

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การศึกษาลักษณะประจำพันธุ์และเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกาดหอมใบ

The Study on Hereditary Characteristics and Growth Comparisons
of Leaf Lettuce

โดย

ผศ.สายชล สนิทสมบูรณ์ทอง

RCH

ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

SB

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

351

46

๙๖๕๗๗

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน.....

84042

วันเดือนปี.....

25 ก. ย. 2551

b. 11985095
i.

งานวิจัยนี้ได้รับทุนวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2551

หัวข้อ	การศึกษาลักษณะประจำพันธุ์และเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกาดหอมใบ
ผู้วิจัย	ผศ.สายชล สนิทสมบูรณ์ทอง
สาขา	สถิติประยุกต์
พ.ศ.	2551

บทคัดย่อ

ในการศึกษาเรื่อง ลักษณะประจำพันธุ์และเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกาดหอมใบจำนวน 10 สายพันธุ์ คือ Grand Rapids 1, Grand Rapids 2, Lettuce, Lettuce Grand Rapids Black Seeded, Champaign, Oakleaf, Sea Fresh, Redoak, Red Salad Bowl และ Green Salad Bowl โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 2 บล็อก ทำการวัดความสูงของต้น ความยาวของใบ ความกว้างของใบ ความกว้างของทรงพุ่ม นับจำนวนใบ ซึ่งน้ำหนักต้น บันทึกลีใบ และลักษณะใบ โดยบันทึกผลผักกาดหอมต้นวันต้น แปลงละ 10 ต้น รวมทั้งหมด 200 ต้น เมื่ออายุได้ 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก ซึ่งในการศึกษารั้งนี้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ต่าง ๆ โดยใช้การทดสอบแบบพหุเชิงพหุของต้นแดน และได้มีการตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงแบบปกติของค่าคงเหลือและความแปรปรวนของค่าคงเหลือ

ผลของการศึกษาพบว่า ผักกาดหอมใบทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความสูงเฉลี่ยและน้ำหนักต้นเฉลี่ยแตกต่างกัน โดยที่พันธุ์ Grand Rapids 1 มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด หลังจากย้ายปลูก 28 และ 35 วัน และพันธุ์นี้ยังมีน้ำหนักต้นเฉลี่ยมากที่สุด หลังจากย้ายปลูก 42 วัน รองลงมาคือพันธุ์ Sea Fresh และ Champaign ตามลำดับ ผักกาดหอมใบทั้ง 10 สายพันธุ์ เหล่านี้มีความยาวใบเฉลี่ย ความกว้างใบเฉลี่ย และความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยแตกต่างกัน โดยที่พันธุ์ Redoak มีความยาวใบเฉลี่ยมากที่สุด หลังจากย้ายปลูก 14, 21, 28 และ 35 วัน มีความกว้างใบเฉลี่ยมากที่สุด หลังจากย้ายปลูก 28 และ 35 วัน และมีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุด หลังจากย้ายปลูก 21, 28 และ 35 วัน นอกจากนี้ผักกาดหอมใบทั้ง 10 สายพันธุ์ ยังมีจำนวนใบเฉลี่ยแตกต่างกัน โดยที่พันธุ์ Oakleaf มีจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุด หลังจากย้ายปลูก 14, 21, 28 และ 35 วัน

Thesis Title	The Study on Hereditary Characteristics and Growth Comparisons of Leaf Lettuce
Researcher	Assit.Prof. Saichon Sinsomboonthong
Programme	Applied Statistics
Year	2008

Abstract

In this study, 10 kinds of leaf lettuce were studied and compared to investigate the hereditary characteristics and the growth rate. The 10 kinds of leaf lettuce included Grand Rapids 1, Grand Rapids 2, Lettuce, Lettuce Grand Rapids Black Seeded, Champaign, Oakleaf, Sea Fresh, Redoak, Red Salad Bowl, and Green Salad Bowl. Randomized complete block design was applied and 2 blocks were used. Weights and heights of plants, widths of stems, and lengths, widths, numbers, color and characteristics of leaves were measured. 20 plots of ten plants, totally 200 plants, were measured. In the study, one-after-another-one sampling method was used in the selection of plants to be measured, at every seven days, subsequent to the transplant. Then, Duncan's new multiple range test was employed in the analysis of variance and comparison of means of each kind of leaf lettuce. In addition, residual normal distribution assumptions and residual variance are examined.

The results of the study indicated that there are differences in the average height and average weight among the ten kinds of leaf lettuce. The Grand Rapid 1 showed the highest mean height after the 28th and the 35th day of transplantation, and the mean weight was highest after the 42nd day, followed by Sea Fresh and Champaign respectively. In addition, there were also differences in the means of leaf length, leaf width, and plant width.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลผู้มีพระคุณหลายท่าน ดังนี้

ขอขอบพระคุณโครงการพัฒนานักวิจัยใหม่ที่เอื้อเฟื้อ โดยใช้งบรายได้คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประเภทส่งเสริมนักวิจัย ที่เอื้อเฟื้อทุนสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณนายอุดมศักดิ์ ผ่องศรี นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยให้ความช่วยเหลือด้านการทำแปลง การย้ายกล้า รดน้ำ พรวนดิน ฉีดยาฆ่าแมลง เป็นต้น

ขอขอบคุณนายปรวิตร พัยมศิริ และนางสาวชุติมณฑน์ ต้องทรัพย์ นักศึกษาปริญญาตรี ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ช่วยเก็บรวบรวมข้อมูล

ขอขอบคุณ รศ.ดร.สมชาย กล้าหาญ หัวหน้าภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่จัดหาพื้นที่สำหรับทดลอง ตลอดจนให้คำแนะนำในการปลูก

ขอขอบคุณทุกท่านที่มีได้เอื้อนามในที่นี้ที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่าง ๆ และคอยเป็นกำลังใจให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผศ.สายชล สีนสมบูรณ์ทอง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	IX
สารบัญรูป	XIV
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	3
1.5 นิยามคำศัพท์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1.1 การตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน	4
2.1.1.1 ค่าคงเหลือจะต้องมีการแจกแจงแบบปกติ	4
2.1.1.2 ความแปรปรวนของค่าคงเหลือจะต้องเท่ากัน	6
2.1.1.3 ค่าคงเหลือจะต้องเป็นอิสระกัน	6
2.1.2 วิธีปฏิบัติเมื่อข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน	6
2.1.2.1 การแปลงข้อมูล	6
2.1.2.2 การใช้สถิติที่ไม่ใช่พารามิเตอร์	11
2.1.3 การวางแผนแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์	12
2.1.4 ตัวแบบ	12
2.1.5 การทดสอบสมมติฐาน	14
2.1.6 การหาผลบวกกำลังสอง	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.7 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน	18
2.1.8 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	18
2.1.9 สัมประสิทธิ์ความแปรผัน	19
2.1.10 สัมประสิทธิ์ความแปรผัน	19
2.1.11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์	19
2.2 รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	23
3.1 เมล็ดพันธุ์ ปุ๋ย ยากำจัดศัตรูพืช และอุปกรณ์	23
3.1.1 เมล็ดพันธุ์	23
3.1.2 ปุ๋ย	23
3.1.3 ยากำจัดศัตรูพืช	23
3.1.4 อุปกรณ์	24
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	24
3.2.1 การวางแผนการทดลอง	24
3.2.2 การเตรียมแปลงปลูก	29
3.2.3 การเพาะเมล็ด	29
3.2.4 การดูแลรักษากลับ	29
3.2.5 การย้ายปลูก	29
3.2.6 การปลูกซ่อม	30
3.2.7 การดูแลรักษา	30
3.2.8 การเก็บเกี่ยว	30
3.2.9 การบันทึกผลการทดลอง	31
3.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	32
3.3.1 การตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน	32
3.3.2 วิธีปฏิบัติเมื่อข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน	32

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน	32
3.3.4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์	32
3.4 โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	32
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	33
4.1 ลักษณะประจำพันธุ์	33
4.1.1 สีใบและลักษณะใบ	33
4.2 การเจริญเติบโต	
4.2.1 ความสูงของต้นเฉลี่ย	34
4.2.2 ความยาวของใบเฉลี่ย	35
4.2.3 ความกว้างของใบเฉลี่ย	36
4.2.4 ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย	37
4.2.5 จำนวนใบเฉลี่ย	38
4.2.6 น้ำหนักของต้นเฉลี่ย	39
4.3 การตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน	40
4.3.1 การตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นของความสูงของต้น	42
4.3.2 การตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นของความยาวของใบเฉลี่ย	52
4.3.3 การตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นของความกว้างของใบเฉลี่ย	62
4.3.4 การตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย	76
4.3.5 การตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นของจำนวนใบ	93
4.3.6 การตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นของน้ำหนักต้นเฉลี่ย	108
4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์	110
4.4.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการเปรียบเทียบความสูงของต้นเฉลี่ย	112
4.4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการเปรียบเทียบความยาวของใบเฉลี่ย	117
4.4.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการเปรียบเทียบความกว้างของใบเฉลี่ย	122
4.4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการเปรียบเทียบความกว้างของ ทรงพุ่มเฉลี่ย	129

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการเปรียบเทียบจำนวนใบเฉลี่ย	137
4.4.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการเปรียบเทียบน้ำหนักต้นเฉลี่ย	143
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	144
5.1 สรุปผลการวิจัย	144
5.2 ข้อเสนอแนะ	145
เอกสารอ้างอิง	146
ภาคผนวก	147
รูปที่ 1 ลักษณะต้นและใบของผักกาดหอมพันธุ์ Grand Rapids 1	148
รูปที่ 2 ลักษณะต้นและใบของผักกาดหอมพันธุ์ Grand Rapids 2	148
รูปที่ 3 ลักษณะต้นและใบของผักกาดหอมพันธุ์ Lettuce	149
รูปที่ 4 ลักษณะต้นและใบของผักกาดหอมพันธุ์ Lettuce Grand Rapids	
Black Seeded	149
รูปที่ 5 ลักษณะต้นและใบของผักกาดหอมพันธุ์ Champaign	150
รูปที่ 6 ลักษณะต้นและใบของผักกาดหอมพันธุ์ Oakleaf	150
รูปที่ 7 ลักษณะต้นและใบของผักกาดหอมพันธุ์ Sea Fresh	151
รูปที่ 8 ลักษณะต้นและใบของผักกาดหอมพันธุ์ Redoak	151
รูปที่ 9 ลักษณะต้นและใบของผักกาดหอมพันธุ์ Red Salad Bowl	152
รูปที่ 10 ลักษณะต้นและใบของผักกาดหอมพันธุ์ Green Salad Bowl	152
ตารางที่ 1 Percentage points of the distribution of I_{10}^*	153
ตารางที่ 2 Percentage points of T_n or T_1^*	154

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 สีใบและลักษณะใบของผักกาดหอม	33
ตารางที่ 4.2 ความสูงของต้นเฉลี่ยของผักกาดหอมที่มีอายุ 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน	34
ตารางที่ 4.3 ความยาวของใบเฉลี่ยของผักกาดหอมที่มีอายุ 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน	35
ตารางที่ 4.4 ความกว้างของใบเฉลี่ยของผักกาดหอมที่มีอายุ 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน	36
ตารางที่ 4.5 ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยของผักกาดหอมที่มีอายุ 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน	37
ตารางที่ 4.6 จำนวนใบเฉลี่ยของผักกาดหอมที่มีอายุ 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน	38
ตารางที่ 4.7 น้ำหนักต้นเฉลี่ยของผักกาดหอมที่มีอายุ 42 วัน	39
ตารางที่ 4.8 ค่า Shapiro-Wilk W ก่อนแปลงและหลังแปลงข้อมูล ความแปรปรวนของค่าคงเหลือก่อนแปลงและหลังแปลงข้อมูล และการแปลงข้อมูล ของความสูงของต้น ความยาวของใบเฉลี่ย ความกว้างของใบเฉลี่ย ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย จำนวนใบ และน้ำหนักของต้น ของผักกาดหอมที่มีอายุ 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก	40
ตารางที่ 4.9 ค่า Shapiro-Wilk W และความแปรปรวนของค่าคงเหลือ สำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแบบต่างๆ ของความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก	64
ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบค่า $\frac{S^2}{X}$ และ $\frac{S^3}{X^2}$ สำหรับการแปลงข้อมูลด้วยวิธี \sqrt{X} และ $\frac{1}{\sqrt{X}}$ ของความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก	65
ตารางที่ 4.11 ค่า Shapiro-Wilk W และความแปรปรวนของค่าคงเหลือ สำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแบบต่างๆ ของความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก	68
ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบค่า $\frac{S^2}{X}$ และ $\frac{S}{X}$ สำหรับการแปลงข้อมูลด้วยวิธี \sqrt{X} และ $\log X$ ของความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก	69
ตารางที่ 4.13 ค่า Shapiro-Wilk W และความแปรปรวนของค่าคงเหลือ สำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแบบต่างๆ ของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยเมื่ออายุได้ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก	78
ตารางที่ 4.14 การเปรียบเทียบค่า $\frac{S^2}{X}$ และ $\frac{S}{X}$ สำหรับการแปลงข้อมูลด้วยวิธี \sqrt{X} และ $\log X$ ของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก	79

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

- ตารางที่ 4.15 ค่า Shapiro-Wilk W และความแปรปรวนของค่าคงเหลือ สำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแบบต่าง ๆ ของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก 82
- ตารางที่ 4.16 การเปรียบเทียบค่า $\frac{S^2}{X}$ และ $\frac{S}{X}$ สำหรับการแปลงข้อมูลด้วยวิธี \sqrt{X} และ $\log X$ ของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก 83
- ตารางที่ 4.17 การเปรียบเทียบค่า Shapiro-Wilk W และความแปรปรวนของค่าคงเหลือ สำหรับวิธีการแปลงข้อมูลในรูป $\sqrt{X+A}$, $\log(X+A)$, $\frac{1}{X}$ และ $\frac{1}{\sqrt{X}}$ ของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก 90-91
- ตารางที่ 4.18 การเปรียบเทียบค่า $\frac{S^2}{X}$ และ $\frac{S}{X}$ สำหรับการแปลงข้อมูลด้วยวิธี $\sqrt{X+230}$ และ $\log(X+230)$ ของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก 92
- ตารางที่ 4.19 ค่า Shapiro-Wilk W และความแปรปรวนของค่าคงเหลือ สำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแบบต่าง ๆ ของจำนวนใบที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก 103
- ตารางที่ 4.20 การเปรียบเทียบค่า $\frac{S^2}{X}$, $\frac{S}{X}$ และ $\frac{S^2}{X^2}$ สำหรับการแปลงข้อมูลด้วยวิธี \sqrt{X} , $\log X$ และ $\frac{1}{\sqrt{X}}$ ของจำนวนใบที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก 104
- ตารางที่ 4.21 ค่า R-Square, C.V., F และ p value ของความสูงของต้นเฉลี่ย ความยาวของใบเฉลี่ย ความกว้างของใบเฉลี่ย ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย จำนวนใบเฉลี่ย และน้ำหนักต้นเฉลี่ย ของผักกาดหอมที่มีอายุ 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก 110-111
- ตารางที่ 4.22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของต้นเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก 112

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของต้นเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก	113
ตารางที่ 4.24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของต้นเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก	114
ตารางที่ 4.25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของต้นเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก	115
ตารางที่ 4.26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของต้นเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก	116
ตารางที่ 4.27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวของใบเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก	117
ตารางที่ 4.28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวของใบเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก	118
ตารางที่ 4.29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวของใบเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก	119
ตารางที่ 4.30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวของใบเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก	120
ตารางที่ 4.31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวของใบเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก	121
ตารางที่ 4.32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของใบเฉลี่ยที่แปลงแล้ว ในรูป \sqrt{X} ของผักกาดหอมที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก	122
ตารางที่ 4.33 การเปรียบเทียบความกว้างของใบเฉลี่ยที่แปลงแล้วและก่อนแปลง ของผักกาดหอมที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก	123
ตารางที่ 4.34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของใบเฉลี่ยที่แปลงแล้ว ในรูป $\log X$ ของผักกาดหอมที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก	124
ตารางที่ 4.35 การเปรียบเทียบความกว้างของใบเฉลี่ยที่แปลงแล้วและก่อนแปลง ของผักกาดหอมที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก	125

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของใบเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก	126
ตารางที่ 4.37 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของใบเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก	127
ตารางที่ 4.38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของใบเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก	128
ตารางที่ 4.39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่แปลงแล้ว ในรูป $\log X$ ของผักกาดหอมที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก	129
ตารางที่ 4.40 การเปรียบเทียบความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่แปลงแล้วและก่อนแปลง ของผักกาดหอมที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก	130
ตารางที่ 4.41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่แปลงแล้ว ในรูป $\log X$ ของผักกาดหอมที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก	131
ตารางที่ 4.42 การเปรียบเทียบความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่แปลงแล้วและก่อนแปลง ของผักกาดหอมที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก	132
ตารางที่ 4.43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก	133
ตารางที่ 4.44 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก	134
ตารางที่ 4.45 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่แปลงแล้ว ในรูป $\log(X + 230)$ ของผักกาดหอมที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก	135
ตารางที่ 4.46 การเปรียบเทียบความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่แปลงแล้วและก่อนแปลง ของผักกาดหอมที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก	136
ตารางที่ 4.47 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนใบเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก	137
ตารางที่ 4.48 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนใบเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก	138

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.49 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนใบเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก	139
ตารางที่ 4.50 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนใบเฉลี่ยที่แปลงแล้วในรูป $\frac{1}{\sqrt{X}}$ ของผักกาดหอมที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก	140
ตารางที่ 4.51 การเปรียบเทียบจำนวนใบเฉลี่ยที่แปลงแล้วและก่อนแปลงของผักกาดหอม ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก	141
ตารางที่ 4.52 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนใบเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก	142
ตารางที่ 4.53 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักต้นเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 42 วัน หลังจากย้ายปลูก	143

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 3.1 แผนผังของการวางแผนแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ที่มี 10 ทรีทเมนต์ ในบล็อกที่ 1	27
รูปที่ 3.2 แผนผังของการวางแผนแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ที่มี 10 ทรีทเมนต์ ในบล็อกที่ 2	28
รูปที่ 4.1 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความสูงของต้น ที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก	42
รูปที่ 4.2 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความสูงของต้น ที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก	43
รูปที่ 4.3 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความสูงของต้น ที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก	44
รูปที่ 4.4 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความสูงของต้น ที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก	45
รูปที่ 4.5 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความสูงของต้น ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก	46
รูปที่ 4.6 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความสูงของต้น ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก	47
รูปที่ 4.7 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความสูงของต้น ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก	48
รูปที่ 4.8 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความสูงของต้น ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก	49
รูปที่ 4.9 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความสูงของต้น ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก	50
รูปที่ 4.10 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความสูงของต้น ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก	51
รูปที่ 4.11 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความยาวของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก	52
รูปที่ 4.12 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความยาวของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก	53

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.13 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความยาวของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก	54
รูปที่ 4.14 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความยาวของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก	55
รูปที่ 4.15 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความยาวของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก	56
รูปที่ 4.16 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความยาวของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก	57
รูปที่ 4.17 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความยาวของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก	58
รูปที่ 4.18 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความยาวของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก	59
รูปที่ 4.19 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความยาวของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก	60
รูปที่ 4.20 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความยาวของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก	61
รูปที่ 4.21 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความกว้างของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก	62
รูปที่ 4.22 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความกว้างของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก	63
รูปที่ 4.23 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความกว้างของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก	66
รูปที่ 4.24 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความกว้างของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก	67
รูปที่ 4.25 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความกว้างของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก	70

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.26 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความกว้างของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก	71
รูปที่ 4.27 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความกว้างของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก	72
รูปที่ 4.28 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความกว้างของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก	73
รูปที่ 4.29 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความกว้างของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก	74
รูปที่ 4.30 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความกว้างของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก	75
รูปที่ 4.31 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย ที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก	76
รูปที่ 4.32 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย ที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก	77
รูปที่ 4.33 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย ที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก	80
รูปที่ 4.34 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย ที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก	81
รูปที่ 4.35 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก	84
รูปที่ 4.36 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก	85
รูปที่ 4.37 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก	86
รูปที่ 4.38 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก	87

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.39 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูกลง	88
รูปที่ 4.40 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูกลง	89
รูปที่ 4.41 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของจำนวนใบ ที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูกลง	93
รูปที่ 4.42 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของจำนวนใบ ที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูกลง	94
รูปที่ 4.43 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของจำนวนใบ ที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูกลง	95
รูปที่ 4.44 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของจำนวนใบ ที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูกลง	96
รูปที่ 4.45 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของจำนวนใบ ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูกลง	98
รูปที่ 4.46 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของจำนวนใบ ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูกลง	99
รูปที่ 4.47 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของจำนวนใบ ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูกลง	101
รูปที่ 4.48 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของจำนวนใบ ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูกลง	102
รูปที่ 4.49 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของจำนวนใบ ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูกลง	105
รูปที่ 4.50 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของจำนวนใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูกลง	106
รูปที่ 4.51 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของน้ำหนักต้น ที่มีอายุ 42 วัน หลังจากย้ายปลูกลง	108
รูปที่ 4.52 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของน้ำหนักต้น ที่มีอายุ 42 วัน หลังจากย้ายปลูกลง	109

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ผักกาดหอมเป็นผักที่มีความสำคัญมากในจำพวกผักสลัดด้วยกัน เพราะเป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูง รสชาติดีและปลูกง่าย เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งชาวอเมริกันนิยมใช้ผักกาดหอมประกอบอาหาร ซึ่งส่วนมากใช้รับประทานสด ปริมาณที่บริโภคสูงกว่าผักชนิดอื่น ๆ นอกจากมันฝรั่ง ทำให้เกิดแหล่งผลิตผักกาดหอมขึ้นมากมาย ทั้งในด้านการค้าและปลูกเป็นสวนครัว และได้มีการค้นคว้าปรับปรุงพันธุ์ใหม่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ (รุ่งตะวัน, 2509 และวนิดา, 2510)

ผักกาดหอมมีชื่อเรียกแตกต่างกันไป คนจีนเรียกว่าฟ้งฉ่าย ส่วนภาคเหนือเรียกว่าผักกาดยี่ ผักกาดหอมเป็นผักที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย มีคุณสมบัติดีเด่น จึงเป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางจนได้สมญาว่า The king of the salad plant (Shoemaker, 1949)

การรับประทานผักสดที่สะอาดช่วยให้รสชาติอาหารดีขึ้น ทั้งยังรักษาคุณภาพของวิตามินและอินทรีย์วัตถุด้วย (Green, 1949) นอกจากนี้ยังจัดเป็นอาหารทางตาด้วย โดยการใช้จัดแต่งอาหารให้มีสีสันสวยงามรับประทานขึ้นอีกด้วย สำหรับประเทศไทย พันธุ์ที่นิยมปลูกทั่วไปคือ ชนิดใบ (Leaf type) ซึ่งปลูกง่ายและให้ผลดี เมื่อเทียบกับผักกาดหอมชนิดห่อหัว (Head Lettuce) เนื่องจากไม่ค่อยมีแมลงศัตรูรบกวน พบเพลี้ยและหนอนกระทู้หอมระบาดบ้างเล็กน้อย ในด้านการบริโภคแล้วพบว่าชนิดห่อหัวมีความอร่อยกว่าชนิดใบมาก (บำรุง, 2508) ในสหรัฐอเมริกา ผักกาดหอมที่ปลูกเป็นการค้าและแพร่หลายคือพวก Crisphead และ Butter เพราะมีการห่อหัวแน่น ขนส่งไปได้ไกล ไม่เกิดความเสียหาย (Thompson, 1949)

ผักกาดหอมเจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีอากาศหนาวเย็นอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 15.5-21 องศาเซลเซียส และ Leaf Lettuce เจริญเติบโตได้ดีตลอดปี สำหรับพวก Head Lettuce ในเดือนเมษายนได้ผลผลิตต่อไร่ต่ำลงเล็กน้อย (เขาวรัตน์, 2541) ซึ่งในประเทศไทยนั้นผักกาดหอมที่นิยมปลูกมีอยู่เพียง 2 ชนิดเท่านั้นคือ ชนิด Crisphead ซึ่งได้แก่พันธุ์ Grand Lake 659, พันธุ์ Great Lake 366, พันธุ์ Summer Lake และชนิด Leaf ได้แก่พันธุ์ Grand Rapids และพันธุ์ Black Seeded Simpson ส่วนชนิดและพันธุ์อื่น ๆ ยังไม่มีการทดลองปลูกว่าสามารถเจริญเติบโตได้ดีเพียงใด

ผักกาดหอม (Lettuce) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Lactuca sativa* L. เป็นพืชผักในวงศ์ (Family) Compositae มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย ปลูกกันมากทางภาคตะวันออกและตะวันตก นานกว่า 2,000 ปี มาแล้ว ได้แพร่พันธุ์ไปสู่ยุโรป และอเมริกา ตามลำดับ

ในอเมริกาประชาชนบริโภคผักกาดหอมมีมูลค่าถึงปีละ 62 ล้านดอลลาร์เป็นอย่างต่ำ ทั้งนี้ก็เพราะว่าผักกาดหอมมีคุณค่าทางอาหารสูง ประกอบด้วยแร่ธาตุและวิตามิน เช่น ธาตุแคลเซียม เหล็ก วิตามิน A , B₁ และ B₂ ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นของจำเป็นสำหรับมนุษย์

ในเมืองไทยได้มีการปลูกผักกาดหอมกันมานานเหมือนกัน แต่เป็นผักกาดหอมจีน สำหรับผักกาดหอมพันธุ์ฝรั่งนั้น มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้นำมาปลูกเมื่อปี พ.ศ. 2491-2492 ซึ่งสมัยนั้นประชาชนยังไม่ค่อยรู้จักมากนัก ปัจจุบันนี้ประชาชนนิยมรับประทานผักกาดหอมกันอย่างแพร่หลายขึ้นกว่าแต่ก่อน แต่ผักกาดหอมที่ปลูกกันทั่วไปเป็นผักกาดหอมพันธุ์พื้นเมือง ซึ่งรู้จักกันมานาน ผักกาดหอมพันธุ์ต่างประเทศนั้นยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก เพิ่งจะมีผู้ริเริ่มนำเข้ามาปลูกเป็นการค้าเมื่อไม่นานมานี้ และยังคงอยู่ในวงแคบมาก จึงเป็นการสมควรอย่างยิ่งที่จะแนะนำเผยแพร่และส่งเสริมให้ประชาชนรู้จักบริโภคผักกาดหอมพันธุ์ใหม่ ๆ พร้อมทั้งยังส่งเสริมให้มีการผลิตมากขึ้น แต่การปลูกผักกาดหอมนั้นเราจำเป็นต้องสั่งซื้อเมล็ดพันธุ์จากต่างประเทศเข้ามาปลูก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษา ทดลองและเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของแต่ละพันธุ์ เพื่อที่จะทราบว่าผักกาดหอมพันธุ์ใดที่มีการเจริญเติบโตดีสำหรับสภาพดินฟ้าอากาศในประเทศไทย ถ้าพันธุ์ใดให้ผลดีก็จะได้นำออกเผยแพร่สู่ประชาชนต่อไป (สถิตย์, 2502)

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาลักษณะประจำพันธุ์ของผักกาดหอมใบแต่ละพันธุ์
- 2) เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตว่าพันธุ์ใดมีการเจริญเติบโตดี

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเรื่อง ลักษณะประจำพันธุ์และเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกาดหอมใบ จำนวน 10 สายพันธุ์ คือ Grand Rapids 1, Grand Rapids 2, Lettuce, Lettuce Grand Rapids Black Seeded, Champaign, Oakleaf, Sea Fresh, Redoak, Red Salad Bowl และ Green Salad Bowl โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design) โดยทำ 2 ซ้ำ (replication) แปลงละ 3 แถว ๆ ละ 10 ต้น ระยะห่างระหว่างแถว 30 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างต้น 30 เซนติเมตร ในแต่ละพันธุ์ปลูก 30 ต้น ในแต่ละซ้ำมี 10 พันธุ์ ดังนั้นใน 1 ซ้ำ ใช้กล้า 300 ต้น จำนวนกล้าที่ใช้ปลูกทั้งหมด 600 ต้น ทำการวัดความสูงของต้น ความยาวของใบ ความกว้างของใบ ความกว้างของทรงพุ่ม นับจำนวนใบ บันทึกลีใบ ลักษณะใบ และชั่งน้ำหนักของต้น โดยบันทึกผลผักกาดหอมต้น เว้นต้น แปลงละ 10 ต้น รวมทั้งหมด 200 ต้น เมื่ออายุได้ 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก การทดลองนี้ทำในแปลงสวนผักของภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

เปรียบเทียบว่าพันธุ์ใดมีการเจริญเติบโตดีและมีสภาพเหมาะสมกับดินฟ้าอากาศของประเทศไทย เพื่อจะได้เผยแพร่ให้เกษตรกรนำไปปลูกต่อไป

1.5 นิยามคำศัพท์

ค่าทำนาย (Predicted value) คือ ค่าที่ได้จากตัวแบบที่เราสนใจ

ค่าคงเหลือ (Residual) คือ ความแตกต่างระหว่างค่าที่สังเกตได้ของตัวแปรตอบสนอง (y_i) และค่าทำนาย (\hat{y}_i)

พล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal probability plot) คือ พล็อตที่ใช้ตรวจสอบว่าข้อมูลตัวอย่างมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ ถ้าจุดที่พล็อตตกอยู่รอบ ๆ เส้นตรง แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

ค่าผิดปกติ (Outlier) คือ ค่าสังเกตที่ตกอยู่นอกเส้นตรงของ Normal probability plot โดยอยู่ห่างจากค่าสังเกตอื่น ๆ ในตัวอย่างอย่างเด่นชัด

บทที่ 2

ทฤษฎีและรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ก่อนทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน ควรมีการตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นก่อน ดังนี้

1. ค่าคงเหลือจะต้องมีการแจกแจงแบบปกติ
2. ความแปรปรวนของค่าคงเหลือจะต้องเท่ากันหรือมีความเป็นเอกภาพของความแปรปรวน
3. ค่าคงเหลือต้องเป็นอิสระกันหรืออิทธิพลต่าง ๆ เป็นแบบบวก

2.1.1.1 ค่าคงเหลือจะต้องมีการแจกแจงแบบปกติ

1) ใช้การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ (Normal probability plot of residuals) ถ้าจุดต่าง ๆ ที่พล็อตอยู่ในแนวเส้นตรง แสดงว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ (Montgomery, 1997)

2) ใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W ถ้าค่า p value มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ แสดงว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ (Elliott, 2000)

ในการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ ถ้ามีบางจุดตกอยู่ห่างจากแนวเส้นตรง แสดงว่าอาจจะเป็นค่าผิดปกติ (Outlier) ซึ่งมีวิธีการทดสอบหลายวิธี ได้แก่

ก. วิธีของดิกซ์สัน (Dixon test) เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับตัวอย่างขนาดเล็ก ข้อกำหนดสำหรับการทดสอบนี้คือ ตัวอย่างสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ ในการสร้างการทดสอบจะต้องเรียงข้อมูลจากค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด (หัททยาและณหทัย, 2550)

- ให้
- $X_{(1)}$ เป็นค่าสังเกตที่น้อยที่สุด
 - $X_{(2)}$ เป็นค่าสังเกตที่น้อยที่สุดรองจาก $X_{(1)}$
 - $X_{(n)}$ เป็นค่าสังเกตที่มากที่สุด
 - $X_{(n-1)}$ เป็นค่าสังเกตที่มากที่สุดรองจาก $X_{(n)}$

ตัวสถิติทดสอบสำหรับทดสอบว่า $X_{(1)}$ เป็นค่าผิดปกติคือ

$$r_{10} = \frac{X_{(2)} - X_{(1)}}{X_{(n)} - X_{(1)}}$$

ตัวสถิติทดสอบสำหรับทดสอบว่า $X_{(n)}$ เป็นค่าผิดปกติคือ

$$r_{01} = \frac{X_{(n)} - X_{(n-1)}}{X_{(n)} - X_{(1)}}$$

เปรียบเทียบค่า r_{10} ที่คำนวณได้กับค่า Percentage Points of the Distribution of r_{10}^* ในตารางภาคผนวก ตารางที่ 1 และยอมรับว่าค่าสังเกตที่น้อยที่สุด $X_{(1)}$ เป็นค่าผิดปกติ ถ้า r_{10} ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า r_{10}^*

หรือเปรียบเทียบค่า r_{01} ที่คำนวณได้กับค่า Percentage Points of the Distribution of r_{01}^* ในตารางภาคผนวก ตารางที่ 1 และยอมรับว่าค่าสังเกตที่มากที่สุด $X_{(n)}$ เป็นค่าผิดปกติ ถ้า r_{01} ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า r_{01}^*

ข. วิธีของกรับส์ (Grubbs' test) มีข้อกำหนดสำหรับการทดสอบเช่นเดียวกับวิธีของ ดิกซ์สัน เป็นวิธีที่ใช้ได้ดีเมื่อสงสัยว่ามีค่าผิดปกติ 1 ค่า (ห์ทยาและณหทัย, 2550)

ตัวสถิติทดสอบสำหรับทดสอบว่า $X_{(1)}$ เป็นค่าผิดปกติคือ

$$T_1 = \frac{\bar{X} - X_{(1)}}{S}$$

ตัวสถิติทดสอบสำหรับทดสอบว่า $X_{(n)}$ เป็นค่าผิดปกติคือ

$$T_n = \frac{X_{(n)} - \bar{X}}{S}$$

โดยที่ \bar{X} เป็นค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง

S เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง

เปรียบเทียบค่า T_1 ที่คำนวณได้กับค่า Percentage Points of T_1^* ในตารางภาคผนวก ตารางที่ 2 และยอมรับว่าค่าสังเกตที่น้อยที่สุด $X_{(1)}$ เป็นค่าผิดปกติ ถ้าค่า T_1 ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า T_1^*

หรือเปรียบเทียบค่า T_n ที่คำนวณได้กับค่า Percentage Points of T_n^* ในตารางภาคผนวก ตารางที่ 2 และยอมรับว่าค่าสังเกตที่มากที่สุด $X_{(n)}$ เป็นค่าผิดปกติ ถ้าค่า T_n ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า T_n^*

2.1.1.2 ความแปรปรวนของค่าคงเหลือจะต้องเท่ากัน

ในการตรวจสอบข้อกำหนดของความแปรปรวนเท่ากันที่ระดับปัจจัยแต่ละระดับ โดยการพล็อตค่าคงเหลือกับระดับปัจจัยและเปรียบเทียบการกระจายของค่าคงเหลือ ส่วนในการพล็อตค่าคงเหลือกับค่าทำนาย (\hat{y}_{ij}) เมื่อการพล็อตมีรูปแบบ (Pattern) เกิดขึ้น เช่น ค่าคงเหลือกระจายตัวในลักษณะเพิ่มขึ้น แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือไม่เท่ากัน (Montgomery, 1997)

2.1.1.3 ค่าคงเหลือจะต้องเป็นอิสระกัน

ข้อกำหนดความเป็นอิสระกัน สามารถตรวจสอบโดยพล็อตค่าคงเหลือกับเวลา ถ้าการพล็อตแสดงรูปแบบ เช่น ลำดับของค่าคงเหลือเป็นลบและบวก แสดงว่าค่าสังเกตแต่ละค่าไม่เป็นอิสระกัน (Montgomery, 1997)

2.1.2 วิธีปฏิบัติเมื่อข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์

ความแปรปรวน

ถ้าข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน สามารถกระทำตามขั้นตอนดังนี้ (Clewes and Scarisbrick, 2001)

1. การแปลงข้อมูล (Data Transformation)
2. การใช้สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ (Nonparametric Statistics)

2.1.2.1 การแปลงข้อมูล (Data Transformation)

การแปลงข้อมูลเป็นการเปลี่ยนมาตรวัดของข้อมูลสำหรับข้อมูลที่ไม่มีความเป็นเอกภาพของความแปรปรวน (Heterogeneity of variance) โดยที่ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนมีความสัมพันธ์กัน การแปลงข้อมูลจะทำให้ข้อมูลเริ่มต้นเปลี่ยนไปอยู่ในมาตรวัดใหม่ ทำให้ข้อมูลที่แปลงแล้วมีความเป็นเอกภาพของความแปรปรวน (Homogeneity of variance)

ถ้าข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะต้องแปลงข้อมูลให้เป็นมาตรวัดใหม่เพื่อให้ข้อมูลที่แปลงแล้วเป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้น ดังนั้นการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะใช้ข้อมูลที่แปลงแล้ว ส่วนการแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลควรใช้ทั้งค่าเฉลี่ยทริทเมนต์ก่อนแปลง ค่าเฉลี่ยทริทเมนต์ที่แปลงแล้ว และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 ทริทเมนต์ ใช้ค่าเฉลี่ยทริทเมนต์ที่แปลงแล้ว

โดยทั่วไปแล้วควรหลีกเลี่ยงการแปลงข้อมูลถ้าไม่มีความจำเป็นจริง ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงความเอนเอียงของการทดสอบนัยสำคัญ การแปลงข้อมูลสามารถกระทำได้ง่ายโดยใช้คอมพิวเตอร์ ควรมีการเปรียบเทียบผลของข้อมูลที่แปลงแล้วและข้อมูลก่อนแปลง ถ้าการวิเคราะห์ข้อมูลที่แปลงแล้วให้ผลสรุปเหมือนกับการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนแปลง วิธีที่ดีที่สุดคือแสดงผลของข้อมูลก่อนแปลง หลังจากแปลงข้อมูลแล้ว ข้อมูลที่ได้ควรจะเป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ข้อมูลบางชนิดควรจะแปลงเสมอ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนแมลงที่นับได้ ควรจะแปลงแบบลอการิทึมของจำนวนแมลงที่นับได้หรือใช้ลอการิทึมของจำนวนแมลงที่นับได้บวกด้วย 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสัดส่วนใช้การแปลงแบบอาร์คไซน์หรือการแปลงในรูปมุม ข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่ใช้การแปลงแบบรากที่สอง เป็นต้น แต่ก่อนที่จะตัดสินใจใช้การแปลงข้อมูล ควรจะใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ค่าคงเหลือ เพื่อตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน การตรวจสอบส่วนใหญ่ใช้ฮิสโตแกรมของค่าคงเหลือ การพล็อตแบบปกติของค่าคงเหลือ และการพล็อตของค่าคงเหลือกับค่าทำนาย

ถ้าข้อมูลเป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของความเป็นเอกภาพของความแปรปรวน กราฟแผนภาพการกระจายของค่าคงเหลือกับค่าทำนายจะมีการกระจายแบบสุ่ม ๆ รอบแกน X ถ้าค่าคงเหลือมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเทียบกับค่าทำนาย แสดงว่ามีความไม่เป็นเอกภาพของความแปรปรวน ซึ่งจะสอดคล้องกับการไม่เป็นแบบบวก (non-additivity) และหรือการไม่เป็นแบบปกติ (non-normality) กราฟการกระจายนี้จะระบุถึงค่าผิดปกติ ค่าผิดปกติจะมีอิทธิพลอย่างมากต่อผลของการวิเคราะห์ข้อมูล ควรจะมีการตรวจสอบค่าผิดปกติ ซึ่งอาจจะเนื่องจากความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูล ถ้ามีค่าผิดปกติควรจะนำออกจากการวิเคราะห์หรือให้เป็นค่าสูญหาย (missing value)

ถ้าการพล็อตการแจกแจงแบบปกติของค่าคงเหลือแล้วพบว่าจุดต่าง ๆ ไม่เป็นเส้นตรง แสดงว่ามีการฝ่าฝืนข้อกำหนดเบื้องต้นของการแจกแจงแบบปกติ ส่วนยอดของฮิสโตแกรมแสดงว่าค่าคงเหลือที่มีค่าน้อยมาก (เข้าใกล้ 0) จะมีอยู่เป็นจำนวนมาก และค่าคงเหลือที่เป็นลบและเป็นบวกมาก ๆ จะมีอยู่น้อย

การแปลงข้อมูลจะได้ผลดีที่สุด ถ้ากราฟแผนภาพการกระจายของค่าคงเหลือกับค่าทำนายเป็นแบบสุ่ม ๆ รอบแกน X และกราฟฮิสโตแกรมของค่าคงเหลือเป็นแบบสมมาตร

การเลือกการแปลงข้อมูลที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน ในที่นี้จะอธิบายวิธีการแปลงข้อมูลที่ใช้ 4 วิธี

1. การแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (Logarithmic transformation ; log X)

วิธีนี้ใช้เมื่อความแปรปรวนตัวอย่างเป็นส่วนที่คงที่ของค่าเฉลี่ยตัวอย่าง

ในแต่ละกลุ่ม นั่นคือ $\frac{S^2}{X^2} = c$ เมื่อ c เป็นค่าคงที่ หรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่างเป็น

สัดส่วนกับค่าเฉลี่ยตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม นั่นคือ $\frac{S}{X} = c$ การแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมทำได้ดังนี้

$$X_i = \log X$$

ถ้าข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าน้อย เช่นน้อยกว่า 10 หรือมีบางค่าเป็น 0 ให้เพิ่มค่า 1 ในแต่ละค่าของข้อมูลก่อนที่จะใช้การแปลงแบบลอการิทึม ดังนั้นการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมเป็นดังนี้

$$X_i = \log(X+1)$$

ถ้าข้อมูลบางค่าน้อยกว่า 10 จะต้องทำการแปลงข้อมูล โดยที่ข้อมูลที่มีค่าน้อยจะแปลงข้อมูลแบบรากที่สอง ส่วนข้อมูลที่มีค่ามากจะแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม การแปลงข้อมูลแบบ $\log(X+1)$ จะเหมือนกับการแปลงข้อมูลแบบรากที่สองสำหรับข้อมูลที่มีค่าตั้งแต่ 10 ขึ้นไป แต่จะแตกต่างจากการแปลงข้อมูลแบบ $\log X$ เพียงเล็กน้อย

ในการทดลองบางชนิด จะทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนเมื่อตัวแปรคือความแปรปรวน ควรแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมของความแปรปรวนก่อนที่จะวิเคราะห์ข้อมูล นั่นคือ หา $\log S^2$ ในกรณีเช่นนี้ ความแปรปรวนควรมีองศาความเป็นอิสระมากกว่าหรือเท่ากับ 10 สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่แปลงแล้ว

การแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมเหมาะสำหรับข้อมูลที่อิทธิพลต่างๆ เป็นแบบผลคูณ ข้อมูลที่เป็นจำนวนเต็มบวกที่มีค่าอยู่ในช่วงที่กว้างตั้งแต่เลขหลักหน่วยจนถึงเลขหลักพัน เช่น จำนวนแมลงต่อแปลง หรือจำนวนไข่

2. การแปลงข้อมูลแบบรากที่สอง (Square root transformation ; \sqrt{X})

วิธีนี้ใช้เมื่อความแปรปรวนตัวอย่างเป็นสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม นั่นคือ $S^2 = c\bar{X}$ หรือ $\frac{S^2}{\bar{X}} = c$ เมื่อ c เป็นค่าคงที่ สำหรับความคลาดเคลื่อนของการแจกแจงแบบปัวส์ซงมีค่า $c = 1$ แต่บ่อยครั้งพบว่าค่า c มากกว่า 1 ซึ่งแสดงว่าการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนมากกว่าการแจกแจงแบบปัวส์ซง การแปลงข้อมูลโดยวิธีนี้จะทำให้ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนเป็นอิสระต่อกัน ทำให้ความแปรปรวนมีความเป็นเอกภาพมากขึ้น (ความแปรปรวนมีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น) การแปลงข้อมูลแบบรากที่สองทำได้ดังนี้

$$x_i = \sqrt{X}$$

ถ้าข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่า 10 หรือ 15 หรือมีบางค่าเป็น 0 การแปลงข้อมูลโดย \sqrt{X} จะไม่ค่อยถูกต้องนัก เนื่องจากพิสัยของค่าที่แปลงแล้วที่มีค่าน้อยอาจจะมากกว่าพิสัยของค่าที่แปลงแล้วที่มีค่าเฉลี่ยมาก ดังนั้นควรเพิ่มค่า 0.5 หรือ 1 ในแต่ละค่าของข้อมูลก่อนที่จะใช้การแปลงแบบรากที่สอง ดังนั้นการแปลงข้อมูลแบบรากที่สองเป็นดังนี้

$$x_i = \sqrt{X+0.5}$$

หรือ $x_i = \sqrt{X+1}$

หรือ $x_i = \sqrt{X} + \sqrt{X+1}$

การแปลงข้อมูลแบบรากที่สอง เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่ค่าสังเกตเป็นจำนวนนับที่มีการแจกแจงแบบปัวส์ซง เช่น จำนวนแบคทีเรียในจานเลี้ยงเชื้อ จำนวนพืชหรือแมลงชนิดหนึ่งในพื้นที่แห่งหนึ่ง จำนวนต้นพืชที่เป็นโรคต่อแปลง จำนวนแมลงที่จับได้ในกรง หรือจำนวนวัชพืชต่อแปลง เป็นต้น จำนวนเหตุการณ์ต่อหน่วยเวลาหรือพื้นที่เมื่อเหตุการณ์นั้นเกิดขึ้นค่อนข้างยาก เช่น จำนวนแมลงที่จับได้ในกรง นักวิจัยบางคนใช้การแปลงข้อมูลแบบรากที่สองสำหรับพื้นที่ใบ เนื่องจากวัดในรูป (หน่วย)²

การแปลงข้อมูลแบบนี้ยังเหมาะสมสำหรับข้อมูลจำนวนนับในรูปเปอร์เซ็นต์ที่อยู่ในช่วงระหว่าง 0 – 30% หรือ 70 – 100% อย่างใดอย่างหนึ่ง ข้อมูลที่อยู่ในช่วง 70 – 100% ควรจะลบออกจาก 100 ก่อนที่จะทำการแปลงข้อมูล สำหรับข้อมูลในรูปเปอร์เซ็นต์ที่อยู่ในช่วงอื่น ๆ จะใช้การแปลงข้อมูลแบบอาร์คไซน์ (Arcsine transformation)

วิธีอื่น ๆ ที่ใช้ตัดสินใจเลือกการแปลงข้อมูลที่เหมาะสม

โดยการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยทริทเมนต์กับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความแปรปรวนภายในทริทเมนต์

สำหรับการวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ที่ทริทเมนต์ที่มีค่าเฉลี่ยมาก จะมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมาก ถ้าอัตราส่วนระหว่างส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับค่าเฉลี่ยทริทเมนต์มีค่าคงที่ ควรใช้การแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม โดยพล็อตกราฟของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับค่าเฉลี่ยทริทเมนต์ ถ้าจุดต่าง ๆ ก่อนข้างเป็นเส้นตรง ควรใช้การแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม

ถ้าอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนกับค่าเฉลี่ยทริทเมนต์มีค่าคงที่ ควรใช้การแปลงข้อมูลแบบรากที่สอง โดยพล็อตกราฟของความแปรปรวนกับค่าเฉลี่ยทริทเมนต์ ถ้าจุดต่าง ๆ ก่อนข้างเป็นเส้นตรง ควรใช้การแปลงข้อมูลแบบรากที่สอง

3. การแปลงข้อมูลแบบอาร์คซายน์ (Arcsine transformation ; $\arcsin\sqrt{X}$)

วิธีนี้ใช้เมื่อ ความแปรปรวนตัวอย่างกับค่าเฉลี่ยตัวอย่างอยู่ในรูป $s^2 = \bar{X}(1 - \bar{X})$ การแปลงข้อมูลแบบอาร์คซายน์ทำได้ดังนี้

$$X_i = \arcsin\sqrt{X}$$

การแปลงข้อมูลแบบอาร์คซายน์ เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบทวินามที่อยู่ในรูปสัดส่วน ข้อมูลจำนวนนับ ข้อมูลที่เป็นเลขทศนิยม ข้อมูลที่เป็นเปอร์เซ็นต์ในรูปจำนวนนับที่มีค่าของพิสัยกว้าง เช่น เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดพืช เปอร์เซ็นต์การตายของแมลง และข้อมูลที่เป็นเปอร์เซ็นต์ในรูปที่ไม่ใช่จำนวนนับ เช่น เปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต

การแปลงข้อมูลแบบอาร์คซายน์จะถูกต้องเมื่อใช้ค่า n เท่า ๆ กัน เช่น ตัวอย่างในแต่ละกลุ่มประกอบด้วยเมล็ดพืช 50 เมล็ด หลังจากนั้นทำการเพาะเมล็ด และบันทึกจำนวนเมล็ดที่งอกในแต่ละกลุ่ม สามารถใช้การแปลงกับเปอร์เซ็นต์การงอกนี้ได้อย่างถูกต้อง ในกรณีนี้ค่า n ในแต่ละตัวอย่างมีค่าเท่ากันคือ 50 ถ้าค่าของ n แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ยังคงสามารถใช้การแปลงแบบอาร์คซายน์ได้ แต่ถ้าค่า n มีค่าแตกต่างกันอย่างมาก ควรใช้การวิเคราะห์แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted analysis)

4. การแปลงข้อมูลแบบกลับเศษเป็นส่วน (Reciprocal transformation ; $\frac{1}{X}$)

วิธีนี้ใช้เมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่างเป็นสัดส่วนกับกำลังสองของค่าเฉลี่ยตัวอย่าง นั่นคือ $\frac{S}{\bar{X}} = c$ เมื่อ c เป็นค่าคงที่ การแปลงข้อมูลแบบกลับเศษเป็นส่วนทำได้ดังนี้

$$x_i = \frac{1}{X}$$

ถ้าข้อมูลบางค่าเป็น 0 ให้เพิ่มค่า 1 ในแต่ละค่าของข้อมูลก่อนที่จะใช้การแปลงแบบกลับเศษเป็นส่วน ดังนั้นการแปลงข้อมูลแบบกลับเศษเป็นส่วนเป็นดังนี้

$$x_i = \frac{1}{X+1}$$

การแปลงข้อมูลแบบกลับเศษเป็นส่วน เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีระยะเวลาตอบสนอง เช่น ระยะเวลาที่ลูกปลามีชีวิตรอดหลังจากเลี้ยงในน้ำที่มีสารพิษ

วิธีการแปลงข้อมูลแต่ละวิธีจะเหมาะกับลักษณะของข้อมูลแต่ละประเภท อาจพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของทริทเมนต์และความแปรปรวนของทริทเมนต์ (หรือพิสัยของทริทเมนต์) โดยพล็อตกราฟแผนภาพการกระจาย (scatter diagram) วิธีการแปลงที่เหมาะสมที่สุดคือ วิธีที่ทำให้ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของทริทเมนต์มีความสัมพันธ์กันน้อยที่สุด

เมื่อเลือกวิธีการแปลงข้อมูลได้แล้ว การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทริทเมนต์จะใช้ข้อมูลที่แปลงแล้ว (transformed data) ส่วนการนำเสนอผลการวิเคราะห์จะใช้ทั้งข้อมูลก่อนแปลง (original data) และข้อมูลที่แปลงแล้ว

2.1.2.2 การใช้สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ (Nonparametric Statistics)

ถ้าใช้วิธีการแปลงข้อมูลทั้ง 4 วิธีแล้ว ไม่ทำให้ข้อมูลเกิดความเป็นเอกภาพของความแปรปรวน ความคลาดเคลื่อนไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ และอิทธิพลต่าง ๆ ไม่เป็นแบบวงก็ไม่ควรใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ควรใช้เทคนิควิธีอื่นที่เหมาะสม ได้แก่ สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ เช่น การวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ จะใช้ Kruskal - Wallis test และการวางแผนแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ จะใช้ Friedman test

2.1.3 การวางแผนแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

ในการวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ใช้ในกรณีที่หน่วยทดลองมีความสม่ำเสมอโดยตลอด ความผันแปรหรือความแตกต่างอย่างเดียวกันที่เกิดขึ้นคือ ทริทเมนต์ที่ใช้ในการทดลอง แต่ในกรณีที่หน่วยทดลองที่ใช้มีความแตกต่างกันมาก เมื่อทำการทดลองควรแบ่งหน่วยทดลองออกเป็นกลุ่ม ๆ โดยจัดหน่วยทดลองที่คล้ายคลึงกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน และจัดหน่วยทดลองที่แตกต่างกันไว้คนละกลุ่มกัน รวมกลุ่มหน่วยทดลองให้จำนวนหน่วยทดลองในแต่ละกลุ่มเท่ากับจำนวนทริทเมนต์ที่จะใช้ เรียกกลุ่มเหล่านี้ว่า **บล็อก (Block)** ดังนั้นในแต่ละทริทเมนต์มีจำนวนซ้ำเท่ากันในแต่ละบล็อกจะมีขนาดเท่ากัน ในแต่ละบล็อกจะมีทริทเมนต์ครบทุกทริทเมนต์ และแต่ละทริทเมนต์จะปรากฏในทุกบล็อก

การวางแผนแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์นิยมใช้กันมากในการทดลองในสภาพไร่ – นา ที่มีจำนวนทริทเมนต์ไม่มากนักและพื้นที่ทำการทดลองมีความลาดเอียง เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ไม่มีความสม่ำเสมอเกี่ยวกับความอุดมสมบูรณ์ของดินและความลาดเอียงของพื้นที่ ทำให้การทดลองมีความแปรปรวนสูง การวางแผนแบบนี้สามารถลดความแปรปรวนได้โดยถ้าทราบทิศทางของความไม่สม่ำเสมอของพื้นที่ ความลาดเอียงของพื้นที่ ผู้ทดลองสามารถลดความแปรปรวนของพื้นที่ได้ด้วยการจัดหน่วยทดลองลงในบล็อก ซึ่งหน่วยทดลองที่อยู่ในบล็อกเดียวกันควรมีลักษณะคล้ายคลึงกันหรือมีความสม่ำเสมอมากที่สุด แต่หน่วยทดลองที่อยู่ต่างบล็อกกันควรมีลักษณะแตกต่างกันมากที่สุด หลังจากนั้นจึงจัดทริทเมนต์ลงในบล็อก โดยให้แต่ละบล็อกมีทริทเมนต์ครบทุกทริทเมนต์ ในที่นี้บล็อก (Block) ก็คือซ้ำ (Replication) นั่นเอง

ในการวางแผนแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ผู้ทำการทดลองควรปฏิบัติงานต่าง ๆ ด้วยความระมัดระวัง เช่น การให้น้ำ การใส่ปุ๋ย การพรวนดิน การฉีดยาปราบศัตรูพืช เป็นต้น ที่กระทำต่อแปลงทดลองภายในบล็อกควรให้มีความสม่ำเสมอมากที่สุด นอกจากนี้การเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ ควรใช้คนเก็บข้อมูลคนเดียวกันและควรเก็บข้อมูลให้เสร็จภายในวันเดียว เพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอภายในบล็อกมากที่สุด และสามารถลดความคลาดเคลื่อนในการทดลองได้อีกด้วย

2.1.4 ตัวแบบ (Model)

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad ; \quad \begin{array}{l} i = 1, \dots, t \\ j = 1, \dots, r \end{array}$$

- เมื่อ X_{ij} คือ ค่าของข้อมูลจากหน่วยทดลองในบล็อกที่ j ที่ได้รับทรีทเมนต์ที่ i
- μ คือ ค่าเฉลี่ยทั้งหมด (overall mean) หรือค่าเฉลี่ยรวม (grand mean)
- α_i คือ อิทธิพลของทรีทเมนต์ที่ i (the effect of the i^{th} treatment)
- β_j คือ อิทธิพลของบล็อกที่ j (the effect of the j^{th} block)
- ε_{ij} คือ ความคลาดเคลื่อนในการทดลอง (experimental error) เมื่อใช้ทรีทเมนต์ที่ i และบล็อกที่ j
- t คือ จำนวนทรีทเมนต์
- r คือ จำนวนบล็อกหรือจำนวนซ้ำ

เราสามารถแบ่งตัวแบบออกเป็น 3 ชนิด

ตัวแบบที่ 1 หรือตัวแบบกำหนด (Model I or Fixed model)

ข้อสมมติ (Assumption)

α_i และ β_j เป็นอิทธิพลกำหนด โดยที่

$$\sum_{i=1}^t \alpha_i = 0$$

$$\sum_{j=1}^r \beta_j = 0$$

ε_{ij} เป็นอิทธิพลสุ่ม โดยที่

$$\varepsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$$

ตัวแบบที่ 2 หรือตัวแบบสุ่ม (Model II or Random model)

ข้อสมมติ (Assumption)

α_i , β_j และ ε_{ij} เป็นอิทธิพลสุ่ม โดยที่

$$\alpha_i \sim \text{NID}(0, \sigma_\alpha^2)$$

$$\beta_j \sim \text{NID}(0, \sigma_\beta^2)$$

$$\varepsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$$

ตัวแบบที่ 3 หรือตัวแบบผสม (Model III or Mixed model)

แบ่งออกเป็น 2 กรณี

1. α_i เป็นอิทธิพลกำหนด มีข้อสมมติคือ

$$\sum_{i=1}^t \alpha_i = 0$$

β_j และ ε_{ij} เป็นอิทธิพลสุ่ม มีข้อสมมติคือ

$$\beta_j \sim \text{NID}(0, \sigma_\beta^2)$$

$$\varepsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$$

2. α_i และ ε_{ij} เป็นอิทธิพลสุ่ม มีข้อสมมติคือ

$$\alpha_i \sim \text{NID}(0, \sigma_\alpha^2)$$

$$\varepsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$$

β_j เป็นอิทธิพลกำหนด มีข้อสมมติคือ

$$\sum_{j=1}^r \beta_j = 0$$

2.1.5 การทดสอบสมมติฐาน (Test for hypotheses)

ตัวแบบที่ 1 หรือตัวแบบกำหนด (Model I or Fixed model)

$$H_0 : \alpha_i = 0 \quad (\text{อิทธิพลของทรีทเมนต์ไม่แตกต่างกัน}) \quad ; \quad i = 1, \dots, t$$

$$H_1 : \alpha_i \neq 0 \quad (\text{อิทธิพลของทรีทเมนต์แตกต่างกัน})$$

นอกจากนี้เรายังอาจทดสอบสมมติฐานที่ว่าอิทธิพลของบล็อกไม่แตกต่างกันได้อีกด้วย นั่นคือ

$$H_0 : \beta_j = 0 \quad (\text{อิทธิพลของบล็อกไม่แตกต่างกัน}) \quad ; \quad j = 1, \dots, r$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0 \quad (\text{อิทธิพลของบล็อกแตกต่างกัน})$$

ตัวแบบที่ 2 หรือตัวแบบสุ่ม (Model II or Random model)

$$H_0 : \sigma_\alpha^2 = 0 \quad (\text{อิทธิพลของทรีทเมนต์ไม่แตกต่างกัน})$$

$$H_1 : \sigma_\alpha^2 > 0 \quad (\text{อิทธิพลของทรีทเมนต์แตกต่างกัน})$$

$$H_0 : \sigma_\beta^2 = 0 \quad (\text{อิทธิพลของบล็อกไม่แตกต่างกัน})$$

$$H_1 : \sigma_\beta^2 > 0 \quad (\text{อิทธิพลของบล็อกแตกต่างกัน})$$

ตัวแบบที่ 3 หรือตัวแบบผสม (Model III or Mixed model)

ตั้งสมมติฐานให้สอดคล้องกับข้อสมมติว่าอิทธิพลไหนเป็นแบบกำหนด และอิทธิพลไหนเป็นแบบสุ่ม ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

1. ทรีทเมนต์เป็นอิทธิพลกำหนด ส่วนบล็อกเป็นอิทธิพลสุ่ม

$$H_0 : \alpha_i = 0 \quad \text{vs} \quad H_1 : \alpha_i \neq 0$$

$$H_0 : \sigma_\beta^2 = 0 \quad \text{vs} \quad H_1 : \sigma_\beta^2 > 0$$

2. ทรีทเมนต์เป็นอิทธิพลสุ่ม ส่วนบล็อกเป็นอิทธิพลกำหนด

$$H_0 : \sigma_\alpha^2 = 0 \quad \text{vs} \quad H_1 : \sigma_\alpha^2 > 0$$

$$H_0 : \beta_j = 0 \quad \text{vs} \quad H_1 : \beta_j \neq 0$$

2.1.6 การหาผลบวกกำลังสอง (Sum of square)

การหาค่าผลบวกกำลังสองสำหรับความแปรปรวนแต่ละแหล่งสามารถทำได้เช่นเดียวกับ

ในกรณีของการวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ที่ผ่านมานั้นคือ

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (X_{ij} - \bar{X}_{..})^2 &= \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r [(\bar{X}_i - \bar{X}_{..}) + (\bar{X}_j - \bar{X}_{..}) + (X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X}_{..})]^2 \\ &= r \sum_{i=1}^t (\bar{X}_i - \bar{X}_{..})^2 + t \sum_{j=1}^r (\bar{X}_j - \bar{X}_{..})^2 + \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X}_{..})^2 \\ &\quad + 2 \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (\bar{X}_i - \bar{X}_{..})(\bar{X}_j - \bar{X}_{..}) + 2 \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (\bar{X}_i - \bar{X}_{..})(X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X}_{..}) \\ &\quad + 2 \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (\bar{X}_j - \bar{X}_{..})(X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X}_{..}) \end{aligned}$$

เราสามารถพิสูจน์ได้ว่าเทอมผลคูณมีค่าเป็น 0

$$\text{ดังนั้น} \quad \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (X_{ij} - \bar{X}_{..})^2 = r \sum_{i=1}^t (\bar{X}_i - \bar{X}_{..})^2 + t \sum_{j=1}^r (\bar{X}_j - \bar{X}_{..})^2 + \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r (X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{X}_j + \bar{X}_{..})^2$$

นั่นคือ ผลบวกกำลังสองของยอดรวมจะเท่ากับผลรวมของผลบวกกำลังสองของทรีทเมนต์ ผลบวกกำลังสองของบล็อก และผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน เขียนสมการนี้เป็นสัญลักษณ์ได้ดังนี้

$$SST = SSTr + SSB + SSE$$

เมื่อ SST คือ ผลบวกกำลังสองของยอดรวม (Total sum of squares)

SSTr คือ ผลบวกกำลังสองของทรีทเมนต์ หรือผลบวกกำลังสองระหว่างทรีทเมนต์ (Between treatment sum of squares)

SSB คือ ผลบวกกำลังสองของบล็อก หรือผลบวกกำลังสองระหว่างบล็อก (Between block sum of squares)

SSE คือ ผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Error sum of squares) หรือผลบวกกำลังสองภายในทรีทเมนต์ (Within treatment sum of squares)

ในทางปฏิบัติจะคำนวณค่าผลบวกกำลังสองต่าง ๆ ได้ดังนี้

- 1. C.F. = $\frac{X^2}{tr}$
- 2. SST = $\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r X_{ij}^2 - C.F.$
- 3. SSTr = $\sum_{i=1}^t \frac{X_i^2}{r} - C.F.$
- 4. SSB = $\sum_{j=1}^r \frac{X_j^2}{t} - C.F.$
- 5. SSE = SST - SSTr - SSB

โดยจำนวนองศาความเป็นอิสระของยอดรวมจะเท่ากับ จำนวนองศาความเป็นอิสระของทรีทเมนต์บวกกับจำนวนองศาความเป็นอิสระของบล็อก และจำนวนองศาความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน นั่นคือ

$$df \text{ ของยอดรวม} = df \text{ ของทรีทเมนต์} + df \text{ ของบล็อก} + df \text{ ของความคลาดเคลื่อน}$$

$$tr - 1 = t - 1 + r - 1 + (t - 1)(r - 1)$$

ถ้านำเอาจำนวนองศาความเป็นอิสระไปหารผลบวกกำลังสอง จะได้ค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Mean square) ดังนั้น ค่าเฉลี่ยกำลังสองของทรีทเมนต์จะเท่ากับผลบวกกำลังสองของทรีทเมนต์หารด้วยจำนวนองศาความเป็นอิสระของทรีทเมนต์ ค่าเฉลี่ยกำลังสองของบล็อกจะเท่ากับผลบวกกำลังสองของบล็อกหารด้วยจำนวนองศาความเป็นอิสระของบล็อก และค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนจะเท่ากับผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อนหารด้วยจำนวนองศาความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน

นั่นคือ

$$MSTr = \frac{SSTr}{t - 1}$$

$$MSB = \frac{SSB}{r - 1}$$

$$MSE = \frac{SSE}{(t - 1)(r - 1)}$$

- เมื่อ MSTr คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสองของทรีทเมนต์หรือค่าเฉลี่ยกำลังสองระหว่างทรีทเมนต์ (Between treatment mean squares)
- MSB คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสองของบล็อกหรือค่าเฉลี่ยกำลังสองระหว่างบล็อก (Between block mean squares)
- MSE คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Error mean squares) หรือค่าเฉลี่ยกำลังสองภายในทรีทเมนต์ (Within treatment mean squares)

ตัวสถิติทดสอบ

การทดสอบอิทธิพลของตรีทเมนต์

$$F = \frac{MSTr}{MSE}$$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ $F > F_{\alpha; t-1, (t-1)(r-1)}$

การทดสอบอิทธิพลของบล็อก

$$F = \frac{MSB}{MSE}$$

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ $F > F_{\alpha; r-1, (t-1)(r-1)}$

ในการวางแผนแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ การทดสอบอิทธิพลของบล็อกนั้น ก็แล้วแต่ผู้ทำการทดลองว่าจะทดสอบอิทธิพลของบล็อกหรือไม่ โดยที่ผู้ทำการทดลองทราบมาก่อนที่จะเริ่มทำการทดลองแล้วว่าหน่วยทดลองในแต่ละบล็อกมีความแตกต่างกัน แต่หน่วยทดลองที่อยู่ในบล็อกเดียวกันมีความคล้ายคลึงกัน หรือมีความผันแปรอันเนื่องมาจากทิศทาง 1 ทิศทาง ก่อนที่จะเริ่มทำการทดลอง จึงทำการจัดหน่วยทดลองเป็นบล็อก ๆ อาจจะทราบมาจากการทดลองที่ผ่านมาหรือจากการทบทวนวรรณกรรม ถ้าทำการทดสอบอิทธิพลของบล็อก ผลการทดสอบอิทธิพลของบล็อกควรจะมี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ถ้าผลการทดสอบอิทธิพลของบล็อกแล้วไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าหน่วยทดลองในแต่ละบล็อกไม่ได้แตกต่างกัน ก็ไม่ควรจัดหน่วยทดลองเป็นบล็อก ๆ ให้ใช้การวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์จะดีกว่า หรืออาจจะเป็นไปได้ว่าในการทำการทดลอง ผู้ทำการทดลองทำบางสิ่งบางอย่างผิดพลาดไปหรือไม่ ควรมีการตรวจสอบก่อนที่จะสรุปผลการทดลอง ในหนังสือบางเล่มในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน จะแสดงค่าสถิติทดสอบ F ของอิทธิพลของบล็อกเอาไว้ด้วย เพื่อประกอบในการพิจารณาว่าถ้าค่าสถิติทดสอบ F ของอิทธิพลของบล็อกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญแล้ว ก็ไม่ควรใช้การวางแผนแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ให้หันไปใช้การวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์แทนจะดีกว่า

2.1.7 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance table)

แหล่งความแปรปรวน (Source of variation)	องศาความ เป็นอิสระ (df)	ผลบวกกำลังสอง (SS)	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง (MS)	F
ระหว่างทรีทเมนต์ (Between treatment)	$t - 1$	$SSTr = \sum_{i=1}^t \frac{X_i^2}{r} - C.F.$	$MSTr = \frac{SSTr}{t - 1}$	$\frac{MSTr}{MSE}$
ระหว่างบล็อก (Between block)	$r - 1$	$SSB = \sum_{j=1}^r \frac{X_j^2}{t} - C.F.$	$MSB = \frac{SSB}{r - 1}$	$\frac{MSB}{MSE}$
ระหว่างหน่วยทดลอง หรือความคลาดเคลื่อน (Between experimental unit within each treatment or Error)	$(t - 1)(r - 1)$	$SSE = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r X_{ij}^2 - \sum_{i=1}^t \frac{X_i^2}{r} - \sum_{j=1}^r \frac{X_j^2}{t} + C.F.$ $= SST - SSTr - SSB$	$MSE = \frac{SSE}{(t - 1)(r - 1)}$	
ยอดรวม (Total)	$tr - 1$	$SST = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r X_{ij}^2 - C.F.$		

โดยที่ $C.F. = \frac{X^2}{tr}$ เรียกว่า ค่าปรับแก้ (Correction factor, C.F.)

2.1.8 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error)

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์ (Standard error of treatment mean)

$$S_{\bar{x}_i} = \sqrt{\frac{MSE}{r}}$$

เมื่อ r คือ จำนวนบล็อก

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 ทรีทเมนต์ (Standard error of difference between two treatment mean)

$$S_{\bar{x}_i - \bar{x}_j} = \sqrt{\frac{2MSE}{r}}$$

2.1.9 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination : R^2)

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ คือ สัดส่วนหรือเปอร์เซ็นต์ที่ตัวแปร X สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร Y ได้มากน้อยแค่ไหน หรือสัดส่วนของความแปรปรวนที่สามารถอธิบายได้โดยตัวแบบที่เหมาะสม ถ้า R^2 มีค่ามาก แสดงว่า X และ Y มีความสัมพันธ์กันมาก หรือเปอร์เซ็นต์ที่ตัวแปร X สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร Y ได้มาก โดยที่ R^2 ไม่มีหน่วย และ $0 \leq R^2 \leq 1$ โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$\begin{aligned} R^2 &= \frac{SSR}{SST} \\ &= 1 - \frac{SSE}{SST} \end{aligned}$$

2.1.10 สัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of Variation : C.V.)

สัมประสิทธิ์การแปรผัน คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหารด้วยค่าเฉลี่ย เป็นการวัดการกระจายของข้อมูลที่ไม่ไม่มีหน่วย เนื่องจากหน่วยของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเฉลี่ยของข้อมูลจะเป็นหน่วยเดียวกัน จึงทำให้ C.V. ไม่มีหน่วย โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$\begin{aligned} C.V. &= \frac{SD}{\bar{X}} \times 100 \% \\ &= \frac{\sqrt{MSE}}{\bar{X}} \times 100\% \end{aligned}$$

2.1.11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ (Comparisons of Treatment Means)

ในการวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ เราได้วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ค่าสถิติทดสอบเอฟในการทดสอบ ถ้าค่าสถิติทดสอบเอฟไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าไม่มีค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์คู่ไหนเลยที่มีความแตกต่างกัน แต่ถ้าค่าสถิติทดสอบเอฟมีนัยสำคัญทางสถิติ ก็แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์อย่างน้อย 1 คู่ ที่มีความแตกต่างกัน แต่เราไม่ทราบว่าค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์คู่ไหนบ้างที่แตกต่างกัน การสรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนนี้ยังไม่สามารถบอกได้ว่ามีทรีทเมนต์คู่ไหนบ้างที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ต่อไป ซึ่งอาจแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์เป็นคู่ ๆ และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ต่าง ๆ กับทรีทเมนต์ควบคุม

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์เป็นคู่ ๆ (Comparing Pairs of Treatment Means)

เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์เป็นคู่ ๆ โดยจะกระทำเมื่อค่าสถิติทดสอบเอฟในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ถ้าค่าสถิติทดสอบเอฟในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ก็ไม่ต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์เป็นคู่ ๆ เนื่องจากการทดสอบแบบนี้กระทำภายหลังจากรายค่าสถิติทดสอบเอฟแล้ว จึงเรียกการทดสอบนี้อีกอย่างหนึ่งว่า Post hoc comparison หรือ Posterior test

การทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุของดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test)

นิยมใช้ Duncan ในกรณีที่มีทรีทเมนต์จำนวนมากและต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ทั้งหมดในคราวเดียวกัน ค่าวิกฤตที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์มีหลายคู่ ซึ่งจะใช้ค่าวิกฤตของพิสัยเชิงพหุของดันแคน โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้ (Montgomery, 1997)

1. จัดเรียงค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์จากน้อยไปหามาก
2. กำหนดค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบ คือ

$$\begin{aligned} LSR_{\alpha} &= r_{\alpha}(p, f_e) \sqrt{\frac{MSE}{2} \left(\frac{1}{r_i} + \frac{1}{r_j} \right)} & ; & \quad r_i \neq r_j \\ &= r_{\alpha}(p, f_e) \sqrt{\frac{MSE}{r}} & ; & \quad r_i = r_j \end{aligned}$$

เมื่อ	$r_{\alpha}(p, f_e)$	คือ	ค่าวิกฤตของพิสัยเชิงพหุของดันแคนที่ระดับนัยสำคัญ α โดยที่ p คือ จำนวนค่าเฉลี่ยในช่วงการเปรียบเทียบ ซึ่งเท่ากับผลต่างของอันดับ $+1$ และมีจำนวนองศาความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ f_e
	MSE	คือ	ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน
	r_i, r_j	คือ	จำนวนซ้ำของทรีทเมนต์ที่ i และ j ที่ต้องการเปรียบเทียบตามลำดับ

3. เปรียบเทียบผลต่างของค่าเฉลี่ยสูงสุดและค่าเฉลี่ยต่ำสุดกับค่า LSR ถ้าผลต่างนั้นมีค่ามากกว่า LSR แสดงว่าค่าเฉลี่ยในช่วงนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

4. ถ้าผลต่างนั้นยังมีค่ามากกว่า LSR ให้ทำต่อไปเรื่อย ๆ คือเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสูงสุดและค่าเฉลี่ยถัดขึ้นมาจากการเปรียบเทียบครั้งก่อน จะหยุดการเปรียบเทียบก็ต่อเมื่อผลต่างนั้นมีค่าน้อยกว่า LSR และสรุปว่าค่าเฉลี่ยทั้งหมดที่อยู่ในช่วงนั้นไม่แตกต่างกัน
5. เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสูงสุดและค่าเฉลี่ยอื่น ๆ ทั้งหมดแล้ว ก็ให้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรองสูงสุดกับค่าเฉลี่ยอื่น ๆ ทำเช่นนี้ต่อไปเรื่อย ๆ
6. จัดกลุ่มค่าเฉลี่ยตามความแตกต่างโดยใช้การขีดเส้นใต้ค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกัน

2.2 รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สถิตย์ จันทรเจริญ (2502) ทดลองเปรียบเทียบผลผลิตของผักกาดหอมจำพวกหัวหลวมจำนวน 4 พันธุ์ เพื่อศึกษาถึงปัญหาและอุปสรรคในการผลิตว่าพันธุ์ใดจะให้ผลดีบ้างในสภาพดินฟ้าอากาศของท้องถิ่นบางเขน ผลของการทดลองปรากฏว่า ในเนื้อที่ 40 ตารางเมตร ได้ปลูกผักกาดหอม 4 พันธุ์ ได้ผลผลิตเฉลี่ยดังนี้คือ พันธุ์ Oak Leaf ได้น้ำหนัก 13.0 กก. พันธุ์ Black Seeded Simpson ได้น้ำหนัก 19.2 กก. พันธุ์ Salad Bowl ได้น้ำหนัก 16.3 กก. พันธุ์ Bronze Beauty ได้น้ำหนัก 18.9 กก. จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติแต่ละพันธุ์ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันอุปสรรคในการทดลอง เช่น โรค แมลง ไม่ได้ทำความเสียหายให้เท่าใดนักในระหว่างที่ปลูกเพื่อเก็บเอาน้ำหนักสด แสดงว่าในสภาพดินฟ้าอากาศบ้านเรานี้จะนำเอาผักกาดหอมพันธุ์ไหนในจำนวน 4 พันธุ์นี้ มาปลูกเพื่อเก็บน้ำหนักสดก็ได้

รุ่งตะวัน ขมเพ็ญ (2509) ทดลองเรื่องการศึกษาลักษณะประจำพันธุ์และเปรียบเทียบผลผลิตของผักกาดหอมพันธุ์ต่าง ๆ โดยการวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block ใช้ผักกาดหอมในการทดลองเปรียบเทียบครั้งนี้จำนวน 13 พันธุ์ ประเภทห่อเป็นหัว ขอบใบจักเว้า (crisphead) มีพันธุ์ Imperial No.44 พันธุ์ Premier Great Lakes พันธุ์ Great Lakes และพันธุ์ New York No. 515 ประเภทห่อเป็นหัว (semi-loose head) ได้แก่พันธุ์ Botavia Blonde de Paris และ Deer Tongue ประเภทหัวเนย (butterhead) คือ พันธุ์ Purpee's Wayahead และพันธุ์ White Boston ประเภทผักกาดหอมใบ มีพันธุ์ Black Seeded Simpson พันธุ์ Burpee Greenheart พันธุ์ Grand Rapids พันธุ์ Ruby, W.S. และพันธุ์พื้นเมือง ซึ่งใช้เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ โดยผักกาดหอมห่อประเภท crisphead พันธุ์ Great Lakes ให้ผลผลิตสูงสุด ประเภท butterhead ให้ผลผลิตใกล้เคียงกันมากในระดับต่ำ ผักกาดหอมใบพันธุ์ Black-Seeded Simpson เจริญเติบโตได้ดียิ่งและให้ผลผลิตสูงสุด ผักกาดหอมทั้ง 13 พันธุ์นี้สามารถเจริญเติบโตได้ดีมาก โดยมีอัตราการเจริญเติบโตที่สม่ำเสมอจนถึงระยะแก่เก็บเกี่ยว

วนิดา ปฏิทัศน์ (2510) ทดลองเรื่องการศึกษาลักษณะประจำพันธุ์และเปรียบเทียบผลผลิตของผักกาดหอมพันธุ์ต่าง ๆ โดยการวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block ใช้ผักกาดหอมในการเปรียบเทียบพันธุ์ครั้งนี้จำนวน 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ Great Lakes Regular Strain พันธุ์ Great Lakes No. 659 และ พันธุ์ Great Lakes No. 366 จะพบว่า ลักษณะประจำพันธุ์ เช่น ลักษณะทรงพุ่ม สีของใบ เนื้อใบ ขนาดของใบ ความต้านทานโรคแมลง อายุเก็บเกี่ยวของแต่ละพันธุ์ไม่แตกต่างกัน มีลักษณะใกล้เคียงกันทุกพันธุ์ การเจริญเติบโตของทรงพุ่มทางด้านกว้าง พันธุ์ Great Lakes Regular Strain มีทรงพุ่มกว้างที่สุด และพันธุ์ Great Lakes No. 366 มีทรงพุ่มแคบที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การเจริญเติบโตของทรงพุ่มโดยนับจำนวนใบนอก พันธุ์ Great Lakes Regular Strain มีจำนวนใบนอกมากที่สุด และพันธุ์ Great Lakes No. 366 มีจำนวนใบนอกน้อยที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ขนาดของหัวโดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัว พันธุ์ Great Lakes Regular Strain , Great Lakes No. 659 , Great Lakes No. 366 มีขนาดหัวใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขนาดของหัวโดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัว พันธุ์ Great Lakes Regular Strain , Great Lakes No. 659 , Great Lakes No. 366 มีขนาดหัวใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ น้ำหนักผลผลิตของพันธุ์ Great Lakes Regular Strain , Great Lakes No. 659 , Great Lakes No. 366 ใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เยาวรัตน์ วงศ์ศรีสกุลแก้ว (2541) ปลูกผักกาดหอม 4 ชนิด จำนวน 28 พันธุ์ โดยศึกษาลักษณะและสีของใบ จำนวนใบ พื้นที่ใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ที่อายุ 25 และ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก พบว่าผักกาดหอมทั้ง 28 พันธุ์ สามารถปลูกและเจริญเติบโตได้ดีในกำแพงแสน โดยชนิด Cos พันธุ์ Mikel ให้น้ำหนักสดเฉลี่ยสูงสุด (307.33 กรัม/ต้น) ชนิด Head พันธุ์ Karif ให้พื้นที่ใบเฉลี่ยสูงสุด (3,828.99 ตร.ซม.) ชนิด Leaf และ Butter Head มีความทนทานต่อโรคและแมลงมากที่สุด ในขณะที่ชนิด Head มีความทนทานต่อโรคและแมลงน้อยที่สุด ชนิดและพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับปลูกที่กำแพงแสน คือ ชนิด Cos พันธุ์ Mikel , ชนิด Leaf พันธุ์ Pasha , ชนิด Butter Head พันธุ์ Eline และชนิด Head พันธุ์ Karif

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 เมล็ดพันธุ์ ปุ๋ย ยากำจัดศัตรูพืช และอุปกรณ์

3.1.1 เมล็ดพันธุ์

เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมสั่งซื้อจากบริษัทเจียใต้ จำกัด และบริษัทไทยฮั่วเคมีเกษตร จำกัด จำนวน 10 สายพันธุ์ คือ

- 1) Grand Rapids 1
- 2) Grand Rapids 2
- 3) Lettuce
- 4) Lettuce Grand Rapids Black Seeded
- 5) Champaign
- 6) Oakleaf
- 7) Sea Fresh
- 8) Redoak
- 9) Red Salad Bowl
- 10) Green Salad Bowl

3.1.2 ปุ๋ย

- 1) ปุ๋ยคอก ใส่ในอัตรา 300–400 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่ตอนเตรียมดิน
- 2) ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ใส่ในอัตรา 2 ช้อนโต๊ะต่อแปลง ใส่หลังจากย้ายกล้า

3.1.3 ยากำจัดศัตรูพืช

- 1) ยากำจัดแมลงศัตรูพืช Folidol E.605 ผสมน้ำฉีดพ่น อัตรา 5 ซีซี ต่อน้ำ 1 ปีบ
- 2) ยากำจัดเชื้อรา Mancocep ผสมน้ำฉีดพ่น อัตรา 20-50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร

3.1.4 อุปกรณ์

- 1) อุปกรณ์ในการเตรียมดิน ได้แก่ จอบ เสียม มีดคายนหญ้า เทปวัดแปลง
- 2) อุปกรณ์ในการให้น้ำ ใช้น้ำรดน้ำ
- 3) อุปกรณ์ในการพ่นยา ใช้เครื่องฉีดยาแบบสะพายหลังโยก
- 4) อุปกรณ์ในการชั่ง ใช้น้ำชั่งเงินแบบชั่งได้ 7 กิโลกรัม
- 5) อุปกรณ์ในการวัด ใช้น้ำสายผ่าวัด
- 6) อื่น ๆ ได้แก่ ป้ายบอกชื่อพันธุ์ มีด ผ่าสแลงคลุมกันแดด กรวยคลุมกันแดด

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design) โดยผักกาดหอมมี 10 สายพันธุ์ (varieties) ทำ 2 ซ้ำ (replication) โดยมีวิธีการสุ่มทริทเมนต์ให้แก่แปลงทดลองดังนี้

ขั้นที่ 1 แบ่งพื้นที่ที่ทดลองออกเป็น 2 บล็อก ที่มีขนาดเท่าๆ กัน

ขั้นที่ 2 แบ่งบล็อกที่ 1 ออกเป็นแปลงทดลองย่อยๆ จำนวน 10 แปลง และจัดทริทเมนต์ทั้ง 10 ทริทเมนต์ อย่างสุ่มให้แก่แปลง 10 แปลง โดยใช้ตารางเลขสุ่มดังนี้

เลือกเลขสุ่ม 3 หลัก 10 จำนวน โดยหันหน้าแล้วใช้ปลายปากกาจิ้มลงไป ในตารางเลขสุ่มในที่นี้สุ่มได้แถวที่ 21 และคอลัมน์ที่ 16 จึงเริ่มแถวที่ 21 และคอลัมน์ที่ 16 ในตารางเลขสุ่ม และอ่านเลขสุ่ม 3 หลักแรกจากซ้ายไปขวา ในแถวถัดลงมา ณ ตำแหน่งคอลัมน์ที่ตรงกัน อ่านเลขสุ่ม 3 หลักที่สองจากซ้ายไปขวา เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ดังนี้

เลขสุ่ม	ลำดับ
481	1
516	2
991	3
062	4
804	5
675	6
154	7
473	8
571	9
769	10

ให้อันดับที่เลขคู่จากค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุดดังนี้

เลขคู่	ลำดับ	อันดับที่
481	1	4
516	2	5
991	3	10
062	4	1
804	5	9
675	6	7
154	7	2
473	8	3
571	9	6
769	10	8

จัดทริทเมนต์ 10 ทริทเมนต์ ให้แก่แปลง 10 แปลง โดยใช้ลำดับเป็นหมายเลขของ
ทริทเมนต์และอันดับที่สอดคล้องกันเป็นหมายเลขของแปลงที่ทริทเมนต์ถูกจัดลงไปแปลง

ดังนั้น ทริทเมนต์ที่ 1 ถูกจัดลงในแปลงที่ 4 ทริทเมนต์ที่ 2 ถูกจัดลงในแปลงที่ 5

ทริทเมนต์ที่ 3 ถูกจัดลงในแปลงที่ 10 ทริทเมนต์ที่ 4 ถูกจัดลงในแปลงที่ 1

ทริทเมนต์ที่ 5 ถูกจัดลงในแปลงที่ 9 ทริทเมนต์ที่ 6 ถูกจัดลงในแปลงที่ 7

ทริทเมนต์ที่ 7 ถูกจัดลงในแปลงที่ 2 ทริทเมนต์ที่ 8 ถูกจัดลงในแปลงที่ 3

ทริทเมนต์ที่ 9 ถูกจัดลงในแปลงที่ 6 ทริทเมนต์ที่ 10 ถูกจัดลงในแปลงที่ 8

ขั้นที่ 3 ทำซ้ำในขั้นที่ 2 ในบล็อคนที่ 2 โดยแบ่งบล็อคนที่ 2 ออกเป็นแปลงทดลองย่อย ๆ
จำนวน 10 แปลง และจัดทริทเมนต์ทั้ง 10 ทริทเมนต์ อย่างสุ่มให้แก่แปลง 10 แปลง โดยใช้
ตารางเลขคู่ดังนี้

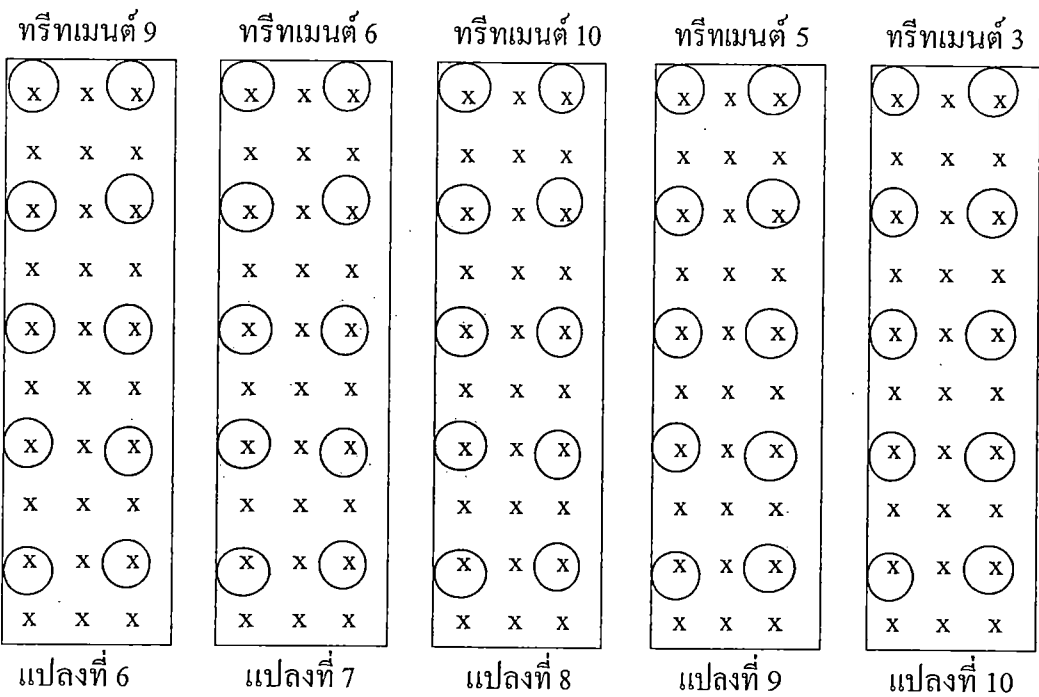
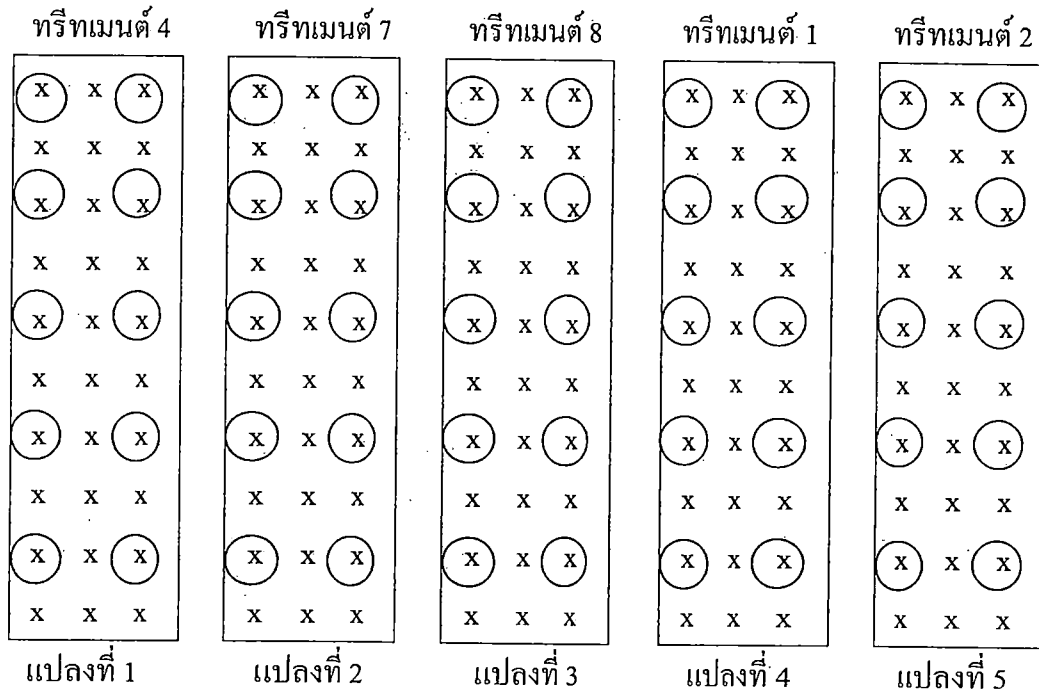
เลือกเลขคู่ 3 หลัก 10 จำนวน โดยกลับตาแล้วใช้ปลายปากกาจิ้มลงไปตารางเลขคู่
ในที่นี้สุ่มได้แถวที่ 30 และคอลัมน์ที่ 43 จึงเริ่มแถวที่ 30 และคอลัมน์ที่ 43 ในตารางเลขคู่
และอ่านเลขคู่ 3 หลักแรกจากซ้ายไปขวา ในแถวถัดลงมา ณ ตำแหน่งคอลัมน์ที่ตรงกัน
อ่านเลขคู่ 3 หลักที่สองจากซ้ายไปขวา เป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ดังนี้

ให้อันดับที่เลขคู่มาจากค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุดดังนี้

เลขคู่	ลำดับ	อันดับที่
578	1	5
698	2	7
396	3	4
323	4	2
651	5	6
804	6	9
917	7	10
749	8	8
390	9	3
046	10	1

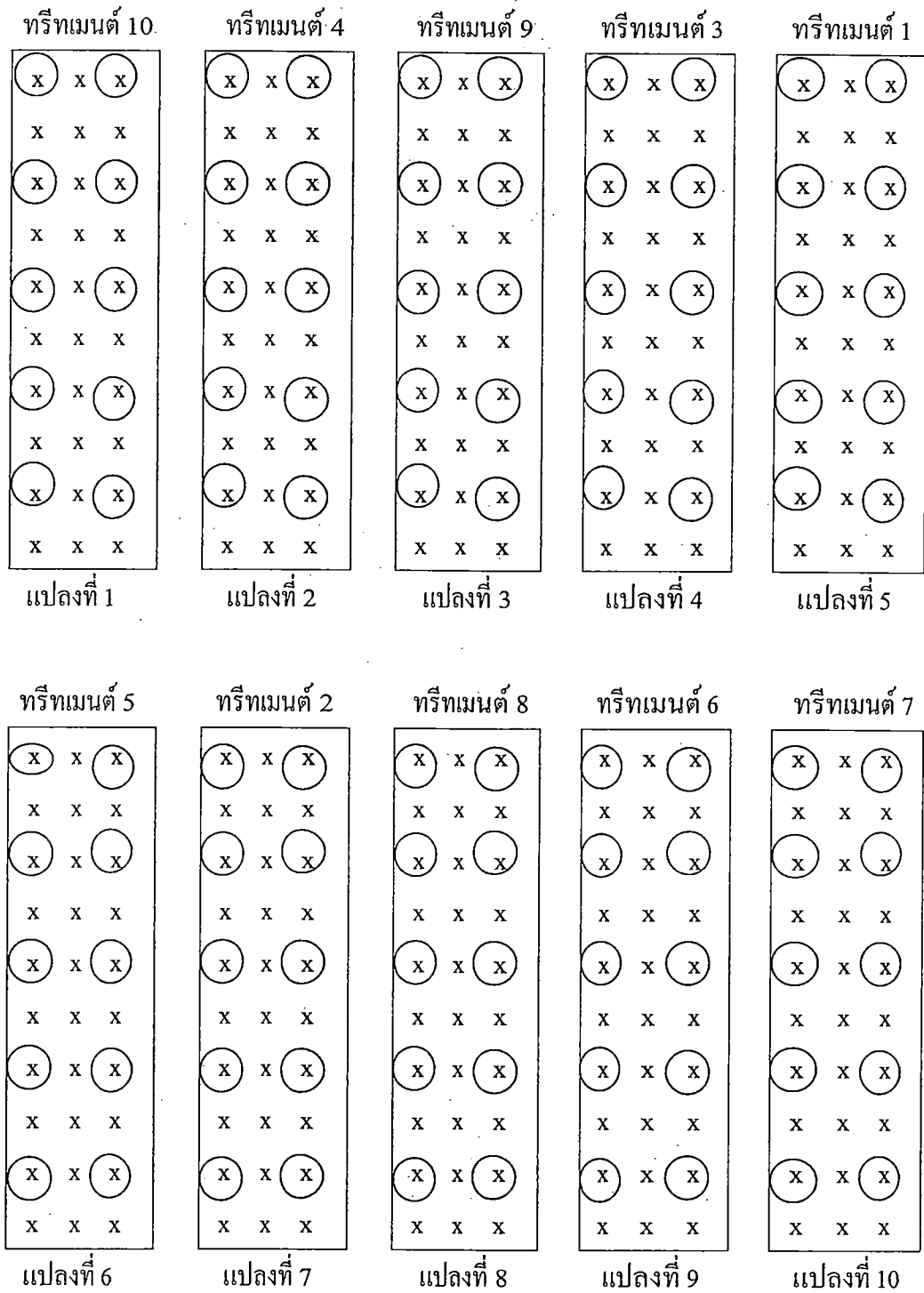
จัดทริทเมนต์ 10 ทริทเมนต์ ให้แก่แปลง 10 แปลง โดยใช้ลำดับเป็นหมายเลขของ
 ทริทเมนต์และอันดับที่สอดคล้องกันเป็นหมายเลขของแปลงที่ทริทเมนต์ถูกจัดลงไปแปลง
 ดังนั้น ทริทเมนต์ที่ 1 ถูกจัดลงในแปลงที่ 5 ทริทเมนต์ที่ 2 ถูกจัดลงในแปลงที่ 7
 ทริทเมนต์ที่ 3 ถูกจัดลงในแปลงที่ 4 ทริทเมนต์ที่ 4 ถูกจัดลงในแปลงที่ 2
 ทริทเมนต์ที่ 5 ถูกจัดลงในแปลงที่ 6 ทริทเมนต์ที่ 6 ถูกจัดลงในแปลงที่ 9
 ทริทเมนต์ที่ 7 ถูกจัดลงในแปลงที่ 10 ทริทเมนต์ที่ 8 ถูกจัดลงในแปลงที่ 8
 ทริทเมนต์ที่ 9 ถูกจัดลงในแปลงที่ 3 ทริทเมนต์ที่ 10 ถูกจัดลงในแปลงที่ 1

ซ้ำที่ 1



รูปที่ 3.1 แผนผังของการวางแผนแบบกลุ่มในบล็อกสมบูรณ์ที่มี 10 ทริทเมนต์ ในซ้ำที่ 1

ซ้ำที่ 2



รูปที่ 3.2 แผนผังของการวางแผนแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ที่มี 10 ทริทเมนต์ ในซ้ำที่ 2

หมายเหตุ x หมายถึง ต้นผักกาดหอม
 (x) หมายถึง ต้นผักกาดหอมที่ทำการวัดค่า

3.2.2 การเตรียมแปลงปลูก

เตรียมแปลงปลูกขนาด 1 x 3 ตารางเมตร จำนวน 20 แปลง โดยขุดดินตากแดดไว้นาน 7 วัน เริ่มขุดเมื่อวันที่ 5 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550 และย่อยดินให้ละเอียดทำเป็นแถวปลูกเสร็จเรียบร้อยเมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550

3.2.3 การเพาะเมล็ด

ใช้การเพาะเมล็ดในถาดเพาะกล้าซึ่งมีขนาด 50 x 50 ตารางเซนติเมตร ได้หว่านเมล็ดแบบแผ่กระจายให้ทั่วทั้งถาด ถาดละ 1 พันธุ์ จำนวน 10 ถาด เมล็ดงอกทั้งหมดใช้เวลาประมาณ 7 วัน รดน้ำด้วยบัวรดน้ำวันละ 2 เวลา คือ เวลาเช้าและเวลาเย็น การเพาะเมล็ดเมื่อวันที่ 17 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550 เมล็ดผักกาดหอมเริ่มงอกพันธุ์แรกเมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550 และเมล็ดเริ่มงอกครบทุกพันธุ์เมื่อวันที่ 25 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550

3.2.4 การดูแลรักษากล้า

- 1) การให้น้ำ รดน้ำด้วยบัว วันละ 1 เวลา คือ เวลาเช้า เพื่อป้องกันปลายนากแ้วน้ำ
- 2) ในระหว่างที่กล้าเจริญเติบโต ใช้ผ้าแสงคลุมถาดเพาะเพื่อพรางแสงในเวลากลางวัน
- 3) การกำจัดวัชพืช ได้คอยถอนทิ้งอยู่เสมอ จนถึงวันย้ายปลูก

3.2.5 การย้ายปลูก

ย้ายกล้าเมื่อต้นกล้างอกได้ 7-14 วัน โดยถอนกล้าในถาดเพาะ นำพันธุ์ต่าง ๆ มาวางในแปลงปลูกตรงที่ได้ทำการขุดเอาไว้แล้วในแต่ละซ้ำ เลือกต้นกล้าที่มีใบจริง 3-4 ใบ การปลูกทำเป็นหลุม วางต้นกล้าลงในหลุมแล้วกลบดินให้มิดโคนต้น เมื่อปลูกเสร็จแล้วรดน้ำให้ชุ่ม ปลูกแปลงละ 3 แถว ๆ ละ 10 ต้น ระยะห่างระหว่างแถว 30 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างต้น 30 เซนติเมตร

ในแต่ละพันธุ์ปลูก 30 ต้น

ในแต่ละซ้ำมี 10 พันธุ์

ดังนั้นใน 1 ซ้ำ (Replication) ใช้กล้า 300 ต้น จำนวนกล้าที่ใช้ปลูกทั้งหมด 600 ต้น ในถาดเพาะยังคงรักษากล้าทุกพันธุ์ไว้สำหรับปลูกซ่อมกล้าในแปลงที่ตายไป ได้ทำการย้ายและปลูกเสร็จเรียบร้อยในวันที่ 3 ธันวาคม พ.ศ. 2550

3.2.6 การปลูกซ่อม

เมื่อย้ายปลูกไปได้ 3-5 วัน ถ้ามีต้นกล้าผักกาดหอมได้ตายไป ให้ทำการปลูกซ่อมให้เรียบร้อย

3.2.7 การดูแลรักษา

1) การให้น้ำ โดยใช้บัวรด ในระยะแรกๆ ให้น้ำวันละ 2 ครั้ง คือ ตอนเช้าและตอนเย็น เมื่อผักกาดหอมตั้งตัวได้ดีแล้วจึงให้น้ำเพียงวันละ 1 ครั้ง ในตอนเช้า ควรพักน้ำ 1 วัน เพื่อให้สารคลอโรฟิลล์ลดลง

2) การให้ปุ๋ย ให้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 46-0-0 จำนวน 2 ครั้ง ครั้งแรกเมื่อกกล้าอายุได้ 10-15 วัน หลังจากย้ายปลูก ใส่ในอัตราประมาณ 1 ช้อนโต๊ะ ต่อหนึ่งแปลง ละลายน้ำรดเพื่อให้กล้าเติบโตเร็วขึ้น ครั้งที่สอง เมื่อกกล้าอายุได้ 20-25 วัน หลังจากย้ายปลูก ใส่ในอัตรา 2 ช้อนโต๊ะ ต่อหนึ่งแปลง ใช้หยอดโคนต้น ห่างจากโคนต้น 1-2 นิ้ว

3) การกำจัดแมลงศัตรูพืช ในขณะที่ต้นกล้าเจริญเติบโต ถ้าพบหนอนผีเสื้อ (หนอนหน้างเหนียว) กัดกินขอบใบจนใบเป็นสีดำ ให้ใช้ยา Folidol E.605 ผสมน้ำฉีดพ่น ในอัตรา 5 ซีซี ต่อน้ำ 1 ปีบ

4) การกำจัดเชื้อรา ใช้ยา Mancocep ผสมน้ำฉีดพ่น ในอัตรา 20-50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร

5) การป้องกันการขาดสารอาหาร ถ้าพบขอบใบเน่าเป็นสีน้ำตาล มักเกิดในช่วงปลายฤดูฝน ให้ใส่แร่ธาตุจำพวกโบรอนหรือแคลเซียม โดยฉีดพ่นทางใบ

6) การพรวนดิน ทำการพรวนดินเพียง 1 ครั้ง เพื่อให้ดินโปร่ง ช่วยในการเจริญเติบโตของผักกาดหอม จากนั้นจึงรดน้ำให้ชุ่ม การพรวนดินระมัดระวังรากแขนงและรากฝอยมักจะขาดได้ง่าย

7) การกำจัดวัชพืช เมื่อมีวัชพืชขึ้นจำนวนมาก ทำการถอนทิ้ง

8) การปิดคลุมหลังจากย้ายปลูก เนื่องจากต้นกล้าผักกาดหอมมีลักษณะบอบบาง เหี่ยวเวลาได้ง่ายเมื่อถูกแสงแดด จึงทำการพรางแสงโดยใช้กรวยคลุมกันแดด หลังจากที่ต้นกล้าตั้งตัวได้แล้วจึงนำกรวยออก

3.2.8 การเก็บเกี่ยว

เมื่อผักกาดหอมอายุได้ประมาณ 42 วัน หลังจากย้ายปลูกในแปลงใหญ่แล้ว ให้ทำการตัดโดยใช้มีดตัดโคนต้นเหนือผิวดินเล็กน้อย ไม่ต้องเด็ดใบเสียออก ชั่งน้ำหนักสดของต้น ทำการเก็บเกี่ยวในวันที่ 18 มกราคม พ.ศ.2551

3.2.9 การบันทึกผลการทดลอง

- 1) การวัดความสูงของต้น ทำการวัดความสูงของต้นจากโคนต้นตอนเหนือรากไปจนถึงส่วนปลายใบที่อยู่สูงที่สุด เมื่ออายุได้ 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก
- 2) การวัดความยาวของใบ ทำการวัดความยาวของใบจากโคนใบไปจนถึงส่วนปลายใบ โดยวัดใบยาวที่สุด และใบยาวรองลงมาอีก 2 ใบ รวมเป็น 3 ใบ เมื่ออายุได้ 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก
- 3) การวัดความกว้างของใบ ทำการวัดความกว้างของใบส่วนที่กว้างที่สุด โดยวัดใบกว้างที่สุดและใบกว้างรองลงมาอีก 2 ใบ รวมเป็น 3 ใบ เมื่ออายุได้ 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก
- 4) การวัดความกว้างของทรงพุ่ม ทำการวัดขนาดความกว้างของทรงพุ่มเป็นรูปกากบาท จำนวน 2 ค่า เมื่ออายุได้ 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก
- 5) การนับจำนวนใบ ทำการนับจำนวนใบในแต่ละต้นของผักกาดหอม เมื่ออายุได้ 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก
- 6) การบันทึกสีใบและลักษณะใบของผักกาดหอม เมื่ออายุได้ 28-35 วัน หลังจากย้ายปลูก
- 7) การชั่งน้ำหนักของต้น ทำการชั่งน้ำหนักของต้นผักกาดหอมโดยตัดส่วนรากทิ้ง ไม่ต้องเด็ดใบเสียออก เมื่ออายุได้ 42 วัน หลังจากย้ายปลูก

หมายเหตุ ในการบันทึกผลการทดลองดังกล่าวข้างต้น จะทำการบันทึกผลผักกาดหอมต้นเว้นต้น นับจากข้างบนลงข้างล่าง (ไม่ได้วัดต้นในแถวที่อยู่ตรงกลางแปลง เนื่องจากจะทำให้แปลงได้รับความเสียหาย) แปลงละ 10 ต้น รวมทั้งหมด 200 ต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และ 3.2

ในการย้ายปลูกต้นกล้าผักกาดหอม ปรากฏว่ามีต้นกล้าบางต้นได้ตายไป จำนวน 15 ต้น ดังนี้

1. Grand Rapids 2 ในบล็อกที่ 1 ต้นที่ 1
2. Lettuce ในบล็อกที่ 1 ต้นที่ 1
3. Lettuce Grand Rapid Black Seeded ในบล็อกที่ 1 ต้นที่ 1, 6, 9 และ 10
4. Oakleaf ในบล็อกที่ 1 ต้นที่ 4
5. Sea Fresh ในบล็อกที่ 1 ต้นที่ 2
6. Red Salad Bowl ในบล็อกที่ 1 ต้นที่ 1 และ 8
7. Green Salad Bowl ในบล็อกที่ 1 ต้นที่ 1
8. Lettuce ในบล็อกที่ 2 ต้นที่ 9 และ 10

9. Red Salad Bowl ในบล็อกที่ 2 ต้นที่ 7

10. Green Salad Bowl ในบล็อกที่ 2 ต้นที่ 1

ดังนั้นจึงเหลือต้นกล้าสำหรับทดลองทั้งหมด 185 ต้น

3.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 การตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

1) ค่าคงเหลือจะต้องมีการแจกแจงแบบปกติ

- ใช้การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ (Normal probability plot of residual) (Montgomery, 1997) แล้วตรวจสอบค่าผิดปกติ (Outlier) โดยใช้วิธีการทดสอบของกรับส์ (Grubbs' test) (หัทธยาและณหทัย, 2550)

- ใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W (Elliott, 2000)

2) ความแปรปรวนของค่าคงเหลือจะต้องเท่ากัน

- ใช้การพล็อตค่าคงเหลือ (Residual) กับค่าทำนาย (Predicted value) (Montgomery, 1997)

3.3.2 วิธีปฏิบัติเมื่อข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Clewer and Scarisbrick, 2001)

1) การแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (Logarithmic transformation : $\log X$)

2) การแปลงข้อมูลแบบรากที่สอง (Square root transformation : \sqrt{X})

3) การแปลงข้อมูลแบบกลับเศษเป็นส่วน (Reciprocal transformation : $\frac{1}{X}$)

4) การแปลงข้อมูลแบบอาร์คซายน์ (Arcsine transformation : $\arcsin\sqrt{X}$)

3.3.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

- ใช้ Generalized Linear Model Procedure (สุชาติและจตีพร, 2534 และ Elliott, 2000) เนื่องจากข้อมูลไม่สมคุลย์ (จำนวนค่าสังเกตไม่เท่ากัน มีค่าสังเกตสูญหายบางพันธุ์)

3.3.4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์

- ใช้การทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุของดันแคน (Duncan's new multiple range test) (Montgomery, 1997)

3.4 โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 SAS version 6.12

3.4.2 Microsoft Excel

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ลักษณะประจำพันธุ์

4.1.1 สีใบและลักษณะใบ

ตารางที่ 4.1 สีใบและลักษณะใบของผักกาดหอม

พันธุ์	สีใบ	ลักษณะใบ
1. Grand Rapids 1	เขียว	ใบบาง ขอบใบหยักมาก เนื้อใบเป็นนุ่ม
2. Grand Rapids 2	เขียว	ใบบาง ขอบใบหยักมาก เนื้อใบเป็นนุ่ม
3. Lettuce	เขียว	ใบบาง ขอบใบหยักมาก เนื้อใบเป็นนุ่ม
4. Lettuce Grand Rapids Black Seeded	เขียว	ใบบาง ขอบใบหยักมาก เนื้อใบเป็นนุ่ม
5. Champaign	เขียว	ใบบาง ขอบใบหยักมาก เนื้อใบเป็นนุ่ม
6. Oakleaf	เขียว	ใบค่อนข้างบาง ขอบใบหยักน้อยคล้าย เขากวาง เนื้อใบเรียบ
7. Sea Fresh	เขียว	ใบบาง ขอบใบหยักมาก เนื้อใบเป็นนุ่ม
8. Redoak	ใบรอบนอกสีน้ำตาล ใบตรงกลางทรงพุ่มสีแดง	ใบค่อนข้างบาง ขอบใบหยัก แตกออกเป็น แฉกๆ เนื้อใบเรียบ
9. Red Salad Bowl	ใบรอบนอกสีน้ำตาล ใบตรงกลางทรงพุ่มสีแดง	ใบค่อนข้างบาง ขอบใบหยัก แตกออกเป็น แฉกๆ เนื้อใบเรียบ
10. Green Salad Bowl	เขียว	ใบค่อนข้างบาง ขอบใบหยักน้อย เนื้อใบเรียบ

4.2 การเจริญเติบโต

4.2.1 ความสูงของต้นเฉลี่ย

ตารางที่ 4.2 ความสูงของต้นเฉลี่ยของผักกาดหอมที่มีอายุ 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน
หลังจากย้ายปลูก (หน่วย : เซนติเมตร)

พันธุ์	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน	35 วัน
1. Grand Rapids 1	3.61	5.28	8.83	13.09	16.41
2. Grand Rapids 2	3.00	4.37	7.23	10.68	13.78
3. Lettuce	2.71	4.14	5.83	8.31	12.58
4. Lettuce Grand Rapids Black Seeded	3.31	4.71	7.88	12.27	16.22
5. Champaign	2.75	4.40	7.75	10.31	13.00
6. Oakleaf	3.61	4.71	8.41	10.35	14.24
7. Sea Fresh	3.70	5.23	9.03	12.08	16.15
8. Redoak	4.15	5.58	9.35	12.15	15.90
9. Red Salad Bowl	2.38	3.65	5.54	8.55	11.60
10. Green Salad Bowl	3.79	5.62	8.43	10.33	14.89

จากตารางจะพบว่า ผักกาดหอมที่มีอายุ 7 และ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก ที่มีความสูงของต้นเฉลี่ยมากที่สุดคือ พันธุ์ Redoak ผักกาดหอมที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก ที่มีความสูงของต้นเฉลี่ยมากที่สุดคือ พันธุ์ Green Salad Bowl และผักกาดหอมที่มีอายุ 28 และ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก ที่มีความสูงของต้นเฉลี่ยมากที่สุดคือ พันธุ์ Grand Rapids 1

4.2.2 ความยาวของใบเฉลี่ย

ตารางที่ 4.3 ความยาวของใบเฉลี่ยของผักกาดหอมที่มีอายุ 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน
หลังจากย้ายปลูก (หน่วย : เซนติเมตร)

พันธุ์	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน	35 วัน
1. Grand Rapids 1	3.95	6.00	9.20	13.05	16.40
2. Grand Rapids 2	3.03	4.61	7.41	10.98	14.29
3. Lettuce	2.71	3.80	5.64	8.87	12.78
4. Lettuce Grand Rapids Black Seeded	3.39	5.20	8.23	12.43	16.41
5. Champaign	3.07	4.75	7.69	10.68	13.38
6. Oakleaf	3.75	5.47	8.97	11.35	14.46
7. Sea Fresh	3.97	5.79	9.14	12.67	15.49
8. Redoak	3.97	6.97	10.81	14.57	18.78
9. Red Salad Bowl	2.04	3.19	5.72	9.59	13.61
10. Green Salad Bowl	4.39	6.86	9.80	12.71	18.35

จากตารางจะพบว่า ผักกาดหอมที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก ที่มีความยาวของใบเฉลี่ยมากที่สุดคือ พันธุ์ Green Salad Bowl ส่วนผักกาดหอมที่มีอายุ 14, 21, 28 และ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก ที่มีความยาวของใบเฉลี่ยมากที่สุดคือ พันธุ์ Redoak

4.2.3 ความกว้างของใบเฉลี่ย

ตารางที่ 4.4 ความกว้างของใบเฉลี่ยของผักกาดหอมที่มีอายุ 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน
หลังจากย้ายปลูก (หน่วย : เซนติเมตร)

พันธุ์	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน	35 วัน
1. Grand Rapids 1	2.84	4.95	8.15	11.83	16.47
2. Grand Rapids 2	2.19	3.80	6.39	10.27	13.70
3. Lettuce	1.88	3.01	4.72	8.18	12.35
4. Lettuce Grand Rapids Black Seeded	2.41	4.06	6.92	11.37	16.21
5. Champaign	2.25	4.17	6.69	9.54	13.10
6. Oakleaf	1.65	3.20	5.70	8.34	12.12
7. Sea Fresh	2.82	4.74	8.01	11.65	15.74
8. Redoak	1.97	3.91	7.48	12.65	18.96
9. Red Salad Bowl	1.12	1.75	3.50	7.21	11.18
10. Green Salad Bowl	2.27	4.45	7.03	12.18	18.71

จากตารางจะพบว่า ผักกาดหอมที่มีอายุ 7, 14 และ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก ที่มีความกว้างของใบเฉลี่ยมากที่สุดคือ พันธุ์ Grand Rapids 1 ส่วนผักกาดหอมที่มีอายุ 28 และ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก ที่มีความกว้างของใบเฉลี่ยมากที่สุดคือ พันธุ์ Redoak

4.2.4 ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย

ตารางที่ 4.5 ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยของผักกาดหอมที่มีอายุ 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน
หลังจากย้ายปลูก (หน่วย : เซนติเมตร)

พันธุ์	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน	35 วัน
1. Grand Rapids 1	5.59	9.48	14.35	22.52	30.76
2. Grand Rapids 2	4.16	7.01	11.84	19.01	27.02
3. Lettuce	3.65	6.14	8.98	15.46	22.38
4. Lettuce Grand Rapids Black Seeded	4.55	9.44	12.79	21.56	29.37
5. Champaign	4.39	7.75	11.75	18.22	24.86
6. Oakleaf	5.23	8.31	14.75	21.10	26.46
7. Sea Fresh	5.21	8.88	14.62	21.43	29.73
8. Redoak	4.40	9.99	18.07	26.01	34.65
9. Red Salad Bowl	2.36	4.28	8.22	15.98	22.78
10. Green Salad Bowl	5.83	11.18	16.76	23.87	33.94

จากตารางจะพบว่า ผักกาดหอมที่มีอายุ 7 และ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก ที่มีความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุดคือ พันธุ์ Green Salad Bowl ส่วนผักกาดหอมที่มีอายุ 21, 28 และ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก ที่มีความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุดคือ พันธุ์ Redoak

4.2.5 จำนวนใบเฉลี่ย

ตารางที่ 4.6 จำนวนใบเฉลี่ยของผักกาดหอมที่มีอายุ 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน
หลังจากย้ายปลูก (หน่วย : ใบ)

พันธุ์	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน	35 วัน
1. Grand Rapids 1	5.15	6.75	9.55	14.00	20.00
2. Grand Rapids 2	5.05	6.84	9.00	11.58	17.11
3. Lettuce	4.35	5.29	6.41	9.00	13.82
4. Lettuce Grand Rapids Black Seeded	5.75	7.25	9.00	12.63	19.81
5. Champaign	5.45	6.95	8.65	11.20	16.85
6. Oakleaf	5.47	9.05	14.42	22.16	31.79
7. Sea Fresh	5.05	6.63	9.21	13.32	19.84
8. Redoak	5.60	7.75	11.20	16.85	25.45
9. Red Salad Bowl	4.29	5.12	6.53	10.18	14.18
10. Green Salad Bowl	5.17	8.11	11.50	18.78	27.17

จากตารางจะพบว่า ผักกาดหอมที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก ที่มีจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุดคือ พันธุ์ Lettuce Grand Rapids Black Seeded ส่วนผักกาดหอมที่มีอายุ 14, 21, 28 และ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก ที่มีจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุดคือ พันธุ์ Oakleaf

4.2.6 น้ำหนักของต้นเฉลี่ย

ตารางที่ 4.7 น้ำหนักของต้นเฉลี่ยของผักกาดหอมที่มีอายุ 42 วัน หลังจากย้ายปลูก (หน่วย : กรัม)

พันธุ์	น้ำหนักต้นเฉลี่ย
1. Grand Rapids 1	342.25
2. Grand Rapids 2	174.47
3. Lettuce	156.18
4. Lettuce Grand Rapids Black Seeded	203.13
5. Champaign	244.25
6. Oakleaf	130.53
7. Sea Fresh	291.32
8. Redoak	241.00
9. Red Salad Bowl	136.76
10. Green Salad Bowl	219.17

จากตารางจะพบว่า ผักกาดหอมที่มีอายุ 42 วัน หลังจากย้ายปลูก ที่มีน้ำหนักต้นเฉลี่ยมากที่สุดคือ พันธุ์ Grand Rapids 1 รองลงมาคือพันธุ์ Sea Fresh และ Champaign ตามลำดับ

4.3 การตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน ควรมีการตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นก่อน ดังนี้

1. ค่าคงเหลือจะต้องมีการแจกแจงแบบปกติ
2. ความแปรปรวนของค่าคงเหลือจะต้องเท่ากัน

ตารางที่ 4.8 ค่า Shapiro-Wilk W ก่อนแปลงและหลังแปลงข้อมูล ความแปรปรวนของค่าคงเหลือก่อนแปลงและหลังแปลงข้อมูล และการแปลงข้อมูล ของความสูงของต้น ความยาวของใบเฉลี่ย ความกว้างของใบเฉลี่ย ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย จำนวนใบ และน้ำหนักของต้น ของผักกาดหอมที่มีอายุ 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก

ตัวแปรที่วัดค่า	ค่า Shapiro-Wilk W	ความแปรปรวนของค่าคงเหลือ	การแปลงข้อมูล	ค่า Shapiro-Wilk W หลังแปลงข้อมูล	ความแปรปรวนของค่าคงเหลือหลังแปลงข้อมูล
ความสูงของต้น					
อายุ 7 วัน	0.2792	เท่ากัน	-	-	-
อายุ 14 วัน	0.4587	เท่ากัน	-	-	-
อายุ 21 วัน	0.8445	เท่ากัน	-	-	-
อายุ 28 วัน	0.4459	เท่ากัน	-	-	-
อายุ 35 วัน	0.9404	เท่ากัน	-	-	-
ความยาวของใบเฉลี่ย					
อายุ 7 วัน	0.1617	เท่ากัน	-	-	-
อายุ 14 วัน	0.4685	เท่ากัน	-	-	-
อายุ 21 วัน	0.7422	เท่ากัน	-	-	-
อายุ 28 วัน	0.7505	เท่ากัน	-	-	-
อายุ 35 วัน	0.7134	เท่ากัน	-	-	-
ความกว้างของใบเฉลี่ย					
อายุ 7 วัน	0.3749	ไม่เท่ากัน	\sqrt{x}	0.9708	เท่ากัน
อายุ 14 วัน	0.7648	ไม่เท่ากัน	$\log x$	0.3582	เท่ากัน
อายุ 21 วัน	0.8988	เท่ากัน	-	-	-
อายุ 28 วัน	0.9183	เท่ากัน	-	-	-
อายุ 35 วัน	0.2052	เท่ากัน	-	-	-

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

ตัวแปรที่วัดค่า	ค่า Shapiro-Wilk W	ความแปรปรวนของค่าคงเหลือ	การแปลงข้อมูล	ค่า Shapiro-Wilk W หลังแปลงข้อมูล	ความแปรปรวนของค่าคงเหลือ หลังแปลงข้อมูล
ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย					
อายุ 7 วัน	0.4905	ไม่เท่ากัน	$\log x$	0.6345	เท่ากัน
อายุ 14 วัน	0.0352	ไม่เท่ากัน	$\log x$	0.9956	เท่ากัน
อายุ 21 วัน	0.9152	เท่ากัน	-	-	-
อายุ 28 วัน	0.8815	เท่ากัน	-	-	-
อายุ 35 วัน	0.0418	เท่ากัน	-	-	-
จำนวนใบ					
อายุ 7 วัน	0.6407	เท่ากัน	-	-	-
อายุ 14 วัน ***	0.4740	เท่ากัน	-	-	-
อายุ 21 วัน *	0.6977	เท่ากัน	-	-	-
อายุ 28 วัน	0.2095	ไม่เท่ากัน	$1/\sqrt{x}$	0.0827	เท่ากัน
อายุ 35 วัน *	0.7502	เท่ากัน	-	-	-
น้ำหนักของต้น					
อายุ 42 วัน	0.3331	เท่ากัน	-	-	-

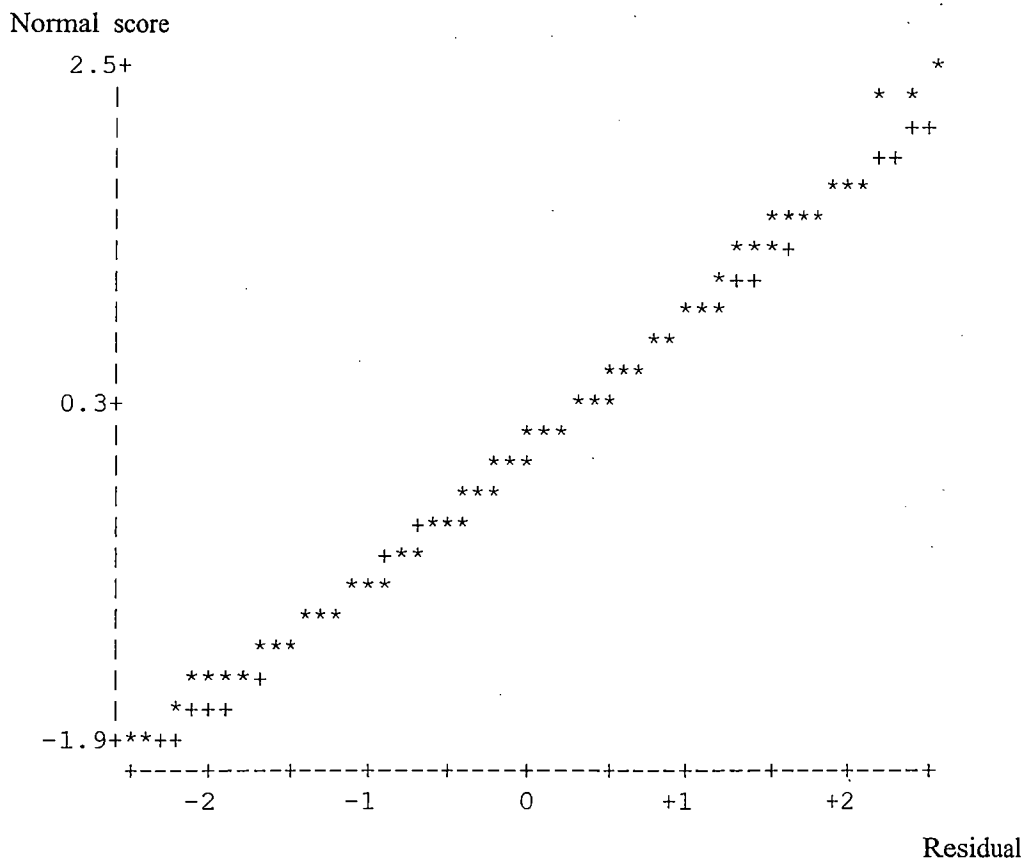
- หมายถึง ไม่ได้แปลงข้อมูล จึงไม่มีค่า Shapiro-Wilk W และความแปรปรวนของค่าคงเหลือหลังจากแปลงข้อมูล

* , *** หมายถึง มีค่านอกรอบเกิดขึ้น 1 ค่า และ 3 ค่า ตามลำดับ

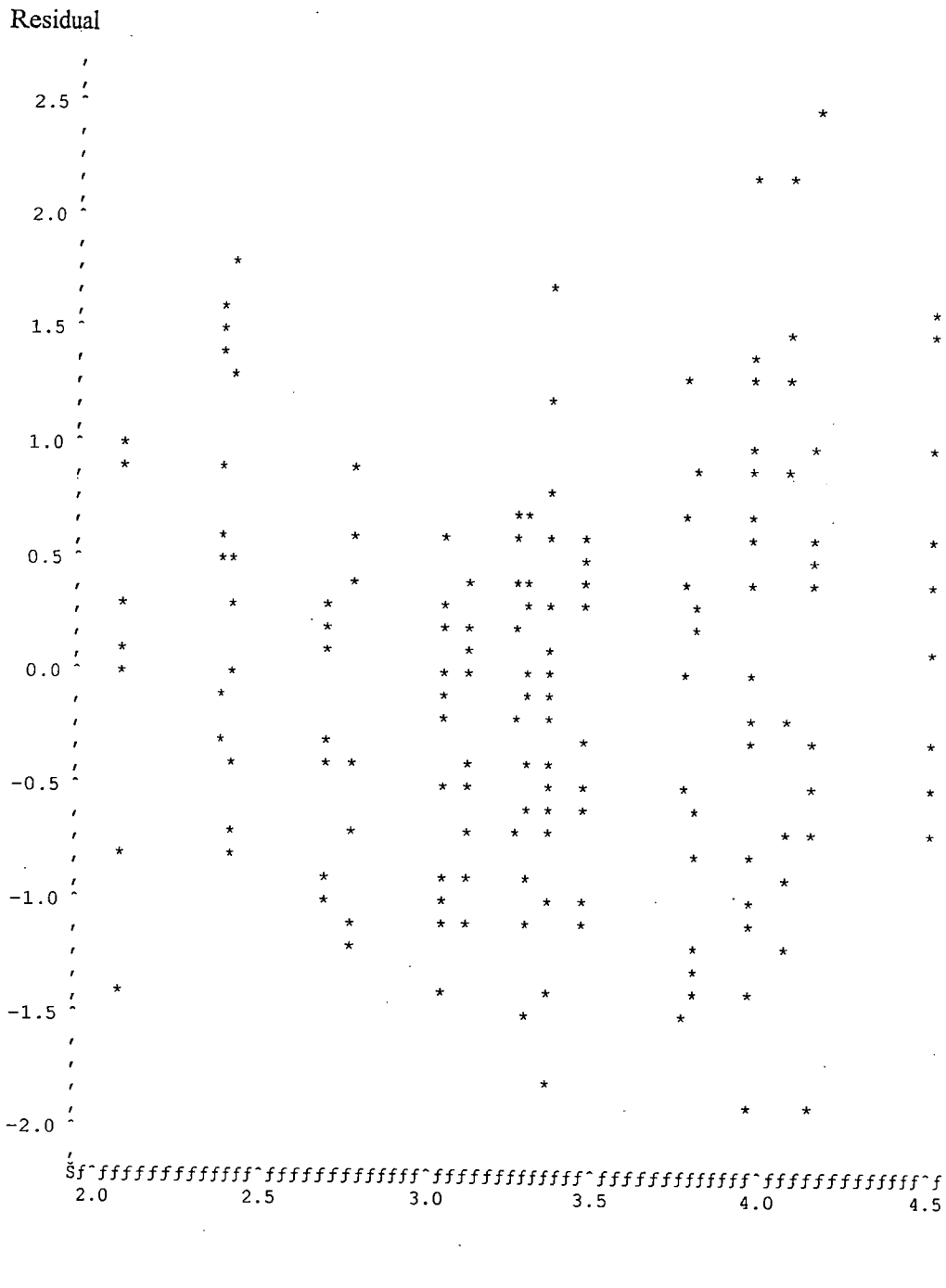
จากการตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะพบว่าความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 7 และ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 7, 14 และ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก และจำนวนใบที่มีอายุ 14, 21 และ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน จึงต้องทำการแปลงข้อมูล ซึ่งรายละเอียดของการตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังแสดงในหัวข้อ 4.3.1 – 4.3.6 ดังนี้

4.3.1 การตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นของความสูงของต้น

1) ความสูงของต้นที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.1 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความสูงของต้น
ที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก



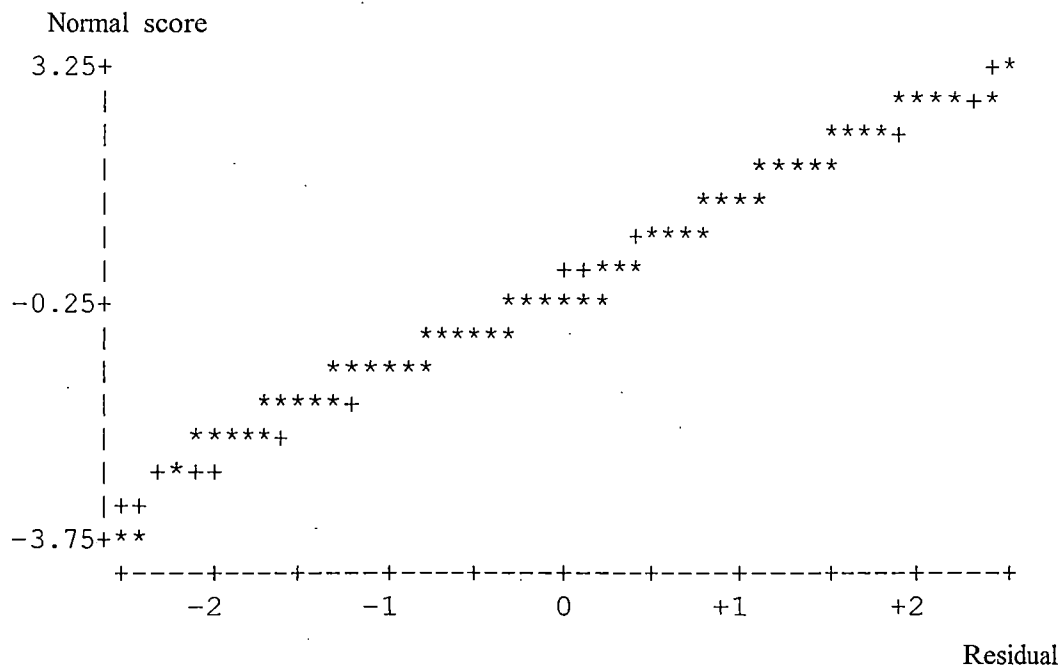
รูปที่ 4.2 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความสูงของต้น
ที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก

ในรูปที่ 4.1 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ (normal probability plot of residual) จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.2792 > 0.05$)

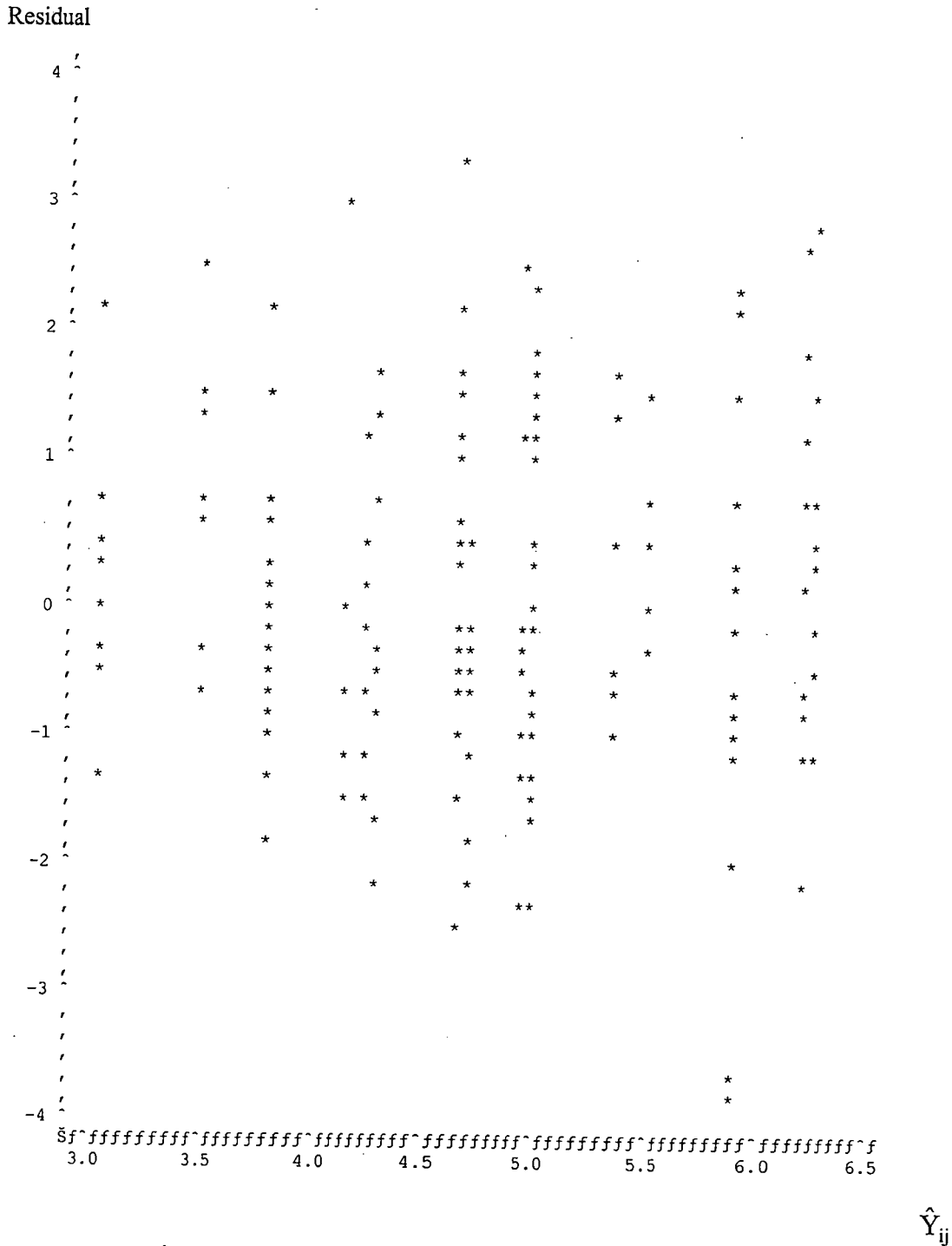
การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.2 จะพบว่าจุดต่าง ๆ กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X โดยไม่พบรูปแบบที่ผิดปกติ แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน

นั่นคือ ความสูงของต้นที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลความสูงของต้นที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

2) ความสูงของต้นที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.3 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความสูงของต้นที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก



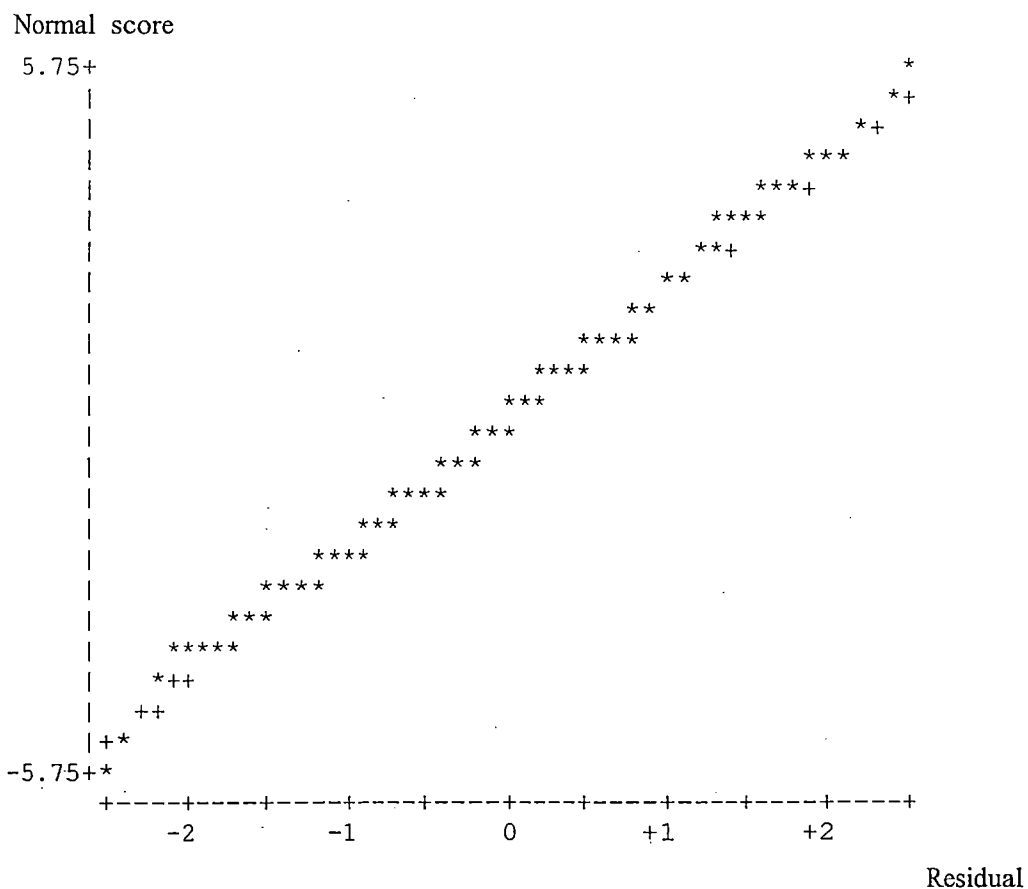
รูปที่ 4.4 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความสูงของต้น
ที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก

ในรูปที่ 4.3 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.4587 > 0.05$)

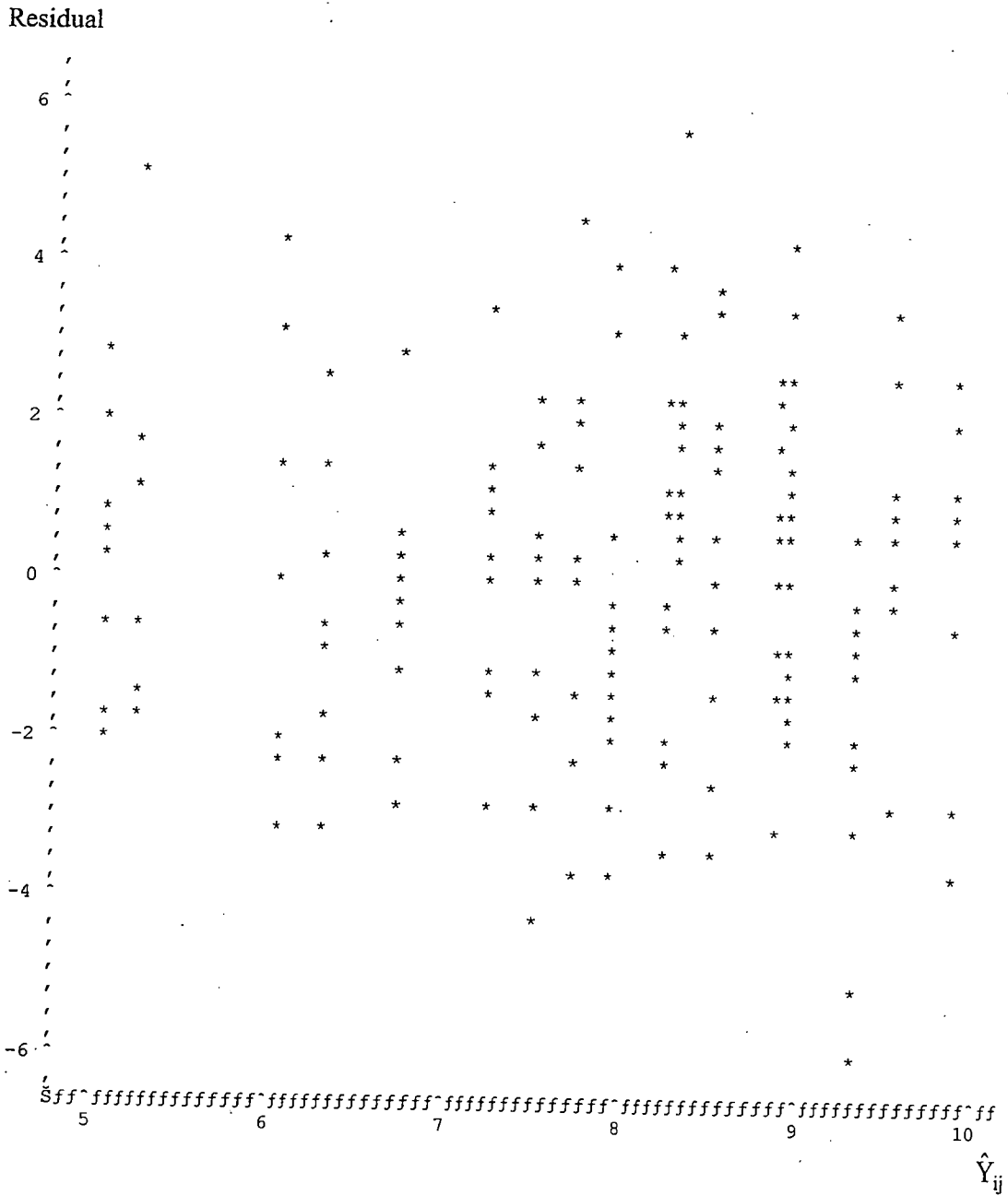
การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.4 จะพบว่าจุดต่าง ๆ กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X โดยไม่พบรูปแบบที่ผิดปกติ มีจุดเพียง 2 จุด ที่ตกอยู่ข้างนอกกลุ่ม แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือน่าจะเท่ากัน

นั่นคือ ความสูงของต้นที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลความสูงของต้นที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

3) ความสูงของต้นที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.5 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความสูงของต้นที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก



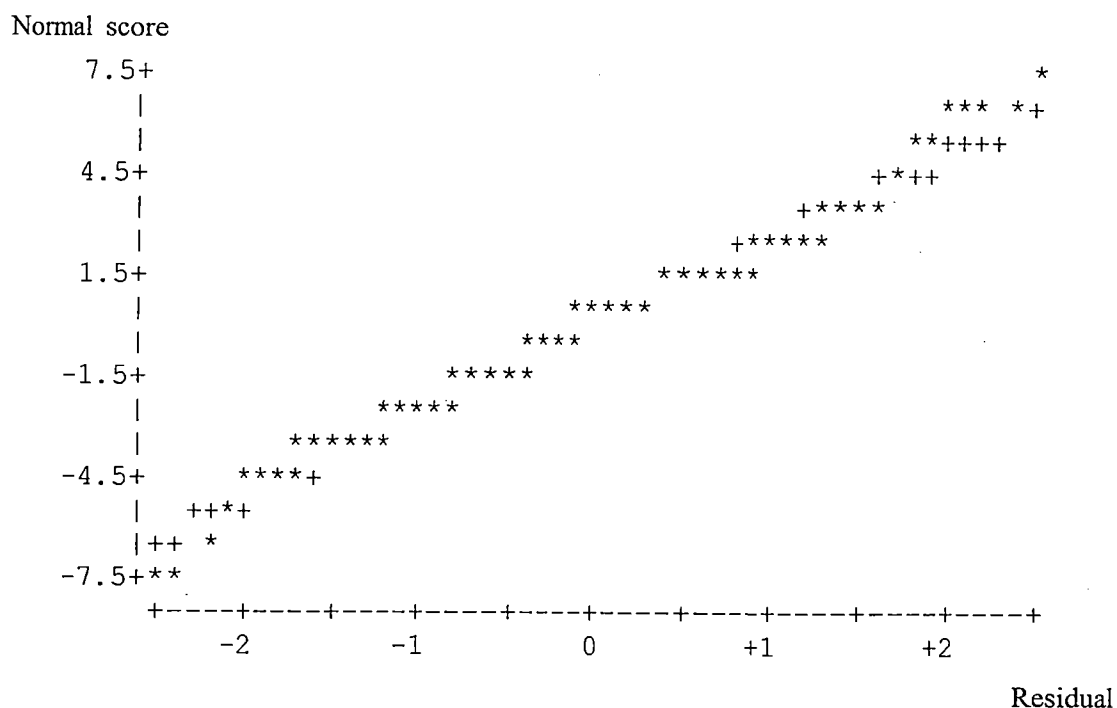
รูปที่ 4.6 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความสูงของต้น
ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก

ในรูปที่ 4.5 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.8445 > 0.05$)

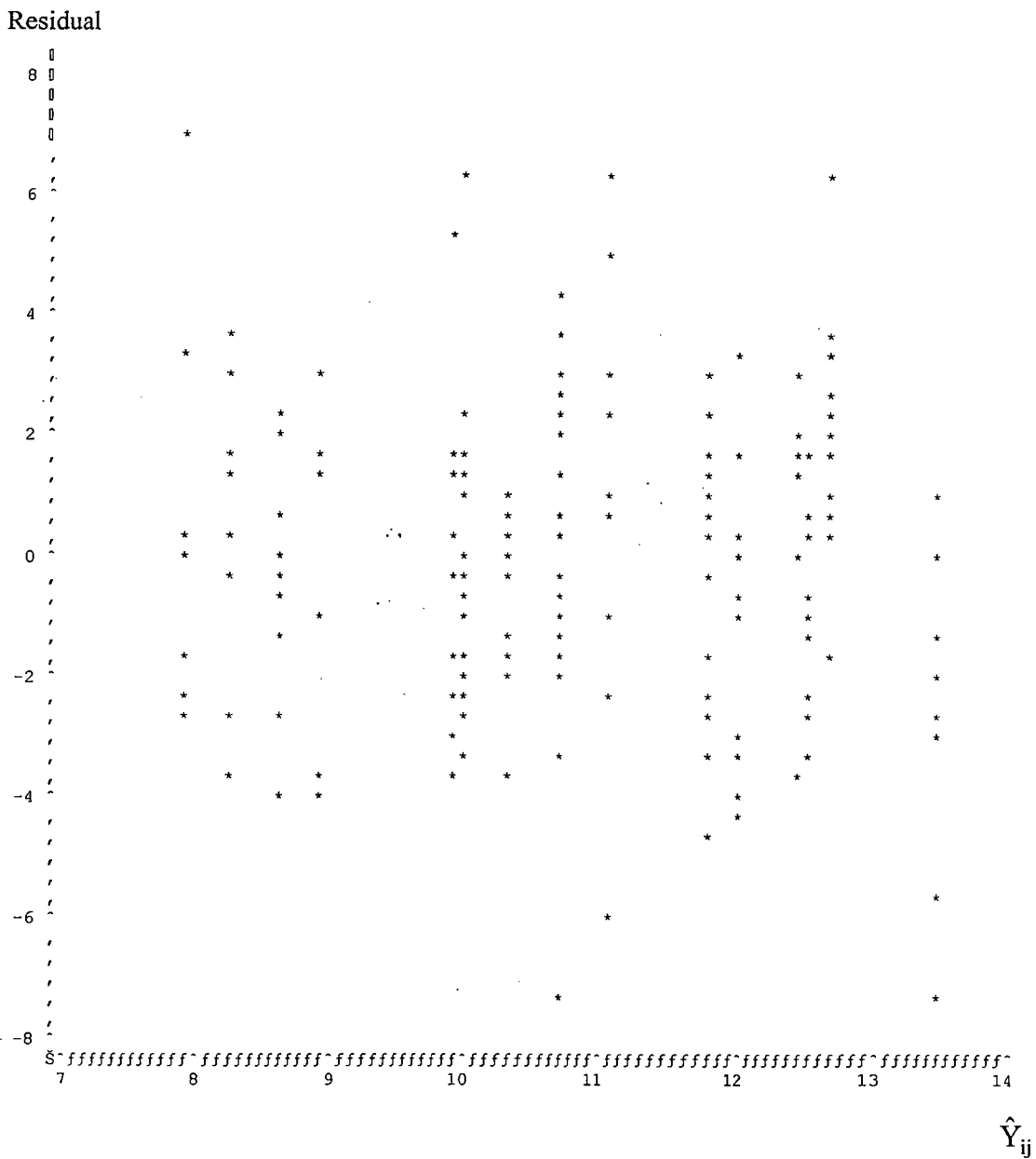
การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.6 จะพบว่าจุดต่าง ๆ กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X โดยไม่พบรูปแบบที่ผิดปกติ แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน

นั่นคือ ความสูงของต้นที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลความสูงของต้นที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

4) ความสูงของต้นที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.7 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความสูงของต้นที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก



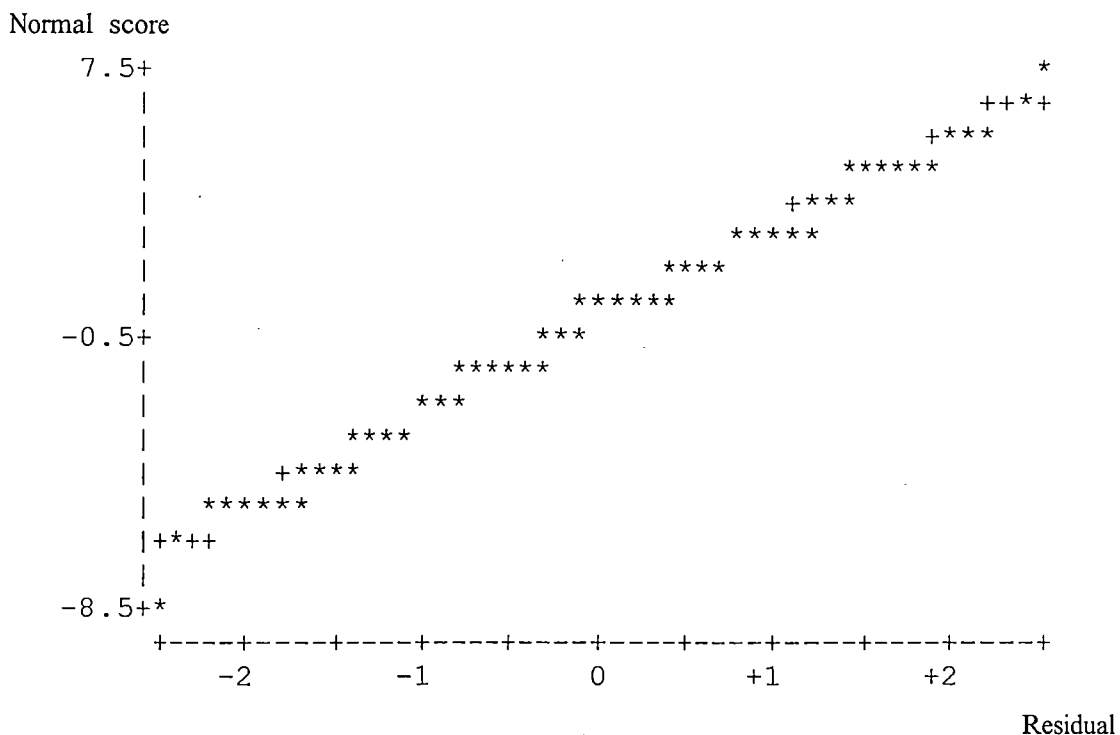
รูปที่ 4.8 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความสูงของต้น
ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก

ในรูปที่ 4.7 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.4459 > 0.05$)

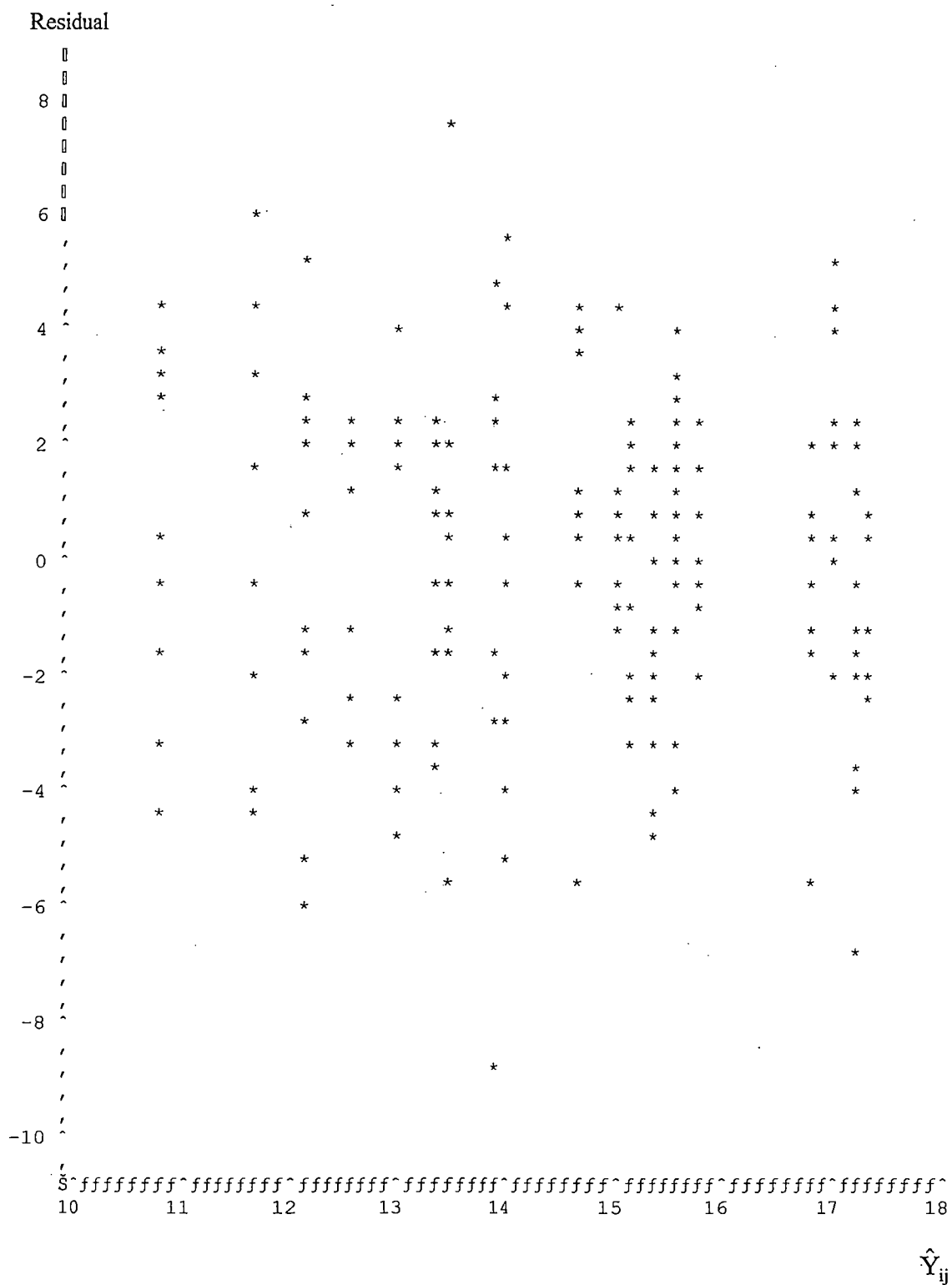
การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.8 จะพบว่าจุดต่าง ๆ กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X โดยไม่พบรูปแบบที่ผิดปกติ แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน

นั่นคือ ความสูงของต้นไม้ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลความสูงของต้นไม้ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

5) ความสูงของต้นไม้ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.9 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความสูงของต้นไม้ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.10 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความสูงของต้นไม้ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก

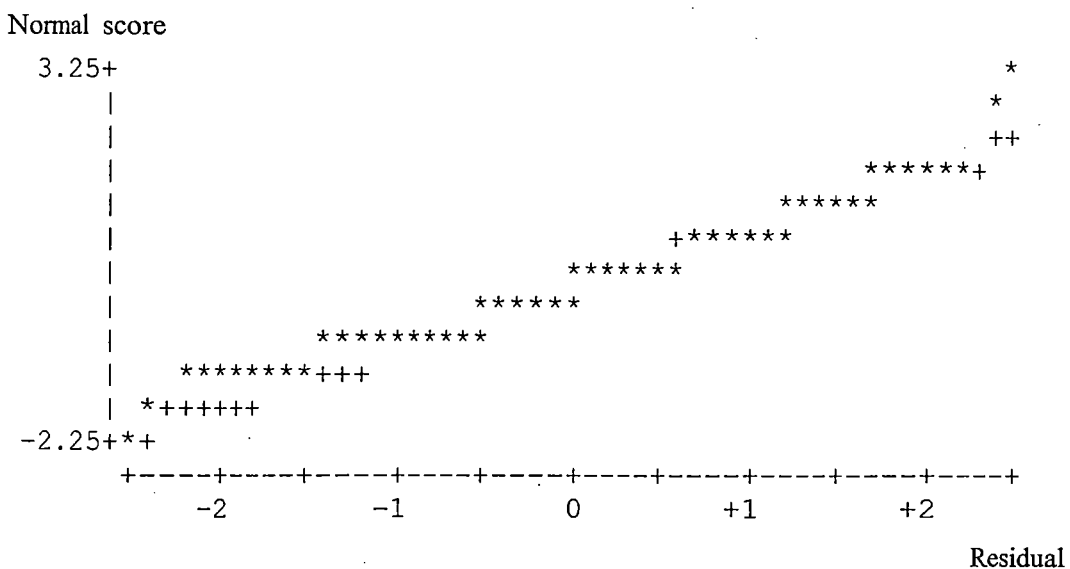
ในรูปที่ 4.9 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.9404 > 0.05$)

การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.10 จะพบว่าจุดต่าง ๆ กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X โดยไม่พบรูปแบบที่ผิดปกติ แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน

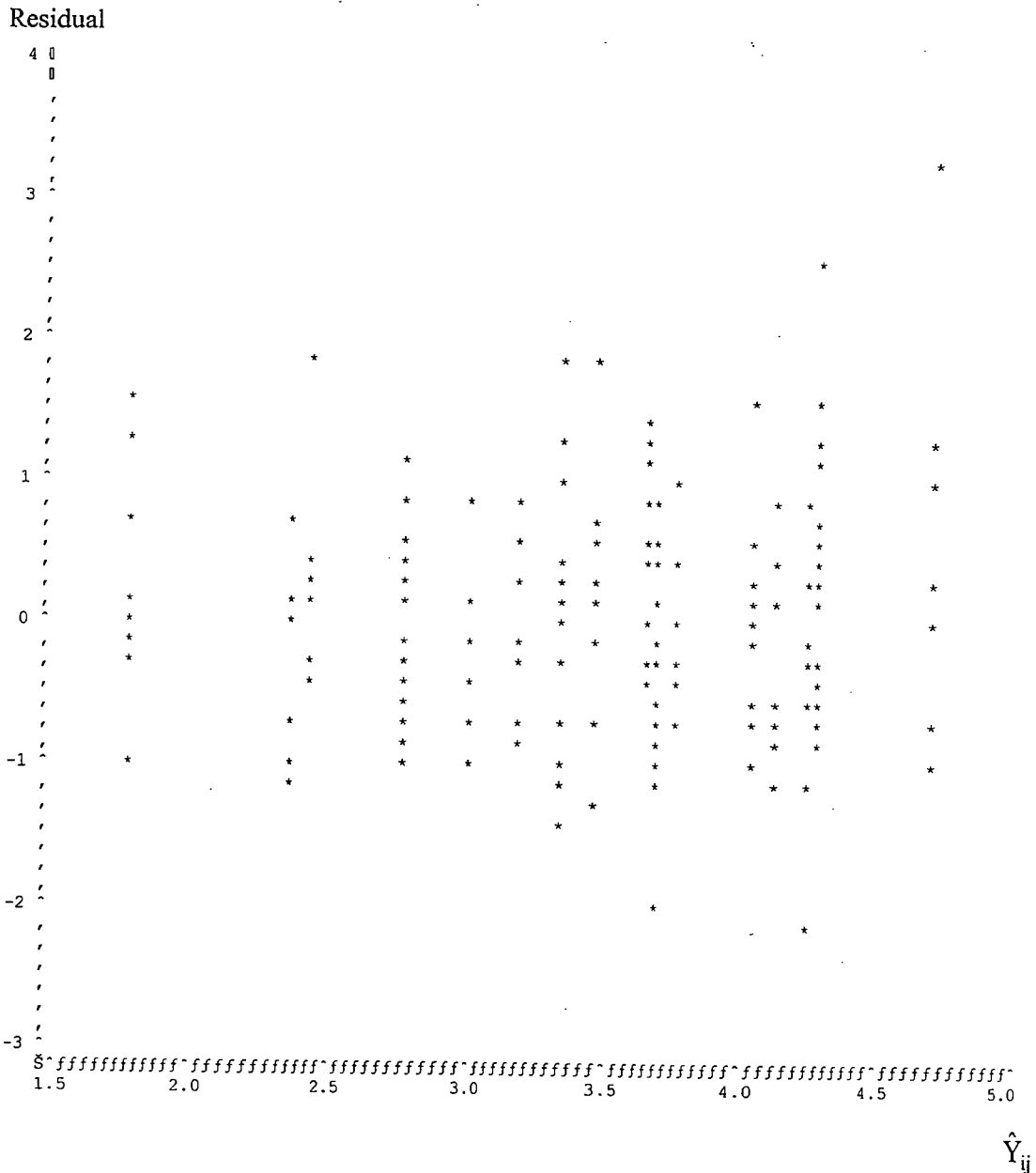
นั่นคือ ความสูงของต้นที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลความสูงของต้นที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

4.3.2 การตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นของความยาวของใบเฉลี่ย

1) ความยาวของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.11 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความยาวของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก



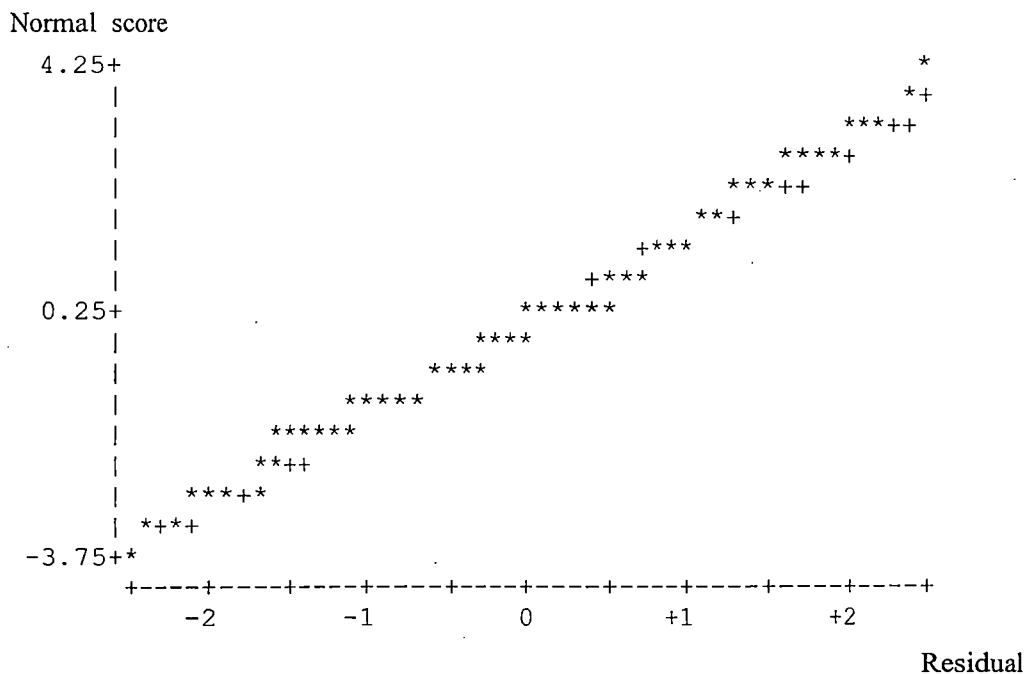
รูปที่ 4.12 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความยาวของใบเฉลี่ย
ที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก

ในรูปที่ 4.11 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.1617 > 0.05$)

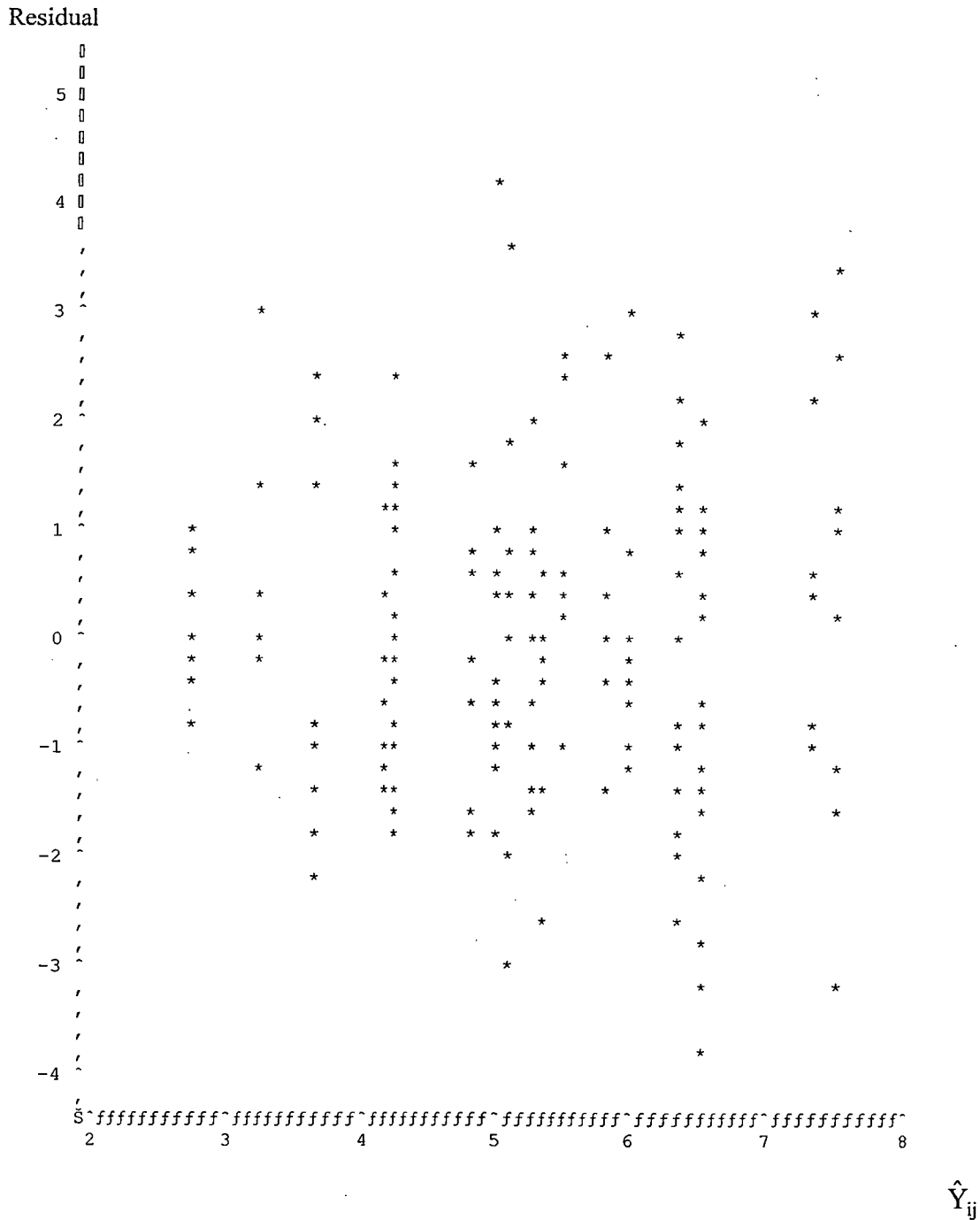
การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.12 จะพบว่าจุดต่างๆ กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X โดยไม่พบรูปแบบที่ผิดปกติ มีเพียง 2-3 จุด ที่ตกอยู่ห่างไกลออกไป แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน

นั่นคือ ความยาวของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลความยาวของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

2) ความยาวของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.13 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความยาวของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก



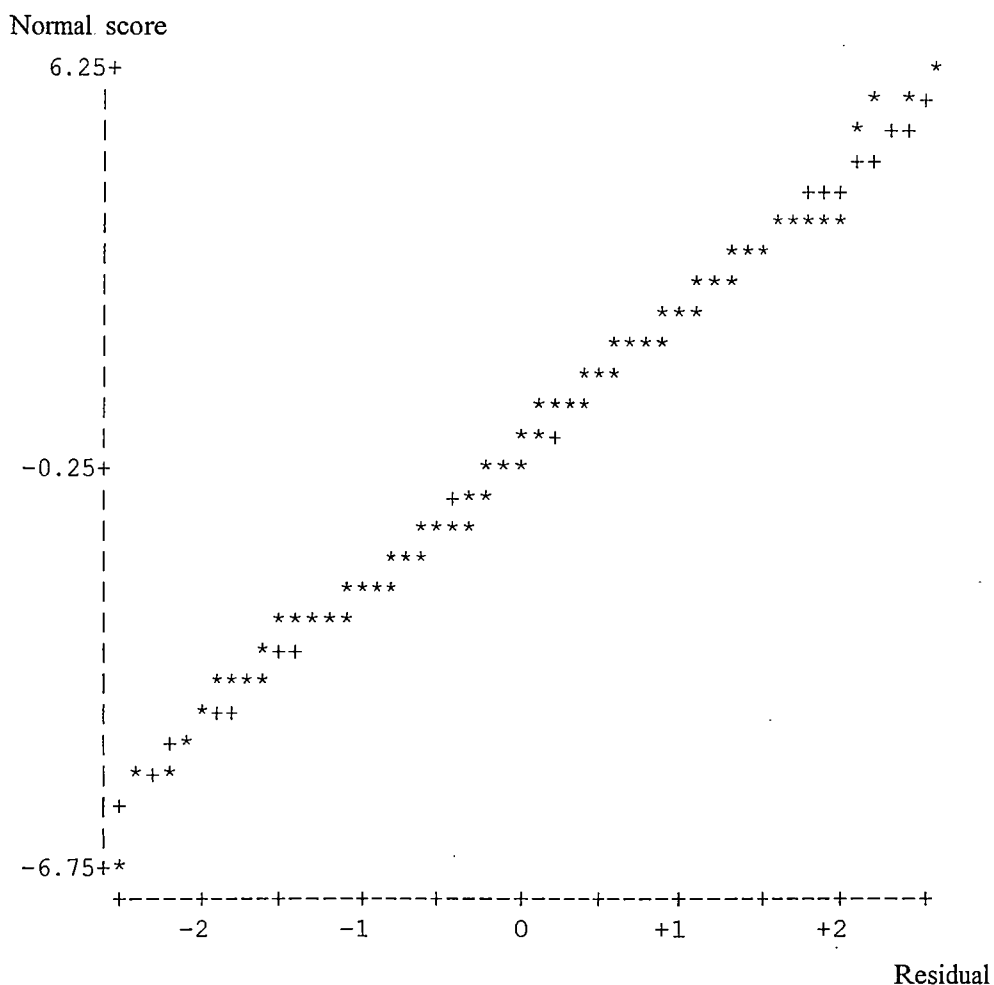
รูปที่ 4.14 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความยาวของไบเจลิย
ที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลอก

ในรูปที่ 4.13 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.4685 > 0.05$)

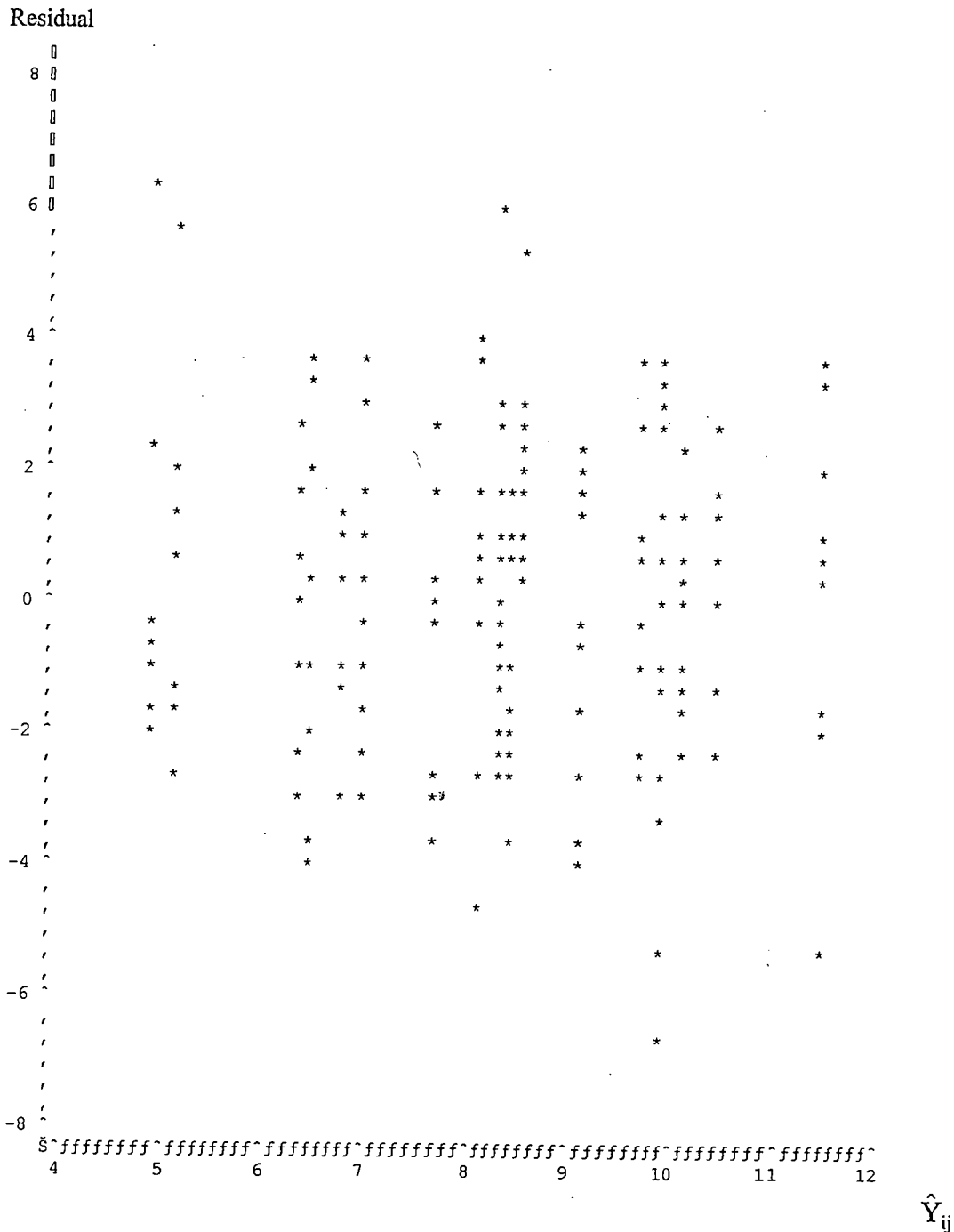
การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.14 จะพบว่าจุดต่างๆ กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X โดยไม่พบรูปแบบที่ผิดปกติ แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน

นั่นคือ ความยาวของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลความยาวของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

3) ความยาวของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.15 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความยาวของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก



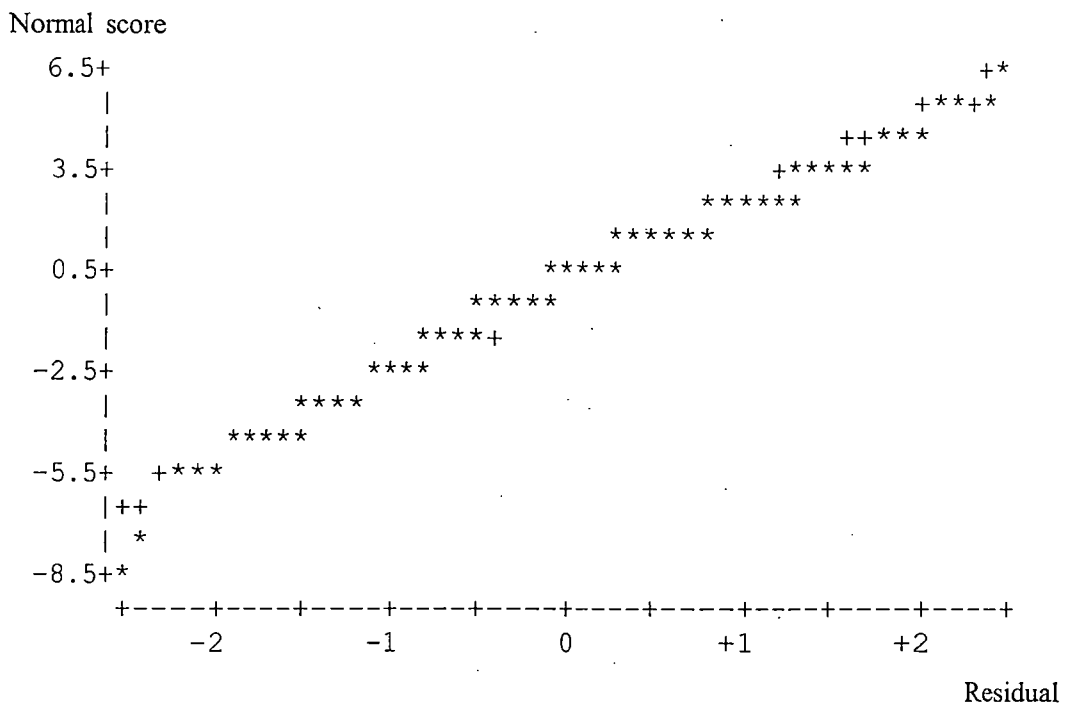
รูปที่ 4.16 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความยาวของใบเฉลี่ย
ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก

ในรูปที่ 4.15 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.7422 > 0.05$)

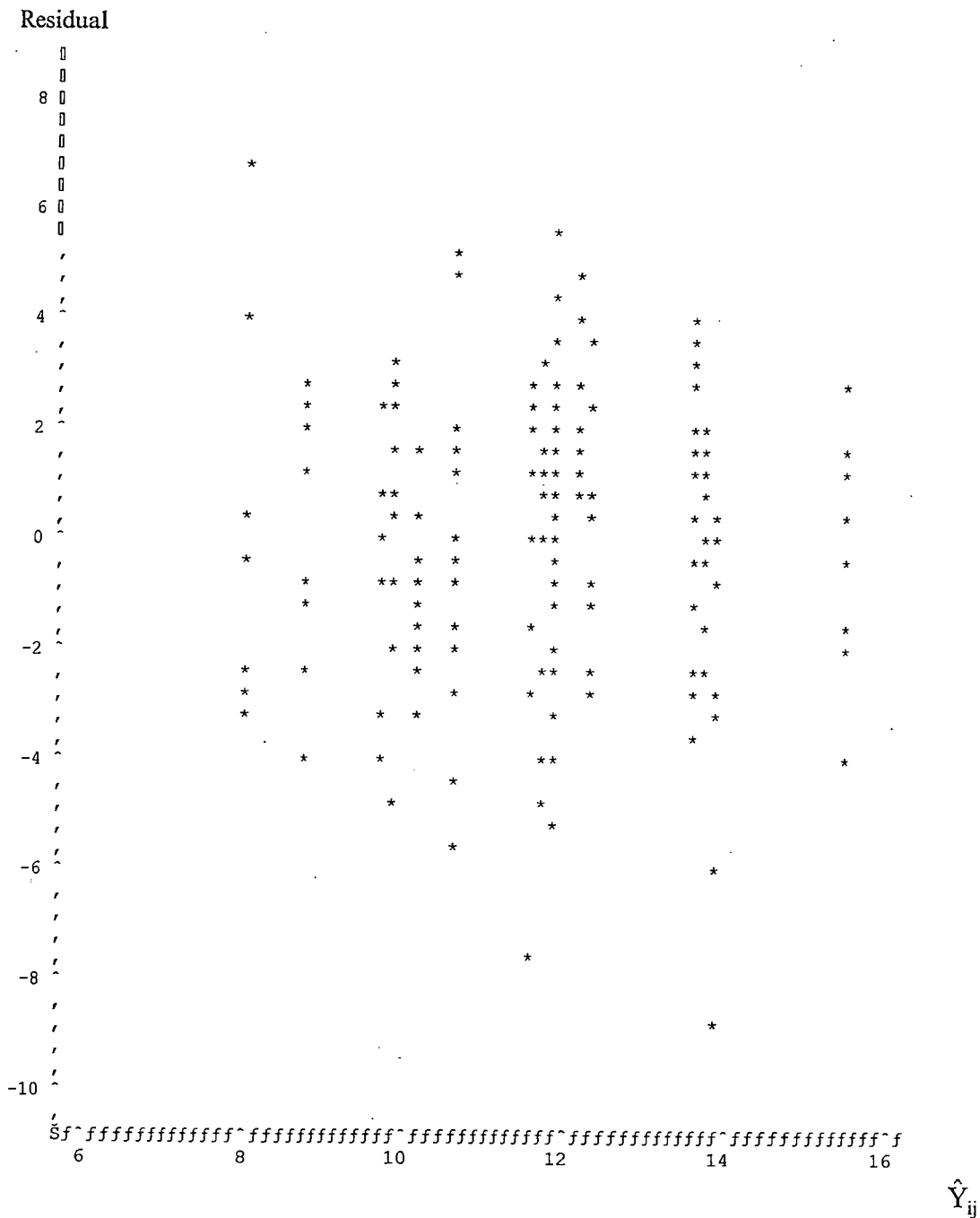
การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.16 จะพบว่าจุดต่าง ๆ กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X โดยไม่พบรูปแบบที่ผิดปกติ แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน

นั่นคือ ความยาวของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลความยาวของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

4) ความยาวของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.17 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความยาวของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก



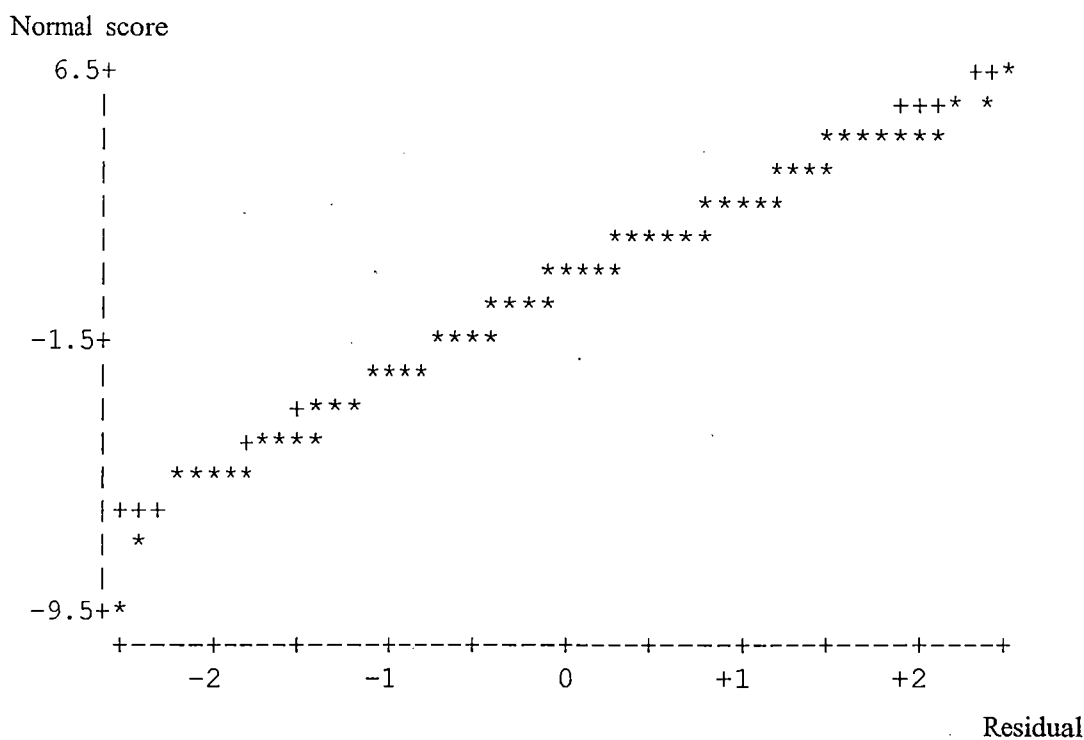
รูปที่ 4.18 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความยาวของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลุก

ในรูปที่ 4.17 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือ มีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.7505 > 0.05$)

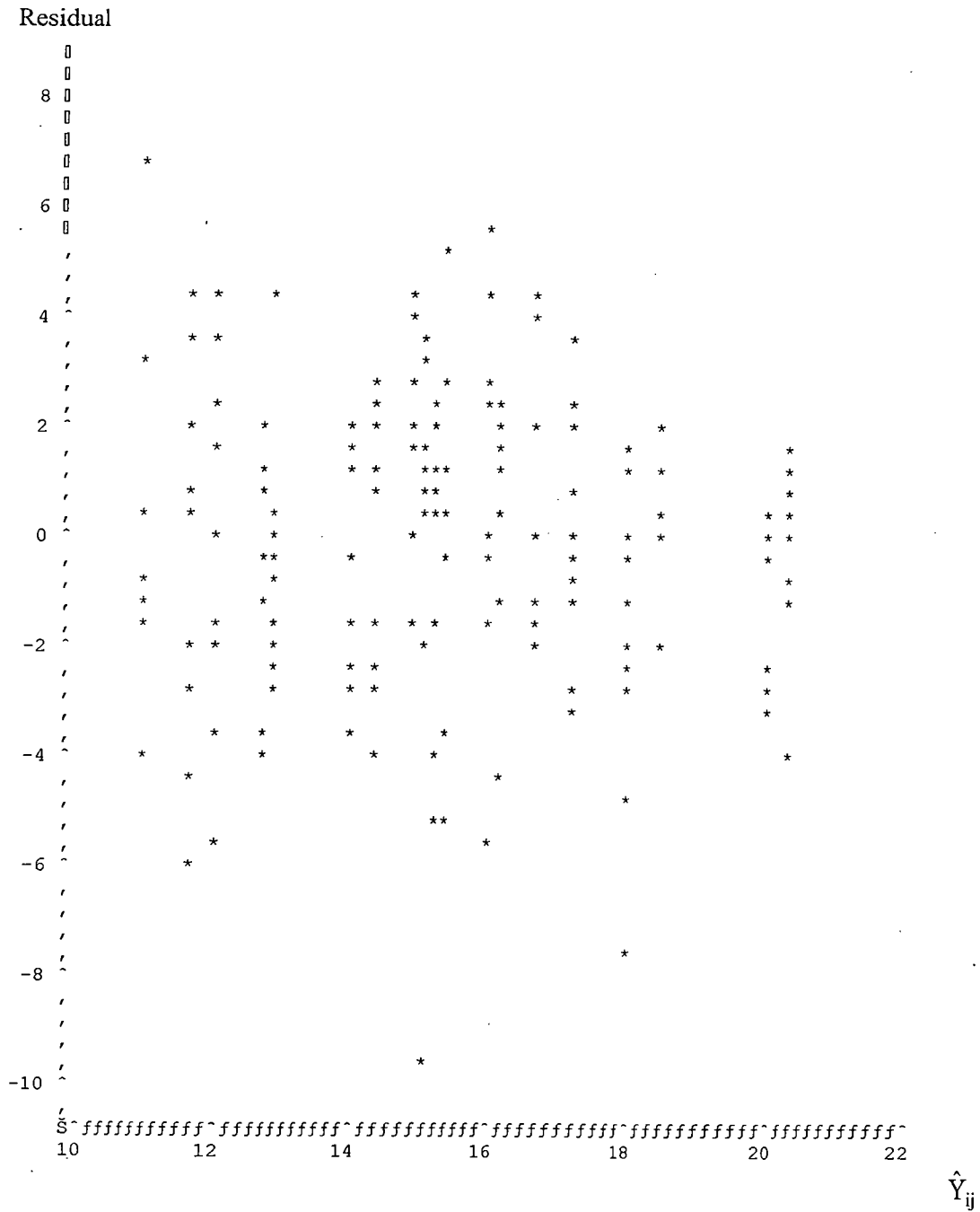
การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.18 จะพบว่าจุดต่างๆ กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X โดยไม่พบรูปแบบที่ผิดปกติ แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน

นั่นคือ ความยาวของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลความยาวของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

5) ความยาวของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.19 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความยาวของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.20 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความยาวของใบเฉลี่ย
ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก

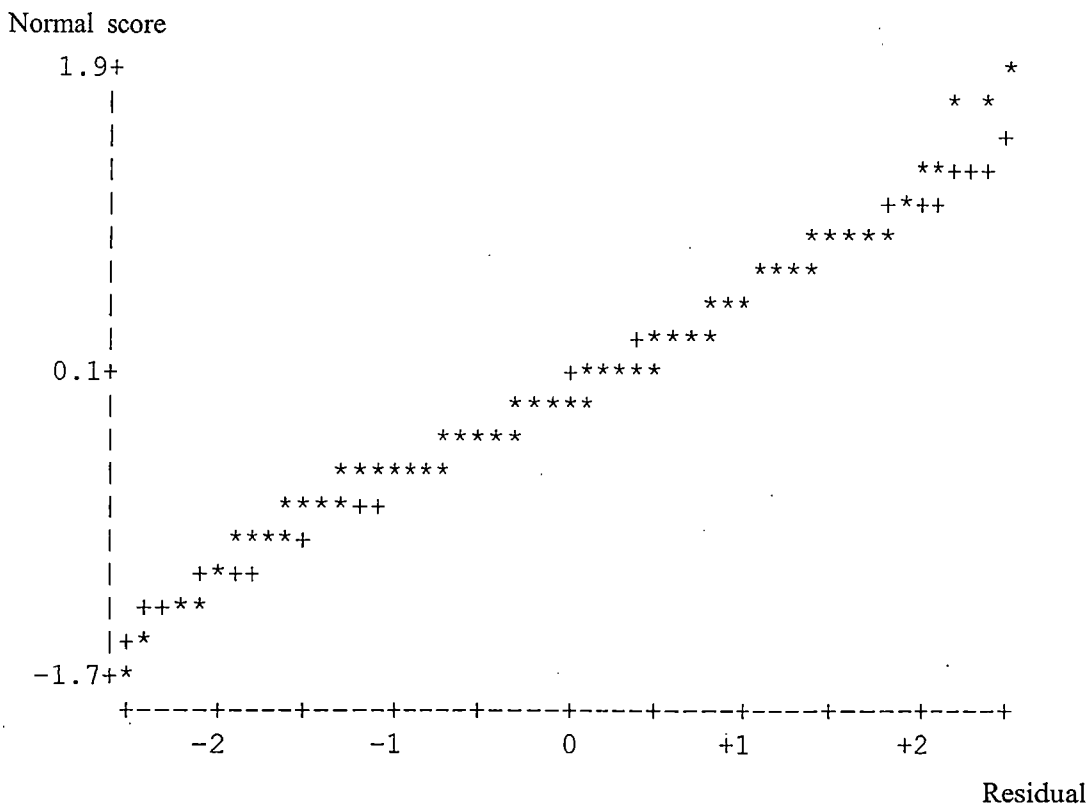
ในรูปที่ 4.19 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.7134 > 0.05$)

การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.20 จะพบว่าจุดต่าง ๆ กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X โดยไม่พบรูปแบบที่ผิดปกติ แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน

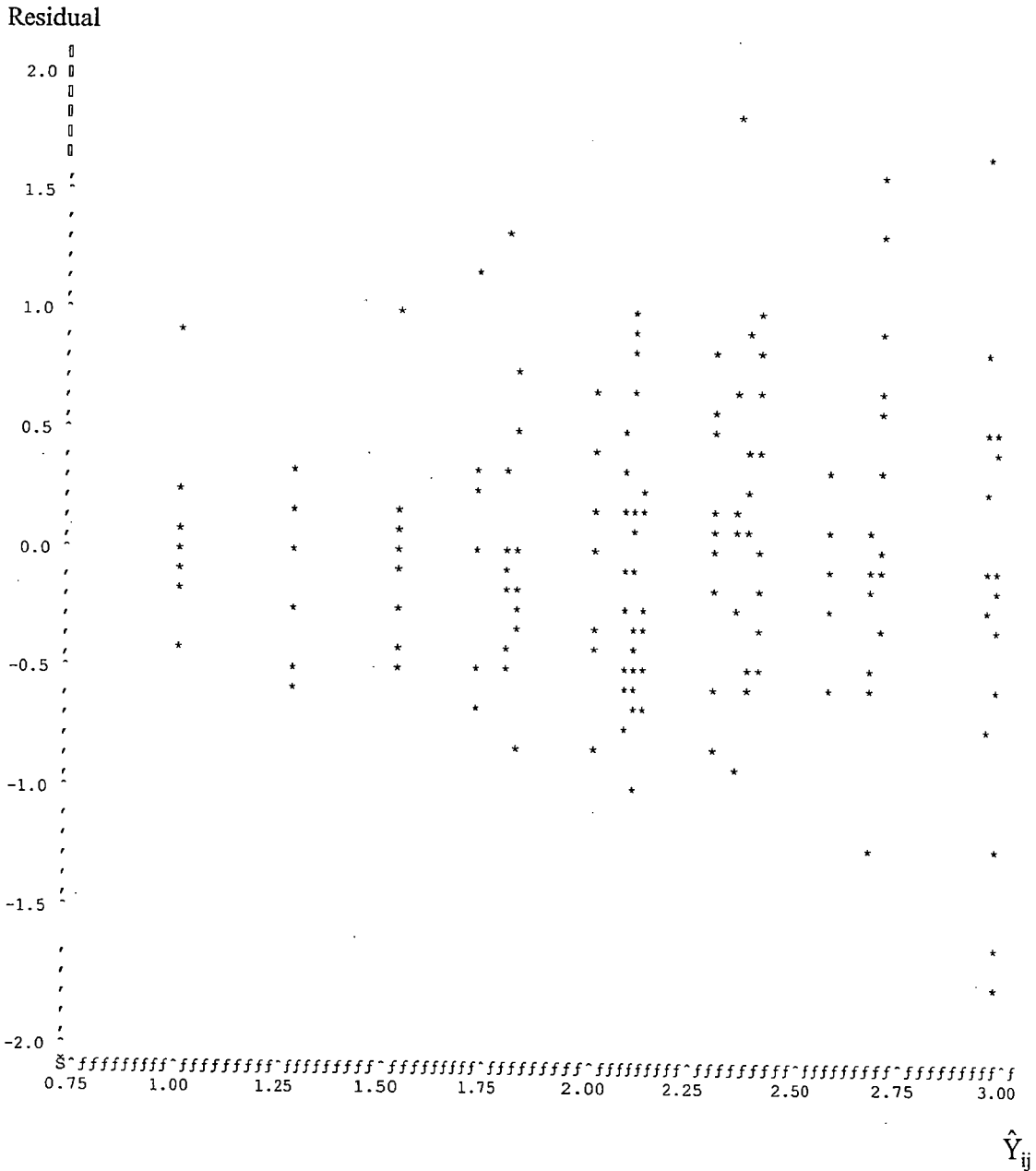
นั่นคือ ความยาวของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลความยาวของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

4.3.3 การตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นของความกว้างของใบเฉลี่ย

1) ความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.21 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.22 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความกว้างของใบเฉลี่ย
ที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูกลง

ในรูปที่ 4.21 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.3749 > 0.05$)

การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.22 จะพบว่าจุดต่าง ๆ กระจายตัวโดยมีลักษณะเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นรูปแบบที่ผิดปกติ แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือ อาจจะไม่เท่ากัน จึงควรทำการแปลงข้อมูลต่อไป

เมื่อค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ แต่ความแปรปรวนของค่าคงเหลือไม่เท่ากัน จึงควรทำการแปลงข้อมูล เพื่อให้ค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติและความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน โดยทำการแปลงข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 4.9 ค่า Shapiro-Wilk W และความแปรปรวนของค่าคงเหลือ สำหรับวิธีการแปลงข้อมูล แบบต่าง ๆ ของความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก

วิธีการแปลงข้อมูล	ค่า Shapiro-Wilk W	ความแปรปรวนของค่าคงเหลือ
\sqrt{X}	0.9708	เท่ากัน
$\log X$	0.7277	ไม่เท่ากัน
$\frac{1}{X}$	0.0001	ไม่เท่ากัน
$\frac{1}{\sqrt{X}}$	0.0578	เท่ากัน
$\arcsin \sqrt{X}$	-	-

หมายเหตุ การแปลงข้อมูลด้วยวิธี $\arcsin \sqrt{X}$ ไม่สามารถแปลงได้ เพราะทำให้ค่าที่ได้เป็นอนันต์

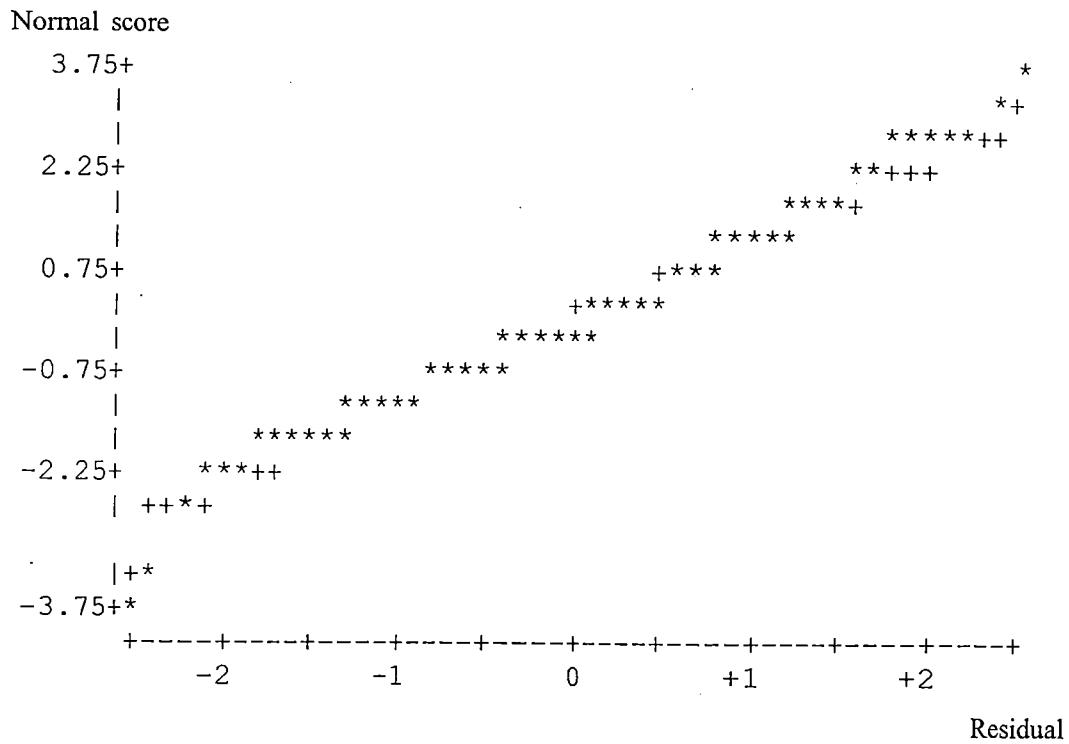
จะเห็นได้ว่าการแปลงข้อมูลด้วยวิธี \sqrt{X} และ $\frac{1}{\sqrt{X}}$ จะทำให้ค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ และความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่า ๆ กัน จึงนำการแปลงข้อมูลด้วยวิธี \sqrt{X} และ $\frac{1}{\sqrt{X}}$ ไปทำการเปรียบเทียบกัน โดยหาค่า $\frac{S^2}{X}$ และ $\frac{S^2}{X^3}$ แล้วพิจารณาว่าค่าไหนที่คงที่มากกว่ากัน จะเลือกการแปลงโดยวิธีนั้น

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบค่า $\frac{S^2}{\bar{X}}$ และ $\frac{S^{\frac{2}{3}}}{\bar{X}^{\frac{2}{3}}}$ สำหรับการแปลงข้อมูลด้วยวิธี \sqrt{X} และ $\frac{1}{\sqrt{X}}$ ของความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก

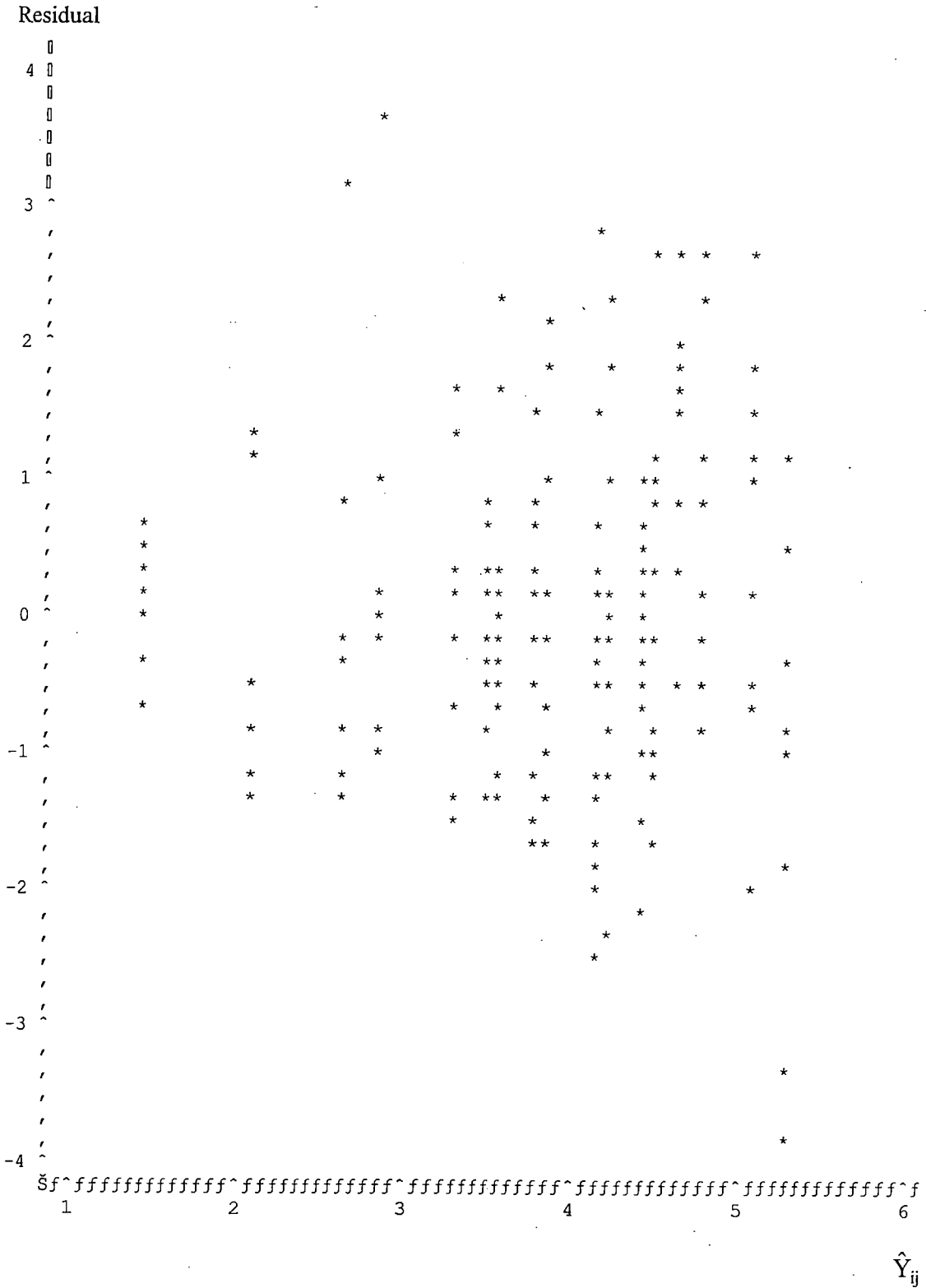
พันธุ์	ผลรวมความ กว้างของใบ บล็อกที่ 1	ผลรวมความ กว้างของใบ บล็อกที่ 2	\bar{X}	S^2	$S^{\frac{2}{3}}$	$\frac{S^2}{\bar{X}}$	$\frac{S^{\frac{2}{3}}}{\bar{X}^{\frac{2}{3}}}$
1. Grand Rapids 1	44.80	63.40	2.81	0.73	0.90	0.26	0.32
2. Grand Rapids 2	44.30	38.00	2.17	0.61	0.85	0.28	0.39
3. Lettuce	35.00	28.20	1.86	0.30	0.67	0.16	0.36
4. Lettuce Grand Rapids Black Seeded	30.00	46.40	2.32	0.31	0.68	0.13	0.29
5. Champaign	48.60	40.10	2.22	0.50	0.79	0.23	0.36
6. Oakleaf	31.70	30.20	1.63	0.26	0.64	0.16	0.39
7. Sea Fresh	58.10	48.50	2.81	0.58	0.83	0.21	0.30
8. Redoak	42.30	35.10	1.94	0.31	0.68	0.16	0.35
9. Red Salad Bowl	17.80	19.40	1.09	0.15	0.53	0.14	0.49
10. Green Salad Bowl	46.70	34.20	2.25	0.38	0.72	0.17	0.32

ในที่นี้เลือกวิธีการแปลงข้อมูลในรูป \sqrt{X} เนื่องจาก $\frac{S^2}{\bar{X}}$ มีความคงที่มากกว่า $\frac{S^{\frac{2}{3}}}{\bar{X}^{\frac{2}{3}}}$ หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก ที่แปลงแล้วในรูป \sqrt{X} ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

2) ความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.23 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.24 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความกว้างของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูกลง

ในรูปที่ 4.23 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.7648 > 0.05$)

การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.24 จะพบว่าจุดต่าง ๆ กระจายตัวเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยมีรูปแบบที่ผิดปกติ แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือไม่เท่ากัน

เมื่อค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ แต่ความแปรปรวนของค่าคงเหลือไม่เท่ากัน จึงควรทำการแปลงข้อมูล เพื่อให้ค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติและความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน โดยทำการแปลงข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 4.11 ค่า Shapiro-Wilk W และความแปรปรวนของค่าคงเหลือ สำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแบบต่าง ๆ ของความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก

วิธีการแปลงข้อมูล	ค่า Shapiro-Wilk W	ความแปรปรวนของค่าคงเหลือ
\sqrt{X}	0.9536	เท่ากัน
$\log X$	0.3582	เท่ากัน
$\frac{1}{X}$	0.0001	เท่ากัน
$\frac{1}{\sqrt{X}}$	0.0001	เท่ากัน
$\arcsin \sqrt{X}$	-	-

จะเห็นได้ว่าการแปลงข้อมูลด้วยวิธี \sqrt{X} และ $\log X$ จะทำให้ค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ และความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่า ๆ กัน จึงนำการแปลงข้อมูลด้วยวิธี \sqrt{X} และ $\log X$ ไปตรวจสอบต่อไปโดยการหาค่า $\frac{S^2}{X}$ และ $\frac{S}{X}$ แล้วพิจารณาว่าค่าไหนที่คงที่มากกว่ากัน จะเลือกการแปลงวิธีนั้น

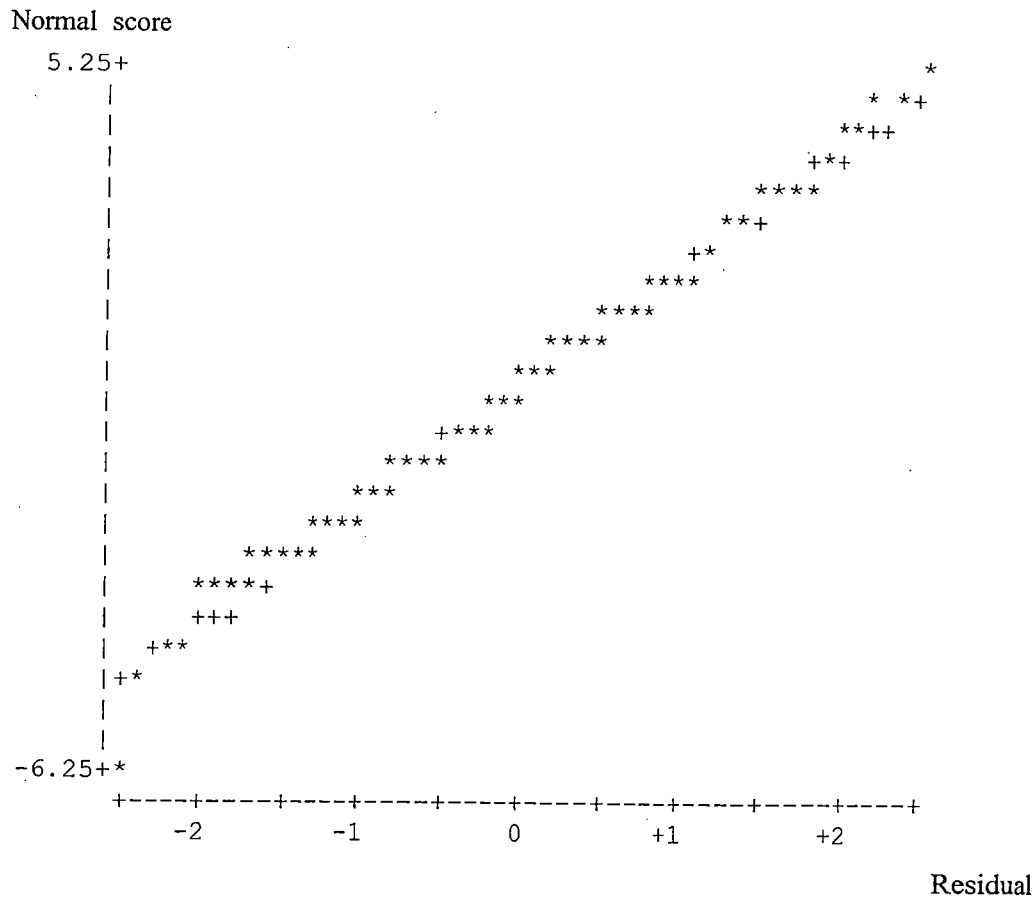
ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบค่า $\frac{S^2}{\bar{X}}$ และ $\frac{S}{\bar{X}}$ สำหรับการแปลงข้อมูลด้วยวิธี \sqrt{X} และ $\log X$

ของความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก

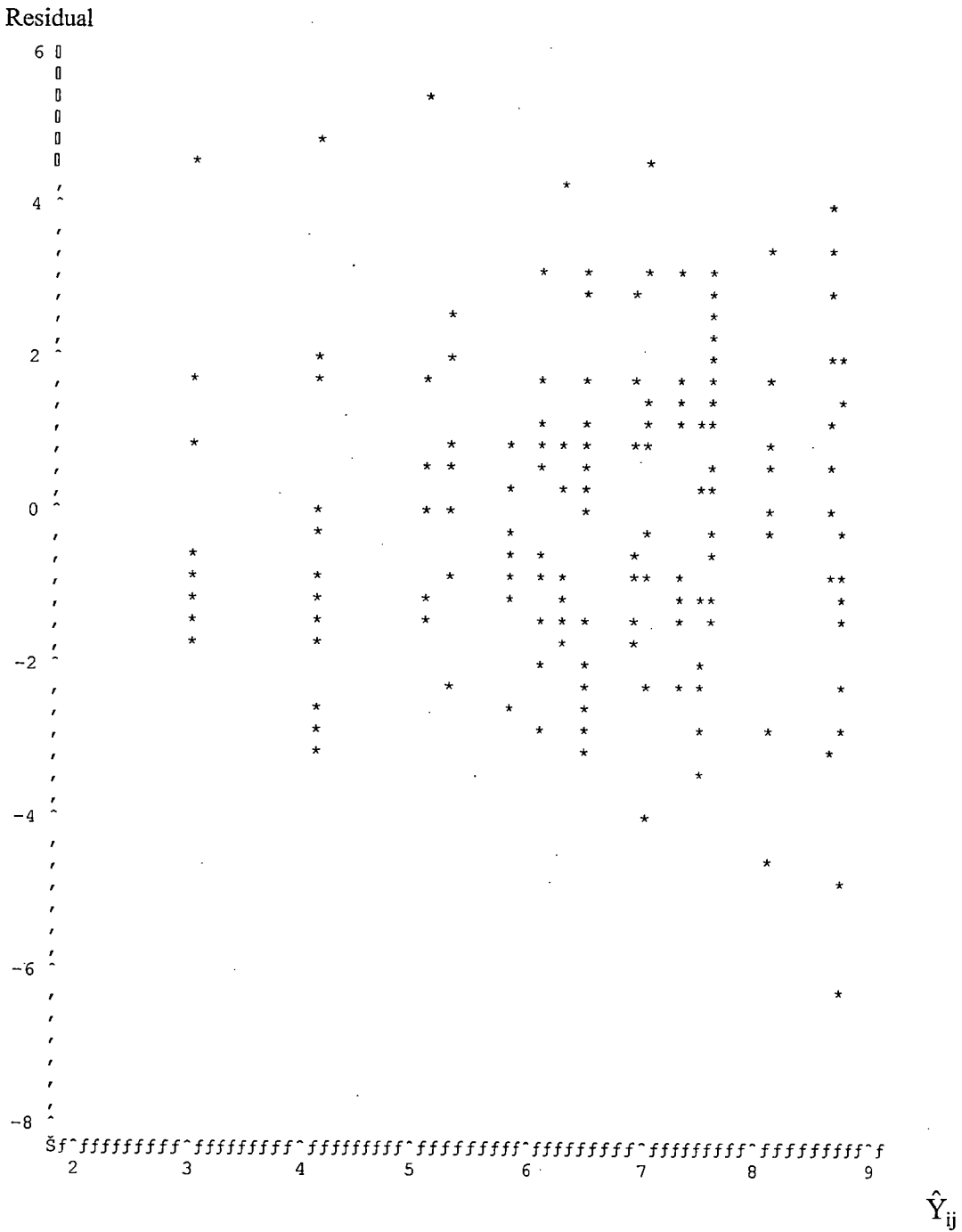
พันธุ์	ผลรวมความ กว้างของใบ บล็อกที่ 1	ผลรวมความ กว้างของใบ บล็อกที่ 2	\bar{X}	S^2	S	$\frac{S^2}{\bar{X}}$	$\frac{S}{\bar{X}}$
1. Grand Rapids 1	122.30	175.00	148.65	1,388.65	37.26	9.34	0.25
2. Grand Rapids 2	113.80	102.70	108.25	61.60	7.85	0.57	0.07
3. Lettuce	89.90	63.50	76.70	348.48	18.67	4.54	0.24
4. Lettuce Grand Rapids Black Seeded	99.40	109.90	104.65	55.13	7.42	0.53	0.07
5. Champaign	138.60	110.90	124.75	383.65	19.59	3.08	0.16
6. Oakleaf	91.00	90.30	90.65	0.24	0.49	0.00	0.01
7. Sea Fresh	152.90	117.30	135.10	633.68	25.17	4.69	0.19
8. Redoak	128.00	106.40	117.20	233.28	15.27	1.99	0.13
9. Red Salad Bowl	55.10	41.40	48.25	93.85	9.69	1.94	0.20
10. Green Salad Bowl	96.50	96.50	120.25	1128.13	33.59	9.38	0.28

ในที่นี้เลือกวิธีการแปลงข้อมูลในรูป $\log X$ เนื่องจาก $\frac{S}{\bar{X}}$ มีความคงที่มากกว่า $\frac{S^2}{\bar{X}}$ หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก ที่แปลงแล้วในรูป $\log X$ ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

3) ความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.25 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก



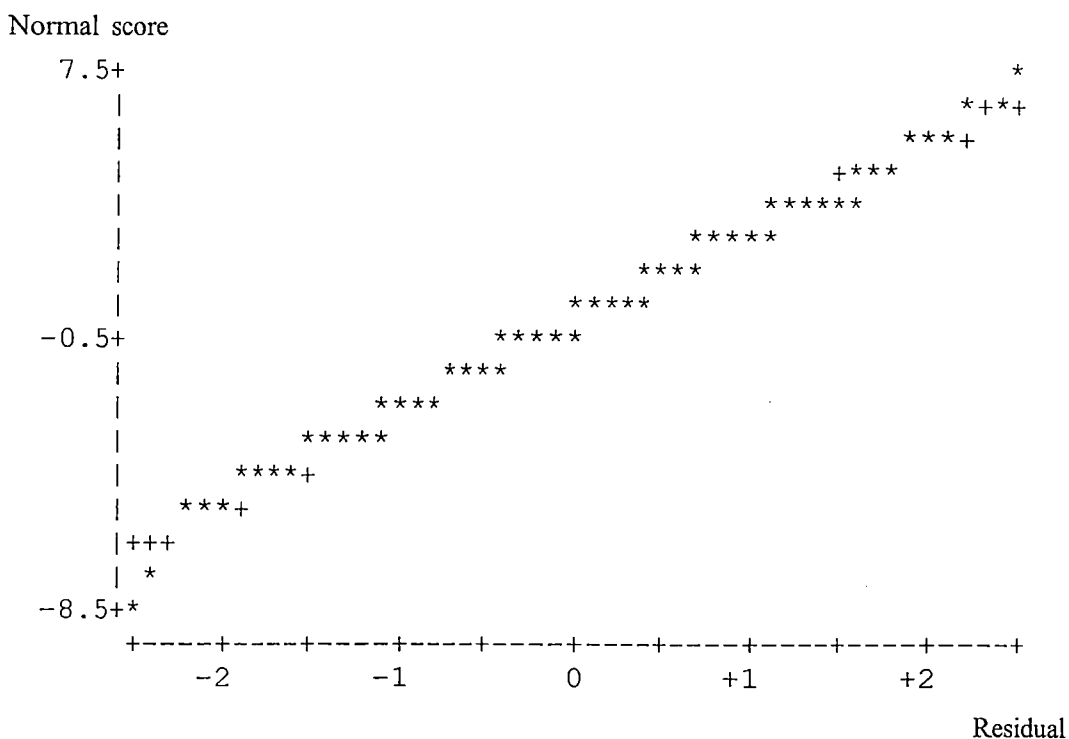
รูปที่ 4.26 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความกว้างของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก

ในรูปที่ 4.25 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือ มีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.8988 > 0.05$)

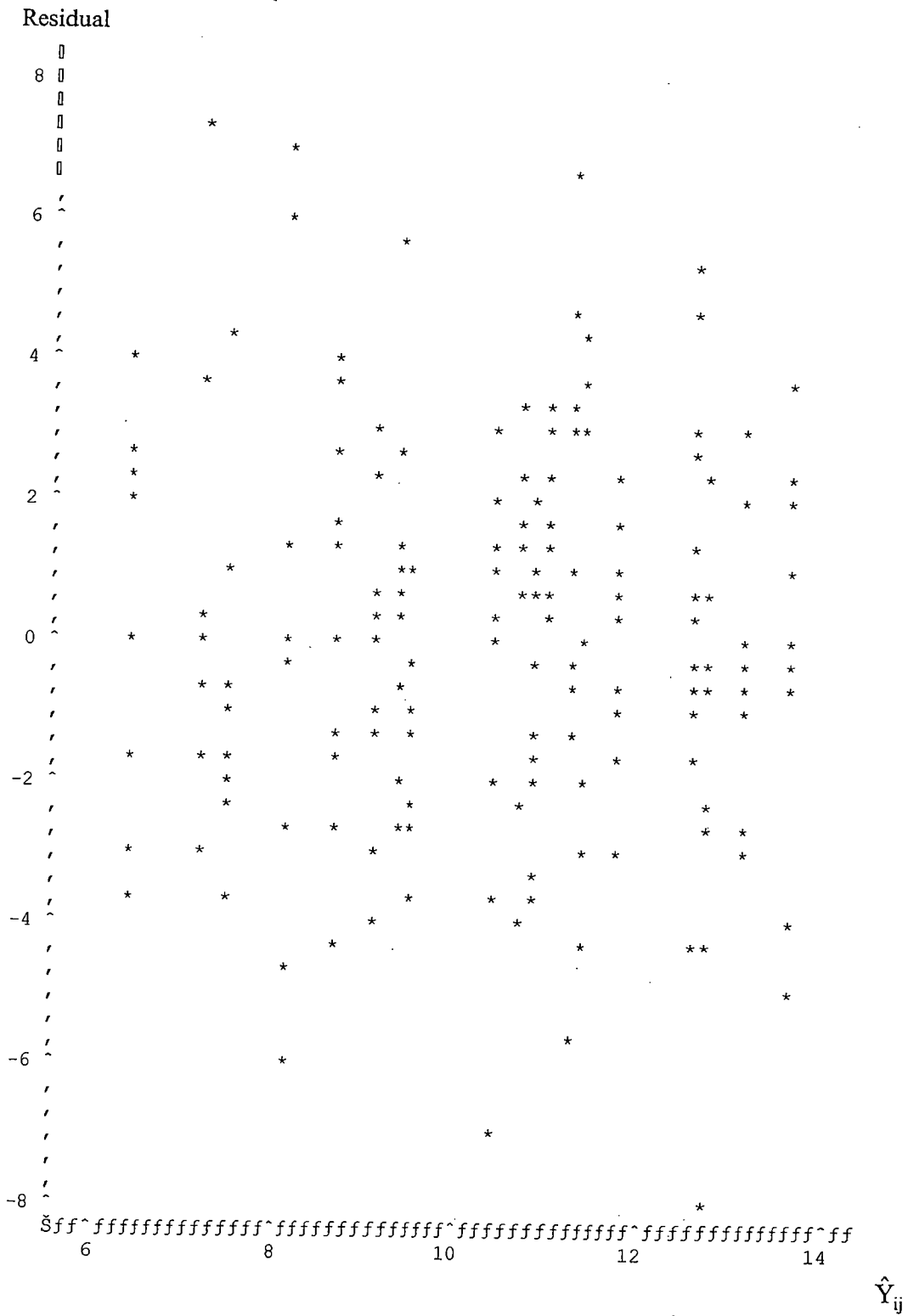
การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.26 จะพบว่าจุดต่าง ๆ กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X โดยไม่พบรูปแบบที่ผิดปกติ แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน

นั่นคือ ความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

4) ความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.27 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก



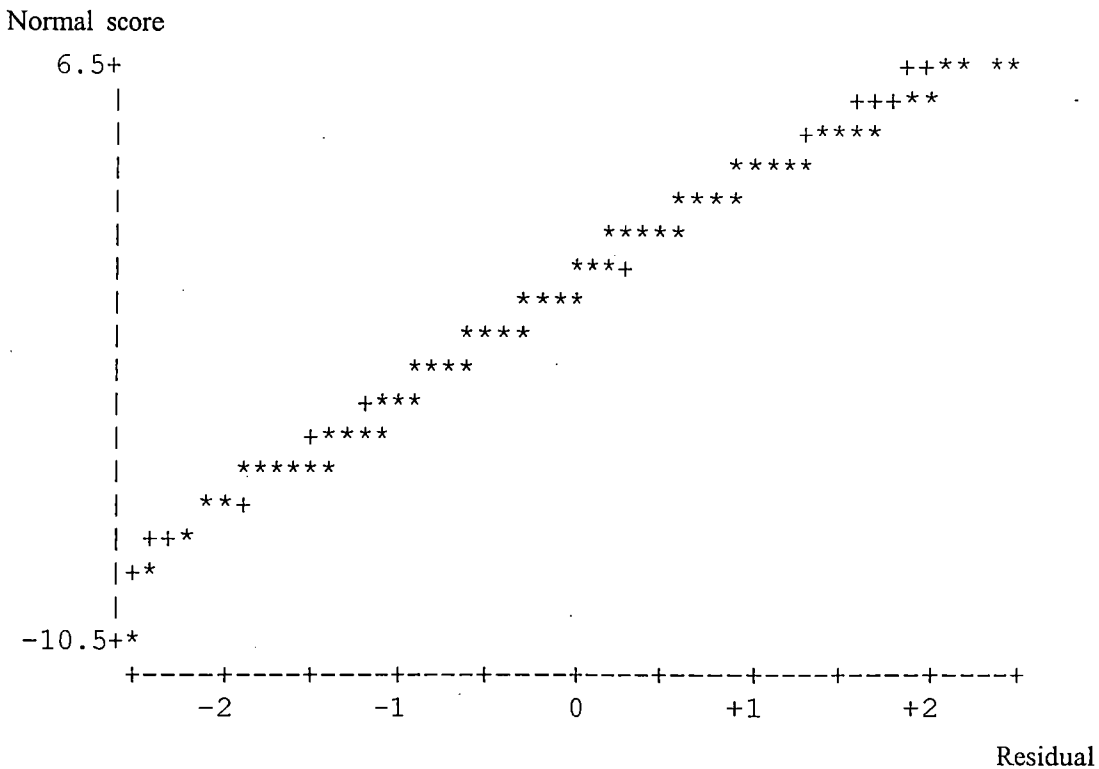
รูปที่ 4.28 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความกว้างของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก

ในรูปที่ 4.27 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.9183 > 0.05$)

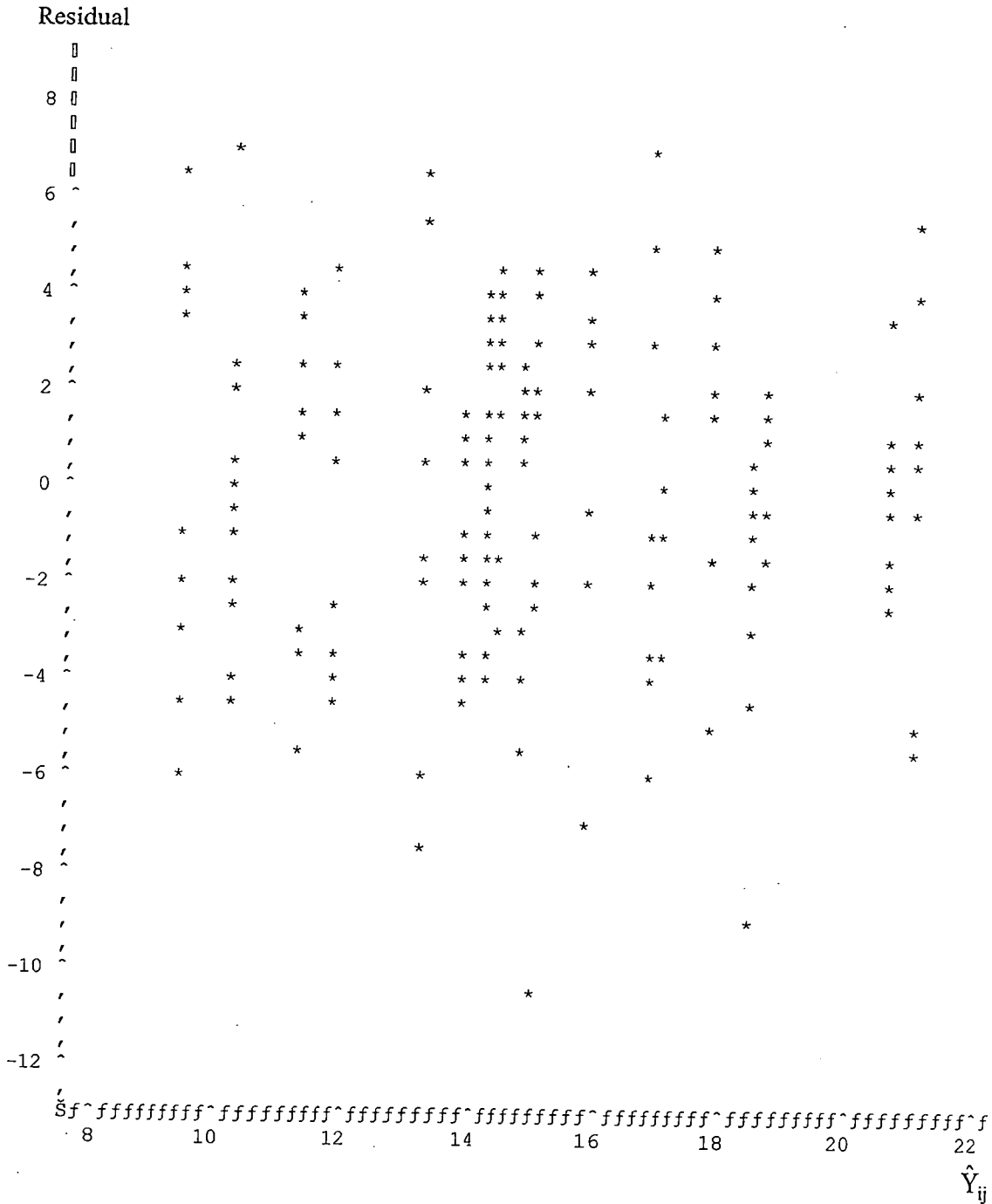
การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.28 จะพบว่าจุดต่าง ๆ กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X โดยไม่พบรูปแบบที่ผิดปกติ แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน

นั่นคือ ความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

5) ความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.29 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.30 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความกว้างของใบเฉลี่ย ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก

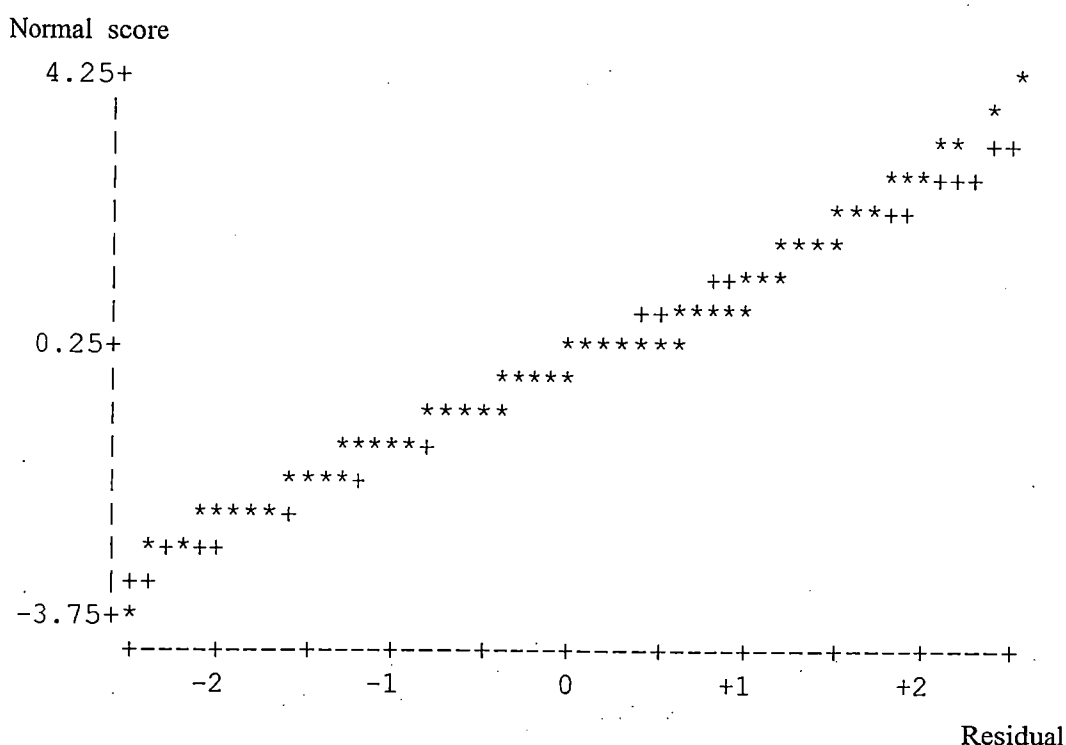
ในรูปที่ 4.29 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดต่างๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือ มีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.2052 > 0.05$)

การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.30 จะพบว่าจุดต่าง ๆ กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X โดยไม่พบรูปแบบที่ผิดปกติ แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน

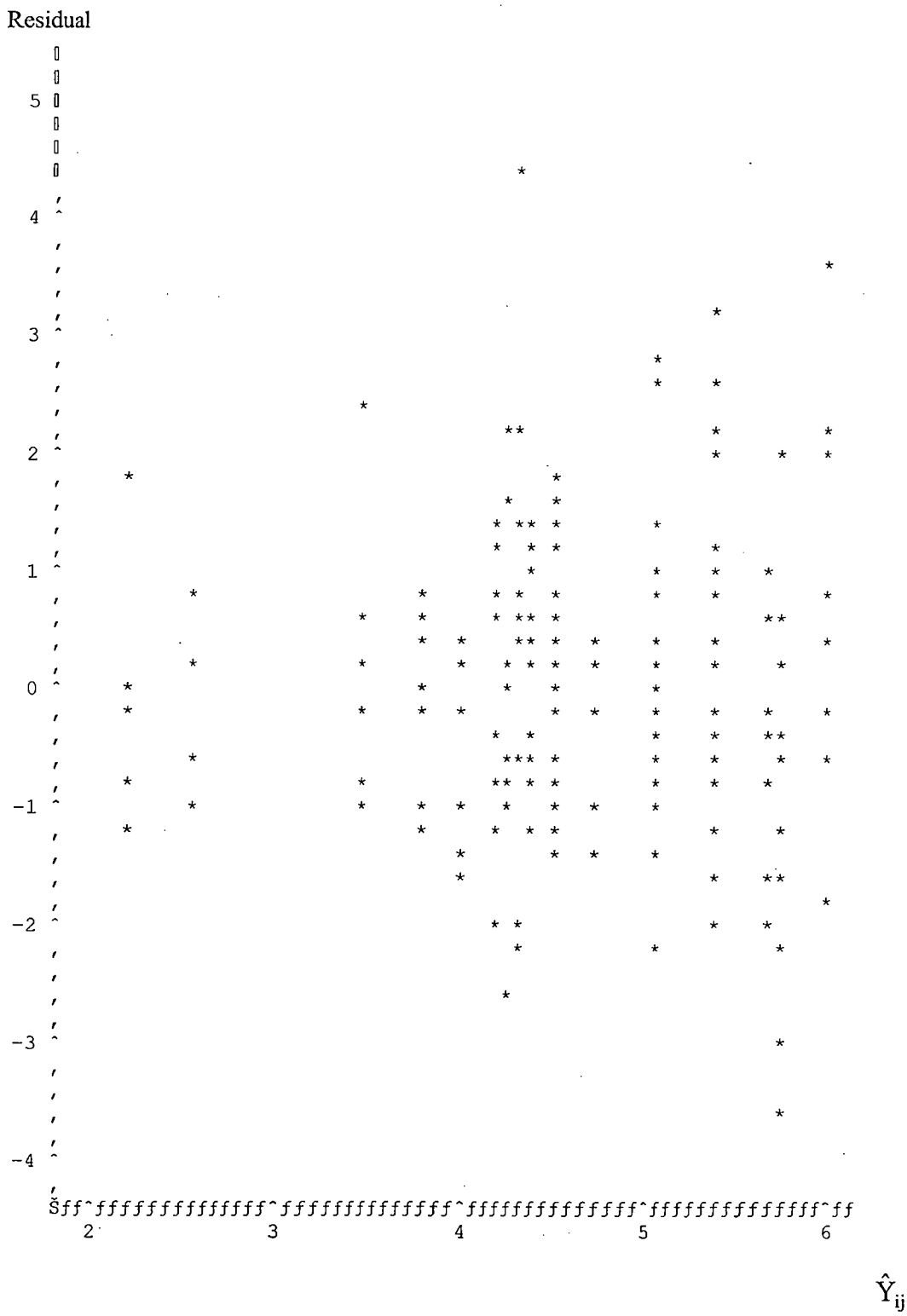
นั่นคือ ความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูกลง เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลความกว้างของใบเฉลี่ยที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูกลง ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

4.3.4 การตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย

1) ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูกลง



รูปที่ 4.31 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูกลง



รูปที่ 4.32 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย
ที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูกลง

ในรูปที่ 4.31 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.4905 > 0.05$)

การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.32 จะพบว่าจุดต่าง ๆ กระจายตัวในลักษณะเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจจะมีรูปแบบที่ผิดปกติเกิดขึ้น แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลืออาจจะไม่เท่ากัน

เมื่อความแปรปรวนของค่าคงเหลือไม่เท่ากัน จึงควรทำการแปลงข้อมูล เพื่อให้ค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติและความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่า ๆ กัน โดยทำการแปลงข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 4.13 ค่า Shapiro-Wilk W และความแปรปรวนของค่าคงเหลือ สำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแบบต่าง ๆ ของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยเมื่ออายุได้ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก

วิธีการแปลงข้อมูล	ค่า Shapiro-Wilk W	ความแปรปรวนของค่าคงเหลือ
\sqrt{X}	0.9760	เท่ากัน
$\log X$	0.6345	เท่ากัน
$\frac{1}{X}$	0.0001	เท่ากัน
$\frac{1}{\sqrt{X}}$	0.0157	เท่ากัน
$\arcsin \sqrt{X}$	-	-

หมายเหตุ การแปลงข้อมูลด้วยวิธี $\arcsin \sqrt{X}$ ไม่สามารถแปลงได้ เพราะทำให้ได้ค่าที่ได้เป็นอนันต์

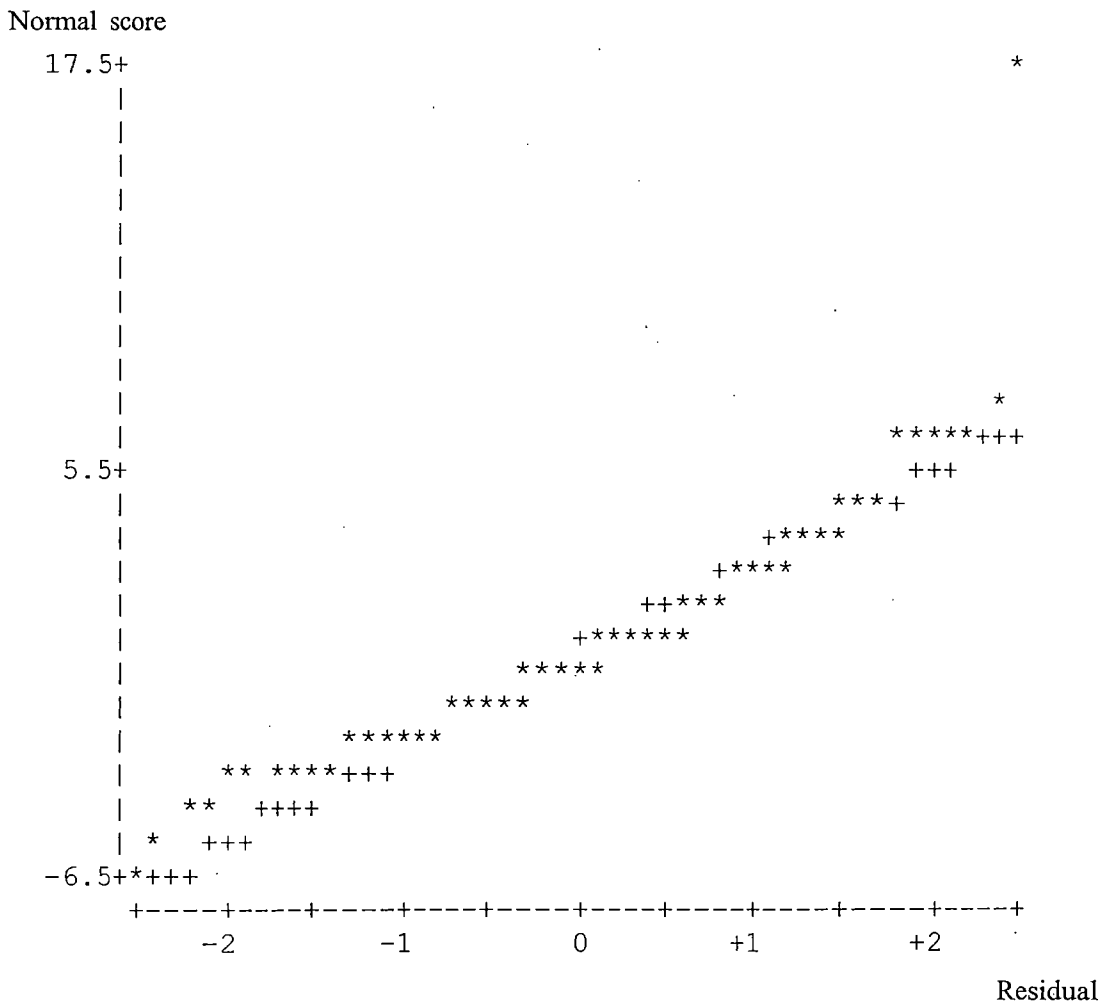
จะเห็นได้ว่าการแปลงข้อมูลด้วยวิธี \sqrt{X} และ $\log X$ จะทำให้ค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ และความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่า ๆ กัน จึงนำการแปลงข้อมูลด้วยวิธี \sqrt{X} และ $\log X$ ไปทำการเปรียบเทียบกันโดยหาค่า $\frac{S^2}{X}$ และ $\frac{S}{X}$ แล้วพิจารณาว่าค่าไหนที่คงที่มากกว่ากัน จะเลือกใช้การแปลงด้วยวิธีนั้น

ตารางที่ 4.14 การเปรียบเทียบค่า $\frac{S^2}{\bar{X}}$ และ $\frac{S}{\bar{X}}$ สำหรับการแปลงข้อมูลด้วยวิธี \sqrt{X} และ $\log X$
ของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก

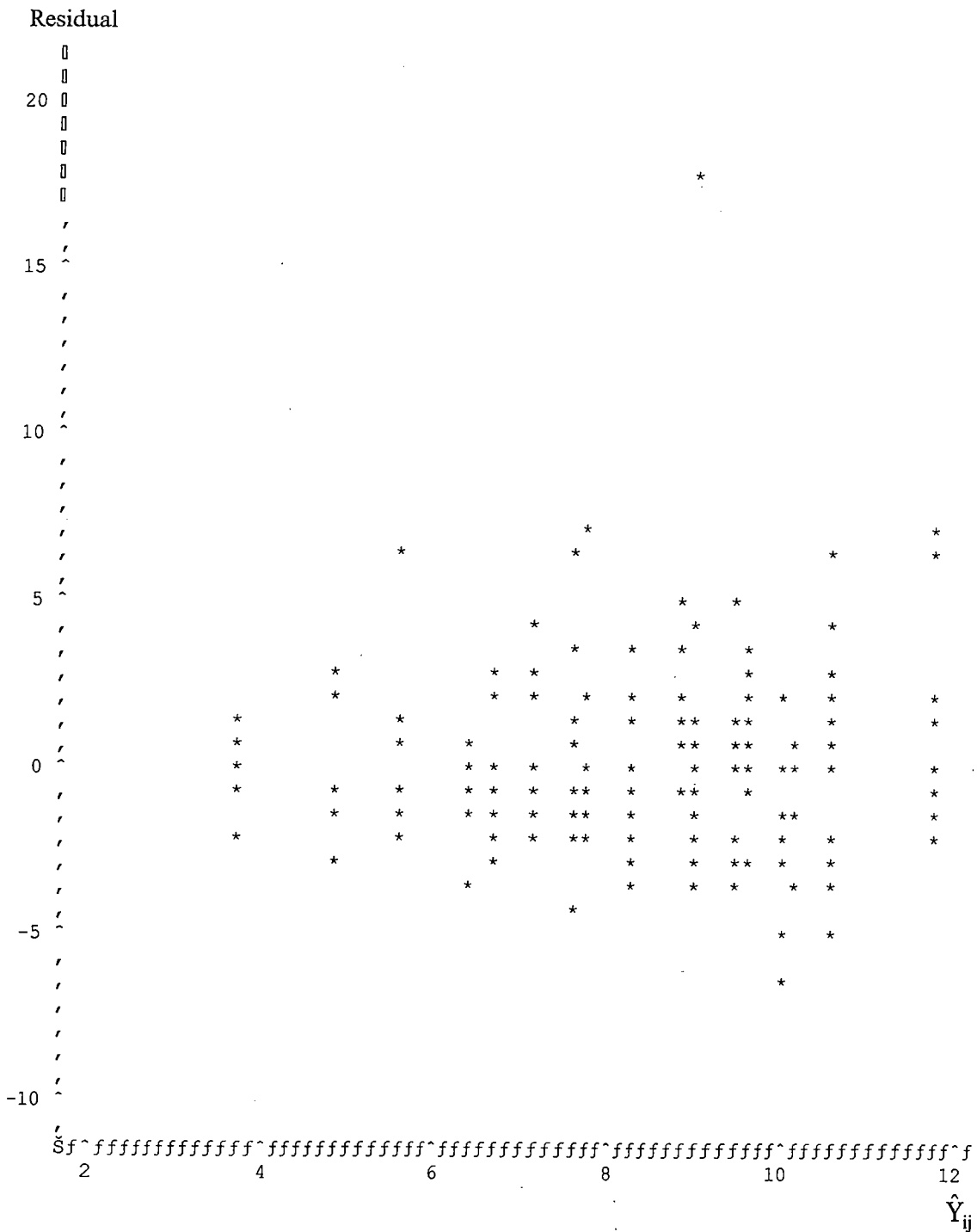
พันธุ์	ผลรวม ความกว้าง ของทรงพุ่ม บล็อกที่ 1	ผลรวม ความกว้าง ของทรงพุ่ม บล็อกที่ 2	\bar{X}	S^2	S	$\frac{S^2}{\bar{X}}$	$\frac{S}{\bar{X}}$
1. Grand Rapids 1	95.50	127.20	5.57	3.51	1.87	0.63	0.34
2. Grand Rapids 2	87.60	69.70	4.14	3.35	1.83	0.81	0.44
3. Lettuce	67.50	55.60	3.62	1.82	1.35	0.50	0.37
4. Lettuce Grand Rapids Black Seeded	52.90	91.90	4.53	1.68	1.30	0.37	0.29
5. Champaign	94.90	79.70	4.37	2.47	1.57	0.57	0.36
6. Oakleaf	96.60	100.70	5.19	3.54	1.88	0.68	0.36
7. Sea Fresh	94.60	102.60	5.19	2.53	1.59	0.49	0.31
8. Redoak	91.60	83.20	4.37	2.41	1.55	0.55	0.36
9. Red Salad Bowl	37.70	42.50	2.36	1.12	1.06	0.47	0.45
10. Green Salad Bowl	119.20	90.00	5.81	3.56	1.89	0.61	0.32

ในที่นี้เลือกวิธีการแปลงข้อมูลในรูป $\log X$ เนื่องจาก $\frac{S}{\bar{X}}$ มีความคงที่มากกว่า $\frac{S^2}{\bar{X}}$
หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก ที่แปลงข้อมูล
แล้วในรูป $\log X$ ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

2) ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.33 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย
ที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.34 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย
ที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูกลง

ในรูปที่ 4.33 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง มีอยู่เพียง 1 จุด ที่ตกอยู่ห่างจากแนวเส้นตรงไกลออกไป คาดว่าน่าจะเป็นค่านอกรวม (Outlier) คือ ข้อมูลในพันธุ์ Lettuce Grand Rapid Black Seeded บล็อกที่ 2 หรือ $X_{(n)} = 26.5$

ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.0001 < 0.05$)

การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.34 จะพบว่าจุดต่าง ๆ กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X มีเพียง 1 จุด ที่ตกอยู่ไกลออกไป แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือน่าจะเท่ากัน

จากการทดสอบด้วยวิธีของกรับส์ (Grubb's test) จะได้ค่าสถิติที่คำนวณได้คือ

$$T_n = \frac{X_{(n)} - \bar{X}}{S} = \frac{26.5 - 9.52}{6.1881} = 2.74$$

ในตารางภาคผนวก ก. ที่ $\alpha = 0.05$ จะได้ค่าของ Percentage points of $T_n = 2.44$

เนื่องจาก $T_n = 2.74 > 2.44$ แสดงว่า $X_{(n)} = 26.5$ เป็นค่าผิดปกติ จึงทำการตัดข้อมูลที่เป็นค่าผิดปกติออกไป

หลังจากที่ได้ตัดค่าผิดปกติออกไปแล้ว จึงทำการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือใหม่ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.0352 < 0.05$)

ส่วนการพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ใหม่ จะพบว่าจุดต่าง ๆ กระจายตัวในลักษณะเพิ่มขึ้น แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือไม่เท่ากัน

เมื่อค่าคงเหลือไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติและความแปรปรวนของค่าคงเหลือไม่เท่ากัน ควรทำการแปลงข้อมูล เพื่อให้ค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติและความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน โดยทำการแปลงข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 4.15 ค่า Shapiro-Wilk W และความแปรปรวนของค่าคงเหลือ สำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแบบต่าง ๆ ของความกว้างของทรงพุ่มเจดีย์ที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก

วิธีการแปลงข้อมูล	ค่า Shapiro-Wilk W	ความแปรปรวนของค่าคงเหลือ
\sqrt{X}	0.3638	เท่ากัน
$\log X$	0.9956	เท่ากัน
$\frac{1}{X}$	0.0001	เท่ากัน
$\frac{1}{\sqrt{X}}$	0.0001	เท่ากัน
$\arcsin \sqrt{X}$	-	-

หมายเหตุ การแปลงข้อมูลด้วยวิธี $\arcsin \sqrt{X}$ ไม่สามารถแปลงได้ เพราะทำให้ค่าที่ได้เป็นอนันต์

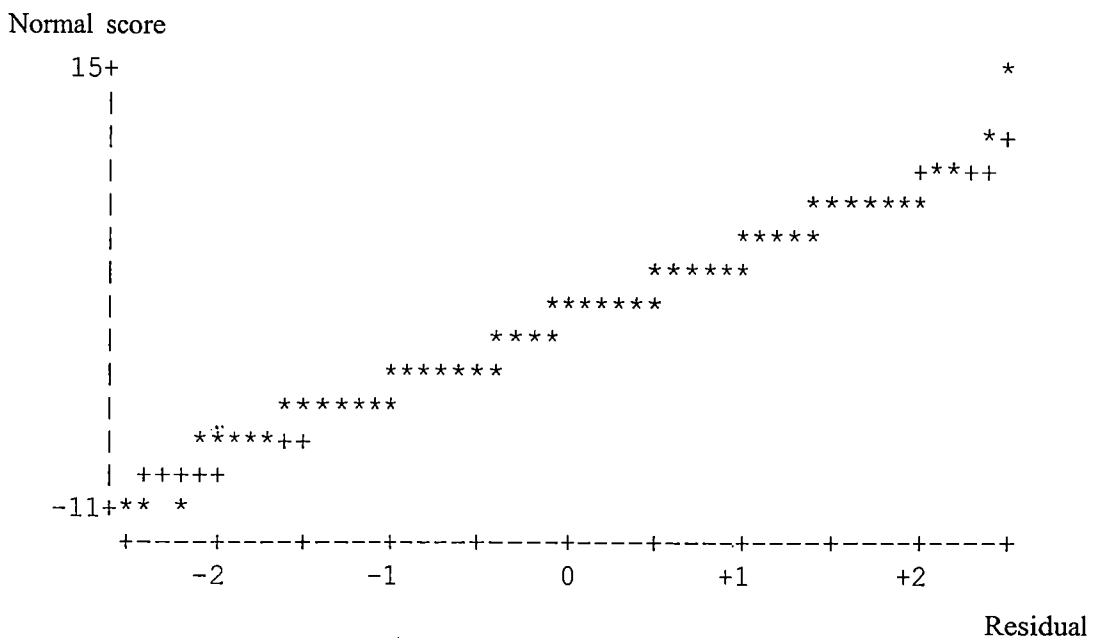
จะเห็นได้ว่าการแปลงข้อมูลด้วยวิธี \sqrt{X} และ $\log X$ จะทำให้ค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ และความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่า ๆ กัน จึงนำการแปลงข้อมูลด้วยวิธี \sqrt{X} และ $\log X$ ไปทำการเปรียบเทียบกันโดยหาค่า $\frac{S^2}{\bar{X}}$ และ $\frac{S}{\bar{X}}$ แล้วพิจารณาว่าค่าไหนที่คงที่มากกว่ากัน จะเลือกการแปลงด้วยวิธีนั้น

ตารางที่ 4.16 การเปรียบเทียบค่า $\frac{S^2}{\bar{X}}$ และ $\frac{S}{\bar{X}}$ สำหรับการแปลงข้อมูลด้วยวิธี \sqrt{X} และ $\log X$ ของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก

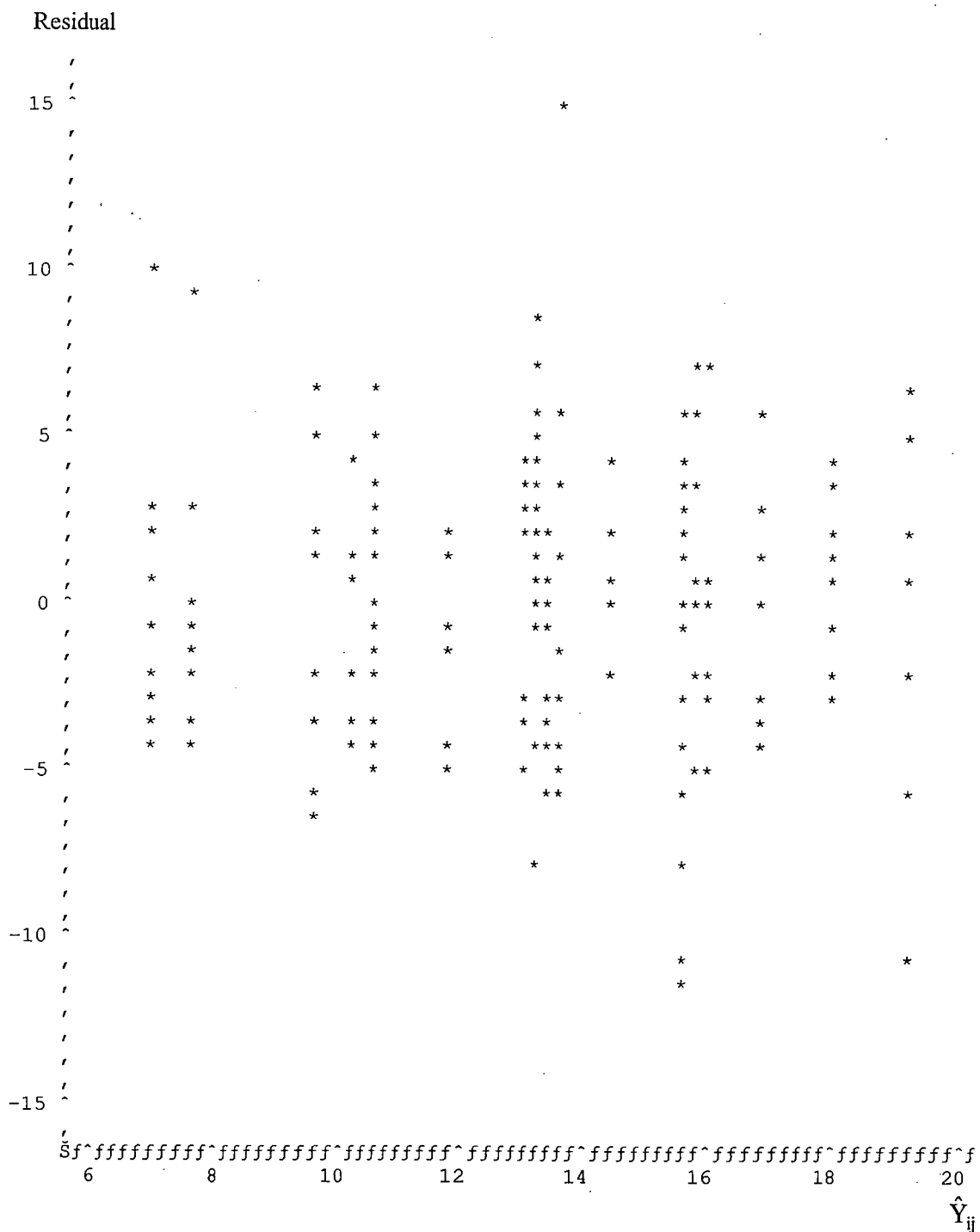
พันธุ์	ผลรวมความกว้างของทรงพุ่มบล็อกที่ 1	ผลรวมความกว้างของทรงพุ่มบล็อกที่ 2	\bar{X}	S^2	S	$\frac{S^2}{\bar{X}}$	$\frac{S}{\bar{X}}$
1. Grand Rapids 1	155.80	222.00	9.45	8.49	2.91	0.90	0.31
2. Grand Rapids 2	140.20	100.30	6.98	7.83	2.80	1.12	0.40
3. Lettuce	113.50	92.40	6.06	5.73	2.39	0.95	0.40
4. Lettuce Grand Rapids Black Seeded	111.60	189.90	9.38	51.25	7.16	5.46	0.76
5. Champaign	168.30	140.30	7.72	6.00	2.45	0.78	0.32
6. Oakleaf	152.60	162.10	8.28	7.29	2.70	0.88	0.33
7. Sea Fresh	192.60	144.10	8.86	6.89	2.62	0.78	0.30
8. Redoak	192.60	144.10	9.96	13.48	3.67	1.35	0.37
9. Red Salad Bowl	87.80	67.70	4.32	4.42	2.10	1.02	0.49
10. Green Salad Bowl	237.10	164.80	11.16	13.28	3.64	1.19	0.33

ในที่นี้เลือกวิธีการแปลงข้อมูลในรูป $\log X$ เนื่องจาก $\frac{S}{\bar{X}}$ มีความคงที่มากกว่า $\frac{S^2}{\bar{X}}$ หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก ที่แปลงแล้ว ในรูป $\log X$ ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

3) ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.35 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก



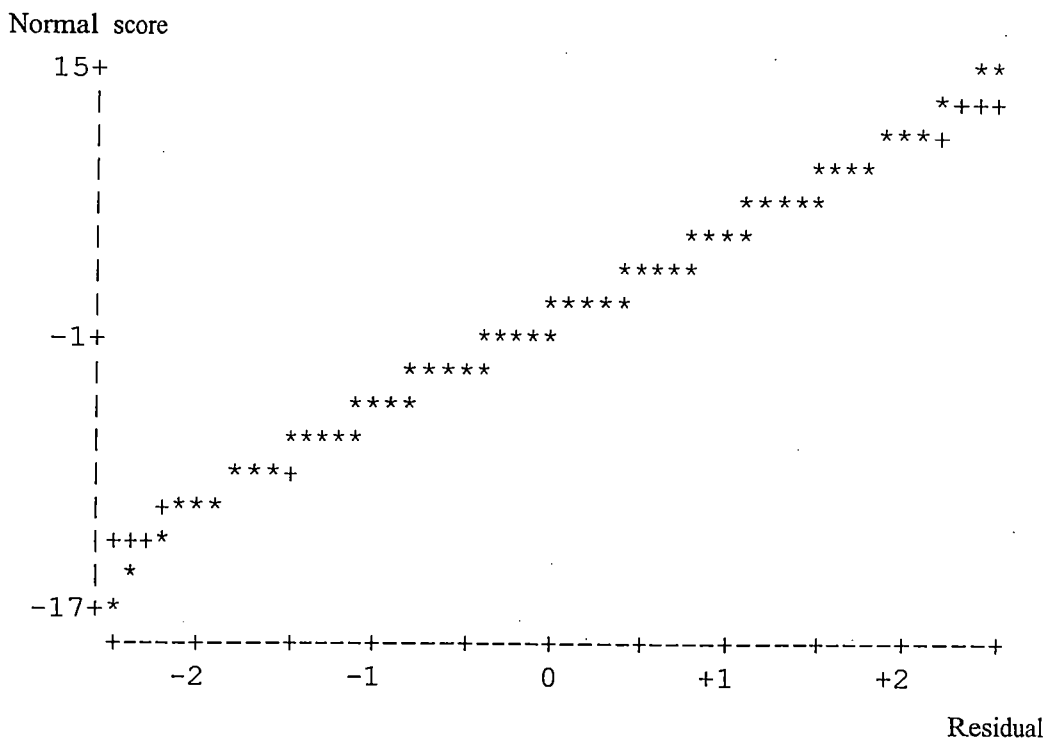
รูปที่ 4.36 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย
ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก

ในรูปที่ 4.35 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.9152 > 0.05$)

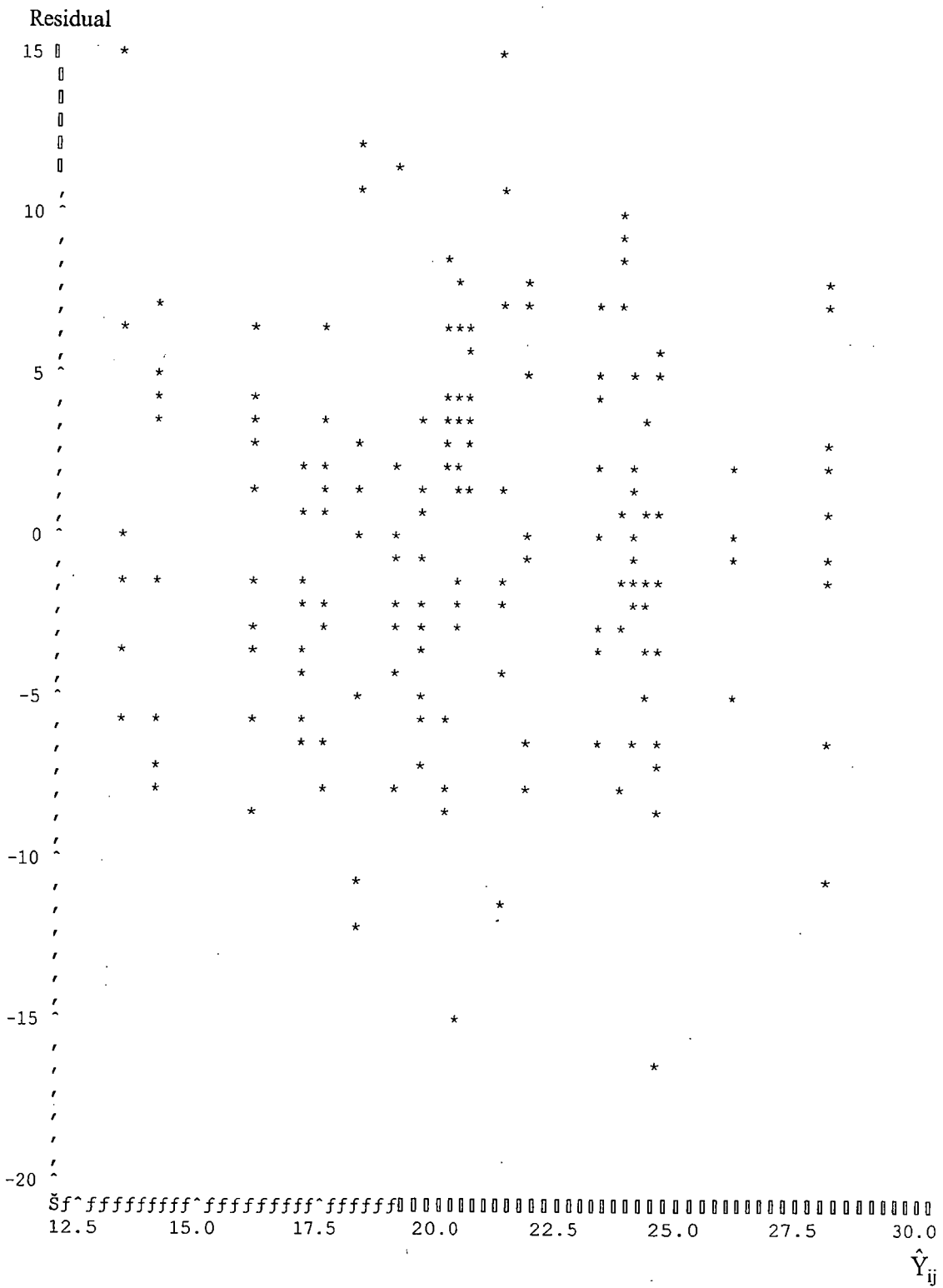
การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.36 จะพบว่าจุดต่าง ๆ กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X โดยไม่พบรูปแบบที่ผิดปกติ แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน

นั่นคือ ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

4) ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.37 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก



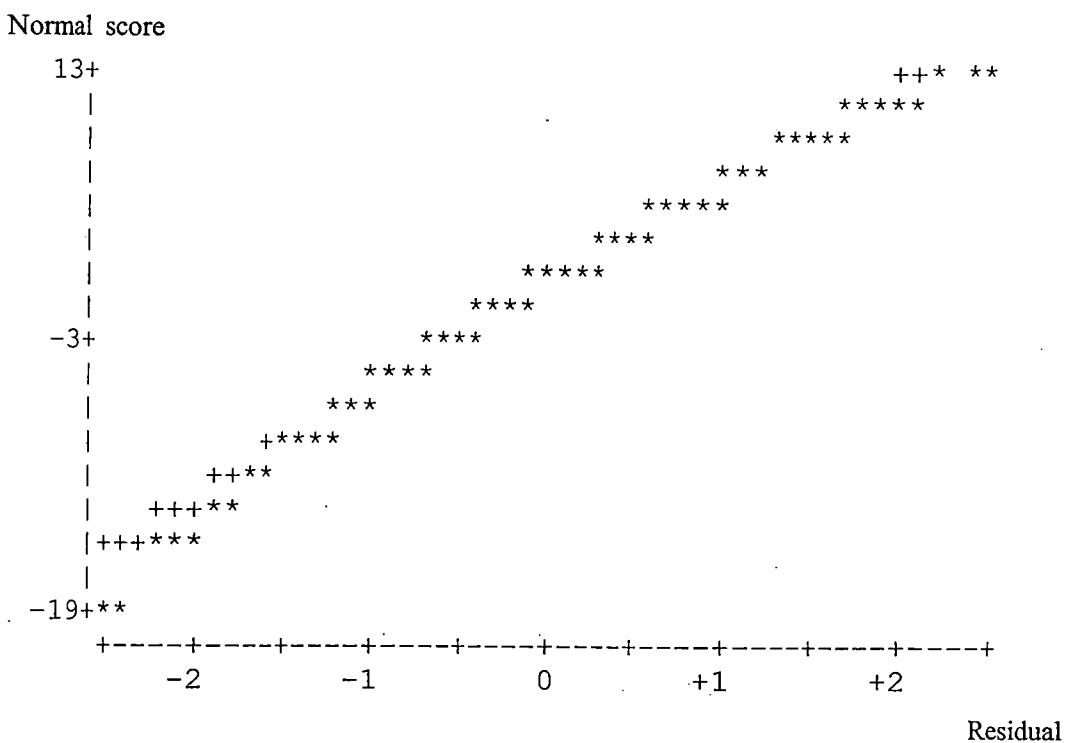
รูปที่ 4.38 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก

ในรูปที่ 4.37 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ ($p=0.8815 > 0.05$)

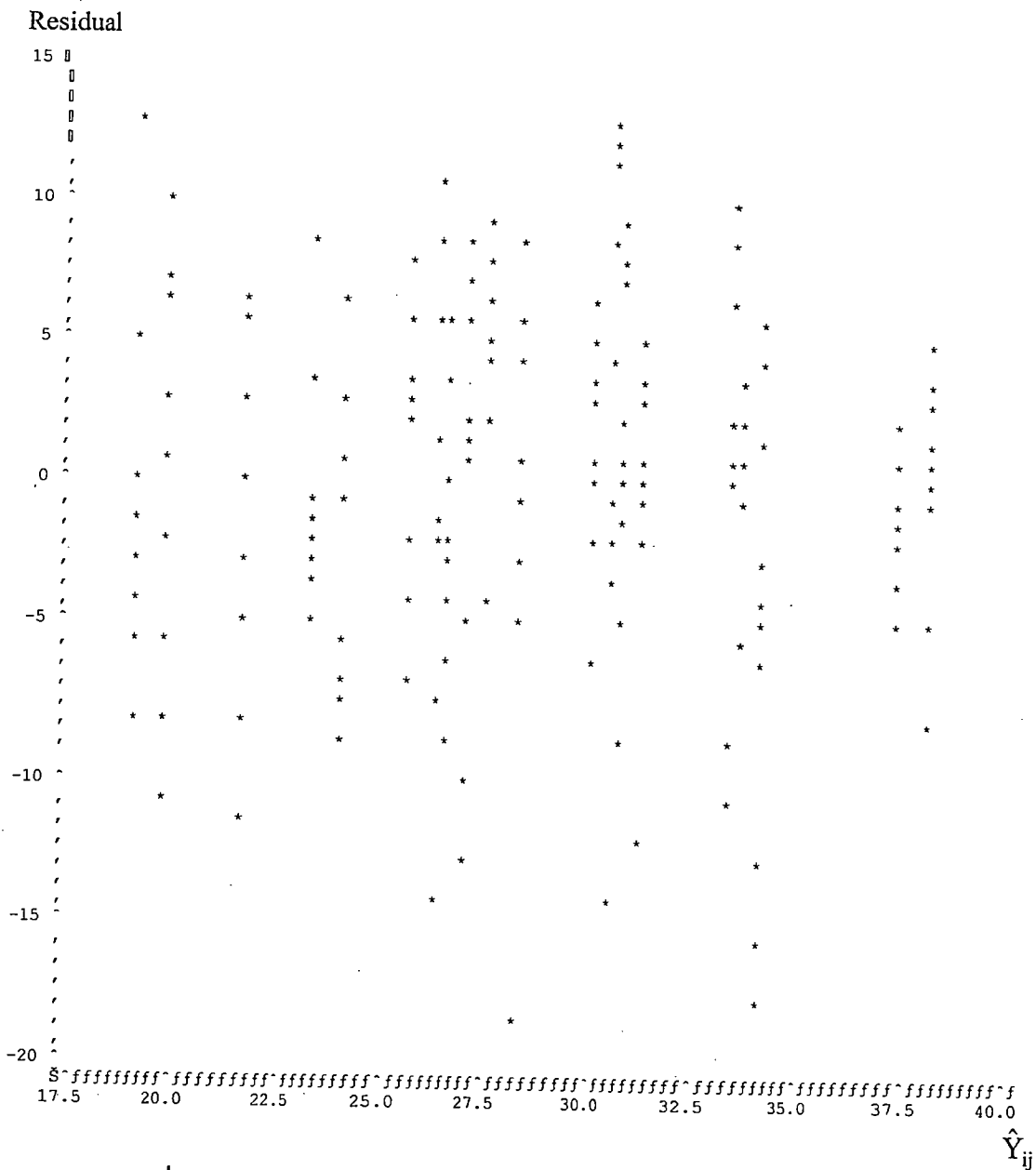
การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.38 จะพบว่าจุดต่าง ๆ กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X โดยไม่พบรูปแบบที่ผิดปกติ แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน

นั่นคือ ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูกลง เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูกลง ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

5) ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูกลง



รูปที่ 4.39 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูกลง



รูปที่ 4.40 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก

ในรูปที่ 4.39 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือ ไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.0418 < 0.05$)

การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.40 จะพบว่าจุดต่าง ๆ กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X โดยไม่พบรูปแบบที่ผิดปกติ แสดงว่าความแปรปรวนของ ค่าคงเหลือเท่ากัน

เมื่อค่าคงเหลือไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ จึงควรทำการแปลงข้อมูล เพื่อให้ค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติและความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน โดยทำการแปลงข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 4.17 ค่า Shapiro-Wilk W และความแปรปรวนของค่าคงเหลือ สำหรับวิธีการแปลงข้อมูล ในรูป $\sqrt{X+A}$; $\log(X+A)$, $\frac{1}{X}$ และ $\frac{1}{\sqrt{X}}$ ของความกว้างของทรงพุ่มเกลียว ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลอก

วิธีการแปลงข้อมูล	ค่า Shapiro-Wilk W	ความแปรปรวนของค่าคงเหลือ
\sqrt{X}	0.0001	เท่ากัน
$\sqrt{X+0.5}$	0.0012	เท่ากัน
$\sqrt{X+1}$	0.0013	เท่ากัน
$\sqrt{X+5}$	0.0029	เท่ากัน
$\sqrt{X+10}$	0.0048	เท่ากัน
$\sqrt{X+20}$	0.0107	เท่ากัน
$\sqrt{X+50}$	0.0195	เท่ากัน
$\sqrt{X+100}$	0.0288	เท่ากัน
$\sqrt{X+150}$	0.0294	เท่ากัน
$\sqrt{X+200}$	0.0389	เท่ากัน
$\sqrt{X+210}$	0.0295	เท่ากัน
$\sqrt{X+220}$	0.0372	เท่ากัน
$\sqrt{X+230}$	0.1483	เท่ากัน
$\sqrt{X+240}$	0.0370	เท่ากัน
$\sqrt{X+250}$	0.0318	เท่ากัน
$\sqrt{X+300}$	0.0240	เท่ากัน
$\frac{1}{X}$	0.0001	เท่ากัน
$\frac{1}{\sqrt{X}}$	0.0001	เท่ากัน

ตารางที่ 4.17 (ต่อ)

วิธีการแปลงข้อมูล	ค่า Shapiro-Wilk W	ความแปรปรวนของค่าคงเหลือ
log X	0.0001	เท่ากัน
log(X + 0.5)	0.0001	เท่ากัน
log(X + 1)	0.0001	เท่ากัน
log(X + 5)	0.0001	เท่ากัน
log(X + 10)	0.0001	เท่ากัน
log(X + 20)	0.0003	เท่ากัน
log(X + 50)	0.0030	เท่ากัน
log(X + 100)	0.0267	เท่ากัน
log(X + 150)	0.0001	เท่ากัน
log(X + 200)	0.0399	เท่ากัน
log(X + 210)	0.0002	เท่ากัน
log(X + 220)	0.0001	ไม่เท่ากัน
log(X + 230)	0.0748	เท่ากัน
log(X + 240)	0.0001	เท่ากัน
log(X + 250)	0.0301	เท่ากัน
log(X + 300)	0.0251	เท่ากัน

หมายเหตุ การแปลงข้อมูลด้วยวิธี $\arcsin\sqrt{X}$ ไม่สามารถแปลงได้ เพราะทำให้ค่าที่ได้เป็นอนันต์

จะพบว่า การแปลงข้อมูลด้วยวิธี $\sqrt{X+230}$ และ $\log(X+230)$ จะทำให้ค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติและความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่า ๆ กัน จึงนำการแปลงข้อมูลด้วยวิธี $\sqrt{X+230}$ และ $\log(X+230)$ ไปทำการเปรียบเทียบกันโดยหาค่า $\frac{S^2}{X}$ และ $\frac{S}{\bar{X}}$ แล้วพิจารณาว่าค่าไหนมีความคงที่มากกว่ากัน เราจะเลือกการแปลงด้วยวิธีนั้นต่อไป

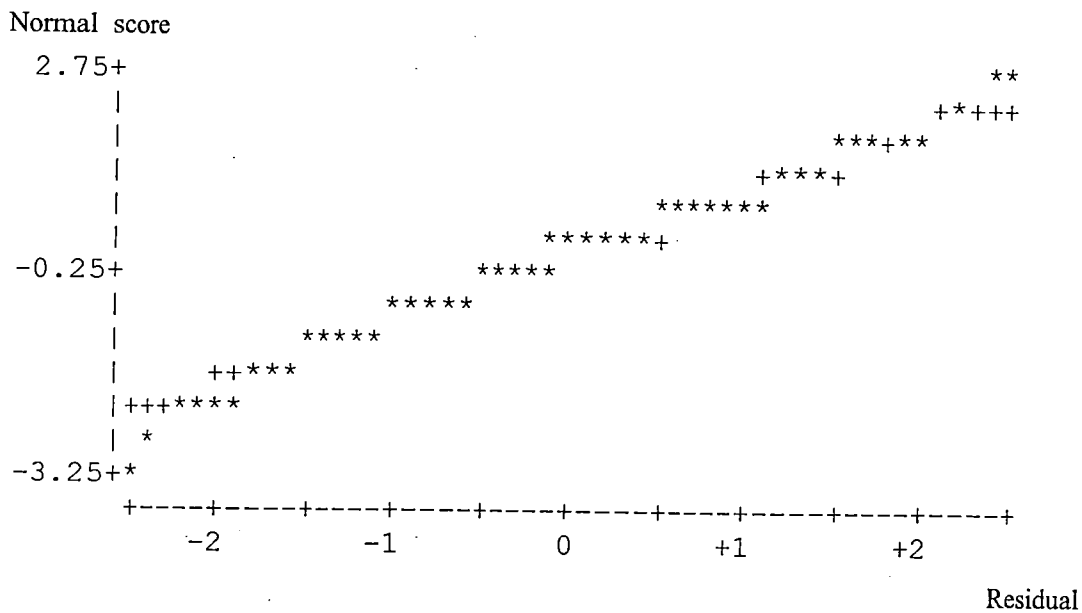
ตารางที่ 4.18 การเปรียบเทียบค่า $\frac{S^2}{\bar{X}}$ และ $\frac{S}{\bar{X}}$ สำหรับการแปลงข้อมูลด้วยวิธี $\sqrt{X+230}$ และ $\log(X+230)$ ของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก

พันธุ์	ผลรวม ความกว้าง ของทรงพุ่ม บล็อกที่ 1	ผลรวม ความกว้าง ของทรงพุ่ม บล็อกที่ 2	\bar{X}	S^2	S	$\frac{S^2}{\bar{X}}$	$\frac{S}{\bar{X}}$
1. Grand Rapids 1	575.05	654.30	30.73	58.59	7.65	1.91	0.25
2. Grand Rapids 2	606.20	419.50	26.99	93.25	9.66	3.45	0.36
3. Lettuce	468.90	291.20	22.36	48.74	6.98	2.18	0.31
4. Lettuce Grand Rapids Black Seeded	402.60	536.30	29.34	45.74	6.76	1.56	0.23
5. Champaign	571.30	422.00	24.83	62.37	7.90	2.51	0.32
6. Oakleaf	552.50	452.10	26.44	35.61	5.97	1.35	0.23
7. Sea Fresh	633.90	494.90	29.71	68.49	8.28	2.31	0.28
8. Redoak	758.80	626.00	34.62	34.01	5.83	0.98	0.17
9. Red Salad Bowl	422.00	352.00	22.76	72.53	8.52	3.19	0.37
10. Green Salad Bowl	645.50	575.50	33.92	27.34	5.23	0.81	0.15

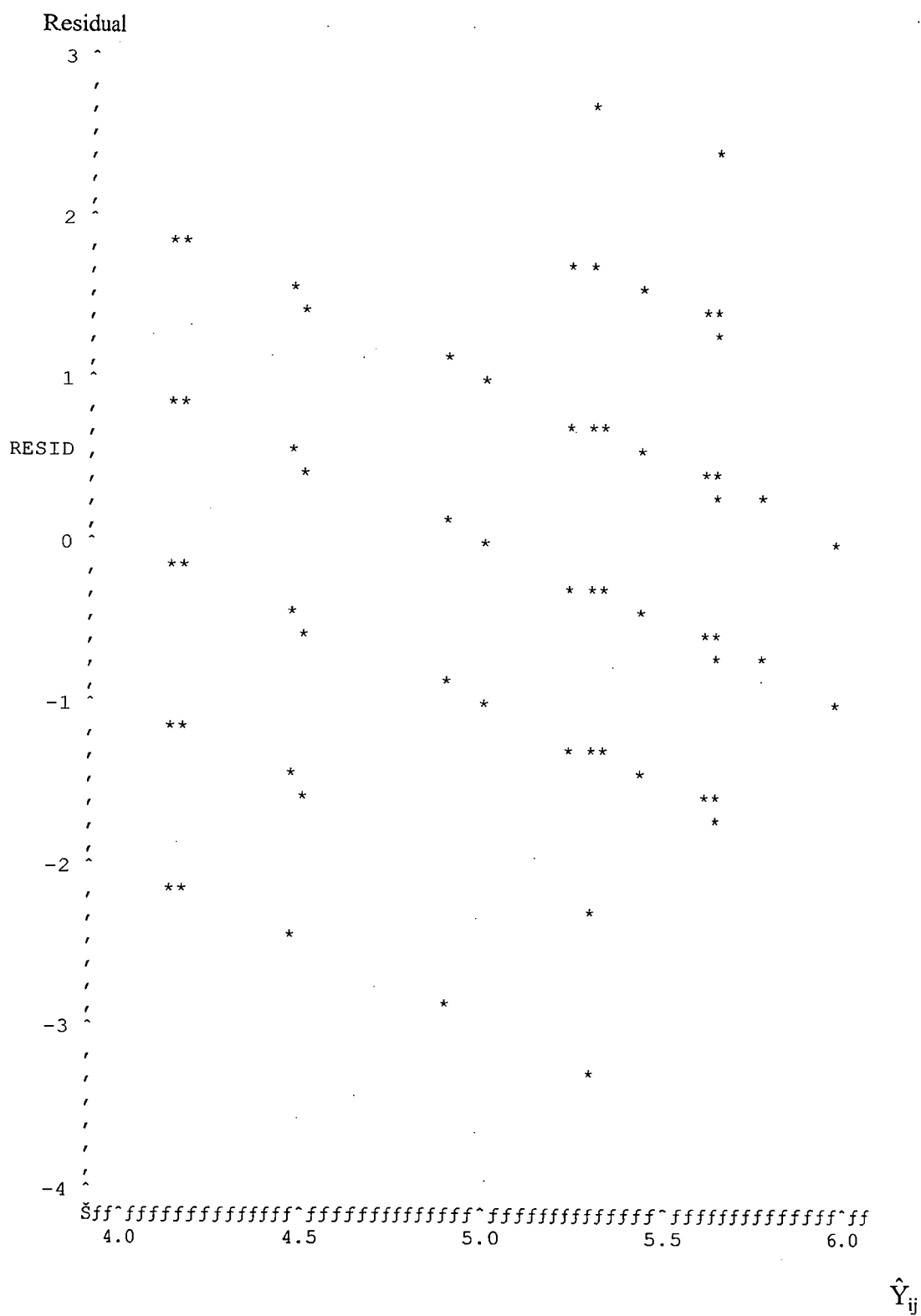
ในที่นี้เลือกวิธีการแปลงข้อมูลในรูป $\log(X+230)$ เนื่องจาก $\frac{S}{\bar{X}}$ มีความคงที่มากกว่า $\frac{S^2}{\bar{X}}$ หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก ที่แปลงข้อมูลแล้วในรูป $\log(X+230)$ ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

4.3.5 การตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นของจำนวนใบ

1) จำนวนใบที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.41 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของจำนวนใบ
ที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก



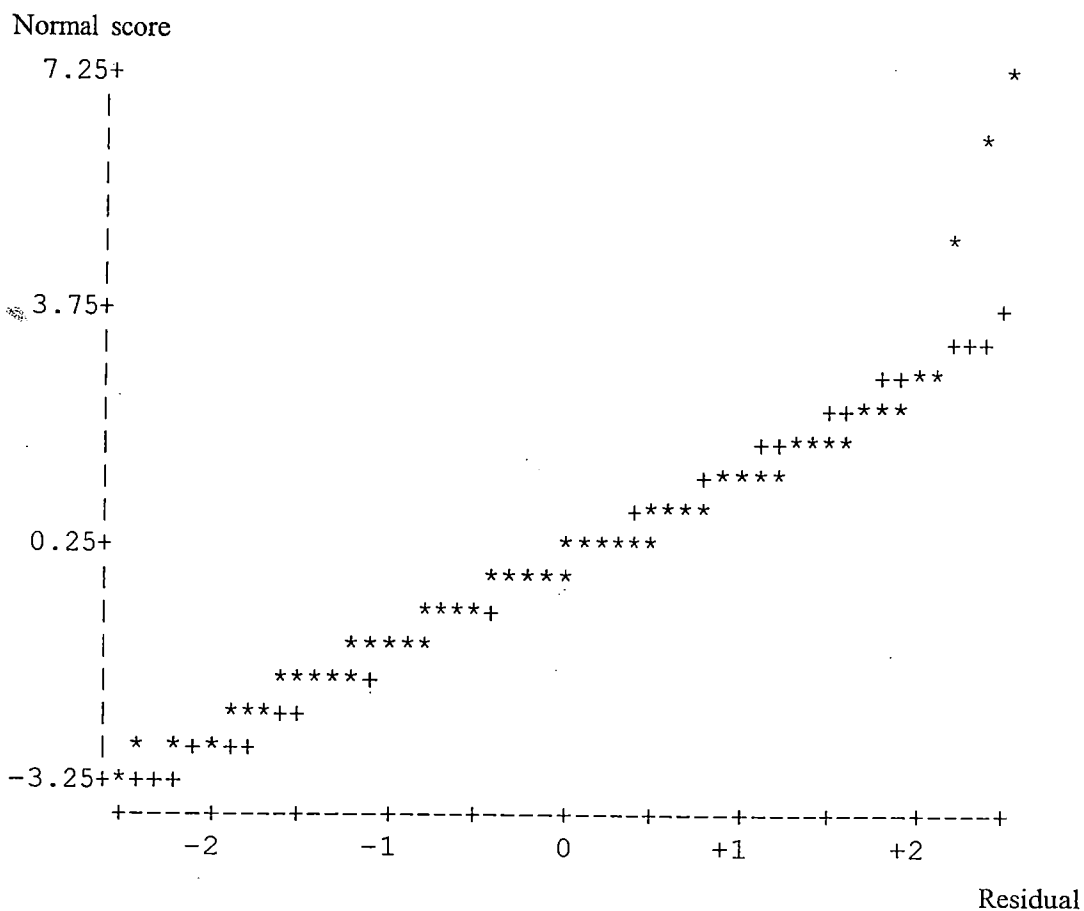
รูปที่ 4.42 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของจำนวนใบ
ที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูกลง

ในรูปที่ 4.41 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.6407 > 0.05$)

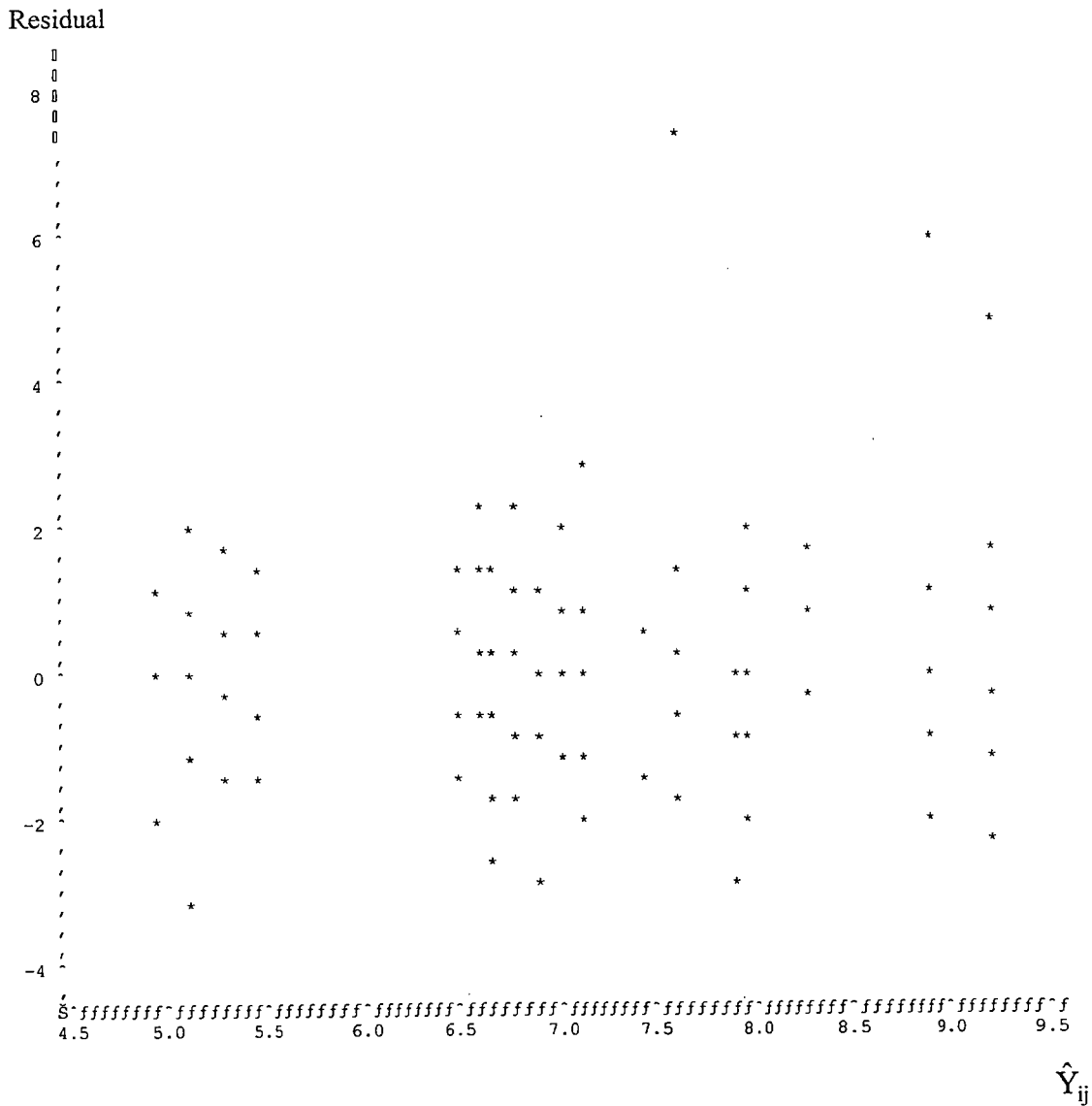
การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.42 จะพบว่าจุดต่าง ๆ กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X โดยไม่พบรูปแบบที่ผิดปกติ แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน

นั่นคือ จำนวนใบที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลจำนวนใบที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูกไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

2) จำนวนใบที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.43 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของจำนวนใบที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.44 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของจำนวนใบ
ที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก

ในรูปที่ 4.43 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดส่วนใหญ่อยู่ในแนวเส้นตรง มีอยู่ 3 จุด ที่ตกอยู่นอกเส้นตรง คาดว่าน่าจะเป็นค่านอกรอบ คือ ข้อมูลในพันธุ์ Oakleaf บล็อกที่ 1 และ 2 มีค่าเป็น 14 และ 15 ตามลำดับ และพันธุ์ Redoak บล็อกที่ 2 มีค่าเป็น 15

ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.0001 < 0.05$) ในการพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.44 จะพบว่าจุดส่วนใหญ่กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X มีจุด 3 จุด ที่ตกห่างไกลออกไป แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลืออาจจะไม่เท่ากัน

จากการทดสอบด้วยวิธีของกรับส์ (Grubb's test) จะได้ค่าสถิติที่คำนวณได้คือ

$$\begin{aligned} \text{พันธุ์ Oakleaf บล็อกที่ 1 : } T_{n1} &= \frac{X_{(n)} - \bar{X}}{S} = \frac{14 - 8.50}{2.1575} = 2.55 \\ \text{พันธุ์ Oakleaf บล็อกที่ 2 : } T_{n2} &= \frac{X_{(n)} - \bar{X}}{S} = \frac{15 - 8.14}{2.9243} = 2.35 \\ \text{พันธุ์ Redoak บล็อกที่ 2 : } T_{n3} &= \frac{X_{(n)} - \bar{X}}{S} = \frac{15 - 8.86}{2.6638} = 2.30 \end{aligned}$$

ในภาคผนวก ตารางที่ 2 ที่ $\alpha = 0.05$, $n = 9$ จะได้ค่าของ Percentage points of $T_n = 2.11$

เนื่องจาก $T_{n1} = 2.55 > 2.11$ แสดงว่า $X_{(n)} = 14$ เป็นค่านอกรอบ จึงทำการตัดข้อมูลที่ เป็นค่านอกรอบออกไป

และในภาคผนวก ตารางที่ 2 ที่ $\alpha = 0.05$, $n = 10$ จะได้ค่าของ Percentage points of $T_n = 2.18$

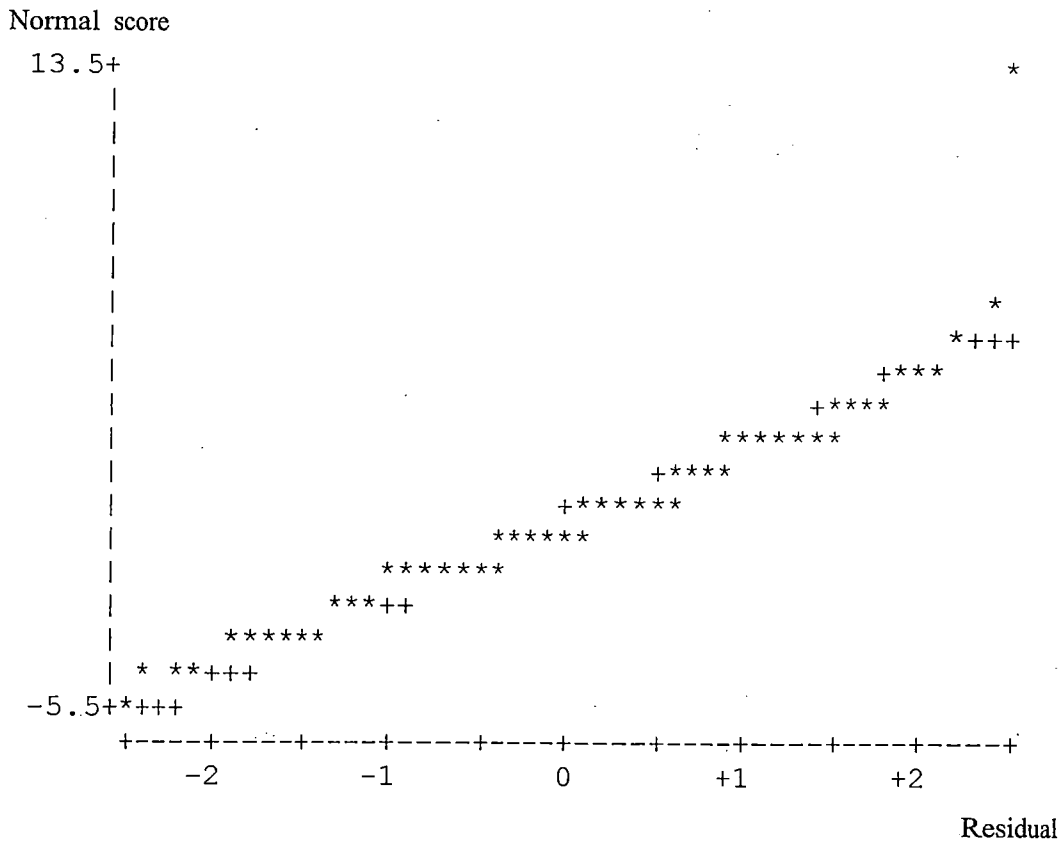
เนื่องจาก $T_{n2} = 2.35 > 2.18$ และ $T_{n3} = 2.30 > 2.18$ แสดงว่า $X_{(n)} = 15$ เป็นค่านอกรอบทั้ง 2 ค่า จึงทำการตัดข้อมูลที่ เป็นค่านอกรอบออกไป

หลังจากที่ได้ทำการตัดข้อมูลที่ เป็นค่านอกรอบทั้ง 3 ค่า ออกไปแล้ว จึงทำการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือใหม่ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.4740 > 0.05$)

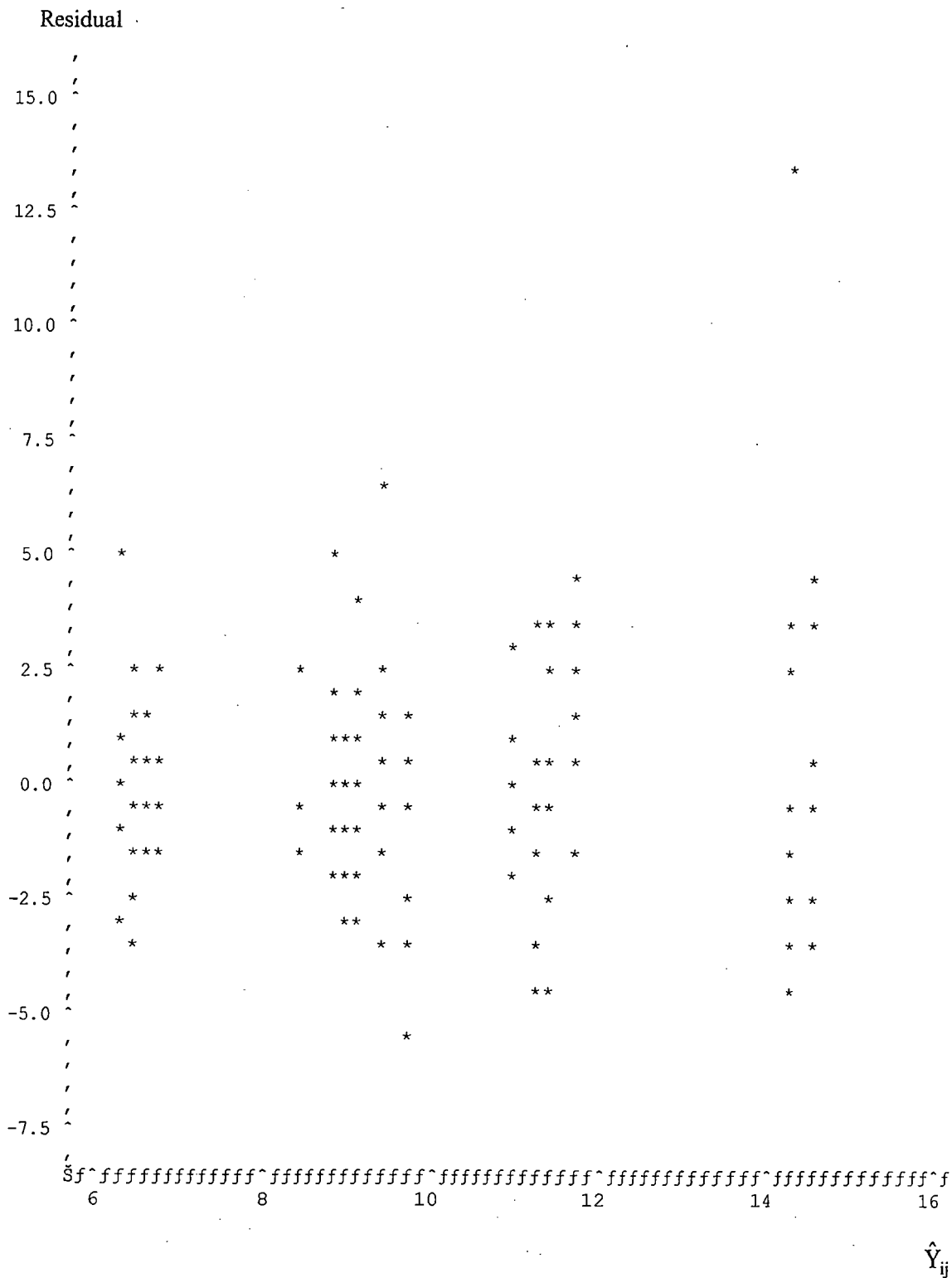
การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} จะพบว่าจุดส่วนใหญ่กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน

นั่นคือ จำนวนใบที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลจำนวนใบที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูกไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

3) จำนวนใบที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.45 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของจำนวนใบ
ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.46 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของจำนวนใบ
ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูกลง

ในรูปที่ 4.45 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดส่วนใหญ่อยู่ในแนวเส้นตรง มีอยู่เพียง 1 จุด ที่ตกอยู่นอกเส้นตรง คาดว่าน่าจะเป็นค่านอกรอบ คือ ข้อมูลในพันธุ์ Oakleaf บล็อกที่ 2 หรือ $X_{(n)} = 28$

ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.0001 < 0.05$) ในการพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.46 จะพบว่าจุดส่วนใหญ่กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X มีเพียง 1 จุด ที่ตกห่างไกลออกไป แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน

จากการทดสอบด้วยวิธีของกรับส์ (Grubb's test) จะได้ค่าสถิติที่คำนวณได้คือ

$$T_n = \frac{X_{(n)} - \bar{X}}{S} = \frac{28 - 14.40}{5.5217} = 2.46$$

ในภาคผนวก ตารางที่ 2 ที่ $\alpha = 0.05$, $n = 10$ จะได้ค่าของ Percentage points of $T_n = 2.18$

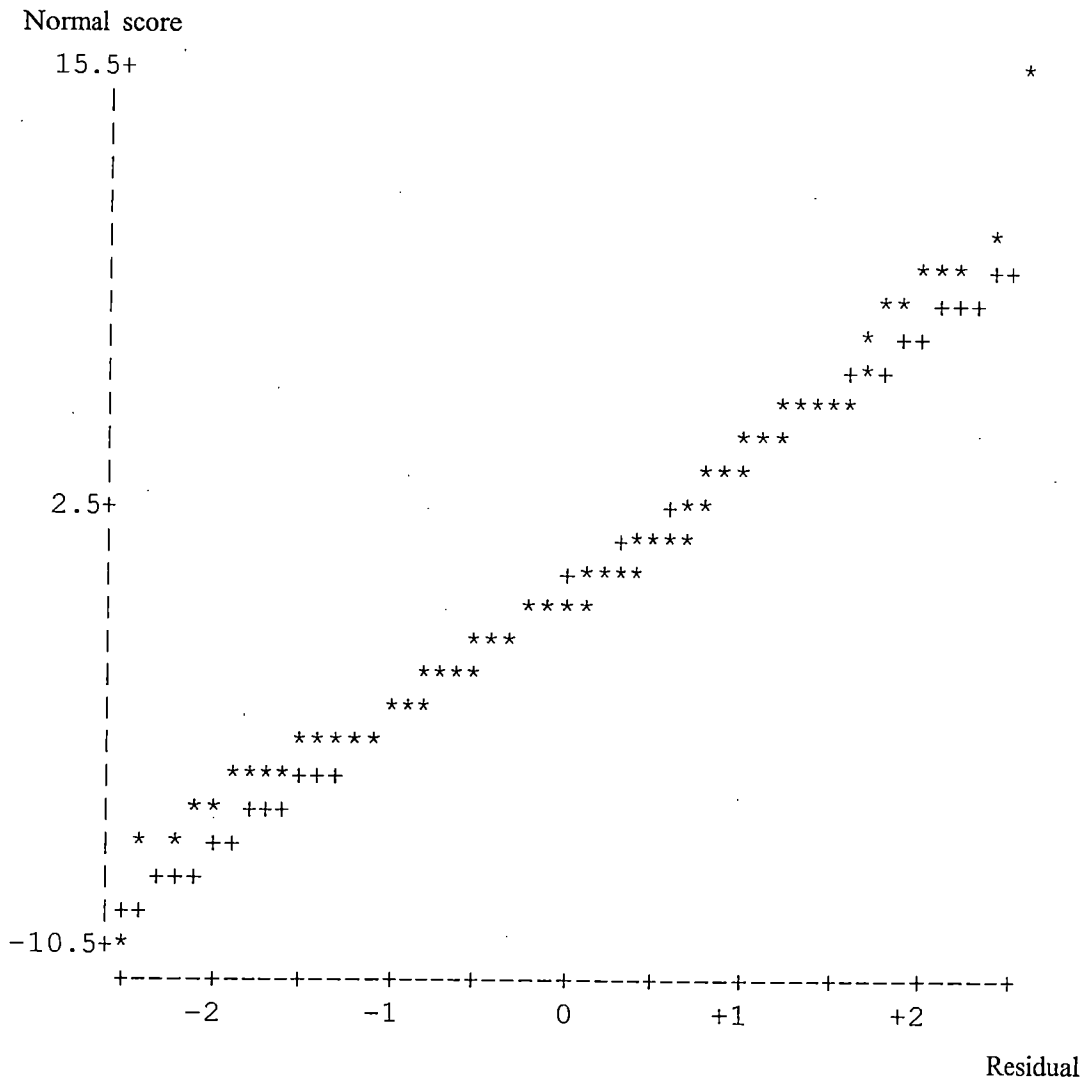
เนื่องจาก $T_n = 2.46 > 2.18$ แสดงว่า $X_{(n)} = 28$ เป็นค่านอกรอบ จึงทำการตัดข้อมูลที่ เป็นค่านอกรอบออกไป

หลังจากที่ได้ทำการตัดข้อมูลที่ เป็นค่านอกรอบออกไปแล้ว จึงทำการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือใหม่ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.6977 > 0.05$)

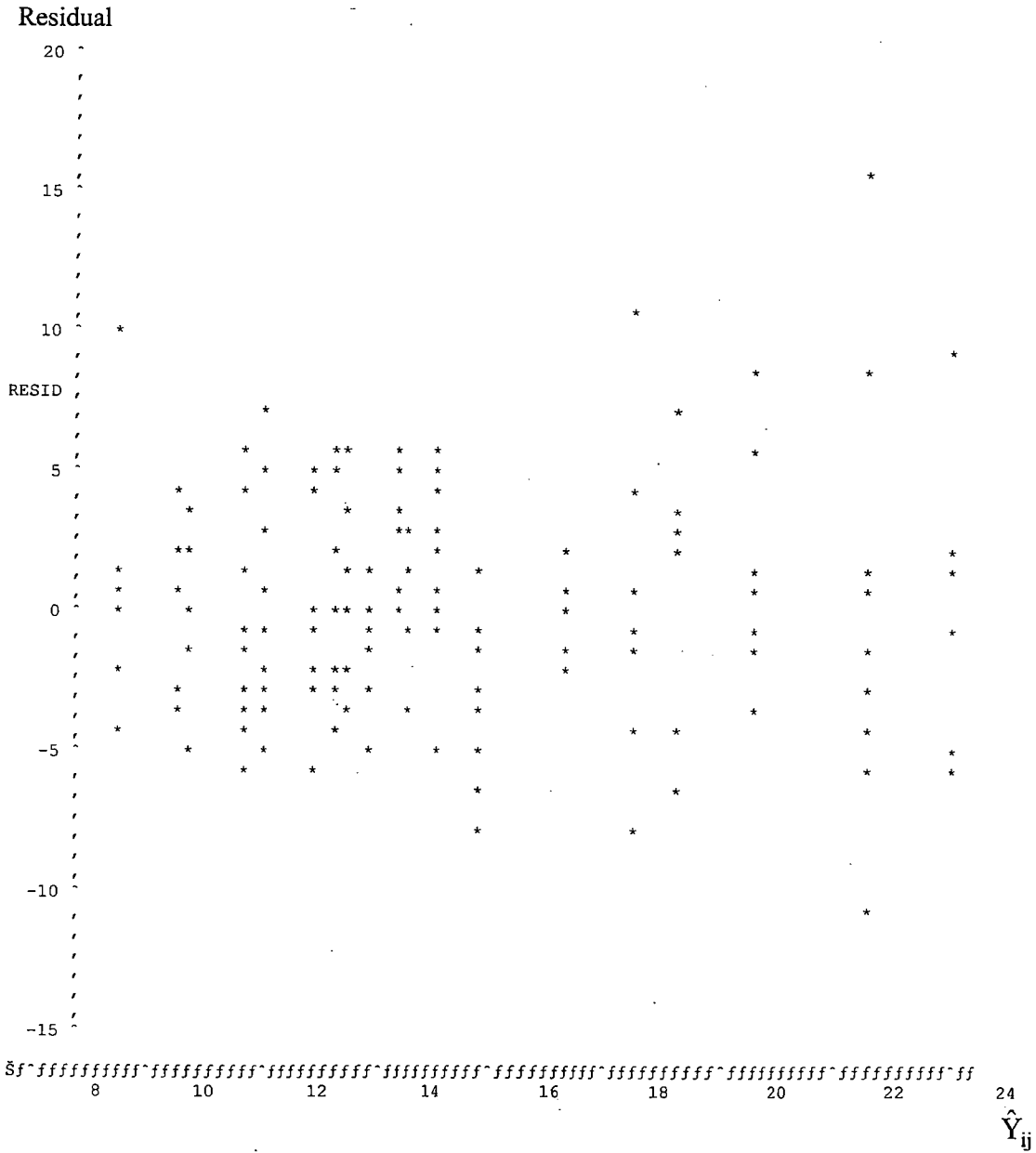
การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} จะพบว่าจุดส่วนใหญ่กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X โดยไม่พบรูปแบบที่ผิดปกติ แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน

นั่นคือ จำนวนใบที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลจำนวนใบที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูกไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

4) จำนวนใบที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูกลง



รูปที่ 4.47 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของจำนวนใบ
ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูกลง



รูปที่ 4.48 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของจำนวนใบ
ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก

ในรูปที่ 4.47 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดส่วนใหญ่อยู่ในแนวเส้นตรง มีอยู่เพียง 1 จุด ที่ตกอยู่นอกเส้นตรง คาดว่าน่าจะเป็นค่านอกรูปคือ ข้อมูลในพันธุ์ Oakleaf บล็อกที่ 2 หรือ $X_{(n)} = 37$

ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.2095 > 0.05$) ในการพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่

4.48 จะพบว่าจุดต่าง ๆ กระจายตัวในลักษณะเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจจะมีรูปแบบที่ผิดปกติเกิดขึ้น แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลืออาจจะไม่เท่ากัน

จากการทดสอบด้วยวิธีของกรับส์ (Grubb's test) จะได้ค่าสถิติที่คำนวณได้คือ

$$T_n = \frac{X_{(n)} - \bar{X}}{S} = \frac{37 - 21.10}{7.5491} = 2.11$$

ในภาคผนวก ตารางที่ 2 ที่ $\alpha = 0.05$, $n = 10$ จะได้ค่าของ Percentage points of $T_n = 2.18$

เนื่องจาก $T_n = 2.11 < 2.18$ แสดงว่า $X_{(n)} = 28$ ไม่ได้เป็นค่าผิดปกติ จึงไม่ต้องตัดข้อมูลออกไป

เมื่อความแปรปรวนของค่าคงเหลือไม่เท่ากัน จึงควรทำการแปลงข้อมูล เพื่อให้ค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติและความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน โดยทำการแปลงข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 4.19 ค่า Shapiro-Wilk W และความแปรปรวนของค่าคงเหลือ สำหรับวิธีการแปลงข้อมูลแบบต่าง ๆ ของจำนวนใบที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก

วิธีการแปลงข้อมูล	ค่า Shapiro-Wilk W	ความแปรปรวนของค่าคงเหลือ
\sqrt{X}	0.4980	เท่ากัน
$\log X$	0.3309	เท่ากัน
$\frac{1}{X}$	0.0001	ไม่เท่ากัน
$\frac{1}{\sqrt{X}}$	0.0827	เท่ากัน
$\arcsin \sqrt{X}$	-	-

จะเห็นได้ว่าการแปลงข้อมูลด้วยวิธี \sqrt{X} , $\log X$ และ $\frac{1}{\sqrt{X}}$ จะทำให้ค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ และความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่า ๆ กัน จึงนำการแปลงข้อมูลด้วยวิธี \sqrt{X} , $\log X$ และ $\frac{1}{\sqrt{X}}$ ไปเปรียบเทียบกับกันโดยการหาค่า $\frac{S^2}{\bar{X}}$, $\frac{S}{\bar{X}}$ และ $\frac{S^3}{\bar{X}^2}$ แล้วพิจารณาว่าค่าไหนที่มีความคงที่มากกว่ากัน จะเลือกการแปลงข้อมูลด้วยวิธีนั้น ๆ

ตารางที่ 4.20 การเปรียบเทียบค่า $\frac{S^2}{\bar{X}}$, $\frac{S}{\bar{X}}$ และ $\frac{S^{\frac{2}{3}}}{\bar{X}}$ สำหรับการแปลงข้อมูลด้วยวิธี

\sqrt{X} , $\log X$ และ $\frac{1}{\sqrt{X}}$ ตามลำดับ ของจำนวนใบที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก

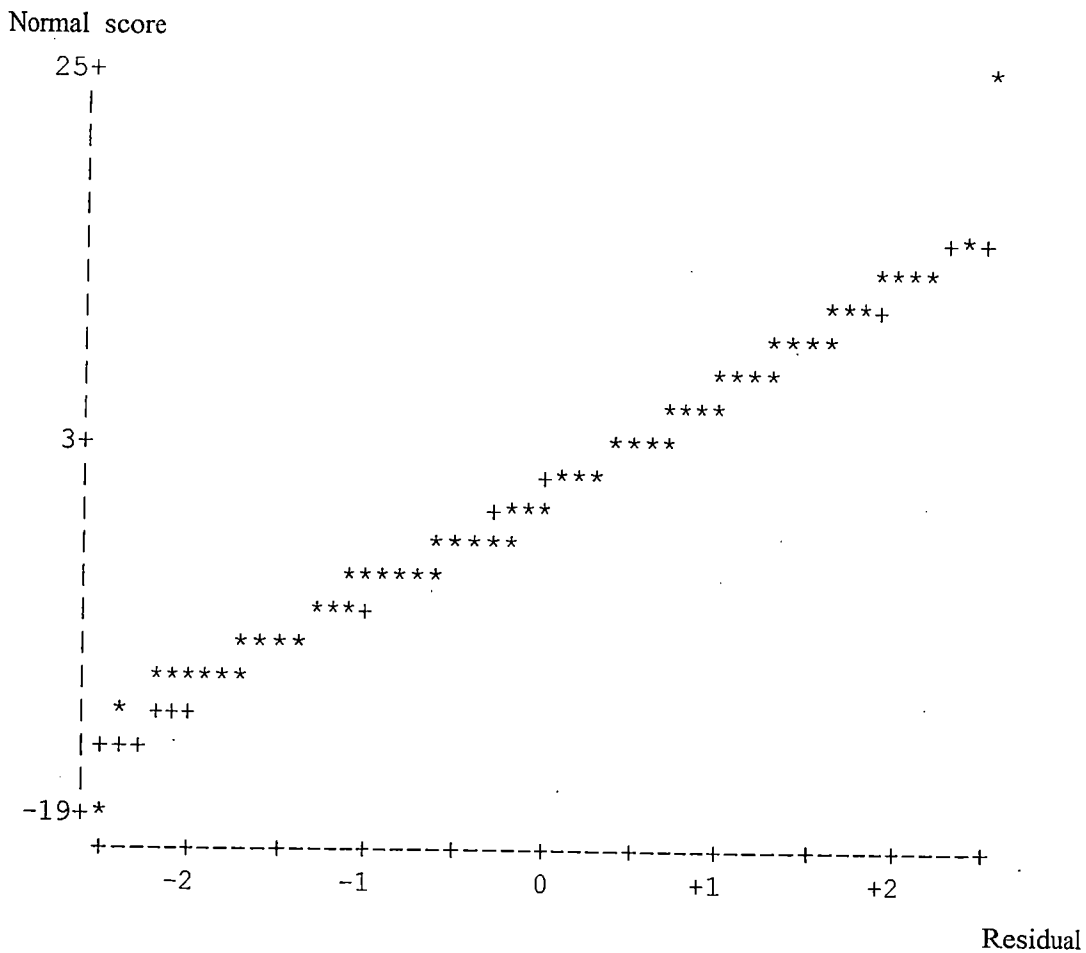
พันธุ์	ปลีอกที่ 1	ปลีอกที่ 2	\bar{X}	S^2	S	$\frac{2}{S^3}$
1. Grand Rapids 1	114	166	14.00	13.37	3.66	2.37
2. Grand Rapids 2	116	104	11.58	9.37	3.06	2.11
3. Lettuce	84	69	9.00	10.88	3.30	2.22
4. Lettuce Grand Rapids Black Seeded	82	120	12.63	9.58	3.10	2.12
5. Champaign	120	104	11.16	15.25	3.91	2.48
6. Oakleaf	228	211	21.95	42.47	6.52	3.49
7. Sea Fresh	141	112	13.32	12.34	3.51	2.31
8. Redoak	175	162	16.85	12.77	3.57	2.34
9. Red Salad Bowl	90	83	10.18	12.53	3.54	2.32
10. Green Salad Bowl	182	156	18.78	19.95	4.47	2.71

ตารางที่ 4.20 (ต่อ)

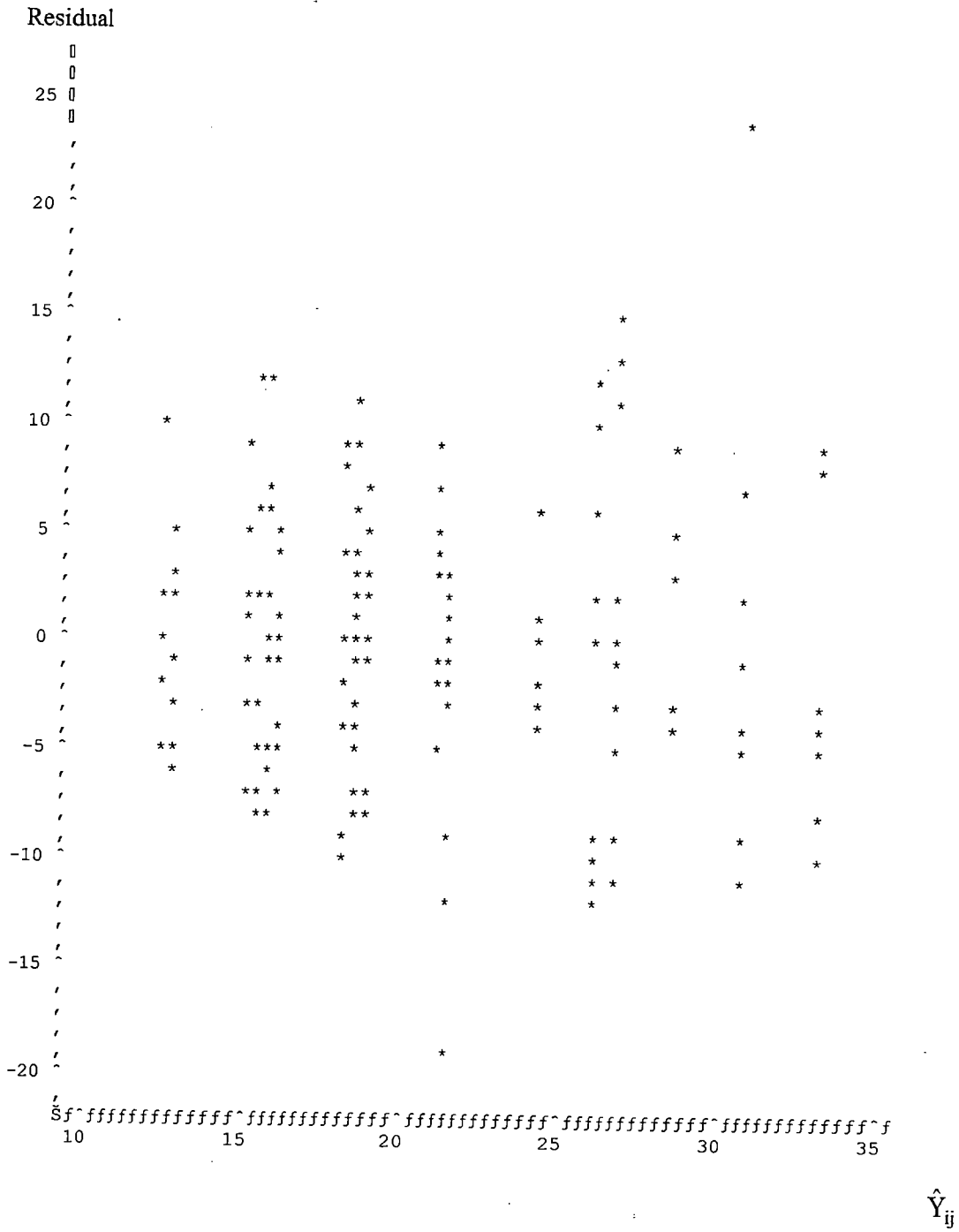
พันธุ์	$\frac{S^2}{\bar{X}}$	$\frac{S}{\bar{X}}$	$\frac{2}{\frac{S^3}{\bar{X}}}$
1. Grand Rapids 1	0.96	0.26	0.17
2. Grand Rapids 2	0.81	0.26	0.18
3. Lettuce	1.21	0.37	0.25
4. Lettuce Grand Rapids Black Seeded	0.76	0.25	0.17
5. Champaign	1.37	0.35	0.22
6. Oakleaf	1.93	0.30	0.16
7. Sea Fresh	0.93	0.26	0.17
8. Redoak	0.76	0.21	0.14
9. Red Salad Bowl	1.23	0.35	0.23
10. Green Salad Bowl	1.06	0.24	0.14

ในที่นี้เลือกวิธีการแปลงข้อมูลในรูป $\frac{1}{\sqrt{X}}$ เนื่องจาก $\frac{S^2}{\bar{X}}$ มีความคงที่มากกว่า $\frac{S^2}{\bar{X}}$ และ $\frac{S}{\bar{X}}$ หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลจำนวนใบที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก ที่แปลงแล้วในรูป $\frac{1}{\sqrt{X}}$ ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

5) จำนวนใบที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.49 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของจำนวนใบที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.50 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของจำนวนใบ
ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก

ในรูปที่ 4.49 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดส่วนใหญ่อยู่ในแนวเส้นตรง มีอยู่เพียง 1 จุด ที่ตกอยู่นอกเส้นตรง คาดว่าน่าจะเป็นค่านอกรอบ คือ ข้อมูลในพันธุ์ Oakleaf บล็อกที่ 2 หรือ $X_{(n)} = 55$

ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.9847 > 0.05$) ในการพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.50 จะพบว่าจุดต่าง ๆ กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X มีเพียง 1-2 จุด ที่ตกห่างไกลออกไป โดยไม่พบรูปแบบที่ผิดปกติ แสดงว่าความแปรปรวนของ ค่าคงเหลือน่าจะเท่ากัน

จากการทดสอบด้วยวิธีของกรับส์ (Grubb's test) จะได้ค่าสถิติที่คำนวณได้คือ

$$T_n = \frac{X_{(n)} - \bar{X}}{S} = \frac{55 - 31.50}{10.2442} = 2.29$$

ในภาคผนวก ตารางที่ 2 ที่ $\alpha = 0.05$, $n = 10$ จะได้ค่าของ Percentage points of $T_n = 2.18$

เนื่องจาก $T_n = 2.29 > 2.18$ แสดงว่า $X_{(n)} = 55$ เป็นค่านอกรอบ จึงทำการตัดข้อมูลที่ เป็นค่านอกรอบออกไป

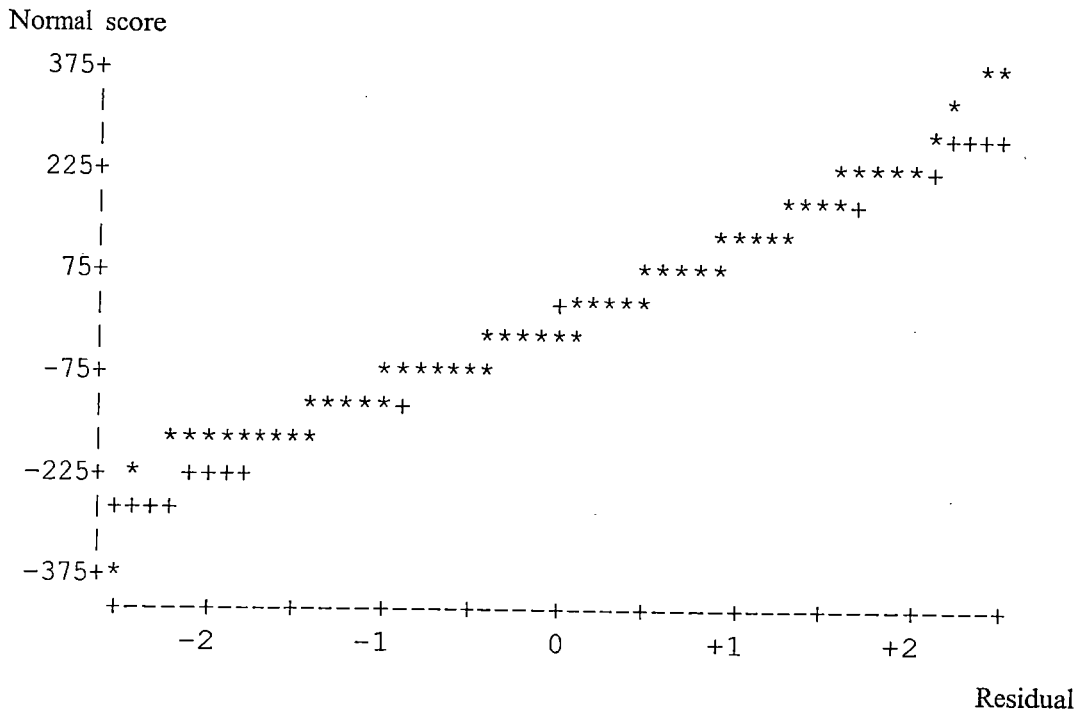
หลังจากที่ได้ทำการตัดข้อมูลที่ เป็นค่านอกรอบออกไปแล้ว จึงทำการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือใหม่ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.7502 > 0.05$)

ส่วนการพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} จะพบว่าจุดต่าง ๆ กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X มีเพียง 1 จุด ที่ตกอยู่ห่างไกลออกไป โดยไม่พบรูปแบบที่ผิดปกติ แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือเท่ากัน

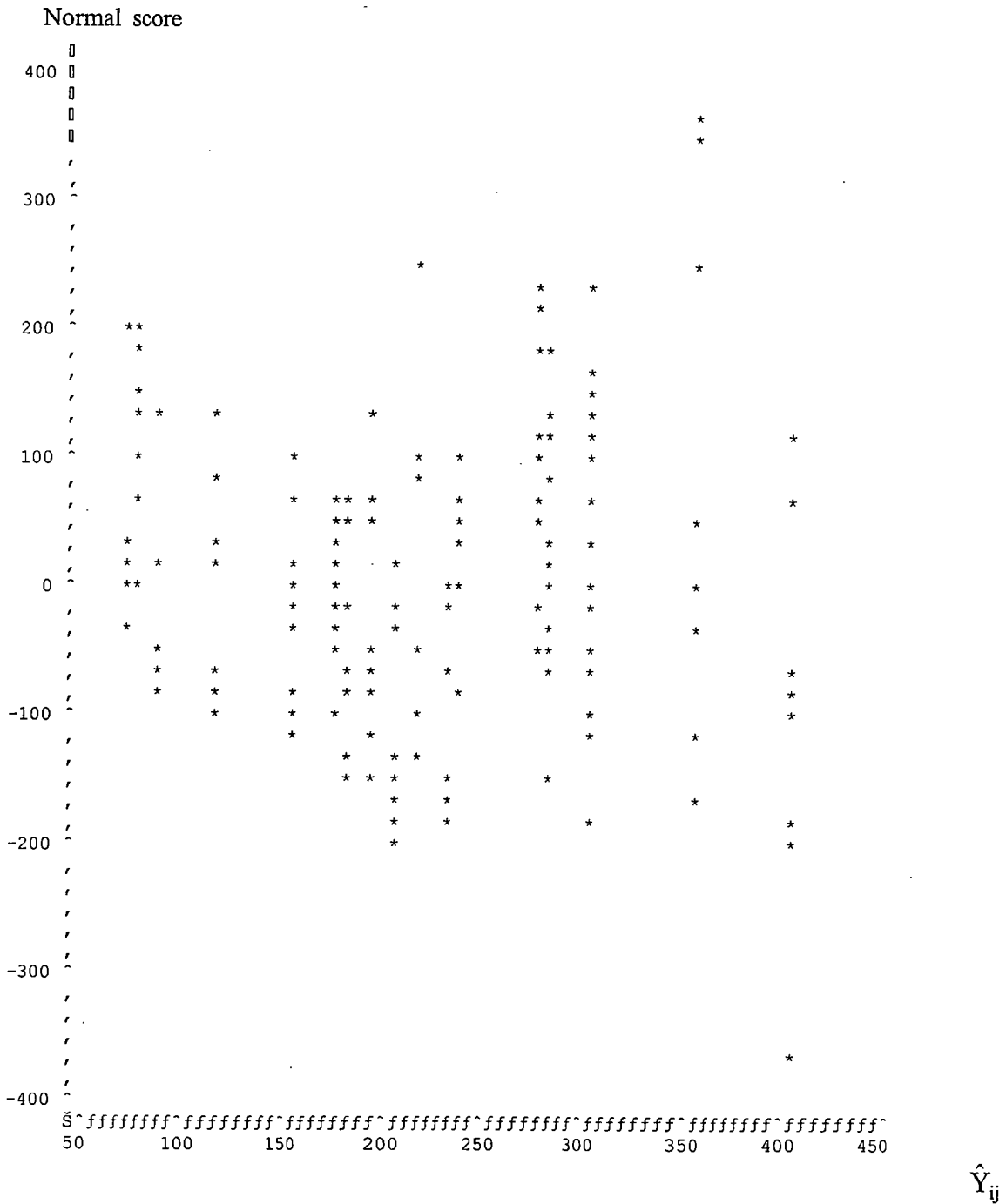
นั่นคือ จำนวนใบที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลจำนวนใบที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูกไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

4.3.6 การตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นของน้ำหนักรักต้น

วัดน้ำหนักรักต้นเมื่อมีอายุ 42 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.51 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือของน้ำหนักรักต้น
ที่มีอายุ 42 วัน หลังจากย้ายปลูก



รูปที่ 4.52 การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ของน้ำหนักต้น
ที่มีอายุ 42 วัน หลังจากย้ายปลูก

ในรูปที่ 4.51 แสดงการพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าคงเหลือ จะพบว่าจุดต่าง ๆ อยู่ในแนวเส้นตรง ส่วนการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk W พบว่าค่าคงเหลือมีการแจกแจงแบบปกติ ($p = 0.3331 > 0.05$)

การพล็อตค่าคงเหลือและค่าทำนาย \hat{Y}_{ij} ดังแสดงในรูปที่ 4.52 จะพบว่าจุดต่าง ๆ กระจายตัวอย่างสุ่มรอบแกน X โดยไม่พบรูปแบบที่ผิดปกติ มีจุดเพียง 1 จุด ที่ตกอยู่ห่างไกลออกไป แสดงว่าความแปรปรวนของค่าคงเหลือน่าจะเท่ากัน

4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์

ตารางที่ 4.21 ค่า R-Square, C.V., F และ p value ของความสูงของต้นเฉลี่ย ความยาวของใบเฉลี่ย ความกว้างของใบเฉลี่ย ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย จำนวนใบเฉลี่ย และน้ำหนักต้นเฉลี่ย ของผักกาดหอมที่มีอายุ 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก

ตัวแปรที่วัดค่า	R-Square	C.V.	F	p value
1. ความสูงของต้นเฉลี่ย				
อายุ 7 วัน	0.3588	26.4781	9.73	0.0001
อายุ 14 วัน	0.3229	27.0394	8.30	0.0001
อายุ 21 วัน	0.2824	27.2704	6.85	0.0001
อายุ 28 วัน	0.2668	24.1303	6.33	0.0001
อายุ 35 วัน	0.3079	19.3879	7.74	0.0001
2. ความยาวของใบเฉลี่ย				
อายุ 7 วัน	0.4321	24.8926	13.24	0.0001
อายุ 14 วัน	0.4278	28.0407	13.01	0.0001
อายุ 21 วัน	0.3700	27.7342	10.22	0.0001
อายุ 28 วัน	0.3451	22.3285	9.17	0.0001
อายุ 35 วัน	0.4820	17.7101	16.19	0.0001
3. ความกว้างของใบเฉลี่ย				
อายุ 7 วัน *	0.4751	13.7581	15.75	0.0001
อายุ 14 วัน **	0.4508	28.0914	14.28	0.0001
อายุ 21 วัน	0.3668	30.8464	10.08	0.0001
อายุ 28 วัน	0.3565	26.8389	9.64	0.0001
อายุ 35 วัน	0.5095	22.3026	18.07	0.0001

ตารางที่ 4.21 (ต่อ)

ตัวแปรที่วัดค่า	R-Square	C.V.	F	p value
4. ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย				
อายุ 7 วัน **	0.4421	20.3253	13.79	0.0001
อายุ 14 วัน **	0.4345	16.3626	13.37	0.0001
อายุ 21 วัน	0.3865	31.0909	10.96	0.0001
อายุ 28 วัน	0.3318	26.9540	8.64	0.0001
อายุ 35 วัน ***	0.3680	0.4836	10.13	0.0001
5. จำนวนใบเฉลี่ย				
อายุ 7 วัน	0.1879	19.9167	4.03	0.0001
อายุ 14 วัน	0.4264	17.2410	12.71	0.0001
อายุ 21 วัน	0.5107	21.9733	18.06	0.0001
อายุ 28 วัน ****	0.4787	15.0863	15.98	0.0001
อายุ 35 วัน	0.4598	29.4591	14.73	0.0001
6. น้ำหนักต้นเฉลี่ย				
อายุ 42 วัน	0.3895	54.1523	11.10	0.0001

หมายเหตุ	*	หมายถึง	การแปลงข้อมูลในรูป \sqrt{X}
	**	หมายถึง	การแปลงข้อมูลในรูป $\log X$
	***	หมายถึง	การแปลงข้อมูลในรูป $\log(X + 230)$
	****	หมายถึง	การแปลงข้อมูลในรูป $\frac{1}{\sqrt{X}}$

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $p = 0.0001 < 0.05$ แสดงว่าผักกาดหอม ทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความสูงของต้นเฉลี่ย ความยาวของใบเฉลี่ย ความกว้างของใบเฉลี่ย ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย จำนวนใบเฉลี่ย และน้ำหนักต้นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติหลังจากย้ายปลูก 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน ตามลำดับ ซึ่งรายละเอียดของการวิเคราะห์ความแปรปรวนและการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ดังแสดงในหัวข้อที่ 4.4.1 – 4.4.6 ดังนี้

4.4.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการเปรียบเทียบความสูงของต้นเฉลี่ย

ตารางที่ 4.22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของต้นเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	75.0562	7.5056	9.73	0.0001
พันธุ์	9	53.3799	5.9311	7.69	0.0001
บล็อก	1	21.6763	21.6763	28.11	0.0001
ความคลาดเคลื่อน	174	134.1551	0.7710		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	184	209.2114			

R-Square = 0.3588

C.V. = 26.4781

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 7.69$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่า ผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความสูงของต้นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้ความสูงของต้นเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

	กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	พันธุ์
	A	4.1450	8
B	A	3.7944	10
B	A	3.7000	7
B	A C	3.6053	6
B	A C	3.6050	1
B	D C	3.3063	4
E	D C	3.0000	2
E	D	2.7500	5
E	D	2.7059	3
E		2.3824	9

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Sea Fresh และ Green Salad Bowl มีความสูงของต้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Grand Rapids 1 และ Oakleaf มีความสูงของต้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Lettuce และ Champaign มีความสูงของต้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของต้นเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	139.0773	13.9077	8.30	0.0001
พันธุ์	9	69.2792	7.6977	4.59	0.0001
บล็อก	1	69.7981	69.7981	41.64	0.0001
ความคลาดเคลื่อน	174	291.6565	1.6762		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	184	430.7338			

R-Square = 0.3229

C.V. = 27.0394

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 4.59$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่า ผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความสูงของต้นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้ความสูงของต้นเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

	กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	พันธุ์
	A	5.6222	10
	A	5.5800	8
B	A	5.2750	1
B	A	5.2263	7
B	A C	4.7105	6
B	A C	4.7063	4
B	D C	4.3950	5
B	D C	4.3737	2
	D C	4.1412	3
	D	3.6471	9

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Redoak และ Green Salad Bowl มีความสูงของต้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Grand Rapids 1 และ Sea Fresh มีความสูงของต้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Lettuce Grand Rapids Black Seeded และ Oakleaf มีความสูงต้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Grand Rapids 2 และ Champaign มีความสูงของต้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของต้นเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	316.1804	31.6180	6.85	0.0001
พันธุ์	9	269.8217	29.9802	6.49	0.0001
บล็อก	1	46.3587	46.3587	10.04	0.0018
ความคลาดเคลื่อน	174	803.4956	4.6178		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	184	1,119.6760			

R-Square = 0.2824

C.V. = 27.2704

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 6.49$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่า ผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความสูงของต้นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้ความสูงของต้นเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	พันธุ์
A	9.3450	8
A	9.0263	7
A	8.8250	1
B	8.4278	10
B	8.4053	6
B	7.8813	4
B	7.7450	5
B	7.2263	2
D	5.8294	3
D	5.5353	9

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Grand Rapids 1, Sea Fresh และ Redoak มีความสูงของต้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Lettuce Grand Rapids Black Seeded, Champaign, Oakleaf และ Green Salad Bowl มีความสูงของต้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของต้นเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	434.7245	43.4725	6.33	0.0001
พันธุ์	9	410.6394	45.6266	6.65	0.0001
บล็อก	1	24.0851	24.0851	3.51	0.0627
ความคลาดเคลื่อน	174	1,194.4266	6.8645		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	184	1,629.1511			

R-Square = 0.2668

C.V. = 24.1303

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 6.65$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่า ผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความสูงของต้นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้ความสูงของต้นเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	พันธุ์
A	13.0900	1
B	12.2688	4
B	12.1450	8
B	12.0789	7
B	10.6842	2
D	10.3474	6
D	10.3278	10
D	10.3050	5
E	8.5471	9
E	8.3118	3

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Sea Fresh และ Redoak มีความสูงของต้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Champaign, Oakleaf และ Green Salad Bowl มีความสูงของต้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของต้นเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	612.4737	61.2474	7.74	0.0001
พันธุ์	9	476.1458	52.9051	6.69	0.0001
บล็อก	1	136.3279	136.3279	17.23	0.0001
ความคลาดเคลื่อน	174	1,376.4672	7.9107		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	184	1,988.9409			

R-Square = 0.3079

C.V. = 19.3879

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 6.69$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่า ผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความสูงของต้นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้ความสูงของต้นเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	พันธุ์
A	16.4100	1
B	16.2188	4
B	16.1474	7
B	15.9000	8
B	14.8944	10
B	14.2368	6
D	13.7789	2
E	12.9950	5
E	12.5765	3
E	11.6000	9

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Lettuce Grand Rapids Black Seeded, Sea Fresh และ Redoak มีความสูงของต้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

4.4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการเปรียบเทียบความยาวของใบเฉลี่ย

ตารางที่ 4.27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวของใบเฉลี่ยของผักกาดหอม ที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	97.5725	9.7573	13.24	0.0001
พันธุ์	9	82.3657	9.1517	12.42	0.0001
บล็อก	1	15.2068	15.2068	20.63	0.0001
ความคลาดเคลื่อน	174	128.2296	0.7370		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	184	209.2114			

R-Square = 0.4321

C.V. = 24.8926

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 12.42$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่าผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความยาวของใบเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้ความยาวของใบเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	พันธุ์
A	4.3889	10
B	3.9684	7
B	3.9650	8
B	3.9500	1
B	3.7526	6
B	3.3938	4
D	3.0650	5
D	3.0316	2
D	2.7118	3
E	2.0412	9

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Grand Rapids 1, Sea Fresh และ Redoak มีความยาวของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Grand Rapids 2 และ Champaign มีความยาวของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวของใบเฉลี่ยของผักกาดหอม
ที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	287.7615	28.7762	13.01	0.0001
พันธุ์	9	243.9067	27.1007	12.25	0.0001
บล็อก	1	43.8548	43.8548	19.82	0.0001
ความคลาดเคลื่อน	174	384.9350	2.2123		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	184	672.6965			

R-Square = 0.4278

C.V. = 28.0407

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 12.25$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่าผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความยาวของใบเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้ความยาวของใบเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	พันธุ์
A	6.9700	8
A	6.8611	10
B A	5.9950	1
B C	5.7947	7
B C D	5.4684	6
B C D	5.2000	4
E C D	4.7450	5
E D	4.6105	2
E F	3.8000	3
F	3.1882	9

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Redoak และ Green Salad Bowl มีความยาวของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Lettuce Grand Rapids Black Seeded และ Oakleaf มีความยาวของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวของใบเฉลี่ยของผักกาดหอม
ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	544.6303	54.4630	10.22	0.0001
พันธุ์	9	459.5458	51.0606	9.58	0.0001
บล็อก	1	85.0845	85.0845	15.97	0.0001
ความคลาดเคลื่อน	174	927.3051	5.3293		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	184	1,471.9354			

R-Square = 0.3700

C.V. = 27.7342

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 9.58$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่าผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความยาวของใบเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้ความยาวของใบเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

	กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	พันธุ์
	A	10.8050	8
B	A	9.8000	10
B	C	9.1950	1
B	C	9.1368	7
B	C D	8.9737	6
B	C D	8.2313	4
	C D	7.6850	5
	D	7.4105	2
	E	5.7235	9
	E	5.6412	3

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Grand Rapids 1 และ Sea Fresh มีความยาวของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Lettuce Grand Rapids Black Seeded และ Oakleaf มีความยาวของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Lettuce และ Red Salad Bowl มีความยาวของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวของใบเฉลี่ยของผักกาดหอม
ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	630.2908	63.0291	9.17	0.0001
พันธุ์	9	489.8738	54.4304	7.92	0.0001
บล็อก	1	140.4170	140.4170	20.43	0.0001
ความคลาดเคลื่อน	174	1,195.9787	6.8734		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	184	1,826.2695			

R-Square = 0.3451

C.V. = 22.3285

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 7.92$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่าผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความยาวของใบเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้ความยาวของใบเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	พันธุ์
A	14.5650	8
B A	13.0500	1
B C	12.7056	10
B C	12.6737	7
B C D	12.4250	4
B E C D	11.3474	6
E C D	10.9789	2
E D	10.6800	5
E F	9.5882	9
F	8.8706	3

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Sea Fresh และ Green Salad Bowl มีความยาวของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวของใบเฉลี่ยของผักกาดหอม
ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	1,207.5666	120.7567	16.19	0.0001
พันธุ์	9	714.0524	79.3392	10.64	0.0001
บล็อก	1	493.5142	493.5142	66.16	0.0001
ความคลาดเคลื่อน	174	1,297.9269	7.4594		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	184	2,505.4935			

R-Square = 0.4820

C.V. = 17.7101

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 10.64$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่าผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความยาวของใบเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้ความยาวของใบเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	พันธุ์
A	18.7750	8
A	18.3500	10
B	16.4125	4
B	16.3950	1
C	15.4895	7
C	14.4632	6
C	14.2895	2
C	13.6059	9
D	13.3750	5
D	12.7824	3

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Redoak และ Green Salad Bowl มีความยาวของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Grand Rapids 1 และ Lettuce Grand Rapids Black Seeded มีความยาวของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Grand Rapids 2, Oakleaf และ Red Salad Bowl มีความยาวของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Lettuce และ Champaign มีความยาวของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

4.4.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการเปรียบเทียบความกว้างของใบเฉลี่ย

ตารางที่ 4.32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของใบเฉลี่ยที่แปลงแล้วในรูป \sqrt{X} ของผักกาดหอมที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	6.1228	0.6123	15.75	0.0001
พันธุ์	9	5.7110	0.6346	16.32	0.0001
บล็อก	1	0.4118	0.4118	10.59	0.0014
ความคลาดเคลื่อน	174	6.7645	0.0389		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	184	12.8874			

R-Square = 0.4751

C.V. = 13.7581

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 16.32$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่าผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความกว้างของใบเฉลี่ยที่แปลงแล้วในรูป \sqrt{X} แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้ความกว้างของใบเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้ว	พันธุ์
A	1.6611	7
A	1.6560	1
B	1.5375	4
B	1.4883	10
B	1.4715	5
B	1.4521	2
D	1.3785	8
D	1.3494	3
D	1.2621	6
E	1.0324	9

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Grand Rapids 1 และ Sea Fresh มีความกว้างของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Grand Rapids 2, Champaign และ Green Salad Bowl มีความกว้างของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Lettuce และ Redoak มีความกว้างของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.33 การเปรียบเทียบความกว้างของใบเฉลี่ยที่แปลงแล้วและก่อนแปลงของผักกาดหอม ที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก

พันธุ์	การรายงานผล		การรายงานผล	
	ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้ว	Duncan	ค่าเฉลี่ยก่อนแปลง	Duncan
1. Grand Rapids 1	1.6560	A	2.8350	A
2. Grand Rapids 2	1.4521	BC	2.1947	BC
3. Lettuce	1.3494	CD	1.8824	CD
4. Lettuce Grand Rapids Black Seeded	1.5375	AB	2.4063	B
5. Champaign	1.4715	BC	2.2450	BC
6. Oakleaf	1.2621	D	1.6526	D
7. Sea Fresh	1.6611	A	2.8158	A
8. Redoak	1.3785	CD	1.9650	CD
9. Red Salad Bowl	1.0324	E	1.1176	E
10. Green Salad Bowl	1.4883	BC	2.2667	BC

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพันธุ์ที่แปลงแล้วและค่าเฉลี่ยพันธุ์ก่อนแปลงให้ผลสรุปที่เหมือนกัน แตกต่างกันเพียงในพันธุ์ Lettuce Grand Rapids Black Seeded ที่ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้วจัดอยู่ในกลุ่ม AB ส่วนค่าเฉลี่ยก่อนแปลงจัดอยู่ในกลุ่ม B

เนื่องจากค่าเฉลี่ยพันธุ์ที่แปลงแล้วและค่าเฉลี่ยพันธุ์ก่อนแปลงให้ผลสรุปเหมือนกัน ดังนั้นจึงนำผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพันธุ์ก่อนแปลงไปใช้ในการอธิบายต่อไป

ตารางที่ 4.34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของใบเฉลี่ยที่แปลงแล้วในรูป $\log X$ ของผักกาดหอมที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	3.3209	0.3321	14.28	0.0001
พันธุ์	9	3.0683	0.3409	14.66	0.0001
บล็อก	1	0.2525	0.2525	10.86	0.0012
ความคลาดเคลื่อน	174	4.0457	0.0233		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	184	7.3665			

R-Square = 0.4508

C.V. = 28.0914

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 14.66$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่าผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความกว้างของใบเฉลี่ยที่แปลงแล้วในรูป $\log X$ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้ความกว้างของใบเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้ว	พันธุ์
A	0.66750	1
A	0.65579	7
A	0.62611	10
A	0.59500	5
A	0.59188	4
B	0.57350	8
B	0.55421	2
B	0.47842	6
C	0.44235	3
D	0.19765	9

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Grand Rapids 1, Lettuce Grand Rapids Black Seeded, Champaign, Sea Fresh และ Green Salad Bowl มีความกว้างของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Grand Rapids 2 และ Redoak มีความกว้างของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.35 การเปรียบเทียบความกว้างของใบเฉลี่ยที่แปลงแล้วและก่อนแปลงของผักกาดหอม ที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก

พันธุ์	การรายงานผล		การรายงานผล	
	ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้ว	Duncan	ค่าเฉลี่ยก่อนแปลง	Duncan
1. Grand Rapids 1	0.6675	A	4.9500	A
2. Grand Rapids 2	0.5542	AB	3.8000	CDE
3. Lettuce	0.4424	C	3.0059	E
4. Lettuce Grand Rapids Black Seeded	0.5919	A	4.0563	ABCD
5. Champaign	0.5950	A	4.1650	ABC
6. Oakleaf	0.4784	BC	3.2000	DE
7. Sea Fresh	0.6558	A	4.7421	AB
8. Redoak	0.5735	AB	3.9100	BCD
9. Red Salad Bowl	0.1977	D	1.7471	F
10. Green Salad Bowl	0.6261	A	4.4500	ABC

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพันธุ์ที่แปลงแล้วและค่าเฉลี่ยพันธุ์ก่อนแปลง ให้ผลสรุปที่แตกต่างกันทุกพันธุ์ ยกเว้นพันธุ์ Grand Rapids 1 ที่ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้วและค่าเฉลี่ยก่อนแปลงจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันคือ A

เนื่องจากค่าเฉลี่ยพันธุ์ที่แปลงแล้วและค่าเฉลี่ยพันธุ์ก่อนแปลงให้ผลสรุปที่แตกต่างกันมาก ดังนั้นจึงนำผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพันธุ์ที่แปลงแล้วไปใช้ในการอธิบายต่อไป โดยที่ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้วอยู่ในรูป $\log X$ จึงต้องแปลงกลับไปสู่ในรูปข้อมูลเดิม เช่น $\log X = 0.6675$ จะได้ $X = 10^{0.6675} = 4.6505$ เป็นต้น

ตารางที่ 4.36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของใบเฉลี่ยของผักกาดหอม
ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	406.9527	40.6953	10.08	0.0001
พันธุ์	9	344.6862	38.2985	9.48	0.0001
บล็อก	1	62.2665	62.2665	15.42	0.0001
ความคลาดเคลื่อน	174	702.6379	4.0381		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	184	1,109.5906			

R-Square = 0.3668

C.V. = 30.8464

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 9.48$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่าผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความกว้างของใบเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้ความกว้างของใบเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

	กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	พันธุ์
	A	8.1450	1
	A	8.0105	7
B	A	7.4800	8
B	A C	7.0333	10
B	A C	6.9188	4
B	A C	6.6900	5
B	C	6.3895	2
	D C	5.7000	6
E	D	4.7176	3
E		3.5000	9

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Grand Rapids 1 และ Sea Fresh มีความกว้างของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Lettuce Grand Rapids Black Seeded, Champaign และ Green Salad Bowl มีความกว้างของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.37 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของใบเฉลี่ยของผักกาดหอม
ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	746.1139	74.6114	9.64	0.0001
พันธุ์	9	596.1965	66.2441	8.56	0.0001
บล็อก	1	149.9174	149.9174	19.37	0.0001
ความคลาดเคลื่อน	174	1,346.9184	7.7409		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	184	2,093.0322			

R-Square = 0.3565

C.V. = 26.8389

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 8.56$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่าผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความกว้างของใบเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้ความกว้างของใบเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

	กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	พันธุ์
	A	12.6500	8
B	A	12.1778	10
B	A	11.8250	1
B	A	11.6474	7
B	A C	11.3688	4
B	C	10.2684	2
	D C	9.5400	5
E	D	8.3421	6
E	D	8.1765	3
E		7.2059	9

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Grand Rapids 1, Sea Fresh และ Green Salad Bowl มีความกว้างของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Lettuce และ Oakleaf มีความกว้างของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของใบเฉลี่ยของผักกาดหอม
ที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	1,995.5539	199.5554	18.07	0.0001
พันธุ์	9	1,264.7522	140.5280	12.73	0.0001
บล็อก	1	730.8017	730.8017	66.19	0.0001
ความคลาดเคลื่อน	174	1,921.0556	11.0405		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	184	3,916.6095			

R-Square = 0.5095

C.V. = 22.3026

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 12.73$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่าผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความกว้างของใบเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้ความกว้างของใบเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

	กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	พันธุ์
	A	18.960	8
	A	18.706	10
	B	16.465	1
	B	16.206	4
C	B	15.742	7
C	D	13.700	2
E	D	13.100	5
E	D	12.347	3
E	D	12.121	6
E		11.182	9

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Redoak และ Green Salad Bowl มีความกว้างของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Grand Rapids 1 และ Lettuce Grand Rapids Black Seeded มีความกว้างของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Lettuce, Champaign และ Oakleaf มีความกว้างของใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

4.4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการเปรียบเทียบความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ย

ตารางที่ 4.39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่แปลงแล้ว
ในรูป $\log X$ ของผักกาดหอมที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	2.2488	0.2249	13.79	0.0001
พันธุ์	9	2.2074	0.2453	15.04	0.0001
บล็อก	1	0.0413	0.0413	2.53	0.1132
ความคลาดเคลื่อน	174	2.8383	0.0163		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	184	5.0871			

R-Square = 0.4421

C.V. = 20.3253

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 15.04$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่าผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่แปลงแล้วในรูปของ $\log X$ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้ ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้ว	พันธุ์
A	0.7500	10
B	0.7250	1
B	0.7039	7
B	0.6979	6
B	0.6494	4
E	0.6295	8
E	0.6230	5
E	0.5874	2
E	0.5471	3
F	0.3406	9

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Oakleaf และ Sea Fresh มีความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Champaign และ Redoak มีความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.40 การเปรียบเทียบความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่แปลงแล้วและก่อนแปลง
ของผักกาดหอมที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก

พันธุ์	การรายงานผล		การรายงานผล	
	ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้ว	Duncan	ค่าเฉลี่ยก่อนแปลง	Duncan
1. Grand Rapids 1	0.7250	AB	5.5850	A
2. Grand Rapids 2	0.5874	DE	5.1579	C
3. Lettuce	0.5471	E	5.6529	C
4. Lettuce Grand Rapids Black Seeded	0.6494	BCD	4.5500	BC
5. Champaign	0.6230	CDE	4.3850	BC
6. Oakleaf	0.6979	ABC	5.2263	AB
7. Sea Fresh	0.7039	ABC	5.2105	AB
8. Redoak	0.6295	CDE	4.3950	BC
9. Red Salad Bowl	0.3406	F	2.3647	D
10. Green Salad Bowl	0.7500	A	5.8333	A

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพันธุ์ที่แปลงแล้วและค่าเฉลี่ยพันธุ์ก่อนแปลงให้ผลสรุปที่แตกต่างกันทุกพันธุ์ ยกเว้นพันธุ์ Green Salad Bowl ที่ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้วและค่าเฉลี่ยก่อนแปลงจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันคือ A

เนื่องจากค่าเฉลี่ยพันธุ์ที่แปลงแล้วและค่าเฉลี่ยพันธุ์ก่อนแปลงให้ผลสรุปที่แตกต่างกันมาก ดังนั้นจึงนำผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพันธุ์ที่แปลงแล้วไปใช้ในการอธิบายต่อไป โดยที่ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้วอยู่ในรูป $\log X$ จึงต้องแปลงกลับไปสู่ในรูปข้อมูลเดิม เช่น $\log X = 0.7250$ จะได้ $X = 10^{0.7250} = 5.3088$ เป็นต้น

ตารางที่ 4.41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่แปลงแล้ว
ในรูป $\log X$ ของผักกาดหอมที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	2.7737	0.2774	13.37	0.0001
พันธุ์	9	2.5863	0.2874	13.85	0.0001
บล็อก	1	0.1874	0.1874	9.03	0.0030
ความคลาดเคลื่อน	174	3.6103	0.0207		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	184	6.3840			

R-Square = 0.4345

C.V. = 16.3626

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 13.85$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่าผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่แปลงแล้วในรูป $\log X$ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้ว	พันธุ์
A	1.0294	10
B	0.9775	8
B	0.9550	1
B	0.9375	4
B	0.9316	7
B	0.9021	6
	0.8685	5
E	0.8179	2
E	0.7612	3
F	0.5877	9

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Grand Rapids 1, Lettuce Grand Rapids Black Seeded และ Sea Fresh มีความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.42 การเปรียบเทียบความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่แปลงแล้วและก่อนแปลง
ของผักกาดหอมที่มีอายุ 14 วัน หลังจากย้ายปลูก

พันธุ์	การรายงานผล		การรายงานผล	
	ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้ว	Duncan	ค่าเฉลี่ยก่อนแปลง	Duncan
1. Grand Rapids 1	0.9550	ABC	9.4750	ABC
2. Grand Rapids 2	0.8179	DE	7.0105	DE
3. Lettuce	0.7612	E	6.1353	EF
4. Lettuce Grand Rapids Black Seeded	0.9375	ABC	9.4438	ABC
5. Champaign	0.8685	CD	7.7450	CDE
6. Oakleaf	0.9021	BCD	8.3105	BCD
7. Sea Fresh	0.9316	ABC	8.8842	BCD
8. Redoak	0.9775	AB	9.9900	AB
9. Red Salad Bowl	0.5877	F	4.2824	F
10. Green Salad Bowl	1.0294	A	11.1833	A

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพันธุ์ที่แปลงแล้วและค่าเฉลี่ยพันธุ์ก่อนแปลงให้ผลสรุปที่
แตกต่างกันบ้าง โดยแตกต่างกันในพันธุ์ Lettuce ที่ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้วจัดอยู่ในกลุ่ม E
ส่วนค่าเฉลี่ยก่อนแปลงจัดอยู่ในกลุ่ม EF พันธุ์ Champaign ที่ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้วจัดอยู่ในกลุ่ม
CD ส่วนค่าเฉลี่ยก่อนแปลงจัดอยู่ในกลุ่ม CDE และพันธุ์ Sea Fresh ที่ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้วจัดอยู่
ในกลุ่ม ABC ส่วนค่าเฉลี่ยก่อนแปลงจัดอยู่ในกลุ่ม BCD

เนื่องจากค่าเฉลี่ยพันธุ์ที่แปลงแล้วและค่าเฉลี่ยพันธุ์ก่อนแปลงให้ผลสรุปที่แตกต่างกันมาก
ดังนั้นจึงนำผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพันธุ์ที่แปลงแล้วไปใช้ในการอธิบายต่อไป โดยที่ค่าเฉลี่ยที่
แปลงแล้วอยู่ในรูป $\log X$ จึงต้องแปลงกลับไปสู่ในรูปข้อมูลเดิม เช่น $\log X = 0.9550$ จะได้
 $X = 10^{0.9550} = 9.0157$ เป็นต้น

ตารางที่ 4.43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยของผักกาดหอม
ที่มีอายุ 21 วัน หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	1,881.2341	188.1234	10.96	0.0001
พันธุ์	9	1,613.1602	179.2400	10.45	0.0001
บล็อก	1	268.0739	268.0739	15.62	0.0001
ความคลาดเคลื่อน	174	2,985.8612	17.1601		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	184	4,867.0954			

R-Square = 0.3865

C.V. = 31.0909

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 10.45$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่าผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	พันธุ์
A	18.065	8
B	16.761	10
B	14.753	6
B	14.616	7
B	14.345	1
C	12.794	4
C	11.837	2
C	11.750	5
D	8.976	3
D	8.224	9

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Grand Rapids 1, Oakleaf และ Sea Fresh มีความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Grand Rapids 2, Lettuce Grand Rapids Black Seeded และ Champaign มีความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Lettuce และ Red Salad Bowl มีความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.44 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยของผักกาดหอม
ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	2,666.7518	266.6752	8.64	0.0001
พันธุ์	9	1,858.4038	206.4893	6.69	0.0001
บล็อก	1	808.3480	808.3480	26.19	0.0001
ความคลาดเคลื่อน	174	5,369.8787	30.8614		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	184	8,036.6305			

R-Square = 0.3318

C.V. = 26.9540

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 6.69$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่าผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

	กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	พันธุ์
	A	26.010	8
B	A	23.867	10
B	A C	22.520	1
B	D C	21.556	4
B	D C	21.432	7
B	D C	21.095	6
E	D C	19.005	2
E	D	18.215	5
E		15.976	9
E		15.459	3

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Lettuce Grand Rapids Black Seeded, Oakleaf และ Sea Fresh มีความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Lettuce และ Red Salad Bowl มีความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.45 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่แปลงแล้ว
ในรูป $\log(X+230)$ ของผักกาดหอมที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	0.0138	0.0014	10.13	0.0001
พันธุ์	9	0.0089	0.0010	7.31	0.0001
บล็อก	1	0.0048	0.0048	35.57	0.0001
ความคลาดเคลื่อน	174	0.0237	0.0001		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	184	0.0374			

R-Square = 0.3680

C.V. = 0.4836

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 7.31$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่า ผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่แปลงแล้วในรูป $\log(X+230)$ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้ความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้ว	พันธุ์
A	2.4230	8
B	2.4217	10
B	2.4150	1
B	2.4142	7
C	2.4125	4
D	2.4089	2
D	2.4084	6
D	2.4065	5
D	2.4024	9
D	2.4012	3

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Grand Rapids 1 และ Sea Fresh มีความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Grand Rapids 2, Champaign และ Oakleaf มีความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Lettuce และ Red Salad Bowl มีความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.46 การเปรียบเทียบความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่แปลงแล้วและก่อนแปลง
ของผักกาดหอมที่มีอายุ 35 วัน หลังจากย้ายปลูก

พันธุ์	การรายงานผล		การรายงานผล	
	ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้ว	Duncan	ค่าเฉลี่ยก่อนแปลง	Duncan
1. Grand Rapids 1	2.4150	AB	30.760	ABC
2. Grand Rapids 2	2.4089	BCD	27.021	CDE
3. Lettuce	2.4012	D	22.382	F
4. Lettuce Grand Rapids Black Seeded	2.4125	BC	29.369	CD
5. Champaign	2.4065	CD	24.855	DEF
6. Oakleaf	2.4084	BCD	26.458	CDEF
7. Sea Fresh	2.4142	BC	29.732	BC
8. Redoak	2.4230	A	34.645	A
9. Red Salad Bowl	2.4024	D	22.782	EF
10. Green Salad Bowl	2.4217	BC	33.944	AB

จากการเปรียบเทียบความกว้างของทรงพุ่มเฉลี่ยที่แปลงแล้วและก่อนแปลง ให้ผลสรุปที่แตกต่างกันมาก โดยที่มีเพียงพันธุ์ Sea Fresh ที่ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้วและก่อนแปลงจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันคือ BC และพันธุ์ Redoak ที่ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้วและก่อนแปลงจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันคือ A

เนื่องจากค่าเฉลี่ยพันธุ์ที่แปลงแล้วและค่าเฉลี่ยพันธุ์ก่อนแปลงให้ผลสรุปที่แตกต่างกันมาก ดังนั้นจึงนำผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพันธุ์ที่แปลงแล้วไปใช้ในการอธิบายต่อไป โดยที่ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้วอยู่ในรูป $\log(X + 230) = 2.4150$ จะได้ $X + 230 = 10^{2.4150} = 260.0160$ หรือ $X = 30.0160$ เป็นต้น

4.4.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการเปรียบเทียบจำนวนใบเฉลี่ย

ตารางที่ 4.47 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนใบเฉลี่ยของผักกาดหอมที่มีอายุ 7 วัน หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	42.2861	4.2286	4.03	0.0001
พันธุ์	9	37.2161	4.1351	3.94	0.0001
บล็อก	1	5.0700	5.0700	4.83	0.0293
ความคลาดเคลื่อน	174	182.7734	1.0504		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	184	225.0595			

R-Square = 0.1879

C.V. = 19.9167

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 3.94$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่าผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีจำนวนใบเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้จำนวนใบเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

	กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	พันธุ์
	A	5.7500	4
	A	5.6000	8
	A	5.4737	6
	A	5.4500	5
	A	5.1667	10
	A	5.1500	1
B	A	5.0526	7
B	A	5.0526	2
B	C	4.3529	3
	C	4.2941	9

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Grand Rapids 1, Lettuce Grand Rapids Black Seeded, Champaign, Oakleaf, Redoak และ Green Salad Bowl มีจำนวนใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Grand Rapids 2 และ Sea Fresh มีจำนวนใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.48 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนใบเฉลี่ยของผักกาดหอมที่มีอายุ 14 วัน
หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	178.8004	17.8800	12.71	0.0001
พันธุ์	9	171.0827	19.0092	13.51	0.0001
บล็อก	1	7.7177	7.7177	5.49	0.0203
ความคลาดเคลื่อน	171	240.5403	1.4067		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	181	419.3407			

R-Square = 0.4264

C.V. = 17.2410

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 13.51$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่าผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีจำนวนใบเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ผักกาดหอมว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้จำนวนใบเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

	กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	พันธุ์
	A	8.4118	6
B	A	8.1111	10
B	C	7.3684	8
	C	7.2500	4
	C	6.9500	5
	C	6.8421	2
	C	6.7500	1
	C	6.6316	7
	D	5.2941	3
	D	5.1176	9

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Grand Rapids 1, Grand Rapids 2, Lettuce Grand Rapids Black Seeded, Champaign และ Sea Fresh มีจำนวนใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน พันธุ์ Lettuce และ Red Salad Bowl มีจำนวนใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.49 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนใบเฉลี่ยของผักกาดหอมที่มีอายุ 21 วัน
หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	789.5114	78.9511	18.06	0.0001
พันธุ์	9	779.2403	86.5823	19.80	0.0001
บล็อก	1	10.2711	10.2711	2.35	0.1272
ความคลาดเคลื่อน	173	756.4397	4.3725		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	183	1,545.9511			

R-Square = 0.5107

C.V. = 21.9733

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 19.80$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่าผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีจำนวนใบเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ผักกาดหอมว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้จำนวนใบเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	พันธุ์
A	13.6667	6
B	11.5000	10
B	11.2000	8
C	9.5500	1
C	9.2105	7
C	9.0000	4
C	9.0000	2
C	8.6500	5
D	6.5294	9
D	6.4118	3

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Redoak และ Green Salad Bowl มีจำนวนใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Grand Rapids 1, Grand Rapids 2, Lettuce Grand Rapids Black Seeded, Champaign และ Sea Fresh มีจำนวนใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Lettuce และ Red Salad Bowl มีจำนวนใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.50 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนใบเฉลี่ยที่แปลงแล้วในรูป $\frac{1}{\sqrt{X}}$
ของผักกาดหอมที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	0.2917	0.0292	15.98	0.0001
พันธุ์	9	0.2794	0.0310	17.00	0.0001
บล็อก	1	0.0123	0.0123	6.74	0.0102
ความคลาดเคลื่อน	174	0.3177	0.0018		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	184	0.6095			

R-Square = 0.4787

C.V. = 15.0863

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 17.00$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่าผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีจำนวนใบเฉลี่ยในรูป $\frac{1}{\sqrt{X}}$ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ผักกาดหอมว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้จำนวนใบเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

	กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	พันธุ์
	A	0.3494	3
B	A	0.3282	9
B	C	0.3135	5
B	C D	0.3021	2
	C D	0.2888	4
	D	0.2821	7
	E D	0.2760	1
F	E	0.2485	8
F	G	0.2361	10
	G	0.2184	6

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า ทุกพันธุ์มีจำนวนใบเฉลี่ยแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.51 การเปรียบเทียบจำนวนใบเฉลี่ยที่แปลงแล้วและก่อนแปลงของผักกาดหอม
ที่มีอายุ 28 วัน หลังจากย้ายปลูก

พันธุ์	การรายงานผล		การรายงานผล	
	ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้ว	Duncan	ค่าเฉลี่ยก่อนแปลง	Duncan
1. Grand Rapids 1	0.2760	DE	14.000	C
2. Grand Rapids 2	0.3021	BCD	11.579	CDE
3. Lettuce	0.3494	A	9.000	D
4. Lettuce Grand Rapids Black Seeded	0.2888	CD	12.625	CD
5. Champaign	0.3135	BC	11.200	CDE
6. Oakleaf	0.2184	G	22.158	A
7. Sea Fresh	0.2821	D	13.316	C
8. Redoak	0.2485	EF	16.850	B
9. Red Salad Bowl	0.3282	AB	10.176	DE
10. Green Salad Bowl	0.2361	FG	18.778	B

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพันธุ์ที่แปลงแล้วและค่าเฉลี่ยพันธุ์ก่อนแปลง พบว่าให้ผลสรุปที่แตกต่างทุกพันธุ์ ยกเว้นพันธุ์ Lettuce Grand Rapids Black Seeded ที่ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้วและค่าเฉลี่ยก่อนแปลงจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันคือ CD

เนื่องจากค่าเฉลี่ยพันธุ์ที่แปลงแล้วและค่าเฉลี่ยพันธุ์ก่อนแปลงให้ผลสรุปที่แตกต่างกันมาก ดังนั้นจึงนำผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพันธุ์ที่แปลงแล้วไปใช้ในการอธิบายต่อไป โดยที่ค่าเฉลี่ยที่แปลงแล้วอยู่ในรูป $\frac{1}{\sqrt{X}}$ จึงต้องแปลงกลับไปสู่ในรูปข้อมูลเดิม เช่น $\frac{1}{\sqrt{X}} = 0.2760$ จะได้ $X = 13.1275$ เป็นต้น

ตารางที่ 4.52 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนใบเฉลี่ยของผักกาดหอมที่มีอายุ 35 วัน
หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	5,390.8376	539.0838	14.73	0.0001
พันธุ์	9	5,033.5392	559.2821	15.28	0.0001
บล็อก	1	357.2984	357.2984	9.76	0.0021
ความคลาดเคลื่อน	173	6,332.8961	36.6063		
รวมที่ปรับแล้ว	183	11,723.7337			

R-Square = 0.4598

C.V. = 29.4591

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 15.28$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่าผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีจำนวนใบเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ว่ามีคู่ใดบ้างที่มีจำนวนใบเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

	กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	พันธุ์
	A	30.500	6
B	A	27.167	10
B		25.450	8
	C	20.000	1
	C	19.842	7
	C	19.813	4
D	C	17.105	2
D	C	16.850	5
D		14.176	9
D		13.824	3

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Grand Rapids 1, Lettuce Grand Rapids Black Seeded และ Sea Fresh มีจำนวนใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Grand Rapids 2 และ Champaign มีจำนวนใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

พันธุ์ Lettuce และ Red Salad Bowl มีจำนวนใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

4.4.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการเปรียบเทียบน้ำหนักต้นเฉลี่ย

ตารางที่ 4.53 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักต้นเฉลี่ยของผักกาดหอมที่มีอายุ 42 วัน หลังจากย้ายปลูก

แหล่งความแปรปรวน	d.f.	S.S.	M.S.	F	p value
ตัวแบบ	10	1,526,119.8907	152,611.9891	11.10	0.0001
พันธุ์	9	796,947.3579	88,549.7064	6.44	0.0001
บล็อก	1	729,172.5328	729,172.5328	53.04	0.0001
ความคลาดเคลื่อน	174	2,391,956.3255	13,746.8754		
ผลรวมที่ปรับแล้ว	184	3,918,076.2162			

R-Square = 0.3895

C.V. = 54.1523

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพบว่า $F = 6.44$ ($p = 0.0001 < 0.05$) แสดงว่า ผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีน้ำหนักต้นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์ว่ามีคู่ใดบ้างที่ให้น้ำหนักต้นเฉลี่ยแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	พันธุ์
A	342.25	1
B A	291.32	7
B C	244.25	5
B C D	241.00	8
B E C D	219.17	10
F E C D	203.13	4
F E C D	174.47	2
F E D	156.18	3
F E	136.76	9
F	130.53	6

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพันธุ์จะพบว่า พันธุ์ Grand Rapids 2 และ Lettuce Grand Rapids Black Seeded มีน้ำหนักต้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

1. ผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความสูงเฉลี่ยแตกต่างกัน โดยที่หลังจากย้ายปลูก 7 และ 21 วัน พันธุ์ Redoak มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด หลังจากย้ายปลูก 14 วัน พันธุ์ Green Salad Bowl มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด และหลังจากย้ายปลูก 28 และ 35 วัน พันธุ์ Grand Rapids 1 มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด
2. ผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความยาวใบเฉลี่ยแตกต่างกัน โดยที่หลังจากย้ายปลูก 7 วัน พันธุ์ Green Salad Bowl มีความยาวใบเฉลี่ยมากที่สุด และหลังจากย้ายปลูก 14, 21, 28 และ 35 วัน พันธุ์ Redoak มีความยาวใบเฉลี่ยมากที่สุด
3. ผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความกว้างใบเฉลี่ยแตกต่างกัน โดยที่หลังจากย้ายปลูก 7 วัน พันธุ์ Sea Fresh มีความกว้างใบเฉลี่ยมากที่สุด หลังจากย้ายปลูก 14, 21 วัน พันธุ์ Grand Rapid 1 มีความกว้างใบเฉลี่ยมากที่สุด และหลังจากย้ายปลูก 28 และ 35 วัน พันธุ์ Redoak มีความกว้างใบเฉลี่ยมากที่สุด
4. ผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยแตกต่างกัน โดยที่หลังจากย้ายปลูก 7 และ 14 วัน พันธุ์ Green Salad Bowl มีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุด และหลังจากย้ายปลูก 21, 28 และ 35 วัน พันธุ์ Redoak มีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุด
5. ผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีจำนวนใบเฉลี่ยแตกต่างกัน โดยที่หลังจากย้ายปลูก 7 วัน พันธุ์ Lettuce Grand Rapids Black Seeded มีจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุด และหลังจากย้ายปลูก 14, 21, 28 และ 35 วัน พันธุ์ Oakleaf มีจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุด
6. ผักกาดหอมทั้ง 10 สายพันธุ์ มีน้ำหนักต้นเฉลี่ยแตกต่างกัน โดยที่หลังจากย้ายปลูก 42 วัน พันธุ์ Grand Rapid 1 มีน้ำหนักต้นเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือพันธุ์ Sea Fresh และ Champaign ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ไปพร้อม ๆ กับพันธุ์ เช่น ปุ๋ย วิธีการให้น้ำ
2. ควรศึกษาผักกาดหอมพันธุ์อื่น ๆ รวมทั้งผักกาดหอมชนิดห่อเป็นหัว และชนิดต้นพันธุ์ต่าง ๆ
3. ควรทำการศึกษาตัวแปรอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น น้ำหนักแห้งของต้น น้ำหนักหัว
4. ควรศึกษาพืชผักชนิดอื่น ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับผักกาดหอม เช่น ผักกะหล่ำ ผักกวางตุ้ง
5. ควรเพิ่มจำนวนบล็อกเป็น 3-5 บล็อก
6. ในขั้นตอนการย้ายกล้า ควรกระทำด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากต้นกล้ามีลักษณะบอบบางมาก
7. มีศัตรูพืชจำพวกหนอนจำนวนมาก ควรหมั่นเฝ้าระวังมาแมลงทุก ๆ สัปดาห์

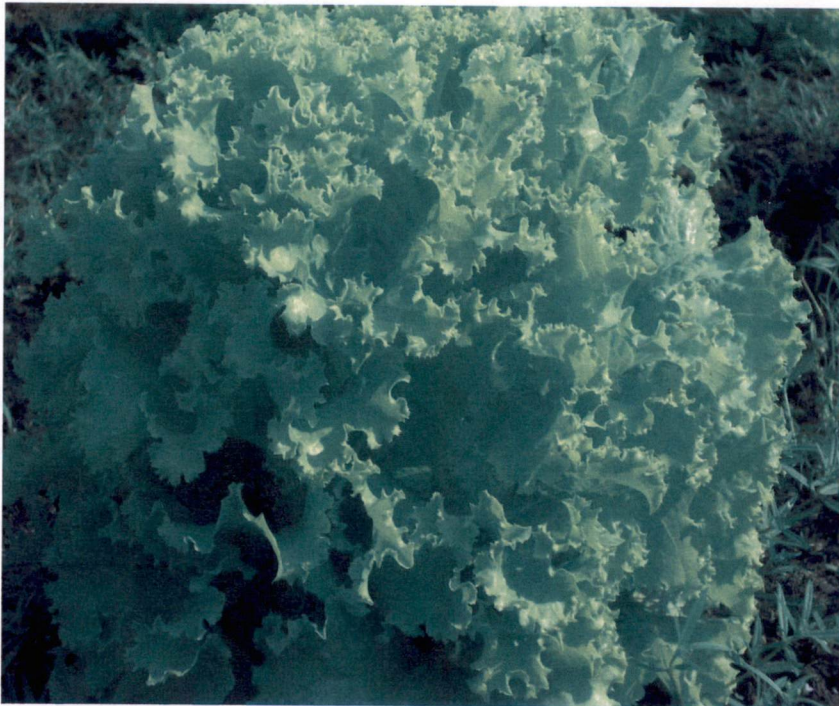
เอกสารอ้างอิง

- รุ่งตะวัน ชมเพ็ญ. 2509. การศึกษาลักษณะประจำพันธุ์และเปรียบเทียบผลผลิตของฝักกาดหอมพันธุ์ต่างประเทศกับฝักกาดหอมพันธุ์พื้นเมือง. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท แผนกวิชาพืชกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วนิดา ปฏิทัศน์. 2510. การศึกษาลักษณะประจำพันธุ์และเปรียบเทียบผลผลิตของฝักกาดหอมพันธุ์ต่าง ๆ. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท แผนกวิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สถิตย์ จันทระเจริญ. 2502. การเปรียบเทียบผลผลิตของฝักกาดหอมจำพวกหัวกลมพันธุ์ต่าง ๆ. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท แผนกวิชาพืชกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สายชล สันสมบูรณ์ทอง. 2548. สถิติกับการวางแผนการทดลองทางการเกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ : จามจุรีโปรดักท์.
- สุชาดา กิระนันท์ และจลิพร โกลากุล. 2534. การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SAS กับการวิเคราะห์ข้อมูล เล่ม 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- หทัยา เขียววิวัฒน์ และณหทัย ราตรี. 2550. การวิเคราะห์ความแปรปรวน. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- อนันต์ชัย เชื้อนธรรม. 2539. หลักการวางแผนการทดลอง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เขาวรัตน์ วงศ์ศรีสกุลแก้ว. 2541. การศึกษาลักษณะประจำพันธุ์ของฝักกาดหอม. ปัญหาพิเศษ ปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Clewer, A. G. and Scarisbrick, D. H. 2001. Practical Statistics and Experimental Design for Plant and Crop Science. Chichester : John Wiley and Sons.
- Elliott, R. J. 2000. Learning SAS in the computer lab. 2nd ed. Australia : Duxbury Press.
- Gomez, K. A. and Gomez, A. A. 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research. 2nd ed. New York : John Wiley and Sons.
- Montgomery, D. C. 1997. Design and Analysis of Experiments. 4th ed. New York : John Wiley and Sons.
- Snedecor, G. W. and Cochran, W. G. 1989. Statistical Methods. 8th ed. Iowa : The Iowa State University Press.
- Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. 1981. Principles and Procedures of Statistics. 2nd ed. New York : McGraw-Hill.

ภาคผนวก



รูปที่ 1 ลักษณะต้นและใบของผักกาดหอมพันธุ์ Grand Rapids 1



รูปที่ 2 ลักษณะต้นและใบของผักกาดหอมพันธุ์ Grand Rapids 2



รูปที่ 3 ลักษณะต้นและใบของผักกาดหอมพันธุ์ Lettuce



รูปที่ 4 ลักษณะต้นและใบของผักกาดหอมพันธุ์ Lettuce Grand Rapids Black Seeded



รูปที่ 5 ลักษณะต้นและใบของผักกาดหอมพันธุ์ Champaign



รูปที่ 6 ลักษณะต้นและใบของผักกาดหอมพันธุ์ Oakleaf



รูปที่ 7 ลักษณะต้นและใบของผักกาดหอมพันธุ์ Sea Fresh



รูปที่ 8 ลักษณะต้นและใบของผักกาดหอมพันธุ์ Redoak



รูปที่ 9 ลักษณะต้นและใบของผักกาดหอมพันธุ์ Red Salad Bowl



รูปที่ 10 ลักษณะต้นและใบของผักกาดหอมพันธุ์ Green Salad Bowl

ตารางที่ 1 Percentage points of the distribution of r_{10}^*

n	1- α	.80	.90	.95	.98	.99	.995
3		.781	.886	.941	.976	.988	.994
4		.560	.679	.765	.846	.889	.926
5		.451	.557	.642	.729	.780	.821
6		.386	.482	.560	.644	.698	.740
7		.344	.434	.507	.586	.637	.680
8		.314	.399	.468	.543	.590	.634
9		.290	.370	.437	.510	.555	.598
10		.273	.349	.412	.483	.527	.568
11		.259	.332	.392	.460	.502	.542
12		.247	.318	.376	.441	.482	.522
13		.237	.305	.361	.425	.465	.503
14		.228	.294	.349	.411	.450	.488
15		.220	.285	.338	.399	.438	.475
16		.213	.277	.329	.388	.426	.463
17		.207	.269	.320	.379	.416	.452
18		.202	.263	.313	.370	.407	.442
19		.197	.258	.306	.363	.398	.433
20		.193	.252	.300	.356	.391	.425
21		.189	.247	.295	.350	.384	.418
22		.185	.242	.290	.344	.378	.411
23		.182	.238	.285	.338	.372	.404
24		.179	.234	.281	.333	.367	.399
25		.176	.230	.277	.329	.362	.393
26		.173	.227	.273	.324	.357	.388
27		.171	.224	.269	.320	.353	.384
28		.168	.220	.266	.316	.349	.380
29		.166	.218	.263	.312	.345	.376
30		.164	.215	.260	.309	.341	.372

$r_{10}^* = \frac{Y_{(2)} - Y_{(1)}}{Y_{(n)} - Y_{(1)}}$ or $\frac{Y_{(n)} - Y_{(n-1)}}{Y_{(n)} - Y_{(1)}}$, where $Y_{(i)}$ is the i th smallest ordered observation in a

random sample of size n from a normal distribution.

ตารางที่ 2 Percentage points of T_n or T_1^*

Number of Observations n	$1 - \alpha$		
	.95	.975	.99
3	1.15	1.15	1.15
4	1.46	1.48	1.49
5	1.67	1.71	1.75
6	1.82	1.89	1.94
7	1.94	2.02	2.10
8	2.03	2.13	2.22
9	2.11	2.21	2.32
10	2.18	2.29	2.41
11	2.23	2.36	2.48
12	2.29	2.41	2.55
13	2.33	2.46	2.61
14	2.37	2.51	2.66
15	2.41	2.55	2.71
16	2.44	2.59	2.75
17	2.47	2.62	2.79
18	2.50	2.65	2.82
19	2.53	2.68	2.85
20	2.56	2.71	2.88
21	2.58	2.73	2.91
22	2.60	2.76	2.94
23	2.62	2.78	2.96
24	2.64	2.80	2.99
25	2.66	2.82	3.01
30	2.75	2.91	
35	2.82	2.98	
40	2.87	3.04	
45	2.92	3.09	
50	2.96	3.13	
60	3.03	3.20	
70	3.09	3.26	
80	3.14	3.31	
90	3.18	3.35	
100	3.21	3.38	

* $T_n = \frac{Y_n - \bar{Y}}{S}$; $T_1 = \frac{\bar{Y} - Y_1}{S}$, where Y_n (Y_1) are the largest (smallest) observations in a size n

sample from a normal distribution.