บทที่ 2

วิธีการวิเคราะห์

การศึกษาในครั้งนี้ มุ่งที่จะใช้ข้อมูลผลผลิตข้าวฟ่างจากการทดลองแบบ Uniformity trials เพื่อหาขนาดและรูปร่างของแปลงทดลองที่เหมาะสม รวมทั้งเทคนิคของการวางแผนงานทดลองต่าง ๆ โดยใช้วิธีวิเคราะห์ทางสถิติ

1. การหาขนาดและรูปร่างของแปลงทดลองที่เหมาะสม

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแปรปรวนของผลผลิตของแปลงทดลองกับขนาดของแปลงทดลอง Smith, H.F. (1938) ได้เสนอสมการแสดงความสัมพันธ์ไว้ดังนี้

$$V_x = V_1/x^b \qquad (2.1.1)$$

เมื่อ

V_x = ค่าความแปรปรวนต่อหน่วยทดลอง (Variance per basic unit) ของผลผลิตในแปลงทดลองที่มีขนาด x หน่วยทดลอง

V_1 = ค่าความแปรปรวนของผลผลิตในแปลงทดลองที่มีขนาด 1 หน่วยทดลอง

x = จำนวนหน่วยทดลองในแปลงทดลอง

b = ดัชนีความผันแปรของดิน (Soil heterageneity index)

เป็นค่าตัวเลขแสดงความสัมพันธ์ของความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ทดลอง ซึ่งจะบอกถึงความแปรปรวนของดิน มีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 เมื่อ b มีค่า 0 หมายความว่า ดินในพื้นที่ทดลองมีความอุดมสมบูรณ์สม่ำเสมอตลอดทั้งแปลง ไม่มีความแปรปรวน และเมื่อ b มีค่า 1 หมายความว่า ดินในพื้นที่ทดลองมีความอุดมสมบูรณ์ไม่สม่ำเสมอและค่อนข้างจะแตกต่างกันมาก

เมื่อทราบค่าความผันแปรของดิน สามารถคำนวณขนาดของแปลงทดลองที่เหมาะสมจากสมการ

$$X = \frac{b}{(1-b)} \cdot \frac{K_1}{K_2} \qquad (2.1.2)$$

010478

เมื่อ

K_1 คือ ค่าใช้จ่ายเป็นเวลาและแรงงานที่ใช้ในการดำเนินงานทดลองที่มีการปฏิบัติงานในแต่ละแปลงทดลอง ประมาณเป็นชั่วโมง-แรงงาน ต่อแปลงทดลอง

K_2 คือ ค่าใช้จ่ายเป็นเวลาและแรงงานที่ใช้ในการดำเนินงานทดลองที่มีการปฏิบัติงานในพื้นที่ทดลองทั้งแปลง ประมาณเป็นชั่วโมง-แรงงาน ต่อตารางเมตร

ข้อมูลผลผลิตข้าวฟ่างเป็นกรัมต่อหน่วยทดลอง 2 ชุด จากการทดลองแบบ Uniformity trial ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพด-ข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา และที่สถานีทดลองตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์ ชุดละ 2,304 ตัวอย่าง รวมผลผลิตจากหน่วยทดลองที่อยู่ติดกันให้เป็นผลผลิตจากแปลงทดลองขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่ขนาด 1 หน่วยทดลอง จนถึงขนาด 192 หน่วยทดลอง และมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉากต่าง ๆ ที่พอดีลงตัวกับพื้นที่ทดลอง รวมแปลงทดลองที่มีขนาดและรูปร่างต่าง ๆ กัน 79 แบบ หาค่าความแปรปรวนของผลผลิตระหว่างแปลงทดลอง $V_{(x)}$ (Among plot variance) และสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (Coefficient of variation, C.V.) ของแปลงทดลอง ขนาด และรูปร่างต่าง ๆ กัน โดย

$$V_{(x)} = \frac{\Sigma(Y_i - \bar{Y})^2}{n}$$

$$C.V. = \frac{\sqrt{V(x)}}{\bar{Y}}$$

Y_i คือ ค่าผลผลิตจากแต่ละแปลงทดลอง

$\bar{Y}$ คือ ค่าเฉลี่ยของผลผลิตของแปลงทดลอง

$$\bar{Y} = \frac{1}{n}\Sigma Y_i$$

n คือ จำนวนข้อมูล

คำนวณค่าความแปรปรวนที่เปรียบเทียบได้ (Comparable variance, V) มีค่าเท่ากับ ค่าความแปรปรวนระหว่างแปลงทดลองหารด้วยจำนวนหน่วยทดลองในแปลงทดลอง

$$V = V_{(x)}/x$$

และค่าความแปรปรวนต่อหน่วยทดลอง (Variance per basic unit, V_x) มีค่าเท่ากับค่าความแปรปรวนระหว่างแปลงทดลองหารด้วยกำลังสองของจำนวนหน่วยทดลองในแปลงทดลอง และ x คือ จำนวนหน่วยทดลองที่ประกอบเป็นแปลงทดลอง

$$V_x = V_{(x)}/X^2$$

เนื่องจากความแปรปรวนระหว่างแปลงทดลองของแปลงทดลองขนาดเดียวกัน ที่รูปร่างต่างกัน มีค่าต่างกัน ต้องทำการตรวจสอบภาวะเอกพันธ์ของความแปรปรวน (Homogeneity of variance) เมื่อความแปรปรวนมี 2 ค่า ทดสอบโดยใช้การทดสอบแบบ Two-tailed F-test มีสมมุติฐานว่า

$$H_0: \sigma_1^2=\sigma_2^2 \text{ และ } H_A: \sigma_1^2\neq\sigma_2^2$$

$$F = \frac{\text{ค่าความแปรปรวนที่มีค่ามากกว่า}}{\text{ค่าความแปรปรวนที่มีค่าน้อยกว่า}}$$

สำหรับการตรวจสอบที่มีค่าความแปรปรวนมากกว่า 2 ค่าขึ้นไป ใช้วิธีการทดสอบของ บาร์ตเล็ตต์ (Bartlett's test for homogeneity of variance) มีสมมติฐานว่า

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \ldots = \sigma_k^2$$

$$H_A : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \neq \ldots \neq \sigma_k^2$$

เมื่อมีความแปรปรวนที่ต้องการตรวจสอบจำนวน a ค่า แต่ละค่ามีองศาของความเป็นอิสระ (Degree of freedom) เท่ากันคือ f ค่าสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคือ

$$\chi^2 = \frac{2.3026}{C} f(a \log \bar{S}^2 - \Sigma \log S_i^2)$$

$$\bar{S}^2 = \frac{1}{a} \Sigma S_i^2$$

$$C = 1 + \frac{a+1}{3af}$$

หากพบว่า ความแปรปรวนระหว่างแปลงทดลองไม่มีความแตกต่างกัน หาค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนต่อหน่วยทดลอง และค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์ ความแปรผันของแปลงทดลองทุกขนาด

1.1 การหาค่าดัชนีความผันแปรของดิน

จากสมการที่ 2.1.1

$$V_x = V_1/x^b$$

แปลงให้เป็นสมการลอคการิทึม (Logarithmic equation)

$$\log V_x = \log V_1 - b \log x \qquad (2.1.3)$$

แก้สมการที่ 2.1.3 โดยวิธีกำลังสองที่น้อยที่สุด (Least square method) และประมาณค่า b ดัชนีความผันแปรของดินได้จาก

$$b = \frac{\Sigma(X_i-\bar{X})(Y_i-\bar{Y})}{\Sigma(X_i-\bar{X})^2}$$

เมื่อกำหนดให้

ตัวแปรอิสระ $X = \log x$

ตัวแปรตาม $Y = \log V_x$

เนื่องจากค่า b ที่ประมาณได้นี้เป็นค่าดัชนีความผันแปรของดินเฉพาะในพื้นที่ที่ทำการทดลอง ซึ่งถือว่าเป็นพื้นที่เจาะจง (Finite field) Smith (1938) ได้เสนอให้มีการปรับค่าของ b เพื่อให้เป็นค่าดัชนีความผันแปรของดินในพื้นที่ใด ๆ โดยไม่เจาะจง (infinite field), b' โดยการปรับค่ากำหนดตามช่วงอัตราส่วนของ x/n เมื่อ x คือขนาดของพื้นที่ของหน่วยทดลอง และ n คือพื้นที่ทดลองทั้งหมด (ตารางภาคผนวกที่ 4)

หลังจากปรับค่าแล้ว b' จะมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 และนำไปประกอบกับค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทดลอง เพื่อประเมินขนาดที่เหมาะสมของแปลงย่อย ตามหลักการของ Smith (1938) ต่อไป

เมื่อพิจารณาลักษณะความสัมพันธ์ของค่าความแปรปรวนต่อหน่วยทดลอง V_x และขนาดของแปลงทดลองเป็นจำนวนหน่วยทดลอง นำค่าเฉลี่ยของค่าความแปรปรวนต่อหน่วยทดลองของแปลงทดลองแต่ละขนาดไปเขียนกราฟร่วมกับขนาดของแปลงทดลองในกระดาษ

ลอคการิทึม และทดสอบสมมติฐานว่าค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์ในลักษณะการถดถอย เชิง เส้น (Linear requession) โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance) ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ของข้อมูล

SOV.	d.f.	S.S.
Regression	1	$\frac{b\ \Sigma(X_i-\bar{X})(Y_i-\bar{Y})}{\Sigma(X_i-\bar{X})^2}$
Deviation from Regression	n-2	$\Sigma(Y_i-\bar{Y})^2-\frac{b\Sigma(X_i-\bar{X})(Y_i-\bar{Y})}{\Sigma(X_i-\bar{X})^2}$

เนื่องจากมีการศึกษาข้อมูลเพื่อประมาณค่าดัชนีความผันแปรของดิน 2 ชุด ทดสอบว่าดัชนีความผันแปรของดินทั้งสองมีค่าต่างกันหรือไม่ (Steel และ Torrie, 1960) โดยใช้การทดสอบแบบสติวเด้นท์ที ทดสอบสมมติฐาน

$$H_0 : b_1 = b_2 \text{ และ } H_A : b_1 \neq b_2$$

เมื่อ b_1 และ b_2 คือดัชนีความผันแปรของดินจากข้อมูล 2 ชุด ค่าสถิติของการทดสอบคือ

$$t = \frac{|\hat{b}_1 - \hat{b}_2|}{\sqrt{S_p^2(1/\Sigma X_1^2 + 1/\Sigma X_2^2)}}$$

S_p^2 คือ ค่าความแปรปรวนร่วม (Pooled variance) ซึ่งมีค่า

$$S_p^2 = \frac{(n_1-2)\ S_{y.x_1}^2 + (n_2-2)\ S_{y.x_2}^2}{n_1+n_2-4}$$

$S_{y.x_1}^2$ และ $S_{y.x_2}^2$ คือ ค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน จากข้อมูลชุดที่ 1 และชุดที่ 2

n_1 และ n_2 คือ จำนวนคู่ของข้อมูลที่ทำการทดสอบชุดที่ 1 และชุดที่ 2

ถ้าการทดสอบพบว่าไม่มีความแตกต่างของค่า b ทั้งสอง ใช้ค่า b เฉลี่ยใช้เป็นค่าประมาณของดัชนีความผันแปรของดินของทั้งสองสถานที่

1.2 ขนาดของแปลงทดลองที่เหมาะสม

เมื่อทราบค่าดัชนีความผันแปรของดิน สามารถประเมินขนาดของแปลงทดลองที่เหมาะสมจากสมการที่ 2.1.2 คือ

$$X = \frac{b}{(1-b)} \cdot \frac{K_1}{K_2}$$

ซึ่งเป็นการประเมินขนาดที่เหมาะสมของแปลงทดลองโดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายของการทดลอง K_1 และ K_2 ซึ่งเป็นค่าประมาณของชั่วโมง-แรงงาน ของการดำเนินงานทดลองที่ประมาณจากงานทดลองเปรียบเทียบพันธุ์ข้าวฟ่าง วางแผนการทดลองโดยใช้แผนแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพด-ข้าวฟ่างแห่งชาติ เนื่องจากขั้นตอนของการปฏิบัติงานทดลอง ตลอดจนอุปกรณ์วิธีการที่ใช้ทั้งสองสถานที่คล้ายคลึงกัน ค่าประมาณค่าใช้จ่ายเป็นชั่วโมง-แรงงานจากศูนย์วิจัยข้าวโพด-ข้าวฟ่างแห่งชาติ จึงนำมาใช้เป็นค่าประมาณค่าใช้จ่ายของสถานีทดลองตากฟ้า เพื่อหาขนาดแปลงย่อยที่เหมาะสมด้วย

2. รูปร่างของแปลงทดลอง

การพิจารณาว่าควรใช้แปลงทดลองที่มีรูปร่างอย่างไร ขึ้นอยู่กับความสะดวกในการปฏิบัติงานประการหนึ่ง และขึ้นอยู่กับผลวิเคราะห์ทางสถิติอีกประการหนึ่ง การวิเคราะห์ข้อมูลมีค่า F เป็นค่าสถิติ ซึ่ง เปรียบเทียบระหว่างค่าความแปรปรวนที่เปรียบเทียบได้ (Comparable variance) ของแปลงทดลองขนาดเดียวกันที่มีรูปร่างต่างกัน โดยใช้ค่าความแปรปรวนที่เปรียบเทียบได้ค่าที่น้อยที่สุดเปรียบเทียบกับค่าอื่น ค่า F ของรูปร่างใดมีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่ารูปร่างของแปลงทดลองมีผลต่อความแปรปรวนระหว่างแปลงทดลอง สำหรับขนาดของแปลงทดลองที่พบว่าค่า F ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่ารูปร่างของแปลงทดลองไม่มีผลต่อความแปรปรวนและเลือกใช้รูปร่างของแปลงทดลองเป็นแบบใดก็ได้ โดยมีข้อแนะนำว่า

ควร เลือกรูปร่างที่ให้ค่าความแปรปรวนน้อยและมีความสะดวกในการปฏิบัติงาน

3. การสร้างแผนภาพแสดงความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Soil fertility contour map)

จากข้อมูลผลผลิตของข้าวฟ่างนำมาใช้สร้างแผนภาพแสดงความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยมีค่า เฉลี่ย เคลื่อนที่ (Moving average) ของผลผลิตต่อหน่วย (unit) เป็นตัวแทนในการกำหนดแผนภาพ Smith (1938) ได้ให้ข้อแนะนำว่า การสร้างแผนภาพแสดงความอุดมสมบูรณ์ของดิน หน่วยพื้นที่ที่นำค่าผลผลิตมา เฉลี่ย เพื่อหาค่า เฉลี่ย เคลื่อนที่นั้นควรมีรูปร่าง เป็นสี่ เหลี่ยมจตุรัส เพราะจะทำให้ได้แผนภาพถูกต้องกว่าหน่วยพื้นที่ที่มีรูปร่าง เป็นสี่ เหลี่ยมผืนผ้า

เนื่องจากข้อมูลผลผลิตข้าวฟ่างที่นำมาศึกษา เป็นผลผลิตจากหน่วยทดลองที่มีพื้นที่ 0.75 ตาราง เมตร จึงรวมค่าผลผลิตที่ละ 6 หน่วยทดลอง ประกอบด้วย 3 หน่วยทดลองทางแถว (Row) และ 2 หน่วยทดลองทางสดมภ์ (Column) ให้ เป็นค่าผลผลิตใน 1 หน่วย (unit) คิดเป็นพื้นที่ 4.5 ตาราง เมตร มีรูปร่าง เป็น 2.25 เมตร × 2.0 เมตร ซึ่งมีรูปร่างค่อนข้าง เป็นสี่ เหลี่ยมจตุรัส ค่าของผลผลิตต่อหน่วยมีพื้นที่ 4.5 ตาราง เมตร

ค่า เฉลี่ย เคลื่อนที่ของผลผลิตจาก 4 หน่วยที่อยู่ติดต่อกัน (4 point moving average) ประกอบด้วย 2 หน่วยในแถว และ 2 หน่วยในสดมภ์ หาค่าของขีดจำกัดสูงสุดและค่าขีดจำกัดต่ำสุด แบ่งพิสัย (Range) ของค่า เฉลี่ย เคลื่อนที่ออก เป็นชั้น (Class) ให้มีอัตราภาคชั้น (Class interval) เท่ากัน กำหนดสัญญลักษณ์หรือสีหรือ เงาให้กับแต่ละชั้น โดยให้สีหรือ เงาที่อ่อนแสดงถึงค่าผลผลิตต่ำ และ เข้มขึ้น เป็นลำดับ เมื่อแสดงถึงค่าผลผลิตที่สูงขึ้น เขียนแผนผังของพื้นที่ทดลองแบ่งออก เป็นตารางให้แต่ละตารางแทนหน่วยพื้นที่ 4.5 ตาราง เมตร ให้สัมพันธ์กับข้อมูลค่า เฉลี่ย เคลื่อนที่ ตรวจดูว่าแต่ละหน่วยมีค่า เฉลี่ย เคลื่อนที่อยู่ในชั้นใด ให้สัญญลักษณ์หรือสีหรือ เงาตามที่กำหนด แผนภาคที่ได้จะแสดงถึงสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ทดลอง

4. การศึกษาประสิทธิภาพของการจัดบล็อค (Block efficiency) และรูปร่างของบล็อค

การจัดบล็อค (Blocking) คือการจัดกลุ่มให้กับสิ่งทดลองที่มีความแตกต่างกันซึ่ง

สามารถจำแนกออกเป็นแต่ละกลุ่มได้ โดยพยายามให้ภายในกลุ่ม หรือบล็อคมีความสม่ำเสมอกันหมด และระหว่างบล็อคแตกต่างกันมาก

ในการทดลองที่มีจำนวนทรีทเมนท์เท่ากับ t และขนาดของบล็อคหรือจำนวนหน่วยการทดลองภายในบล็อคเท่ากับ k เมื่อ t = k การทดลองนั้นเรียกว่าเป็นการทดลองแบบบล็อคสมบูรณ์ และบล็อคขนาด k นั้นเรียกว่าเป็นบล็อคสมบูรณ์ (Complete block) ซึ่งหมายถึงหน่วยการทดลองภายในบล็อครับทรีทเมนท์ได้ครบ แต่ถ้าจำนวนทรีทเมนท์มีมากกว่าขนาดของบล็อค (k น้อยกว่า t) และหน่วยการทดลองภายในบล็อครับทรีทเมนท์ได้เพียงบางทรีทเมนท์ เรียกการทดลองนั้นว่าเป็นการทดลองแบบบล็อคไม่สมบูรณ์

โดยทั่วไปการแบ่งพื้นที่ทดลองออกเป็นบล็อคจะช่วยกำจัดความผันแปรที่เกิดจากปัจจัยที่มิใช่ทรีทเมนท์ (จรัญ จันทลักขณา, 2523)

จากข้อมูล Uniformity trial ของข้าวฟ่างทั้ง 2 ชุด จัดให้ในแต่ละบล็อคมีจำนวนแปลงทดลองตั้งแต่ 4 จนถึง 18 แปลง ให้เป็นการทดลองมีแผนแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized complete block design) ซึ่งหมายความว่า เป็นการเอาทรีทเมนท์ทั้งหมดมาเปรียบเทียบภายใต้สภาพเดียวกัน โดยมีแปลงทดลองขนาด 4.5-12.0 ตารางเมตร บรรจุในบล็อคที่มีขนาดและรูปร่างต่าง ๆ กัน เฉพาะที่พอดีลงตัวกับพื้นที่ทดลอง

วิเคราะห์ข้อมูลของแผนแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ ซึ่งมีแบบหุ่น (Model) ในการทดลองเป็น

$$Y_{ij} = \mu+T_i+\beta_j+\varepsilon_{ij} \qquad (2.3.1)$$

$i = 1,2,..,t$ ทรีทเมนท์

$j = 1,2,..,r$ บล็อก

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของข้อมูล

T_i = อิทธิพลของทรีทเมนท์ ที่ i

β_j = อิทธิพลของบล็อค ที่ j

ε_{ij} = ความคลาดเคลื่อนของการทดลองของค่าสังเกต Y_{ij} ในบล็อคที่ j ที่ได้รับทรีทเมนท์ ที่ i

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลได้ดังนี้

ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองใช้แผนแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ของแต่ละการทดลอง

SOV.	df.	S.S.	M.S.
Total	rt-1		
Blocks	r-1	SS_b	E_b
Treatments	t-1	SS_t	E_t
Error	(r-1)(t-1)	SS_{e_1}	E_{e_1}

จากตารางที่ 2.2 สามารถหาตารางวิเคราะห์ข้อมูลของการทดลองที่มีแผนแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design) ที่มีจำนวนทรีทเมนท์เท่ากัน

แบบหุ่นในการทดลองคือ

$$Y_{ij} = \mu+Ti+\varepsilon_{ij} \qquad (2.3.2)$$

$i = 1,2,..,t$ ทรีทเมนท์

$j = 1,2,..,r$ ค่าสังเกต

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมด

Ti = อิทธิพลของทรีทเมนท์ ที่ i

ε_{ij} = ความคลาดเคลื่อนของการทดลองของค่าสังเกต Y_{ij} ที่ได้รับทรีทเมนท์ ที่ i และเป็นค่าสังเกตลำดับที่ j

วิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง ดังนี้

ตารางที่ 2.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแผนแบบสุ่มตลอด

SOV.	df.	M.S.
Total	rt-1	
Treatment	t-1	
Error	t(r-1)	E_{e_2}

ค่า E_{e_2} คือค่า Error mean square จากแผนแบบสุ่มตลอด คำนวณได้จากตารางที่ 2.2 โดยวิธีของ Steel และ Torrie (1960) ดังนี้

$$E_{e_2} = \frac{n_b E_b + (n_t + n_e) E_e}{n_b + n_t + n_e}$$

โดยที่

E_{e_1} = Error mean square

E_b = Block mean square

n_b = องศาของความเป็นอิสระของบล็อค

n_t = องศาของความเป็นอิสระของทรีทเมนท์

n_e = องศาของความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน

และประสิทธิภาพของการจัดบล็อค (Block efficiency) คือค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (Relative efficiency) ระหว่างแผนแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์และแผนแบบสุ่มตลอด คำนวณได้จาก

$$R.E. = \frac{E_{e_2}}{E_{e_1}} \times 100\% \qquad (2.3.3)$$

ค่าประสิทธิภาพของการจัดบล็อคเป็นสิ่งแสดงว่าการวางแผนการทดลองมีแผนแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ให้กับพื้นที่ทดลองช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทดลองหรือไม่ และจากการจัดให้บล็อคมีรูปร่างต่าง ๆ กัน ค่าประสิทธิภาพในการจัดบล็อคจะช่วยในการพิจารณาว่ารูปร่างของบล็อคชนิดใดที่ให้ประสิทธิภาพในการทดลองสูงกว่า และควรใช้ในการทำการทดลองครั้งต่อไป

5. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างแผนแบบแลททิชและแผนแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์

ในงานทดลองที่มีจำนวนทรีทเมนท์ที่ต้องการทดสอบเป็นจำนวนมาก การทดลองแบบบล็อคสมบูรณ์ที่มีจำนวนหน่วยการทดลองเท่ากับจำนวนทรีทเมนท์กระทำได้ยาก เนื่องจากบล็อคที่ใช้ในการทดลองต้องมีขนาดใหญ่ทำให้ไม่อาจควบคุมหน่วยการทดลองภายในบล็อคมีความคล้ายคลึงกันได้ตลอดทั้งบล็อค เป็นผลให้การจัดบล็อคไม่มีประสิทธิภาพดังต้องการ จึงมีการเสนอแนะให้ใช้บล็อคไม่สมบูรณ์ ซึ่งหมายถึงบล็อคที่มีจำนวนหน่วยการทดลองน้อยกว่าในบล็อคสมบูรณ์และจะได้รับทรีทเมนท์ไม่ครบทุกทรีทเมนท์ภายในบล็อคเดียว

แผนแบบแลททิช (Lattice design) เป็นกรณีพิเศษของแผนแบบบล็อคไม่สมบูรณ์แต่สมดุลย์ (Balanced incomplete block) บล็อคไม่สมบูรณ์ คือการที่มีทรีท-เมนท์ จำนวน t กระทำต่อบล็อคขนาด k (k น้อยกว่า t) และที่เรียกว่าสมดุลย์ (Balance) หมายถึงการที่แต่ละคู่ของทรีทเมนท์ปรากฏในบล็อคเดียวกันด้วยจำนวนครั้งเท่ากัน เช่น เมื่อทรีทเมนท์ A เกิดขึ้นกับทรีทเมนท์ B ในบล็อคเดียวกัน 1 ครั้ง ดังนั้นทุกคู่ของทรีทเมนท์อื่น ๆ ก็ต้องเกิดขึ้นด้วยกันในบล็อคเดียวกัน 1 ครั้งด้วย โดยเหตุนี้จึงสามารถประมาณอิทธิพลของทรีทเมนท์อย่างไม่เอนเอียง (Unbias) ได้ (จรัญ จันทลักขณา, 2523)

ได้มีการนำแผนแบบแลททิชมาใช้ในงานทดลองที่ต้องการทดสอบทรีทเมนท์จำนวนมาก และไม่สามารถใช้แผนแบบบล็อคสมบูรณ์ จากการศึกษาโดยทั่วไปพบว่า แผนแบบแลททิชมีประสิทธิภาพดีกว่าแผนแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ จึงนำข้อมูลของการทดลองแบบ Uniformity trial มาศึกษาเปรียบเทียบแผนแบบการทดลองทั้งสอง แผนแบบแลททิชที่ใช้คือ ซิมเพิล แลททิช ทริปเพิล แลททิช และแลททิช สแควร์ ซึ่งเป็นแผนแบบแลททิชสมดุลย์บางส่วน (Partially balanced lattice) มี k^2 ทรีทเมนท์

ชิมเพิล แลททิช และ ทริปเพิล แลททิช มีทรีทเมนท์กระทำต่อบล็อคขนาด k แปลงทดลอง โดยที่แต่ละคู่ของทรีทเมนท์ปรากฏด้วยกันในบล็อคด้วยจำนวนครั้งเท่ากัน มีจำนวนซ้ำเป็น 2 ซ้ำ และ 3 ซ้ำ ตามลำดับ ส่วน แลททิช สแควร์ จัดให้ k^2 ทรีทเมนท์ ปรากฏในการทดลองเป็นลักษณะตารางขนาด k×k ถ้า k เป็นจำนวนคี่ จำนวนซ้ำที่ใช้ในการทดลองจะเป็น $\frac{k+1}{2}$ ซ้ำ และแต่ละคู่ของทรีทเมนท์จะปรากฏด้วยกันเพียง 1 ครั้ง ในแถว (Row) หรือสดมภ์ (Column) เดียวกัน ถ้า k เป็นจำนวนคู่ จำนวนซ้ำที่ใช้ในการทดลองจะเป็น k+1 ซ้ำ โดยที่แต่ละคู่ของทรีทเมนท์จะปรากฏด้วยกัน 1 ครั้งในแถวเดียวกัน และอีก 1 ครั้งในสดมภ์เดียวกัน

จัดข้อมูลการทดลองแบบ Uniformity trial ของข้าวฟ่างให้เป็นการทดลองที่มีการวางแผนการทดลองแบบ ชิมเพิล แลททิช ทริปเพิล แลททิช และ แลททิช สแควร์ ใช้ขนาดและรูปร่างของแปลงทดลองเป็น 1.5×4.0 ตารางเมตร และ 1.5×6.0 ตารางเมตร จัดให้เป็นบล็อคและซ้ำที่มีรูปร่างต่าง ๆ กำหนดจำนวนทรีทเมนท์เป็น 16, 25 และ 36 ทรีทเมนท์ เนื่องจากพื้นที่ทดลองมีจำกัด แผนแบบแลททิช 25 ทรีทเมนท์จึงศึกษาได้เฉพาะเมื่อขนาดของแปลงทดลองเท่ากับ 1.5×4.0 ตารางเมตร และสำหรับ 36 ทรีทเมนท์ ศึกษาได้เฉพาะชิลเพิล แลททิช และ ทริปเพิล แลททิช

ด้วยเหตุที่เป็นการศึกษาจากข้อมูลของการทดลองแบบ Uniformity trial การวิเคราะห์ผลทางสถิติจะแตกต่างไปจากการวิเคราะห์ผลของแบบแลททิชที่เป็นการวิเคราะห์ผลจากงานทดลองต่าง ๆ เนื่องจากทรีทเมนท์เป็นเพียงสิ่งสมมุติ (Pseudotreatment) และอิทธิพลของบล็อค แถวหรือสดมภ์ไม่ถูกพัวพัน (Confound) โดยทรีทเมนท์ ทำการวิเคราะห์ผลโดยใช้วิธีการของ Johnson และ Murphy (1943) และ Zuber (1942) ดังนี้

ตารางที่ 2.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจากแผนแบบ ชิมเพิล แลททิช

SOV.	df.	M.S.	
Total	$2k^2-1$	-	
Replication	1	-	
Blocks (ignor.trt.)	2(k-1)	E_b	
Error	2k(k-1)	E_e	E_f

ตารางที่ 2.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจากแผนแบบ ทริปเพิล แลททิซ

SOV.	df.	M.S.	
Total	$3k^2-1$	-	
Replications	2	-	
Blocks (ignor.trt.)	$3(k-1)$	E_b	
Error	$3k(k-1)$	E_e	E_f

ตารางที่ 2.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจากแผนแบบ แลททิซ สแควร์

SOV.	df.	M.S.	
Total	rk^2-1	-	
Replications	$r-1$	-	
Rows (ignor.trt.)	$r(k-1)$	E_r	
Columns (ignor.trt.)	$r(k-1)$	E_c	
Error	$r(k-1)^2$	E_e	E_f

การคำนวณค่า sum of squares

1) Correction factor, C.F. $= \frac{(\text{Grand total})^2}{rk^2-1}$

2) Total S.S. $= \Sigma X^2 - \text{C.F.}$

3) Replication S.S. $= \frac{\Sigma(\text{Replication total})^2}{k^2} - \text{C.F.}$

4) Block (ignor.trt.) S.S. $= \frac{\Sigma(\text{Block total})^2}{k} - \text{C.F.} - 3)$

5) Row (ignor.trt.) S.S. $= \frac{\Sigma(\text{Row total})^2}{k} - \text{C.F.} - 3)$

6) Column (ignor.trt.) S.S. = $\frac{\Sigma(\text{Column total})^2}{k}$ -C.F. -3)

7) Error. S.S.

ก. สำหรับ ชิมเพิล แลททิช และ ทริปเพิล แลททิช

Error S.S. = 2)-3)-4)

ข. สำหรับ แลททิช สแควร์

Error S.S. = 2)-3)-5)-6)

8) Effective error mean square, E_f ได้จากผลคูณของค่า f (Adjustment factor) กับค่า Error mean square

ค่า f สำหรับแต่ละแผนการทดลองมีค่าดังนี้

ตารางที่ 2.7 ค่า Adjustment factor, f สำหรับแผนแบบแลททิชที่มี k×k ทรีทเมนท์

ชนิดของแผนแบบแลททิช	f
ชิมเพิล แลททิช	$1+\frac{2(B-E)}{(k-1)(B+E)}$
ทริปเพิล แลททิช	$1+\frac{3(B-E)}{(k+1)(2B+E)}$
แลททิช สแควร์ $(\frac{k+1}{2})$ ซ้ำ	$1+\frac{\frac{1}{2}(R-E)}{E+\frac{1}{2}(k-1)R}+\frac{\frac{1}{2}(C-E)}{E+\frac{1}{2}(k-1)C}$
แลททิช สแควร์ (k+1) ซ้ำ	$1+\frac{(R-E)}{(k-1)R}+\frac{(C-E)}{(k-1)C}$

โดยที่ B,R,C และ E คือค่า Mean square ของบล็อค แถว สดมภ์ และ Error ตามลำดับ k คือจำนวนทรีทเมนท์ภายในบล็อคไม่สมบูรณ์

จากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแผนแบบแลททิชในตารางที่ 2.4 ตารางที่ 2.5 และตารางที่ 2.6 สร้างตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแผนแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ได้ดังนี้

ตารางที่ 2.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแผนแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ สร้างจากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแผนแบบแลททิช

SOV.	df.	M.S.
Total	rk^2-1	
Replication	$r-1$	
Error	rk^2-1	E_e^*

ค่า Error mean square, E_e^* คำนวณได้จากค่า sum of squares ต่าง ๆ จากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแผนแบบ ชิมเพิล แลททิช และ ทริปเพิล แลททิช

$$E_e^* = \frac{\text{Error S.S.} + \text{Block S.S.}}{n_e + n_b}$$

เมื่อ n_e และ n_b คือองศาของความเป็นอิสระของ Error และบล็อค

สำหรับค่า E_e^* ที่คำนวณจากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแผนแบบแลททิช สแควร์

$$E_e^* = \frac{\text{Error S.S.} + \text{Row S.S.} + \text{Column S.S.}}{n_e + n_r + n_c}$$

โดยที่ n_e, n_r และ n_c คือองศาของความเป็นอิสระของ Error แถวและสดมภ์ตามลำดับ

ประสิทธิภาพของแผนแบบแลททิชกับแผนแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์เปรียบเทียบได้จากค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ระหว่างแผนการทดลองทั้งสอง (R.E.) ซึ่งทำการทดลองโดยมีจำนวนทรีทเมนท์เท่ากันและใช้แปลงทดลองเดียวกัน

$$R.E. = \frac{E_e^*}{E_f} \times 100\%$$

นั่นคือค่า E_e^* และ E_f ที่นำมาคำนวณค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ต้องเป็นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลชุดเดียวกัน