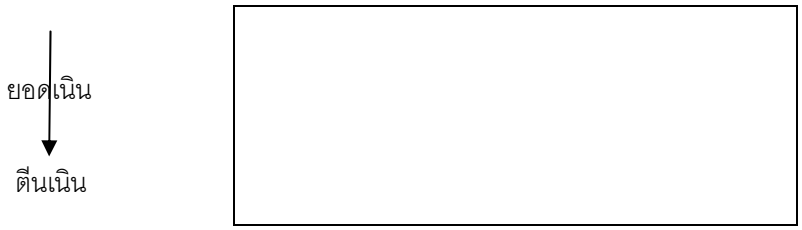
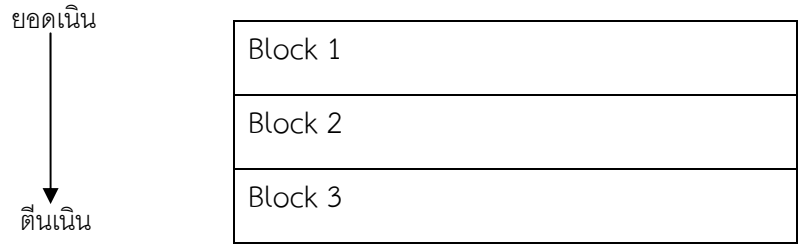
แผนการทดลองแบบลาตินสแคว์

จากที่นักศึกษาได้เรียนรู้แผนการทดลองมาบ้างแล้วนักศึกษาควรทราบว่า เมื่อทำการทดลองเปรียบเทียบในสภาพที่ควบคุมได้ดีหน่วยทดลองมีความสม่ำเสมอ เช่นทำการทดลองในในกระถางซึ่งดินในทุกกระถางมาจากดินกองเดียวกันที่ผสมคลุกเคล้ากันอย่างดีและวางกระถางในโรงเรือนที่ควบคุมสภาพแวดล้อมได้ (หน่วยการทดลองทุกหน่วยมีความสม่ำเสมอไม่ได้เปรียบเสียเปรียบกัน) การใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design (CRD)) นับว่าเหมาะสมที่สุดและวัดผลได้แม่นยำ แต่หากมีการทดลองในแปลงใหญ่ที่พื้นที่ไม่สม่ำเสมอหากวางแผนแบบ CRD อาจทำให้เกิดการได้เปรียบเสียเปรียบกันทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน แต่หากรู้ว่าพื้นที่มีความแตกต่างกันในทิศทางใดก็มีรูปแบบแผนการทดลองที่ช่วยลดความคลาดเคลื่อนได้ ยกตัวอย่างเช่นต้องการปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ข้าวสามพันธุ์ในแปลงขนาดใหญ่โดยแต่ละพันธุ์ปลูก 3ซ้ำแต่แปลงทดลองไม่สม่ำเสมอโดยด้านหนึ่งเป็นยอดเนินมีการชะล้างสูงดินไม่อุดมสมบูรณ์อีกด้านหนึ่งเป็นตีนเนินมีตะกอนดินสะสมดินอุดมสมบูรณ์ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1ลักษณะแปลงทดลองที่มีความแปรปรวนในทิศทางเดียว

ในกรณีนี้สามารถใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกอย่างสมบูรณ์(Randomized Complete Block Design (RCB)) เพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นได้ดังที่นักศึกษาได้เรียนรู้ไปแล้วในบทก่อนหน้านี้โดยการวางบล๊อคขวางทิศทางความแปรปรวน (ในกรณีนี้วางบล็อกขวางทิศทางความลาดเท) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การวางบล็อกในแผนการทดลองแบบ RCBD

จากนั้นจึงสุ่มสิ่งทดลอง (treatment) นั่นคือพันธุ์ข้าวทั้ง 3 ลงไปในแต่ละ block ทีละ block ดังนั้นในแต่ละ block จะมีพันธุ์ครบทั้ง 3 พันธุ์ (มี treatment ครบทุก treatment) (ภาพที่ 3 ก) ทำเช่นเดียวกันนี้จนครบทุก blockภาพที่ 3 ข

พันธุ์ B	พันธุ์ A	พันธุ์ C
Block 2		
Block 3		

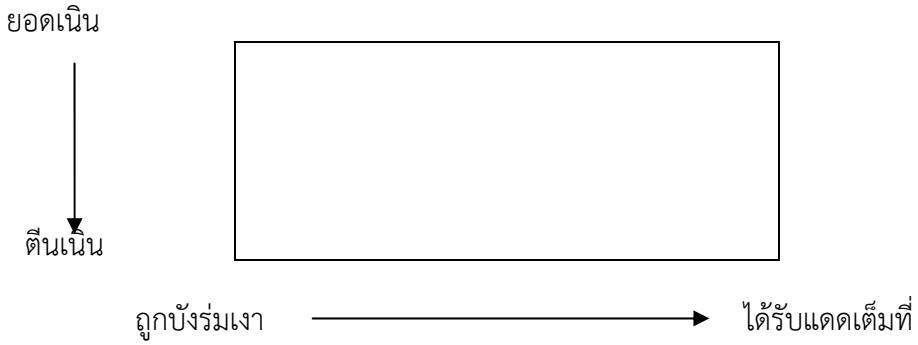
ก

พันธุ์ B	พันธุ์ A	พันธุ์ C
พันธุ์ C	พันธุ์ A	พันธุ์ B
พันธุ์ A	พันธุ์ B	พันธุ์ C

ข

ภาพที่ 3 การสุ่ม treatment ลงใน Block ในแผนการทดลองแบบ RCBD

แต่หากแปลงทดลองมีความไม่สม่ำเสมอในสองทิศทางเช่น ทิศเหนือเป็นยอดเนินทิศใต้เป็นตีนเนิน ทิศตะวันออกมีไม้ยืนต้นปลูกเป็นแถวบังรมเงาในตอนเช้าทิศตะวันตกกลับได้รับแดดเต็มที่ในตอนบ่าย ดังแสดงในแผนภาพที่ 4

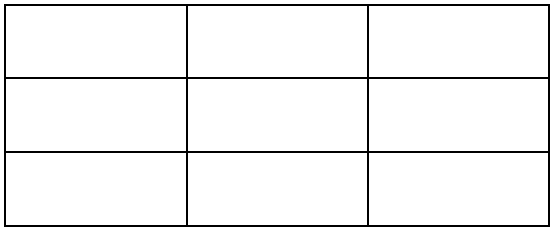


ภาพที่ 4 แปลงทดลองที่มีทิศทางความแปรปรวน 2 ทาง

ในกรณีนี้การใช้แผนการทดลองแบบ RCB ก็ไม่สามารถลดความคลาดเคลื่อนได้ แผนการทดลองแบบ latin-square จึงได้ถูกออกแบบขึ้นเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของพื้นที่ที่มีความไม่สม่ำเสมอในสองทิศทาง

ในแผนการทดลองแบบ latin-square จะมีการแบ่งพื้นที่เป็นแถว (Row) และสะดม (column) ขวางทิศทางความแปรปรวนของพื้นที่ทั้งสองทิศทาง จากตัวอย่างจะวางแถวขวางแนวความลาดเทให้ครบ (ภาพที่ 5ก) แล้ววางสะดมขวางแนวร่มเงา (ภาพที่ 5ข)

ก



ข

ภาพที่ 5การวางแนวแถว (Row) และสะดม (Column)ในแผนการทดลองแบบ latin-square

ในการจัดวาง treatment ลงไปในผังการทดลองแบบ latin-squareมีข้อกำหนดว่าในแต่ละแถว (row) จะต้องมี treatment ครบทุก treatment และในแต่ละสมดม (column) ก็ต้องมีครบทุก treatment เช่นกันดังนั้นจะมีการใช้ผังการทดลองสำเร็จรูป ที่มีการวางลำดับ treatment ลงไปแล้ว(ภาพที่ 6)

1	2	3
2	3	1
3	1	2

ภาพที 6ผังการทดลองสำเร็จรูปสำหรับแผนการทดลองแบบ latin-square

จากแผนการทดลองสำเร็จรูปแล้วสุ่ม 3 ครั้งคือ สุ่มแถว สุ่มสะดม และสุ่ม treatment โดยข้อกำหนดของแผนการทดลองแบบนี้จะต้องมี จำนวนแถว, จำนวนสะดม และจำนวน treatment เท่ากัน ซึ่งก็เท่ากับจำนวนซ้ำด้วย ดังนั้นหากมี 3 treatments ก็ต้องมี 3 ซ้ำ คือ 9 หน่วยการทดลอง หากมี 5 treatments ก็ต้องมี 5 ซ้ำคือ 25 หน่วยการทดลอง

เมื่อได้ผังการทดลองสำเร็จรูปแล้วกำหนดหมายเลขแถวดังภาพที่ 7 ก จากนั้นก็เริ่มสุ่มแถวด้วยการจับฉลาก เมื่อสุ่มแถวแล้วจะได้ลำดับแถวใหม่ดังภาพที่ 7ข

แถว I	1	2	3
แถว II	2	3	1
แถว III	3	1	2

ก

แถว II	2	3	1
แถว I	1	2	3
แถว III	3	1	2

ข

ภาพที่ 7การกำหนดหมายเลขแถว (ก) และการสุ่มแถว (ข)

หลังจากสุ่มแถวแล้วก็กำหนดหมายเลขสะดม (ภาพที่ 8 ก) แล้วสุ่มสะดมด้วยการจับฉลาก (ภาพที่ 8 ข)

สะดม I	สะดม II	สะดม III
2	3	1
1	2	3
3	1	2

ก

สะดม III	สะดม I	สะดม II
1	2	3
3	1	2
2	3	1

ข

ภาพที่ 8การกำหนดหมายเลข (ก) และการสุ่มสะดม (ข)

จากนั้นสุ่มว่าแต่ละหมายเลขในผังจะเป็นตัวแทน treatment ใดตามโจทย์ตัวอย่างเป็นพันธุ์ข้าว3 พันธุ์ คือ A B และ C โดยสุ่มด้วยวิธีจับฉลาก

หมายเลข 1 = พันธุ์ C
หมายเลข 2 = พันธุ์ A
หมายเลข 3 = พันธุ์ B

เมื่อสุ่มแล้วก็แทนที่หมายเลขด้วยพันธุ์ลงไปในผังก็จะได้ผังการทดลองดังภาพที่ 9

พันธุ์ C	พันธุ์ A	พันธุ์ B
พันธุ์ B	พันธุ์ C	พันธุ์ A
พันธุ์ A	พันธุ์ B	พันธุ์ C

ภาพที่ 9ผังการทดลองแบบ latin-squareที่สุ่ม treatment เสร็จเรียบร้อยแล้ว

การวิเคราะห์ความแปรปรวนเมื่อได้ข้อมูลผลผลิตข้าวดังภาพที่10ให้หาผลรวมของแต่ละแถว (Row) แต่ละสะดม (Column) (ภาพที่ 10)และ แต่ละ treatment(ตารางที่ 1)

	Col 1	Col 2	Col 3	ผลรวม
Row 1	พันธุ์ C (700)	พันธุ์ A (380)	พันธุ์ B (550)	1,630s
Row 2	พันธุ์ B (600)	พันธุ์ C (560	พันธุ์ A (300)	1,460
Row 3	พันธุ์ A (320)	พันธุ์ B (450)	พันธุ์ C (450)	1,220
ผลรวม	1,620	1,390	1,300	
ผลรวมทั้งหมด				4,310

ภาพที่ 10แสดงผังแปลงและผลผลิตข้าว (ตัวเลขในวงเล็บ) หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อไร่และการหาผลรวมผลผลิตข้าวในแต่ละ Row และ แต่ละ Column

ตารางที่ 1ผลผลิตข้าวรวมในแต่ละ treatment

	พันธุ์ A	พันธุ์ B	พันธุ์ C
ผลผลิตรวม (กก./ไร่)	1,000	1,600	1,700

วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน

ในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะมีแหล่งของความแปรปรวนดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2แสดงแหล่งของความแปรปรวนในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของแผนการทดลองแบบ latin-square

Source of variation	df	SS	MS	F
Row	.....	.....	.....	
Column	.....	.....	.....	
Treatment	.....	.....	.....	.....
Error	.....	.....	.....	
Total	.....	.....		

กำหนดให้

df = degree of freedom

SS = Sum of square

MS = Mean square

F = การทดสอบค่า F

tคือจำนวน treatment ซึ่งเท่ากับจำนวน Row และ Column

<u>การคำนวณหา df</u>

Total df = $t^2 - 1$ หรือเอาง่ายๆ จำนวนหน่วยการทดลองทั้งหมดลบ 1ตามตัวอย่างคือ 9-1 = **8**

Row df = Columndf = Treatment df = t-1 ตามตัวอย่างจำนวน treatment คือ 3ก็ 3-1 = **2**

Error df = Total df - Row df - Col df - Treatment df

ตามตัวอย่างคือ 8 – 2 – 2 -2 = **2**

<u>คำนวณหา Sum of square</u>

ก่อนอื่นคำนวณหา Correction factor (CF)

$$C.F. = \frac{G^2}{t^2}$$

G คือ ผลรวมของผลผลิตทั้งหมด (4,310 จากภาพที่ 10)

CF = $(4,310)^2/(3)^2$ = 18,576,100/9 = 2,064,011

ให้ X คือผลผลิตในแต่ละหน่วยการทดลอง (ดูภาพที่ 10)

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

$= [(700)^2+(600)^2+(320)^2+(380)^2+(560)^2+(450)^2+(550)^2+(300)^2+(450)^2]- 2,064,011$

$= 143,888.89$

$$\text{Row } SS = \frac{\Sigma R^2}{t} - C.F.$$

ให้ R คือผลรวมของผลผลิตในแต่ละ Row (ดูภาพที่ 10)

$$= \frac{(1,630)^2+(1,460)^2+(1,220)^2}{3} - 2,064,011$$

$= 28,288.89$

$$\text{Column } SS = \frac{\Sigma C^2}{t} - C.F.$$

ให้ C คือผลรวมของผลผลิตในแต่ละ Column

$$\text{Column SS} = \frac{(1,620)^2 + (1,390)^2 + (1,300)^2}{3} - 2,064,011$$

$= 18,155.56$

$$\text{Treatment } SS = \frac{\Sigma T^2}{t} - C.F.$$

ให้ T คือผลรวมของผลผลิตในแต่ละ treatment

$$\text{Treatment SS} = \frac{(1,000)^2 + (1,600)^2 + (1710)^2}{3} - 2,064,011$$

$= 97,355.56$

Error SS = Total SS – Row SS - Column SS – Treatment SS

$= 143,889 - 28,289 - 18,156 - 97,356$

$= 88.89$

<u>การหาค่า Mean square (MS)</u>

เป็นการนำค่า Sum of square มาหารด้วย degree of freedom นั่นเอง

Row MS = Row SS / Row df

= 28,288.89 / 2 = 14,144.44

Colum MS = Column SS/ Column df

= 18,155.56/ 2 = 9,077.78

Treatment MS= Treatment SS/ treatment df

= 97,355.56/ 2 = 48,677.78

Error MS = Error SS/ Error df

= 88.89 / 2 = 44.44

<u>การทดสอบค่า F</u>

คือการนำ Treatment MS หารด้วย Error MS

F = Treatment MS/ Error MS = 48,677.78/44.44 = 1,095.36

เมื่อนำค่าที่ได้ทั้งหมดมาจัดลงในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปรียบเทียบผลผลิตของพันธ์ข้าว 3 พันธุ์ในแผนการทดลองแบบ latin-square

Source of variation	df	SS	MS	F
Row	2	28,288.89	14,144.44	
Column	2	18,155.56	9,077.78	
Treatment	2	97,355.56	48,677.78	1,095.36
Error	2	88.89	44.44	
Total	8	143,888.89		

<u>การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย</u>

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Differenceคำนวณค่า

$$LSD_{\alpha} = (t_{\alpha})(s_{\bar{d}})$$

$LSD_{0.05} = t_{0.05} \times S_{\bar{d}}$

ค่า $t_{0.05}$เปิดจากตารางค่า tโดยใช้ dfของ Error (dfของ Error = 2) ค่า t = 4.303

ค่า= $S_{\bar{d}}$ $\sqrt{2}$ Error ~~MS/t~~ = $\sqrt{}$(2 x 44.~~44)/3~~ = 5.44

$LSD_{0.05}$ =4.303 x 5.44 = 23.41

ทำตารางแสดงผลค่าเฉลี่ยของแต่ละ treatment ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบผลผลิตข้าว 3 พันธุ์ อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ α= 0.05

พันธุ์ข้าว	ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย (กก./ไร่)
พันธุ์ A	333.33 C
พันธุ์ B	533.33 B
พันธุ์ C	570.00 A
$LSD_{0.05}$	5.44

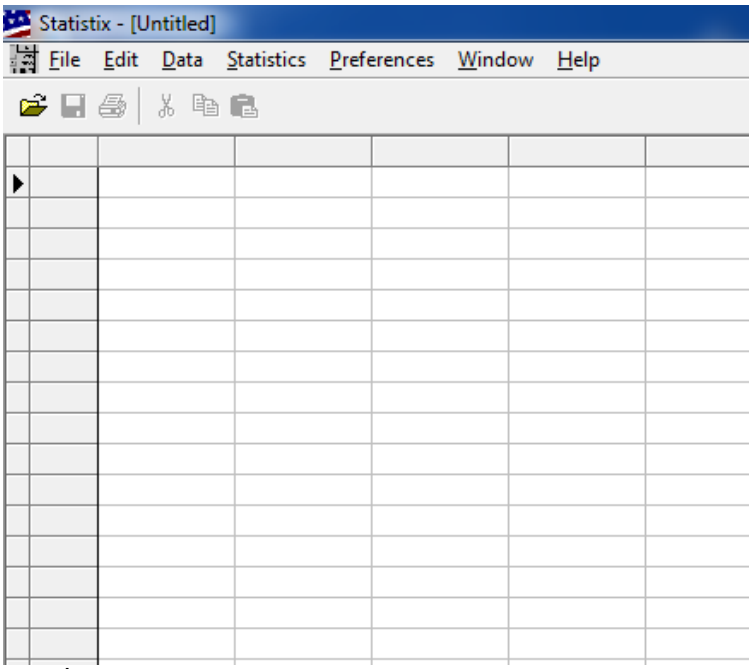
การใช้โปรแกรม Sxเพื่อวิเคราะห์ทางสถิติ

การใช้โปรแกรมเริ่มจากการจัดรูปแบบและกรอกข้อมูลลงไปในโปรแกรม แต่เนื่องจากโปรแกรม Sxอาจมีข้อยุ่งยากในการกรอกบางประการทำให้ยากแก่นักศึกษาที่ไม่คุ้นเคย แต่เชื่อว่านักศึกษาทุกคนน่าจะคุ้นเคยกับโปรแกรม Excel ในการจัดการข้อมูลมากกว่าดังนั้นแนะนำให้กรอกข้อมูลลงใน Excel แล้วค่อยย้ายไป Sx ใช้ข้อมูลจากตัวอย่างข้างต้น (การเปรียบเทียบผลผลิตข้าว 3 พันธุ์) โดยกรอกข้อมูลตัวแปรตาม (ผลผลิต) ลงไปใน Excel ให้เป็น Column เดียวโดยมี Column ที่กำกับบอก treatment บอก Row และบอก Column ในผังการทดลองต่างหากตามภาพที่ 11 ให้สัญลักษณ์

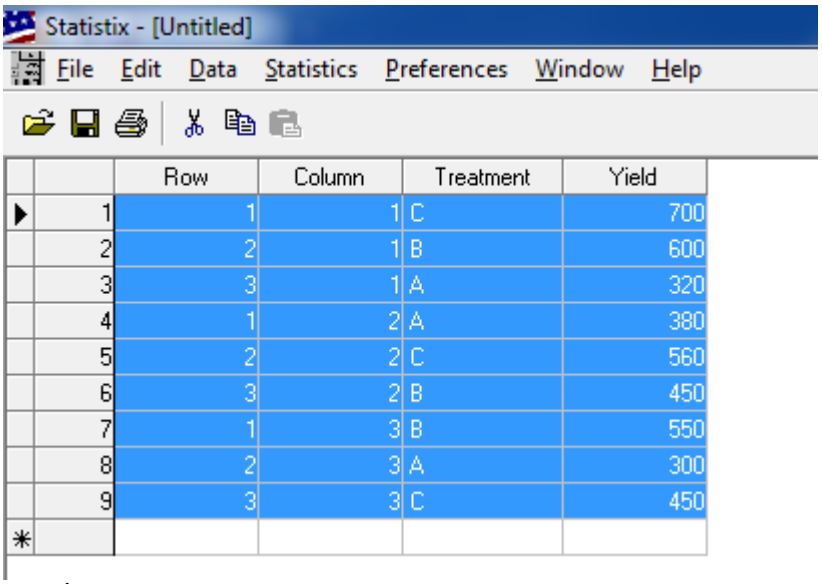
	A	B	C	D
1	Row	Column	Treatment	Yield
2	1	1	C	700
3	2	1	B	600
4	3	1	A	320
5	1	2	A	380
6	2	2	C	560
7	3	2	B	450
8	1	3	B	550
9	2	3	A	300
10	3	3	C	450
11				

ภาพที่ 11 การกรอกข้อมูลลงใน Excel

เมื่อกรอกข้อมูลแล้วเลือกกลุ่มเซลล์ที่มีข้อมูลจากนั้นใช้คำสั่งคัดลอก จากนั้นเปิดโปรแกรม Sx ขึ้นมา ภาพที่ 12 แล้วเลือกที่เมนู Past (วาง) ในการวางข้อมูลลงใน Sx ดังภพที่ 13



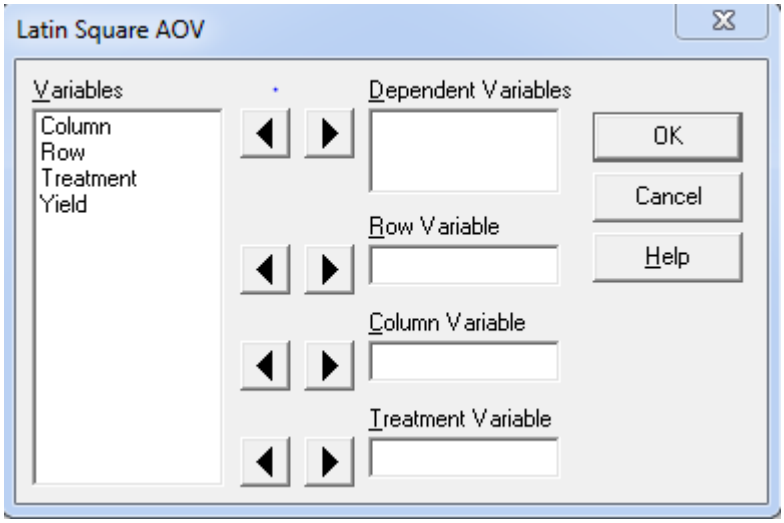
ภาพที่ 12 หน้าต่างโปรแกรม sx



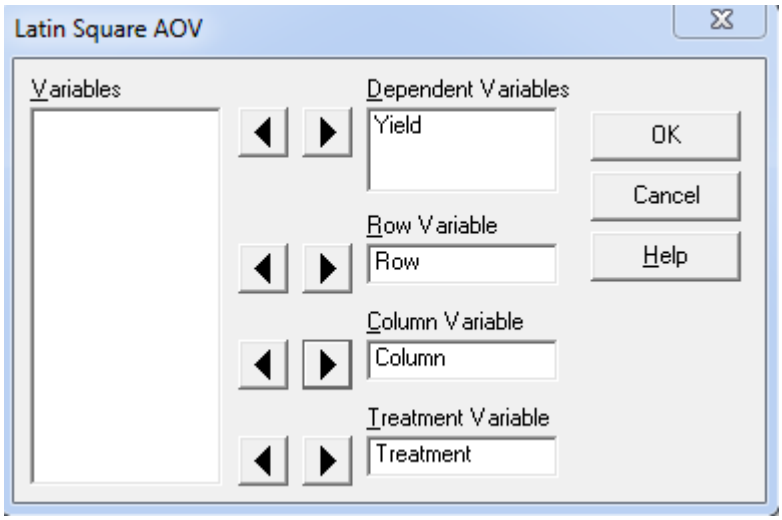
	Row	Column	Treatment	Yield
1	1	1	C	700
2	2	1	B	600
3	3	1	A	320
4	1	2	A	380
5	2	2	C	560
6	3	2	B	450
7	1	3	B	550
8	2	3	A	300
9	3	3	C	450

ภาพที่ 13 การวางข้อมูลลงใน Sx

จากนั้นเลือกเมนู Statistics ต่อด้วย Linear Models ต่อด้วย Analysis of Variance ต่อด้วย Latin Square Design จะปรากฏหน้าต่างดังภาพที่ 14 ก ให้เลือกตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือ ผลผลิต ในที่นี้ใช้สัญลักษณ์ yield กำหนด Row Column และ Treatment ดังภาพที่ 14 ข



ก



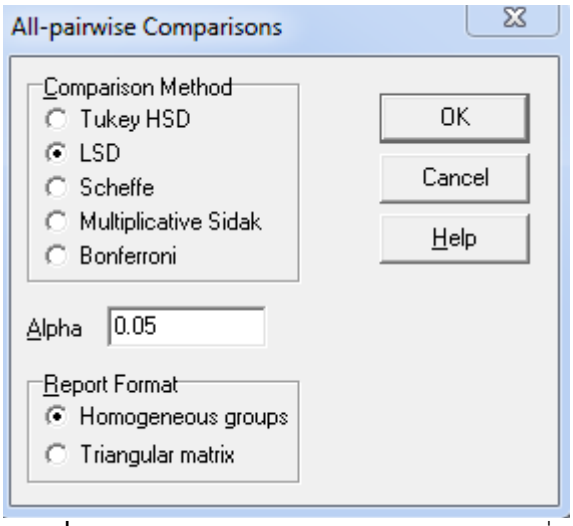
ข

ภาพที่ 14 การกำหนดตัวแปรเพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนในโปรแกรม Sx

จากนั้นกด OK จะได้ผลดังภาพที่ 15 ให้นักศึกษาสนใจเฉพาะตารางบนสุดนี่คือตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนและสนใจ column สุดท้ายพอคือ Column P ค่านี้ (ค่าที่ษรชี้ ภาพที่ 15) เป็นความน่าจะเป็นใช้แทนการเปิดตารางค่า F หากค่า P น้อยกว่า 0.05 แสดงว่าพันธุ์มีผลต่อผลผลิต (treatment มีผลต่อตัวแปรตาม) หากค่านี้มากกว่า 0.05 แสดงว่าพันธุ์ไม่มีผลต่อผลผลิตคือข้าวทุกพันธุ์ให้ผลผลิตไม่ต่างกัน (treatment ไม่มีผลต่อตัวแปรตาม) จากภาพที่ 15 ค่านี้เท่ากับ 0.009 น้อยกว่า 0.005 แสดงว่าพันธุ์แต่ละพันธุ์ให้ผลผลิตต่างกันแต่จะถามว่าต่างกันอย่างไรต้องไปเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย LSD โดยเลือกเมนู Results ตามด้วย Multiple comparisons ตามด้วย All-pairwise Comparisons จะปรากฏหน้าต่างดังภาพที่ 16 ให้เลือก LSD ในส่วนของ Comparison Method และ เลือกค่า 0.05 ในส่วนของ Alpha จากนั้นกด ok

```
Statistix 8.0

Latin Square AOV Table for Yield

Source       DF       SS        MS          F         P
Row           2    28289   14144.4
Column        2    18156    9077.8
Treatment     2    97356   48677.8    1095.25    0.0009
Error         2       89      44.4
Total         8   143889

Grand Mean 478.89    CV 1.39

Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity
Source          DF        SS        MS        F         P
Nonadditivity    1   85.5181   85.5181   25.37    0.1248
Remainder        1    3.3708    3.3708

                                  Relative
                                 Efficiency
Completely Randomized Design        131.13
Randomized Complete Block, Row       57.75
Randomized Complete Block, Column    89.67

Means of Yield for Treatment

Treatment    Mean
A          333.33
B          533.33
C          570.00
Observations per Mean            3
Standard Error of a Mean    3.8490
Std Error (Diff of 2 Means) 5.4433
```

ภาพที่ 15 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยโปรแกรม sx



ภาพที่ 16 หน้าต่างเลือกวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

โปรแกรมจะแสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยดังภาพที่ 17

```
Statistix 8.0                                                    14/10/2

LSD All-Pairwise Comparisons Test of Yield for Treatment

Treatment     Mean  Homogeneous Groups
C           570.00  A
B           533.33   B
A           333.33    C

Alpha              0.05     Standard Error for Comparison  5.4433
Critical T Value  4.303     Critical Value for Comparison  23.421
Error term used: Row*Column*Treatment, 2 DF
All 3 means are significantly different from one another.
```

ภาพที่ 17 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยโปรแกรม sx

จากภาพที่ 17 จะแสดงค่าเฉลี่ยของแต่ละ treatment (ใน mean) และกำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษซึ่งอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ และค่า Critical Value for Comparison ที่ลูกษรชี้ก็คือค่า $LSD_{0.05}$ นั่นเอง

โจทย์ตัวอย่าง

ได้ปลูกเปรียบเทียบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ 4 สายพันธุ์คือ A B C และ D โดยวางแผนการทดลองแบบ Latin-square ดังภาพที่ 18 ได้ผลผลิตดังตัวเลขที่แสดงในแต่ละหน่วยการทดลอง หน่วยเป็น กก./ไร่ ให้นักศึกษาวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อตอบว่าข้าวโพดทั้ง 4 สายพันธุ์ให้ผลผลิตต่างกันหรือไม่ หากต่างกันให้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย LSD เพื่อบอกว่าต่างกันอย่างไร

	Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	ผลรวม
Row1	262.4 (พันธุ์B)	193.6 (พันธุ์D)	228.0 (พันธุ์C)	215.2 (พันธุ์A)	.....
Row2	236.0 (พันธุ์C)	189.6 พันธุ์(A)	224 (พันธุ์D)	206.4 (พันธุ์B)	.....
Row3	267.2 (พันธุ์A)	113.6 (พันธุ์C)	266.4 (พันธุ์B)	188.8 (พันธุ์D)	.....
Row4	250.4 (พันธุ์D)	206.4 (พันธุ์B)	264.8 (พันธุ์A)	105.6 (พันธุ์C)	.....
ผลรวม	.....	.....	.....	.....	

ผลรวมทั้งหมด .....

สายพันธุ์ข้าวโพด	ผลรวมของผลผลิต
สายพันธุ์ A	.....
สายพันธุ์ B	.....
สายพันธุ์ C	.....
สายพันธุ์ D	.....

Total df = ...

Row df = ...

Columndf = ...

Treatment df = ...

Error df = ...

CF =.....

Total SS =.....

.....

.....

Row SS =.....

.....

.....

Column SS =.....

.....

.....

Treatment SS =.....

.....

.....

Error SS =.....

.....

.....

Source of variation	df	SS	MS	F
Row	.....	.....	.....	
Column	.....	.....	.....	
Treatment	.....	.....	.....	.....
Error	.....	.....	.....	
Total	.....	.....		

สายพันธุ์ข้าวโพด	ผลผลิตเฉลี่ย (กก./ไร่)
สายพันธุ์ A	.....
สายพันธุ์ B	.....
สายพันธุ์ C	.....
สายพันธุ์ D	.....
$LSD_{0.05}$	