

马铃薯植株7个主要性状的配合力分析*

杨万林¹, 李先平¹, 吴毅歆¹, 阎发祥², 隋后君¹

(1 云南省农科院 生物技术研究所, 云南 昆明 650223; 2 云南省禄劝县农技中心, 云南 禄劝 651500)

[摘 要] 研究了m ira等10个马铃薯品种的22个杂交组合无性一代的植株生长势等7个植株性状的群体遗传和配合力效应。结果表明, 晚疫病的亲本加性效应达90.6%; 开花性、茎色分离、株高分离、株形分离等4个植株性状的亲本非加性效应分别为72.3%, 80.1%, 81.5%, 93.0%; 植株生长势和花色分离的亲本加性和非加性效应均很重要, 其加性效应分别为45.2%, 47.9%, 非加性效应分别为54.8%, 52.1%。双亲(至少有1个)一般配合力高的杂交组合的群体表现, 优于双亲具有一般配合力平均值的杂交组合; 而双亲具有一般配合力平均值的杂交组合的群体表现, 优于双亲一般配合力都很低的杂交组合。根据亲本配合力可以有效预测杂交组合后代群体的遗传表现。

[关键词] 马铃薯; 植株性状; 遗传表现; 遗传参数; 配合力分析

[中图分类号] S532.032

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2004)09-0023-08

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)是茄科茄属多年生草本块茎植物^[1]。自然界的马铃薯倍性较复杂, 有2X, 3X, 4X, 5X, 6X种, 染色体基数 $X = 12$ ^[2,3]。生产上应用的马铃薯栽培种是四倍体种($2n = 4X = 48$), 其杂交后代的分离较二倍体作物复杂得多, 品种选育的难度非常大。据统计^[4], 一个马铃薯新品种的育出机率是二十万分之一, 一个重要新品种的育出机率是百万分之一。多年的育种工作经验表明^[5], 亲本本身的表现与其杂交后代的表现并不一致, 有些亲本本身表现并不特别优良, 但能从它们的杂交后代分离出很优良的个体或组合。

配合力分析作为评价和筛选亲本的有效手段, 被广泛用于马铃薯常规育种和生物技术育种^[6,7]。近年来, 有关马铃薯块茎产量和品质的遗传研究及马铃薯晚疫病(*Phytophthora infestans*)^[8~10]、早疫病(early blight)、干腐病(dry rot)、线虫病(*Globodera pallida*)、坏疽病(gangrene)等病害的配合力研究和遗传分析的报道较多。由于马铃薯的经济产量是地下块茎, 因此对植株性状的遗传研究不多, 对株形分离、株高分离、茎色分离、花色分离、开花性等植株性状的配合力研究还未见报道。而随着马铃薯育种的目标化, 马铃薯植株性状也显得更加重要。如: 在海拔冷凉地区的品种要求植株较高、生长势强、生育期长; 间套作地区的品种要求株形直立、株高较矮、较早熟; 花卉型的马铃薯品种对株形、株高、茎色、花

色、开花性和植株生长期有更高的要求。因此, 本试验对马铃薯晚疫病、生长势、株形分离、株高分离、茎色分离、花色分离、开花性等7个植株主要性状的群体遗传和配合力进行了研究, 首次分析了株形分离、株高分离、茎色分离、花色分离和开花性等5个植株性状在杂交后代群体中的遗传倾向, 为马铃薯目标育种及亲本选配提供了基础数据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以云南省主要马铃薯品种资源为研究对象, 主要材料有: m ira, hui-2(地方品种); HZ23, HZ88, CA和C IP 909(国际马铃薯中心品种); XW YY, ZHXW(农家品种); K6和N 7(外引品种)。各亲本的植株特性见表1。

1.2 试验方法

按 6×4 不完全双列杂交模型于2001-04在云南省农科院, 2001-07在内蒙古呼盟农科所配制杂交组合。配制成功22个杂交组合, 共27 346粒实生种子。m ira $\times$ XW YY和C IP 909 $\times$ N 7两个组合未做成。

当年将部分实生种子催芽后育苗移栽于大棚内, 获得22个实生薯家系共5 371粒块茎, 用杨万林等^[11]介绍的变温处理方法及时打破休眠备用。次年从每个实生薯家系中选取大小一致的健康薯块180粒, 随机分成3份, 每份60粒。田间采用完全随机区

* [收稿日期] 2003-07-22

[基金项目] 国家“863”计划项目(2001AA 241134); 云南省科技攻关项目(2001NG06)

[作者简介] 杨万林(1973-), 男, 云南永胜人, 助理研究员, 在读硕士, 主要从事马铃薯育种及推广示范研究。

组设计, 3 次重复; 4 行区, 株行距 35 cm × 60 cm, 每小区种植 60 粒。在云南省禄劝县撒营盘镇卡柱村进行田间试验。试验地海拔 2 200 m, 地势平坦, 土壤肥力均匀, 光照好; 前茬玉米。2002-03-14 播种, 在各生育期对植株性状进行调查、记载。

表1 参试各亲本的植株性状

Table 1 Parent characters of tested plants

	品种 Name	马铃薯晚疫病 Late blight	生长势 Plant vigor	株形 Plant shape	株高/cm Plant height	茎色 Stem color	花色 Flower color	开花性 Flowering quality
母本 Female	mira	8	M	D	60	PP	W	M
	hui-2	5	H	S	60	PP	L P	M
	HZ23	3	H	S	80	PP	W	H
	HZ88	1	H	S	95	P	R	H
	CA	5	H	S	86	G	W	H
	CIP909	1	M	D	60	G	W	H
父本 Male	ZHxW	9	H	S	75	P	P	H
	XWYY	9	H	S	75	P	P	H
	K6	2	H	S	83	P	P	H
	N7	6	M	S	55	G	W	L

注: M. 中等; H. 强; L. 弱; D. 扩散; S. 直立; PP. 局部紫色; P. 紫色; G. 绿色; L P. 浅紫色; W. 白色; R. 红色。
Note: M. Middling; H. High; L. Low; D. Diffusion; S. Straight; PP. Part purple; P. Purple; G. Green; L P. Light purple; W. White; R. Red

1.3 调查性状及方法

晚疫病(LB): 采用国际马铃薯中心标准, 分9级, 1= 不感晚疫病, 9= 极感晚疫病, 田间大面积发病时调查记载。

生长势(PV): 分9级, 从1级到9级分别为最差、较差、差、中等偏差、中等、中等偏强、强、较强、最强, 盛花期调查记载。

株形分离(PS): 分9级, 1级到5级均只有1种优势株形, 优势株形分别达95%以上, 90%~95%, 80%~90%, 70%~80%, 60%~70%; 6级到8级均有2种优势株形, 这2种优势株形之和分别达90%以上, 80%~90%, 70%~80%; 9级为无优势株形, 直立、扩散、匍匐各占30%以上; 盛花期调查记载。

株高分离(SPH): 分9级, 1级到9级分别为95%以上的植株高度差为15 cm以下, 15~20 cm, 20~25 cm, 25~30 cm, 30~35 cm, 35~40 cm, 40~45 cm, 45~50 cm, 50 cm以上, 盛花期调查记载。

开花性(FQ): 分9级, 1级到9级的正常开花植株分别为5%以下, 5%~10%, 10%~20%, 20%~35%, 35%~50%, 50%~75%, 75%~90%, 90%~95%, 95%以上, 盛花期调查记载。

花色分离(FCS): 分9级, 1级到5级均只有1种优势花色, 优势花色分别达95%以上, 90%~95%, 80%~90%, 70%~80%, 60%~70%; 6级到8级均

有2种优势花色, 这2种优势花色之和分别达90%以上, 80%~90%, 70%~80%; 9级为无优势花色, 白、红、紫各占30%以上; 盛花期调查记载。

茎色分离(SCS): 分9级, 1级到5级均只有1种优势茎色, 优势茎色分别达95%以上, 90%~95%, 80%~90%, 70%~80%, 60%~70%; 6级到8级均有2种优势茎色, 这2种优势茎色之和分别达90%以上, 80%~90%, 70%~80%; 9级为无优势茎色, 绿色、紫色局部分布、紫色全茎分布各占30%以上; 盛花期调查记载。

2 结果与讨论

2.1 各性状的方差分析

参照马育华^[12]介绍的配合力分析方法, 对试验结果进行统计分析和群体遗传参数的估算。结果(表2)表明, 杂交组合间的各被测性状均达极显著水平, 说明组合间的基因效应存在真实的遗传差异; 晚疫病的 g_i 和 g_j 均达极显著水平, s_{ij} 不显著, 说明杂交后代群体的晚疫病抗性主要受亲本加性效应的影响。其余6个性状的 g_i , g_j 及 s_{ij} 均达显著水平以上, 说明亲本的一般配合力(GCA)效应和特殊配合力(SCA)效应, 对杂交后代群体的这6个性状均有显著影响; 不同性状配合力方差显著, 表明亲本在这些性状上基因加性或非加性效应有显著差异。

表2 7个性状的方差分析结果(F 值)

Table 2 Results of variance analysis for various characters (F values)

差异来源 Source of var	晚疫病 LB	生长势 PV	开花性 FQ	株形分离 SPS	株高分离 SPH	花色分离 FCS	茎色分离 SCS	F _{0.05}	F _{0.01}
组合间 Crosses	6.62**	5.64**	15.19**	14.35**	5.34**	55.12**	15.91**	1.81	2.34
g _i (p ₁)	7.96**	8.42**	25.51**	14.68**	3.15*	63.57**	23.44**	2.44	3.49
g _j (p ₂)	26.14**	9.59**	14.27**	17.40**	4.07*	146.3**	6.54**	2.83	4.29
s _{ij}	1.59	3.65**	11.43**	13.52**	6.48**	30.83**	15.18**	1.97	2.59
区组间 Blocks	1.16	1.35	0.15	1.41	0.40	0.72	0.31	3.22	5.15

注: (1) * 0.05>P>0.01, ** P<0.01。 (2) LB. 晚疫病; PV. 生长势; FQ. 开花性; SPS 株形分离; SPH. 株高分离; FCS 花色分离; SCS 茎色分离。下表同。

Note: (1) * 0.05>P>0.01, ** P<0.01。 (2) LB. Late blight; PV. Plant vigor; FQ. Flowering quantities; SPS Separating of plant shapes; SPH. Separating of plant heights; FCS Separating of flower color; SCS Separating of stems color. It is the same in the following table.

2.2 配合力相对效应值的估算及分析

2.2.1 晚疫病、生长势和开花性的配合力相对效应分析 晚疫病的一般配合力(GCA)相对效应分析(表3)表明,ZHxW和N7达正向显著水平以上,二者作为父本的加性遗传效应使杂交后代群体易感晚疫病;HZ88和K6表现为负向极显著,二者的加性遗传效应使杂交后代群体不易感晚疫病。生长势的GCA相对效应分析表明,HZ23,ZHxW和CIP909达正向显著水平以上,其加性遗传效应使杂交后代群体的生长势很强,对当地气候具有较强的适应性;CA,mira,N7和K6达负向极显著或显著,其加性遗传效应使杂交后代群体的生长势极差,不适应当地的气候。开花性的GCA相对效应分析表明,CIP909和HZ23表现正向极显著,表明二者控制开花的基因加性效应较大;mira,CA,hui-2和N7表现负向极显著,表明4个亲本控制开花的基因加性效应较小。

晚疫病的特殊配合力方差并不显著(表2),因此特殊配合力(SCA)相对效应值(表3)也无显著差异。CA×XWYY植株生长势的SCA相对效应达负向极显著,表明亲本间的非加性效应极小;其余组合均未达显著水平。开花性的SCA相对效应分析表明,hui-2×XWYY,mira×K6,CA×K6达正向显著水平以上,其亲本间控制开花的基因非加性效应显著。mira×ZHxW,HZ23×K6,CA×XWYY达负向显著水平以上,其亲本间抑制开花的基因非加性效应显著。

由表4可以看出,CIP909×K6,HZ88×K6,mira×K6的晚疫病总配合力(Total Combining Ability, 简记TCA)相对效应值达负向显著或极显著水平,表明这3个组合对晚疫病的抗性优于其他组合。HZ23×XWYY,HZ23×ZHxW,CIP909×

ZHxW,hui-2×XWYY的生长势TCA相对效应达正向显著或极显著水平,表明这4个组合后代群体的生长势极强,对当地气候的适应性优于其他组合。CIP909×ZHxW,CIP909×XWYY,hui-2×XWYY,HZ23×ZHxW,HZ23×XWYY的开花性TCA达正向极显著,表明这5个组合的后代群体开花比例高,开花较繁茂;而mira×ZHxW,mira×N7,hui-2×K6,hui-2×N7,CA×XWYY的TCA达负向极显著,表明这5个组合的后代群体开花比例低,开花少。

晚疫病TCA排名后5位的组合的父本均为K6,表明K6作为父本对其杂交后代群体的晚疫病抗性有很好的遗传效应,是优良抗晚疫病亲本。生长势和开花性的TCA,排名前5位的组合父本为ZHxW或XWYY,表明ZHxW和XWYY作为父本对其杂交后代群体的植株生长势和开花性有较大的遗传效应。

2.2.2 株形、株高、花色和茎色分离的配合力相对效应分析 株形分离、株高分离、花色分离和茎色分离4个性状的配合力相对效应值大小,分别反映了亲本对其杂交后代群体的株形、株高、花色和茎色分离程度的遗传。效应值大表明亲本的遗传效应使群体该性状的分离程度大,效应值小表明亲本的遗传效应使群体比较整齐一致,分离程度小。株形、株高、花色和茎色分离程度,是筛选植株性状整齐一致的优良杂交实生籽组合的主要评价指标。这4个性状的配合力综合效应,可以综合评价亲本对其杂交后代群体植株分离的配合力效应和群体的植株分离程度。

CIP909和K6的GCA综合位次(表3)分别为母本、父本组的第一位,表明二者植株性状分离的加性

效应较大。对GCA 相对效应的分析表明,C IP909 在株形、株高、花色和茎色分离的遗传中具有较大的加性效应;K6 在株形、株高和花色分离的遗传中具有较大的加性效应。此外,m ira 在花色和茎色分离的遗传中,hui-2 在株形和茎色分离的遗传中,N 7 在株形和花色分离的遗传中具有很小的加性效应。对SCA 相对效应的综合分析(表3)表明,CA ×ZH XW 的非加性效应最大,m ira ×ZH XW 的非加性效应最小,二者均达显著水平。

对TCA 相对效应的综合分析(表4)表明,C IP909 ×K6, CA ×ZH XW 的综合值分别达极显著、显著水平,这2 个组合的株形、株高、花色和茎色等植株性状的分离很大;m ira ×ZH XW, CA ×XW YY, HZ23 ×N 7 的综合值分别达负向显著水平以上,表明这3 个杂交组合的后代群体在株形、株高、花色和茎色上的分离很小,群体的植株比较整齐一致,从植株性状评价看是优良的杂交实生籽组合。

表3 各性状一般配合力和特殊配合力相对效应值

Table 3 Relative effects of general and special combining ability for various characters

品系 Parent/cross	晚疫病 LB	生长势 PV	开花性 FQ	株形分离 SPS	株高分离 SPH	花色分离 FCS	茎色分离 SCS	综合GCA Synthetic GCA
母本 Female								
m ira	10.0	- 18.2**	- 21.8**	9.3	0.9	- 26.6**	- 21.7**	- 11.5
hui-2	- 2.2	2.3	- 18.0**	- 28.9**	7.4	- 3.4	- 18.3**	- 11.6
HZ23	7.4	19.9**	21.5**	- 6.3	- 16.3*	3.2	11.7	- 7.8
HZ88	- 15.0**	3.9	7.8	- 3.0	- 0.5	17.5**	- 3.3	4.0
CA	7.4	- 21.8**	- 18.0**	6.7	1.1	- 19.0**	- 5.0	- 5.1
C IP909	- 7.6	13.8*	28.4**	22.2**	7.3	28.3**	36.7**	32.1**
SE ₁	5.0	6.7	6.2	6.4	6.9	3.7	6.3	9.5
父本 Male								
ZH XW	11.2**	15.1**	9.37	- 5.2	- 6.3	12.3**	1.1	- 5.6
XW YY	0.1	10.0	8.9	- 6.7	- 7.4	15.1**	4.4	- 4.4
K6	- 20.9**	- 12.7*	1.3	22.8**	8.5	11.4**	- 13.3*	12.9
N 7	9.7*	- 12.5*	- 19.5**	- 11.0*	5.2	- 38.9**	7.8	- 2.8
SE ₂	4.1	5.5	5.1	5.2	5.6	3.0	5.1	13.6
杂交组合 Cross								
m ira ×ZH XW	13.5	- 4.2	- 32.9*	- 39.4*	- 25.2	- 33.5**	- 19.4	- 23.8*
m ira ×K6	- 12.1	4.3	35.9*	3.7	- 8.3	19.6*	- 11.7	- 0.1
m ira ×N 7	8.6	- 8.7	- 16.2	37.5*	26.5	2.0	13.9	16.3
hui-2 ×ZH XW	0.1	- 31.2	- 6.3	- 20.7	- 0.1	- 4.5	17.2	- 0.6
hui-2 ×XW YY	4.8	25.3	42.8**	64.9**	26.4	18.9*	0.6	21.2
hui-2 ×K6	6.5	- 3.4	- 22.5	- 22.8	- 21.1	1.6	- 48.3**	- 18.9
hui-2 ×N 7	- 11.3	9.2	- 13.9	- 21.3	- 5.2	- 16.0	30.6*	- 1.7
HZ23 ×ZH XW	- 9.6	- 3.9	14.9	8.4	- 20.6	4.7	7.2	- 1.8
HZ23 ×XW YY	1.5	20.5	9.4	- 9.5	5.8	22.8*	- 36.1*	- 2.7
HZ23 ×K6	3.3	- 14.6	- 31.6*	6.3	15.2	21.2*	28.3	15.3
HZ23 ×N 7	4.8	- 2.0	7.3	- 5.2	- 0.5	- 48.6**	0.6	- 10.8
HZ88 ×ZH XW	- 6.4	- 0.7	4.3	24.6	20.5	6.0	- 31.1*	4.1
HZ88 ×XW YY	4.8	- 8.4	- 13.4	- 12.7	15.3	- 33.4**	32.2*	2.0
HZ88 ×K6	6.5	7.9	- 5.8	15.9	- 19.5	- 14.1	16.7	- 2.3
HZ88 ×N 7	- 4.9	1.2	14.9	- 27.8	- 16.3	41.5**	- 17.8	- 3.8
CA ×ZH XW	- 3.2	25.0	- 0.3	27.8	25.2	32.1**	30.6*	24.1*
CA ×XW YY	1.5	- 46.9**	- 48.4**	- 28.9	- 36.8*	- 12.5	- 19.4	- 21.0
CA ×K6	- 3.2	20.7	32.2*	- 26.1	4.2	10.1	- 28.3	- 6.7
CA ×N 7	4.8	1.2	16.5	27.2	7.4	- 29.7**	17.2	3.7
C IP909 ×ZH XW	5.5	15.0	20.3	- 0.6	0.1	- 4.7	- 4.4	- 2.0
C IP909 ×XW YY	- 2.6	0.9	- 3.5	- 12.1	- 17.7	- 7.5	5.6	- 7.1
C IP909 ×K6	- 0.9	- 14.9	- 8.1	23.1	29.6	1.3	43.3**	20.8
SE ₁₂	11.92	15.89	14.75	15.25	16.42	8.85	14.99	11.7

注:综合GCA 为株形分离、株高分离、花色分离和茎色分离配合力的综合值。下表同。

Note: Synthetic GCA is the synthetic values of SPS, SPH, FCS and SCS. It is the same in the following table

表4 各性状总配合力相对效应值

Table 4 Relative effects of total combining ability for various characters of plants

组合名称 Cross	晚疫病 LB	生长势 PV	开花性 FQ	株形分离 SPS	株高分离 SPH	花色分离 FCS	茎色分离 SCS	综合GCA Synthetic GCA
m ira×ZHXY	34 7**	- 7.3	- 45 3**	- 35 3**	- 30 5*	- 47.8**	- 40 0**	- 22 6**
m ira×K6	- 23 0*	- 26.6	15.4	35 8**	1.1	4.5	- 46 7**	0.2
m ira×N7	28 3**	- 39.4**	- 57.5**	35 8**	32.7*	- 63.4**	0.0	4.9
hui-2×ZHXY	9.0	- 13.7	- 14.9	- 54.7**	1.1	4.5	0.0	- 7.3
hui-2×XW YY	2.6	37.6**	33.7**	29.3*	26.4	30.6**	- 13.3	12.1
hui-2×K6	- 16.6	- 13.7	- 39.2**	- 28.9*	- 5.2	9.7	- 80 0**	- 14.2
hui-2×N7	- 3.8	- 0.9	- 51.4**	- 61.2**	7.4	- 58.2**	20.0	- 11.8
HZ23×ZHXY	9.0	31.2*	45.8**	- 3.0	- 43.1**	20.2**	20.0	- 5.1
HZ23×XW YY	9.0	50.4**	39.7**	- 22.4	- 17.9	41.1**	- 20.0	- 4.9
HZ23×K6	- 10.2	- 7.3	- 8.9	22.8	7.4	35.8**	26.7*	12.6
HZ23×N7	21.9*	5.5	9.4	- 22.4	- 11.5	- 84.3**	20.0	- 15.0*
HZ88×ZHXY	- 10.2	18.3	21.5	16.4	13.7	35.8**	- 33.3*	5.5
HZ88×XW YY	- 10.2	5.5	3.3	- 22.4	7.4	- 0.7	33.3*	2.4
HZ88×K6	- 29.4**	- 0.9	3.3	35.8**	- 11.5	14.9	0.0	4.5
HZ88×N7	- 10.2	- 7.3	3.3	- 41.8**	- 11.5	20.2**	- 13.3	- 8.0
CA ×ZHXY	15.4	18.3	- 8.9	29.3*	20.1	25.4**	26.7*	15.1*
CA ×XW YY	9.0	- 58.6**	- 57.5**	- 28.9*	- 43.1**	- 16.4*	- 20.0	- 18.2*
CA ×K6	- 16.6	- 13.7	15.4	3.4	13.7	2.4**	- 46.7**	- 2.0
CA ×N7	21.9*	- 33.0*	- 21.0	22.8	13.7	- 87.6**	20.0	- 1.5
C IP909×ZHXY	9.0	44.0**	58.0**	16.4	1.1	35.8**	33.3*	11.1
C IP909×XW YY	- 10.2	24.7	33.7**	3.4	- 17.9	35.8**	46.7**	6.7
C IP909×K6	- 24.9**	- 13.7	21.5	68.1**	45.3**	41.1**	66.7**	33.2**
SE	10.01	13.35	12.39	12.81	13.80	7.44	12.59	7.4

2.3 各测试性状的群体遗传表现

不同性状的遗传力差异表明, 亲本在这些性状上以基因加性效应为主的遗传效应不同。亲本间的基因非加性效应反应了亲本间非加性效应在不同性状上遗传力的大小, 其差异表明在不同性状上非加性遗传效应的不同^[13, 14]。各被测性状的群体遗传参数估计值(表5)表明, 不同性状间各遗传力的差异极大。所有被测性状的 h^2_B 均大于60%, 表明基因的遗传效应大于环境的影响, 其中花色分离的 h^2_B 达到了95%, 表明花色及花色分离受环境影响极小。晚疫病的 h^2_N 达61.3%, 表明该性状的可遗传效应较大。对亲本的加性和非加性效应作进一步分析表明, 晚疫

病的母本和父本遗传力分别为25.4%, 65.2%, 双亲的加性效应达90.6%, 说明晚疫病的遗传基本上是以父本遗传效应为主的加性效应, 因此选配组合时应主要考虑父本的遗传效应。植株生长势和花色分离的加性和非加性效应相当, 表明基因的加性和非加性效应对这2个性状同等重要, 选配组合时须同时考虑双亲各自的遗传效应和双亲遗传差异。株形分离、株高分离、开花性、茎色分离等4个性状的非加性效应在72.3%~93.0%, 表明这4个性状的遗传以双亲间的基因非加性效应为主, 选配组合时应着重考虑双亲的遗传差异。

表5 各性状群体遗传参数估计值

Table 5 Estimates of heredities for various characters %

遗传参数 Parameter	晚疫病 LB	生长势 PV	开花性 FQ	株形分离 SPS	株高分离 SPH	花色分离 FCS	茎色分离 SCS
母本遗传力 h^2_{f} Female heredity	25.4	24.7	24.4	2.2	12.4	14.3	11.7
父本遗传力 h^2_{m} Male heredity	65.2	20.5	3.3	4.8	6.2	33.6	8.3
加性效应 h^2_{1+2} Additive gene action	90.6	45.2	27.7	7.0	18.5	47.9	19.9
非加性效应 h^2_2 Non-additive gene action	9.4	54.8	72.3	93.0	81.5	52.1	80.1
广义遗传力 h^2_B Broad sense heredity	67.7	61.7	82.8	81.8	69.1	95.0	85.5
狭义遗传力 h^2_N Narrow sense heredity	61.3	27.9	22.9	5.7	12.8	45.5	3.0

2 4 TCA , GCA , SCA 以及群体性状值间的相关关系

马铃薯杂交组合的优劣是亲本的加性效应和亲本间的非加性效应共同作用的结果, GCA 和 SCA 相对效应值只能分别代表亲本基因的部分遗传效应, 而不能全面评价杂交组合的总体表现。总配合力相对效应(TCA)是指亲本的一般配合力相对效应和双亲间特殊配合力相对效应之和, 包含了亲本的加性效应和亲本间的非加性效应, 是亲本的各种遗传

效应在其杂交组合后代群体中总的体现。通过对总配合力相对效应值、一般配合力相对效应值、特殊配合力相对效应值、群体性状值之间的相关性分析, 结果(表 6)表明, TCA 与群体性状值的相关系数为 1, GCA 与 TCA 的相关系数等于 GCA 与群体性状值的相关系数, SCA 与 TCA 的相关系数等于 SCA 与群体性状值的相关系数, 说明通过 TCA 能准确评价杂交组合的群体表现。

表 6 各种配合力相对效应及性状值之间的相关关系

Table 6 Correlations between combining ability and character values

性状 Character	$r(g, s)$	$r(g, T)$	$r(g, x)$	$r(s, T)$	$r(s, x)$	$r(T, x)$
晚疫病 LB	0.417	0.510*	0.510*	0.409	0.409	1.00**
生长势 PV	0.006	0.777**	0.777**	0.647**	0.647**	1.00**
开花性 FQ	0.021	0.738**	0.738**	0.690**	0.690**	1.00**
株形分离 SPS	0.011	0.649**	0.649**	0.767**	0.767**	1.00**
株高分离 SPH	0.045	0.519*	0.519*	0.877**	0.877**	1.00**
花色分离 FCS	0.018	0.814**	0.814**	0.596**	0.596**	1.00**
茎色分离 SCS	0.216	0.721**	0.721**	0.832**	0.832**	1.00**

注: (1) g 、一般配合力; s 、特殊配合力; T 、总配合力; x 、群体性状值; $r(g, s)$ 、一般配合力与特殊配合力的相关系数; 依此类推; (2) $r(0.05, 20) = 0.423$, $r(0.01, 20) = 0.537$; (3) * $0.05 > P > 0.01$, ** $P < 0.01$ 。

Note: (1) g . General combining ability; s . Special combining ability; T . Total combining ability; x . The value of character; $r(g, s)$. The correlation coefficient between general and special combining ability; the rest may be deduced by analogy; (2) $r(0.05, 20) = 0.423$, $r(0.01, 20) = 0.537$; (3) * $0.05 > P > 0.01$, ** $P < 0.01$ 。

7 个被测性状的 GCA 与 SCA 的相关系数均不显著, 表明 GCA 和 SCA 间无必然联系, 一般配合力较高的亲本间不一定具有较高的特殊配合力; 反之, 一般配合力较低的亲本间的特殊配合力可能会很高。

马铃薯晚疫病的 $r(g, s)$ 为 0.417, 接近 $r(0.05, 20) = 0.423$, 表明晚疫病抗性的 GCA 与 SCA 有一定的相关性, 选择 GCA 高的亲本组配可获得相对较高的 SCA, 从而获得具有较高 TCA 的杂交组合。同时, 马铃薯晚疫病的 $r(g, T)$ 和 $r(g, x)$ 显著而 $r(s, T)$ 和 $r(s, x)$ 不显著, 表明亲本间晚疫病的总配合力效应及其杂交组合后代对晚疫病的群体表现受亲本间特殊配合力的影响较小, 主要受一般配合力的影响。

其余 6 个被测性状的 $r(g, T)$ 和 $r(g, x)$ 均达显著或极显著水平, 表明亲本一般配合力效应的大小对总配合力效应和杂交组合后代的群体平均表现有显著影响。也就是说, 具有较高一般配合力的亲本间具有较高的总配合力效应, 其杂交组合后代具有较高的群体平均值。同时, 这些性状的 $r(s, T)$ 和 $r(s, x)$ 均达极显著水平, 表明亲本间特殊配合力效应对总配合力效应和杂交组合后代的群体表现也非常重要。

2 5 通过亲本配合力效应预测杂交组合后代群体的表现

7 个被测性状各自的 TCA 效应前 5 位的杂交组合的配合力组合类型统计见表 7。

表 7 优良杂交组合类型分析

Table 7 Type analysis of superior crosses

类型 Type	数量 Number	所占比例/% Percentage	类型 Type	数量 Number	所占比例/% Percentage
H×H	13	37.1	M×M	5	14.3
H×M, M×H	12	34.3	M×L, L×M, L×L	0	0
H×L, L×H	5	14.3	合计 Total	35	100

由表 7 可见, 30 个组合的双亲中至少有一个亲本具有较高的一般配合力, 占 85.7%; 组合类型为 M×M 的 5 个优良组合的亲本间的特殊配合力效应均

排在前列, 并达正向显著水平以上。表 7 结果表明, 双亲(至少有 1 个)的一般配合力较高的杂交组合的群体表现优于双亲一般配合力中等或较低的杂交组

合;在双亲的一般配合力均较高的杂交组合中,双亲间特殊配合力更为重要,特殊配合力较高的组合优于特殊配合力较低的组合^[13~18];在双亲的一般配合力均不高的组合中,只有双亲间具有较高的特殊配合力的组合才能有较好的群体表现。

显然,通过亲本的配合力效应预测杂交组合后代的群体表现是可行的。在进行亲本选择和杂交组合配制时,应选择具有较高的一般配合力的亲本,至少保证有1个亲本具有较高的一般配合力;否则,须保证双亲间有较高的特殊配合力。

[参考文献]

- [1] 门福义,刘梦芸. 马铃薯栽培生理[M]. 北京:中国农业出版社,1995:1-3
- [2] 哈里斯 P.M. 马铃薯改良的科学基础[M]. 蒋先明,田玉丰,赵越,等译. 北京:农业出版社,1984:59-71
- [3] 布卡索夫 C.M. 马铃薯育种和良种繁育[M]. 李克来,译. 呼和浩特:内蒙古马铃薯科学研究中心编辑室,1983:11-43
- [4] 隋启君. 中国马铃薯育种对策浅见[J]. 中国马铃薯,2001,15(5):259-264
- [5] 巩秀峰,李文刚,王林萍,等. 马铃薯杂种群体的性状相关及其配合力分析[J]. 马铃薯杂志,1992,6(2):86-90
- [6] Horsman K, Bergervoet J E M, Jacobsen. Somatic hybridization between *Solanum tuberosum* and other strains[J]. Euphytica, 1997, 97(3): 345-352
- [7] Frei U, Statmann M, Lossi A, et al. Aspects of fusion combining ability of dihaploid *Solanum tuberosum* L.: influence of cytoplasm [J]. Potato Research, 1998, 41(2): 155-162
- [8] Flier W G. Formation, production and viability of oospores *Phytophthora infestans* from potato and *Solanum demissum* in the Toluca Valley, Central Mexico [J]. Mycological Research, 2001, 105(8): 998-1006
- [9] Caligari P D S, Machay G R, Stewart H E, et al. A seedling progeny test for resistance to potato foliage blight (*Phytophthora infestans*) [J]. Potato Research, 1984, 27: 43-50
- [10] Stewart H E, Wastie R L, Bradshaw J E, et al. Inheritance of resistance to late blight in foliage and tubers of progenies from parents differing in resistance [J]. Potato Research, 1992, 35: 313-319
- [11] 杨万林, 隋启君. 马铃薯不同基因型微型薯休眠特性及其调控研究[J]. 山地农业生物学报, 2003, 22(1): 5-8, 12
- [12] 马育华. 植物育种的数量遗传学基础[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1982:378-437
- [13] Gopal J. General combining ability and its repeatability in early generations of potato breeding programmes [J]. Potato Research, 1998, 41(1): 21-28
- [14] Gopal J, Minocha J L. Heterosis and combining analysis in potato over two clonal generations [J]. Journal of the Indian Potato Association, 1998, 25(1-2): 8-15
- [15] Gopal J. Progeny selection for agronomic characters in early generations of a potato breeding programme [J]. Theoretical and Applied Genetics, 1997, 95: 307-311
- [16] Gopal J. Identification of superior parents and crosses on potato breeding programmes [J]. Theoretical and Applied Genetics, 1998, 96(2): 287-293
- [17] Mendoza H A. Selection on uniform progenies to use TPS in commercial potato production [Z]. Lima Peru: (in) Report of planning conference on innovative methods for propagating potatoes, 1985
- [18] Neele A E F, Nab H J, Loues K M. Identification of superior parents in a potato breeding programme [J]. Theoretical and Applied Genetics, 1991, 89(2): 264-272

Combining ability analysis for 7 plant's main characters in potato (*Solanum tuberosum*)

YANG Wan-lin¹, LI Xian-ping¹, WU Yi-xin¹, YAN Fa-xiang², SUI Qi-jun¹

(1 Biotechnology Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming, Yunnan 650223, China;

2 Agri-Technology Extension Center, Luquan County, Yunnan 651500, China)

Abstract: A study was conducted on 22 crosses from 10 varieties including mira variety to evaluate 7 main characters of plant in the first clonal year potato crops. The results indicated additive gene action of parents for late blight was 90.6%. Non-additive gene actions of parents for flowering qualities, color separation

rating of stems, separating of plant's heights and shapes was 72.3%, 80.1%, 81.5%, 93.0%, respectively. Their non-additive gene actions were more important than additive gene actions in the progeny's inheritance. And both additive and non-additive gene actions were found to have the same importance with a preponderance of the later in the inheritance of plant vigor and color separating of flowers. Progeny means of crosses involving both or at least one parent with good general combining ability was, in general, higher than that of other cross combinations for various characters including plant's vigor and late blight. Selection of parents based on their general combining ability and crossing them in all possible combinations to select the best single plant or true-seed potato crosses by progeny test would be a suitable breeding strategy for potato crops.

Key words: potato (*Solanum tuberosum* L.); plant's character; genetic performance; genetic parameter; combining ability analysis

(上接第22页)

Analysis of combining ability and stability of potassium content of flue-cured tobacco leaves

DING Yong-le, LI Qin-kui, YANG Tie-zhao, XU Zi-cheng

(College of Agronomy, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China)

Abstract: The combining ability and stability of flue-cured tobacco leaf potassium content were analysed, using 6 flue-cured tobacco cultivars and their complete dialler cross progenies at the localities in Henan. The results showed that the interaction effect of genotypes and their environment was significant. The average potassium content of F_1 (RG17 $\times$ Panyuanhuang) was the highest and stablest. The differences of general combining ability (GCA) and special combining ability (SCA) were very significant among the 6 parents. K326, one of the parents, has the highest GCA, the following were RG17 and Panyuanhuang.

Key words: potassium content; analysis of stability; combining ability; flue-cured tobacco; tobacco leaves