

เสถียรภาพของพันธุ์มันสำปะหลังของไทยที่ปลูกต้นฤดูฝน

Stability of Thai Cassava Varieties Grown in Early Rainy Season

โอภาส บุญแสง¹ เจริญศักดิ์ โจนฤทธิ์พิเชษฐ์²
เอ็จ สโรบล² ปิยะ ดวงพัตรา³ และ ประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์²

Opas Boonseng, Chareinsak Rojanaridpiched,
Ed Sarobol, Piya Duangpatra, and Prasert Chatwachirawong

ABSTRACT

Crop performance under a broad range of environments can be studied to reveal cassava varieties with high yield stability. The objective of this study was to recommend cassava varieties for either a wide range of environments or for specific environments. When the effect of variety x environment interaction was high, cassava variety yielded differently under different environments. Five cassava varieties, namely : Kasetsart 50, Rayong 1, Rayong 60, Rayong 90 and Sriracha 1, were grown in the early rainy season (May 1992) over 9 environments. They were applied with mixed fertilizer 15-15-15 at the rate of 0, 313, 625 and 1,250 kg/ha. Only the data on dry root yield were analyzed. Results of the analysis, the Additive Main effects and Multiplicative Interaction (AMMI), indicated that Sriracha 1 was most stable when compared with the other varieties but yielded very low. Kasetsart 50 was moderately stable and gave high yield in several environments. Rayong 60 performed well at Khon Kaen Field Crops Research Center and Mukdahan Field Crops Experiment Station environments, whereas Rayong 90 performed well only at Maha Sarakham Field Crops Experiment Station environment.

Key words : cassava, stability, AMMI, biplot

¹ สถานีทดลองพืชไร่บ้านใหม่สำโรง อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา

Banmai Samrong Field Crops Experiment Station, Sikhiu, Nakhon Ratchasima 30340, Thailand.

² ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

³ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

บทคัดย่อ

การทดสอบพันธุ์พืชภายใต้สภาพแวดล้อมอย่างกว้างขวางก็เพื่อหาพันธุ์มันสำปะหลังที่มีเสถียรภาพสูง การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแนะนำพันธุ์มันสำปะหลังสำหรับปลูกในสภาพแวดล้อมทั่วไปและสำหรับปลูกในสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจง ในกรณีศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลสูง มันสำปะหลังพันธุ์หนึ่งๆ มักให้ผลผลิตแตกต่างกันในแต่ละสภาพแวดล้อม การทดลองครั้งนี้ใช้พันธุ์มันสำปะหลัง 5 พันธุ์ คือ เกษตรศาสตร์ 50, ระยอง 1, ระยอง 60, ระยอง 90, และศรีราชา 1 ปลูกทดสอบในช่วงต้นฤดูฝน (พฤษภาคม 2535) ภายใต้ 9 สภาพแวดล้อม โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 4 อัตรา คือ 0, 313, 625 และ 1,250 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพียงลักษณะผลผลิตหัวมันแห้ง ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพวิธีวิเคราะห์อิทธิพลแบบผลบวกและผลคูณ (Additive Main effects and Multiplicative Interaction, AMMI) ได้แสดงให้เห็นว่าพันธุ์ศรีราชา 1 เป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพสูงเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์อื่นที่เข้าร่วมในการทดสอบแต่ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพปานกลางและให้ผลผลิตสูงในหลายสภาพแวดล้อม พันธุ์ระยอง 60 จะเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น และสถานีทดลองพืชไร่ภูคดาหาร ส่วนพันธุ์ระยอง 90 เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของสถานีทดลองพืชไร่มหาสารคาม

คำนำ

การศึกษาวิธีการวิเคราะห์เสถียรภาพของพันธุ์พืชในอดีตมีอยู่หลายวิธี ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) การ

วิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (principal component analysis, PCA) และรีเกรสชันเส้นตรง (linear regression, LR) แต่ละวิธีมีอุปสรรคที่แตกต่างกัน (Zobel *et al.*, 1988) การวิเคราะห์ความแปรปรวน เป็นโมเดลแบบผลบวก (additive model) ที่สามารถอธิบายอิทธิพลของพันธุ์ และสภาพแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ วิธีนี้สามารถทดสอบนัยสำคัญของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมได้ การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักเป็นโมเดลแบบผลคูณ (multiplicative model) ไม่สามารถแยกอิทธิพลของพันธุ์และสภาพแวดล้อมออกจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมได้ ซึ่งต่างจากในกรณีของการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่สามารถแยกอิทธิพลของพันธุ์และสภาพแวดล้อมออกจากปฏิสัมพันธ์ของพันธุ์กับสภาพแวดล้อมได้ ดังนั้น การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักจะมีประสิทธิภาพต่ำ หากโมเดลมีอิทธิพลหลักของพันธุ์และสภาพแวดล้อมอยู่มาก และการวิเคราะห์รีเกรสชันเป็นวิธีการที่รวมเอาอิทธิพลหลักที่เป็นแบบผลบวกและส่วนที่เป็นผลคูณไว้ด้วยกันในโมเดล จึงสามารถคำนวณอิทธิพลหลักและปฏิสัมพันธ์ได้ แต่วิธีการนี้จะด้อยประสิทธิภาพเนื่องจากใช้ผลรวมกำลังสองน้อยที่สุด ซึ่งบางครั้งได้สมการรีเกรสชันที่ไม่เหมาะสมกับข้อมูล และในสมการรีเกรสชันที่เสนอโดย Eberhart and Russell (1966) มีอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์กับอิทธิพลของสภาพแวดล้อมร่วมกัน ทำให้ประสิทธิภาพของการทดสอบนัยสำคัญต่ำลง

การทดสอบนัยสำคัญของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมมักจะไม่มีนัยสำคัญ ซึ่งเกิดขึ้นเสมอกับการทดลองในสภาพไร่ ทั้งนี้เนื่องจากปฏิสัมพันธ์มี degree of freedom ขนาดใหญ่ $[(\text{จำนวนพันธุ์}-1) \times (\text{จำนวนสภาพแวดล้อม}-1)]$ ซึ่งพบว่าผลรวมกำลังสองของปฏิสัมพันธ์ (interaction SS) มักมีมากกว่าผลรวมกำลังสองของพันธุ์

(genotype SS) และค่าเฉลี่ยกำลังสองของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม (genotype by environment interaction MS) มักมีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (error MS) เมื่อทำการทดสอบโดยใช้ F-test จึงทำให้ปฏิกิริยาสัมพันธ์ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ Gauch (1988) ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์อิทธิพลแบบผลบวกและผลคูณ (AMMI) เพื่อใช้ในการทดสอบพันธุ์ที่ปลูกในหลายสภาพแวดล้อม การวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีนี้ประกอบด้วยส่วนย่อยที่เป็น ANOVA และ PCA จึงสามารถแยกโครงสร้างข้อมูลที่มีอิทธิพลเป็นแบบบวกและแบบผลคูณออกมาทดสอบได้ ดังนั้นจะเลือกใช้วิธี AMMI ก็ต่อเมื่อพบความสำคัญทั้งอิทธิพลหลักและปฏิกิริยาสัมพันธ์ประเสริฐ และพีระศักดิ์ (2540) ได้วิเคราะห์เสถียรภาพวิธี AMMI สามารถแยกอิทธิพลหลักแบบเป็นผลบวกพันธุ์และสภาพแวดล้อม ที่เป็นอิทธิพลส่วนใหญ่จากความแปรปรวนรวมทั้งหมด และยังสามารถแยกส่วนของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม โดยวิเคราะห์องค์ประกอบหลักที่สามารถอธิบายข้อมูลได้ด้วยแกนองค์ประกอบหลักที่ 1 (PCA1)

วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อนำเสนอการวิเคราะห์เสถียรภาพของพันธุ์พืชวิธี AMMI ที่มีลักษณะดีเด่นหลายประการ โดยใช้ข้อมูลการทดสอบพันธุ์มันสำปะหลังหลายสภาพแวดล้อม ซึ่งนอกจากวิธีการวิเคราะห์แล้วยังได้แสดงวิธีการนำเสนอข้อมูลแบบสองทิศทางที่เรียกว่า biplot ทำให้เห็นรูปแบบการตอบสนองของทั้งพันธุ์และสภาพแวดล้อมที่ใช้ร่วมในการวิเคราะห์

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาเสถียรภาพของพันธุ์มันสำปะหลังได้นำข้อมูลผลผลิตหัวมันแห้ง การทดลองได้ใช้พันธุ์

มันสำปะหลัง จำนวน 5 พันธุ์ ที่เป็นพันธุ์ที่เกษตรกรปลูกกันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน คือ พันธุ์ระยอง 1 (R1) ระยอง 60 (R60) ระยอง 90 (R90) ศรีราชา 1 (SR1) และเกษตรศาสตร์ 50 (KU50) ทำการทดลองแบบ split-split-plot โดยมีพันธุ์มันสำปะหลังเป็น main plot ปลูกสูตร 15-15-15 4 อัตรา คือ 0, 313, 625 และ 1,250 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ เป็น subplot และการเก็บเกี่ยว 2 อายุเก็บเกี่ยว คือ 9 และ 12 เดือน เป็น sub-subplot ทำการทดลองในช่วงคันฤดูฝน (พฤษภาคม 2535) ภายได้ 9 สภาพแวดล้อม คือ สถานีทดลองพืชไร่มุกดาหาร (MUK) สถานีทดลองพืชไร่มหาสารคาม (MAH) ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง (RY) สถานีทดลองพืชไร่บ้านใหม่สำโรง (BMS) ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น (KK) ไร่เกษตรกรอำเภอโนนสุวรรณ จ.บุรีรัมย์ (BR) ไร่เกษตรกรอำเภอบรบุรี (KB) ไร่เกษตรกรอำเภอมือง (KR) และไร่เกษตรกรอำเภอด่านขุนทด (DAN) จ.นครราชสีมา ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ได้แยกนำข้อมูลจากการทดลองดังกล่าว โดยพิจารณาเพียงที่อายุการเก็บเกี่ยว 9 เดือนในลักษณะผลผลิตหัวมันแห้งเท่านั้น

การวิเคราะห์เสถียรภาพวิธี AMMI เพื่อใช้ในการทดสอบพันธุ์ที่ปลูกในหลายสภาพแวดล้อม มีรูปแบบของโมเดลดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \sum_{n=1}^N \lambda_n \xi_{in} \eta_{jn} + \theta_{ij}$$

โดยที่

Y_{ij} = ผลผลิตของพันธุ์ที่ i ปลูกในสภาพแวดล้อมที่ j

μ = ผลผลิตเฉลี่ยของการทดลอง

α_i = ส่วนเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยเนื่องจากอิทธิพลของพันธุ์ที่ i

β_j = ส่วนเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยเนื่องจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่ j

λ_n = ค่า eigenvalue ของแกนองค์ประกอบหลักที่ n

ξ_{in} = คะแนนองค์ประกอบของพันธุ์ที่ i แกนองค์

ประกอบหลักที่ n

η_{jn} = คะแนนองค์ประกอบของสภาพแวดล้อมที่ j
แกนองค์ประกอบหลักที่ n

N = จำนวนแกนองค์ประกอบหลักทั้งหมดที่มีอยู่
ในโมเดล

θ_{ij} = ส่วนเบี่ยงเบนที่ไม่ทราบสาเหตุ

การประมาณค่าปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม สามารถคำนวณได้จากผลคูณระหว่างคะแนนองค์ประกอบหลักของพันธุ์ (variety PCA score) กับคะแนนองค์ประกอบหลักของสภาพแวดล้อม (environment PCA score) ซึ่งแสดงเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\lambda \xi_i \eta_j = (\lambda^{0.5} \xi_i) * (\lambda^{0.5} \eta_j)$$

การคำนวณตามวิธีการ AMMI สามารถทำได้ 2 ขั้นตอน คือ 1) คำนวณอิทธิพลหลักของพันธุ์และสภาพแวดล้อมในส่วนที่เป็นผลบวกตามวิธีของ ANOVA และ 2) คำนวณอิทธิพลของปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมที่เป็นแบบผลคูณ (ส่วนที่เหลือจากอิทธิพลหลัก) ใช้วิธีของ PCA แยกอิทธิพลของปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมออกเป็นแกนต่างๆ ทำการทดสอบแกน PCA แต่ละแกนโดยใช้ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง โดยมีองศาของความเป็นอิสระ (df) ของแต่ละแกนองค์ประกอบหลัก ดังนี้

$df = (\text{จำนวนพันธุ์}) + (\text{จำนวนสภาพแวดล้อม}) - 1 - (2 \times \text{เลขที่แกนองค์ประกอบหลัก})$

(Gauch, 1988; Zobel *et al.*, 1988) ส่วนการคำนวณค่าอิทธิพลหลัก ปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม และค่าประมาณผลผลิต ทำได้ดังนี้ คือ

1. การคำนวณอิทธิพลหลักของพันธุ์ที่ i ในสภาพแวดล้อมที่ j (M_{ij}) คำนวณได้จากสูตร :

M_{ij} = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์ที่ i + ค่าเฉลี่ยของสภาพแวดล้อมที่ j - ค่าเฉลี่ยของการทดลอง

2. การคำนวณอิทธิพลของปฏิริยาสัมพันธ์

ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมของแกนองค์ประกอบหลักที่ k หรือ $(GE_{ij})_k$ คำนวณได้จากสูตร :

$(GE_{ij})_k = (\text{PCA score แกนที่ } k \text{ ของพันธุ์ที่ } i) \times (\text{PCA score แกนที่ } k \text{ ของสภาพแวดล้อมที่ } j)$

3. การประมาณผลผลิต (Y_{ij}) ตามวิธีการของ AMMI คำนวณได้จากสูตร :

$$Y_{ij} = M_{ij} + \sum (GE_{ij})_k$$

หลักการพิจารณาเสถียรภาพของพันธุ์พืช พิจารณาได้จากอิทธิพลของปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม พันธุ์ใดมีค่าคะแนนองค์ประกอบหลักใกล้เคียงกับ 0 จะถือว่าเป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพสูง ซึ่งสามารถพิจารณาได้ง่ายโดยการทำแผนภาพสองทิศทาง (biplot) เป็นวิธีการนำเสนอข้อมูลโดยกราฟที่ทำการพล็อตข้อมูลในแกน Y เป็นแกนองค์ประกอบหลัก ส่วนแกน X เป็นของผลผลิตเฉลี่ย แล้วนำข้อมูลของทั้งพันธุ์และสภาพแวดล้อมมาพล็อตให้อยู่บนกราฟเดียวกัน

ผลและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวิธี AMMI ในลักษณะผลผลิตหัวมันแห้ง เก็บเกี่ยวที่อายุ 9 เดือน แยกตามอัตราปุ๋ย 4 อัตรา (0 313 625 และ 1,250 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) พบอิทธิพลของพันธุ์ สภาพแวดล้อม และปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม ในปุ๋ยทุกอัตรา (Table 1) แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลหลักของพันธุ์และของสภาพแวดล้อมสามารถอธิบายได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนตามวิธีการปกติ แต่เนื่องจากมีอิทธิพลของปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมอยู่มาก จึงนำส่วนของปฏิริยาสัมพันธ์นี้ซึ่งเป็นแบบผลคูณมาแยกวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก ในปุ๋ยทุกอัตราให้ผลการวิเคราะห์เหมือนกัน โดยพบว่ามีแกนองค์ประกอบหลัก 2 แกน ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ

โดยปุ๋ยอัตรา 0, 313, 625 และ 1,250 กิโลกรัมต่อ
เฮกตาร์ ให้เปอร์เซ็นต์ผลรวมกำลังสอง (%SS) ของ
แกนองค์ประกอบหลักที่ 1 เป็น 62.22, 65.29, 51.37
และ 47.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนแกนองค์
ประกอบหลักที่ 2 เป็น 20.47, 17.81, 29.92 และ 41.82

เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อรวมเปอร์เซ็นต์ผลรวม
กำลังสองของแกนองค์ประกอบหลักที่ 1 และ 2 จะ
สามารถอธิบายอิทธิพลของปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่าง
พันธุ์กับสภาพแวดล้อมได้มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์
โดยในปุ๋ยเคมีอัตรา 0, 313, 625 และ 1,250 กิโล

Table 1 AMMI analysis of dry root yield of 5 cassava varieties, applied with 4 rates of mixed fertilizer grade 15-15-15 under 9 different environments.

Sources of Variation	df	0 kg/ha		313 kg/ha	
		Sum of Squares	Mean Squares	Sum of Squares	Mean Squares
Environment (Env)	8	618.56	77.32 **	413.42	51.68 **
Rep. within Env.	18	116.12	6.45	58.34	3.24
Genotype (Gen)	4	165.38	41.35 **	155.22	38.80 **
Gen x Env Interaction	32	365.01	11.41 **	471.40	14.73 **
PCA1	11	227.11	20.65 **	307.78	28.00 **
PCA2	9	74.73	8.30 *	83.97	9.33 *
Residual	12	63.17	5.26 ns	79.65	6.64 ns
Error	72	263.60	3.66	308.68	4.29
Total	134	1,528.68	11.41	1,407.07	10.50
		625 kg/ha		1,250 kg/ha	
		Sum of Squares	Mean Squares	Sum of Squares	Mean Squares
Environment (Env)	8	424.52	53.06 **	1,065.43	133.18 **
Rep. within Env.	18	74.95	4.16	98.76	5.49
Genotype (Gen)	4	101.49	25.37 **	201.40	50.35 **
Gen x Env Interaction	32	365.72	11.43 **	437.69	13.68 **
PCA1	11	187.86	17.08 **	206.98	18.82 **
PCA2	9	109.44	12.16 *	183.04	20.34 **
Residual	12	68.42	5.70 ns	47.67	3.97 ns
Error	72	341.46	4.74	325.73	4.52
Total	134	1,308.14	9.76	2,129.01	15.89

ns non-significant

* significant at $p \leq 0.05$

** significant at $p \leq 0.01$

กรัมต่อเฮกตาร์ เป็น 82.69, 83.10, 81.29 และ 89.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2) โดยทั่วไปนักวิจัยมักเลือกแกนองค์ประกอบหลักเพียง 1 หรือ 2 แกนเท่านั้น เนื่องจากมีจำนวนแกนองค์ประกอบหลักที่สามารถอธิบายข้อมูลได้สูงพอเมื่อเทียบกับความแปรปรวนของปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมทั้งหมด เช่นเดียวกับการวิเคราะห์เสถียรภาพวิธี AMMI ในอ้อยที่พบว่าแกนองค์ประกอบหลักเพียง

1 แกนเท่านั้น ก็สูงเพียงพอที่จะอธิบายส่วนของปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม (Chatwachirawong, 1993; ประเสริฐ และพีระศักดิ์, 2540)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของผลผลิตหัวมันแห้งของทั้ง 5 พันธุ์ ที่ปลูกภายใต้ 9 สภาพแวดล้อม พบว่ามันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ให้ผลผลิตสูงสุดที่อัตราปุ๋ย 0, 313 และ 625 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ เท่ากับ

Table 2 Percent of sum of square (%SS) on PCA1 to PCA5 separated from variety x environment interaction using AMMI model.

Sources of Variation	Fertilizer rates (kg/ha)							
	0		313		625		1,250	
	%SS	Cumulative	%SS	Cumulative	%SS	Cumulative	%SS	Cumulative
PCA1	62.22	62.22	65.29	65.29	51.37	51.37	47.29	47.29
PCA2	20.47	82.69	17.81	83.10	29.92	81.29	41.82	89.11
PCA3	13.46	96.15	12.49	95.59	15.15	96.44	7.53	96.64
PCA4	3.85	100.00	4.41	100.00	3.56	100.00	3.36	100.00
PCA5	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
GE Interaction	100.00		100.00		100.00		100.00	

Table 3 Mean dry root yield (ton/ha) of 5 cassava varieties applied with 4 rates of mixed fertilizer grade 15-15-15 under 9 environments.

Varieties	Fertilizer rates (kg/ha)				Varieties mean
	0	313	625	1,250	
KU50	10.84 a ¹	11.95 a	12.63 a	12.08 a	11.88
RY1	7.58 d	9.16 b	11.39 b	10.40 b	9.63
RY60	9.53 bc	11.75 a	12.39 ab	11.85 a	11.38
RY90	9.91 ab	11.18 a	11.95 ab	12.60 a	11.41
SR1	8.71 c	9.97 b	10.20 c	9.28 b	9.54
Fertilizer mean	9.31	10.80	11.71	11.24	

¹ In a column, means followed by a common letter are not significantly different at $p \leq 0.05$ by LSD

10.84, 11.95 และ 12.63 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีเพียงปุ๋ยเคมีที่อัตรา 1,250 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ให้ผลผลิต 12.08 ตันต่อเฮกตาร์ รองจากพันธุ์ระยะของ 90 (12.60 ตันต่อเฮกตาร์) แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงโดยเฉลี่ย เมื่อปลูกในขอบเขตของสภาพแวดล้อมที่ได้ทำการทดสอบ (Table 3) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาแยกตามสภาพแวดล้อมแล้วจะเห็นได้ว่า พันธุ์มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มีความเหมาะสมแตกต่างกันในแต่ละสภาพแวดล้อม (Table 4) เมื่อพิจารณาผลผลิตหัวมันแห้งเฉลี่ย พบว่าพันธุ์ระยะของ 60 เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของศูนย์

วิจัยพืชไร่ขอนแก่น และสถานีทดลองพืชไร่มุกดาหาร ส่วนพันธุ์ระยะของ 90 เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของสถานีทดลองพืชไร่มุกดาหาร เนื่องจากให้ผลผลิตหัวมันแห้งสูงกว่ามันสำปะหลังพันธุ์อื่นๆ ในปุ๋ยเกือบทุกอัตรา และเมื่อพิจารณาค่าประมาณผลผลิตหัวมันแห้งที่ได้จากโมเดลของ AMMI แยกตามอัตราปุ๋ย พันธุ์ และสภาพแวดล้อม พบว่า ค่าที่ประมาณได้โดยทั่วไปแตกต่างจากผลผลิตเฉลี่ยเดิมเล็กน้อย แต่ก็มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลสูง มีผลทำให้ลำดับ (rank) ของพันธุ์ในสภาพแวดล้อมนั้นเปลี่ยนแปลงไป เช่น สภาพแวดล้อมของสถานีทดลองพืชไร่บ้านใหม่สำโรง

Table 4 Mean and estimated values (bold) from AMMI model of dry root yield of 5 cassava varieties, applied with 4 rates of mixed fertilizer grade 15-15-15 under 9 environments.

	0 kg/ha					313 kg/ha				
	KU50	R1	R60	R90	SR1	KU50	R1	R60	R90	SR1
BMS	12.81	7.14	6.77	13.98	6.78	13.28	9.98	7.67	14.06	8.09
	12.63	6.94	6.63	14.08	7.19	13.37	8.15	8.48	14.98	8.09
BR	15.56	6.04	9.74	12.98	11.36	15.47	9.05	8.99	15.19	13.66
	15.61	6.36	10.77	13.16	9.78	16.56	7.79	12.84	14.28	10.89
DAN	8.45	8.14	11.38	7.96	7.57	11.52	7.68	16.32	8.30	8.21
	8.80	8.14	10.18	7.46	8.91	10.12	9.94	12.62	8.95	10.40
KB	15.38	9.61	13.31	11.18	10.77	13.72	9.43	13.37	12.17	10.47
	14.60	8.89	13.28	11.74	11.74	14.00	8.76	13.79	11.30	11.30
KK	13.23	8.50	13.54	13.84	10.00	12.66	10.18	15.18	15.11	10.20
	14.30	9.07	11.97	12.74	11.03	14.76	10.01	13.55	13.37	11.65
KR	8.87	10.40	9.94	9.06	11.09	13.19	10.86	15.95	10.04	12.25
	8.93	10.65	10.67	9.16	9.94	11.14	13.33	13.99	11.53	12.30
MAH	9.98	7.47	8.51	9.52	7.26	11.69	11.19	10.32	12.15	9.45
	9.80	7.25	8.31	9.60	7.77	11.83	9.75	11.45	11.80	9.96
MUK	4.52	5.89	4.78	4.77	5.36	6.05	7.82	8.23	6.59	8.70
	4.30	5.83	5.31	5.04	4.85	6.33	8.33	8.46	7.24	7.04
RY	8.77	5.00	7.79	5.92	8.15	9.92	6.24	9.71	6.99	8.67
	8.60	5.06	8.63	6.22	7.13	9.39	6.34	10.54	7.18	8.08

เมื่อพิจารณาลำดับผลผลิตเฉลี่ยจากมากไปน้อย พบว่า พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50, ระยะของ 90, ระยะของ 1, ระยะของ 60, และศรีราชา 1 ให้ผลผลิตเฉลี่ยเป็น 12.99, 11.91, 11.31, 10.22, และ 10.17 ต้นต่อเฮกตาร์ ให้ลำดับพันธุ์เป็น 1 ถึง 5 ตามลำดับ แต่ค่าประมาณผลผลิตมันแห้งเป็น 13.84, 15.55, 10.17, 8.92, และ 8.11 ต้นต่อเฮกตาร์ ลำดับของพันธุ์จะเปลี่ยนเป็น 2, 1, 3, 4, และ 5 ตามลำดับ (Table 4)

การนำเสนอผลการวิเคราะห์โดยใช้แผนภาพสองทิศทาง (biplot) โดยแยกตามอัตราปุ๋ย เมื่อทุกภาพในแต่ละอัตราปุ๋ยมีขนาดเดียวกัน ช่วยให้เห็นรูปแบบการเพิ่มขึ้นของผลผลิตเฉลี่ยในปุ๋ยเคมีแต่ละอัตราอย่างชัดเจน พันธุ์ที่มีเสถียรภาพสามารถพิจารณาได้

จากตำแหน่งของพันธุ์ โดยพันธุ์ที่มีเสถียรภาพสูงสุดจะมีตำแหน่งอยู่ใกล้เส้น PCA1 เท่ากับ 0 มากที่สุด (Figure 1) จากการทดลอง พบว่าพันธุ์ศรีราชา 1 มีเสถียรภาพสูงสุดในปุ๋ยทุกอัตรา ส่วนพันธุ์ระยะของ 60 อ่อนไหวต่อสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในปุ๋ยเกือบทุกอัตรา ยกเว้นเพียงในกรณีที่ไม่มีใส่ปุ๋ย โดยทั่วไป การพิจารณาเลือกพันธุ์พืชมักจะพิจารณาผลผลิตเฉลี่ยประกอบด้วย ซึ่งพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ให้ผลผลิตสูงสุดในปุ๋ยเกือบทุกอัตรา ยกเว้นที่อัตราปุ๋ย 1,250 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ให้ผลผลิตสูงรองจากพันธุ์ระยะของ 90 ในขณะที่มีเสถียรภาพปานกลางเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์มันสำปะหลังที่ใช้ทดสอบร่วม พันธุ์ระยะของ 60 จะเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของศูนย์วิจัยพืชไร่

Table 4 (continue)

	625 kg/ha					1,250 kg/ha				
	KU50	R1	R60	R90	SR1	KU50	R1	R60	R90	SR1
BMS	12.99 13.84	11.31 10.17	10.22 8.92	11.91 15.55	10.17 8.11	11.36 12.37	11.99 11.45	7.58 7.60	12.21 11.82	8.93 8.82
BR	16.85 16.53	10.37 9.31	10.03 12.77	13.86 14.34	12.24 10.40	14.71 13.83	12.97 12.36	12.80 12.25	13.50 15.09	6.68 7.13
DAN	11.29 10.44	9.43 11.81	15.24 12.90	9.08 9.36	9.72 10.26	8.04 8.60	7.35 6.60	10.50 10.28	9.28 9.59	5.96 6.05
KB	10.87 12.95	9.16 9.26	13.81 12.71	11.64 10.34	9.60 9.80	9.38 9.43	6.14 6.84	14.27 14.63	12.37 11.50	6.82 6.57
KK	11.85 13.80	10.83 10.60	13.86 12.55	14.16 12.51	9.02 10.24	9.64 10.39	8.47 8.12	13.64 13.68	12.24 11.90	7.72 7.62
KR	13.59 11.66	15.02 15.40	15.96 14.47	9.91 12.14	11.56 12.37	12.84 12.54	10.97 10.73	13.56 13.36	10.89 11.46	16.22 16.39
MAH	15.50 15.82	18.80 15.29	13.12 15.40	16.17 15.88	12.29 13.49	19.54 20.03	18.24 18.82	16.45 16.88	21.61 20.45	15.02 14.68
MUK	8.42 7.04	7.28 10.59	8.76 9.13	9.21 8.04	8.41 7.29	10.45 10.14	8.14 8.96	6.65 6.97	10.22 9.58	8.39 8.21
RY	12.28 11.56	10.28 10.05	10.53 12.67	11.65 9.43	8.77 9.79	12.72 11.36	9.34 9.71	11.17 10.97	11.07 11.99	7.79 8.05

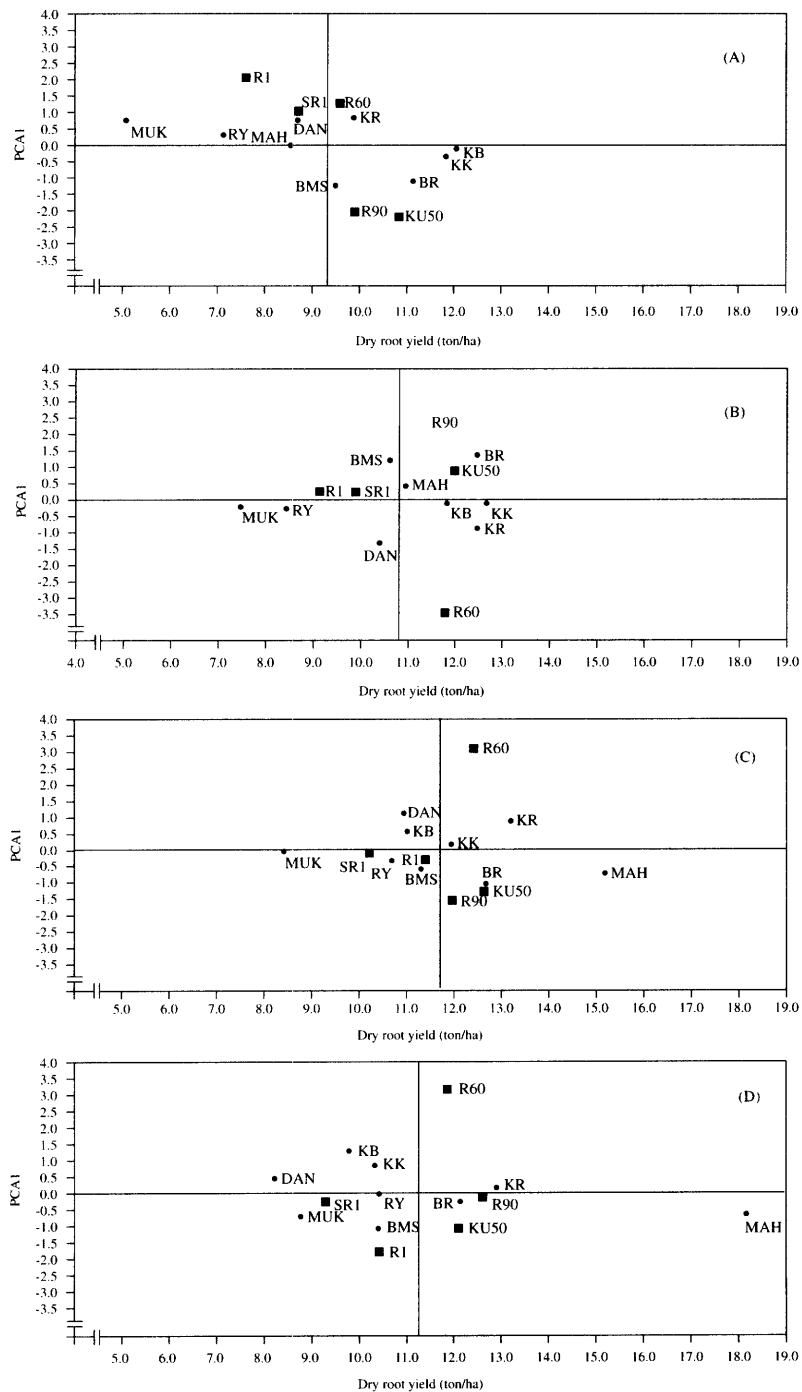


Figure 1 Biplot showing mean dry root yield and PCA1 of 5 casava varieties grown under 9 environments, with 4 rates of mixed fertilizer grade 15-15-15; (A) 0 kg/ha, (B) 313 kg/ha, (C) 625 kg/ha, and (D) 1,250 kg/ha.

ขอนแก่น และสถานีทดลองพืชไร่มุกดาหาร ส่วนพันธุ์ระยะของ 90 เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของสถานีทดลองพืชไร่มหาสารคาม เมื่อพิจารณาแยกตามสภาพแวดล้อมที่ใช้ปลูกมันสำปะหลัง พบว่าสภาพแวดล้อมของสถานีทดลองพืชไร่มหาสารคามให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย (ผลผลิตต่ำกว่าผลผลิตเฉลี่ยของทุกสภาพแวดล้อม) แต่เมื่อใส่ปุ๋ยเพิ่มขึ้นจะทำให้ผลผลิตโดยเฉลี่ยของมันสำปะหลังสูงขึ้นเป็นลำดับ จึงถือได้ว่าสถานีทดลองพืชไร่มหาสารคามเป็นสภาพแวดล้อมที่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ย

สรุป

มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพปานกลาง ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดหลายสภาพแวดล้อม และให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดในปีที่เกือบทุกอัตรา ดังนั้นจึงเป็นพันธุ์ที่สามารถแนะนำให้เกษตรกรใช้ปลูกได้ในสภาพแวดล้อมทั่วไป พันธุ์ศรีราชา 1 เป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพสูง แต่ผลผลิตค่อนข้างต่ำ ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยต่ำ เหมาะกับสภาพแวดล้อมในเขตอำเภอเมือง จ.นครราชสีมา และสถานีทดลองพืชไร่มุกดาหาร พันธุ์ระยะของ 60 เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น

และสถานีทดลองพืชไร่มุกดาหาร ส่วนพันธุ์ระยะของ 90 เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของสถานีทดลองพืชไร่มหาสารคาม

เอกสารอ้างอิง

- ประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์ และพีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2540. การแยกอิทธิพลแบบผลบวกและปฏิริยาสัมพันธ์แบบผลคูณของการทดสอบพันธุ์อ้อยหลายสภาพแวดล้อม. ว. เกษตรศาสตร์ (วทย.) 31(3) : 155-165.
- Chatwachirawong, P. 1993. Yield stability of major sugarcane cultivars in Thailand. M.S. thesis, Kasetsart University, Bangkok.
- Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6 : 36-40.
- Gauch, H.G. 1988. Model selection and validation for yield trials with interaction. Biometrics 44 : 705-715.
- Zobel, R.W., M.J. Wright, and H.G. Ganch. 1988. Statistical analysis of a yield trial. Agron. J. 80: 388-393.