แผนการทดลองแบบ Split plot

จากที่นักศึกษาได้เรียนรู้แผนการทดลองแบบ Factorial ไปแล้วในที่นี้ถือได้ว่านักศึกษาได้เรียนรู้แผนการทดลอง 2 ปัจจัยมาแล้ว แผนการทดลองแบบ split plot เป็นแผนการทดลองแบบ 2 ปัจจัยเช่นเดียวกับแผนการทดลองแบบ factorial แต่ก็มีข้อแตกต่างในแง่ การเลือกใช้ วิธีการวางผังและการวิเคราะห์ เป้าหมายของการศึกษาในบทนี้คือเมื่อนักศึกษาเรียนจนจบบทเรียนแล้วจะต้องสามารบอกได้ว่า

1. เมื่อไรจะต้องใช้แผนการทดลองแบบ Split plot
2. มีหลักเกณฑ์ในการกำหนด Main plot, sub plot และการวางผังการทดลองอย่างไร
3. วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนและการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่าง treatment ของแผนการทดลองแบบ Split plot มีวิธีการอย่างไร
4. อ่านและแปรผลปฏิสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัยได้

<u>ลักษณะงานทดลองที่ควรใช้แผนการทดลองแบบ Split plot</u>

แผนการทดลองแบบ Split plot เป็นแผนการทดลองสำหรับการทดลองที่มี 2 ปัจจัยจัดได้ว่าเป็นการจัดสิ่งทดลองทั้งสองปัจจัยลงไปในแผนการทดลองแบบปัจจัยเดี่ยวอีกทีหนึ่งดังนั้น Split plot มีทั้ง Split plot ใน CRD และ Split plot ใน RCBD ดังนั้นการจะใช้ split plot ข้อกำหนดข้อแรกคือต้องเป็นการทดลองแบบ 2 ปัจจัย มีคำถามว่าแผนการทดลองสำหรับ 2 ปัจจัยมีทั้ง Factorial ที่นักศึกษาได้เรียนรู้ไปแล้วกับแผนการทดลองแบบ Split plot จะเลือกใช้อย่างไรให้เหมาะสม การจะใช้แผนการทดลอง Split plot หรือไม่ต้องพิจารณา 2 ประเด็น

- ความยากง่ายในการจัดการ
- การให้ความสำคัญต่อปัจจัยทั้งสองเท่ากันหรือไม่

ความยากง่ายในการจัดการ

ในกรณีที่ปัจจัยที่ที่เราต้องการทดสอบทั้งสองปัจจัยจัดการได้ง่ายไม่ปะปนกันเช่นต้องการทดสอบอิทธิพลของอัตราปลูก 3 อัตรา คือหว่านเมล็ด 5 10 และ 15 กก./ไร่ ต่อผลผลิตของถั่วเขียว 2 พันธุ์คือพันธุ์ กำแพงแสน 1 และ ชัยนาท 84-1 ลักษณะเช่นนี้ไม่ว่าพันธุ์หรืออัตราปลูกแม้จะจัดผังแปลงไว้ใกล้กันก็ไม่มีการปะปนซึ่งกันและกันจัดว่าทั้งสองปัจจัยจัดการได้ง่ายการทดลองแบบนี้ใช้แผนการทดลองแบบ Factorial นับว่าเหมาะสมแล้ว แต่หากเป็นการทดลองที่ปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งจัดการได้ยากเพราะหากวาง treatment ที่ต่างกันไว้ใกล้กันอาจเกิดการปะปนกันได้ง่ายเช่น การทดสอบผลของการขังน้ำในนาข้าว 2 ระดับคือ ขังน้ำ กับ ไม่ขังน้ำ ต่อผลผลิตของข้าวเหนียว 2 พันธุ์คือ กข6 และ กข10 ในปัจจัยพันธุ์ข้าวนั้นไม่มีปัญหาเพราะควบคุมได้ง่ายไม่ปะปนกันแม้จะปลูกใกล้กัน แต่ในกรณีของระดับน้ำนั้นเป็นปัจจัยที่จัดการค่อนข้างยาก การจะควบคุมระดับน้ำต้องปั้นคันนากั้นน้ำการวางผังแปลงแบ่งย่อยเป็นแปลงเล็กๆไม่สะดวกสิ้นเปลืองแรงงานและมีโอกาสปะปนกันได้สูง ลักษณะการทดลองแบบนี้ควรใช้แผนการทดลองแบบ Split plot

ความสำคัญของแต่ละปัจจัย

ในกรณีที่เราให้ความสำคัญของแต่ละปัจจัยเท่าๆ กันแบบนี้ควรใช้แผนการทดลองแบบ Factorial แต่หากต้องการวัดผลปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งอย่างละเอียดส่วนอีปัจจัยหนึ่งวัดผลแบบคร่าวๆ ก็ได้ควรใช้การทดลองแบบ Split plot

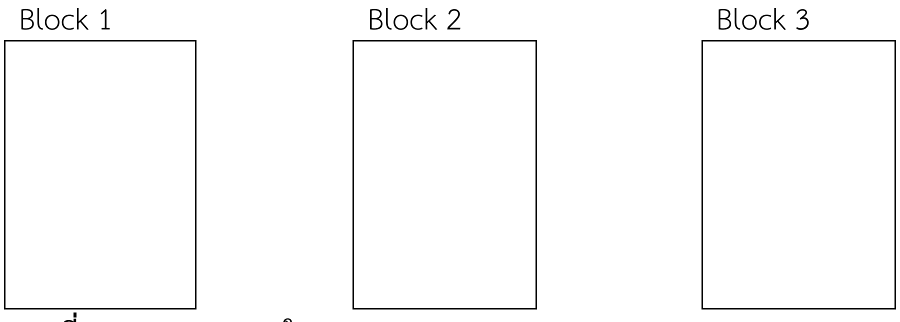
<u>การวางผังการทดลอง</u>

ในการเลือกว่าปัจจัยไหนจะเป็น Main plot และ sub plot จะต้องพิจารณาประเด็นใดประเด็นหนึ่งจากสองประเด็นคือ

ประเด็นความยากง่ายในการจัดการ ในประเด็นนี้ให้วางปัจจัยที่จัดการยากให้เป็น Main plot ส่วนปัจจัยที่จัดการง่ายให้เป็น sub plot

ประเด็นให้ความสำคัญแก่ทั้งสองปัจจัยไม่เท่ากัน ในประเด็นนี้ให้จัดปัจจัยที่ต้องการวัดผลโดยคร่าวๆ ไม่ละเอียดนักไว้เป็น Main plot ส่วนปัจจัยที่ให้ความสำคัญมากกว่าต้องการวัดผลอย่างละเอียดให้เป็น sub plot

การวางผังให้วาง Main plot ให้เสร็จก่อนอาจโดยวาง Main plot ให้เหมือนกับการวางผังการทดลองแบบปัจจัยเดียวไม่ว่าจะเป็น CRD หรือ RCBD ก็ตามยกตัวอย่างการทดสอบผลของการขังน้ำในนาข้าว 2 ระดับคือ ขังน้ำ (W+) กับ ไม่ขังน้ำ (W0) ต่อผลผลิตของข้าวเหนียว 2 พันธุ์คือ กข6 และ กข10 (RD6 และ RD10 ตามลำดับ) ทำ 3 ซ้ำโดยให้ระดับน้ำเป็น Main plot และพันธุ์ข้าวเป็น sub plot ในแผนการทดลองแบบ RCBD หากเป็น Split plot ใน RCBD ให้วาง Block ก่อนดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การวาง Block ในแผนการทดลองแบบ Split plot in RCBD

จากนั้นสุ่ม Main plot ลงไปในแต่ละ Block เหมือนกับแผนการทดลองแบบ RCBD ธรรมดาดังภาพที่ 2

Block 1	Block 2	Block 3
ขังน้ำ	ไม่ขังน้ำ	ขังน้ำ
ไม่ขังน้ำ	ขังน้ำ	ไม่ขังน้ำ

ภาพที่ 2 การสุ่ม Main plot ลงในแต่ละ Block

จากนั้นสุ่ม Sub plot ลงใน main plot อีกทีหนึ่งดังภาพที่ 3

Block 1	Block 2	Block 3
ขังน้ำ	ไม่ขังน้ำ	ขังน้ำ
กข6	กข10	กข10
กข10	กข6	กข6
ไม่ขังน้ำ	ขังน้ำ	ไม่ขังน้ำ
กข10	กข10	กข6
กข6	กข6	กข10

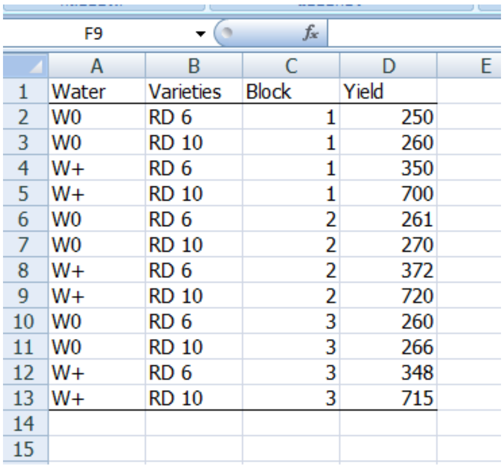
ภาพที่ 3 การสุ่ม subplot ลงในแต่ละ Main plot

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

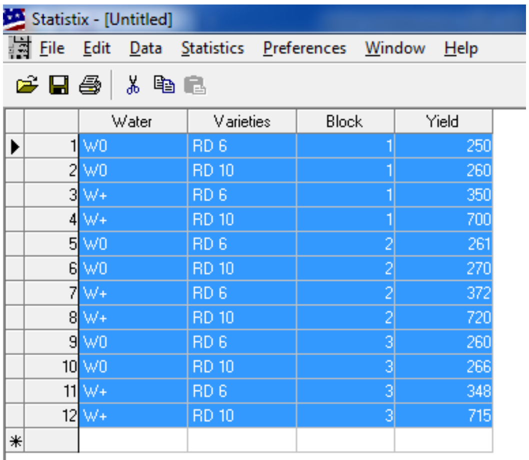
ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนในบทนี้เน้นใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistix (SX) จากตัวอย่างการทดลองข้างต้นเมื่อได้ข้อมูลตัวเลขผลผลิตข้าว 2 พันธุ์ใน 2 วิธีการจัดการน้ำจาก 3 ซ้ำมาดังตารางที่ 1 จำเป็นจะต้องจัดเรียงข้อมูลให้อยู่ในรูปที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถวิเคราะห์ได้เสียก่อน โดยให้นักศึกษากรอกข้อมูลในโปรแกรม Excel โดยกรอกผลผลิตจากแต่ละหน่วยการทดลองทั้งหมด 12 หน่วยลงใน column เดียวกันดังแสดงในภาพที่ 4 ก จกนั้นเขียน column ที่ระบุ treatment ทั้ง Main plot และ sub plot ตลอดจน Block ที่ ของผลผลิตแต่ละค่าแยกกันต่างหากรวมได้ทั้งหมด 4 columns (ระดับน้ำ (Water), พันธุ์ (Varieties), Block และผลผลิต (yield) ดังภาพที่ 4 ก โดยการกำหนดสัญลักษณ์ตัวแปรต้องใช้ภาษาอังกฤษหรือตัวเลข หากใช้ภาษาไทยโปรแกรมจะไม่สามารถอ่านได้ จากตัวอย่างในภาพที่ 4 ให้ W0 = ไม่ขังน้ำ, W+ = ขังน้ำ, RD6 =กข6 และ RD10 = กข10 เมื่อกรอกข้อมูลใน Excel เสร็จแล้วก็ใช้คำสั่ง copy จาก Excel แล้วไปวาง Past ใน SX ดังภาพที่ 4 ข

ตารางที่ 1 ผลผลิต (กก./ไร่) ของข้าวพันธุ์ กข6 และ กข10 ที่ปลูกในสภาพขังน้ำและไม่ขังน้ำ

			ผลผลิต	(กก./ไร่)
ระดับน้ำ	พันธุ์ข้าว	Block ที่ 1	Block ที่ 2	Block ที่ 3
ไม่ขังน้ำ	กข6	250	261	260
	กข10	260	270	266
ขังน้ำ	กข6	350	372	348
	กข10	700	720	715



	A	B	C	D	E
1	Water	Varieties	Block	Yield	
2	W0	RD 6	1	250	
3	W0	RD 10	1	260	
4	W+	RD 6	1	350	
5	W+	RD 10	1	700	
6	W0	RD 6	2	261	
7	W0	RD 10	2	270	
8	W+	RD 6	2	372	
9	W+	RD 10	2	720	
10	W0	RD 6	3	260	
11	W0	RD 10	3	266	
12	W+	RD 6	3	348	
13	W+	RD 10	3	715	
14					
15					



	Water	Varieties	Block	Yield
1	W0	RD 6	1	250
2	W0	RD 10	1	260
3	W+	RD 6	1	350
4	W+	RD 10	1	700
5	W0	RD 6	2	261
6	W0	RD 10	2	270
7	W+	RD 6	2	372
8	W+	RD 10	2	720
9	W0	RD 6	3	260
10	W0	RD 10	3	266
11	W+	RD 6	3	348
12	W+	RD 10	3	715

ภาพที่ 4 การจัดเรียงข้อมูลในโปรแกรม Excel (ก) เพื่อนำไปวิเคราะห์ในโปรแกรมสำเร็จรูป SX (ข)

เมื่อย้ายข้อมูลมาลงใน sx แล้วเริ่มวิเคราะห์โดยเลือกเมนู Statistics ตรงเมนูบาร์ข้างบน จากนั้นเลือก Linear Models ตามด้วย Analysis of Variance แล้วเลือกแผนการทดลองแบบ Split-Plot Design จะปรากฏหน้าต่างดังภาพที่ 5 ก โดยกำหนด

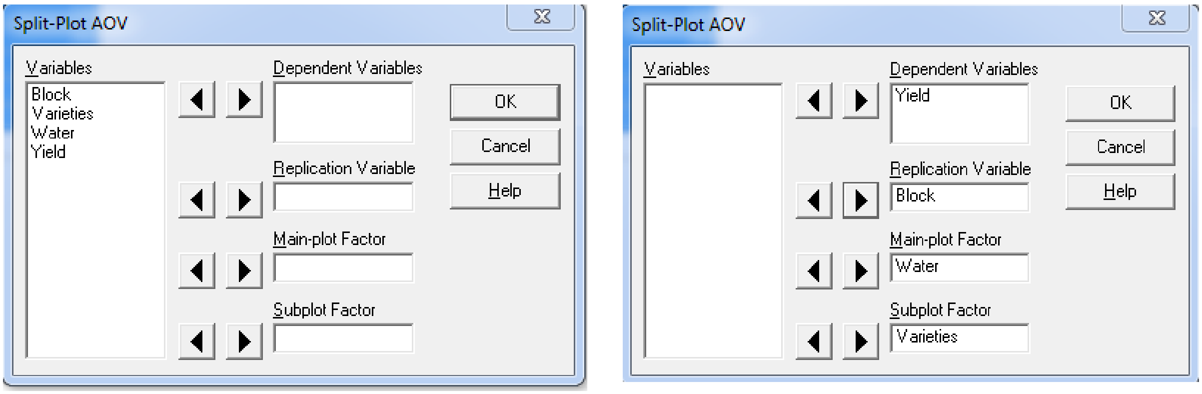
ตัวแปรตาม (dependent variable) คือ ผลผลิต (yield)

ซ้ำ (Replication) คือ Block

Main-plot คือ ระดับน้ำ (Water)

Subplot คือ พันธุ์ข้าว (Varieties)

(แสดงในภาพที่ 5 ข)



ก ข

ภาพที่ 5 หน้าต่างกำหนดตัวแปรในการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแผนการทดลองแบบ Split-plot in RCBD

จากนั้นกด OK จะปรากฏตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนดังภาพที่ 6

Analysis of Variance Table for Yield

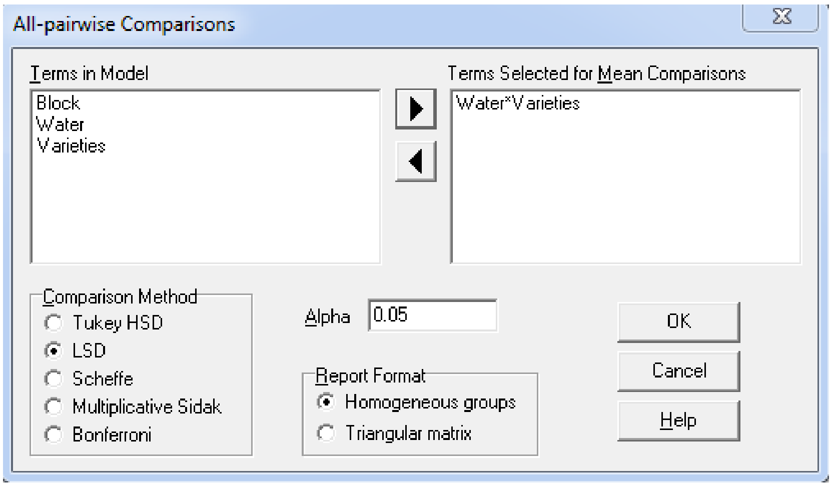
Source	DF	SS	MS	F	P
Block	2	497	249		
Water	1	223587	223587	5230.11	0.0002
Error Block*Water	2	86	43		
Varieties	1	99008	99008	3494.41	0.0000
Water*Varieties	1	90133	90133	3181.18	0.0000
Error Block*Water*Varieties	4	113	28		
Total	11	413425			

Grand Mean 397.67
CV(Block*Water) 1.64
CV(Block*Water*Varieties) 1.34

ภาพที่ 6 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตข้าวสองพันธุ์ที่ปลูกในสภาพขังน้ำและไม่ขังน้ำในแผนการทดลองแบบ Split-plot

จากตาราง Anova ในภาพที่ 6 ให้นักศึกษาดูที่ Column P ซึ่งอยู่ท้ายสุดค่านี้เป็นค่าความน่าจะเป็นหากค่านี้มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าปัจจัยนั้นมีผลต่อผลผลิตข้าว จากภาพที่ 6 จะเห็นว่า ค่า P ในแถวของทั้ง ระดับน้ำ (Water), พันธุ์ข้าว (Varieties) และ ปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างระดับน้ำและพันธุ์ (Water*Varieties) มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าทั้งน้ำและพันธุ์มีผลต่อผลผลิตข้าวและผลผลิตข้าวยังขึ้นอยู่กับ interaction ระหว่างปัจจัยทั้งสองอีกด้วย

ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยหากมี interaction ก็ให้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ interaction และอ่านผลการจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในส่วน Interaction เป็นหลักโดยเลือกเมนู Result ตามด้วย Multiple Comparisons ตามด้วย All-pairwise Comparisons จะปรากฏหน้าต่างดังภาพที่ 7 โดยให้เลือกเปรียบเทียบ interaction (Water*Varieties) วิธีเปรียบเทียบใช้ LSD ค่า Alpha เป็น 0.05 ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 หน้าต่างกำหนดตัวแปรและวิธีการในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

เมื่อกด OK จะได้ผลดังภาพที่ 8 ซึ่งการแสดงผลจะแบ่งออกเป็น 4 column โดย column แรกเป็นสัญลักษณ์แสดง treatment ของ main-plot (ระดับน้ำ) column ที่สองแสดงพันธุ์ข้าว column ทีสามแสดงค่าเฉลี่ยผลผลิตในแต่ละ treatment ส่วน column ที่ 4 เป็นตัวอักษรแสดงความแตกต่างทางสถิติ ค่าเฉลี่ยที่ถูกกำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

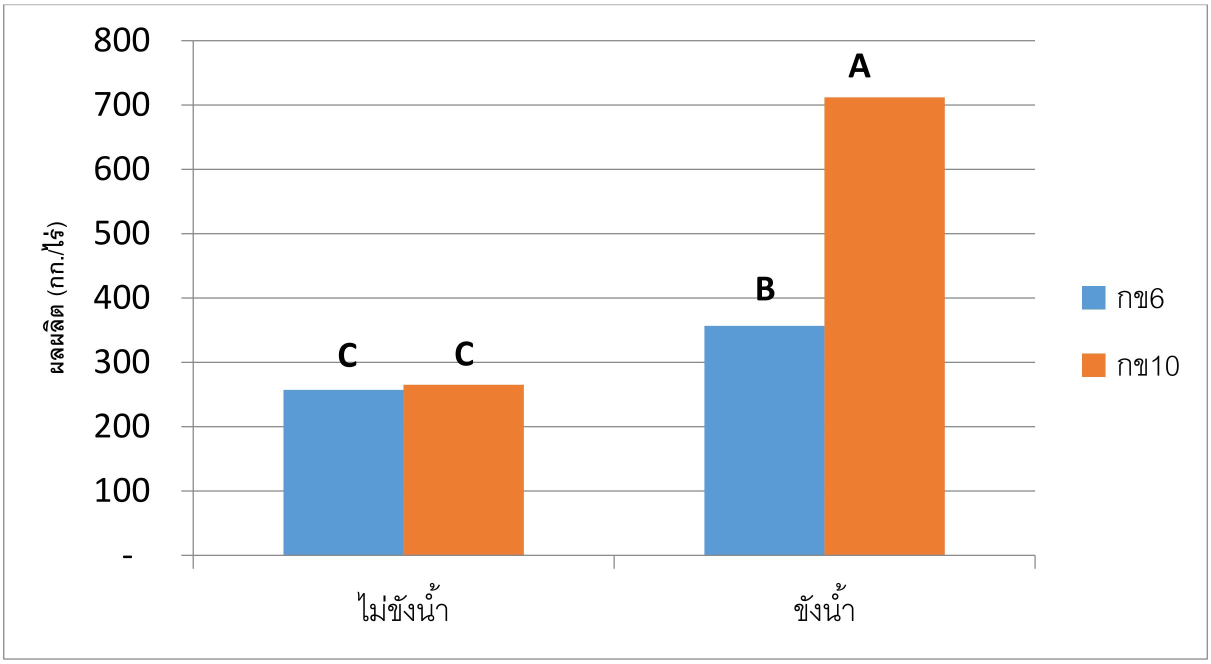
```
LSD All-Pairwise Comparisons Test of Yield for Water*Varieties

Water Varieties    Mean  Homogeneous Groups
W+     RD 10      711.67  A
W+     RD 6       356.67   B
W0     RD 10      265.33    C
W0     RD 6       257.00    C

Comparisons of means for the same level of Water
  Alpha                 0.05     Standard Error for Comparison  4.3461
  Critical T Value   2.776     Critical Value for Comparison  12.067
  Error term used: Block*Water*Varieties, 4 DF
Comparisons of means for different levels of Water
  Alpha                 0.05     Standard Error for Comparison  4.8677
  Critical T Value   3.694     Critical Value for Comparison  17.983
  Error terms used: Block*Water and Block*Water*Varieties
There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means
are not significantly different from one another.
```

ภาพที่ 8 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ interaction ด้วยวิธี LSD

แต่ผลการทดลองตามภาพที่ 8 เป็นรูปแบบที่อ่านได้ค่อนข้างยากจัดรูปแบบใหม่ให้อยู่ในรูปกราฟแท่งดังภาพที่ 9 แล้วสามารถอ่านผลได้ดังนี้



ภาพที่ 9 เปรียบเทียบผลผลิตข้าวพันธุ์ กข6 และ กข10 ที่ปลูกในสภาพที่ขังและไม่ขังน้ำ

ในสภาพที่ไม่ขังน้ำข้าวพันธุ์ กข6 และ กข10 ให้ผลผลิตไม่ต่างกัน (257 และ 265 กก./ไร่ ตามลำดับ) แต่เมื่อปลูกในสภาพที่ขังน้ำ ข้าวพันธุ์ กข10 ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ กข6 (กข10 712 กก./ไร่, กข6 357 กก./ไร่)

โจทย์ตัวอย่าง

1.เปรียบเทียบการตอบสนองต่อปุ๋ย N ของข้าว 2 พันธุ์คือ ขาวดอกมะลิ 105 (KDML105) และ ชัยนาท 1 (CN1) เป็นการทดลองสองปัจจัยๆ แรกคือพันธุ์ข้าวทั้งสองพันธุ์ดังกล่าว ปัจจัยที่สองคืออัตราให้ปุ๋ยไนโตรเจน 3 อัตราประกอบด้วยใส่ปุ๋ย 5, 10 และ 15 กก.N /ไร่ ทำ 3 ซ้ำ ปัจจัยการการใส่ปุ๋ย N เป็นปัจจัยที่จัดการยาก อาจมีการปนเปื้อนกับแปลงข้างเคียงเพราะ N เป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ดีในดิน ต้องการวางแผนการทดลองแบบ Split-plot in RCBD

ให้นักศึกษาวาดผังการทดลองมาพอเข้าใจ ใช้สัญลักษณ์ดังนี้

KDML 105 แทน ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

CN1 แทน ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1, N5

N5, N10 และ N15 แทนอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 5, 10 และ 15 กก. N/ไร่

เมื่อเก็บผลผลิตแล้วได้ผลดังตารางที่ 2 ให้นักศึกษาวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อตอบให้ได้ว่า พันธุ์ อัตราปุ๋ย และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับอัตราปุ๋ยมีผลผลต่อผลผลิตหรือไม่ หากมีให้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย $LSD_{0.05}$ พร้อมทั้งทำกราฟและอ่านผลการทดลอง

ตารางสำหรับโจทย์ข้อ 1 ผลผลิตข้าวพันธุ์ชัยนาท 1และขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับปุ๋ย N แตกต่างกัน 3 ระดับ

		ผลผลิต (กก./ไร่)		
พันธุ์	อัตราปุ๋ย (กก.N/ไร่)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3
ชัยนาท 1	5	182	201	179
ขาวดอกมะลิ 105	5	180	200	181
ชัยนาท 1	10	340	355	342
ขาวดอกมะลิ 105	10	300	315	312
ชัยนาท 1	15	620	650	623
ขาวดอกมะลิ 105	15	182	185	180

2.ทดสอบอิทธิพลของวันปลูก 3 วันปลูกต่อผลผลิตข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML105) และพันธุ์ชัยนาท 1 (CN) วันปลูกทั้ง 3 วันประกอบด้วย 1) วันที 20 สิงหาคม 2) วันที่ 20 ตุลาคม และ 3) วันที่ 20 ธันวาคม ทำ 3 ซ้ำ การทดลองนี้เน้นเปรียบเทียบอิทธิพลของวันปลูกเป็นหลักจึงต้องการวัดผลโดยละเอียดส่วนอิทธิพลของพันธุ์ต้องการวัดผลโดยคร่าวๆเท่านั้น ต้องการวางแผนการทดลองแบบ Split-plot in RCBD

<u>ให้นักศึกษาวาดผังการทดลองมาพอเข้าใจ</u>

และเมื่อเก็บผลผลิตแล้วได้ผลดังตาราง

ตารางสำหรับโจทย์ข้อที่ 2 ผลผลิตข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และขาวดอกมะลิ 105 ที่มีวันปลูกแตกต่างกัน

		ผลผลิต (กก./ไร่)		
วันปลูก	Variety	Block1	Block2	Block3
1	ขาวดอกมะลิ 105	631	601	637
2	ขาวดอกมะลิ 105	311	290	320
3	ขาวดอกมะลิ 105	112	96	120
1	ชัยนาท 1	712	695	720
2	ชัยนาท 1	709	699	750
3	ชัยนาท 1	723	697	733

ให้นักศึกษาวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อตอบให้ได้ว่า พันธุ์ วันปลูก และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวันปลูกมีผลผลต่อผลผลิตหรือไม่ หากมีให้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย $LSD_{0.05}$ พร้อมทั้งทำกราฟและอ่านผลการทดลอง