DOI:10.16423/j.cnki.1003-8701.1990.03.022

双列杂交配合力的多元统计分析通用程序设计

乔春贵　赵纪斌　张大克　王增辉　王玉杰

（吉林农业大学）

陈 宝 军

（吉林省大安县农业局）

摘　　要

本文对Deguang Lin1986年提出的Griffing双列杂交试验的多元统计分析方法进行了较为系统的介绍，并应用BASIC语言设计出相应的通用电算程序。同时，结合水稻双列杂交试验的多性状资料进行了实例分析。结果表明，作物某个性状配合力较高的亲本在另一些性状上配合力却不一定很高，有的杂交组合可能某个性状表现较好，但其他性状则未必如此。Griffing双列杂交的多元统计分析法对于把握生物体遗传致因的全貌确实是一种行之有效的方法。

一、前　　言

自从Griffing提出双列杂交配合力分析方法以来，单性状双列分析已在全世界动、植物育种和数量遗传学研究中广为应用，为有效地指导育种实践提供了科学的依据。迄今为止已建立了系统的理论和严密的统计分析方法。

然而，任何生物体的诸多性状间都是相互制约、相互独立的，仅仅对其某一性状进行遗传学研究一般来讲是不可能全面系统地了解其总 的遗传特征特性的。为此，Deguang Lin等（1986）首次系统地提出了Griffing双列杂交的多元统计分析法，以便对多个性状的配合力同时进行分析，对配合力与诸性状间的互作进行统计检验。这样既有利于把握生物体的遗传概貌，又可最大限度地利用现有的试验资料，可谓填补了配合力分析的一大空白。但尚未引起国内外同行的足够重视。因此，本研究的主要目的是系统地介绍该法的数学模型与分析步骤；应用BASIC语言设计该方法的通用电算程序；结合具体水稻多性状资料就该法的应用问题加以讨论。

二、统计分析方法概述

（一）数学模型与有关统计数的计算

对于Griffing双列杂交的四种方法（详见参考文献[1,2]），配合力多元统计分析的数学模型及有关统计数的计算公式如下：

方法 1 $X_{ijkh}=\mu_h+g_{ih}+g_{jh}+S_{ijh}+r_{ijh}+b_{kh}+e_{ijkh}$ ……（1）

$$H^{(g)}=h_{rs}^{(g)}=\Sigma\left(X_{i..r}+X_{.i.r}\right)\left(X_{i..}+X_{.i.s}\right)/zbp-2X_{...r}X_{...s}/bp^2 \quad \cdots\cdots(2)$$

$$H^{(s)}=h_{rs}^{(s)}=\Sigma\Sigma X_{ij.r}\left(X_{ji.s}+X_{ji.s}\right)/2b-\Sigma\left(X_{i..r}+X_{.i.r}\right)\left(X_{i..s}+X_{.i.s}\right)/2bp+X_{...r}X_{...s}/bp^2 \quad \cdots\cdots(3)$$

$$H^{(r)}=h_{rs}^{(r)}=\sum_{i\leq j}\Sigma\left(X_{ij.r}-X_{ji.r}\right)\left(X_{ij.s}-X_{ji.s}/2b\right. \quad \cdots\cdots(4)$$

$$E=e_{rs}=\Sigma\Sigma\Sigma X_{ijkr}X_{ijks}-\Sigma X_{..kr}X_{..ks}/p^2-\Sigma\Sigma X_{ij.r}X_{ij.s}/b+X_{...r}X_{...s}/bp^2 \quad \cdots\cdots(5)$$

方法 2 $X_{ijkh}=\mu_h+g_{ih}+g_{jh}+S_{ijh}+b_{kh}+e_{ijkh}$ ……（6）

$$H^{(g)}=h_{rs}^{(g)}=\Sigma\left(X_{i..r}+X_{ii.r}\right)\left(X_{i..s}+X_{ii.s}\right)/b(p+2)-4X_{...r}X_{...s}/bp(p+2) \quad \cdots\cdots(7)$$

$$H^{(s)}=h_{rs}^{(s)}=\sum_{i\leq j}\Sigma X_{ij.r}X_{ij.s}/b-\Sigma\left(X_{i..r}+X_{ii\,r}\right)\left(X_{i..s}+X_{ii.s}\right)/b(p+2)+2X_{...r}X_{...s}/b(p+1)(p+2) \quad \cdots\cdots(8)$$

$$E=e_{rs}=\sum_{i\leq j}\sum_{k}\Sigma X_{ijkr}X_{jiks}-\sum_{i\leq j}\Sigma X_{ij.r}X_{ij.s}/b-2\Sigma X_{..kr}X_{..kr}/p(p+1)+2X_{...r}X_{...s}/bp(p+1) \quad \cdots\cdots(9)$$

方法 3 $X_{ijkh}=\mu_h+g_{ih}+g_{jh}+S_{ijh}+r_{ijh}+b_{kh}+e_{ijkh}$ ……（10）

$$H^{(g)}=h_{rs}^{(g)}=\Sigma\left(X_{i..r}+X_{.i.r}\right)\left(X_{i..s}+X_{.i.s}\right)/2b(p-2)-2X_{...r}X_{...s}/bp(p-2) \quad \cdots\cdots(11)$$

$$H^{(s)}=h_{rs}^{(s)}=\sum_{i\leq j}\Sigma\left(X_{ij.r}+X_{ji.r}\right)\left(X_{ij.s}+X_{ji.s}\right)/2b-\Sigma\left(X_{i..r}+X_{.i.r}\right)\left(X_{i..s}+X_{i.s}\right)/2b(p-2)+X_{...r}X_{...s}/b(p-1)(p-2) \quad \cdots\cdots(12)$$

$$H^{(r)}=h_{rs}^{(r)}=\sum_{i\le j}\sum(X_{ij.r}-X_{ji.r})(X_{ij.s}-X_{ji.s})/2b$$

$$\cdots\cdots(13)$$

$$E=e_{rs}=\sum_{i\neq jk}\sum\sum X_{ijkr}X_{ijks}-\sum_{i\neq j}\sum X_{ij.r}X_{ij.s}/b-\sum X_{..kr}$$

$$X_{..ks}/p(p-1)+X_{r\cdots}X_{\cdots s}/bp(p-1)\quad\cdots\cdots(14)$$

方法4 $$X_{ijkh}=\mu_h+g_{ih}+g_{jh}+S_{ijh}+b_{kh}+e_{ijkh}\quad\cdots\cdots(15)$$

$$H^{(g)}=H_{rs}^{(g)}=\sum X_{i..r}X_{i..s}/b(p-2)-4X_{...r}X_{...s}$$

$$/bp(p-2)\quad\cdots\cdots(16)$$

$$H^{(s)}=h_{rs}^{(s)}=\sum_{i<j}\sum X_{ij.r}X_{ij.s}/b-\sum X_{i..r}X_{i..s}/$$

$$b(p-2)+2X_{..r}X_{...s}/b(p-1)(p-2)\quad\cdots\cdots(17)$$

$$E=e_{rs}=\sum_{i<jk}\sum\sum X_{ijkr}X_{ijkx}-\sum_{i<j}\sum X_{ij.r}X_{ij.s}/b-2\sum X_{..kr}$$

$$X_{...ks}/p(p-1)+2X_{...r}X_{..s}/bp(p-1)\quad\cdots\cdots(18)$$

以上各式中 X_{ijkh} 为第i亲本与第j亲本杂交F_1（若i＝j则为该亲本自交）第k区组第h性状的试验原始数据；μ_h为第h性状的群体总平均值；g_{ih}为第i亲本第h性状的一般配合力；g_{jh}为第j亲本第h性状的一般配合力；S_{ijh}为第i亲本与第j亲本杂交F_1第h性状的特殊配合力；r_{ijh}为第i亲本与第j亲本杂交的第h性状的反交效应配合力；b_{kh}为第h性状的第k区组效应；e_{ijkh}为试验原始数据X_{ijkh}的随机误差。$H^{(g)}$、$H^{(s)}$、$H^{(r)}$和E分别为一般配合力、特殊配合力、反交效应和误差的平方和矩阵；其中$h_{rs}^{(g)}$、$h_{rs}^{(s)}$、$h_{rs}^{(r)}$、e_{rs}分别为上述四个矩阵的第r行第s列元素。F标取值为

$$\begin{cases} i, j=1, 2, \cdots, p \\ k=1, 2, \cdots, b \\ h, r, s=1, 2, \cdots, v \end{cases}$$

其中p、b、v分别为亲本数、区组数和性状数。

根据以上条件可以计算出$H^{(g)}E^{-1}$、$H^{(s)}E^{-1}$和$H^{(r)}E^{-1}$矩阵，进而求出这三个矩阵的最大特征根C_g、C_s和C_r。然后，按表1中的有关公式计算统计数θ及其相应的分布参数s.m.n，并根据Heck曲线图对四种方法的配合力进行显著性测验。

表 1　　Griffing双列杂交不同交配方法多元统计分析
最大根测验的统计数和参数

变异来源		统计数 θ	参数		
			s	m	n
方法1	GCA	$\frac{Cg}{1+Cg}$	$\min(P-1,\ V)$	$\frac{\lvert P-1-V\rvert-1}{2}$	$\frac{P^2(b-1)-V-1}{2}$
	SCA	$\frac{Cs}{1+Cs}$	$\min[\frac{P(P-1)}{2},\ V]$	$\frac{\lvert\frac{1}{2}P(P-1)-V\rvert-1}{2}$	$\frac{P^2(b-1)V--1}{2}$
	R	$\frac{Cr}{1+Cr}$	$\min[\frac{P(P-1)}{2},\ V]$	$\frac{\lvert\frac{1}{2}P(P-1)-V\rvert-1}{2}$	$\frac{P^2(b-1)-V-1}{2}$
方法2	GCA	$\frac{Cg}{1+Cg}$	$\min(P-1,\ V)$	$\frac{\lvert P-1-V\rvert-1}{2}$	$\frac{\frac{1}{2}P(P+1)(b-1)-V-1}{2}$
	SCA	$\frac{Cs}{1+Cs}$	$\min[\frac{P(P-1)}{2},\ V]$	$\frac{\lvert\frac{1}{2}P(P-1)-V\rvert-1}{2}$	$\frac{\frac{1}{2}P(P+1)(b-1)-V-1}{2}$
方法3	GCA	$\frac{Cg}{1+Cg}$	$\min(P-1,\ V)$	$\frac{\lvert P-1-V\rvert-1}{2}$	$\frac{P(P-1)(b-1)-V-1}{2}$
	SCA	$\frac{Cs}{1+Cs}$	$\min[\frac{P(P-3)}{2},\ V]$	$\frac{\lvert\frac{1}{2}P(P-3)-V\rvert-1}{2}$	$\frac{P(P-1)(b-1)-V-1}{2}$
	R	$\frac{Cr}{1+Cr}$	$\min[\frac{P(P-1)}{2},\ V]$	$\frac{\lvert\frac{1}{2}P(P-1)-V\rvert-1}{2}$	$\frac{P(P-1)(b-1)-V-1}{2}$
方法4	GCA	$\frac{Cg}{1+Cg}$	$\min(P-1,\ V)$	$\frac{\lvert P-1-V\rvert-1}{2}$	$\frac{\frac{1}{2}P(P+1)(b-1)-V-1}{2}$
	SCA	$\frac{Cs}{1+Cs}$	$\min[\frac{P(P-3)}{2},\ V]$	$\frac{\lvert\frac{1}{2}P(P-3)-V\rvert-1}{2}$	$\frac{\frac{1}{2}P(P-1)(b-1)-V-1}{2}$

注：GCA、SCA和R分别表示一般配合力、特殊配合力和反交效应。

（二）纵观分析（Profile Analysis）

为确定各种配合力的效应是否与诸性状间存在交互作用，可用纵观分析法测定之。这种方法有时也称作效应间的平行测定，如果一个亲本各性状的一般配合力总是比另一个亲本高出或偏小某一固定量，则认为这两个亲本的一般配合力在性状间有平行关系。反之，则各亲本间一般配合力的差异将因性状而异，无平行关系，或者说配合力效应与性状间存在交互作用。实际上也可以在进行配合力的多元统计分析之前进行纵观分析。若互作显著则应按Griffing方法逐个性状单独进行配合力分析。

纵观分析的原始数据d_{ijkh}可按下式计算：

$$d_{ijkh}=X_{ijkh}-X_{ijk(h+1)} \qquad \cdots\cdots(19)$$

其中 $\begin{cases} i,\ j=1,\ 2,\ \cdots,\ p \\ k=1,\ 2,\ \cdots,\ b \\ h=1,\ 2,\ \cdots,\ v-1 \end{cases}$

纵观分析的具体方法就是把式（1）～（18）中的X_{ijkh}用d_{ijkh}取代，把表1中的v用v－1取代，然后按照前述配合力多元统计分析的方法进行有关计算和统计测验。

为使各性状观察值间具有公度，通常在统计分析前须按下式将各原始数据Y_{ijkh}标准化：

$$X_{ijkh}=\frac{Y_{ijkh}-M_{kh}}{S_{kh}} \quad \cdots\cdots(20)$$

其中M_{kh}和S_{kh}分别为第k区组第h性状所有原始数据的平均值和标准差。

（三）Griffing双列杂交试验多元统计分析的步骤

1．按式（20）计算标准化的原始数据X_{ijkh}。

2．根据试验选用的交配方法（方法1～4）．由式（2）～（18）中的有关公式估算平方和矩阵$H^{(g)}$、$H^{(s)}$、$H^{(r)}$和E，并进而求出矩阵$H^{(g)}E^{-1}$、$H^{(s)}E^{-1}$、$H^{(r)}E^{-1}$。

3．求解$H^{(g)}E^{-1}$、$H^{(s)}E^{-1}$和$H^{(r)}E^{-1}$矩阵的最大特征根C_g、C_s和C_r，再根据选用的交配方法由表1中的有关公式计算统计数θ_g、θ_s和θ_r及其相应的分布参数s、m和n。

4．根据以上统计数和参数查Heck曲线图以测验配合力或反交效应的显著性。

5．纵观分析：先按式（19）计算差值d_{ijkh}，再把X_{ijkh}用d_{ijkh}代替．把V用V－1代替，重复步骤1～4的内容，即可对各种配合力与诸性状间的互作效应进行显著性测验。

三、交配方法2通用电算程序说明

本程序在Apple—Ⅱ计算机上用多组试验资料验证通过。限于篇幅，此处仅列出并说明程序的主干部分。矩阵求逆和求特征根部分省略。若有需要全程序者可直接与笔者联系。

（一）变量的设置

P：亲本数；B：区组数；V：性状数。

X（P，P，V，V）——存放原始数据Y_{ijkh}、标准化的原始数据X_{ijkh}和性状差值d_{ijkh}；

S（V，V）——存放原始数据第k区组第h性状的标准差S_{kh}和特殊配合力平方和矩阵$H^{(s)}$；

H（V，V）——存放原始数据第k区组第h性状的平均值M_{kh}和一般配合力平方和矩阵$H^{(s)}$；

E（V，V）——存放机误平方和矩阵E；

X（P，P，O，V）——存放标准化原始数据任意两亲本杂交组合某一性状各区组的总和$X_{ij.h}$；

X（P，O，O，V）——存放任意亲本对应某一性状所有标准化原始数据的总和$X_{i..h}$；

X（O，O，O，V）——存放每个性状所有标准化原始数据的总和$X_{...h}$；

X（O，O，B，V）——存放各区组对应各性状所有标准化原始数据的总和$X_{..kh}$。

（二）程序段的主要功能

20句：输入双列杂交试验的亲本数P、区组数b和性状数V，本例分别为9、2、3；

50—120句：按父本、母本杂交组合、区组、性状顺序输入并打印原始数据Y_{ijkh}（$i\leq j$）；同时计算并打印原始数据的标准差S_{kh}和平均值M_{kh}；

140—170句：计算并打印标准化原始数据X_{ijkh}；

280—400句：计算并打印标准化原始数据X_{ijkh}的各项总和$X_{i..h}$、$X_{ij.h}$、$X_{..kh}$和$X_{...h}$；

410—550句：计算并打印$H^{(g)}$、$H^{(s)}$和E矩阵；

210—240句：计算并打印性状差值d_{ijkh}；

260句：令$V=V-1$、$X_{ijkh}=d_{ijkh}$，转子并重复以上内容。

四、实例分析

1979年H.P.Moon于加州大学作水稻双列杂交试验[5]。供试亲本9个，随机区组设计，重复2次。选择其每植株散穗花序数（y_1）、百粒重（y_2）和稻穗不育率（y_3）三个性状进行双列杂交试验的多元统计分析。下以方法2为例说明分析步骤：

（一）应用方法2电算程序在590—660句用DATA语句

先输入亲本数、区组数和性状数，再按父本、母本杂交组合、区组、性状顺序依次输入原始数据Y_{ijkh}（当$i=j$时为该亲本自交数据）（表略）。运行该程序可求出有关统计数。

（二）按式（20）估算原始数据的平均值和标准差如下

$M_{11}=17.67$，$M_{12}=2.26$，$M_{13}=20.28$，$M_{21}=17.67$，$M_{22}=2.27$，$M_{23}=20.88$；

$S_{11}=4.57$，$S_{12}=0.23$，$S_{13}=11.60$，$S_{21}=5.44$，$S_{22}=0.22$，$S_{23}=12.85$。按式（20）对Y_{ijkh}进行标准化处理得标准化的原始数据X_{ijkh}（表略）。

（三）计算X_{ijkh}的各项总和$X_{ij.h}$、$X^{i}_{..h}$、$X_{..kh}$和$X_{...h}$列于表2

表2　　9×9水稻双列试验标准化观察值两重复之和

亲本号	变　数	亲	本	号							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Xi..r
1	X_1	4.63	3.72	1.87	0.34	3.37	1.33	0.87	1.78	1.29	19.20
	X_2	2.70	−0.46	−0.50	0.16	2.35	1.54	0.29	2.03	−0.06	8.05
	X_3	0.04	0.68	1.92	2.39	0.08	1.11	0.51	3.27	8.08	18.08
2	X_1		0.69	−0.47	−1.11	1.05	−1.31	−3.17	−0.85	1.02	−0.43
	X_2		−1.82	−2.09	−0.63	−0.67	−0.36	−1.92	1.21	−1.51	−8.25
	X_3		0.33	−1.68	−1.45	−1.04	−2.07	−1.91	1.63	−1.33	−6.84
3	X_1			−2.71	−1.81	−1.53	−1.43	−2.04	−1.48	−0.50	−10.46
	X_2			−3.47	−1.96	−1.69	−1.47	−2.45	2.54	−1.42	−12.51
	X_3			−0.48	−1.93	−0.59	−2.04	−1.28	0.89	−1.46	−6.65
4	X_1				−2.13	−0.88	−0.39	−2.41	−1.25	−2.37	−12.01
	X_2				−0.13	1.11	0.53	−1.29	3.43	0.18	1.40
	X_3				−1.02	−0.44	−2.09	−1.55	1.58	−1.71	−0.22
5	X_1					1.15	0.37	0.96	1.15	−1.82	3.82
	X_2					2.06	1.29	−0.34	4.53	−0.14	8.53
	X_3					−0.52	−0.75	−1.11	1.29	−1.45	−4.53
6	X_1						−1.67	−0.84	1.32	0.18	−2.44
	X_2						0.80	−1.33	2.42	0.93	4.35
	X_3						−1.44	−1.75	1.21	−1.01	−8.83
7	X_1							1.56	1.62	1.83	−1.98
	X_2							−4.49	−0.11	−2.43	−14.07
	X_3							3.70	2.18	0.54	−0.67
8	X_1								0.88	1.14	4.31
	X_2								2.84	1.35	20.24
	X_3								0.75	0.34	13.14
9	X_1									−1.58	−0.81
	X_2									−2.16	−5.26
	X_3									−0.45	1.55

$X_{..1}=0.01$　$X_{..2}=-0.58$, $X_{..3}=-0.03$

$X_{..11}=0.03$, $X_{..12}=0.11$, $X_{..13}=-0.03$, $X_{..21}=-0.02$, $X_{..22}=-0.69$, $X_{..23}=0.00$

（四）按式（7）、（8）、（9）计算$H^{(g)}$、$H^{(s)}$和E矩阵

$$H^{(g)}=\begin{vmatrix} 46.17 & 28.32 & 32.35 \\ 28.32 & 70.24 & 23.40 \\ 32.35 & 23.40 & 36.74 \end{vmatrix},\quad H^{(s)}=\begin{vmatrix} 24.37 & -2.16 & 4.11 \\ -2.16 & 11.14 & -5.49 \\ 4.11 & -5.49 & 45.93 \end{vmatrix},$$

$$E=\begin{pmatrix} 17.32 & -4.85 & 6.16 \\ -4.85 & 3.64 & -1.35 \\ 6.16 & -1.35 & 5.38 \end{pmatrix}$$

进而可求出E^{-1}、$H^{(g)}E^{-1}$和$H^{(s)}E^{-1}$矩阵：

$$E^{-1}=\begin{pmatrix} 0.1434 & 0.1434 & -0.1282 \\ 0.1434 & 0.4464 & -0.0519 \\ -0.1282 & -0.0519 & 0.3195 \end{pmatrix},\quad H^{(g)}E^{-1}=\begin{pmatrix} 6.5343 & 17.5828 & 2.9469 \\ 11.1336 & 34.2015 & 0.1997 \\ 3.2840 & 13.1766 & 6.3769 \end{pmatrix}$$

$$H^{(s)}E^{-1}=\begin{vmatrix} 2.6582 & 2.3178 & -1.6989 \\ 1.9913 & 4.9481 & -2.0544 \\ -6.0856 & -4.2435 & 14.4324 \end{vmatrix}$$

后两个矩阵的最大根分别为$C_g=40.4812$和$C_g=16.2945$

（五）由表1中的有关公式可估算$\theta g=\dfrac{40.4812}{1+40.4812}=0.9759$

其分布参数为$S=\min(9-1,\ 3)=3$，$m=\dfrac{|9-1-3|-1}{2}=2$，

$$n=\frac{\frac{1}{2}\times(9+1)\times9\times(2-1)-3-1}{2}=20.5;$$

$\theta_s=\dfrac{16.2945}{1+16.2945}=0.9422$，其分布参数为$S=\min\left|\dfrac{9\times(9-1)}{2},\ 3\right|=3$，

$$m=\frac{\left|\frac{9\times(9-1)}{2}-3\right|-1}{2}=16,\quad n=\frac{\frac{9\times(9+1)}{2}(2-1)-3-1}{2}=20.5$$

查Heck曲线图知$\theta g_{0.01}=0.45$，$\theta s_{0.01}=0.75$。$\theta g>\theta g_{0.01}$，$\theta s>\theta s_{0.01}$。故供试亲本的一般配合力和特殊配合力之间均有极显著的差异。

（六）按式（19）由X_{ijkh}计算性状差值d_{ijkh}（表略），以进行纵观分析

现将d_{ijkh}的各项总和$d_{ij.kh}$、$d_{i..h}$、$d_{..kh}$和$d_{...h}$列于表3。进而可求出以下各个矩阵：

$$H^{(s)}=\begin{vmatrix} 59.78 & -50.88 \\ -50.88 & 60.19 \end{vmatrix},\quad H^{(s)}=\begin{vmatrix} 39.83 & -22.90 \\ -22.90 & 68.04 \end{vmatrix},$$

$$E=\begin{vmatrix} 30.66 & -16.00 \\ -16.00 & 11.73 \end{vmatrix},\quad E^{-1}=\begin{pmatrix} 0.1133 & 0.1546 \\ 0.1546 & 0.2961 \end{pmatrix}$$

$$H^{(g)}E^{-1}=\begin{pmatrix} -1.0923 & -5.8224 \\ 3.5411 & 9.9568 \end{pmatrix},\quad H^{(s)}E^{-1}=\begin{pmatrix} 0.9726 & -0.6225 \\ 7.9246 & 14.6065 \end{pmatrix}$$

最大根$C_g=7.5792$，$C_s=16.2843$。按照前述类似方法可算出$\theta_g=0.8834$，

其参数S = 2，m = 2.5，n = 21； θ_s = 0.9421，其参数S = 2，m = 16.5，n = 21。查Heck图知 $\theta_g > \theta_{g0.01} = 0.415$，$\theta^s > \theta_{s0.01} = 0.725$。故一般配合力和特殊配合力之纵观分析均极显著，即两种配合力与各性状间均存在极显著的交互作用。

表 3　　9 × 9 水稻双列试验相邻性状差值之重复和

亲本号	差数	亲本号 1	2	3	4	5	6	7	8	9	di..r
1	d1	1.93	4.18	2.37	0.18	1.02	−0.21	0.58	−0.25	1.35	11.15
	d2	2.66	−1.14	−2.42	−2.23	2.27	0.43	−0.22	−1.24	−8.14	−10.03
2	d1		2.51	1.62	−0.48	1.72	−0.95	−1.25	−2.06	2.53	7.82
	d2		−2.15	−0.41	0.82	0.37	1.71	−0.01	−0.42	−0.18	−1.41
3	d1			0.76	0.15	0.16	0.04	0.05	−4.02	0.92	2.05
	d2			−2.99	−0.03	−1.10	0.57	−1.17	1.65	0.04	−5.86
4	d1				−2.00	−1.99	−0.92	−1.12	−4.68	−2.55	−13.41
	d2				0.89	1.55	2.62	0.26	1.85	1.89	7.62
5	d1					−0.94	−0.92	1.30	−3.38	−1.68	−4.71
	d2					2.81	2.04	0.77	3.24	1.31	13.06
6	d1						−2.47	0.49	−1.10	−0.75	−6.79
	d2						2.24	0.42	1.21	1.94	13.18
7	d1							6.05	1.73	4.26	12.09
	d2							−8.19	−2.29	−2.97	−13.40
8	d1								−1.96	−0.21	−15.93
	d2								2.09	1.01	7.10
9	d1									0.58	4.45
	d2									−1.71	−6.81

d1…=0.59　d…2=−0.55,　d..11=−0.08,　d..12=0.14,　d..21=0.67,　d..22=−0.69

以上配合力的多元统计分析和纵观分析结果表明，作物某个性状配合力较高的亲本在另一些性状上配合力却不一定很高；有的杂交组合可能某个性状表现较好，但其他性状则未必如此。Griffing双列杂交的多元统计分析法，对于把握生物体遗传致因的全貌确实是一种行之有效的方法。

五、源程序清单（方法 2）

```
10 REM MULTIVARIATE DIALLEL ANALYSIS(METHOD-2)
20 READ P, B, V
30 DIM X(P, P, V, V), S(V, V), H(V, V), E(V, V)
40 PRINT "Yijkh="
50 FOR I=1 TO P: FOR J=1 TO P: FOR K=1 TO P: FOR H=1 TO V: READ
   X(I, J, K, H)
60 PRINT X(I, J, K, H); "  ";
```

```
70 X(O, O, K, H)=X(O, O, K, H)+X(I, J, K, H)^2 : H(K, H)=H(K, H)+X
   (I, J, K, H)
80 NEXT H, K, J, I: PRINT: PRINT: PRINT
90 FOR K=1 TO B: FOR H=1 TO V: X(O, O, K, H)=SQR((X(O, O, K, H)-H
   (K, H)*H(K, H)/(.5*P*(P-1)+P))/(.5*P*(P-1)+(P-1): H(K,
   H)=H(K, H)/(.5*P*(P-1)+P)
100 H(K, H)=INT(H(K, H)*100+0.5)/100: X(O, O, K, H)=INT(X(O, O, K, H)
   *100+.5/100
110 PRINT "M"; K; ", "; H; "="; H(K, H)"    S"; K; ", "; H; "="; X(O, O, K,
   H); "        ";
120 NEXT H, K: PRINT; PRINT: PRINT
130 PRINT"Xijkh="
140 FOR I=1 TO P: FOR J=I TO P: FOR K=1 TO B: FOR H=1 TO V: X(I, J, K,
   H)=(X(I, J, K, H)-H(K, H))/X(O, O, K, H)
150 X(I, J, K, H)=INT(X(I.J.K, H)*100+.5)/100: X(J, I, K, H)=X(I, J, K, H)
160 PRINT X(I, J, K, H); "        ";
170 NEXT H, K, J, I: PRINT: PRINT: PRINT
180 FOR K=1 TO B: FOR H=1 TO V: X(O, O, K, H)=0: NEXT H, K
190 GOSUB 280
200 PRINT"dijkh="
210 FOR I=1 TO P: FOR J=I TO P: FOR K=1 TO B: FOR H=1 TO V-1: X(I, J, K,
   H)=X(I, J, K, H)-X(I, J, K, H+1)
220 X(J, I, K, H)=X(I, J, K, H, )
230 PRINT X(I, J, K, H); "        ";
240 NEXT H, K, J, I: PRINT: PRINT: PRINT
250 FOR I=0 TO P: FOR J=0 TO P: FOR K=0 TO B: FOR H=O TO V: X(I, O, O,
   H)=O: X(O, O, O, H)=O: X(O, O, K, H)=O: X(I, J, O, H)=O: S(K, H)
   =O: E(K, H)=O: H(K, H)=O: NEXT H, K, J, I
260 V=V-1: GOSUB 280
270 PRINT"END": END
280 FOR I=1 TO P: FOR J=1 TO P: FOR K=1 TO B :FOR H=1 TO V
290 X(I, O, O, H)=X(I, O, O, H)+X(I, J, K, H)
300 NEXT H, K, J, I
310 FOR I=1 TO P: FOR J=I TO P: FOR K=1 TO B : FOR H=1 TO V
320 X(I, J, O, H)=X(I, J, O, H)+X(I, J, K, H): X(O, O, O, H)=X(O, O, O,
   H)+X(I, J, K, H): X(O, O, K, H)=X(O, O, K, H)+X(I, J, K, H)
330 NEXT H, K, J, I
340 FOR I=1 TO P: FOR H=1 TO V: X(I, O, O, H)=INT(X(I, O, O, H)*100+.5)
   /100: PRINT"X"; I; ".."; H; "="; X(I, O, O, H); "  ";
350 NEXT H, I: PRINT: PRINT: PRINT
360 PRINT"Xij.h="
370 FOR I=1 TO P: FOR J=I TO P: FOR H=1 TO V: X(I, J, O, H)=INT(X(I, J,
   O, H)*100+.5)/100. PRINT X(I, J, O, H); "      "; : NEXT H, J, I: PRINT:
   PRINT: PRINT
380 PRINT"X..kh="
390 FOR K=1 TO B: FOR H=1 TO V: X(O, O, K, H)=INT(X(O, O, K, H)*100+
```

```
.5)/100: PRINT X(O, O, K, H); "      "; : NEXT H, K: PRINT: PRINT: PRINT
400 FOR H=1 TO V: X(O, O, O, H)=INT(X(O, O, O, H)*100+.5)/100: PRINT
    "X…"; H; "="; X(O, O, O, H); " "; : NEXT H: PRINT: PRINT: PRINT
410 FOR R=1 TO V: FOR S=R TO V: FOR I=1 TO P: FOR J=1 TO P: S(R, S)=S
    (R, S)+X(I, J, O, R)*X(I, J, O, S): FOR K=1 TO B
420 E(R, S)=E(R, S)+X(I, J, K, R)*X(I, J, K, S): NEXT K: E1=E1+X(I, J,
    O, R)*X(I, J, O, S): NEXT J, I
430 FOR K=1 TO B: E2=E2+X(O, O, K, R)*X(O, O, K, S): NEXT K
440 E(R, S)=E(R, S)-E1/B-2*E2/P/(P+1)+2*X(O, O, O, R)*X(O O,
    O, S)/B/P/(P+1): E1=0 E2=0
450 FOR I=1 TO P: S1=S1+(X(I, O, O, R)+X(I, I, O, R)) * (X(I, O, O, S)
    +X(I, I, O, S): NEXT I
460 H(R, S)=S1/B/(P+2)-4*X(O, O, O, R)*X(O, O, O, S)/B/P/(P+2):
    S(R, S)=S(R, S)/B-S1/B/(P+2)+2*X(O, O, O, R)*X(O, O, O, S)/B/(P
    +1)/(P+2)
470 E(S, R)=INT(E(S, R)*100+.5)/100: H(S, R)=INT(H(S, R)*100+.5)/100:
    S(S, R)=INT(S(S, R)*100+.5)/100
480 E(S, R)=E(R, S): H(S, R)=H(R, S): S(S, R)=S(R, S): S1=0
490 NEXT S, R
500 PRINT"E(rs)="
510 FOR R=1 TO V: FOR S=1 TO V: PRINT E(R, S); "      "; : NEXT S: PRINT:
    NEXTR: PRINT: PRINT: PRINT
520 PRINT"Hg(rs)="
530 FOR R=1 TO V: FOR S=1 TO V: PRINT H(R, S); "      "; : NEXT S: PRINT:
    NEXT R: PRINT: PRINT: PRINT
540 PRINT"Hs(rs)="
550 FOR R=1 TO V: FOR S=1 TO V: PRINT S(R, S); "      "; : NEXT S: PRINT;
    NEXT R: PRINT: PRINT: PRINT
560 RETURN
580 DATA 926.33, 2.59, 21.99, 32.77, 2.55, 19.53, 22.67, 2.27, 22.75, 32, 2.16, 26.97, 21.83,
    2.26, 30.02, 22.91, 2.16, 34.72, 15.82, 2.35, 36.14, 21.71, 2.22, 32.99, 22.25, 2.56, 13.94,
    30.58, 2.5, 23.93
590 DATA 18, 2.5, 23.59, 24.55, 2.33, 31.44, 43.11, 2.33, 22.87, 20.67, 2.24, 24.55, 21.33,
    2.55, 41.98, 23, 2.44, 38.84, 17.67, 2.34, 66.56, 24.67, 2.18, 73.34, 19.2, 2.06, 23.76,
    19.63, 2.06, 21.29, 14.9, 2.01, 10.32, 18.44, 2.05, 10.37, 14.82, 2.23, 10.6, 15, 2.16, 12.98,
600 DATA 20.22, 2.18, 14.32, 20.33, 2.2, 14.05, 16.6, 2.23, 8.31, 11.78, 2.22, 7.55, 9.55,
    2.07, 8.45, 10.09, 2.03, 9.46, 14, 2.37, 28.6, 2, 17.4, 2.43, 32.51, 20.75, 2.11, 10.62,
    19.57, 2.08, 14.41, 13.33, 1.86, 20.2, 8.1, 1.89, 14.8
610 DATA 13.03, 2.05, 8.63, 13.27, 2.04, 9.09, 13.5, 2.08, 15.49, 14.3, 2.07, 18.57, 14.08,
    2.12, 7.69, 14.17, 2.03, 8.63.11.83.2.03, 13.36, 11.5, 1.95, 12.15, 12.98, 2.5, 16.35, 16.27,
    2.6, 36.71, 16.6, 2.07, 9.6, 16.2, 2.14, 13.9, 14.57, 2.23, 13.85, 9.77, 2.27, 14.8
620 DATA 16.42, 2.36, 18.56, 14.36, 2.42, 17.17, 18.07, 2.3, 8.52, 15.08, 2.35, 6.94, 11.8,
    2.11.9.83, 11.5, 2.13, 12.51, 14.11, 2.65, 25.43, 15.1, 2.65, 34.31, 11.17, 2.26, 9.69, 12.5,
    2.31, 10.66, 23.63, 2.47, 20.64, 16.83, 2.53, 13.82, 20.09, 2.4, 19.09, 16.82, 2.42, 12.59
630 DATA 23.03, 2.17, 15.9, 16.5, 2.23, 11.56,21.25, 2.79, 25.69, 19.67 2.76, 30.33, 10, 2.29,
    11.71, 16.91, 2.21, 11.72, 13.43, 2.37, 10.92, 13.63, 2.34, 12.76, 16.83, 2.11, 9.02, 14.08,
```

（下转第96页）

地区（5.84%）、通化地区（5.61%）为最大，而白城地区（3.70%）最小。吉林省中部平原地区是野生大豆的高蛋白区域，其含量高于全省的平均含量。东部山区、半山区地形复杂，气象条件差异较大，蛋白质含量的变异系数也较大，全省野生大豆蛋白质含量最高（55.40%）和最低（37.32%）的材料都在这一地区。西部的白城地区野生大豆蛋白质含量较低，变异系数小，这可能与气候干旱和盐碱土壤有关。

结　　语

通过对吉林省674份野生大豆（G.soja）蛋白质含量的初步分析，获得如下结果：

1.野生大豆蛋白质平均含量为48.53±2.60%；变异系数为5.36%；最高为55.40%，最低为37.32%。蛋白质含量超过50%以上的材料有204份，占30.26%，是我国重要的大豆蛋白资源。

2.黑褐脐、黑种皮、卵圆叶、百粒重1.6—2.5克的野生大豆蛋白质含量最高。

3.蛋白质含量与株高、单株荚数呈极显著的正相关；与生育日数呈显著的正相关；与脂肪含量，海拔为极显著的负相关；与单株粒数、百粒重和纬度则为不显著的正相关。

4.吉林省野生大豆的蛋白质含量以中部平原地区为最高，东部山区、半山区次之，西部草原干旱地区则最低。

参 考 文 献

〔1〕全国野生大豆考察组：中国野生大豆资源考察报告，《中国农业科学》，1983，（3）69—75.

〔2〕郑惠玉等：吉林省野生大豆资源研究初报，《中国农业科学》，1980，（4）22—26。

〔3〕李福山等：栽培、野生、半野生大豆蛋白质含量及氨基酸组成的初步分析，《大豆科学》，1986，（1）65—72.

〔4〕徐豹等：中国大豆的蛋白资源，《大豆科学》，1984，（4）327—331.

〔5〕费家騂等：有关大豆化学成份的相关性、生态地理分布和形成机理的初步探讨，《大豆科研论文汇编》，1984，129—138.

（4）21—24。

〔6〕吕景良等：东北地区大豆品种资源脂肪含量研究，《作物品种资源》，1987，4）18—20.

〔7〕Norihiko Kaizuma and Shoei Miura: 1974, Variation of Seed Protein Percentage and Sulfurcontaining Ami no Acid Content among Various Leguminous Species.《育种学杂志》，24(3)9—16.

（上接第88页）

2.12, 10.87, 22.33, 2.45, 27.66, 19.25, 2.62, 23.2, 19.42, 2.37, 18.7, 16.53, 2.37, 9.76

640 DATA 20.13, 1.74, 33.86, 23.2, 1.78, 47.68, 26.69, 2.12, 37.31, 16.5, 2.38, 29.94, 25.11, 1.89, 30.76, 18.75, 2.09, 16.1, 21.47, 2.62, 25.75, 17.93, 2.55, 24.52, 24.7, 2.34, 28.25, 15.5, 2.49, 16.42, 12.13, 1.94, 17.77, 15.67, 2.1, 17.96

参 考 文 献

〔1〕Griffing, B., 1956, Heredity, 10, 31—50.

〔2〕Griffing, B., 1956, Aust.J.Biological Sciences, 9, 463—493.

〔3〕Deguang Lin and Shu Geng, 1986, Journal of Agronomy and Crop Science, 157, 52—57.

〔4〕Morrison, D. F., 1976, Multivariate Statistical Methods.Mc Graw—Hill Book Company, New York.

〔5〕Moon, H.P., 1983, Inheritance of Low—temeprature induced—sterility and its relationship to agronomic characters in rice (Oryza sativa) Ph.D.Dissertation, University of California, Davis, CA.