ปฏิบัติการที่ 8 General Linear Model for CRD and RCBD

GLM เป็นการวิเคราะห์ทางสถิติที่พิจารณาผล (effect) อันเกิดจากชุดตัวแปรในคราวเดียวกันและร่วมกัน เหมือนกับการวิเคราะห์ถดถอย (regression analysis) ในการใช้ GLM จะต้องกำหนดแบบจำลองเพื่อระบุ effect model ว่าเป็นแบบใดเพื่อให้ GLM นำไปหาค่า effect จากชุดตัวแปร (ซึ่งจะเป็น parameter) ของแบบจำลองนั้น ๆ ในปฏิบัติการ จะกล่าวถึงการใช้ GLM เพื่อการวิเคราะห์ทางสถิติที่มีการวางแบบการทดลองแบบ CRD และ RCBD

1. GLM สำหรับ Complete Randomized Design (CRD)

แบบจำลองของการวางแผนการทดลองแบบ CRD สามารถเขียนได้ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \tau_{i.} + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อ Y_{ij} คือ ตัวแปรตาม (หรือ dependent variable) μ คือ ค่าเฉลี่ยโดยรวมของการทดลอง τ คือ การแปรอันเนื่องมาจากกลุ่มหรือ treatment และ ε คือ การแปรที่ไม่สามารถอธิบายได้โดยการแปรอันเนื่องมาจากกลุ่มหรือ treatment หรืออาจเรียก random error

แบบจำลองของการวางแผนการทดลองแบบ CRD ที่แสดงข้างต้นนี้ ใช้กับการวางแผนการทดลองที่แต่ละซ้ำมีหน่วยทดลองเพียง 1 หน่วยหรือมีค่าเพียงค่าเดียว เช่น กระถางปลูกมีต้นพืชเพียงต้นเดียว จะมีค่าผลิตผล 1 ค่าหรือแปลงปลูกพืชหลายต้นแต่นำค่าเฉลี่ยผลิตผลของแปลงปลูกซึ่งมีเพียง 1 ค่าไปวิเคราะห์ แต่หากต้องการให้หน่วยทดลอง 1 หน่วยมีหน่วยทดลองย่อยหรือ subsample ตั้ง 2 หน่วยย่อยขึ้นไป เช่น กระถางปลูกหนึ่งกระถาง ปลูกต้นพืช 3 ต้นและเก็บผลิตผลทั้งสามต้น จะสามารถขยายแบบจำลองเป็น

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_{i.} + \varepsilon_{j(i)} + \delta_{k(ij)}$$

เมื่อ δ คือ การแปรระหว่างหน่วยทดลองย่อยในหน่วยทดลอง 1 หน่วยหรืออาจเรียก subsample error

สำหรับในหัวข้อปฏิบัติการนี้ จะใช้ข้อมูลลักษณะของหอย *Mytilus trossulus* ที่ปรากฏมาแล้วในบทที่ 7 แต่จะใช้คำสั่ง General Linear Models โดยใช้แบบจำลองแบบแรกในการวิเคราะห์ข้อมูลแทน สำหรับการตั้งสมมุติฐานและการทดสอบสมมุติฐาน รวมทั้งการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย จะเหมือนกันกับที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 7

ขั้นตอนการวิเคราะห์เป็นดังนี้

1. เลือก Analyze > General Linear Models > Univariate… (รูปที่ 8.1 ก)
2. จากไดอะล็อค กำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้
   i. เลือกตัวแปร The length of the anterior … จากรายการตัวแปรในช่องซ้าย แล้วกด ▶ ให้ตัวแปรมาอยู่ในช่อง Dependent Variable: (ภาพที่ 8.1 ข)
   ii. เลือกตัวแปร Location จากรายการตัวแปรในช่องซ้าย แล้วกด ▶ ให้ตัวแปรมาอยู่ในช่อง Fixed Factor(s): (ภาพที่ 8.1 ข)
   iii. กด Model... เพื่อกำหนดแบบจำลอง (ภาพที่ 8.1 ค)
      a. กำหนดแบบจำลองใน Specify Model เป็น ◉ Custom
      b. เลือกตัวแปร Location จากรายการตัวแปรใน Factors & Covariates: แล้วกด ▶ ให้ตัวแปรมาอยู่ใน Model:

c. เลือก Sum of squares: เป็น Type III และเลือก ☑ Include intercept in model

d. กด Continue

iv. กด Post Hoc... เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และกำหนดการเปรียบเทียบ (ภาพที่ 8.1 ง))

a. เลือกตัวแปร Location จากรายการตัวแปร Factor(s): แล้วกด ▶ ให้ตัวแปรมาอยู่ในช่อง Post Hoc Tests for:

b. เลือกวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากตัวเลือกในช่อง Equal Variances Assumed โดยเลือก ☑ LSD (เลือกเป็นตัวอย่าง อาจเลือกวิธีอื่น และเนื่องจากในปฏิบัติที่ 7 ได้ทราบผลการทดสอบ Levene's Test แล้วว่าค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน)

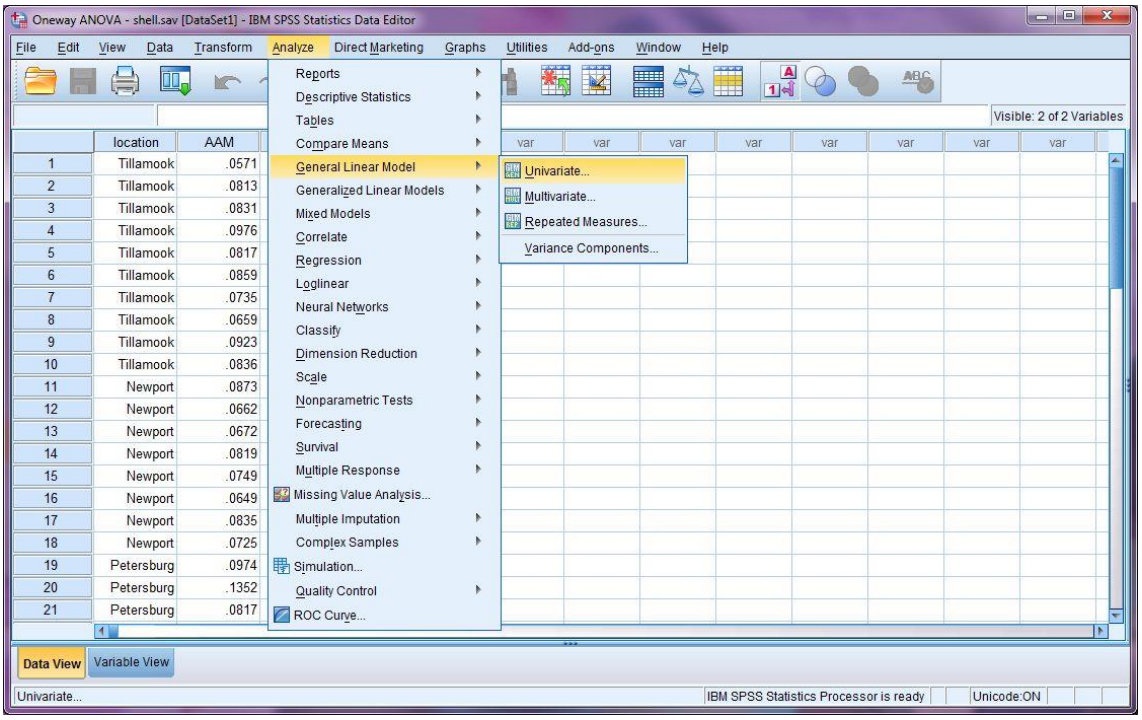
c. กด Continue

v. กด Options... เพื่อเลือกแสดงค่าสถิติและตารางวิเคราะห์ (ภาพที่ 8.1 จ)

a. ใน Display เลือก ☑ Descriptive statistics และ ☑ Homogeneity tests

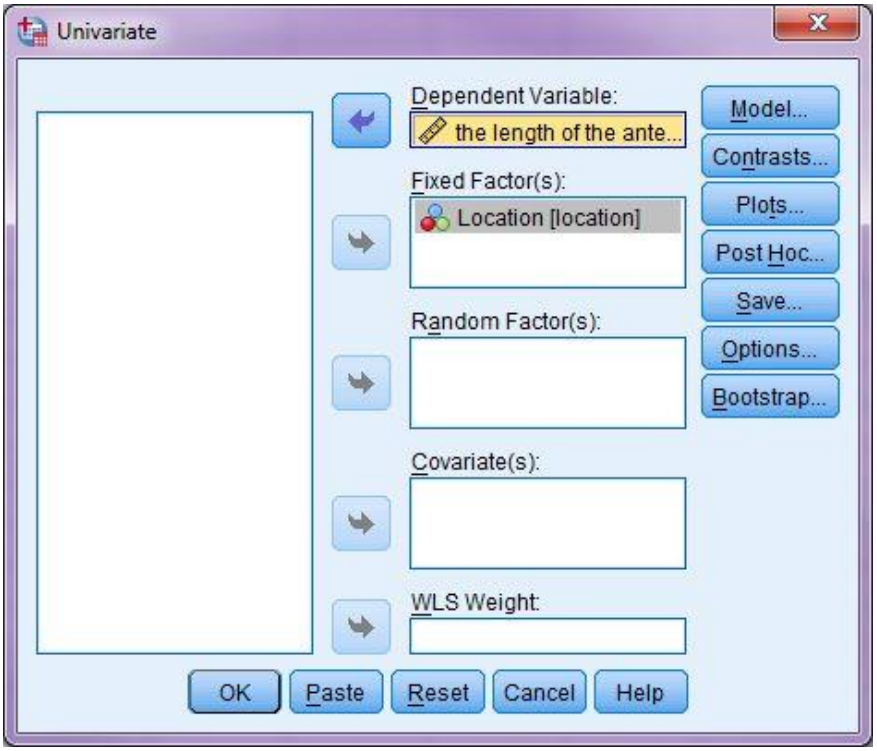
b. กด Continue

vi. กด OK จะได้ผลการวิเคราะห์ดังภาพที่ 8.2

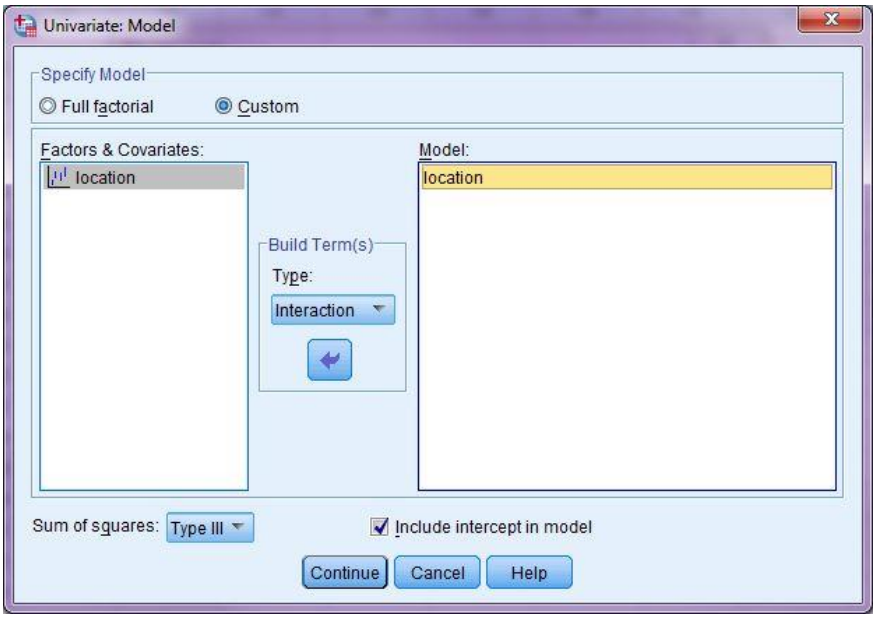


(ก)

ภาพที่ 8.1 คำสั่ง General Linear Models ในเมนู Analyze (ก)

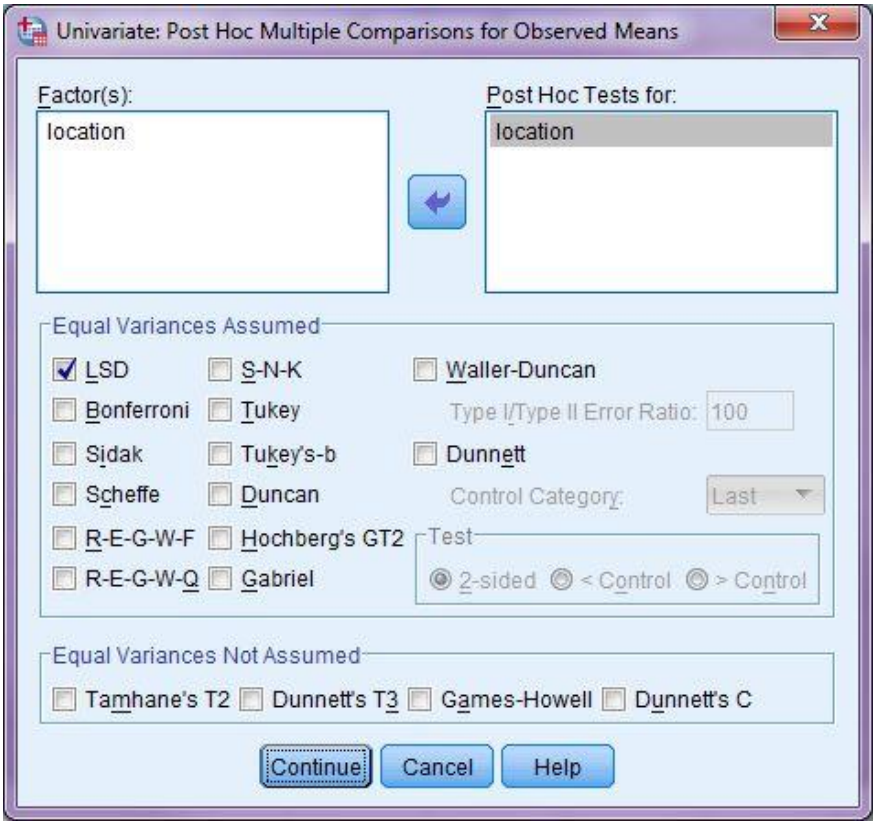


(ข)

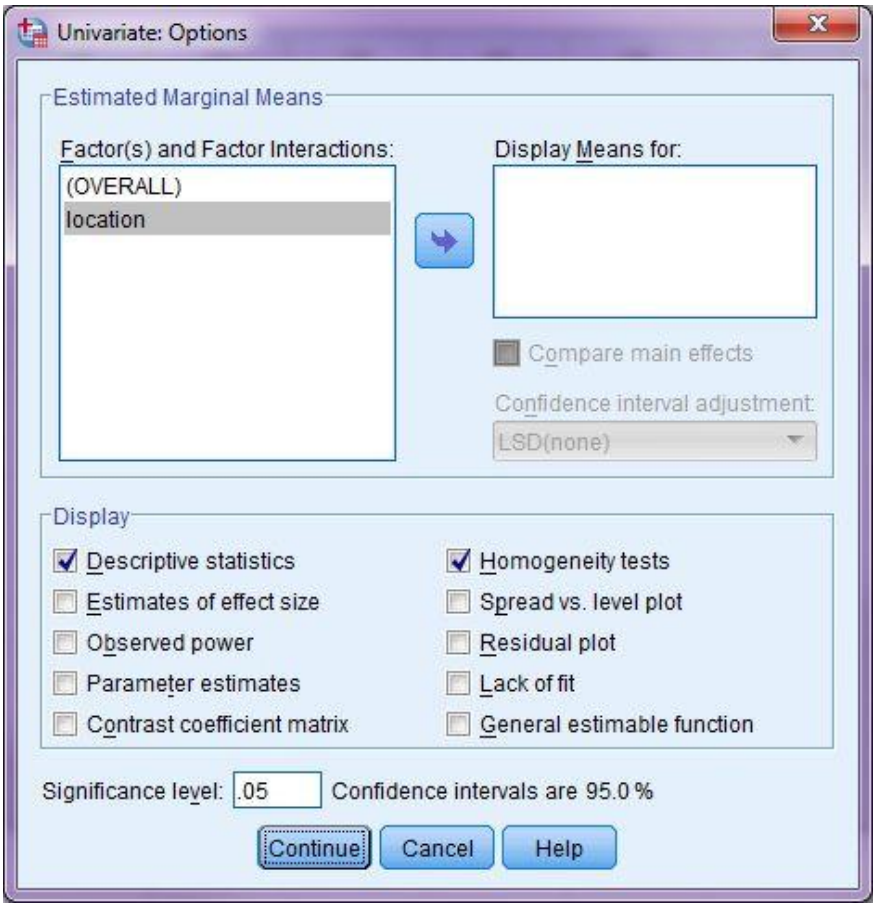


(ค)

ภาพที่ 8.1 (ต่อ) กำหนดตัวแปร (ข) กำหนดแบบจำลอง (ค)



(ง)

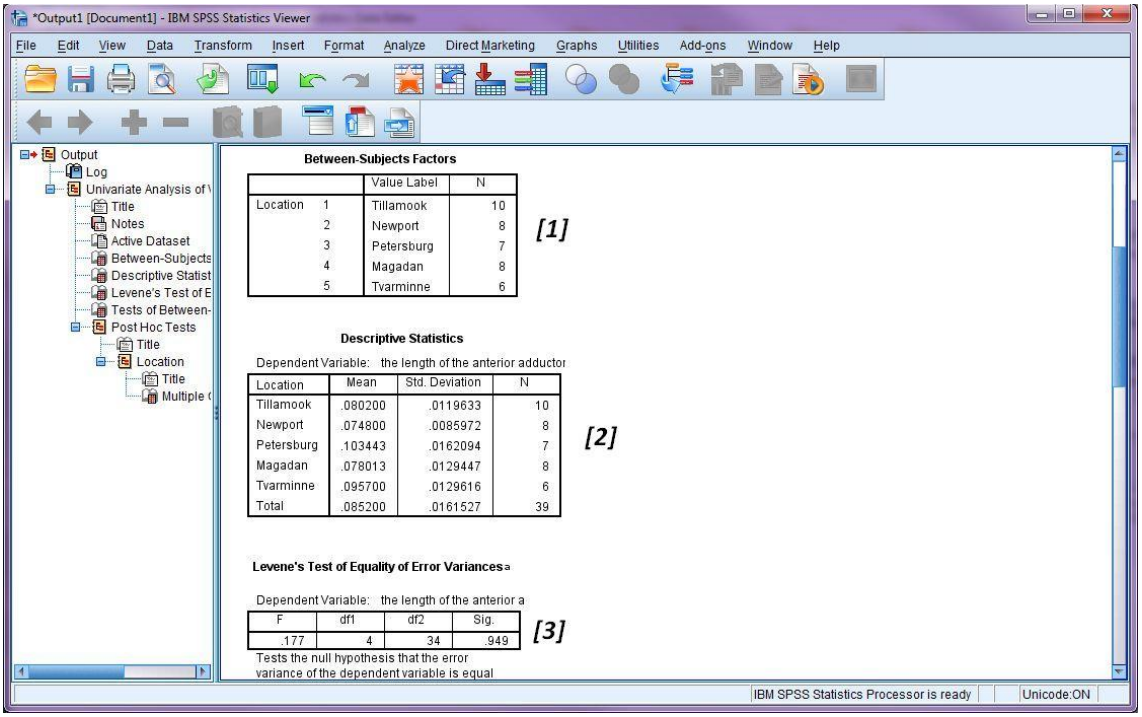


(จ)

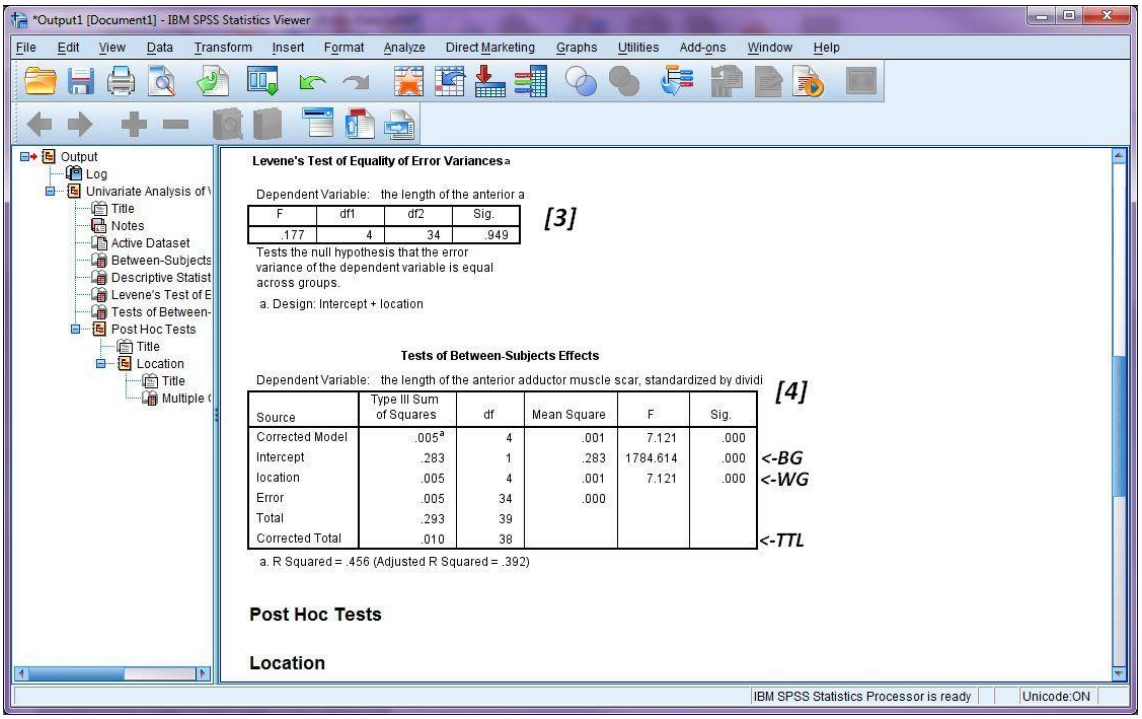
ภาพที่ 8.1 (ต่อ) กำหนดการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (ง) และกำหนดการแสดงค่าและวิเคราะห์ค่าสถิติ (จ)

ผลการวิเคราะห์ในภาพที่ 8.2 จะคล้ายคลึงกับผลการวิเคราะห์ด้วยคำสั่ง One-Way ANOVA ในภาพที่ 7.1 จ และ 7.2 ข โดยตาราง ANOVA ในภาพที่ 8.2 ข บรรทัดที่ระบุ BG, WG และ TTL คือ Between Groups, Within Groups และ Total ซึ่งมีค่าเท่ากันกับในตาราง ANOVA ในภาพที่ 7.1 จ ดังนั้น ในการเขียนตาราง ANOVA จึงนำเฉพาะ 3 บรรทัดนี้ไปนำเสนอเท่านั้น ส่วนการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยนั้น จะได้ผลเหมือนกัน (ภาพที่ 8.2 ค กับภาพที่ 7.2 ข)

(ก)

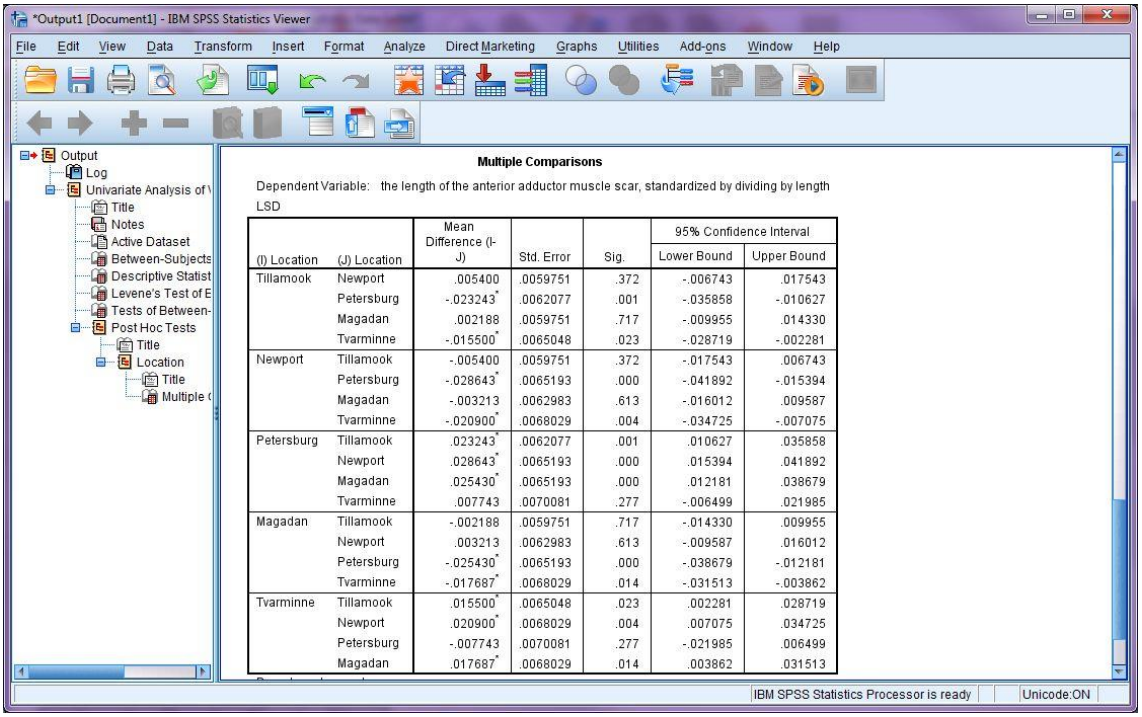


(ข)



ภาพที่ 8.2 ผลการวิเคราะห์แสดงตารางกลุ่มตัวอย่างหรือ treatment ***[1]*** ตารางสถิติพรรณนา ***[2]*** ตารางการทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง ***[3]*** (ก) และแสดงตาราง ANOVA ***[4]*** (ข)

(ค)



Multiple Comparisons

Dependent Variable: the length of the anterior adductor muscle scar, standardized by dividing by length

LSD

(I) Location	(J) Location	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Tillamook	Newport	.005400	.0059751	.372	-.006743	.017543
	Petersburg	-.023243*	.0062077	.001	-.035858	-.010627
	Magadan	.002188	.0059751	.717	-.009955	.014330
	Tvarminne	-.015500*	.0065048	.023	-.028719	-.002281
Newport	Tillamook	-.005400	.0059751	.372	-.017543	.006743
	Petersburg	-.028643*	.0065193	.000	-.041892	-.015394
	Magadan	-.003213	.0062983	.613	-.016012	.009587
	Tvarminne	-.020900*	.0068029	.004	-.034725	-.007075
Petersburg	Tillamook	.023243*	.0062077	.001	.010627	.035858
	Newport	.028643*	.0065193	.000	.015394	.041892
	Magadan	.025430*	.0065193	.000	.012181	.038679
	Tvarminne	.007743	.0070081	.277	-.006499	.021985
Magadan	Tillamook	-.002188	.0059751	.717	-.014330	.009955
	Newport	.003213	.0062983	.613	-.009587	.016012
	Petersburg	-.025430*	.0065193	.000	-.038679	-.012181
	Tvarminne	-.017687*	.0068029	.014	-.031513	-.003862
Tvarminne	Tillamook	.015500*	.0065048	.023	.002281	.028719
	Newport	.020900*	.0068029	.004	.007075	.034725
	Petersburg	-.007743	.0070081	.277	-.021985	.006499
	Magadan	.017687*	.0068029	.014	.003862	.031513

ภาพที่ 8.2 (ต่อ) ตารางการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ LSD (ค)

2. GLM สำหรับ RCBD

แบบจำลองของการวางแผนการทดลองแบบ RCBD สามารถเขียนได้ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \tau_{i.} + \beta_{.j} + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อ Y_{ij} คือตัวแปรตาม (หรือ dependent variable) μ คือ ค่าเฉลี่ยโดยรวมของการทดลอง τ คือ การแปรอันเนื่องมาจากกลุ่มหรือ treatment ส่วน β คือ การแปรอันเนื่องมาจาก Block และ ε คือ random error

ตัวอย่างข้อมูลเป็นผลผลิตของข้าวสาลี 3 สายพันธุ์ที่ปลูกในแปลงทดลองที่ไม่สม่ำเสมอ จึงต้องวางแผนการทดลองแบบ RCBD โดยมีแปลง 5 แปลง ได้ผลดังนี้

Variety	ผลผลิตของข้าวสาลี				
	plot				
	1	2	3	4	5
A	31.0	39.5	30.5	35.5	37.0
B	28.0	34.0	24.5	31.5	31.5
C	25.5	31.0	25.0	33.0	29.5

การตั้งสมมุติฐาน จะเป็นดังนี้

Ho : ค่าเฉลี่ยผลผลิตของข้าวสาลีจากสายพันธุ์ทั้งสามมีค่าไม่แตกต่างกัน

H1 : ค่าเฉลี่ยผลผลิตของข้าวสาลีจากสายพันธุ์ทั้งสามมีค่าแตกต่างกัน

ในการเตรียมข้อมูล จะต้องใช้ตัวแปรอย่างน้อย 3 ตัวแปร โดยในการป้อนข้อมูล ใช้ตัวแปร 3 ตัวแปร ได้แก่ ตัวแปรแรกชื่อ variety มีคำอธิบายเป็น Variety of wheat และกำหนดให้ 1 แทน A, 2 แทน B และ 3 แทน C ทั้งนี้ ตัวแปร variety เป็นตัวแปรระบุกลุ่ม ส่วนตัวแปรตัวที่ 2 ชื่อ plot มีคำอธิบายเป็น Plot (Block) และตัวแปรที่สามชื่อ yd มีคำอธิบายเป็น Yield (kg) (ตัวแปรแรกและตัวแปรที่ 2 ไม่มีทศนิยม ตัวแปรที่สามมีทศนิยม 1 ตำแหน่ง) เมื่อป้อนข้อมูลแล้ว จะได้ดังภาพที่ 8.3 ก

ขั้นตอนการวิเคราะห์เป็นดังนี้

1. เลือก Analyze > General Linear Models > Univariate… (รูปที่ 8.3 ข)
2. จากไดอะล็อค กำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้
   - i. เลือกตัวแปร Yield (kg) จากรายการตัวแปรในช่องซ้าย แล้วกด ▶ ให้ตัวแปรมาอยู่ในช่อง Dependent Variable: (ภาพที่ 8.3 ค)
   - ii. เลือกตัวแปร Wheat variety และ Plot (Block) จากรายการตัวแปรในช่องซ้าย แล้วกด ▶ ให้ตัวแปรมาอยู่ในช่อง Fixed Factor(s): (ภาพที่ 8.3 ค)
   - iii. กด Model... เพื่อกำหนดแบบจำลอง (ภาพที่ 8.3 ง)
     - a. กำหนดแบบจำลองใน Specify Model เป็น ◉ Custom
     - b. เลือกตัวแปร variety และ Plot จากรายการตัวแปรใน Factors & Covariates: แล้วเลือก Build Term(s) เป็น Main effects ▼ แล้วกด ▶ ให้ตัวแปรทั้งสองมาอยู่ใน Model:
     - c. เลือก Sum of squares: เป็น Type III และเลือก ☑ Include intercept in model
     - d. กด Continue
   - iv. กด Plots... เพื่อสร้างกราฟ (ภาพที่ 8.3 จ)
     - a. เลือกตัวแปร variety จากรายการตัวแปร Factors: แล้วกด ▶ ให้ตัวแปรมาอยู่ในช่อง Horizontal Axis: แล้วจึงเลือกตัวแปร plot จากรายการตัวแปร Factors: แล้วกด ▶ ให้ตัวแปรมาอยู่ในช่อง Separate Lines: แล้วจึงกด Add
     - b. เลือกตัวแปร plot จากรายการตัวแปร Factors: แล้วกด ▶ ให้ตัวแปรมาอยู่ในช่อง Horizontal Axis: แล้วจึงเลือกตัวแปร variety จากรายการตัวแปร Factors: แล้วกด ▶ ให้ตัวแปรมาอยู่ในช่อง Separate Lines: แล้วจึงกด Add
     - c. สังเกตที่ช่อง Plots: จะมีรายการกราฟ 2 รายการปรากฏ
     - d. กด Continue
   - v. กด Post Hoc... เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และกำหนดการเปรียบเทียบ (ภาพที่ 8.3 ฉ)
     - a. เลือกตัวแปร variety จากรายการตัวแปร Factor(s): แล้วกด ▶ ให้ตัวแปรมาอยู่ในช่อง Post Hoc Tests for:
     - b. เลือกวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากตัวเลือกในช่อง Equal Variances Assumed โดยเลือก ☑ LSD (เลือกเป็นตัวอย่าง อาจเลือกวิธีอื่น)
     - c. กด Continue
   - vi. กด Save... เพื่อบันทึกค่าสถิติ (ภาพที่ 8.3 ช)

a. ที่ช่อง Predicted Values เลือก ☑ Unstandardized

b. ที่ช่อง Residuals เลือก ☑ Unstandardized และ ☑ Standardized

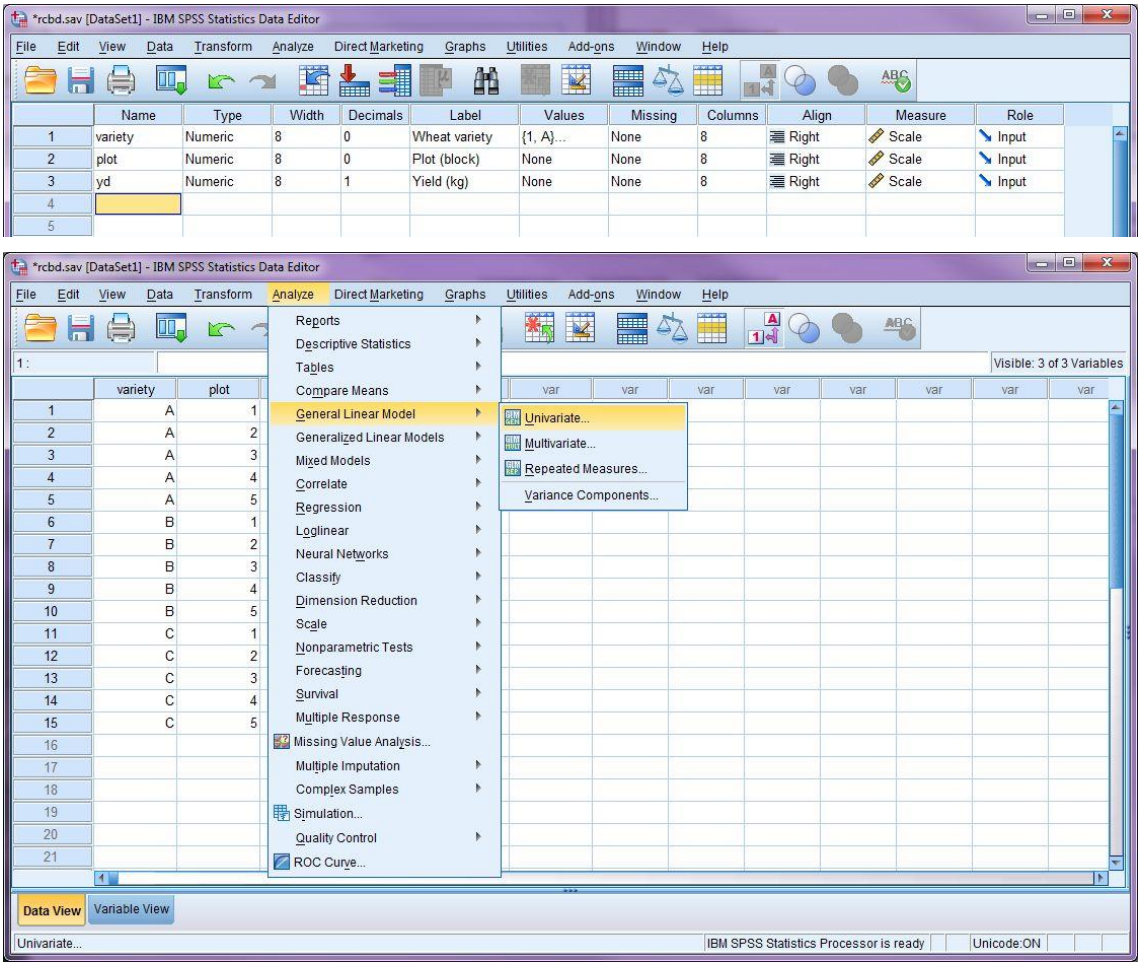
c. กด Continue

vii. กด Options... เพื่อเลือกแสดงค่าสถิติและตารางวิเคราะห์ (ภาพที่ 8.3 ข)

a. ใน Display เลือก ☑ Descriptive statistics ☑ Homogeneity tests และ ☑ Residual plot

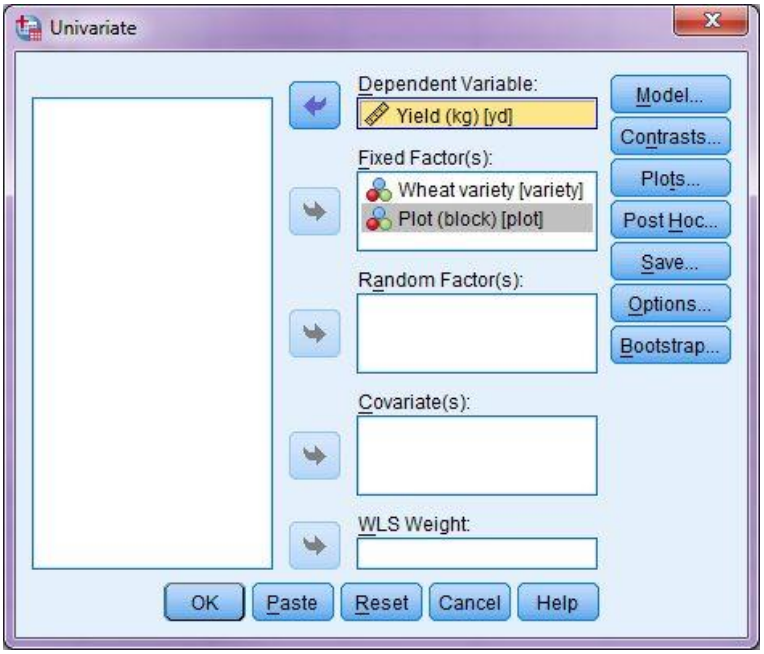
b. กด Continue

viii. กด OK จะได้ผลการวิเคราะห์ดังภาพที่ 8.4

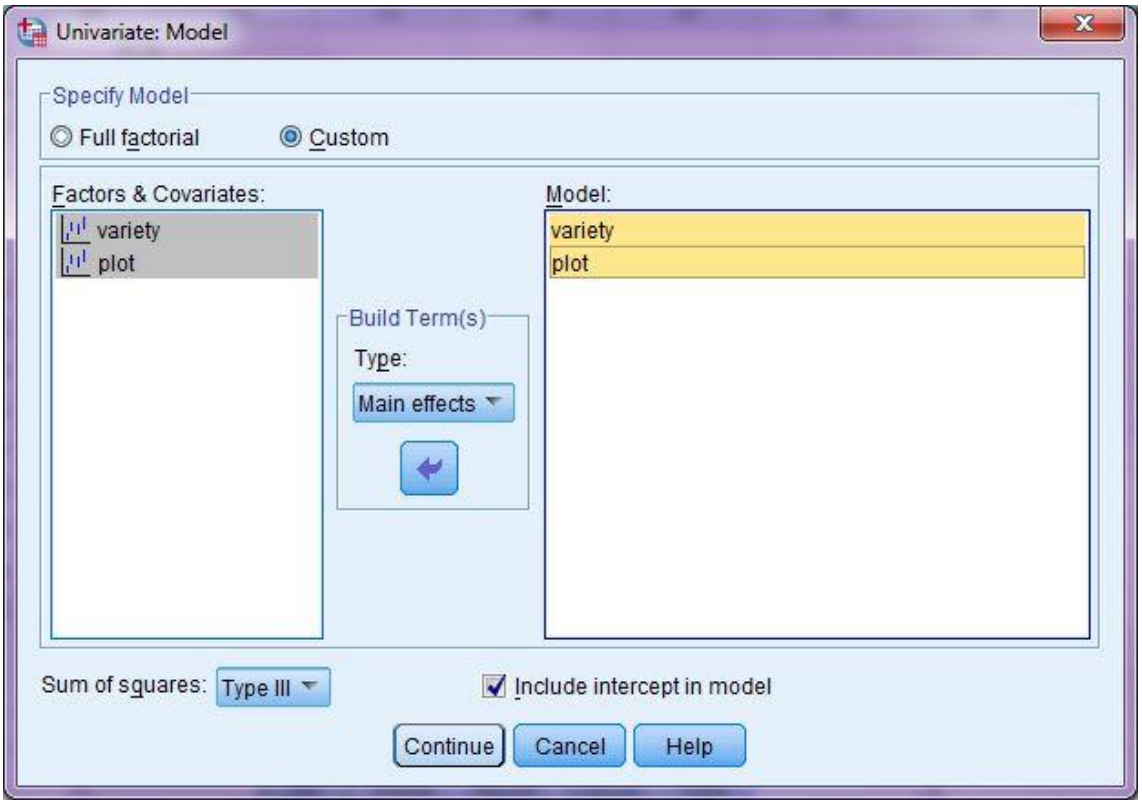


ภาพที่ 8.3 ตัวแปรที่ใช้สำหรับการการวิเคราะห์ที่วางแผนการทดลองแบบ RCBD (ก) คำสั่ง General Linear Model ในเมนู Analyze

(ค)

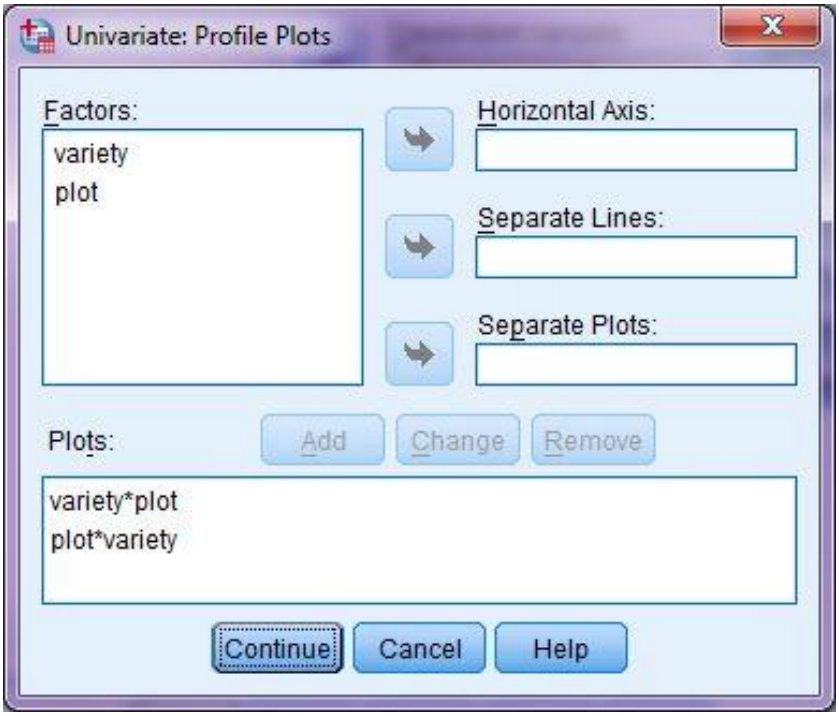


(ง)

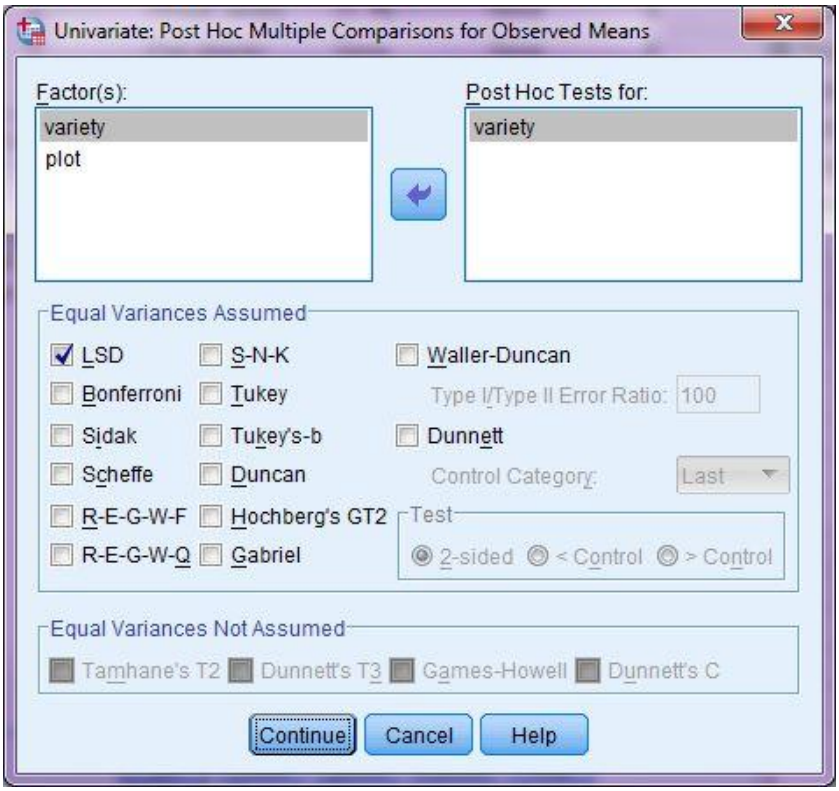


ภาพที่ 8.3 (ต่อ) กำหนดตัวแปร (ค) กำหนดแบบจำลอง (ง)

(จ)

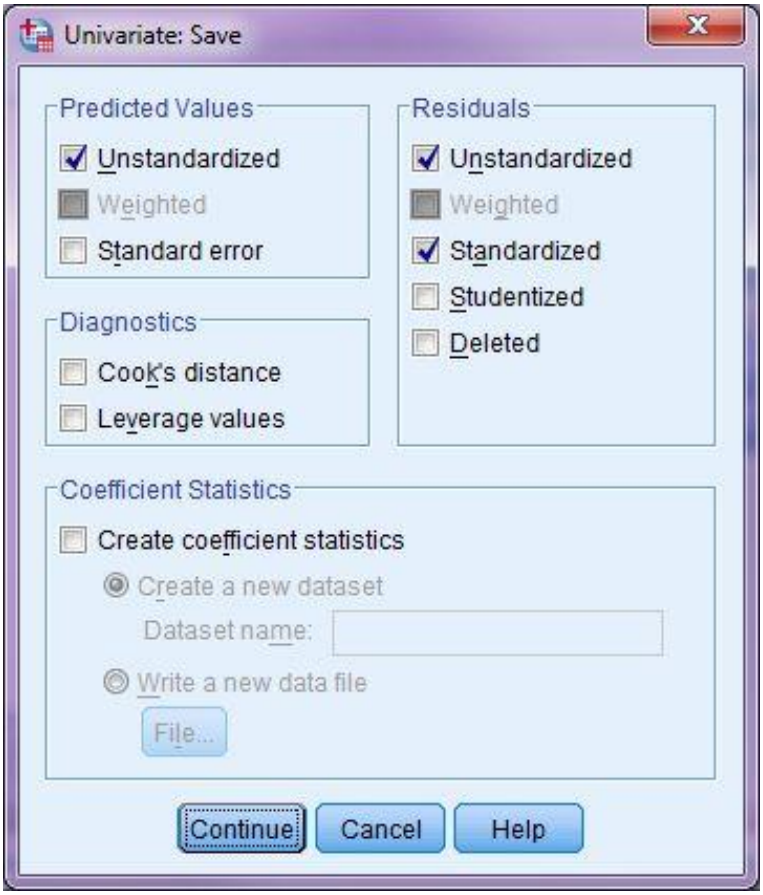


(ฉ)

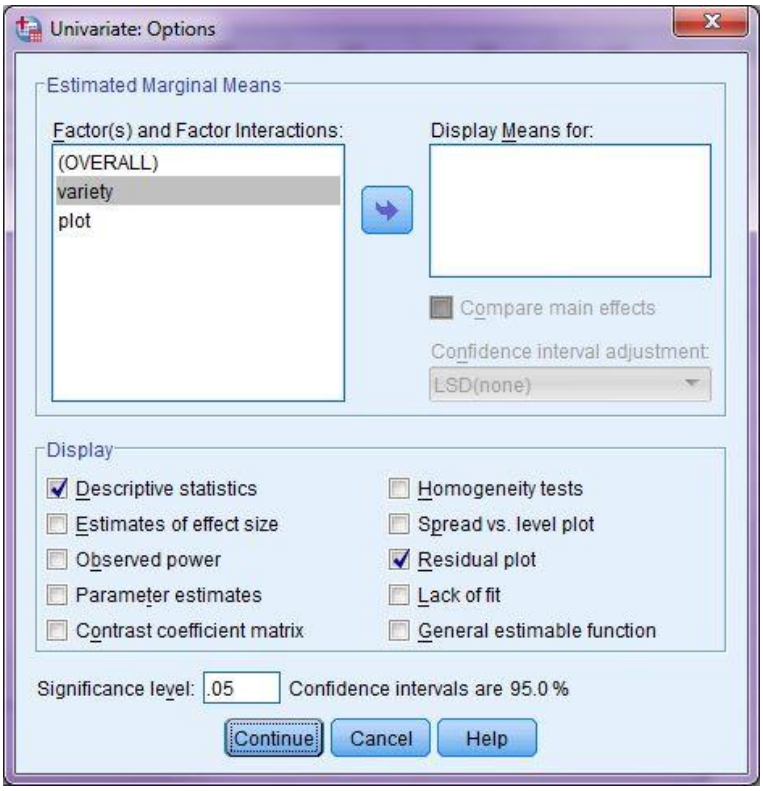


ภาพที่ 8.3 (ต่อ) กำหนดการสร้างกราฟ (จ) กำหนดการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (ฉ)

(ช)



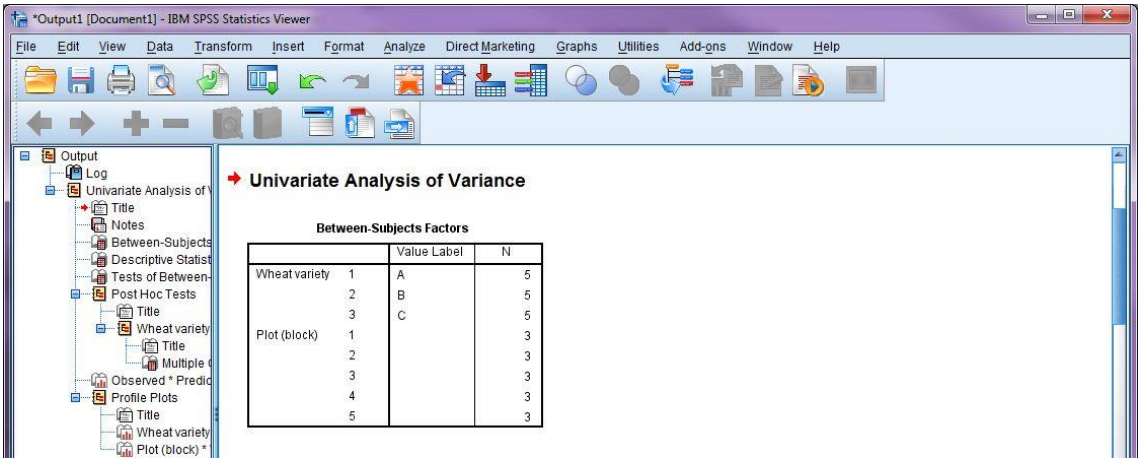
(ช)



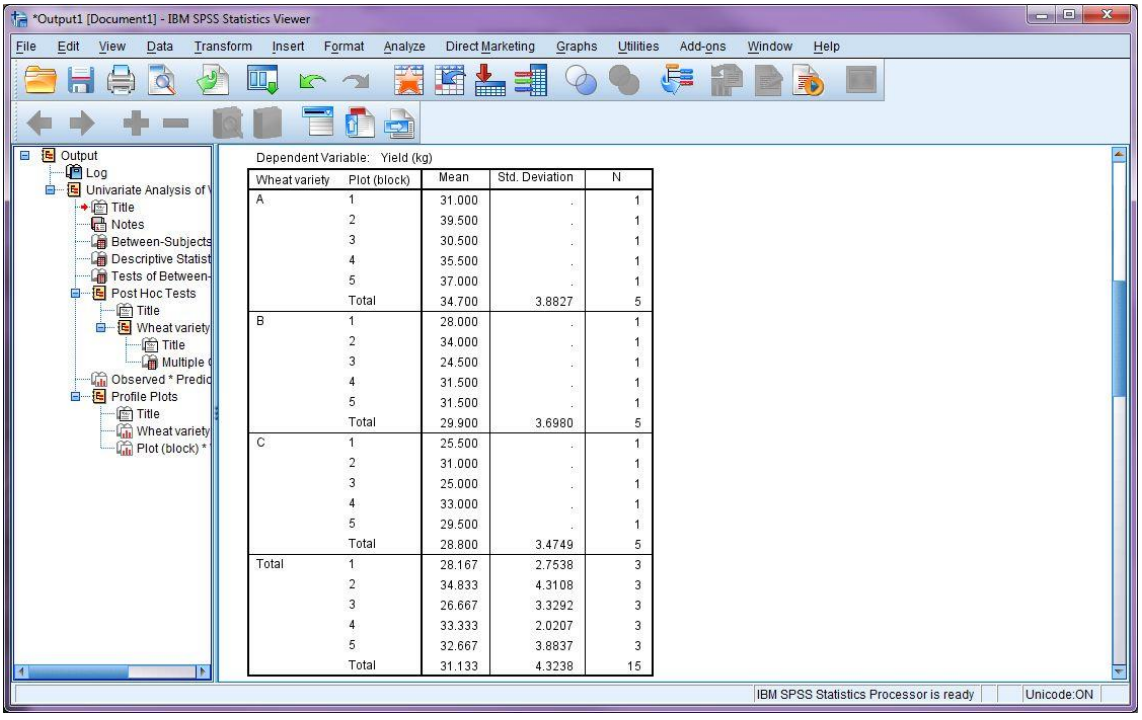
ภาพที่ 8.3 (ต่อ) กำหนดค่าสถิติที่ต้องการบันทึกเพิ่ม (ซ) กำหนดการแสดงค่าและวิเคราะห์ค่าสถิติ (ซ)

ผลการวิเคราะห์ จะมีตารางคล้ายกับที่กล่าวมาในหัวข้อ ***GLM สำหรับ CRD*** คือ มีตาราง Descriptive Statistics ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละ treatment และ block (ภาพที่ 8.4 ก-ข) ตาราง ANOVA ซึ่งบรรทัดที่จะนำเสนอเป็นตาราง ANOVA คือ บรรทัดที่ระบุด้วยอักษร T, B, E, และ TT ที่แทน treatment, block, error และ total ตามลำดับ (ภาพที่ 8.4 ค) ตารางผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่เลือกไว้เพียงแบบ LSD (ภาพที่ 8.4 ง) และกราฟเพื่อประกอบการพิจารณาก่อนการทดสอบสมมุติฐาน (ภาพที่ 8.4 จ-ช) ซึ่งจะกล่าวในย่อหน้าถัดไป

(ก)

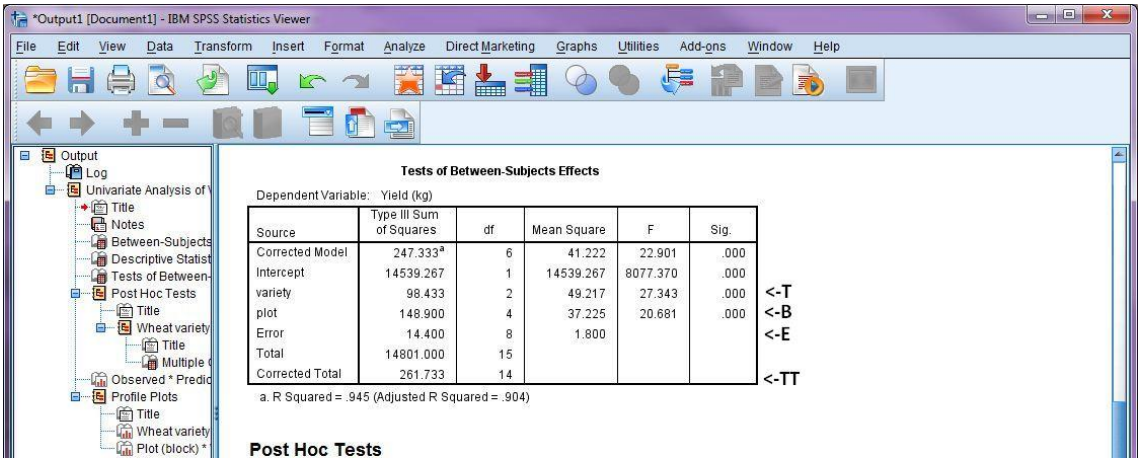


(ข)

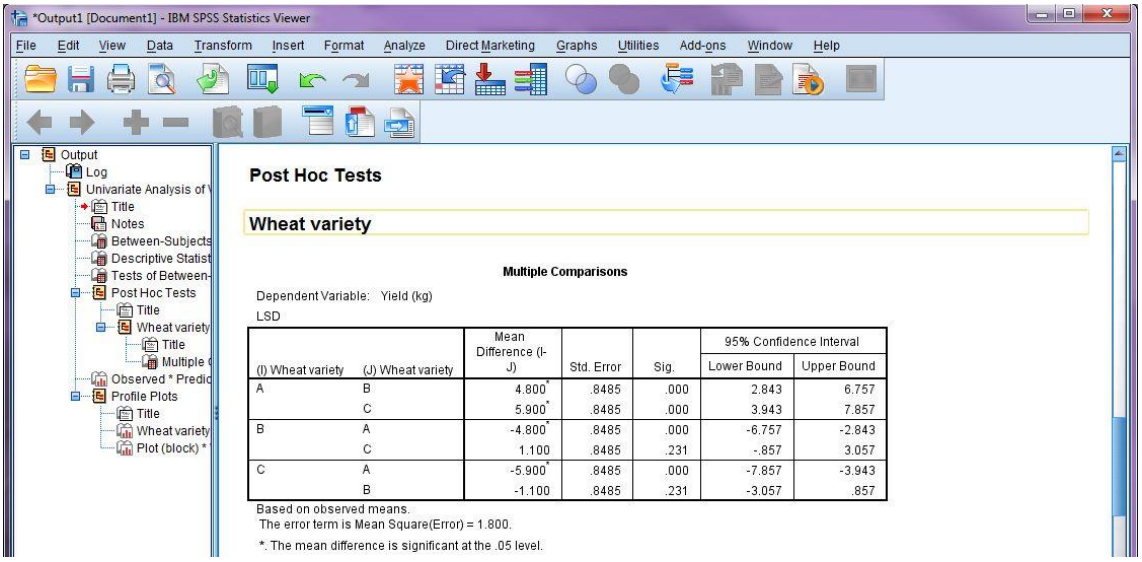


ภาพที่ 8.4 ตัวแปรในการวิเคราะห์ (ก) ค่าถิติพรรณนาของแต่ละตัวแปร (ข)

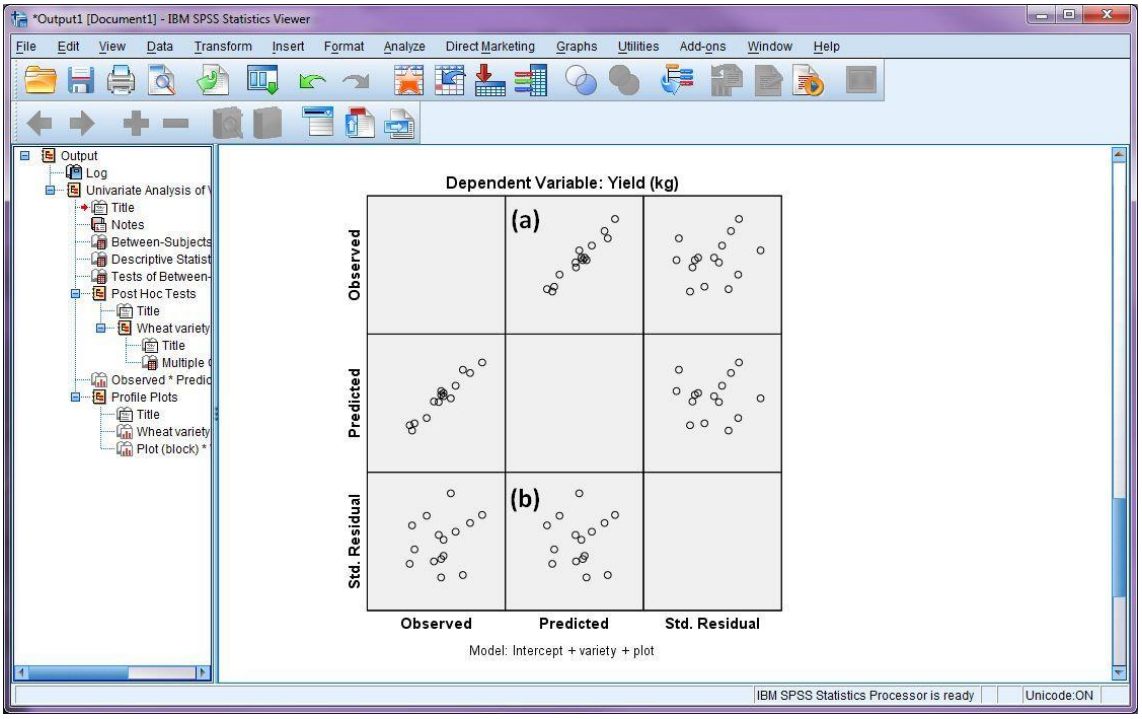
(ค)



(ง)

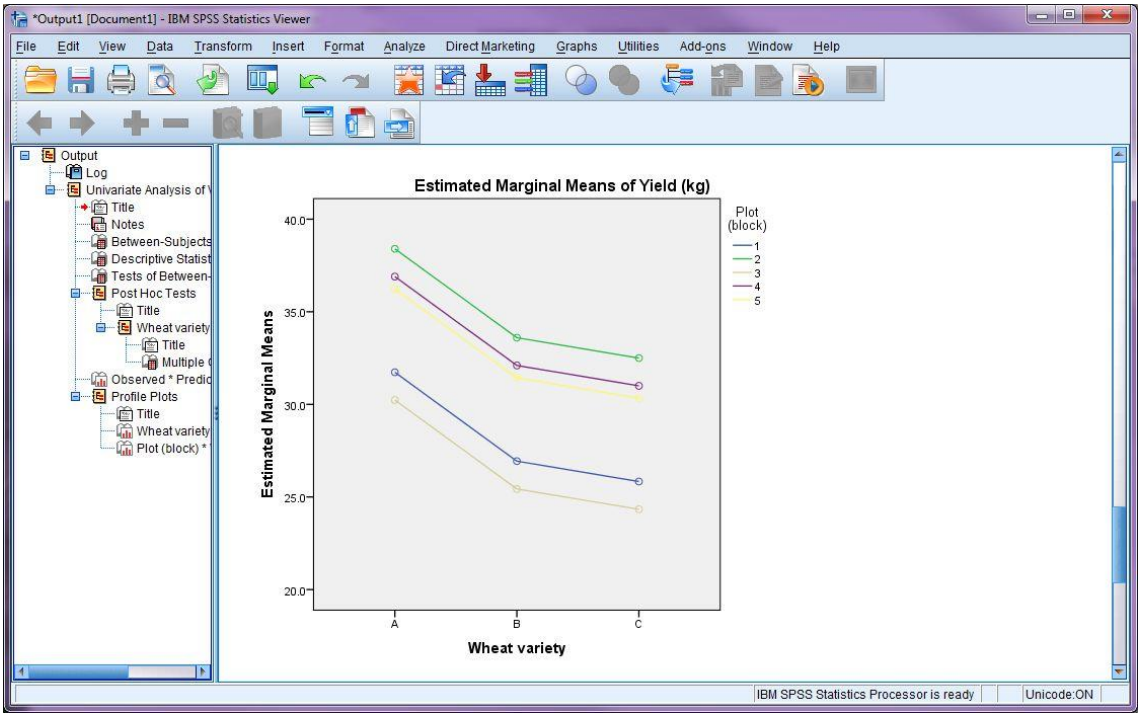


(จ)

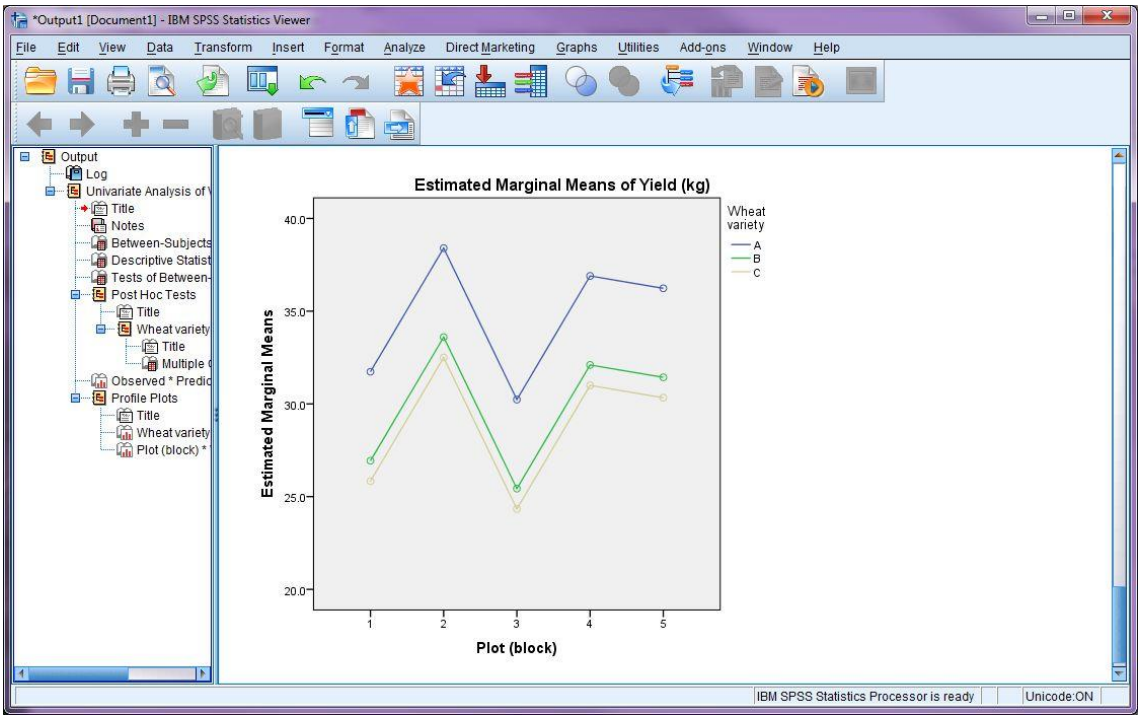


ภาพที่ 8.4 (ต่อ) ตาราง ANOVA (ค) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (ง) กราฟ Residual plot (จ)

(ฉ)



(ช)



ภาพที่ 8.4 (ต่อ) กราฟค่าเฉลี่ย Yield แยกตาม variety (ฉ) กราฟค่าเฉลี่ย Yield แยกตาม plot (ช)

ในแบบจำลอง $Y_{ij} = \mu + \tau_{i.} + \beta_{.j} + \varepsilon_{ij}$ สำหรับ RCBD ที่มีหน่วยทดลองเพียง 1 หน่วยต่อคู่ผสม treatment-block นี้ มีข้อสันนิฐาน 3 ข้อ[1] คือ (1) ε (หรือ residual) จะต้องเป็นเป็นตัวแปรที่ independent[2], homogenous และ

[1] ในแบบจำลอง $Y_{ij} = \mu + \tau_{ij} + \varepsilon_{ij}$ สำหรับ CRD จะมีเพียงข้อ (1) และข้อ (2) เท่านั้น

[2] พิจารณาจาก Run Chart โดยกราฟแต่ละกราฟที่สร้างขึ้นจะต้องไม่มีแบบแผนใด ๆ

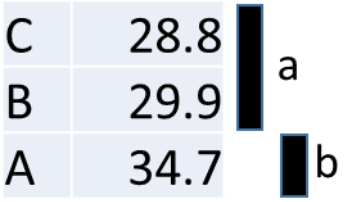
มีการกระจายปกติ[3] (2) ความแปรปรวนหรือ variance ในแต่ละระดับ treatment ต้องเป็นค่าเดียวกัน และ (3) ผลของ treatment ต่อหน่วยทดลองต้องเป็นแบบ additivity กล่าวคือ ผลที่เกิดกับหน่วยทดลองต้องไม่มาจากปฏิสัมพันธ์ระหว่าง treatment กับ block ในการตรวจสอบว่าผลการวิเคราะห์ที่ได้ เป็นไปตามข้อสันนิฐานนี้หรือไม่ จะพิจารณาจากกราฟในภาพที่ 8.4 จ-ช

เมื่อพิจารณากราฟ (a) ในภาพที่ 8.4 จ ซึ่งเป็นกราฟระหว่างค่า Yield ที่ทำนายได้จากสมการกับค่า Yield ในข้อมูลแล้ว (ตัวแปร Predicted กับ Observed ในกราฟ ตามลำดับ) เห็นได้ว่าตัวแปรทั้งสองนี้มีความสัมพันธ์เชิงเส้น แม้ว่าจะไม่เรียงเป็นเส้นตรง ทั้งนี้เนื่องจากมี experimental error (หรือ $\varepsilon_{\text{random error}}$) ระหว่างการทดลองนั้นเอง แต่ไม่ส่งผลมากนักเพราะจุดต่าง ๆ ยังเรียงรอบ ๆ "เส้นตรง" ที่ลากผ่านหรือใกล้จุดเหล่านี้อย่างสม่ำเสมอ ไม่บานออกที่ด้านปลาย (คล้ายกรวย) ซึ่งบ่งชี้ว่าความแปรปรวนหรือ variance ของแต่ละ treatment ไม่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณากราฟ (b) ในภาพที่ 8.4 จ แกนตั้งคือ Standard residual ซึ่งเป็นผลต่างระหว่างค่า Yield ที่ทำนายได้จากสมการกับค่า Yield ในข้อมูล โดยผลต่างนั้นได้แปลงค่าคะแนนมาตรฐานแล้ว ส่วนแกนนนอนคือ Predicted ซึ่งเป็นค่า Yield ที่ทำนายได้จากสมการ เมื่อพิจารณาการกระจายของจุดจากซ้ายไปขวาแล้ว (ละเว้นจุดบนสุด 1 จุด) จะเห็นได้ไม่เป็นรูปแบบใด ๆ และมีความสูงจากจุดล่างไปยังจุดบนสม่ำเสมอ ซึ่งคล้ายคลึงกับกรณีของข้อมูลที่มีการกระจาบแบบปกติ และมีค่าความแปรปรวนหรือ variance ในแต่ละ treatment ไม่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณากราฟในภาพที่ 8.4 ฉ-ช แล้ว จะเห็นว่าแต่ละเส้นมีการตอบสนองไปในแนวเดียวกันในแต่ละค่าของแกนนอน ไม่มีเส้นตัดกัน แสดงว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่าง τ กับ β แต่อย่างใด ดังนั้น การตอบสนองของหน่วยทดลองต่อ treatment ต่าง ๆ จึงเป็นแบบ additivity

จากที่กล่าวมาข้างต้น เห็นได้ว่าค่า ε ค่าความแปรปรวนในแต่ละ treatment และผลที่มาจาก treatment ตรงตามข้อสันนิฐานของแบบจำลองสำหรับ RCBD ทุกประการ ดังนั้น จึงสามารถทดสอบสมมุติฐานได้ โดยใช้ค่าสถิติในบรรทัด variety จากตาราง ANOVA ซึ่งพบว่ามีค่า sig. เป็น 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ Ho และยอมรับ H1 นั้นคือ ค่าเฉลี่ยผลผลิตของข้าวสาลีอย่างน้อย 2 สายพันธุ์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยแบบ LSD ได้ผลดังนี้



Variety	Mean ± s.d.	LSD*
C	28.8 ± 3.5	a
B	29.9 ± 3.7	a
A	34.7 ± 3.9	b

จากตารางข้างต้นนี้ ค่าเฉลี่ยผลผลิตข้าวสาลีพันธ์ B และ C มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าน้อยที่สุด ส่วนค่าเฉลี่ยผลผลิตข้าวสาลีพันธ์ A มีค่าแตกต่างกันจากค่าเฉลี่ยจากอีกสองสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่ามากที่สุด

[3] พิจารณาจากกราฟ Normal Q-Q plot ซึ่งจะต้องได้เป็นเส้นตรงตามแนวทะแยงมุม

แบบฝึกหัดปฏิบัติการที่ 8 GLM

ในแต่ละข้อ ให้นิสิตปฏิบัติดังนี้

ก) จะใช้การทดสอบแบบใด จงเขียนสมมุติฐาน H_0 และ H_1

ข) จงหาค่าสถิติที่จำเป็นต้องใช้เพื่อทดสอบสมมุติฐาน กำหนดให้ $\alpha = 0.05$ ด้วย GLM

ค) เขียนตาราง ANOVA และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (ถ้ามี) พร้อมสรุปผลการทดสอบ

1. ในการศึกษานกที่อยู่ในธรรมชาติและมีถิ่นอาศัยร่วมกัน ผู้วิจัยเชื่อว่าเสียงเพลงที่นกร้องจะมีรูปแบบที่แตกต่างกัน โดยในการศึกษาผู้วิจัยได้ใช้ความยาวของเพลงที่นกร้อง (เป็นวินาที) เพื่อใช้จำแนกชนิดของนก ในการทดลองผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองแบบ CRD โดยใช้นก 3 ชนิด มาร้องเพลงภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกัน ได้ผลดังนี้

Towhee	Common yellowthroat	Brown thrasher
1.11	2.17	0.42
1.23	1.85	0.93
0.91	1.99	0.77
0.95	1.74	0.37
0.99	1.54	0.50
1.08	1.86	0.48
1.18	1.87	0.68
1.29	2.04	0.62
1.12	1.69	0.39
0.88		0.67
1.34		1.03
		0.79

2. ในการศึกษาความเข้นข้นของโปรตีนที่ขับออกมาจากผู้ป่วยที่เป็นโรค cystic fibrosis ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองแบบ CRD และเก็บข้อมูลจากกลุ่มผู้ป่วย ซึ่งจัดกลุ่มตามปริมาณทริปซินในเลือดได้ 3 กลุ่ม ได้ผลดังนี้

ปริมาณโปรตีนที่ขับออกมา (μL/(kg/hr))		
<50	51-1000	>1000
1.7	1.4	2.9
2.0	2.4	3.8
2.0	2.4	4.4
2.2	3.3	4.7
4.0	4.4	5.0
4.0	4.7	5.6
5.0	6.7	7.4
6.7	7.6	9.4
7.8	9.5	10.3
	11.7	

3. ในการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานของคนที่ต้องใช้ในกิจกรรม 3 อย่าง คือ วิ่ง เดิน และถีบจักรยาน เนื่องจากผู้วิจัยเกรงว่าผลของปริมาณกิโลแคลอรีที่ใช้ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร ในแต่ละคนอาจจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่สภาพร่างกายของอาสา สมัครผู้นั้น ผู้วิจัยจึงออกแบบการทดลองแบบ RCBD เพื่อขจัดอิทธิพลดังกล่าว โดยให้อาสาสมัครเป็น block ได้ผลทดลอง ดังนี้

อาสาสมัคร	**กิโลแคลอรีที่ใช้ในกิจกรรม**		
คนที่	**วิ่ง**	**เดิน**	**ถีบจักรยาน**
1	1.4	1.1	0.7
2	1.5	1.2	0.8
3	1.8	1.3	0.7
4	1.7	1.3	0.8
5	1.6	0.7	0.1
6	1.5	1.2	0.7
7	1.7	1.1	0.4
8	2.0	1.3	0.6

4. ผู้วิจัยต้องการทราบถึงผลของฮอร์โมน 4 ชนิด ที่สามารถกระตุ้นให้พืชเพิ่มการออกดอกและผล จึงออกแบบการทดลองแบบ RCBD เพื่อขจัดอิทธิพลของความแตกต่างทางพันธุกรรมของพืชต่างต้นกัน โดยในแต่ละต้น จะเลือกกิ่ง 4 กิ่ง และให้ฮอร์โมนต่างชนิดกัน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ได้วัดผลผลิต (กก.) ที่เกิดขึ้นดังนี้

ต้นไม้ที่	**ผลผลิตจากกิ่งที่ใช้ฮอร์โมนชนิด**			
	A	**B**	**C**	**D**
1	100	59	20	51
2	87	56	15	47
3	84	52	14	45
4	92	67	26	56
5	105	50	20	60
6	90	62	22	53
7	89	60	19	51
8	88	56	17	50
9	82	50	14	45
10	94	63	24	53

การบ้านปฏิบัติการที่ 8 GLM

ในแต่ละข้อ ให้นิสิตปฏิบัติดังนี้

ก) จะใช้การทดสอบแบบใด จงเขียนสมมุติฐาน H_0 และ H_1

ข) จงหาค่าสถิติที่จำเป็นต้องใช้เพื่อทดสอบสมมุติฐาน กำหนดให้ $\alpha = 0.05$ ด้วย GLM

ค) เขียนตาราง ANOVA และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (ถ้ามี) พร้อมสรุปผลการทดสอบ

1. ผู้วิจัยมีความสนใจเกี่ยวกับวิธีการบำบัดของเสียอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบในแหล่งน้ำ ด้วยวิธีการ 3 วิธี จึงได้ออกแบบการทดลองแบบ CRD และทดลองใช้บำบัดน้ำที่มีของเสียอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ได้ผลดังนี้

ปริมาณที่หายไปของของเสียอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบเมื่อบำบัดด้วยวิธี

Air flotation	Foam separation	Ferric-chloride coagulation
34.6	38.8	26.7
35.1	39.0	26.7
35.3	40.1	27.0
35.8	40.9	27.1
36.1	41.0	27.5
36.5	43.2	28.1
36.8	44.9	28.1
37.2	46.9	28.7
37.4	51.6	30.7
37.7	53.6	31.2

2. ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาถึงผลของการล่ากวางต่อพฤติกรรมของกวางในแต่ละฤดู จึงได้ออกแบบการทดลองเป็น RCBD โดยได้เลือกเส้นทางที่กวางใช้ในการสัญจร 4 เส้นทาง และกำหนดให้เป็น block ผู้วิจัยได้นับรอยเท้ากวางในระยะทางช่วงหนึ่งในแต่ละเส้นทาง และบันทึกจำนวนรอยเท้ากวางเฉลี่ยต่อสัปดาห์ โดยทำการนับและบันทึก 3 ช่วงเวลา ได้ผลดังนี้

เส้นทางที่	จำนวนรอยเท้าเฉลี่ยต่อสัปดาห์		
	ก่อนฤดูล่า	ระหว่างฤดูล่า	หลังฤดูล่า
1	62.5	57.0	49.0
2	46.5	53.3	50.0
3	45.0	59.3	37.0
4	24.0	35.7	50.0