การใช้แบบจำลอง GUMCAS ในการเลือกพันธุ์และช่วงปลูกมันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) เฉพาะพื้นที่

Using GUMCAS to Identify Site Specific Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Cultivar and Planting Duration

วลัยพร ศะศิประภา[1/] สุกิจ รัตนศรีวงษ์[2/] วินัย ศรวัต[3/]
โสภิตา สมคิด[4/] นรีลักษณ์ วรรณสาย[5/]
Walaiporn Sasiprapa[1/] Sukit Ratanasriwong[2/] Vinai Sarawat[3/]
Sopita Somkid[4/] Nareeluck Wannasai[5/]

ABSTRACT

Cassava yield is totally depended on various components namely soil, climate, cultivar and management practices. These factors are normally employed to produce the suitabe cultivar and optimum planting duration. Using GUMCAS associated with geographic information system to simulated yield of 7 cassava cultivars namely Rayong 5, Rayong 90, Rayong 7, Rayong 9, Rayong 72, Rayong 11 and Kasetsart 50 as well as weather data during 2545 – 2551. Soil properties, genetic coefficients and management under rainfed conditions with 52 planting dates; harvested at 12 months after planting under the assumptions were considered without fertilizer assumptions to identify site specific cassava cultivar and planting duration. Interaction of cultivar and environment were studied in order to asess adaptability and stability of each cultivar. Planting duration and cultivar analysis showed less interaction, so analysis should be made separately in

[1/] ศูนย์สารสนเทศ กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Information Technology Centre, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900

[2/] ศวพ.นครราชสีมา สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 อ. สีคิ้ว จ. นครราชสีมา 30340
Nakhon Ratchasima Agricultural Research and Development Centre, Sikhio district, Nakhon Ratchasima province 30340

[3/] ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
Khon Kaen Field Crops Research Centre, Mueang district, Khon Kaen province 40000

[4/] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 อ. สว่างวีรวงศ์ จ. อุบลราชธานี
Office of Agricultural Research and Development Region 4, Sawangverawong district, Ubon Ratchathani district 34190

[5/] ศวพ.พิษณุโลก สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 วังทอง จ. พิษณุโลก 65130
Phitsanulok Agricultural Research and Development Centre, Office of Agricultural Research and Development Region 2, Wang Thong, Phitsanulok 65130

each factor. Rayong 5, Rayong 90 and Kasetsart 50 are wide adaptability but moderate yield while Rayong 7, Rayong 9, and Rayong 72 were responsed to appropriate environment. Choosing site specific cultivar was determined by attainable yield above average of Rayong 5 and eastern region is more choice than other areas.

Key words : cassava cultivar, GIS, crop simulation model, site-specific technology

บทคัดย่อ

การเลือกพันธุ์มันสำปะหลังให้เหมาะกับพื้นที่ เป็นการลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ได้ การใช้แบบจำลองการผลิต GUMCAS ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินผลผลิตมันสำปะหลัง 7 พันธุ์ ได้แก่พันธุ์ระยอง 5 ระยอง 90 ระยอง 7 ระยอง 9 ระยอง 72 ระยอง 11 และเกษตรศาสตร์ 50 ที่ 52 วันปลูก ด้วยข้อมูลภูมิอากาศรายวันในช่วงปี พ.ศ. 2545-2551 ข้อมูลคุณสมบัติของดิน ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ และการจัดการภายใต้สภาพแวดล้อมการผลิตมันสำปะหลังของในแต่ละท้องที่เก็บเกี่ยวที่อายุ 12 เดือนโดยอาศัยน้ำฝน ภายใต้สมมุติฐานที่ไม่พิจารณาเรื่องปุ๋ย พบว่าช่วงปลูกที่ให้ผลผลิตค่อนข้างดีอยู่ระหว่างกลางเดือนกุมภาพันธ์ - พฤษภาคม และช่วงกลางเดือนตุลาคม - พฤศจิกายน ช่วงปลูกที่ผลผลิตสูงแต่ผันแปรมากอยู่ระหว่างปลายเดือนพฤศจิกายน-กลางเดือนกุมภาพันธ์ซึ่งเป็นช่วงแล้ง ส่วนช่วงที่ให้ผลผลิตต่ำอยู่ในช่วงเดือนมิถุนายน-กันยายน พันธุ์และสภาพแวดล้อมมีผลต่อผลผลิตในสัดส่วนที่แตกต่างกัน การปรับตัวของแต่ละพันธุ์ในสภาพแวดล้อมการผลิตแตกต่างกันตามภาค การเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมเฉพาะพื้นที่จากมันสำปะหลัง 7 พันธุ์ สามารถพิจารณาตามสภาพภูมิอากาศและคุณลักษณะดิน พันธุ์ระยอง 5 เกษตรศาสตร์ 50 และระยอง 90 เป็นพันธุ์ที่ปรับตัวได้ดีมีเสถียรภาพในการให้ผลผลิตแต่ผลผลิตไม่สูงมาก พันธุ์ระยอง 9 ระยอง 7 และระยอง 72 ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม การเลือกพันธุ์จากผลผลิตคาดการณ์ที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยของพันธุ์ระยอง 5 พบว่าพื้นที่ในภาคตะวันออกเป็นพื้นที่ที่มีทางเลือกในการใช้พันธุ์มากกว่าพื้นที่อื่น ๆ

คำหลัก: พันธุ์มันสำปะหลัง แบบจำลองการปลูกพืช เทคโนโลยีการปลูกพืชเฉพาะพืชผล

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ พื้นที่ปลูกปีพ.ศ. 2552 จำนวน 8,292,146 ไร่ ผลผลิต 30,088,024 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 3,628 กก./ไร่ ผลผลิตส่วนใหญ่ส่งออกในรูปมันเส้น แป้งมันสำปะหลังและมันอัดเม็ด ประเทศไทยจัดเป็นผู้ส่งออกอันดับ 1 ของโลก ครองส่วนแบ่งในตลาดโลก 70% มูลค่าการส่งออกรวมมากกว่า 40,000 ล้านบาท ผลผลิต

ทั้งหมดใช้ในประเทศ 33 % อยู่ในรูปบริโภคหรือแป้ง 19% อาหารสัตว์ 8% และพลังงาน 6% (นิรนาม, 2553) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งที่มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังมากที่สุด แต่ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่และประสิทธิภาพการผลิตยังต่ำ การเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังจำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีการผลิตทั้งด้านพันธุ์ และการเขตกรรมที่เหมาะสม การตัดสินใจเลือกผลิตพืชชนิดใด พันธุ์อะไร ช่วงไหนและปลูกโดยวิธีใดเป็นคำถามพื้นฐานที่เกษตรกรต้องการคำตอบ ซึ่งคำถามเกี่ยวกับเชิงพื้นที่นี้มีสภาพแวดล้อมในการผลิตพืชที่หลากหลาย จึงนำเงื่อนไขเหล่านี้มาเป็นประเด็นหลักในการพิจารณากำหนดแนวทางการให้คำแนะนำการผลิตพืชเฉพาะพื้นที่

การประเมินศักยภาพการผลิตพืชด้วยหลักการประเมินคุณภาพที่ดิน ตามกรอบแนวคิดขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (เฉลียว, 2533) สามารถจัดชั้นความเหมาะสมของพื้นที่ได้โดยการนำคุณลักษณะต่าง ๆ ของดินที่เป็นลักษณะถาวรมาใช้ในการพิจารณา ไม่สามารถประมาณค่าผลผลิตพืชได้ แต่การเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืชนั้นยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย อย่างไรก็ตามมีความพยายามที่จะอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติด้วยข้อมูลที่ซับซ้อน และใกล้เคียงข้อเท็จจริงมากขึ้น รวมทั้งการนำแบบจำลองพืช (crop growth model) มาประยุกต์ใช้สำหรับมันสำปะหลัง (วินัยและคณะ, 2547) วรยุทธและคณะ (2548) และวรยุทธ (2551) ได้นำแบบจำลองพืช GUMCAS มาพัฒนาใช้กับพันธุ์มันสำปะหลังของไทยหลายพันธุ์ ซึ่งวินัยและสุกิจ (2549) และสุกิจและคณะ(2551) ได้นำมาใช้ศึกษาศักยภาพของผลผลิตและการผลิตในสภาพอาศัยน้ำฝน โดยแบบจำลองสามารถคาดการณ์ผลผลิตได้ค่อนข้างแม่นยำกับมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ระยอง 90 เกษตรศาสตร์ 50 ระยอง 72 ระยอง 7 ระยอง 9 และระยอง 11 ในแปลงทดสอบพันธุ์จำนวน 108 แปลง และให้ค่า RMSE (root mean square error) ที่ค่อนข้างต่ำ และ agreement index ค่อนข้างสูง (สุกิจและคณะ, 2553) จากผลการทำนายที่มีความแม่นยำเพียงพอนี้ จึงได้นำแบบจำลองมันสำปะหลัง GUMCAS และเงื่อนไขการจำลองการผลิตมันสำปะหลังมาใช้ในการคาดการณ์ผลผลิตระดับพื้นที่ ประเมินความเหมาะสมในการเลือกช่วงปลูก และพันธุ์มันสำปะหลังให้เหมาะสมเฉพาะพื้นที่

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้แบบจำลองพืช GUMCAS จำลองการผลิตด้วยข้อมูลภูมิอากาศรายวันในช่วงปี พ.ศ. 2545-2551 ข้อมูลคุณสมบัติของดิน (soil profile description) ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (genetic coefficient) ของมันสำปะหลัง 7 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ระยอง 5 ระยอง 90 ระยอง 7 ระยอง 9 ระยอง 72 ระยอง 11 และเกษตรศาสตร์ 50 การจัดการภายใต้สภาพแวดล้อมการผลิตที่อาศัยน้ำฝนของในแต่ละท้องที่ และทำการเก็บเกี่ยวที่อายุ 12 เดือน ภายใต้สมมติฐานที่ไม่พิจารณาเรื่องปุ๋ย มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. การคาดการณ์ผลผลิตมันสำปะหลังรายพันธุ์ที่ 52 วันปลูก จำลองการผลิตในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง (นิรมาม, 2549) แต่ละหน่วยจำลองการผลิตสำหรับการศึกษาครั้งนี้ ตามเทคนิคของสุกิจและคณะ(2553) โดยจำลองการผลิตมันสำปะหลัง 7 พันธุ์ 52 วันปลูก ซึ่งมีช่วงห่างกันทุกสัปดาห์จนครบรอบ 1 ปี ใช้ระยะปลูก 80 x 60 ซม. และเก็บเกี่ยวที่อายุ 12 เดือน ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (นิรนาม, 2545)

2. ประเมินช่วงปลูกมันสำปะหลังที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากผลผลิตมันสำปะหลังที่คาดการณ์ไว้ทั้ง 52 วันปลูก จากการศึกษาข้างต้นมาเฉลี่ยเป็นแต่ละภาค วิเคราะห์กลุ่มของช่วงปลูกในแต่ละภาค และเวลาเริ่มต้นฤดูปลูก (onset of growing period) ตามวิธี Forward accumulation method (Oldman and Frere, 1982) ที่รวมปริมาณน้ำฝนสะสมให้ครบ 75 มม. นับจากวันที่ 1 มกราคม เพื่อเลือกช่วงเริ่มต้นฤดูปลูกที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลัง

3. ประเมินความเหมาะสมของพันธุ์เฉพาะพื้นที่ ใช้เกณฑ์การเลือกพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าผลผลิตคาดการณ์เฉลี่ยของพันธุ์ระยอง 5 จากแต่ละหน่วยการจำลองการผลิต โดยผลผลิตคาดการณ์เฉลี่ยของพันธุ์ระยอง 5 คำนวณได้จากการหาค่าเฉลี่ยของผลผลิตเฉลี่ย โดยถ่วงน้ำหนักจากขนาดของเนื้อที่ในแต่ละหน่วยจำลองการผลิต จากสูตร

$$\bar{y}_h = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i Ws_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i}$$

เมื่อ $\bar{y}_h$ = ผลผลิตเฉลี่ยทั้งประเทศของพันธุ์ระยอง 5

A_i = พื้นที่ของหน่วยการผลิตนั้น ๆ

Ws_i = ผลผลิตเฉลี่ยของพันธุ์ระยอง 5 ในหน่วยการผลิตนั้น ๆ

แล้วแจกแจงพันธุ์ที่เหมาะสมในแต่ละหน่วยจำลองการผลิต ซึ่งในแต่ละหน่วยจำลองการผลิตอาจมีพันธุ์ที่เหมาะสมมากกว่า 1 พันธุ์ก็ได้ ผลลัพธ์ที่ได้นำไปเชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงพื้นที่คำนวณเนื้อที่ จัดทำเป็นแผนที่พันธุ์มันสำปะหลังที่เหมาะสมเฉพาะพื้นที่

4. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพันธุ์กับสภาพแวดล้อม จำแนกสภาพแวดล้อมการผลิตในแต่ละภาคตามกลุ่มคุณลักษณะของดินและกลุ่มลักษณะภูมิอากาศได้ 29 32 42 36 และ 32 กลุ่มในภาคเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ภาคกลางและภาคตะวันออก ตามลำดับ นำข้อมูลผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกเฉพาะต้นฤดูฝนทั้ง 7 พันธุ์ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม ในแต่ละกลุ่มสภาพแวดล้อมไปโดยใช้โปรแกรม IRRISTAT เพื่อจัดกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันมากหรือมีการตอบสนองไปทางเดียวกัน แต่ระหว่างกลุ่มจะมีการตอบสนองที่แตกต่างกันมาก (วิระศักดิ์, 2553) แล้วนำ dandrogram perfermance plot และ biplot ที่ได้จากการวิเคราะห์ไปอธิบายความสัมพันธ์ของพันธุ์กับสภาพแวดล้อม

ผลการทดลองและวิจารณ์

การคาดการณ์ผลผลิตมันสำปะหลังรายพันธุ์ 52 ช่วงปลูก

ผลผลิตมันสำปะหลังคาดการณ์ที่ปลูกทุกสัปดาห์รวม 52 วันปลูก ภายใต้สภาพอาศัยน้ำฝน และเก็บเกี่ยวที่อายุ 12 เดือน เฉลี่ยทุกหน่วยจำลองการผลิต พบว่าผลผลิตมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์แตกต่างกันในช่วงปลูก (Figure 1) พันธุ์ระยอง 5 ระยอง 7 ระยอง 90 ระยอง 72 ระยอง 11 และเกษตรศาสตร์ 50 ตอบสนองต่อช่วงปลูกใกล้เคียงกัน และผลผลิตลดลงต่ำหากปลูกในช่วงสัปดาห์ที่ 29 - 35 หรือประมาณ

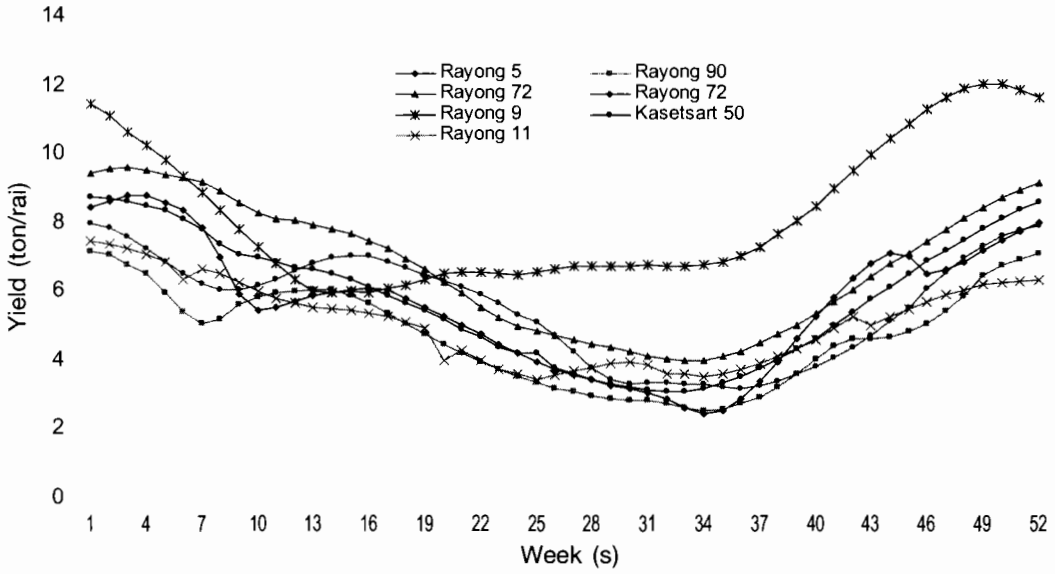

Figure 1. Simulated yield of cassava, planted every week througnout the year

เดือนกรกฎาคม - สิงหาคม ผลผลิตสูงในช่วงเดือนธันวาคม - กุมภาพันธ์ และเป็นไปในทำนองเดียวกันทุกพันธุ์ แต่การปลูกในช่วงเดือนธันวาคม - กุมภาพันธ์ หากทำให้ท่อนพันธุ์งอกได้ผลผลิตจะสูงกว่าทุกช่วงปลูก แต่ในทางปฏิบัติอาจจำกัดในบางพื้นที่ ส่วนพันธุ์ระยอง 9 ตอบสนองต่อการปลูกในช่วงปลายฝนดีกว่าและให้ผลผลิตสูง

ประเมินช่วงปลูกมันสำปะหลังที่เหมาะสม

เมื่อนำข้อมูลผลผลิตมันสำปะหลัง 7 พันธุ์ที่ 52 วันปลูก และ 5 ภาคการผลิตไปวิเคราะห์การตอบสนองของพันธุ์ต่อสภาพแวดล้อม (pattern analysis) พบว่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อผลผลิตคือช่วงปลูก รองลงมาได้แก่พันธุ์ซึ่งทั้งสองปัจจัยมีผลต่อผลผลิตมากกว่า 80% ในทุกพื้นที่ยกเว้นภาคตะวันออก โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนและตอนล่าง ภาคเหนือและภาคกลาง วันปลูกมีอิทธิพลต่อผลผลิตมาก 63.5 63.1 64.7 และ 60.3 % ตามลำดับ แตกต่างจากภาคตะวันออกที่วันปลูกมีอิทธิพลต่อผลผลิตน้อยกว่าภาคอื่น ๆ คือ 36.6 % การปลูกมันสำปะหลังในแต่ละภาคมีผลมาจากพันธุ์ 23.4 - 36.6 % โดยการปลูกในภาคตะวันออกมีอิทธิพล

Table 1. Relationship between cultivar and planting time (%)

Region	Planting month	Cultivar	Interaction between cultivar and planting month
Northeast			
upper	63.5	23.4	13.0
lower	63.1	24.0	12.9
East	36.3	36.3	27.4
North	64.7	23.8	11.5
Central	60.3	28.8	10.9

ของพันธุ์สูงที่สุด 36.3 % และมีผลมาจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและพันธุ์ 10.9- 27.4 % (Table 1) หรือค่อนข้างน้อยยกเว้นภาคตะวันออก จึงสามารถพิจารณาปัจจัยของช่วงปลูกและพันธุ์แยกอิสระจากกันได้

ปริมาณน้ำฝนและการกระจายของฝน คุณลักษณะดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังมีผลต่อการเจริญเติบโต ความสามารถในการชาบซึมน้ำ การอุ้มน้ำ ตลอดจนความอุดมสมบูรณ์ของดิน จึงทำให้ความสามารถในการให้ผลผลิตมันสำปะหลังแตกต่างกัน ช่วงปลูกที่ให้ผลผลิตค่อนข้างดีอยู่ระหว่างกลางเดือนกุมภาพันธ์-กลางเดือนพฤษภาคม และช่วงกลางเดือนตุลาคม-ปลายเดือนพฤศจิกายน ช่วงปลูกที่ผลผลิตสูงแต่ผันแปรมากอยู่ระหว่างปลายเดือนพฤศจิกายน-กลางเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงแล้ง ส่วนช่วงที่ให้ผลผลิตต่ำอยู่ในช่วงเดือนมิถุนายน-กันยายน หรือช่วงฝน (Figure 2a)

การปลูกมันสำปะหลังจำเป็นต้องใช้น้ำหรือความชื้นในดินสำหรับการเจริญเติบโต การจำลองการผลิตด้วยแบบจำลองพืช ได้กำหนด

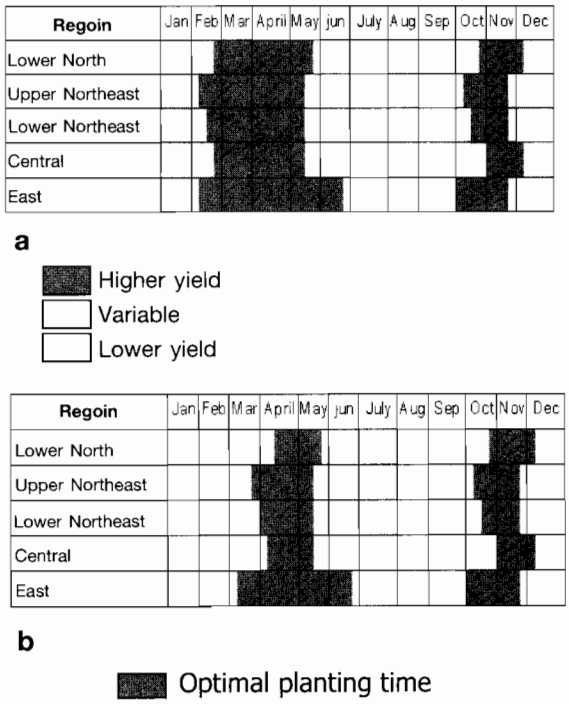

Figure 2. Optimal planting month in each region

ให้การปลูกทุกสัปดาห์มีน้ำเพียงพอสำหรับการงอกของท่อนพันธุ์ แต่ในความเป็นจริงอาจมีปัญหาเรื่องนี้อยู่ในหลายพื้นที่ หากความชื้นในการงอกไม่เพียงพอจำนวนต้นต่อไร่จะลดลง ดังนั้นการกำหนดฤดูปลูกนอกจากการวิเคราะห์กลุ่มของผลผลิตในแต่ช่วงปลูกแล้ว ยังต้องพิจารณา

ร่วมกับเวลาเริ่มต้นฤดูปลูกด้วย ซึ่งพบว่าการเริ่มต้นฤดูปลูกมันสำปะหลังควรตกอยู่ในช่วงต้นเดือนมีนาคม และไม่เกินกลางเมษายนแตกต่างกันตามภาค (Figure 2b) ซึ่งช่วงดังกล่าวการปลูกมันสำปะหลังให้ผลผลิตค่อนข้างสูง ช่วงปลูกที่แนะนำให้ปลูกมี 2 ช่วงคือต้นฝนระหว่างปลายเดือนมีนาคม-กลางเดือนพฤษภาคม และปลายฝนระหว่างกลางเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน สำหรับภาคตะวันออกจะมีช่วงปลูกที่กว้างกว่าภาคอื่นๆ ควรหลีกเลี่ยงการปลูกในช่วงกลางฤดูฝนซึ่งจะให้ผลผลิตต่ำ

ประเมินความเหมาะสมของพันธุ์เฉพาะพื้นที่

ผลผลิตมันสำปะหลังที่ได้จากการคาดการณ์ด้วยแบบจำลองทั้ง 7 พันธุ์ในช่วงปลูกที่เหมาะสมข้างต้นนำมาแจกแจงพันธุ์ที่เหมาะสมเฉพาะพื้นที่ในแต่ละหน่วยจำลองการผลิต แล้วเชื่อมโยงกับข้อมูลแผนที่เชิงเลขด้วยหน่วยจำลองการผลิตที่มีสภาพแวดล้อมตรงกัน พบว่าหน่วยจำลองการผลิตซึ่งเป็นชุดดินชุมพวง ตั้งอยู่ในเขตปริมาณน้ำฝน 800-1,000 มม./ปี มีเนื้อที่มากที่สุด 191,925 ไร่ พันธุ์ที่เหมาะสมคือ พันธุ์ระยอง 5 ระยอง ระยอง 7 ระยอง 72 ระยอง 9 และเกษตรศาสตร์ 50 รองลงมาได้แก่หน่วยที่เป็นชุดดินโชคชัย ตั้งอยู่ในเขตปริมาณน้ำฝน 800-1,000 มม./ปี และหน่วยที่เป็นชุดดินสตึกตั้งอยู่ในเขตปริมาณน้ำฝน 1,200-1,400 มม./ปี ตามลำดับ (Table 2) พันธุ์ที่เหมาะสมมีมากกว่า 1 พันธุ์ อย่างไรก็ตามยังไม่ครอบคลุมพันธุ์ที่นิยมปลูกทั้งหมด เนื่องจากยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของมันสำปะหลังพันธุ์ใหม่ ๆ

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพันธุ์กับสภาพแวดล้อม โดยที่สภาพแวดล้อมของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน มีปริมาณน้ำฝนระหว่าง 1,035-2,500 มม./ปี จำนวนวันฝนตก 101-132 วัน อุณหภูมิเฉลี่ย 26-28 °ซ. การคายระเหย 3.5-5 มม./วัน ดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย และดินทรายปนร่วน (Table 3) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างมีปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันฝนตกน้อยกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยใกล้เคียงกัน แต่การคายระเหยสูงกว่า ดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ดินทรายปนร่วนและดินเหนียว ภาคตะวันออกมีปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันฝนตกมากกว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่มีการคายระเหยต่ำกว่า ดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ดินทรายปนเหนียวและดินทรายปนร่วน ภาคเหนือมีปริมาณน้ำฝนระหว่าง 1,070-1,490 มม./ปี จำนวนวันฝนตก 101-162 วัน การคายระเหยต่ำกว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทรายและดินทรายปนร่วน ส่วนภาคกลางมีปริมาณน้ำฝนแตกต่างกันมาก 890-1,830 มม./ปี จำนวนวันฝนตก 92-162 วัน และมีการคายระเหยสูง 3.9-5.3 มม./วัน ดินส่วนใหญ่เป็นดินทรายปนร่วน ดินร่วนปนทรายและดินร่วนปนเหนียว ในการวิเคราะห์กลุ่มคุณลักษณะของดินและภูมิอากาศ พบว่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อผลผลิตคือ พันธุ์ซึ่งมีผลต่อผลผลิตมากกว่า 50% ในทุกกลุ่มสภาพแวดล้อมยกเว้นกลุ่มสภาพแวดล้อมใน

Table 2. Recommend cassava cultivar in the environment where top planting areas are located.

Rainfall (mm)	Weather station	Soil texture	Soil series	Yield(ton/rai)*							Recommended cultivar
				Rayong 5	Rayong 90	Rayong 72	Rayong 7	Rayong 9	KU 50	Rayong 11	
800-1,000	Nakhorn Ratchasima	Sndy loam	Chum Phuang	5.2	4.2	5.3	6.6	5.3	4.7	3.1	Rayong 7, 72, 9, 5, KU 50
	Chok Chai	Clay	Khon Buri	3.3	1.7	5.5	3.5	6.9	3.9	4.4	Rayong 9,72
	Chok Chai	Sandy loam	Korat	4.3	4.2	4.5	6.4	5.8	4.6	2.4	Rayong 7, 9, KU50
	U Thong	Sandy loam	Warin	5.3	4.9	5.5	6.4	6.2	4.9	4	All cultivars
1,000-1,200	Nang Rong	Silt loam	Sung Noen	5	4.4	5.7	6.7	5.6	5.1	3.9	Rayong 7, 72, 9, 5, KU 50
	Pak Chong	Sandy loam	Pak Thong Chai	5.3	4.5	6.3	6.3	8.7	5.2	4.4	All cultivars
	Chaiyaphum	Sandy loam	Korat	4.2	3.1	3.7	5.7	4.3	4.1	2.5	Rayong 7, 9, 5, KU 50
	Chaiyaphum	Sandy loam	Warin	4.6	3.8	5.2	6.3	4.7	4.3	3.5	Rayong 7, 72, 9, 5, KU 50
1,200-1,400	Chachoengsao	Sandy loam	Satuk	7.4	5.8	7.9	8.1	10.2	6.7	5.7	All cultivars
	Aranyaprathet	Loamy sand	Nam Phong	4.4	3.7	4.6	5.9	5.2	4	2.4	Rayong 7, 9, 72,, 5
	Kamphaeng Phet	Sandy loam	Warin	6.6	4.7	7.2	6.9	7.5	5.6	5.4	All cultivars
	Sri Sa Ket	Sandy loam	Korat	5	3.1	5.3	5.5	6.5	3.9	4	Rayong 9, 7, 72, 5
1,400-1,600	Mukdahan	Sandy loam	Korat	4.5	2.7	4.9	5	6.2	3.6	3.2	Rayong 9
	Sakon Nakhon	Sandy loam	Korat	4.9	3.2	5.5	5.2	7.1	4.2	4.5	Rayong 9, 72, 7
1,600-1,800	Ubon Ratchathani	Sandy loam	Chom Phra	5.5	3.7	5.8	6.2	6.6	4.8	4.3	All cultivars except Rayong 11

* Expected yield form GUMCAS

ภาคเหนือตอนล่าง ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และกลุ่มสภาพแวดล้อมค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีความแตกต่างของสภาพแวดล้อม ที่ปลูกมันสำปะหลังในแต่ละภาคมากกว่าความแตกต่างของกลุ่มสภาพแวดล้อมในภาคเดียวกัน สำหรับการตอบสนองของพันธุ์ในสภาพแวดล้อมของแต่ละภาคดังต่อไปนี้

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในจ.ชัยภูมิ ขอนแก่น กาฬสินธุ์ มุกดาหาร สกลนคร อุดรธานี เลย หนองบัวลำภู และหนองคาย พันธุ์ส่วนใหญ่ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในภาคนี้ได้ดี ยกเว้นพันธุ์ระยอง 7 และระยอง 9 ที่ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมต่างกัน (Table 4) พันธุ์ระยอง 5 ให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ดีและมีเสถียรภาพในการให้ผลผลิต พันธุ์ระยอง 7 ให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ดี เหมาะสมกับ

Table 3. Environment of cassava planting area in each region and relationship between cultivar (%)

Region	Rainfall (mm) (rainy day)	Soil texture (% area)	Evaporation (mm/day)	Environment (%)	Cultivar (%)	Interaction (%)
Upper Northeast	1,035-2,500 (101-132)	Sandy loam (39.5) Loamy sand (14.2)	3.5-5	18.3	75.0	6.7
Lower Northeast	1,040-1,600 (99-124)	Sandy loam (31.0) Loamy sand (26.3) Clay (12.7)	3.9-6.2	25.6	59.7	14.7
East	1,124-3,270 (105-168)	Sandy loam (23.1) Clay loam(12.5) Loamy sand(12.3)	3.9-4.9	41.0	50.8	8.2
North	1,070-1,490 101-162	Sandy loam (60.3) Loamy sand (10.0)	3.4-4.3	41.0	48.6	10.5
Central	890-1,830 (92-162)	Loamy sand (17.8) Sandy loam (16.0) Clay loam (10.2)	3.9-5.3	36.4	51.1	12.5

ดินร่วนปนทรายหรือดินร่วนปนเหนียวที่มีปริมาณน้ำฝน 1,000-1,200 มม./ปี หรือดินเหนียวที่มีปริมาณน้ำฝน 1,200-1,400 มม./ปี พันธุ์ระยอง 72 เหมาะสมกับดินทรายปนร่วนหรือดินร่วนปนเหนียวที่มีปริมาณน้ำฝน 1,400-1,600 มม./ปี ดินร่วนหรือดินร่วนเหนียวที่มีปริมาณน้ำฝน 1,200-1,600 มม./ปี พันธุ์ระยอง 9 ให้ผลผลิตสูง สำหรับสภาพแวดล้อมที่พันธุ์ระยอง 7 และระยอง 72 ให้ผลผลิตไม่สูงมากหรือปริมาณน้ำฝนมากสามารถปลูกพันธุ์นี้ได้ดี และเนื้อดินไม่ได้เป็นข้อจำกัดในการให้ผลผลิตของพันธุ์นี้ ส่วนพันธุ์ระยอง 11 เกษตรศาสตร์ 50 และระยอง 90 ให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง (Table 4)

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในจ.นครราชสีมา บุรีรัมย์ มหาสารคาม ร้อยเอ็ด สุรินทร์ ศรีสะเกษ อุบลราชธานี ยโสธรและอำนาจเจริญ พันธุ์ระยอง 5 และระยอง 7 ให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ดี มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมค่อนข้างกว้าง แต่ในดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียว และดินเหนียวปนทรายแป้งของภาคนี้ที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่า 1,000 มม./ปี จะให้ผลผลิตต่ำ พันธุ์ระยอง 72 เหมาะสมกับดินร่วนที่มีปริมาณน้ำฝน 1,000-1,200 มม./ปี หรือดินเหนียวปนทรายแป้งที่มีปริมาณน้ำฝน 1,000-1,200 มม./ปี พันธุ์ระยอง 9 เหมาะสมกับดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียว และดินเหนียวปนทรายแป้งที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่า 1,000 มม./ปี ส่วนพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ระยอง 90 และระยอง 11 ให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง และมีเสถียรภาพในการปรับตัวกับสภาพแวดล้อมของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

Table 4. Optimal environment for of cassava cultivar in specific region

Cultivar	Upper Northeast	Lower Northeast	East	North	Central plain
Rayong 5	High yield and good stability	Unsuitable for clay, clay loam or silty clay with an annual rainfall less than 1.000 mm	Suitable for sandy clay loam with higher annual rainfall than 1,200-1,400 mm but low yield in sandy soil	Unsuitable for clayey soil with lower annual rainfall than 1,200 mm or loamy sand with lower annual rainfall than 800 mm	Unsuitable for clayey soil with lower annual rainfall than 1,200 mm or silty clay with lower annual rainfall than 1,000 mm
Rayong 7	Suitable for sandy loam or clay loam with an annual rainfall of 1,000–1,200 mm or clay with an annual rainfall of 1,200-1,400 mm	Unsuitable for clay, clay loam or powdery sandy clay with lower annual rainfall less than 1,000 mm	Higher yield, than the average	Fertile soil preference but amount of rainfall is still a limiting factor	High yield, than the average
Rayong 72	Suitable for loamy sand or clay loam with an annual rainfall of 1,400-1,600 mm or loamy soil or clay loam with an annual rainfall of 1,200-1,600 mm	Suitable for loamy soil or silty clay with an annual rainfall of 1,000-1,200 mm	High yield, unsuitable for sandy soil or clayey soil with lower annual rainfall than 1,000 mm	Suitable for sandy loam and loamy sand with higher annual rainfall than 1,000 mm or clay loam with an annual rainfall of more than 1,200 mm	Unsuitable for sandy soil, clayey soil or silty clay with lower annual rainfall than 1,000 mm
Rayong 9	High yield in higher annual rainfall than 1,000 mm.; soil type is not a limiting factor for growth and yield	High yield, suitable for clay, loamy clay, silty clay with an annual rainfall of 800-1,000 mm	High yield, suitable to grow in this region	Suitable for sandy soil to loamy clay with higher annual rainfall than 1,400 mm	High yield in regions where amount of rainfall is high
Rayong 11	Similar performances to Rayong 9 but lower yield	Similar performances to Rayong 9 but lower yield	Unsuitable for sandy or clayey soil with lower annual rainfall than 1,400 mm	Similar performances to Rayong 9 but lower yield	Moderate yield, suitable for an area where higher annual rainfall than 1,400 mm
Rayong 90	Similar performances to Rayong 9 but lower yield	Similar performances to Rayong 9 but lower yield	Very suitable for sandy clay loam with higher annual rainfall than 1,200 mm	Moderate yield with some stability in adaptation	Suitable for loamy sand or sandy loam with higher annual rainfall than 1,400 mm

ภาคเหนือ พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ใน จ.กำแพงเพชร พิษณุโลกและเพชรบูรณ์ พันธุ์ระยอง 5 ให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์สูง สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมค่อนข้างกว้าง แต่ในดินเหนียวที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่า 1,200 มม./ปี หรือดินทรายปนร่วนที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่า 800 มม./ปีจะให้ผลผลิตต่ำ พันธุ์ระยอง 7 ให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยของภาค พันธุ์นี้ตอบสนองต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน พื้นที่ในเขตนี้จัดเป็นแหล่งปลูกใหม่ เกษตรกรให้ความเอาใจใส่ดูแล แต่ปริมาณน้ำฝนยังเป็นข้อจำกัด พันธุ์ระยอง 72 เหมาะสมกับดินร่วนปนทราย และดินทรายปนร่วนที่มีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1,000 มม./ปี หรือดินร่วนเหนียวที่มีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1,200 มม./ปี พันธุ์ระยอง 9 ให้ผลผลิตสูง เหมาะสมกับดินทราย ดินร่วนปนทราย ดินทรายปนร่วน ดินร่วน และดินร่วนเหนียวของภาคนี้ที่มีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1,400-1,600 มม./ปี ทำนองเดียวกับพันธุ์ระยอง 11 แต่พันธุ์ระยอง 11 ให้ผลผลิตต่ำกว่า ส่วนพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และระยอง 90 ให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง และมีเสถียรภาพในการปรับตัวกับสภาพแวดล้อมของภาคเหนือ

ภาคตะวันออก พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในจ.ปราจีนบุรี สระแก้ว ชลบุรี ระยองและฉะเชิงเทรา มีทางเลือกในการใช้พันธุ์มากกว่าภาคอื่น ๆ เกือบทุกพันธุ์ให้ผลผลิตสูง พันธุ์ระยอง 5 ให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ดีในสภาพแวดล้อมของภาคตะวันออก แต่ดินทรายจะให้ผลผลิตต่ำ พันธุ์ระยอง 90 ให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของภาค แต่มีเสถียรภาพในการปรับตัวกับสภาพแวดล้อมของภาคตะวันออก ผลผลิตพันธุ์นี้สูงกว่าภาคอื่น ๆ เหมาะสมมากกับดินร่วนเหนียวปนทรายที่มีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1,200-1,400 มม./ปี พันธุ์ระยอง 7 ให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งสูงกว่าตอบสนองต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินซึ่งปริมาณน้ำฝนในภาคนี้มีมากพอ ปริมาณน้ำฝนสูงสามารถยกระดับการให้ผลผลิตได้ พันธุ์ระยอง 72 ไม่เหมาะกับดินทราย หรือดินเหนียวที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยว่า 1,000 มม./ปี พันธุ์ระยอง 9 ให้ผลผลิตสูงเหมาะกับปริมาณน้ำฝนมาก พันธุ์ระยอง 11 ให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ดี เหมาะสมมากกับดินร่วนเหนียวปนทรายที่มีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1,200-1,400 มม./ปี ไม่เหมาะสมกับดินทราย และดินเหนียวที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยว่า 1,400 มม./ปี ส่วนพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ดี โดยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมค่อนข้างกว้าง ในพื้นที่ที่มีฝนน้อยยังสามารถปรับตัวรักษาระดับการให้ผลผลิตไม่ให้อยู่ในระดับต่ำได้

ภาคกลาง พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในจ.นครสวรรค์ อุทัยธานี ลพบุรี สระบุรี กาญจนบุรี ราชบุรีและชัยนาท มีทางเลือกในการใช้พันธุ์น้อยกว่าภาคตะวันออก ปริมาณน้ำฝนเป็นตัวจำกัดระดับการให้ผลผลิต พันธุ์ระยอง 5 และเกษตรศาสตร์ 50 ให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ดีในสภาพแวดล้อมของภาคกลาง สภาพแวดล้อมที่เป็นดินเหนียวที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 1,200 มม./ปี และดินทรายหรือดินเหนียวปนทรายแป้งที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 1,000 มม./ปี จะให้

ผลผลิตต่ำ พันธุ์ระยอง 90 ให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง แต่มีเสถียรภาพในการปรับตัวกับสภาพแวดล้อมของภาคกลาง เหมาะสมกับดินทรายปนร่วน หรือดินร่วนปนทรายที่มีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1,400-1,600 มม./ปี พันธุ์ระยอง 7 ตอบสนองต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินในสภาพแวดล้อมที่มีฝนปริมาณสูง สามารถยกระดับการให้ผลผลิตได้ พันธุ์ระยอง 72 ไม่เหมาะกับดินทราย หรือดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้งที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยว่า 1,000 มม./ปี พันธุ์ระยอง 9 ให้ผลผลิตสูงในเขตที่มีปริมาณน้ำฝนมาก ส่วนพันธุ์ระยอง 11 ให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง เหมาะสมกับดินร่วน ดินร่วนเหนียว ดินทรายปนร่วน ดินร่วนปนทราย ดินร่วนปนทรายแป้งที่มีปริมาณน้ำฝนสูง

การเลือกใช้พันธุ์ของเกษตรกรมีเหตุผลหลักๆคือ ผลผลิตสูง เก็บเกี่ยวได้เร็ว สามารถเก็บท่อนพันธุ์ได้นาน ทนแล้งและหาท่อนพันธุ์ได้ และผลการสำรวจการใช้พันธุ์มันสำปะหลังของเกษตรกรเปรียบเทียบกับคำแนะนำการใช้พันธุ์เฉพาะพื้นที่ พบว่าเกษตรกรเลือกใช้พันธุ์ที่เหมาะสมกับพื้นที่ของตน 36.8% ไม่เหมาะสม 44.8% และไม่มีข้อมูลเพียงพอที่จะระบุสภาพแวดล้อมหรือชุดดินได้ 18.4% (วลัยพรและคณะ, 2553) แสดงว่ายังมีพื้นที่อีกจำนวนมากที่มีศักยภาพในการยกระดับผลผลิตด้วยการเปลี่ยนพันธุ์ และเป็นการยกระดับผลผลิตที่ใช้ต้นทุนน้อย การปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝน หากเลือกใช้พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงในแต่ละพื้นที่ จะสามารถยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังของประเทศได้ ดังนั้นจึงควรมีคำแนะนำพันธุ์ที่เหมาะสมเฉพาะพื้นที่ ปริมาณน้ำฝนที่สูงขึ้นจะทำให้ข้อจำกัดเรื่องดินลดลง แต่ในเขตที่มีฝนน้อยเนื้อดินก็จะเป็นปัจจัยที่ใช้ในการเลือกพันธุ์

สรุปผลการทดลอง

ช่วงปลูกที่เหมาะสมแตกต่างกันเล็กน้อยตามภาคการผลิต ฝนเป็นปัจจัยกำหนดการเริ่มต้นฤดูปลูก ช่วงปลูกที่เหมาะสมอยู่ระหว่างเดือนเมษายน-พฤษภาคม แต่ภาคตะวันออกจะมีช่วงปลูกที่กว้างกว่า การเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมเฉพาะพื้นที่จากมันสำปะหลัง 7 พันธุ์ สามารถพิจารณาจากปัจจัยหลักในเรื่องภูมิอากาศและคุณลักษณะดินซึ่งแต่ละภาคมีความต่างกัน พันธุ์ระยอง 5 เกษตรศาสตร์ 50 เป็นพันธุ์ที่ปรับตัวได้ดี มีเสถียรภาพในการให้ผลผลิต และสามารถให้ผลผลิต ดีในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย พันธุ์ระยอง 90 ปรับตัวได้ดีแต่ผลผลิตไม่สูง พันธุ์ระยอง 9 ระยอง 7 และระยอง 72 ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม โดยภาคตะวันออกเป็นพื้นที่ที่มีทางเลือกในการใช้พันธุ์มากกว่าภาคอื่น เนื่องจากปริมาณและการกระจายของฝนดีกว่า พันธุ์ระยอง 11 ให้ผลผลิตอยู่ไม่สูงมาก ปรับตัวกับสภาพแวดล้อมของภาคตะวันออกดี ไม่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่เป็นดินทรายและดินเหนียวที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยว่า 1,400 มม./ปี ในเขตที่มีปริมาณน้ำฝนมากกว่าจะสามารถลดขีดจำกัดของเนื้อดิน ดังนั้นการเลือกพันธุ์และช่วงปลูกให้เหมาะสมเฉพาะพื้นที่สามารถใช้เป็นข้อมูลช่วยในการตัดสินใจ เพิ่มประสิทธิภาพการ

ผลิตมันสำปะหลังได้

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณจันทรา บดีศร และคุณวิระศักดิ์ เทพจันทร์ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

เฉลียว แจ้งไพร. 2533. *การประเมินคุณภาพที่ดินในประเทศไทย.* เอกสารวิชาการฉบับที่ 127 กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ. 43 หน้า.

นิรนาม. 2545. *เกษตรดีที่เหมาะสม สำหรับมันสำปะหลัง.* เกษตรดีที่เหมาะสม ลำดับที่ 13. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ. 22 หน้า.

นิรนาม. 2549. *การสำรวจและคาดการณ์ผลผลิตมันสำปะหลังปีการผลิต 2549 โดยใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.* เอกสารวิชาการเลขที่ 32/09/49 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 180 หน้า.

นิรนาม. 2553. *ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2552.* เอกสารสถิติการเกษตร เลขที่ 414 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 93 หน้า.

วรยุทธ ศิริชุมพันธ์ จรุงสิทธิ์ ลิ่มศิลา และอัจฉรา ลิ่มศิลา. 2548. การศึกษาพัฒนาการ การเจริญเติบโตและค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของมันสำปะหลังพันธุ์ก้าวหน้า. หน้า 182-211. *ใน รายงานผลงานวิจัย ปี 2548 เล่มที่ 1.* ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 กรมวิชาการเกษตร.

วรยุทธ ศิริชุมพันธ์. 2551. การศึกษาพัฒนาการการเจริญเติบโตและค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของมันสำปะหลังพันธุ์ใหม่. หน้า 465-497. *ใน: รายงานผลงานวิจัย ปี 2550 เล่มที่ 2.* ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 กรมวิชาการเกษตร.

วลัยพร ศะศิประภา สุกิจ รัตนศรีวงษ์ โสพิศ ใจปาละ วินัย ศรวัติ เถลิงศักดิ์ วีระวุฒิ นรีลักษณ์ วรรณสาย โสภิตา สมคิด สันติ พรหมคำ นพดล แดงพวง วิภารัตน์ ดำริเข้มตระกูล แคทลิยา เอกอุ่น ณรงค์ศักดิ์ ศรีสุวอ สุภาพร ราจันทึก จิราลักษณ์ ภูมิไธสง และอิสระ พุทธสิมมา. 2553. *แผนที่ความเหมาะสมของเทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลังเฉพาะพื้นที่.* สำนักงานพุทธศาสนาแห่งชาติ กรุงเทพฯ. 62 หน้า.

วินัย ศรวัต สุกิจ รัตนศรีวงษ์ และเพียงเพ็ญ ศรวัต. 2547. การศึกษาพัฒนาการเจริญเติบโตและสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของ

มันสำปะหลังเพื่อใช้ในการกำหนดเขตการผลิตมันสำปะหลัง. หน้า 1-3. *ใน: ผลงานวิจัยดีเด่นประจำปี 2545.* กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วินัย ศรวัต และสุกิจ รัตนศรีวงษ์. 2549. *แผนที่ศักยภาพการผลิตมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.* โครงการจัดทำแผนที่ศักยภาพการผลิตมันสำปะหลัง. ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 กรมวิชาการเกษตร. 51 หน้า.

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

สุกิจ รัตนศรีวงษ์ เรืองศักดิ์ พาภูมิพฤกษ์ จุฑาทิพย์ สีดาพาลี และเบญจพล ดั่นประดิษฐ์. 2551. การพัฒนาการผลิตมันสำปะหลังแบบเกษตรกรมีส่วนร่วมในจังหวัดร้อยเอ็ด. หน้า 63-71. *ใน: ผลงานวิจัยดีเด่นและผลงานวิจัยที่เสนอเข้าร่วมพิจารณาเป็นผลงานวิจัยดีเด่นประจำปี 2550.* กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุกิจ รัตนศรีวงษ์ วินัย ศรวัต วลัยพร ศะศิประภา นรีลักษณ์ วรรณสาย และโสภิตา สมคิด. 2553. การใช้แบบจำลองการผลิตมันสำปะหลังเพื่อประเมินความเหมาะสมของเทคโนโลยีเฉพาะพื้นที่. *ว. วิชาการเกษตร* 28 (2):144-156.

Oldman, L.R. and M. Frere. 1982. *A Study of the Agroclimatology of the Humid Tropics of Southeast Asia.* Technical Report FAO / UNESCO / WMO Interagency project on Agroclimatology. Rome. 229 p.