Augmented Randomized Complete Block Design

โดย กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์ทางสถิติงานวิจัยเกษตร

ในระยะแรกของงานปรับปรุงพันธุ์ จะมีสายพันธุ์ที่ต้องการทดสอบเป็นจำนวนมากและมีเมล็ดพันธุ์น้อย สามารถปลูกได้เพียงสายพันธุ์ละ 1 แปลง หรือ 1 ซ้ำ นอกจากนี้การที่มีสายพันธุ์จำนวนมาก แปลงทดลองก็จะมีขนาดใหญ่ตามไปด้วย เป็นผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินระหว่างแปลงย่อย หรือแปลงที่ปลูกแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลของสายพันธุ์ที่มีการปรับข้อมูลอันเนื่องมาจากความแตกต่างของแปลงปลูก และสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของสายพันธุ์ที่ทดสอบได้ นักปรับปรุงพันธุ์จึงคัดเลือกพันธุ์ โดยใช้แบบแผนการทดลองที่เรียกว่า “Augmented Designs” โดย Federer (1956) Federer and Raghavarao (1975) และปรับปรุงใหม่ โดย Petersen (1985)

Augmented Designs เป็นการทดลองที่ใช้ได้ทั้งสภาพแปลงทดลองที่สม่ำเสมอ คือ augmented completely randomized design สภาพแปลงทดลองที่มีความแปรปรวนทิศทางเดียวคือ augmented randomized complete block design และแปลงทดลองที่มีความแปรปรวน 2 ทิศทาง คือ augmented row-column หรือ augmented latin square design การสุ่มพันธุ์มาตรฐานลงในแปลงย่อยให้ปฏิบัติตามวิธีการของแต่ละแบบแผนการทดลอง

หลักการของ augmented randomized complete block design คือ นอกจากพันธุ์หรือสายพันธุ์ใหม่ที่จะทดสอบ ซึ่งปลูกเพียง 1 ซ้ำแล้ว ยังมีพันธุ์มาตรฐาน (Standard หรือ Check varieties) อย่างน้อย 3 พันธุ์ และปลูกหลายซ้ำ (blocks) เพื่อใช้ข้อมูลความแตกต่างโดยส่วนรวมของพันธุ์มาตรฐานแต่ละบล็อกปรับข้อมูลของสายพันธุ์ใหม่ที่ปลูกในบล็อกนั้นๆ แล้ววิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ของพันธุ์มาตรฐานตามแผนการทดลองที่ใช้สุ่มในแปลงปลูก คือ สุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCB) เพื่อใช้ค่าคลาดเคลื่อนของการทดลอง experimental error มาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (Coefficient of variation , CV) และค่าสถิติอื่นเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างพันธุ์มาตรฐาน พันธุ์มาตรฐานกับสายพันธุ์ใหม่และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ใหม่ที่อยู่บล็อกเดียวกัน และคนละบล็อก

กลุ่มวิชาการเกษตร

การจัดแปลงทดลอง

1. กรรมวิธี มีพันธุ์มาตรฐานอย่างน้อย 3 พันธุ์ และสายพันธุ์ใหม่ที่จะทดสอบ
2. แปลงทดลอง มีหลายบล็อก (blocks) จัดบล็อกให้ภายในบล็อกมีความสม่ำเสมอกันมากที่สุด จำนวนบล็อกและแปลงย่อยในแต่ละบล็อกมีดังนี้

2.1 จำนวนบล็อก ขึ้นอยู่กับจำนวนพันธุ์มาตรฐาน ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้วค่าองศาของความเป็นอิสระ (degree of freedom) ของ error ไม่ควรจะน้อยกว่า 10

ให้ b = จำนวนบล็อก

c = จำนวนพันธุ์มาตรฐาน

df ของ error = $(b - 1)(c - 1) \geq 10$

$(b - 1)(c - 1) \geq 10$

$B - 1 \geq \frac{10}{c - 1}$

$\therefore \quad b \geq \frac{10}{c - 1} + 1$

ตัวอย่าง พันธุ์มาตรฐาน มี 3 พันธุ์

$b \geq \frac{10}{3 - 1} + 1$

≥ 6

ดังนั้น ถ้ามีพันธุ์มาตรฐาน 3 พันธุ์ ควรจะมีจำนวนบล็อกอย่างน้อย 6 บล็อก

2.2 จำนวนแปลงย่อยในแต่ละบล็อก ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ใหม่ ซึ่งจำนวนแปลงย่อยจะเท่าหรือไม่เท่ากันก็ได้ แต่ถ้ามีจำนวนแปลงย่อยเท่ากันทุกบล็อก การทดสอบจะมีประสิทธิภาพมากที่สุด ถ้าทุกบล็อก มีจำนวนแปลงย่อยเท่ากัน จะคำนวณแปลงย่อยได้ดังนี้

c = จำนวนพันธุ์มาตรฐานต่อบล็อก

v = จำนวนสายพันธุ์ใหม่

b = จำนวนบล็อก

n = จำนวนสายพันธุ์ใหม่ต่อบล็อก = $\frac{v}{b}$

p = จำนวนแปลงย่อยต่อบล็อก = c+n

N = จำนวนแปลงย่อยทั้งหมด = b(c+n) = bc+v

กรมวิชาการเกษตร

3. การสุ่มพันธุ์ สายพันธุ์ ลงในแปลงย่อย

3.1 พันธุ์มาตรฐาน มีการจัด 2 แบบ คือ

3.1.1 แบบที่ 1 คือสุ่มพันธุ์มาตรฐานทุกพันธุ์ ลงในแปลงย่อยของแต่ละบล็อกตามแบบแผนการทดลอง RCB

3.1.2 แบบที่ 2 คือให้พันธุ์มาตรฐาน 1 พันธุ์ จัดลงแปลงย่อยแบบเป็นระบบ (Systematic) เช่น จัดพันธุ์มาตรฐานพันธุ์ใดพันธุ์หนึ่งลงในแปลงย่อยที่ 1 ของทุกบล็อก พันธุ์มาตรฐานที่เหลือ คือ จำนวนเท่ากับ c - 1 จะต้องสุ่มลงในแปลงย่อยที่เหลือในแต่ละบล็อกตามแบบแผน RCB

3.2 สายพันธุ์ใหม่ จัดลงในแปลงย่อยที่เหลือของทุกบล็อกโดยการสุ่ม ถึงแม้จะเป็นการปลูกเพียง 1 ซ้ำ

3.3 การจัดกรรมวิธีลงในแผนผังแปลงปลูก

ตัวอย่าง พันธุ์มาตรฐาน = c = 3 พันธุ์ คือ ก , ข , ค

สายพันธุ์ใหม่ = v = 30 สายพันธุ์ คือ 1, 2, ..., 30

จากสูตร $\therefore$ $b \geq \frac{10}{c-1}+1$

ดังนั้น จำนวนบล็อก $= \frac{10}{3-1}+1 = 6$

จำนวนสายพันธุ์ใหม่ ต่อบล็อก $= n = \frac{v}{b} = \frac{30}{6} = 5$

จำนวนพันธุ์ต่อบล็อก $= p = c+n = 3+5 = 8$

จำนวนแปลงย่อยทั้งหมด $= b(c+n) = 6x8 = 48$

กรมวิชาการเกษตร

แผนผังแปลงปลูก

สุ่มพันธุ์มาตรฐาน และสายพันธุ์ที่จะทดสอบในแปลงย่อย (plot) ซึ่งมี 2 ขั้นตอน คือ

3.3.1 ขั้นตอนที่ 1 สุ่มพันธุ์มาตรฐาน ลงในแปลงย่อย ของแต่ละซ้ำ (block) โดยการสุ่มพันธุ์มาตรฐานทุกพันธุ์

I	II	III	IV	V	VI
		ก			ก
			ก		
ค	ข			ก	ค
	ก		ข		
ก		ข			ข
	ค			ข	
ข			ค		
		ค		ค	

3.3.2 ขั้นตอนที่ 2 สุ่มสายพันธุ์ ลงในแปลงย่อย

I	II	III	IV	V	VI
17	11	ค	3	13	ก
29	22	7	ก	10	21
ค	ข	14	4	ก	ค
24	ก	16	ข	6	28
ก	8	ข	25	5	ข
1	ค	27	15	ข	23
ข	20	2	ค	30	18
12	9	ก	19	ค	26

กรมวิชาการเกษตร

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ปรับข้อมูล สายใหม่ด้วยค่าความแตกต่างของพันธุ์มาตรฐานแต่ละบล็อก ดังนี้

ตารางที่ 1 ข้อมูลของพันธุ์มาตรฐานแต่ละพันธุ์ ในแต่ละบล็อกผลรวมและค่าเฉลี่ย

พันธุ์มาตรฐาน	บล็อก					พันธุ์	
	1	2	3	...	b	รวม	เฉลี่ย
1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	...	x_{1b}	c_1	$\overline{x_1}$
2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	...	x_{2b}	c_2	$\overline{x_2}$
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
c	x_{c1}	x_{c2}	x_{c3}	x	x_{cb}	c_c	$\overline{x_c}$
ซ้ำ – รวม	B_1	B_2	B_3		B_b	G	M

ความหมายของในตารางที่ 1

x_{ij} = ข้อมูลของพันธุ์มาตรฐาน ที่ i ของบล็อกที่ j

B_j = ผลรวมของพันธุ์มาตรฐานทุกพันธุ์ในบล็อกที่ j = $\sum_i x_{ij}$

c_i = ผลรวมทุกบล็อกของพันธุ์มาตรฐาน i = $\sum_j x_{ij}$

G = ผลรวมทั้งหมดของพันธุ์มาตรฐาน = $\sum_j B$ = $\sum_i c_i$

$\overline{x_i}$ = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์มาตรฐานที่ i = $\frac{c_i}{b}$

M = ผลรวมค่าเฉลี่ยของพันธุ์มาตรฐานที่ i = $\sum_i \overline{x_i}$ = $\frac{G}{b}$

สูตร คำนวณค่า r เพื่อใช้ปรับข้อมูลสายพันธุ์ใหม่ของแต่ละบล็อกโดยใช้ค่าพันธุ์มาตรฐานของบล็อกนั้นๆ ดังนี้

$$r_j = \left(\frac{1}{c}\right)\left(B_j - M\right), \text{ c =จำนวนพันธุ์มาตรฐาน}$$

ซึ่งผลรวมของค่า r_j จะเท่ากับ 0 , $\sum_j r_j = 0$

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2 ผลผลิตของสายพันธุ์ใหม่และพันธุ์มาตรฐาน (ข้อมูลดิบจากแปลงทดลอง)

บล็อก 1		บล็อก 2		บล็อก 3	
พันธุ์/สายพันธุ์	ผลผลิต	พันธุ์/สายพันธุ์	ผลผลิต	พันธุ์/สายพันธุ์	ผลผลิต
17	76	11	114	ค	241
29	120	22	96	7	103
ค	197	ข	305	14	134
24	117	ก	219	16	156
ก	148	8	146	ข	229
1	100	ค	263	27	210
ข	278	20	137	2	176
12	85	9	138	ก	185

บล็อก 4		บล็อก 5		บล็อก 6	
พันธุ์/สายพันธุ์	ผลผลิต	พันธุ์/สายพันธุ์	ผลผลิต	พันธุ์/สายพันธุ์	ผลผลิต
3	228	13	409	ก	173
ก	150	10	298	21	274
4	354	ก	279	ค	168
ข	241	6	336	28	251
25	238	5	299	ข	200
15	267	ข	273	23	348
ค	269	30	210	18	394
19	224	ค	275	26	158

กรมวิชาการเกษตร

ปรับข้อมูลสายพันธุ์ใหม่ ตามขั้นตอนดังนี้

1.1 จากตารางที่ 2 สร้างตาราง 2 ทิศทางพันธุ์มาตรฐาน คำนวณผลรวมและค่าเฉลี่ยของแต่ละพันธุ์ และผลรวมของแต่ละบล็อก

ตารางที่ 3 ผลผลิตของพันธุ์มาตรฐาน 3 พันธุ์ จำนวน 6 บล็อก

พันธุ์มาตรฐาน	บล็อก						รวม	พันธุ์เฉลี่ย
	I	II	III	IV	V	VI		
ก	148	219	185	150	279	173	1154	192
ข	278	305	229	241	273	200	1526	254
ค	197	263	241	269	275	168	1413	236
รวม	623	787	655	660	827	541	4093	682

1.2 คำนวณค่าเพื่อใช้ปรับข้อมูลผลผลิตแต่ละบล็อกดังนี้

จากสูตร $r_j = \left(\frac{1}{c}\right)\left(B_j - M\right)$

จากตารางที่ 3 c = 3 , b = 6 ,G = 4,093

$M = \frac{G}{b} = \frac{4093}{6} = 682$

ดังนั้น $r_1 = \left(\frac{1}{3}\right)\left(623 - 682\right) = -20$

ตารางที่ 4 ค่าที่ใช้ปรับข้อมูล สายพันธุ์ใหม่ ของแต่ละบล็อก r_j

บล็อก	I	II	III	IV	V	VI	รวม
r_j	-20	35	-9	-7	48	-47	0

1.3 ปรับผลผลิตของสายพันธุ์ใหม่ (ตารางที่ 2) โดยใช้ค่า r_j จากตารางที่ 4

$\hat{y} = y_{ij} - r_j$

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 5 การปรับผลผลิตของพันธุ์/สายพันธุ์ใหม่

พันธุ์/สายพันธุ์	Block No.	ผลผลิต	$y_{ij} - r_j$	ผลผลิตที่ปรับแล้ว ($\hat{y}$)
17	1	76	76-(-20)	96
29	1	120	120-(-20)	140
24	1	117		137
1	1	100		120
12	1	85		105
11	2	114	114-(-35)	79
22	2	96		61
8	2	146		111
20	2	137		102
9	2	138		103
7	3	103	103-(-9)	112
14	3	134		143
16	3	156		165
27	3	210		219
2	3	176		185
3	4	228	228(-7)	235
4	4	354		361
25	4	238		245
15	4	267		274
19	4	224		231
13	5	409	409(-48)	361
10	5	298		250
6	5	336		288
5	5	299		251
30	5	210		162
21	6	274	274-(-47)	321
28	6	251		298
23	6	348		395
18	6	394		441
26	6	158		205

กรมวิชาการเกษตร

2. คำนวณค่าสถิติ

2.1 วิเคราะห์ความแปรปรวนของพันธุ์มาตรฐาน โดยใช้ข้อมูลของตารางที่ 3

ตารางที่ 6 วิเคราะห์ความแปรปรวนของพันธุ์มาตรฐาน 3 พันธุ์ 6 ซ้ำ แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCB)

Source of variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	F
Block	5	18,875	3774.9889	3.67
Checks	2	12,124	6062.0556	5.89*
Error	10	10,287	1028.7222	

CV = 14.1%

2.2 คำนวณค่า Least Significant Difference (LSD) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างพันธุ์/สายพันธุ์โดยใช้ค่า Experimental Error จากตารางที่ 6

$$LSD = t_{\alpha}\sqrt{s^2}$$

จากตาราง ค่า t (Two-Tailed Tests)

df = 10 t.05 = 2.228

t.01 = 3.169

2.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างพันธุ์มาตรฐาน 2 พันธุ์

$$LSD.05 = t_{.05}\sqrt{\frac{2MSE}{b}}$$

$$= 2.228\sqrt{\frac{2(1028.7222)}{6}} = 41$$

$$LSD.01 = 3.169\sqrt{\frac{2(1028.7222)}{6}} = 59$$

2.4 เปรียบเทียบผลผลิตที่ปรับแล้วระหว่าง สายพันธุ์ใหม่ 2 พันธุ์ที่อยู่ในบล็อกเดียวกัน

$$LSD.05 = t_{.05}\sqrt{2MSE}$$

$$= 2.228\sqrt{2(1028.7222)} = 101$$

$$LSD.01 = 3.169\sqrt{2(1028.7222)} = 144$$

กรมวิชาการเกษตร

2.5 เปรียบเทียบผลผลิตที่ปรับแล้วระหว่างสายพันธุ์ใหม่ 2 พันธุ์ที่อยู่คนละบล็อก

$$LSD.05 = t_{.05}\sqrt{\frac{(c+1)(2MSE)}{c}}$$

$$= 2.228\sqrt{\frac{(3+1)\times 2(1028.7222)}{3}} = 117$$

$$LSD.01 = 3.169\sqrt{\frac{(3+1)\times 2(1028.7222)}{3}} = 166$$

2.6 เปรียบเทียบระหว่างผลผลิตที่ปรับแล้วของสายพันธุ์ใหม่กับค่าเฉลี่ยของพันธุ์มาตรฐาน

$$LSD.05 = t_{.05}\sqrt{\frac{(b+1)(c+1)MSE}{bc}}$$

$$= 2.228\sqrt{\frac{(6+1)(3+1)(1028.7222)}{6\times 3}} = 89$$

$$LSD.01 = 3.169\sqrt{\frac{(6+1)(3+1)(1028.7222)}{6\times 3}} = 127$$

กรมวิชาการเกษตร

การเสนอแผนการทดลอง

ตารางที่ 7 ผลผลิต (กิโลกรัม) ของพันธุ์มาตรฐาน พันธุ์/สายพันธุ์ใหม่เรียงลำดับผลผลิตจากมากไปน้อย

อันดับ	พันธุ์/สายพันธุ์	ผลผลิต	อันดับ	พันธุ์/สายพันธุ์	ผลผลิต
1	18	441	18	ก	192
2	23	395	19	2	185
3.5	4	361	20	16	165
3.5	13	361	21	30	162
5	21	321	22	14	143
6	28	298	23	29	140
7	6	288	24	24	137
8	15	274	25	1	120
9	ข	254	26	7	112
10	5	251	27	8	111
11	10	250	28	12	105
12	25	245	29	9	103
13	ค	236	30	20	102
14	3	235	31	17	96
15	19	231	32	11	79
16	27	219	33	22	61
17	26	205			

C.V. = 14.1%

เปรียบเทียบระหว่างผลผลิตเฉลี่ยของพันธุ์มาตรฐานกับสายพันธุ์ใหม่ LSD.05 = 89 กก./ไร่

กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองพันธุ์มาตรฐาน ข ให้ผลผลิตเฉลี่ย 254 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์มาตรฐาน 2 พันธุ์ จากการเปรียบเทียบมาตรฐาน ข กับสายพันธุ์ใหม่ พบว่ามี 4 สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงกว่า และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ สายพันธุ์ 18, 23, 4 และ 13 ได้ผลผลิต 441 ถึง 361 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนสายพันธุ์ที่ได้ผลผลิตสูงกว่าแต่ไม่แตกต่างคือ 21, 28, 6 และ 15 สายพันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตน้อยกว่าพันธุ์ ข แต่ไม่ต่างกัน คือ 5, 10, 25, 3, 19, 27, 26 และ 2 รวมทั้งพันธุ์มาตรฐาน ค และ ก ส่วนอีก 14 สายพันธุ์ให้ผลผลิตน้อยกว่าและต่างกับพันธุ์มาตรฐาน ข