์ 5.5-8 คะแนน ในขณะที่พันธุ์ห้านาที มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุด 98 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตหัวสด 2,217 กิโลกรัมต่อไร่ และมีปริมาณแป้งในหัวสด 16.8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพันธุ์ระยอง 2 มีเปอร์เซ็นต์ความงอก 69 เปรอร์เซ็นต์ ผลผลิตหัวสด 2,204 กิโลกรัมต่อไร่ และมีปริมาณแป้งในหัวสด 11.4 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 2.5 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค : การเปรียบเทียบมาตรฐาน (ชุดลูกผสม 2560)

สามารถคัดเลือกมันสำปะหลังสายพันธุ์ดี ได้จำนวน 7 สายพันธุ์ สำหรับปลูกเปรียบเทียบในท้องถิ่นต่อไป ได้แก่ CMRE60-03-2 CMRE60-03-13 CMRE60-06-44 OMRE60-01-02 OMRE60-02-12 OMRE60-02-61 และ OMRE60-03-09

การทดลองที่ 2.6 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค : การเปรียบเทียบในท้องถิ่น (ชุดลูกผสม 2560)

ดำเนินการ 7 สถานที่ ได้แก่ ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสงขลา ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรกาญจนบุรี ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี แปลงเกษตรกรจังหวัดปทุมธานี และแปลงเกษตรกรจังหวัดกำแพงเพชร โดยปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เพื่อบริโภค ลูกผสมปี 2560 ที่ผ่านการเปรียบมาตรฐาน ประมาณ 6-8 พันธุ์ พร้อมพันธุ์เปรียบเทียบ ได้แก่ พันธุ์พันธุ์ห้านาที และระยอง 2 ในช่วงเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม 2564 จะเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่ออายุครบ 10 เดือน ในช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคม 2565

การทดลองที่ 2.7 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค : การผสมพันธุ์ (ชุดลูกผสม 2562)

การศึกษาและพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุล SNPs บริเวณ exon ของยีน *PSY2* และยีน *PDS* ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างเบต้าแคโรทีนในหัวมันสำปะหลัง ทั้งหมด 18 ตำแหน่ง กับมันสำปะหลังพ่อแม่พันธุ์ จำนวน 14 ตัวอย่าง พบว่า เครื่องหมายโมเลกุล SNP ของยีน *PDS* ตำแหน่ง g.26674238 มีค่า PIC สูงสุด และเครื่องหมายโมเลกุล SNPs ของยีน *PSY2* และยีน *PDS* ตำแหน่ง g.24155522, g.24156495 และ g.26674238 มีค่าความแม่นยำสูงสุด

การผสมพันธุ์มันสำปะหลังในปี 2562 ได้เมล็ดลูกผสมรวม จำนวน 2,557 เมล็ด

การทดลองที่ 2.8 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค : การคัดเลือกปีที่ 1 (ชุดลูกผสม 2562)

การคัดเลือกต้นกล้าที่นำมาลงปลูกในแปลง รวมจำนวน 1,071 ต้น เก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุครบ 8 เดือน สามารถคัดเลือกลูกผสมที่มีลักษณะทรงต้นดี ตั้งตรงไม่แตกกิ่งหรือแตกกิ่งเล็กน้อย ผลผลิตดี มีความร่วนซุยของเนื้อและมีเนื้อเหนียว รสชาติหวานและหวานเล็กน้อย และไม่แสดงอาการอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของโรคและแมลง และมีปริมาณไซยาไนด์ต่ำ คัดเลือกได้จำนวน 106 สายพันธุ์

การทดลองที่ 2.9 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค : การคัดเลือกปีที่ 2 (ชุดลูกผสม 2562)

การศึกษาเครื่องหมายโมเลกุล SNPs ของยีน *PSY2* และยีน *PDS* พบว่าเครื่องหมายโมเลกุล SNP ของยีน *PSY2* ตำแหน่ง g.24155522 มีค่า PIC สูงสุด และเครื่องหมายโมเลกุล SNPs ของยีน *PSY2* ตำแหน่ง g.24156495 มีค่าความแม่นยำสูงสุด โดยมีค่าความแม่นยำมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นเครื่องหมายโมเลกุลที่

กรมวิชาการเกษตร

สามารถนำไปใช้คัดเลือกมันสำปะหลังเพื่อบริโภคลูกผสมได้ แต่จากการทดลองไม่พบเครื่องหมายโมเลกุลที่มีความแม่นยำมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงควรพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุล SNPs เพิ่มเติม

ปลูกมันสำปะหลังลูกผสมจากการคัดเลือกปีที่ 1 จำนวน 106 สายพันธุ์ ทำการเก็บเกี่ยวที่อายุ 8 เดือน สามารถคัดเลือกพันธุ์ที่มีลักษณะที่ดี และมีคุณสมบัติเหมาะต่อการบริโภค ได้จำนวน 28 สายพันธุ์ โดยให้ผลผลิตหัวสด ระหว่าง 1.17-6.33 กิโลกรัมต่อต้น ปริมาณแป้งในหัวสดอยู่ระหว่าง 19.1-31.0 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไซยาไนด์อยู่ระหว่าง 14.55-88.52 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และค่าความหวานในหัวสด 4.8-8.3 บริกซ์ ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบ ได้แก่ พันธุ์ห้านาทีและระยอง 2 ให้ผลผลิตหัวสด 0.72 และ 2.16 กิโลกรัมต่อต้น ปริมาณแป้งในหัวสด 15.1 และ 16.3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไซยาไนด์ 31.23 และ 52.78 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และค่าความหวานในหัวสดสูงสุด 4.8 และ 7.0 บริกซ์

การทดลองที่ 2.10 การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค : การเปรียบเทียบเบื้องต้น (ชุดลูกผสม 2562)

ปลูกมันสำปะหลังที่คัดเลือกได้จากการคัดเลือกปีที่ 2 จำนวน 28 สายพันธุ์ เก็บเกี่ยวที่อายุ 8 เดือน สามารถคัดเลือกได้จำนวน 16 สายพันธุ์ โดยให้ผลผลิตหัวสด 377-3,547 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 11.3-25.6 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไซยาไนด์ 186.26-618.71 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และค่าความหวานในหัวสด 6.1-8.0 บริกซ์ ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบ ได้แก่ พันธุ์ห้านาทีและระยอง 2 มีเปอร์เซ็นต์ความงอก 81 และ 54 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลผลิตหัวสด 1,514 และ 1,494 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณแป้งในหัวสด 13.8 และ 13.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไซยาไนด์ 308.07 และ 217.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และค่าความหวานในหัวสดสูงสุด 6.7 และ 8.0 บริกซ์

การทดลองที่ 2.11 การศึกษาคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการบริโภคของมันสำปะหลัง

ศึกษาคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการบริโภคของมันสำปะหลังที่ปลูกในสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกัน 2 พื้นที่ ได้แก่ สภาพสวนที่แปลงเกษตรกร จังหวัดปทุมธานี และสภาพไร่ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จังหวัดระยอง พบว่ามันสำปะหลังพันธุ์ Yolk มีจำนวนหัวต่อต้น น้ำหนักหัวต่อต้น ความแน่นเนื้อและปริมาณแป้งมากที่สุด ในขณะที่มันสำปะหลังพันธุ์ห้านาทีมีปริมาณอะไมโลส ความหวาน และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงสุด และปริมาณสารไซยาไนด์ในมันสำปะหลังบริโภคทั้ง 3 สายพันธุ์ ต่ำกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร คุณภาพทางประสาทสัมผัสหลังการปรุงสุก ในสภาพสวนเหมาะสมต่อการปลูกมันสำปะหลังสำหรับบริโภคสดแบบนึ่งและแบบทอด ถ้าต้องการมันสำปะหลังที่เหมาะแก่การนำไปทอดและมีปริมาณแป้งที่ช่วยส่งเสริมความกรอบของมันสำปะหลังที่แปรรูป ควรปลูกในสภาพไร่ เพราะความชื้นและน้ำในดินที่เหมาะสมมีผลต่อการสร้างแป้งของมันสำปะหลัง

การทดลองที่ 2.12 การตอบสนองทางด้านผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์/สายพันธุ์สำหรับบริโภคในระบบน้ำหยดผิวดินที่ให้น้ำตามความต้องการของพืชและให้น้ำตามความชื้นดิน

การให้น้ำแบบน้ำหยดทั้ง 2 วิธี ทำให้ผลผลิตหัวสดสูงกว่าการปลูกโดยอาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติ แต่ไม่ทำให้ความสูงการสร้างน้ำหนักสด การสะสมน้ำหนักแห้ง ความงอก ดัชนีเก็บเกี่ยว และปริมาณไซด์ยาไนด์ในหัวมันสำปะหลังแตกต่างจากการปลูกโดยอาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติ พันธุ์มันสำปะหลังมีความแตกต่างในทุกลักษณะที่ทำการบันทึกข้อมูล ผลผลิตหัวสดของพันธุ์พิรุณ 2 มีค่าสูงที่สุด ขณะที่พันธุ์ห้านาทีมีค่าต่ำสุด ปริมาณไซด์ยาไนด์ในส่วนหัวของพันธุ์พิรุณ 2 มีค่าสูงที่สุด และค่าต่ำสุดพบในมันสำปะหลังพันธุ์ห้านาที

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 3.1 การศึกษาจำแนกลักษณะพันธุกรรมโดยสัณฐาน-สรีรวิทยา ของเชื้อพันธุ์มันสำปะหลัง

การประเมินลักษณะทางสัณฐาน-สรีรวิทยา สามารถจำแนกลักษณะพันธุ์ตามหลัก (Fukuda *et al*., 2010) จำนวน 47 ลักษณะ ได้ฐานข้อมูลที่ครบสมบูรณ์แล้ว จำนวน 500 พันธุ์ โดยแบ่งการประเมินเป็น 4 ช่วงอายุ คือ ประเมินลักษณะเมื่ออายุ 3 เดือนหลังปลูก ประเมินลักษณะเมื่ออายุ 6 เดือน ประเมินลักษณะเมื่ออายุ 9 เดือน และประเมินลักษณะในระยะเก็บเกี่ยว (12 เดือน) ลักษณะสำคัญของมันสำปะหลังที่ได้จากการประเมินลักษณะทางสัณฐาน-สรีรวิทยา สามารถบ่งชี้ความแตกต่างระหว่างพันธุ์ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน

การทดลองที่ 3.2 การศึกษาศักยภาพในการสร้างหัวในสภาพเนื้อเยื่อของเชื้อพันธุ์มันสำปะหลังที่รวบรวมไว้

การศึกษาศักยภาพในการสร้างรากสะสมอาหาร และองค์ประกอบอื่นที่สำคัญของเชื้อพันธุ์มันสำปะหลังที่รวบรวมไว้ด้วยเทคนิคการชักนำให้เกิดรากสะสมอาหารด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ พบว่าการปรับเปลี่ยนสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชในกลุ่มออกซิน (NAA) และไซโทไคนิน (BA) ในสัดส่วน 0.1: 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อการขยายขนาดรากสะสมอาหารและเพิ่มปริมาณแป้งได้ในหลายพันธุ์ แต่ไม่สามารถตรวจวัดปริมาณไซยาไนด์ในรากสะสมอาหารที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ เนื่องจากมีปริมาณน้อยมากไม่สามารถตรวจด้วยวิธีที่ใช้ในการทดสอบได้ ผลจากการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตรชักนำให้เกิดต้นและรากสะสมอาหาร พบว่าแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันทั้งด้านระยะเวลาในการงอก จำนวนต้นที่สร้างรากสะสมอาหารและจำนวนรากสะสมอาหาร กลุ่มที่สร้างรากสะสมอาหารได้เร็วจะสร้างได้ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ในขณะที่กลุ่มพันธุ์กลุ่มที่สร้างช้าจะทยอยสร้างรากสะสมอาหารตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 จนถึงสัปดาห์ที่ 10 ปริมาณแป้งในรากสะสมอาหารในตัวอย่างที่ศึกษาทั้งหมดพบว่าอยู่ระหว่าง 15-30 เปอร์เซ็นต์ แต่ละพันธุ์มีระยะเวลาของการพัฒนารากสะสมอาหารเต็มที่ระหว่าง 4-9 สัปดาห์ หลังจากนั้นแล้วจะพัฒนาต่อไปเป็นรากฝอยซึ่งทำให้ปริมาณแป้งในรากต่ำลง ผลจากการศึกษาคุณลักษณะประจำพันธุ์ของลูกผสม 2 คู่ ได้แก่ คู่ผสมระหว่าง พันธุ์ระยอง 11 กับพันธุ์ 3299-15 และคู่ผสมระหว่าง พันธุ์ระยอง 5 กับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พบว่าสามารถแสดงคุณลักษณะของลูกผสมที่ได้อย่างชัดเจน ทั้งด้านกายภาพและผลผลิต รวมทั้งลักษณะที่ได้รับการถ่ายทอดจากพ่อและแม่พันธุ์ สามารถตรวจวิเคราะห์ข้อมูลลูกผสมและคัดเลือกต้นลูกผสมได้อย่างชัดเจน จากผลการทดลองดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิคการชักนำให้เกิดรากสะสมอาหารของมันสำปะหลังในสภาพเนื้อเยื่อเป็นเทคนิคที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในงานปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง และงานด้านเขตกรรมที่ศึกษาการตอบสนองของพันธุ์ต่อธาตุอาหาร และสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้

การทดลองที่ 3.3 การตอบสนองต่อระดับความเค็มของเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลังในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

จากการทดลองจำนวน 240 พันธุ์ ยังไม่มีพันธุ์ใด ที่สามารถเจริญเติบโตและทนต่อความเข้มข้นเกลือมากกว่า 8 dS/m ขึ้นไปได้ แต่จากผลการทดลองสามารถเลือกกลุ่มทนต่อความเข้มข้นเกลือระดับ 4 dS/m ขึ้นไป จำนวน 45 พันธุ์ มาทดสอบในสภาพกระถาง เพื่อตรวจสอบการตอบสนองต่อความเค็ม และสามารถต่อยอดในการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ทนต่อความเค็ม ใช้ในการพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังทนเค็มต่อไปได้ในอนาคต

การทดลองที่ 3.4 การวิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสในกากมันสำปะหลังพันธุ์รับรองของกรมวิชาการเกษตรและพันธุ์ต่างประเทศ เพื่อใช้ประโยชน์สำหรับการผลิตเอทานอล

มันสำปะหลัง จำนวน 356 พันธุ์ มีปริมาณแป้ง อยู่ระหว่าง 2.5 – 30.7 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตกากมันสำปะหลังแห้งอยู่ระหว่าง 1.4 – 25.1 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย ปริมาณเฮมิเซลลูโลส อยู่ระหว่าง 6.6 – 59.7 เปอร์เซ็นต์ และมี

กรมวิชาการเกษตร

ปริมาณเซลลูโลส อยู่ระหว่าง 4.4 – 19.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถจัดกลุ่มพันธุ์มันสำปะหลังตามช่วงของปริมาณเซลลูโลสได้ จำนวน 6 ระดับ พันธุ์ส่วนใหญ่มีปริมาณเฮมิเซลลูโลสอยู่ในช่วง 10.1 – 50.0 เปอร์เซ็นต์ และจัดกลุ่มพันธุ์มันสำปะหลังตามช่วงของปริมาณเซลลูโลสได้ 2 ช่วง ส่วนใหญ่มีปริมาณเซลลูโลสอยู่ในช่วง 0.0 – 10.0 เปอร์เซ็นต์ การใช้ประโยชน์มันสำปะหลังเพื่อผลิตเอทานอลจากกากมันสำปะหลัง ควรเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลสสูง

การทดลองที่ 4.1 การขยายพันธุ์มันสำปะหลังแบบรวดเร็วโดยเทคนิคโซมาติกเซลล์

การทดสอบการขยายพันธุ์มันสำปะหลังแบบรวดเร็วโดยเทคนิคโซมาติกเซลล์ พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารเหลวที่เติม 2,4-D 6 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ adenine 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนการเกิดเอ็มบริโอเฉลี่ยมากที่สุด จำนวน 42.52 เอ็มบริโอ ซึ่งเอ็มบริโอที่ได้จากขั้นตอนนี้ เรียกว่า เซลล์โซมาติกขั้นที่สอง (secondary somatic embryogenesis) และใช้เซลล์โซมาติกขั้นที่สองในการขยายพันธุ์แบบรวดเร็วหรือเร่งด่วน ทดสอบการพัฒนาเป็นต้นอ่อน (Germination) จากการทดลองพบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 มีจำนวนการเกิดต้นอ่อนเฉลี่ยมากที่สุด จำนวน 33.20 ต้น หลังจากนั้นได้ทำการย้ายต้นอ่อนที่ได้จากกระบวนการขยายพันธุ์โดยเทคนิคโซมาติกไปสู่เรือนเพาะชำ เพื่อประเมินจำนวนและเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของต้นพืช พบว่ามันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกโดยใช้ขุยมะพร้าวอย่างเดียว เปอร์เซ็นต์การอยู่รอดมากที่สุดเท่ากับ 97.00 เปอร์เซ็นต์ เทคนิคการขยายพันธุ์มันสำปะหลังโดยโซมาติกเซลล์มีอัตราการขยายพันธุ์มากกว่าการขยายพันธุ์แบบธรรมดาถึง 10 เท่า และใช้ระยะเวลาการขยายพันธุ์สั้นประมาณ 3-4 เดือน เมื่อเทียบกับระยะเวลาการขยายพันธุ์แบบธรรมดา และเป็นการขยายพันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อ ซึ่งเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ใช้ในการขยายพันธุ์หากเกิดปัญหาโรคและแมลงระบาด แต่ทั้งนี้แต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่ออาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและวัสดุปลูกในเรือนเพาะชำที่แตกต่างกัน

การทดลองที่ 4.2 การศึกษาอิทธิพลของอะดีนิน (Adenine) ในการกระตุ้นเซลล์ให้เกิดคัพพะอ่อนในการผลิตเซลล์โซมาติกของมันสำปะหลัง

จากการทดลอง พบว่ามันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่เพาะเลี้ยงบนอาการสูตร CIM medium (2,4-D 4 mg/l + adenine 4 mg/l) + CMM medium (adenine 4 mg/l) (กรรมวิธีที่ 4) มีจำนวนเอ็มบริโอเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 31.16 เอ็มบริโอ จากนั้นเพิ่มปริมาณต้นที่พัฒนามาจากใบเลี้ยงสีเขียว โดย sub culture และนำไปเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ปกติที่ไม่เติมฮอร์โมนเพื่อขยายพันธุ์ เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 3 เดือน หลังจากนั้นย้ายต้นมันสำปะหลังออกปลูกในเรือนเพาะชำ เพื่อประเมินจำนวนและเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดของต้นพืชในสภาพเรือนเพาะชำ และทดสอบวัสดุปลูกที่เหมาะสม จากการทดลองพบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่ปลูกโดยใช้ขุยมะพร้าวอย่างเดียว มีเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดมากที่สุดเท่ากับ 86.00 เปอร์เซ็นต์ และมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 ที่ปลูกโดยใช้เพอร์ไลท์ + เวอร์มิคูไลท์ (1:1) มีเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดมากที่สุดเท่ากับ 96.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการทดลองพบว่า สารอะดีนีน (adenine) มีผลต่อการชักนำเซลล์โซมาติกให้พัฒนาเป็นต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพและสมบูรณ์ โดยอาหารเพาะเลี้ยงที่มีอัตราความเข้มข้นของสารอะดีนินในปริมาณต่ำ สามารถกระตุ้นให้เซลล์โซมาติกพัฒนาไปเป็นต้นอ่อนที่สมบูรณ์ได้ดีกว่าอาหารเพาะเลี้ยงที่มีอัตราความเข้มข้นของสารอะดีนินในปริมาณสูง

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยของโครงการ (output) ประกอบด้วย

1. การวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อผลผลิตและแป้งสูง เพื่อให้ได้พันธุ์ที่ให้ผลผลิตแป้งสูงกว่าพันธุ์ระยอง 5 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 15 และเหมาะสำหรับอุตสาหกรรม พบว่าสายพันธุ์CMR56-71-68 CMR57-83-69 CMR57-83-160 CMR57-83-129 และ CMR58-75-110 ให้ผลผลิตแป้งสูงกว่าพันธุ์ระยอง 5 ร้อยละ 36 36 28 19 และ 20 ตามลำดับ ซึ่งจะนำไปศึกษาข้อมูลประกอบการรับรองพันธุ์ต่อไป ส่วนสายพันธุ์CMR54-31-53 ให้ผลผลิตหัวสดสูง ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในกลุ่มดินทราย ดินร่วนปนทรายและดินร่วน และต้านทานโรคราก่เน่าโคนเน่า ซึ่งจะพัฒนาไปเป็นพันธุ์รับรองต่อไป และจากการศึกษาประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลัง พบว่า การปลูกมันสำปะหลังในกลุ่มดินทรายการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 32 กิโลกรัมN ต่อไร่ และการใช้ปุ๋ยโพแทชที่ระดับ 16 กิโลกรัมK_2O ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด ในกลุ่มดินทรายปนร่วน-ดินทราย การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 8 กิโลกรัม N ต่อไร่ไร่ และการใช้ปุ๋ยโพแทชที่ระดับ 4 กิโลกรัมK_2O ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด ในกลุ่มดินร่วนปนทรายการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 32 กิโลกรัมN ต่อไร่ และการใช้ปุ๋ยโพแทชที่ระดับ 24 กิโลกรัมK_2O ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด และในกลุ่มดินร่วนปนเหนียว-ดินเหนียว การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 8 กิโลกรัมN ต่อไร่ และการใช้ปุ๋ยโพแทชที่ระดับ 6 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด

2. การวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค ได้สายพันธุ์มันสำปะหลังที่มีลักษณะที่ดี จำนวน 7 สายพันธุ์ เพื่อนำไปทดลองในขั้นตอนการเปรียบเทียบพันธุ์มันสำปะหลังในท้องถิ่นเพื่อประเมินการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่อไป

3. การประเมินลักษณะเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลัง ได้ฐานข้อมูลลักษณะทางสัณฐาน-สรีรวิทยา ของพันธุ์มันสำปะหลัง จำนวน 500 พันธุ์ ซึ่งสามารถบ่งชี้ความแตกต่างระหว่างพันธุ์ได้ ได้ข้อมูลการตอบสนองต่อระดับความเค็มของพันธุ์มันสำปะหลังในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ จำนวน 240 พันธุ์ ได้ข้อมูลปริมาณเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสในกากมันสำปะหลัง จำนวน 356 พันธุ์ เพื่อใช้ประโยชน์สำหรับการผลิตเอทานอล และได้ข้อมูลศักยภาพในการสร้างรากสะสมอาหารของพันธุ์มันสำปะหลังในสภาพเพาะเนื้อเยื่อ จำนวน 115 พันธุ์ และได้เทคนิคการชักนำให้เกิดรากสะสมอาหารของมันสำปะหลังในสภาพเพาะเนื้อเยื่อ ซึ่งฐานข้อมูลและเทคนิคที่ได้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในงานปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังและงานด้านเขตกรรม

4. การศึกษาและพัฒนาเทคนิค Somatic embryogenesis ได้เทคนิคการขยายพันธุ์มันสำปะหลังโดยโซมาติกเซลล์มีอัตราการขยายพันธุ์มากกว่าการขยายพันธุ์แบบธรรมดาถึง 10 เท่า และใช้ระยะเวลาการขยายพันธุ์สั้นประมาณ 3-4 เดือน เมื่อเทียบกับระยะเวลาการขยายพันธุ์แบบธรรมดา และเป็นการขยายพันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อ โดยท่อนพันธุ์ที่ได้จะเป็นท่อนพันธุ์ที่สะอาดและปลอดศัตรูพืช ซึ่งเป็นหนึ่งทางเลือกที่ใช้ในการขยายพันธุ์หากเกิดปัญหาโรคและแมลงระบาด

ข้อเสนอแนะ (outcome) และการนำไปใช้ประโยชน์ ประกอบด้วย

1. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง โดยเกษตรกรได้ใช้พันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ใหม่ใหม่ที่ให้ผลผลิตและแป้งสูงอย่างน้อย 1 พันธุ์ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร และสามารถยกระดับผลผลิตต่อพื้นที่

สำนักวิชาการเกษตร

ให้สูงขึ้น เพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของอุตสาหกรรมโดยไม่เพิ่มพื้นที่ปลูกตามยุทธศาสตร์ของประเทศ

2. การเพิ่มมูลค่ามันสำปะหลังและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังเพื่อบริโภค โดยสายพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ก้าวหน้าที่จะพัฒนาต่อ ที่มีคุณสมบัติเหมาะต่อการบริโภค อย่างน้อย 1 พันธุ์ ซึ่งจะนำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์ทั้งตลาดในประเทศและการส่งออก

3. องค์ความรู้ที่สามารถใช้ในการแนะนำพันธุ์มันสำปะหลังที่เหมาะสมเฉพาะพื้นที่ เช่น ข้อมูลเขตนิเวศมันสำปะหลังเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือกพื้นที่ดำเนินการทดสอบพันธุ์ในระดับสถานีและระดับไร่เกษตรกร เทคนิคในการระบุความเหมาะสมเฉพาะเขตนิเวศของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าเพื่อแนะนำเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมกับพื้นที่ ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ก้าวหน้าสำหรับแบบจำลองพืชที่สามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการตัดสินใจเลือกใช้พันธุ์ของเกษตรกรให้เหมาะสมกับพื้นที่ เพื่อเพิ่มผลผลิตและรายได้และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมันสำปะหลัง เพื่อไปจัดการการให้น้ำกับมันสำปะหลังต่อไป

4. องค์ความรู้ ด้านประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารและการตอบสนองของธาตุอาหารไนโตรเจนและโพแทสเซียมตามลักษณะเนื้อดิน ระดับความต้านทานโรคและแมลงที่สำคัญ รวมทั้งอายุการเก็บรักษาของท่อนพันธุ์ในมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้า เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการขอรับรองพันธุ์ และเพื่อแนะนำเกษตรกรให้สามารถผลิตมันสำปะหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิต

5. ฐานข้อมูลลักษณะต่างๆ ของเชื้อพันธุกรรม ได้แก่ ลักษณะสัณฐาน-สรีรวิทยา สำหรับใช้ในการบ่งชี้พันธุ์ข้อมูลการตอบสนองต่อระดับความเค็มของพันธุ์มันสำปะหลังในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ข้อมูลปริมาณเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสในกากมันสำปะหลังเพื่อใช้ประโยชน์สำหรับการผลิตเอทานอล ข้อมูลศักยภาพในการสร้างรากสะสมอาหารของพันธุ์มันสำปะหลังในสภาพเพาะเนื้อเยื่อ และเทคนิคการชักนำให้เกิดรากสะสมอาหารของมันสำปะหลังในสภาพเพาะเนื้อเยื่อ ซึ่งฐานข้อมูลและเทคนิคที่ได้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในงานปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังในการเลือกใช้พันธุ์คู่ผสมสำหรับนักปรับปรุงพันธุ์ และงานด้านเขตกรรม ที่ศึกษาการตอบสนองของพันธุ์ต่อธาตุอาหาร และสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้

6. เทคโนโลยีการขยายพันธุ์มันสำปะหลังแบบรวดเร็วและปลอดศัตรูพืชโดยเทคนิคโซมาติกเซลล์ที่สามารถเพิ่มปริมาณท่อนพันธุ์ดีได้เร็วกว่าเดิม และเป็นแนวทางแก้ปัญหาที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมหากอนาคตมีการระบาดอย่างรุนแรงของโรคและแมลงที่ถ่ายทอดหรือปนเปื้อนไปกับท่อนพันธุ์

โดยผู้นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์เบื้องต้นคือ นักวิชาการ ของกรมวิชาการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร สถาบันการศึกษา และหน่วยงานเอกชนที่ดำเนินงานวิจัยมันสำปะหลัง และผู้ได้รับประโยชน์สุดท้ายคือ เกษตรกร ผู้ประกอบการแปรรูปมันสำปะหลัง และผู้สนใจทั่วไป

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 2

โครงการวิจัยเทคโนโลยีชีวภาพเพื่อการจำแนกและปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง

Biotechnology for Identification and Crop Improvement in Cassava (*Manihot esculenta* Crantz.)

สุภาวดี ง้อเหรียญ บุญเรือนรัตน์ เพียรงาน จีราพร แก่นทรัพย์ มัลลิกา แก้ววิเศษ อัจฉราพรรณ ใจเจริญ อรุโณทัย ซาววา วิภาวี ชั้นโรจน์ สุวลักษณ์ อะมะวัลย์ กุสุมา รอดแพ้วพาล ศิริลักษณ์ ล้านแก้ว ภานุวัฒน์ มูลจันทะ ประพิศ วองเทียม จิณณจาร์ หาญเศรษฐสุข กฤตยา เพชรผึ้ง กิตติพัฒน์ อุโฆษกิจ

Suphawadee Ngorian Boonraunrat Pearnngan Jeeraporn Kansup Mallika Kaewwises Adcharapun Chaicharoen Aroonothai Sawwa Vipavee Chanroj Suwaluk Amawan Kusuma Rodpeawpan Sirilux Lankaew Panuwat Moonjuntha Prapit Wongtiem Jinnajar Hansethasuk Krittaya Petchpoung Kittipat Ukoskit

คำสำคัญ (Key words)

มันสำปะหลัง (cassava (*Manihot esculenta* Crantz.)), ความหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic diversity), การปรับปรุงพันธุ์พืช (plant breeding), โรคใบไหม้มันสำปะหลัง (cassava bacterial blight), ยีนต้านทานโรค (resistance gene), โรคใบด่างมันสำปะหลัง (cassava mosaic disease (CMD)), รากปม (root knot), ไส้เดือนฝอย (nematode), แป้ง (starch), ไซยาไนด์ (cyanide), แป้งเหนียว (Waxy starch), การตรวจสอบด้วยเทคนิค (*GBSSI* gene), ยีนสังเคราะห์แป้ง (Starch biosynthesis genes), ผลผลิตมันสำปะหลัง (root yield), เครื่องหมายโมเลกุล (molecular marker), เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิดเอสเอสอาร์ (SSR markers), เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิด EST-SSRs (EST – SSRs markers), เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิดสนิป (SNPs markers)

บทคัดย่อ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Cranz.) เป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร อาหารสัตว์ การแพทย์ และพลังงานทดแทน จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อให้ได้มันสำปะหลังพันธุ์ดีที่มีคุณภาพและให้ผลผลิตสูง ดังนั้นการวิจัยเทคโนโลยีชีวภาพเพื่อการจำแนกและปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความแตกต่างทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอและจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพันธุ์มันสำปะหลังสำหรับใช้เป็นข้อมูลในการจำแนกความแตกต่างระหว่างพันธุ์และการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์เพื่อการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง และ 2) การคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้ต้านทานต่อโรคแบคทีเรียลไบลท์ โรคใบด่าง โรครากปม ให้มีลักษณะผลผลิตและปริมาณแป้งสูง ไซยาไนด์ต่ำ และแป้งเหนียว โดยการใช้เครื่องหมายโมเลกุล ดำเนินการวิจัยที่สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ จ.ปทุมธานี ระหว่างเดือน ตุลาคม 2560 – ธันวาคม 2564 งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของพันธุ์มันสำปะหลังจากแปลงรวบรวมพันธุ์ของกรมวิชาการเกษตร จำนวน 270 ตัวอย่างพันธุ์

กรมวิชาการเกษตร

โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล SSR ที่ติดฉลากด้วยสีฟลูออเรสเซนต์ จำนวน 16 คู่ไพรเมอร์ ด้วยเทคนิค PCR และวิเคราะห์ขนาดของดีเอ็นเอ (Fragment Analysis) ด้วยเครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติ พบว่า ได้ข้อมูลความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์มันสำปะหลัง จำนวนทั้งสิ้น 4,320 ข้อมูล มีอัลลีลที่แสดงความแตกต่างกันถึง 88 อัลลีล และจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (phylogenetic tree) โดยวิธี UPMGA แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มหลัก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนทางพันธุกรรม (similarity coefficient) อยู่ระหว่าง 0.10 – 1.00 สามารถนำข้อมูลทางพันธุกรรมที่ได้มาใช้ในการจำแนกพันธุ์และการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ในงานปรับปรุงพันธุ์เพื่อสร้างลูกผสมให้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมมากยิ่งขึ้น และการพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลเพื่อใช้ในการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังให้มีลักษณะความต้านทานต่อโรคแบคทีเรียลไบลท์ โรคใบด่าง โรครากปม ให้มีปริมาณผลผลิตและแป้งสูง ไซยาไนด์ต่ำ และแป้งเหนียว พบว่า 1) ลักษณะต้านทานโรคแบคทีเรียลไบลท์ ที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas axonopodis* pv. Manihotis (*XAM*) สามารถคัดเลือกเครื่องหมายโมเลกุลชนิด EST-SSRs จำนวน 6 เครื่องหมาย นำไปตรวจสอบหาความต้านทานโรคกับมันสำปะหลัง จำนวน 663 พันธุ์/สายพันธุ์ พบมีพันธุ์มันสำปะหลัง จำนวน 200 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่สามารถเพิ่มปริมาณยีนต้านทานโรคได้ นำมาทดสอบลักษณะทางฟีโนไทป์ด้านการตอบสนองต่อเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรค พบมีพันธุ์มันสำปะหลัง จำนวน 22 สายพันธุ์/พันธุ์ ที่มีแนวโน้มให้ความต้านทานต่อโรคแบคทีเรียลไบลท์ 2) ลักษณะต้านทานโรคใบด่าง CMD สามารถคัดเลือกเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SCAR SSR EST-SSRs และ SNP จำนวน 9 เครื่องหมาย นำมาคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังกลุ่มพ่อแม่พันธุ์ ลูกผสม และพันธุ์ต้านทานจาก IITA จำนวน 902 พันธุ์/สายพันธุ์ พบมีพันธุ์มันสำปะหลัง จำนวน 18 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่แสดงแถบดีเอ็นเอและลำดับนิวคลีโอไทด์เช่นเดียวกับพันธุ์ต้านทาน TME3 ในทั้ง 9 เครื่องหมาย ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะเป็นพันธุ์ต้านทานโรคใบด่าง 3) ลักษณะต้านทานโรครากปม สามารถพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SNP จำนวน 2 ตำแหน่ง ที่เกี่ยวข้องกับยีนต้านทานโรครากปมที่ได้จากการใช้เทคโนโลยี Genotyping by sequencing (GBS) มาวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างลักษณะจีโนไทป์และฟีโนไทป์ของดัชนีรากปมของพันธุ์มันสำปะหลัง จำนวน 71 พันธุ์ รวมถึงได้พัฒนาไพรเมอร์สำหรับตรวจสอบตำแหน่ง SNPs ด้วยเทคนิค Tetra-Primer ARMS-PCR 4) ลักษณะแป้งสูง สามารถพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SNP จำนวน 3 ตำแหน่ง ที่เกี่ยวข้องกับปริมาณแป้ง (% amylose) สามารถนำไปใช้คัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณแป้งสูงโดยใช้เทคนิค Pyrosequencing ในการตรวจวิเคราะห์ได้ 5) ลักษณะไซยาไนด์ต่ำ สามารถพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SNP แบบ Tetra-Primer ARMS–PCR จำนวน 3 ตำแหน่ง สามารถนำไปใช้คัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำกว่า 250 mg และ 280 mg HCN/kg น้ำหนักสด 6) ลักษณะแป้งเหนียว สามารถคัดเลือกเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SNPs ตำแหน่ง C/G บนยีน GBSSI จำนวน 2 ตำแหน่ง นำมาตรวจสอบลักษณะแป้งเหนียวกับพันธุ์มันสำปะหลัง จำนวน 758 พันธุ์ พบจีโนไทป์แบบลักษณะเด่น (dominant: WxWx) ลักษณะข่มร่วม (co-dominant: Wxwx) และลักษณะด้อย (recessive: wxwx) จำนวน 522 202 และ 17 ตัวอย่าง ตามลำดับ การตรวจสอบลักษณะแป้งด้วยการย้อมสีไอโอดีนในตัวอย่างลักษณะข่มร่วมและลักษณะด้อย ไม่พบลักษณะแป้งเหนียว และได้ข้อมูลเครื่องหมาย SNPs แบบ Bi-Allelic จำนวน 19,057 ตำแหน่ง พบตำแหน่ง SNPs เฉพาะมันสำปะหลังพันธุ์แป้งเหนียว จำนวน 33 ตำแหน่ง แบ่งเป็นแบบเฮทเทอโรไซโกต จำนวน 26 ตำแหน่ง และแบบโฮโมไซโกต จำนวน 7 ตำแหน่ง สามารถนำไปใช้ในการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังแป้งเหนียวได้ และ 7) ลักษณะผลผลิต (root yield) สามารถพัฒนา

กรมวิชาการเกษตร

เครื่องหมายโมเลกุลชนิด ILP จากยีนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตแป้งในมันสำปะหลัง จำนวน 13 เครื่องหมาย และเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SNPs จำนวน 2 เครื่องหมาย สามารถนำไปใช้ในการจำแนกความแตกต่างระหว่างลักษณะผลผลิตในมันสำปะหลังได้ ทั้งนี้เครื่องหมายโมเลกุลที่พัฒนาได้นี้สามารถนำไปใช้ในการจำแนก ตรวจสอบ และคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

Abstract

Cassava is an economically important food crop of Thailand. It is useful for food industry, animal feed, medical and renewable energy. Cassava breeding is necessary in order to obtain good quality and high yielding cassava varieties. Therefore, biotechnology research for identification and crop improvement in cassava aimed to 1) The study of genetic differences and cluster analysis for genetic relationship of cassava varieties for identification of the genetic differences and for parental selection in cassava breeding programs. 2) The selection and cassava breeding for disease resistance such as bacterial blight disease, cassava mosaic disease (CMD), root knot disease and for characteristic such as root yield, starch, cyanide and waxy starch using molecular markers. The research was conducted at the Biotechnology Research and Development Office, Department of Agriculture, Pathumthani Province during October 2017 - September 2021. In this study, the genetic diversity of 270 cassava varieties from DOA collection germplasm using 16 SSR markers were labeled with fluorescent by PCR technique and fragments were analyzed by ABI3730XL DNA Analyzer. The result showed that 4,320 genetic diversity data of cassava varieties were generated with polymorphic allele in total of 88 alleles and cluster analysis based on UPGMA revealed 3 major distinct groups, similarity coefficient value in range of 0.10 – 1.00. Therefore, SSR markers in this study were appropriate to identify the genetic differences of cassava varieties, and the genetic diversity database of cassava is useful for parental selection in cassava breeding programs. And the development of molecular markers for selection of cassava variety for traits of resistance to bacterial blight, CMD, root knot disease, as well as high yield, high starch, low cyanide and waxy starch provided results as following, 1) For the resistance to bacterial blight disease caused by the bacterium *Xanthomonas axonopodis* pv. Manihotis (*XAM*), 6 EST-SSRs molecular markers were used in selection and 200 varieties from 663 cassava varieties were selected by the amplification of disease resistance genes and used to tested for phenotypic response to pathogenic bacteria. 22 cassava varieties tended to be resistant to bacterial blight. 2) For CMD resistance, 9 molecular markers of SCAR SSR EST-SSRs and SNP types were used in selection 902 cassava varieties including parent group, cassava hybrids and some resistant varieties from IITA, and found 18 cassava varieties showing the same DNA band patterns and nucleotide sequences as TME3 in all 9 molecular markers. These lines/varieties

กรมวิชาการเกษตร

may be resistant to CMD. 3) For root knot disease resistance, 2 positions of SNP molecular marker related to root knot disease gene were developed using Genotyping by sequencing (GBS) technology and analyse the differences between genotype and phenotype characteristics of root knot index of 71 cassava varieties, as well as developed primers to detect these SNPs using tetra-primer ARMS-PCR technique. 4) Hight starch, 3 positions of SNPs molecular marker related to starch content (% amylose) were developed and can be used to selection of the cassava varieties with high starch content by using the pyrosequencing technique. 5) Low cynide, 3 positions of SNPs molecular marker related to cyanide content as well as the primers for detection using tetra-primer ARMS-PCR techniques were developed and can be used to selection the cassava varieties with cyanide content less than 250 mg and 280 mg HCN/kg fresh weight. 6) Waxy starch, 2 SNPs of molecular markers, C/G position on GBSSI gene were used in selection and the waxy starch characteristics were examined with 758 cassava varieties using PCR technique, showing dominant (WxWx) co-dominant (Wxwx) and recessive (wxwx), 522, 202 and 17 samples, respectively. The testing of all co-dominant and recessive cassava samples using iodine staining found none of characteristic of waxy starch and found 19,057 positions of Bi-Allelic SNPs markers. This study found SNPs 33 positions, divided into 26 positions of heterozygous and 7 positions of homozygous which specific to waxy cassava. These SNPs markers could be further used for selection and identification of waxy cassava varieties and 7) Root yield, 13 ILP and 2 SNPs of molecular markers were developed from gene involved to starch synthesis in cassava can be used to analyse the differences between root yield in cassava. From results of all research in this project, the developed molecular markers can be used for identification, verification and selection of cassava varieties for breeding purposes.

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz.) จัดเป็นพืชอาหารที่สำคัญของโลกและเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญในประเทศไทย สามารถนำไปใช้ประโยชน์ตั้งแต่ส่วนยอดจนถึงรากสะสมอาหาร แป้งมันสำปะหลังสามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและทางการแพทย์ นอกจากนี้ยังเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์และพลังงานทดแทน ปัจจุบันมันสำปะหลังกำลังประสบปัญหาจากโรคและแมลงส่งผลกระทบต่อผลผลิตมันสำปะหลังโดยตรง ได้แก่ โรคใบด่างมันสำปะหลัง (CMD) เกิดจากเชื้อไวรัส Cassava mosaic virus (CMV) มีแมลงหวี่ขาวเป็นพาหะนำโรค พบปัญหาการแพร่ระบาดในเขตพื้นที่ประเทศกัมพูชา ซึ่งมีชายแดนติดกับประเทศไทย โดยมันสำปะหลังที่เป็นโรคนี้ผลผลิตจะลดลงมากกว่า 80% กรมวิชาการเกษตรจึงกำหนดแนวทางป้องกันและเฝ้าระวังโรค CMD อย่างใกล้ชิด ซึ่งหากมีการแพร่ระบาดเข้ามาในประเทศจะสร้างความเสียหายให้แก่เกษตรกรและส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศอีกด้วย สำหรับโรคแบคทีเรียลไบลท์ และโรครากปมที่เกิดจากไส้เดือนฝอยหากพบการระบาดของโรค จะทำให้ผลผลิตลดลงมากกว่า 50% นับเป็นโรคที่สร้างปัญหาให้กับมันสำปะหลังใน

เรื่องของผลผลิตเช่นเดียวกัน ทั้งนี้ กรมวิชาการเกษตร ยังไม่พบว่ามีพันธุ์มันสำปะหลังที่มีลักษณะการต้านทานต่อโรคดังกล่าว นอกจากนี้ประเทศไทยจำเป็นต้องทำการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังให้มีลักษณะที่ดีเป็นที่ต้องการของเกษตรกรทั้งในเรื่องของปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ได้แก่ ผลผลิต (5 – 6 ตันต่อไร่) แป้งสูง (>25%) ไซยาไนด์ต่ำ (พันธุ์รับประทาน) และแป้งเหนียว (waxy starch) ซึ่งที่ผ่านมาการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้มีลักษณะทางการเกษตรที่ต้องการจะใช้วิธีการปรับปรุงพันธุ์แบบดั้งเดิม (conventional breeding) ต้องใช้ระยะเวลานานประมาณ 8 - 10 ปี และมีหลายขั้นตอนกว่าจะสามารถคัดเลือกพันธุ์ที่มีลักษณะตามต้องการได้ ปัจจุบันเทคนิคด้านเทคโนโลยีชีวภาพเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการวิจัยและพัฒนาการปรับปรุงพันธุ์พืชมากขึ้น โดยการใช้เครื่องหมายโมเลกุลเข้ามาช่วยในกระบวนการคัดเลือกเพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืชที่เหมาะสมจำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีความแม่นยำในการคัดเลือกและสามารถแยกความแตกต่างของลักษณะที่แสดงออกได้อย่างถูกต้องแม่นยำ รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ กรมวิชาการเกษตรเป็นแหล่งรวบรวมพันธุ์มันสำปะหลังที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมจำนวนมาก ดังนั้นการใช้เครื่องหมายโมเลกุลในการตรวจสอบและคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังให้มีลักษณะทางการเกษตรที่ต้องการ สามารถช่วยร่นระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังลงได้ 3 – 4 ปี จึงเป็นตัวช่วยสำคัญในขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ให้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับพันธุ์มันสำปะหลังของไทยได้ นอกจากนี้ การใช้เครื่องหมายโมเลกุลเข้ามาช่วยในการศึกษาความแตกต่างทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของมันสำปะหลังสำหรับนำข้อมูลที่ได้มาใช้ประกอบการตัดสินใจในการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ในงานด้านการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้มีลักษณะที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและเป็นประโยชน์ต่อการบริหารจัดการทรัพยากรเชื้อพันธุ์เพื่อการอนุรักษ์ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความแตกต่างทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของพันธุ์มันสำปะหลัง และจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพันธุ์มันสำปะหลังสำหรับนำไปใช้เป็นข้อมูลในการจำแนกความแตกต่างระหว่างพันธุ์และการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์เพื่อการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง
2. เพื่อคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้ต้านทานต่อโรคแบคทีเรียลไบลท์ โรคใบด่าง โรครากปม ให้มีผลผลิตและปริมาณแป้งสูง ไซยาไนด์ต่ำ และลักษณะแป้งเหนียว โดยการใช้เครื่องหมายโมเลกุล

ขอบเขตการวิจัย

1. เป็นการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของพันธุ์มันสำปะหลังที่เก็บรวบรวมไว้ของกรมวิชาการเกษตร โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR ทำการทดสอบและคัดเลือกไพรเมอร์ที่ให้ความแตกต่างระหว่างพันธุ์ได้ดี (polymorphism) นำเครื่องหมายที่ได้ไปใช้จำแนกพันธุ์มันสำปะหลังในกลุ่มพ่อแม่พันธุ์และกลุ่มที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดี ซึ่งข้อมูลความหลากหลายทางพันธุกรรมที่ได้จะนำมาจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมสำหรับนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการคัดเลือกพันธุ์พ่อแม่สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป
2. เป็นการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้มีลักษณะการต้านทานต่อโรค ได้แก่ แบคทีเรียลไบลท์ ใบด่าง (CMD) รากปม และลักษณะสำคัญทางการเกษตร ได้แก่ ผลผลิตและแป้งสูง ไซยาไนด์ต่ำ และแป้งเหนียว โดยการใช้เครื่องหมายโมเลกุล ซึ่งต้องทำการพัฒนาและคัดเลือกเครื่องหมายโมเลกุลที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะต่างๆ

กรมวิชาการเกษตร

ดังกล่าว และนำมาใช้คัดเลือกมันสำปะหลังกลุ่มพันธุ์ต่างๆ ที่เก็บรวบรวมไว้ของกรมวิชาการเกษตร สำหรับเครื่องหมายโมเลกุลที่พัฒนาได้จะเป็นตัวช่วยสำคัญในขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ให้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ระเบียบวิธีการวิจัย

ประเด็นวิจัย : โครงการวิจัยนี้ได้ดำเนินการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของพันธุ์มันสำปะหลังที่เก็บรวบรวมไว้ของกรมวิชาการเกษตร โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR ทดสอบและคัดเลือกไพรเมอร์ที่ให้ความแตกต่างระหว่างพันธุ์ได้ดี (polymorphism) นำเครื่องหมายที่ได้ไปใช้จำแนกพันธุ์มันสำปะหลังในกลุ่มพ่อแม่พันธุ์และกลุ่มที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดี ซึ่งข้อมูลความหลากหลายทางพันธุกรรมที่ได้จะนำมาจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมสำหรับนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการคัดเลือกพันธุ์พ่อแม่สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป และการพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลเพื่อการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้มีลักษณะการต้านทานต่อโรค ได้แก่ แบคทีเรียลไบลท์ ใบด่าง (CMD) รากปม และลักษณะสำคัญทางการเกษตร ได้แก่ ผลผลิตและแป้งสูง ไซยาไนด์ต่ำ และแป้งเหนียว โดยทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลในยีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะต่างๆ ในมันสำปะหลัง และการใช้เทคโนโลยี genotyping by sequencing (GBS) ในการวิเคราะห์ข้อมูลจีโนไทป์ของมันสำปะหลังและนำมาวิเคราะห์ร่วมกับลักษณะทางฟีโนไทป์ ซึ่งต้องทำการพัฒนาและคัดเลือกเครื่องหมายโมเลกุลที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะดังกล่าว และนำมาใช้คัดเลือกมันสำปะหลังกลุ่มพันธุ์ต่างๆ และมันสำปะหลังลูกผสม สำหรับเครื่องหมายโมเลกุลที่พัฒนาได้จะเป็นตัวช่วยสำคัญในขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ให้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

สถานที่ทำการวิจัย : สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ จ.ปทุมธานี

ระยะเวลาดำเนินงาน : ตุลาคม 2560 - กันยายน 2564

วิธีการดำเนินการ :

การทดลองที่ 1 การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์มันสำปะหลังกลุ่มพ่อแม่พันธุ์โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR (เริ่มต้น 2561 – สิ้นสุด 2564)

1. การคัดเลือกไพรเมอร์ชนิด SSR ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการจำแนกพันธุ์มันสำปะหลัง

1.1 การเตรียมตัวอย่างพืชและการสกัดดีเอ็นเอจากมันสำปะหลัง

สกัดดีเอ็นเอตัวอย่างใบมันสำปะหลัง จำนวน 18 พันธุ์ โดยใช้ชุดสกัดดีเอ็นเอ Plant Genomic DNA Purification (Tiangen Biotech Co, China) ตรวจสอบคุณภาพของดีเอ็นเอ และนำมาเจือจางด้วย TE (Tris-EDTA) buffer หรือน้ำ ให้ได้ความเข้มข้น 60 นาโนกรัม/ไมโครลิตร เพื่อนำไปทำปฏิกิริยา PCR ต่อไป

1.2 การคัดเลือกไพรเมอร์ที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของมันสำปะหลัง ด้วยเทคนิค SSR

สังเคราะห์ไพรเมอร์ชนิด SSR จำนวน 60 คู่ไพรเมอร์ จากรายงานของ Mba *et al*., (2001) และ Raghu *et al*., (2007) ทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของมันสำปะหลัง จำนวน 18 ตัวอย่างพันธุ์ โดยใช้ชุด GoTaq® Green Master Mix (Promega, USA) ตรวจวิเคราะห์ผลด้วยเทคนิค 2% agarose gel electrophoresis

1.3 การวิเคราะห์ PCR Product ด้วยเครื่อง QIAxcel Advanced

คัดเลือกไพรเมอร์ชนิด SSR และสภาวะของปฏิกิริยา PCR ที่เหมาะสม สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอมันสำปะหลัง 18 พันธุ์ และให้แถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างกัน นำผลผลิต PCR ไปเข้าเครื่องวิเคราะห์ขนาดแถบ

กรมวิชาการเกษตร

ดีเอ็นเอและวิเคราะห์ผลภาพ (QIAxcel Advanced System) เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์ความแตกต่างทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของตัวอย่างมันสำปะหลัง

1.4 การบันทึกผลและวิเคราะห์ข้อมูล

1.4.1 บันทึกข้อมูลขนาดแถบดีเอ็นเอของตัวอย่างมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ โดยให้คะแนนแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏมีค่าเท่ากับ 1 และไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอ มีค่าเท่ากับ 0

1.4.2 วิเคราะห์หาค่า Polymorphic Information Content (PIC) เป็นการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องหมายที่แสดงความหลากหลายของอัลลีลที่ได้จากแต่ละเครื่องหมายดีเอ็นเอ

2. การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของพันธุ์มันสำปะหลัง

2.1 การสกัดดีเอ็นเอตัวอย่างมันสำปะหลัง

เก็บและสกัดดีเอ็นเอตัวอย่างใบมันสำปะหลังจากศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จำนวน 270 ตัวอย่างพันธุ์ ประกอบด้วย ประชากรกลุ่มพ่อแม่พันธุ์ และกลุ่มที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดี โดยวิธี CTAB ดัดแปลงจาก Dellaporta และคณะ (1983) ตรวจสอบคุณภาพของดีเอ็นเอ และเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 60 นาโนกรัม/ไมโครลิตร เพื่อนำไปทำปฏิกิริยา PCR ต่อไป

2.2 การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของมันสำปะหลัง ด้วยเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR

เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอมันสำปะหลัง จำนวน 270 พันธุ์ ด้วยไพรเมอร์ชนิด SSR ที่ติดฉลากด้วยสีฟลูออเรสเซนต์ จำนวน 16 คู่ไพรเมอร์ โดยใช้ชุด GoTaq® Green Master Mix (Promega, USA) ตรวจวิเคราะห์ผลด้วยเทคนิค 2% agarose gel electrophoresis

2.3 การวิเคราะห์ขนาดของดีเอ็นเอ (Fragment Analysis) ด้วยเครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติ

นำผลผลิตพีซีอาร์จากข้อ 2.2 ไปเข้าเครื่องวิเคราะห์ขนาดของดีเอ็นเอแบบอัตโนมัติ (Applied Biosystems™ 3730XL DNA Analyzer, Foster City, CA) เพื่อวิเคราะห์ขนาดของดีเอ็นเอ (Fragment Analysis) ด้วยเทคนิค capillary electrophoresis สามารถบอกความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอที่ได้ในระดับความห่างไม่น้อยกว่า 2 – 3 คู่เบส เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์ความแตกต่างทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของตัวอย่างมันสำปะหลัง

2.4 การบันทึกผลและวิเคราะห์ข้อมูล

2.4.1 บันทึกข้อมูลขนาดแถบดีเอ็นเอของตัวอย่างมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ โดยให้คะแนนแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏมีค่าเท่ากับ 1 และไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอมีค่าเท่ากับ 0

2.4.2 วิเคราะห์หาค่า Polymorphic Information Content (PIC) เป็นการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องหมายที่แสดงความหลากหลายของอัลลีลที่ได้จากแต่ละเครื่องหมายดีเอ็นเอ

2.4.3 การจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (cluster analysis) ด้วยวิธี Unweighted pair group method with arithmetic mean (UPGMA) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (genetic relationships) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NTSYS-pc version 2.01e

การทดลองที่ 2 การศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานโรคแบคทีเรียลไบลท์ของมันสำปะหลังด้วยโมเลกุลเครื่องหมายชนิด EST-SSRs (เริ่มต้น 2561 – สิ้นสุด 2564)

1. การค้นหาเครื่องหมายโมเลกุลที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะความต้านทานโรคแบคทีเรียลไบลท์ในมันสำปะหลัง

กรมวิชาการเกษตร

1.1 คัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่ได้รับการทดสอบความสามารถในการต้านทานโรค จำนวน 30 สายพันธุ์ นำมาสกัดดีเอ็นเอด้วยวิธี CTAB ตรวจสอบคุณภาพของดีเอ็นเอและเจือจางความเข้มข้นเหมาะสมสำหรับทำพีซีอาร์

1.2 ค้นหาข้อมูลยีนที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานโรคของมันสำปะหลังและออกแบบไพรเมอร์ชนิด EST-SSRs สำหรับใช้เป็นเครื่องหมายโมเลกุลสำหรับติดตามยีนที่ต้านทานโรคแบคทีเรียลไบลท์ ทดสอบการเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนดีเอ็นเอกับพันธุ์มันสำปะหลังที่คัดเลือกไว้ เพื่อวิเคราะห์ความเชื่อมโยงกับยีนต้านทานโรค

1.3 คัดเลือกไพรเมอร์ที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้คัดเลือกยีนต้านทานโรคจากมันสำปะหลังกลุ่มพันธุ์ต่างๆ

2. ตรวจวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างความต้านทานโรคกับโมเลกุลเครื่องหมายด้วยเทคนิคพีซีอาร์

2.1 คัดเลือกมันสำปะหลังพันธุ์ต้านทานโรค จำนวน 5 สายพันธุ์ นำมาเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยโมเลกุลเครื่องหมายที่เกี่ยวข้องกับยีนต้านทานด้วยเทคนิคพีซีอาร์ นำผลแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏไปวิเคราะห์ความเชื่อมโยง

2.2 สรุปผลความเชื่อมโยงระหว่างความต้านทานโรคกับโมเลกุลเครื่องหมาย แล้วคัดเลือกโมเลกุลเครื่องหมายที่ได้ไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

3. ศึกษาความสัมพันธ์และทดสอบเครื่องหมายโมเลกุลที่คัดเลือกได้ทั้งหมดกับลูกผสม F1 จากแปลงปรับปรุงพันธุ์ของศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง

3.1 ตรวจสอบความสัมพันธ์ของเครื่องหมายโมเลกุล โดยนำโมเลกุลเครื่องหมายที่ผ่านการทดสอบแล้วมาเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอกับต้นมันสำปะหลัง จำนวน 100 ต้น เพื่อตรวจสอบแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏ เปรียบเทียบกับความสามารถในการต้านทานโรค ด้วยการปลูกเชื้อ *Xanthomonas axonopodis* pv. Manihotis (*XAM*) เพื่อดูลักษณะของฟีโนไทป์เทียบกับลักษณะจีโนไทป์

3.2 สรุปผลและวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ของเครื่องหมายโมเลกุลและคัดเลือกต้นมันที่ต้านทานโรค

4. ทดสอบความแม่นยำของเครื่องหมายโมเลกุลกับประชากรมันสำปะหลังลูกผสม

4.1 นำโมเลกุลเครื่องหมายที่คัดเลือกได้จากข้อ 1 มาเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิคพีซีอาร์กับมันสำปะหลังพันธุ์ลูกผสมใหม่

4.2 วิเคราะห์และตรวจสอบแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏว่ามีความเชื่อมโยงกับยีนต้านทานโรคหรือไม่

4.3 สรุปผลการทดสอบความแม่นยำของเครื่องหมายโมเลกุลกับประชากรมันสำปะหลังลูกผสม

5. การตรวจสอบและคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลัง

5.1 ปลูกทดสอบพันธุ์และคัดเลือกต้นที่มีลักษณะที่ดีตรงตามความต้องการไว้อย่างน้อย 100 พันธุ์

5.2 คัดเลือกต้นพันธุ์ที่มีคุณสมบัติที่ต้องการไว้ใช้ในการขยายพันธุ์และการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

6. วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการทดลอง

บันทึกข้อมูลแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏ ข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ จำนวนต้นที่พบยีนต้านทานโรคแบคทีเรียลไบลท์ และข้อมูลไพรเมอร์ที่ออกแบบได้

การทดลองที่ 3 การใช้เครื่องหมายโมเลกุลในการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังต้านทานโรคใบด่าง Cassava Mosaic Disease (CMD) (เริ่มต้น 2561 – สิ้นสุด 2564)

กรมวิชาการเกษตร

1. ปี 2561 และปี 2562 ดำเนินการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังต้านทานโรค CMD โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลใน 4 กลุ่มเชื้อพันธุ์ประกอบด้วย พันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูก พันธุ์ที่เป็นพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ของพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูก พันธุ์ที่นักปรับปรุงพันธุ์นิยมใช้เป็นพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ และพันธุ์ที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดีมีความโดดเด่นรวมทั้งสิ้น 250 พันธุ์ ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้ การสกัดดีเอ็นเอจากใบมันสำปะหลัง การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลชนิดสการ์ เอสเอสอาร์ และอีเอสที การตรวจสอบเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิปโดยใช้เทคนิค Pyrosequencing และการผสมข้ามพันธุ์สร้างลูกผสม

2. ปี 2563 และปี 2564 ดำเนินการคัดเลือกมันสำปะหลังลูกผสมที่มีความต้านทานโรคCMD โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล รวมทั้งสิ้น 652 สายพันธุ์(ต้น) ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้ การสกัดดีเอ็นเอจากใบมันสำปะหลังลูกผสมและเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิค Direct PCR การสกัดดีเอ็นเอจากใบมันสำปะหลังเพื่อการทำซ้ำแบบ biological repeat การตรวจสอบเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสการ์ เอสเอสอาร์ และอีเอสที และการตรวจสอบเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิปโดยใช้เทคนิค Tetra-Primer ARMS–PCR

การทดลองที่ 4 การคัดเลือกลักษณะต้านทานโรครากปมในมันสำปะหลังโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล

การสกัดดีเอ็นเอมันสำปะหลัง : ทำการสกัดดีเอ็นเอมันสำปะหลัง โดยเก็บตัวอย่างใบมันสำปะหลัง 2-3 ใบต่อต้น แล้วสกัดดีเอ็นเอได้ 2 วิธีคือ การสกัดดีเอ็นเอโดยใช้ชุดสกัดดีเอ็นเอจากพืช DNeasy Plant Mini kit และการสกัดดีเอ็นเอโดยวิธี CTAB

การหาเครื่องหมายโมเลกุลจากฐานข้อมูล : โดยรวบรวมและสังเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุลที่ต้านทานโรครากปมในพืชอื่นๆ ได้แก่ หัวบีท มันฝรั่ง ถั่วอัลมอลต์ และไพรเมอร์ รวมทั้งหมด 26 คู่ จากหัวบีท (sugar beat) 3 คู่ มันฝรั่ง 15 คู่ ถั่วอัลมอลต์ 5 คู่ โดยทดสอบกับมันสำปะหลัง 14 พันธุ์ ได้แก่ พันธ์ที่ต้านทานโรครากปมคือ ระยอง1, ระยอง7, ระยอง 13, ระยอง 60, ระยอง 72 และเกษตรศาสตร์ 50 และพันธ์อ่อนแอต่อโรครากปมคือ ระยอง 2, ระยอง3, ระยอง 5, ระยอง 9, ระยอง 11, ระยอง 90, ห้วยบง 60, ห้วยบง 80

การหาเครื่องหมายโมเลกุลโดยการออกแบบ ILP (Intron Length Polymorphism) : ออกแบบไพรเมอร์แบบ ILP (Intron Length Polymorphism) โดยสืบค้นข้อมูลยีนที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานโรครากปมในมันสำปะหลังหรือพืชชนิดอื่นรวมทั้งสิ้น 4 ยีน คือ ยีน Polygalacturonase, ยีน Pectinesterase/Pectinesterase Inhibitor, ยีน Beta-Glucosidase และ ยีน Endoglucanase ทั้งหมด 31 คู่ไพรเมอร์ ทดสอบกับพันธุ์มันสำปะหลังที่มีรายงานการทดสอบไส้เดือนฝอยที่ทำให้เกิดโรครากปมที่นุชนารถและคณะรายงานเมื่อปี 2558 จำนวน 71 พันธุ์ จากนั้นทำการทดสอบ PCR กับตัวอย่างใบมันสำปะหลังจากประชากรที่ได้จากคู่ผสมที่มีพันธุ์พ่อหรือพันธุ์แม่ต้านทานโรครากปมจากศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ได้แก่ พันธุ์ลูกผสม CMR 62-11 พันธุ์แม่คือ CMR 32-94-12 และพันธุ์พ่อคือ KU 50 ที่ต้านทานโรครากปม

การหาเครื่องหมายโมเลกุลแบบ SNP : ส่งตัวอย่างดีเอ็นเอของมันสำปะหลังทั้ง 71 พันธุ์เพื่อวิเคราะห์ลำดับเบสโดยใช้เทคนิค Genotyping by sequencing (GBS) ทำการวิเคราะห์หา SNP และออกแบบ tetra primer จำนวน 6 ชุด โดยโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางPhenotype ของดัชนีรากปม ความต้านทานและความอ่อนแอต่อโรครากปมของพันธุ์มันสำปะหลัง 71 พันธุ์ ทำการทดสอบ PCR ในมันสำปะหลังลูกผสม และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างประชากรมันสำปะหลังลูกผสมกับเครื่องหมายโมเลกุลที่ใช้คัดเลือกลักษณะต้านทานโรครากปม

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 5 การใช้เครื่องหมายโมเลกุลคัดเลือกลักษณะแป้งสูงและไซยาไนด์ต่ำในการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง

(เริ่มต้น 2561 – สิ้นสุด 2564)

1. รวบรวมและทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องหมายโมเลกุลที่สัมพันธ์กับลักษณะแป้งสูงและไซยาไนด์ต่ำในหัวมันสำปะหลัง

1.1 รวบรวมและสังเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะแป้งสูงและไซยาไนด์ต่ำ เช่น ลักษณะแป้งสูง จำนวน 3 คู่ (MeES1019, MeES959 และ SSRY60) ลักษณะไซยาไนด์ต่ำจำนวน 4 คู่ (SSRY28, SSRY103, SSRY105, SSRY242)

1.2. สกัดดีเอ็นเอใบมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 พันธุ์ห้านาที กลุ่มมันสำปะหลังที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูง กลุ่มมันสำปะหลังที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำ กลุ่มมันสำปะหลังรับประทาน และกลุ่มมันสำปะหลังลูกผสมห้วยบง 60 และห้านาที จำนวน 59 ตัวอย่าง ตามวิธีของ Plant DNA Extraction Protocol

1.3 ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องหมายโมเลกุลที่สัมพันธ์กับลักษณะแป้งสูง จำนวน 3 คู่ (MeES1019, MeES959 และ SSRY60) และลักษณะไซยาไนด์ต่ำ จำนวน 5 คู่ (SSRY28, SSRY77, SSRY103, SSRY105, SSRY242) กับพันธุ์มันสำปะหลัง ได้แก่ ห้วยบง60 พันธุ์ห้านาที กลุ่มมันสำปะหลังที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูง เปอร์เซ็นต์แป้งต่ำ พันธุ์บริโภค และมันสำปะหลังลูกผสมของห้วยบง 60 และห้านาที โดยใช้ชุด 1X GoTaq® Colorless Master Mix (Promega, USA) ร่วมกับไพรเมอร์ที่ออกแบบไว้ นำดีเอ็นเอที่เพิ่มปริมาณแล้ว ตรวจแยกดีเอ็นเอด้วยเครื่องอ่านแถบดีเอ็นเอและวิเคราะห์ผลภาพแถบดีเอ็นเอชนิดเร็ว (Automated Electrophoresis) ยี่ห้อ QIAxcel : pure excellence บันทึกข้อมูลแถบดีเอ็นเอที่เกี่ยวข้องกับเครื่องหมายโมเลกุลลักษณะแป้งสูงและลักษณะไซยาไนด์ต่ำ

2. การพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิปที่สัมพันธ์กับลักษณะแป้งสูงและไซยาไนด์ต่ำในหัวมันสำปะหลัง

2.1 การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส (แป้ง) ตามวิธีดัดแปลงของ Juliano (1971) และปริมาณไซยาไนด์ด้วยวิธี picrate paper ตามวิธีดัดแปลงของ Haque และ Bradbury (1999) ในหัวมันสดจากพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อนำมาใช้วิเคราะห์ร่วมกับเครื่องหมายโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะแป้งสูง และลักษณะไซยาไนด์ต่ำในหัวมันสำปะหลัง

2.2 การพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิปที่สัมพันธ์กับลักษณะแป้งสูงและไซยาไนด์ต่ำด้วยเทคโนโลยี GBS

2.2.1 การออกแบบเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิปที่สัมพันธ์กับปริมาณไซยาไนด์และปริมาณแป้งด้วยเทคนิค tetra-primer amplification refractory mutation system polymerase chain reaction และตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป

2.2.2 การออกแบบเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิปที่สัมพันธ์กับปริมาณแป้งด้วยเทคนิค Pyrosequencing และตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป

การทดลองที่ 6 การตรวจสอบและคัดเลือกลักษณะแป้งเหนียว (waxy starch) ในมันสำปะหลังโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล (เริ่มต้น 2561 – สิ้นสุด 2564) ขอยุติงานปี 2563

1. การใช้เครื่องหมายโมเลกุลตรวจสอบลักษณะมันสำปะหลังแป้งเหนียว (Waxy starch) ด้วยวิธีพีซีอาร์

1.1 เก็บและสกัดดีเอ็นเอใบมันสำปะหลังจากแปลงรวบรวมพันธุ์ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จำนวน 758 พันธุ์ ด้วยวิธี CTAB ตามวิธีของอรุโณทัยและคณะ (2552) ตรวจสอบคุณภาพของดีเอ็นเอ และเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 50 นาโนกรัม/ไมโครลิตร เพื่อนำไปทำปฏิกิริยา

กรมวิชาการเกษตร

1.2 ไพรเมอร์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นไพรเมอร์ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะแป้งเหนียวในมันสำปะหลังตามรายงานของ Aiemnaka และคณะ (2012)

1.3 การตรวจสอบลักษณะแป้งเหนียวด้วยวิธีพีซีอาร์ โดยใช้ชุดน้ำยาสำหรับเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ Green Gotaq® Flexi (Promega, USA) ตั้งโปรแกรมการทำงานของเครื่อง thermal cycle, Gene Amp 9700

1.4 การตรวจสอบแถบดีเอ็นเอจากผลผลิตพีซีอาร์ด้วยวิธีเจลอิเล็คโทรโฟรีซีส (gel electropholesis) ย้อมด้วยเอธิเดียมโบรไมด์ บันทึกภาพแถบดีเอ็นเอและผลการตรวจสอบตำแหน่ง SNPs

2. การใช้เครื่องหมายโมเลกุลตรวจสอบลักษณะมันสำปะหลังแป้งเหนียว (Waxy starch) ด้วยวิธี TaqMan probes

2.1. ตัวอย่างพันธุ์มันสำปะหลัง ได้แก่ WaxyHB1 KU50 HB60 มาเปรียบเทียบกับข้อมูลยีน GBSSI จากฐานข้อมูล GenBank หมายเลข X74160.1

2.2 สกัดดีเอ็นเอจากใบมันสำปะหลังด้วยวิธี CTAB ตามรายงานของอรุโณทัยและคณะ (2552)

2.3 ออกแบบไพรเมอร์สำหรับดีเอ็นเอเป้าหมายขนาบข้างตำแหน่ง SNPs ได้แก่ WX_F: 5'-CCGCTTCTTCCACTCCTAC-3' และ WX_R: 5'-TTTGCCCCATACCTTCTCAAG-3' และโพรบติดฉลาก VIG สำหรับอัลลีล T และฉลากสี FAM สำหรับอัลลี G คือ WXprobeT: [VIC]-5'-AAAGATGAGTTGATCG-3'และ WXprobeG: [FAM]-5'-AAAGAGGAGTTGATCG-3'

2.4 การตรวจสอบตำแหน่ง SNPs ด้วยวิธี TaqMan probes โดยการเตรียมปฏิกิริยาตามชุด Type-it® Fast SNP Probe PCR ยี่ห้อ QIAGEN และเครื่อง Quant Studio 5 Real-Time PCR System

2.5 การตรวจสอบแถบดีเอ็นเอด้วยวิธีเจลอิเล็คโทรโฟรีซีส (gel electropholesis) บันทึกข้อมูลสรุปผลการตรวจสอบ SNPs

3. การค้นหาเครื่องหมายโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะแป้งเหนียว (Waxy starch) ในมันสำปะหลังด้วยวิธี GBS (Genotyping by Sequencing)

3.1 การสกัดดีเอ็นเอจากตัวอย่างใบมันสำปะหลังด้วยวิธี CTAB ตามรายงานของอรุโณทัยและคณะ (2552) ได้แก่ R7 R9 R11 KU50 HB80 Mcol1702 Mbar191 MBra691 MPan70 MPar104 MPar25 HBW1 และ HBW2

3.2 การวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ด้วยวิธี GBS (Genotyping by Sequencing) ทำการเปรียบเทียบและค้นหาตำแหน่ง SNPs ที่ให้ลักษณะจีโนไทป์ต่าง (polymorphism) ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะพันธุกรรม

3.3 บันทึกข้อมูลสรุปผลการตรวจสอบตำแหน่งเครื่องหมาย SNPs ที่ให้ความแตกต่าง

4. การทดสอบแป้งในหัวมันสำปะหลังด้วยการย้อมสีไอโอดีน (Iodine Staining Test)

4.1 ทดสอบสีไอโอดีนในหัวมันสำปะหลังด้วยวิธี Iodine Staining Test ตามวิธี Aiemnaka และคณะ (2012)

4.2 การทดสอบย้อมสีไอโอดีนกับเม็ดแป้งมันสำปะหลัง ตามวิธีของ Abera และ Rakshit (2003)

4.3 บันทึกภาพและสรุปผลการทดสอบการย้อมสีไอโอดีน

การทดลองที่ 7 การพัฒนาเครื่องหมายยีนในกระบวนการสังเคราะห์แป้งที่สัมพันธ์กับน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง

(เริ่มต้น 2563 – สิ้นสุด 2564)

1. ตัวอย่างพันธุ์มันสำปะหลัง

กรมวิชาการเกษตร

พันธุ์มันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลองเป็นพันธุ์มันสำปะหลังจากแปลงรวบรวมพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จำนวน 166 พันธุ์ สกัดดีเอ็นเอจากใบมันสำปะหลังด้วยวิธี CTAB (Gawel and Jarret, 1991)

2. ลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง (root yield)

การเก็บลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง (root yield) โดยการชั่งน้ำหนักหัวมันสำปะหลังทั้งหมดในหนึ่งต้นตัวอย่าง หาค่าเฉลี่ยจำนวน 1 ถึง 4 ต้นต่อตัวอย่างพันธุ์ และมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อต้น

3. การพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลชนิด ILP

ออกแบบไพรเมอร์ โดยนำลำดับเบส EST ของยีนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แป้งอย่างน้อย 7 ยีน ที่ได้จากฐานข้อมูล GenBank เปรียบเทียบกับลำดับเบสจีโนมของมันสำปะหลังโดยใช้วิธี BLAST จากฐานข้อมูล Phytozome (*Manihot esculenta*) เพื่อทำนายตำแหน่งอินทรอน และออกแบบไพรเมอร์ที่จำเพาะด้วยโปรแกรม Primer3 เพิ่มปริมาณจีโนมิกดีเอ็นเอด้วยปฏิกิริยาพีซีอาร์และตรวจสอบด้วย 2% agarose gel ตรวจวิเคราะห์ความแตกต่างขนาดดีเอ็นเอด้วยเครื่องอ่านแถบดีเอ็นเอและวิเคราะห์ผลภาพ (QIAxcel Advanced System) ประเมินประสิทธิภาพเครื่องหมายโมเลกุล โดยการบันทึกแถบดีเอ็นเอของเครื่องหมาย ILP แบบข่มร่วม ข้อมูลจีโนไทป์ที่ได้จากเครื่องหมาย ILP ถูกนำมาวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรม PowerMarker (Liu and Muse, 2005)

4. การพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SNP

พัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SNP ในมันสำปะหลัง โดยการย่อยดีเอ็นเอด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ (Restriction enzyme) 2 ชนิด *Mse*I และ *Eco*RI คัดเลือกขนาดสายดีเอ็นเอที่ตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะแล้ว (ประมาณ 200-300 เบส) ต่อปลายของชิ้นส่วนดีเอ็นเอทั้ง 2 ด้านด้วย Adapter 2 ชนิด และหาลำดับนิวคลีโอไทด์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ยุคใหม่ (illumina platform)

5. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลกับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมาย ILP กับค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง ด้วยโปรแกรม TASSEL 2.0.1 และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมาย SNP กับค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง ด้วยโปรแกรม TASSEL 5.0 (Bradbury *et al*., 2007)

ผลการทดลองและอภิปรายผล

การทดลองที่ 1 การประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของมันสำปะหลังกลุ่มพ่อแม่พันธุ์โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR

1. การคัดเลือกไพรเมอร์ชนิด SSR ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการจำแนกพันธุ์มันสำปะหลัง (ดำเนินการปี 2561)

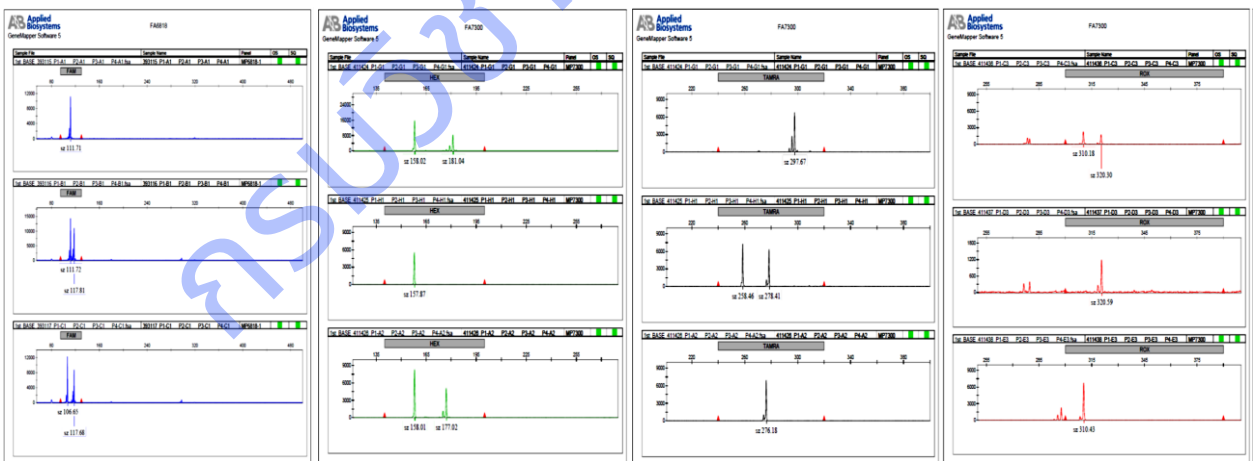
การคัดเลือกไพรเมอร์ชนิด SSR ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการจำแนกพันธุ์มันสำปะหลัง โดยทำการศึกษาในมันสำปะหลัง จำนวน 18 ตัวอย่างพันธุ์ ร่วมกับไพรเมอร์ชนิด SSR จำนวน 60 คู่ไพรเมอร์ สามารถคัดเลือกไพรเมอร์ที่มีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้จำแนกความแตกต่างทางพันธุกรรมในพันธุ์มันสำปะหลัง จำนวน 54 คู่ไพรเมอร์ และได้คัดเลือกไพรเมอร์ที่สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างพันธุ์มันสำปะหลังได้ดี จำนวน 16 คู่ไพร

กรมวิชาการเกษตร

เมอร์ สำหรับนำไปใช้จำแนกความแตกต่างทางพันธุกรรมของพันธุ์มันสำปะหลังกลุ่มพ่อแม่พันธุ์และกลุ่มที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดีต่อไป

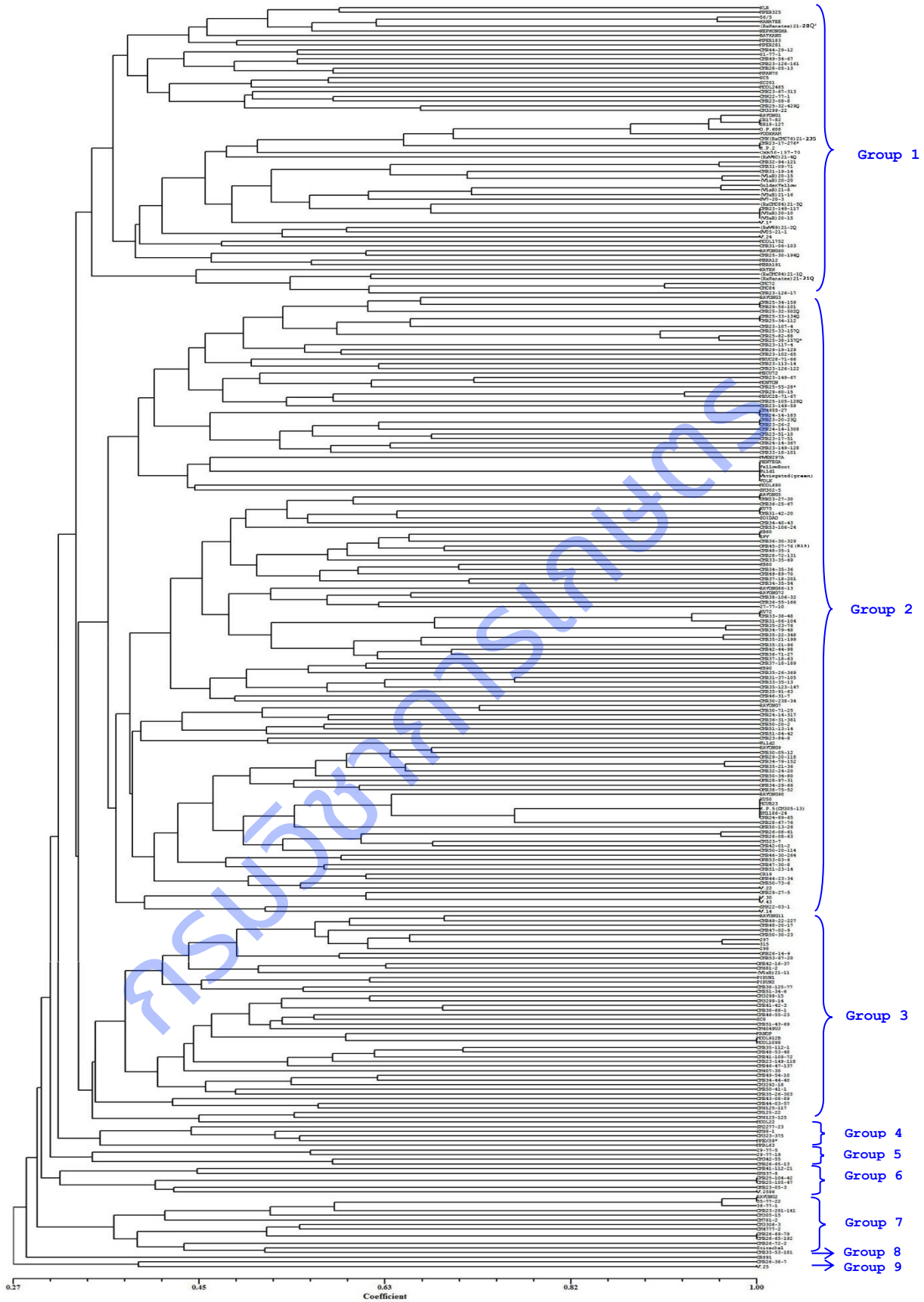
2. การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของพันธุ์มันสำปะหลัง (ดำเนินการปี 2562–2564)

การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์มันสำปะหลังกลุ่มพ่อแม่พันธุ์ที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดี กลุ่มพันธุ์ลูกผสม และกลุ่มพันธุ์นำเข้าจากต่างประเทศ (CIAT Core Collection) จากแปลงรวบรวมพันธุ์ ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จำนวน 270 ตัวอย่างพันธุ์ โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล SSR ที่ติดฉลากด้วยสารเรืองแสง 4 ชนิดคือ FAM (blue) HEX (green) TAMRA (yellow) และ ROX (red) จำนวน 16 คู่ไพรเมอร์ ได้แก่ FAM_SS147, FAM_SS148, FAM_NS911, FAM_SS20, HEX_SS59, HEX_SS149, HEX_SS21, HEX_SS151, TAMRA_SS141, AMRA_SS51, TAMRA_SS4, TAMRA_SS177, ROX_NS169, ROX_SS154, ROX_NS945, และ ROX_NS78 ด้วยเทคนิค PCR และวิเคราะห์ขนาดของดีเอ็นเอ (Fragment Analysis) **(ภาพที่ 1)** ด้วยเครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติ ABI3730XL พบว่า ได้ข้อมูลความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของพันธุ์มันสำปะหลังจำนวนทั้งสิ้น 4,320 ข้อมูล และได้ข้อมูลความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของมันสำปะหลังทั้ง 270 ตัวอย่างพันธุ์ นำมาจัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (cluster analysis) โดยวิธี UPMGA แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มหลักที่แสดงความแตกต่างกันอย่างชัดเจน **(ภาพที่ 2)** โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนทางพันธุกรรม (similarity coefficient) อยู่ระหว่าง 0.10 – 1.00 และค่า cophenetic correlation (r) เท่ากับ 0.70 ซึ่งถือว่าเป็นการจัดกลุ่มที่มีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับปานกลาง สามารถนำไปประโยชน์ในการเป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ในงานปรับปรุงพันธุ์พืช เพื่อสร้างลูกผสมให้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ขนาดดีเอ็นเอของมันสำปะหลัง โดยใช้ไพรเมอร์ชนิด SSR ที่ติดฉลากด้วยสารเรืองแสง FAM_SS148, HEX_SS149, TAMRA_SS51 และ ROX_SS154 และวิเคราะห์ผลด้วยเครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติ โดยใช้โปรแกรม GeneMapper Software 5

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ (Dendrogram) ของมันสำปะหลัง จำนวน 270 ตัวอย่างพันธุ์ วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม UPGMA clustering ด้วยเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR ที่ติดฉลากด้วยสารเรืองแสง จำนวน 16 คู่ไพรเมอร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร

การทดลองที่ 2 การศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานโรคแบคทีเรียลไบลท์ของมันสำปะหลังด้วยโมเลกุลเครื่องหมายชนิด EST-SSRs

การคัดเลือกและทดสอบประสิทธิภาพเครื่องหมายโมเลกุลกับพันธุ์มันสำปะหลัง (ดำเนินการปี 2561-2564)

1. ทดสอบประสิทธิภาพของไพรเมอร์ จำนวน 31 คู่ไพรเมอร์ ได้แก่ ไพรเมอร์ชนิด EST, ไพรเมอร์ยีนต้านทานแบคทีเรียลไบลท์คือ MEXTS และ MTAI8 จำนวน 21 ไพรเมอร์ และไพรเมอร์ ชนิด SSRY จำนวน 10 ไพรเมอร์ กับดีเอ็นเอของมันสำปะหลังที่ผ่านการทดสอบความต้านทานโรคแบคทีเรียลไบลท์ จำนวน 11 สายพันธุ์ พบไพรเมอร์ที่สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้จำนวน 18 คู่ไพรเมอร์ ดังนี้ MBBR1, MBBR4, MBBR5, MBBR7, MBBR9, MBBR10, MBBR13, MBBR17 และ SSrY1, SSrY2, SSrY3, SSrY4, SSrY5, SSrY6, SSrY7, SSrY8, SSrY9 และ SSrY10

2. ทดสอบประสิทธิภาพของไพรเมอร์ จำนวน 18 คู่ไพรเมอร์ กับดีเอ็นเอมันสำปะหลังกลุ่มพ่อแม่พันธุ์ จำนวน 105 พันธุ์ พบว่า มีไพรเมอร์ที่สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ จำนวน 5 ไพรเมอร์ ได้แก่ MBBR5, MBBR9, MBBR13, MBBR17 และ SSRY5 พบมันสำปะหลังที่มีแนวโน้มต้านทานโรคแบคทีเรียลไบลท์สูงกว่าพันธุ์อื่น สามารถให้แถบดีเอ็นเอของยีนเกี่ยวข้องกับความต้านทานมากถึง 5 แถบ จำนวน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ CMR 35-112-1, CMR 41-42-3, CMR 41-109-72, CMR 42-16-37 และ MVEN 297A

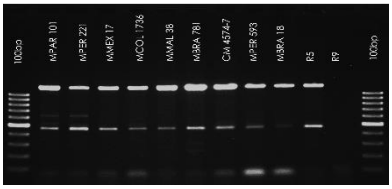
3. ทดสอบประสิทธิภาพของไพรเมอร์ จำนวน 18 คู่ไพรเมอร์ กับกลุ่มพันธุ์ลูกผสม F1 ปี 2558 จำนวน 76 พันธุ์ พบมีไพรเมอร์ที่สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ จำนวน 6 ไพรเมอร์ ได้แก่ MBBR4 (667 bp), MBBR5 (664 bp), MBBR9 (609 bp), MBBR13 (681 bp), MBBR17 (627 bp) และ SSRY5 (299 bp) ได้พันธุ์มันสำปะหลังที่สามารถคัดเลือกด้วยไพรเมอร์ EST และ SSrY จำนวน 17 สายพันธุ์ โดยมีมันสำปะหลัง จำนวน 6 สายพันธุ์ ที่เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ทั้ง 4 เครื่องหมาย ได้แก่ CMR-58-133-42, CMR-58-170-55, CMR-58-74-141, CMR-58-177-29, CMR-58-35-28 และ CMR-58-20-106 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีแนวโน้มความต้านทานสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ

4. ทดสอบประสิทธิภาพของไพรเมอร์ จำนวน 4 ไพรเมอร์ ได้แก่ MBBR9, MBBR13, MBBR17 และ SSRY5 ทดสอบกับกลุ่มพันธุ์อนุรักษ์พันธุ์ไทย จำนวน 200 พันธุ์ พบไพรเมอร์ที่สามารถเพิ่มปริมาณยีนต้านทานโรคแบคทีเรียลไบลท์ได้ จำนวน 3 ไพรเมอร์ ได้แก่ MBBR13, MBBR17 และ SSRY5

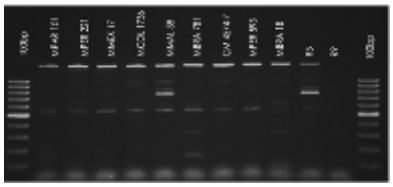
5. ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องหมายโมเลกุลในการเพิ่มปริมาณยีนที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานโรคแบคทีเรียลไบลท์จากดีเอ็นเอของมันสำปะหลัง จำนวน 558 พันธุ์ ประกอบด้วย กลุ่มพันธุ์อนุรักษ์พันธุ์ไทย จำนวน 200 ตัวอย่างพันธุ์ กลุ่มพันธุ์ลูกผสม F1 จำนวน 76 ตัวอย่างพันธุ์ กลุ่มพันธุ์บริโภค จำนวน 144 ตัวอย่างพันธุ์ และกลุ่มพันธุ์ลูกผสมปี 2562 จำนวน 138 ตัวอย่างพันธุ์ ทดสอบกับไพรเมอร์ที่คัดเลือกไว้ จำนวน 11 ไพรเมอร์ พบมีเพียง 6 ไพรเมอร์ ที่สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ คือ MBBR4 (667 bp), MBBR5 (664 bp), MBBR9 (609 bp), MBBR13 (681 bp), MBBR17 (627 bp), และ SSrY5 (299 bp)

6. คัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังสำหรับทดสอบกับเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคใบไหม้ *Xanthomonas campestris* pv. Manihotis ได้จำนวน 200 สายพันธุ์ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยวิธี Association mapping คัดเลือกมันสำปะหลังในแปลงอนุรักษ์พันธุ์มา จำนวน 162 สายพันธุ์ นำมาปลูกในกระถาง 4 นิ้วในวัสดุปลูกขุยมะพร้าวจนมีใบจริงจำนวน 3 ใบ จึงนำไปทดสอบฟีโนไทป์ด้านการตอบสนองต่อเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรค โดยให้คะแนนความต้านทานระดับ 0-5 จากการประเมินความรุนแรงของอาการใบไหม้ สามารถคัดเลือกมันสำปะหลังที่มีแนวโน้มให้ความต้านทานต่อโรคแบคทีเรียลไบลท์ จำนวน 22 สายพันธุ์

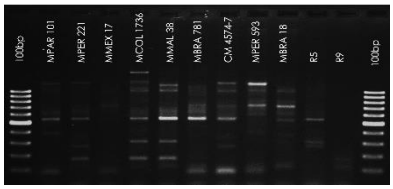
กรมวิชาการเกษตร



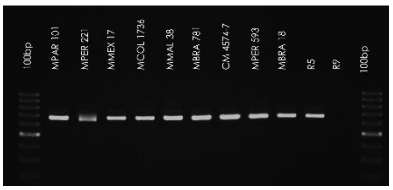
MBBR4 Size≈ 667 bp



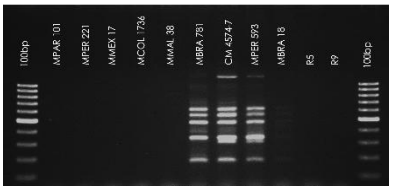
MBBR5 Size≈ 664 bp



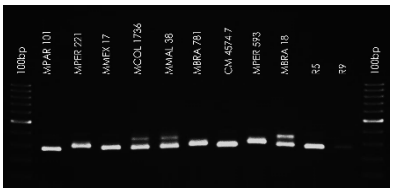
MBBR9 Size≈ 609 bp



MBBR13 Size≈ 681 bp

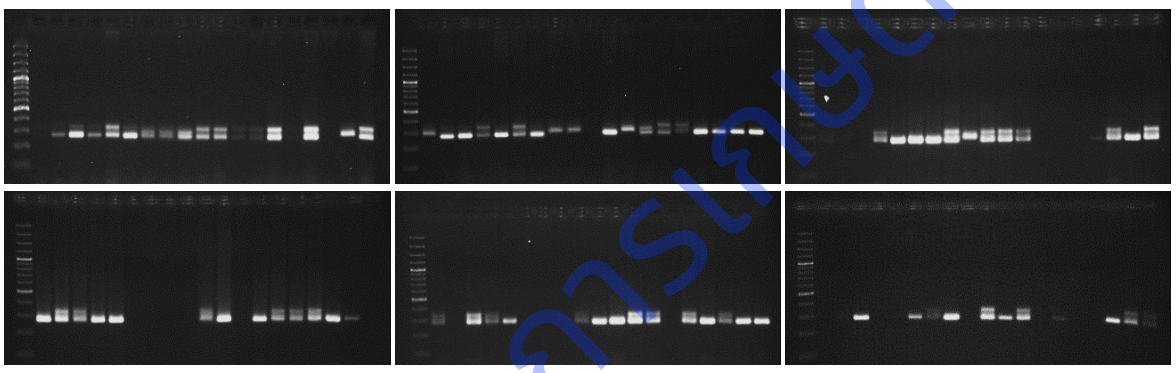


MBBR17 Size≈ 627 bp



SSRY5 Size≈ 299 bp

ภาพที่ 1 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องหมายโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับยีนต้านทานโรคแบคทีเรียลไบลท์กับพันธุ์มันสำปะหลังที่ผ่านการทดสอบความต้านทานโรคแบคทีเรียลไบลท์ จำนวน 11 พันธุ์



ภาพที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องหมายโมเลกุล SSrY5 กับพันธุ์มันสำปะหลังลูกผสมปี 2562 ด้วยเทคนิคพีซีอาร์ และตรวจสอบผลด้วยเทคนิคอิเลคโทรโฟรีซิส

การทดลองที่ 3 การใช้เครื่องหมายโมเลกุลในการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังต้านทานโรคใบด่าง Cassava Mosaic Disease (CMD)

<u>ปี 2561 และ 2562 :</u> การใช้เครื่องหมายโมเลกุลในการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังต้านทานโรคใบด่างจากเชื้อพันธุ์มันสำปะหลังจากศูนย์วิจัยพืชไร่ระยองจำนวนทั้งสิ้น 250 พันธุ์

จากผลการทดลอง พบพันธุ์มันสำปะหลังที่แสดงแถบดีเอ็นเอใกล้เคียงกับพันธุ์ต้านทาน TME3 และมีแนวโน้มที่จะเป็นพันธุ์ต้านทานรวมทั้งสิ้น 14 พันธุ์ ได้แก่ MMAL63, พิรุณ2, MBRA18, ระยอง11, CMR49-22-227, CMR49-54-10, CMR49-54-67, CMR 23-149-59, MNGA 1, CMR 33-35-69, CMR 28-05-13, CM 4574-7, MECU 71 และ 01-77-1 โดยมีพันธุ์มันสำปะหลัง 2 พันธุ์ที่แสดงแถบดีเอ็นเอและมีลำดับนิวคลีโอไทด์เช่นเดียวกับพันธุ์ต้านทาน TME3 ในทั้ง 9 เครื่องหมายโมเลกุล ได้แก่ พันธุ์ MMAL63 และ CMR23-149-59 **(ตารางที่ 1)**

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1 สรุปจีโนไทป์ของพันธุ์ candidate จำนวน 14 พันธุ์ เปรียบเทียบกับพันธุ์ต้านทาน TME3

Variety	SCAR and SSR markers				EST markers		SNP markers		
	RME1	NS158	SSRY28	NS169	EST-R	EST-K	Ex2-78	Ex2-157	Ex3-128
TME 3	√	√	√	√	√	√	√	√	√
KU 50	×	×	√	×	√	√	√	√	√
MCUB 23	×	×	×	×	√	√	×	√	×
MMAL 63	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Pirun 2	√	√	×	√	√	√	×	√	×
MBRA 18	√	√	×	√	√	√	×	√	×
Rayong 11	√	√*	×	√	√	√	√	√	√
CMR 49-22-227	√	√*	×	√	√	√	√	√	√
CMR 49-54-10	√	√*	×	√	√	√	√	√	×
CMR 49-54-67	√	√*	×	√	√	√	√	√	×
CMR 23-149-59	√	√*	√	√	√	√	√	√	√
MNGA 1	√*	√*	×	√	√	√	√	√	√
CMR 33-35-69	√	√*	√	√	√	√	√	√	×
CMR 28-05-13	√	√*	×	√	√	√	√	√	√
CM 4574-7	√	×	×	√	√	√	√	√	×
MECU 71	√	×	×	×	√*	√	√	√	√
01-77-1	√*	√	×	√	×	√	√	√	×

√ : แสดงแถบดีเอ็นเอหรือลำดับนิวคลีโอไทด์เช่นเดียวกับพันธุ์ต้านทาน TME3

√*: แสดงแถบดีเอ็นเอเช่นเดียวกับพันธุ์ต้านทาน TME3 ในช่วงขนาดแถบดีเอ็นเอที่มีรายงานว่ามีความเกี่ยวข้องกับความต้านทานโรคแต่มีแถบดีเอ็นเอขนาดอื่นปรากฏมาด้วย

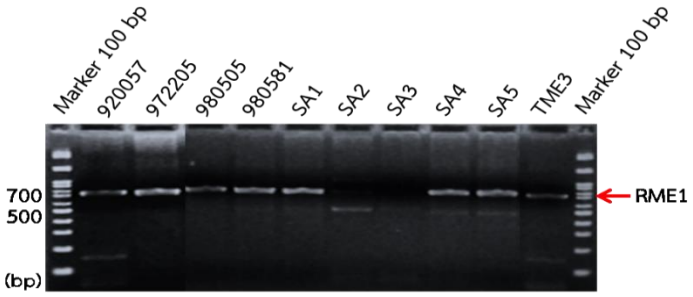
× : แสดงแถบดีเอ็นเอหรือลำดับนิวคลีโอไทด์ไม่เหมือนกับพันธุ์ต้านทาน TME3

<u>ปี 2563 และ 2564 :</u> การใช้เครื่องหมายโมเลกุลในการคัดเลือกสายพันธุ์มันสำปะหลังต้านทานโรคใบด่างในลูกผสม จำนวนทั้งสิ้น 652 พันธุ์

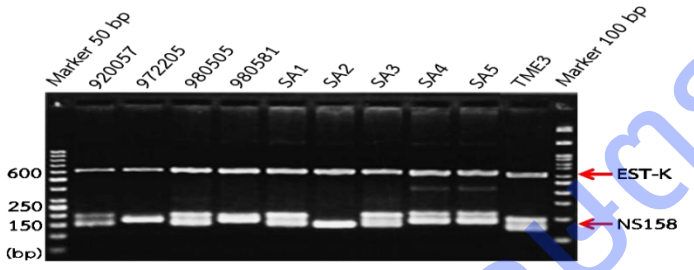
คัดเลือกมันสำปะหลังลูกผสมและพันธุ์ต้านทานจาก IITA จำนวน 652 สายพันธุ์/พันธุ์ พบมันสำปะหลัง 16 สายพันธุ์/พันธุ์ที่แสดงแถบดีเอ็นเอและมีลำดับนิวคลีโอไทด์เช่นเดียวกับพันธุ์ต้านทาน TME3 ในทั้ง 9 เครื่องหมาย (1) CMR 60-36-5 (2) CMR 60-48-26 (3) CMR 60-48-69 (4) CMR 61-42-04 (5) CMR 61-42-06 (6) CMR 61-42-10 (7) CMR 61-42-44 (8) CMR 61-97-01 (9) CMR 61-97-04 (10) CMR 61-97-05 (11) CMR 61-97-08 (12) CMR 61-97-13 (13) CMR 62-60-21 (14) 920057 จาก IITA (15) 980505 จาก IITA (16) SA1 (CMR 64-180-01) **(ภาพที่ 1 และภาพที่ 2)**

สำหรับสายพันธุ์ SA4 (CMR 64-181-01) และ SA5 (CMR 64-181-02) ซึ่งเป็นลูกผสมระหว่าง CMR 37-18-201 x TME3 แม้ว่าแสดงแถบดีเอ็นเอหรือลำดับนิวคลีโอไทด์เช่นเดียวกับพันธุ์ต้านทาน TME3 จำนวน 7 เครื่องหมาย (ไม่ครบ 9 เครื่องหมาย) ได้แก่ RME1, SSRY28, EST-R, EST-K, Ex2-78, Ex2-157 และ Ex3-128 ลูกผสม 2 สายพันธุ์นี้มีความเป็นไปได้สูงที่จะแสดงฟีโนไทป์ต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังเนื่องจากสืบเชื้อสายมาจากพันธุ์ TME3 โดยตรง ซึ่งในพันธุ์ TME3 มีโลคัส *CMD2* ที่เป็นโลคัสหลักในการควบคุมลักษณะความต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง และเครื่องหมายโมเลกุล RME1, NS158, SSRY28, NS169 ที่ใช้ในการคัดเลือกพันธุ์มีความสัมพันธ์กับโลคัสดังกล่าว สำหรับพันธุ์และลูกผสมเหล่านี้อาจมีความเป็นไปได้ที่จะเป็นพันธุ์ต้านทานโรคใบด่าง อย่างไรก็ตามมีความจำเป็นที่จะต้องนำพันธุ์และลูกผสมที่ได้จากการคัดเลือกด้วยเครื่องหมายโมเลกุลไปทำการทดลองกับเชื้อโรคจริง นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาเทคนิคต่างๆ 3 เทคนิค ได้แก่ การสกัดดีเอ็นเอจากมันสำปะหลังที่รวดเร็ว ประหยัด และปราศจากตัวทำละลายอินทรีย์อันตรายโดยใช้วิธี SDS/NaCl+PVP การตรวจสอบเครื่องหมายโมเลกุลต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังแบบไพรเมอร์หลายคู่ในหนึ่งปฏิกิริยา (multiplex PCR) **(ภาพที่ 2)** และการตรวจสอบเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิปในยีน *Peroxidase* โดยใช้เทคนิค Tetra-Primer ARMS–PCR เป็นการช่วยประหยัดงบประมาณ และลดระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบเพื่อคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 1 จีโนไทป์ของพันธุ์มันสำปะหลังและลูกผสม candidate คัดเลือกในปี 2564 ที่ทดสอบด้วยเครื่องหมายโมเลกุล RME1



ภาพที่ 2 จีโนไทป์ของพันธุ์มันสำปะหลังและลูกผสม candidate คัดเลือกในปี 2564 ที่ทดสอบด้วยเครื่องหมายโมเลกุล EST-K และ NS158 แบบ Multiplex PCR

การทดลองที่ 4 การคัดเลือกลักษณะต้านทานโรคราก้ปมในมันสำปะหลังโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล

การสกัดดีเอ็นเอมันสำปะหลัง

การสกัดดีเอ็นเอมันสำปะหลัง 2 วิธี พบว่าการใช้ชุดสกัดดีเอ็นเอจากพืชมีข้อดีคือสะดวก รวดเร็ว แต่ปริมาณที่ได้แต่ละครั้งจะมีปริมาณน้อย ส่วนวิธี CTAB ใช้เวลามากกว่าวิธีใช้ชุดสกัด แต่สามารถสกัดได้ดีเอ็นเอเป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถเก็บไว้ใช้ในการทดสอบทำ PCR ได้หลายครั้ง

การหาเครื่องหมายโมเลกุลจากฐานข้อมูล

พบว่า มีบางคู่ไพรเมอร์ที่มีแนวโน้มว่าสามารถใช้จำแนกพันธุ์ต้านทานกับพันธุ์อ่อนแอต่อโรคราก้ปมได้ เช่น คู่ไพรเมอร์ 146 แถบดีเอนเอที่ประมาณ 700 bp จะพบในมันสำปะหลังบางพันธุ์เท่านั้น ไพรเมอร์ N 195 พบว่า ไม่ปรากฏแถบดีเอนเอของมันสำปะหลังบางพันธุ์ ไพรเมอร์ NEM06 พบแถบดีเอนเอด้านบนเฉพาะบางพันธุ์ ซึ่งเป็นพันธุ์อ่อนแอ และไพรเมอร์ SSR4 พบแถบด้านบนในพันธุ์อ่อนแอ เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแถบที่แตกต่างกันระหว่างพันธุ์ต้านทานกับพันธุ์อ่อนแอในเบื้องต้น พบว่า เมื่อใช้ไพรเมอร์ NEM06 จะปรากฏแถบบนสุดในมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 กับห้วยบง 60 ซึ่งเป็นพันธุ์อ่อนแอ จึงอาจจะใช้เป็นเครื่องหมายโมเลกุลจำแนกพันธุ์อ่อนแอต่อโรคราก้ปมได้

การหาเครื่องหมายโมเลกุลโดยการออกแบบ ILP (Intron Length Polymorphism)

จากการวิเคราะห์ไพรเมอร์ ILP ที่สามารถเพิ่มปฏิกิริยาให้มันสำปะหลัง พบว่า มีไพรเมอร์ 15 คู่ ที่ให้ความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอในมันสำปะหลัง ได้แก่ PGLR7, PMEU2, BGL1, BGL2, BGL3, BGL4, BGL7, BGL9, BGL10, GUN4, GUN5, GUN6, GUN7, GUN8, GUN9 เมื่อทำการทดสอบไพร์เมอร์ทั้ง 15 คู่กับมันสำปะหลังทั้ง

กรมวิชาการเกษตร

71 พันธุ์ พบว่า จากการทำ PCR แล้วดูแถบผลผลิตดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นใน 2% agarose gel ไพรเมอร์ที่เห็นความแตกต่างของพันธุ์ได้คือ BGL7 และ GUN5 ส่วนไพรเมอร์คู่อื่น ผลผลิตดีเอ็นเอที่ได้ไม่สามารถแยกความแตกต่างได้อย่างชัดเจน เมื่อทำการนำผลผลิต PCR เข้าเครื่อง QIAxcel เพื่อดูแถบผลผลิตดีเอ็นเอ เมื่อนำผลผลิต ดีเอ็นเอจากการทำ PCR ด้วยไพรเมอร์ทั้ง 15 คู่ บันทึกแถบดีเอ็นด้วยเครื่อง QIAxcel พบว่า มีไพรเมอร์ 6 คู่ ที่แถบดีเอ็นเอมีความแตกต่างกัน ได้แก่ BGL2, BGL4, BGL7, GUN4, GUN5, PGLR7 และมีไพรเมอร์ 6 คู่ ที่ให้ผลแถบดีเอ็นเอมันสำปะหลังทั้ง 71 สายพันธุ์ ไม่ต่างกัน ได้แก่ BGL1, BGL3, BGL10, GUN7, GUN9, PMEU2 ส่วนไพรเมอร์อีก 3 คู่ ให้ผลไม่ชัดเจน ได้แก่ BGL9, GUN6, GUN8 จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยดูจากการทดสอบความต้านทานโรคราก็ปม (นุชนารถและคณะ, 2558) และการวิเคราะห์แถบดีเอนเอจากไพร์เมอร์คู่ต่างๆ พบว่า พันธุ์ที่ต้านทานทานโรครากปมและสามารถเห็นความแตกต่างของแถบดีเอนได้ คือพันธุ์ R1, R7, R13, R60, R72 และ KU50 จึงได้คัดเลือกพันธุ์ลูกผสมจากศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง โดยเก็บตัวอย่างลูกผสม 2 สายพันธุ์ ที่มีพันธุ์พ่อหรือพันธุ์แม่ต้านทานโรครากปม

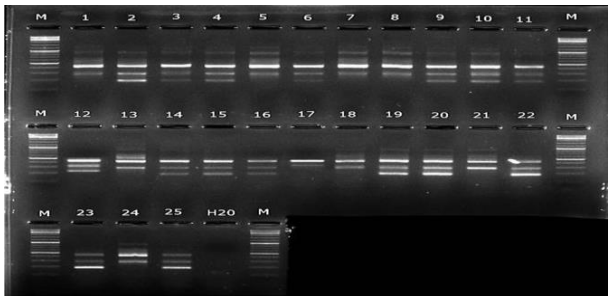
1. พันธุ์ลูกผสม CMR 62-11 พันธุ์แม่คือ CMR 32-94-12 และพันธุ์พ่อคือ KU 50 ที่ต้านทานโรครากปม
2. พันธุ์ลูกผสม CMR 62-79 พันธุ์แม่คือ CMR 50-70-76 และพันธุ์พ่อคือ R7 ที่ต้านทานโรครากปม เก็บ

ทำการทดสอบ PCR จากลูกผสมที่เก็บตัวอย่างมากับไพรเมอร์ทั้ง 6 คู่ คือ BGL2, BGL4, BGL7, GUN4, GUN5, PGLR7 พบว่า ไพรเมอร์ที่ให้ความแตกต่างของลูกผสมแต่ละต้นได้อย่างชัดเจนคือ BGL7 โดยไพรเมอร์ BGL7 จะให้แถบดีเอนเอที่แตกต่างในลูกผสม CMR 62-11 แต่ละต้น ในขณะที่แถบดีเอนเอในลูกผสม CMR 62-79 จะไม่ค่อยมีความแตกต่างกันนัก การดูแถบผลผลิตดีเอ็นเอจากเครื่อง QIAxcel พบว่าเมื่อนำผลผลิตดีเอ็นเอจากการทำ PCR ด้วยไพรเมอร์ทั้ง 4 คู่ คือ BGL2, BGL4, BGL7, GUN 5 บันทึกแถบดีเอ็นด้วยเครื่อง QIAxcel พบว่ามีไพรเมอร์ทั้ง 4 คู่ ให้ความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอ โดยไพรเมอร์ BGL7 และ GUN5 ที่ให้ความแตกต่างของลูกผสมแต่ละต้นได้อย่างชัดเจน แถบดีเอ็นเอที่บันทึกได้มีแถบเดียวและสองแถบ ส่วนไพรเมอร์ BGL2 และ BGL4 จะให้ดีเอ็นเอแถบเดียวแต่ขนาดของแถบดีเอ็นเอที่ได้จะไม่เท่ากัน

การหาเครื่องหมายโมเลกุลแบบ SNP

การวิเคราะห์ข้อมูลดัชนีรากปม ความต้านทานโรครากปมของมันสำปะหลังทั้ง 71 สายพันธุ์ ร่วมกับข้อมูล GBS พบว่า สามารถหาเครื่องหมายโมเลกลุที่สัมพันธ์กับความต้านทานโรครากปมของมันสำปะหลัง จำนวน 6 ชุด อยู่บนโครโมโซมที่ 2 จำนวน 4 ชุด ได้แก่ Me02005300154 Me02005300193 Me02005300263 Me02005300311 อยู่บนโครโมโซมที่ 14 จำนวน 2 ชุด ได้แก่ Me14011932275 Me14011945690 ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาออกแบบไพร์เมอร์เพื่อใช้เป็นเครื่องหมายโมเลกุลในการจำแนกมันสำปะหลังที่ต้านทานโรครากปมที่เกิดจากไส้เดือนฝอย จำนวน 6 ชุดไพรเมอร์ ทำการทดสอบความใช้ได้ของเครื่องหมายโมเลกุลกับพันธุ์มันสำปะหลังต้านทานและอ่อนแอต่อโรครากปม พบว่าเครื่องหมายโมเลกุล สามารถใช้ในการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่ต้านทานได้ โดยแยกความแตกต่างจากแถบที่แตกต่างกันระหว่างพันธุ์มันสำปะหลังที่ต้านทานโรคโดยให้แถบ 2 แถบ และพันธุ์อ่อนแอต่อโรคให้แถบ 3 แถบ สำหรับการทดสอบเครื่องหมายโมเลกุลกับมันสำปะหลังลูกผสมที่มีพันธุ์พ่อหรือพันธุ์แม่เป็นพันธุ์ R11 ได้แก่ มันสำปะหลัง 17 สายพันธุ์ รวมทั้งพันธุ์พ่อ พันธุ์แม่ ไปทดสอบกับไพรเมอร์ชุดที่ 1, 2, 3 พบว่า ชุดที่ 1 จะให้แถบที่ชัดเจน สายพันธุ์ R11 ที่เป็นพันธุ์อ่อนแอจะให้แถบชัดเจน ส่วนพันธุ์พ่อและแม่พันธุ์อื่นมีทั้งพันธุ์อ่อนแอและต้านทานโรครากปม ผลที่ได้ในลูกผสมแต่ละต้นจะมีลักษณะที่ต่างกันออกไป คือ จะมีทั้ง 2 แถบและ 3 แถบ ซึ่งในการปรับปรุงพันธุ์สามารถเลือกเอาต้นที่ให้ผลผลิต PCR เป็น 2 แถบ **(ภาพที่ 1)** ซึ่งหมายถึงลักษณะต้านทานโรครากปม ไปปรับปรุงพันธุ์ต่อไปได้

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 1 แสดงแถบดีเอ็นเอของมันสำปะหลังลูกผสมสายพันธุ์ต่างๆ จากการทดสอบโดยใช้ไพรเมอร์ 2-154

การทดลองที่ 5 การใช้เครื่องหมายโมเลกุลคัดเลือกลักษณะแป้งสูงและไซยาไนด์ต่ำในการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง

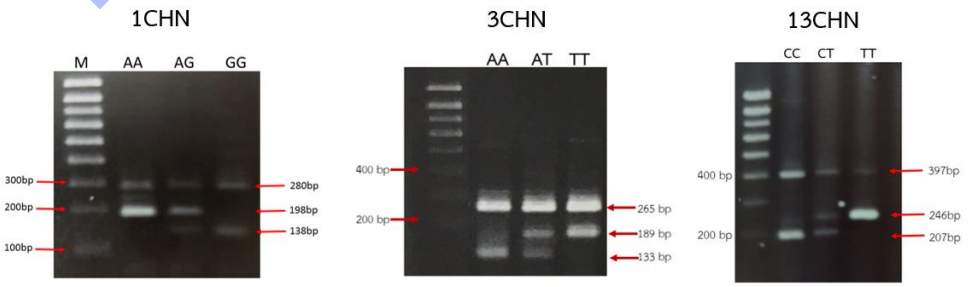
1. รวบรวมและทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องหมายโมเลกุลที่สัมพันธ์กับลักษณะแป้งสูงและไซยาไนด์ต่ำในหัวมันสำปะหลัง

เครื่องหมายโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะแป้งสูงและไซยาไนด์ต่ำที่รวบรวมจากเอกสารทางวิชาการต่างๆ ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องหมายโมเลกุลทั้ง 7 เครื่องหมาย ได้แก่ ลักษณะแป้งสูง MeES959 และ SSRY60 และลักษณะไซยาไนด์ SSRY28 SSRY77 SSRY103 SSRY105 และ SSRY242 ทดสอบประสิทธิภาพกับมันสำปะหลังจำนวน 59 พันธุ์ พบว่า เครื่องหมายดีเอ็นเอแต่ละชนิดใช้แยกความแตกต่างในพันธุ์ลูกผสมที่ใช้พันธุ์ห้านาที หรือพันธุ์ห้วยบงเป็นพ่อแม่พันธุ์ได้เท่านั้น ไม่สามารถใช้คัดเลือกในมันสำปะหลังพันธุ์อื่นได้ ดังนั้นจึงต้องพัฒนาหาเครื่องหมายโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะแป้งสูงและลักษณะไซยาไนด์ต่ำ ด้วยเทคนิค Genotyping By Sequencing (GBS)

2. การพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิปที่สัมพันธ์กับลักษณะแป้งสูงและไซยาไนด์ต่ำด้วยเทคโนโลยี GBS

2.1 การออกแบบเครื่องหมายโมเลกุลสำหรับการตรวจ SNP กับลักษณะปริมาณไซยาไนด์และตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป

ทำการตรวจสอบความใช้ได้ของเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิปที่เกี่ยวข้องกับปริมาณไซยาไนด์ทั้ง 15 ชุด ทำปฏิกิริยาพีซีอาร์กับตัวอย่างดีเอ็นเอของมันสำปะหลัง พบว่า เครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป ชุดที่ 1 (1CHN) ชุดที่ 3 (3CHN) และชุดที่ 13 (13CHN) สามารถแยกจีโนไทป์ของแต่ละอัลลีลของมันสำปะหลังได้ชัดเจน จากนั้นตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป โดยการทดสอบกับตัวอย่างดีเอ็นเอของมันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์ที่อยู่ในช่วง 87.40 - 911.60 mg HCN/kg น้ำหนักสด พบว่า เครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป ชุดที่ 1 (1CHN) ชุดที่ 3 (3CHN) และชุดที่ 13 (13CHN) สามารถให้ผลถูกต้องตรงกับผลฟีโนไทป์ (phenotype) คิดเป็นร้อยละ 64.81 73.33 และ 76.64 ตามลำดับ) **(ภาพที่ 1)**



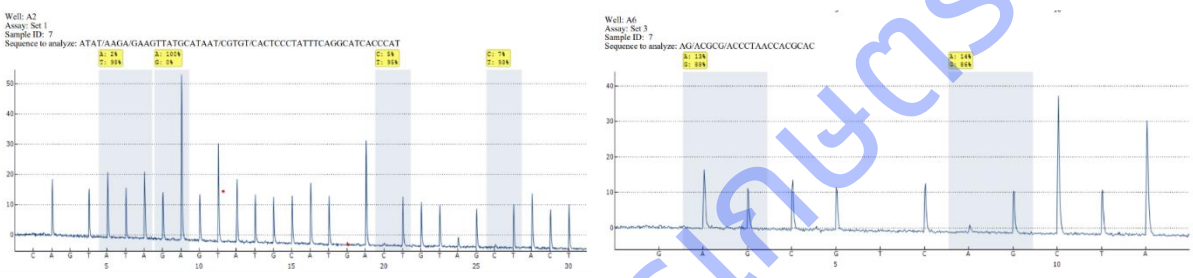
ภาพที่ 1 ผลการตรวจสอบความจีโนไทป์ของมันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำกว่า 280 mg HCN/kg น้ำหนักสด (อัลลีล AA) เมื่อใช้เครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิปที่เกี่ยวข้องกับปริมาณไซยาไนด์ชุดที่ 1(1CHN) และจีโนไทป์

กรมวิชาการเกษตร

ของมันสำปะหลังสายพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำกว่า 250 mg HCN/kg น้ำหนักสด (อัลลีล TT) และ(อัลลีล CC) เมื่อใช้เครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิปชุดที่ 3 (3CHN) และ 13 (13CHN) ตามลำดับ

2.2 การออกแบบเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิปที่สัมพันธ์กับปริมาณแป้งด้วยเทคนิค Pyrosequencing

จากการตรวจสอบเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป จำนวน 6 ตำแหน่ง ประกอบด้วย SNP 1, SNP 2, SNP 3, SNP 4, SNP 5, และ SNP 6 ด้วยเทคนิค Pyrosequencing พบว่า มีเพียงตำแหน่งเครื่องหมายโมเลกุลของ SNP 2, SNP 5 และ SNP 6 ที่แสดงจีโนไทป์ทั้ง 3 รูปแบบ คือ จีโนไทป์ AA GG และ AG จากนั้นจึงทำการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป โดยนำจีโนไทป์เปรียบเทียบกับผลฟีโนไทป์ (% amylose) พบว่า เครื่องหมายโมเลกุลของ SNP 2 และ SNP 6 สามารถให้ผลถูกต้องตรงกับผลฟีโนไทป์ของพันธุ์ที่มีปริมาณแป้ง (% amylose) สูงกว่า 10.83 คิดเป็นร้อยละ 70.94 และ 69.62 ตามลำดับ ส่วนเครื่องหมายโมเลกุลของ SNP 5 สามารถให้ผลถูกต้องตรงกับผลฟีโนไทป์ของพันธุ์ที่มีปริมาณแป้ง (% amylose) สูงกว่า 15.12 คิดเป็นร้อยละ 58.64 **(ภาพที่ 2)**

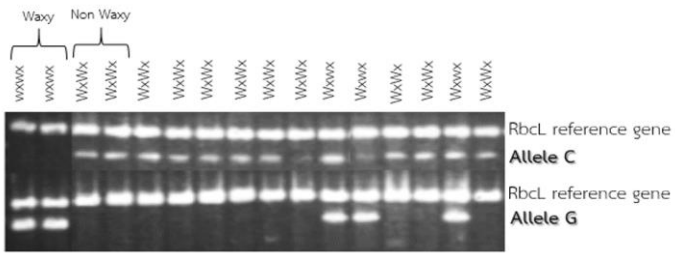


ภาพที่ 2 ผลโครมาโตแกรมแสดงเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป จำนวน 6 ตำแหน่ง ประกอบด้วย SNP 1, SNP 2, SNP 3, SNP 4, SNP 5, และ SNP 6 ของมันสำปะหลัง สายพันธุ์ระยอง 7 ด้วยเทคนิค Pyrosequencing

การทดลองที่ 6 การตรวจสอบและคัดเลือกลักษณะแป้งเหนียว (waxy starch) ในมันสำปะหลังโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล

1. การใช้เครื่องหมายโมเลกุลตรวจสอบลักษณะมันสำปะหลังแป้งเหนียว (Waxy starch) ด้วยวิธีพีซีอาร์ (PCR: Polymerase Chain Reaction)

การใช้เครื่องหมายโมเลกุลตรวจสอบลักษณะมันสำปะหลังแป้งเหนียว (Waxy starch) ด้วยวิธีพีซีอาร์ มีแถบดีเอ็นเออ้างอิง คือ ยีน RbcL สามารถใช้ได้กับพืชทุกชนิด (Paween et al., 2011) ปรากฏแถบดีเอ็นเอจำนวน 1 และ 2 แถบ จำนวนแถบดีเอ็นเอ 2 แถบ หมายถึงสามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของอัลลีล C หรือ G **(ภาพที่ 1)** โดยใช้พันธุ์มันสำปะหลังแป้งเหนียว หรือ waxy จากมูลนิธิมันสำปะหลังแห่งประเทศ จำนวนสองสายพันธุ์ คือ HB1 และ HB3 เป็น Positive control



ภาพที่ 1 แถบดีเอ็นเอที่ได้จากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยไพรเมอร์สำหรับตรวจสอบอัลลีล C และ G ร่วมกับยีนอ้างอิง *RbcL* บนอะกาโรสเจล 1 เปอร์เซ็นต์

กรมวิชาการเกษตร

2. การใช้เครื่องหมายโมเลกุลตรวจสอบลักษณะมันสำปะหลังแป้งเหนียวด้วยวิธี TaqMan probes

การโคลนยีน *GBSSI* ในมันสำปะหลังพันธุ์แป้งเหนียว WaxyHB1 ได้ยีนขนาด 1,753 คู่เบส จากนั้นนำลำดับนิวคลีโอไทด์มาเปรียบเทียบกับพันธุ์ KU50 พันธุ์ห้วยบง 60 และข้อมูลยีน M. esculenta granule-bound starch synthase หมายเลข X74160.1 ขนาด 502 คู่เบส แปลรหัสเป็นกรดอะมิโนได้ขนาดความยาว 166 อะมิโน พบมันสำปะหลังแป้งเหนียวมีลำดับอะมิโนเปลี่ยนไปเมื่อเทียบกับพันธุ์อื่นๆ จึงนำไปวิเคราะห์หาตำแหน่งเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SNPs พบตำแหน่งนิวคลีโอไทด์ที่ 229 ของมันสำปะหลังแป้งเหนียว (WaxyHB1) มีความแตกต่างจากลำดับเบส G เป็นเบส T เมื่อทำการแปลรหัสเป็นโปรตีนพบว่าเป็นตำแหน่งหยุดการสร้างโปรตีน (stop codon) ซึ่งมีรหัสโคดอนเป็น TGA จึงนำมาใช้เป็นเครื่องหมายโมเลกุลชนิดแบบ Bi-Allelic คือตำแหน่ง T/G (T พบในพันธุ์ waxy และ G พบในพันธุ์ non waxy) นำโพรบไพรเมอร์ที่ออกแบบได้ไปตรวจสอบกับตัวอย่างมันสำปะหลังจำนวน 221 ตัวอย่างที่ พบตำแหน่ง T เฉพาะตัวอย่างแป้งเหนียว 2 ตัวอย่าง ตัวอย่างที่เหลือพบเป็นตำแหน่ง G

ภาพที่ 2 การตรวจสอบตำแหน่งเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SNPs T/G โดยวิธี TaqMan probes กับตัวอย่างมันสำปะหลังที่ผ่านการตรวจสอบด้วยวิธีพีซีอาร์

3. การค้นหาเครื่องหมายโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะแป้งเหนียวในมันสำปะหลังด้วยวิธี GBS

การค้นหาและเปรียบเทียบเครื่องหมายโมเลกุล ด้วยวิธี GBS (Genotyping by Sequencing) จำนวน 13 ตัวอย่าง คือ กลุ่มอะไมโลสสูง ได้แก่ ระยอง7 ระยอง9 ระยอง11 เกษตรศาสตร์50 ห้วยบง80 และ Mcol1702 กลุ่มอะไมโลสต่ำ ได้แก่ Mbar191 Mbra691 Mpan70 Mpar104 และ Mpar25 ร่วมกับมันสำปะหลังพันธุ์แป้งเหนียว จำนวน 2 ตัวอย่าง ได้แก่ HBW1 และ HBW2 ผลการวิเคราะห์พบตำแหน่ง SNPs เฉพาะมันสำปะหลังสายพันธุ์แป้งเหนียว HBW1 และ HBW2 ทั้งหมด 33 ตำแหน่ง แบ่งเป็น SNPs แบบเฮทเทอโรไซโกตจำนวน 26 ตำแหน่ง และแบบโฮโมไซโกตจำนวน 7 ตำแหน่ง **(ภาพที่ 3)**

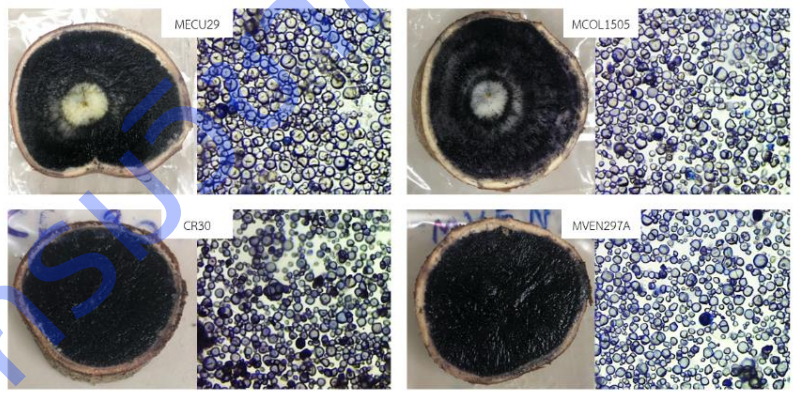
ลิขสิทธิ์การเกษตร

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	#Chrom	Pos	Ref	AC002	AC003	AC004	AC006	AC008	AC022	AC033	AC044	AC065	AC066	AC068	HBW1	HBW3
2	gi|1035283912|gb|LTYI01039746	1157	G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G A	G A
3	gi|1035283931|gb|LTYI01039727	1900	C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C T	C T
4	gi|1035283931|gb|LTYI01039727	2062	C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C T	C T
5	gi|1035283931|gb|LTYI01039727	1876	G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G A	G A
6	gi|1035284370|gb|LTYI01039288	1012	C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C T	C T
7	gi|1035284466|gb|LTYI01039192	3462	C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C A	C A
8	gi|1035284466|gb|LTYI01039192	3421	G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G A	G A
9	gi|1035284466|gb|LTYI01039192	3471	G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G A	G A
10	gi|1035284466|gb|LTYI01039192	585	T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	T G	T G
11	gi|1035284557|gb|LTYI01039101	535	C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C A	C A
12	gi|1035284751|gb|LTYI01038907	1803	C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C T	C C	C C	C C	C A	C A
13	gi|1035284789|gb|LTYI01038869	1652	T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	T A	T A
14	gi|1035284830|gb|LTYI01038828	6332	C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C T	C T
15	gi|1035284830|gb|LTYI01038828	6477	C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C T	C T
16	gi|1035285010|gb|LTYI01038648	4508	C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C T	C T
17	gi|1035285084|gb|LTYI01038574	1207	A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	G G	G G
18	gi|1035285084|gb|LTYI01038574	1203	A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	T T	T T
19	gi|1035285208|gb|LTYI01038450	2663	G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	T T	T T
20	gi|1035285268|gb|LTYI01038390	3478	C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C T	C T
21	gi|1035285268|gb|LTYI01038390	3505	C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C T	C T
22	gi|1035285268|gb|LTYI01038390	3582	C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C T	C T
23	gi|1035285268|gb|LTYI01038390	3639	C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C T	C T
24	gi|1035285268|gb|LTYI01038390	3661	C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C T	C T
25	gi|1035285269|gb|LTYI01038389	1216	C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C A	C A
26	gi|1035285322|gb|LTYI01038336	8461	C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	? ?	C C	C C	C C	C T	C T
27	gi|1035285356|gb|LTYI01038302	660	C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C T	C T
28	gi|1035285356|gb|LTYI01038302	705	T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	T G	T G
29	gi|1035285387|gb|LTYI01038271	4434	C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C A	C A
30	gi|1035285454|gb|LTYI01038204	1272	A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	G G	G G
31	gi|1035285792|gb|LTYI01037867	3695	C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	A A	A A
32	gi|1035285792|gb|LTYI01037867	3745	T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	T T	A A	A A
33	gi|1035285803|gb|LTYI01037856	6559	C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C C	C A	C A
34	gi|1035286005|gb|LTYI01037654	609	A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	A A	? ?	A A	A A	A A	T T	T T
35																

ภาพที่ 3 ตำแหน่ง SNPs แบบ mutation ที่พบเฉพาะในมันสำปะหลังพันธุ์แป้งเหนียว

4. การทดสอบแป้งในหัวมันสำปะหลังด้วยการย้อมสีไอโอดีน (Iodine Staining Test)

การตรวจสอบลักษณะแป้งเหนียวของมันสำปะหลังด้วยการย้อมสีไอโอดีน โดยนำตัวอย่างหัวมันสำปะหลังที่พบลักษณะจีโนไทป์เป็นแบบข่มร่วมและด้อย จำนวน 219 ตัวอย่าง มาย้อมสีไอโอดีน โดยการพ่นด้วยสีไอโอดีน 20 เปอร์เซ็นต์ พบทุกตัวอย่างแสดงผลเป็นสีน้ำเงิน **(ภาพที่ 4)**



ภาพที่ 4 ตัวอย่างมันสำปะหลังที่ผ่านการย้อมสีด้วยสีไอโอดีน

การทดลองที่ 7 การพัฒนาเครื่องหมายยีนในกระบวนการสังเคราะห์แป้งที่สัมพันธ์กับน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง

1. ข้อมูลลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง

ใช้ข้อมูลลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังปี 2554 (จิณณจาร์และคณะ 2559) และ ปี 2564 จากแปลงรวบรวมพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ พบว่า ลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังปี 2554 มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังปี 2564 คือ 3.23 และ 9.93 กิโลกรัมต่อต้น และพบว่าข้อมูลลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังทั้ง 2 ลักษณะมีการกระจายตัวของข้อมูลไม่เป็นโค้งปกติ ($p < 0.05$)

2. การพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลชนิด ILP

ออกแบบไพรเมอร์ที่จำเพาะกับยีนในกระบวนการสังเคราะห์แป้งในมันสำปะหลังได้ 12 ยีน ได้ไพรเมอร์ที่จำเพาะกับยีนในกระบวนการสังเคราะห์แป้งทั้งหมด 110 คู่ไพรเมอร์ โดยมีขนาดผลผลิตพีซีอาร์อยู่ระหว่าง 139 – 596 bp และมีอุณหภูมิ annealing อยู่ที่ประมาณ 56 °C จากการทดสอบประสิทธิภาพของไพรเมอร์ พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยปฏิกิริยาพีซีอาร์ได้ 100% และพบความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอ 13 คู่ไพรเมอร์ คิดเป็นอัตราการเกิดโพลิมอร์ฟิซึมเท่ากับ 12% จากการประเมินประสิทธิภาพเครื่องหมาย ILP พบจำนวนแอลลีล อยู่ในช่วง 2 ถึง 6 แอลลีล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.7 แอลลีลต่อเครื่องหมาย มีจำนวนจีโนไทป์เฉลี่ยเท่ากับ 4.5 จีโนไทป์ต่อเครื่องหมาย ค่า PIC มีค่าระหว่าง 0.19 ถึง 0.64 เฉลี่ย 0.35 ต่อเครื่องหมาย โดยเครื่องหมาย DBE4 มีค่า PIC สูงสุด

3. การพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SNP

จากการพัฒนา SNPs ในตัวอย่างมันสำปะหลังจำนวน 166 พันธุ์ ด้วยเทคนิค Genotyping-by-Sequencing (GBS) ได้ SNPs จำนวน 383,828 เครื่องหมาย ที่มีการกระจายทั่วทั้ง 18 โครโมโซมของมันสำปะหลัง

4. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลกับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมาย ILP กับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง

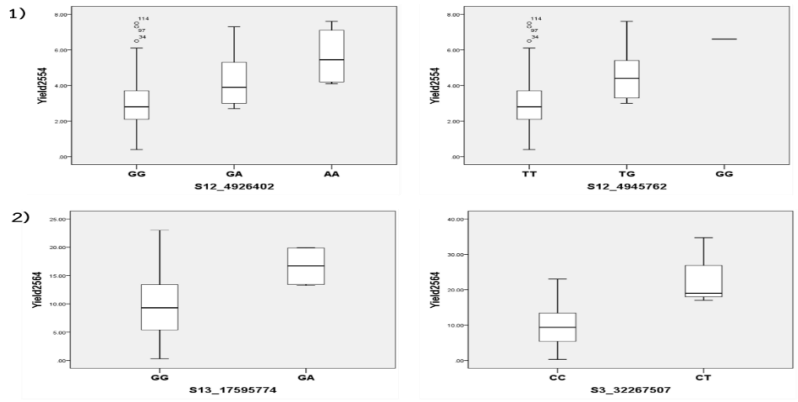
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมาย ILP ในยีนที่เกี่ยวข้องกระบวนการสังเคราะห์แป้งทั้ง 13 เครื่องหมาย กับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังปี 2554 และลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังปี 2564 พบว่า เครื่องหมาย UGPase1 ภายในยีน *UTP-glucose-1-phosphate uridylyltransferase* (UGPase) แสดงความสัมพันธ์กับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังสูงสุด มีค่าอิทธิผลต่อลักษณะ (R^2) อยู่ระหว่าง 2 ถึง 3%

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมาย SNP กับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมาย SNP กับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง พบว่าเครื่องหมาย S12_4926402 และเครื่องหมาย S12_4945762 มีความสัมพันธ์กับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังปี 2554 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 10^{-7}$) โดยมีค่าอิทธิผลต่อลักษณะ (R^2) อยู่ระหว่าง 24 ถึง 27% และเครื่องหมาย S13_17595774 และเครื่องหมาย S3_32267507 มีความสัมพันธ์กับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังปี 2564 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 10^{-6}$) โดยมีค่าอิทธิผลต่อลักษณะ (R^2) อยู่ระหว่าง 20 ถึง 22% ผลจากการ Blastx ในฐานข้อมูล NCBI ของเครื่องหมาย S12_4926402 และเครื่องหมาย S12_4945762 บนโครโมโซมที่ 12 ตำแหน่งที่ 4926402 และ 4945762 ที่มีความสัมพันธ์มากที่สุดกับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง พบว่า มีความคล้ายคลึงยีน splicing factor ESS-2 homolog ในมันสำปะหลัง (E value = 0)

เมื่อทดสอบอิทธิพลของแอลลีลของเครื่องหมาย SNP ที่มีต่อลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง โดยการใช้ F-test ในเครื่องหมาย S12_4926402 ที่มีแอลลีล G/A ประกอบด้วย 3 จีโนไทป์ ได้แก่ GG GA และ AA และในเครื่องหมาย S12_4945762 ที่มีแอลลีล T/G ประกอบด้วย 3 จีโนไทป์ ได้แก่ TT TG และ GG พบความแตกต่างของแอลลีลในจีโนไทป์มีผลต่อลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังปี 2554 ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.00001$ และในเครื่องหมาย S13_17595774 ที่มีแอลลีล G/A ประกอบด้วย 2 จีโนไทป์ ได้แก่ GG และ GA และในเครื่องหมาย S3_32267507 ที่มีแอลลีล C/T ประกอบด้วย 2 จีโนไทป์ ได้แก่ CC และ CT พบความแตกต่างของแอลลีลในจีโนไทป์มีผลต่อลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังปี 2564 ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ **(ภาพที่ 1)**

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 1 กราฟ Boxplot ที่แสดงอิทธิพลของแอลลีลของเครื่องหมายที่สัมพันธ์กับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง

อภิปรายผล

1. เครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR จำนวน 16 เครื่องหมาย ที่ผ่านการคัดเลือกว่ามีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการจำแนกความแตกต่างทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของพันธุ์มันสำปะหลังกลุ่มพ่อแม่พันธุ์และกลุ่มที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดี จำนวน 270 ตัวอย่างพันธุ์ โดยใช้เทคนิค PCR ทำให้ได้ข้อมูลความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์มันสำปะหลัง จำนวน 3,420 ข้อมูล ซึ่งเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR หรือ microsatellite เป็นเครื่องหมายที่มีความจำเพาะถูกสร้างขึ้นให้จับกับดีเอ็นเอเป้าหมาย ณ ตำแหน่งที่ต้องการหรือยีนที่สนใจ เป็นเครื่องหมายที่มีความเหมาะสมและนิยมนำมาใช้ในการศึกษาด้านจีโนม การประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของพืช การจำแนกความแตกต่างระหว่างพันธุ์เพื่อระบุจีโนไทป์ของพืชหลายชนิด ทั้งนี้เพราะ SSR มีอยู่เป็นจำนวนมากกระจายทั่วไปในจีโนม และมีความแปรปรวนสูง อีกทั้งจำนวนซ้ำของ SSR มีความแตกต่างกันในพืชชนิด (species) เดียวกัน จึงสามารถแยกความแตกต่างแบบข่มร่วมได้ (co-dominant) ทำให้แยกความแตกต่างระหว่างลักษณะที่เป็นโฮโมไซกัส (homozygous) และเฮทเทอโรไซกัส (heterozygous) ออกจากได้ และยังสามารถทำซ้ำ (reproducibility) ได้ดีอีกด้วย (อรรัตน์, 2548) ทั้งนี้เครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR ที่คัดเลือกได้ดังกล่าว สามารถใช้จำแนกความแตกต่างทางพันธุกรรมของพันธุ์มันสำปะหลังได้ดี และพบว่ามีมันสำปะหลังบางพันธุ์ที่ยังไม่สามารถจำแนกความแตกต่างออกจากกันได้ ซึ่งอาจแปลผลได้ว่าพันธุ์มันสำปะหลังดังกล่าวอาจจะเป็นพันธุ์เดียวกัน เนื่องจากผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนทางพันธุกรรม (similarity coefficient) มีค่าเท่ากับ 1 หรือไพรเมอร์ที่ใช้ในการจำแนกความแตกต่างทางพันธุกรรมยังไม่สามารถแยกพันธุ์ดังกล่าวออกจากกันได้ จึงจำเป็นต้องศึกษาและค้นหาเครื่องหมายโมเลกุลเพิ่มเติมเพื่อนำมาใช้ในการจำแนกพันธุ์ดังกล่าวให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

2. เครื่องหมายโมเลกุลที่ออกแบบโดย Veronique และคณะ (2003) และที่เกี่ยวข้องกับยีนต้านทานโรคแบคทีเรียลไบลท์ของมันสำปะหลัง จำนวน 31 ชนิด นำมาทดสอบความใช้ได้กับพันธุ์มันสำปะหลังที่เก็บรวบรวมของศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สามารถคัดเลือกโมเลกุลเครื่องหมายได้ 6 ชนิด ซึ่งเชื่อมโยงกับลักษณะต้านทานโรคแบคทีเรียลไบลท์ของมันสำปะหลัง เมื่อนำเครื่องหมายโมเลกุลดังกล่าวไปตรวจสอบหาความต้านทานโรคกับมันสำปะหลัง จำนวน 663 พันธุ์ จนสามารถคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังด้วยลักษณะทางจีโนไทป์ได้ จำนวน 200 สายพันธุ์ และคัดเลือกต้นพันธุ์จากแปลงอนุรักษ์พันธุ์ จำนวน 100 สายพันธุ์ นำไปทดสอบลักษณะทางฟีโนไทป์เพื่อดูลักษณะการเกิดโรคแบคทีเรียลไบลท์สามารถคัดเลือกมันสำปะหลังได้ จำนวน 22 สายพันธุ์ ผลการทดลองพบว่า มีความสอดคล้องกันทั้งลักษณะจีโนไทป์และฟีโนไทป์ จึงนำข้อมูลนี้ไปประกอบการตัดสินใจในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไปได้ และสามารถนำโมเลกุลเครื่องหมายเหล่านี้ไปใช้คัดเลือกมันสำปะหลังลูกผสมในประชากรอื่นๆ ได้ต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

3. พันธุ์มันสำปะหลังที่คัดเลือกได้จากการใช้เครื่องหมายโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานโรคใบด่างเหล่านี้ ถึงแม้ว่าแสดงแถบดีเอ็นเอและลำดับนิวคลีโอไทด์เช่นเดียวกับพันธุ์ต้านทาน TME3 การทดสอบฟีโนไทป์ลักษณะความต้านทานโรคใบด่าง CMD กับเชื้อโรคจริงเป็นสิ่งจำเป็นและมีความสำคัญ เนื่องจากเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสการ์ (RME1) และเอสเอสอาร์ (NS158, SSRY28, NS169) อยู่ใกล้กับโลคัส *CMD2* แต่ไม่ได้อยู่บนยีน ทำให้เครื่องหมายโมเลกุลดังกล่าวแสดงถึงเพียงความเป็นไปได้ที่อาจมียีนต้านทานโรคอยู่ในพันธุ์นั้นๆ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำพันธุ์รวมถึงลูกผสมที่ได้จากการคัดเลือกด้วยเครื่องหมายโมเลกุลแล้วไปทำการทดสอบในสภาพจริงกับเชื้อสาเหตุโรค ก่อนการนำพันธุ์ดังกล่าวไปใช้ในการพัฒนาพันธุ์และเผยแพร่ให้แก่เกษตรกรต่อไป

4. การพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลเพื่อใช้คัดเลือกมันสำปะหลังที่ต้านทานโรครากปม ได้ทำการหาเครื่องหมายโมเลกุลโดยการออกแบบไพร์เมอร์ 3 แบบด้วยกัน 1) หาเครื่องหมายโมเลกุลจากฐานข้อมูล 2) การหาเครื่องหมายโมเลกุลโดยการออกแบบ ILP 3) การหาเครื่องหมายโมเลกุลแบบ SNP พบว่าเครื่องหมายโมเลกุลแบบ SNP จะให้ผลดีแม่นยำ กว่าสองวิธี ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้มีลักษณะต้านทานโรครากปมได้

5. การพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิปที่เกี่ยวข้องกับปริมาณไซยาไนด์ ด้วยเทคนิค tetra-primer ARMS-PCR จำนวน 3 ชุด 1CHN 3CHN และ 13CHN สามารถใช้ในการตรวจสอบปริมาณไซยาไนด์ของมันสำปะหลังได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ โดยเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป 3CHN อยู่ระหว่างยีน adenylyl-sulfate reductase (thioredoxin) / thioredoxin-dependent 5'-adenylylsulfate reductase (Manes.16G006000) และ glyoxalase I homolog (Manes.16G006100) ที่อยู่บนโครโมโซมที่ 16 ส่วนเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป 13CHN อยู่บน intron ของยีน calcium-dependent protein kinase (Manes.16G007500) และเมื่อนำเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป 3CHN และ 13CHN วิเคราะห์ปริมาณไซยาไนด์ร่วมกัน ทำให้ประสิทธิภาพในการตรวจสอบของเครื่องหมายโมเลกุลเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 78.33 สำหรับการพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิปที่เกี่ยวข้องกับปริมาณแป้ง ด้วยเทคนิค Pyrosequencing มีเพียงตำแหน่งเครื่องหมายโมเลกุลของ SNP 2, SNP 5 และ SNP 6 ที่แสดงจีโนไทป์ทั้ง 3 รูปแบบ คือ จีโนไทป์ AA GG และ AG โดยเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป SNP 2 อยู่ระหว่างยีน PHD finger, swib/mdm2 and GYF domain-containing protein (Manes.01G142800) และ Manes.01G142900 (ยังไม่มีรายละเอียดของยีน) ที่อยู่บนโครโมโซมที่ 1 ส่วนเครื่องหมายโมเลกุลของ SNP 5 และ SNP 6 อยู่ระหว่างยีน Manes.01G159400 (ยังไม่มีรายละเอียดของยีน) และ Manes.01G159500 (ยังไม่มีรายละเอียดของยีน) บนโครโมโซมที่ 1 เช่นเดียวกัน

6. ข้อมูลเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SNPs จากยีน GBSSI และโพรบไพรเมอร์จากวิธี TaqMan probe สามารถนำไปใช้ในการคัดเลือกลูกผสมระหว่างพันธุ์แป้งเหนียวจากมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทยกับพันธุ์การค้าหรือพันธุ์ดีของกรมวิชาการเกษตร รวมถึงลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ให้ความแตกต่างระหว่างพันธุ์จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี GBS และได้ตำแหน่ง SNPs จำนวนมาก สามารถนำไปคาดเดา (predict) ด้วยโปรแกรมชีวสารสนเทศ (bioinformatics) ให้ได้ลักษณะอื่นๆ เช่น อะไมโลสสูง อะไมโลแพคตินสูง เป็นต้น เพื่อใช้ประโยชน์ทางด้านการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

7. การพัฒนาเครื่องหมาย ILP จากยีนที่เกี่ยวข้องกระบวนการสังเคราะห์แป้งในมันสำปะหลังจำนวน 166 พันธุ์ ใช้ไพรเมอร์ทั้งหมด 110 คู่ไพรเมอร์ ไพรเมอร์ที่ตรวจพบความแตกต่างของขนาดอินทรอนมีจำนวน 13 คู่ไพรเมอร์ คิดเป็นอัตราการเกิดโพลิมอร์ฟิซึมเท่ากับ 12% ซึ่งน้อยกว่าอัตราการเกิดโพลิมอร์ฟิซึมของการพัฒนาเครื่องหมาย ILP ในปาล์มน้ำมัน 53.24% (โสณิชาและกิตติพัฒน์, 2559) และอัตราการเกิดโพลิมอร์ฟิซึมของการพัฒนาเครื่องหมาย ILP ในยางพารา 73.4% (Chanroj, 2016) ทั้งนี้ประสิทธิภาพการแสดงโพลิมอร์ฟิซึมของเครื่องหมาย

กรมวิชาการเกษตร

ILP อาจให้ผลที่ใกล้เคียงกันหรือแตกต่างกันได้ขึ้นอยู่กับความหลากหลายทางพันธุกรรมของพืชที่ใช้ในการทดลอง จำนวนเครื่องหมายดีเอ็นเอที่ใช้ และจำนวนตัวอย่าง การพัฒนาเครื่องหมาย ILP ในยีนที่เกี่ยวข้องกระบวนการสังเคราะห์แป้งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพเพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลกับน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง โดยเครื่องหมาย UGPase1 มีความเสถียรภาพต่อสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนไปในแต่ละปี (ปี 2554 และ ปี 2564) ดังนั้นจึงน่าจะเป็นเครื่องหมายที่มีศักยภาพในการนำไปใช้คัดเลือกพันธุ์ในการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังที่มีผลผลิตสูงได้ การพัฒนาเครื่องหมาย SNP จากตัวอย่างมันสำปะหลังจำนวน 166 พันธุ์ ด้วยเทคนิค Genotyping-by-Sequencing (GBS) ได้เครื่องหมาย SNPs จำนวน 383,828 เครื่องหมาย ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับการพัฒนาเครื่องหมาย SNP ด้วยเทคนิค Amplified-fragment single nucleotide polymorphism and methylation (AFSM) ในตัวอย่างมันสำปะหลังจำนวน 158 พันธุ์ ได้เครื่องหมาย SNPs จำนวน 349,827 เครื่องหมาย (Zhang et al., 2018) ผลของการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมาย SNP กับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง เครื่องหมาย SNP บนโครโมโซมที่ 12 ได้แก่ เครื่องหมาย S12_4926402 และเครื่องหมาย S12_4945762 มีความสัมพันธ์มากที่สุดกับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 10^{-7}$) จึงเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้มีผลผลิตสูง อย่างไรก็ตามควรมีการวิจัยเพิ่มเติมโดยอาศัยข้อมูลที่มากขึ้นในส่วนของลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการนำไปใช้คัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีผลผลิตสูง

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. การคัดเลือกไพรเมอร์ชนิด SSR ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการจำแนกพันธุ์มันสำปะหลัง โดยการศึกษาในมันสำปะหลัง จำนวน 18 พันธุ์ ร่วมกับไพรเมอร์ชนิด SSR จำนวน 60 คู่ไพรเมอร์ คัดเลือกไพรเมอร์ที่สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างพันธุ์มันสำปะหลังได้ดี จำนวน 16 คู่ไพรเมอร์ นำไปใช้ในการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์มันสำปะหลังกลุ่มพ่อแม่พันธุ์ที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดี กลุ่มพันธุ์ลูกผสม และกลุ่มพันธุ์นำเข้าจากต่างประเทศ จากแปลงรวบรวมพันธุ์ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จำนวน 270 พันธุ์ ด้วยเทคนิค PCR โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล SSR ที่คัดเลือกไว้ จำนวน 16 คู่ไพรเมอร์ ติดฉลากด้วยสีฟลูออเรสเซนต์ และวิเคราะห์ขนาดของดีเอ็นเอ (Fragment Analysis) ด้วยเครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติ ทำให้ได้ข้อมูลความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของพันธุ์มันสำปะหลัง จำนวนทั้งสิ้น 4,320 ข้อมูล และได้จัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (cluster analysis) โดยวิธี UPMGA แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มหลักที่แสดงความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนทางพันธุกรรม (similarity coefficient) อยู่ระหว่าง 0.10 – 1.00 และค่า cophenetic correlation (r) เท่ากับ 0.70 ซึ่งถือว่าเป็นการจัดกลุ่มที่มีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับปานกลาง สามารถนำไปประโยชน์ในการเป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ในงานปรับปรุงพันธุ์พืช เพื่อสร้างลูกผสมให้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมมากยิ่งขึ้น

2. การคัดเลือกเครื่องหมายโมเลกุลสำหรับใช้คัดเลือกมันสำปะหลังพันธุ์ต้านทานโรคแบคทีเรียลไบลท์ จำนวน 31 เครื่องหมาย นำมาทดสอบกับมันสำปะหลัง จำนวน 11 พันธุ์ สามารถคัดเลือกเครื่องหมายโมเลกุลที่สามารถเพิ่มปริมาณยีนต้านทานโรคได้ จำนวน 6 เครื่องหมาย ได้แก่ MBBR13 MBBR5 MBBR9 MBBR17 MBBR4 และ SSrY5 นำเครื่องหมายดังกล่าวไปคัดเลือกมันสำปะหลังที่เก็บรวบรวมของศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ด้วยเทคนิคพีซีอาร์ เพื่อตรวจหาตำแหน่งยีนต้านทานโรคกับมันสำปะหลัง จำนวน 663 สายพันธุ์ ได้ทดสอบการเพิ่มปริมาณยีนต้านทานโรคแบคทีเรียลไบท์จาก ดีเอ็นเอของมันสำปะหลังพันธุ์อนุรักษ์พันธุ์ไทย จำนวน 200 สายพันธุ์ พันธุ์

กรมวิชาการเกษตร

ลูกผสม F1 รหัส 58 จำนวน 76 พันธุ์ มันสำปะหลังพันธุ์บริโภค จำนวน 144 พันธุ์ มันสำปะหลังพันธุ์ลูกผสมปี 62 จำนวน 138 สายพันธุ์ พันธุ์พ่อแม่พันธุ์ จำนวน 105 พันธุ์ จากศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง รวมทั้งสิ้น 663 สายพันธุ์ สามารถคัดเลือกมันสำปะหลังได้ 200 สายพันธุ์ ด้วยวิธี Association mapping แล้วนำไปคัดเลือกในแปลงอนุรักษ์พันธุ์มา จำนวน 100 สายพันธุ์ นำมาปลูกในกระถาง 4 นิ้ว ในวัสดุปลูกขุยมะพร้าวจนมีใบจริงจำนวน 3 ใบ จึงนำไปทดสอบฟีโนไทป์ด้านการตอบสนองต่อเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรค โดยให้คะแนนความต้านทานระดับ 0-5 จากการประเมินความรุนแรงของอาการใบไหม้ และคัดเลือกมันสำปะหลังได้ 22 สายพันธุ์ ที่มีแนวโน้มให้ความต้านทานต่อโรคแบคทีเรียลไบลท์ และควรนำไปประกอบการตัดสินใจปรับปรุงพันธุ์ร่วมกับลักษณะอื่นๆ ต่อไป

3. การใช้เครื่องหมายโมเลกุลจำนวน 9 เครื่องหมาย ได้แก่ RME1, NS158, SSRY28, NS169, EST-R, EST-K, Ex2-78, Ex2-157 และ Ex3-128 ในการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังต้านทานโรคใบด่างจากเชื้อพันธุ์มันสำปะหลังจากศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จำนวนทั้งสิ้น 250 พันธุ์ ในปี 2561 – 2562 พบพันธุ์ candidate ที่แสดงแถบดีเอ็นเอและลำดับนิวคลีโอไทด์คล้ายคลึงกับพันธุ์ต้านทาน TME3 จำนวน 14 พันธุ์ ซึ่ง 2 ใน 14 พันธุ์นี้แสดงแถบดีเอ็นเอและมีลำดับนิวคลีโอไทด์เช่นเดียวกับพันธุ์ต้านทาน TME3 ในทั้ง 9 เครื่องหมายโมเลกุล สำหรับในปี 2563 และ 2564 ดำเนินการคัดเลือกมันสำปะหลังลูกผสมและพันธุ์ต้านทานจาก IITA จำนวนทั้งสิ้น 652 สายพันธุ์/พันธุ์ โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล พบมันสำปะหลัง 16 สายพันธุ์/พันธุ์ที่แสดงแถบดีเอ็นเอและมีลำดับนิวคลีโอไทด์เช่นเดียวกับพันธุ์ต้านทาน TME3 ในทั้ง 9 เครื่องหมายโมเลกุล โดยมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ หรือลูกผสมที่คัดเลือกได้จากการใช้เครื่องหมายโมเลกุลเหล่านี้ ถึงแม้ว่าแสดงแถบดีเอ็นเอและลำดับนิวคลีโอไทด์เช่นเดียวกับพันธุ์ต้านทาน TME3 การทดสอบฟีโนไทป์ลักษณะความต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังกับเชื้อโรคจริงเป็นสิ่งจำเป็น

4. การคัดเลือกลักษณะต้านทานโรครากปมในมันสำปะหลังพบว่าเครื่องหมายโมเลกุลแบบ SNP ที่ได้ในการทดลองครั้งนี้สามารถนำไปใช้ในการคัดเลือกมันสำปะหลังที่ต้านทานโรครากปมได้ เพราะให้แถบดีเอ็นเอที่แตกต่างระหว่างพันธุ์ต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ ซึ่งจะช่วยประหยัดเวลาและแรงงานในการคัดเลือกพันธุ์เนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาไปทดสอบความต้านทานโรครากปม ซึ่งไม่สามารถเห็นลักษณะดังกล่าวบนต้นมันสำปะหลังเหนือพื้นดิน ต้องขุดดินดูรากมันสำปะหลังถึงจะเห็นรากปม และยังสามารถใช้เครื่องหมายโมเลกุลดังกล่าวร่วมกับเครื่องหมายโมกุลที่จำแนกลักษณะอื่นที่ต้องการ เช่น โรคใบด่าง แป้งสูง ทำให้มันสำปะหลังที่ปรับปรุงสามารถมีหลายๆ ลักษณะที่ต้องการได้ในต้นเดียวกัน

5. วิเคราะห์จีโนไทป์และเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิประดับจีโนมด้วยเทคโนโลยี GBS ในมันสำปะหลังจำนวน 100 สายพันธุ์ และได้เครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป ด้วยเทคนิค tetra-primer ARMS-PCR จำนวน 3 ชุด 1CHN 3CHN และ 13CHN โดยเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป 1CHN มีประสิทธิภาพในการคัดเลือกมันสำปะหลังสายพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำกว่า 280 mg HCN/kg น้ำหนักสด ร้อยละ 64.81 ส่วนเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป 3CHN และ 13CHN มีประสิทธิภาพในการคัดเลือกมันสำปะหลังสายพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำกว่า 250 mg HCN/kg น้ำหนักสด ร้อยละ 73.33 และ 76.64 ตามลำดับ ซึ่งเป็นเครื่องหมายโมเลกุลที่สามารถคัดเลือกมันสำปะหลังสายพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และได้เครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป ด้วยเทคนิค Pyrosequencing จำนวน 3 เครื่องหมาย ได้แก่ SNP 2, SNP 5 และ SNP 6 ที่แสดงจีโนไทป์ AA GG และ AG และเมื่อทำการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิปเปรียบเทียบกับผลฟีโนไทป์ (% amylose) แม้ว่า เครื่องหมายโมเลกุลของ SNP 5 สามารถให้ผลถูกต้องตรงกับผลฟีโนไทป์ของพันธุ์ที่มีปริมาณแป้ง (% amylose) สูงกว่า 15.12 คิดเป็นร้อยละ 58.64 ขณะที่เครื่องหมายโมเลกุลของ SNP 2 และ SNP 6

สามารถให้ผลถูกต้องตรงกับผลฟีโนไทป์ของพันธุ์ที่มีปริมาณแป้ง (% amylose) สูงกว่า 10.83% สูงถึงร้อยละ 70.94 และ 69.62 ตามลำดับ ซึ่งสามารถใช้คัดเลือกมันสำปะหลังสายพันธุ์ที่มีปริมาณแป้งสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามการตรวจสอบเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป ด้วยเทคนิค Pyrosequencing มีราคาค่อนข้างสูง ซึ่งจะดำเนินการพัฒนาการตรวจสอบด้วยเทคนิค tetra-primer ARMS-PCR ซึ่งมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าและมีขั้นตอนการตรวจสอบ สะดวกกว่าในอนาคตต่อไป

6. การตรวจสอบลักษณะแป้งเหนียวในมันสำปะหลังโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลตามรายงาน Aiemnaka และคณะ (2012) จำนวน 758 พันธุ์ พบให้จีโนไทป์เป็นแบบ WxWx, Wxwx และ wxwx มีจำนวน 522 202 และ 17 ตัวอย่าง ตามลำดับ เมื่อตรวจสอบด้วยการย้อมสีไอโอดีน พบมันสำปะหลังจีโนไทป์ Wxwx และ wxwx ปรากฏเป็นสีน้ำเงิน และไม่พบการเกิดสีน้ำตาลทั้งในตัวอย่างหัวมันและเม็ดแป้ง การศึกษายีน GBSSI พบความแตกต่างในมันสำปะหลังแป้งเหนียวเป็นตำแหน่ง G และพันธุ์ Waxy-HB1 เป็นตำแหน่ง T เมื่อนำไปแปลรหัสเป็นโปรตีนเป็นตำแหน่งโคดอน TGA (stop codon) จึงออกแบบไพรบไพรเมอร์ที่เฉพาะต่อลำดับเบส T/G มาตรวจสอบมันสำปะหลัง จำนวน 221 ตัวอย่าง ด้วยวิธี TaqMan probes พบทุกตัวอย่างของพันธุ์ non waxy เป็น G แสดงให้เห็นว่าลักษณะแป้งเหนียวอาจเกิดจากการกลายของยีน GBSSI หรือยีนอื่นๆ ที่มีเฉพาะในพันธุ์ Waxy ที่ทำให้เกิดลักษณะแป้งเหนียว และการศึกษาเครื่องหมาย SNPs ด้วยวิธี GBS ในมันสำปะหลัง จำนวน 13 ตัวอย่าง พบตำแหน่ง SNPs เฉพาะมันสำปะหลังพันธุ์แป้งเหนียวจำนวน 33 ตำแหน่ง แบ่งเป็นเฮทเทอโรไซโกต 26 ตำแหน่ง และโฮโมไซโกต 7 ตำแหน่ง ซึ่งสามารถใช้ในคัดเลือก ระบุ หรือจำแนกสายพันธุ์มันสำปะหลังได้ในอนาคต

7. การพัฒนาเครื่องหมาย ILP จำนวน 13 เครื่องหมาย จากยีนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แป้งในมันสำปะหลัง จำนวน 6 ยีน โดยเครื่องหมายเหล่านี้มีค่าประสิทธิภาพของเครื่องหมาย (PIC) อยู่ระหว่าง 0.19 – 0.64 และมีค่าเฉลี่ย 0.35 ซึ่งเครื่องหมาย ILP ที่พัฒนาได้จากวิจัยมีศักยภาพในการนำไปศึกษาแยกความแตกต่างของพันธุ์มันสำปะหลังในโครงการปรับปรุงพันธุ์ได้ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมาย ILP กับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง เครื่องหมาย UGPase1 ภายในยีน *UTP-glucose-1-phosphate uridylyltransferase* (UGPase) แสดงความสัมพันธ์กับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังสูงสุด โดยมีค่าอิทธิผลต่อลักษณะ (R^2) อยู่ระหว่าง 2 ถึง 3% นอกจากนี้สามารถพัฒนาเครื่องหมาย SNPs ได้ทั้งหมด 383,828 เครื่องหมาย โดยสามารถระบุตำแหน่งบนทั้ง 18 โครโมโซมของมันสำปะหลัง การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมาย SNP กับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง พบเครื่องหมาย SNP บนโครโมโซมที่ 12 ได้แก่ เครื่องหมาย S12_4926402 และเครื่องหมาย S12_4945762 มีความสัมพันธ์มากที่สุดกับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง โดยเครื่องหมายเหล่านี้อยู่ภายในยีน splicing factor ESS-2 homolog ในมันสำปะหลัง (E value = 0) ซึ่งโปรตีนนี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการควบคุมการแสดงออกของยีน โดยผลจากงานวิจัยในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้เป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอเพื่อใช้ในการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังในโครงการปรับปรุงพันธุ์ต่อไปได้ แต่จากระยะเวลาดำเนินการงานวิจัย 2 ปี ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายกับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังควรมีการวิเคราะห์เพิ่มเติม โดยใช้ข้อมูลจำนวนปีในการเก็บเกี่ยวลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังที่เพิ่มมากขึ้น เพื่อความถูกต้องของเครื่องหมายโมเลกุลที่จะนำไปใช้คัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีผลผลิตสูง และควรพัฒนาเทคนิคการตรวจสอบลักษณะผลผลิตในมันสำปะหลังโดยการใช้เครื่องหมาย SNP ที่ได้จากงานวิจัยนี้เพื่อให้ง่ายและประหยัดค่าใช้จ่ายต่อการตรวจสอบจีโนไทป์ของตัวอย่างมันสำปะหลังที่ต้องการตรวจสอบ

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 3

โครงการวิจัยและพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง
Research and Development to Increase the Efficiency of Cassava Production

สมฤทัย ตันเจริญ เสาวรี บำรุง วัลลีย์ อมรพล ชยันต์ ภักดีไทย เนติรัฐ ชุมสุวรรณ ศุภชัย อติชาติ
ศุภกาญจน์ ล้วนมณี บรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์ รุ่งระวี บุญทั่ง
Somrutai Tancharoen Saowaree Bumrung Wanlee Amonpon Chayant Pakdeethai Netirat
Chumsuwan Suphachai Atichat Suphakarn Luanmanee Bhannapitch Samrit Rungrawee Buntang

คำสำคัญ (Key words)
มันสำปะหลัง ระยะยาว ระบบปลูก การจัดการปุ๋ย ความอุดมสมบูรณ์ของดิน
Cassava, Long-term, Cropping-systems, Fertilizer Management, Soil Fertility

บทคัดย่อ

การจัดการดิน และธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมเมื่อมีการปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องเป็นเวลานาน ช่วยรักษาความสามารถในการให้ผลผลิตพืช และความอุดมสมบูรณ์ของดิน ควรต้องมีการจัดการระบบการปลูกมันสำปะหลังร่วมกับพืชตระกูลถั่ว และการใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานระหว่างปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และการจัดการเศษซากวัสดุอินทรีย์ เพื่อปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบปลูกมันสำปะหลังร่วมกับพืชตระกูลถั่วที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ และการจัดการธาตุอาหารพืชสำหรับการปลูกมันสำปะหลังระยะยาวด้วยวัสดุอินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมีในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนและธาตุอาหารในดิน เพื่อรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน จากการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังระยะยาวโดยใช้ระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ย ดำเนินการทดลองในแปลงกึ่งสาธิตมันสำปะหลังระยะยาวตั้งแต่ปี 2523 ในดินร่วนปนทรายชุดดินยโสธร ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น การปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องหากไม่มีบำรุงดิน ดินเสื่อมโทรมลงทุกๆ ปี ส่งผลให้ศักยภาพในการผลิตพืชลดลง ควรจัดการระบบปลูกและการจัดการปุ๋ยให้เหมาะสมเพื่อช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้ โดยระบบมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่วร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ช่วยเพิ่มศักยภาพการให้ผลผลิต และให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าแก่การลงทุน ซึ่งให้ผลผลิตมันสำปะหลังถั่วลิสง และมีรายได้สุทธิรวม (ฤดูปลูก 2560/61-2563/64) 20.9 ตันต่อไร่ 862 กิโลกรัมต่อไร่ และ 31,940 บาทต่อไร่ ตามลำดับ แต่ดินมีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ควรใส่สารปรับปรุงดินเพื่อปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของให้เหมาะสมแก่การปลูกพืช

กรมวิชาการเกษตร

การศึกษาระบบปลูกพืชร่วมกับการจัดการชนิดและอัตราปุ๋ย ดำเนินการทดลองในแปลงมันสำปะหลังระยะยาว ตั้งแต่ปี 2551 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น และในกลุ่มดินทราย ในไร่เกษตรกร จังหวัดขอนแก่น ระบบปลูกและการจัดการปุ๋ยให้เหมาะสม เพื่อช่วยเพิ่มศักยภาพในการผลิตและให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าแก่การลงทุน ระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี โดยระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่ว (ถั่วเขียว) ทุกปี ควรใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนด้วยพืชตระกูลถั่ว (ถั่วเขียว-ถั่วพุ่ม) ปีเว้นปีควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1 ตันต่อไร่ เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของดิน พบว่า ทุกระบบปลูกที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวติดต่อกันเป็นเวลานานส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี ช่วยยกระดับคุณภาพดินให้ดีขึ้น ลดความเป็นกรด ช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุและธาตุอาหารพืช โดยพืชตระกูลถั่วที่นำมาใช้ในระบบปลูกพืช ควรเป็นพืชตระกูลถั่วที่เหมาะสมในดินทราย ซึ่งพิจารณาการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชตระกูลถั่ว ได้แก่ ถั่วมะแฮะ ถั่วพุ่ม และถั่วลิสง ซึ่งให้น้ำหนักมวลชีวภาพ 813 429 และ 360 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนถั่วลิสง มีศักยภาพการให้ผลผลิตและให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุน มีรายได้สุทธิรวม 2 ปี สูงสุด 10,269 บาทต่อไร่ และระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วลิสง มีศักยภาพการให้ผลผลิต และให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุน มีรายได้สุทธิรวม 2 ปี สูงสุด 11,130 บาทต่อไร่ ในทางตรงกันข้าม หากเลือกพืชตระกูลถั่วที่ไม่เหมาะสม จะส่งผลต่อการเจริญเติบโต การให้ผลผลิตมันสำปะหลัง และทำให้มีต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น ได้รับผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังโดยใช้ระบบปลูกพืชร่วมกับพืชตระกูลถั่วที่เหมาะสมในดินทราย การจัดการปุ๋ยและน้ำในกลุ่มดินทราย ในไร่เกษตรกร อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น พืชตระกูลถั่วเมื่อมีการให้น้ำ พบว่า ถั่วลิสงให้เศษซากสูงสุด คือ 1,153 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ ถั่วมะแฮะและถั่วพุ่ม ตามลำดับ การให้น้ำต่อระบบพืชหมุนเวียนมันสำปะหลังและถั่วที่มีศักยภาพในพื้นที่พบว่า ผลของการให้น้ำมีผลต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง 6,075 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างกันทางสถิติกับการไม่ให้น้ำซึ่งให้ผลผลิต 3,084 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อพิจารณาระบบพืชหมุนเวียนมันสำปะหลังและถั่ว มีผลทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังแตกต่างกันทางสถิติ โดยถ้ามีการให้น้ำ ระบบมันสำปะหลังหมุนเวียนถั่วมะแฮะให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 5,656 กิโลกรัมต่อไร่ การให้น้ำและระบบพืชหมุนเวียน ไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลังแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้เปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ย 16.3 เปอร์เซ็นต์ การให้น้ำให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ย 963 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างกันทางสถิติกับการไม่ให้น้ำซึ่งให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ย 508 กิโลกรัมต่อไร่ การให้น้ำในระบบพืชแซมมันสำปะหลังแซมถั่วเขียวให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 6,293 กิโลกรัมต่อไร่ การให้น้ำมีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้ง 17.6 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าระบบไม่ให้น้ำ (16.2 เปอร์เซ็นต์) ถั่วเหลืองแซมมันสำปะหลังให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุด รองลงมาคือ พืชแซมด้วยถั่วเขียว ถั่วลิสงและไม่มีพืชแซม ระบบการให้น้ำมีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้ง (17.6 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าระบบไม่ให้น้ำ (16.2 เปอร์เซ็นต์)

การทดลองระยะยาวของการใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และการไถกลบต้นใบมันสำปะหลัง เพื่อให้ได้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดินปลูกมันสำปะหลัง และผลผลิตที่มีคุณภาพ ในดินร่วนทราย และดินร่วนเหนียวปนทราย การจัดการธาตุอาหารและปรับปรุงดินโดยการใส่ปุ๋ยเคมี 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2Oต่อไร่ ร่วมกับการสับกลบต้นใบมันสำปะหลังอัตรา 3 ตันต่อไร่ ให้ผลผลิตมันสำปะหลังสูงสุด การจัดการธาตุอาหารโดย

กรมวิชาการเกษตร

การไถกลบวัสดุอินทรีย์ เศษซากมันสำปะหลังและการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ จะช่วยรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินและระดับปริมาณอินทรียคาร์บอนและอินทรียวัตถุในดิน

Abstracts

Appropriate soil and plant nutrient management when growing cassava continuously for a long time, can maintain soil productivity and soil fertility. Cassava cultivation system should be managed by cropping system with legumes. and the use of integrated fertilizers between chemical fertilizers, organic fertilizers, and organic waste management. to improve soil fertility. Changes in soil carbon and nutrient content to maintain soil fertility. The research can be summarized as follows: Optimizing long-term cassava production by using cropping system and fertilizer management, the experiment was conducted in the long-term cassava demonstration plot since 1980 in the sandy loam soil series of Yasothon series, at Khon Kaen field crop research center., Khon Kaen province. Cassava cultivation continues without soil nourishment. The soil deteriorates every year and soil productivity was decreased. The cropping system and fertilizer management should be properly managed to maintain the soil fertility. The cropping system with cassava and legumes together with chemical fertilizer grade 15-7-18 at the rate of 100 kg per rai can increases productivity potential and provide a return that is worth the investment which yielded cassava, peanut, and total net income (planting season 2017/18-2020/21) 20.9 tons per rai, 862 kg per rai and 31,940 baht per rai respectively, but the soil acidity increased. Soil amendments should be added to adjust the acidity and alkalinity of plants to be suitable for growing plants.

A study of cropping systems in combination with fertilizer type and rate management. Long-term experiments have been carried out in cassava plots since 2008 at the Khon Kaen Field Crops Research Center and in the sandy soil group in the farmer's fields, Khon Kaen Province. Cropping system and proper fertilizer management can increase cassava production and provide a return on investment. The cassava planting system continues every year. The system of growing cassava with legumes (mung beans) every year should apply chemical fertilizer grade 15-7-18 at the rate of 100 kg per rai. And the cassava crop rotation system with legumes (mung bean - cowpea) every other year should apply organic fertilizer at the rate of 1 ton per rai. When considering soil properties, it was found that all planting systems that applied chemical fertilizers alone for a long period of time resulted in increased soil acidity. Applying organic fertilizers alone or in combination with chemical fertilizers can improve soil quality, reduce soil acidity and increase organic matter and plant nutrients. The legume that used in the cropping system should be suitable in sandy soil, which considered the growth rate and yield of legumes. Pigeon pea,

กรมวิชาการเกษตร

cowpea and peanuts gave a lot of biomass weight 813, 429 and 360 kg/rai, respectively. Crop rotation between cassava and peanut has the production potential and provide a return on investment worthwhile has a total net income of 2 years with a maximum of 10,269 baht per rai, and a cassava plantation system with peanuts has the potential to yield and provide a return on investment worthwhile have a total net income of 2 years, up to 11,130 baht per rai. On the contrary If improper legumes are selected will affect the growth cassava yield and resulting in increased production costs get a return that is not worth the investment.

Optimization of cassava production by using cropping system with suitable legume crops in sandy soil. Fertilizer and water management in sandy soil group in farmer's fields, Muang district, Khon Kaen province. In legumes, when giving the irrigation, peanuts yielded has the highest biomass at 1,153 kg/rai, followed by cowpea and pigeon pea, respectively. The irrigation of cassava and bean crops with potential in the area found that the effect of watering had an effect on the yield of cassava 6,075 kg/rai. They were statistically different from the irrigation which yielded 3,084 kg/rai. When considering the cassava and pea crop rotation system, this resulted in statistically different cassava yields. If there is water, the cassava rotation with pigeon pea, gave the highest average yield of 5,656 kg per rai. Irrigation and crop rotation did not differ statistically on the content of tapioca starch. The average starch content was 16.3%. The watering yielded an average starch yield of 963 kg/rai. They were statistically different from the non-irrigation which yielded an average starch yield of 508 kg/rai. Watering in the cassava and mungbean planting system yielded the highest average yield of 6,293 kg/rai. The watering resulted in the percentage of starch 17.6%, higher than that of the watering system (16.2 percent). Cassava was the highest percentage of soybean, followed by mungbean, peanuts and no crops. The irrigating system resulted in a higher percentage of starch (17.6 percent) than the irrigating system (16.2 percent).

Long-term experiments of chemical fertilizer application, organic fertilizer and incorporation with cassava residues to obtain information on changes in fertility status of cassava planting soils. and quality produce in sandy loam and sandy clay loam. Nutrient management and soil improvement by applying chemical fertilizer 16-8-16 kg N-P_2O_5-K_2O per rai. combination with cassava residues (cassava leaf chopping) at the rate of 3 tons per rai, the highest yield of cassava was obtained. Nutrient management by tilling organic materials from cassava residues and organic fertilizer application can maintain soil fertility and soil organic carbon and soil organic matter levels.

กรมวิทยาศาสตร์

บทนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย พื้นที่ปลูกทั้งประเทศ 9.43 ล้านไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยว 8.91 ล้านไร่ ผลผลิตรวม 28.9 ล้านตัน และผลผลิต 3.25 ตันต่อไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ปลูก 5.33 ล้านไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยว 4.95 ล้านไร่ ผลผลิตรวม 16.2 ล้านตัน และผลผลิต 3.27 ตันต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) พื้นที่ส่วนใหญ่ปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่เป็นดินที่มีเนื้อดินเป็นดินทรายถึงร่วนปนทราย เนื้อดินที่มีทรายเป็นองค์ประกอบหลัก ทำให้มีความสามารถต่ำทั้งในการดูดซับธาตุอาหารและน้ำ จึงเป็นสาเหตุทำให้ผลผลิตต่ำ การปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันยาวนานทำให้ดินเสื่อมโทรมลงทุกปี (โชติและคณะ, 2533) การชะล้างหน้าดินในแปลงปลูกมันสำปะหลังเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ดินมีการสูญเสียหน้าดิน ด้วยระยะระหว่างต้นและแถว 0.5-1.0 เมตร เป็นสาเหตุทำให้ในช่วงแรกของการเจริญเติบโต เมื่อทรงพุ่มยังไม่สามารถคลุมหน้าดินได้รวดเร็ว มีความเสี่ยงต่อการถูกชะล้างหน้าดินได้ง่าย โดยเฉพาะการปลูกต้นฤดูฝน มันสำปะหลังเป็นพืชอายุยาวสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ที่อายุตั้งแต่ 6 ถึง 16 เดือน จึงสามารถจัดระบบปลูกพืชได้หลากหลาย ศรีสุดา และคณะ (2556) รายงานว่า การปลูกพืชตระกูลถั่วร่วมกับมันสำปะหลัง ถึงแม้ว่าการปลูกหมุนเวียน มันสำปะหลังกับถั่วลิสงและถั่วมะแฮะ จะให้ผลผลิตต่ำกว่าการปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่อง แต่สามารถรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ได้ดีกว่า กอบเกียรติและคณะ (2548) พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมี NPK ในอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน การปลูกถั่วพุ่มแซมระหว่างแถวมันสำปะหลังและปลูกแฝกเป็นแถบ สามารถช่วยลดการสูญเสียหน้าดิน การใช้ระบบปลูกพืชนอกจากจะช่วยคลุมหน้าดิน การย่อยสลายของเศษซากหลังการเก็บเกี่ยว ยังช่วยปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชที่ปลูกตามหรือปลูกแซมได้ โดยเฉพาะพืชตระกูลถั่วที่มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจน ทำให้เพิ่มไนโตรเจนในระบบที่พืชหลักในระบบสามารถนำไปใช้ได้ การปลูกถั่วพุ่มแซมระหว่างแถวมันสำปะหลังในดินชุดแม่ริม สามารถลดการสูญเสียหน้าดินถึงร้อยละ 47 และ 28 ในดินทรายจังหวัดระยอง (กอบเกียรติ และคณะ, 2548) การเลือกระบบปลูกพืชที่เหมาะสม นอกจากช่วยรักษาหน้าดินคลุมวัชพืช และเป็นแหล่งของธาตุอาหารบางส่วนให้แก่มันสำปะหลังแล้ว ถ้าเป็นพืชที่สามารถให้รายได้ เช่น ถั่วลิสง ถั่วเขียว และถั่วพุ่ม ที่สามารถปลูกได้ดีในดินทราย และมีปริมาณน้ำฝนจำกัด ทั้งระบบการปลูกพืชแซมหรือหมุนเวียน ควรเลือกพืชที่มีอายุสั้นที่กล่าวมาแล้ว สามารถให้ผลผลิตได้ภายใน 3-4 เดือน การปลูกพืชอายุสั้นในระบบมันสำปะหลังในระบบพืชแซม ลดการแข่งขันในการแย่งอาหารและแสงแดดจากมันสำปะหลัง โตเร็วคลุมหน้าดินได้รวดเร็ว คลุมการงอกของวัชพืช แต่ในขณะเดียวกันถั่วที่ปลูกก็เป็นวัชพืชได้เช่นกัน ถ้ามีการแข่งกันเพื่อรับแสง และแย่งธาตุอาหาร การทำการวิจัยเพื่อให้ระบบการผลิตมันสำปะหลังอย่างยั่งยืน มีความจำเป็นที่ต้องรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินทั้งทางเคมีและกายภาพ การจัดการธาตุอาหารให้พอเพียงโดยมีการผสมผสานปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ในสัดส่วนที่พอเหมาะ นอกจากช่วยเพิ่มธาตุอาหาร ปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมี กายภาพและชีวภาพ ยังสามารถลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมี วัตถุประสงค์ของงานวิจัย เพื่อศึกษาเทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลังโดยใช้ระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสม เพื่อรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน และรักษาความยั่งยืนในการผลิตมันสำปะหลังระยะยาว

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังระยะยาวโดยใช้ระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ย

ดำเนินการทดลองในแปลงมันสำปะหลังระยะยาวกึ่งสาธิตในชุดดินยโสธร ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น เริ่มดำเนินงานต่อเนื่องมาตั้งแต่ปี 2523 ไม่มีซ้ำ วิธีการทดลองประกอบด้วย 12 กรรมวิธี ประกอบระบบปลูกพืชร่วมกับการจัดการดินปุ๋ย ระบบปลูกพืช 3 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี 2) ระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนถั่วลิสงและตามด้วยถั่วอายุสั้น (ถั่วมะแฮะ) สลับปีเว้นปี และ 3) ระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วลิสงทุกปี การจัดการดินปุ๋ย 4 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ (ปุ๋ย 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่) 3) ปรับคุณสมบัติของดินและหว่านปุ๋ยหมักตามคำแนะนำ (ใส่ปูนขาวอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยหมักกากตะกอนหม้อกรองอ้อย อัตรา 1 ตันต่อไร่) 4) ปรับคุณสมบัติของดิน หว่านปุ๋ยหมัก และใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ (ใส่ปูนขาวอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยหมักกากตะกอนหม้อกรองอ้อยอัตรา 1 ตันต่อไร่ และปุ๋ยเคมี 15-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่) ขนาดแปลงย่อย 20x20 เมตร การใส่ปุ๋ยหมักกากตะกอนหม้อกรองอ้อยทำโดยหว่านให้ทั่วแปลงแล้วพรวนกลบก่อนปลูกมันสำปะหลัง 1-2 สัปดาห์ ระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 ใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตราตามกรรมวิธีที่กำหนด เมื่อมันสำปะหลังอายุ 1-2 เดือนหลังปลูก ระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนกับถั่วลิสงและถั่วอายุสั้นสลับปีเว้นปี (ถั่วมะแฮะ) ปฏิบัติเช่นเดียวกับระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี ส่วนฤดูปลูกพืชตระกูลถั่วปลูกถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 และใส่ปุ๋ยเคมี เกรด 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ หลังปลูก 20-30 วัน และโรยยิบซั่มอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อถั่วลิสงออกดอก เก็บเกี่ยวถั่วลิสงเมื่อฝักแก่ หลังเก็บเกี่ยวถั่วลิสง ปลูกถั่วมะแฮะ โดยใส่ปุ๋ย 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ หลังปลูก 20-30 วัน เก็บเกี่ยวถั่วมะแฮะเมื่อแก่เต็มที่ และไถกลบเศษซากถั่วกลับลงไปในดิน โดยปลูกสลับกันปีเว้นปี ส่วนระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วลิสง ปลูกมันสำปะหลังจากนั้นปลูกถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 จำนวน 1 แถวแซมกึ่งกลางระหว่างแถวมันสำปะหลัง แบ่งใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมี เกรด 15-7-18 รองก้นหลุม อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมี เกรด 15-7-18 อัตราที่เหลือหลังเก็บเกี่ยวถั่วลิสง เก็บเกี่ยวถั่วลิสงฝักสดที่อายุ 90-95 วัน เมื่อเมล็ดเต็มฝัก สุ่ม 10 ต้น แยกต้น ใบ ฝักและราก ชั่งน้ำหนักสด และนำไปตากให้แห้ง และนำไปอบที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักแห้งคงที่ คำนวณหาน้ำหนักซากแห้ง หลังเก็บเกี่ยวถั่วลิสง แล้วสับกลบเศษซากถั่วลิสงคลุกลงดิน เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเมื่ออายุประมาณ 11-12 เดือน ชั่งน้ำหนักสดหัว เหง้า ต้นและใบ วัดเปอร์เซ็นต์แป้ง สุ่มเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 และ 20-50 เซนติเมตร สำหรับวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารและวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินก่อนปลูกในแต่ละปี พร้อมทั้งวิเคราะห์ความชื้น อินทรีย์คาร์บอน ปริมาณธาตุอาหารในเศษซากต้นใบมันสำปะหลัง ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักกากตะกอนหม้อกรองอ้อย และวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

2. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังโดยใช้ระบบปลูกพืชและการจัดการชนิดและอัตราปุ๋ย

ดำเนินการในแปลงมันสำปะหลังระยะยาวต่อเนื่องมาตั้งแต่ ปี 2551 ในดินร่วนปนทราย ชุดดินยโสธร ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยหลัก คือ

ระบบปลูกพืช (Cropping system : C) ได้แก่ 1) ปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี (C1) 2) ปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนกับพืชตระกูลถั่ว (ถั่วเขียวตามด้วยถั่วพุ่ม) ปีเว้นปี (C2) 3) ปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่ว (ถั่วเขียว) ทุกปี (C3) ปัจจัยรอง คือ การจัดการปุ๋ย (Fertilizer management) ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย (F1) 2) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมักกากตะกอนหม้อกรอง) อัตรา 1 ตันต่อไร่ (F2) 3) ใส่ปุ๋ยเคมี เกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (F3) 4) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมักกากตะกอนหม้อกรอง) อัตรา 1 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (F4) 5) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมักกากตะกอนหม้อกรอง) อัตรา 1 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (F5) 6) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมักกากตะกอนหม้อกรอง) อัตรา 0.5 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ (F6) ดำเนินการทดลองในแปลงย่อยขนาด 7x8 เมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 5x6 เมตร ไร่ ก่อนปลูกทำการเก็บดินมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ปริมาณธาตุอาหาร และวัดคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ทำการไถเตรียมแปลง หว่านปุ๋ยหมักกากตะกอนหม้อกรองให้ทั่วพื้นที่ แล้วพรวนกลบปุ๋ยก่อนปลูก 1-2 สัปดาห์

ระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่อง ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 ต้นฤดูฝน ใส่ปุ๋ยเคมีครั้งเดียวหลังปลูก 1-2 เดือน หลังการกำจัดวัชพืช โดยโรยปุ๋ยห่างจากต้น 20-30 เซนติเมตร และพรวนดินกลบ

ระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่ว (ถั่วเขียวตามด้วยถั่วพุ่ม) โดยปลูกมันสำปะหลังสลับพืชตระกูลถั่วปีเว้นปี ฤดูปลูกที่ปลูกมันสำปะหลังปฏิบัติเช่นเดียวกับระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี ส่วนฤดูปลูกที่ปลูกพืชตระกูลถั่ว ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 และใส่ปุ๋ยเคมี เกรด 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ หลังปลูก 20-30 วัน เก็บเกี่ยวถั่วเขียวเมื่อฝักแก่เต็มที่ และสับซากถั่วเขียวคลุกลงดิน จากนั้นปลูกถั่วพุ่มพันธุ์อุบลราชธานี โดยไม่มีการใส่ปุ๋ย เก็บเกี่ยวฝักถั่วพุ่มเมื่อแก่เต็มที่และไถกลบเศษซากถั่วลงในดิน

ระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วเขียว ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 จากนั้นปลูกถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 จำนวน 1 แถวกึ่งกลางแถวมันสำปะหลัง แบ่งใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมี 15-7-18 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ รองก้นหลุมพร้อมปลูก และครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมี 15-7-18 อัตราที่เหลือข้างแถวมันสำปะหลังหลังเก็บเกี่ยวถั่วเขียว นำเศษซากถั่วเขียวคลุมแปลง

ดูแลรักษามันสำปะหลังและถั่ว โดยการกำจัดวัชพืช โรค และแมลงตามความจำเป็น วัดความสูงที่อายุ 3 6 9 เดือนหลังปลูก และระยะเก็บเกี่ยว เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่อายุ 11-12 เดือน สุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกและหลังเก็บเกี่ยว และตัวอย่างพืชหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ ธาตุอาหาร ๆ ชั่งน้ำหนักสดหัว เหง้า ต้น และใบ และวัดเปอร์เซ็นต์แป้ง โดยใช้เครื่องวัดแบบ Riemann Scale

3. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังโดยใช้ระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยในกลุ่มดินทราย-ไร่เกษตรกร จ.ขอนแก่น

การดำเนินงานทดลองประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้ คือ

1) คัดเลือกพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ในดินทรายร่วนหรือร่วนปนทราย ไร่เกษตรกร จังหวัดขอนแก่น สำรวจข้อมูลดินและความต้องการพืชตระกูลถั่วของตลาดในพื้นที่ เพื่อคัดเลือกชนิดถั่วสำหรับใช้ในระบบปลูกพืชที่เหมาะสม

กรมวิชาการเกษตร

2) ศึกษาชนิดของถั่วที่เหมาะสมในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในสภาพดินทราย โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ 8 กรรมวิธี คือ ถั่วเขียว ถั่วพุ่ม ถั่วลิสง ถั่วมะแฮะ ถั่วเหลือง และปอเทือง และปล่อยวัชพืชงอก 2 วิธีการ เก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี นำข้อมูลที่สัมภาษณ์มาวิเคราะห์ และคัดเลือกชนิดพืชตระกูลถั่วที่มีศักยภาพตามความต้องการของเกษตรกร ตลาด และความต้องการใช้ประโยชน์ เช่น คลุมดินหรือเป็นปุ๋ยพืชสด โดยปลูกพืชตระกูลถั่ว ได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วพุ่ม ถั่วลิสง ถั่วมะแฮะ ถั่วพร้า และปอเทือง ขนาดแปลงย่อย 5x6 เมตร ระยะปลูก 50x20 เซนติเมตร จำนวน 2 ต้นต่อหลุม เปรียบเทียบกับแปลงตรวจสอบซึ่งปล่อยให้วัชพืชขึ้น พืชตระกูลถั่วทุกชนิดกำจัดวัชพืช 1 ครั้ง และใส่ปุ๋ยเคมี เกรด 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ หลังปลูก 2 สัปดาห์ ดูแลป้องกันและกำจัดโรคและแมลงตามความเหมาะสม และเก็บเกี่ยวพืชตระกูลถั่วในพื้นที่ 4x4 เมตร

3) ศึกษารูปแบบการย่อยสลายและการปลดปล่อยธาตุอาหารของถั่วที่มีศักยภาพในแต่ละพื้นที่ โดยการคลุกเศษซากพืชในดิน ประเมินเศษซากที่เหลือหลังจากฝังดินที่ระยะเวลา 0, 7, 14, 21, 28, 42, 56, 70, 84 และ 98 วัน จากนั้นนำเศษซากพืชมาวัดคุณสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารที่เหลือ เช่น ปริมาณลิกนิน โพลีฟีนอล ปริมาณไนโตรเจน คำนวณอัตราการย่อยสลายและการปลดปล่อยธาตุอาหาร เป็นข้อมูลประกอบการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหาร เก็บดินเพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารและกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยวัดปริมาณแอมโมเนียม และไนเตรท ไนโตรเจน microbial biomass ก่อนการใส่เศษซากถั่ว (0 วัน) หลังการใส่ซากถั่ว 28, 56 และ 98 วัน เพื่อหาชนิดถั่วที่มีการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารในเวลาที่สอดคล้องกับความต้องการใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลัง

4) ศึกษาระบบพืชหมุนเวียนมันสำปะหลังและถั่วที่มีศักยภาพในพื้นที่ วางแผนการทดลอง แบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ ระบบปลูกถั่วหมุนเวียนมันสำปะหลัง 8 วิธี ได้แก่ 1) ปลูกมันสำปะหลังตามแปลงไถกลบถั่วเขียวร่วมกับใส่ปุ๋ย 15-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ 2) ปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนด้วยถั่วพุ่ม+ปุ๋ย 15-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ 3) ปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนด้วยถั่วลิสง ร่วมกับใส่ปุ๋ย 15-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ 4) ปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนด้วยถั่วมะแฮะ ร่วมกับใส่ปุ๋ย 15-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ 5) ปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนด้วยถั่วเหลือง ร่วมกับใส่ปุ๋ย 15-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ 6) ปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนด้วยปอเทือง ร่วมกับใส่ปุ๋ย 15-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ 7) ปลูกมันสำปะหลัง ร่วมกับใส่ปุ๋ย 15-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ 8) ปลูกมันสำปะหลัง ร่วมกับใส่ปุ๋ย 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่

ดำเนินการทดลองที่บ้านหินลาด ตำบลบ้านค้อ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกที่ระดับ 0-20 และ 20-50 เซนติเมตร เพื่อวัดคุณสมบัติทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารในดิน ปลูกพืชตระกูลถั่ว ได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วพุ่ม ถั่วลิสง ถั่วมะแฮะ ถั่วเหลือง และปอเทือง ขนาดแปลงย่อย 8 x 8 เมตร เปรียบเทียบกับแปลงตรวจสอบ 2 กรรมวิธี ซึ่งปล่อยให้วัชพืชขึ้น พืชปุ๋ยสดทั้ง 6 ชนิด และแปลงตรวจสอบ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และแปลงตรวจสอบ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เก็บเกี่ยวพืชตระกูลถั่ว เมื่อสร้างมวลชีวภาพสูงสุดหรือหลังจากเก็บผลผลิต หลังเก็บเกี่ยวพืชตระกูลถั่วไถกลบเศษซากคลุกลงแปลง จากนั้นปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 86-13 ใส่ปุ๋ยตามอัตราที่กำหนด เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเมื่ออายุ 11-12 เดือน โดยถอนต้น แยกหัว ใบ เหง้า และลำ นับจำนวนลำ และชั่งน้ำหนักลำสดของลำแต่ละส่วน

กรมวิชาการเกษตร

นำลำที่ทำท่อนพันธุ์ได้ออกจากแปลง ชั่งน้ำหนักสด หัว ใบ และเหง้า ก่อนสุ่มตัวอย่างส่วนละ 0.5-1.0 กิโลกรัม นำไปอบให้แห้ง และชั่งน้ำหนัก เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาน้ำหนักแห้ง เศษซากมันที่เหลือให้ไถกลบลงแปลง และเก็บตัวอย่างดินหลังจากการเก็บเกี่ยว

5) ศึกษาระบบพืชแซมมันสำปะหลังและถั่วที่มีศักยภาพในพื้นที่ ดำเนินการปี 2563 ฤดูปลูกปี 2562/63 และฤดูปลูกปี 2563/64 ปลูกมันสำปะหลัง และปลูกถั่วแซมระหว่างแถวมันสำปะหลัง แบ่งใส่ปุ๋ยเคมีพร้อมปลูก 25 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ที่เหลือหลังปลูก 1 เดือน เก็บเกี่ยวถั่วลิสง ถั่วพร้า ถั่วมะแฮะอายุ 90 วัน และปอเทือง ถั่วเขียว ถั่วพุ่มอายุ 75 วัน สับคลุกเศษซากถั่วลงในดิน กำจัดวัชพืช โรค และแมลงตามความจำเป็น เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเมื่ออายุประมาณ 11-12 เดือน โดยการถอนต้น แยกหัว ใบ เหง้า และลำ นับจำนวนลำและชั่งน้ำหนักสดของแต่ละส่วน นำลำที่ทำท่อนพันธุ์ได้ออกจากแปลง ชั่งน้ำหนักสด หัว ใบ และเหง้า นำไปอบให้แห้งและชั่งน้ำหนัก เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาน้ำหนักแห้ง เศษซากมันที่เหลือให้ไถกลบลงแปลง และเก็บดินหลังจากการเก็บเกี่ยว

4. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังโดยใช้ระบบปลูกพืช การจัดการปุ๋ยและน้ำในกลุ่มดินทราย

การดำเนินงานทดลองประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้ คือ

1) ศึกษาชนิดของถั่วที่เหมาะสมในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในสภาพดินทราย เมื่อมีการให้น้ำ

วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก (Main plot) ประกอบด้วย การให้น้ำ ได้แก่ 1) ไม่มีการให้น้ำ 2) มีการให้น้ำ ปัจจัยรอง (Subplot) ประกอบด้วย ชนิดของถั่ว 3 ชนิด ได้แก่ 1) ปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วเขียว+ปุ๋ย 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ 2) ปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วพุ่ม+ปุ๋ย 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ 3) ปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วลิสง+ปุ๋ย 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่

ดำเนินการปลูกมันสำปะหลัง และปลูกพืชตระกูลถั่วแซมระหว่างแถวมันสำปะหลัง จำนวน 2 แถว แบ่งใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยพร้อมปลูก 25 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ที่เหลือหลังจากปลูก 1 เดือน ให้น้ำโดยใช้ระบบน้ำหยด ให้น้ำเมื่อความชื้นความจุสนามต่ำกว่า 60% โดยใช้เครื่องวัดความชื้น Diviner ขนาดแปลงทดลองย่อย 9x8 เมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 6x6 เมตร เก็บเกี่ยวถั่วเมื่อให้ผลผลิตและสับคลุกเศษซากถั่วในดิน กำจัดวัชพืช โรค และแมลง ตามความจำเป็น เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเมื่ออายุประมาณ 11-12 เดือน ถอนต้น แยกหัว ใบ เหง้า และลำ ลำให้แยกเป็นลำที่สามารถนำไปใช้เป็นท่อนพันธุ์ได้ และเป็นท่อนพันธุ์ไม่ได้ นับจำนวนลำและชั่งน้ำหนักลำสดของลำแต่ละส่วน นำลำที่ทำท่อนพันธุ์ได้ออกจากแปลง ชั่งน้ำหนักสด หัว ใบ และเหง้า นำไปอบให้แห้งและชั่งน้ำหนัก คำนวณหาน้ำหนักแห้ง เศษซากมันที่เหลือให้ไถกลบลงแปลง และเก็บดินหลังจากการเก็บเกี่ยว

2) ศึกษารูปแบบการย่อยสลายและการปลดปล่อยธาตุอาหารของถั่วที่มีศักยภาพในแต่ละพื้นที่ นำเศษซากถั่วที่มีศักยภาพที่ได้จากการคัดเลือก ศึกษาการย่อยสลายโดยการฝังถุงตาข่าย หรือนำมาศึกษาในกระป๋องในแปลงที่มีการให้น้ำและไม่ได้ให้น้ำ โดยคลุกเศษซากพืชในดิน ให้น้ำในแปลงเมื่อความชื้นลดต่ำกว่า 60% ของความจุความชื้นสนาม (Field Capacity) ประเมินเศษซากที่เหลือ โดยวิธีการฝังถุงเขียว และเก็บถุงเขียวหลังจากฝัง 0, 7, 14, 21, 28, 42, 56, 70, 84 และ 98 วัน นำเศษซากพืชที่เหลือวัดคุณสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารที่เหลือ เช่น ปริมาณลิกนิน โพลีฟีนอล ปริมาณไนโตรเจน นำมาคำนวณอัตราการย่อยสลายและการปลดปล่อยธาตุอาหาร เป็นข้อมูลประกอบการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหาร เก็บดินเพื่อประเมิน

กรมวิชาการเกษตร

การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารและกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยวัดปริมาณแอมโมเนียม และไนเตรท ไนโตรเจน microbial biomass ก่อนการใส่เศษซากถั่ว (0 วัน) หลังการใส่ซากถั่ว 28, 56 และ 98 วัน เพื่อหาชนิดถั่วที่มีการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารในเวลาที่สอดคล้องกับความต้องการใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลัง

3) ผลของการให้น้ำต่อระบบพืชหมุนเวียนมันสำปะหลังและถั่วที่มีศักยภาพในพื้นที่ ดำเนินการในไร่เกษตรกร จังหวัดขอนแก่น วางแผนการทดลอง แบบ Split plot จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก (Main plot) คือ 1) การให้น้ำ 2) ไม่ให้น้ำ ปัจจัยรอง (Subplot) คือ ชนิดของถั่ว 3-4 ชนิดร่วมกับการใส่ปุ๋ย ได้แก่ 1) ถั่วเขียว ปรับปรุงดินและใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน 2) ถั่วพุ่ม ปรับปรุงดินและใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน 3) ถั่วลิสง ปรับปรุงดินและใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน 4) ถั่วมะแฮะ ปรับปรุงดินและใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน 5) ปลูกมันสำปะหลังปรับปรุงดินและใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ที่เหมาะสมในพื้นที่ ใช้ระยะปลูกตามความเหมาะสม ใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำและค่าวิเคราะห์ดิน วิธีการให้น้ำ ให้ตามความจำเป็น เมื่อความชื้นความจุสนามต่ำกว่า 60% พื้นที่แปลงทดลองย่อย 8x8 เมตร และพื้นที่เก็บเกี่ยว 7x7 เมตร เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเมื่ออายุประมาณ 11-12 เดือน โดยการถอนต้น แยกหัว ใบ เหง้า และลำ ลำให้แยกเป็นลำที่สามารถนำไปใช้เป็นท่อนพันธุ์ได้ และเป็นท่อนพันธุ์ไม่ได้ นับจำนวนลำและชั่งน้ำหนักลำสดของลำแต่ละส่วน นำลำที่ทำท่อนพันธุ์ได้ออกจากแปลง ชั่งน้ำหนักสด หัว ใบ และเหง้า นำไปอบให้แห้งและชั่งน้ำหนัก เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาน้ำหนักแห้ง เศษซากมันที่เหลือให้ไถกลบลงแปลง และเก็บดินหลังจากการเก็บเกี่ยว

4) ผลของการให้น้ำต่อระบบพืชแซมมันสำปะหลังและถั่วที่มีศักยภาพในพื้นที่ ดำเนินการในไร่เกษตรกร จังหวัดขอนแก่น วางแผนการทดลอง แบบ Split plot จำนวน 4 ซ้ำ Main plot ประกอบด้วย 1) ไม่ให้น้ำ 2) ให้น้ำ Subplot ประกอบด้วย การใส่ปุ๋ยเคมี 2 ระดับ คือ 1) ใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำ 2) ใส่ปุ๋ย 1.5 เท่าของคำแนะนำ Sub-subplot ประกอบด้วย ระบบปลูกถั่วแซมระหว่างแถวมันสำปะหลัง 5 วิธี คือ 1) ถั่วเขียว แซมระหว่างแถวมันสำปะหลัง 2) ถั่วพุ่ม แซมระหว่างแถวมันสำปะหลัง 3) ถั่วลิสง แซมระหว่างแถวมันสำปะหลัง 4) ถั่วมะแฮะ แซมระหว่างแถวมันสำปะหลัง 5) ปลูกมันสำปะหลังโดยไม่มีพืชแซม ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ที่เหมาะสมในพื้นที่ ใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำและค่าวิเคราะห์ดิน วิธีการให้น้ำ ให้ตามความจำเป็น เมื่อความชื้นความจุสนามต่ำกว่า 60% ประเมินเศษซากที่เหลือ นำเศษซากพืชที่เหลือวัดคุณสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารที่เหลือ คำนวณอัตราการย่อยสลายและการปลดปล่อยธาตุอาหาร ขนาดแปลงทดลอง 9x7 เมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 6x6 เมตร เก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเมื่ออายุประมาณ 11-12 เดือน โดยการถอนต้น แยกหัว ใบ เหง้า และลำ นับจำนวนลำ ชั่งน้ำหนักสด หัว ใบ และเหง้า นำไปอบให้แห้งและชั่งน้ำหนัก เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาน้ำหนักแห้ง เศษซากมันที่เหลือให้ไถกลบลงแปลง และเก็บดินหลังจากการเก็บเกี่ยว

5. การจัดการธาตุอาหารพืชระยะยาวด้วยวัสดุอินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมีในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังต่อผลผลิตและการกักเก็บคาร์บอนในดิน

ดำเนินการทดลองในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังระยะยาว 3 สถานที่ ได้แก่ ในพื้นที่ดินร่วนทราย ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา และในดินร่วนเหนียวปนทราย ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จังหวัดระยอง โดยการปรับปรุงดินด้วยวัสดุอินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์ และ

กรมวิชาการเกษตร

ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพผลผลิตมันสำปะหลังระยะยาวในดิน 3 ชุดดิน วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 8 กรรมวิธี ได้แก่ 1) 0-0-0 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ 2) 16-0-0 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ 3) 16-8-0 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ 4) 16-0-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ 5) 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ 6) 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1 ตันต่อไร่ 7) 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ สับกลบต้นใบมันสำปะหลัง อัตรา 3 ตันต่อไร่ 8) 0-0-0 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ สับกลบต้นใบมันสำปะหลัง อัตรา 3 ตันต่อไร่

ก่อนการทดลองในแต่ละฤดูปลูก สุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารในดิน แล้วทำการไถเตรียมแปลงทดลอง แปลงที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์จะทำการหว่านและสับกลบก่อนปลูก แปลงที่ใส่วัสดุอินทรีย์จะทำการสับกลบต้นใบมันสำปะหลังก่อนปลูก ปลูกมันสำปะหลังต้นฤดูฝน ใส่ปุ๋ยเคมีสองข้างต้นเมื่อมันสำปะหลังอายุ 1-2 เดือน ดูแลรักษาแปลงปลูก กำจัดวัชพืชเมื่อมันสำปะหลังอายุ 1 เดือน 3 เดือน และตามความจำเป็นตลอดฤดูปลูก เก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังเมื่ออายุ 11 เดือน สุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกและหลังเก็บเกี่ยว และตัวอย่างพืชขณะเก็บเกี่ยว เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร ๆ และปริมาณอินทรียคาร์บอนในดินและพืช

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังระยะยาวโดยใช้ระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ย

1.1 ผลของระบบปลูกและการจัดการปุ๋ยต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง

ผลของการจัดการปุ๋ยและระบบปลูกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องตั้งแต่ฤดูปลูก 2560/61 ถึง ฤดูปลูกปี 2563/64 ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร พบว่า กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวเป็นระยะเวลานานในทุกระบบปลูกมันสำปะหลัง ส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับความเป็นกรดเป็นด่างของดินก่อนเริ่มการทดลอง การจัดการปุ๋ยมีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นในกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวทุกปี แต่กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียวและร่วมกับปุ๋ยเคมีช่วยรักษาความเป็นกรดเป็นด่างให้ใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้น (ตารางที่ 1)

เมื่อพิจารณาปริมาณอินทรียวัตถุในดิน พบว่า อินทรียวัตถุในดินลดลงทุกระบบปลูกและการจัดการปุ๋ยทุกกรรมวิธี กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียวหรือร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินทั้งระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่อง ระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่ว และระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่ว แต่ในระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปีที่ไม่ใส่ปุ๋ย ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลงจากค่าเริ่มต้นและกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยทุกระบบปลูก ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน พบว่า ระบบปลูกทุกระบบมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น ในขณะที่การจัดการปุ๋ย พบว่า ทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น ยกเว้นกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย ส่วนค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นทุกระบบปลูกและการจัดการปุ๋ย

กรมวิชาการเกษตร

1.2 ผลของระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยต่อการให้ผลผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกมันสำปะหลังระยะยาว

ผลของระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยต่อผลผลิตรวมของมันสำปะหลัง ฤดูปลูกปี 2560/61-2563/64 พบว่า ระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่อง ระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่วปีเว้นปี และระบบปลูกมันสำปะหลังแซมพืชตระกูลถั่ว การจัดการปุ๋ยที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตมันสำปะหลังรวมสูงสุด คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งให้ผลผลิตรวม 25.3 13.4 และ 20.9 ตันต่อไร่ ตามลำดับ หากปลูกมันสำปะหลังโดยไม่ใส่ปุ๋ยหรือปรับปรุงดินส่งผลให้ศักยภาพการให้ผลผลิตมันสำปะหลังต่ำที่สุดทั้ง 3 ระบบปลูก (3.52 9.02 และ 5.14 ตันต่อไร่ ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาระบบปลูกมันสำปะหลัง พบว่า ระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่วทุกปีให้ผลผลิตรวม 13.9 ตันต่อไร่ รองลงมา คือ ระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี และระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่วปีเว้นปี ซึ่งให้ผลผลิตรวม 13.3 และ 11.6 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ถึงแม้ว่าระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่วปีเว้นปีจะปลูกน้อยกว่าระบบอื่น 2 ปี แต่ผลผลิตน้อยกว่า ระบบการปลูกต่อเนื่องเพียงร้อยละ 12.8 และพบว่า ผลผลิตถั่วลิสงรวม 2 ปี สูงสุดในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี เกรด 15-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งให้ผลผลิต 1,209 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่ว พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1 ตันต่อไร่ ให้ผลผลิตถั่วลิสงรวมสูงสุด 1,173 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 2) เมื่อพิจารณาผมตอบแทนทางเศรษฐกิจทั้ง 4 ปี ระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี กรรมวิธีที่ให้รายได้สุทธิสูงสุด คือ การใส่ปุ๋ยเคมี เกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (26,808 บาทต่อไร่) เช่นเดียวกับระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่ว (22,193 บาทต่อไร่) และระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่ว (31,940 บาทต่อไร่) เมื่อเปรียบเทียบแต่ละระบบปลูก จะเห็นได้ว่า ระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่วทุกปีให้รายได้สุทธิ (21,578 บาทต่อไร่) สูงสุด รองลงมา คือ ระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่วปีเว้นปี และระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี (18,015 และ 4,063 บาทต่อไร่ ตามลำดับ) และเมื่อพิจารณาปัจจัยด้านจัดการปุ๋ย พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมี เกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ให้รายได้สุทธิสูงสุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1 ตันต่อไร่ (26,980 และ 15,290 บาทต่อไร่ ตามลำดับ) และกรรมวิธีที่ให้รายได้สุทธิสูงสุด คือ ระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่วทุกปีที่ใส่ปุ๋ยเคมี เกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งให้รายได้สุทธิ 31,940 บาทต่อไร่ (ตารางที่ 3)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีของดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ก่อนปลูกและหลังปลูกมันสำปะหลังระยะยาวที่มีระบบปลูกและการจัดการปุ๋ยต่างกัน ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ปี 2560/61 และ ปี 2563/64

ระบบปลูก	การจัดการปุ๋ย	ปี 2560/61				ปี 2563/64			
		pH (1:1)	OM (%)	Avail.P (mg/kg)	Exch.K (mg/kg)	pH (1:1)	OM (%)	Avail.P (mg/kg)	Exch.K (mg/kg)
ปี 2523		6.2	0.66	8	35				
มันสำปะหลังต่อเนื่อง	None	6.1	0.26	2	18	5.4	0.20	3	11
	CF	4.4	0.36	46	34	4.9	0.32	26	26
	CP	6.1	0.44	81	38	6.2	0.34	55	18
	CP+0.5CF	5.4	0.33	73	54	5.6	0.34	70	15
มันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่ว	None	5.9	0.28	4	27	5.3	0.33	9	12
	CF	5.2	0.36	55	38	4.7	0.42	20	25
	CP	5.9	0.44	56	38	5.4	0.42	44	13
	CP+0.5CF	5.4	0.44	75	51	5.5	0.45	59	19
มันสำปะหลังแซมพืชตระกูลถั่ว	None	6.0	0.37	3	33	5.3	0.33	2	15
	CF	5.4	0.32	42	53	5.1	0.36	36	17
	CP	6.2	0.50	73	48	6.3	0.53	51	18
	CP+0.5CF	5.6	0.44	82	51	5.5	0.40	56	41
ระบบปลูก									
มันสำปะหลังต่อเนื่อง		5.5	0.35	51	36	5.5	0.30	39	18
มันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่ว		5.6	0.38	48	39	5.3	0.41	33	17
มันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่ว		5.8	0.41	50	46	5.5	0.41	36	23
การจัดการปุ๋ย									
None		6.0	0.30	3	26	5.4	0.29	5	13
CF		5.0	0.35	48	42	4.9	0.37	27	23
CP		6.1	0.46	70	41	6.0	0.43	50	16
CP+0.5CF		5.5	0.40	77	52	5.5	0.40	62	25

หมายเหตุ : None = ไม่ใส่ปุ๋ย CP = ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1 ตันต่อไร่ CF = ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และ 0.5 CF = ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2 ผลผลิตมันสำปะหลัง และถั่วลิสง จากการปลูกมันสำปะหลังระยะยาวที่มีระบบปลูกและการจัดการปุ๋ยต่างกัน ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ปี 2560/61-2563/64

ระบบปลูกพืช	วิธีการใส่ปุ๋ย	มันสำปะหลัง (ตันต่อไร่)					ถั่วลิสง (กิโลกรัมฝักสดต่อไร่)				
		60/61	61/62	62/63	63/64	รวม	60/61	61/62	62/63	63/64	รวม
มันสำปะหลังต่อเนื่อง	None	0.44	0.75	0.63	1.70	3.5	-	-	-	-	-
	CF	5.67	5.67	5.55	8.39	25.3	-	-	-	-	-
	CP	1.73	2.16	3.21	8.42	15.5	-	-	-	-	-
	CP+0.5CF	0.95	2.19	2.77	3.11	9.0	-	-	-	-	-
มันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่ว	None	-	5.14	-	4.55	9.7	729	-	441	-	1,170
	CF	-	5.98	-	7.40	13.4	551	-	392	-	943
	CP	-	7.29	-	4.09	11.4	773	-	472	-	1,245
	CP+0.5CF	-	7.09	-	4.76	11.9	764	-	563	-	1,327
มันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่ว	None	0.86	1.10	1.28	1.90	5.1	338	250	162	307	1,057
	CF	3.75	5.93	6.39	4.86	20.9	222	215	172	253	862
	CP	3.30	2.76	2.34	5.24	13.6	267	163	463	280	1,173
	CP+0.5CF	2.89	4.32	2.50	6.28	16.0	222	140	297	267	926
ระบบปลูกมันสำปะหลัง											
ต่อเนื่อง		2.20	2.69	3.04	5.41	13.3	-	-	-	-	-
หมุนเวียนพืชตระกูลถั่ว		-	6.38	-	5.20	11.6	704	-	467	-	1,171
แซมด้วยพืชตระกูลถั่ว		2.70	3.53	3.13	4.57	13.9	262	192	274	277	1,005
การจัดการปุ๋ย											
None		0.65	2.33	0.96	2.72	6.1	534	250	302	307	1,114
CF		4.71	5.86	5.97	6.88	19.9	387	215	282	253	903
CP		2.52	4.07	2.78	5.92	13.5	520	163	468	280	1,209
CP+0.5CF		1.92	4.53	2.64	4.72	12.3	493	140	430	267	1,127

หมายเหตุ None = ไม่ใส่ปุ๋ย CP = ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1 ตันต่อไร่ CF = ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และ 0.5 CF = ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 3 รายได้สุทธิจากการปลูกมันสำปะหลัง และถั่วลิสง จากการปลูกมันสำปะหลังระยะยาวที่มีระบบปลูกและการจัดการปุ๋ยต่างกัน ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ปี 2560/61-2563/64

ระบบปลูกพืช	วิธีการใส่ปุ๋ย	รายได้สุทธิ (บาทต่อไร่)				
		60/61	61/62	62/63	63/64	รวม
มันสำปะหลังต่อเนื่อง	None	-2,070	-2,045	-1,973	-289	-6,377
	CF	9,005	3,335	5,375	9,093	26,808
	CP	-1,145	-2,230	629	8,836	6,090
	CP+0.5CF	-4,245	-3,335	-1,357	-1,333	-10,270
มันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่ว	None	5,747	4,540	1,050	4,565	15,902
	CF	9,663	3,800	1,320	7,410	22,193
	CP	10,631	5,465	1,725	1,475	19,296
	CP+0.5CF	10,433	4,015	-1,245	1,464	14,667
มันสำปะหลังชมด้วยพืชตระกูลถั่ว	None	5,054	3,868	2,625	6,978	18,525
	CF	8,243	8,168	6,959	8,570	31,940
	CP	7,664	1,709	1,475	9,636	20,484
	CP+0.5CF	4,589	2,278	-1,397	9,894	15,364
ระบบปลูกมันสำปะหลัง						
มันสำปะหลังต่อเนื่อง		386	-1,069	669	4,077	4,063
มันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่ว		9,119	4,455	713	3,729	18,015
มันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่ว		6,388	4,006	2,416	8,770	21,578
การจัดการปุ๋ย						
None		2,910	2,121	567	3,751	9,350
CF		8,970	5,101	4,551	8,358	26,980
CP		5,717	1,648	1,276	6,649	15,290
CP+0.5CF		3,592	986	-1,333	3,342	6,587

กรมวิชาการเกษตร

2. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังโดยใช้ระบบปลูกพืชและการจัดการชนิดและอัตราปุ๋ย

2.1 ผลของระบบปลูกและการจัดการชนิดและอัตราปุ๋ยต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง

ผลของระบบปลูก การจัดการชนิดและอัตราปุ๋ยต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ฤดูปลูก 2560/61 ถึง 2563/64 พบว่า ระบบปลูกมันสำปะหลังไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดิน แต่มีแนวโน้มว่าระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่วมีค่าอินทรียวัตถุ และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าทั้ง 2 ระบบปลูก ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดิน คือ การจัดการปุ๋ย ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียวหรือร่วมกับปุ๋ยเคมีช่วยยกระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน แต่การใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่าง

เดียวทุกปี ดินมีฤทธิ์เป็นกรดจัดมาก (ก่อนการทดลอง pH จาก 6.2 หลังการทดลอง pH ลดลงเป็น 5.6) ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการดูดใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลัง อินทรียวัตถุในดิน พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ หรือปุ๋ยเคมี หรือทั้งสองร่วมกัน มีอินทรียวัตถุในดินสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยอย่างเห็นได้ชัด และจะเห็นได้ว่าอินทรียวัตถุในดินของระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่วมีแนวโน้มสูงกว่าระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องและระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่ว

2.2 ผลของระบบปลูกและการจัดการชนิดและอัตราปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกมันสำปะหลังระยะยาว

ผลผลิตมันสำปะหลังรวม 4 ปี (ตั้งแต่ ปี 2560/61-2563/64) พบว่า ระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี ระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่วปีเว้นปี และระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่ว การจัดการปุ๋ยที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตมันสำปะหลังรวมสูงสุด คือ การใส่ปุ๋ยเคมี เกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งให้ผลผลิตรวม 20.0 12.5 และ 18.42 ตันต่อไร่ ตามลำดับ หากปลูกมันสำปะหลัง โดยไม่ใส่ปุ๋ยหรือปรับปรุงดินส่งผลให้ศักยภาพการให้ผลผลิตมันสำปะหลังต่ำที่สุด ทั้ง 3 ระบบปลูก (7.14, 6.93 และ 5.99 ตันต่อไร่ ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาระบบปลูกมันสำปะหลัง พบว่า ระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปีให้ผลผลิตรวม 15.3 ตันต่อไร่ รองลงมา คือ ระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่วทุกปี และระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่วปีเว้นปี ซึ่งให้ผลผลิตรวม 13.6 และ 10.8 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ถึงแม้ว่า ระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่วปีเว้นปีจะปลูกน้อยกว่าระบบอื่น 2 ปี แต่ผลผลิตน้อยกว่าระบบการปลูกต่อเนื่องเพียงร้อยละ 29.4 และพบว่า ผลผลิตถั่วเขียวรวม 2 ปี สูงสุดในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1 ตันต่อไร่ ซึ่งให้ผลผลิต 154 กิโลกรัมต่อไร่ เช่นเดียวกับระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่ว (108 กิโลกรัมต่อไร่) (ตารางที่ 4)

เมื่อพิจารณาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจทั้ง 4 ปี ระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี กรรมวิธีที่ให้รายได้สุทธิสูงสุด คือ การใส่ปุ๋ยเคมี เกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (12,904 บาทต่อไร่) เช่นเดียวกับระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่ว (14,569 บาทต่อไร่) ส่วนระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่ว การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1 ตันต่อไร่ ให้รายได้สุทธิ (5,496 บาทต่อไร่) สูงกว่ากรรมวิธีอื่น เมื่อเปรียบเทียบแต่ละระบบปลูก จะเห็นได้ว่า ระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่วทุกปีให้รายได้สุทธิ (8,897 บาทต่อไร่) สูงสุด รองลงมา คือ ระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี และระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่วปีเว้นปี (4,557 และ 2,935 บาทต่อไร่ ตามลำดับ) และปัจจัยด้านจัดการปุ๋ย พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมี เกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ให้รายได้สุทธิสูงสุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 0.5 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี เกรด 15-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1 ตันต่อไร่ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี เกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1 ตันต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี เกรด 15-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ยให้รายได้สุทธิต่ำที่สุด (10,682 6,942 6,925 4,039 3,154 และ 1,036 บาทต่อไร่ ตามลำดับ) และกรรมวิธีที่ให้รายได้สุทธิสูงสุด คือ ระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่วทุกปีที่ใส่ปุ๋ยเคมี เกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัม ซึ่งให้รายได้สุทธิ 14,569 บาทต่อไร่ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 ผลผลิตมันสำปะหลัง และถั่วเขียว จากการปลูกมันสำปะหลังระยะยาวที่มีระบบปลูก การจัดการชนิด และอัตราปุ๋ยต่างกัน ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ปี 2560/61 – 2563/64

กรรมวิธี	มันสำปะหลัง (ตันต่อไร่)					ถั่วเขียว (กิโลกรัมต่อไร่)				
	60/61	61/62	62/63	63/64	รวม	60/61	61/62	62/63	63/64	รวม
C1F1	1.59	0.83	1.55	3.18	7.14	-	-	-	-	-
C1F2	3.22	1.60	3.28	5.35	13.45	-	-	-	-	-
C1F3	3.85	4.85	4.79	6.53	20.02	-	-	-	-	-
C1F4	4.35	3.93	3.45	6.00	17.73	-	-	-	-	-
C1F5	3.51	3.08	4.22	5.83	16.63	-	-	-	-	-
C1F6	3.27	3.51	4.56	5.27	16.61	-	-	-	-	-
C2F1	-	3.15	-	3.77	6.93	19	-	61	-	80
C2F2	-	4.57	-	6.27	10.84	58	-	96	-	154
C2F3	-	6.02	-	6.42	12.45	36	-	54	-	90
C2F4	-	4.71	-	7.43	12.15	57	-	81	-	138
C2F5	-	5.56	-	6.48	12.04	51	-	60	-	111
C2F6	-	3.94	-	6.35	10.29	93	-	34	-	127
C3F1	0.47	0.84	1.46	3.22	5.99	32	39	36	16	68
C3F2	2.39	1.51	3.44	5.71	13.05	65	68	43	41	108
C3F3	3.38	5.09	3.90	6.05	18.42	10	32	25	18	35
C3F4	2.99	2.61	4.34	6.30	16.23	60	78	45	32	105
C3F5	1.64	1.78	3.96	6.04	13.43	33	60	38	33	71
C3F6	2.15	2.07	3.73	6.26	14.22	42	58	62	44	104
ระบบปลูกมันสำปะหลัง										
C1	3.30	2.97	3.64	5.36	15.3	-	-	-	-	-
C2	-	4.66	-	6.12	10.8	52	-	64		117
C3	2.17	2.32	3.47	5.60	13.6	40	56	42	31	82
การจัดการปุ๋ย										
F1	1.03	1.61	1.50	3.39	6.7	26	39	49	16	74
F2	2.81	2.56	3.36	5.78	12.4	62	68	70	41	131
F3	3.62	5.32	4.34	6.33	17.0	23	32	40	18	63
F4	3.67	3.75	3.89	6.58	15.4	59	78	63	32	122
F5	2.58	3.47	4.09	6.12	14.0	42	60	49	33	91
F6	2.71	3.18	4.14	5.96	13.7	68	58	48	44	116

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 5 รายได้จากการปลูกมันสำปะหลังระยะยาวที่มีระบบปลูก การจัดการชนิด และอัตราปุ๋ยต่างกัน ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ปี 2560/61 – 2563/64

กรรมวิธี	รายได้สุทธิ (บาทต่อไร่)				
	60/61	61/62	62/63	63/64	รวม
C1F1	805	-1,925	-234	2,236	882
C1F2	948	-2,770	1,069	3,925	3,172
C1F3	1,845	1,805	3,623	5,631	12,904
C1F4	795	-1,560	-925	2,730	1,040
C1F5	49	-2,000	1,389	3,291	2,729
C1F6	593	-355	3,039	3,339	6,616
C2F1	-3,333	1,555	-1,527	3,239	-66
C2F2	-1,656	1,685	-22	5,489	5,496
C2F3	-2,602	3,560	-1,828	5,444	4,574
C2F4	-1,699	-405	-667	5,161	2,390
C2F5	-1,957	1,720	-1,570	4,396	2,589
C2F6	-151	290	-2,688	5,175	2,626
C3F1	-869	-483	902	2,742	2,292
C3F2	3,350	-231	2,958	6,030	12,107
C3F3	3,160	3,291	2,773	5,345	14,569
C3F4	2,310	-451	2,452	4,375	8,686
C3F5	-1,351	-1,620	2,296	4,820	4,145
C3F6	1,311	-256	3,882	6,646	11,583
ระบบปลูกมันสำปะหลัง					
C1	839	-1,134	1,327	3,525	4,557
C2	-1,900	1,401	-1,384	4,817	2,935
C3	1,319	42	2,544	4,993	8,897
การจัดการปุ๋ย					
F1	-1,132	-284	-286	2,739	1,036
F2	881	-439	1,335	5,148	6,925
F3	801	2,885	1,523	5,473	10,682
F4	469	-805	287	4,089	4,039
F5	-1,086	-633	705	4,169	3,154
F6	584	-107	1,411	5,053	6,942

กรมวิชาการเกษตร

3. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังโดยใช้ระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยในกลุ่มดินทราย-ไร่เกษตรกร จ.ขอนแก่น

เกษตรกรในจังหวัดขอนแก่น ต้องการปลูกถั่วเพื่อบำรุงดิน ได้แก่ ปอเทือง ถั่วพุ่ม ถั่วมะแฮะ โดยปอเทืองเป็นพืชตระกูลถั่วที่เกษตรกรต้องการปลูกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 40 ของเกษตรกรที่ทำการสำรวจ นอกจากนี้เกษตรกรต้องการปลูกพืชตระกูลถั่วเศรษฐกิจเพื่อรายได้เสริม ได้แก่ ถั่วลิสง (คิดเป็นร้อยละ 23.3 ของเกษตรกรที่ทำการสำรวจ) นอกจากนี้ยังมี ถั่วเขียว ถั่วเหลือง และถั่วลิสงเป็นพืชตระกูลถั่วที่เกษตรกร

พืชตระกูลถั่วที่เหมาะสมและมีศักยภาพในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในสภาพดินทราย ที่ไร่เกษตรกรบ้านห้วยยาง ตำบลทุ่งโป่ง อำเภออุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น โดยพิจารณาการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชตระกูลถั่ว คือ ถั่วมะแฮะ ซึ่งมีการเจริญเติบโตดีที่สุด มีความสูง 189 เซนติเมตร ความกว้างทรงพุ่ม 40.3 เซนติเมตร และน้ำหนักแห้งซาก 813 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ ถั่วพุ่ม มีความสูง 66.1 เซนติเมตร ความกว้างทรงพุ่ม 68.0 เซนติเมตร น้ำหนักแห้งซาก 429 กิโลกรัมต่อไร่ และผลผลิตฝักแห้ง 15.6 กิโลกรัมต่อไร่ และถั่วลิสงมีความสูง 61.8 เซนติเมตร ความกว้างทรงพุ่ม 57.3 เซนติเมตร น้ำหนักแห้งซาก 360 กิโลกรัมต่อไร่ และผลผลิตฝักแห้ง 54.4 กิโลกรัมต่อไร่

3.1 การศึกษาระบบพืชหมุนเวียนมันสำปะหลังและถั่วที่มีศักยภาพในพื้นที่

ดำเนินการทดลองในไร่เกษตรกรบ้านหินลาด ตำบลบ้านค้อ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น พบว่า ดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร มีค่าความเป็นกรดอ่อน (pH 5.7) ค่าการนำไฟฟ้าต่ำ อินทรียวัตถุในดินเพียง 0.19 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง (32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลาง (53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) หลังการทดลอง ทุกกรรมวิธีให้สมบัติทางเคมีของดินไม่แตกต่างกัน โดยมีฤทธิ์เป็นกรดจัดถึงกรดปานกลาง มีอินทรียวัตถุในดิน 0.44-0.51 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน 20-25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน 38-50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ถั่วลิสง และถั่วมะแฮะ เป็นพืชตระกูลถั่วหรือพืชปุ๋ยสดที่มีการเจริญเติบโตที่ดี โดยพิจารณาจากน้ำหนักมวลชีวภาพ โดยถั่วลิสง มีน้ำหนักมวลชีวภาพ 3,498 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ ถั่วพุ่ม มีน้ำหนักมวลชีวภาพ 3,747 กิโลกรัม สูงกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพ พบว่า ถั่วมะแฮะให้น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพสูงสุด 744 กิโลกรัมต่อไร่ แตกไม่แตกต่างกับถั่วพุ่ม ถั่วลิสง ถั่วเขียว และกรรมวิธีทดสอบที่ 2

เมื่อพิจารณาอัตราการย่อยสลาย พบว่า ถั่วมะแฮะมีปริมาณลิกนินสูงที่สุด 14.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพืชที่มีปริมาณลิกนินสูง อัตราการย่อยสลายจะช้ากว่าพืชที่มีปริมาณลิกนินต่ำกว่า ถั่วมะแฮะมีเปอร์เซ็นต์สลายตัวได้ช้าที่สุด ในขณะที่ถั่วพุ่มการสลายตัวเร็วกว่าพืชปุ๋ยสดชนิดอื่น ๆ

ผลของพืชปุ๋ยสดต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตมันสำปะหลัง และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่ว

ผลผลิตหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้ง และน้ำหนักแป้งไม่แตกต่างกัน จะเห็นได้ว่า มันสำปะหลัง 2 (มันสำปะหลังใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่) มีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวสดและน้ำหนักแป้งสูงสุด (6.39 ตันต่อ

กรมวิชาการเกษตร

ไร่ และ 628 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) รองลงมา คือ ถั่วมะแฮะ-มันสำปะหลัง ถั่วลิสง-มันสำปะหลัง ถั่วเหลือง-มันสำปะหลัง ถั่วพุ่ม-มันสำปะหลัง ปอเทือง-มันสำปะหลัง ถั่วเขียว-มันสำปะหลัง และมันสำปะหลัง 1 (มันสำปะหลัง ใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่) การปลูกพืชตระกูลถั่วหมุนเวียนมันสำปะหลังสามารถลดการใส่ปุ๋ยเคมี และสามารถรักษาระดับผลผลิตให้ใกล้เคียงกับการปลูกมันสำปะหลังที่ใส่ปุ๋ยเคมีเต็มอัตราได้ และพบว่า กรรมวิธีมันสำปะหลัง 2 มีน้ำหนักแห้งซากคืนแปลง (น้ำหนักแห้งเหง้า+ใบ+ลำต้นไม่ใช้ทำพันธุ์) สูงสุด 538 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ไม่แตกต่างกับการปลูกพืชตระกูลถั่วหมุนเวียน ยกเว้นถั่วเขียว-มันสำปะหลัง ซึ่งมีน้ำหนักแห้งซากคืนแปลงเพียง 318 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อพิจารณาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ พบว่า ระบบถั่วลิสงหมุนเวียนมันสำปะหลัง ให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าแก่การลงทุน 6,701 บาทต่อไร่ สูงกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ถึงแม้มีต้นทุนสูงถึง 14,184 บาทต่อไร่ แต่มีรายได้สูงสุด 20,885 บาทต่อไร่ เมื่อรวมรายได้สุทธิทั้ง 2 ปี จะเห็นได้ว่าระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนถั่วลิสง มีรายได้สุทธิสูงสุด 10,269 บาทต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าการปลูกมันสำปะหลัง ที่ใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าพืชตระกูลถั่วชนิดอื่นให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน โดยขาดทุน 3,313-7,068 บาทต่อไร่

3.2 การศึกษาระบบพืชแซมมันสำปะหลังและถั่วที่มีศักยภาพในพื้นที่

ดำเนินการปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยพืชปุ๋ยสด ไร่เกษตรกร ตำบลเขาสวนกวาง อำเภอเขาสวนกวาง จังหวัดขอนแก่น พบว่า ดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร มีค่าความเป็นกรดจัด (pH 5.4) ค่าการนำไฟฟ้าต่ำ อินทรียวัตถุในดินเพียง 0.45 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ (4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำ (13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) หลังการทดลอง พบว่า ทุกกรรมวิธีดินมีฤทธิ์เป็นกรดเพิ่มขึ้น ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น และปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ทุกกรรมวิธีให้ผลไม่แตกต่างกัน โดยดินมีความเป็นกรดจัด (pH 4.6-5.1) มีอินทรียวัตถุในดิน 0.50 4-0.59 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน 7-11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน 26-35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ถั่วลิสง เป็นพืชตระกูลถั่วที่มีศักยภาพในพื้นที่ มีการเจริญเติบได้ดี มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งซากคืนแปลง (ต้น ใบ และราก) 844 และ 371 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าพืชตระกูลถั่วชนิดอื่น และให้ผลผลิตฝักสด 208 กิโลกรัมต่อไร่

ผลของพืชปุ๋ยสดต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตมันสำปะหลัง และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในระบบปลูกมันสำปะหลังแซมพืชตระกูลถั่ว

ระบบปลูกมันสำปะหลังแซมพืชตระกูลถั่ว ให้ผลผลิตหัวสดมันสำปะหลังและผลผลิตแป้งแตกต่างกันทางสถิติ โดยการปลูกมันสำปะหลังแซมถั่วเขียว ให้ผลผลิตมันสำปะหลัง 4.57 ตันต่อไร่ และผลผลิตแป้ง 487 กิโลกรัมต่อไร่สูงสุด รองลงมาคือ ระบบปลูกมันสำปะหลังแซมถั่วลิสง ซึ่งให้ผลผลิตหัวสดและผลผลิตแป้ง เท่ากับ 4.45 และ 435 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วมะแฮะให้ผลผลิตน้อยสุด 2.76 ตันต่อไร่ แต่ให้น้ำหนักแห้งซาก (เหง้า ใบ และลำต้นไม่ใช้ทำพันธุ์) สูงสุด 829 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่แตกต่างกับว่ามันสำปะหลัง

กรมวิชาการเกษตร

ในระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วเหลือง ถั่วลิสง และถั่วเขียว ส่วนเปอร์เซ็นต์แป้งไม่แตกต่างกัน โดยมีเปอร์เซ็นต์แป้งอยู่ระหว่าง 24.8-27.6 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ พบว่า ระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่วมีต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าระบบปลูกมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียว โดยระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วลิสงร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีต้นทุนสูงถึง 8,640 บาทต่อไร่ แต่ให้รายได้สูงถึง 12,842 บาทต่อไร่ และมีรายได้สุทธิสูง คือ 4,201 บาทต่อไร่ แต่รายได้สุทธิสูงสุดพบในระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วเขียว 4,319 บาทต่อไร่ เมื่อรวมรายได้สุทธิทั้ง 2 ปี จะเห็นได้ว่าระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วลิสง มีรายได้สุทธิสูงสุด 11,130 บาทต่อไร่ รองลงมา คือ ระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วเขียว มีรายได้สุทธิ 10,070 บาทต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าระบบปลูกมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียว ทั้งสองกรรมวิธีอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเลือกพืชตระกูลถั่วที่เหมาะสม สามารถเพิ่มรายได้ถึงแม้มีต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น ในทางตรงกันข้ามหากเลือกพืชตระกูลถั่วที่ไม่เหมาะสม จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตมันสำปะหลัง และทำให้มีต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น ทำให้ได้รับผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน จากข้อมูลงานทดลองจะเห็นได้ว่า ปอเทืองทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังลดลง และมีต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น ส่งผลให้รายได้สุทธิน้อยกว่าระบบปลูกมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียว

4. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังโดยใช้ระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยในกลุ่มดินทราย-ไร่เกษตรกร จ.ขอนแก่น

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังโดยใช้ระบบปลูกพืชและการจัดการปุ๋ยและน้ำในกลุ่มดินทรายไร่เกษตรกร จังหวัดขอนแก่น ได้ดำเนินการสำรวจข้อมูลชนิดถั่วที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ และความต้องการถั่วของพื้นที่ โดยพบว่า เกษตรกรต้องการปลูกพืชตระกูลถั่วและพืชแซมในระบบปลูกมันสำปะหลัง ถั่วที่ปลูกได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วพุ่ม ถั่วลิสง และถั่วมะแฮะ เกษตรกรต้องการปลูกพืชตระกูลถั่วเพื่อบำรุงดิน ได้แก่ ปอเทือง (มากที่สุด) ถั่วพุ่ม ถั่วมะแฮะ ต้องการปลูกพืชตระกูลถั่วเศรษฐกิจเพื่อรายได้เสริม ได้แก่ ถั่วลิสง ถั่วเขียว ถั่วเหลือง

ผลของการให้น้ำต่อระบบพืชหมุนเวียนมันสำปะหลังและถั่วที่มีศักยภาพในพื้นที่

ดำเนินการในไร่เกษตรกรบ้านน้ำเกลี้ยง ตำบลสำราญ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ผลของการให้น้ำต่อระบบพืชหมุนเวียนมันสำปะหลังและถั่วที่มีศักยภาพต่อผลผลิต น้ำหนักแห้งองค์ประกอบผลผลิต พบว่า การให้น้ำให้ผลผลิตของมันสำปะหลัง 6,075 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างกันทางสถิติกับการไม่ให้น้ำซึ่งให้ผลผลิต 3,084 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อพิจารณาระบบพืชหมุนเวียนมันสำปะหลังและถั่ว มีผลทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังแตกต่างกันทางสถิติ โดยระบบมันสำปะหลังหมุนเวียนถั่วมะแฮะให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 5,656 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ระบบมันสำปะหลังหมุนเวียนถั่วพุ่มให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด 3,504 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลัง พบว่า การให้น้ำและระบบพืชหมุนเวียน ไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์แป้งแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้เปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ย 16.3 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตแป้งของมันสำปะหลัง พบว่า การให้น้ำให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ย 963 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างกันทางสถิติกับการไม่ให้น้ำซึ่งให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ย 508 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่เมื่อพิจารณาระบบพืชหมุนเวียนไม่ทำให้ผลผลิตแป้งแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ย 738 กิโลกรัมต่อไร่

กรมวิชาการเกษตร

ผลของการให้น้ำต่อระบบพืชแซมมันสำปะหลังและถั่วที่มีศักยภาพในพื้นที่

ดำเนินการในไร่เกษตรกรบ้านน้ำเกลี้ยง ตำบลสำราญ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น โดยปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 และแซมด้วยพืชตระกูลถั่ว ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วพุ่ม ถั่วลิสง และถั่วมะแฮะ ระหว่างแถวของมันสำปะหลัง ผลการทดลองพบว่า ผลผลิตพืชตระกูลถั่วเมื่อมีการให้น้ำจะมีน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งสูงกว่าการไม่ให้น้ำอย่างชัดเจน โดยในระบบการให้น้ำ ถั่วพุ่มให้น้ำหนักสดสูงสุดคือ 3,650 กิโลกรัมสดต่อไร่ รองลงมาคือ ถั่วลิงสง ถั่วเขียว และถั่วเหลือง ตามลำดับ 1,413 864 และ 744 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนในระบบที่ไม่ให้น้ำ ถั่วพุ่ม ถั่วลิสง ถั่วเหลืองและถั่วเขียว ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์น้ำหนักแห้งของพืชตระกูลถั่วพบว่า ถั่วพุ่ม ถั่วลิสง ถั่วเขียว และถั่วเหลือง ให้น้ำหนักอินทรีย์มวลสูงสุดตามลำดับ และไม่แตกต่างกับระบบไม่ให้น้ำ ซึ่งถั่วพุ่มและถั่วลิงสงให้น้ำหนักแห้งสูงกว่าถั่วเขียวและถั่วเหลือง ตามลำดับ

ผลผลิตมันสำปะหลัง พบว่า การให้น้ำให้ผลผลิตของมันสำปะหลัง 5,108 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างกันทางสถิติกับการไม่ให้น้ำซึ่งให้ผลผลิต 3,676 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อพิจารณาระบบพืชแซมมันสำปะหลังและถั่ว มีผลทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังแตกต่างกันทางสถิติ โดยระบบมันสำปะหลังแซมถั่วเขียวให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 5,006 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ระบบมันสำปะหลังอย่างเดียวโดยไม่มีพืชแซมให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด 4,077 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างการให้น้ำและระบบการแซมด้วยพืชตระกูลถั่ว ผลผลิตมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วเขียวที่มีการให้น้ำให้น้ำหนักสูงสุด 6,294 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ มันสำปะหลังแซมด้วยถั่วเหลืองให้ผลผลิต 5,287 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังพบว่า การให้น้ำและระบบพืชแซม ทำให้เปอร์เซ็นต์แป้งแตกต่างกันทางสถิติ โดยการให้น้ำให้เปอร์เซ็นต์แป้ง 17.6 เปอร์เซ็นต์สูงกว่าการไม่ให้น้ำซึ่งให้เปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ย 16.2 เปอร์เซ็นต์ ในระบบพืชแซมมันสำปะหลัง การปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วเหลืองให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุด 18.1 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ พืชแซมถั่วเขียว ถั่วลิสง และไม่มีพืชแซม โดยมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วพุ่มให้เปอร์เซ็นต์แป้งต่ำสุด 16.3 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตแป้งของมันสำปะหลังพบว่า การให้น้ำให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ย 900 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างกันทางสถิติกับการไม่ให้น้ำซึ่งให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ย 597 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่เมื่อพิจารณาระบบพืชแซม มันสำปะหลังแซมถั่วเขียวและมันสำปะหลังแซมถั่วเหลือง โดยให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ยสูงถึง 846 และ 833 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ในระบบรวมจะเห็นได้ว่าพืชแซมในระบบการให้น้ำที่มีผลต่อผลผลิตน้ำหนักแป้งสดให้ผลผลิตแป้งมันสำปะหลังสด สูงกว่าในระบบพืชแซมที่ไม่มีการให้น้ำทุกระบบพืชแซม โดยระบบพืชแซมด้วยถั่วเขียวให้ผลผลิตแป้งสด สูงสุด รองลงมาคือ ระบบพืชแซมด้วยถั่วเหลือง ส่วนระบบพืชแซมด้วยถั่วลิงสงและถั่วพุ่มแม้จะให้ผลผลิตแป้งสดสูงแต่ก็ยังไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับระบบไม่มีพืชแซม

5. การจัดการธาตุอาหารพืชระยะยาวด้วยวัสดุอินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมีในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังต่อผลผลิตและการกักเก็บคาร์บอนในดิน

การจัดการธาตุอาหารพืชระยะยาวด้วยวัสดุอินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมีในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังต่อผลผลิตและการกักเก็บคาร์บอนในดิน ดำเนินการทดลอง 3 สถานที่ ได้แก่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น และศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จังหวัดระยอง

กรมวิชาการเกษตร

ผลผลิตมันสำปะหลัง จากผลการทดลอง พบว่า มันสำปะหลังตอบสนองต่อการจัดการธาตุอาหารแตกต่างกันทางสถิติ ของมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินยโสธร ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น และในชุดดินห้วยโป่ง ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สำหรับในแปลงมันสำปะหลังในชุดดินโคราช ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา ไม่ตอบสนองต่อการจัดการธาตุอาหาร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผันแปรของสภาพภูมิอากาศและฝนทิ้งช่วง การใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม จะให้ผลผลิตหัวมันสดเฉลี่ยสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย แปลงมันสำปะหลังระยะยาวที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น และศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง การใช้ปุ๋ยเคมี 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับการสับกลบต้นใบมันสำปะหลังอัตรา 3 ตันต่อไร่ ให้ผลผลิตมันสำปะหลังมากที่สุด 4,850 และ 4,539 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างในทางสถิติกับกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยเคมี 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ และกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยเคมี 16-8-16 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ร่วมกับร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1 ตันต่อไร่ รวมถึงกรรมวิธีที่สับต้นใบมันสำปะหลังสับกลบอัตรา 3 ตันต่อไร่ใส่ลงในแปลงปลูก แปลงมันสำปะหลังระยะยาวที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา ในชุดดินโคราช การใส่ปุ๋ยเคมี 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1 ตันต่อไร่ ให้ผลผลิตมันสำปะหลังสูงสุด เฉลี่ย 3,589 กิโลกรัมต่อไร่ จะเห็นได้ว่า การปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานการใส่ปุ๋ยเคมี 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ร่วมกับการสับกลบต้นใบมันสำปะหลัง อัตรา 3 ตันต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ย16-0-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ และการใส่ปุ๋ย16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ (ตารางที่ 6)

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง

การปลูกมันสำปะหลังในดินทรายถึงดินร่วนปนทราย ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ความเป็นกรดด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ และธาตุอาหารหลักที่จำเป็นสำหรับพืช จะมีปริมาณลดลง และมีความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้น ในดินชุดยโสธร ดินเกิดการเสื่อมโทรมคุณภาพของดินมากที่สุด (ตารางที่ 7) อย่างไรก็ตาม พบว่า การปลูกมันสำปะหลังเป็นระยะเวลานานมากกว่า 45 ปี ในพื้นที่ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตันต่อไร่ ทำให้มีการสะสมของฟอสฟอรัสในปริมาณมากขึ้น ส่งผลต่อการให้ผลผลิตของมันสำปะหลังให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ต่ำ และมันสำปะหลังแสดงอาการขาดธาตุเหล็ก

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 6 ผลผลิตหัวสด (กิโลกรัมต่อไร่) ของมันสำปะหลัง ในแปลงปลูกมันสำปะหลังที่มีการจัดการธาตุอาหารพืชระยะยาวด้วยวัสดุอินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมี ปี 2560/61 – 2563/64

วิธีการ	60/61	61/62	62/63	63/64	เฉลี่ย
ชุดดินยโสธร จ.ขอนแก่น					
0-0-0	774 c	584 d	950 d	968 d	819
16-0-0	1,814 c	1,604 cd	1,312 cd	1,898 cd	1,657
16-8-0	1,813 c	1,914 c	2,154 bcd	1,807 cd	1,922
16-0-16	2,863 bc	2,771 bc	3,335 abc	3,333 bc	3,076
16-8-16	3,242 abc	3,713 ab	3,702 ab	3,882 ab	3,635
16-8-16+CP	6,071 a	2,730 bc	3,497 ab	3,818 ab	4,029
16-8-16+CR	5,552 ab	4,309 a	4,187 ab	5,350 a	4,850
0-0-0+CR	2,573 bc	1,786 c	4,523 a	3,732 ab	3,154
F-test, CV.(%)	*, 34.6	*, 33.4	*, 47.9	*, 38.9	
ชุดดินโคราช จ.นครราชสีมา					
0-0-0	2,875 c	2,863	3,650	918 b	2,577
16-0-0	3,661 bc	3,308	4,658	2,262 a	3,472
16-8-0	4,542 ab	3,798	5,475	1,012 b	3,707
16-0-16	4,342 ab	3,229	4,192	495 b	3,065
16-8-16	4,565 ab	3,106	3,913	673 b	3,064
16-8-16+CP	5,167 a	3,822	4,433	933 b	3,589
16-8-16+CR	4,192 abc	3,346	4,092	736 b	3,092
0-0-0+CR	4,367 ab	3,492	5,167	1,337 ab	3,591
F-test, CV. (%)	*, 20.3	ns, 18.0	ns, 26.7	*, 62.1	
ชุดดินห้วยโป่ง จ.ระยอง					
0-0-0	2,289 d	1,202 d	1,560 cd	539 e	1,398
16-0-0	3,471 c	1,520 cd	2,167 bc	1,227 b	1,846
16-8-0	2,108 d	1,649 cd	2,644 b	1,093 b	1,874
16-0-16	5,362 b	2,981 ab	2,734 b	4,734 b	3,953
16-8-16	5,841 ab	2,787 b	2,553 b	3,487 a	3,667
16-8-16+CP	6,488 a	1,206 d	1,263 d	1,108 b	2,516
16-8-16+CR	5,555 b	3,609 a	4,316 a	4,674 a	4,539
0-0-0+CR	2,635 d	2,019 c	2,615 b	1,087 b	2,089
F-test, CV (%)	**, 12.5	**, 22.6	**, 22.3	*, 26.0	

หมายเหตุ CP = ปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตัน/ไร่ CR = ต้นใบมันสด 3 ตัน/ไร่

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 7 สมบัติทางเคมีของดินก่อนปลูก และหลังปลูก ที่ระดับความลึก 0-20 ซม. ในแปลงปลูกมันสำปะหลังที่มีการจัดการธาตุอาหารพืชระยะยาวด้วยวัสดุอินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมี ปี 2560/61 – 2563/64

กรรมวิธี	ปี 2560/2561				2563/2564			
	pH (1:1)	O.M. (%)	Avai. P (mg/kg)	Exch K (mg/kg)	pH (1:1)	O.M. (%)	Avai. P (mg/kg)	Exch K (mg/kg)
ชุดดินยโสธร จ.ขอนแก่น								
0-0-0	4.8	0.41	11	14	3.7	1.26	40	23
16-0-0	4.3	0.39	6	20	4.2	1.25	59	34
16-8-0	4.4	0.47	31	23	4.2	1.22	67	39
16-0-16	4.8	0.48	6	62	3.7	1.29	51	30
16-8-16	4.6	0.46	21	43	4.6	1.40	53	35
16-8-16+CP	6.7	0.69	118	49	4.0	1.42	29	28
16-8-16+CR	4.9	0.63	23	52	4.1	1.19	41	29
0-0-0+CR	5.4	0.55	15	23	3.5	1.35	51	34
ชุดดินโคราช จ.นครราชสีมา								
0-0-0	7.17	0.64	17	53	5.64	0.72	22	78
16-0-0	6.57	0.70	17	43	5.76	0.77	16	68
16-8-0	7.22	0.77	64	53	5.56	0.82	68	70
16-0-16	6.60	0.62	26	72	5.72	0.73	13	93
16-8-16	6.65	0.73	45	58	5.42	0.74	49	89
16-8-16+CP	7.75	1.21	174	94	6.22	1.17	122	147
16-8-16+CR	7.00	0.97	76	87	5.74	0.94	81	114
0-0-0+CR	7.23	0.73	55	66	5.98	0.92	42	95
ชุดดินห้วยโป่ง จ.ระยอง								
0-0-0	4.8	1.03	24	14	5.6	0.78	12	28
16-0-0	3.9	1.18	24	14	3.5	0.89	28	10
16-8-0	4.0	1.17	98	14	4.0	1.26	128	20
16-0-16	4.1	1.06	15	20	3.8	1.16	26	19
16-8-16	4.3	1.33	69	34	3.7	1.23	83	20
16-8-16+CP	6.2	1.84	295	75	6.0	2.36	763	132
16-8-16+CR	4.4	1.82	74	27	4.2	1.17	80	22
0-0-0+CR	4.8	1.33	18	17	4.5	1.25	33	22

หมายเหตุ CP = ปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตัน/ไร่ CR = ต้นใบมันสด 3 ตัน/ไร่

กรมวิชาการเกษตร

อภิปรายผล

1. การปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องเป็นเวลา 41 ปี ในชุดดินยโสธรมีเนื้อดินทราย เป็นองค์ประกอบหลักทำให้มีความสามารถต่ำทั้งในการดูดซับธาตุอาหารและน้ำ การปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันยาวนาน โดยปราศจากการปรับปรุงบำรุงดิน ทำให้ดินเสื่อมโทรมลงทุกปี (โชติและคณะ, 2533) เนื่องจากสูญเสียธาตุอาหารไปกับผลผลิตมันสำปะหลัง ได้แก่ หัว และลำต้น ปริมาณธาตุอาหารในดินลดลงเรื่อย ๆ นอกจากนี้ธาตุอาหารในพื้นที่สามารถสูญหายโดยการชะล้างหรือชะละลายไปกับน้ำ โดยเฉพาะในดินทราย ดินร่วนปนทราย ส่งผลให้ศักยภาพในการผลิตพืชลดลง ดังนั้น ควรจัดการระบบปลูกและการจัดการปุ๋ยให้เหมาะสมเพื่อรักษาศักยภาพดินในการผลิตอย่างยั่งยืนต่อไป โดยระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี ให้ผลผลิตหัวสดและรายได้สุทธิรวมทั้ง 4 ปี 13.3 ตันต่อไร่ และ 4,063 บาทต่อไร่ ถึงแม้ว่า ระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่ว (ถั่วลิสง-ถั่วมะแฮะ) ปีเว้นปีจะปลูกน้อยกว่าระบบอื่น 2 ปี แต่ผลผลิตหัวสดรวม (11.6 ตันต่อไร่) น้อยกว่าระบบการปลูกต่อเนื่องเพียงร้อยละ 12.8 แต่มีรายได้สุทธิรวม 18,015 บาทต่อไร่ ศรีสุดาและคณะ (2556) รายงานว่า การปลูกพืชตระกูลถั่วร่วมกับมันสำปะหลัง ถึงแม้ว่าการปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนกับถั่วลิสง+ถั่วมะแฮะ จะให้ผลผลิตต่ำกว่าการปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่อง แต่สามารถรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ได้ดีกว่า และระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่ว (ถั่วลิสง) ทุกปี ให้ผลผลิตหัวสดรวม 13.9 และมีรายได้สุทธิรวมสูงสุด 21,578 บาทต่อไร่ การเลือกระบบปลูก ที่เหมาะสม นอกจากช่วยรักษาหน้าดิน คลุมวัชพืช และการย่อยสลายของเศษซากหลังการเก็บเกี่ยว ยังช่วยปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชที่ปลูกตามหรือปลูกแซมได้ โดยเฉพาะพืชตระกูลถั่วที่มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจน ทำให้เพิ่มไนโตรเจนในระบบที่พืชหลักในระบบสามารถนำไปใช้ได้ การปลูกถั่วพุ่มแซมระหว่างแถวมันสำปะหลังในดินชุดแม่ริม สามารถลดการสูญเสียหน้าดินถึงร้อยละ 47 และ 28 ในดินทรายจังหวัดระยอง (กอบเกียรติ และคณะ, 2548) ทั้งการระบบการปลูกพืชแซมหรือหมุนเวียน ควรเลือกพืชที่มีอายุสั้น เช่น พืชตระกูลถั่ว (ถั่วลิสง ถั่วเขียว และถั่วพุ่ม) สามารถให้ผลผลิตได้ภายใน 3-4 เดือน การปลูกพืชอายุสั้นในระบบมันสำปะหลัง ในระบบพืชแซมลดการแข่งขันในการแย่งอาหารและแสงแดดจากมันสำปะหลัง โตเร็ว คลุมหน้าดินได้รวดเร็ว คลุมการงอกของวัชพืช แต่ในขณะเดียวกันถั่วที่ปลูกก็เป็นวัชพืชได้เช่นกัน ถ้ามีการแข่งกันเพื่อรับแสง และแย่งธาตุอาหารกันดังนั้นการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่มันสำปะหลัง พืชตระกูลถั่ว โดยเฉพาะถั่วลิสงเป็นพืชที่เหมาะสำหรับนำเข้าทั้งระบบการปลูกพืชแซมหรือหมุนเวียน ถั่วลิสงไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง คลุมหน้าดินได้รวดเร็ว เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน และเพิ่มรายได้สุทธิ เมื่อพิจารณาการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตมันสำปะหลังระยะยาว การใส่ปุ๋ยเคมี เกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งเสริมการเจริญเติบโต ช่วยเพิ่มศักยภาพการให้ผลผลิต แต่การใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างดินส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดมากกว่ากรรมวิธีอื่น การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1 ตันต่อไร่ ช่วยรักษาความเป็นกรดเป็นด่างให้ใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้น และช่วยรักษาอินทรียวัตถุในดินได้ดีกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยและการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว วัตถุประสงค์ที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน ปรับโครงสร้างของดิน และให้ธาตุอาหารพืชในดินสามารถปลดปล่อยออกมา และเป็นประโยชน์แก่พืชได้มากขึ้นแต่จะปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมาอย่างช้าๆ และปุ๋ยอินทรีย์ช่วยปรับปรุงสมบัติทางชีวภาพของดิน เพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ในดินบางชนิด (มงคล และสันติภาพ, 2547, สมปอง และคณะ, 2549 และปานชีวัน และคณะ, 2557 เมื่อพิจารณาระบบปลูกมันสำปะลังร่วมกับการจัดการปุ๋ย การใส่ปุ๋ยเคมี เกรด 15-7-18 อัตรา

กรมวิชาการเกษตร

100 กิโลกรัมต่อไร่ ช่วยเพิ่มศักยภาพการให้ผลผลิต และให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าแก่การผลิตมันสำปะหลัง ทั้งระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี ระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่วปีเว้นปี และระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่วทุกปี กรรมวิธีที่ดีที่สุด คือ ระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่วทุกปี ที่ใส่ปุ๋ยเคมี เกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งให้ผลผลิตมันสำปะหลัง ถั่วลิสง และมีรายได้สุทธิรวม (ฤดูปลูก 2560/61-2563/64) 20.9 ตันต่อไร่ 862 กิโลกรัมต่อไร่ และ 31,940 บาทต่อไร่ ตามลำดับ แต่ดินมีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นมากกว่าการจัดการปุ๋ยกรรมวิธีอื่น ควรใส่สารปรับปรุงดินเพื่อปรับสภาพความความเป็นกรดเป็นด่างของให้เหมาะสมแก่การปลูกพืช

2. การใช้ปุ๋ยเคมีกับมันสำปะหลัง ก็เพื่อแก้ปัญหาดินขาดธาตุอาหารพืช เป็นการแก้ปัญหาระยะสั้นๆ ไม่ยั่งยืน ต้องมีการผสมผสานกับวิธีการปรับปรุงดินโดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ วัสดุอินทรีย์ ระบบการปลูกพืชที่เหมาะสมที่จะมีผลต่อการเพิ่มเติมธาตุอาหารในดิน เช่น ไนโตรเจน และเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน ซึ่งเป็นหนทางลดการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีราคาแพงวิธีหนึ่ง โดยผลผลิตพืชไม่ลด ผลการทดลองระยะเวลามากกว่า 10 ปี สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตและผลลิตมันสำปะหลังได้เด่นชัด เมื่อใช้ปุ๋ยเคมีในสัดส่วนที่สมดุล อัตรา 8-8-8 กิโลกรัมต่อไร่ และเกิดผลดียิ่งขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 2 ตันต่อไร่ หรือร่วมกับการไถกลบซากต้น ใบมันสำปะหลังลงดินหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินเพิ่มขึ้น (โชติและชุมพล, 2529; ชุมพลและคณะ 2543, Hagens, 1990) สมควร และคณะ (2556) ได้ศึกษาการปรับปรุงดินด้วยวัสดุอินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมี เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพผลผลิตมันสำปะหลังระยะยาวเป็นระยะเวลา 37 ปี พบว่าการไถกลบต้นใบมันสำปะหลังอัตรา 3 ตันต่อไร่ มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต การใช้ปุ๋ยกับมันสำปะหลังอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1 ตันต่อไร่ หรือร่วมกับการไถกลบต้นใบมันสำปะหลังอัตรา 3 ตันต่อไร่ สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตที่มีคุณภาพสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีแต่เพียงอย่างเดียว และช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน Cadavid *et. al*., (1998) ได้ศึกษาผลของการคลุมดิน การจัดการปุ๋ยและการจัดการดินโดยการไถกลบเศษซากพืชในดินทราย เป็นระยะเวลา 8 ปี พบว่า การคลุมดินจะช่วยลดอุณหภูมิบนผิวหน้าดิน และช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดิน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียมให้สูงขึ้นเมื่อพิจารณาระบบปลูกมันสำปะลังร่วมกับการจัดการปุ๋ย การใส่ปุ๋ยเคมี เกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ช่วยเพิ่มศักยภาพการให้ผลผลิตและให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าแก่การผลิตมันสำปะหลัง ทั้งระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี และระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่วทุกปี ซึ่งให้รายได้สุทธิรวม (ฤดูปลูก 2560/61-2563/64) 12,904 และ 14,569 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ในขณะที่ระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่วปีเว้นปี การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1 ตันต่อไร่ ให้รายได้สุทธิรวมสูงสุด 5,496 บาทต่อไร่ เมื่อพิจารณาคุณสมบัติดิน ทุกระบบปลูกการใส่ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นเวลานานส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี ช่วยยกระดับคุณภาพดินให้ดีขึ้น ลดความเป็นกรด ช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุและธาตุอาหารพืช

3. พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนใหญ่เป็นดินที่มีทรายเป็นองค์ประกอบหลัก ทำให้มีความสามารถต่ำทั้งในการดูดซับธาตุอาหารและน้ำ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จึงเป็นสาเหตุทำให้ผลผลิตต่ำ แนวทางในการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน หรือเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดิน สามารถทำได้หลายวิธี

กรมวิชาการเกษตร

การใช้พืชตระกูลถั่วเป็นพืชปุ๋ยสดเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน และเพิ่มผลผลิตพืชหลักหรือพืชที่ปลูกตามได้ พืชตระกูลถั่วเป็นพืชปุ๋ยสดที่ดี เนื่องจากระบบรากมีปมหรือที่เรียกว่าปมรากถั่ว ซึ่งมี ไรโซเบียมหรือแบคทีเรียที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถใช้ได้ จึงช่วยลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในการปลูกพืช (Giller and Wilson, 1991) เมื่อสับกลบพืชตระกูลถั่วลงดินจะย่อยสลาย และเพิ่มไนโตรเจน (N) และอินทรียวัตถุ (OM) กลับลงสู่ดิน และเป็นประโยชน์ต่อพืชที่ปลูกตาม (McDonagh *et al*., 1995; Stewart, 1966 และ Carvalho *et al*., 2015) ความต้องการพืชตระกูลถั่วของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง ในกลุ่มดินทราย เพื่อบำรุงดิน ได้แก่ ปอเทือง ถั่วพุ่ม ถั่วมะแฮะ และเพื่อรายได้เสริม ได้แก่ ถั่วลิสง ถั่วเขียว ถั่วเหลือง พืชตระกูลถั่วแต่ละชนิดมีความสามารถในการเจริญเติบโตในสภาพแวดล้อม หรือสภาพดินปลูกที่ต่างกัน ส่งผลให้ได้ปริมาณชีวมวล โครงสร้างเนื้อเยื่อ และปริมาณธาตุอาหารสะสมในต้นได้แตกต่างกัน ซึ่งยังส่งผลต่ออัตราการย่อยสลาย และปริมาณธาตุอาหารที่คืนสู่ดินได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน ดังนั้น การใช้พืชตระกูลถั่วเป็นปุ๋ยพืชสดต้องเลือกชนิดถั่วให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม พื้นที่ปลูก และระยะเวลา ในการจัดการระบบการปลูกพืช พืชตระกูลถั่วที่เหมาะสมในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ในกลุ่มดินทราย จังหวัดขอนแก่น (ไร่เกษตรกรบ้านห้วยยาง ตำบลทุ่งโป่ง อำเภออุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น) โดยพิจารณาการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชตระกูลถั่ว ได้แก่ ถั่วมะแฮะ ถั่วพุ่ม และถั่วลิสง ซึ่งให้น้ำหนักมวลชีวภาพ 813, 429 และ 360 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ นอกจากนี้ถั่วลิสงให้ผลผลิตฝักแห้ง 54.4 กิโลกรัมต่อไร่ การเลือกพืชตระกูลถั่วให้เหมาะสมนำเข้าระบบปลูกมันสำปะหลัง นอกจากช่วยรักษาหน้าดิน คลุมวัชพืชและเป็นแหล่งของธาตุอาหารบางส่วนให้แก่มันสำปะหลังแล้ว ยังเป็นรายได้เสริมให้แก่เกษตรกร จากการทดลองพืชตระกูลถั่วที่มีศักยภาพในระบบหมุนเวียนมันสำปะหลัง ถึงแม้ว่าระบบปลูกมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียวที่ใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด แต่ไม่แตกต่างกับระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนพืชตระกูลถั่วทั้ง 6 ชนิด โดยเฉพาะ ถั่วลิสง ซึ่งการใช้ปุ๋ยเคมีกับมันสำปะหลัง เพื่อแก้ปัญหาดินขาดธาตุอาหารพืช เป็นการแก้ปัญหาระยะสั้นๆ ไม่ยั่งยืน ต้องมีวิธีการผสมผสานกับการปรับปรุงดิน โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ วัสดุอินทรีย์ ระบบการปลูกพืชที่เหมาะสมที่จะมีผลต่อการเพิ่มเติมธาตุอาหารในดิน เช่น ไนโตรเจน และเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน ซึ่งเป็นหนทางลดการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีราคาแพงวิธีหนึ่งโดยผลผลิตพืชไม่ลด ระบบพืชหมุนเวียนมันสำปะหลังและถั่วที่มีศักยภาพในพื้นที่ คือ ระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนถั่วลิสง ซึ่งมีศักยภาพการให้ผลผลิตมันสำปะหลัง และให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าแก่การลงทุน โดยให้รายได้สุทธิรวม 2 ปี (ปี 2561/62-2562/63) 10,269 บาทต่อไร่ ศรีสุดาและคณะ (2556) รายงานผลระยะยาวการปลูกถั่วลิสงหมุนเวียนกับมันสำปะหลังปีเว้นปี เป็นระบบที่ทำให้การผลิตมันสำปะหลังมีความยั่งยืนกว่าการปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่อง และการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังด้วยระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่วที่เหมาะสม ที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตมันสำปะหลัง และรักษาความยั่งยืนในการผลิตมันสำปะหลัง คือ ระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วลิสง ซึ่งให้ผลผลิตมันสำปะหลังรวม 2 ปี (ปี 2562/63-2563/64) 9.20 ตันต่อไร่ และผลผลิตถั่วลิสงฝักสดรวม 348 กิโลกรัมฝักสดต่อไร่ ถึงแม้มีต้นทุนรวมสูงถึง 18,308 บาทต่อไร่ แต่ให้รายได้สูงถึง 29,438 บาทต่อไร่ และมีรายได้สุทธิรวมสูงสุด คือ 11,130 บาทต่อไร่ ซึ่งจะเห็นได้

ว่า การเลือกพืชตระกูลถั่วที่เหมาะสม สามารถเพิ่มรายได้ถึงแม้มีต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น ในทางตรงกันข้าม หากเลือกพืชตระกูลถั่วที่ไม่เหมาะสม จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตมันสำปะหลัง และทำให้มีต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น ทำให้ได้รับผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน ซึ่งจากข้อมูลงานทดลอง ถั่วมะแฮะและปอเทือง ทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังลดลง และมีต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น การเพิ่มระบบปลูกพืชในระบบปลูกมันสำปะหลัง หมายถึงการเพิ่มทั้งการลงทุน และเวลาในการจัดการ ทำให้ต้องลงทุนทั้งเงิน แรง และเวลา เพิ่มขึ้น ดังนั้น ควรได้กำไรเพิ่มขึ้น นอกจากการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน จึงมีความจำเป็นต้องมีการประเมินและจัดการให้อยู่ในสภาวะที่เกษตรกรสามารถปฏิบัติได้ ทั้งการจัดการการปลูก การใช้ปุ๋ยและการจัดการวัชพืช จึงจะทำให้ประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. การปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องเป็นเวลา 41 ปี หากไม่มีบำรุงดิน ดินเสื่อมโทรมลงทุกๆ ปี ส่งผลให้ศักยภาพในการผลิตพืชลดลง ควรจัดการระบบปลูกและการจัดการปุ๋ยให้เหมาะสมเพื่อช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้ โดยระบบมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่วร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ช่วยเพิ่มศักยภาพการให้ผลผลิตและให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าแก่การลงทุน ซึ่งให้ผลผลิตมันสำปะหลังถั่วลิสง และมีรายได้สุทธิรวม (ฤดูปลูก 2560/61-2563/64) 20.9 ตันต่อไร่ 862 กิโลกรัมต่อไร่ และ 31,940 บาทต่อไร่ ตามลำดับ แต่ดินมีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ควรใส่สารปรับปรุงดินเพื่อปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของให้เหมาะสมแก่การปลูกพืช

2. ระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี และระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่ว (ถั่วเขียว) ทุกปี ควรใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนด้วยพืชตระกูลถั่ว (ถั่วเขียว-ถั่วพุ่ม) ปีเว้นปี ควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1 ตันต่อไร่ จากงานทดลองถั่วเขียวไม่เหมาะสำหรับหมุนเวียนหรือแซมมันสำปะหลังที่ปลูกช่วงฤดูฝน เนื่องจากฝนตกช่วงเก็บเกี่ยวส่งผลให้ผลผลิตเน่าเสีย ซึ่งทุกกรรมวิธีให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน การเลือกพืชตระกูลถั่วที่เหมาะสมนำเข้าระบบปลูกนอกจากช่วยรักษาหน้าดิน คลุมวัชพืช และเป็นแหล่งของธาตุอาหารบางส่วนให้แก่มันสำปะหลังแล้ว ยังเป็นรายได้เสริม เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของดิน ทุกระบบปลูกที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวติดต่อกันเป็นเวลานานส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี ช่วยยกระดับคุณภาพดินให้ดีขึ้น ลดความเป็นกรด ช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุและธาตุอาหารพืช

3. เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง ในกลุ่มดินทราย จังหวัดขอนแก่น มีความต้องการปลูกพืชตระกูลถั่วเพื่อบำรุงดิน ได้แก่ ปอเทือง ถั่วพุ่ม ถั่วมะแฮะ และเพื่อรายได้เสริม ได้แก่ ถั่วลิสง ถั่วเขียว ถั่วเหลือง

4. การใช้พืชตระกูลถั่วเป็นปุ๋ยพืชสดต้องเลือกชนิดถั่วให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม พื้นที่ปลูก และระยะเวลา ในการจัดการระบบการปลูกพืช พืชตระกูลถั่วที่เหมาะสมในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในกลุ่มดินทราย จังหวัดขอนแก่น โดยพิจารณาการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของพืชตระกูลถั่ว ได้แก่ ถั่วมะแฮะ ถั่วพุ่ม และถั่วลิสงซึ่งให้น้ำหนักมวลชีวภาพ 813 429 และ 360 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

กรมวิชาการเกษตร

5. การเลือกพืชตระกูลถั่วให้เหมาะสมสำหรับระบบปลูกมันสำปะหลัง นอกจากช่วยรักษาหน้าดินคลุมวัชพืช และเป็นแหล่งของธาตุอาหารบางส่วนให้แก่มันสำปะหลังแล้ว ยังเป็นรายได้เสริมให้แก่เกษตรกร โดยระบบพืชหมุนเวียนมันสำปะหลังและพืชตระกูลถั่วที่มีศักยภาพ ในกลุ่มดินทราย จังหวัดขอนแก่น คือ ระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนถั่วลิสง มีศักยภาพการให้ผลผลิต และให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุน มีรายได้สุทธิรวม 2 ปี สูงสุด 10,269 บาทต่อไร่ และระบบปลูกมันสำปะหลังแซมกับพืชตระกูลถั่วที่ที่มีศักยภาพ คือ ระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วลิสง มีศักยภาพการให้ผลผลิต และให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุน มีรายได้สุทธิรวม 2 ปี สูงสุด 11,130 บาทต่อไร่ ในทางตรงกันข้าม หากเลือกพืชตระกูลถั่วที่ไม่เหมาะสม จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตมันสำปะหลัง และทำให้มีต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น ทำให้ได้รับผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน

6. ชนิดของถั่วที่เหมาะสมในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในสภาพดินทราย เมื่อมีการให้น้ำ พบว่าถั่วลิสงให้เศษซากสูงสุด คือ 1,153 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือถั่วมะแฮะและถั่วพุ่มให้เศษซาก 1,104 และ 1,040 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาเชิงเศรษฐกิจ ถั่วเหลือง ถั่วพุ่มและถั่วเขียว สามารถให้ผลผลิตเมล็ดได้ และเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร

7. ผลของการให้น้ำต่อระบบพืชหมุนเวียนมันสำปะหลังและถั่วที่มีศักยภาพในพื้นที่การให้น้ำให้ผลผลิตของมันสำปะหลัง 6,075 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างกันทางสถิติกับการไม่ให้น้ำซึ่งให้ผลผลิต 3,084 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อพิจารณาระบบพืชหมุนเวียนมันสำปะหลังและถั่ว มีผลทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังแตกต่างกันทางสถิติ โดยระบบมันสำปะหลังหมุนเวียนถั่วมะแฮะให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 5,656 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ระบบมันสำปะหลังหมุนเวียนถั่วพุ่มให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด 3,504 กิโลกรัมต่อไร่ การให้น้ำและระบบพืชหมุนเวียน ไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์แป้งแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้เปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ย 16.3 เปอร์เซ็นต์ การให้น้ำให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ย 963 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างกันทางสถิติกับการไม่ให้น้ำซึ่งให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ย 508 กิโลกรัมต่อไร่ ระบบพืชหมุนเวียนไม่ทำให้ผลผลิตแป้งแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ย 738 กิโลกรัมต่อไร่

8. ผลของการให้น้ำต่อระบบพืชแซมมันสำปะหลังและถั่วที่มีศักยภาพในพื้นที่การให้น้ำให้ผลผลิตของมันสำปะหลัง 5,108 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างกันทางสถิติกับการไม่ให้น้ำซึ่งให้ผลผลิต 3,676 กิโลกรัมต่อไร่ ระบบพืชแซมมันสำปะหลังแซมถั่วเขียวให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 6,293 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ระบบมันสำปะหลังหมุนเวียนถั่วพุ่มให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด 4,534 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่ว พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ของระบบหลักคือการให้น้ำและชนิดพืชแซมมันสำปะหลัง แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในอิทธิพลร่วมระหว่างระบบการให้น้ำและชนิดพืชแซมมันสำปะหลัง ระบบการให้น้ำมีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่าระบบไม่ให้น้ำ ด้วยค่า 17.6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับไม่ให้น้ำ คือ 16.2 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของระบบพืชแซม พบว่าถั่วเหลืองแซมมันสำปะหลังให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุดคือ 18.1 รองลงมาคือ พืชแซมด้วยถั่วเขียว ถั่วลิสงและไม่มีพืชแซม โดยมีพืชแซมด้วยถั่วพุ่มให้เปอร์เซ็นต์แป้งทำสุดคือ 16.3 ด้านเปอร์เซ็นต์แป้งในการแซมด้วยพืชตระกูลถั่ว พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ของระบบหลักคือการให้น้ำและชนิดพืชแซมมันสำปะหลัง แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในอิทธิพลระหว่างระบบการให้น้ำและชนิดพืชแซมมันสำปะหลัง โดยนัยของเปอร์เซ็นต์แป้ง ระบบการให้น้ำมีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่าระบบไม่ให้น้ำ ด้วยค่า 17.6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับไม่ให้น้ำ คือ 16.2 เปอร์เซ็นต์

กรมวิชาการเกษตร

ในส่วนของระบบพืชแซมพบว่าถั่วเหลืองแซมมันสำปะหลังให้เปอร์เซ็นต์แป้งสุงสุดคือ 18.1 รองลงมาคือ พืชแซมด้วยถั่วเขียว ถั่วลิสงและไม่มีพืชแซม โดยมีพืชแซมด้วยถั่วพุ่มให้เปอร์เซ็นต์แป้งทำต่ำสุดคือ 16.3 เปอร์เซ็นต์ ผลรวมของผลผลิตแป้งสดในมันสำปะหลัง ที่มีการให้ระบบน้ำและระบบพืชแซม ความแตกต่างของผลผลิตแป้งสดของระบบการให้น้ำ และระบบพืชตระกูลถั่วแซมมันสำปะหลัง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ทั้ง สองระบบ ส่วนอิทธิพลของระบบการให้น้ำต่อระบบพืชแซมอยู่ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีผลผลิตแป้งสดเฉลี่ย 900 กิโลกรัมต่อไร่ มากกว่าระบบไม่ให้น้ำซึ่งให้ผลผลิตแป้งเพียง 597 กิโลกรัมต่อไร่ และระบบพืชแซมด้วยถั่วเขียวและถั่วเหลือง ให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ยสูงถึง 846 และ 833 กิโลกรัมต่อไร่ มากกว่าระบบพืชแซม ถั่วลิสง ถั่วพุ่มและไม่มีพืชแซม 691 , 685 และ 691 กิโลกรัมต่อไร่

9. การปลูกมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่องในดินร่วนปนทราย และดินร่วนเหนียวปนทรายในฤดูฝน สามารถสรุปได้ดังนี้ การใส่ปุ๋ย 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ร่วมกับการสับกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ย 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตันต่อไร่ การใส่ปุ๋ย 16-0-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ และการใส่ปุ๋ย16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ การปลูกมันสำปะหลังโดยการจัดการใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ หรือวัสดุอินทรีย์จากเศษซากมันสำปะหลัง ช่วยรักษาปริมาณธาตุอาหารในดิน ระดับของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน และความอุดมสมบูรณ์ของดิน

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ได้คำแนะนำการจัดการระบบปลูกมันสำปะหลังร่วมกับการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังระยะยาว ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังมีรายได้เพิ่มขึ้น มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น อีกทั้งยังรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน และรักษาความยั่งยืนในการผลิตมันสำปะหลัง

2. คำแนะนำระบบปลูกมันสำปะหลังร่วมกับพืชตระกูลถั่วที่เหมาะสม ในกลุ่มดินทราย จังหวัดขอนแก่นที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังโดยระบบปลูกมันสำปะหลังร่วมกับพืชตระกูลถั่ว ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุน และรักษาความยั่งยืนในการผลิตมันสำปะหลัง

3. ในการผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกรโดยทั่วไปจะไม่มีการให้ระบบน้ำเป็นส่วนใหญ่ แต่หากสามารถทำการให้ระบบน้ำได้จะช่วยเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญ และการจัดการพื้นที่ดินทราย เมื่อสามารถให้ระบบน้ำได้ ก็สามารถเพิ่มการปลูกพืชอายุสั้นหมุนเวียนแล้วไถกลบเพื่อเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหารบางส่วน นอกจากการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว เป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการพื้นที่ดินทราย ในเชิงการอนุรักษ์เพื่อให้สามารถปลูกมันสำปะหลังได้ต่อเนื่องโดยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินทรายที่จะเสื่อมช้าลง อีกทั้งการให้น้ำร่วมกับการปลูกพืชตระกูลถั่วหมุนเวียน และ หรือปลูกเป็นพืชแซม ยังสามารถเพิ่มผลผลิต เปอร์เซ็นต์แป้งและเพิ่มผลผลิตแป้งในมันสำปะหลังได้อีกด้วย ซึ่งเกษตรกรสามารถนำไปพิจารณาปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังในดินทราย ด้วยการจัดการระบบการปลูกพืช ระบบน้ำ หรือใช้ร่วมกันได้ต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยของแผนงานวิจัยย่อย

1. การวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อผลผลิตและแป้งสูง โดยการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างพ่อแม่พันธุ์ที่มีลักษณะดีเด่น ทำการคัดเลือกพันธุ์ ประเมินพันธุ์ และทดสอบพันธุ์ในไร่เกษตรกร เพื่อให้ได้พันธุ์ที่ให้ผลผลิตแป้งสูงกว่าพันธุ์ระยอง 5 ไม่น้อยกว่าร้อยละ 15 และเหมาะสำหรับอุตสาหกรรม พบว่าสายพันธุ์CMR56-71-68 CMR57-83-69 CMR57-83-160 CMR57-83-129 และ CMR58-75-110 ให้ผลผลิตแป้งสูงกว่าพันธุ์ระยอง 5 ร้อยละ 36 36 28 19 และ 20 ตามลำดับ ซึ่งจะนำไปศึกษาข้อมูลประกอบการรับรองพันธุ์ต่อไป ส่วนสายพันธุ์CMR54-31-53 ให้ผลผลิตหัวสดสูง ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในกลุ่มดินทราย ดินร่วนปนทรายและดินร่วน และต้านทานโรคราก เน่าโคนเน่า ซึ่งจะพัฒนาไปเป็นพันธุ์รับรองต่อไป และจากการศึกษาประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลัง พบว่า การปลูกมันสำปะหลังในกลุ่มดินทรายการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 32 กิโลกรัม N ต่อไร่ และการใช้ปุ๋ยโพแทชที่ระดับ 16 กิโลกรัมK_2O ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด ในกลุ่มดินทรายปนร่วน-ดินทรายการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 8 กิโลกรัม N ต่อไร่ไร่ และการใช้ปุ๋ยโพแทชที่ระดับ 4 กิโลกรัมK_2O ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด ในกลุ่มดินร่วนปนทรายการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 32 กิโลกรัมN ต่อไร่ และการใช้ปุ๋ยโพแทชที่ระดับ 24 กิโลกรัมK_2O ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด และในกลุ่มดินร่วนปนเหนียว-ดินเหนียว การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 8 กิโลกรัมN ต่อไร่ และการใช้ปุ๋ยโพแทชที่ระดับ64 กิโลกรัมK_2O ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด

2. การวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อบริโภค ได้สายพันธุ์มันสำปะหลังที่มีลักษณะที่ดี จำนวน 7 สายพันธุ์ เพื่อนำไปทดลองในขั้นตอนการเปรียบเทียบพันธุ์มันสำปะหลังในท้องถิ่นเพื่อประเมินการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่อไป

3. การประเมินลักษณะเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลัง ได้ฐานข้อมูลลักษณะทางสัณฐาน-สรีรวิทยา ของพันธุ์มันสำปะหลัง จำนวน 500 พันธุ์ ซึ่งสามารถบ่งชี้ความแตกต่างระหว่างพันธุ์ได้ ได้ข้อมูลการตอบสนองต่อระดับความเค็มของพันธุ์มันสำปะหลังในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ จำนวน 240 พันธุ์ ได้ข้อมูลปริมาณเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสในกากมันสำปะหลัง จำนวน 356 พันธุ์ เพื่อใช้ประโยชน์สำหรับการผลิตเอทานอล และได้ข้อมูลศักยภาพในการสร้างรากสะสมอาหารของพันธุ์มันสำปะหลังในสภาพเพาะเนื้อเยื่อ จำนวน 115 พันธุ์ และได้เทคนิคการชักนำให้เกิดรากสะสมอาหารของมันสำปะหลังในสภาพเพาะเนื้อเยื่อ ซึ่งฐานข้อมูลและเทคนิคที่ได้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในงานปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังและงานด้านเขตกรรม

4. การศึกษาและพัฒนาเทคนิค Somatic embryogenesis ได้เทคนิคการขยายพันธุ์มันสำปะหลังโดยโซมาติกเซลล์มีอัตราการขยายพันธุ์มากกว่าการขยายพันธุ์แบบธรรมดาถึง 10 เท่า และใช้ระยะเวลาการขยายพันธุ์สั้นประมาณ 3-4 เดือน เมื่อเทียบกับระยะเวลาการขยายพันธุ์แบบธรรมดา และเป็นการขยายพันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อ โดยท่อนพันธุ์ที่ได้จะเป็นท่อนพันธุ์ที่สะอาดและปลอดศัตรูพืช ซึ่งเป็นหนึ่งทางเลือกที่ใช้ในการขยายพันธุ์หากเกิดปัญหาโรคและแมลงระบาด

กรมวิชาการเกษตร

5. การคัดเลือกไพรเมอร์ชนิด SSR ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการจำแนกพันธุ์มันสำปะหลัง โดยการศึกษาในมันสำปะหลัง จำนวน 18 พันธุ์ ร่วมกับไพรเมอร์ชนิด SSR จำนวน 60 คู่ไพรเมอร์ คัดเลือกไพรเมอร์ที่สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างพันธุ์มันสำปะหลังได้ดี จำนวน 16 คู่ไพรเมอร์ นำไปใช้ในการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์มันสำปะหลังกลุ่มพ่อแม่พันธุ์ที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดี กลุ่มพันธุ์ลูกผสม และกลุ่มพันธุ์นำเข้าจากต่างประเทศ จากแปลงรวบรวมพันธุ์ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จำนวน 270 พันธุ์ ด้วยเทคนิค PCR โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล SSR ที่คัดเลือกไว้ จำนวน 16 คู่ไพรเมอร์ ติดฉลากด้วยสีฟลูออเรสเซนต์ และวิเคราะห์ขนาดของดีเอ็นเอ (Fragment Analysis) ด้วยเครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติ ทำให้ได้ข้อมูลความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของพันธุ์มันสำปะหลัง จำนวนทั้งสิ้น 4,320 ข้อมูล และได้จัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (cluster analysis) โดยวิธี UPMGA แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มหลักที่แสดงความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนทางพันธุกรรม (similarity coefficient) อยู่ระหว่าง 0.10 – 1.00 และค่า cophenetic correlation (r) เท่ากับ 0.70 ซึ่งถือว่าเป็นการจัดกลุ่มที่มีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับปานกลาง สามารถนำไปประโยชน์ในการเป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ในงานปรับปรุงพันธุ์พืช เพื่อสร้างลูกผสมให้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมมากยิ่งขึ้น

6. การคัดเลือกเครื่องหมายโมเลกุลสำหรับใช้คัดเลือกมันสำปะหลังพันธุ์ต้านทานโรคแบคทีเรียลไบลท์ จำนวน 31 เครื่องหมาย นำมาทดสอบกับมันสำปะหลัง จำนวน 11 พันธุ์ สามารถคัดเลือกเครื่องหมายโมเลกุลที่สามารถเพิ่มปริมาณยีนต้านทานโรคได้ จำนวน 6 เครื่องหมาย ได้แก่ MBBR13 MBBR5 MBBR9 MBBR17 MBBR4 และ SSrY5 นำเครื่องหมายดังกล่าวไปคัดเลือกมันสำปะหลังที่เก็บรวบรวมของศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ด้วยเทคนิคพีซีอาร์ เพื่อตรวจหาตำแหน่งยีนต้านทานโรคกับมันสำปะหลัง จำนวน 663 สายพันธุ์ ได้ทดสอบการเพิ่มปริมาณยีนต้านทานโรคแบคทีเรียลไบท์จาก ดีเอ็นเอของมันสำปะหลังพันธุ์อนุรักษ์พันธุ์ไทย จำนวน 200 สายพันธุ์ พันธุ์ลูกผสม F1 รหัส 58 จำนวน 76 พันธุ์ มันสำปะหลังพันธุ์บริโภค จำนวน 144 พันธุ์ มันสำปะหลังพันธุ์ลูกผสมปี 62 จำนวน 138 สายพันธุ์ พันธุ์พ่อแม่พันธุ์ จำนวน 105 พันธุ์ จากศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง รวมทั้งสิ้น 663 สายพันธุ์ สามารถคัดเลือกมันสำปะหลังได้ 200 สายพันธุ์ ด้วยวิธี Association mapping แล้วนำไปคัดเลือกในแปลงอนุรักษ์พันธุ์มา จำนวน 100 สายพันธุ์ นำมาปลูกในกระถาง 4 นิ้ว ในวัสดุปลูกขุยมะพร้าวจนมีใบจริงจำนวน 3 ใบ จึงนำไปทดสอบฟีโนไทป์ด้านการตอบสนองต่อเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรค โดยให้คะแนนความต้านทานระดับ 0-5 จากการประเมินความรุนแรงของอาการใบไหม้ และคัดเลือกมันสำปะหลังได้ 22 สายพันธุ์ ที่มีแนวโน้มให้ความต้านทานต่อโรคแบคทีเรียลไบลท์ และควรนำไปประกอบการตัดสินใจปรับปรุงพันธุ์ร่วมกับลักษณะอื่นๆ ต่อไป

7. การใช้เครื่องหมายโมเลกุลจำนวน 9 เครื่องหมาย ได้แก่ RME1, NS158, SSRY28, NS169, EST-R, EST-K, Ex2-78, Ex2-157 และ Ex3-128 ในการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังต้านทานโรคใบด่างจากเชื้อพันธุ์มันสำปะหลังจากศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จำนวนทั้งสิ้น 250 พันธุ์ ในปี 2561 – 2562 พบพันธุ์ candidate ที่แสดงแถบดีเอ็นเอและลำดับนิวคลีโอไทด์คล้ายคลึงกับพันธุ์ต้านทาน TME3 จำนวน 14 พันธุ์ ซึ่ง 2 ใน 14 พันธุ์นี้แสดงแถบดีเอ็นเอและมีลำดับนิวคลีโอไทด์เช่นเดียวกับพันธุ์ต้านทาน TME3 ในทั้ง 9 เครื่องหมายโมเลกุล สำหรับในปี 2563 และ 2564 ดำเนินการคัดเลือกมันสำปะหลังลูกผสมและพันธุ์ต้านทานจาก IITA จำนวนทั้งสิ้น 652 สายพันธุ์/พันธุ์ โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล พบมันสำปะหลัง 16 สายพันธุ์/พันธุ์ที่แสดงแถบดีเอ็นเอและมีลำดับนิวคลีโอไทด์เช่นเดียวกับพันธุ์ต้านทาน TME3 ในทั้ง 9 เครื่องหมายโมเลกุล โดยมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ หรือลูกผสมที่คัดเลือกได้จากการใช้เครื่องหมายโมเลกุลเหล่านี้ ถึงแม้ว่าแสดงแถบดีเอ็นเอและลำดับนิวคลีโอไทด์เช่นเดียวกับพันธุ์ต้านทาน TME3 การทดสอบฟีโนไทป์ลักษณะความต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังกับเชื้อโรคจริงเป็นสิ่งจำเป็น

กรมวิชาการเกษตร

8. การคัดเลือกลักษณะต้านทานโรครากปมในมันสำปะหลังพบว่าเครื่องหมายโมเลกุลแบบ SNP ที่ได้ในการทดลองครั้งนี้สามารถนำไปใช้ในการคัดเลือกมันสำปะหลังที่ต้านทานโรครากปมได้ เพราะให้แถบดีเอ็นเอที่แตกต่างระหว่างพันธุ์ต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ ซึ่งจะช่วยประหยัดเวลาและแรงงานในการคัดเลือกพันธุ์เนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาไปทดสอบความต้านทานโรครากปม ซึ่งไม่สามารถเห็นลักษณะดังกล่าวบนต้นมันสำปะหลังเหนือพื้นดิน ต้องขุดดินดูรากมันสำปะหลังถึงจะเห็นรากปม และยังสามารถใช้เครื่องหมายโมเลกุลดังกล่าวร่วมกับเครื่องหมายโมกุลที่จำแนกลักษณะอื่นที่ต้องการ เช่น โรคใบด่าง แป้งสูง ทำให้มันสำปะหลังที่ปรับปรุงสามารถมีหลายๆ ลักษณะที่ต้องการได้ในต้นเดียวกัน

9. วิเคราะห์จีโนไทป์และเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิประดับจีโนมด้วยเทคโนโลยี GBS ในมันสำปะหลังจำนวน 100 สายพันธุ์ และได้เครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป ด้วยเทคนิค tetra-primer ARMS-PCR จำนวน 3 ชุด 1CHN 3CHN และ 13CHN โดยเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป 1CHN มีประสิทธิภาพในการคัดเลือกมันสำปะหลังสายพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำกว่า 280 mg HCN/kg น้ำหนักสด ร้อยละ 64.81 ส่วนเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป 3CHN และ 13CHN มีประสิทธิภาพในการคัดเลือกมันสำปะหลังสายพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำกว่า 250 mg HCN/kg น้ำหนักสด ร้อยละ 73.33 และ 76.64 ตามลำดับ ซึ่งเป็นเครื่องหมายโมเลกุลที่สามารถคัดเลือกมันสำปะหลังสายพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และได้เครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป ด้วยเทคนิค Pyrosequencing จำนวน 3 เครื่องหมาย ได้แก่ SNP 2, SNP 5 และ SNP 6 ที่แสดงจีโนไทป์ AA GG และ AG และเมื่อทำการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิปเปรียบเทียบกับผลฟีโนไทป์ (% amylose) แม้ว่า เครื่องหมายโมเลกุลของ SNP 5 สามารถให้ผลถูกต้องตรงกับผลฟีโนไทป์ของพันธุ์ที่มีปริมาณแป้ง (% amylose) สูงกว่า 15.12 คิดเป็นร้อยละ 58.64 ขณะที่เครื่องหมายโมเลกุลของ SNP 2 และ SNP 6 สามารถให้ผลถูกต้องตรงกับผลฟีโนไทป์ของพันธุ์ที่มีปริมาณแป้ง (% amylose) สูงกว่า 10.83% สูงถึงร้อยละ 70.94 และ 69.62 ตามลำดับ ซึ่งสามารถใช้คัดเลือกมันสำปะหลังสายพันธุ์ที่มีปริมาณแป้งสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามการตรวจสอบเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป ด้วยเทคนิค Pyrosequencing มีราคาค่อนข้างสูง ซึ่งจะดำเนินการพัฒนาการตรวจสอบด้วยเทคนิค tetra-primer ARMS-PCR ซึ่งมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าและมีขั้นตอนการตรวจสอบ สะดวกกว่าในอนาคตต่อไป

10.การตรวจสอบลักษณะแป้งเหนียวในมันสำปะหลังโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลตามรายงาน Aiemnaka และคณะ (2012) จำนวน 758 พันธุ์ พบให้จีโนไทป์เป็นแบบ WxWx, Wxwx และ wxwx มีจำนวน 522 202 และ 17 ตัวอย่าง ตามลำดับ เมื่อตรวจสอบด้วยการย้อมสีไอโอดีน พบมันสำปะหลังจีโนไทป์ Wxwx และ wxwx ปรากฏเป็นสีน้ำเงิน และไม่พบการเกิดสีน้ำตาลทั้งในตัวอย่างหัวมันและเม็ดแป้ง การศึกษายีน GBSSI พบความแตกต่างในมันสำปะหลังแป้งเหนียวเป็นตำแหน่ง G และพันธุ์ Waxy-HB1 เป็นตำแหน่ง T เมื่อนำไปแปลรหัสเป็นโปรตีนเป็นตำแหน่งโคดอน TGA (stop codon) จึงออกแบบไพรบไพรเมอร์ที่เฉพาะต่อลำดับเบส T/G มาตรวจสอบมันสำปะหลัง จำนวน 221 ตัวอย่าง ด้วยวิธี TaqMan probes พบทุกตัวอย่างของพันธุ์ non waxy เป็น G แสดงให้เห็นว่าลักษณะแป้งเหนียวอาจเกิดจากการกลายของยีน GBSSI หรือยีนอื่นๆ ที่มีเฉพาะในพันธุ์ Waxy ที่ทำให้เกิดลักษณะแป้งเหนียว และการศึกษาเครื่องหมาย SNPs ด้วยวิธี GBS ในมันสำปะหลัง จำนวน 13 ตัวอย่าง พบตำแหน่ง SNPs เฉพาะมันสำปะหลังพันธุ์แป้งเหนียวจำนวน 33 ตำแหน่ง แบ่งเป็นเฮทเทอโรไซโกต 26 ตำแหน่ง และโฮโมไซโกต 7 ตำแหน่ง ซึ่งสามารถใช้ในคัดเลือก ระบุ หรือจำแนกสายพันธุ์มันสำปะหลังได้ในอนาคต

กรมวิชาการเกษตร

11. การพัฒนาเครื่องหมาย ILP จำนวน 13 เครื่องหมาย จากยีนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แป้งในมันสำปะหลัง จำนวน 6 ยีน โดยเครื่องหมายเหล่านี้มีค่าประสิทธิภาพของเครื่องหมาย (PIC) อยู่ระหว่าง 0.19 – 0.64 และมีค่าเฉลี่ย 0.35 ซึ่งเครื่องหมาย ILP ที่พัฒนาได้จากวิจัยมีศักยภาพในการนำไปศึกษาแยกความแตกต่างของพันธุ์มันสำปะหลังในโครงการปรับปรุงพันธุ์ได้ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมาย ILP กับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง เครื่องหมาย UGPase1 ภายในยีน *UTP-glucose-1-phosphate uridylyltransferase* (UGPase) แสดงความสัมพันธ์กับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังสูงสุด โดยมีค่าอิทธิผลต่อลักษณะ (R^2) อยู่ระหว่าง 2 ถึง 3% นอกจากนี้สามารถพัฒนาเครื่องหมาย SNPs ได้ทั้งหมด 383,828 เครื่องหมาย โดยสามารถระบุตำแหน่งบนทั้ง 18 โครโมโซมของมันสำปะหลัง การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมาย SNP กับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง พบเครื่องหมาย SNP บนโครโมโซมที่ 12 ได้แก่ เครื่องหมาย S12_4926402 และเครื่องหมาย S12_4945762 มีความสัมพันธ์มากที่สุดกับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง โดยเครื่องหมายเหล่านี้อยู่ภายในยีน splicing factor ESS-2 homolog ในมันสำปะหลัง (E value = 0) ซึ่งโปรตีนนี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการควบคุมการแสดงออกของยีน โดยผลจากงานวิจัยในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้เป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอเพื่อใช้ในการคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังในโครงการปรับปรุงพันธุ์ต่อไปได้ แต่จากระยะเวลาดำเนินการงานวิจัย 2 ปี ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายกับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังควรมีการวิเคราะห์เพิ่มเติม โดยใช้ข้อมูลจำนวนปีในการเก็บเกี่ยวลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังที่เพิ่มมากขึ้น เพื่อความถูกต้องของเครื่องหมายโมเลกุลที่จะนำไปใช้คัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีผลผลิตสูง และควรพัฒนาเทคนิคการตรวจสอบลักษณะผลผลิตในมันสำปะหลังโดยการใช้เครื่องหมาย SNP ที่ได้จากงานวิจัยนี้เพื่อให้ง่ายและประหยัดค่าใช้จ่ายต่อการตรวจสอบจีโนไทป์ของตัวอย่างมันสำปะหลังที่ต้องการตรวจสอบ

12. การปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องเป็นเวลา 41 ปี หากไม่มีบำรุงดิน ดินเสื่อมโทรมลงทุกๆ ปี ส่งผลให้ศักยภาพในการผลิตพืชลดลง ควรจัดการระบบปลูกและการจัดการปุ๋ยให้เหมาะสมเพื่อช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้ โดยระบบมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่วร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ช่วยเพิ่มศักยภาพการให้ผลผลิตและให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าแก่การลงทุน ซึ่งให้ผลผลิตมันสำปะหลังถั่วลิสง และมีรายได้สุทธิรวม (ฤดูปลูก 2560/61-2563/64) 20.9 ตันต่อไร่ 862 กิโลกรัมต่อไร่ และ 31,940 บาทต่อไร่ ตามลำดับ แต่ดินมีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ควรใส่สารปรับปรุงดินเพื่อปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของให้เหมาะสมแก่การปลูกพืช

13. ระบบปลูกมันสำปะหลังต่อเนื่องทุกปี และระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่ว (ถั่วเขียว) ทุกปี ควรใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 15-7-18 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนด้วยพืชตระกูลถั่ว (ถั่วเขียว-ถั่วพุ่ม) ปีเว้นปี ควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 1 ตันต่อไร่ จากงานทดลองถั่วเขียวไม่เหมาะสำหรับหมุนเวียนหรือแซมมันสำปะหลังที่ปลูกช่วงฤดูฝน เนื่องจากฝนตกช่วงเก็บเกี่ยวส่งผลให้ผลผลิตเน่าเสีย ซึ่งทุกกรรมวิธีให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน การเลือกพืชตระกูลถั่วที่เหมาะสมนำเข้าระบบปลูกนอกจากช่วยรักษาหน้าดิน คลุมวัชพืช และเป็นแหล่งของธาตุอาหารบางส่วนให้แก่มันสำปะหลังแล้ว ยังเป็นรายได้เสริม เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของดิน ทุกระบบปลูกที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวติดต่อกันเป็นเวลานานส่งผลให้ดินมีความ

กรมวิชาการเกษตร

เป็นกรดเพิ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี ช่วยยกระดับคุณภาพดินให้ดีขึ้น ลดความเป็นกรด ช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุและธาตุอาหารพืช

14. เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง ในกลุ่มดินทราย จังหวัดขอนแก่น มีความต้องการปลูกพืชตระกูลถั่วเพื่อบำรุงดิน ได้แก่ ปอเทือง ถั่วพุ่ม ถั่วมะแฮะ และเพื่อรายได้เสริม ได้แก่ ถั่วลิสง ถั่วเขียว ถั่วเหลือง

15. การใช้พืชตระกูลถั่วเป็นปุ๋ยพืชสดต้องเลือกชนิดถั่วให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม พื้นที่ปลูก และระยะเวลา ในการจัดการระบบการปลูกพืช พืชตระกูลถั่วที่เหมาะสมในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในกลุ่มดินทราย จังหวัดขอนแก่น โดยพิจารณาการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของพืชตระกูลถั่ว ได้แก่ ถั่วมะแฮะ ถั่วพุ่ม และถั่วลิสงซึ่งให้น้ำหนักมวลชีวภาพ 813 429 และ 360 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

16. การเลือกพืชตระกูลถั่วให้เหมาะสมสำหรับระบบปลูกมันสำปะหลัง นอกจากช่วยรักษาหน้าดินคลุมวัชพืช และเป็นแหล่งของธาตุอาหารบางส่วนให้แก่มันสำปะหลังแล้ว ยังเป็นรายได้เสริมให้แก่เกษตรกร โดยระบบพืชหมุนเวียนมันสำปะหลังและพืชตระกูลถั่วที่มีศักยภาพ ในกลุ่มดินทราย จังหวัดขอนแก่น คือ ระบบปลูกมันสำปะหลังหมุนเวียนถั่วลิสง มีศักยภาพการให้ผลผลิต และให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุน มีรายได้สุทธิรวม 2 ปี สูงสุด 10,269 บาทต่อไร่ และระบบปลูกมันสำปะหลังแซมกับพืชตระกูลถั่วที่ที่มีศักยภาพ คือ ระบบปลูกมันสำปะหลังแซมด้วยถั่วลิสง มีศักยภาพการให้ผลผลิต และให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุน มีรายได้สุทธิรวม 2 ปี สูงสุด 11,130 บาทต่อไร่ ในทางตรงกันข้าม หากเลือกพืชตระกูลถั่วที่ไม่เหมาะสม จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตมันสำปะหลัง และทำให้มีต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น ทำให้ได้รับผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน

17. ชนิดของถั่วที่เหมาะสมในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในสภาพดินทราย เมื่อมีการให้น้ำ พบว่าถั่วลิสงให้เศษซากสูงสุด คือ 1,153 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือถั่วมะแฮะและถั่วพุ่มให้เศษซาก 1,104 และ 1,040 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาเชิงเศรษฐกิจ ถั่วเหลือง ถั่วพุ่มและถั่วเขียว สามารถให้ผลผลิตเมล็ดได้ และเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร

18. ผลของการให้น้ำต่อระบบพืชหมุนเวียนมันสำปะหลังและถั่วที่มีศักยภาพในพื้นที่การให้น้ำให้ผลผลิตของมันสำปะหลัง 6,075 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างกันทางสถิติกับการไม่ให้น้ำซึ่งให้ผลผลิต 3,084 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อพิจารณาระบบพืชหมุนเวียนมันสำปะหลังและถั่ว มีผลทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังแตกต่างกันทางสถิติ โดยระบบมันสำปะหลังหมุนเวียนถั่วมะแฮะให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 5,656 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ระบบมันสำปะหลังหมุนเวียนถั่วพุ่มให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด 3,504 กิโลกรัมต่อไร่ การให้น้ำและระบบพืชหมุนเวียน ไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์แป้งแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้เปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ย 16.3 เปอร์เซ็นต์ การให้น้ำให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ย 963 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างกันทางสถิติกับการไม่ให้น้ำซึ่งให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ย 508 กิโลกรัมต่อไร่ ระบบพืชหมุนเวียนไม่ทำให้ผลผลิตแป้งแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ย 738 กิโลกรัมต่อไร่

19. ผลของการให้น้ำต่อระบบพืชแซมมันสำปะหลังและถั่วที่มีศักยภาพในพื้นที่การให้น้ำให้ผลผลิตของมันสำปะหลัง 5,108 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างกันทางสถิติกับการไม่ให้น้ำซึ่งให้ผลผลิต 3,676 กิโลกรัมต่อไร่ ระบบพืชแซมมันสำปะหลังแซมถั่วเขียวให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 6,293 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ระบบมันสำปะหลังหมุนเวียนถั่วพุ่มให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด 4,534 กิโลกรัมต่อไร่ เปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังแซมด้วยพืชตระกูลถั่ว พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ของระบบหลักคือการให้

น้ำและชนิดพืชแซมมันสำปะหลัง แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในอิทธิพลร่วมระหว่างระบบการให้น้ำและชนิดพืชแซมมันสำปะหลัง ระบบการให้น้ำมีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่าระบบไม่ให้น้ำ ด้วยค่า 17.6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับไม่ให้น้ำ คือ 16.2 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของระบบพืชแซม พบว่าถั่วเหลืองแซมมันสำปะหลังให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุดคือ 18.1 รองลงมาคือ พืชแซมด้วยถั่วเขียว ถั่วลิสงและไม่มีพืชแซม โดยมีพืชแซมด้วยถั่วพุ่มให้เปอร์เซ็นต์แป้งทำสุดคือ 16.3 ด้านเปอร์เซ็นต์แป้งในการแซมด้วยพืชตระกูลถั่ว พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ของระบบหลักคือการให้น้ำและชนิดพืชแซมมันสำปะหลัง แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในอิทธิพลระหว่างระบบการให้น้ำและชนิดพืชแซมมันสำปะหลัง โดยนัยของเปอร์เซ็นต์แป้ง ระบบการให้น้ำมีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่าระบบไม่ให้น้ำ ด้วยค่า 17.6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับไม่ให้น้ำ คือ 16.2 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของระบบพืชแซมพบว่าถั่วเหลืองแซมมันสำปะหลังให้เปอร์เซ็นต์แป้งสุงสุดคือ 18.1 รองลงมาคือ พืชแซมด้วยถั่วเขียว ถั่วลิสงและไม่มีพืชแซม โดยมีพืชแซมด้วยถั่วพุ่มให้เปอร์เซ็นต์แป้งทำต่ำสุดคือ 16.3 เปอร์เซ็นต์ ผลรวมของผลผลิตแป้งสดในมันสำปะหลัง ที่มีการให้ระบบน้ำและระบบพืชแซม ความแตกต่างของผลผลิตแป้งสดของระบบการให้น้ำ และระบบพืชตระกูลถั่วแซมมันสำปะหลัง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ทั้ง สองระบบ ส่วนอิทธิพลของระบบการให้น้ำต่อระบบพืชแซมอยู่ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีผลผลิตแป้งสดเฉลี่ย 900 กิโลกรัมต่อไร่ มากกว่าระบบไม่ให้น้ำซึ่งให้ผลผลิตแป้งเพียง 597 กิโลกรัมต่อไร่ และระบบพืชแซมด้วยถั่วเขียวและถั่วเหลือง ให้ผลผลิตแป้งเฉลี่ยสูงถึง 846 และ 833 กิโลกรัมต่อไร่ มากกว่าระบบพืชแซม ถั่วลิสง ถั่วพุ่มและไม่มีพืชแซม 691 , 685 และ 691 กิโลกรัมต่อไร่

20. การปลูกมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่องในดินร่วนปนทราย และดินร่วนเหนียวปนทรายในฤดูฝน สามารถสรุปได้ดังนี้ การใส่ปุ๋ย 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ร่วมกับการสับกลบต้นใบมันสำปะหลัง 3 ตันต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ย 16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ 1 ตันต่อไร่ การใส่ปุ๋ย 16-0-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ และการใส่ปุ๋ย16-8-16 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ การปลูกมันสำปะหลังโดยการจัดการใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ หรือวัสดุอินทรีย์จากเศษซากมันสำปะหลัง ช่วยรักษาปริมาณธาตุอาหารในดิน ระดับของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน และความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ข้อเสนอแนะ

1. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลัง โดยเกษตรกรได้ใช้พันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ใหม่ใหม่ที่ให้ผลผลิตและแป้งสูงอย่างน้อย 1 พันธุ์ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร และสามารถยกระดับผลผลิตต่อพื้นที่ให้สูงขึ้น เพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของอุตสาหกรรมโดยไม่เพิ่มพื้นที่ปลูกตามยุทธศาสตร์ของประเทศ

2. การเพิ่มมูลค่ามันสำปะหลังและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังเพื่อบริโภค โดยสายพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ก้าวหน้าที่จะพัฒนาต่อ ที่มีคุณสมบัติเหมาะต่อการบริโภค อย่างน้อย 1 พันธุ์ ซึ่งจะนำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์ทั้งตลาดในประเทศและการส่งออก

3. องค์ความรู้ที่สามารถใช้ในการแนะนำพันธุ์มันสำปะหลังที่เหมาะสมเฉพาะพื้นที่ เช่น ข้อมูลเขตนิเวศมันสำปะหลังเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือกพื้นที่ดำเนินการทดสอบพันธุ์ในระดับสถานีและระดับไร่เกษตรกร เทคนิคในการระบุความเหมาะสมเฉพาะเขตนิเวศของมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้าเพื่อแนะนำเป็น

กรมวิชาการเกษตร

พันธุ์ที่เหมาะสมกับพื้นที่ ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ก้าวหน้าสำหรับแบบจำลองพืช ที่สามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการตัดสินใจเลือกใช้พันธุ์ของเกษตรกรให้เหมาะสมกับพื้นที่ เพื่อเพิ่มผลผลิต และรายได้และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมันสำปะหลัง เพื่อไปจัดการการให้น้ำกับมันสำปะหลังต่อไป

4. องค์ความรู้ ด้านประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารและการตอบสนองของธาตุอาหารไนโตรเจนและโพแทสเซียมตามลักษณะเนื้อดิน ระดับความต้านทานโรคและแมลงที่สำคัญ รวมทั้งอายุการเก็บรักษาของท่อนพันธุ์ในมันสำปะหลังสายพันธุ์ก้าวหน้า เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการขอรับรองพันธุ์ และเพื่อแนะนำเกษตรกรให้สามารถผลิตมันสำปะหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิต

5. ฐานข้อมูลลักษณะต่างๆ ของเชื้อพันธุกรรม ได้แก่ ลักษณะสัณฐาน-สรีรวิทยา สำหรับใช้ในการบ่งชี้พันธุ์ข้อมูลการตอบสนองต่อระดับความเค็มของพันธุ์มันสำปะหลังในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ข้อมูลปริมาณเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสในกากมันสำปะหลังเพื่อใช้ประโยชน์สำหรับการผลิตเอทานอล ข้อมูลศักยภาพในการสร้างรากสะสมอาหารของพันธุ์มันสำปะหลังในสภาพเพาะเนื้อเยื่อ และเทคนิคการชักนำให้เกิดรากสะสมอาหารของมันสำปะหลังในสภาพเพาะเนื้อเยื่อ ซึ่งฐานข้อมูลและเทคนิคที่ได้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในงานปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังในการเลือกใช้พันธุ์คู่ผสมสำหรับนักปรับปรุงพันธุ์ และงานด้านเขตกรรม ที่ศึกษาการตอบสนองของพันธุ์ต่อธาตุอาหาร และสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้

6. เทคโนโลยีการขยายพันธุ์มันสำปะหลังแบบรวดเร็วและปลอดศัตรูพืชโดยเทคนิคโซมาติกเซลล์ที่สามารถเพิ่มปริมาณท่อนพันธุ์ดีได้เร็วกว่าเดิม และเป็นแนวทางแก้ปัญหาที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมหากอนาคตมีการระบาดอย่างรุนแรงของโรคและแมลงที่ถ่ายทอดหรือปนเปื้อนไปกับท่อนพันธุ์

7. สามารถนำเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR ที่มีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้จำแนกความแตกต่างทางพันธุกรรมในมันสำปะหลังกลุ่มพันธุ์ต่างๆ เพื่อตรวจสอบการตรงตามพันธุ์ นอกจากนี้ข้อมูลความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอและลายพิมพ์ดีเอ็นเอของพันธุ์มันสำปะหลังที่ได้ สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจำแนกความแตกต่างระหว่างพันธุ์เพื่อการบ่งชี้ลักษณะประจำพันธุ์และสร้างเอกลักษณ์ทางพันธุกรรมประจำพันธุ์ของมันสำปะหลัง อีกทั้งยังสามารถนำข้อมูลความแตกต่างทางพันธุกรรมและความกว้างของฐานพันธุกรรมมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการคัดเลือกพันธุ์พ่อแม่เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังของไทยให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และเป็นประโยชน์ต่อการบริหารจัดการทรัพยากรเชื้อพันธุ์เพื่อการอนุรักษ์ต่อไปในอนาคต

8. สามารถนำเครื่องหมายโมเลกุลชนิด EST-SSRs และ SSRs ที่ผ่านการคัดเลือกความสามารถในการเพิ่มจำนวนชิ้นส่วนยีนต้านทานโรคแบคทีเรียลไบลท์ จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ ไพรเมอร์ MBBR13 (681bp) MBBR5(664bp) MBBR9(609bp) MBBR17(627bp) MBBR4(667bp) และ SSrY5 (299bp) มาใช้ในการคัดเลือกสายพันธุ์มันสำปะหลังที่มียีนต้านทานโรคแบคทีเรียลไบลท์ ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาในการคัดเลือกสายพันธุ์

กรมวิชาการเกษตร

มันสำปะหลังที่มียีนต้านทานโรคแบคทีเรียลไบลท์ เพื่อนำไปใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการพัฒนาหรือปรับปรุงพันธุ์ และเผยแพร่แก่เกษตรกรต่อไป

9. สามารถช่วยคัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังหรือลูกผสมที่ต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังโดยการใช้เครื่องหมายโมเลกุล เพื่อจะได้นำพันธุ์หรือลูกผสม candidate ดังกล่าวไปตรวจสอบกับเชื้อโรคจริง และเมื่อพบว่าเป็นพันธุ์หรือต้นต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง สามารถนำไปใช้เป็นพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์หรือพัฒนาพันธุ์ และเผยแพร่แก่เกษตรกรต่อไป ซึ่งช่วยร่นระยะเวลาในการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง ทั้งนี้ได้มีการต่อยอดงานวิจัยในปี 2565 - 2567 กิจกรรมการคัดเลือกลักษณะต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลัง ผลผลิตและแป้งสูง โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล ภายใต้แผนงานวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อผลผลิตและคุณภาพสูงสำหรับอุตสาหกรรม ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวเป็นการใช้เครื่องหมายโมเลกุลมาช่วยในการคัดเลือกพันธุ์และพีระมิดยีนเพื่อรวมลักษณะทางการเกษตรที่ต้องการ ได้แก่ ลักษณะต้านทานต่อโรคใบด่างมันสำปะหลังรวมถึงมีผลผลิตและปริมาณแป้งสูงรวมอยู่ในสายพันธุ์เดียว เพื่อให้ได้พันธุ์ดีสำหรับเผยแพร่แก่เกษตรกรใช้ปลูกทดแทนพันธุ์อ่อนแอต่อโรคใบด่างมันสำปะหลัง เป็นการช่วยแก้ปัญหาการแพร่ระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาเทคนิคต่างๆ ประกอบด้วย (1) การสกัดดีเอ็นเอจากมันสำปะหลังที่รวดเร็ว ประหยัด และปราศจากตัวทำละลายอินทรีย์อันตรายโดยใช้วิธี SDS/NaCl+PVP (2) การตรวจสอบเครื่องหมายโมเลกุลต้านทานโรคใบด่างมันสำปะหลังแบบไพรเมอร์หลายคู่ในหนึ่งปฏิกิริยา (multiplex PCR) และ (3) การตรวจสอบเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิปในยีน *Peroxidase* โดยใช้เทคนิค Tetra-Primer ARMS–PCR ซึ่งได้ทำการเผยแพร่โดยตีพิมพ์ในวารสารวิชาการและเอกสารองค์ความรู้แล้ว เพื่อเป็นประโยชน์ต่อนักวิจัย นักปรับปรุงพันธุ์ และผู้ที่สนใจ ให้สามารถนำไปใช้ในงานวิจัยซึ่งจะช่วยประหยัดงบประมาณ และลดระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบเพื่อคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์

10. สามารถนำเครื่องหมายโมเลกุลแบบ SNP ที่พัฒนาขึ้นได้ไปใช้ในการคัดเลือกมันสำปะหลังที่มีลักษณะต้านทานโรครากปมได้ โดยจะพบแถบดีเอ็นเอที่แสดงความแตกต่างระหว่างพันธุ์ต้านทานและพันธุ์อ่อนแอ ทำให้ช่วยประหยัดเวลาและแรงงานในการคัดเลือกพันธุ์ไม่ต้องเสียเวลาในการทดสอบความต้านทานโรครากปม เนื่องจากต้นมันสำปะหลังที่เป็นโรคดังกล่าวจะไม่สามารถเห็นอาการของโรคได้บนต้นมันสำปะหลังเหนือพื้นดิน ต้องขุดดินดูรากมันสำปะหลังถึงจะเห็นรอยโรครากปม และยังสามารถใช้เครื่องหมายโมเลกุลดังกล่าวร่วมกับเครื่องหมายโมเลกุลที่จำแนกลักษณะอื่นที่ต้องการ เช่น โรคใบด่าง แป้งสูง ทำให้มันสำปะหลังที่ปรับปรุงสามารถมีหลายๆ ลักษณะที่ต้องการได้ในต้นเดียวกัน

11. สามารถนำเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป 3CHN และ 13CHN ที่พัฒนาขึ้นนี้ ไปใช้คัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำกว่า 250 mg HCN/kg น้ำหนักสดได้ โดยกระบวนการในการนำเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิปไปใช้คัดเลือกลักษณะไซยาไนด์ของมันสำปะหลัง สามารถทำได้โดยการสกัดดีเอ็นเอจากใบมันสำปะหลังที่ต้องการตรวจสอบ นำมาเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยปฏิกิริยาพีซีอาร์โดยใช้ชุดเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิปที่พัฒนาขึ้น จากนั้นนำดีเอ็นเอที่เพิ่มปริมาณแล้ว ตรวจแยกแถบดีเอ็นเอด้วยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซิสใน 3 เปอร์เซ็นต์ อะกาโรสเจล หากใช้เครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป 3CHN มันสำปะหลังสายพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำกว่า 250 mg HCN/kg น้ำหนักสด จะเกิดแถบดีเอ็นเอขนาด 265 และ 189 คู่เบส ส่วนการใช้

กรมวิชาการเกษตร

เครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป 13CHN มันสำปะหลังสายพันธุ์ที่มีปริมาณไซยาไนด์ต่ำกว่า 250 mg HCN/kg น้ำหนักสดจะเกิดแถบดีเอ็นเอขนาด 397 และ 207 คู่เบส นอกจากนี้ยังสามารถนำเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป SNP 2 และ SNP 6 ไปใช้คัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังที่มีปริมาณแป้ง (% amylose) สูงกว่า 10.83% ได้ โดยใช้เทคนิค Pyrosequencing ในการตรวจสอบปริมาณแป้ง สามารถทำได้โดยการสกัดดีเอ็นเอจากใบมันสำปะหลังที่ต้องการตรวจสอบ นำมาเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยปฏิกิริยาพีซีอาร์โดยใช้ชุดเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิปที่พัฒนาขึ้น จากนั้นนำดีเอ็นเอที่เพิ่มปริมาณแล้ว เข้าเครื่องหาลำดับของนิวคลีโอไทด์ PyroMark Q48 Autoprep (Qiagen, Germany) หากใช้เครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป SNP 2 มันสำปะหลังสายพันธุ์ที่มีปริมาณปริมาณแป้ง (% amylose) สูงกว่า 10.83% จะแสดงจีโนไทป์ AA และ AG ส่วนเครื่องหมายโมเลกุลชนิดสนิป SNP 6 มันสำปะหลังสายพันธุ์ที่มีปริมาณปริมาณแป้ง (% amylose) สูงกว่า 10.83% จะแสดงจีโนไทป์ AA และ GG

12. สามารถนำเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SNPs จากยีน *GBSSI* และโพรบไพรเมอร์จากวิธี TaqMan probe ไปใช้ในการคัดเลือกลูกผสมระหว่างพันธุ์แป้งเหนียวจากมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทยกับพันธุ์การค้าหรือพันธุ์ดีของกรมวิชาการเกษตรได้ รวมถึงลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ให้ความแตกต่างระหว่างพันธุ์ จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี GBS และได้ตำแหน่ง SNPs จำนวนมาก สามารถนำไปคาดเดา (predict) ด้วยโปรแกรมชีวสารสนเทศ (bioinformatics) ให้ได้ลักษณะอื่นๆ เช่น อะไมโลสสูง อะไมโลแพคตินสูง เป็นต้น เพื่อใช้ประโยชน์ทางด้านการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

13. การพัฒนาเครื่องหมายยีนในกระบวนการสังเคราะห์แป้งที่สัมพันธ์กับน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังมีระยะเวลาในการดำเนินการงานวิจัย 2 ปี ดังนั้น ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายกับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังควรมีการวิเคราะห์เพิ่มเติม โดยใช้ข้อมูลจำนวนปีในการเก็บเกี่ยวลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังที่เพิ่มมากขึ้น เพื่อความถูกต้องของเครื่องหมายโมเลกุลที่จะนำไปใช้คัดเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่มีผลผลิตสูง และควรพัฒนาเทคนิคการตรวจสอบลักษณะผลผลิตในมันสำปะหลังโดยการใช้เครื่องหมาย SNP ที่ได้จากงานวิจัยนี้ ตัวอย่างเช่น การพัฒนาวิธี tetra-primer allele specific PCR (tetra-primer AS-PCR) หรือ วิธี TaqMan hybridization probes โดยใช้ Real Time PCR เป็นต้น เพื่อให้ง่ายและประหยัดค่าใช้จ่ายต่อการตรวจสอบจีโนไทป์ของตัวอย่างมันสำปะหลังที่ต้องการตรวจสอบ ทั้งนี้เครื่องหมายโมเลกุลชนิด ILP และ SNP และการหาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลกับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังนั้น เครื่องหมายโมเลกุลที่พัฒนาได้มีศักยภาพในการใช้วิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมและโครงสร้างของพันธุ์มันสำปะหลัง เพื่อช่วยตรวจสอบความถูกต้องของพันธุ์มันสำปะหลัง และได้เครื่องหมายโมเลกุลที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลัง เพื่อช่วยในการคัดเลือกมันสำปะหลัง โดยการคัดเลือกจีโนไทป์ที่ให้น้ำหนักผลผลิตสูงเก็บไว้หรือคัดจีโนไทป์ที่สัมพันธ์กับน้ำหนักผลผลิตต่ำทิ้งไปในระหว่างการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังให้มีลักษณะน้ำหนักผลผลิตสูง ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลา พื้นที่เพาะปลูก ค่าใช้จ่าย และแรงงาน

14. ได้คำแนะนำการจัดการระบบปลูกมันสำปะหลังร่วมกับการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังระยะยาว ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังมีรายได้เพิ่มขึ้น มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น อีกทั้งยังรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน และรักษาความยั่งยืนในการผลิตมันสำปะหลัง

ระบบการเกษตร

15. คำแนะนำระบบปลูกมันสำปะหลังร่วมกับพืชตระกูลถั่วที่เหมาะสม ในกลุ่มดินทราย จังหวัดขอนแก่น ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังโดยระบบปลูกมันสำปะหลังร่วมกับพืชตระกูลถั่ว ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุน และรักษาความยั่งยืนในการผลิตมันสำปะหลัง

16. ในการผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกรโดยทั่วไปจะไม่มีการให้ระบบน้ำเป็นส่วนใหญ่ แต่หากสามารถทำการให้ระบบน้ำได้จะช่วยเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญ และการจัดการพื้นที่ดินทราย เมื่อสามารถให้ระบบน้ำได้ ก็สามารถเพิ่มการปลูกพืชอายุสั้นหมุนเวียนแล้วไถกลบเพื่อเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหารบางส่วนนอกจากการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว เป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการพื้นที่ดินทราย ในเชิงการอนุรักษ์เพื่อให้สามารถปลูกมันสำปะหลังได้ต่อเนื่องโดยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินทรายที่จะเสื่อมช้าลง อีกทั้งการให้น้ำร่วมกับการปลูกพืชตระกูลถั่วหมุนเวียน และ หรือปลูกเป็นพืชแซม ยังสามารถเพิ่มผลผลิต เปอร์เซ็นต์แป้งและเพิ่มผลผลิตแป้งในมันสำปะหลังได้อีกด้วย ซึ่งเกษตรกรสามารถนำไปพิจารณาปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังในดินทราย ด้วยการจัดการระบบการปลูกพืช ระบบน้ำ หรือใช้ร่วมกันได้ต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. เอกสารวิชาการลำดับที่ 8//2548. ISBN974-436-434-3 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 121 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ กรมส่งเสริมการเกษตร. 2554. การจัดการเพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง. สำนักพิมพ์จี-เบรน จำกัด กรุงเทพฯ. 60 หน้า.

จิณณจาร์ หาญเศรษฐสุข ประพิศ วองเทียม อุมาพร รักษาพราหมณ์ จิตติลักษณ์ พลพวก จารุวรรณ บางแวก และจินดา จิตจักร. 2559. การจำแนกและประเมินลักษณะทางคุณภาพของหัวคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้งและคุณภาพของท่อนพันธุ์ในเชื้อพันธุ์มันสำปะหลัง. ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2553-2558. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง กรมวิชาการเกษตร.

ชุมพล นาควิโรจน์ กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ โอภาษ บุญเส็ง สมาน รุ่งเรือง อนุศาสตร์ สุ่มมาตย์ วัลลีย์ อมรพล สันติ ธีราภรณ์ ดิสพันธุ์ ธรรมาภิรมย์ และฉัตรชนก นพพรพรรร. 2550. การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลัง. หน้า 156-176. ใน : รายงานการประชุมผลงานวิจัยเพื่อพิจารณาเป็นผลงานวิจัยดีเด่นประจำปี 2549. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 6-8 มิถุนายน 2550 ณ โรงแรมรามาการ์เด้น กรุงเทพฯ.

โชติ สิทธิบุศย์. 2539. แนวทางพัฒนาระบบการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชไร่. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 119 หน้า.

นิรนาม. 2013. หลักการป้องกันกำจัดโรคพืช. สืบค้นจาก http://www.thaikasetsart.com/การป้องกันกำจัดโรคพืช/. [29 เมษายน 2562].

นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด ภานุวัฒน์ มูลจันทะ อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช และ โอภาษ บุญเส็ง. 2558. การคัดเลือกและประเมินเชื้อพันธุกรรมมันสำปะหลังต้านทานไส้เดือนฝอยรากปม. รายงานผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ จ.ปทุมธานี. 69 หน้า.

นุชรีย์ ศิริ กชมน วงศ์ใหญ่ แพรวพรรณ สร้อยสุวรรณ และกมลทิพย์ ใจขาล. 2560. การทำลายชิงเพลี้ยแป้งสีชมพู *Phenacoccus manihoti* ต่อระดับความเสียหายของมันสำปะหลังสี่พันธุ์. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 13 “ปฏิรูปอารักขาพืชไทย สู่ประเทศไทย 4.0 เพื่อความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน” วันที่ 21-23 พฤศจิกายน 2560 ณ โรงแรมเรือรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดตรัง. หน้า 61.

ประพิศ วองเทียม จงรักษ์ จารุเนตร และศุภชัย สารกาญจน์. 2553. การจำแนกและประเมินระดับความต้านทานแมลงศัตรูของเชื้อพันธุ์มันสำปะหลัง. ผลงานวิจัยฉบับเต็ม *ใน* เอกสารขอประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

ปิยะธิดา ตันตสวัสดิ์ และอารีย์ วรัญญูวัฒน์. 2551. บทปฏิบัติการการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. บริษัทเอเอนเทคจำกัด, กรุงเทพฯ. 109 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร

พลอยชมพู กรวิภาสเรือง มานิตา คงชื่นสิน พิเชฐ เชาวน์วัฒนวงศ์ วิมลวรรณ โชติวงศ์ และอัจฉราภรณ์ ประเสริฐผล. 2558. อนุกรมวิธาน และเขตแพร่กระจายของไรศัตรูมันสำปะหลังในประเทศไทย. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2558 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. หน้า 90-128.

พิมพ์นารา เสือสกุล และเรวัติ เลิศฤทัยโยธิน. 2563.การวิเคราะห์เสถียรภาพของอ้อยปลูกพันธุ์กำแพงแสน ชุดปี 2007 และ 2008 ด้วยวิธี GGE Biplot ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ว.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 9(3):35-59.

มานิตา คงชื่นสิน. 2547. ไรศัตรูพืชผัก. ใน **:** เอกสารประกอบการบรรยาย เรื่อง “การควบคุมไรศัตรูผักโดยชีววิธี”. กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. 28 หน้า.

มานิตา คงชื่นสิน พิเชฐ เชาวน์วัฒนวงศ์ พลอยชมพู กรวิภาสเรือง วิมลวรรณ โชติวงศ์ วัฒนา จารณศรี เทวินทร์ กุลปิยะวัฒน์. 2556. ไรศัตรูพืชและการป้องกันกำจัด. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง ไรศัตรูพืชและการป้องกันกำจัด ครั้งที่ 2. วันที่ 29-30 สิงหาคม 2556. ณ ห้องประชุมอารียันต์ ตึกจักรทองชั้น 3 กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. 102 หน้า.

วิระศักดิ์ เทพจันทร์. 2553. ความก้าวหน้าในการศึกษาปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และสภาพแวดล้อม และการนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช. หน้า 29-52. *ใน* เอกสารประกอบการอบรมการปรับปรุงพันธุ์พืชไร่ตระกูลถั่ว ปฏิสัมพันธุ์ระหว่างพันธุ์กับสิ่งแวดล้อม(GxE) ของพืชไร่ตระกูลถั่ว. 19-21 พค. 2553 ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่.

วัฒนา จารณศรี มานิตา คงชื่นสิน เทวินทร์ กุลปิยะวัฒน์ และพิเชฐ เชาวน์วัฒนวงศ์. 2544. เอกสารวิชาการไรศัตรูพืชและการป้องกันกำจัด. กลุ่มงานวิจัยไรและแมงมุมกองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร: กรุงเทพฯ. 192 หน้า.

ศุจิรัตน์ สงวนรังศิริกุล วีรเดช โขนสันเทียะ รัชนี ขันธหัตถ์ เพียงเพ็ญ ศรวัต ประพิศ วองเทียม ศุภชัย สารกาญจน์ และอัจฉรา ลิ่มศิลา. 2553. ฐานข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอของมันสำปะหลังพันธุ์ไทย พันธุ์ลูกผสม และพันธุ์ต่างประเทศ. ผลงานวิจัยดีเด่นและผลงานวิจัยที่เสนอเข้าร่วมพิจารณาเป็นผลงานวิจัยดีเด่น ประจำปี 2552. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 16-30.

ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง. มปป. รู้จริงเรื่องพืชกับกรมวิชาการเกษตร: การแปรรูปอาหารจากมันสำปะหลัง. เอกสารเผยแพร่ของศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

สุนี ศรีสิงห์ ศุจิรัตน์ สงวนรังศิริกุล วัลลิภา สุชาโต และวาสนา ยอดปรางค์ . มปป. การศึกษาวิธีการใช้น้ำร้อนในการกำจัดเชื้อโรคใบขาวในท่อนพันธุ์อ้อย 1) การกำจัดเชื้อโรคใบขาวในอ้อยที่มีระดับการติดเชื้อแตกต่างกัน. ใน: รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด กรมวิชาการเกษตร.

โสณิชา อุทุมพร และกิตติพัฒน์ อุโฆษกิจ. 2559. การพัฒนาเครื่องหมาย ILP จากกลุ่มยีนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างดอกปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.). วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 24(2):.299-308.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร. สืบค้นจาก: www.oae.go.th/download/prcai/DryCrop/casava/4-58.pdf. [เมษายน 2561].

กรมวิชาการเกษตร

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร : มันสำปะหลังโรงงานรายจังหวัด ปี 2561. สืบค้นจาก: www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/cassava61.pdf. [ตุลาคม 2562].

อัจฉราภรณ์ ประเสริฐผล พิเชฐ เชาวน์วัฒนวงศ์ พลอยชมพู กรวิภาสเรือง และอทิติยา แก้วประดิษฐ์. 2561. ชีววิทยาของไรแดง

มันสำปะหลัง (Cassava Red Mite); *Oligonychus biharensis* (Hirst). รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2561 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. หน้า 362-374.

อรุโณทัย ซาววา สุภาวดี ง้อเหรียญ อัญชลี ศรีสุวรรณ ประพิศ วองเทียม และหทัยรัตน์ อุไรรงค์. 2552. การศึกษาความหลากหลายของพันธุ์มันสำปะหลังในประเทศไทยโดยใช้เทคนิค SCAR (Sequence Characterized Amplified Region). รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2551-2552 สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร. หน้า 96-118.

อัมพร วิโนทัย. 2552. รายงานชนิดเพลี้ยแป้งที่สำรวจพบในไร่มันสำปะหลัง.การสัมนาทางวิชาการ “เพลี้ยแป้งมันสำปะหลังและการควบคุมโดยใช้แตนเบียน”. ธันวาคม 2552 ณ สถาบันพัฒนามันสำปะหลัง ห้วยบงนครราชสีมา.

Abera, S. and S.K. Rakshit. 2003. Processing Technology Comperison of Physicochemical and Function Properties of Cassava Starch Extracted from Fresh Root and Dry Chips. Biosynthesis Nutrition Biomedical, Starch vol.55 Issue 7: 287-296.

Aiemnaka, P., A. Wongkaew, J. Chanthaworn, S.K. Nagashima, S. Boonma, J. Authapun. S. Jenweerawat, P. Kongsila, P. Kittipadakul, S. Nakasathien, T. Sreewongchai, W. Wannarat, V. Vichukit, L.A.B. Lopez-Lavalle, H. Ceballos, C. Rojanaridpiched and C. Phumichai. 2012. Molecular Characterization of a Spontaneous Waxy Starch Mutation in Cassava. Crop Science, Vol.52: 2121-2130.

Allen RG, Pereira LS, Howell TA, Jensen ME. 2011. Evapotranspiration information reporting: I. Factors governing measurement accuracy. Agric. For. Meteorology. 98(6):899-920.

Bradbury, P. J., Zhang, Z., Kroon, D. E., Casstevens, T. M., Ramdoss, Y., & Buckler, E. S. (2007). TASSEL: software for association mapping of complex traits in diverse samples. Bioinformatics, 23(19), 2633-2635. doi: 10.1093/bioinformatics/btm308.

CABI. 2006. Pest on cassava. Crop Protection Compendium, edited in 2006.

Chanroj, V. (2016). *Association mapping of latex yield in rubber tree (Hevea brasiliensis)* (degree of doctor), Thammasat University, Faculty of Science and technology.

Dellaporta, S.L., Wood, J. and Hicks, J.B. (1983). A plant DNA mini-preparation: version II, Plant Molecular Biology. Reporter, 1, 19–21.

Firdous S.S., R. Asghar, M.I. Ul-Haque, A. Waheed, S.N. Afzal and M.Y. Mirza. 2009. Pathogenesis of *Pseudomonas syringae* pv. *Sesame* associated with sesame (*Sesame indicum* L.) bacterial leaf spot. *Pak. J. Bot.,* 41(2): 927-934.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Fukuda, W.M.G., C.L. Guevara, R. Kawuki, and M.E. Ferguson. 2010. Selected morphological and agronomic descriptors for the characterization of cassava. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria. 19 pp.

Gawel, N. J., and Jarret, R. L. (1991). A modified CTAB DNA extraction procedure for *Musa* and *Ipomoea*. *Plant Mol. Biol. Rep.,* 9(3), 262-266.

Haque, M. R. and J. H. Bradbury. 1999. Total cyanide determination of plants and foods using the picrate and acid hydrolysis methods. Food Chemistry. 77: 107–114.

Hillocks, R.J., J.M. Thresh and A.C.Bellotti. 2001. Cassava Biology Production and Utilization. Oxon : CABI Pub.

Hunt L. A., S. Pararajasingham, J. W. Jones, G. Hoogenboom, D. T. Imamura and R. M. Ogoshi. 1993. GENCALC: Software to Facilitate the Use of Crop Models for Analyzing Field Experiments. Agronomy Journal 85(5): 1090-1094.

IRRI. n.d. CropStat. Retrieved June 15, 2013, from http://bbi.irri.org/products.

IRRI. n.d. PBTools - Plant Breeding Tools. Retrieved June 24, 2019, from http://bbi.irri.org/products.

Juliano, B. O. 1971. A simplified assay for milled-rice amylose. Cereal Sci. Today. 16: 334-340.

Kongchuensin, M., V. Charanasri and A. Takafuji. 2005. Geographic distribution of *Neoseiulus longispinosus* (Evans) and its habitat plants in Thailand. Acarology Society of Japan. 14(1):1-11.

Kunkeaw, S., Tangphatsornruang, S., Smith, D.R. and Triwitayakorn, K. (2010). Genetic linkage map of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) based on AFLP and SSR markers. Plant Breeding 129: 112–115.

Lebot, V. 2009. Tropical root and tuber crops: cassava, sweet potato, yams and aroids. Wallingford, UK ; Cambridge, MA : CABI.

Liu, K., and Muse, S. V. (2005). PowerMarker: an integrated analysis environment for genetic marker analysis. *Bioinformatics,* 21(9), 2128-2129. doi: 10.1093/bioinformatics/bti282.

Mba, R.E.C., P. Stephenson, K. Edwards, S. Mezer, J. Nkumbira, U. Gulberg, K. Apel, M. Gale, J. Tohme and M.A. Fregene. 2001. Simple sequence repeat (SSR) marker survey of the cassava (*Manihot esculenta* Crantz) genome: toward a SSR-based molecular genetic map of cassava. Theoretical and Applied Genetics. 102: 21 – 31.

Munyikwa, T.R.I., C.J.J.M. Raemaker, M. Schreuder, E. Jacobsen and R.G.F. Visser. 1998. Pinpointing towards improved transformation and regeneration of cassava *(Manihot esculenta*Crantz). Pl. Sci. 135: 87-101.

Murashige, T. and Skoog, F. 1962. A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. Plant Physiology, 15, 473-497.

Neisse A.C., J.L. Kirch and K. Hongyu. 2018. AMMI and GGE Biplot for genotype × environment interaction: a medoid–based hierarchical cluster analysis approach for high–dimensional data. Biometrical Letters.55 (2): 97-121.

Olivoto,T.. n.d. Metan (multi-environment trials analysis) provides useful functions for analyzing multi-environment trial data using parametric and non-parametric methods. Retrieved December 2, 2021, from https://cran.r-project.org/web/packages/metan/metan.pdf.

Raemakers, C.J.J.M., M.G.M. Rozenboom, K. Danso, E. Jacobsen and R.G.F. Visser. 1997. Regeneration of plants from somatic embryos and friable embryogenic callus of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.). African Crop Science Journal. 2: 238-243.

Raghu, D., N. Senthil, T. Saraswathi, M. Raveendran, R. Gnanam, R. Venkatachalam, P. Shanmugasundaram and C. Mohan. 2007. Morphological and Simple Sequence Repeats (SSR) based finger printing of south indian Cassava germplasm. International Journal of Integrative Biology. 1(2): 141 – 149.

Restrepo S., Duque M. C. and Verdier V. 2000. Characterization of pathotypes among isolates of *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* in Colombia. *Plant Pathol* 49: 680-687

Shaner G., Finney R.E. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. Phytopathology 67:1051–1056.

Sofiari, E., C.J.J.M. Raemakers, E. Kanju, K. Danso, A.M. van Lammeren, E. Jacobsen and R.G.F. Visser. 1997. Comparison of NAA and 2,4-D induced somatic embryogenesis in cassava. Plant Cell Tiss. Org. Cult. 50: 45-56.

Stamp, J.A. and G.G. Henshaw. 1987. Secondary somatic embryogenesis and plant regeneration in cassava. Plant Cell Tiss Org. 10: 227-233.

Szabados, L., R. Hoyos and W.M. Roca. 1987. *In vitro* somatic embryogenesis and plant regeneration of cassava. Plant Cell Rep. 6: 248-251.

Taylor, M.G. and I.K. Vasil. 1996. The ultrastructure of somatic embryo development in pearl millet (*Pennisetumglaucum*; Poaceae). Am. J. Bot. 83: 28-44.

Taylor, N.J., M.V. Masona, R. Carcamo,T. Ho, C. Schopke and C.M. Fauquet. 2001. Propagation of embryogenic tissues and regeneration of transgenic plants in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Euphytica. 10: 25-34.

Watson S.l., I.H. Delacy, D.W. Podlish and K.E. Basford. n.d. GEBEI. Department of Agriculture, University of Queensland. 39 pages.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Welsch, R., J. Arango, C. Bär, B. Salazar, S. Al-Babili, J. Beltrán, P. Chavarriaga, H. Ceballos, J. Tohme and P. Beyer. 2010. Provitamin A accumulation in cassava (*Manihot esculenta*) roots driven by a single nucleotide polymorphism in a phytoene synthase gene. *Plant Cell*. 22: 3348 - 3356.

Wongtiem, P., D. Courtois, B. Florin, M. Juchaux, D. Pelteier, P. Broun and J.P. Ducos. 2011. Effects of cytokinin on secondary somatic embryogenesis of selected clone Rayong 9 of *Manihot esculenta*Crantz. for ethanol production. African Journal of Biotechnology. 10(9): 1600-1608.

Zhang, S., Chen, X., Lu, C., Ye, J., Zou, M., Lu, K., Feng, S., Pei, J., Liu, C., Zhou, X., Ma, P., Li, Z., Liu, C., Liao, Q., Xia, Z., and Wang, W. (2018). Genome-Wide Association Studies of 11 Agronomic Traits in Cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Front Plant Sci,* 9, 503. doi: 10.3389/fpls.2018.00503.

กรมวิชาการเกษตร