รายงานการวิจัย

อิทธิพลของพันธุ์ข้าวและอุณหภูมิที่มีต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไร่

Effect of Rice Variety and Temperature on Yield and Yield Components of Upland Rice



รศ.สายชล สินสมบูรณ์ทอง
ผศ.ดร.ร่วมจิตร นกเขา

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2558
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัย

อิทธิพลของพันธุ์ข้าวและอุณหภูมิที่มีต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตขอข้าวไร่

Effect of Rice Variety and Temperature on Yield and Yield Components of Upland Rice

รศ.สายชล สินสมบูรณ์ทอง

ผศ.ดร.ร่วมจิตร นกเขา

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2558

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	อิทธิพลของพันธุ์ข้าวและอุณหภูมิที่มีต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไร่
ผู้วิจัย	รศ.สายชล สินสมบูรณ์ทอง
ผู้ร่วมวิจัย	ผศ.ดร.ร่วมจิตร นกเขา
สาขา	สถิติประยุกต์ พืชสวน
พ.ศ.	2558

บทคัดย่อ

ในการศึกษาเรื่องอิทธิพลของพันธุ์ข้าวและอุณหภูมิที่มีต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไร่ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพันธุ์ข้าวไร่และอุณหภูมิที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไร่และคัดเลือกพันธุ์ข้าวไร่ที่ทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดี วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลชนิดสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วยปัจจัย 2 ปัจจัย คือ พันธุ์ข้าว 5 พันธุ์ คือ ภูเขาทอง ดอกขาม สามเดือน นางดำ และเล็บมือนาง และอุณหภูมิ 2 อุณหภูมิ คือ สภาพตามธรรมชาติ และห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 °C ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ จำนวนทั้งหมด 30 กระถาง โดยแบ่งเป็นการปลูกในสภาพตามธรรมชาติ 15 กระถาง และปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 15 กระถาง ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง โดยใช้สถิติทดสอบเอฟ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์โดยใช้การทดสอบของทูกีย์

ผลการศึกษาด้านความสูงต้นข้าวพบว่าในเดือนมิถุนายนและกรกฎาคม ข้าวพันธุ์ดอกขามมีความสูงต้นมากที่สุด ส่วนในเดือนสิงหาคมและกันยายน ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีความสูงต้นไม่แตกต่างกัน ส่วนสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวแตกต่างกันในเดือนสิงหาคม โดยที่ข้าวที่ปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีความสูงต้นข้าวมากกว่าคือ 124.4 เซนติเมตร ส่วนอายุต้นข้าวพบว่าข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอายุแตกกอและอายุเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างกัน ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอายุตั้งท้องและอายุออกดอกที่ 50% แตกต่างกัน โดยที่ข้าวพันธุ์สามเดือนมีอายุตั้งท้องน้อยที่สุดคือ 80 วัน และอายุออกดอกที่ 50% น้อยที่สุดคือ 104.667 วัน และผลผลิตต้นข้าวพบว่าข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีจำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวง จำนวนเมล็ดเขียว เปอร์เซ็นต์ท้องไข่ และจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงไม่แตกต่างกัน ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีจำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง น้ำหนัก 100 เมล็ด และความยาวคอรวงแตกต่างกัน โดยที่ข้าวพันธุ์ดอกขามมีจำนวนเมล็ดต่อรวงและจำนวนเมล็ดดีต่อรวงมากที่สุดคือ 211 เมล็ด และ 180 เมล็ด ตามลำดับ ส่วนข้าวพันธุ์นางดำมีมีน้ำหนัก 100 เมล็ด มากที่สุดคือ 2.7767 กรัม และข้าวพันธุ์สามเดือนมีความยาวคอรวงมากที่สุดคือ 4.46 เซนติเมตร ข้าวพันธุ์ภูเขาทองและเล็บมือนางสามารถทนต่ออุณหภูมิสูง 40 องศาเซลเซียส ได้ดี

คำสำคัญ : ข้าวไร่ แผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลชนิดสุ่มสมบูรณ์ และการทดสอบของทูกีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Effect of Rice Variety and Temperature on Yield and Yield Components of Upland Rice
Researcher	Assoc.Prof. Saichon Sinsomboonthong
Co-researcher	Assit.Prof.Dr.Raumjit Nokkoui
Programme	Applied Statistics and Horticulture
Year	2015

Abstract

The first objective of this study was to investigate the effects of rice variety and temperature on yield and yield components of Thai upland rice. The second was to find upland rice varieties that can tolerate high temperature well. The experimental design was a completely randomized factorial design probing two factors. The first factor was rice variety; five upland rice varieties were investigated: Phukhaothong, Dokkam, Samduen, Nangdam, and Lebmuenang. The second factor was temperature: either a controlled indoor temperature of 40 degrees Celsius or uncontrolled outdoor environmental temperatures. The experiment was done in 3 replicates. Five varieties of rice were grown in 15 pots indoor under the controlled temperature and in another 15 pots outdoor under the environmental temperatures. The results were statistically analyzed by means of two-way analysis of variance, F-test, and Tukey's test (for comparing treatment means).

From the results of the experiment that started in early June 2015, Dokkam's plant height was found to be the highest among all of the varieties in June and July, but the heights of all of them were not significantly different in August and September. Regarding the influence of temperature, in August, the average highest height of all varieties was 124.4 cm grown indoor under the controlled temperature, which was significantly higher than those grown outdoor under the uncontrolled temperatures. Regarding the tillering and harvesting ages, there were no significant differences among all of the five varieties. However, there were differences in the pregnant and the 50% flowering ages: Samduen showed the shortest pregnant age at 80 days and also the shortest 50% flowering age at 104.667 days. Regarding the yield and yield components, there were no significant differences in the number of plants per cluster, number of panicles per cluster, number of green seeds and empty seeds, the length of panicles, and the percentages of chalkiness. On the other hand, there were significant differences in the number of seeds per panicle and number of perfect seeds per panicle, the weights of 100 seeds, and the length panicle base as follows: first, Dokkam showed the maximum number of seeds per panicle and maximum number of perfect seeds per panicle at 211 and 180 seeds, respectively; second, Nangdam showed the maximum weight of 100 seeds at 2.7767 grams; third, Samduen's length panicle base was the longest at 4.46 centimeters; and lastly, the outcome of our second objective, Phukhaothong and Lebmuenang was able to tolerate a high temperature of 40 degree Celsius well.

Keywords: Upland rice, Factorial experiment, completely randomized design, Tukey's test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลผู้มีพระคุณหลายท่าน ดังนี้

ขอขอบพระคุณโครงการวิจัยที่เอื้อเฟื้อทุนสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้ โดยใช้เงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ขอขอบคุณนายธนวัฒน์ ศิริวรรณ์ นักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ที่คอยให้ความช่วยเหลือด้านการเพาะปลูกข้าว การดูแลการเจริญเติบโต และการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ร่วมจิตร นกเขา อาจารย์ประจำภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ที่อนุญาตให้ใช้พื้นที่ทดลองปลูกข้าว ตลอดจนคอยให้คำแนะนำด้านการวางแผนในเรื่องการเพาะปลูกข้าว การดูแลการเจริญเติบโตและการดูแลรักษา และการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขอขอบคุณทุกท่านที่มิได้เอ่ยนามในที่นี้ที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่าง ๆ และคอยเป็นกำลังใจให้งานวิจัยเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

รศ.สายชล สินสมบูรณ์ทอง
(หัวหน้าโครงการวิจัย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	2
1.5 นิยามคำศัพท์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1.1 การวางแผนแบบแฟกทอเรียล	4
2.1.2 นิยามและหลักการพื้นฐาน	4
2.1.3 ประโยชน์ของการทดลองแบบแฟกทอเรียลเมื่อปัจจัยเป็นอิสระต่อกัน	8
2.1.4 การทดลองแบบแฟกทอเรียลเมื่อปัจจัยไม่เป็นอิสระต่อกัน	9
2.1.5 การวางแผนแบบแฟกทอเรียลชนิด 2 ปัจจัย ตัวแบบอิทธิพลคงที่	10
2.2 รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	27
3.1 อุปกรณ์ในการวิจัย	27
3.1.1 อุปกรณ์ที่มีอยู่แล้ว	27
3.1.2 อุปกรณ์ที่ต้องการเพิ่มเติม	27
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	27
3.2.1 การวางแผนการทดลอง	27
3.2.2 วิธีการสุ่ม	27
3.2.3 การปลูกและดูแลรักษา	28
3.2.4 การบันทึกข้อมูล	28
3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	28
3.2.6 สถานที่ทำการทดลอง	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล **36**
4.1 ความสูงต้นข้าว 36
4.2 อายุต้นข้าว 41
4.3 ผลผลิตต้นข้าว 44

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 51
5.1 สรุปผลการวิจัย 51
5.1.1 ความสูงต้นข้าว 51
5.1.2 อายุต้นข้าว 52
5.1.3 ผลผลิตต้นข้าว 52
5.2 วิจารณ์ผลการวิจัย 54
5.3 ข้อเสนอแนะ 55

เอกสารอ้างอิง 56
ภาคผนวก 58
1.1 ความสูงต้นข้าว 58
1.2 อายุต้นข้าว 78
1.3 ผลผลิตต้นข้าว 91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 การทดลองแบบ 2 x 2 แฟกทอเรียล 5
ตารางที่ 2.2 อิทธิพลอย่างง่ายของการทดลองแบบ 2 x 2 แฟกทอเรียล 5
ตารางที่ 2.3 การจัดข้อมูลสำหรับการทดลองแบบแฟกทอเรียลชนิด 2 ปัจจัย 10
ตารางที่ 2.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการทดลองแบบแฟกทอเรียลชนิด 2 ปัจจัย โดยมีตัวแบบอิทธิพลคงที่ 13
ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าว สำหรับพันธุ์ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ และสภาพการปลูก 2 อุณหภูมิ ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 36
ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้นข้าวเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2558 37
ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้นข้าวเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2558 38
ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้นข้าวเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558 39
ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้นข้าวเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 40
ตารางที่ 4.6 ผลการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นของเศษตกค้างของอายุต้นข้าว สำหรับพันธุ์ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ ในสภาพการปลูกตามธรรมชาติ 41
ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนอายุแตกกอของข้าวทั้ง 5 พันธุ์ 41
ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนอายุตั้งท้องของข้าวทั้ง 5 พันธุ์ 42
ตารางที่ 4.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนอายุออกดอกที่ 50% ของข้าวทั้ง 5 พันธุ์ 42
ตารางที่ 4.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนอายุเก็บเกี่ยวของข้าวทั้ง 5 พันธุ์ 43
ตารางที่ 4.11 ผลการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นของเศษตกค้างของจำนวนต้นต่อกอ สำหรับพันธุ์ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ ในสภาพการปลูกตามธรรมชาติ 44
ตารางที่ 4.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนต้นต่อกอของข้าวทั้ง 5 พันธุ์ 45
ตารางที่ 4.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนรวงต่อกอของข้าวทั้ง 5 พันธุ์ 45
ตารางที่ 4.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวรวงของข้าวทั้ง 5 พันธุ์ 46
ตารางที่ 4.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนเมล็ดเขียวของข้าวทั้ง 5 พันธุ์ 46
ตารางที่ 4.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์ท้องไข่ของข้าวทั้ง 5 พันธุ์ 47
ตารางที่ 4.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าวทั้ง 5 พันธุ์ 47
ตารางที่ 4.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนเมล็ดต่อรวงดีของข้าวทั้ง 5 พันธุ์ 48
ตารางที่ 4.19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนเมล็ดต่อรวงลีบของข้าวทั้ง 5 พันธุ์ 49
ตารางที่ 4.20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนัก 100 เมล็ด ของข้าวทั้ง 5 พันธุ์ 49
ตารางที่ 4.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวคอรวงของข้าวทั้ง 5 พันธุ์ 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ไม่มีปฏิสัมพันธ์เกิดขึ้น 7

รูปที่ 2.2 มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งเกิดจากขนาดของการตอบสนองต่างกัน เมื่อเปลี่ยนระดับของอีกปัจจัยหนึ่ง 7

รูปที่ 2.3 มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งเกิดจากความแตกต่างในทิศทางของการตอบสนอง 7

รูปที่ 2.4 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของเศษตกค้าง 16

รูปที่ 2.5 การพล็อตเศษตกค้าง e_{ijk} กับค่าประมาณ $\hat{y}_{ijk}$ 16

รูปที่ 2.6 พล็อตเศษตกค้างกับประเภทวัสดุ 17

รูปที่ 2.7 พล็อตเศษตกค้างกับอุณหภูมิ 17

รูปที่ 3.1 สภาพภายนอกโรงเรือน 29

รูปที่ 3.2 สภาพภายในโรงเรือน 30

รูปที่ 3.3 พันธุ์ข้าวภูเขาทองในระยะตั้งท้อง 30

รูปที่ 3.4 พันธุ์ข้าวดอกขามในระยะตั้งท้อง 31

รูปที่ 3.5 พันธุ์ข้าวสามเดือนในระยะตั้งท้อง 31

รูปที่ 3.6 พันธุ์ข้าวนางดำในระยะตั้งท้อง 32

รูปที่ 3.7 พันธุ์ข้าวเล็บมือนางในระยะตั้งท้อง 32

รูปที่ 3.8 พันธุ์ข้าวภูเขาทองในระยะออกรวง 33

รูปที่ 3.9 พันธุ์ข้าวดอกขามในระยะออกรวง 33

รูปที่ 3.10 พันธุ์ข้าวสามเดือนในระยะออกรวง 34

รูปที่ 3.11 พันธุ์ข้าวนางดำในระยะออกรวง 34

รูปที่ 3.12 พันธุ์ข้าวเล็บมือนางในระยะออกรวง 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

สภาวะโลกร้อนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ ทำให้มีผลกระทบต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดข้าวลดลง (1) การปลูกข้าวของเกษตรกร พันธุ์ข้าวและสภาพแวดล้อมจึงเป็นปัจจัยสำคัญ เนื่องจากข้าวแต่ละพันธุ์จะมีความทนทานต่ออุณหภูมิสูงแตกต่างกัน จากการศึกษานำข้าว japonica และ indica มาปลูกเปรียบเทียบเพื่อดูความแตกต่างระหว่างพันธุ์ โดยให้ต้นข้าวได้รับอุณหภูมิสูง 3 ระยะ พบว่า ข้าว japonica และ indica เมื่อได้รับอุณหภูมิสูงก่อนดอกบาน 2 สัปดาห์ มีลักษณะการเป็นหมันน้อย น้ำหนัก 1,000 เมล็ดลดลง 10-15 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อนำพันธุ์ข้าว japonica และ indica ให้ได้รับอุณหภูมิสูง 3 วันก่อนออกรวง ข้าวทั้ง 2 ชนิดให้เมล็ดลีบมากกว่า 44 เปอร์เซ็นต์ โดยข้าว indica ทนทานต่ออุณหภูมิสูงมากกว่าข้าว japonica ทุกพันธุ์ สำหรับการให้อุณหภูมิสูง 1 สัปดาห์หลังดอกบาน ทุกพันธุ์ให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดลดลง 14 เปอร์เซ็นต์ โดยมีปริมาณไนโตรเจนและคาร์โบไฮเดรทในฟางข้าวสูง (2) นอกจากนี้ข้าว indica พันธุ์ KNR, Citanduy, Belle patna และ BPB เป็นพันธุ์ที่ได้รับอุณหภูมิสูง 32-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วันหลังออกรวง มีเมล็ดลีบต่อรวงต่ำกว่าข้าว japonica พันธุ์ Koshihikari, Sanlicun, Tainung 67, Yamada-nishiki (3)

สำหรับสภาพแวดล้อมที่เกิดจากอุณหภูมิสูงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบทุกระยะการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของต้นข้าว โดยระยะ reproductive stage มีผลกระทบมากกว่าระยะ vegetative stage (4) จากการสำรวจพื้นที่ปลูกข้าวในภาคกลางของประเทศไทยช่วงฤดูร้อนในเดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายน ปีพ.ศ. 2512 มีอุณหภูมิกลางวันเฉลี่ยสูงสุด 32.5-39.5 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงที่ต้นข้าวอยู่ในระยะออกดอกส่งผลให้ข้าวเมล็ดลีบ ซึ่งข้าวแต่ละพันธุ์มีผลกระทบที่แตกต่างกัน โดยพันธุ์ IR8, RD1 และ Taichung เป็นหมันน้อยกว่า 10% ส่วนพันธุ์ BKN6624-46-2 ของประเทศไทย และพันธุ์ C4-63G ของประเทศฟิลิปปินส์ เป็นหมัน 40-50% (5) นอกจากนี้จากการศึกษาในช่วงการพัฒนาของช่อดอก ต้นข้าวจะมีลักษณะ chlorosis แตกกอน้อย (6) ดอกข้าวเป็นหมัน เนื่องจากความสัมพันธ์ของการถ่ายละอองเกสรและการผสมเกสรภายใต้สภาพอุณหภูมิสูง ทำให้ถ่ายละอองเกสรได้ยาก จำนวนของละอองเกสรที่ตกบนยอดเกสรตัวเมียมีน้อย ทำให้ข้าวผสมไม่ติด (7) ดังนั้นการปลูกข้าวของเกษตรกร พันธุ์และสภาพแวดล้อมจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดที่เกษตรกรต้องมีการจัดการที่ถูกต้องและเหมาะสม

พันธุ์ข้าวจึงมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะอุณหภูมิซึ่งนับวันจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ การศึกษาอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นกว่าในปัจจุบันที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวไร่จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ทำให้สามารถวางแผนการล่วงหน้าได้ว่าจะเลือกใช้ข้าวไร่พันธุ์ใดที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิสูง

ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาอิทธิพลของพันธุ์ข้าวไร่ 5 พันธุ์ และอุณหภูมิ 2 อุณหภูมิ ที่มีอิทธิพลต่อความสูงต้น อายุแตกกอ อายุตั้งท้อง อายุออกดอกที่ 50 เปอร์เซ็นต์ อายุเก็บเกี่ยว จำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวง จำนวนดอกเป็นหมัน จำนวนเมล็ดเขียว เปอร์เซ็นต์ท้องไข่ จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง จำนวนเมล็ดลีบต่อรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และความยาวช่อรวง โดยได้เลือกข้าวไร่พันธุ์ภูเขาทอง ดอกขาม สามเดือน นางดำ และเล็บมือนาง ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง โดยปลูกในสภาพตามธรรมชาติและห้องทดลองที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส เพื่อรองรับอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นในวันหน้า ซึ่งเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ในการให้คำแนะนำแก่นักวิจัย เกษตรกรและผู้สนใจเกี่ยวกับการคัดเลือกพันธุ์ที่ดีไว้ใช้ในอนาคตต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาพันธุ์ข้าวไร่และอุณหภูมิที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไร่

1.2.2 เพื่อคัดเลือกพันธุ์ข้าวไร่ที่ทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดี

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

โครงการวิจัยนี้ทำการศึกษาเรื่องอิทธิพลของพันธุ์ข้าวและอุณหภูมิที่มีต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไร่ วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลชนิดสุ่มสมบูรณ์ (factorial in completely randomized design : factorial in CRD) ประกอบด้วยปัจจัย 2 ปัจจัย คือ พันธุ์ข้าว 5 พันธุ์ คือ ภูเขาทอง ดอกขาม สามเดือน นางดำ และเล็บมือนาง และอุณหภูมิ 2 อุณหภูมิ คือ สภาพตามธรรมชาติ และห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 °C ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ จำนวนทั้งหมด 30 กระถาง โดยแบ่งเป็นการปลูกในสภาพตามธรรมชาติ 15 กระถาง และปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 15 กระถาง บันทึกลักษณะการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไร่ ได้แก่ ความสูงต้น อายุแตกกอ อายุตั้งท้อง อายุออกดอกที่ 50 เปอร์เซ็นต์ อายุเก็บเกี่ยว จำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวง จำนวนดอกเป็นหมัน จำนวนเมล็ดเขียว เปอร์เซ็นต์ท้องไข่ จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง จำนวนเมล็ดลีบต่อรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และความยาวคอรวง ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง โดยใช้สถิติทดสอบเอฟ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์โดยใช้การทดสอบของทูกีย์ (Tukey test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป MINITAB Version 16 ทำการทดลองที่แปลงทดลอง ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร หมู่ 6 ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160 รวมระยะเวลาในการทำวิจัย 1 ปี

1.4ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1.4.1 สามารถนำข้าวไร่พันธุ์ที่ทนความร้อนที่อุณหภูมิสูงได้ดีไปใช้ประโยชน์ในการปลูกเพื่อการผลิตและการขาย ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น

1.4.2 สามารถนำข้าวไร่พันธุ์ที่ทนความร้อนที่อุณหภูมิสูงได้ดีไปประโยชน์และแก้ปัญหาให้กับชุมชนและท้องถิ่น เพื่อรักษาพันธุ์ข้าวไร่ชุมพรให้มีคุณภาพสูงในอนาคต

1.4.3 สามารถนำข้าวไร่พันธุ์ทนความร้อนที่อุณหภูมิสูงไปสู่การจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 นิยามคำศัพท์

ข้าวไร่ เป็นพืชทางเลือกสำหรับการผลิตอาหารในสภาพที่มีน้ำจำกัด เนื่องจากต้องการน้ำน้อย และทนแล้งได้ดี ปลูกได้ทุกภูมิภาคของประเทศไทย การปลูกข้าวไร่ของเกษตรกรในที่ดอนทำให้แปลงปลูกมีปริมาณของวัชพืชมากกว่าข้าวนา ส่งผลให้ต้นทุนการกำจัดวัชพืชสูง ผลผลิตของข้าวลดลงทั้งปริมาณและคุณภาพ (ร่วมจิตร นกเขา ถิรายุทธ์ วิจิตรภาพ และสตางค์ หัสนันท์, 2553)

พันธุ์ข้าว หมายถึง พันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองที่ให้ผลผลิตสูงของจังหวัดชุมพร มีหลายพันธุ์ ในที่นี้เลือกใช้ทดลองเพียง 5 พันธุ์ คือ ภูเขาทอง ดอกขาม สามเดือน นางดำ และเล็บมือนาง

อุณหภูมิ หมายถึง สภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองนี้ ประกอบด้วยอุณหภูมิ 2 อุณหภูมิ คือ สภาพตามธรรมชาติ และห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การวางแผนแบบแฟกทอเรียล (Factorial Designs)

ในกรณีที่พิจารณาการวางแผนแบบการทดลองที่มีเพียง 1 ปัจจัย ซึ่งการวางแผนแบบการทดลองเหล่านี้มีความแตกต่างกัน เนื่องจากเงื่อนไขของการสุ่มทรีทเมนต์ให้แก่หน่วยทดลองมีความแตกต่างกัน ส่วนความสนใจก็ยังคงมุ่งศึกษาอิทธิพลของปัจจัยเพียงปัจจัยเดียว อย่างไรก็ตาม การศึกษาในบางเรื่องอาจจำเป็นต้องเกี่ยวข้องกับปัจจัยมากกว่า 1 ปัจจัย เช่น การศึกษาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชชนิดหนึ่งอาจจะตั้งสมมติฐานว่าทั้งปุ๋ยและพันธุ์พืชต่างก็เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตของพืชชนิดนี้ ดังนั้นจึงสนใจทำการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานดังกล่าว ซึ่งในกรณีนี้การทดลองจะต้องเกี่ยวข้องกับปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย สำหรับวิธีที่จะทำการทดลองนั้น อาจทำได้โดยให้ปัจจัยหนึ่งคงที่ที่ระดับหนึ่ง แล้วทำการทดลองที่ระดับต่าง ๆ ของอีกปัจจัยหนึ่ง ซึ่งจะเห็นได้ว่าวิธีที่กล่าวมานี้ก็คือ การทดลองที่มีเพียงปัจจัยเดียว แต่มี 2 การทดลองรวมกัน โดยทั่วไปถ้ามีปัจจัยมากกว่า 2 ปัจจัย ก็อาจทำการทดลองทีละปัจจัย โดยกำหนดให้ปัจจัยหนึ่งคงที่ที่ระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตาม การทดลองในลักษณะเช่นนี้อาจจะไม่สะดวก เพราะจะต้องทำการทดลองหลายครั้ง และยังไม่สามารถศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย ดังนั้นในบทนี้จะพิจารณาวิธีการทดลองที่สามารถช่วยให้ศึกษาปัจจัยหลายปัจจัยได้ภายในการทดลองเพียงครั้งเดียว นอกจากนี้ยังสามารถศึกษาอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ (interaction effect) ระหว่างปัจจัยเหล่านี้ได้อีกด้วย เรียกการทดลองนี้ว่า **การทดลองแบบแฟกทอเรียล**

2.1.2 นิยามและหลักการพื้นฐาน

2.1.2.1 การทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial experiment) เป็นการทดลองที่สนใจศึกษาถึงอิทธิพลของหลาย ๆ ปัจจัยพร้อมกัน โดยแต่ละปัจจัยอาจมีหลายระดับ การจัดทรีทเมนต์ของการทดลองแบบนี้จะพิจารณาที่การจัดกลุ่ม (combination) ของระดับต่าง ๆ ของปัจจัยดังกล่าวที่เป็นไปได้ทั้งหมด ดังนั้นการทดลองแบบแฟกทอเรียลจะมีคุณค่ามากในการวิจัยที่ยังไม่ค่อยทราบเกี่ยวกับระดับที่เหมาะสมหรือที่มีความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ การทดลองนี้จะช่วยหาระดับที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัย นอกจากนั้นยังมีประโยชน์ที่จะใช้ศึกษาถึงอิทธิพลของปัจจัยหนึ่ง ๆ ว่าจะมีผลต่อปัจจัยอื่น ๆ ที่ระดับต่าง ๆ กันหรือในสภาพการณ์ที่ต่าง ๆ กัน (interaction) ออกไปด้วย

2.1.2.2 การจัดกลุ่มของทรีทเมนต์ (Treatment combination) การจัดกลุ่มของทรีทเมนต์ของการทดลองแบบแฟกทอเรียลจะเป็นการจัดกลุ่มของระดับต่าง ๆ ของปัจจัยที่สนใจศึกษา สัญลักษณ์ที่ใช้แทนระดับของปัจจัยคือ $a_1, a_2, \ldots$; $b_1, b_2, \ldots$; $c_1, c_2, \ldots$ ดังนั้นการจัดกลุ่มของทรีทเมนต์อาจจะเป็น $a_1b_2c_3$, $a_2b_1c_3$ เป็นต้น

สำหรับการทดลองแบบ 2×2 หรือ 2^2 แฟกทอเรียล จะใช้สัญลักษณ์ดังในตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การทดลองแบบ 2 x 2 แฟกทอเรียล

		ปัจจัย A	
		a_1	a_2
ปัจจัย B	b_1	a_1b_1	a_2b_1
	b_2	a_1b_2	a_2b_2

ใน 2 x 2 แฟกทอเรียล จะมี 4 ทรีทเมนต์ คือ a_1b_1, a_2b_1, a_1b_2 และ a_2b_2

2.1.2.3 **อิทธิพลอย่างง่าย (Simple effects)** หมายถึง ความแตกต่างของอิทธิพลของระดับต่าง ๆ ของปัจจัยหนึ่ง เมื่อพิจารณา ณ ระดับหนึ่งของอีกปัจจัยหนึ่ง พิจารณาตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 อิทธิพลอย่างง่ายของการทดลองแบบ 2 x 2 แฟกทอเรียล

		ปัจจัย A			
		a_1	a_2	ค่าเฉลี่ย	$a_2 - a_1$
ปัจจัย B	b_1	30	32	31	2
	b_2	36	26	31	−10
	ค่าเฉลี่ย	33	29	31	−4
	$b_2 - b_1$	6	−6	0	

จากตารางเป็น 2 x 2 แฟกทอเรียล หาอิทธิพลอย่างง่ายของ A ที่แต่ละระดับของ B จะพบว่า ที่ระดับ b_1 อิทธิพลอย่างง่ายของ A หาได้จาก $a_2 - a_1$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 32 – 30 = 2 ส่วนที่ระดับ b_2 อิทธิพลอย่างง่ายของ A หาได้จาก $a_2 - a_1$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 26 – 36 = −10

ส่วนอิทธิพลอย่างง่ายของ B ที่แต่ละระดับของ A ก็หาได้ในทำนองเดียวกัน คือ ที่ระดับ a_1 อิทธิพลอย่างง่ายของ B มีค่าเท่ากับ 6 และที่ระดับ a_2 อิทธิพลอย่างง่ายของ B มีค่าเท่ากับ −6

โดยปกติจะไม่สรุปผลเกี่ยวกับอิทธิพลอย่างง่ายในการวิเคราะห์ อย่างไรก็ตาม อิทธิพลอย่างง่ายก็มีประโยชน์ในการแปลผลการวิเคราะห์

2.1.2.4 **อิทธิพลหลัก (Main effects)** หมายถึง อิทธิพลของปัจจัยที่เมื่อระดับของปัจจัยเปลี่ยนไป จะทำให้ผลที่ได้จากการทดลองเปลี่ยนไปด้วย อิทธิพลหลักหาได้จากการเฉลี่ยผลบวกค่าอิทธิพลอย่างง่าย สัญลักษณ์ที่ใช้แทนอิทธิพลหลักจะใช้อักษร A, B, C,... เช่นเดียวกับปัจจัย จากตารางข้างต้น สามารถหาอิทธิพลหลักได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A = \frac{1}{2}[(a_2b_2 - a_1b_2) + (a_2b_1 - a_1b_1)]$$

$$= \frac{1}{2}[(26-36) + (32-30)]$$

$$= \frac{1}{2}(-10+2) = -4$$

$$B = \frac{1}{2}[(a_2b_2 - a_2b_1) + (a_2b_2 - a_1b_1)]$$

$$= \frac{1}{2}[(26-36) + (36-30)]$$

$$= \frac{1}{2}(-6+6) = 0$$

2.1.2.5 ปฏิสัมพันธ์ของปัจจัย (Interaction) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงในอิทธิพลของปัจจัยหนึ่งที่เกิดขึ้นเมื่อระดับของอีกปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไป ปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยหาได้จากการเฉลี่ยผลต่างค่าอิทธิพลอย่างง่าย จากตารางที่ผ่านมา จะพบว่าอิทธิพลอย่างง่ายของทั้ง A และ B เปลี่ยนแปลงไป เมื่อพิจารณาที่แต่ละระดับของอีกปัจจัยหนึ่ง เช่น อิทธิพลอย่างง่ายของ A เปลี่ยนจาก 2 เป็น −10 และอิทธิพลอย่างง่ายของ B เปลี่ยนจาก 6 เป็น −6 อย่างไรก็ตาม จะพบว่าปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยเป็นสมมาตรคือ ปฏิสัมพันธ์ของ A และ B จะเท่ากับปฏิสัมพันธ์ของ B และ A

ถ้าหาจากอิทธิพลอย่างง่ายของ A จะได้

ปฏิสัมพันธ์ของ AB

$$= \frac{1}{2}[(a_2b_2 - a_1b_2) - (a_2b_1 - a_1b_1)]$$

$$= \frac{1}{2}[(26-36) - (32-30)]$$

$$= \frac{1}{2}(-10-2) = -6$$

ถ้าหาจากอิทธิพลอย่างง่ายของ B จะได้

ปฏิสัมพันธ์ของ AB

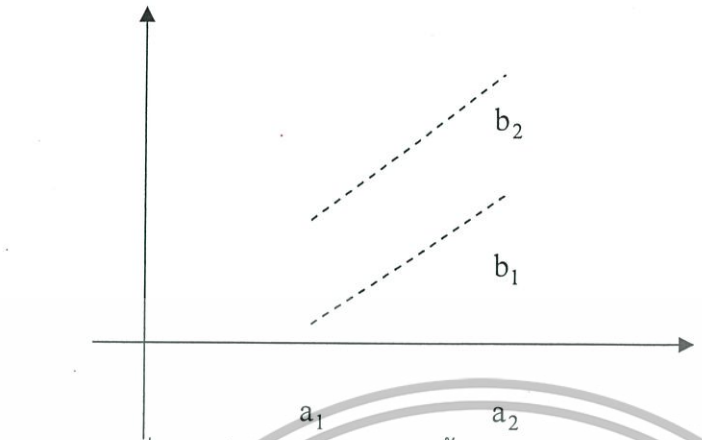
$$= \frac{1}{2}[(a_2b_2 - a_2b_1) - (a_2b_2 - a_1b_1)]$$

$$= \frac{1}{2}[(26-32) - (36-30)]$$

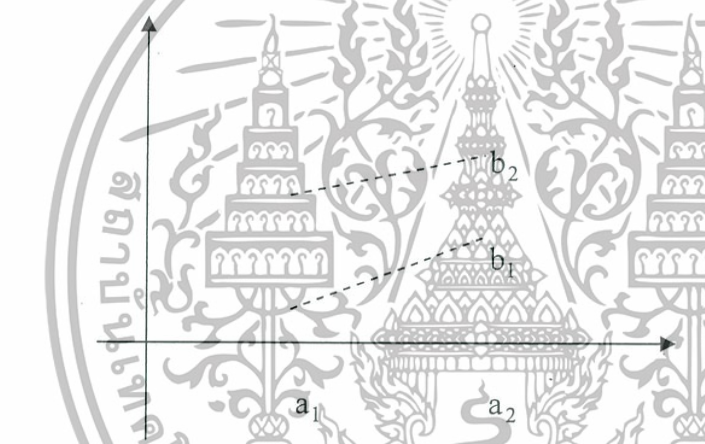
$$= \frac{1}{2}(-6-6) = -6$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

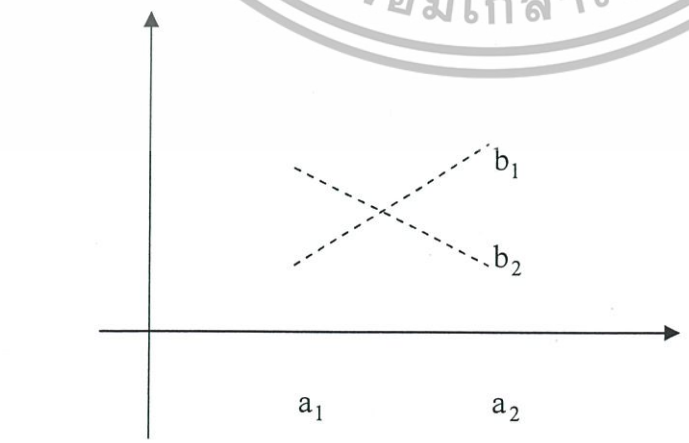
เราสามารถแสดงปฏิสัมพันธ์ของ AB ด้วยรูปภาพดังนี้



รูปที่ 2.1 ไม่มีปฏิสัมพันธ์เกิดขึ้น



รูปที่ 2.2 มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งเกิดจากขนาดของการตอบสนองต่างกัน เมื่อเปลี่ยนระดับของอีกปัจจัยหนึ่ง



รูปที่ 2.3 มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งเกิดจากความแตกต่างในทิศทางของการตอบสนอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การมีหรือไม่มีอิทธิพลหลักไม่ได้อธิบายว่ามีหรือไม่มีปฏิสัมพันธ์ของปัจจัย และการมีหรือไม่มีปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยก็ไม่ได้บอกเกี่ยวกับการมีหรือไม่มีอิทธิพลหลัก แต่จะบอกเกี่ยวกับความสอดคล้องกัน (homogeneity) ของอิทธิพลอย่างง่าย

ความหมายของการทดสอบเมื่อปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยมีนัยสำคัญ จะหมายความว่าปัจจัยดังกล่าวไม่เป็นอิสระต่อกัน และอิทธิพลอย่างง่ายของอีกปัจจัยหนึ่งต่างกันจะมีขนาดขึ้นอยู่กับระดับของอีกปัจจัยหนึ่ง (ที่กำลังพิจารณาปฏิสัมพันธ์อยู่) แต่ถ้าปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยไม่มีนัยสำคัญ จะสรุปได้ว่าปัจจัยที่กำลังพิจารณาอยู่เป็นอิสระต่อกัน และอิทธิพลอย่างง่ายของปัจจัยหนึ่งจะเท่ากันสำหรับทุกระดับของปัจจัยอื่น ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.1 ถ้าปัจจัยเป็นอิสระต่อกัน การทดลองแบบแฟกทอเรียลจะประหยัดเวลาและแรงงานมาก ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะอิทธิพลอย่างง่ายจะมีค่าเท่ากับอิทธิพลหลัก และการประมาณค่าอิทธิพลหลักก็จะแม่นยำมากขึ้น

ในการวิเคราะห์การทดลองแบบแฟกทอเรียลจะแบ่งจำนวนองศาความเป็นอิสระและผลบวกกำลังสองออกไปตามอิทธิพลหลักและปฏิสัมพันธ์ของปัจจัย ถึงแม้ว่าการทดสอบแบบเอฟที่ว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์จะไม่มีนัยสำคัญ การแปลผลการวิเคราะห์จะไม่ยุ่งยากถ้าผลการทดสอบปรากฏว่าปัจจัยไม่เป็นอิสระต่อกัน ก็คงจะต้องศึกษาในรายละเอียดต่อไป ความยากอยู่ตรงที่ความซับซ้อนของลักษณะความสัมพันธ์หรือการมีอิทธิพลต่อกันของปัจจัย

2.1.3 ประโยชน์ของการทดลองแบบแฟกทอเรียลเมื่อปัจจัยเป็นอิสระต่อกัน (Advantages of Factorial Experimental when Factors are Independent)

โดยปกติประโยชน์ของการทดลองแบบแฟกทอเรียลจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการทดลอง สมมติว่าวัตถุประสงค์คือต้องการพิจารณาว่าอิทธิพลของแต่ละปัจจัยซึ่งแต่ละปัจจัยก็มีหลายระดับว่าจะเป็นอย่างไร โดยยังไม่สนใจว่าการจัดกลุ่ม (combination) ของระดับของปัจจัยแบบใดที่จะให้ผลตอบสนองสูงสุด วิธีการที่จะให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวก็คือ ทำการทดลองแยกกันสำหรับแต่ละปัจจัย หรือไม่ก็ทำการทดลองพร้อมกันทุกปัจจัยโดยใช้การทดลองแบบแฟกทอเรียล

ถ้าอิทธิพลของทุกปัจจัยเป็นอิสระต่อกัน การทดลองแบบแฟกทอเรียลก็จะประหยัดเวลาอุปกรณ์และงบประมาณเกี่ยวกับการทดลองเป็นอันมาก ความประหยัดเกิดขึ้นจากหลักความเป็นจริง 2 ประการคือ

1. เมื่อทุกปัจจัยเป็นอิสระต่อกัน อิทธิพลอย่างง่ายทุกตัวของปัจจัยหนึ่ง ๆ ก็จะมีค่าเท่ากับอิทธิพลหลัก ดังนั้นสิ่งที่ต้องการคือใช้อิทธิพลหลักเพียงอย่างเดียวในการอธิบายเกี่ยวกับสิ่งที่จะเกิดขึ้นตามมาจากความแปรผันของปัจจัย

2. ในการทดลองแบบแฟกทอเรียล การประมาณค่าอิทธิพลหลักแต่ละตัวจะให้ความแม่นยำเช่นเดียวกับการทดลองที่ใช้ทีละปัจจัย ดังนั้นถ้าเป็นการทดลองที่ประกอบด้วย n ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ และเป็นอิสระต่อกัน การทดลองแบบทีละปัจจัยจำเป็นจะต้องใช้อุปกรณ์การทดลองถึง n ครั้ง แต่ถ้าทำการทดลองแบบแฟกทอเรียลก็ทำเพียงครั้งเดียว ก็จะได้ความแม่นยำเท่ากัน

แต่ในทางปฏิบัติจริง อาจประสบปัญหาในการหาอุปกรณ์และทรัพยากรที่จะใช้ในการทดลองใหญ่ ๆ ที่ประกอบด้วยหลาย ๆ ทรีทเมนต์ จึงอาจจำเป็นต้องทดลองคราวละ 2-3 ปัจจัย ยิ่งไปกว่านั้น ถ้าจำนวนการรวมกลุ่มของระดับของปัจจัยยิ่งมาก ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานต่อหน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็จะยิ่งเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นสำหรับการทดลองแบบแฟกทอเรียล ทำให้ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมีแนวโน้มสูงกว่าการทดลองแบบปัจจัยเดียว การเพิ่มขึ้นของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานนี้มักจะพยายามทำให้น้อยลง โดยการใช้วิธีที่รู้จักกันว่าการมีผลปนกัน (confounding)

2.1.4 การทดลองแบบแฟกทอเรียลเมื่อปัจจัยไม่เป็นอิสระต่อกัน (Factorial Experimentation when Factors are not Independent)

ถ้าวัตถุประสงค์ของการทดลองยังคงเป็นความต้องการตรวจสอบดูแต่ละปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยมีหลายระดับนั้น เมื่อปัจจัยไม่เป็นอิสระต่อกัน อิทธิพลอย่างง่ายของปัจจัยหนึ่งก็จะเปลี่ยนไปตามระดับของปัจจัยอื่น ๆ ที่มารวมกลุ่มกันเป็นทรีทเมนต์นั้น ๆ ในกรณีที่ใช้การทดลองแบบปัจจัยเดียว ข้อมูลที่จะได้รับจากการทดลองก็จะไม่ครบถ้วน คือจะไม่ได้ข้อมูลที่จะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ในขณะที่การทดลองแบบแฟกทอเรียล อิทธิพลของปัจจัยหนึ่ง ๆ จะถูกตรวจสอบอย่างละเอียดในทุก ๆ การจัดกลุ่มของปัจจัยอื่น ๆ ที่รวมอยู่ในการทดลอง ข้อมูลที่ได้รับจากการทดลองแบบนี้ก็จะมากกว่า คือจะทราบเกี่ยวกับอิทธิพลของปัจจัยหนึ่ง ๆ แล้วยังทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้วย

โดยสรุป การทดลองแบบแฟกทอเรียลมีความเหมาะสมที่จะใช้สำหรับงานต่อไปนี้

1. งานสำรวจ (Exploratory work) ซึ่งต้องการทราบอย่างรวดเร็วเกี่ยวกับอิทธิพลของหลาย ๆ ปัจจัยที่ครอบคลุมหลาย ๆ ระดับ
2. งานที่ต้องการตรวจสอบปฏิสัมพันธ์ของอิทธิพลของหลาย ๆ ปัจจัย ข้อมูลที่ต้องการนี้จะได้จากการทดสอบหลาย ๆ กลุ่มของหลาย ๆ ระดับของปัจจัยที่มาจัดกลุ่มกัน
3. งานทดลองที่ออกแบบให้ได้ข้อเสนอแนะที่สามารถประยุกต์ใช้ได้กับหลาย ๆ สถานการณ์ อาจจะมีการนำปัจจัยเสริม (subsidiary factors) มาใช้ในการทดลองเพื่อทดสอบปัจจัยหลักในหลาย ๆ สถานการณ์ที่ต้องการข้อสรุปนั้น ๆ

ในทางกลับกัน ถ้าได้ข้อมูลมากพอหรือต้องการทดสอบเฉพาะกรณี ก็อาจจะทำการทดลองอย่างละเอียดแบบปัจจัยเดียวหรือเฉพาะบางกลุ่มของระดับของปัจจัย เช่น การตรวจสอบที่ต้องการหากลุ่มของระดับของปัจจัยที่จะให้การตอบสนองสูงสุด Friedman and Savage ได้แสดงให้เห็นว่าการวางแผนแบบการทดลองแบบปัจจัยเดียวที่ทำอย่างต่อเนื่องมักจะให้ผลการตอบสนองสูงสุดเร็วกว่าการทดลองแบบแฟกทอเรียลขนาดใหญ่ครั้งเดียว วิธีแก้ปัญหานี้ก็คืออาจจะออกแบบพิเศษสำหรับการทดลองเพื่อพิจารณาผลตอบสนองที่ให้ผลสูงสุด

เมื่อปัจจัยที่ต้องการตรวจสอบมีมาก ปัญหาที่จะตามมาในการทดลองแบบแฟกทอเรียลก็คือขนาดของการทดลองที่จะใหญ่มากและมีความซับซ้อนมาก ขนาดของงานจะลดลงได้โดยการใช้การซ้ำเพียงครั้งเดียว (single replication) เช่นทดสอบเพียงครึ่งหนึ่งหรือร้อยละ 25 ของจำนวนการจัดกลุ่มของทรีทเมนต์ทั้งหมด ดังนั้นสิ่งที่พึงระลึกก็คือความยากที่เกิดขึ้นมิใช่เพราะการวางแผนแบบการทดลองนี้ไม่ดี ที่จริงการทดลองนี้จะมีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อมีปัจจัยจำนวนมาก พื้นฐานของความยากจะอยู่ที่งานวิจัยที่กำลังดำเนินอยู่นั่นเอง บางครั้งนักวิจัยพบว่ายากที่จะอธิบายผลของการทดลองแบบแฟกทอเรียล จึงจำเป็นที่ว่าในการทดลองขนาดใหญ่จำเป็นที่จะต้องจัดขั้นตอนของการทดลองให้ดีและมักจะต้องใช้เวลามาก ถ้าปัจจัยส่วนใหญ่เป็นอิสระต่อกัน วิธีการวิเคราะห์เกี่ยวกับอิทธิพลของปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยก็จะไม่ยุ่งยากมาก แต่ถ้ามีปัจจัยเป็นจำนวนมากที่มีปฏิสัมพันธ์กัน ก็อาจจำเป็นที่จะต้องขยายผลการศึกษาทดลองออกไปเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยให้พบความยุ่งยาก ในการทดลองที่เกิดขึ้นนี้เนื่องมาจากสภาพการณ์ของธรรมชาติของปัจจัยที่นำมาทดลองนั่นเอง มิใช่เป็นเพราะการวางแผนแบบการทดลองไม่ถูกต้อง

2.1.5 การวางแผนแบบแฟกทอเรียลชนิด 2 ปัจจัย ตัวแบบอิทธิพลคงที่ (Two-Factor Factorial Design with Fixed Effect Model)

การทดลองแบบแฟกทอเรียลชนิดที่มี 2 ปัจจัย หรือมีชุดของทรีทเมนต์ 2 ชุด จัดเป็นการทดลองแบบแฟกทอเรียลชนิดที่ง่ายที่สุด ปกติจะให้สัญลักษณ์ดังนี้

ถ้ามี 2 ปัจจัย คือ A และ B ปัจจัย A จะประกอบด้วย a ระดับ ส่วนปัจจัย B จะประกอบด้วย b ระดับ เมื่อนำระดับของปัจจัยมาจัดกลุ่มกันจะได้จำนวนที่เป็นไปได้ทั้งหมด ab กลุ่ม หรือ ab ทรีทเมนต์ และถ้าแต่ละทรีทเมนต์มีจำนวนซ้ำเท่ากับ n จะได้จำนวนหน่วยทดลองทั้งหมดเท่ากับ abn

<u>ตารางที่ 2.3</u> การจัดข้อมูลสำหรับการทดลองแบบแฟกทอเรียลชนิด 2 ปัจจัย

		ปัจจัย B			
	ระดับ	1	2	...	b
ปัจจัย A	1	$y_{111}, y_{112}, \ldots, y_{11n}$	$y_{121}, y_{122}, \ldots, y_{12n}$	...	$y_{1b1}, y_{1b2}, \ldots, y_{1bn}$
	2	$y_{211}, y_{212}, \ldots, y_{21n}$	$y_{221}, y_{222}, \ldots, y_{22n}$	...	$y_{2b1}, y_{2b2}, \ldots, y_{2bn}$
	.	.	.	...	.
	.	.	.	...	.
	.	.	.	...	.
	a	$y_{a11}, y_{a12}, \ldots, y_{a1n}$	$y_{a21}, y_{a22}, \ldots, y_{a2n}$	...	$y_{ab1}, y_{ab2}, \ldots, y_{abn}$

2.1.5.1 ตัวแบบ (Model)

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad ; \quad \begin{matrix} i = 1, 2, \ldots, a \\ j = 1, 2, \ldots, b \\ k = 1, 2, \ldots, n \end{matrix} \quad \ldots\ldots 2.1$$

โดยที่ y_{ijk} คือ ผลตอบสนองที่สังเกตได้เมื่อปัจจัย A อยู่ที่ระดับที่ i ปัจจัย B อยู่ที่ระดับที่ j และซ้ำที่ k

μ คือ อิทธิพลของค่าเฉลี่ยทั้งหมด

τ_i คือ อิทธิพลของระดับที่ i ของปัจจัย A

β_j คือ อิทธิพลของระดับที่ j ของปัจจัย B

$(\tau\beta)_{ij}$ คือ อิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่าง τ_i และ β_j

ε_{ijk} คือ ส่วนประกอบความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อสมมติเบื้องต้น (assumption) สำหรับตัวแบบอิทธิพลคงที่

$$\sum_{i=1}^{a}\tau_i = 0$$

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

และ $$\sum_{i=1}^{a}(\tau\beta)_{ij} = \sum_{j=1}^{b}(\tau\beta)_{ij} = 0$$

เนื่องจากมีการทดลองซ้ำในแต่ละทรีทเมนต์ n ครั้ง ดังนั้นค่าสังเกตทั้งหมดจึงเท่ากับ abn

2.1.5.2 การทดสอบสมมติฐาน (Test for Hypotheses)

ในการทดลองแบบแฟกทอเรียลที่มี 2 ปัจจัย คือ A และ B ในการทดสอบจะให้ความสนใจทั้ง 2 ปัจจัยเท่ากัน ดังนั้นการทดสอบสมมติฐานจะประกอบด้วย

1) $H_0 : \tau_1 = \tau_2 = ... = \tau_a = 0$ สำหรับทุกค่า i หรือ $H_0 : \tau_i = 0$

เทียบกับ $H_1 : \tau_i \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

2) $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = ... = \beta_b = 0$ สำหรับทุกค่า j หรือ $H_0 : \beta_j = 0$

เทียบกับ $H_1 : \beta_j \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

3) $H_0 : (\tau\beta)_{11} = (\tau\beta)_{12} = ... = (\tau\beta)_{ab} = 0$ สำหรับทุกค่า i, j หรือ $H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$

เทียบกับ $H_1 : (\tau\beta)_{ij} \neq 0$ สำหรับ i, j อย่างน้อย 1 ค่า

2.1.5.3 การวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับอิทธิพลคงที่ (Statistical Analysis of the Fixed Effect Model)

ให้ $y_{i\bullet\bullet}$ เป็นผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมดในระดับที่ i ของปัจจัย A $y_{\bullet j\bullet}$ เป็นผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมดในระดับที่ j ของปัจจัย B $y_{ij\bullet}$ เป็นผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมดในเซลล์ที่ ij และ $y_{\bullet\bullet\bullet}$ เป็นผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมด ส่วน $\bar{y}_{i\bullet\bullet}, \bar{y}_{\bullet j\bullet}, \bar{y}_{ij\bullet}$ และ $\bar{y}_{\bullet\bullet\bullet}$ เป็นค่าเฉลี่ยตามแถว คอลัมน์ เซลล์ และยอดรวม ตามลำดับ ดังนี้

$$y_{i\bullet\bullet} = \sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n} y_{ijk} \qquad \bar{y}_{i\bullet\bullet} = \frac{y_{i\bullet\bullet}}{bn} \quad ; \quad i = 1, 2, ..., a$$

$$y_{\bullet j\bullet} = \sum_{i=1}^{a}\sum_{k=1}^{n} y_{ijk} \qquad \bar{y}_{\bullet j\bullet} = \frac{y_{\bullet j.}}{an} \quad ; \quad j = 1, 2, ..., b$$

$$y_{ij\bullet} = \sum_{k=1}^{n} y_{ijk} \qquad \bar{y}_{ij\bullet} = \frac{y_{ij\bullet}}{n} \quad ; \quad \begin{matrix} i = 1, 2, ..., a \\ j = 1, 2, ..., b \end{matrix}$$

$$y_{\bullet\bullet\bullet} = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n} y_{ijk} \qquad \bar{y}_{\bullet\bullet\bullet} = \frac{y_{\bullet\bullet\bullet}}{abn}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแยกผลบวกกำลังสองของผลรวมทั้งหมด (Total corrected sum of squares) เป็นดังนี้

$$\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n}\left(y_{ijk}-\bar{y}_{\cdots}\right)^2 = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n}\left[\begin{array}{l}\left(\bar{y}_{i\bullet\bullet}-\bar{y}_{\cdots}\right)+\left(\bar{y}_{\bullet j\bullet}-\bar{y}_{\cdots}\right)\\ +\left(\bar{y}_{ij\bullet}-\bar{y}_{i\bullet\bullet}-\bar{y}_{\bullet j\bullet}+\bar{y}_{\cdots}\right)+\left(y_{ijk}-\bar{y}_{ij\bullet}\right)\end{array}\right]^2 \quad \text{..... 2.2}$$

ถ้ายกกำลังสองทั้งสองข้างของสมการที่ 2.2 แล้วรวมตลอดทุกค่า i, j, k จะได้ผลลัพธ์ดังสมการข้างล่างนี้

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n}\left(y_{ijk}-\bar{y}_{\cdots}\right)^2 &= \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n}\left(\bar{y}_{i\bullet\bullet}-\bar{y}_{\cdots}\right)^2+\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n}\left(\bar{y}_{\bullet j\bullet}-\bar{y}_{\cdots}\right)^2\\ &\quad+\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n}\left(\bar{y}_{ij\bullet}-\bar{y}_{i\bullet\bullet}-\bar{y}_{\bullet j\bullet}+\bar{y}_{\cdots}\right)^2+\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n}\left(y_{ijk}-\bar{y}_{ij\bullet}\right)^2\\ &= bn\sum_{i=1}^{a}\left(\bar{y}_{i\bullet\bullet}-\bar{y}_{\cdots}\right)^2+an\sum_{j=1}^{b}\left(\bar{y}_{\bullet j\bullet}-\bar{y}_{\cdots}\right)^2\\ &\quad+n\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\left(\bar{y}_{ij\bullet}-\bar{y}_{i\bullet\bullet}-\bar{y}_{\bullet j\bullet}+\bar{y}_{\cdots}\right)^2+\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n}\left(y_{ijk}-\bar{y}_{ij\bullet}\right)^2\end{aligned} \quad \text{..... 2.3}$$

นั่นคือ ผลบวกกำลังสองของยอดรวมเท่ากับผลรวมของผลบวกกำลังสองของปัจจัย A ผลบวกกำลังสองของปัจจัย B ผลบวกกำลังสองของปฏิสัมพันธ์ AB และผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน ซึ่งต่างก็เป็นอิสระกัน ดังนั้นถ้าหารผลบวกกำลังสองเหล่านี้ด้วยจำนวนองศาความเป็นอิสระที่สอดคล้องกัน ผลหารที่ได้จะเป็นค่ากำลังสองเฉลี่ยซึ่งเป็นอิสระกัน ดังนั้นจึงสามารถใช้ตัวสถิติทดสอบเอฟสำหรับทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับอิทธิพลของปัจจัยแต่ละปัจจัย และอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้งสอง

สำหรับจำนวนองศาความเป็นอิสระของยอดรวมอาจแตกออกเป็นผลรวมของจำนวนองศาความเป็นอิสระของแหล่งความแปรปรวนต่าง ๆ ดังนี้

$$abn-1 = a-1+b-1+(a-1)(b-1)+ab(n-1)$$

ผลบวกกำลังสองในสมการที่ 2.3 อาจเขียนในเทอมของยอดรวมของค่าสังเกตดังนี้

$$\text{SST} = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n}y_{ijk}^2-\frac{y_{\cdots}^2}{abn}$$

$$\text{SSA} = \sum_{i=1}^{a}\frac{y_{i\bullet\bullet}^2}{bn}-\frac{y_{\cdots}^2}{abn}$$

$$\text{SSB} = \sum_{j=1}^{b}\frac{y_{\bullet j\bullet}^2}{an}-\frac{y_{\cdots}^2}{abn}$$

$$\text{SSAB} = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\frac{y_{ij\bullet}^2}{n}-\frac{y_{\cdots}^2}{abn}-\text{SSA}-\text{SSB}$$

$$\text{SSE} = \text{SST}-\text{SSA}-\text{SSB}-\text{SSAB}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงเป็นตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ดังนี้

ตารางที่ 2.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการทดลองแบบแฟกทอเรียลชนิด 2 ปัจจัย โดยมีตัวแบบอิทธิพลคงที่

แหล่งความแปรปรวน (Source of Variation)	องศาความเป็นอิสระ (Degree of Freedom)	ผลบวกกำลังสอง (Sum of Squares)	ค่ากำลังสองเฉลี่ย (Mean Squares)	F
ปัจจัย A	$a-1$	SS A	$MSA = \frac{SSA}{a-1}$	$F = \frac{MSA}{MSE}$
ปัจจัย B	$b-1$	SSB	$MSB = \frac{SSB}{b-1}$	$F = \frac{MSB}{MSE}$
ปฏิสัมพันธ์ AB	$(a-1)(b-1)$	SSAB	$MSAB = \frac{SSAB}{(a-1)(b-1)}$	$F = \frac{MSAB}{MSE}$
ความคลาดเคลื่อน	$ab(n-1)$	SSE	$MSE = \frac{SSE}{ab(n-1)}$	
ยอดรวม	$abn-1$	SST		

นอกจากนี้เราอาจจะแสดงได้ว่า $\frac{SSA}{\sigma^2}, \frac{SSB}{\sigma^2}, \frac{SSAB}{\sigma^2}$ และ $\frac{SSE}{\sigma^2}$ เป็นตัวแปรสุ่มที่เป็นอิสระกันและมีการแจกแจงแบบไคกำลังสอง ค่าคาดหวังของผลบวกกำลังสองเฉลี่ย (Expected Mean Squares) คือ

$$E(MSA) = E\left(\frac{SSA}{a-1}\right) = \sigma^2 + \frac{bn\sum_{i=1}^{a}\tau_i^2}{a-1}$$

$$E(MSB) = E\left(\frac{SSB}{b-1}\right) = \sigma^2 + \frac{an\sum_{j=1}^{b}\beta_j^2}{b-1}$$

$$E(MSAB) = E\left(\frac{SSAB}{(a-1)(b-1)}\right) = \sigma^2 + \frac{n\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}(\tau\beta)_{ij}^2}{(a-1)(b-1)}$$

และ $$E(MSE) = E\left(\frac{SSE}{ab(n-1)}\right) = \sigma^2$$

จากการตรวจสอบค่าคาดหวังกำลังสองเฉลี่ยเหล่านี้ จะพบว่าถ้าสมมติฐานหลักเกี่ยวกับอิทธิพลหลัก $H_0 : \tau_i = 0$, $H_0 : \beta_j = 0$ และสมมติฐานปฏิสัมพันธ์ $H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$ ทั้งหมดเป็นจริง แล้วค่ากำลังสองเฉลี่ยทั้ง 4 ค่า นี้ จะเป็นค่าประมาณที่ไม่เอนเอียงของ σ^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดสอบสมมติฐานที่ว่าอิทธิพลของปัจจัย A เท่ากับ 0 คือ $H_0 : \tau_i = 0$ จะใช้อัตราส่วน

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

ซึ่งมีการแจกแจงแบบ F ด้วยจำนวนองศาความเป็นอิสระ a – 1 และ ab (n – 1) ถ้า $H_0 : \tau_i = 0$ เป็นจริง และจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ α ถ้า $F > F_{\alpha;a-1,ab(n-1)}$

ในทำนองเดียวกัน ในการทดสอบสมมติฐานที่ว่าอิทธิพลของปัจจัย B เท่ากับ 0 คือ $H_0 : \beta_j = 0$ จะใช้อัตราส่วน

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

ซึ่งมีการแจกแจงแบบ F ด้วยจำนวนองศาความเป็นอิสระ b – 1 และ ab (n – 1) ถ้า $H_0 : \beta_j = 0$ เป็นจริง และจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ α ถ้า $F > F_{\alpha;b-1,ab(n-1)}$

ส่วนในการทดสอบสมมติฐานที่ว่าอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ทั้งหมดเท่ากับ 0 คือ $H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$ จะใช้อัตราส่วน

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

ซึ่งมีการแจกแจงแบบ F ด้วยจำนวนองศาความเป็นอิสระ $(a-1)(b-1)$ และ $ab(n-1)$ ถ้า $H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$ เป็นจริง และจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ α ถ้า $F > F_{\alpha;(a-1)(b-1),ab(n-1)}$

โดยทั่วไปแล้ว ขั้นแรกจะทำการทดสอบอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ก่อน หลังจากนั้นจึงทำการทดสอบอิทธิพลหลัก ถ้าปฏิสัมพันธ์ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ให้ทำการแปลความหมายของการทดสอบอิทธิพลหลักได้โดยตรง แต่ถ้าปฏิสัมพันธ์มีนัยสำคัญทางสถิติ อิทธิพลหลักของปัจจัยต่าง ๆ จะเกี่ยวข้องกับปฏิสัมพันธ์ ซึ่งอาจจะไม่มีประโยชน์ในการแปลความหมายของการทดสอบอิทธิพลหลักในทางปฏิบัติมากนัก โดยทั่วไปความรู้เกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์มีความสำคัญมากกว่าความรู้เกี่ยวกับอิทธิพลหลัก

2.1.5.4 การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison)

เมื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนระบุว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับของปัจจัย A และของปัจจัย B เรามักสนใจที่จะเปรียบเทียบในรายละเอียดลงไปอีกระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับของปัจจัย เพื่อจะได้สรุปได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบของทูกีย์ (Tukey's w Test)

การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ของทูกีย์ เสนอโดยทูกีย์ในปี 1953 เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละคู่คล้ายกับวิธี LSD กล่าวคือใช้ค่าวิกฤตเพียงค่าเดียวในการเปรียบเทียบกับความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ทุกคู่ แต่ในการหาค่าวิกฤตในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทุกคู่ที่เป็นไปได้นั้นจะใช้ค่าวิกฤตของพิสัยสตัวเด็นท์ไดซ์ (Significant Studentized Range) โดยที่จำนวนทรีทเมนต์ทั้งหมดที่ใช้ในการทดลองจะนำมาพิจารณาในการคำนวณหาค่าวิกฤตด้วย

ตัวสถิติทดสอบคือ

$$T_\alpha = \frac{q_\alpha(p,\nu)}{\sqrt{2}}\sqrt{MSE\left(\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_j}\right)}$$

$$= q_\alpha(p,\nu)\sqrt{\frac{MSE}{2}\left(\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_j}\right)} \quad ; \quad n_i \neq n_j$$

$$= q_\alpha(p,\nu)\sqrt{\frac{MSE}{n}} \quad ; \quad n_i = n_j$$

เมื่อ $q_\alpha(p,\nu)$ คือ ค่าวิกฤตของพิสัยสตัวเด็นท์ไดซ์ที่ระดับนัยสำคัญ α ที่มีจำนวนทรีทเมนต์ p ทรีทเมนต์ และองศาความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ ν

MSE คือ ค่ากำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

n_i, n_j คือ จำนวนซ้ำของทรีทเมนต์ที่ i และ j ที่ต้องการเปรียบเทียบตามลำดับ

2.1.5.5 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ (Model Adequacy Checking)

ก่อนที่จะสรุปผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน ควรจะมีการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบก่อน เครื่องมือที่ใช้ก็เป็นเช่นเดียวกับการทดลองที่ผ่านมาคือ ใช้การวิเคราะห์เศษตกค้างหรือความคลาดเคลื่อน (Residual analysis)

เศษตกค้างจากตัวแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย คือ

$$e_{ijk} = y_{ijk} - \hat{y}_{ijk}$$

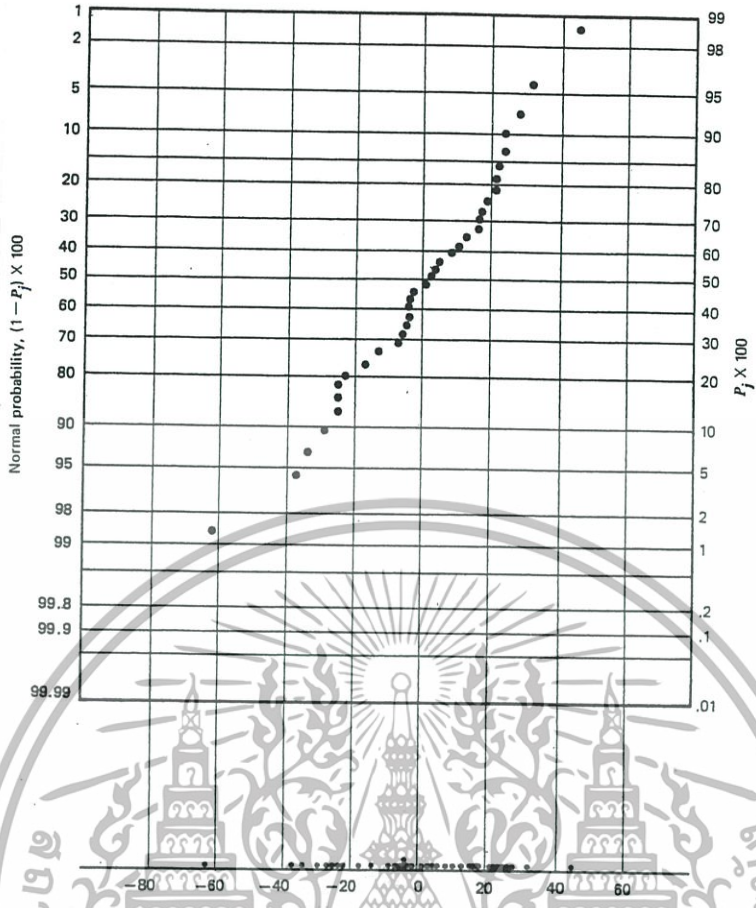
และเนื่องจาก $\hat{y}_{ijk} = \bar{y}_{ij\bullet}$

ดังนั้น $e_{ijk} = y_{ijk} - \bar{y}_{ij\bullet}$

1) การตรวจสอบการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนว่าเป็นแบบปกติหรือไม่

ใช้การพล็อตกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติและใช้ไดอะแกรมแบบจุดของเศษตกค้าง ดังแสดงในรูปที่ 2.4

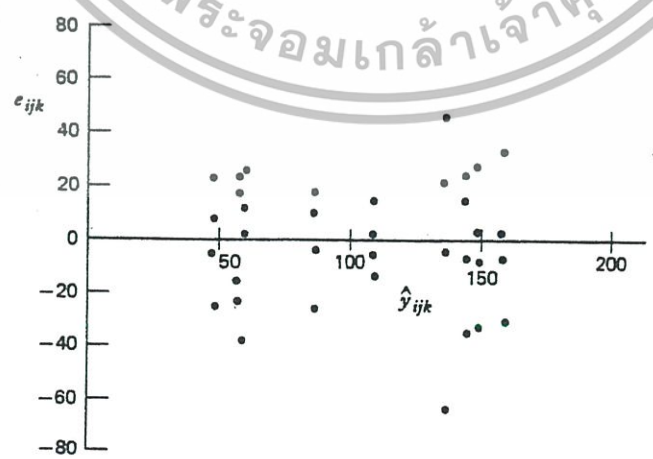
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของเศษตกค้าง

2) การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนว่ามีความแปรปรวนเท่ากันหรือไม่

ใช้การพล็อตกราฟเศษตกค้าง e_{ijk} กับค่าประมาณ $\hat{y}_{ijk}$ ดังแสดงในรูปที่ 2.5

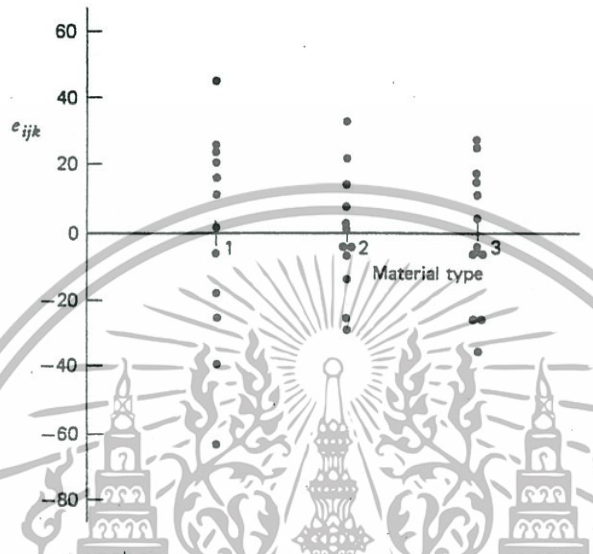


รูปที่ 2.5 การพล็อตเศษตกค้าง e_{ijk} กับค่าประมาณ $\hat{y}_{ijk}$

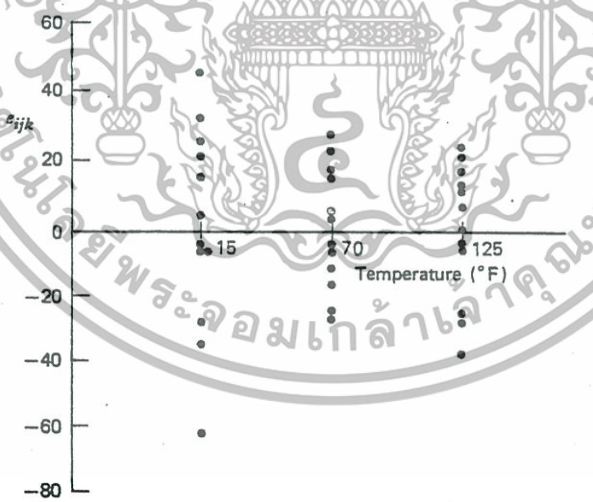
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะพบว่า มีแนวโน้มเล็กน้อยที่ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้น

จากรูปที่ 2.6 และ 2.7 พล็อตเศษตกค้างกับประเภทวัสดุและอุณหภูมิ จะพบว่าทั้ง 2 รูป แสดงให้เห็นว่ามีความไม่เท่ากันของความแปรปรวนเล็กน้อย โดยเฉพาะที่กลุ่มของทรีทเมนต์ที่ 15 °F และวัสดุประเภทที่ 1 จะเห็นว่ามีความแปรปรวนมากกว่ากลุ่มอื่น อย่างไรก็ตามปัญหานี้ไม่ร้ายแรงนักจนมีผลกับการวิเคราะห์และการสรุปผล



รูปที่ 2.6 พล็อตเศษตกค้างกับประเภทวัสดุ



รูปที่ 2.7 พล็อตเศษตกค้างกับอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.6 การทดสอบความเป็นปกติ ความเป็นอิสระกันและความเท่ากันของความแปรปรวนโดยใช้สถิติทดสอบ

1) การทดสอบความเป็นปกติ (Test for Normality) โดยใช้สถิติทดสอบ สามารถกระทำได้ในทำนองเดียวกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว ได้แก่ การทดสอบชาพิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk test) การทดสอบไค-กำลังสอง (Chi-square test) การทดสอบโคลโมโกรอฟ-สไมร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov test) การทดสอบลิลลิฟอร์ (Lilliefors test) การทดสอบไรอัน-จอยเนอร์ (Ryan-Joiner test) และการทดสอบแอนเดร์สัน-ดาร์ลิ่ง (Anderson-Darling test) เป็นต้น

จากการทดสอบเศษตกค้างโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ถ้าสถิติทดสอบมีค่าน้อยกว่าค่าที่เปิดจากตาราง หรือ P-Value มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด แสดงว่าเศษตกค้างมีการแจกแจงแบบปกติ

2) การทดสอบความเป็นอิสระกัน (Test for Independence) โดยใช้สถิติทดสอบ ได้แก่ การทดสอบรัน (Run test)

จากการทดสอบเศษตกค้างโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ถ้าสถิติทดสอบมีค่าน้อยกว่าค่าที่เปิดจากตาราง หรือถ้า P-Value มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด แสดงว่าเศษตกค้างมีความเป็นอิสระกัน

3) การทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน (Test for homogeneity of variance) โดยใช้ตัวสถิติทดสอบมีหลายวิธี ได้แก่ การทดสอบฮาร์ทเลย์ (Hartley's test) การทดสอบครอ็กคราน (Cochran's test) การทดสอบบาร์ทเลทท์ (Bartlett's test) และการทดสอบเลวีน (Levene's test) เป็นต้น

ให้ $\sigma_1^2, \sigma_2^2, ..., \sigma_a^2$ เป็นความแปรปรวนของประชากร a ทรีทเมนต์ โดยมีจำนวนซ้ำเป็น $n_1, n_2, ..., n_a$ ตามลำดับ ในการทดสอบความแปรปรวนของประชากร a ทรีทเมนต์ ว่ามีความแปรปรวนเท่ากันหรือไม่นั้นมีอยู่หลายวิธี โดยมีสมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบ

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = ... = \sigma_a^2$

$H_1 : \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$ อย่างน้อย 1 คู่ สำหรับ $i \neq j$

3.1) วิธีของฮาร์ทเลย์ (Hartley's Test)

ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบ

$$F = \frac{S_{max}^2}{S_{min}^2}$$

เมื่อ $S_{max}^2 = \max\left(S_1^2, S_2^2, ..., S_a^2\right)$ คือ ความแปรปรวนที่มีค่ามากที่สุด

$S_{min}^2 = \min\left(S_1^2, S_2^2, ..., S_a^2\right)$ คือ ความแปรปรวนที่มีค่าน้อยที่สุด

อาณาเขตวิกฤตหรืออาณาเขตปฏิเสธ H_0 คือ $F > F_{\alpha;a,n-1}$ ในกรณีที่มีจำนวนซ้ำเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาณาเขตวิกฤตหรืออาณาเขตปฏิเสธ H_0 คือ $F > F_{\alpha;a,n_i-1}$ ในกรณีที่มีจำนวนซ้ำไม่เท่ากัน ให้เลือก n_i ที่มีจำนวนซ้ำเท่ากันที่มีค่ามากที่สุด

3.2) วิธีของครอ็กคราน (Cochran Test)

ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบ

$$C = \frac{S^2_{max}}{\sum_{i=1}^{a} S_i^2}$$

เมื่อ $\sum_{i=1}^{a} S_i^2$ คือ ผลรวมความแปรปรวนของทุกทรีทเมนต์

อาณาเขตวิกฤตหรืออาณาเขตปฏิเสธ H_0 คือ $C > C_{\alpha;a,n-1}$ ในกรณีที่มีจำนวนซ้ำเท่ากัน

อาณาเขตวิกฤตหรืออาณาเขตปฏิเสธ H_0 คือ $C > C_{\alpha;a,n_i-1}$ ในกรณีที่มีจำนวนซ้ำไม่เท่ากัน ให้เลือก n_i ที่มีค่ามากที่สุด

3.3) วิธีของบาร์ทเลทท์ (Bartlett's Test)

ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบ

$$\chi^2 = \frac{M}{C}$$

เมื่อ $$M = 2.3026\left[\sum_{i=1}^{a}(n_i-1)\log\bar{S}^2 - \sum_{i=1}^{a}(n_i-1)\log S_i^2\right]$$

และ $$C = 1 + \frac{1}{3(a-1)}\left[\sum_{i=1}^{a}\frac{1}{n_i-1} - \frac{1}{\sum_{i=1}^{a}(n_i-1)}\right]$$

โดยที่ $$\bar{S}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{a}(n_i-1)S_i^2}{\sum_{i=1}^{a}(n_i-1)}$$

อาณาเขตวิกฤตหรืออาณาเขตปฏิเสธ H_0 คือ $\chi^2 > \chi^2_{\alpha;a-1}$

3.4) วิธีของเลวีน (Levene's Test)

วิธีการทดสอบเป็นดังนี้

1. คำนวณหาค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์ $(\bar{y}_{i\bullet})$
2. คำนวณหาค่าสัมบูรณ์ของส่วนเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์

$$e_{ij} = \left|y_{ij} - \bar{y}_{i\bullet}\right|$$

3. นำค่า e_{ij} มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way Analysis of Variance)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาณาเขตวิกฤตหรืออาณาเขตปฏิเสธ H_0 คือ $F > F_{\alpha;a-1,a(n-1)}$ ในกรณีที่มีจำนวนซ้ำเท่ากัน

อาณาเขตวิกฤตหรืออาณาเขตปฏิเสธ H_0 คือ $F > F_{\alpha;a-1,\sum_{i=1}^{a} n_i - a}$ ในกรณีที่มีจำนวนซ้ำไม่เท่ากัน

ในการทดสอบความแปรปรวนของประชากรทั้ง 4 วิธี ที่กล่าวมาแล้ว จะพบว่า**วิธีของเลวีน**มีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีอื่น ๆ โดยสามารถใช้ได้ทั้งในกรณีที่มีจำนวนซ้ำเท่ากันและไม่เท่ากัน และเป็นวิธีที่มีความทนทานต่อการฝ่าฝืนข้อสมมติเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน **วิธีของฮาร์ทเลย์และวิธีของคร็อกคราน**จะมีความไวในการตรวจสอบค่อนข้างต่ำ จำนวนซ้ำควรจะเท่ากัน และไม่ควรใช้ในกรณีที่มีจำนวนซ้ำแตกต่างกันมาก ๆ **วิธีของบาร์ทเลทท์**สามารถใช้ได้ทั้งในกรณีที่มีจำนวนซ้ำเท่ากันและไม่เท่ากัน แต่ไม่มีความทนทานต่อการฝ่าฝืนข้อสมมติเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงแบบปกติ กล่าวคือ วิธีของบาร์ทเลทท์ค่อนข้างจะมีความไวต่อข้อมูลที่มีความโด่งมากกว่าปกติ วิธีของบาร์ทเลทท์จะมีโอกาส ที่จะปฏิเสธ H_0 มากกว่าที่ควรจะเป็น

จากการทดสอบเศษตกค้างโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ถ้าสถิติทดสอบมีค่าน้อยกว่าค่าที่เปิดจากตาราง หรือถ้า P-Value มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด แสดงว่าเศษตกค้างมีความแปรปรวนเท่ากัน

ถ้าข้อมูลเป็นไปตามทั้ง 3 ข้อ แสดงว่าเศษตกค้างเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน จึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

แต่ถ้าข้อมูลเป็นไปตามข้อหนึ่งข้อใดใน 3 ข้อ แสดงว่าเศษตกค้างไม่เป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน สามารถกระทำตามขั้นตอนดังนี้

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

1.1) การแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม (Logarithmic transformation : log y)

วิธีนี้ใช้เมื่อความแปรปรวนตัวอย่างเป็นสัดส่วนกับกำลังสองของค่าเฉลี่ยตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม นั่นคือ $S^2 = c\bar{y}^{-2}$ หรือ $\frac{S^2}{\bar{y}^{-2}} = c$ เมื่อ c เป็นค่าคงที่ หรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่างเป็นสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม นั่นคือ $S = c\bar{y}$ หรือ $\frac{S}{\bar{y}} = c$ การแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมทำได้ดังนี้

$$y_t = \log y$$

ถ้าข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าน้อย เช่น น้อยกว่า 10 หรือมีบางค่าเป็น 0 ให้เพิ่มค่า 1 ในแต่ละค่าของข้อมูลก่อนที่จะใช้การแปลงแบบลอการิทึม ดังนั้นการแปลงข้อมูลแบบลอการิทึมเป็นดังนี้

$$y_t = \log(y+1)$$

ถ้าข้อมูลบางค่าน้อยกว่า 10 จะต้องทำการแปลงข้อมูล โดยที่ข้อมูลที่มีค่าน้อยจะแปลงข้อมูลแบบรากที่สอง ส่วนข้อมูลที่มีค่ามากจะแปลงข้อมูลแบบลอการิทึม การแปลงข้อมูลแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\log(y+1)$ จะเหมือนกับการแปลงข้อมูลแบบรากที่สองสำหรับข้อมูลที่มีค่าตั้งแต่ 10 ขึ้นไป แต่จะแตกต่างจากการแปลงข้อมูลแบบ $\log y$ เพียงเล็กน้อย

1.2) การแปลงข้อมูลแบบรากที่สอง (Square root transformation : $\sqrt{y}$)

วิธีนี้ใช้เมื่อความแปรปรวนตัวอย่างเป็นสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม นั่นคือ $S^2 = c\bar{y}$ หรือ $\frac{S^2}{\bar{y}} = c$ เมื่อ c เป็นค่าคงที่ หรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่างเป็นสัดส่วนกับรากที่สองของค่าเฉลี่ยตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม นั่นคือ $S = c\sqrt{\bar{y}}$ หรือ $\frac{S}{\sqrt{\bar{y}}} = c$ สำหรับความคลาดเคลื่อนของการแจกแจงแบบปัวส์ซง มีค่า c = 1 แต่บ่อยครั้งพบว่า c มากกว่า 1 ซึ่งแสดงว่าการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนมีความแปรปรวนมากกว่าการแจกแจงแบบปัวส์ซง การแปลงข้อมูลโดยวิธีนี้จะทำให้ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนเป็นอิสระต่อกัน ทำให้ความแปรปรวนมีความเป็นเอกภาพมากขึ้น (ความแปรปรวนมีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น) การแปลงข้อมูลแบบรากที่สองทำได้ดังนี้

$$y_t = \sqrt{y}$$

ถ้าข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่า 10 หรือ 15 หรือมีบางค่าเป็น 0 การแปลงข้อมูลโดยใช้ $\sqrt{y}$ จะไม่ค่อยถูกต้องนัก เนื่องจากพิสัยของค่าที่แปลงแล้วที่มีค่าเฉลี่ยน้อยอาจจะมากกว่าพิสัยของค่าที่แปลงแล้วที่มีค่าเฉลี่ยมาก ดังนั้นควรเพิ่มค่า 0.5 หรือ 1 ในแต่ละค่าของข้อมูลก่อนที่จะใช้การแปลงแบบ รากที่สอง ดังนั้นการแปลงข้อมูลแบบรากที่สองเป็นดังนี้

$$y_t = \sqrt{y+0.5}$$

หรือ $$y_t = \sqrt{y+1}$$

หรือ $$y_t = \sqrt{y} + \sqrt{y+1}$$

การแปลงข้อมูลแบบรากที่สองเหมาะสมสำหรับข้อมูลที่ค่าสังเกตเป็นจำนวนนับที่มีการแจกแจงแบบปัวส์ซง เช่น จำนวนแบคทีเรียในจานเลี้ยงเชื้อ จำนวนพืชหรือแมลงชนิดหนึ่งในพื้นที่แห่งหนึ่ง จำนวนต้นพืชที่เป็นโรคต่อแปลง จำนวนแมลงที่จับได้ในกรง หรือจำนวนวัชพืชต่อแปลง เป็นต้น จำนวนเหตุการณ์ต่อหน่วยเวลาหรือพื้นที่เมื่อเหตุการณ์นั้นเกิดขึ้นค่อนข้างยาก เช่น จำนวนแมลงที่จับได้ในกรง นักวิจัยบางคนใช้การแปลงข้อมูลแบบรากที่สองสำหรับพื้นที่ใบ เนื่องจากวัดในรูป (หน่วย)^2

1.3) การแปลงข้อมูลแบบอาร์คซายน์หรือแบบมุม
(Arcsine transformation or Angular transformation : $\arcsin\sqrt{y}$ or $\sin^{-1}\sqrt{y}$)

วิธีนี้ใช้เมื่อความแปรปรวนตัวอย่างกับค่าเฉลี่ยตัวอย่างอยู่ในรูป $S^2 = \bar{y}(1-\bar{y})$ การแปลงข้อมูลแบบอาร์คซายน์ทำได้ดังนี้

$$y_t = \arcsin\sqrt{y}$$

การแปลงข้อมูลแบบอาร์คซายน์เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบทวินามที่อยู่ในรูปสัดส่วน ข้อมูลจำนวนนับ ข้อมูลที่เป็นเลขทศนิยม ข้อมูลที่เป็นเปอร์เซนต์ในรูปจำนวนนับที่มีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของพิสัยในช่วงที่กว้าง เช่น เปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดพืช เปอร์เซนต์การตายของแมลง และข้อมูลที่เป็นเปอร์เซนต์ในรูปที่ไม่ใช่จำนวนนับ เช่น เปอร์เซนต์โปรตีน เปอร์เซนต์คาร์โบไฮเดรท

การแปลงข้อมูลแบบอาร์คซายน์จะถูกต้องเมื่อใช้ค่า n เท่า ๆ กัน เช่น ตัวอย่างในแต่ละกลุ่มประกอบด้วยเมล็ดพืช 50 เมล็ด หลังจากนั้นทำการเพาะเมล็ดและบันทึกจำนวนเมล็ดที่งอกในแต่ละกลุ่ม สามารถใช้การแปลงกับเปอร์เซนต์การงอกนี้ได้อย่างถูกต้อง ในกรณีนี้ค่า n ในแต่ละตัวอย่างมีค่าเท่ากันคือ 50 ถ้าค่าของ n แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ยังคงสามารถใช้การแปลงแบบอาร์คซายน์ได้ แต่ถ้าค่าของ n มีความแตกต่างกันอย่างมาก ควรใช้การวิเคราะห์แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted analysis)

1.4) การแปลงข้อมูลแบบกลับเศษเป็นส่วน (Reciprocal transformation : $\frac{1}{y}$)

วิธีนี้ใช้เมื่อส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่างเป็นสัดส่วนกับกำลังสองของค่าเฉลี่ยตัวอย่าง นั่นคือ $S = c\bar{y}^{-2}$ หรือ $\frac{S}{\bar{y}^{-2}} = c$ เมื่อ c เป็นค่าคงที่ การแปลงข้อมูลแบบกลับเศษเป็นส่วนทำได้ดังนี้

$$y_t = \frac{1}{y}$$

ถ้าข้อมูลบางค่าเป็น 0 ให้เพิ่มค่า 1 ในแต่ละค่าของข้อมูลก่อนที่จะใช้การแปลงแบบกลับเศษเป็นส่วน ดังนั้นการแปลงข้อมูลแบบกลับเศษเป็นส่วนเป็นดังนี้

$$y_t = \frac{1}{y+1}$$

การแปลงข้อมูลแบบกลับเศษเป็นส่วนเหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีระยะเวลาตอบสนอง เช่น ระยะเวลาที่ลูกปลามีชีวิตรอดหลังจากเลี้ยงในน้ำที่มีสารพิษ

วิธีการแปลงข้อมูลแต่ละวิธีจะเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลแต่ละประเภท อาจพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์และความแปรปรวนของทรีทเมนต์ (หรือพิสัยของทรีทเมนต์) โดยพล็อตกราฟแผนภาพการกระจาย (scatter diagram) วิธีการแปลงข้อมูลที่เหมาะสมที่สุดคือวิธีที่ทำให้ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของทรีทเมนต์มีความสัมพันธ์กันน้อยที่สุด

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

2.1) การใช้สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ (Nonparametric Statistics)

ถ้าใช้วิธีการแปลงข้อมูลทั้ง 4 วิธีแล้ว ไม่ทำให้ข้อมูลมีความแปรปรวนเท่ากัน และความคลาดเคลื่อนไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ ก็ไม่ควรใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ควรใช้เทคนิควิธีอื่นที่เหมาะสม ได้แก่ สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ เช่น การวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์จะใช้**การทดสอบของครัสคาล-วอลลิส (Kruskal – Wallis test)** และการวางแผนแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์จะใช้**การทดสอบของฟรีดแมน (Friedman test)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.9 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ

(Estimating the Model Parameters)

จากตัวแบบ

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

การประมาณค่าพารามิเตอร์ μ, τ_i, β_j และ $(\tau\beta)_{ij}$ จะใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (least squares method) และโดยอาศัยเงื่อนไข (constraint) ดังนี้

$$\sum_{i=1}^{a} \tau_i = 0$$

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

$$\sum_{i=1}^{a} (\tau\beta)_{ij} = 0 \quad \text{และ} \quad \sum_{j=1}^{b} (\tau\beta)_{ij} = 0$$

จะได้ค่าประมาณของพารามิเตอร์ ดังนี้

$$\hat{\mu} = \bar{y}_{\bullet\bullet\bullet}$$

$$\hat{\tau}_i = \bar{y}_{i\bullet\bullet} - \bar{y}_{\bullet\bullet\bullet} \quad ; \quad i = 1, 2, \ldots, a$$

$$\hat{\beta}_j = \bar{y}_{\bullet j\bullet} - \bar{y}_{\bullet\bullet\bullet} \quad ; \quad j = 1, 2, \ldots, b$$

$$\widehat{(\tau\beta)}_{ij} = \bar{y}_{ij\bullet} - \bar{y}_{i\bullet\bullet} - \bar{y}_{\bullet j\bullet} - \bar{y}_{\bullet\bullet\bullet} \quad ; \quad i = 1, 2, \ldots, a$$
$$j = 1, 2, \ldots, b$$

จากค่าประมาณดังกล่าว จะหาค่าประมาณของ y_{ijk} จากตัวแบบได้คือ

$$\hat{y}_{ijk} = \hat{\mu} + \hat{\tau}_i + \hat{\beta}_j + \widehat{(\tau\beta)}_{ij}$$

$$= \bar{y}_{\bullet\bullet\bullet} + (\bar{y}_{i\bullet\bullet} - \bar{y}_{\bullet\bullet\bullet}) + (\bar{y}_{\bullet j\bullet} - \bar{y}_{\bullet\bullet\bullet}) + (\bar{y}_{ij\bullet} - \bar{y}_{i\bullet\bullet} - \bar{y}_{\bullet j\bullet} + \bar{y}_{\bullet\bullet\bullet})$$

$$= \bar{y}_{ij\bullet}$$

นั่นคือ ค่าสังเกตที่ k ในเซลล์หรือกลุ่มของทรีทเมนต์ที่ ij ก็คือค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต n ค่า ในกลุ่มของทรีทเมนต์ที่ ij นั่นเอง อย่างไรก็ตาม ค่าประมาณของพารามิเตอร์เหล่านี้ไม่ได้มีเพียงค่าเดียวดังที่เคยให้ข้อสังเกตไว้แล้วในบทก่อน ๆ

2.2 รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกรียงศักดิ์ ไพรวรรณ, 2551 (8) ได้ทำการศึกษาผลของความยาววันและอุณหภูมิอากาศต่อการกำหนดช่วงเดือนเพาะปลูกที่เหมาะสมของข้าวชนิด Oryza indica L. 42 สายพันธุ์ และ Oryza japonica L. 4 สายพันธุ์ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลางของไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาช่วงเดือนเพาะปลูกที่เหมาะสมของข้าวชนิด Oryza japonica L. 4 สายพันธุ์ และ O. indica L. 42 สายพันธุ์ โดยใช้เกณฑ์การปรับพฤติกรรมการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวต่ออุณหภูมิอากาศและช่วงความยาววันในพื้นที่ทดลอง ดำเนินการทดลองที่ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ระหว่างเดือนมกราคม 2549 ถึงมิถุนายน 2550 ใช้แผนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลอง split plot design ทำ 3 ซ้ำ ตำรับการทดลองประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือเดือนเพาะปลูกข้าวจัดเป็น main plot มี 12 เดือน จัด main plot แบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design) โดยเพาะปลูกข้าวด้วยวิธีหว่านเมล็ดข้าวงอกทุกเดือน เดือนละ 1 ครั้ง ในวันที่ 7 ของเดือน ปัจจัยที่สองคือพันธุ์ข้าวที่ใช้เพาะปลูก มี 46 สายพันธุ์ เป็น subplot การเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยวันออกรวง 50% น้ำหนักแห้ง และผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือก ผลการวิจัยพบว่าบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลางของไทยพิกัดเส้นรุ้ง 16.27-16.30 องศาเหนือและเส้นแวง 102.47-103.41 องศาตะวันออก ใน 1 รอบปี มีความยาววันและอุณหภูมิอากาศทั้งอุณหภูมิสูงสุดในกลางวันและต่ำสุด ในกลางคืนเป็นแบบโค้งเดียว การตอบสนองต่ออุณหภูมิอากาศ พบว่าข้าว O. japonica L. ทั้ง 4 สายพันธุ์ตอบสนองต่ออุณหภูมิอากาศ ส่วน O. indica L. ทั้ง 46 สายพันธุ์ ไม่ตอบสนองต่ออุณหภูมิอากาศ การตอบสนองต่อช่วงแสงพบว่า สายพันธุ์ข้าวที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสงสามารถเพาะปลูกได้ทุกเดือนตลอดทั้งปี และทุกสายพันธุ์มีอายุการเพาะปลูกค่อนข้างคงที่ ประกอบด้วยข้าว O. japonica L. ทั้ง 4 สายพันธุ์ และ O. indica L. 13 สายพันธุ์ ข้าว O. indica L. สายพันธุ์ที่ตอบสนองต่อช่วงแสงประกอบด้วยสายพันธุ์ที่มีความยาววันวิกฤตเฉลี่ย 12 ชั่วโมง 15 นาที เหมาะสมเพาะปลูกในเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม มี 8 สายพันธุ์ สายพันธุ์ที่มีความยาววันวิกฤตเฉลี่ย 11 ชั่วโมง 43 นาที เหมาะสมเพาะปลูกในเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม มี 9 สายพันธุ์ และสายพันธุ์ที่มีความยาววันวิกฤตเฉลี่ย 11 ชั่วโมง 15 นาที เหมาะสมเพาะปลูกในเดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคม มี 11 สายพันธุ์

พวงผกา แก้วกรม สุรีย์พร ธรรมิกพงษ์ และสุรางค์รัตน์ พันแสง, 2551 (9) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและผลกระทบที่มีต่อข้าวในจังหวัดเพชรบูรณ์ วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อประเมินผลกระทบของภาวะโลกร้อนที่มีต่อลักษณะชีพลักษณ์ งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการในพื้นที่ตำบลน้ำก้อ ซึ่งเป็นพื้นที่วิจัยหลัก และตำบลหนองสว่าง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิของสภาพภูมิอากาศในจังหวัดเพชรบูรณ์ จากกรมอุตุนิยมวิทยา มีการประเมินลักษณะผลผลิตของข้าวได้มีการทดสอบข้าวไทย 3 สายพันธุ์ คือ กข 10 ขาวดอกมะลิ 105 และพิษณุโลก 80 ใน 3 พื้นที่ทดลอง คือ ตำบลน้ำก้อ (NK I และ NK II) และตำบลหนองสว่าง (NW) ผลการวิจัยสรุปได้ว่าผลการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศที่เป็นผลกระทบจากภาวะโลกร้อนมีผลต่อการเกิดเมล็ดลีบของข้าว โดยเฉพาะพันธุ์ กข 10 ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในช่วง 10 ปีย้อนหลังระหว่างปี ค.ศ.1999-2008 มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้นประมาณ 0.36-0.86 องศาเซลเซียส ทั่วจังหวัดเพชรบูรณ์ ผลของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิไม่มีผลเหนี่ยวนำการยืดระยะเวลาการเพาะปลูกข้าว แต่มีผลทาให้ข้าวมีอัตราการเกิดเมล็ดลีบสูงขึ้น โดยเฉพาะข้าวสายพันธุ์ กข 10 (26.71-40.71%)

กนกพร บุญศิริชัย และคณะ, 2553 (10) ทำการศึกษาการตอบสนองต่อช่วงแสงและพันธุศาสตร์ของข้าวหอมสายพันธุ์กลายออกรวงเร็ว จากการชักนำให้กลายพันธุ์ด้วยอนุภาคนิวตรอนเร็วในการศึกษาความไวต่อช่วงแสงในข้าวหอมสายพันธุ์กลายที่สามารถให้ผลผลิตนอกฤดูปลูก ให้ชื่อว่าข้าวสายพันธุ์กลาย 20-200-4 พบว่าสามารถออกรวงก่อนข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างมีนัยสาคัญทางสถิติในทุกเดือนปลูกยกเว้นเดือนพฤศจิกายน โดยในการปลูกนอกฤดูปลูกในเดือนพฤษภาคม – กรกฎาคม พบว่าสามารถออกรวงก่อนข้าวขาวดอกมะลิ 105 มากกว่า 40 วัน แต่เมื่อนำมาคำนวณดัชนีความไวต่อช่วงแสงพบว่าข้าวสายพันธุ์กลาย 20-200-4 เป็นสายพันธุ์ที่ยังตอบสนองต่อช่วงแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจัดอยู่ในกลุ่ม weakly photoperiod sensitive การศึกษาการกระจายตัวของดีเอ็นเอเครื่องหมายเปรียบเทียบกับการกระจายตัวของลักษณะออกรวงเร็วหรือช้า ในประชากรลูกผสมระหว่างข้าวสายพันธุ์กลาย 20-200-4 กับข้าวหางยี 71 พบว่าดีเอ็นเอเครื่องหมาย RM410 ซึ่งเป็นดีเอ็นเอเครื่องหมายชนิด simple sequence repeats มีการกระจายตัวสัมพันธ์กับระยะออกดอก แสดงว่ายีนกลายที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระยะออกรวงในข้าวสายพันธุ์กลาย20-200-4 อยู่บนโครโมโซม 9

ร่วมจิตร นกเขา ถิรายุทธ์ วิจิตรภาพ และสตางค์ หัสนันท์, 2553 (11) ได้ทำการทดลองเพื่อคัดเลือกหาพันธุ์ข้าวไร่ทนวัชพืช โดยนำพันธุ์ข้าวไร่ที่ให้ผลผลิตสูงที่ผ่านการคัดเลือกพันธุ์บริสุทธิ์แบบคัดรวมในสภาพไร่ 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เล็บนก และพันธุ์ดอกขาม ปลูกทดลองที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพร เริ่มการทดลองเดือน กรกฎาคม ถึงเดือนพฤศจิกายน 2552 โดยไม่มีการกำจัดวัชพืชทุกระยะของการเจริญเติบโตจนกระทั่งเก็บเกี่ยว แปลงปลูกแต่ละแปลงขนาด 20x20 เมตร ใช้ระยะปลูก 25x30 เซนติเมตร โดยไม่มีการกำจัดวัชพืชทุกระยะของการเจริญเติบโตจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ผลการทดลอง พบว่า มีวัชพืชในแปลงข้าวทั้ง 2 พันธุ์ จำนวน 14 ชนิดที่มีการกระจายตัวอย่างหนาแน่น ต้นข้าวพันธุ์ดอกขามและเล็บนกที่ผ่านเกณฑ์มาตรการจำนวน 10 และ 18 ต้น ตามลำดับ โดยพันธุ์ดอกขามมีความสูงต้น 95-120 เซนติเมตร มีอายุออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ที่ 105 วันหลังงอกและอายุเก็บเกี่ยว 132 วันหลังงอก มีจำนวนเมล็ดดีและเมล็ดลีบต่อรวง 210-284 และ 10-58 เมล็ด ตามลำดับ พันธุ์เล็บนกมีความสูงต้นในช่วง 91-119 เซนติเมตร มีอายุออกดอกที่ 50 เปอร์เซ็นต์ 104 วันหลังงอก และอายุเก็บเกี่ยว 132 วันหลังงอก มีจำนวนเมล็ดดีและเมล็ดลีบต่อรวง 200-364 และ 4-38 เมล็ด ตามลำดับ

เจษฎา จงใจดีและคณะ, 2553 (12) ศึกษาผลของอุณหภูมิสูงต่อความมีชีวิตของละอองเรณูและการปฏิสนธิในพันธุ์ข้าวไทย พบว่าอุณหภูมิสูงระหว่างดอกบานเป็นสาเหตุทำให้เกสรเพศผู้เป็นหมันและการผสมเกสรล้มเหลว ผลผลิตข้าวในประเทศไทยมีความเสี่ยงต่อความเสียหายจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นในภาวะโลกร้อน การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอิทธิพลของอุณหภูมิในช่วงดอกบานต่อความมีชีวิตของละอองเรณูและการปฏิสนธิในข้าวพันธุ์หลัก 3 พันธุ์คือ ชัยนาท 1 สุพรรณบุรี 1 และสันป่าตอง 1 ปลูกในกระถางสภาพดินน้ำขัง โดยปลูกข้าว แต่ละชุดห่างกันชุดละ 15 วัน ทั้งหมด 6 ครั้ง ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2551 ถึงมกราคม 2552 เพื่อให้ออกดอกในช่วงอุณหภูมิสูงที่แตกต่างกัน ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน 2552 ที่ระยะดอกบาน เก็บตัวอย่างละอองเกสรเพศผู้ของข้าวแต่ละพันธุ์มาประเมินความมีชีวิตโดยการงอกของละอองเรณูในอาหารเลี้ยงและการงอกบนเกสรเพศเมียโดยการย้อมด้วย phenol cotton blue ความสำเร็จของกระบวนการปฏิสนธิประเมินจากการติดเมล็ดและการเติมเต็มเมล็ดที่ระยะสุกแก่ จากการทดลองพบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น การงอกของละอองเรณูในอาหารเลี้ยงและบนเกสรเพศเมียรวมทั้งเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดลดลง โดยการงอกของละอองเรณูและเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดของข้าวแต่ละพันธุ์นั้นตอบสนองต่ออุณหภูมิสูงแตกต่างกัน และเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดที่ระยะสุกแก่มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การงอกของละอองเรณูในอาหารเลี้ยงและจำนวนละอองเรณูที่งอกบนเกสรเพศเมีย ($r = 0.78$ และ $r = 0.54$, $P < 0.001$ ตามลำดับ) ดังนั้นความมีชีวิตของละอองเรณูและการปฏิสนธินั้นถูกจำกัดโดยอุณหภูมิสูง ซึ่งพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีความทนทานมากที่สุด ส่วนพันธุ์สันป่าตอง 1 เป็นพันธุ์ที่อ่อนแอที่สุด นอกจากนี้วิธีการประเมินการงอกของละอองเรณูบนอาหารเลี้ยงและบนเกสรเพศเมียสามารถนำไปใช้ประเมินอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการติดเมล็ดในข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zakaria, S. และคณะ, 2002 (13) ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของอุณหภูมิสูงที่ระยะเก็บเกี่ยวซึ่งส่งผลต่อการเก็บสะสมสารอาหารไว้ในเมล็ดในสายพันธุ์ข้าว พบว่าความทนทานต่ออุณหภูมิสูงและลักษณะทางโครงสร้างของข้าว ที่ยังไม่สมบูรณ์มีสาเหตุมาจากอุณหภูมิสูงที่ระยะเก็บเกี่ยวศึกษาโดยใช้ข้าวที่ผ่านการคัดเลือก 13 สายพันธุ์ ทรีทเมนต์ที่มีอุณหภูมิสูง (อุณหภูมิสูงสุดในแต่ละวันอยู่ในช่วงระหว่าง 32-40 องศาเซลเซียส) กำหนดให้จากวันที่ 4 หลังจากได้รับความร้อนจะทำให้น้ำหนักช่อดอกลดลงในสายพันธุ์ที่ตรวจสอบทุกสายพันธุ์ จำนวนของเมล็ดข้าวที่ว่างเปล่าในส่วนด้านบนและด้านล่างของช่อดอกเพิ่มขึ้นโดยอุณหภูมิสูงใน 10 สายพันธุ์ สายพันธุ์ KRN, Citanduy, Belle patna และ BPB ทนต่อทรีทเมนต์ที่มีอุณหภูมิสูงที่ระยะเก็บเกี่ยวได้ดี และสายพันธุ์ Koshihikari, Sanlicun, Tainung 67, Yamada-nishiki และ Lady Wright มีความไว (sensitive) จากการสังเกตโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ที่ใช้แสงพบว่าเอนโดสเปริม์ (endosperm) ถูกปกคลุมด้วย nucellar epidermis (NE) ภายใต้ทั้งสภาพอุณหภูมิปานกลางและอุณหภูมิสูง (26-31 องศาเซลเซียส) ในสัปดาห์แรกหลังจากให้ความร้อน ภายใต้สภาพอุณหภูมิสูงจะทำให้ NE เสื่อมสลายลงก่อนภายใต้สภาพอุณหภูมิปกติ จากการสังเกตโดยใช้กล้องจุลทรรศน์กวาดภาพพบว่าเซลล์เอนโดสเปริม์ของเมล็ดข้าวที่มีแรงดึงดูดที่เฉพาะสูงกว่า 1.06 จะทำให้ amyloplast เต็มไปด้วยแป้งเม็ดเล็ก ๆ อย่างไรก็ตาม เซลล์เอนโดสเปริม์ของเมล็ดข้าวที่มีแรงดึงดูด 1.00-1.06 จะมี amyloplast เล็ก ๆ จำนวนมากที่ประกอบด้วยแป้งเม็ดเล็ก ๆ และมีช่องว่างจำนวนมากใน amyloplast ในเซลล์เอนโดสเปริม์ที่ด้านข้างของเมล็ดข้าวที่ยังไม่สมบูรณ์โครงสร้างที่เป็นเยื่อใยของข้าวจะสังเกตเห็นส่วนประกอบของแป้งเม็ดเล็ก ๆ เจริญเติบโตขึ้น

Shah F. และคณะ, 2011 (14) ได้ทำการศึกษาเรื่องผลกระทบของอุณหภูมิสูงที่ส่งผลต่อการปลูกข้าวและการทดลองที่สัมพันธ์กับการทนความร้อน พบว่าอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น 2-4 องศาเซลเซียส ในตอนปลายศตวรรษที่ 21 ส่งผลต่อผลผลิตของข้าว ผลกระทบของอุณหภูมิสูงในตอนกลางคืนทำให้อุณหภูมิในช่วงเวลากลางวันหรืออุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวันเพิ่มสูงขึ้นด้วย การออกดอกอยู่ในระยะที่ไว (sensitive) มากที่สุดต่ออุณหภูมิสูง ซึ่งในบางครั้งอาจจะนำไปสู่การไม่ออกรวงอย่างสมบูรณ์เลยก็ได้ ความชื้นก็มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มการออกรวงที่อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น ความแปรผันอย่างมีนัยสำคัญพบใน germplasma ของข้าวในการตอบสนองต่ออุณหภูมิ การปกป้องของโครงสร้างโปรตีน เอนไซม์และการปรากฏของโปรตีนสะท้อนความร้อน (heat shock protein) เป็นกระบวนการทางชีวเคมีบางอย่างซึ่งสามารถให้ความร้อนได้ การทดลองทั้งหมดเหล่านี้ควรจะใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวสำหรับพัฒนาสายพันธุ์ที่ทนความร้อนได้ในอนาคต การหาสายพันธุ์ที่มีความไวต่อความร้อนโดยใช้สายพันธุ์ทนความร้อนได้ดี การปรับเปลี่ยนระยะเวลาในการหว่านเมล็ด การคัดเลือกสายพันธุ์ในช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตโดยหลีกเลี่ยงช่วงระยะวิกฤตสูงสุดและการใช้ฮอร์โมนพืชจะช่วยบรรเทาการลดลงของผลผลิตข้าวเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 อุปกรณ์ในการวิจัย

3.1.1 อุปกรณ์ที่มีอยู่แล้ว

1) พันธุ์ข้าวไร่
2) ห้องควบคุมอุณหภูมิ
3) จอบ
4) ตลับเมตร
5) คอมพิวเตอร์
6) เครื่องพิมพ์เลเซอร์
7) โปรแกรมสำเร็จรูป MINITAB Version 16

3.1.2 อุปกรณ์ที่ต้องการเพิ่ม

1) กระถางขนาด 12 นิ้ว
2) ปุ๋ยวิทยาศาสตร์สูตร 15-15-15
3) ปุ๋ยคอก

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเรื่องอิทธิพลของอิทธิพลของพันธุ์ข้าวและอุณหภูมิที่มีต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไร่ โดยวางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลชนิดสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วยปัจจัย 2 ปัจจัย คือ พันธุ์ข้าว 5 สายพันธุ์ และอุณหภูมิ 2 อุณหภูมิ บันทึกลักษณะการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไร่ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.2.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลชนิดสุ่มสมบูรณ์ (factorial in completely randomized design : factorial in CRD) ประกอบด้วยปัจจัย 2 ปัจจัย คือ พันธุ์ข้าว 5 สายพันธุ์ คือ ภูเขาทอง ดอกขาม สามเดือน นางดำ และเล็บมือนาง และอุณหภูมิ 2 อุณหภูมิ คือ สภาพตามธรรมชาติ และห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 °C ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ในกระถางขนาด 12 นิ้ว จำนวนทั้งหมด 30 กระถาง โดยแบ่งเป็นการปลูกในสภาพตามธรรมชาติ 15 กระถาง และปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 15 กระถาง

3.2.2 วิธีการสุ่ม

วิธีการสุ่มพันธุ์ข้าวให้กับแปลงทดลอง (การปลูกในสภาพตามธรรมชาติและการปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 °C) ใช้วิธีการจับสลาก โดยนำกระดาษมา 15 ชิ้น เขียนพันธุ์ข้าวทั้ง 5 สายพันธุ์ ลงบนกระดาษอย่างละ 3 ชิ้น แล้วสุ่มหยิบกระดาษขึ้นมาครั้งละ 1 ชิ้น แบบไม่ใส่กลับคืน ในที่นี้พันธุ์ข้าวและลำดับที่สอดคล้องกันในกระดาษแต่ละชิ้นที่สุ่มหยิบได้เป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการปลูกในสภาพตามธรรมชาติ

ลำดับ	1	2	3	4	5	6	7	8
พันธุ์ข้าว	เล็บมือนาง	สามเดือน	ภูเขาทอง	ภูเขาทอง	นางดำ	สามเดือน	เล็บมือนาง	ดอกขาม
ลำดับ	9	10	11	12	13	14	15	
พันธุ์ข้าว	สามเดือน	ดอกขาม	นางดำ	นางดำ	เล็บมือนาง	ภูเขาทอง	ดอกขาม	

สำหรับการปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 °C

ลำดับ	1	2	3	4	5	6	7	8
พันธุ์ข้าว	นางดำ	ดอกขาม	เล็บมือนาง	ภูเขาทอง	นางดำ	ภูเขาทอง	นางดำ	สามเดือน
ลำดับ	9	10	11	12	13	14	15	
พันธุ์ข้าว	สามเดือน	เล็บมือนาง	ดอกขาม	ภูเขาทอง	เล็บมือนาง	ดอกขาม	สามเดือน	

3.2.3 การปลูกและดูแลรักษา

ผสมดินปลูกใส่ลงในกระถาง โดยใช้มูลวัวผสมกับดิน หยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่กระถางละ 3 เมล็ด เมื่อข้าวอายุ 14 วันหลังงอก ถอนให้เหลือกระถางละ 1 ต้น เพื่อให้ต้นข้าวเจริญเติบโตได้ดีและต้นข้าวไม่แน่นกระถางจนเกินไป กำจัดวัชพืชโดยการถอน ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 เมื่อข้าวอายุ 20 วันหลังงอก และ 45 วันหลังงอก หรือก่อนข้าวตั้งท้อง ให้น้ำ 2 วันต่อครั้ง เก็บเกี่ยวข้าวแต่ละพันธุ์เมื่อเข้าสู่ระยะพลับพลึง

3.2.4 การบันทึกข้อมูล

บันทึกลักษณะการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไร่ ได้แก่ ความสูงต้น อายุแตกกอ อายุตั้งท้อง อายุออกดอกที่ 50 เปอร์เซ็นต์ อายุเก็บเกี่ยว จำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวง จำนวนดอกเป็นหมัน จำนวนเมล็ดเขียว เปอร์เซ็นต์ท้องไข่ จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง จำนวนเมล็ดลีบต่อรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และความยาวคอรวง

3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล (สายชล สินสมบูรณ์ทอง, 2549 (15))

ในการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลชนิดสุ่มสมบูรณ์ ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง โดยใช้สถิติทดสอบเอฟ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์โดยใช้การทดสอบของทูกีย์ (Tukey test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป MINITAB Version 16

3.2.6 สถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลองที่แปลงทดลอง ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร หมู่ 6 ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ : การเดินทาง

ครั้งที่ 1 วางแผนในเรื่องการเพาะปลูกข้าวและการดูแลรักษา

ผู้รับผิดชอบ รศ.สายชล สินสมบูรณ์ทอง และผศ.ดร.ร่วมจิตร นกเขา

ครั้งที่ 2 ติดตามการดูแลการเจริญเติบโตและการดูแลรักษา ทำการเก็บรวบรวบข้อมูลลักษณะการเจริญเติบโตของข้าวไร่

ผู้รับผิดชอบ รศ.สายชล สินสมบูรณ์ทอง และผศ.ดร.ร่วมจิตร นกเขา

ครั้งที่ 3 ติดตามการดูแลการเจริญเติบโตและการดูแลรักษา ทำการเก็บรวบรวบข้อมูลลักษณะการเจริญเติบโตของข้าวไร่

ผู้รับผิดชอบ รศ.สายชล สินสมบูรณ์ทอง และผศ.ดร.ร่วมจิตร นกเขา

ครั้งที่ 4 ทำการเก็บรวบรวบข้อมูลผลผลิตของข้าวไร่

ผู้รับผิดชอบ รศ.สายชล สินสมบูรณ์ทอง และผศ.ดร.ร่วมจิตร นกเขา

3.3 สภาพโรงเรือน



รูปที่ 3.1 สภาพภายนอกโรงเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 สภาพภายในโรงเรือน

3.4 ข้าวระยะตั้งท้อง

การปลูกในสภาพตามธรรมชาติ การปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 ˚C



รูปที่ 3.3 พันธุ์ข้าวภูเขาทองในระยะตั้งท้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปลูกในสภาพตามธรรมชาติ

การปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 °C



รูปที่ 3.4 พันธุ์ข้าวดอกขามในระยะตั้งท้อง



รูปที่ 3.5 พันธุ์ข้าวสามเดือนในระยะตั้งท้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปลูกในสภาพตามธรรมชาติ

การปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 °C



รูปที่ 3.6 พันธุ์ข้าวนางดำในระยะตั้งท้อง



รูปที่ 3.7 พันธุ์ข้าวเล็บมือนางในระยะตั้งท้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ข้าวระยะออกรวง

การปลูกในสภาพตามธรรมชาติ



การปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 °C



รูปที่ 3.8 พันธุ์ข้าวภูเขาทองในระยะออกรวง





รูปที่ 3.9 พันธุ์ข้าวดอกขามในระยะออกรวง

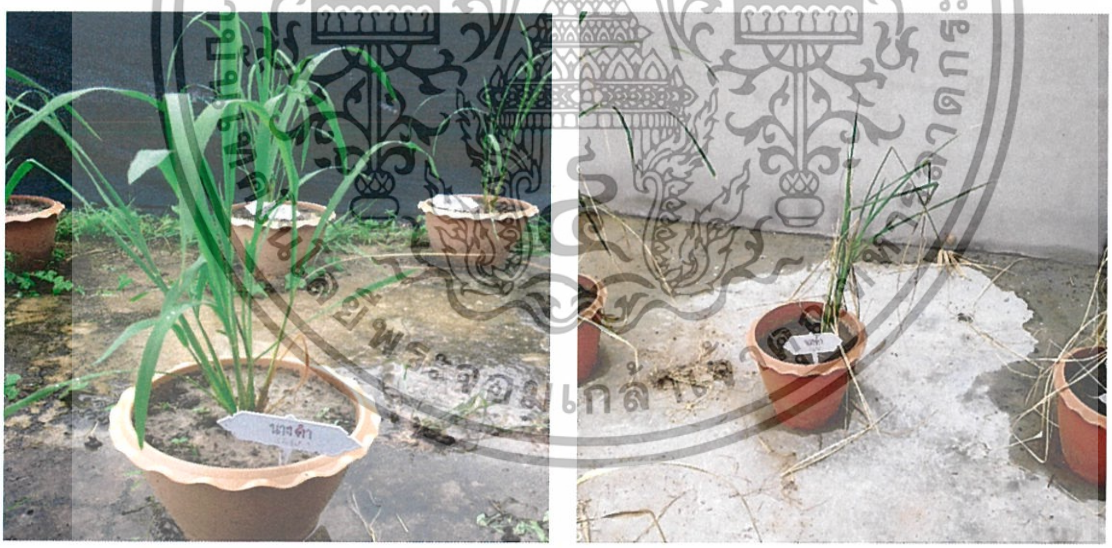
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปลูกในสภาพตามธรรมชาติ

การปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 °C



รูปที่ 3.10 พันธุ์ข้าวสามเดือนในระยะออกรวง



รูปที่ 3.11 พันธุ์ข้าวนางดำในระยะออกรวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปลูกในสภาพตามธรรมชาติ

การปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 °C



รูปที่ 3.12 พันธุ์ข้าวเล็บมือนางในระยะออกรวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ความสูงต้นข้าว

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้น (assumption) ของการแจกแจงแบบปกติ (Normality) ความเป็นอิสระกัน (Independent) และความแปรปรวนเท่ากัน (Homogeneity) ของเศษตกค้าง (residual) ของความสูงต้นข้าวสำหรับพันธุ์ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ คือ ภูเขาทอง ดอกขาม สามเดือน นางดำ เล็บมือนาง และสภาพการปลูก 2 อุณหภูมิ คือ ในสภาพตามธรรมชาติและห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2558 ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวสำหรับพันธุ์ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ และสภาพการปลูก 2 อุณหภูมิ ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558

การตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้น	การแจกแจงแบบปกติ โดยใช้ Anderson-Darling test	ความเป็นอิสระกัน โดยใช้ Run test	ความแปรปรวนเท่ากันโดยใช้ Bartlett's test	Leven test
ความสูงต้นข้าว				
1. เดือนมิถุนายน	✓	✓		
พันธุ์ข้าว			✓	✓
สภาพการปลูก			✓	✓
2. เดือนกรกฎาคม	✓	✓		
พันธุ์ข้าว			✓	✓
สภาพการปลูก			×	×
3. เดือนสิงหาคม	✓	✓		
พันธุ์ข้าว			✓	✓
สภาพการปลูก			×	×
4. เดือนกันยายน	✓	✓		
พันธุ์ข้าว			✓	✓
สภาพการปลูก			✓	✓

หมายเหตุ ✓ หมายถึง เศษตกค้างเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น

× หมายถึง เศษตกค้างไม่เป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน กล่าวคือ เศษตกค้างมีการแจกแจงแบบปกติ มีความเป็นอิสระกัน และมีความแปรปรวนเท่ากัน ยกเว้นในเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม ความแปรปรวนของเศษตกค้างของสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิไม่เท่ากัน แต่เนื่องจากข้อมูลมีจำนวนน้อยเกินไป จึงอนุโลมว่าความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวสำหรับสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากัน (รายละเอียดในภาคผนวก หัวข้อ 1.1 ความสูงต้นข้าว) จึงนำข้อมูลไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป ดังตารางที่ 4.2-4.5

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้นข้าวเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2558

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	896.07	224.02	**8.06**	**0.000**
Temperature	1	95.41	95.41	**3.43**	**0.079**
Variety*Temperature	4	51.66	12.91	0.46	0.761
Error	20	555.85	27.79		
Total	29	1,598.99			

S = 5.27188 R-Sq = 65.24% R-Sq(adj) = 49.59%

สมมติฐาน

$H_0:(\tau\beta)_{11}=(\tau\beta)_{12}=\ldots=(\tau\beta)_{52}=0$

$H_1:(\tau\beta)_{ij}\neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 0.46 และ p-value = 0.761 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและสภาพการปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการทดสอบอิทธิพลของพันธุ์ข้าวและสภาพการปลูกต่อไป

สมมติฐาน

$H_0:\tau_1=\tau_2=\ldots=\tau_5$

$H_1:\tau_i\neq\tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 8.06 และ p-value = 0.000 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณโดยวิธีทูกีย์ (Tukey method) ต่อไปดังนี้

Variety	n	Mean	Grouping
2	6	43.1	A
4	6	40.9	A
1	6	36.4	A B
5	6	30.3	B
3	6	29.5	B

จากการเปรียบเทียบพหุคูณจะพบว่าข้าวพันธุ์ภูเขาทอง ดอกขาม และนางดำมีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ข้าวพันธุ์ภูเขาทอง สามเดือน และเล็บมือนางก็มีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ส่วนข้าวพันธุ์ดอกขามและนางดำมีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างจากข้าวพันธุ์สามเดือนและเล็บมือนาง โดยที่ข้าวพันธุ์ดอกขามมีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 43.1 เซนติเมตร

สมมติฐาน

$H_0:\beta_1=\beta_2$

$H_1:\beta_1\neq\beta_2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก F = 3.43 และ p-value = 0.079 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้นข้าวเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2558

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	2,417.5	604.4	**3.06**	**0.041**
Temperature	1	520.0	520.0	**2.63**	**0.121**
Variety*Temperature	4	404.6	101.1	0.51	0.728
Error	20	3,954.4	197.7		
Total	29	7,296.6			

S = 14.0614 R-Sq = 45.80% R-Sq(adj) = 21.42%

สมมติฐาน

$H_0: (\tau\beta)_{11} = (\tau\beta)_{12} = \ldots = (\tau\beta)_{52} = 0$

$H_1: (\tau\beta)_{ij} \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 0.51 และ p-value = 0.728 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและสภาพการปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการทดสอบอิทธิพลของพันธุ์ข้าวและสภาพการปลูกต่อไป

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 3.06 และ p-value = 0.041 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณโดยวิธีทูกีย์ต่อไปดังนี้

Variety	n	Mean	Grouping
2	**6**	**99.2**	**B**
1	6	78.8	A
4	6	77.2	A
5	6	76.3	A
3	6	75.5	A

จากการเปรียบเทียบพหุคูณข้าวพันธุ์ดอกขามมีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างจากข้าวพันธุ์ภูเขาทอง สามเดือน นางดำและเล็บมือนาง โดยที่ข้าวพันธุ์ดอกขามมีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 99.2 เซนติเมตร

สมมติฐาน

$H_0: \beta_1 = \beta_2$

$H_1: \beta_1 \neq \beta_2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก F = 2.63 และ p-value = 0.121 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้นข้าวเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	557.7	139.4	**1.05**	**0.408**
Temperature	1	1,836.1	1,836.1	**13.79**	**0.001**
Variety*Temperature	4	475.6	118.9	**0.89**	**0.486**
Error	20	2,662.9	133.1		
Total	29	5,532.2			

S = 11.5387 R-Sq = 51.87% R-Sq(adj) = 30.21%

สมมติฐาน

$H_0: (\tau\beta)_{11} = (\tau\beta)_{12} = \ldots = (\tau\beta)_{52} = 0$

$H_1: (\tau\beta)_{ij} \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 0.89 และ p-value = 0.486 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและสภาพการปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการทดสอบอิทธิพลของพันธุ์ข้าวและสภาพการปลูกต่อไป

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 1.05 และ p-value = 0.408 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สมมติฐาน

$H_0: \beta_1 = \beta_2$

$H_1: \beta_1 \neq \beta_2$

เนื่องจาก F = 13.79 และ p-value = 0.001 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณโดยวิธีทูกีย์ต่อไปดังนี้

Temperature	n	Mean	Grouping
2	**15**	**124.4**	A
1	15	108.7	B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเปรียบเทียบพหุคูณจะพบว่าการปลูกข้าวในสภาพตามธรรมชาติมีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างจากการปลูกข้าวในสภาพห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โดยที่ข้าวที่ปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยมากกว่าคือ 124.4 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้นข้าวเดือนกันยายน พ.ศ. 2558

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	333.9	83.5	0.56	0.695
Temperature	1	434.7	434.7	2.91	0.103
Variety*Temperature	4	604.5	151.1	1.01	0.424
Error	20	2,984.8	149.2		
Total	29	4,357.9			

S = 12.2164 R-Sq = 31.51% R-Sq(adj) = 0.69%

สมมติฐาน

$H_0: (\tau\beta)_{11} = (\tau\beta)_{12} = \ldots = (\tau\beta)_{52} = 0$

$H_1: (\tau\beta)_{ij} \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 1.01 และ p-value = 0.424 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและสภาพการปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการทดสอบอิทธิพลของพันธุ์ข้าวและสภาพการปลูกต่อไป

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 0.56 และ p-value = 0.695 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สมมติฐาน

$H_0: \beta_1 = \beta_2$

$H_1: \beta_1 \neq \beta_2$

เนื่องจาก F = 2.91 และ p-value = 0.103 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 อายุต้นข้าว

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นของการแจกแจงแบบปกติ ความเป็นอิสระกัน และความแปรปรวนเท่ากันของเศษตกค้างของอายุต้นข้าวคือ อายุแตกกอ อายุตั้งท้อง อายุออกดอก และอายุเก็บเกี่ยว สำหรับพันธุ์ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ คือ ภูเขาทอง ดอกขาม สามเดือน นางดำ และเล็บมือนาง ในสภาพการปลูกตามธรรมชาติ ผลดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นของเศษตกค้างของอายุต้นข้าวสำหรับพันธุ์ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ ในสภาพการปลูกตามธรรมชาติ

การตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้น	การแจกแจงแบบปกติ โดยใช้ Anderson-Darling test	ความเป็นอิสระกัน โดยใช้ Run test	ความแปรปรวนเท่ากันโดยใช้ Bartlett's test	Leven test
อายุแตกกอ	✓	✓	✓	✓
อายุตั้งท้อง	✓	✓	✓	✓
อายุออกดอกที่ 50%	✓	✓	✓	✓
อายุเก็บเกี่ยว	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ ✓ หมายถึง เศษตกค้างเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าเศษตกค้างของอายุแตกกอ อายุตั้งท้อง อายุออกดอกที่ 50% และอายุเก็บเกี่ยวเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน กล่าวคือ เศษตกค้างมีการแจกแจงแบบปกติ มีความเป็นอิสระกัน และมีความแปรปรวนเท่ากัน (รายละเอียดในภาคผนวก หัวข้อ 1.2 อายุต้นข้าว) จึงนำข้อมูลไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 4.7-4.10

ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนอายุแตกกอ (หน่วย : วันหลังงอก) ของข้าวทั้ง 5 พันธุ์

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	71.07	17.77	2.32	0.128
Error	10	76.67	7.67		
Total	14	147.73			

S = 2.769 R-Sq = 48.10% R-Sq(adj) = 27.35%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 2.32 และ p-value = 0.128 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอายุแตกกอโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนอายุตั้งท้อง (หน่วย : วันหลังงอก) ของข้าวทั้ง 5 พันธุ์

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	3,813.7	953.4	**17.40**	**0.000**
Error	10	548.0	54.8		
Total	14	4,361.7			

S = 7.403 R-Sq = 87.44% R-Sq(adj) = 82.41%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 17.40 และ p-value = 0.000 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอายุตั้งท้องโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณโดยวิธีทูกีย์ต่อไปดังนี้

Variety	n	Mean	Grouping
4	3	126.333	A
5	3	118.667	A
1	3	115.333	A
2	3	109.000	A
3	**3**	**80.000**	**B**

จากการเปรียบเทียบพหุคูณจะพบว่าการปลูกข้าวในสภาพตามธรรมชาติ ข้าวพันธุ์สามเดือนมีอายุตั้งท้องโดยเฉลี่ยแตกต่างจากข้าวพันธุ์อื่น ๆ โดยที่ข้าวพันธุ์สามเดือนมีอายุตั้งท้องโดยเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 80 วัน

ตารางที่ 4.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนอายุออกดอก 50% (หน่วย : วันหลังงอก) ของข้าวทั้ง 5 พันธุ์

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	1,841.7	460.4	**7.45**	**0.005**
Error	10	618.0	61.8		
Total	14	2,459.7			

S = 7.861 R-Sq = 74.88% R-Sq(adj) = 64.83%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 7.45 และ p-value = 0.005 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0

ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอายุออกดอกที่ 50% โดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณโดยวิธีทูกีย์ต่อไปดังนี้

Variety	n	Mean	Grouping
4	3	138.333	A
5	3	128.333	A
1	3	128.000	A
2	3	123.000	A B
3	3	104.667	B

จากการเปรียบเทียบพหุคูณจะพบว่าการปลูกข้าวในสภาพตามธรรมชาติ ข้าวพันธุ์สามเดือนมีอายุออกดอกที่ 50% โดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจากข้าวพันธุ์ดอกขาม แต่แตกต่างจากข้าวพันธุ์ภูเขาทองนางดำ และเล็บมือนาง โดยที่ข้าวพันธุ์สามเดือนมีอายุออกดอกที่ 50% โดยเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 104.667 วัน

ตารางที่ 4.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนอายุเก็บเกี่ยว (หน่วย : วันหลังงอก) ของข้าวทั้ง 5 พันธุ์

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	865.6	216.4	2.39	0.120
Error	10	905.3	90.5		
Total	14	1,770.9			

S = 9.515 R-Sq = 48.88% R-Sq(adj) = 28.43%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 2.39 และ p-value = 0.120 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0

ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอายุเก็บเกี่ยวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลผลิตต้นข้าว

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นของการแจกแจงแบบปกติ ความเป็นอิสระกัน และความแปรปรวนเท่ากันของเศษตกค้างของผลผลิตต้นข้าวคือ จำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวง จำนวนเมล็ดเขียว เปอร์เซ็นต์ท้องไข่ จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง จำนวนเมล็ดลีบต่อรวง น้ำหนัก 100 เมล็ด และความยาวคอรวง สำหรับพันธุ์ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ คือ ภูเขาทอง ดอกขาม สามเดือน นางดำ เล็บมือนาง ในสภาพการปลูกตามธรรมชาติ ผลดังแสดงในตารางที่ 4.11-4.20

ตารางที่ 4.11 ผลการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นของเศษตกค้างของจำนวนต้นต่อกอสำหรับพันธุ์ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ ในสภาพการปลูกตามธรรมชาติ

การตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้น	การแจกแจงแบบปกติ โดยใช้ Anderson-Darling test	ความเป็นอิสระกัน โดยใช้ Run test	ความแปรปรวนเท่ากันโดยใช้ Bartlett's test	Leven test
จำนวนต้นต่อกอ	✓	✓	✓	✓
จำนวนรวงต่อกอ	✓	✓	✓	✓
ความยาวรวง	✓	✓	✓	✓
จำนวนเมล็ดเขียว	✓	✓	✓	✓
เปอร์เซ็นต์ท้องไข่	✓	✓	✓	✓
จำนวนเมล็ดต่อรวง	✓	✓	✗	✓
จำนวนเมล็ดดีต่อรวง	✓	✓	✓	✓
จำนวนเมล็ดลีบต่อรวง	✓	✓	✓	✓
น้ำหนัก 100 เมล็ด	✓	✓	✓	✓
ความยาวคอรวง	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ ✓ หมายถึง เศษตกค้างเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น

✗ หมายถึง เศษตกค้างไม่เป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าเศษตกค้างของจำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวง จำนวนเมล็ดเขียว เปอร์เซ็นต์ท้องไข่ จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง จำนวนเมล็ดลีบต่อรวง น้ำหนัก 100 เมล็ด และความยาวคอรวงเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน กล่าวคือ เศษตกค้างมีการแจกแจงแบบปกติ มีความเป็นอิสระกัน และมีความแปรปรวนเท่ากัน ยกเว้นจำนวนเมล็ดต่อรวงมีความแปรปรวนไม่เท่ากันโดยสถิติทดสอบ Bartlett's test แต่เนื่องจากข้อมูลมีจำนวนน้อยเกินไป จึงอนุโลมว่าความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดต่อรวงทุกพันธุ์เท่ากัน และน้ำหนัก 100 เมล็ด ไม่มีความเป็นอิสระกัน แต่เนื่องจากข้อมูลมีจำนวนน้อยเกินไป จึงอนุโลมว่าเศษตกค้างของน้ำหนัก 100 เมล็ด เป็นอิสระกัน (รายละเอียดในภาคผนวก หัวข้อ 1.3 ผลผลิตต้นข้าว) เราจึงนำข้อมูลไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 4.12-4.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนต้นต่อกอ (หน่วย : ต้น) ของข้าวทั้ง 5 พันธุ์

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	1.73	0.43	**0.34**	**0.844**
Error	10	12.67	1.27		
Total	14	14.40			

S = 1.125 R-Sq = 12.04% R-Sq(adj) = 0.00%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 0.34 และ p-value = 0.844 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีจำนวนต้นต่อกอโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนรวงต่อกอ (หน่วย : รวง) ของข้าวทั้ง 5 พันธุ์

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	54.3	13.6	**0.77**	**0.567**
Error	10	175.3	17.5		
Total	14	229.6			

S = 4.187 R-Sq = 23.64% R-Sq(adj) = 0.00%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 0.77 และ p-value = 0.567 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีจำนวนรวงต่อกอโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวรวง (หน่วย : เซนติเมตร) ของข้าวทั้ง 5 พันธุ์

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	110.16	27.54	**3.21**	**0.061**
Error	10	85.85	8.59		
Total	14	196.01			

S = 2.930 R-Sq = 56.20% R-Sq(adj) = 38.68%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 3.21 และ p-value = 0.061 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีความยาวรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนเมล็ดเขียว (หน่วย : เมล็ด) ของข้าวทั้ง 5 พันธุ์

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	13.6	3.4	0.23	0.915
Error	10	147.3	14.7		
Total	14	160.9			

S = 3.838 R-Sq = 8.45% R-Sq(adj) = 0.00%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 0.23 และ p-value = 0.915 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีจำนวนเมล็ดเขียวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์ท้องไข่ (หน่วย : เปอร์เซ็นต์) ของข้าวทั้ง 5 พันธุ์

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	57.4	14.3	**0.86**	**0.518**
Error	10	166.1	16.6		
Total	14	223.5			

S = 4.075 R-Sq = 25.68% R-Sq(adj) = 0.00%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 คู่

เนื่องจาก F = 0.86 และ p-value = 0.518 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีเปอร์เซ็นต์ท้องไข่โดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนเมล็ดต่อรวง (หน่วย : เมล็ด) ของข้าวทั้ง 5 พันธุ์

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	24,272	6,068	5.47	0.013
Error	10	11,084	1,108		
Total	14	35,356			

S = 33.29 R-Sq = 68.65% R-Sq(adj) = 56.11%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 คู่

เนื่องจาก F = 5.47 และ p-value = 0.013 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีจำนวนเมล็ดต่อรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณโดยวิธีทูกีย์ต่อไปดังนี้

Variety	n	Mean	Grouping
2	**3**	**211.00**	A
5	3	184.67	A
4	3	161.67	A B
1	3	141.00	A B
3	3	92.67	B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเปรียบเทียบพหุคูณจะพบว่าการปลูกข้าวในสภาพตามธรรมชาติ ข้าวพันธุ์ดอกขามและเล็บมือนางมีจำนวนเมล็ดต่อรวงโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจากข้าวพันธุ์ภูเขาทองและนางดำ แต่ข้าวพันธุ์ดอกขามและเล็บมือนางมีจำนวนเมล็ดต่อรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างจากข้าวพันธุ์สามเดือน โดยที่ข้าวพันธุ์ดอกขามมีจำนวนเมล็ดต่อรวงโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 211 เมล็ด

ตารางที่ 4.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนเมล็ดดีต่อรวง (หน่วย : เมล็ด) ของข้าวทั้ง 5 พันธุ์

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	19,246	4,811	5.32	0.015
Error	10	9,045	904		
Total	14	28,290			

S = 30.07 R-Sq = 68.03% R-Sq(adj) = 55.24%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 5.32 และ p-value = 0.015 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณโดยวิธีทูกีย์ต่อไปดังนี้

Variety	n	Mean	Grouping
2	3	180.00	A
5	3	154.33	A
4	3	136.67	A B
1	3	119.67	A B
3	3	73.33	B

จากการเปรียบเทียบพหุคูณจะพบว่าการปลูกข้าวในสภาพตามธรรมชาติ ข้าวพันธุ์ดอกขามและเล็บมือนางมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจากข้าวพันธุ์ภูเขาทองและนางดำ แต่ข้าวพันธุ์ดอกขามและเล็บมือนางมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างจากข้าวพันธุ์สามเดือน โดยที่ข้าวพันธุ์ดอกขามมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 180 เมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนเมล็ดลีบต่อรวง (หน่วย : เมล็ด) ของข้าวทั้ง 5 พันธุ์

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	327.6	81.9	**1.56**	**0.258**
Error	10	524.0	52.4		
Total	14	851.6			

S = 7.239 R-Sq = 38.47% R-Sq(adj) = 13.86%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 1.56 และ p-value = 0.258 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนัก 100 เมล็ด (หน่วย : กรัม) ของข้าวทั้ง 5 พันธุ์

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	0.4770	0.1192	11.25	0.001
Error	10	0.1060	0.0106		
Total	14	0.5830			

S = 0.1030 R-Sq = 81.82% R-Sq(adj) = 74.54%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 11.25 และ p-value = 0.001 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีน้ำหนัก 100 เมล็ด โดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณโดยวิธีทูกีย์ต่อไปดังนี้

Variety	n	Mean	Grouping
4	**3**	**2.7767**	A
2	3	2.5133	A B
1	3	2.4400	B
5	3	2.3300	B
3	3	2.2633	B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเปรียบพหุคูณจะพบว่าการปลูกข้าวในสภาพตามธรรมชาติ ข้าวพันธุ์นางดำมีน้ำหนัก 100 เมล็ด โดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจากข้าวพันธุ์ดอกขาม ข้าวพันธุ์ดอกขามมีน้ำหนัก 100 เมล็ด โดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจากข้าวภูเขาทอง สามเดือน และเล็บมือนาง แต่ข้าวพันธุ์นางดำมีน้ำหนัก 100 เมล็ด โดยเฉลี่ยแตกต่างจากข้าวภูเขาทอง สามเดือน และเล็บมือนาง โดยที่ข้าวพันธุ์นางดำมีน้ำหนัก 100 เมล็ด โดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 2.7767 กรัม

ตารางที่ 4.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวคอรวง (หน่วย : เซนติเมตร) ของข้าวทั้ง 5 พันธุ์

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	4.056	1.014	4.16	0.031
Error	10	2.438	0.244		
Total	14	6.493			

S = 0.4937 R-Sq = 62.46% R-Sq(adj) = 47.44%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 คา

เนื่องจาก F = 4.16 และ p-value = 0.031 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีความยาวคอรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณโดยวิธีทูกีย์ต่อไปดังนี้

Variety	n	Mean	Grouping
3	3	4.4600	A
5	3	3.3833	A B
2	3	3.3067	A B
1	3	3.0600	B
4	3	3.0567	B

จากการเปรียบพหุคูณจะพบว่าการปลูกข้าวในสภาพตามธรรมชาติ ข้าวพันธุ์สามเดือนมีความยาวคอรวงโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจากข้าวพันธุ์ดอกขามและเล็บมือนาง ข้าวพันธุ์ดอกขามและเล็บมือนางมีความยาวคอรวงโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจากข้าวภูเขาทองและนางดำ แต่ข้าวพันธุ์สามเดือนมีความยาวคอรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างจากข้าวภูเขาทองและนางดำ โดยที่ข้าวพันธุ์สามเดือนมีความยาวคอรวงโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 4.46 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ความสูงต้นข้าว

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน กล่าวคือ เศษตกค้างมีการแจกแจงแบบปกติ มีความเป็นอิสระกัน และมีความแปรปรวนเท่ากัน ยกเว้นในเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม ความแปรปรวนของเศษตกค้างของสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิไม่เท่ากัน แต่เนื่องจากข้อมูลมีจำนวนน้อยเกินไป จึงอนุโลมว่าความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวสำหรับสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิเท่ากัน จึงนำข้อมูลไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

1) ในเดือนมิถุนายน ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยที่ข้าวพันธุ์ภูเขาทอง ดอกขาม และนางดำมีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ข้าวพันธุ์ภูเขาทอง สามเดือน และเล็บมือนางก็มีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ส่วนข้าวพันธุ์ดอกขามและนางดำมีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างจากข้าวพันธุ์สามเดือนและเล็บมือนาง โดยที่ข้าวพันธุ์ดอกขามมีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 43.1 เซนติเมตร

ส่วนสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2) ในเดือนกรกฎาคม ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยที่ข้าวพันธุ์ดอกขามมีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างจากข้าวพันธุ์ภูเขาทอง สามเดือน นางดำและเล็บมือนาง โดยที่ข้าวพันธุ์ดอกขามมีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 99.2 เซนติเมตร

ส่วนสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3) ในเดือนสิงหาคม ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ส่วนสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยที่การปลูกข้าวในสภาพตามธรรมชาติมีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างจากการปลูกข้าวในสภาพห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โดยที่ข้าวที่ปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยมากกว่าคือ 124.4 เซนติเมตร

4) ในเดือนกันยายน ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ส่วนสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นสรุปได้ว่าในเดือนมิถุนายนและกรกฎาคม ข้าวพันธุ์ดอกขามมีความสูงต้นมากที่สุด ส่วนในเดือนสิงหาคมและกันยายน ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีความสูงต้นไม่แตกต่างกัน

ส่วนสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวแตกต่างกันในเดือนสิงหาคม โดยที่ข้าวที่ปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีความสูงต้นข้าวมากกว่าคือ 124.4 เซนติเมตร

5.1.2 อายุต้นข้าว

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าเศษตกค้างของอายุแตกกอ อายุตั้งท้อง อายุออกดอกที่ 50% และอายุเก็บเกี่ยวเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน กล่าวคือ เศษตกค้างมีการแจกแจงแบบปกติ มีความเป็นอิสระกัน และมีความแปรปรวนเท่ากัน จึงนำข้อมูลไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

1) อายุแตกกอ

ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอายุแตกกอโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2) อายุตั้งท้อง

ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอายุตั้งท้องโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณโดยวิธีทูกีย์ต่อไป พบว่าการปลูกข้าวในสภาพตามธรรมชาติ ข้าวพันธุ์สามเดือนมีอายุตั้งท้องโดยเฉลี่ยแตกต่างจากข้าวพันธุ์อื่น ๆ และข้าวพันธุ์สามเดือนมีอายุตั้งท้องโดยเฉลี่ย น้อยที่สุดคือ 80 วัน

3) อายุออกดอกที่ 50%

ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอายุออกดอกที่ 50% โดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณโดยวิธีทูกีย์ต่อไป พบว่าการปลูกข้าวในสภาพตามธรรมชาติ ข้าวพันธุ์สามเดือนมีอายุออกดอกที่ 50% โดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจากข้าวพันธุ์ดอกขาม แต่แตกต่างจากข้าวพันธุ์ภูเขาทอง นางดำ และเล็บมือนาง โดยที่ข้าวพันธุ์สามเดือนมีอายุออกดอกที่ 50% โดยเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 104.667 วัน

4) อายุเก็บเกี่ยว

ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอายุเก็บเกี่ยวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ดังนั้นสรุปได้ว่าข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอายุแตกกอและอายุเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างกัน แต่มีอายุตั้งท้องและอายุออกดอกที่ 50% แตกต่างกัน โดยที่ข้าวพันธุ์สามเดือนมีอายุตั้งท้องน้อยที่สุดคือ 80 วัน และอายุออกดอกที่ 50% น้อยที่สุดคือ 104.667 วัน

5.1.3 ผลผลิตต้นข้าว

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าเศษตกค้างของจำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวง จำนวนเมล็ดเขียว เปอร์เซ็นต์ท้องไข่ จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง จำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดลีบต่อรวง น้ำหนัก 100 เมล็ด และความยาวคอรวงเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน กล่าวคือ เศษตกค้างมีการแจกแจงแบบปกติ มีความเป็นอิสระกัน และมีความแปรปรวนเท่ากัน ยกเว้นจำนวนเมล็ดต่อรวงมีความแปรปรวนไม่เท่ากันโดยสถิติทดสอบ Bartlett's test แต่เนื่องจากข้อมูลมีจำนวนน้อยเกินไป จึงอนุโลมว่าความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดต่อรวงทุกพันธุ์เท่ากัน และน้ำหนัก 100 เมล็ด ไม่มีความเป็นอิสระกัน แต่เนื่องจากข้อมูลมีจำนวนน้อยเกินไป จึงอนุโลมว่าเศษตกค้างของน้ำหนัก 100 เมล็ด เป็นอิสระกัน เราจึงนำข้อมูลไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

1) จำนวนต้นต่อกอ

ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีจำนวนต้นต่อกอโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2) จำนวนรวงต่อกอ

ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีจำนวนรวงต่อกอโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3) ความยาวรวง

ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีความยาวรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4) จำนวนเมล็ดเขียว

ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีจำนวนเมล็ดเขียวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5) เปอร์เซ็นต์ท้องไข่

ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีเปอร์เซ็นต์ท้องไข่โดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

6) จำนวนเมล็ดต่อรวง

ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีจำนวนเมล็ดต่อรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณโดยวิธีทูกีย์พบว่าการปลูกข้าวในสภาพธรรมชาติ ข้าวพันธุ์ดอกขามและเล็บมือนางมีจำนวนเมล็ดต่อรวงโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจากข้าวพันธุ์ภูเขาทองและนางดำ แต่ข้าวพันธุ์ดอกขามและเล็บมือนางมีจำนวนเมล็ดต่อรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างจากข้าวพันธุ์สามเดือน โดยที่ข้าวพันธุ์ดอกขามมีจำนวนเมล็ดต่อรวงโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 211 เมล็ด

7) จำนวนเมล็ดดีต่อรวง

ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณโดยวิธีทูกีย์พบว่าการปลูกข้าวในสภาพธรรมชาติ ข้าวพันธุ์ดอกขามและเล็บมือนางมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจากข้าวพันธุ์ภูเขาทองและนางดำ แต่ข้าวพันธุ์ดอกขามและเล็บมือนางมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างจากข้าวพันธุ์สามเดือน โดยที่ข้าวพันธุ์ดอกขามมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 180 เมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) จำนวนเมล็ดลีบต่อรวง

ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

9) น้ำหนัก 100 เมล็ด

ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีน้ำหนัก 100 เมล็ด โดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณโดยวิธีทูกีย์พบว่าการปลูกข้าวในสภาพธรรมชาติ ข้าวพันธุ์นางดำมีน้ำหนัก 100 เมล็ด โดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจากข้าวพันธุ์ดอกขาม ข้าวพันธุ์ดอกขามมีน้ำหนัก 100 เมล็ด โดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจากข้าวภูเขาทอง สามเดือน และเล็บมือนาง แต่ข้าวพันธุ์นางดำมีน้ำหนัก 100 เมล็ด โดยเฉลี่ยแตกต่างจากข้าวภูเขาทอง สามเดือน และเล็บมือนาง โดยที่ข้าวพันธุ์นางดำมีน้ำหนัก 100 เมล็ด โดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 2.7767 กรัม

10) ความยาวคอรวง

ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีความยาวคอรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณโดยวิธีทูกีย์พบว่าการปลูกข้าวในสภาพธรรมชาติ ข้าวพันธุ์สามเดือนมีความยาวคอรวงโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจากข้าวพันธุ์ดอกขามและเล็บมือนาง ข้าวพันธุ์ดอกขามและเล็บมือนางมีความยาวคอรวงโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจากข้าวภูเขาทองและนางดำ แต่ข้าวพันธุ์สามเดือนมีความยาวคอรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างจากข้าวภูเขาทองและนางดำ โดยที่ข้าวพันธุ์สามเดือนมีความยาวคอรวงโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 4.46 เซนติเมตร

ดังนั้นสรุปได้ว่าข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีจำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวง จำนวนเมล็ดเขียว เปอร์เซ็นต์ท้องไข่ และจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงไม่แตกต่างกัน แต่มีจำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง น้ำหนัก 100 เมล็ด และความยาวคอรวงแตกต่างกัน โดยที่ข้าวพันธุ์ดอกขามมีจำนวนเมล็ดต่อรวงและจำนวนเมล็ดดีต่อรวงมากที่สุดคือ 211 เมล็ด และ 180 เมล็ด ตามลำดับ ส่วนข้าวพันธุ์นางดำมีน้ำหนัก 100 เมล็ด มากที่สุดคือ 2.7767 กรัม และข้าวพันธุ์สามเดือนมีความยาวคอรวงมากที่สุดคือ 4.46 เซนติเมตร

5.2 วิจารณ์ผลการวิจัย

ข้าวพันธุ์ดอกขามมีจำนวนเมล็ดต่อรวงมากที่สุดคือ 211 เมล็ด และมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงมากที่สุดคือ 180 เมล็ด ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของร่มจิตร นกเขา ถิรายุทธ์ วิจิตรภาพ และสตางค์ หัสนันท์, 2553 (11) ที่ทำการทดลองเพื่อคัดเลือกหาพันธุ์ข้าวไร่ทนวัชพืช โดยนำพันธุ์ข้าวไร่ที่ให้ผลผลิตสูงที่ผ่านการคัดเลือกพันธุ์บริสุทธิ์แบบคัดรวมในสภาพไร่ 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เล็บนกและพันธุ์ดอกขาม ปลูกทดลองที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพร เริ่มการทดลองเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนพฤศจิกายน 2552 โดยไม่มีการกำจัดวัชพืชทุกระยะของการเจริญเติบโตจนกระทั่งเก็บเกี่ยว แปลงปลูก แต่ละแปลงขนาด 20x20 เมตร ใช้ระยะปลูก 25x30 เซนติเมตร โดยไม่มีการกำจัดวัชพืชทุกระยะของการเจริญเติบโตจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ผลการทดลองพบว่ามีวัชพืชในแปลงข้าวทั้ง 2 พันธุ์ จำนวน 14 ชนิด ที่มีการกระจายตัวอย่างหนาแน่น ต้นข้าวพันธุ์ดอกขามและเล็บนกที่ผ่านเกณฑ์มาตรการจำนวน 10 และ 18 ต้น ตามลำดับ โดยพันธุ์ดอกขามมีความสูงต้น 95-120 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีอายุออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ที่ 105 วันหลังงอก และอายุเก็บเกี่ยว 132 วันหลังงอก มีจำนวนเมล็ดดีและเมล็ดลีบต่อรวง 210-284 และ 10-58 เมล็ด ตามลำดับ พันธุ์เล็บนกมีความสูงต้นในช่วง 91-119 เซนติเมตร มีอายุออกดอกที่ 50 เปอร์เซ็นต์ 104 วันหลังงอก และอายุเก็บเกี่ยว 132 วันหลังงอก มีจำนวนเมล็ดดีและเมล็ดลีบต่อรวง 200-364 และ 4-38 เมล็ด ตามลำดับ

การทดลองในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส พบว่าข้าวส่วนใหญ่แตกกอและตั้งท้องแต่ไม่ออกดอกและไม่ออกรวง มีบางพันธุ์ตาย ได้แก่ พันธุ์ดอกขาม สามเดือน และนางดำ ส่วนพันธุ์ภูเขาทองและเล็บมือนางมีชีวิตรอด ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Shah F. และคณะ, 2011 (14) ที่ศึกษาเรื่องผลกระทบของอุณหภูมิสูงที่ส่งผลต่อการปลูกข้าวและการทดลองที่สัมพันธ์กับการทนความร้อน พบว่าอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น 2-4 องศาเซลเซียส ในตอนปลายศตวรรษที่ 21 ส่งผลต่อผลผลิตของข้าว ผลกระทบของอุณหภูมิสูงในตอนกลางคืนทำให้อุณหภูมิในช่วงเวลากลางวันหรืออุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวันเพิ่มสูงขึ้นด้วย การออกดอกอยู่ในระยะที่ไว (sensitive) มากที่สุดต่ออุณหภูมิสูง ซึ่งในบางครั้งอาจจะนำไปสู่การไม่ออกรวงอย่างสมบูรณ์เลยก็ได้ ความชื้นก็มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มการออกรวงที่อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น ความแปรผันอย่างมีนัยสำคัญพบใน germplasma ของข้าวในการตอบสนองต่ออุณหภูมิ การปกป้องของโครงสร้างโปรตีน เอนไซม์และการปรากฏของโปรตีนสะท้อนความร้อน (heat shock protein) เป็นกระบวนการทางชีวเคมีบางอย่างซึ่งสามารถให้ความร้อนได้ การทดลองทั้งหมดเหล่านี้ควรจะใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวสำหรับพัฒนาสายพันธุ์ที่ทนความร้อนได้ในอนาคต การหาสายพันธุ์ที่มีความไวต่อความร้อนโดยใช้สายพันธุ์ทนความร้อนได้ดี การปรับเปลี่ยนระยะเวลาในการหว่านเมล็ด การคัดเลือกสายพันธุ์ในช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตโดยหลีกเลี่ยงช่วงระยะวิกฤตสูงสุดและการใช้ฮอร์โมนพืชจะช่วยบรรเทาการลดลงของผลผลิตข้าวเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1) พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลองนี้คือภูเขาทอง ดอกขาม สามเดือน นางดำ และเล็บมือนาง เราอาจจะเพิ่มพันธุ์ข้าวอื่น ๆ อีก เช่น เล็บนก

2) สภาพการทดลองในการทดลองนี้คือปลูกในสภาพตามธรรมชาติและปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ถ้ามีงบประมาณและระยะเวลามากพอควรเพิ่มหรือลดอุณหภูมิลงอีก เช่น 38 และ 42 องศาเซลเซียส เป็นต้น

3) ข้าวพันธุ์ภูเขาทองและเล็บมือนางสามารถทนต่ออุณหภูมิสูง 40 องศาเซลเซียส ได้ดี ส่วนข้าวพันธุ์ดอกขาม สามเดือน และนางดำไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้ โดยข้าวพันธุ์ดอกขามมีชีวิตรอด 2 ต้น ตาย 1 ต้น ข้าวพันธุ์สามเดือนมีชีวิตรอด 1 ต้น ตาย 2 ต้น และข้าวพันธุ์นางดำมีชีวิตรอด 1 ต้น ตาย 2 ต้น ในอนาคตถ้าอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นควรใช้ข้าวพันธุ์ภูเขาทองและเล็บมือนาง หรือปรับปรุงพันธุ์ข้าวเพื่อหาพันธุ์ข้าวที่ทนความร้อนได้ดี

4) จำนวนซ้ำในการทดลองทำเพียง 3 ซ้ำ ถ้ามีเวลาและงบประมาณมากเพียงพอควรเพิ่มจำนวนซ้ำในการทดลองอีก เช่น 4-5 ซ้ำ

5) การทดลองควรระมัดระวังศัตรูที่จะมาทำลายต้นข้าว ได้แก่ หนู วัว เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1) Kondo, M. 2009. Effect of global warming on rice culture and adaptive strategies. International Symposium on Rice Research in the Era of Global Warming, October 6-7, 2009, TARI, Taichung, Taiwan. P 1-9.

2) Sato, K. 1979. High temperature damage to ripening in rice plant. JARQ13(2) : 90-95.

3) Zakaria, S., Matsuda, T., Tajima, S. and Y. Nitta. 2002. Effects of high temperature at ripening stage on the reserve accumulation in seed in some rice cultivars. Plant Production Science 5(2) : 160-168.

4) Sakata, T., Takahashi, H., Nishiyama, I. and A. Higashitani. 2000. Effects of temperature on the development of pollen mother cells and microspres in barley hordeum vulgare L. Journal of Plant Research 113(4) : 395-402.

5) Osada, A., Sasiprada, V., Rahong, M., Dhammanuvong, S. and M. Chakrabandhu. 1973. Abnormal occurrence of empty grains of indica rice plants in the dry, hot season in Thailand. Proceedings of the Crop Science Society Japan 42(1) : 103-109.

6) Yoshida, S., Satake, T. and D. S. Mackill. 1981. Heat temperature stress in rice. IRRI research paper series. IRRI, Manila, Philippines.67 : 1-15.

7) Sakake, T and S. Yoshida. 1978 High temperature-induced sterility in Indica rice at flowering. Japanese Journal of Crop Science 47(1) : 6–10.

8) เกรียงศักดิ์ ไพรวรรณ 2551. ผลของความยาววันและอุณหภูมิอากาศต่อการกำหนดช่วงเดือนเพาะปลูกที่เหมาะสมของข้าวชนิด Oryza indica L. 42 สายพันธุ์ และ Oryza japonica L. 4 สายพันธุ์ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลางของไทย. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน.

9) พวงผกา แก้วกรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สุรีย์พร ธรรมิกพงษ์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สุรางค์รัตน์ พันแสง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศและผลกระทบที่มีต่อข้าวในจังหวัดเพชรบูรณ์. 2551.

10) กนกพร บุญศิริชัย กาญจนา กล้าแข็ง วไลลักษณ์ แพทย์วิบูลย์ ศิริลักษณ์ ชูแก้ว และวรารัตน์ คาหวาน. 2553. การตอบสนองต่อช่วงแสงและพันธุศาสตร์ของข้าวหอมสายพันธุ์กลายออกรวงเร็วจากการชักนำให้กลายพันธุ์ด้วยอนุภาคนิวตรอนเร็ว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 41 ฉบับที่ 3/1 (พิเศษ) กันยายน-ธันวาคม.

11) ร่วมจิตร นกเขา ถิรายุทธ์ วิจิตรภาพ และสตางค์ หัสนันท์ 2553. การคัดเลือกพันธุ์ข้าวไร่ทนวัชพืช. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 41 ฉบับที่ 3/1 (พิเศษ) กันยายน-ธันวาคม.

12) เจษฎา จงใจดี สิทธิชัย ลอดแก้ว สาวิกา กอนแสง และศันศนีย์ จำจด. 2553. ผลของอุณหภูมิสูงต่อความมีชีวิตของละอองเรณูและการปฏิสนธิในพันธุ์ข้าวไทย. วารสารเกษตร ปีที่ 26 (ฉบับพิเศษ) 29-35.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13) Zakaria, S., Matsuda, T., Tajima, S. And Nitta, Y. 2002. Effect of High Temperature at Ripening Stage on the Reserve Accumulation in Seed in Some Rice Cultivars. Plant Production. Science. 5(2) : 160-168.

14) Shah, F., Huang, J., Cui, K., Nie, L., Shah, T., Chen, C. and Wang, K. 2011. Climate Change and Agricultural Paper Impact of high-temperature stress on rice plant and its traits related to tolerance. Journal of Agricultural Science. Cambridge University Press.

15) สายชล สินสมบูรณ์ทอง. 2558. การวางแผนแบบการทดลอง เล่ม 1. จามจุรีโปรดักท์ : กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก
การวิเคราะห์ข้อมูล

1.1 ความสูงต้นข้าว

1.1.1 ความสูงต้นข้าวในเดือนมิถุนายน พศ. 2558

จากการบันทึกความสูงต้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ คือ ภูเขาทอง ดอกขาม สามเดือน นางดำ และเล็บมือนาง โดยปลูกในสภาพตามธรรมชาติและห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2558 ได้ผลดังตารางที่ 1.1 และ 1.2

ตารางที่ 1.1 ความสูงต้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ ปลูกในสภาพตามธรรมชาติ ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2558

พันธุ์	ภูเขาทอง			ดอกขาม			สามเดือน			นางดำ			เล็บมือนาง		
สัปดาห์ที่	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	25.4	23.7	23.6	28.6	27.3	32.8	13.7	21.7	17.4	34.4	28.3	26.4	19.1	26.7	25.8
4	44.4	39.6	41.9	53.6	48.6	57.1	22.3	45.6	32.2	58.9	43.4	48.3	24.4	46.1	40.4

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่สามารถบันทึกความสูงต้นข้าวได้ เนื่องจากกล้าเริ่มงอก

ตารางที่ 1.2 ความสูงต้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ ปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2558

พันธุ์	ภูเขาทอง			ดอกขาม			สามเดือน			นางดำ			เล็บมือนาง		
สัปดาห์ที่	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	29.0	29.1	29.1	35.1	35.9	29.3	19.1	28.3	19.0	39.1	27.5	34.9	21.3	16.3	23.0
4	45.1	50.4	54.5	52.4	60.0	56.4	57.6	32.3	40.0	44.0	48.6	56.3	46.7	30.5	43.0

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่สามารถบันทึกความสูงต้นข้าวได้ เนื่องจากกล้าเริ่มงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

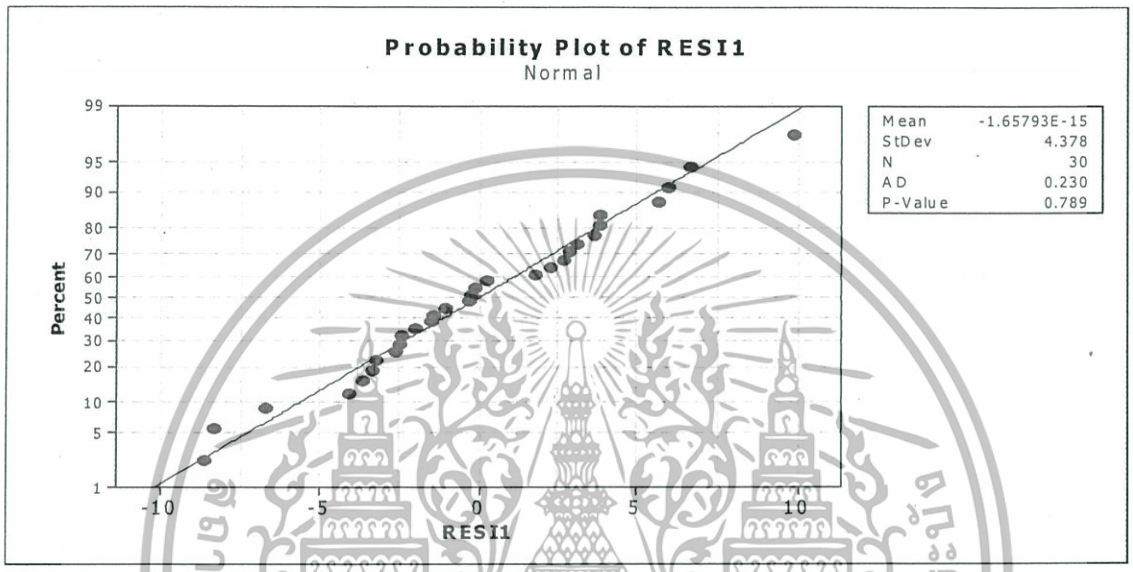
การตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้น (Assumption)

1) การแจกแจงแบบปกติ (Normality)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของความสูงต้นข้าวมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1: เศษตกค้างของความสูงต้นข้าวไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ



เนื่องจาก Anderson-Darling test statistic = 0.230 และ p-value = 0.789 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวมีการแจกแจงแบบปกติ

2) การทดสอบความเป็นอิสระกัน (Independence)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของความสูงต้นข้าวเป็นอิสระกัน

H_1: เศษตกค้างของความสูงต้นข้าวไม่ได้เป็นอิสระกัน

Runs above and below K = -1.65793E-15

The observed number of runs = 19

The expected number of runs = 15.7333

13 observations above K, 17 below

P-value = 0.216

เนื่องจาก p-value = 0.216 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวเป็นอิสระกัน

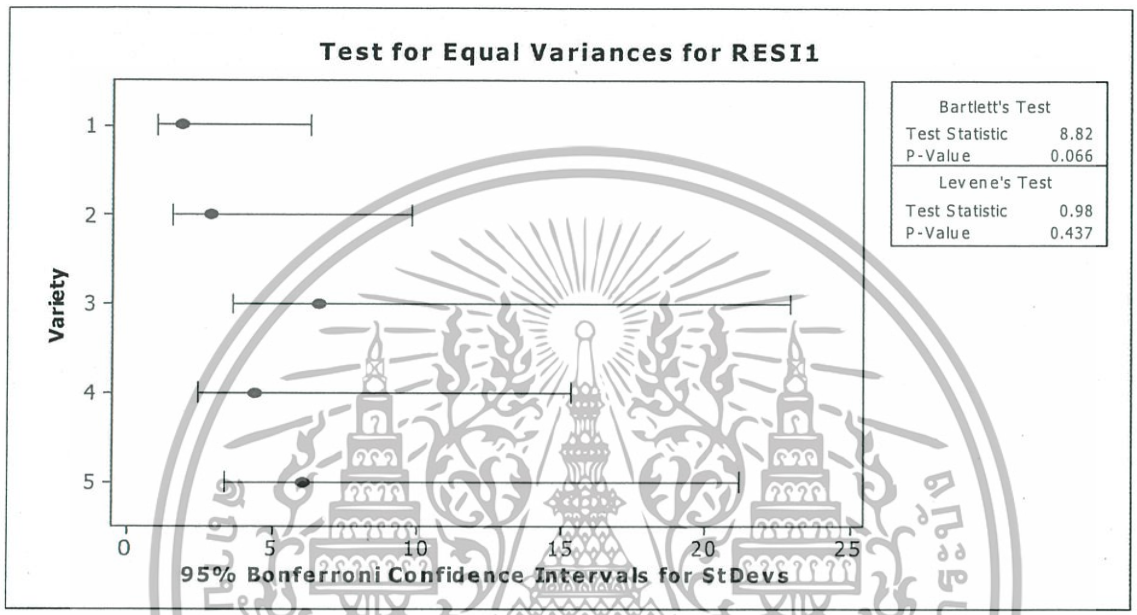
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน (Homogeneity)

สมมติฐาน

H_0: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวทุกพันธุ์เท่ากัน

H_1: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวแตกต่างกันอย่างน้อย 2 พันธุ์



เนื่องจาก Bartlett's test statistic = 8.82 และ p-value = 0.066 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวทุกพันธุ์เท่ากัน

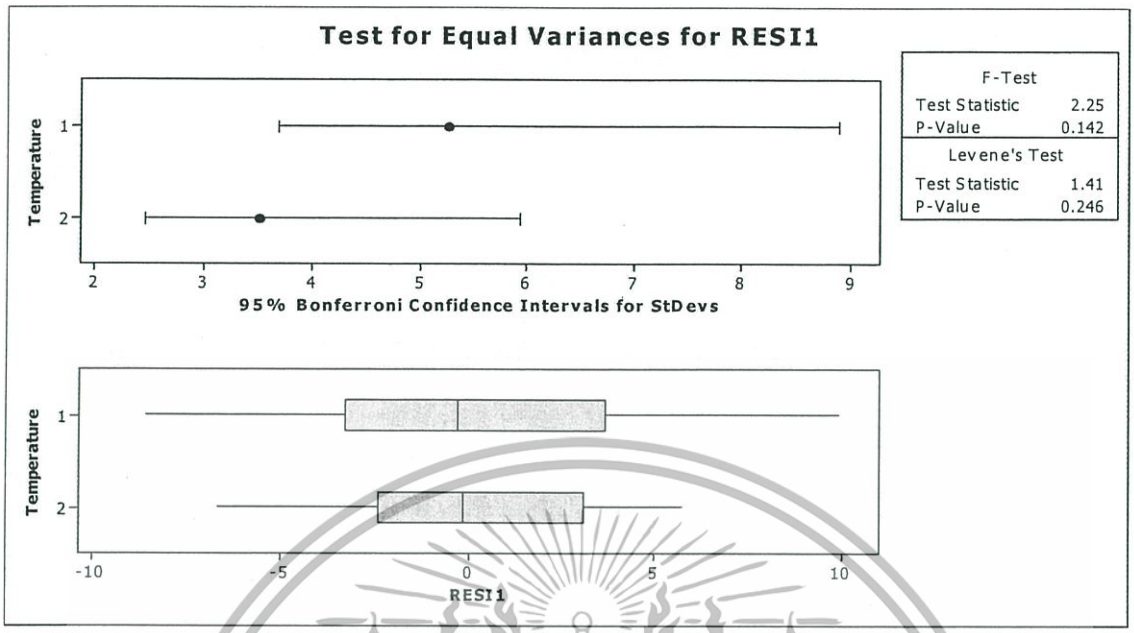
ในทำนองเดียวกัน เนื่องจาก Levene's test statistic = 0.98 และ p-value = 0.437 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวทุกพันธุ์เท่ากัน

สมมติฐาน

H_0:ความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวสำหรับสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิเท่ากัน

H_1:ความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวสำหรับสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เนื่องจาก Bartlett's test statistic = 2.25 และ p-value = 0.142 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวสำหรับสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิเท่ากัน

ในทำนองเดียวกัน เนื่องจาก Levene's test statistic = 1.41 และ p-value = 0.246 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวสำหรับสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิเท่ากัน

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น เราจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

Analysis of Variance for Height, using Adjusted SS for Tests

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	896.07	224.02	**8.06**	**0.000**
Temperature	1	95.41	95.41	**3.43**	**0.079**
Variety*Temperature	4	51.66	12.91	**0.46**	**0.761**
Error	20	555.85	27.79		
Total	29	1,598.99			

S = 5.27188 R-Sq = 65.24% R-Sq(adj) = 49.59%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐาน

$H_0:(\tau\beta)_{11}=(\tau\beta)_{12}=...=(\tau\beta)_{52}=0$

$H_1:(\tau\beta)_{ij}\neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 0.46 และ p-value = 0.761 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและสภาพการปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการทดสอบอิทธิพลของพันธุ์ข้าวและสภาพการปลูกต่อไป

สมมติฐาน

$H_0:\tau_1=\tau_2=...=\tau_5$

$H_1:\tau_i\neq\tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 8.06 และ p-value = 0.000 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณต่อไป

สมมติฐาน

$H_0:\beta_1=\beta_2$

$H_1:\beta_1\neq\beta_2$

เนื่องจาก F = 3.43 และ p-value = 0.079 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5) การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison)

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

Variety	n	Mean	Grouping
2	6	43.1	A
4	6	40.9	A
1	6	36.4	A B
5	6	30.3	B
3	6	29.5	B

Means that do not share a letter are significantly different.

ข้าวพันธุ์ภูเขาทอง ดอกขาม และนางดำมีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ข้าวพันธุ์ภูเขาทอง สามเดือน และเล็บมือนางก็มีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ส่วนข้าวพันธุ์ดอกขามและนางดำมีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างจากข้าวพันธุ์สามเดือน และเล็บมือนาง โดยที่ข้าวพันธุ์ดอกขามมีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 43.1 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.2 ความสูงต้นข้าวในเดือนกรกฎาคม พศ. 2558

จากการบันทึกความสูงต้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ คือ ภูเขาทอง ดอกขาม สามเดือน นางดำ และเล็บมือนาง โดยปลูกในสภาพตามธรรมชาติและห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2558 ได้ผลดังตารางที่ 1.3 และ 1.4

ตารางที่ 1.3 ความสูงต้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ ปลูกในสภาพตามธรรมชาติ ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2558

พันธุ์	ภูเขาทอง			ดอกขาม			สามเดือน			นางดำ			เล็บมือนาง		
สัปดาห์ที่	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	58.0	54.8	59.9	75.2	70.0	81.5	40.2	64.5	49.5	73.5	45.2	64.3	39.2	67.8	59.4
2	57.0	40.5	70.5	115.2	81.0	111.5	38.5	105.4	48.0	90.0	40.1	40.5	28.4	87.5	80.6
3	73.8	60.0	95.4	116.1	99.7	117.2	55.3	106.1	76.3	102.3	58.0	61.7	52.0	98.8	92.5
4	92.2	74.1	117.0	98.5	118.3	123.5	71.6	107.7	94.1	93.6	74.2	79.6	69.3	111.0	105.0

ตารางที่ 1.4 ความสูงต้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ ปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2558

พันธุ์	ภูเขาทอง			ดอกขาม			สามเดือน			นางดำ			เล็บมือนาง		
สัปดาห์ที่	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	57.6	43.6	66.1	59.2	71.0	77.7	56.8	53.0	56.2	57.1	57.8	65.7	63.6	58.9	25.4
2	84.3	76.1	87.8	96.5	100.6	94.4	78.2	71.1	79.0	75.0	83.4	96.3	86.2	80.0	55.5
3	95.2	94.1	92.3	109.4	113.1	99.8	84.8	82.3	91.1	85.4	91.9	105.1	97.5	87.0	80.1
4	110.4	114.2	114.4	120.0	120.5	110.8	96.1	92.2	115.0	98.3	99.3	113.0	113.0	93.7	98.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

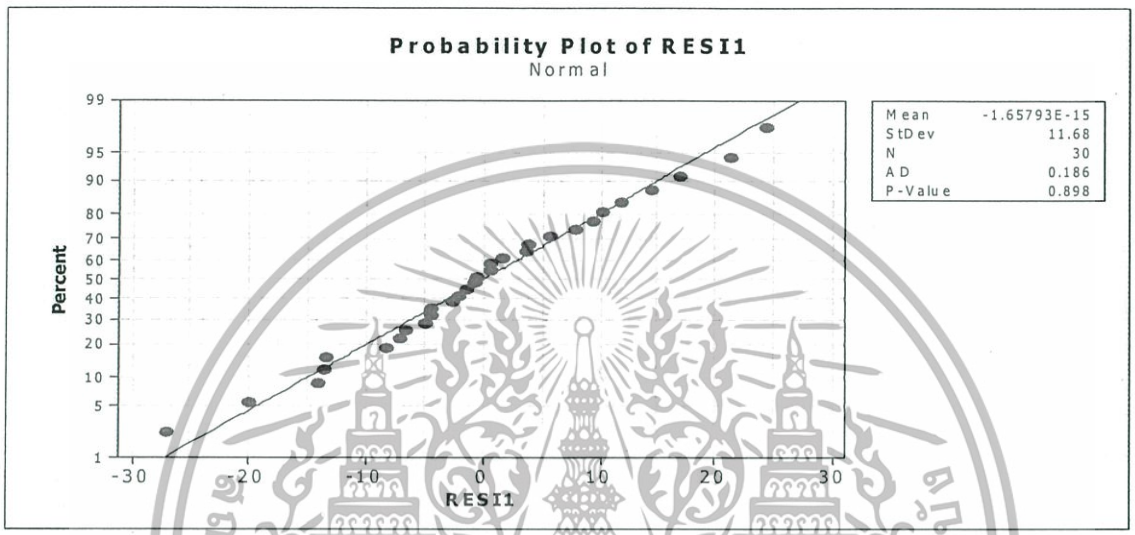
การตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้น (Assumption)

1) การแจกแจงแบบปกติ (Normality)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของความสูงต้นข้าวมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1: เศษตกค้างของความสูงต้นข้าวไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ



เนื่องจาก Anderson-Darling test statistic = 0.186 และ p-value = 0.898 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวมีการแจกแจงแบบปกติ

2) การทดสอบความเป็นอิสระกัน (Independence)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของความสูงต้นข้าวเป็นอิสระกัน

H_1: เศษตกค้างของความสูงต้นข้าวไม่ได้เป็นอิสระกัน

Runs above and below K = -1.65793E-15

The observed number of runs = 17

The expected number of runs = 15.9333

14 observations above K, 16 below

P-value = 0.690

เนื่องจาก p-value = 0.690 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวเป็นอิสระกัน

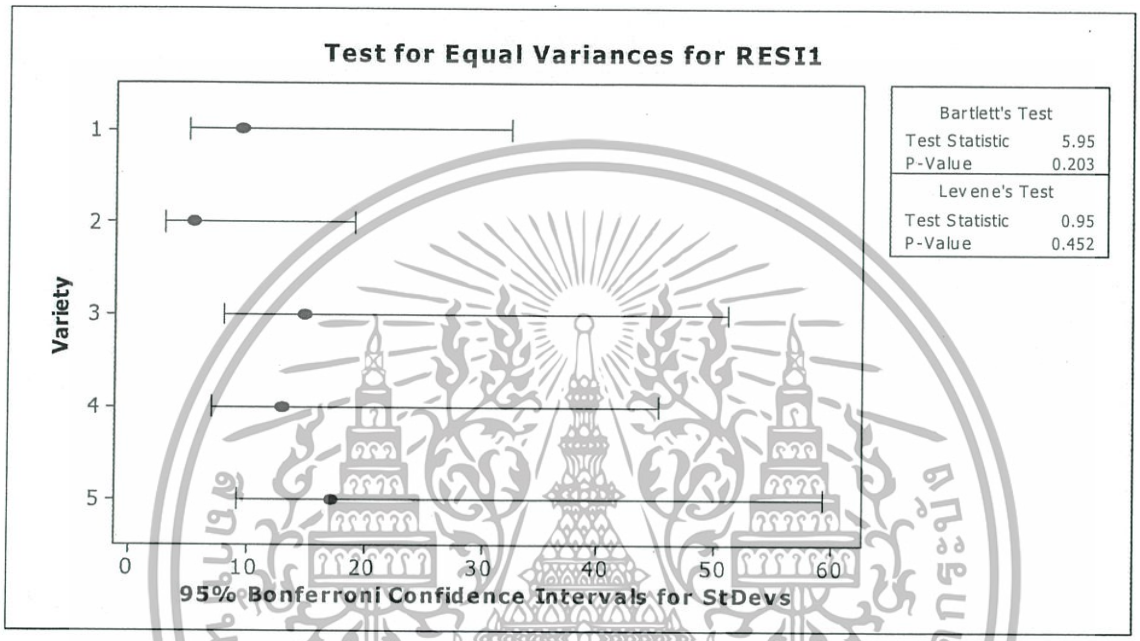
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน (Homogeneity)

สมมติฐาน

H_0: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวทุกพันธุ์เท่ากัน

H_1: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวแตกต่างกันอย่างน้อย 2 พันธุ์



เนื่องจาก Bartlett's test statistic = 5.95 และ p-value = 0.203 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวทุกพันธุ์เท่ากัน

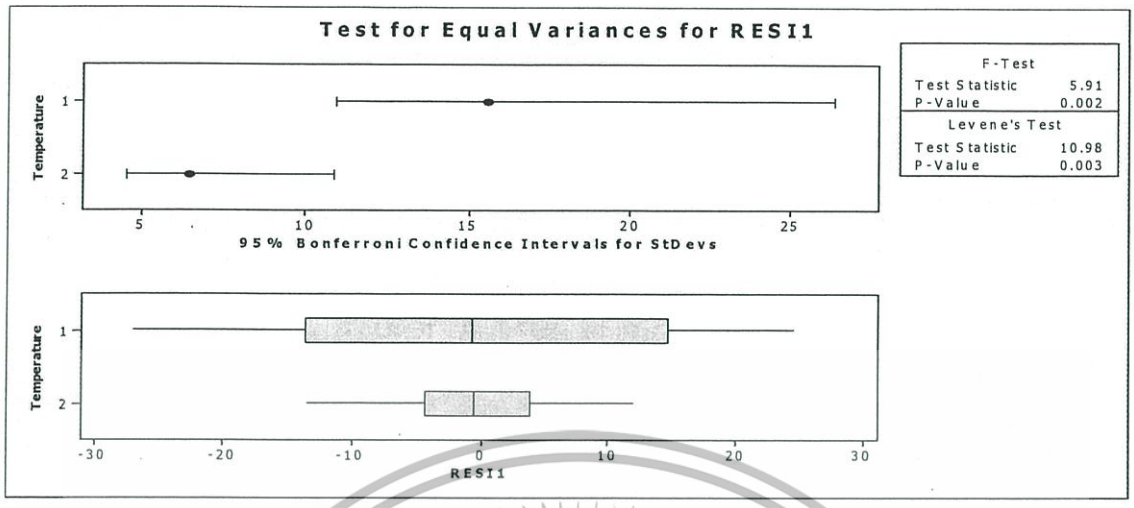
ในทำนองเดียวกัน เนื่องจาก Levene's test statistic = 0.95 และ p-value = 0.452 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวทุกพันธุ์เท่ากัน

สมมติฐาน

H_0: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวสำหรับสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิเท่ากัน

H_1: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวสำหรับสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เนื่องจาก Bartlett's test statistic = 5.91 และ p-value = 0.002 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวสำหรับสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิไม่เท่ากัน

ในทำนองเดียวกัน เนื่องจาก Levene's test statistic = 10.98 และ p-value = 0.003 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูง ต้นข้าวสำหรับสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิไม่เท่ากัน

แต่เนื่องจากข้อมูลมีจำนวนน้อยเกินไป จึงอนุโลมว่าความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวสำหรับสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิเท่ากัน

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น เราจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

Analysis of Variance for Height, using Adjusted SS for Tests

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	2,417.5	604.4	**3.06**	**0.041**
Temperature	1	520.0	520.0	**2.63**	**0.121**
Variety*Temperature	4	404.6	101.1	**0.51**	**0.728**
Error	20	3,954.4	197.7		
Total	29	7,296.6			

S = 14.0614 R-Sq = 45.80% R-Sq(adj) = 21.42%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐาน

$H_0: (\tau\beta)_{11} = (\tau\beta)_{12} = \ldots = (\tau\beta)_{52} = 0$

$H_1: (\tau\beta)_{ij} \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 0.51 และ p-value = 0.728 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและสภาพการปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการทดสอบอิทธิพลของพันธุ์ข้าวและสภาพการปลูกต่อไป

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 3.06 และ p-value = 0.041 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณต่อไป

สมมติฐาน

$H_0: \beta_1 = \beta_2$

$H_1: \beta_1 \neq \beta_2$

เนื่องจาก F = 2.63 และ p-value = 0.121 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5) การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison)

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

Variety	n	Mean	Grouping
2	6	99.2	B
1	6	78.8	A
4	6	77.2	A
5	6	76.3	A
3	6	75.5	A

Means that do not share a letter are significantly different.

ข้าวพันธุ์ดอกขามมีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างจากข้าวพันธุ์ภูเขาทอง สามเดือน นางดำ และเล็บมือนาง โดยที่ข้าวพันธุ์ดอกขามมีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 99.2 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.3 ความสูงต้นข้าวในเดือนสิงหาคม พศ. 2558

จากการบันทึกความสูงต้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ คือ ภูเขาทอง ดอกขาม สามเดือน นางดำ และเล็บมือนาง โดยปลูกในสภาพตามธรรมชาติและห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558 ได้ผลดังตารางที่ 1.5 และ 1.6

ตารางที่ 1.5 ความสูงต้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ ปลูกในสภาพตามธรรมชาติ ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558

พันธุ์	ภูเขาทอง			ดอกขาม			สามเดือน			นางดำ			เล็บมือนาง		
สัปดาห์ที่	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	108.7	87.6	121.4	118.2	125.0	128.4	82.5	114.0	118.1	99.7	85.2	88.4	80.4	118.2	107.5
2	115.4	101.4	94.2	121.8	127.5	92.1	88.2	128.4	123.9	115.4	82.7	78.3	98.5	119.9	75.2
3	121.4	112.3	108.7	126.3	113.0	97.8	90.8	139.9	127.1	128.0	98.7	86.5	113.1	120.2	84.0
4	125.6	118.4	113.1	128.4	115.4	101.4	95.6	140.8	129.2	130.5	100.8	89.1	114.8	121.7	87.8

ตารางที่ 1.6 ความสูงต้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ ปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558

พันธุ์	ภูเขาทอง			ดอกขาม			สามเดือน			นางดำ			เล็บมือนาง		
สัปดาห์ที่	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	125.1	128.5	129.4	132.0	133.1	119.4	109.4	105.6	120.8	112.1	113.3	120.5	121.1	107.2	111.8
2	126.1	128.3	128.1	133.7	135.2	123.4	119.4	108.3	121.9	115.7	121.8	121.2	125.4	118.8	113.7
3	121.5	132.1	110.4	139.8	134.6	127.3	121.7	114.5	116.4	129.5	133.2	124.8	138.2	132.0	122.5
4	123.1	133.9	115.9	140.4	134.8	128.2	124.7	116.4	118.9	133.4	136.3	127.5	140.4	133.4	124.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

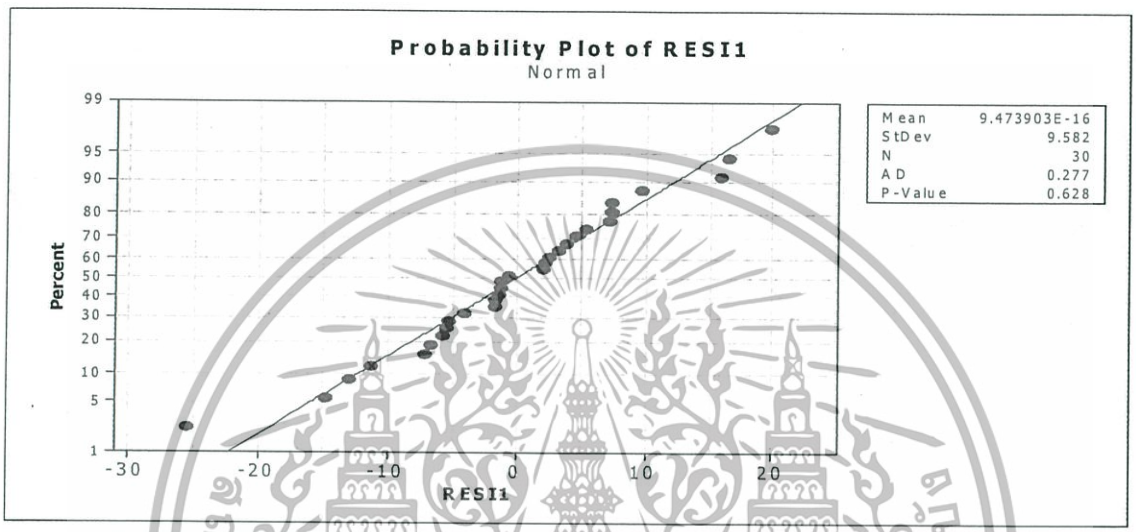
การตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้น (Assumption)

1) การแจกแจงแบบปกติ (Normality)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของความสูงต้นข้าวมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1: เศษตกค้างของความสูงต้นข้าวไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ



เนื่องจาก Anderson-Darling test statistic = 0.277 และ p-value = 0.628 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวมีการแจกแจงแบบปกติ

2) การทดสอบความเป็นอิสระกัน (Independence)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของความสูงต้นข้าวเป็นอิสระกัน

H_1: เศษตกค้างของความสูงต้นข้าวไม่ได้เป็นอิสระกัน

Runs above and below K = 9.473903E-16

The observed number of runs = 18

The expected number of runs = 15.9333

14 observations above K, 16 below

P-value = 0.440

เนื่องจาก p-value = 0.440 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวเป็นอิสระกัน

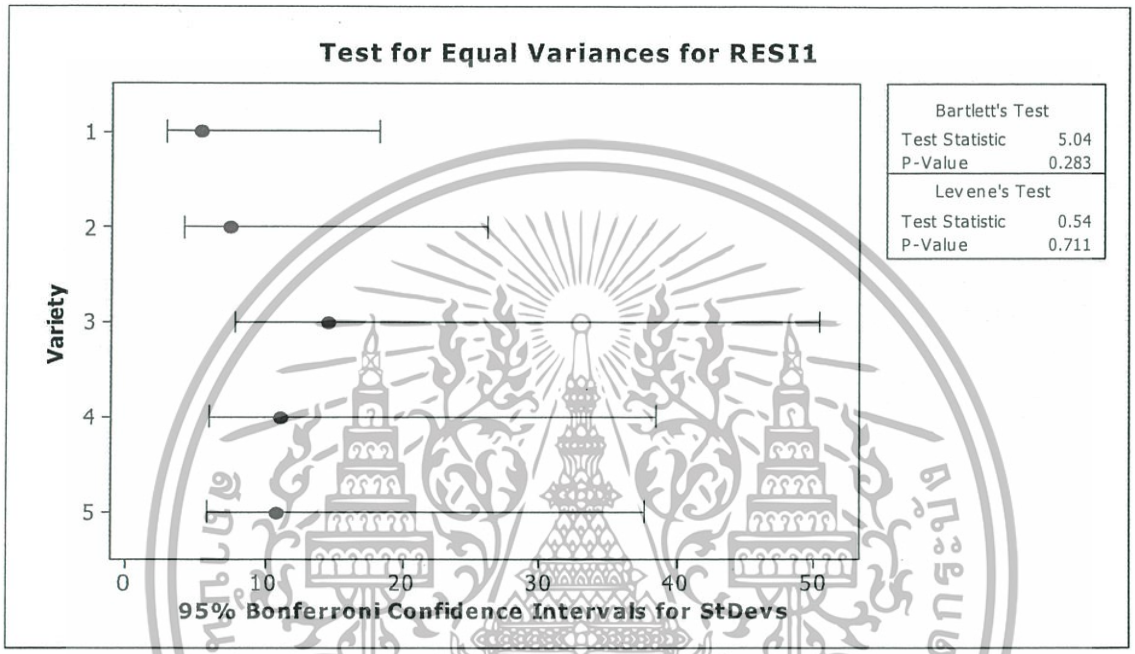
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน (Homogeneity)

สมมติฐาน

H_0: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวทุกพันธุ์เท่ากัน

H_1: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวแตกต่างกันอย่างน้อย 2 พันธุ์



เนื่องจาก Bartlett's test statistic = 5.04 และ p-value = 0.283 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวทุกพันธุ์เท่ากัน

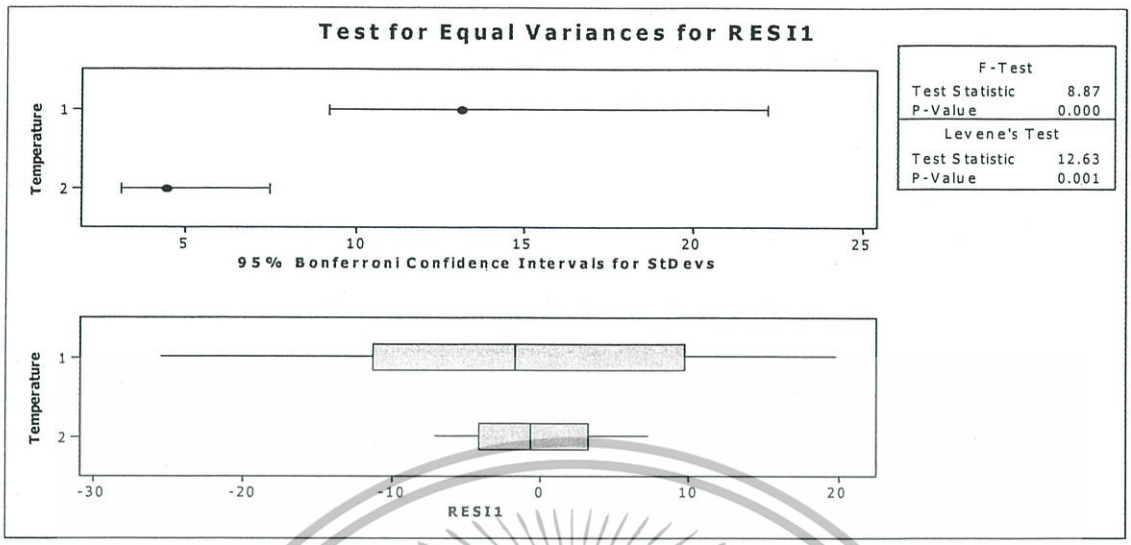
ในทำนองเดียวกัน เนื่องจาก Levene's test statistic = 0.54 และ p-value = 0.711 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวทุกพันธุ์เท่ากัน

สมมติฐาน

H_0: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวสำหรับสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิเท่ากัน

H_1: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวสำหรับสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เนื่องจาก Bartlett's test statistic = 8.87 และ p-value = 0.000 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวสำหรับสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิไม่เท่ากัน

ในทำนองเดียวกัน เนื่องจาก Levene's test statistic = 12.63 และ p-value = 0.001 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวสำหรับสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิไม่เท่ากัน

แต่เนื่องจากข้อมูลมีจำนวนน้อยเกินไป จึงอนุโลมว่าความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวสำหรับสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิเท่ากัน

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น เราจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

Analysis of Variance for Height, using Adjusted SS for Tests

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	557.7	139.4	1.05	0.408
Temperature	1	1,836.1	1,836.1	13.79	0.001
Variety*Temperature	4	475.6	118.9	0.89	0.486
Error	20	2,662.9	133.1		
Total	29	5,532.2			

S = 11.5387 R-Sq = 51.87% R-Sq(adj) = 30.21%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐาน

$H_0: (\tau\beta)_{11} = (\tau\beta)_{12} = \ldots = (\tau\beta)_{52} = 0$

$H_1: (\tau\beta)_{ij} \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 0.89 และ p-value = 0.486 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและสภาพการปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการทดสอบอิทธิพลของพันธุ์ข้าวและสภาพการปลูกต่อไป

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 1.05 และ p-value = 0.408 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สมมติฐาน

$H_0: \beta_1 = \beta_2$

$H_1: \beta_1 \neq \beta_2$

เนื่องจาก F = 13.79 และ p-value = 0.001 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5) การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison)

Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence

Temperature	N	Mean	Grouping
2	15	124.4	A
1	15	108.7	B

Means that do not share a letter are significantly different.

การปลูกข้าวในสภาพตามธรรมชาติมีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างจากการปลูกข้าวในสภาพห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โดยที่ข้าวที่ปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยมากกว่าคือ 124.4 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.4 ความสูงต้นข้าวในเดือนกันยายน พศ. 2558

จากการบันทึกความสูงต้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ คือ ภูเขาทอง ดอกขาม สามเดือน นางดำ และเล็บมือนาง โดยปลูกในสภาพตามธรรมชาติและห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 ได้ผลดังตารางที่ 1.7 และ 1.8

ตารางที่ 1.7 ความสูงต้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ ปลูกในสภาพตามธรรมชาติ ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2558

พันธุ์	ภูเขาทอง			ดอกขาม			สามเดือน			นางดำ			เล็บมือนาง		
สัปดาห์ที่	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	124.4	135.8	117.5	142.1	118.4	108.0	96.5	141.0	129.8	131.0	107.5	104.4	119.8	122.4	90.4
2	127.2	138.1	119.8	144.5	120.1	117.4	98.3	141.9	134.2	132.5	116.4	109.5	124.6	122.9	95.6
3	128.5	141.7	124.1	146.3	123.5	128.3	99.7	142.5	136.9	139.1	125.2	114.7	128.2	123.5	108.7
4	129.8	144.5	126.5	147.8	126.2	136.1	102.8	143.3	138.1	135.1	133.1	118.2	132.9	124.7	115.6

ตารางที่ 1.8 ความสูงต้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ ปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2558

พันธุ์	ภูเขาทอง			ดอกขาม			สามเดือน			นางดำ			เล็บมือนาง		
สัปดาห์ที่	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	124.9	135.6	116.8	146.7	135.0	134.3	127.1	129.8	118.0	133.9	141.5	128.4	141.2	137.4	129.9
2	125.2	137.4	119.1	151.2	135.4	137.8	128.9	132.6	117.2	134.5	147.3	128.9	143.8	136.3	135.7
3	122.5	139.0	121.0	152.7	136.5	126.9	128.5	134.7	102.1	135.0	149.1	128.1	145.2	135.7	136.1
4	113.7	138.2	120.1	150.2	136.2	X1	124.1	131.4	X2	131.6	148.2	123.2	140.6	132.8	133.9

หมายเหตุ X1 หมายถึง ข้าวพันธุ์ดอกขามต้นที่ 3 ตายในสัปดาห์ที่ 4

X2 หมายถึง ข้าวพันธุ์สามเดือนต้นที่ 3 ตายในสัปดาห์ที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

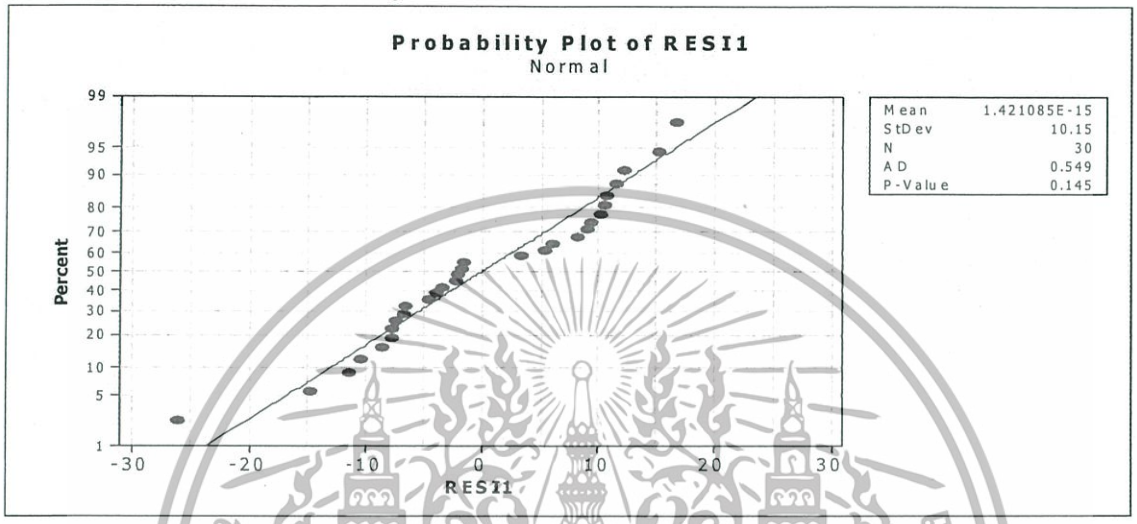
การตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้น (Assumption)

1) การแจกแจงแบบปกติ (Normality)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของความสูงต้นข้าวมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1: เศษตกค้างของความสูงต้นข้าวไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ



เนื่องจาก Anderson-Darling test statistic = 0.549 และ p-value = 0.145 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวมีการแจกแจงแบบปกติ

2) การทดสอบความเป็นอิสระกัน (Independence)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของความสูงต้นข้าวเป็นอิสระกัน

H_1: เศษตกค้างของความสูงต้นข้าวไม่ได้เป็นอิสระกัน

Runs above and below K = 1.421085E-15

The observed number of runs = 19

The expected number of runs = 15.7333

13 observations above K, 17 below

P-value = 0.216

เนื่องจาก p-value = 0.216 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวเป็นอิสระกัน

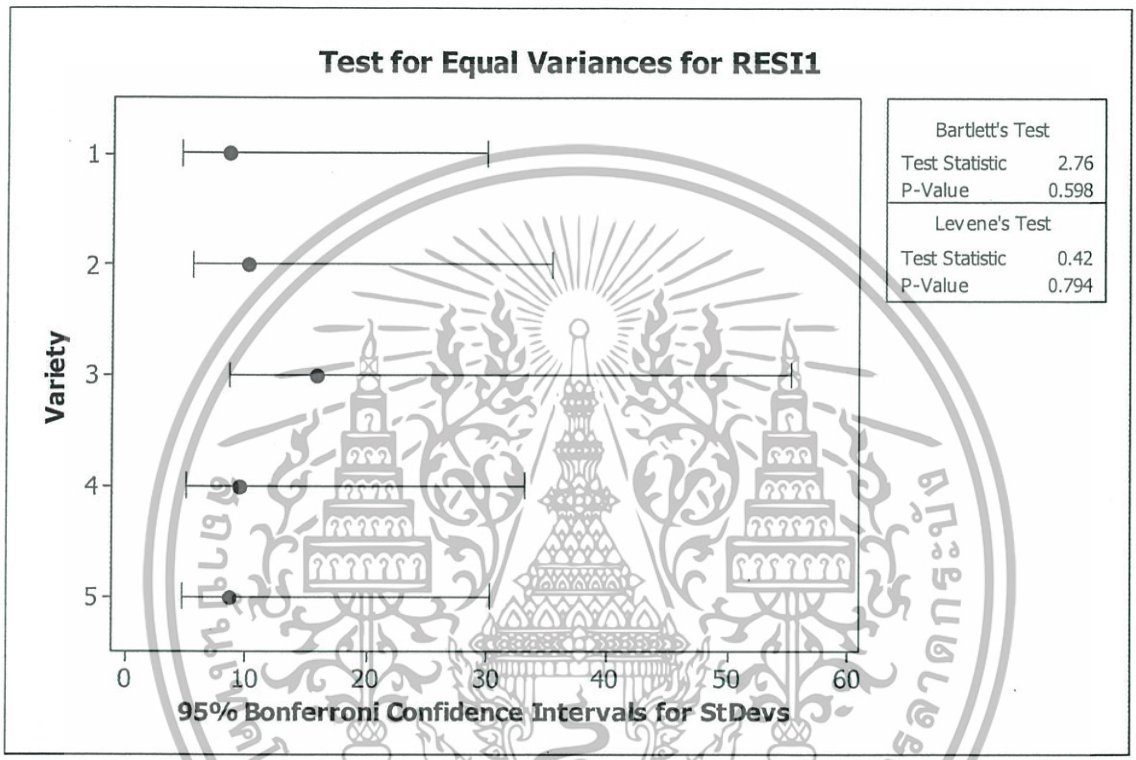
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน (Homogeneity)

สมมติฐาน

H_0: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวทุกพันธุ์เท่ากัน

H_1: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวแตกต่างกันอย่างน้อย 2 พันธุ์



เนื่องจาก Bartlett's test statistic = 2.76 และ p-value = 0.598 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวทุกพันธุ์เท่ากัน

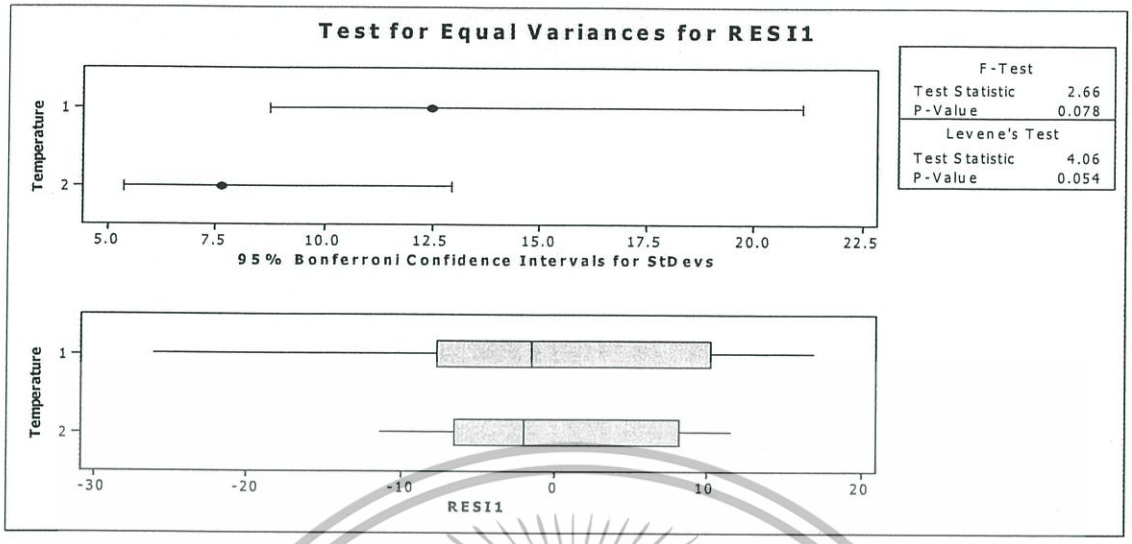
ในทำนองเดียวกัน เนื่องจาก Levene's test statistic = 0.42 และ p-value = 0.794 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวทุกพันธุ์เท่ากัน

สมมติฐาน

H_0: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวสำหรับสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิเท่ากัน

H_1: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวสำหรับสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เนื่องจาก Bartlett's test statistic = 2.66 และ p-value = 0.078 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวสำหรับสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิเท่ากัน

ในทำนองเดียวกัน เนื่องจาก Levene's test statistic = 4.06 และ p-value = 0.054 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของความสูงต้นข้าวสำหรับสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิเท่ากัน

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น เราจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

Analysis of Variance for Height, using Adjusted SS for Tests

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	333.9	83.5	0.56	0.695
Temperature	1	434.7	434.7	2.91	0.103
Variety*Temperature	4	604.5	151.1	1.01	0.424
Error	20	2,984.8	149.2		
Total	29	4,357.9			

S = 12.2164 R-Sq = 31.51% R-Sq(adj) = 0.69%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐาน

$H_0: (\tau\beta)_{11} = (\tau\beta)_{12} = \ldots = (\tau\beta)_{52} = 0$

$H_1: (\tau\beta)_{ij} \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 1.01 และ p-value = 0.424 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและสภาพการปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการทดสอบอิทธิพลของพันธุ์ข้าวและสภาพการปลูกต่อไป

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 0.56 และ p-value = 0.695 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สมมติฐาน

$H_0: \beta_1 = \beta_2$

$H_1: \beta_1 \neq \beta_2$

เนื่องจาก F = 2.91 และ p-value = 0.103 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อความสูงต้นข้าวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 อายุต้นข้าว

จากการบันทึกอายุต้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ คือ ภูเขาทอง ดอกขาม สามเดือน นางดำ และเล็บมือนาง โดยปลูกในสภาพตามธรรมชาติและห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ได้ผลดังตารางที่ 1.9 และ 1.10

ตารางที่ 1.9 อายุต้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ ปลูกในสภาพตามธรรมชาติ

พันธุ์	ภูเขาทอง			ดอกขาม			สามเดือน			นางดำ			เล็บมือนาง		
ต้นที่	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
อายุแตกกอ (วันหลังงอก)	21	18	24	17	17	20	21	19	23	12	16	20	22	19	24
อายุตั้งท้อง (วันหลังงอก)	112	112	122	103	115	109	84	74	82	140	117	122	125	115	116
อายุออกดอกที่ 50% (วันหลังงอก)	129	125	130	119	128	122	108	101	105	155	128	132	137	124	124
อายุเก็บเกี่ยว (วันหลังงอก)	145	138	137	139	140	134	131	120	128	170	138	142	148	132	132

ตารางที่ 1.10 อายุต้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ ปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

พันธุ์	ภูเขาทอง			ดอกขาม			สามเดือน			นางดำ			เล็บมือนาง		
ต้นที่	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
อายุแตกกอ (วันหลังงอก)	26	-	25	28	26	24	28	-	28	-	30	32	27	25	31
อายุตั้งท้อง (วันหลังงอก)	129	132	134	128	134	X1	105	112	X2	135	121	125	126	125	129
อายุออกดอกที่ 50% (วันหลังงอก)	-	-	-	-	-	X1	-	-	X2	-	-	-	-	-	-
อายุเก็บเกี่ยว (วันหลังงอก)	-	-	-	-	-	X1	-	-	X2	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ - หมายถึง ข้าวยังไม่แตกกอ ไม่ออกดอกที่ 50% และยังไม่ได้เก็บเกี่ยว

X1 หมายถึง ข้าวพันธุ์ดอกขามต้นที่ 3 ตายในขณะตั้งท้อง

X2 หมายถึง ข้าวพันธุ์สามเดือนต้นที่ 3 ตายในขณะตั้งท้อง

ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ ปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ไม่แตกกอ ไม่ออกดอกที่ 50% และมีบางส่วนตาย จึงไม่สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลได้ เราจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลข้าวทั้ง 5 พันธุ์ ปลูกในสภาพตามธรรมชาติเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.1 อายุแตกกอ

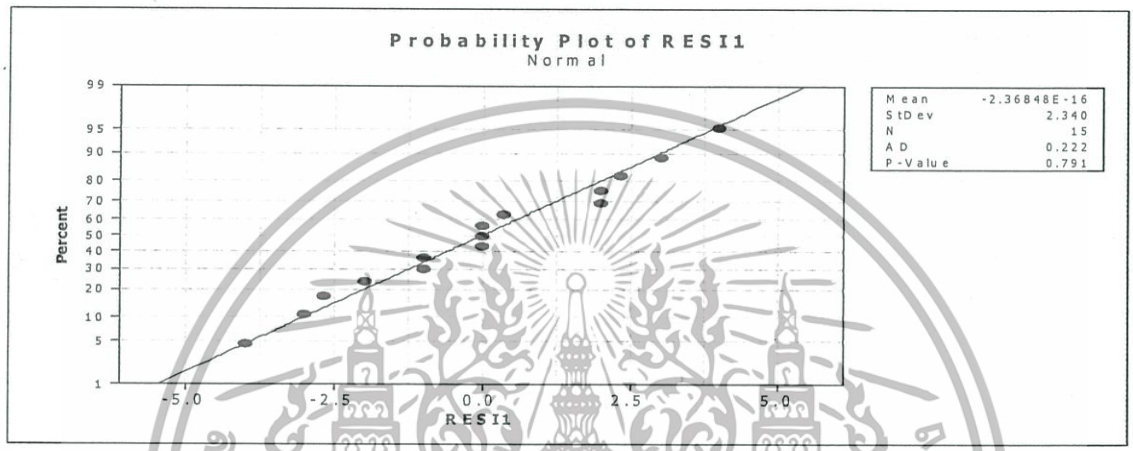
การตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้น (Assumption)

1) การแจกแจงแบบปกติ (Normality)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของอายุแตกกอมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1: เศษตกค้างของอายุแตกกอไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ



เนื่องจาก Anderson-Darling test statistic = 0.222 และ p-value = 0.791 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของอายุแตกกอมีการแจกแจงแบบปกติ

2) การทดสอบความเป็นอิสระกัน (Independence)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของอายุแตกกอเป็นอิสระกัน

H_1: เศษตกค้างของอายุแตกกอไม่ได้เป็นอิสระกัน

Runs above and below K = -2.36848E-16

The observed number of runs = 11

The expected number of runs = 8.2

9 observations above K, 6 below

* N is small, so the following approximation may be invalid.

P-value = 0.117

เนื่องจาก p-value = 0.117 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของอายุแตกกอเป็นอิสระกัน

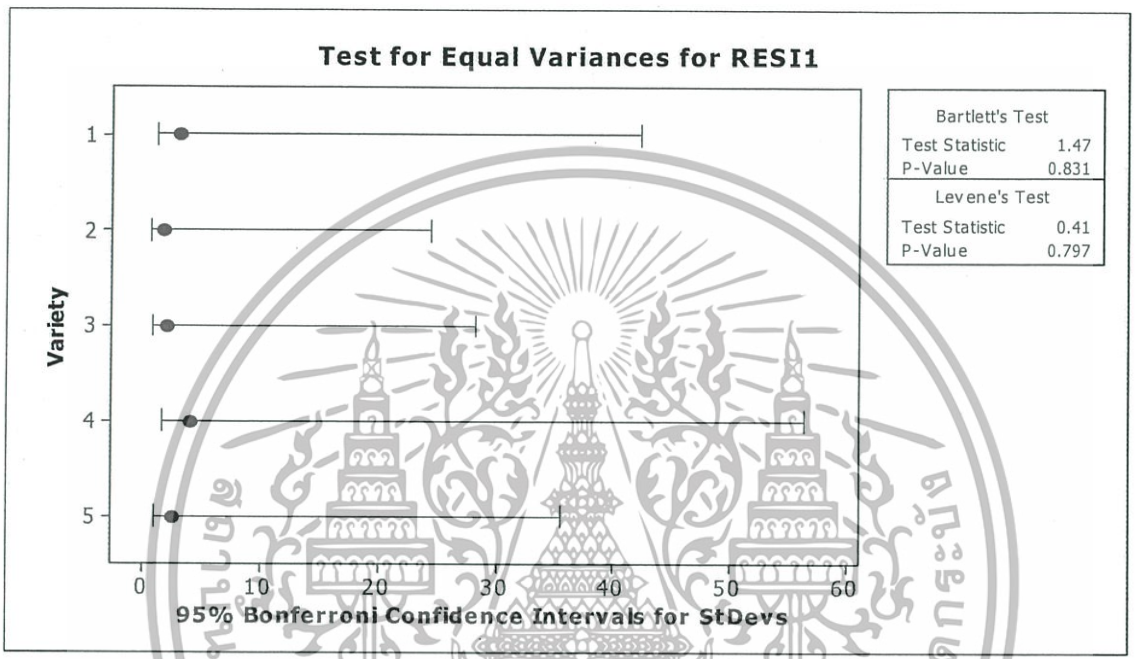
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน (Homogeneity)

สมมติฐาน

H_0: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของอายุแตกกอข้าวทุกพันธุ์เท่ากัน

H_1: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของอายุแตกกอข้าวแตกต่างกันอย่างน้อย 2 พันธุ์



เนื่องจาก Bartlett's test statistic = 1.47 และ p-value = 0.831 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของอายุแตกตอข้าวทุกพันธุ์เท่ากัน

ในทำนองเดียวกัน เนื่องจาก Levene's test statistic = 0.41 และ p-value = 0.797 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของอายุแตกกอข้าวทุกพันธุ์เท่ากัน

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น เราจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

One-way ANOVA: Age versus Variety

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	71.07	17.77	**2.32**	**0.128**
Error	10	76.67	7.67		
Total	14	147.73			

S = 2.769 R-Sq = 48.10% R-Sq(adj) = 27.35%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = ... = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 2.32 และ p-value = 0.128 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอายุแตกกอโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.2 อายุตั้งท้อง

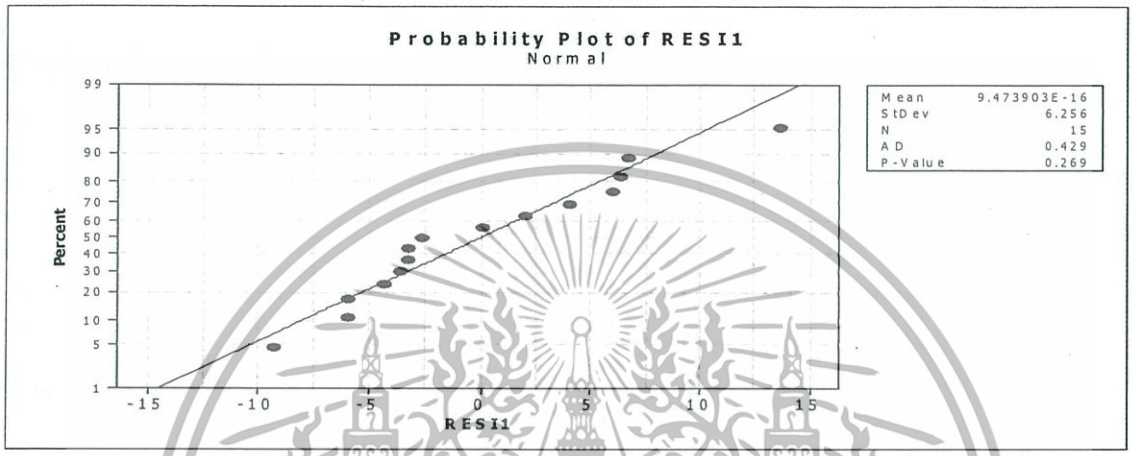
การตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้น (Assumption)

1) การแจกแจงแบบปกติ (Normality)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของอายุตั้งท้องมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1: เศษตกค้างของอายุตั้งท้องไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ



เนื่องจาก Anderson-Darling test statistic = 0.429 และ p-value = 0.269 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของอายุตั้งท้องมีการแจกแจงแบบปกติ

2) การทดสอบความเป็นอิสระกัน (Independence)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของอายุตั้งท้องเป็นอิสระกัน

H_1: เศษตกค้างของอายุตั้งท้องไม่ได้เป็นอิสระกัน

Runs above and below K = 9.473903E-16

The observed number of runs = 11

The expected number of runs = 8.2

6 observations above K, 9 below

* N is small, so the following approximation may be invalid.

P-value = 0.117

เนื่องจาก p-value = 0.117 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของอายุตั้งท้องเป็นอิสระกัน

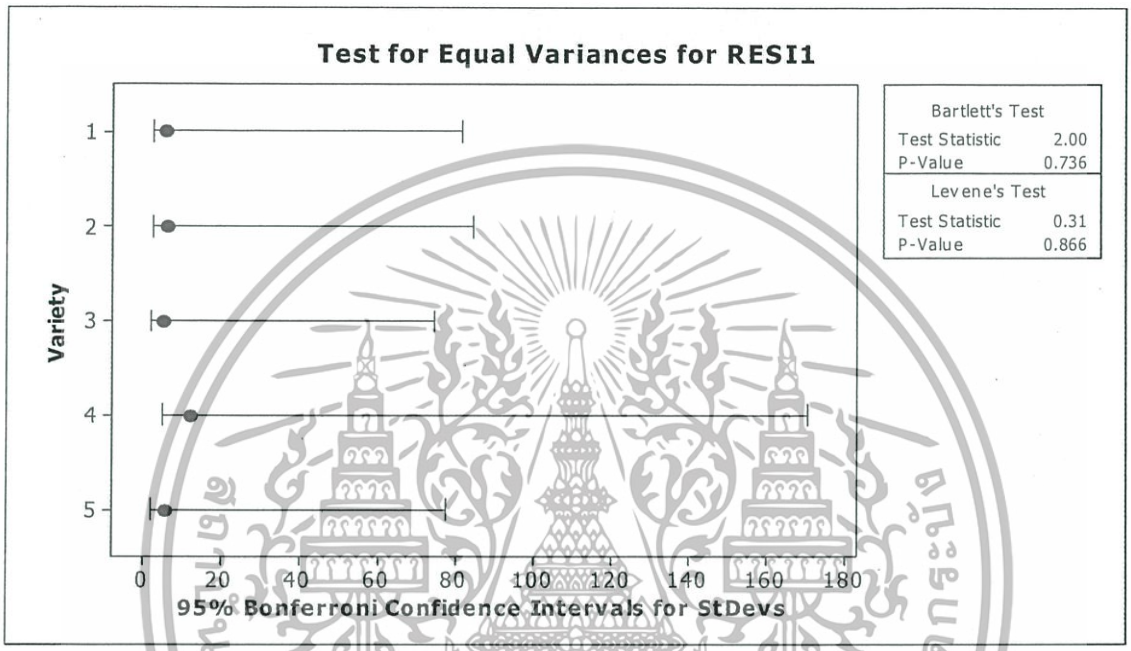
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน (Homogeneity)

สมมติฐาน

H_0: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของอายุตั้งท้องข้าวทุกพันธุ์เท่ากัน

H_1: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของอายุตั้งท้องข้าวแตกต่างกันอย่างน้อย 2 พันธุ์



เนื่องจาก Bartlett's test statistic = 2.00 และ p-value = 0.736 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของอายุตั้งท้องข้าวทุกพันธุ์เท่ากัน

ในทำนองเดียวกัน เนื่องจาก Levene's test statistic = 0.31 และ p-value = 0.866 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของอายุตั้งท้องข้าวทุกพันธุ์เท่ากัน

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น เราจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

One-way ANOVA: Age versus Variety

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	3,813.7	953.4	**17.40**	**0.000**
Error	10	548.0	54.8		
Total	14	4,361.7			

S = 7.403 R-Sq = 87.44% R-Sq(adj) = 82.41%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 17.40 และ p-value = 0.000 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอายุตั้งท้องโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณต่อไป

5) การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison)

Grouping Information Using Tukey Method

Variety	n	Mean	Grouping
4	3	126.333	A
5	3	118.667	A
1	3	115.333	A
2	3	109.000	A
3	3	80.000	B

Means that do not share a letter are significantly different.

การปลูกข้าวในสภาพตามธรรมชาติ ข้าวพันธุ์สามเดือนมีอายุตั้งท้องโดยเฉลี่ยแตกต่างจากข้าวพันธุ์อื่น ๆ โดยที่ข้าวพันธุ์สามเดือนมีอายุตั้งท้องโดยเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 80 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.3 อายุออกดอกที่ 50%

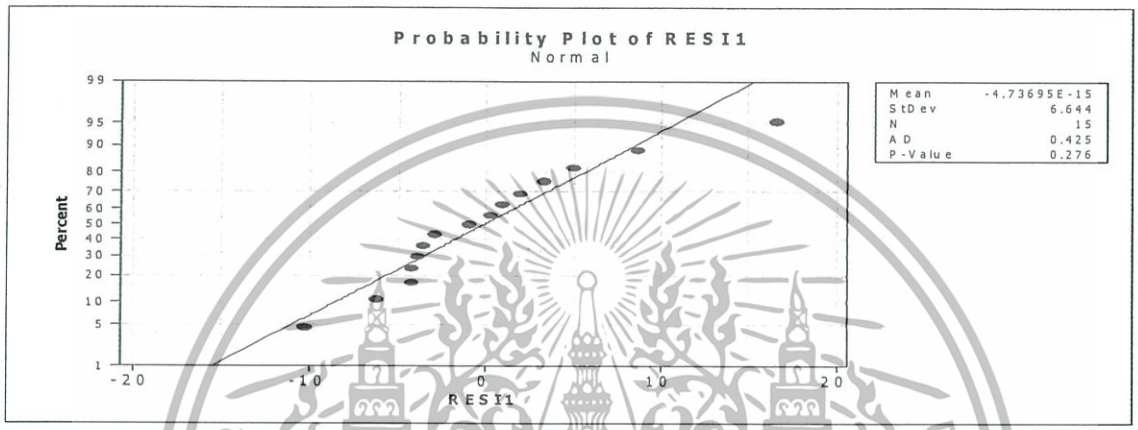
การตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้น (Assumption)

1) การแจกแจงแบบปกติ (Normality)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของอายุออกดอกที่ 50% มีการแจกแจงแบบปกติ

H_1: เศษตกค้างของอายุออกดอกที่ 50% ไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ



เนื่องจาก Anderson-Darling test statistic = 0.425 และ p-value = 0.276 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของอายุออกดอกที่ 50% มีการแจกแจงแบบปกติ

2) การทดสอบความเป็นอิสระกัน (Independence)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของอายุออกดอกที่ 50% เป็นอิสระกัน

H_1: เศษตกค้างของอายุออกดอกที่ 50% ไม่ได้เป็นอิสระกัน

Runs above and below K = -4.73695E-15

The observed number of runs = 12

The expected number of runs = 8.46667

7 observations above K, 8 below

* N is small, so the following approximation may be invalid.

P-value = 0.057

เนื่องจาก p-value = 0.057 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของอายุออกดอกที่ 50% เป็นอิสระกัน

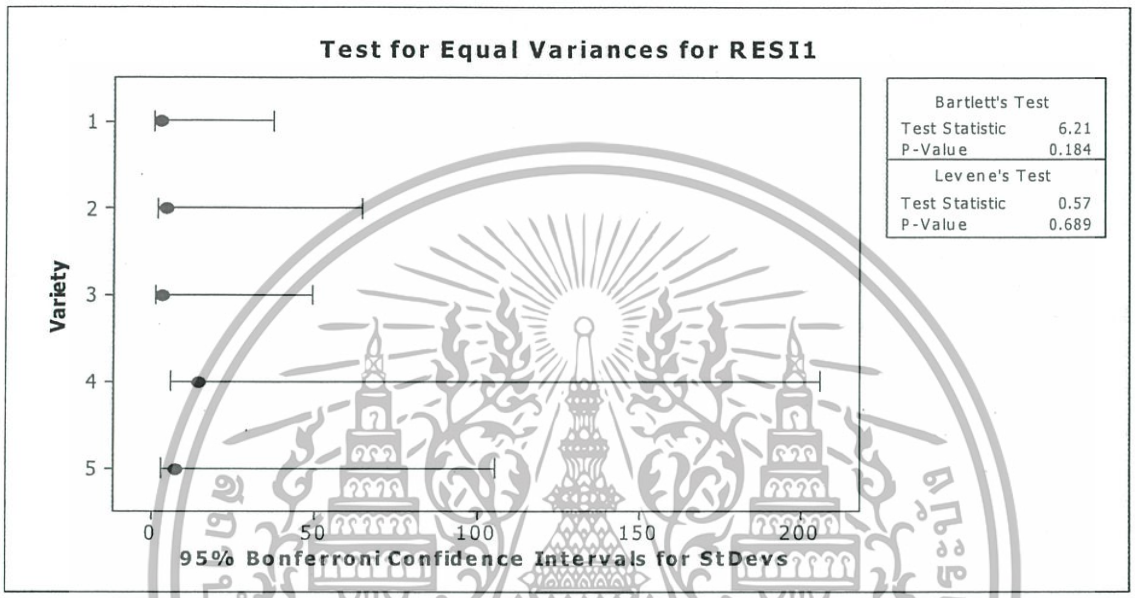
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน (Homogeneity)

สมมติฐาน

H_0: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของอายุออกดอกที่ 50% ทุกพันธุ์เท่ากัน

H_1: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของอายุออกดอกที่ 50% แตกต่างกันอย่างน้อย 2 พันธุ์



เนื่องจาก Bartlett's test statistic = 6.21 และ p-value = 0.184 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของอายุออกดอกที่ 50% ทุกพันธุ์เท่ากัน

ในทำนองเดียวกัน เนื่องจาก Levene's test statistic = 0.57 และ p-value = 0.689 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของอายุออกดอกที่ 50% ทุกพันธุ์เท่ากัน

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น เราจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

One-way ANOVA: Age versus Variety

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	1,841.7	460.4	**7.45**	**0.005**
Error	10	618.0	61.8		
Total	14	2,459.7			

S = 7.861 R-Sq = 74.88% R-Sq(adj) = 64.83%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 คู่

เนื่องจาก F = 7.45 และ p-value = 0.005 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอายุออกดอกที่ 50% โดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณต่อไป

5) การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison)

Grouping Information Using Tukey Method

Variety	n	Mean	Grouping
4	3	138.333	A
5	3	128.333	A
1	3	128.000	A
2	3	123.000	A B
3	**3**	**104.667**	**B**

Means that do not share a letter are significantly different.

การปลูกข้าวในสภาพตามธรรมชาติ ข้าวพันธุ์สามเดือนมีอายุออกดอกที่ 50% โดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจากข้าวพันธุ์ดอกขาม แต่แตกต่างจากข้าวพันธุ์ภูเขาทอง นางดำ และเล็บมือนาง โดยที่ข้าวพันธุ์สามเดือนมีอายุออกดอกที่ 50% โดยเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 104.667 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.4 อายุเก็บเกี่ยว

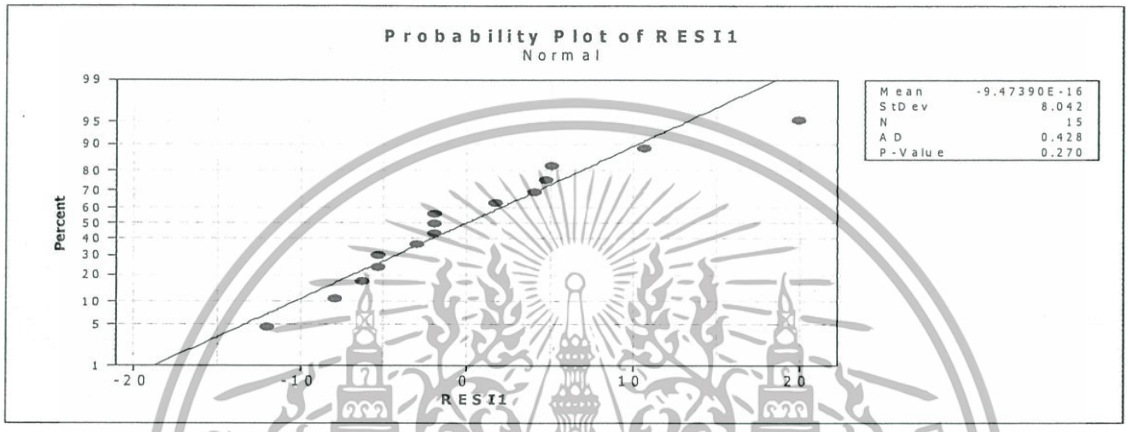
การตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้น (Assumption)

1) การแจกแจงแบบปกติ (Normality)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของอายุเก็บเกี่ยวมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1: เศษตกค้างของอายุเก็บเกี่ยวไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ



เนื่องจาก Anderson-Darling test statistic = 0.428 และ p-value = 0.270 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของอายุเก็บเกี่ยวมีการแจกแจงแบบปกติ

2) การทดสอบความเป็นอิสระกัน (Independence)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของอายุเก็บเกี่ยวเป็นอิสระกัน

H_1: เศษตกค้างของอายุเก็บเกี่ยวไม่ได้เป็นอิสระกัน

Runs above and below K = -9.47390E-16

The observed number of runs = 10

The expected number of runs = 8.2

6 observations above K, 9 below

* N is small, so the following approximation may be invalid.

P-value = 0.313

เนื่องจาก p-value = 0.313 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของอายุเก็บเกี่ยวเป็นอิสระกัน

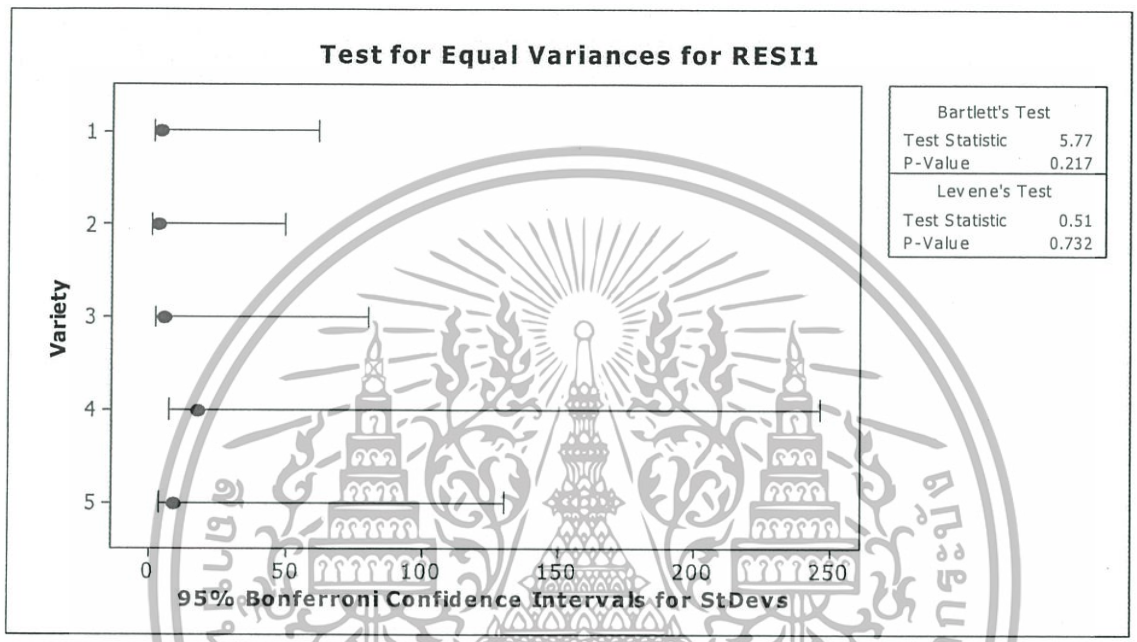
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน (Homogeneity)

สมมติฐาน

H_0: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของอายุเก็บเกี่ยวทุกพันธุ์เท่ากัน

H_1: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของอายุเก็บเกี่ยวแตกต่างกันอย่างน้อย 2 พันธุ์



เนื่องจาก Bartlett's test statistic = 5.77 และ p-value = 0.217 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของอายุเก็บเกี่ยวทุกพันธุ์เท่ากัน

ในทำนองเดียวกัน เนื่องจาก Levene's test statistic = 0.51 และ p-value = 0.732 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของอายุเก็บเกี่ยวทุกพันธุ์เท่ากัน

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น เราจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

One-way ANOVA: Age versus Variety

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	865.6	216.4	**2.39**	**0.120**
Error	10	905.3	90.5		
Total	14	1,770.9			

S = 9.515 R-Sq = 48.88% R-Sq(adj) = 28.43%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 2.39 และ p-value = 0.120 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีอายุเก็บเกี่ยวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ผลผลิตต้นข้าว

จากการบันทึกผลผลิตต้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ คือ ภูเขาทอง ดอกขาม สามเดือน นางดำ และเล็บมือนาง โดยปลูกในสภาพตามธรรมชาติและห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ได้ผลดังตารางที่ 1.11 และ 1.12

ตารางที่ 1.11 ผลผลิตต้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ ปลูกในสภาพตามธรรมชาติ

พันธุ์	ภูเขาทอง			ดอกขาม			สามเดือน			นางดำ			เล็บมือนาง		
ต้นที่	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
จำนวนต้นต่อกอ (ต้น)	3	5	2	1	2	4	3	3	2	3	2	3	2	3	4
จำนวนรวงต่อกอ (รวง)	12	12	19	11	12	7	8	14	16	14	13	6	5	15	7
ความยาวรวง (เซนติเมตร)	21.6	22.2	26.3	30.3	29.8	33.0	22.2	24.5	26.6	23.1	25.7	27.3	21.8	30.3	30.3
จำนวนดอกเป็นหมัน (ดอก)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	-
จำนวนเมล็ดเขียว (เมล็ด)	17	12	10	9	18	16	9	11	14	11	19	9	13	15	11
เปอร์เซนต์ท้องไข่ (%)	86.7	84.1	84.0	87.1	83.2	85.7	80.0	85.7	73.7	80.4	88.9	81.7	88.7	80.8	81.2
จำนวนเมล็ดต่อรวง (เมล็ด)	135	157	131	185	190	258	80	84	114	97	208	180	186	182	186
จำนวนเมล็ดดีต่อรวง (เมล็ด)	117	132	110	161	158	221	64	72	84	78	185	147	165	147	151
จำนวนเมล็ดลีบต่อรวง (เมล็ด)	18	25	21	24	32	37	16	12	30	19	23	33	21	35	35
น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	2.44	2.46	2.42	2.62	2.41	2.51	2.24	2.34	2.21	2.93	2.63	2.77	2.21	2.45	2.33
ความยาวคอรวง (เซนติเมตร)	2.60	3.25	3.33	3.90	2.86	3.16	3.87	4.76	4.75	2.62	2.98	3.57	2.90	3.95	3.30

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่มีดอกเป็นหมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.12 ผลผลิตต้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ ปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

พันธุ์	ภูเขาทอง			ดอกขาม			สามเดือน			นางดำ			เล็บมือนาง		
ต้นที่	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
จำนวนต้นต่อกอ (ต้น)	3	-	2	2	3	2	2	-	3	-	2	2	2	3	1
จำนวนรวงต่อกอ (รวง)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ความยาวรวง (เซนติเมตร)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
จำนวนดอกเป็นหมัน (ดอก)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
จำนวนเมล็ดเขียว (เมล็ด)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
เปอร์เซนต์ท้องไข่ (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
จำนวนเมล็ดต่อรวง (เมล็ด)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
จำนวนเมล็ดดีต่อรวง (เมล็ด)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
จำนวนเมล็ดลีบต่อรวง (เมล็ด)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ความยาวคอรวง (เซนติเมตร)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปลูกในสภาพตามธรรมชาติ

พันธุ์ข้าวภูเขาทอง	มีชีวิตรอดทั้ง 3 ต้น
พันธุ์ข้าวดอกขาม	มีชีวิตรอดทั้ง 3 ต้น
พันธุ์ข้าวสามเดือน	มีชีวิตรอดทั้ง 3 ต้น
พันธุ์ข้าวนางดำ	มีชีวิตรอดทั้ง 3 ต้น
พันธุ์ข้าวเล็บมือนาง	มีชีวิตรอดทั้ง 3 ต้น

การปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

พันธุ์ข้าวภูเขาทอง	มีชีวิตรอดทั้ง 3 ต้น
พันธุ์ข้าวดอกขาม	มีชีวิตรอด 2 ต้น ตาย 1 ต้น
พันธุ์ข้าวสามเดือน	มีชีวิตรอด 1 ต้น ตาย 2 ต้น
พันธุ์ข้าวนางดำ	มีชีวิตรอด 1 ต้น ตาย 2 ต้น
พันธุ์ข้าวเล็บมือนาง	มีชีวิตรอดทั้ง 3 ต้น

ข้าวทั้ง 5 พันธุ์ ปลูกในห้องควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ไม่ออกดอก ไม่ออกรวง และมีบางส่วนตาย จึงไม่สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลได้ เราจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลข้าวทั้ง 5 พันธุ์ ปลูกในสภาพตามธรรมชาติเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.1 จำนวนต้นต่อกอ

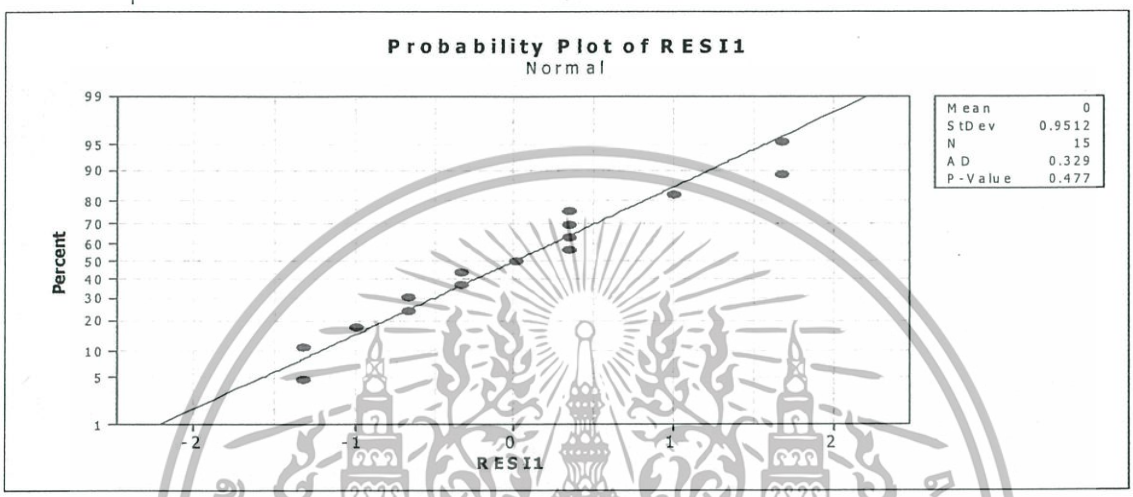
การตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้น (Assumption)

1) การแจกแจงแบบปกติ (Normality)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของจำนวนต้นต่อกอมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1: เศษตกค้างของจำนวนต้นต่อกอไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ



เนื่องจาก Anderson-Darling test statistic = 0.329 และ p-value = 0.477 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของจำนวนต้นต่อกอมีการแจกแจงแบบปกติ

2) การทดสอบความเป็นอิสระกัน (Independence)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของจำนวนต้นต่อกอเป็นอิสระกัน

H_1: เศษตกค้างของจำนวนต้นต่อกอไม่ได้เป็นอิสระกัน

Runs above and below K = 0

The observed number of runs = 10

The expected number of runs = 8.46667

7 observations above K, 8 below

* N is small, so the following approximation may be invalid.

P-value = 0.409

เนื่องจาก p-value = 0.409 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของจำนวนต้นต่อกอเป็นอิสระกัน

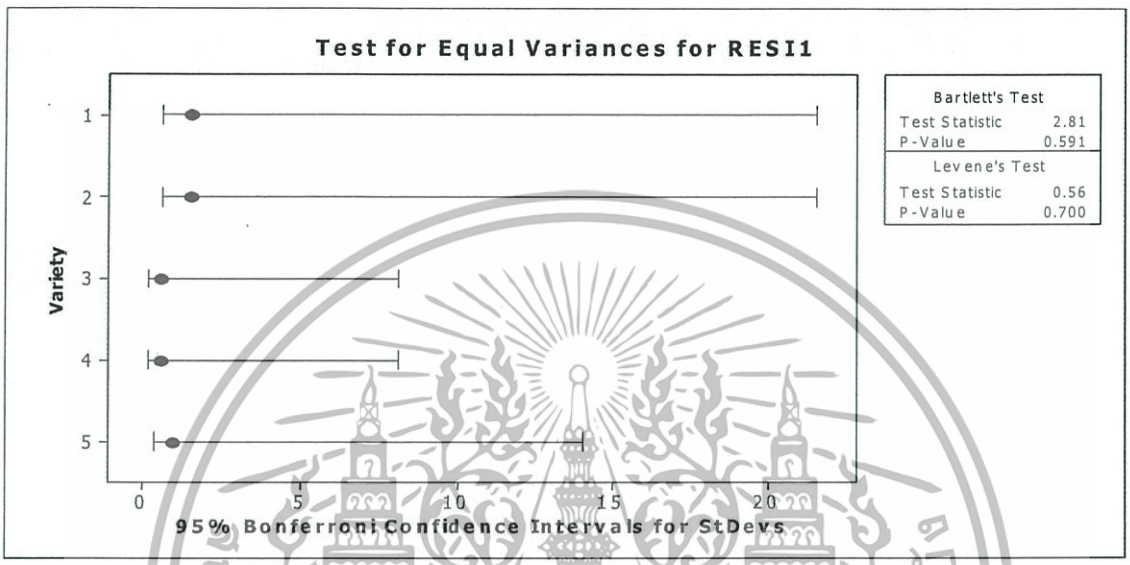
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน (Homogeneity)

สมมติฐาน

H_0: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนต้นต่อกอทุกพันธุ์เท่ากัน

H_1: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนต้นต่อกอแตกต่างกันอย่างน้อย 2 พันธุ์



เนื่องจาก Bartlett's test statistic = 2.81 และ p-value = 0.591 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนต้นต่อกอทุกพันธุ์เท่ากัน

ในทำนองเดียวกัน เนื่องจาก Levene's test statistic = 0.56 และ p-value = 0.700 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนต้นต่อกอทุกพันธุ์เท่ากัน

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น เราจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

One-way ANOVA: Yield versus Variety

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	1.73	0.43	**0.34**	**0.844**
Error	10	12.67	1.27		
Total	14	14.40			

S = 1.125 R-Sq = 12.04% R-Sq(adj) = 0.00%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 คำ

เนื่องจาก F = 0.34 และ p-value = 0.844 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีจำนวนต้นต่อกอโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 จำนวนรวงต่อกอ

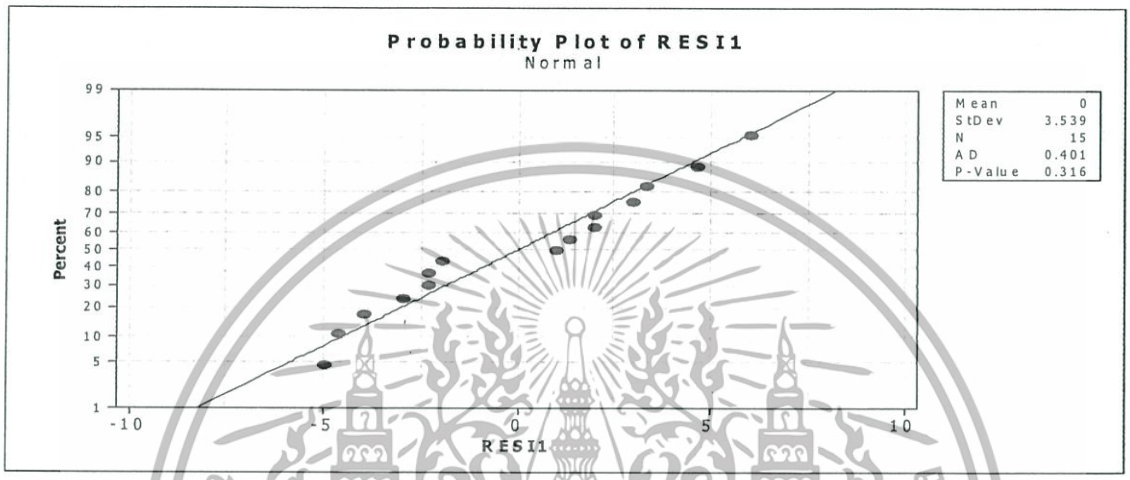
การตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้น (Assumption)

1) การแจกแจงแบบปกติ (Normality)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของจำนวนรวงต่อกอมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1: เศษตกค้างของจำนวนรวงต่อกอไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ



เนื่องจาก Anderson-Darling test statistic = 0.401 และ p-value = 0.316 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของจำนวนรวงต่อกอมีการแจกแจงแบบปกติ

2) การทดสอบความเป็นอิสระกัน (Independence)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของจำนวนรวงต่อกอเป็นอิสระกัน

H_1: เศษตกค้างของจำนวนรวงต่อกอไม่ได้เป็นอิสระกัน

Runs above and below K = 0

The observed number of runs = 7

The expected number of runs = 8.46667

8 observations above K, 7 below

* N is small, so the following approximation may be invalid.

P-value = 0.430

เนื่องจาก p-value = 0.430 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของจำนวนรวงต่อกอเป็นอิสระกัน

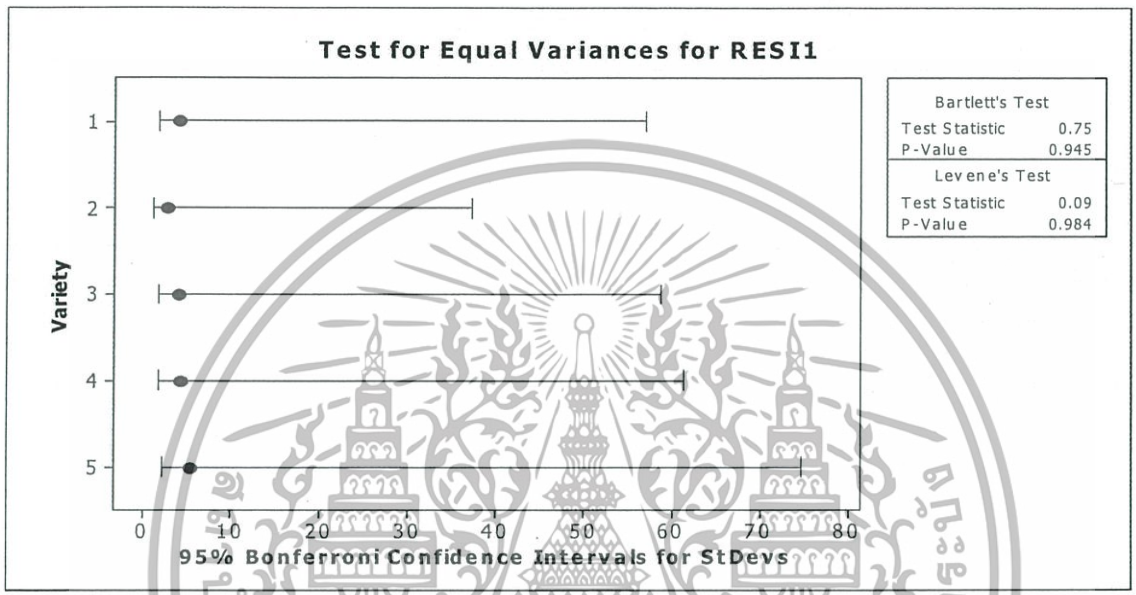
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน (Homogeneity)

สมมติฐาน

H_0: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนรวงต่อกอทุกพันธุ์เท่ากัน

H_1: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนรวงต่อกอแตกต่างกันอย่างน้อย 2 พันธุ์



เนื่องจาก Bartlett's test statistic = 0.75 และ p-value = 0.945 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนรวงต่อกอทุกพันธุ์เท่ากัน

ในทำนองเดียวกัน เนื่องจาก Levene's test statistic = 0.09 และ p-value = 0.984 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนรวงต่อกอทุกพันธุ์เท่ากัน

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น เราจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

One-way ANOVA: Age versus Variety

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	54.3	13.6	**0.77**	**0.567**
Error	10	175.3	17.5		
Total	14	229.6			

S = 4.187 R-Sq = 23.64% R-Sq(adj) = 0.00%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 0.77 และ p-value = 0.567 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีจำนวนรวงต่อกอโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.3 ความยาวรวง

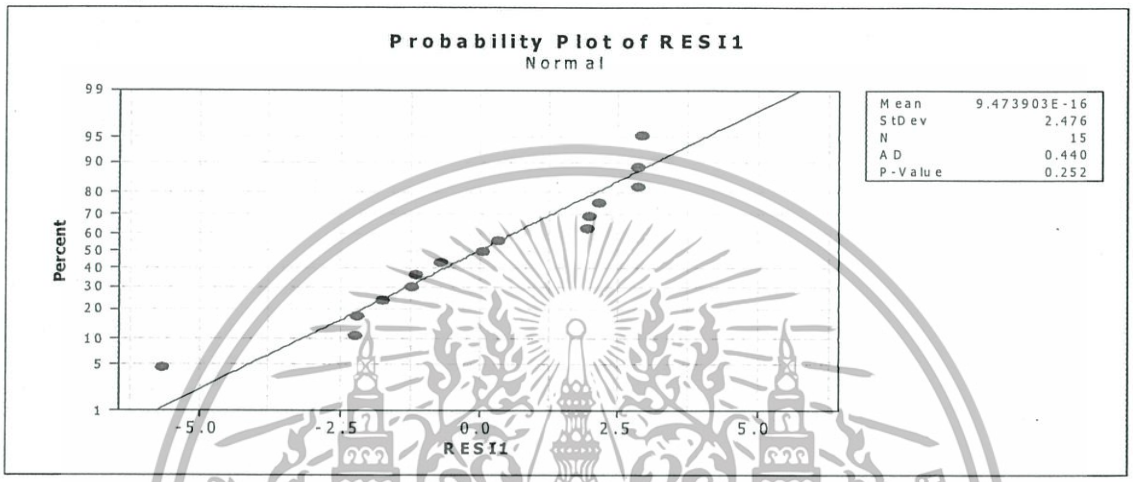
การตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้น (Assumption)

1) การแจกแจงแบบปกติ (Normality)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของความยาวรวงมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1: เศษตกค้างของความยาวรวงไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ



เนื่องจาก Anderson-Darling test statistic = 0.440 และ p-value = 0.252 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของความยาวรวงมีการแจกแจงแบบปกติ

2) การทดสอบความเป็นอิสระกัน (Independence)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของความยาวรวงเป็นอิสระกัน

H_1: เศษตกค้างของความยาวรวงไม่ได้เป็นอิสระกัน

Runs above and below K = 9.473903E-16

The observed number of runs = 10

The expected number of runs = 8.46667

8 observations above K, 7 below

* N is small, so the following approximation may be invalid.

P-value = 0.409

เนื่องจาก p-value = 0.409 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของความยาวรวงเป็นอิสระกัน

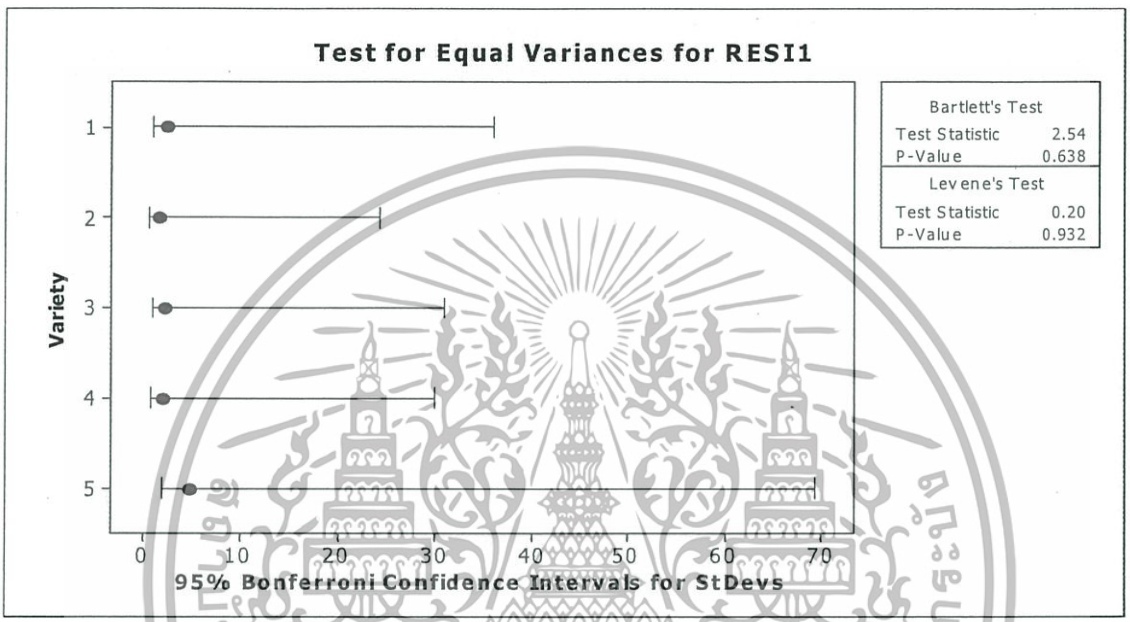
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน (Homogeneity)

สมมติฐาน

H_0: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของความยาวรวงทุกพันธุ์เท่ากัน

H_1: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของความยาวรวงแตกต่างกันอย่างน้อย 2 พันธุ์



เนื่องจาก Bartlett's test statistic = 2.54 และ p-value = 0.638 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของความยาวรวงทุกพันธุ์เท่ากัน

ในทำนองเดียวกัน เนื่องจาก Levene's test statistic = 0.20 และ p-value = 0.932 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของความยาวรวงทุกพันธุ์เท่ากัน

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น เราจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

One-way ANOVA: Age versus Variety

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	110.16	27.54	**3.21**	**0.061**
Error	10	85.85	8.59		
Total	14	196.01			

S = 2.930 R-Sq = 56.20% R-Sq(adj) = 38.68%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 3.21 และ p-value = 0.061 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีความยาวรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 จำนวนเมล็ดเขียว

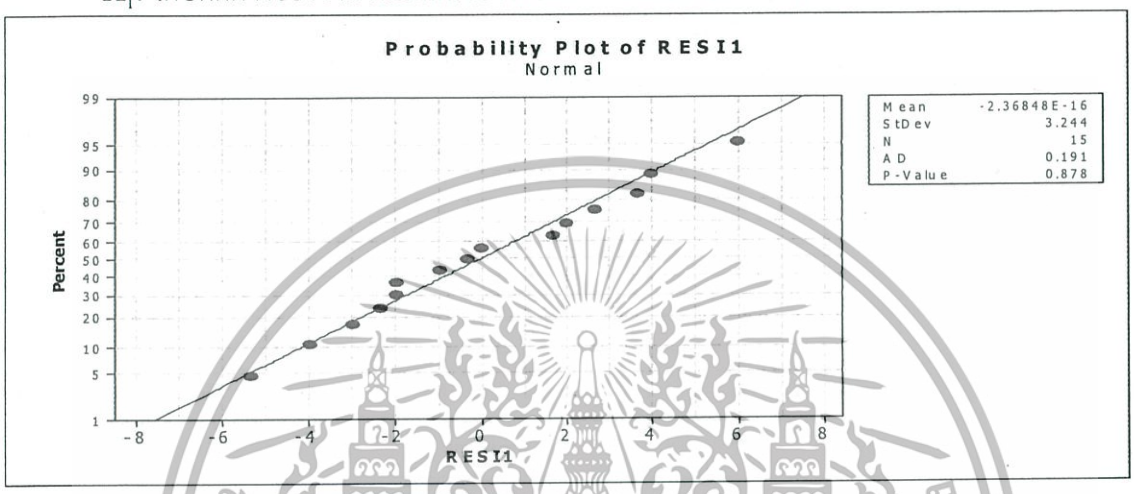
การตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้น (Assumption)

1) การแจกแจงแบบปกติ (Normality)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของจำนวนเมล็ดเขียวมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1: เศษตกค้างของจำนวนเมล็ดเขียวไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ



เนื่องจาก Anderson-Darling test statistic = 0.191 และ p-value = 0.878 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดเขียวมีการแจกแจงแบบปกติ

2) การทดสอบความเป็นอิสระกัน (Independence)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของจำนวนเมล็ดเขียวเป็นอิสระกัน

H_1: เศษตกค้างของจำนวนเมล็ดเขียวไม่ได้เป็นอิสระกัน

Runs above and below K = -2.36848E-16

The observed number of runs = 10

The expected number of runs = 8.46667

7 observations above K, 8 below

* N is small, so the following approximation may be invalid.

P-value = 0.409

เนื่องจาก p-value = 0.409 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดเขียวเป็นอิสระกัน

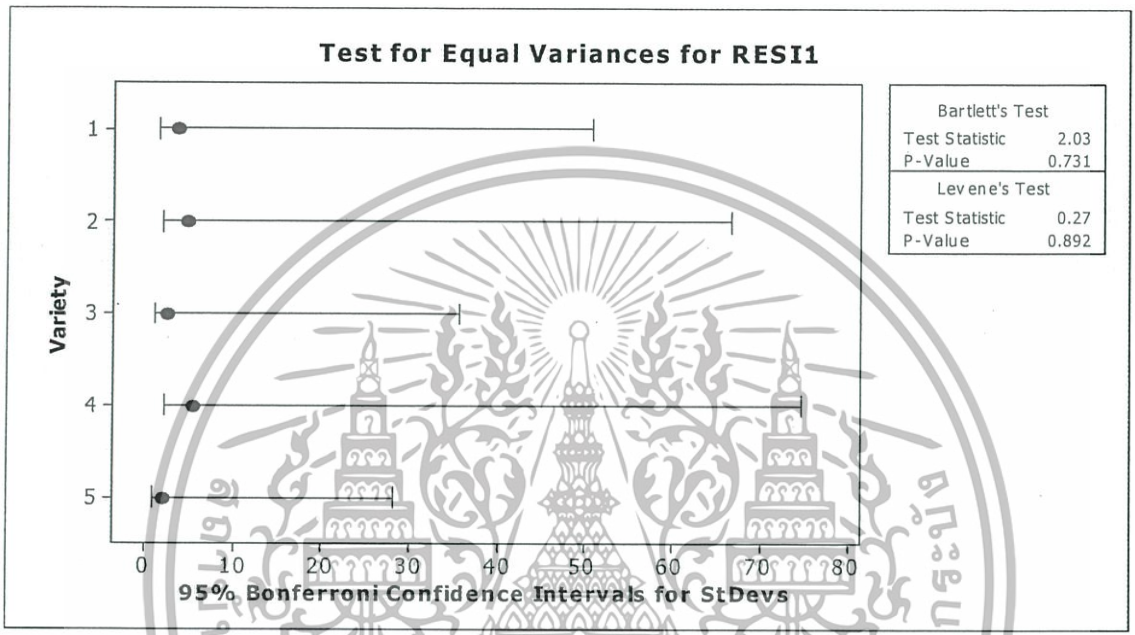
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน (Homogeneity)

สมมติฐาน

H_0: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดเขียวทุกพันธุ์เท่ากัน

H_1: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดเขียวแตกต่างกันอย่างน้อย 2 พันธุ์



เนื่องจาก Bartlett's test statistic = 2.03 และ p-value = 0.731 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดเขียวทุกพันธุ์เท่ากัน

ในทำนองเดียวกัน เนื่องจาก Levene's test statistic = 0.27 และ p-value = 0.892 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดเขียวทุกพันธุ์เท่ากัน

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น เราจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

One-way ANOVA: Age versus Variety

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	13.6	3.4	**0.23**	**0.915**
Error	10	147.3	14.7		
Total	14	160.9			

S = 3.838 R-Sq = 8.45% R-Sq(adj) = 0.00%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 คู่

เนื่องจาก F = 0.23 และ p-value = 0.915 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีจำนวนเมล็ดเขียวโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.5 เปอร์เซ็นต์ท้องไข่

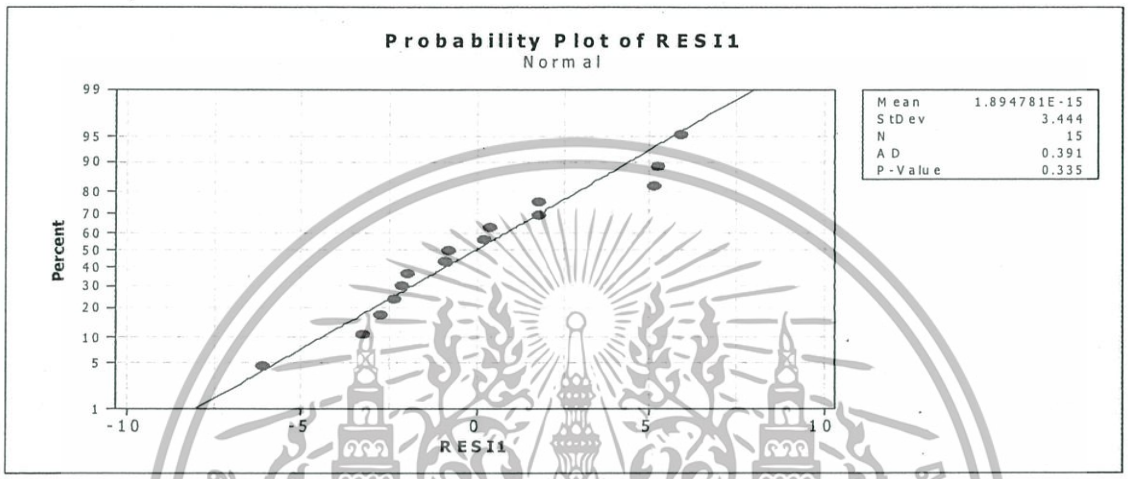
การตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้น (Assumption)

1) การแจกแจงแบบปกติ (Normality)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของเปอร์เซ็นต์ท้องไข่มีการแจกแจงแบบปกติ

H_1: เศษตกค้างของเปอร์เซ็นต์ท้องไข่ไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ



เนื่องจาก Anderson-Darling test statistic = 0.391 และ p-value = 0.335 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของเปอร์เซ็นต์ท้องไข่มีการแจกแจงแบบปกติ

2) การทดสอบความเป็นอิสระกัน (Independence)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของเปอร์เซ็นต์ท้องไข่เป็นอิสระกัน

H_1: เศษตกค้างของเปอร์เซ็นต์ท้องไข่ไม่ได้เป็นอิสระกัน

Runs above and below K = 1.894781E-15

The observed number of runs = 10

The expected number of runs = 8.46667

7 observations above K, 8 below

* N is small, so the following approximation may be invalid.

P-value = 0.409

เนื่องจาก p-value = 0.409 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของเปอร์เซ็นต์ท้องไข่เป็นอิสระกัน

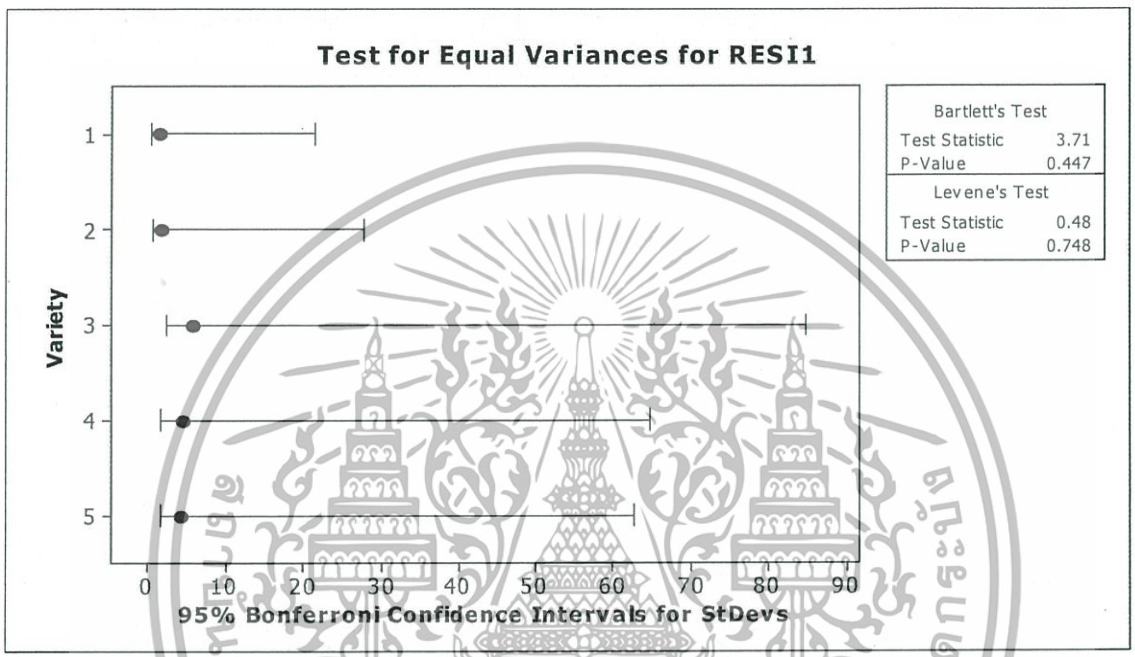
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน (Homogeneity)

สมมติฐาน

H_0: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของเปอร์เซ็นต์ท้องไข่ทุกพันธุ์เท่ากัน

H_1: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของเปอร์เซ็นต์ท้องไข่แตกต่างกันอย่างน้อย 2 พันธุ์



เนื่องจาก Bartlett's test statistic = 3.71 และ p-value = 0.447 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของเปอร์เซ็นต์ท้องไข่ทุกพันธุ์เท่ากัน

ในทำนองเดียวกัน เนื่องจาก Levene's test statistic = 0.48 และ p-value = 0.748 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของเปอร์เซ็นต์ท้องไข่ทุกพันธุ์เท่ากัน

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น เราจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

One-way ANOVA: Age versus Variety

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	57.4	14.3	**0.86**	**0.518**
Error	10	166.1	16.6		
Total	14	223.5			

S = 4.075 R-Sq = 25.68% R-Sq(adj) = 0.00%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 0.86 และ p-value = 0.518 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีเปอร์เซ็นต์ท้องไข่โดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.6 จำนวนเมล็ดต่อรวง

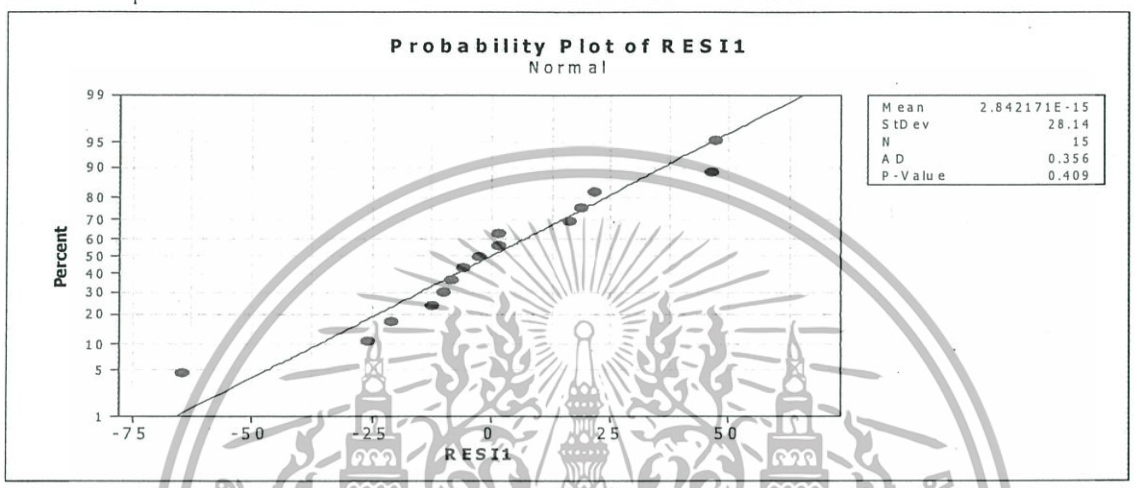
การตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้น (Assumption)

1) การแจกแจงแบบปกติ (Normality)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของจำนวนเมล็ดต่อรวงมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1: เศษตกค้างของจำนวนเมล็ดต่อรวงไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ



เนื่องจาก Anderson-Darling test statistic = 0.356 และ p-value = 0.409 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดต่อรวงมีการแจกแจงแบบปกติ

2) การทดสอบความเป็นอิสระกัน (Independence)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของจำนวนเมล็ดต่อรวงเป็นอิสระกัน

H_1: เศษตกค้างของจำนวนเมล็ดต่อรวงไม่ได้เป็นอิสระกัน

Runs above and below K = 2.842171E-15

The observed number of runs = 10

The expected number of runs = 8.46667

7 observations above K, 8 below

* N is small, so the following approximation may be invalid.

P-value = 0.409

เนื่องจาก p-value = 0.409 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดต่อรวงเป็นอิสระกัน

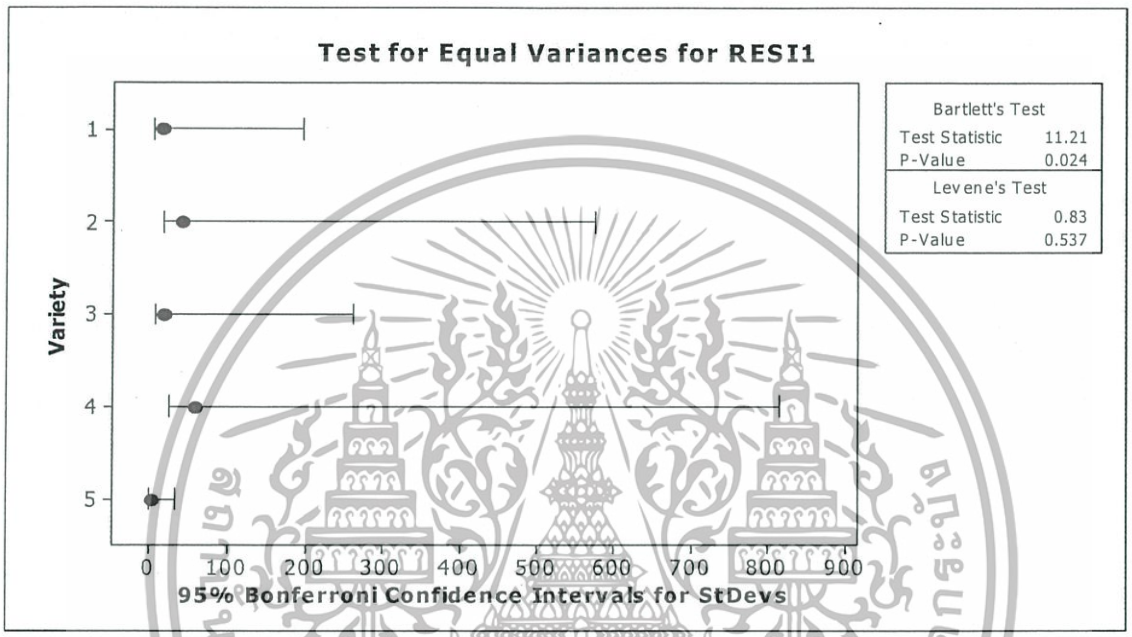
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน (Homogeneity)

สมมติฐาน

H_0: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดต่อรวงทุกพันธุ์เท่ากัน

H_1: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดต่อรวงแตกต่างกันอย่างน้อย 2 พันธุ์



เนื่องจาก Bartlett's test statistic = 11.21 และ p-value = 0.024 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดต่อรวงทุกพันธุ์ไม่เท่ากัน

ในทำนองเดียวกัน เนื่องจาก Levene's test statistic = 0.83 และ p-value = 0.537 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดต่อรวงทุกพันธุ์เท่ากัน

แต่เนื่องจากข้อมูลมีจำนวนน้อยเกินไป จึงอนุโลมว่าความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดต่อรวงทุกพันธุ์เท่ากัน

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น เราจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

One-way ANOVA: Age versus Variety

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	24,272	6,068	**5.47**	**0.013**
Error	10	11,084	1,108		
Total	14	35,356			

S = 33.29 R-Sq = 68.65% R-Sq(adj) = 56.11%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 คู่

เนื่องจาก F = 5.47 และ p-value = 0.013 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีจำนวนเมล็ดต่อรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณต่อไป

5) การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison)

Grouping Information Using Tukey Method

Variety	n	Mean	Grouping
2	**3**	**211.00**	**A**
5	3	184.67	A
4	3	161.67	A B
1	3	141.00	A B
3	3	92.67	B

Means that do not share a letter are significantly different.

การปลูกข้าวในสภาพตามธรรมชาติ ข้าวพันธุ์ดอกขามและเล็บมือนางมีจำนวนเมล็ดต่อรวงโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจากข้าวพันธุ์ภูเขาทองและนางดำ แต่ข้าวพันธุ์ดอกขามและเล็บมือนางมีจำนวนเมล็ดต่อรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างจากข้าวพันธุ์สามเดือน โดยที่ข้าวพันธุ์ดอกขามมีจำนวนเมล็ดต่อรวงโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 211 เมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.7 จำนวนเมล็ดดีต่อรวง

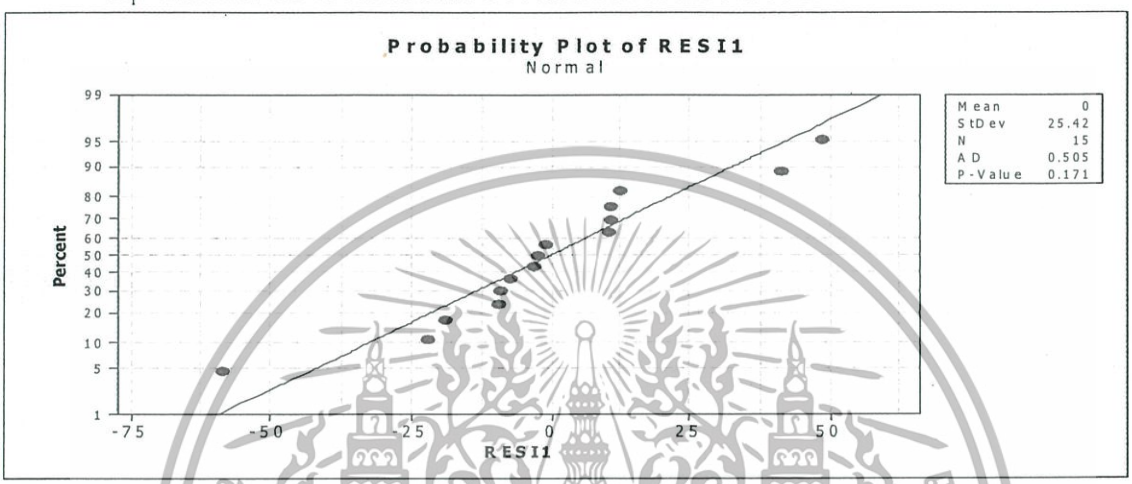
การตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้น (Assumption)

1) การแจกแจงแบบปกติ (Normality)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1: เศษตกค้างของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ



เนื่องจาก Anderson-Darling test statistic = 0.505 และ p-value = 0.171 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงมีการแจกแจงแบบปกติ

2) การทดสอบความเป็นอิสระกัน (Independence)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงเป็นอิสระกัน

H_1: เศษตกค้างของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงไม่ได้เป็นอิสระกัน

Runs above and below K = 0

The observed number of runs = 9

The expected number of runs = 8.2

6 observations above K, 9 below

* N is small, so the following approximation may be invalid.

P-value = 0.654

เนื่องจาก p-value = 0.654 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงเป็นอิสระกัน

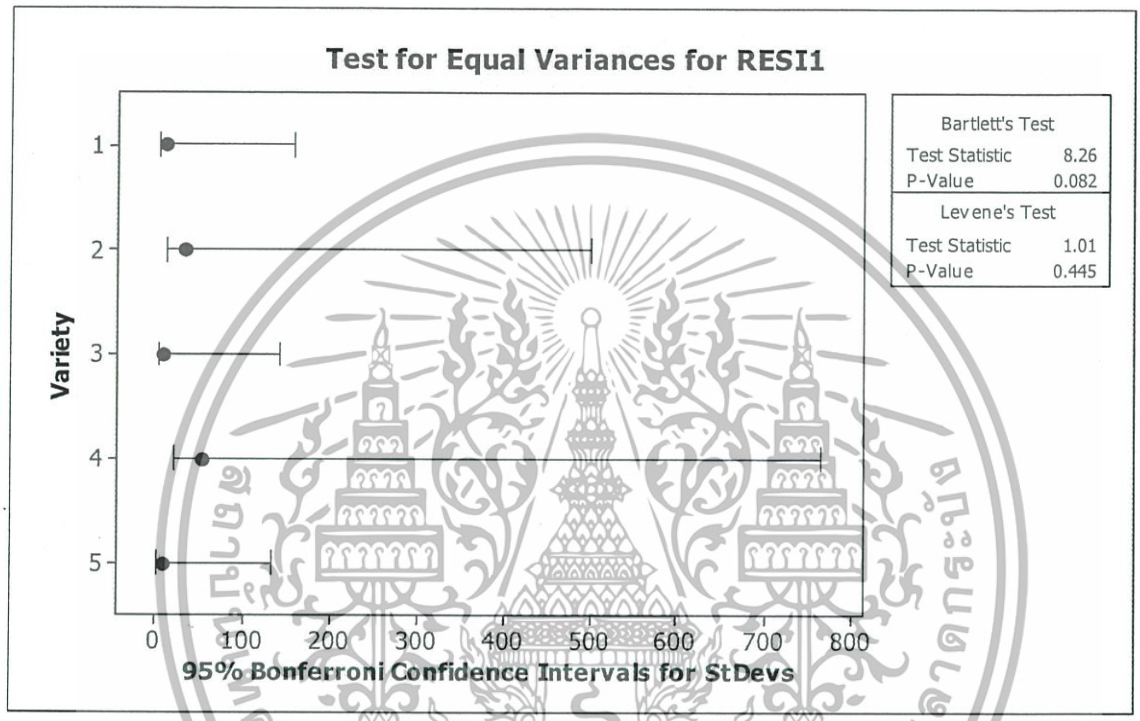
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน (Homogeneity)

สมมติฐาน

H_0: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงทุกพันธุ์เท่ากัน

H_1: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงแตกต่างกันอย่างน้อย 2 พันธุ์



เนื่องจาก Bartlett's test statistic = 8.26 และ p-value = 0.082 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงทุกพันธุ์เท่ากัน

ในทำนองเดียวกัน เนื่องจาก Levene's test statistic = 1.01 และ p-value = 0.445 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงทุกพันธุ์เท่ากัน

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น เราจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

One-way ANOVA: Age versus Variety

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	19,246	4,811	**5.32**	**0.015**
Error	10	9,045	904		
Total	14	28,290			

S = 30.07 R-Sq = 68.03% R-Sq(adj) = 55.24%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 5.32 และ p-value = 0.015 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณต่อไป

5) การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison)

Grouping Information Using Tukey Method

Variety	n	Mean	Grouping
2	3	180.00	A
5	3	154.33	A
4	3	136.67	A B
1	3	119.67	A B
3	3	73.33	B

Means that do not share a letter are significantly different.

การปลูกข้าวในสภาพตามธรรมชาติ ข้าวพันธุ์ดอกขามและเล็บมือนางมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจากข้าวพันธุ์ภูเขาทองและนางดำ แต่ข้าวพันธุ์ดอกขามและเล็บมือนางมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างจากข้าวพันธุ์สามเดือน โดยที่ข้าวพันธุ์ดอกขามมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 180 เมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.8 จำนวนเมล็ดลีบต่อรวง

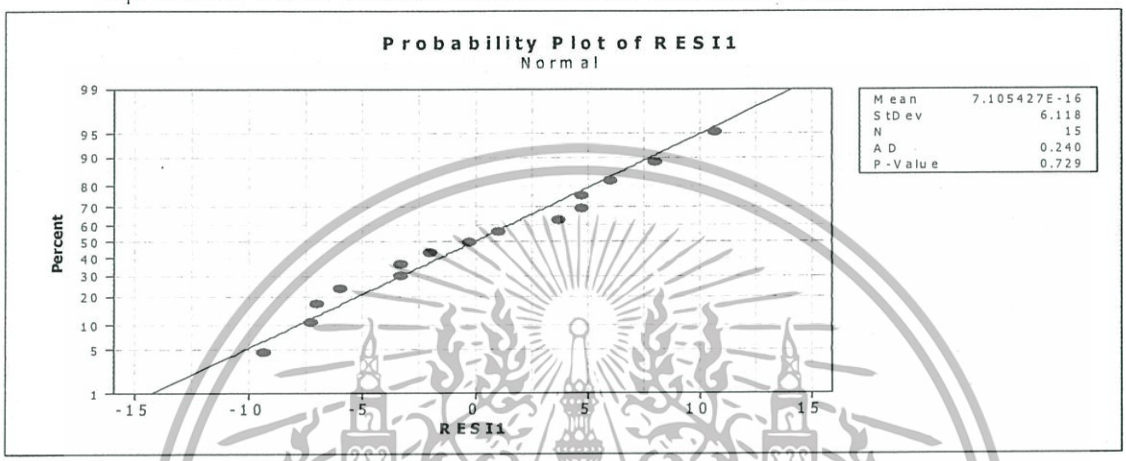
การตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้น (Assumption)

1) การแจกแจงแบบปกติ (Normality)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1: เศษตกค้างของจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ



เนื่องจาก Anderson-Darling test statistic = 0.240 และ p-value = 0.729 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงมีการแจกแจงแบบปกติ

2) การทดสอบความเป็นอิสระกัน (Independence)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงเป็นอิสระกัน

H_1: เศษตกค้างของจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงไม่ได้เป็นอิสระกัน

Runs above and below K = 7.105427E-16

The observed number of runs = 10

The expected number of runs = 8.46667

7 observations above K, 8 below

* N is small, so the following approximation may be invalid.

P-value = 0.409

เนื่องจาก p-value = 0.409 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงเป็นอิสระกัน

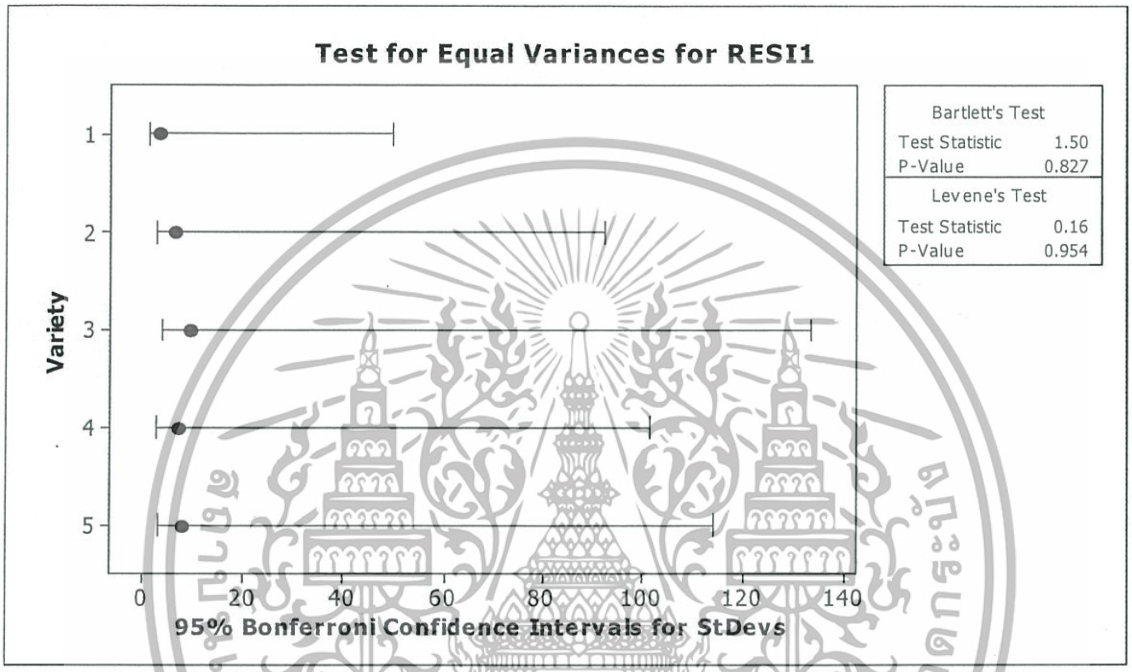
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน (Homogeneity)

สมมติฐาน

H_0: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงทุกพันธุ์เท่ากัน

H_1: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงแตกต่างกันอย่างน้อย 2 พันธุ์



เนื่องจาก Bartlett's test statistic = 1.50 และ p-value = 0.827 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงทุกพันธุ์เท่ากัน

ในทำนองเดียวกัน เนื่องจาก Levene's test statistic = 0.16 และ p-value = 0.954 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงทุกพันธุ์เท่ากัน

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น เราจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

One-way ANOVA: Age versus Variety

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	327.6	81.9	**1.56**	**0.258**
Error	10	524.0	52.4		
Total	14	851.6			

S = 7.239 R-Sq = 38.47% R-Sq(adj) = 13.86%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 1.56 และ p-value = 0.258 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.9 น้ำหนัก 100 เมล็ด

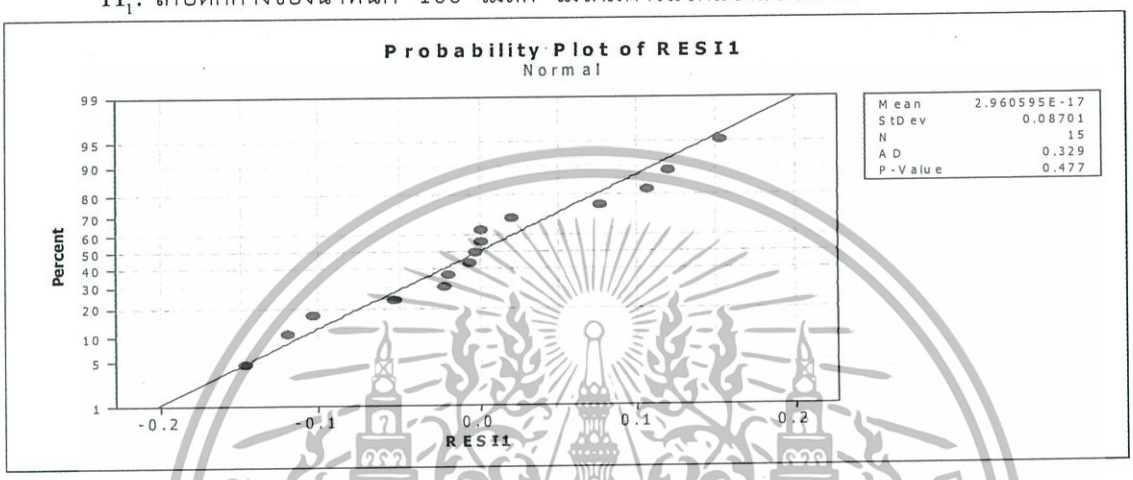
การตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้น (Assumption)

1) การแจกแจงแบบปกติ (Normality)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของน้ำหนัก 100 เมล็ด มีการแจกแจงแบบปกติ

H_1: เศษตกค้างของน้ำหนัก 100 เมล็ด ไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ



เนื่องจาก Anderson-Darling test statistic = 0.329 และ p-value = 0.477 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของน้ำหนัก 100 เมล็ด มีการแจกแจงแบบปกติ

2) การทดสอบความเป็นอิสระกัน (Independence)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของน้ำหนัก 100 เมล็ด เป็นอิสระกัน

H_1: เศษตกค้างของน้ำหนัก 100 เมล็ด ไม่ได้เป็นอิสระกัน

Runs above and below K = 2.960595E-17

The observed number of runs = 11

The expected number of runs = 7.66667

5 observations above K, 10 below

* N is small, so the following approximation may be invalid.

P-value = 0.042

เนื่องจาก p-value = 0.042 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของน้ำหนัก 100 เมล็ด ไม่เป็นอิสระกัน

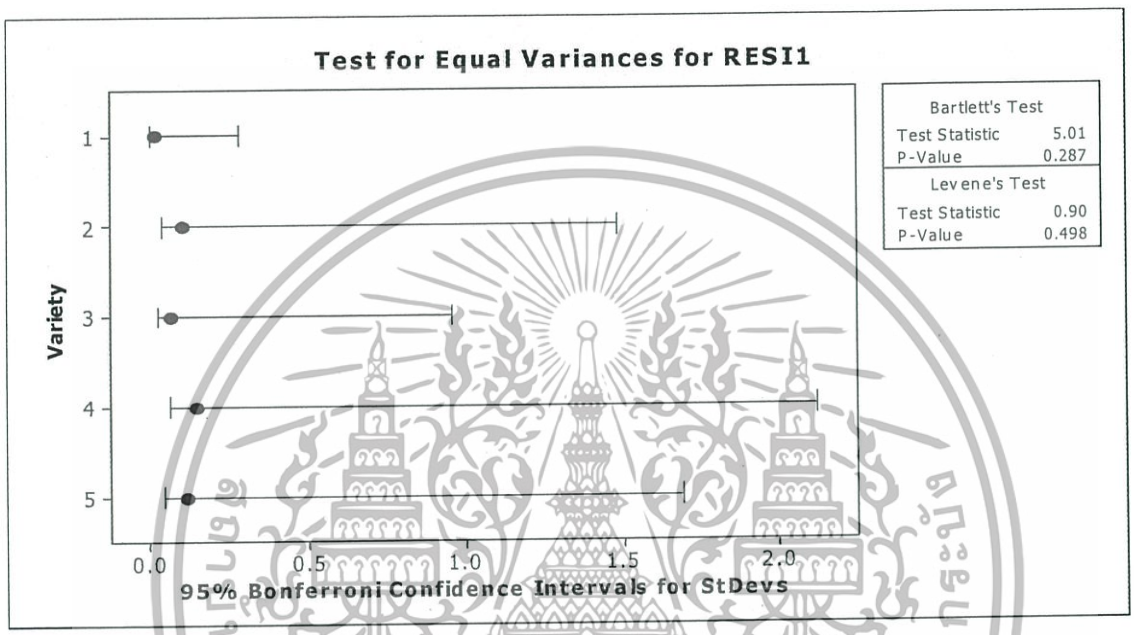
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน (Homogeneity)

สมมติฐาน

H_0: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของน้ำหนัก 100 เมล็ด ทุกพันธุ์เท่ากัน

H_1: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของน้ำหนัก 100 เมล็ด แตกต่างกันอย่างน้อย 2 พันธุ์



เนื่องจาก Bartlett's test statistic = 5.01 และ p-value = 0.287 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของน้ำหนัก 100 เมล็ด ทุกพันธุ์เท่ากัน

ในทำนองเดียวกัน เนื่องจาก Levene's test statistic = 0.90 และ p-value = 0.498 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของน้ำหนัก 100 เมล็ด ทุกพันธุ์เท่ากัน

แต่เนื่องจากข้อมูลมีจำนวนน้อยเกินไป จึงอนุโลมว่าเศษตกค้างของน้ำหนัก 100 เมล็ด เป็นอิสระกัน

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น เราจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

One-way ANOVA: Age versus Variety

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	0.4770	0.1192	**11.25**	**0.001**
Error	10	0.1060	0.0106		
Total	14	0.5830			

S = 0.1030 R-Sq = 81.82% R-Sq(adj) = 74.54%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 คู่

เนื่องจาก F = 11.25 และ p-value = 0.001 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีน้ำหนัก 100 เมล็ด โดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณต่อไป

5) การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison)

Grouping Information Using Tukey Method

Variety	n	Mean	Grouping
4	**3**	**2.7767**	**A**
2	3	2.5133	A B
1	3	2.4400	B
5	3	2.3300	B
3	3	2.2633	B

Means that do not share a letter are significantly different.

การปลูกข้าวในสภาพตามธรรมชาติ ข้าวพันธุ์นางดำมีน้ำหนัก 100 เมล็ด โดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจากข้าวพันธุ์ดอกขาม ข้าวพันธุ์ดอกขามมีน้ำหนัก 100 เมล็ด โดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจากข้าวภูเขาทอง สามเดือน และเล็บมือนาง แต่ข้าวพันธุ์นางดำมีน้ำหนัก 100 เมล็ด โดยเฉลี่ยแตกต่างจากข้าวพันธุ์ภูเขาทอง สามเดือน และเล็บมือนาง โดยที่ข้าวพันธุ์นางดำมีน้ำหนัก 100 เมล็ด โดยเฉลี่ยมากที่สุด คือ 2.7767 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.10 ความยาวคอรวง

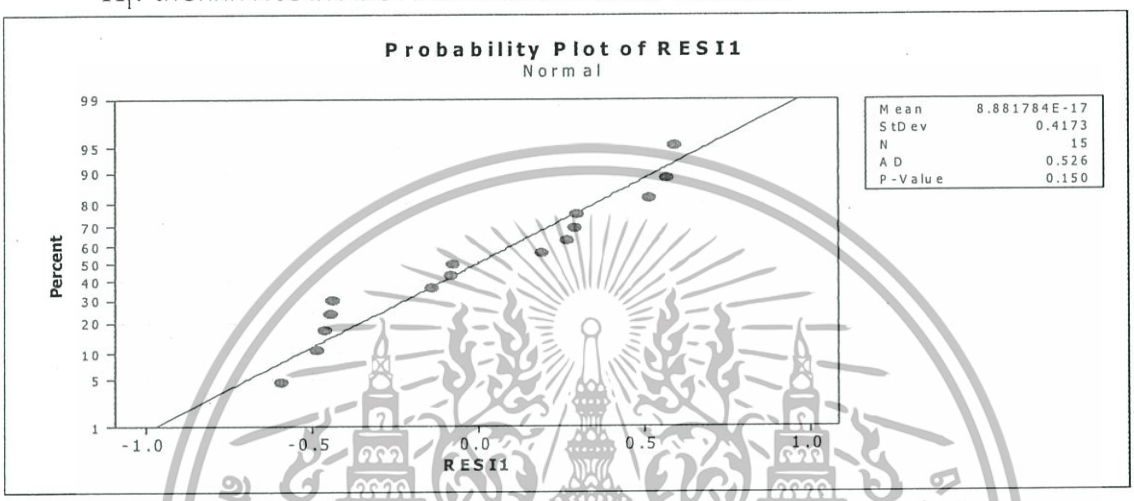
การตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้น (Assumption)

1) การแจกแจงแบบปกติ (Normality)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของความยาวคอรวงมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1: เศษตกค้างของความยาวคอรวงไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ



เนื่องจาก Anderson-Darling test statistic = 0.526 และ p-value = 0.150 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของความยาวคอรวงมีการแจกแจงแบบปกติ

2) การทดสอบความเป็นอิสระกัน (Independence)

สมมติฐาน

H_0: เศษตกค้างของความยาวคอรวงเป็นอิสระกัน

H_1: เศษตกค้างของความยาวคอรวงไม่ได้เป็นอิสระกัน

Runs above and below K = 8.881784E-17

The observed number of runs = 9

The expected number of runs = 8.46667

7 observations above K, 8 below

* N is small, so the following approximation may be invalid.

P-value = 0.774

เนื่องจาก p-value = 0.774 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นเศษตกค้างของความยาวคอรวงเป็นอิสระกัน

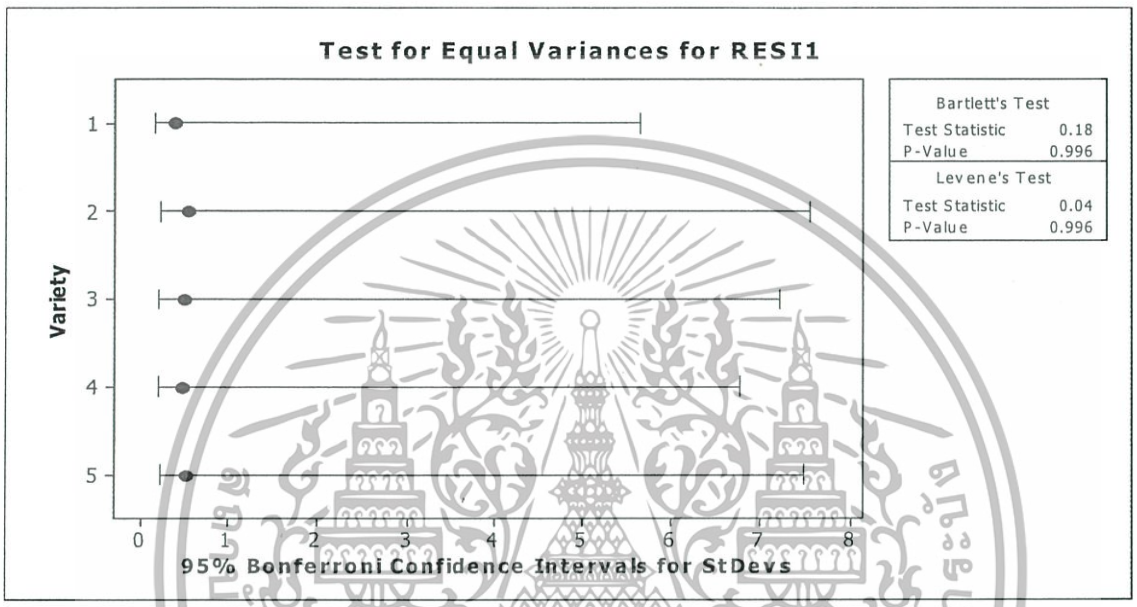
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การทดสอบความแปรปรวนเท่ากัน (Homogeneity)

สมมติฐาน

H_0: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของความยาวคอรวงทุกพันธุ์เท่ากัน

H_1: ความแปรปรวนของเศษตกค้างของความยาวคอรวงแตกต่างกันอย่างน้อย 2 พันธุ์



เนื่องจาก Bartlett's test statistic = 0.18 และ p-value = 0.996 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของความยาวคอรวงทุกพันธุ์เท่ากัน

ในทำนองเดียวกัน เนื่องจาก Levene's test statistic = 0.04 และ p-value = 0.996 > α=0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ดังนั้นความแปรปรวนของเศษตกค้างของความยาวคอรวงทุกพันธุ์เท่ากัน

จากการตรวจสอบข้อสมมติเบื้องต้นพบว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้น เราจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

One-way ANOVA: Age versus Variety

Source	df	SS	MS	F	p-value
Variety	4	4.056	1.014	**4.16**	**0.031**
Error	10	2.438	0.244		
Total	14	6.493			

S = 0.4937 R-Sq = 62.46% R-Sq(adj) = 47.44%

สมมติฐาน

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = ... = \tau_5$

$H_1: \tau_i \neq \tau_j$ อย่างน้อย 1 ค่า

เนื่องจาก F = 4.16 และ p-value = 0.031 < α=0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นข้าวทั้ง 5 พันธุ์ มีความยาวคอรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำการเปรียบเทียบพหุคูณต่อไป

5) การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison)

Grouping Information Using Tukey Method

Variety	n	Mean	Grouping
3	**3**	**4.4600**	A
5	3	3.3833	A B
2	3	3.3067	A B
1	3	3.0600	B
4	3	3.0567	B

Means that do not share a letter are significantly different.

การปลูกข้าวในสภาพตามธรรมชาติ ข้าวพันธุ์สามเดือนมีความยาวคอรวงโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจากข้าวพันธุ์ดอกขามและเล็บมือนาง ข้าวพันธุ์ดอกขามและเล็บมือนางมีความยาวคอรวงโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างจากข้าวภูเขาทองและนางดำ แต่ข้าวพันธุ์สามเดือนมีความยาวคอรวงโดยเฉลี่ยแตกต่างจากข้าวภูเขาทองและนางดำ โดยที่ข้าวพันธุ์สามเดือนมีความยาวคอรวงโดยเฉลี่ยมากที่สุดคือ 4.46 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้