ปฏิบัติการที่ 9 GLM for Factorial Design

ในปฏิบัติการที่ 8 เป็นการใช้ GLM สำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติที่มีตัวแปรระบุกลุ่ม หรือ Fixed factor เพียง 1 ตัวแปร สำหรับในปฏิบัตการนี้ จะเป็นการใช้ GLM เพื่อการวิเคราะห์ทางสถิติที่มีตัวแปรระบุกลุ่ม หรือ Fixed factor 2 ตัวแปร หรือมักเรียกว่า Two-way ANOVA ซึ่งเป็นการวางแผนการทดลองแบบ Factorial design ที่ต้องพิจารณาผลของตัวแปรทั้งสองไปพร้อม ๆ กัน อนึ่ง การวางแผนการทดลองแบนนี้ อาจมีตัวแปรมากกว่า 2 ตัวแปรก็ได้ แต่จะทำให้การวิเคราะห์และแปลผลการวิเคราะห์มีความซับซ้อนขึ้น

ตัวแปรระบุกลุ่ม หรือ Fixed factor แต่ละตัวแปรจะแบ่งกลุ่มหรือมีจำนวนระดับตั้งแต่ 2 กลุ่มหรือ 2 ระดับขึ้นไป เช่น เพศหญิงกับเพศชาย แกรมบวกกับแกรมลบ ความเข้มข้น 0% 10% 20% ฯลฯ การวางแผนการทดลองแบบ Factorial design ที่มีตัวแปร 2 ตัวแปรนี้ เมื่อจับคู่แต่ระดับในตัวแปรทั้งสองแล้ว จะมีจำนวนกลุ่มย่อยเป็น n×m กลุ่มย่อย เช่น ตัวแปร A มี 2 ระดับ และตัวแปร B มี 4 ระดับ จะมีจำนวนกลุ่มย่อยเป็น 2×4 = 8 กลุ่มย่อยนั้นเอง ทั้งนี้การวางแผนการทดลองอาจกำหนดให้แต่ละกลุ่มย่อยมีตัวอย่างหรือหน่วยทดลองเพียง 1 ตัวอย่าง (เรียก Two-way ANOVA without replication) หรืออาจมีตัวอย่างหรือหน่วยทดลองตั้งแต่ 2 ตัวอย่างขึ้นไป (เรียก Two-way ANOVA with replication) ซึ่งจะทำให้การตั้งสมมุติฐานแตกต่างกัน กล่าวคือ หากกลุ่มย่อยแต่ละกลุ่มมีหน่วยทดลองเพียง 1 หน่วย จะทดสอบสมมุติฐานได้เพียงผลจากตัวแปรระบุกลุ่มทั้งสองเท่านั้น แต่หากกลุ่มย่อยแต่ละกลุ่มมีหน่วยทดลองตั้งแต่ 2 หน่วยขึ้นไปแล้ว นอกจากจะทดสอบสมมุติฐานผลจากตัวแปรระบุกลุ่มทั้งสองแล้ว ยังสามารถทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างตัวแปรทั้งสองได้อีกด้วย ซึ่งบ่อยครั้งการมีหรือไม่ปฏิสัมสัพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นสมมุติฐานที่นักวิจัยสนใจอย่างมาก อนึ่ง ควรกำหนดจำนวนหน่วยทดลองในกลุ่มย่อยแต่กลุ่มให้มีจำนวนเท่า ๆ กัน เพื่อลดความซับซ้อนของการวิเคราะห์

แบบจำลองของการวางแผนการทดลองแบบ Two-way ANOVA without replication และ with replication สามารถเขียนได้ตามลำดับ ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_{i.} + \beta_{.j} + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_{i.} + \beta_{.j} + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

เมื่อ Y_{ij} คือตัวแปรตาม (หรือ dependent variable) μ คือ ค่าเฉลี่ยโดยรวมของการทดลอง α คือ การแปรอันเนื่องมาจากกลุ่มหรือ treatment ส่วน β คือ การแปรอันเนื่องมาจาก Block สำหรับ $\alpha\beta$ คือ การแปรอันเนื่องมาจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง และ ε คือ random error

1. GLM สำหรับ Two-way ANOVA without replication

ตัวอย่างข้อมูลเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยสูตรใหม่ ซึ่งได้ผสมขึ้น 3 สูตร โดยใช้พืชปลูก 4 ชนิด และวางแผนการทดลองแบบ Two-way ANOVA ได้ผลการทดลองดังนี้

สูตรปุ๋ย	ผลผลิต			
	Wheat	Corn	Soybean	Rice
Blend X	123	138	110	151
Blend Y	145	165	140	167
Blend Z	156	176	185	175

การตั้งสมมุติฐานชุดที่ 1 สูตรปุ๋ย จะเป็นดังนี้

Ho : ค่าเฉลี่ยผลผลิตของพืชปลูกที่ได้รับปุ๋ยทุกสูตรมีค่าไม่แตกต่างกัน

H1 : ค่าเฉลี่ยผลผลิตของพืชปลูกที่ได้รับปุ๋ยอย่างน้อย 2 สูตรมีค่าแตกต่างกัน

การตั้งสมมุติฐานชุดที่ 2 ชนิดพืชปลูก ในตัวอย่างนี้ อาจจะไม่ได้สนใจว่าพืชปลูกแต่ละชนิดมีผลผลิตต่างกันหรือไม่ อย่างไรก็ตาม หากต้องการทดสอบสมมุติฐานนี้ จะตั้งสมมุตฐานเป็นดังนี้

Ho : ค่าเฉลี่ยผลผลิตของพืชปลูกทุกชนิดมีค่าไม่แตกต่างกัน

H1 : ค่าเฉลี่ยผลผลิตของพืชปลูกอย่างน้อย 2 ชนิดมีค่าแตกต่างกัน

ในการเตรียมข้อมูล จะต้องใช้ตัวแปรอย่างน้อย 3 ตัวแปร โดยในการป้อนข้อมูล ใช้ตัวแปร 3 ตัวแปร ได้แก่ ตัวแปรแรกชื่อ blend มีคำอธิบายเป็น Fertilizer formulation และกำหนดให้ 1 แทน Blend X, 2 แทน Blend Y และ 3 แทน Blend Z ส่วนตัวแปรตัวที่ 2 ชื่อ crop มีคำอธิบายเป็น Crop tested และกำหนดให้ 1 แทน Wheat, 2 แทน Corn, 3 แทน Soybean และ 4 แทน Rice และตัวแปรที่สามชื่อ yd มีคำอธิบายเป็น Yield (ตัวแปรทั้งสามไม่มีทศนิยม และตัวแปร blend และ crop เป็นตัวแปรระบุกลุ่ม) เมื่อป้อนข้อมูลแล้ว จะได้ดังภาพที่ 9.1 ก

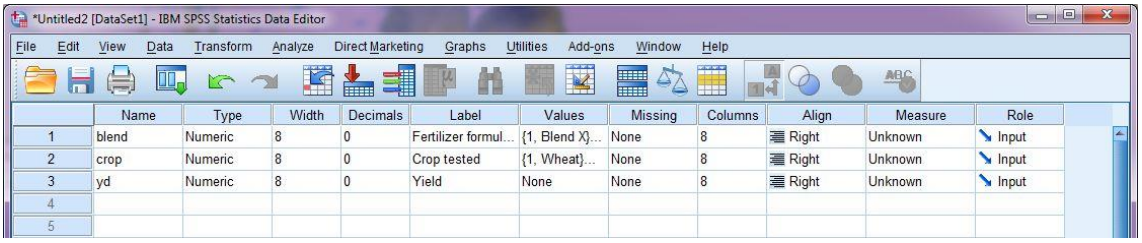
ขั้นตอนการวิเคราะห์เป็นดังนี้

1. เลือก Analyze > General Linear Models > Univariate…
2. จากไดอะล็อค กำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้
   i. เลือกตัวแปร Yield จากรายการตัวแปรในช่องซ้าย แล้วกด ▶ ให้ตัวแปรมาอยู่ในช่อง Dependent Variable: (ภาพที่ 9.1 ข)
   ii. เลือกตัวแปร blend และ crop จากรายการตัวแปรในช่องซ้าย แล้วกด ▶ ให้ตัวแปรมาอยู่ในช่อง Fixed Factor(s): (ภาพที่ 9.1 ข)
   iii. กด Model... เพื่อกำหนดแบบจำลอง (ภาพที่ 9.1 ค)
      a. กำหนดแบบจำลองใน Specify Model เป็น ◉ Custom
      b. เลือกตัวแปร blend และ crop 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 Post Hoc... เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และกำหนดการเปรียบเทียบ (ภาพที่ 9.1 ง)
      a. เลือกตัวแปร blend จากรายการตัวแปร Factor(s): แล้วกด ▶ ให้ตัวแปรมาอยู่ในช่อง Post Hoc Tests for:
      b. เลือกวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากตัวเลือกในช่อง Equal Variances Assumed โดยเลือก ☑ LSD (เลือกเป็นตัวอย่าง อาจเลือกวิธีอื่น)
      c. กด Continue
   v. กด Options... เพื่อเลือกแสดงค่าสถิติและตารางวิเคราะห์ (ภาพที่ 9.1 จ)

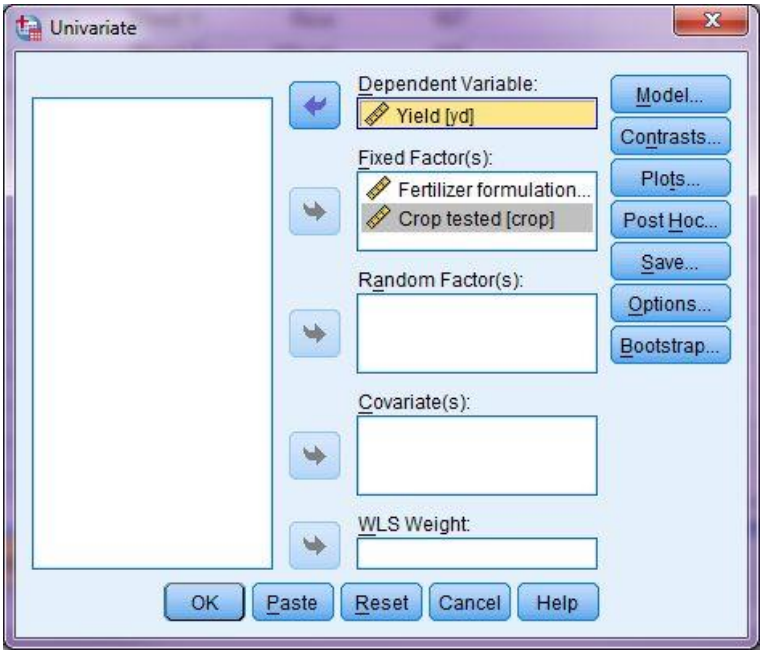
a. ใน Display เลือก ☑ Descriptive statistics

b. กด Continue

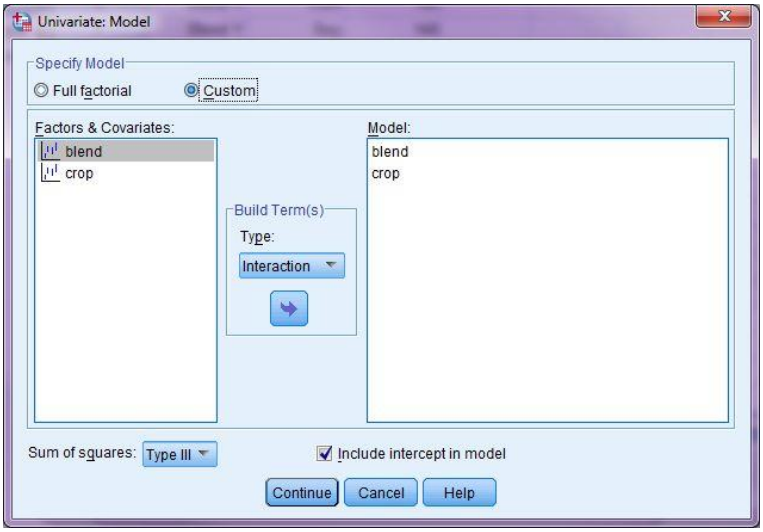
vi. กด OK จะได้ผลการวิเคราะห์ดังภาพที่ 9.2



(ก)

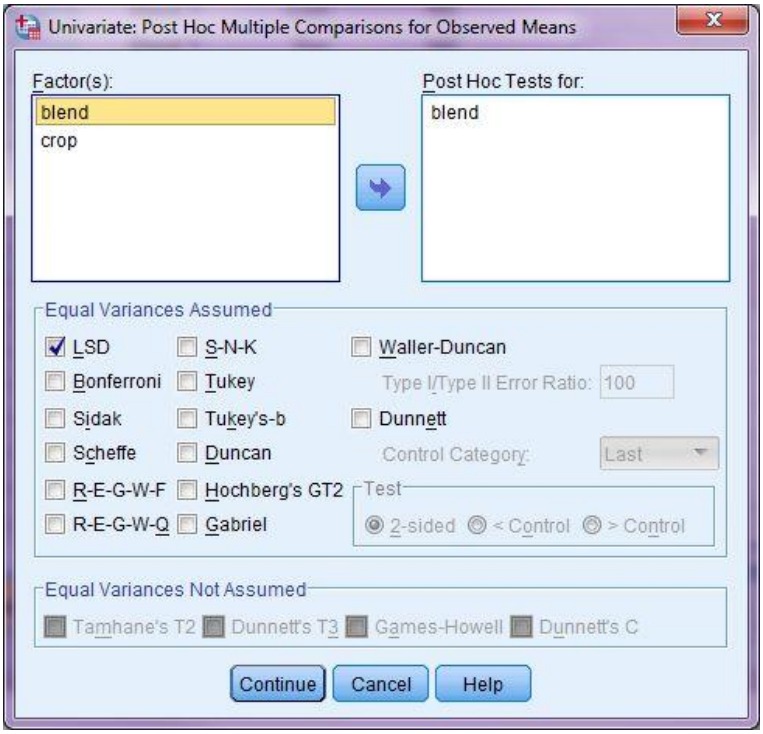


(ข)

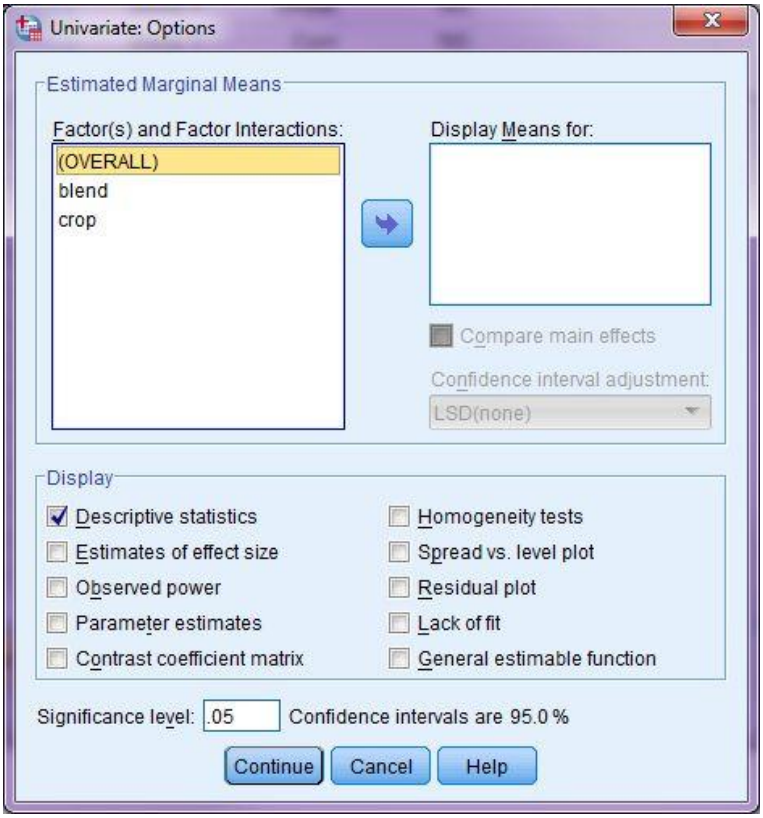


(ค)

ภาพที่ 9.1 ตัวแปรที่ใช้สำหรับการการวิเคราะห์ที่วางแผนการทดลองแบบ Two-way ANOVA (ก) กำหนดตัวแปร (ข) กำหนดแบบจำลอง (ค)



(ง)



(จ)

ภาพที่ 9.1 (ต่อ) กำหนดการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (ง) กำหนดการแสดงค่าสถิติพรรณา (จ)

(ก)

*Output1 [Document1] - IBM SPSS Statistics Viewer

File Edit View Data Transform Insert Format Analyze Direct Marketing Graphs Utilities Add-ons Window Help

Output
Log
Univariate Analysis of Variance
Title
Notes
Active Dataset
Between-Subjects Factors
Descriptive Statistics
Tests of Between-Subjects
Post Hoc Tests
Title
Fertilizer formulation
Title
Multiple Comparis

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Yield

Fertilizer formulation	Crop tested	Mean	Std. Deviation	N
Blend X	Wheat	123.00	.	1
	Corn	138.00	.	1
	Soy	110.00	.	1
	Rice	151.00	.	1
	Total	130.50	17.823	4
Blend Y	Wheat	145.00	.	1
	Corn	165.00	.	1
	Soy	140.00	.	1
	Rice	167.00	.	1
	Total	154.25	13.745	4
Blend Z	Wheat	156.00	.	1
	Corn	176.00	.	1
	Soy	185.00	.	1
	Rice	175.00	.	1
	Total	173.00	12.193	4
Total	Wheat	141.33	16.803	3
	Corn	159.67	19.553	3
	Soy	145.00	37.749	3
	Rice	164.33	12.220	3
	Total	152.58	22.553	12

Tests of Between-Subjects Effects

IBM SPSS Statistics Processor is ready | Unicode:ON

(ข)

*Output1 [Document1] - IBM SPSS Statistics Viewer

File Edit View Data Transform Insert Format Analyze Direct Marketing Graphs Utilities Add-ons Window Help

ut
og
Univariate Analysis of Variance
Title
Notes
Active Dataset
Between-Subjects Factors
Descriptive Statistics
Tests of Between-Subjects Effe
Post Hoc Tests
Title
Fertilizer formulation
Title
Multiple Comparisons

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Yield

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
Corrected Model	4746.083[a]	5	949.217	6.710	.019	
Intercept	279380.083	1	279380.083	1974.805	.000	
blend	3629.167	2	1814.583	12.826	.007	<-FA
crop	1116.917	3	372.306	2.632	.145	<-FB
Error	848.833	6	141.472			<-E
Total	284975.000	12				
Corrected Total	5594.917	11				<-TT

a. R Squared = .848 (Adjusted R Squared = .722)

(ค)

Active Dataset
Between-Subjects Factors
Descriptive Statistics
Tests of Between-Subjects Effec
Post Hoc Tests
Title
Fertilizer formulation
Title
Multiple Comparisons

Post Hoc Tests

Fertilizer formulation

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Yield

LSD

(I) Fertilizer formulation	(J) Fertilizer formulation	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Blend X	Blend Y	-23.75*	8.410	.030	-44.33	-3.17
	Blend Z	-42.50*	8.410	.002	-63.08	-21.92
Blend Y	Blend X	23.75*	8.410	.030	3.17	44.33
	Blend Z	-18.75	8.410	.067	-39.33	1.83
Blend Z	Blend X	42.50*	8.410	.002	21.92	63.08
	Blend Y	18.75	8.410	.067	-1.83	39.33

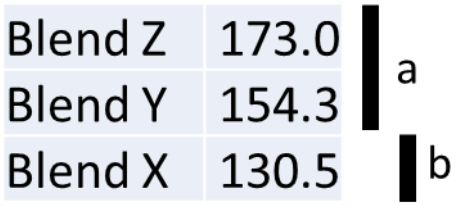
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = 141.472.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

IBM SPSS Statistics Processor is ready | Unicode:ON | H: 298, W: 718 pt.

ภาพที่ 9.2 ค่าถิติพรรณนา ของแต่ละตัวแปร (ก) ตาราง ANOVA (ข) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (ค)

ผลการวิเคราะห์ จะมีตารางแสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแต่ละระดับ (ภาพที่ 9.2 ก) ตาราง ANOVA ซึ่งบรรทัดที่จะนำเสนอเป็นตาราง ANOVA คือ บรรทัดที่ระบุด้วยอักษร FA, FB, E, และ TT ที่แทน blend, crop, error และ total ตามลำดับ (ภาพที่ 9.2 ข) และตารางผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่เลือกไว้เพียงแบบ LSD (ภาพที่ 9.2 ค) ซึ่งค่าสถิติในบรรทัด blend จากตาราง ANOVA ซึ่งพบว่ามีค่า sig. เป็น 0.007 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ Ho และยอมรับ H1 นั้นคือ ค่าเฉลี่ยผลผลิตของพืชปลูกที่ได้รับปุ๋ยสามสูตรมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าสถิติในบรรทัด crop จากตาราง ANOVA ซึ่งพบว่ามีค่า sig. เป็น 0.145 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงไม่ปฏิเสธ Ho นั้นคือ ค่าเฉลี่ยผลผลิตของพืชปลูก 4 ชนิดมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยแบบ LSD จึงพิจารณาเฉพาะตัวแปร blend เท่านั้น ซึ่งได้ผลดังนี้



Formulation	Mean ± s.d.	LSD*
Blend Z	173.0 ± 12.2	a
Blend Y	154.3 ± 13.7	a
Blend X	130.5 ± 17.8	b

* ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกัน หมายความว่า ค่าเฉลี่ยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากตารางข้างต้นนี้ ค่าเฉลี่ยผลผลิตของพืชปลูกที่ได้ปุ๋ยสูตร Z และ Y มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่ามากที่สุด ส่วนค่าเฉลี่ยผลผลิตของพืชปลูกที่ได้ปุ๋ยสูตร X มีค่าเฉลี่ยต่างจากอีกค่าเฉลี่ยอีก 2 ค่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าน้อยที่สุด

2. GLM สำหรับ Two-way ANOVA with replication

ตัวอย่างข้อมูลเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยสูตรใหม่ ซึ่งได้ผสมขึ้น 3 สูตร โดยใช้พืชปลูก 4 ชนิด และวางแผนการทดลองแบบ Two-way ANOVA ซึ่งแต่ละกลุ่มย่อยมีจำนวนซ้ำ 5 ซ้ำ ได้ผลการทดลองดังตารางนี้

ผลผลิต	สูตรปุ๋ย														
	Blend X					Blend Y					Blend Z				
Wheat	123	156	112	100	168	135	130	176	120	155	156	180	147	146	193
Corn	128	150	174	116	109	175	132	120	187	184	186	138	178	176	190
Soy	166	178	187	153	195	140	145	159	131	126	185	206	188	165	188
Rice	151	125	117	155	158	167	183	142	167	168	175	173	154	191	169

การตั้งสมมุติฐานชุดที่ 1 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสูตรปุ๋ยกับชนิดพืชปลูก จะเป็นดังนี้

Ho : ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสูตรปุ๋ยกับชนิดพืชปลูก

H1 : มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสูตรปุ๋ยกับชนิดพืชปลูก

การตั้งสมมุติฐานชุดที่ 2 สูตรปุ๋ย จะเป็นดังนี้

Ho : ค่าเฉลี่ยผลผลิตของพืชปลูกที่ได้รับปุ๋ยทุกสูตรมีค่าไม่แตกต่างกัน

H1 : ค่าเฉลี่ยผลผลิตของพืชปลูกที่ได้รับปุ๋ยอย่างน้อย 2 สูตรมีค่าแตกต่างกัน

การตั้งสมมุติฐานชุดที่ 3 ชนิดพืชปลูก จะเป็นดังนี้

Ho : ค่าเฉลี่ยผลผลิตของพืชปลูกทุกชนิดมีค่าไม่แตกต่างกัน

H1 : ค่าเฉลี่ยผลผลิตของพืชปลูกอย่างน้อย 2 ชนิดมีค่าแตกต่างกัน

ในการเตรียมข้อมูล จะต้องใช้ตัวแปรอย่างน้อย 3 ตัวแปร โดยในการป้อนข้อมูล ใช้ตัวแปร 3 ตัวแปร ได้แก่ ตัวแปรแรกชื่อ blend มีคำอธิบายเป็น Fertilizer formulation และกำหนดให้ 1 แทน Blend X, 2 แทน Blend Y และ 3 แทน Blend Z ส่วนตัวแปรตัวที่ 2 ชื่อ crop มีคำอธิบายเป็น Crop tested และกำหนดให้ 1 แทน Wheat, 2 แทน Corn, 3 แทน Soybean และ 4 แทน Rice และตัวแปรที่สามชื่อ yd มีคำอธิบายเป็น Yield (ตัวแปรทั้งสามไม่มีทศนิยม และตัวแปร blend และ crop เป็นตัวแปรระบุกลุ่ม) เมื่อป้อนข้อมูลแล้ว จะได้ดังภาพที่ 9.3 ก

ขั้นตอนการวิเคราะห์เป็นดังนี้

1. เลือก Analyze > General Linear Models > Univariate…
2. จากไดอะล็อค กำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้
   - i. เลือกตัวแปร Yield จากรายการตัวแปรในช่องซ้าย แล้วกด ▶ ให้ตัวแปรมาอยู่ในช่อง Dependent Variable: (ภาพที่ 9.3 ข)
   - ii. เลือกตัวแปร blend และ crop จากรายการตัวแปรในช่องซ้าย แล้วกด ▶ ให้ตัวแปรมาอยู่ในช่อง Fixed Factor(s): (ภาพที่ 9.3 ข)
   - iii. กด Model... เพื่อกำหนดแบบจำลอง (ภาพที่ 9.3 ค)
     - a. กำหนดแบบจำลองใน Specify Model เป็น Full factorial
     - b. เลือก Sum of squares: เป็น Type III และเลือก Include intercept in model
     - c. กด Continue
   - iv. กด Plots... เพื่อสร้างกราฟ (ภาพที่ 9.3 ง)
     - a. เลือกตัวแปร blend จากรายการตัวแปร Factors: แล้วกด ▶ ให้ตัวแปรมาอยู่ในช่อง Horizontal Axis: แล้วจึงเลือกตัวแปร crop จากรายการตัวแปร Factors: แล้วกด ▶ ให้ตัวแปรมาอยู่ในช่อง Separate Lines: แล้วจึงกด Add
     - b. เลือกตัวแปร crop จากรายการตัวแปร Factors: แล้วกด ▶ ให้ตัวแปรมาอยู่ในช่อง Horizontal Axis: แล้วจึงเลือกตัวแปร blend จากรายการตัวแปร Factors: แล้วกด ▶ ให้ตัวแปรมาอยู่ในช่อง Separate Lines: แล้วจึงกด Add
     - c. สังเกตที่ช่อง Plots: จะมีรายการกราฟ 2 รายการปรากฏ
     - d. กด Continue
   - v. กด Post Hoc... เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และกำหนดการเปรียบเทียบ (ภาพที่ 9.3 จ)
     - a. เลือกตัวแปร blend จากรายการตัวแปร Factor(s): แล้วกด ▶ ให้ตัวแปรมาอยู่ในช่อง Post Hoc Tests for:

b. เลือกวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากตัวเลือกในช่อง Equal Variances Assumed โดยเลือก ☑ LSD (เลือกเป็นตัวอย่าง อาจเลือกวิธีอื่น)

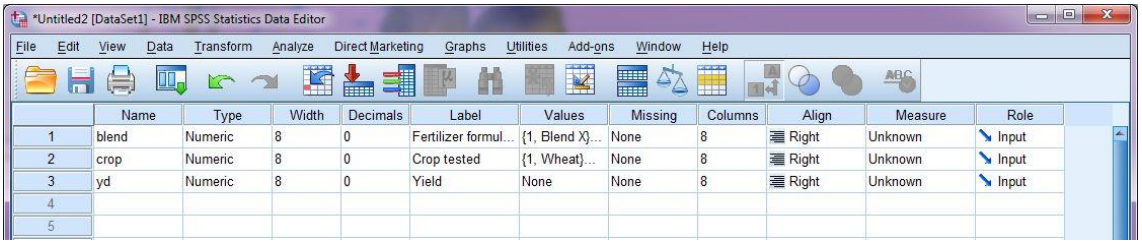
c. กด Continue

vi. กด Options... เพื่อเลือกแสดงค่าสถิติและตารางวิเคราะห์ (ภาพที่ 9.3 ฉ)

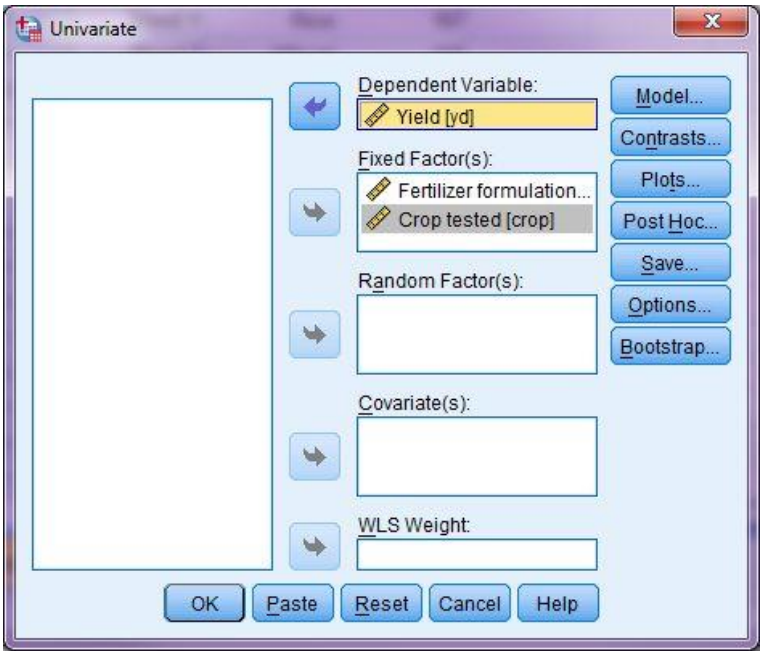
a. ใน Display เลือก ☑ Descriptive statistics และ ☑ Homogeneity tests

b. กด Continue

vii. กด OK จะได้ผลการวิเคราะห์ดังภาพที่ 9.4

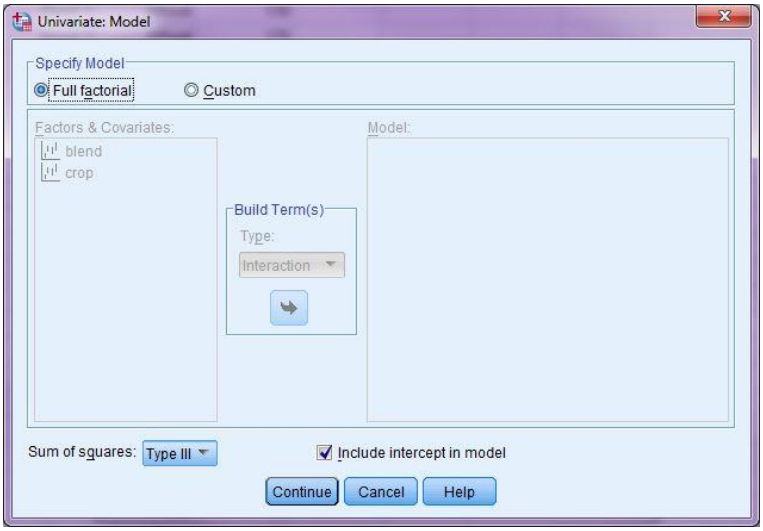


(ก)

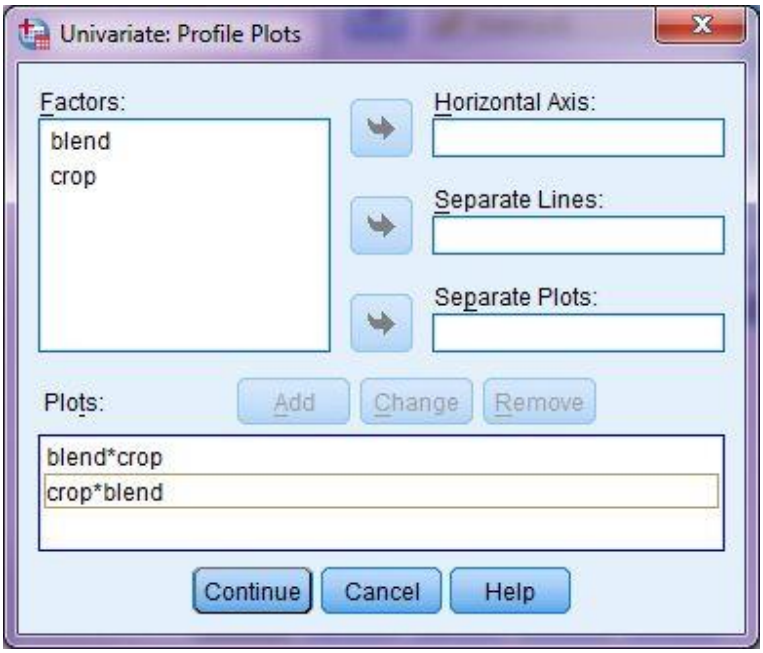


(ข)

ภาพที่ 9.3 ตัวแปรที่ใช้สำหรับการการวิเคราะห์ที่วางแผนการทดลองแบบ Two-way ANOVA (ก) กำหนดตัวแปร (ข)

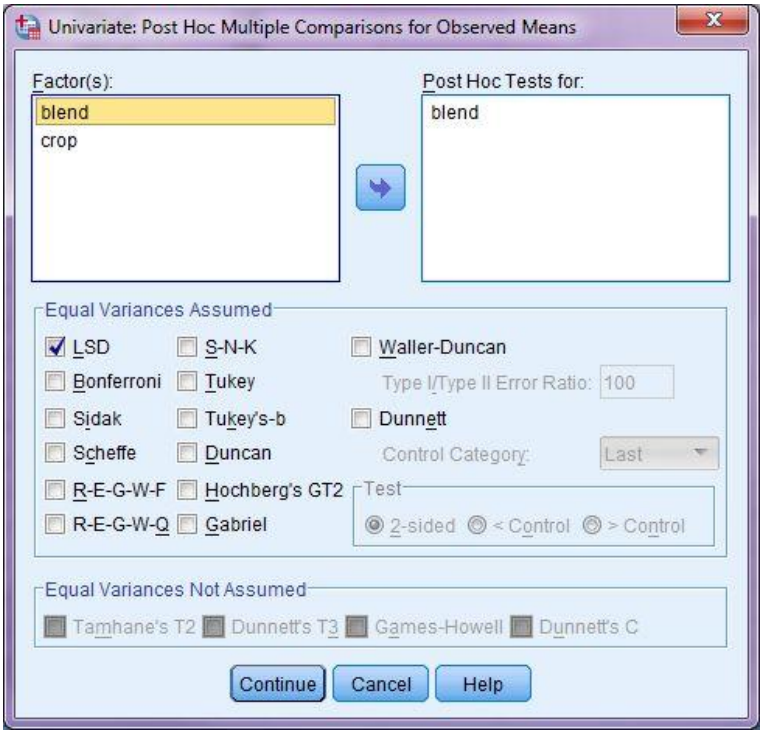


(ค)

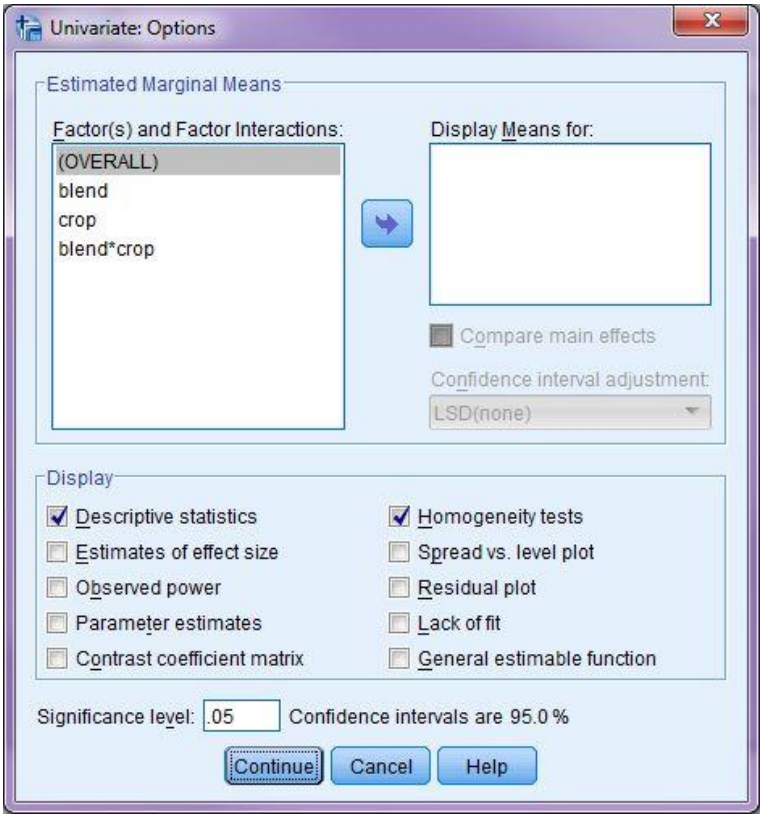


(ง)

ภาพที่ 9.3 (ต่อ) กำหนดแบบจำลอง (ค) กำหนดการสร้างกราฟ (ง)



(จ)



(ฉ)

ภาพที่ 9.3 (ต่อ) กำหนดการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (จ) กำหนดการแสดงค่าและวิเคราะห์ค่าสถิติ (ฉ)

ผลการวิเคราะห์ จะมีตารางแสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแต่ละระดับ (ภาพที่ 9.4 ก) ตาราง Levene's test ([1] ในภาพที่ 9.4 ข) ซึ่งจากตารางนี้ ค่า sig. มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าค่าความแปรปรวนของและกลุ่มย่อยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ส่วนตาราง ANOVA นั้น บรรทัดที่จะนำเสนอเป็นตาราง ANOVA คือ บรรทัดที่ระบุด้วยอักษร FA, FB, I, E, และ TT ที่แทน blend, crop, blend-crop interaction, error และ total ตามลำดับ ([2] ในภาพที่ 9.4 ค) จะแยกทดสอบสมมุติฐานเป็นชุด ดังนี้

ก. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสูตรปุ๋ยกับชนิดพืชปลูก – ค่า sig. ในบรรทัด I (ในตารางเป็น blend * crop) มีค่า 0.046 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ Ho แล้วยอมรับ H1 นั้นคือ มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสูตรปุ๋ยกับชนิดพืชปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ หากต้องการทราบว่าปฏิสัมพันธ์เป็นอย่างไร ให้พิจารณาจากกราฟในภาพที่ 9.4 ง-จ

ข. สูตรปุ๋ย – ค่า sig. ในบรรทัด FA (ในตารางเป็น blend) มีค่า 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ Ho แล้วยอมรับ H1 นั้นคือ มีค่าเฉลี่ยผลผลิตของพืชปลูกที่ได้รับปุ๋ยอย่างน้อย 2 สูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหากต้องการทราบว่าค่าเฉลี่ยคู่ใดต่างกันบ้าง จะพิจารณาจากตารางการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (ภาพที่ 9.4 ค) **แต่เนื่องจากตัวแปรทั้งสองมีปฏิสัมพันธ์กัน จึงไม่สามารถใช้ผลการเปรียบเทียบในตารางดังกล่าวได้**

- อนึ่ง <u>หากตัวแปรทั้งสองไม่มีปฏิสัมพันธ์กันแต่</u> Levene's test ระบุว่าค่าความแปรปรวนของกลุ่มย่อยอย่างน้อย 2 กลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะไม่สามารถนำผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในภาพที่ 9.4 ค ไปพิจารณาได้ เพราะตารางดังกล่าวเป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยภายใต้เงื่อนไขที่ค่าความแปรปรวนของกลุ่มย่อยไม่แตกต่างกัน

ค. ชนิดพืชปลูก – ค่า sig. ในบรรทัด FB (ในตารางเป็น crop) มีค่า 0.065 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงไม่ปฏิเสธ Ho นั้นคือ ค่าเฉลี่ยผลผลิตของพืชปลูกทุกค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

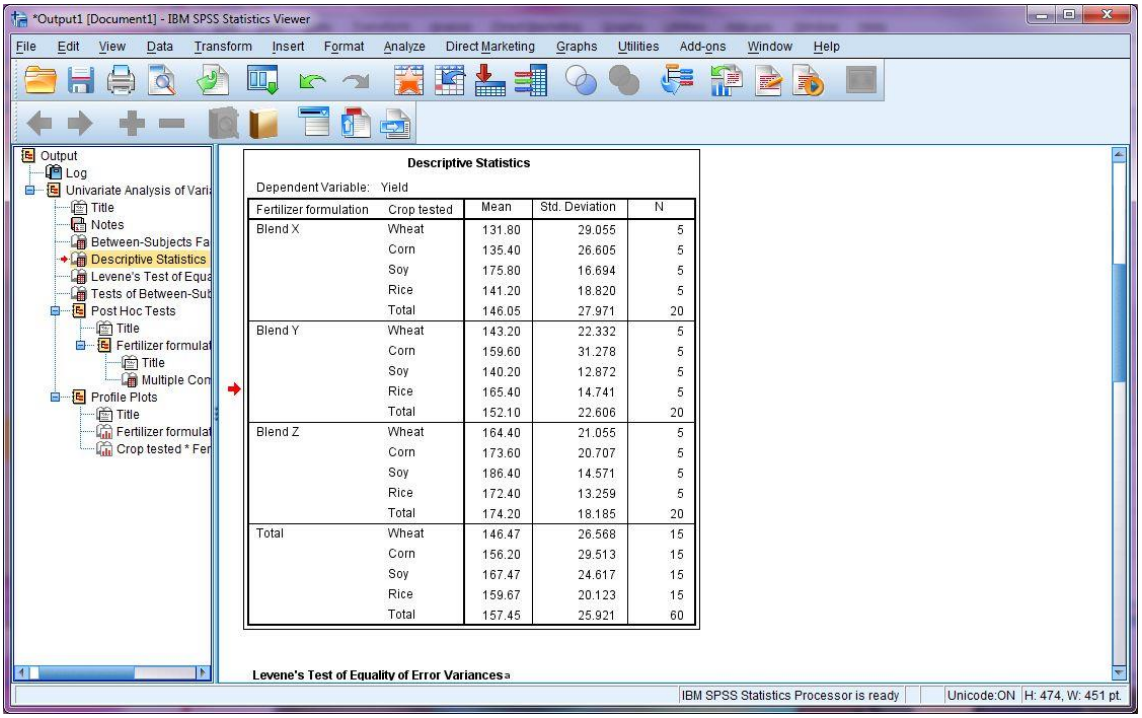
เมื่อพิจารณากราฟค่าเฉลี่ยผลแยกตามสูตรปุ๋ย (ภาพที่ 9.4 ง) จะเห็นได้ว่า wheat corn และ rice มีตอบสนองต่อสูตรปุ๋ย X Y และ Z ไปในทิศทางเดียวกัน คือ มีค่าเฉลี่ยผลผลิตต่ำสุดเมื่อให้ปุ๋ยสูตร X แต่จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อให้ปุ๋ยสูตรปุ๋ย Y และ Z ในขณะ soy มีผลผลิตสูงเมื่อให้ปุ๋ยสูตร X และ Z แต่ค่าเฉลี่ยผลผลิตลดต่ำลงเมื่อให้ปุ๋ยสูตร Y

เมื่อพิจารณากราฟค่าเฉลี่ยผลแยกตามชนิดพืชปลูก (ภาพที่ 9.4 จ) จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยผลผลิตของพืชปลูกทั้งสี่ชนิดมีค่าสูงสุดเมื่อให้ปุ๋ยสูตรปุ๋ย Z สำหรับ wheat corn และ rice เมื่อให้ปุ๋ยสูตรปุ๋ย Y จะมีค่าเฉลี่ยผลผลิตสูงกว่าเมื่อให้ปุ๋ยสูตรปุ๋ย X ในขณะที่ soy เมื่อให้ปุ๋ยสูตรปุ๋ย X จะมีค่าเฉลี่ยผลผลิตสูงกว่าเมื่อให้ปุ๋ยสูตรปุ๋ย Y

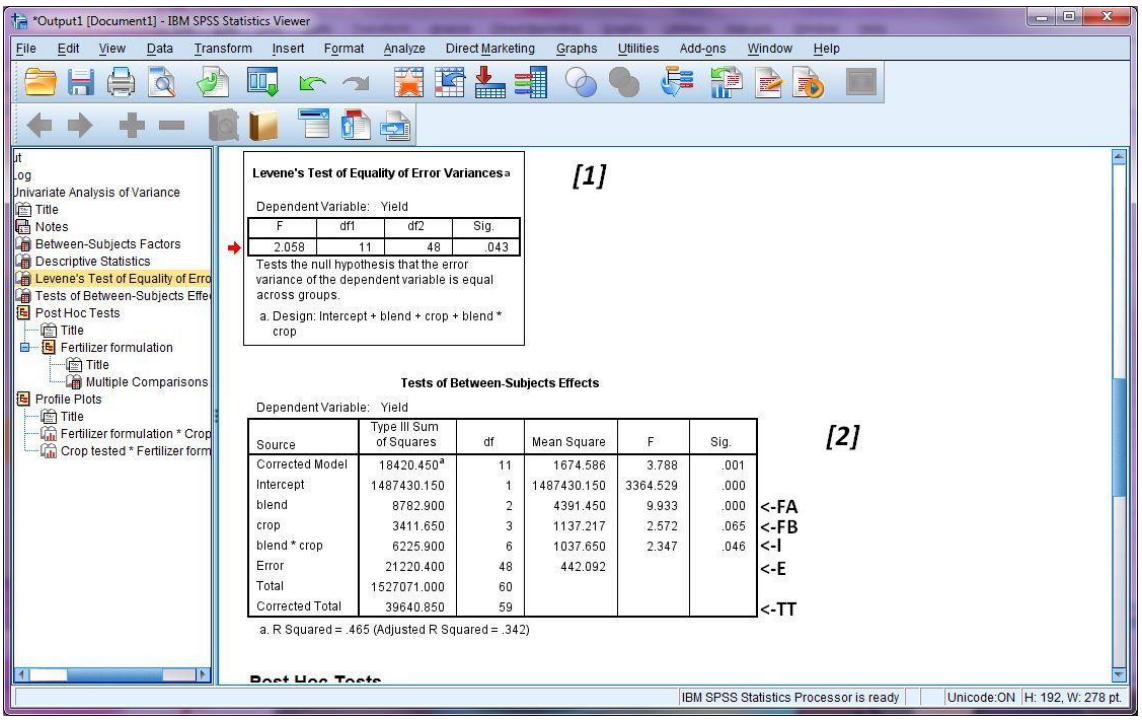
จากกราฟทั้งสองในภาพ 9.4 ง-จ แสดงว่าสูตรปุ๋ยบางสูตรส่งเสริมให้พืชปลูกบางชนิดมีผลผลิตสูง แต่กลับไปลดผลิตในพืชปลูกบางชนิด

ในตัวอย่างข้อมูลและผลการวิเคราะห์ที่กล่าวมาข้างต้นนี้ หากต้องการเปรียบค่าเฉลี่ยผลผลิตเพื่อหาว่าสูตรปุ๋ยใดที่ให้ผลผลิตสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สามารถทำได้โดยใช้ One-way ANOVA เพราะเปรียบเทียบสูตรปุ๋ยทั้งสามสูตร โดยวิเคราะห์ One-way ANOVA สำหรับผลผลิตจาก wheat เมื่อให้ปุ๋ยสามสูตร และทำเช่นเดียวกันกับ corn soy และ rice ทั้งนี้ต้องเลือกวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยให้เหมาะกับเงื่อนไขด้วยว่าความแปรปรวมของกลุ่ม (สูตรปุ๋ย) เท่ากันหรือไม่เท่ากัน

(ก)

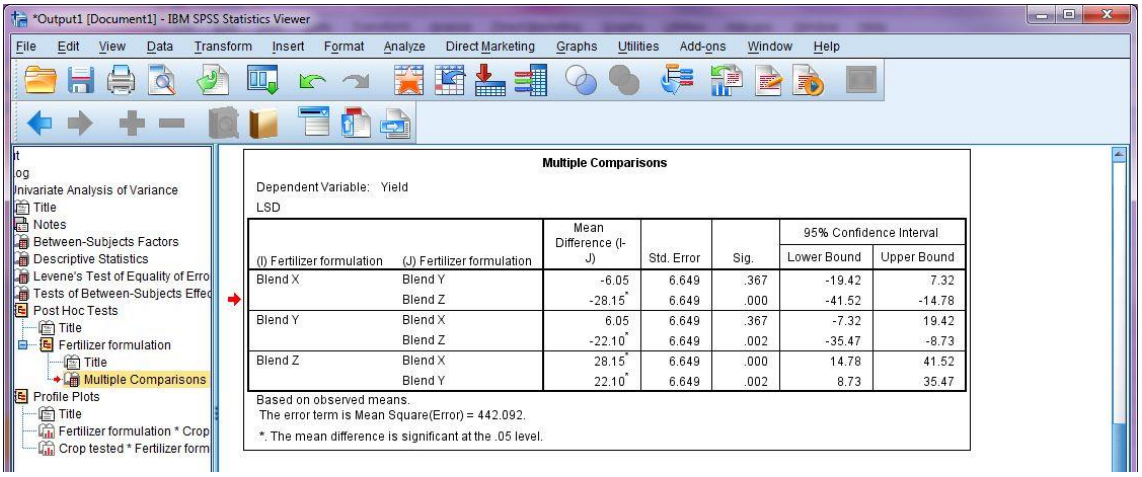


(ข)

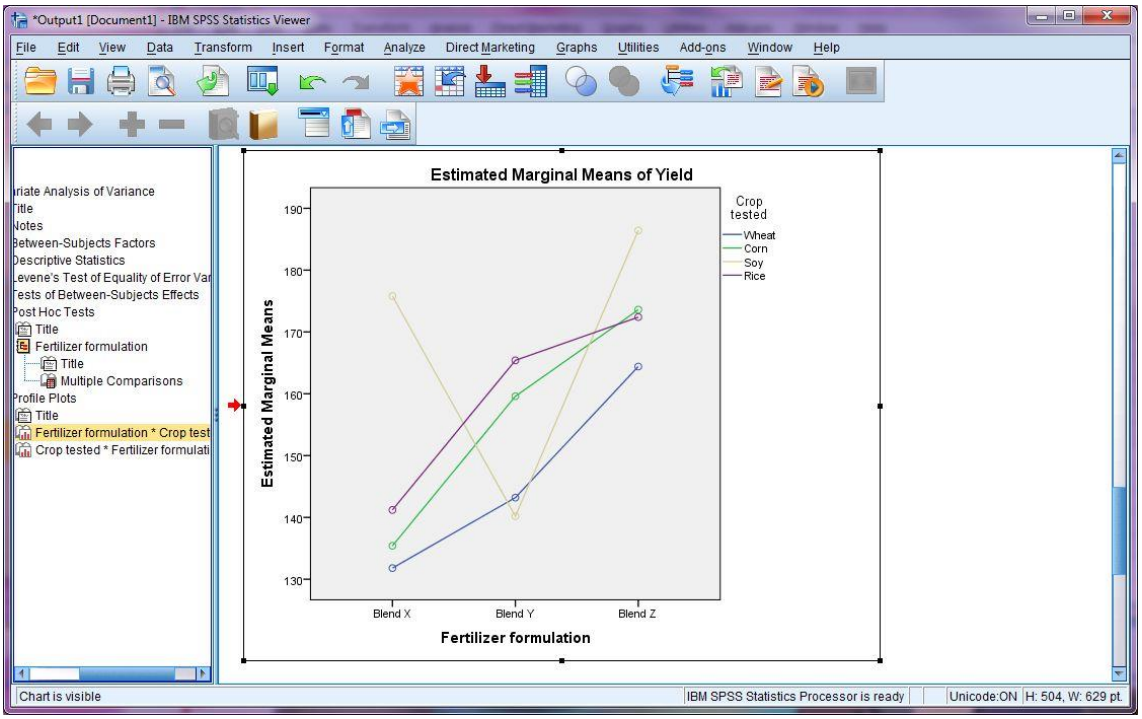


ภาพที่ 9.4 ตารางการทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง *[1]* (ข) ค่าถิติพรรณนาของแต่ละตัวแปร (ก) ตาราง ANOVA *[2]* (ข)

(ค)

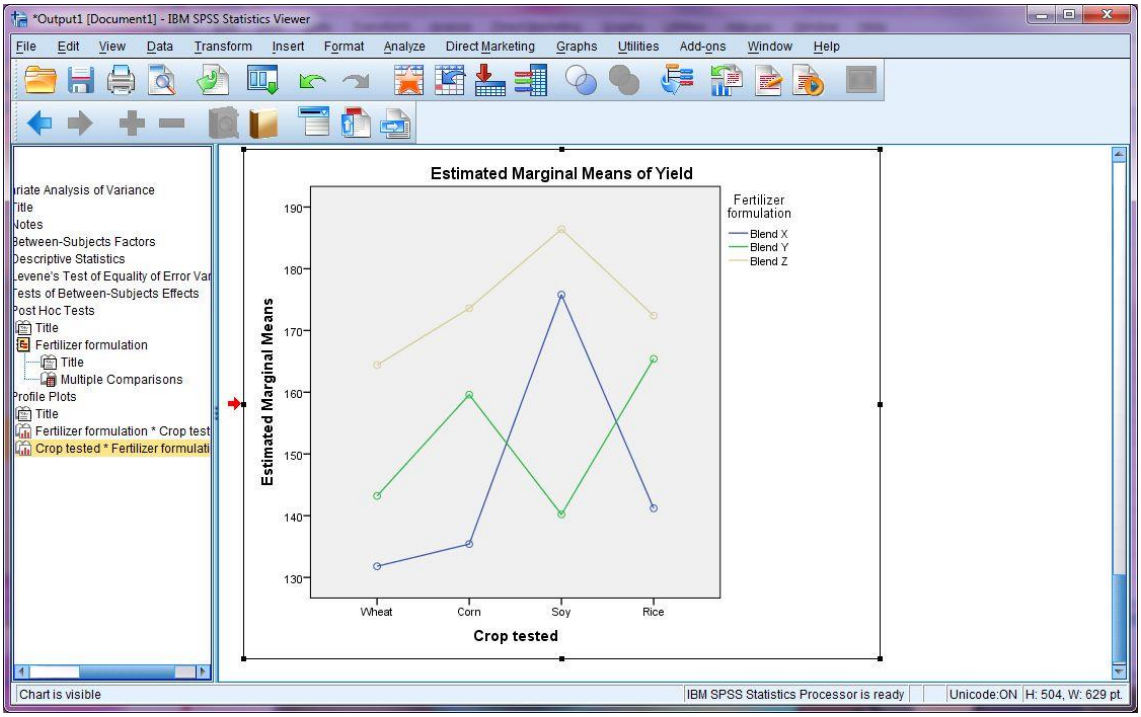


(ง)



ภาพที่ 9.4 (ต่อ) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (ค) กราฟค่าเฉลี่ย **Yield** แยกตาม **blend** (ง)

(จ)



ภาพที่ 9.4 (ต่อ) กราฟค่าเฉลี่ย Yield แยกตาม crop (จ)

แบบฝึกหัดปฏิบัติการที่ 9

1. ในการวิจัยเพื่อพิจารณาผลของการให้น้ำและชนิดของพืชต่อการเจริญของลำต้นถั่ว ผู้วิจัยได้ทดลองให้น้ำ 3 ระดับ กับต้นถั่ว 2 แบบ คือ ต้นถั่วที่ไม่มีใบกับต้นถั่วปกติ ในช่วงเวลาที่ทดลองมีต้นถั่วที่ไม่มีใบเพียง 18 ต้น ผู้วิจัยจึงได้สุ่มเลือกโดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม จากนั้นก็สุ่มว่าต้นถั่วแต่ละต้นจะได้รับน้ำระดับใดจาก 3 ระดับ และผู้วิจัยก็ทำเช่นเดียวกันกับต้นถั่วปกติ เมื่อดำเนินการทดลองไปได้ 3 เดือน วัดความสูงของต้นถั่ว (ซม.) ดังนี้

Factor B	Factor A (water level)		
(Plant type)	low	medium	high
leafless	69.0	96.1	121.0
	71.3	102.3	122.9
	73.2	107.5	123.1
	75.1	103.6	125.7
	74.0	100.7	125.2
	74.4	101.8	120.1
conventional	71.1	81.0	101.1
	69.2	85.8	103.2
	70.4	86.0	106.1
	73.2	87.5	109.7
	71.2	88.1	109.0
	70.9	87.6	106.9

ก. จะตั้งสมมุติฐานในทดสอบว่าอย่างไร

ข. ทำการวิเคราะห์ข้อมูล พร้อมนำเสนอตาราง ANOVA และกราฟที่จำเป็นต่อการแปลผล

ค. ผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่าอย่างไร

ง. ถ้าหากว่ามีความแตกต่างระหว่าง treatment ในแต่ละ factor ให้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD

2. ในการศึกษาผลของ photoperiod และจีโนไทป์ต่อระยะเวลาที่จะแสดงอาการของโรคราน้ำค้างสายพันธุ์ AB3 ผู้วิจัยได้สุ่มเลือกใบพืชมา 50 ใบ จากแต่ละจีโนไทป์ (4 แบบ) และในแต่ละจีโนไทป์ได้สุ่มแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ๆ ละ 10 ใบ แต่ละกลุ่มจะถูกปลูกเชื้อ แล้วจึงสุ่มให้ได้รับแสงเป็นเวลาเป็นระยะเวลาต่างกัน (มี 5 ช่วง) จากนั้นจึงนับจำนวนวันรวมที่ใบทั้งสิบใบในแต่ละกลุ่มแสดงอาการของโรคออกมา ได้ผลดังนี้

Factor B (genotype)	Factor A (photoperiod) (hr. darkness in 24-hr cycle)				
	0	**2**	**4**	**8**	**16**
Armelle Gold	630	610	560	570	590
Promise	640	630	600	620	620
Emir	640	630	650	620	580
Vacla	660	660	620	610	630

ก. จะตั้งสมมุติฐานในทดสอบว่าอย่างไร

ข. ทำการวิเคราะห์ข้อมูล พร้อมนำเสนอตาราง ANOVA และกราฟที่จำเป็นต่อการแปลผล

ค. ผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่าอย่างไร

ง. ถ้าหากว่ามีความแตกต่างระหว่าง treatment ในแต่ละ factor ให้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD

การบ้านปฏิบัติการที่ 9

1. ในการศึกษาแอคติวิตีของเอมไซม์ mannose-6-phosphate isomerase (MPI) ในปู *Platorchestia platensis* ผู้วิจัยต้องการทราบว่า genotype ของยีน *MPI* กับเพศของปูชนิดนี้มีผลต่อแอคติวิตีของเอมไซม์ MPI แตกต่างกันหรือไม่ ได้ผลดังนี้

Sex	**Genotype**											
	FF				**FS**				**SS**			
Female	2.838	4.216	2.889	4.198	3.550	4.556	3.087	1.943	3.620	3.079	3.586	2.669
Male	1.884	2.283	4.939	3.486	2.396	2.956	3.105	2.649	2.801	3.421	4.275	3.110

ก. จะตั้งสมมุติฐานในทดสอบว่าอย่างไร

ข. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดย Two-way ANOVA นำเสนอตาราง ANOVA และกราฟที่จำเป็นต่อการแปลผล

ค. ผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่าอย่างไร

ง. ถ้าหากว่ามีความแตกต่างระหว่าง treatment ในแต่ละ factor ให้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

2. ในการศึกษาการเปลี่ยนนิสัยของงูหางกระดิ่ง *Crotalus atrox* ผู้วิจัยได้นำงูใส่ในกล่องที่มีระบบปิดเปิดฝากล่องเองทุก 5 นาที โดยผู้วิจัยจะนับจำนวนครั้งของการเปิดฝากล่องที่ทำให้งูไม่สั่นหางเมื่อฝากล่องถูกเปิดออก ทั้งนี้ผู้วิจัยมีงูเพียง 6 ตัว และทดลองติดต่อกัน 4 วัน ผลการทดลองเป็นดังนี้

Factor A	Factor B			
Snake ID	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4
D1	85	58	15	57
D3	107	51	30	12
D5	61	60	68	36
D8	22	41	63	21
D11	40	45	28	10
D12	65	27	3	16

ก. จะตั้งสมมุติฐานในทดสอบว่าอย่างไร

ข. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดย Two-way ANOVA นำเสนอตาราง ANOVA และกราฟที่จำเป็นต่อการแปลผล

ค. ผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่าอย่างไร

ง. ถ้าหากว่ามีความแตกต่างระหว่าง treatment ในแต่ละ factor ให้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT