เขตนิเวศสำหรับการวิจัยพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเฉพาะพื้นที่และเทคนิคการระบุพันธุ์

โครงการวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

กรมวิชาการเกษตร

2565

คำนำ

เอกสาร **เขตนิเวศสำหรับการวิจัยพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเฉพาะพื้นที่และเทคนิคการระบุพันธุ์** นี้จัดทำขึ้น เพื่อรวบรวมผลการศึกษาในโครงการวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตระหว่างปี พ.ศ. 2559-2564 ของกรมวิชาการเกษตร การทดลอง เรื่อง การจัดกลุ่มสภาพแวดล้อมสำหรับการวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเฉพาะพื้นที่ เป็นองค์ความรู้ใหม่ เรื่อง **ข้อมูลและเทคนิคเพื่อการแนะนำพันธุ์เฉพาะพื้นที่**

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยและพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเฉพาะพื้นที่ของกรมวิชาการเกษตรต่อไป

คณะผู้จัดทำ

กุมภาพันธ์ 2565

การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) มีจำนวนโครโมโซม 2n=36 โดยธรรมชาติมันสำปะหลังมีทั้งการผสมข้าม (cross pollination) และผสมตัวเอง (self pollination) โอกาสเกิดการผสมข้ามตามธรรมชาติประมาณ 30-40 เปอร์เซ็นต์ และมักเกิดจากแมลงพาไปมากกว่าลมพาไป เนื่องจากเกสรตัวผู้มีขนาดใหญ่ มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีการผสมข้ามโดยธรรมชาติ ทำให้แต่ละเมล็ดมี genotype ที่แตกต่างกัน ลูกผสมชั่วที่ 1 (F1) มีการกระจายตัวเกิดความแปรปรวนในลักษณะต่างๆ แต่ลูกที่ได้จากการผสมตัวเองมีอิทธิพลของ inbreeding depression นอกจากนั้นยังสามารถพบการเป็นหมันของดอกตัวผู้ (male sterility) ได้ในธรรมชาติ มันสำปะหลังเป็นพืช monoecious คือ มีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่ในช่อเดียวกัน แต่อยู่แยกดอกกัน ช่อดอกเป็นแบบ panicle และเกิดที่จุดแตกกิ่งยอดของต้น ดังนั้น พันธุ์ที่ไม่มีการแตกกิ่งจึงไม่มีช่อดอก ดอกตัวผู้มีขนาดเล็กกว่าดอกตัวเมียและอยู่ส่วนบนของช่อดอก การออกดอกแต่ละพันธุ์เกี่ยวข้องโดยตรงกับการแตกกิ่งของลำต้น แต่สภาพแวดล้อม เช่น ความยาวช่วงแสง อุณหภูมิ ความชื้นในดินและอากาศ มีอิทธิพลต่อการแตกกิ่งและมีผลโดยอ้อมกับการออกดอก ช่อดอกแต่ละช่อจะมีดอกตัวเมียประมาณ 1-6 ดอก อยู่บริเวณโคนช่อ ส่วนดอกตัวผู้จะอยู่เหนือขึ้นไป มีประมาณ 20-50 ดอก ดอกตัวเมียจะเจริญเติบโตและบานก่อนดอกตัวผู้ จึงไม่มีโอกาสผสมเกสรในช่อเดียวกัน หลังจากผสมเกสรแล้ว 8-9 ชั่วโมง จึงเกิดการปฏิสนธิ หลังจากผสมแล้ว 2.5-3 เดือน ผลและเมล็ดจะแก่ ผลเป็นแบบ capsule มีขนาดเส้นกลางประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร ประกอบด้วย 3 locule แต่ละ locule มีเมล็ดอยู่ภายใน 1 เมล็ด ผลจะแก่เต็มที่หลังจากการผสมแล้วประมาณ 3 เดือน เมล็ดเมื่อแตกออกจากผลใหม่ๆ จะมีระยะพักตัวประมาณ 60 วัน

นักปรับปรุงพันธุ์มักใช้ความแปรปรวนทางพันธุกรรมที่มีอยู่ในธรรมชาติ คัดเลือกลักษณะที่ต้องการจากพันธุ์ที่รวบรวมมาจากแหล่งต่าง ๆ ทั้งในท้องถิ่นและจากต่างประเทศมาปลูกและคัดเลือกพันธุ์ที่มีลักษณะตามต้องการไว้ นำมาผสมกับพันธุ์ที่มีอยู่เดิมเพื่อเพิ่มลักษณะที่ต้องการเข้าไป เรียกว่า การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีมาตรฐาน (conventional breeding) ปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้การปรับปรุงพันธุ์ประสบความสำเร็จ คือ การมีฐานเชื้อพันธุกรรมที่มีลักษณะสำคัญตรงตามวัตถุประสงค์ ซึ่งศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง กรมวิชาการเกษตรเป็นแหล่งรวบรวมเชื้อพันธุกรรมของมันสำปะหลังจากทั้งในประเทศและต่างประเทศ การสร้างเมล็ดลูกผสมมี 2 วิธี คือ การผสมเปิด (open-pollination) ซึ่งเป็นการผสมตามธรรมชาติจากต้นแม่แต่ละพันธุ์ และการผสมแบบกำหนดพ่อ-แม่ (cross-pollination) นำเมล็ดลูกผสมที่ได้เข้าสู่กระบวนการคัดเลือกพันธุ์และเปรียบเทียบพันธุ์ เพื่อประเมินการแสดงออกของสายพันธุ์ดีเด่น ซึ่งมีพื้นฐานมาจากความแตกต่างกันของสภาพแวดล้อม ทั้งในด้านพื้นที่ปลูก ฤดูกาล และปีที่ปลูก การให้ผลผลิตหัวสดและคุณภาพผลผลิต มีขั้นตอน (ภาพที่ 1) ดังนี้

1. การคัดเลือกต้นลูกผสมที่เกิดจากเมล็ด (seedling selection) เป็นการคัดเลือกต้นที่เกิดจากเมล็ดโดยการย้ายต้นกล้าที่เพาะลงปลูกในแปลงเพื่อคัดเลือก ประมาณ 7,000-8,000 ต้น/ปี

2. การคัดเลือกพันธุ์จากต้น (clonal selection) นำสายพันธุ์ที่คัดเลือกจาก seedling selection ประมาณ 600-800 สายพันธุ์ มาปลูกคัดเลือกแบบต้นต่อแถวกับพันธุ์เปรียบเทียบ

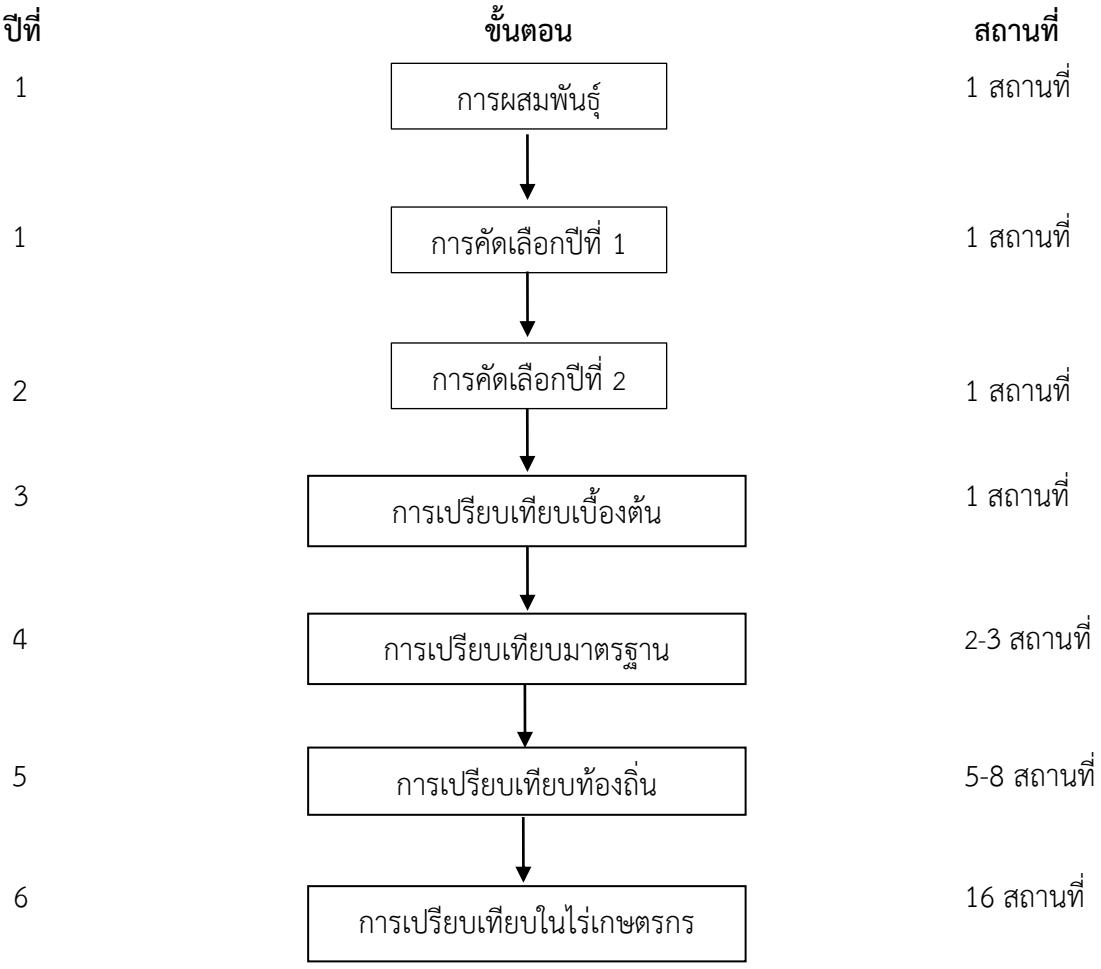
3. การเปรียบเทียบเบื้องต้น (preliminary trial) นำพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก ประมาณ 80-120 สายพันธุ์ และพันธุ์เปรียบเทียบ ปลูกแบบมีแผนการทดลอง คัดเลือกพันธุ์ที่ต้องการไว้

4. การเปรียบเทียบมาตรฐาน (standard trial) นำพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก ประมาณ 20-30 สายพันธุ์ ปลูกแบบมีแผนการทดลอง แต่เพิ่มจำนวนสถานที่ทดลองให้มากขึ้นเป็น 2-3 สถานที่ คัดเลือกพันธุ์ที่ต้องการไว้

5. การเปรียบเทียบท้องถิ่น (regional trial) นำพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก ประมาณ 8-12 สายพันธุ์ ปลูกแบบมีแผนการทดลอง แต่เพิ่มจำนวนสถานที่ทดลองให้มากขึ้นเป็น 5-8 สถานที่ คัดเลือกพันธุ์ที่ต้องการไว้

6. การเปรียบเทียบพันธุ์ในไร่เกษตรกร (farmer's field trial) จากจำนวนพันธุ์ 3-5 พันธุ์ที่คัดเลือกไว้ในขั้นก่อนหน้าปลูกกับพันธุ์เปรียบเทียบ แบบมีแผนการทดลอง ทำการทดลองในไร่เกษตรกรในจังหวัดต่างๆ ที่เป็นแหล่งปลูกทั่วประเทศ คัดเลือกพันธุ์ที่ต้องการไว้

การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเป็นงานที่ต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศและศัตรูพืชที่เกิดขึ้น การให้ผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของมันสำปะหลังขึ้นอยู่กับ พันธุ์ สภาพแวดล้อมและการจัดการ ดังนั้น การเลือกใช้พันธุ์มันสำปะหลังที่เหมาะสมกับพื้นที่ปลูก ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังต่อไร่และผลผลิตที่ได้มีคุณภาพเป็นที่ต้องการ



ที่มา: กรมวิชาการเกษตร. 2550

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง

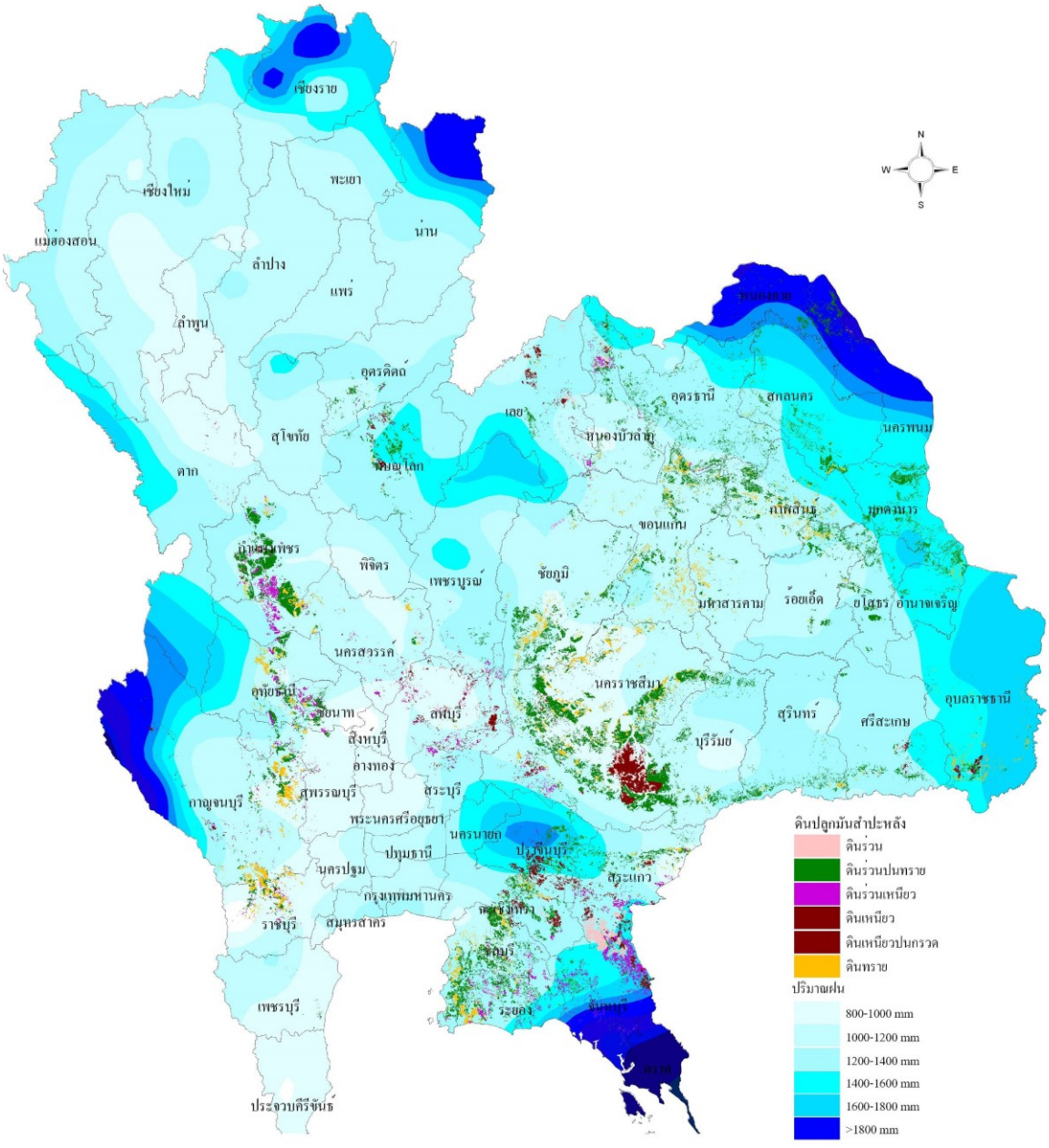
พันธุ์เฉพาะพื้นที่

ประเทศไทยได้รับผลกระทบโดยตรงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ส่งผลต่อทิศทางการวิจัยและการปรับปรุงพันธุ์พืชในอนาคต งานวิจัยและพัฒนาพันธุ์พืชเพื่อให้ได้พันธุ์พืชใหม่ที่ให้ผลผลิตสูง ทนทานต่อโรค แมลง และสภาพแวดล้อมที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จะช่วยลดต้นทุนการผลิตและสร้างรายได้เพิ่มให้แก่เกษตรกร มันสำปะหลังเป็นพืชหนึ่งที่มีการวิจัยและพัฒนาพันธุ์อย่างต่อเนื่อง ในขั้นตอนการเปรียบเทียบพันธุ์ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ มักดำเนินการในหลายสภาพแวดล้อม และหลายสถานที่ เพื่อให้ครอบคลุมถึงสภาพแวดล้อมที่แตกต่าง กว้างขวางยิ่งขึ้น โดยทั่วไปมักมีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (combine analysis) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลทุกพันธุ์ร่วมกับทุกสภาพแวดล้อมจากการวิเคราะห์ทีละลักษณะ ซึ่งส่วนใหญ่มักจะมีความแปรปรวนอย่างมีนัยสำคัญของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และสภาพแวดล้อม (Genotype x Environment interaction, GEI) ทำให้นักปรับปรุงพันธุ์ตีความยาก มีความสับสน หรือยุ่งยากในการตัดสินใจ คัดเลือกพันธุ์ที่จะได้พันธุ์ที่มีการปรับตัวกว้าง หรือพันธุ์ที่มีการปรับตัวเฉพาะแห่ง จึงมีการนำ pattern analysis มาเป็นเครื่องมือในการศึกษารูปแบบของการตอบสนองของพันธุ์และผลของสภาพแวดล้อมที่มีต่อโครงการปรับปรุงพันธุ์พืช ลด GEI ด้วยการจัดกลุ่มให้มีขนาดเล็กลง วิเคราะห์เสถียรภาพด้วยวิธีรีเกรสชันเส้นตรง วิเคราะห์กลุ่มและองค์ประกอบหลัก (PCA) รวมทั้งการประยุกต์ใช้ชุดสถิติหลายตัวแปรในการประเมินพันธุ์พืชซึ่งนำไปใช้โดยตรงและร่วมกับวิธีการทางสถิติอื่นๆ เป็นโมเดลใหม่ๆ ได้แก่ AMMI (additive main-effects and multiplicative interaction) การวิเคราะห์รูปแบบ(pattern analysis) และ GGE biplot (genotype main effect plus genotype by environment interaction)

การปรับปรุงพันธุ์เฉพาะพื้นที่ มีการนำมาใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ เช่น การปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลือง และนำการวิเคราะห์ pattern analysis มาใช้ หลังพบความแปรปรวนอย่างมีนัยสำคัญของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และสภาพแวดล้อม โดยใช้โปรแกรม GEBEI (Watson *et al*, n.d.) รวมทั้งมีการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติอื่นๆ มาใช้ เช่น AMMI อธิบายเสถียรภาพของพันธุ์กับการใช้ปุ๋ย หรือกับการกระจายของฝนที่แตกต่างกัน อธิบายความผันแปรของข้อมูลโดยรวมในการศึกษาหลายพันธุ์ในหลายสถานที่ อย่างไรก็ตาม การวิจัยและพัฒนาพันธุ์ มีวิธีจัดการกับ GEI 3 วิธีหลัก คือ 1) ไม่ให้ความสำคัญ พิจารณาค่าเฉลี่ยจากทุกสภาพแวดล้อม พันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด อาจไม่ใช่พันธุ์ที่ดีในบางสภาพแวดล้อม 2) ลดความแปรปรวน โดยลดจำนวนสภาพแวดล้อม รวมกลุ่มสภาพแวดล้อมที่มีความคล้ายกันเข้าด้วยกันด้วยการใช้เทคนิคการจัดกลุ่ม (cluster analysis) และ PCA และ 3) ใช้ประโยชน์ ซึ่งการเลือกพันธุ์เฉพาะพื้นที่ จะช่วยให้เกษตรกรมีทางเลือกในการใช้พันธุ์มากขึ้น ประกอบกับในขั้นตอนของการเปรียบเทียบพันธุ์ ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังจะเป็นข้อจำกัดทำให้ไม่สามารถดำเนินการในสถานที่ทดลองจำนวนมากได้ จึงจำเป็นต้องเลือกสถานที่ทำการทดลองในจำนวนและที่ตั้งที่เหมาะสม โดยไม่สูญเสียข้อมูลไป

สภาพแวดล้อมสำหรับมันสำปะหลัง

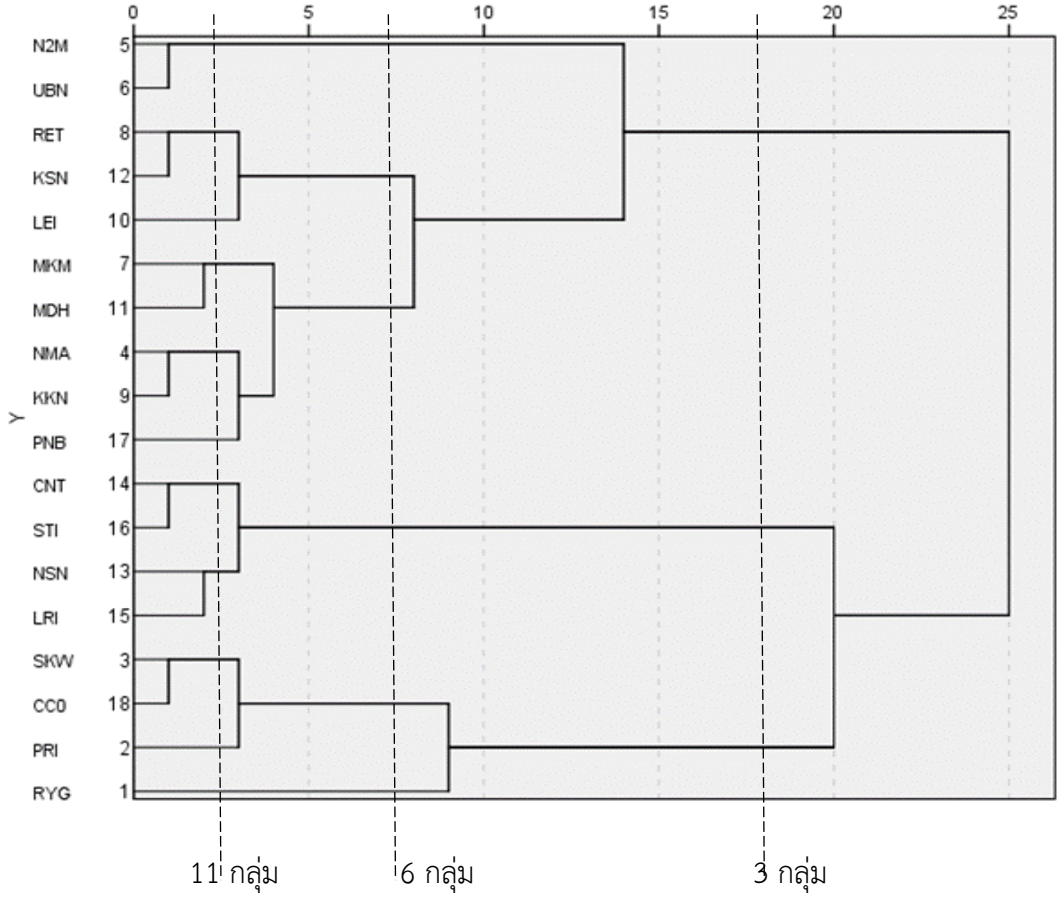
มันสำปะหลังสามารถปลูกได้ในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เจริญเติบโตได้ดีในดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย มีการระบายน้ำดี โดยเฉพาะดินนั้นต้องเป็นดินบนที่ดอน เนื้อหยาบ อินทรียวัตถุน้อยกว่า 2% ธาตุอาหารในดินไม่สูงมากนัก ความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 5-6 เป็นกรดจัดถึงกรดปานกลาง และไม่เป็นดินเค็ม ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยปีละ 1,000-1,500 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 25-29 องศาเซลเซียส พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ผลผลิตแต่ละพื้นที่จึงขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝน และคุณลักษณะของดินที่ปลูกเป็นสำคัญ เก็บเกี่ยวเมื่ออายุประมาณ 7-19 เดือน พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังของประเทศ ส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่า 1,800 มม./ปี



ภาพที่ 2 สภาพแวดล้อมการปลูกมันสำปะหลัง

การจัดกลุ่มแปลงทดสอบ

การจัดกลุ่มแปลงทดสอบ ด้วยข้อมูลคุณลักษณะของแต่ละแปลง ได้แก่ จำนวนวันฝนตก ปริมาณฝนช่วงต้นฝน (มกราคม- กรกฎาคม) ปริมาณฝนช่วงปลายฝน (สิงหาคม- ธันวาคม) อุณหภูมิต่ำที่สุดและสูงที่สุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยในช่วงเดือนพฤศจิกายน และปริมาณน้ำระเหยเฉลี่ย และผลผลิตมันสำปะหลัง ด้วยวิธีจัดกลุ่มแบบลำดับชั้น (hierarchical cluster analysis) ตามวิธีของ Ward's method วัดความห่างเชิงยูคลิดยกกำลังสอง และทำให้ตัวแปรทุกตัวอยู่ในมาตรฐานเดียวกัน (standardized) สามารถใช้อธิบายการจัดกลุ่มสภาพแวดล้อมครอบคลุมในขั้นตอนต่างๆ ของงานปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง แสดงเป็น dendrogram ดังภาพที่ 3 การจัดกลุ่มสภาพแวดล้อมแบบลำดับชั้นนี้ ยังให้ข้อมูลที่ช่วยตัดสินใจในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนแปลงขนาดของกลุ่มได้ โดยยังคงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันไว้ (กัลยา, 2552)



หมายเหตุ : RYG: ระยอง PRI: ปราจีนบุรี CCO: ฉะเชิงเทรา SKW: สระแก้ว NSN: นครสวรรค์ LRI: ลพบุรี STI: สุโขทัย CNT: ชัยนาท KKN: ขอนแก่น NMA: นครราชสีมา PNB: เพชรบูรณ์ MDH: มุกดาหาร MKM: มหาสารคาม KSN: กาฬสินธุ์ RET: ร้อยเอ็ด LEI: เลย SKN: สกลนคร UBN: อุบลราชธานี N2M: นครราชสีมา-ปากช่อง

ภาพที่ 3 Dendrogram จัดกลุ่มแปลงทดสอบพันธุ์มันสำปะหลัง

เขตนิเวศของการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง

จัดทำเขตนิเวศของการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง วิเคราะห์ผลร่วมกันของการจัดกลุ่มสภาพแวดล้อมและการจัดกลุ่มแปลงทดสอบข้างต้น พิจารณาความเป็นไปได้ระบุเป็นเขตต่างๆ และอธิบายคุณลักษณะในแต่ละเขตจัดทำเป็นแผนที่เขตนิเวศของการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง ตรวจสอบผลการวิเคราะห์ด้วยข้อมูลมันสำปะหลังพันธุ์ก้าวหน้า เลือกการจำแนกออกเป็น 9 กลุ่มสภาพแวดล้อม เพื่อให้สอดคล้องกับผลการศึกษาการจัดกลุ่มพันธุ์และสภาพแวดล้อมขั้นต้น รวมทั้งสามารถช่วยลด GEI เมื่อพิจารณาจากความต้องการใช้แปลงทดสอบในแต่ละขั้นตอนของการปรับปรุงพันธุ์และสอดคล้องกันในการจัดกลุ่มแต่ละขั้นตอน ดังนั้น การเลือกสถานที่สำหรับการจัดทำแปลงทดสอบพันธุ์ให้สอดคล้องกับขั้นตอนการเปรียบเทียบมาตรฐาน 3 สถานที่ เปรียบเทียบในท้องถิ่น 6 สถานที่ เปรียบเทียบในไร่เกษตรกร 9-11 สถานที่ โดยเลือกจากการจัดกลุ่มสภาพแวดล้อมนี้ได้สะดวกขึ้น จะช่วยให้การจัดการทรัพยากรที่มีจำกัด เช่น ท่อนพันธุ์ ได้อย่างเพียงพอ ด้วยการเลือกกลุ่มสถานที่ที่มีลักษณะที่แตกต่างกัน เพื่อให้ครอบคลุมสภาพแวดล้อมที่ปลูกมันสำปะหลังโดยรวม จากกลุ่มสภาพแวดล้อมนำมาเขียนให้ง่ายขึ้นใน ภาพที่ 4 และ ตารางที่ 1 ซึ่งในแต่ละเขตมีคุณลักษณะดังนี้

เขต 1 พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในตอนกลางของประเทศและบางส่วนของสุโขทัย เขตนี้มีปริมาณและกระจายของฝนต่ำมาก จำนวนวันฝนตกต่ำกว่า 100 วัน ปริมาณฝนน้อยกว่า 1,100 มม./ปี ตกในช่วงปลายฝนและช่วงต้นฝนใกล้เคียงกัน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33.3-33.8°ซ อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยระหว่าง 22.8-23.9°ซ ปริมาณการระเหยของน้ำ 2.8-3.4 มม./วัน ดินเป็นดินร่วนปนทราย ประกอบด้วย STI CNT

เขต 2 พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในนครสวรรค์และลพบุรี เขตนี้มีปริมาณและการกระจายของฝนต่ำ จำนวนวันฝนตก 100-110 วัน ปริมาณฝน 1,000-1,200 มม./ปี ตกในช่วงปลายฝนมากกว่าช่วงต้นฝน 500-600 และ 600-700 มม. ตามลำดับ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยและสูงที่สุดค่อนข้างสูง อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยและต่ำที่สุดค่อนข้างสูง ปริมาณการระเหยของน้ำสูง 3.2-5 มม/วัน ดินเป็นดินร่วนปนทรายถึงร่วนเหนียว ประกอบด้วย NSN LRI

เขต 3 พื้นที่ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในภาคตะวันออก เขตนี้ปริมาณและการกระจายของฝนดี จำนวนวันฝนตกสูงกว่า 130 วัน ปริมาณฝนมากกว่า 1,300 มม./ปี ฝนในช่วงต้นฝนมากกว่าช่วงปลายฝน อุณหภูมิสูงสุดและสูงที่สุดเฉลี่ยค่อนข้างสูง 38.8-39.5 และ 33.4-33.9°ซ อุณหภูมิต่ำสุดและต่ำที่สุดเฉลี่ย 12.7-14 และ 23.1-23.8 °ซ ปริมาณการระเหยของน้ำเฉลี่ย 3.2-5 มม./วัน เป็นดินร่วนปนทรายถึงร่วน ฤดูกาลปลูกและเก็บเกี่ยวค่อนข้างกว้าง ประกอบด้วย PRI CCO และ SKW ยังสามารถแยก PRI ออกจากกลุ่มด้วยการระเหยของน้ำที่สูงกว่า และปริมาณฝนที่มากกว่าในกลุ่ม

เขต 4 ครอบคลุมพื้นที่รอบๆ ศวร.ระยอง เขตนี้มีปริมาณและการกระจายของฝนดี จำนวนวันฝนตกสูงมากกว่า 120 วัน ปริมาณฝนมากกว่า 1,300 มม./ปี ฝนช่วงต้นฝนมากกว่าช่วงปลายฝนมากกว่า 700-800 และ 600-700 ม.ม. ตามลำดับ อุณหภูมิสูงสุดและสูงที่สุดเฉลี่ย 32.0 และ 35.7 °ซ อุณหภูมิต่ำสุดและต่ำที่สุดเฉลี่ย 16.7 และ 25.6 °ซ ปริมาณการระเหยของน้ำ 4.6 มม./วัน เป็นดินทรายถึงร่วนปนทราย ฤดูกาลปลูกและเก็บเกี่ยวกว้าง และมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศสูง ประกอบด้วย RYG

เขต 5 ครอบคุลมพื้นที่ที่มีปริมาณฝนสูง 1,600 มม./ปี จัดเป็นพื้นที่ที่มีปริมาณและการกระจายของฝนค่อนข้างดี ปริมาณฝนในช่วงต้นฝนมากกว่าช่วงปลายฝน จำนวนวันฝนตกประมาณ 120 วัน และพื้นที่ที่มี

ปริมาณฝนปานกลาง 1,200 มม./ปี ปริมาณฝนในช่วงต้นฝนและปลายฝนใกล้เคียงกัน ดินเป็นดินร่วนปนทราย ถึงร่วนเหนียว อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 31.2-33.4 °ซ อุณหภูมิต่ำสุดและต่ำที่สุดเฉลี่ย 21.6-22.3 °ซ ปริมาณการระเหยของน้ำ 2.9-4 มม./วัน ประกอบด้วย UBN NMA2 (ปากช่อง)

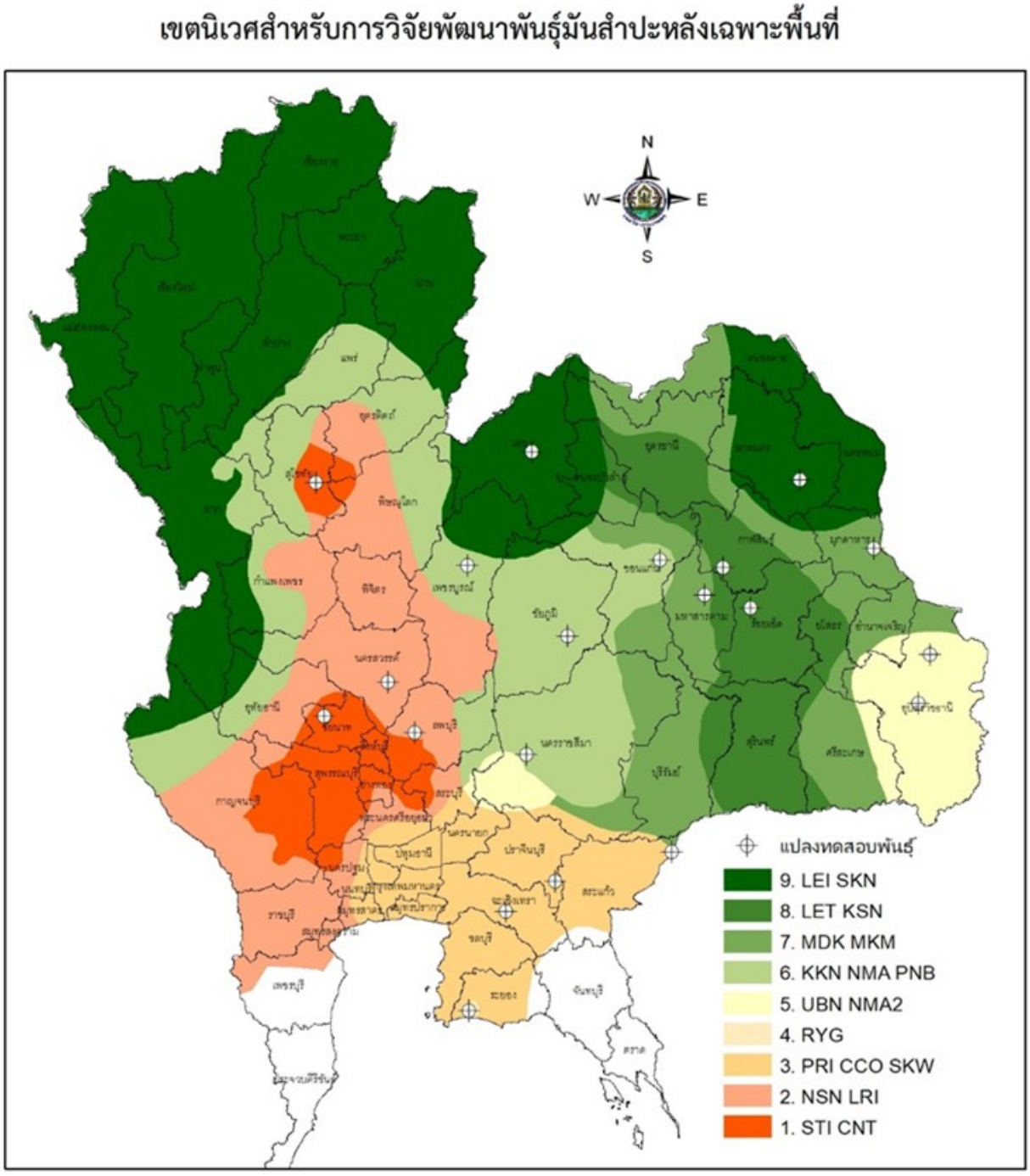
เขต 6 พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในนครราชสีมา ขอนแก่น ชัยภูมิ ต่อเนื่องเพชรบรูณ์ กำแพงเพชร เขตนี้มีจำนวนวันฝนตก 110-120 วัน ปริมาณฝนในช่วงต้นฝนและปลายฝนใกล้เคียงกัน 1,100-1,200 มม./ปี อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33.2-34 °ซ อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยระหว่าง 22.7-23.4 °ซ มี ปริมาณการระเหยของน้ำสูง 4.2-4.9 มม./วัน เป็นดินร่วนปนทราย ดินเหนียวปนทรายแป้ง ประกอบด้วย KKN NMA PNB ยังสามารถแยก PNB ออกจากกลุ่มด้วยอุณหภูมิที่สูงกว่า

เขต 7 พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ด้านตะวันออกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือและตอนกลาง ปริมาณฝนมาก 1,300-1,500 มม./ปี จำนวนวันฝนตก 110-120 วัน ช่วงต้นฝนมีปริมาณฝนมากกว่าและช่วงปลายฝนเล็กน้อย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยระหว่าง 33-33.7 °ซ อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 22.7 °ซ ปริมาณการระเหยของน้ำ 4.2-4. มม./วัน เป็นดินร่วนปนทราย ทรายปนร่วน ประกอบด้วย MDH MKM

เขต 8 พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตแนวกลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีการกระจายของฝนดีแต่ละครั้งจึงตกไม่มาก มีปริมาณฝน 1,300-1,400 มม./ปี ปริมาณฝนในช่วงต้นฝนมากกว่าช่วงปลายฝนเล็กน้อย จำนวนวันฝนตกประมาณ 110 วัน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 32.4 °ซ อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยระหว่าง 22.4-22.6 °ซ ปริมาณการระเหยของน้ำ 3.2-3.3 มม./วัน เป็นดินร่วนปนทราย ประกอบด้วย KSN RET

เขต 9 ครอบคลุมพื้นที่ทางตอนบนของประเทศและพื้นที่ใกล้ภูเขาสูง มีอุณหภูมิกลางคืนต่ำ อุณหภูมิต่ำสุดและต่ำที่สุดเฉลี่ยต่ำกว่าทุกพื้นที่ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 32.4 °ซ ปริมาณการระเหยของน้ำ 2.5 มม./วัน มันสำปะหลังที่ปลูกในเขตนี้มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูง ประกอบด้วย LEI SKN

เขตนิเวศสำหรับการวิจัยพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเฉพาะพื้นที่ 9 เขต แต่ละเขตมีคำอธิบายคุณลักษณะ รวมทั้งเทคนิคการใช้เครื่องมือทางสถิติ AMMI และ GGE ในการระบุพันธุ์เฉพาะพื้นที่ การจัดกลุ่มสภาพแวดล้อมนี้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจเลือกพันธุ์ดี ซึ่งต้องพิจารณาร่วมกับผลผลิต หรือลักษณะที่สนใจร่วมด้วย



ภาพที่ 4 เขตนิเวศสำหรับการวิจัยพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังเฉพาะพื้นที่

ตารางที่ 1 การจัดกลุ่มแปลงทดสอบให้สอดคล้องกับขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์.

3 groups	6 groups	9 groups	11 groups
1 RYG	1.1 RYG 1.2 (PRI CCO SKW)	1.1 RYG 1.2. (PRI CCO SKW)	1.1 RYG 1.2.1 PRI 1.2.2 (CCO SKW)
2 NSN	2 NSN	2.1 (NSN LRI) 2.2 (STI CNT)	2.1 (NSN LRI) 2.2 (STI CNT)
3 KKN	3.1 (KKN NMA PNB MDH MKM) 3.2 (KSN RET LEI SKN) 3.3 (UBN N2M)	3.1.1 (KKN NMA PNB) 3.1.2 (MDH MKM) 3.2.1 (KSN RET) 3.2.2 (LEI SKN) 3.3 (UBN N2M)	3.1.1.1 (KKN NMA) 3.1.1.2 PNB 3.1.2 (MDH MKM) 3.2.1 (KSN RET) 3.2.2 (LEI SKN) 3.3 (UBN N2M)

หมายเหตุ : RYG: ระยอง PRI: ปราจีนบุรี CCO: ฉะเชิงเทรา SKW: สระแก้ว NSN: นครสวรรค์ LRI: ลพบุรี STI: สุโขทัย CNT: ชัยนาท KKN: ขอนแก่น NMA: นครราชสีมา PNB: เพชรบูรณ์ MDH: มุกดาหาร MKM: มหาสารคาม KSN: กาฬสินธุ์ RET: ร้อยเอ็ด LEI: เลย SKN: สกลนคร UBN: อุบลราชธานี N2M: นครราชสีมา-ปากช่อง

การระบุความเหมาะสมเฉพาะเขตนิเวศมันสำปะหลังของพันธุ์ก้าวหน้า

ใช้เทคนิคการวิเคราะห์เสถียรภาพของพันธุ์ ที่อธิบายการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงเป็นเครื่องมือ การพัฒนาพันธุ์ที่มีเป้าหมายในเรื่องการปรับตัวแบบเฉพาะเจาะจง ซึ่งการปรับตัวนี้เป็นเรื่องของแต่ละลักษณะด้วย เช่น ผลผลิตมีเสถียรภาพดี อาจไม่ได้หมายถึงจะมีเสถียรภาพในลักษณะของเปอร์เซ็นต์แป้ง การตัดสินใจเลือกพันธุ์ดีจึงต้องพิจารณาผลผลิตหรือลักษณะที่สนใจด้วย ซึ่งมีหลายวิธีสามารถเลือกนำมาใช้ตามความเหมาะสม (พีระศักดิ์และประเสริฐ, 2564) เครื่องมือทางสถิติที่เลือกนำมาใช้ ได้แก่

- response plot หรือ performance plot เป็นการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของพันธุ์พืชกับดัชนีสิ่งแวดล้อม มีความจำเพาะตามสภาพแวดล้อมนั้นๆ ความสัมพันธ์กับปัจจัยภายนอก เช่น อุณหภูมิ ฝน ที่มีผลต่อการปรับตัวของพันธุ์ในแต่ละสถานที่ทดลอง ซึ่งหากมีการจัดกลุ่มของสายพันธุ์ที่มีการตอบสนองคล้ายคลึงกันมาก่อนการตีความจะมีประสิทธิภาพ ใช้เพื่ออธิบายคุณลักษณะและโครงสร้างของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และสิ่งแวดล้อม กรณีที่การตอบสนองเป็นเส้นตรง สามารถใช้รีเกรสชั่นเส้นตรงร่วมอธิบายได้

- ค่าสัมประสิทธิ์ของรีเกรสชั่น เป็นส่วนสำคัญในการบอกความแปรปรวนของพันธุ์หนึ่งๆ ที่ปลูกในสภาพแวดล้อมต่างๆ โดยพันธุ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของรีเกรสชั่นเท่ากับ 1 ถือว่ามีเสถียรภาพโดยเฉลี่ย และพันธุ์

ที่มากกว่า 1 ถือว่าตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมแห่งใดแห่งหนึ่งดี หรือจะให้ผลผลิตสูงในสภาพแวดล้อมที่ดี แต่ผลผลิตต่ำในสภาพแวดล้อมที่เลว หากต่ำกว่าถือว่าไม่ค่อยตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมหรือมีเสถียรภาพสูง ทั้งนี้ต้องพิจารณาผลผลิตร่วมด้วย

- การตีความ biplot ทั้งจาก AMMI และ GGE แปลตีความ จากการนำค่าที่เกี่ยวข้องมาแสดงกราฟแบบกระจาย (scatter plot) ทั้งพันธุ์และสิ่งแวดล้อมบนกราฟเดียวกัน ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญของ AMMI ซึ่งมี biplot หลัก 2 กราฟ และใช้ GGE biplot ช่วยในการอธิบายซึ่งมีเครื่องมือช่วยทำให้การแสดงผลสวยงามกว่า คือ

1) AMMI1 แสดงค่าเฉลี่ยผลผลิตของพันธุ์หรือลักษณะที่สนใจ (main effect) ในแกน x และ IPCA1 ที่แกน y ของทั้งพันธุ์และสภาพแวดล้อม พิจารณาจากเส้นที่ลากจากค่าเฉลี่ย (0,0) ไปแต่ละจุดของพันธุ์และสภาพแวดล้อม
    a. กลุ่มพันธุ์ที่ตำแหน่งอยู่ในระดับเดียวกันของแกน PCA1 โดยแกนหลักแตกต่างกันเป็นแนวเส้นตรง หรือ อยู่ในระดับเดียวกันของแกนหลัก โดยแกน PCA1 แตกต่างกันเป็นแนวเส้นตรง แสดงว่าไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และสภาพแวดล้อม
    b. แต่หากกลุ่มพันธุ์ที่มีความต่างทั้งแนวแกนหลักและแกน PCA1 จะมีผลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และสิ่งแวดล้อมร่วมกัน
    c. ตำแหน่งที่อยู่สูงหรือต่ำจากค่าเฉลี่ย ซ้ายหรือขวา อธิบายความแตกต่างของลักษณะที่สนใจ หรือปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และสิ่งแวดล้อม เหมือนกันหรือแตกต่างกัน พันธุ์ที่มีค่าเข้าใกล้ 0,0 มีเสถียรภาพสูง
    d. กลุ่มพันธุ์ที่อยู่ใกล้เคียงกันจะมีการปรับตัวแบบเดียวกัน หากต่างกันก็จะมีทิศทางตรงข้าม แต่ขนาดความยาวไม่สามารถบอกระดับการปรับตัวได้ แต่อธิบายด้วยค่าแกน x สภาพแวดล้อมใดให้ผลผลิตเฉลี่ยสูง พันธุ์ที่อยู่ใกล้สภาพแวดล้อมใดแสดงคุณลักษณะที่ดีในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมนั้นๆได้ดี
    e. AMMI1 จะอธิบายข้อมูลได้ดีเมื่อค่าของแกน IPCI1 สูงเพียงพอ บางกรณี AMMI1 อาจเพียงพอในการอธิบายข้อมูล ไม่ต้องพิจารณา AMMI2
2) AMMI2 เป็นการแสดงข้อมูลแบบสองทิศทางของแกนองค์ประกอบหลักที่ 1 และ 2 ผลรวมของแกนองค์ประกอบหลักที่ 1 และ 2 ควรมีค่าสูง เพื่อให้การอธิบายมีความถูกต้องแม่นยำ สามารถอธิบายขนาดปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และสภาพแวดล้อม แต่ไม่สามารถอธิบายการปรับตัวได้ อธิบายข้อมูลได้ 2 ลักษณะ คือ
    a. ขนาดของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และสภาพแวดล้อม จากความยาวของเส้นพันธุ์ที่ลากจาก 0,0
    b. การปรับตัวเฉพาะของพันธุ์กับสภาพแวดล้อมที่สนใจ โดยพิจารณาจากเส้นที่ลากจาก 0,0 ไปยังตำแหน่งสภาพแวดล้อมที่สนใจ แล้วลากเส้นจากแต่ละพันธุ์ตั้งฉากพันธุ์ใดที่ลากเส้นฉากแล้วตกอยู่ใกล้ 0,0 ด้านหน้าก็จะดีเด่นในสภาพแวดล้อมนั้นๆ

หรือลากเส้นสุดขอบพันธุ์และลากเส้นจาก 0,0 ผ่านตั้งฉากกับเส้นเชื่อมระหว่างพันธุ์ ขอบเขตที่สร้างขึ้น กลุ่มพันธุ์ที่ตกอยู่ในขอบเขตของกลุ่มสภาพแวดล้อมจะเหมาะสมสำหรับกลุ่มสภาพแวดล้อมนั้นๆ

3) GGE biplot เป็นการแสดงข้อมูลแบบสองทิศทางของแกนองค์ประกอบหลักที่ 1 และ 2 สามารถใช้กำหนดพันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมเฉพาะเจาะจงได้ จากการลากเส้นสุดขอบพันธุ์และลากเส้นจาก 0,0 ผ่านตั้งฉากกับเส้นเชื่อมระหว่างพันธุ์ ขอบเขตที่สร้างขึ้น กลุ่มพันธุ์ที่ตกอยู่ในขอบเขตของกลุ่มสภาพแวดล้อมจะเหมาะสมสำหรับกลุ่มสภาพแวดล้อมนั้นๆ ได้เช่นเดียวกับ AMMI และการลากเส้นอธิบายสภาพแวดล้อมที่สนใจ

เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์

1. GEBEI มีการทำงานไม่ซับซ้อน แต่ต้องใช้สภาพแวดล้อมในการทำงานที่เป็นระบบปฏิบัติการ DOS ภาพที่ได้ไม่สวยงาม ต่อมา IRRI มี CropStat ซึ่งมีโมดูลของ GEBEI ซึ่งวิเคราะห์รูปแบบ และ AMMI ได้สะดวกและทำงานในระบบปฏิบัติการวินโดว์ ทำให้สะดวก สามารถเชื่อมโยงกับไฟล์ข้อมูลที่มักเตรียมในรูปแบบของสเปรดชีตได้ดีกว่า ให้ผลลัพธ์สวยงามกว่า

2. PB Tools พัฒนาโดย IRRI สามารถวิเคราะห์ได้ทั้ง GGE biplot และให้ผล AMMI ได้ มีเครื่องมือช่วยในการสร้างกราฟเพื่อการตีความ เช่น การลากเส้นของกลุ่มสภาพแวดล้อม และการวิเคราะห์การปรับตัวเฉพาะเจาะจง ซึ่งทำให้การเลือกใช้หลายๆเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ เนื่องจากบางกรณีการใช้เทคนิคเดียวอาจไม่ครอบคลุม ถึงแม้ AMMI จะสามารถอธิบายผลได้ดีกว่า แต่การ visualize ของ GGE ด้วยเครื่องมือที่มีมากขึ้น ช่วยให้การอธิบายผลชัดเจนกว่า ในการปรับปรุงพันธุ์จึงนิยมใช้ชุดเครื่องมือทั้ง 2 นี้ ในการอธิบาย

3. โปรแกรม R ซึ่งมี package metan ช่วยในการวิเคราะห์ทั้ง AMMI GGE (Olivoto, 2021) ผู้ใช้ต้องมีทักษะในการเขียนคำสั่ง

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2550. เทคนิคการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตร จำกัด, กรุงเทพฯ.

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2552. สถิติสำหรับงานวิจัย. ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ 320 หน้า.

กิตติมา รักโสภา. 2546. การเปรียบเทียบวิธีวัดการปรับตัวจากการทดสอบพันธุ์อ้อยในท้องถิ่น (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 80 หน้า.

จิณณจาร์ หาญเศรษฐศาสตร์ และสุวลักษณ์ อะมะวัลย์. 2558. พันธุ์มันสำปะหลังและการบันทึกข้อมูล. หน้า 1-25. *ใน* เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตร การเก็บข้อมูลพื้นฐานมันสำปะหลัง 10-11 มีนาคม 2558 ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง, ระยอง.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ และประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์. 2564. พันธุศาสตร์เชิงปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืช ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.340 หน้า.

วัฒนะ วัฒนานนท์. 2537. การปรับปรุงพันธุ์. หน้า 35-40. ***ใน*** มันสำปะหลัง (พิมพ์ครั้งที่ 1). โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, กรุงเทพฯ.

วิระศักดิ์ เทพจันทร์ 2553 ความก้าวหน้าในการศึกษาปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม และการนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์. หน้า 29-52 ***ใน*** เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตร การปรับปรุงพันธุ์พืชไร่ตระกูลถั่ว: ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่าพันธุ์กับสภาพแวดล้อม (GxE) ของพืชไร่ตระกูลถั่ว 19-21 พฤษภาคม 2553 ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่, เชียงใหม่.

วิระศักดิ์ เทพจันทร์ และอเนก โชติณาญวงษ์. 2553 ถั่วเหลืองพันธุ์เฉพาะพื้นที่. หน้า 53-60. ***ใน*** เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตร การปรับปรุงพันธุ์พืชไร่ตระกูลถั่ว: ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่าพันธุ์กับสภาพแวดล้อม (GxE) ของพืชไร่ตระกูลถั่ว. 19-21 พฤษภาคม 2553 ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่, เชียงใหม่.

สุริยะ วงษ์น้อย. 2555. การประเมินเสถียรภาพลักษณะผลผลิตอ้อยและองค์ประกอบผลผลิตในพันธุ์อ้อยกำแพงแสนโดยการวิเคราะห์แบบ AMMI. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 64 หน้า.

โอภาษ บุญเส็ง เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ เอ็จ สโรบล ปิยะ ดวงพัตรา และประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์. 2540. เสถียรภาพของพันธุ์มันสำปะหลังของไทยที่ปลูกต้นฝน. ว. เกษตรศาสตร์(วิทย์). 31(3) : 281-290.

Delacy L.H. 2532 การวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองด้านการปรับตัวของพืช. โครงการวิจัยเกษตรแห่งชาติ ส่วนความร่วมมือกับรัฐบาลออสเตรเลีย กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพ. 218 หน้า.

IRRI. n.d. CropStat. Available at: http://bbi.irri.org/products Accessed: June 15, 2013.

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

Olivoto, T. 2021. Metan. Available at: https://github.com/TiagoOlivoto/metan#readme. Accessed: June 15, 2021.

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

จัดทำโดย

วลัยพร ศะศิประภา ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

กุสุมา รอดแผ้วพาล ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง

กรมวิชาการเกษตร