

THIẾT KẾ KHỐI NGẪU NHIÊN ĐỦ VÀ KHÔNG ĐỦ VỚI LAI ĐỈNH**Nguyễn Đình Hiền****Khoa Công nghệ thông tin, Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội***Email: dinhchien535@gmail.com*

Ngày gửi bài: 01.01.2014

Ngày chấp nhận: 27.03.2014

TÓM TẮT

Lai đỉnh là phương pháp lai rất phổ biến trong chọn giống. Đơn giản nhất là lai đỉnh toàn phần, ít dùng hơn là lai đỉnh không toàn phần. Lai đỉnh toàn phần được thiết kế và phân tích dựa vào thiết kế thí nghiệm kiểu khối ngẫu nhiên đủ (RCBD) còn lai đỉnh không toàn phần dựa vào thiết kế thí nghiệm khối ngẫu nhiên không đủ cân đối (BIBD) và cân đối một phần (PBIBD).

Thiết kế RCBD đã quá quen thuộc nên chúng tôi chỉ giới thiệu sơ qua khi trình bày chương trình máy tính Linetest (1). Ở đây chúng tôi trình bày BIBD gồm thiết kế, cách phân tích, các đoạn chương trình trong R, SAS và chương trình máy tính Topbibd (2).

Từ khóa: Cây thử, dòng, khối, thiết kế ngẫu nhiên đủ, lai đỉnh, thiết kế ngẫu nhiên không đủ cân đối.

Complete and Incomplete Block Design and Topcross**ABSTRACT**

Randomized complete block design (RCBD) is used to analyse Topcross. Balanced incomplete block design (BIBD) and the partially balanced incomplete block design (PBIBD) are used to analyse partial Topcross.

Keywords: Topcross, variety, Randomized complete design, tester, block, completely randomized design, balanced incomplete block design.

1. KHỐI NGẪU NHIÊN ĐẦY ĐỦ VÀ LAI ĐỈNH TOÀN PHẦN

Để so sánh v dòng, mỗi dòng lai với r cây thử chúng ta dùng thiết kế khối ngẫu nhiên đủ. Dem mỗi dòng lai với r cây thử, mỗi cây thử lai với v dòng. Coi r cây thử như r khối và sử dụng các chương trình máy tính như Excel, MiniTab,

SPSS để phân tích kiểu thiết kế khối ngẫu nhiên đủ (RCBD) có thể phân tích phương sai và so sánh các trung bình của các dòng. Muốn phân tích khả năng kết hợp chung và khả năng kết hợp riêng thì phải tự tính hoặc sử dụng chương trình Linetest (1). Thí dụ 5 dòng lai với 3 cây thử, lặp lại 3 lần. Số liệu như sau:

Công thức	R1	R2	R3	R4	Tæng X_i
D1 $\times$ C6	74.40	70.86	60.94	68.00	274.20
D 1 $\times$ C7	91.82	99.18	118.88	120.68	430.56
D 1 $\times$ C8	48.08	62.10	58.54	41.84	210.56
D 2 $\times$ C6	59.06	65.62	81.62	86.76	293.06
D 2 $\times$ C7	84.16	109.74	102.14	94.52	390.56
D 2 $\times$ C8	96.92	91.44	79.86	74.38	342.60

D 3 × C6	109.86	98.16	93.26	102.26	403.54
D 3 × C7	117.20	100.28	116.16	112.52	446.16
D 3 × C8	109.68	116.48	123.92	120.86	470.94
D 4 × C6	103.14	109.66	90.98	119.40	423.18
D 4 × C7	53.40	60.86	74.46	69.08	257.80
D 4 × C8	53.86	48.30	40.64	44.62	187.42
D 5 × C6	98.46	73.10	89.18	75.86	336.60
D 5 × C7	81.36	72.82	89.82	83.74	327.74
D 5 × C8	86.62	94.18	90.32	108.16	379.28
D 1	104.86	84.32	76.92	76.48	342.58
D 2	88.02	106.54	89.82	108.68	393.04
D 3	77.91	71.34	77.52	69.48	296.28
D 4	80.82	106.52	83.28	95.92	366.56
D 5	59.96	52.48	52.98	50.98	216.40
CT 6	96.44	98.82	99.14	107.16	401.56
CT 7	91.44	99.66	83.28	89.46	363.84
CT 8	91.78	84.82	69.92	81.48	328.00
Tong	1959.28	1977.28	1943.58	2002.32	X. 7882.46

Dùng chương trình (1) được kết quả

Bảng phân tích phương sai 1

Nguồn biến động	Btd	Tổng BP	Trung bình	F
Khối(Replication)	3	83.000	27.667	0.304
	lk	SSk	Smk	Smk/Sme
Công thức (Treatments)	22	32552.940	1479.679	16.249
	lm	SSm	Smm	Smm/Sme
Sai số (Error)	66	6010.295	91.065	
	le	SSe	Sme	
Toàn bộ (Total)	91	38646.235		
	ltb			

Bảng phân tích phương sai 2

Nguồn biến động	Btd	Tổng BP	Trung bình	F
Công thức (Treatments)	22	32552.940		
	lm	Ssm		
Bố mẹ (Parents)	7	6299.620	899.946	9.882
	lbm	SSbm	Smbm	Smbm/Sme
Cặp lai (Crosses)	14	26199.654	1871.404	20.500
	lcl	SScl	Smcl	Smcl/Sme
Bố mẹ vs cặp lai (Parents vs Crosses)	1	53.666	53.666	0.589
	lr	SSr	Smr	Smr/Sme
Sai số (Error)	66	6010.295	91.065	
	le	Sse	Sme	

Bảng phân tích phương sai 3

Nguồn biến động	Btd	Tổng BP	Trung bình	F
Dòng (Lines)	4 ld	10018.361 SSd	2579.590 Smd	1.457 Smd/Smcd
Cây thử (TesterS)	2 lc	1718.925 SSc	859.493 Smc	0.485 Smc/Smcd
Dòng x cây thử (Lines x Testers)	8 ldc	14162.368 SSdc	1770.296 Smcd	19.440 Smcd/Sme
Sai số (Error)	66 le	6010.295 SSe	91.065 Sme	

Ước lượng khả năng kết hợp:

a. Khả năng kết hợp chung của dòng

$$G_i = Y_{i.} / (C \times K) - Y_{..} / (D \times C \times K)$$

$$G_2 = 915.32 / (3 \times 4) - 5174.20 / (5 \times 3 \times 4) = -9.960$$

$$G_2 = 1026.22 / (3 \times 4) - 5174.20 / (5 \times 3 \times 4) = -0.718$$

$$G_3 = 1320.64 / (3 \times 4) - 5174.20 / (5 \times 3 \times 4) = 23.817$$

$$G_4 = 868.40 / (3 \times 4) - 5174.20 / (5 \times 3 \times 4) = -13.870$$

$$G_5 = 1043.62 / (3 \times 4) - 5174.20 / (5 \times 3 \times 4) = 0.732$$

Có thể kiểm tra để thấy $\sum G_i = 0$ ($i = 1, \dots, 5$)

b. Khả năng kết hợp chung của cây thử

$$G_j = Y_{.j} / (D \times K) - Y_{..} / (D \times C \times K)$$

$$G_6 = 1730.58 / (5 \times 4) - 5174.20 / (5 \times 3 \times 4) = 0.292$$

$$G_7 = 1852.82 / (5 \times 4) - 5174.20 / (5 \times 3 \times 4) = 6.404$$

$$G_8 = 1590.80 / (5 \times 4) - 5174.20 / (5 \times 3 \times 4) = -6.697$$

Có thể kiểm tra để thấy $\sum G_j = 0$ ($j = 6, \dots, 8$)

c. Khả năng kết hợp riêng

Khả năng kết hợp riêng của dòng i với cây thử j S_{ij} tính theo công thức:

$$S_{ij} = Y_{ij} / K - Y_{i.} / (C \times K) - Y_{.j} / (D \times K) + Y_{..} / (D \times C \times K)$$

$$\text{Thí dụ } S_{16} = 274.20 / 4 - 915.32 / (3 \times 4) - 1730.58 / (5 \times 4) + 5174.20 / (5 \times 3 \times 4) = -8.019$$

Tương tự có các khả năng kết hợp riêng: $S_{17}, S_{18}, \dots, S_{58}$

Các khả năng kết hợp chung và khả năng kết hợp riêng đều được tính kèm theo sai số

$$SE(G_i \text{ của dòng}) = (Sme / (C \times K))^{1/2} = (91.065 / 12)^{1/2} = 2.755$$

$$SE(G_j \text{ của c y}) = (Sme / (D \times K))^{1/2} = (91.065 / 20)^{1/2} = 2.134$$

$$SE(S_{ij} \text{ của dòng} \times \text{c y}) = (Sme / K)^{1/2} = (91.065 / 4)^{1/2} = 4.771$$

Cuối cùng là tính các thành phần phương sai di truyền

2. KHỐI NGẪU NHIÊN KHÔNG ĐỦ CÂN ĐỐI (BIBD) VÀ LAI ĐỈNH KHÔNG TOÀN PHẦN

Trong thí nghiệm một nhân tố, bố trí khối ngẫu nhiên, nếu mỗi khối không có đủ số ô cho các mức của nhân tố thì chúng ta có thí nghiệm khối ngẫu nhiên không đủ (IBD).

Trong trường hợp tổng quát thiết kế này gặp khó khăn trong việc bố trí cụ thể các mức trong các khối, khó khăn trong phân tích phương sai và khó khăn nhất là hiệu chỉnh các trung bình để có kết luận đúng khi cần so sánh các trung bình của các mức (vì các mức không nằm trong cùng một số khối).

Chính vì vậy, các nhà thống kê tập trung vào loại thiết kế khối ngẫu nhiên không đủ cân

Bảng 1. Mỗi cặp mức của nhân tố cùng có mặt trong $\lambda = 2$ khối (4)

Khối	Nhân tố			
	A	B	C	D
1	2		20	7
2		32	14	3
3	4	13	31	
4	0	23		11

Bảng 2. Mỗi cặp mức của nhân tố cùng có mặt trong $\lambda = 3$ khối

Khối	T1	T2	T3	T4	T5
B1	x	x		x	
B2	x			x	x
B3		x	x		x
B4			x	x	x
B5		x		x	x
B6	x		x	x	
B7	x	x	x		
B8	x		x		x
B9	x	x			x
B10		x	x	x	

đối (BIBD). Trong thiết kế BIBD nhân tố có v mức, bố trí trong b khối, mỗi mức lặp lại r lần, mỗi khối có k ô, hai mức bất kỳ của nhân tố cùng có mặt trong λ khối.

Bộ 4 số (v, b, r, k) của thiết kế BIBD phải thỏa mãn 3 điều kiện sau:

$$1/ v \times r = b \times k$$

$$2/ \lambda = r \times (k - 1) / (v - 1) \text{ là một số nguyên}$$

$$3/ b \geq r$$

Thí dụ 1: $v = 4, b = 4, r = 3, k = 3, \lambda = 3 \times 2 / 3 = 2$ (Bảng 1)

Thí dụ 2: $v = 5, b = 10, r = 6, k = 3, \lambda = 6 \times 2 / 4 = 3$ (Bảng 2)

Ba điều kiện trên không phải là điều kiện đủ để tìm được một thiết kế BIBD. Thí dụ như không tìm được thiết kế BIBD ứng với bộ $(v = 15, b = 21, r = 7, k = 5 \lambda = 7 \times 4 / 14 = 2)$

Mở rộng thiết kế BIBD chúng ta có thiết kế khối không đủ cân đối một phần (PBIBD). Nhân tố có v mức, bố trí b khối, mỗi mức lặp lại r lần,

mỗi khối có k ô. Thiết kế PBIBD có m liên kết với các tham số $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$ ký hiệu là PBIBD($k, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m, v$). Mỗi mức của nhân tố (để cụ thể gọi là mức A) có m nhóm liên kết (associates), nhóm 1 có n_1 mức, mức A nói trên của nhân tố và một mức bất kỳ trong nhóm 1 cùng có mặt trong λ_1 khối. Nhóm 2 có n_2 mức, mức A và một mức bất kỳ trong nhóm 2 cùng có mặt trong λ_2 khối. . . Nhóm m có n_m mức, mức A và một mức bất kỳ trong nhóm m cùng có mặt trong λ_m khối. Các tham số thỏa mãn nhiều điều kiện như: $bk = vr; \sum_{i=1}^m n_i = v - 1; \sum_{i=1}^m n_i \lambda_i = r(k - 1); \dots$

Đối với T1 nhóm liên kết 1 là T3 với tham số $\lambda_1 = 3$, nhóm 2 là T2 và T4 với $\lambda_2 = 0$

Đối với T2 nhóm liên kết 1 là T4 với tham số $\lambda_1 = 3$, nhóm 2 là T1 và T3 với $\lambda_2 = 0$

Đối với T3 nhóm liên kết 1 là T1 với tham số $\lambda_1 = 3$, nhóm 2 là T2 và T4 với $\lambda_2 = 0$

Đối với T4 nhóm liên kết 1 là T2 với tham số $\lambda_1 = 3$, nhóm 2 là T1 và T3 với $\lambda_2 = 0$

Thiết kế khối ngẫu nhiên đủ và không đủ với lai đỉnh

Thiết kế PBIBD trên có 2 nhóm mức tách biệt (T1, T3) và (T2, T4). Hai mức bất kỳ của nhóm 1 cùng có mặt trong 3 khối, hai mức bất kỳ của nhóm 2 cùng có mặt trong 3 khối. Hai mức thuộc hai nhóm không cùng có mặt trong khối nào. Thiết kế PBIBD trên thuộc lớp PBIBD có m nhóm tách biệt với các tham số $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$. Hai mức bất kỳ của nhóm i cùng có mặt trong λ_i khối. Hai mức bất kỳ thuộc hai nhóm khác nhau không cùng có mặt trong khối nào.

Thiết kế PBIBD liên quan chặt chẽ với các nghiên cứu về lý thuyết tổ hợp, lý thuyết nhóm, lý thuyết mã hóa nên được nhiều nhà khoa học trên thế giới chú ý, các nhà khoa học Ấn Độ đã công bố nhiều công trình rất cơ bản về PBIBD. Trong nghiên cứu về lai đỉnh thiết kế PBIBD linh hoạt hơn BIBD nhưng khó sử dụng và các trung bình không được ước lượng với cùng mức độ chính xác, do đó chỉ mới được các nhà chọn giống chú ý áp dụng trong một số năm gần đây.

Bảng 3. PBIBD(2,3,0,4) với 2 liên kết của thí nghiệm v = 4 mức, b = 6 khối, mỗi mức lặp r = 3 lần, mỗi khối có k = 2 ô, 2 liên kết với tham số $\lambda_1=3, \lambda_2=0, n_1 = 1, n_2 = 2$

Khối	Nhân tố			
	T1	T2	T3	T4
1	x		x	
2		x		x
3	x		x	
4		x		x
5	x		x	
6		x		x

Bảng 4. PBIBD(3,2,2,1,6) với 3 liên kết 6 mức của nhân tố bố trí trong 8 khối, mỗi mức lặp lại 4 lần, mỗi khối có 3 ô (v = 6, b = 8, r = 4, k = 3, $\lambda_1=2, \lambda_2=2, \lambda_3=1, n_1=2, n_2=1, n_3=2$)

	Liên kết			
	LK1	LK2	LK3	
T1	2, 3	4	5, 6	T1 gặp T2, T3 2 lần, gặp T4 2 lần, gặp T5, T6 1 lần
T2	1, 3	5	4, 6	T1 gặp T2, T3 2 lần, gặp T4 2 lần, gặp T5, T6 1 lần
T3	1, 2	6	4, 5	T3 gặp T1, T2 2 lần, gặp T6 2 lần, gặp T4, T5 1 lần
T4	5, 6	1	2, 3	T4 gặp T5, T6 2 lần, gặp T1 2 lần, gặp T2, T3 1 lần
T5	4, 6	2	1, 3	T5 gặp T4, T6 2 lần, gặp T2 2 lần, gặp T1, T3 1 lần
T6	4, 5	3	1, 2	T6 gặp T4, T5 2 lần, gặp T3 2 lần, gặp T1, T2 1 lần

Khối	T1	T2	T3	T4	T5	T6
B1	X	X		X		
B2	X		X	X		
B3	X	X			X	
B4	X		X			X
B5		X	X		X	
B6		X	X			X
B7				X	X	X
B8				X	X	X

3. TÌM THIẾT KẾ BIBD VÀ CÁCH PHÂN TÍCH DỮ LIỆU

Có thể tìm các thiết kế BIBD trong các sách chuyên về các thiết kế thí nghiệm, nhưng có thể dùng ngôn ngữ R để tìm.

3.1. Tìm thiết kế

Giả sử chúng ta có thí nghiệm 1 nhân tố với v mức, b khối, mỗi mức lặp lại r lần, mỗi khối có k ô thí nghiệm. Tìm xem có thiết kế BIBD nào thỏa mãn bộ 4 số (v, b, r, k) hay không.

Thí dụ

Bảng 1. $v = 4, b = 4, r = 3, k = 3, \lambda = 3 \times 2 / 3 = 2$

```
> library(crossdes)
> mydesign <- find.BIB(4, 3, 10) #
find.BIB(r, b, k, iter) hoặc find.BIB(r, b, k)
> mydesign
```

```
> isGYD(mydesign) # Kiểm
tra có phải BIBD không?
```

```
[1] The design is a balanced incomplete
block design w.r.t. rows. # Đúng là BIBD
```

Bảng 2. $v = 5, b = 10, r = 6, k = 3, \lambda = 6 \times 2 / 4 = 3$

```
> mydesign <- find.BIB(5, 10, 3)
```

```
> mydesign
```

```
> isGYD(mydesign) [1]. The design is a
balanced incomplete block design w.r.t. rows.
```

Trường hợp ($v = 15, b = 21, r = 7, k = 5, \lambda = 7 \times 4 / 14 = 2$)

```
> mydesign <- find.BIB(15, 21, 5, 100)
```

```
> isGYD(mydesign) # Kiểm tra có phải
BIBD không?
```

```
[1] The design is neither balanced w.r.t.
rows nor w.r.t. columns. # Không phải BIBD
```

Kết quả	Giống với bảng 1 (chỉ khác vị trí các khối)				
	Khối	A	B	C	D
[1.] [2.] [3.]	1	x		x	x
[1.] 1 3 4	2		x	x	x
[2.] 2 3 4	3	x	x		x
[3.] 1 2 4	4	x	x	x	
[4.] 1 2 3					

Kết quả	Giống với bảng 2 (chỉ khác vị trí các khối)					
	Khối	T1	T2	T3	T4	T5
[1.] [2.] [3.]	B1	x		x	x	
[1.] 1 3 4	B2		x	x		x
[2.] 2 3 5	B3	x	x	x		
[3.] 1 2 3	B4	x	x		x	
[4.] 1 2 4	B5			x	x	x
[5.] 3 4 5	B6		x		x	x
[6.] 2 4 5	B7	x	x			x
[7.] 1 2 5	B8	x			x	x
[8.] 1 4 5	B9		x	x	x	
[9.] 2 3 4	B10	x		x		x
[10.] 1 3 5						

Thiết kế khối ngẫu nhiên đủ và không đủ với lai đỉnh

3.2. Phân tích dữ liệu

a. Dùng MiniTab Số liệu ứng với thiết kế trong bảng 1

Tập số liệu			Kết quả
khoi	nhanto	nsuat	General Linear Model: nsuat versus khoi, nhanto
1	A	2	Factor Type Levels Values
1	C	20	khoi fixed 4 1, 2, 3, 4
1	D	7	nhanto fixed 4 A, B, C, D
2	B	32	Analysis of Variance for nsuat, using Adjusted SS for Tests
2	C	14	Source DF Seq SS Adj SS Adj MS F P
2	D	3	khoi 3 100.67 6.17 2.06 0.03 0.993
3	A	4	nhanto 3 880.83 880.83 293.61 4.04 0.083
3	B	13	Error 5 363.17 363.17 72.63
3	C	31	Total 11 1344.67
4	A	0	Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence
4	B	23	nhanto N Mean Grouping
4	D	11	B 3 22.458 a
			C 3 21.958 a
			D 3 7.208 a
			A 3 1.708 a
Least Squares Means for nsuat			
nhanto Mean SE Mean			
A 1.708 5.146			
B 22.458 5.146			
C 21.958 5.146			
D 7.208 5.146			

b. Dùng ngôn ngữ R

```
> library(agricolae)
> nt<- gl(4,3)
> block<- c(1,3,4,2,3,4,1,2,3,1,2,4)
> nsuat<- c(2,20,7,32,14,3,4,13,31,0,23,11)
> out<- BIB.test(nt,block,nsuat,"tukey",group=TRUE)
> print(out)
```

Kết quả

nsuat mean.adj SE r std.err Min. Max.

```
1 2.00000 1.708333 5.14596 3 1.154701 0 4
2 22.66667 22.458333 5.14596 3 5.487359 13 32
3 21.66667 21.958333 5.14596 3 4.977728 14 31
4 7.00000 7.208333 5.14596 3 2.309401 3 11
```

\$groups

trt mean.adj M trt mean.adj M

```
1 2 22.458333 a 3 4 7.208333 a
2 3 21.958333 a 4 1 1.708333 a
```

c. Dùng MiniTab Số liệu ứng với thiết kế trong bảng 3

Bảng 3

	V1	V2	V3	V4	V5	V6
B1	X	X	X			
B2	X	X		X		
B3	X		X		X	
B4	X			X		X
B5	X				X	X
B6		X	X			X
B7		X		X	X	
B8		X			X	X
B9			X	X	X	
B10			X	X		X

khoi	giong	nsuat	khoi	giong	nsuat	Grouping Information Using Tukey Method and 95.0% Confidence
1	V1	69	6	V2	65	giong N Mean Grouping
1	V2	54	6	V3	68	V1 5 75.13 a
1	V3	50	6	V6	67	V5 5 60.05 a b
2	V1	77	7	V2	57	V2 5 58.72 a b
2	V2	65	7	V4	60	V3 5 58.55 a b
2	V4	38	7	V5	62	V4 5 54.97 b
3	V1	72	8	V2	59	V6 5 54.38 b
3	V3	45	8	V5	65	khoi N Mean Grouping
3	V5	54	8	V6	63	6 3 69.75 A
4	V1	63	9	V3	75	9 3 68.44 A
4	V4	60	9	V4	62	8 3 64.92 A
4	V6	39	9	V5	61	7 3 62.06 A
5	V1	70	10	V3	59	10 3 61.00 A
5	V5	65	10	V4	55	5 3 60.11 A
5	V6	54	10	V6	56	2 3 57.36 A
						1 3 53.83 A
						4 3 52.81 A
						3 3 52.72 A

Analysis of Variance for nsuat, using Adjusted SS for Tests

Source DF Seq SS Adj SS Adj MS F P

khoi 9 466.97 881.11 97.90 1.70 0.174

giong 5 1156.44 1156.44 231.29 4.02 0.016

Error 15 862.89 862.89 57.53

Total 29 2486.30

S = 7.58458 R-Sq = 65.29% R-Sq(adj) = 32.90%

d. Dùng ngôn ngữ R Số liệu ứng với thiết kế trong bảng 3

```
> nt<-gl(10,3)
```

```
> block <- c(1,2,3,1,2,4,1,3,5,1,4,6,1,5,6,2,3,6,2,4,5,2,5,6,3,4,5,3,4,6)
```

```
> nsuat <- c(69,54,50,77,65,38,72,45,54,63,60,39,70,65,54,65,68,67,57,60,62,59,65,63,75,62,61,59,55,56)
```

Thiết kế khối ngẫu nhiên đủ và không đủ với lai đỉnh

```
> out <- BIB.test(nt, block, nsuat, test="tukey", group=TRUE)
> print(out)}
```

Kết quả

\$means

```
Y mean.adj SE r std.err Min. Max.
1 70.2 75.13333 3.728552 5 2.267157 63 77
2 60.0 58.71667 3.728552 5 2.190890 54 65
3 59.4 58.55000 3.728552 5 5.537147 45 75
4 55.0 54.96667 3.728552 5 4.404543 38 62
5 61.4 60.05000 3.728552 5 2.014944 54 65
6 55.8 54.38333 3.728552 5 4.810405 39 67
```

\$groups

```
trt mean.adj M
1 1 75.13333 a
2 5 60.05000 ab
3 2 58.71667 ab
4 3 58.55000 ab
5 4 54.96667 b
6 6 54.38333 b
```

4. LAI ĐỈNH KHÔNG TOÀN PHẦN

Khi lai đỉnh coi dòng như khối, cây thử như các mức của nhân tố. Để phân tích phương sai và ước lượng giá trị trung bình của dòng và cây thử có thể dùng MiniTab, SPSS, SAS General linear model nhưng không phải lúc nào cũng được kết quả như mong muốn. Việc tính khả năng kết hợp chung, khả năng kết hợp riêng thì phải tính tay hay dùng các chương trình chuyên dụng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn đình Hiền (1995). Chương trình máy tính Linetest. Đại học Nông nghiệp Hà nội
- [2] Nguyễn đình Hiền (1995). Chương trình máy tính Topbibt. Đại học Nông nghiệp Hà nội
- [3] Ngô Hữu Tinh và Nguyễn Đình Hiền (1996). Các phương pháp lai thử và phân tích khả năng kết hợp trong các thí nghiệm về ưu thế lai. Nhà xuất bản Nông nghiệp
- [4] Charles Hicks R. H (1999). Fundamental concepts in the design of experiments. Oxford university Press.