อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. พันธุ์ : สายพันธุ์ถั่วอะซูกิสายพันธุ์ดีของพันธุ์ Erimo ที่ได้ผ่านการคัดเลือกไว้แล้วจำนวน 18 สายพันธุ์ ปลูกเปรียบเทียบกับพันธุ์ Erimo ซึ่งเป็นประชากรเดิม (original population) รายละเอียดของชื่อพันธุ์ และลักษณะสายพันธุ์ ได้แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1

2. สถานที่ทดลอง : ปลูกทดลอง 4 แห่ง ได้แก่

ก. **สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ** คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีระดับความสูง 300 เมตรจากระดับน้ำทะเล ปลูกวันที่ 25 สิงหาคม 2542 ดินมี pH 6.32 มีอินทรีย์วัตถุ 1.13 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 27.00 ppm. โปรแตสเซียม 211.68 ppm. และไนโตรเจน 0.051 เปอร์เซ็นต์ (ตารางภาคผนวกที่ 2 และ 3) ฤดูปลูกเดือน สิงหาคม - พฤศจิกายน 2542 อุณหภูมิสูงสุด (29.25°C) ต่ำสุด (21.35°C) เฉลี่ย (25.30°C) มีปริมาณน้ำฝน 957.4 มิลลิเมตร ซึ่งค่าอุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝนรายเดือน แสดงในตารางภาคผนวกที่ 4 และ 5 และได้รับน้ำชลประทาน เมื่อเกิดภาวะฝนทิ้งช่วง

ข. **สถานีเกษตรหลวงปางดะ** อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ มีระดับความสูง 700 เมตรจากระดับน้ำทะเล ปลูกวันที่ 18 สิงหาคม 2542 ดินมี pH 6.63 มีอินทรีย์วัตถุ 2.25 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 19.00 ppm. โปรแตสเซียม 274.68 ppm. และไนโตรเจน 0.108 เปอร์เซ็นต์ (ตารางภาคผนวกที่ 2 และ 3) ฤดูปลูกเดือน สิงหาคม - พฤศจิกายน 2542 อุณหภูมิสูงสุด (29.03°C) ต่ำสุด (20.15°C) เฉลี่ย (24.6°C) มีปริมาณน้ำฝน 856.3 มิลลิเมตร ซึ่งค่าอุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝนรายเดือน แสดงในตารางภาคผนวกที่ 4 และ 5

ค. **ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว** อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ มีระดับความสูง 780 เมตรจากระดับน้ำทะเล ปลูกวันที่ 19 สิงหาคม 2542 ดินมี pH 6.45 มีอินทรีย์วัตถุ 2.94 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 43.50 ppm. โปรแตสเซียม 317.52 ppm. และไนโตรเจน 0.138 เปอร์เซ็นต์ (ตารางภาคผนวกที่ 2 และ 3) ฤดูปลูกเดือน สิงหาคม - พฤศจิกายน 2542 อุณหภูมิสูงสุด (26.88°C) ต่ำสุด (19.18°C) เฉลี่ย (23.03°C) มีปริมาณน้ำฝน 695.9 มิลลิเมตร ซึ่งค่าอุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝนรายเดือน แสดงในตารางภาคผนวกที่ 4 และ 5

ง. **ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนแปะ** อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ มีระดับความสูง 1,200 เมตรจากระดับน้ำทะเล ปลูกวันที่ 17 สิงหาคม 2542 ดินมี pH 5.44 มีอินทรียวัตถุ 5.42 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 9.00 ppm. โปรแตสเซียม 113.40 ppm. และไนโตรเจน 0.262 เปอร์เซ็นต์ (ตารางภาคผนวกที่ 2 และ 3) ฤดูปลูกเดือน สิงหาคม - พฤศจิกายน 2542 อุณหภูมิสูงสุด (26.33°C) ต่ำสุด (16.53°C) เฉลี่ย (23.18°C) มีปริมาณน้ำฝน 1143.6 มิลลิเมตร ซึ่งค่าอุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝนรายเดือน แสดงในตารางภาคผนวกที่ 4 และ 5 และได้รับน้ำชลประทาน เมื่อเกิดภาวะฝนทิ้งช่วง

3. วิธีการปลูก

แต่ละสถานที่ทดลองวางแผนการทดลองปลูกแบบ Randomized Complete Block ปลูกจำนวน 3 ซ้ำ ถั่วอะซูกิ 18 สายพันธุ์ และพันธุ์ Erimo โดยแปลงหนึ่งปลูก 4 แถว ๆ ยาว 3.0 เมตร ระยะปลูกระหว่างแถว 50 ซม. ระหว่างหลุม 25 ซม. หลุมหนึ่งปลูก 2 - 3 ต้น

4. การปฏิบัติและบำรุงรักษา

ก่อนปลูกได้ใส่ปุ๋ยสูตร 15 - 15 - 15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่เป็นปุ๋ยรองพื้น หลังจากถั่วงอกเจริญเติบโตมีอายุได้ประมาณ 25-30 วัน ได้ใส่ปุ๋ยสูตร 15 - 15 - 15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่อีกครั้ง เมื่อหยอดเมล็ดแล้วได้พ่นสารเคมีป้องกันวัชพืชงอก (pendimethalin) และหว่านฟูราดาน 3 จี (Carbofuran) เพื่อป้องกันแมลงในดินและไส้เดือนฝอย สำหรับการป้องกันแมลงและโรคนั้นปฏิบัติตามความจำเป็นและเหมาะสมเมื่อพบว่ามีแมลงหรือโรคระบาด

5. การเก็บตัวอย่างและการบันทึกข้อมูล

วันเก็บตัวอย่างของแต่ละสภาพแวดล้อม แสดงในตารางภาคผนวกที่ 2 โดยเก็บตัวอย่างและบันทึกข้อมูลดังนี้

5.1. ความสูง (วัดจากโคนต้นถึงข้อสุดท้ายของต้นหลัก จำนวน 4 ต้น / ซ้ำ)

5.2. จำนวนข้อต่อต้น (จำนวน 4 ต้น / ซ้ำ)

5.3. จำนวนกิ่งต่อต้น (จำนวน 4 ต้น / ซ้ำ)

5.4. จำนวนฝักต่อต้น (จำนวน 4 ต้น / ซ้ำ)

5.5. น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม) (พื้นที่เก็บเกี่ยว 2.0 ตารางเมตร/ซ้ำ)

5.6. ผลผลิตเมล็ดต่อไร่(กก./ไร่) (พื้นที่เก็บเกี่ยว 2.0 ตารางเมตร/ซ้ำ)

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลของลักษณะการเจริญเติบโต และการพัฒนาลักษณะขององค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตจะได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) และหาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) (Steel and Torrie , 1960) สำหรับการวิเคราะห์การปรับตัวของพืช เพื่อหาค่าปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุกรรม และสิ่งแวดล้อมของลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต วิเคราะห์โดยวิธีการของ Eberhart and Russell (1966) พิจารณาจากพารามิเตอร์ (stability parameters) 2 ค่า คือ ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (regression coefficient) และค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความแปรปรวนไปจากเส้นรีเกรสชัน (deviation mean square from regression) ของแต่ละพันธุ์ เพื่อใช้พิจารณาเปรียบเทียบและบ่งบอกถึงเสถียรภาพของผลผลิตของพันธุ์ได้ ซึ่งค่า parameter ทั้ง 2 ค่า หาได้จาก Model ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu_i + b_i I_j + d_{ij}$$

โดยที่ Y_{ij} = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์ที่ i ที่สภาพแวดล้อม j

i = ลำดับของพันธุ์มีค่าตั้งแต่ 1, 2,.....v

j = ลำดับของสภาพแวดล้อม มีค่าตั้งแต่ 1, 2,....n

μ_i = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์ที่ i จากทุกสภาพแวดล้อม

b_i = regression coefficient ที่วัดการตอบสนองของพันธุ์ที่ i เมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไป

I_j = ดัชนีสภาพแวดล้อม (environmental index) ซึ่งคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยของทุกพันธุ์ในสภาพแวดล้อมที่ j ลบด้วยค่าเฉลี่ยทั้งหมด (ค่า Ij นี้จะมีค่าเป็นบวกหรือ ลบ ก็ได้ ถ้าเป็น (+) แสดงว่าสภาพแวดล้อมดีกว่าโดยทั่วไป ถ้ามีค่าเป็น (-) แสดงว่าเป็นสภาพแวดล้อมที่เลวกว่าทั่วๆไป)

d_{ij} = ค่าเบี่ยงเบนไปจากเส้น regression ของพันธุ์ที่ i เมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมที่ j (เป็นค่าที่ผันแปรไปเนื่องจากความคลาดเคลื่อนที่ควบคุมไม่ได้)

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม เพื่อประมาณค่า stability parameters ตามวิธีของ Eberhart and Russell(1966)

Source of variation	df	SS (sum of squares)	MS (mean of squares)
Total	nv - 1	$\sum_i\sum_j Y_{ij}^2 - CF$	
Varieties (V)	v - 1	$\frac{1}{n}\sum_i I_{i.}^2 - CF$	MS_1
Environments (Env.)	n - 1	$\sum_i\sum_j Y_{ij}^2 - \sum_i Y_{i.}^2/n$	
V × Env.	(v–1)(n-1)	v(n-1)	
Env. (linear)		1 $\quad \frac{1}{v}(\sum_j Y_{.j} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$	
V × Env. (linear)		v - 1 $\quad \sum_i\left[\left(\sum_j Y_{ij} I_j\right)^2 / \sum_j I_j^2\right]$ – Env.(linear)SS	MS_2
Pooled deviations		v(n - 2) $\quad \sum_i\sum_j d_{ij}^2$	MS_3
Variety 1		n - 2 $\quad \left[\sum_j Y_{1j}^2 - \frac{(Y_{1.})^2}{n}\right] - \left(\sum_j Y_{1j} I_j\right)^2 / \sum_j I_{1j}^2 = \sum_j d_{1j}^2$	
⋮		⋮	
Variety v		n - 2 $\quad \left[\sum_j Y_{vj}^2 - (Y_{v.})^2\right] - \left(\sum_j Y_{vj} I_j\right)^2 / \sum_j I_j^2 = \sum_j d_{vj}^2$	
Pooled error	n(r – 1)(v – 1)	Total SS - Varieties SS - Env. SS - V×Env. SS	

$$CF = \frac{(\sum_i\sum_j\sum_k Y_{ijk}^2)}{n \times v \times r}$$

เมื่อ i = 1,2,3,….,n, j = 1,2,3,…..,v และ k = 1,2,3,…..,r โดยที่ n เป็นจำนวนสภาพแวดล้อม k เป็นเลขที่ซ้ำ และ r เป็นจำนวนซ้ำ

I_j = ค่าดัชนีสภาพแวดล้อม คำนวณจาก

$$Ij = \frac{\sum_i Yij}{v} - \frac{\sum_i \sum_j Yij}{nv} \quad , \quad \sum_j Ij = 0$$

= (ค่าเฉลี่ยของผลผลิตแต่ละสภาพแวดล้อม) - (ค่าเฉลี่ยของผลผลิตทั้งหมด)

และผลรวมของ I_j จะมีค่าเป็น 0

Stability parameter ที่ใช้วัดเสถียรภาพในการให้ผลผลิตของพันธุ์ ที่เสนอโดย Eberhart and Russell ทั้ง 2 ค่ามีวิธีการคำนวณได้ดังนี้

1) ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b) คำนวณจาก

$$b_i = \frac{\sum_j Yij \quad Ij}{\sum_j I_j^2}$$

2) ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ยจากเส้นรีเกรสชัน (S^2d_i) คำนวณจาก

$$S^2d_i = \frac{\sum_j d_{ij}^2}{(n-2)} - \frac{S_e^2}{r}$$

โดยที่

S^2e = ค่า pooled error หรือค่าประมาณของความแปรปรวนที่หาสาเหตุไม่ได้ของแต่ละพันธุ์แต่ละสภาพแวดล้อม จากการทดลอง, r = จำนวนซ้ำ

$$\sum_j d_{ij}^2 = \left[\sum_j Y_{ij}^2 - \frac{Y_{i.}^2}{n}\right] - \frac{(\sum_j Yij \quad Ij)^2}{\sum_j I_j^2}$$

เมื่อ $Y_{i.}$ = ผลรวมค่าเฉลี่ยของพันธุ์ที่ i จากทุกสภาพแวดล้อม (i = 1, 2,..... v)

การแบ่ง (partition) ความแปรปรวนตาม แบบจำลองการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (ตารางที่ 1) รวมค่า sum of square ของ Environment (Env.) และค่า sum of square ของ Variety × Environment interaction (V×Env.) เข้าด้วยกันแล้วแบ่งแยกใหม่เป็นสามส่วนดังต่อไปนี้

1. Environment (linear)
2. Variety × Environment (linear)
3. Pooled deviation of regression

เกณฑ์พิจารณาว่าพันธุ์มีคุณลักษณะที่ดีที่ Eberhart and Russell (1966) เสนอไว้ คือพันธุ์ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงมีค่า regression coefficient ไม่แตกต่างไปจาก 1.0 (b=1.0) และค่า deviation mean square from regression ไม่แตกต่างไปจากศูนย์ ($S^2d_i = 0$) ซึ่งพันธุ์ที่มีคุณสมบัติดังกล่าวนี้จะเป็นพันธุ์ที่มีเสถียรภาพผลผลิตสูงและเป็นพันธุ์ที่ดี

การทดสอบความแตกต่างทางสถิติ

1. ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของพันธุ์ต่างๆได้ดังนี้

จากสมมติฐาน $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = ... = \mu_v$

ทดสอบอย่างประมาณโดยใช้ F – test

$$F \simeq MS_1 / MS_3$$

2. ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันบนดัชนีของสภาพแวดล้อม (environment index) ของพันธุ์ต่างๆ ได้ดังนี้

จากสมมติฐาน $H_0 : b_1 = b_2 = ... = b_v$

ทดสอบอย่างประมาณโดยใช้ F – test

$$F \simeq MS_2 / MS_3$$

3. ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความแปรปรวนรวมของพันธุ์ต่างๆ ได้ดังนี้

จากสมมติฐาน $H_0 : S^2_{d1} = S^2_{d2} = ... = S^2_{dv}$

ทดสอบอย่างประมาณโดยใช้ F – test

$$F \simeq MS_3 / \text{Pooled error}$$

4. ทดสอบความเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของความแปรปรวนไปจากเส้นรีเกรสชัน ของแต่ละพันธุ์

จากสมมติฐาน $H_0 : S_{di}^2 = 0$

ทดสอบอย่างประมาณโดยใช้ F – test

$$F \simeq \frac{\text{deviation mean square ของพันธุ์ที่ } i}{\text{pooled error}}$$

5. ทดสอบ ความแตกต่าง จาก 1.0 ของ ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชันบนดัชนีของ สภาพแวดล้อมของแต่ละพันธุ์

จากสมมติฐาน $H_0 : b_i = 1.0$

ทดสอบอย่างประมาณโดยใช้ t - test

$$t = \frac{b_i - 1}{S_{bi}} \quad , \quad df = n-2$$ เมื่อ n คือ จำนวนสภาพแวดล้อม

โดยที่ b_i = สัมประสิทธิ์รีเกรสชัน

$$S_{b_i} = \frac{\sqrt{\text{dev.ms. ของพันธุ์ที่ } i}}{\sum_j I_j^2}$$

= Standard error of regression coefficient

6. ทดสอบความแตกต่างของผลผลิตระหว่างสายพันธุ์ โดยใช้ Duncan 's new multiple-range test ดังนี้

$$LSR_{\alpha,P} = (SSR_{\alpha,p})(Sy)$$

LSR = Least significant ranges ที่นัยสำคัญ α

SSR = ค่าจากตาราง Significant Studentized Ranges

p = จำนวนของค่าเฉลี่ยในช่วงการเปรียบเทียบซึ่งเท่ากับ ผลต่างของอันดับบวก 1

$$S\bar{y} = \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

$$= \sqrt{\frac{\text{error mean square}}{n}}$$

n = จำนวนซ้ำหรือ location

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University