

马铃薯杂交育种中的亲本选配

吕文河

(东北农业大学 哈尔滨 150030)

在杂交育种工作中,亲本的选配在很大程度上决定了育种计划的成败。在选择亲本时要根据主要的育种目标进行,企图选育多用途的品种是不现实的。例如,以选育适合加工法式炸条的品种为育种目标时,育种工作者应集中精力于少数性状,这样比选育通用品种更易获得成功。另外,在选配亲本时也要考虑产量及保护性状,如对环境条件的适应性、对栽培措施的反应、对病虫害抗性的要求,在种植区内的相对重要性。选配亲本时主要目的是能够创造出一个好的育种群体,在这个群体中育种目标所涉及到的性状平均值要高,且遗传变异广泛。由于大多数农艺性状是由多基因控制的数量性状,要获得较高的育种群体平均值,估算这些数量性状的一般配合力(GCA)和特殊配合力(SCA),并比较它们的相对重要性很有必要,因为了解这些信息可以增加亲本选配的预见性。

1 配合力的估算

如果一个性状的 GCA 占优势,我们就可以根据亲本的表现选配亲本,但是,如果 SCA 是主要的,我们只能根据测交的结果进行亲本的选配。有许多文献报道了配合力,为了明确数量性状 GCA 和 SCA 的相对重要性,可以利用这些文献的方差分析或方差组

份估值结果计算 GCA 和 SCA 的方差组份以及 GCA/SCA 值。表 1 只列出了以 Group Tuberosum 品种(系)为亲本的研究结果。从表 1 可以看出:产量性状 GCA/SCA 方差组份的比值变化范围在 0.13~2.43,其中,2 个比值为 2.43 和 2.00,明显大于 1,4 个比值为 0.50、0.22、0.26、0.13,明显小于 1,而剩余的 2 个比值为 1.41 和 1.05,所以说,在 Tuberosum 杂交组合中,产量的遗传 SCA 起主要作用,在选配亲本时,不要只根据 GCA 的信息;对平均块茎重来说,表 1 的 3 个 GCA/SCA 比值分别为 9.53、2.15、1.16,大于或略大于 1;至于块茎数,4 位研究者中只有一位发现 SCA 效应大于 GCA 效应;对于成熟期、比重、块茎外形、空心、蛋白质含量这些性状,GCA 似乎比 SCA 重要,因为在表 1 中这些性状的

表 1 以 Tuberosum 为试材的 GCA 和 SCA 方差组份估值及它们的比值

研究者和性状	GCA	SCA	GCA/SCA
Sanford (1960, 表 16、20、23) ^[1]			
产 量	0.705	1.402	0.50
比 重	5.093	2.858	1.78
块茎外形	0.127	0.127	1.00
Plaisted et al. (1962, 表 4) ^[2]			
产 量	0.71	3.22	0.22

续 表

研究者和性状	GCA	SCA	GCA / SCA
Mullin and Lauer(1966, 表 4)⁽³⁾			
产 量	0.288	0.204	1.41
块茎外形	0.048	0.006	8.00
Dalianis et al.(1966,表 6)⁽⁴⁾			
烹调后变黑	0.106	0.071	1.51
Tai (1976,表 2)⁽⁵⁾			
总 产	2.06	7.95	0.26
商品薯产量	2.44	5.32	0.46
块茎数	98.19	358.81	0.25
商品薯块茎数	30.38	87.72	0.35
平均块茎重	1310.75	137.56	9.53
商品薯平均块茎重	1660.53	248.15	6.69
比 重	10.12	5.60	1.81
Killick(1977,表 2)⁽⁶⁾			
产 量	0.064	0.500	0.13
平均块茎重	360.17	167.60	2.15
有裂缝块茎百分数	0.801	4.443	0.18
质 地	0.0058	0.0102	0.57
烹调后变黑	0.0130	0.0331	0.39
成熟期	0.0549	0.0038	14.46
Dorozhkin et al(1977,表 2)⁽⁷⁾			
产 量	0.0017	0.0007	2.43
块茎数	0.731	0	—
Veilleux and Lauer(1981,表 5、6、7)⁽⁸⁾			
总 产	0.052	0.026	2.00
块茎数	4.39	1.06	4.14
商品薯产量	0.032	0.030	1.07
商品薯块茎数	1.25	0.33	3.79
块茎空心	0.22	0.21	1.05
Veilleux et al(1981,表 3)⁽⁹⁾			
块茎蛋白质	0.051	0	—
Gauc et al(1983,表 1)⁽¹⁰⁾			
产 量	0.070	0.063	1.11
平均块茎重	4.73	4.09	1.16
块茎数	1.15	0.04	28.75
干物质	0.042	0.040	1.05
Loiselle(1989,表 10)⁽¹¹⁾			
炸片颜色			
——收获时	0.105	0.052	2.02
——6~7℃下贮藏 3 个月	0.099	0.026	3.74
——22~24℃下同温处理	0.095	0.050	1.85

报道较少, Killick(1977)⁽⁶⁾的研究结果表明, 对质地和烹调后变黑这两个性状来说 SCA 占优势, 然而 Dalianis et al(1966)⁽⁴⁾对后一个性状求得的 GCA/SCA 比值却为 1.51, Loiselle(1989)⁽¹¹⁾报道了马铃薯收获时、6~7℃贮藏 3 个月以及冷贮后 23℃回温处理炸片色泽的 GCA/SCA 比值分别为 2.02、3.74 和 1.85。关于对病虫害抗性进行配合力分析的报道更为少见。Killick 和 Malcolmson (1973)⁽¹²⁾利用不同材料研究了对晚疫病的抗性, 发现 SCA 是主要的, 然而 Tai 和 Hodgson(1975)⁽¹³⁾以及 Malcolmson 和 Killick(1980)⁽¹⁴⁾分别以 Tuberosum, Tuberosum 和 Andigena 为试材, 却发现对晚疫病的抗性主要是由于亲本的 GCA 效应。Phillips 等(1979)⁽¹⁵⁾研究了一些亲本材料(包括 S-vernei)的后代, 结果表明对马铃薯白孢囊线虫的抗性 GCA 和 SCA 均重要。

以上结果说明, 数量性状的遗传 GCA 占优势。但是, 这并不意味着可以忽视 SCA 的重要性, 因为许多性状, 特别是产量性状, SCA 的确起很大作用, 因此, 在选配亲本时有必要作测交试验。

虽然对亲本进行配合力分析, 如采用双列杂交法⁽¹⁶⁾和 NC-Ⅱ法⁽¹⁷⁾, 可为亲本选配提供有用的信息, 然而, 在实际育种工作中这些方法却很少应用, 这是因为这些设计费时费力, 并且很难配齐必要的组合。因此, 有必要探索预测后代表现的其它方法。

2 评价亲本优劣的其它方法

2.1 利用亲本自身性状预测

Maris(1989)⁽¹⁸⁾比较了 10 个性状的狭意遗传力, 亲本表现平均值和亲本 GCA 效应值间的相关系数, 中亲值和后代群体平均值间的相关系数(表 2), 发现除株高和出苗

期外, 其它性状亲本的表现和 GCA 效应值相关显著或极显著, 并且, 除株型外, 该相关系数大小与狭意遗传力估值大小相似, 而中亲值和群体均值之间的相关系数, 对大多数性状来说, 略低于或大大低于相应的狭意遗传力。中亲值和后代群体平均值间的相关系数, 除株高和出苗期外, 范围在 0.51~0.85。然而, 对产量和块茎数而言, 相关系数分别为 0.51 和 0.59, 相关性相对较低。Neele 等 (1991)^[19]的研究结果表明, 早收时(收获种薯), 对大多数性状来说中亲值和后代平均值的相关性较好, 相关系数超过 0.80, 而茎叶鲜重、主茎数、块茎形状、块茎数的相关系数呈中等大小, 晚收时(收获商品薯), 相关性较弱, 特别是产量性状, 只达 0.14, 这说明用中亲值预测后代商品薯的平均产量效果不够理想。

表 2 无性二代性状的狭意遗传力(a), 亲本均值与亲本 GCA 效应值间的相关系数(b) 以及中亲值与后代群体均值间的相关系数(c) (Maris, 1989)

性 状	a	b (df=8)	c (df=53)
出苗期	0.27	0.30	0.16
主茎数	0.91	0.97**	0.85**
株 高	0.19	0.26	0.21
株 型	0.37	0.77*	0.55**
成熟期	0.75	0.84**	0.72**
一般印象	0.85	0.97**	0.72**
块茎数	0.85	0.69*	0.59**
块茎产量	0.96	0.78**	0.51**
平均块茎重	0.94	0.96**	0.78**
水中重量	0.90	0.85**	0.81**

注: * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$

2.2 利用双单倍体预测

利用花药培养或孤雌生殖的方法可以直

接从四倍体无性系获得双单倍体。由于双单倍体是由未受精的花粉或卵细胞直接发育而来, 所以这样的双单倍体可以被用来评价无性系的亲本价值。Matsubayashi (1979)^[20]利用这种方法调查了品种 Chippewa 双单倍体形态性状的分离情况, Maris (1973)^[21]利用二倍体后代研究了对癌肿病抗性的遗传。对每一个亲本来说, 只需要评价一个后代家系, 然而, 这种方法要获得大量的双单倍体, 比较费事, 据 Neele and Louwes (1986)^[22]报道, 采用孤雌生殖的方法, 他们利用 300m²的温室, 花了 3 个月的时间, 从 22 个品种获得了 10 000 粒双单倍体种子, 但是大约只有 50% 的种子可用于进一步的评价, 其它的种子不能萌发, 萌发后很快死亡, 或表现出严重的生长异常。此外, Caligari 等 (1988)^[23]也报道了类似的现象。根据 Neele 等 (1991)^[19]的研究结果, 利用双单倍体预测亲本无性系的育种价值, 虽然有些例外情况, 但总的来说并不比中亲值优越。他们解释道, 这可能是由于许多双单倍体后代生长发育不良, 但这与四倍体亲本的育种价值无关。用 S. phurefa 授粉后, 获得的双单倍体有害隐基因可能会处于同质状态, 但在四倍体水平上大多数这样的隐性基因可处于杂合状态而不被发现。

2.3 利用自交后代预测

利用亲本的自交后代预测亲本的育种价值时, 每个亲本只需要评价一个后代群体, 但是只有亲本雄性能育时才能采用这种方法。Feistritzer (1952)^[24]利用自交后代预测亲本的育种价值, 但是并没有获得满意的结果。Brown 和 Caligari (1989)^[25]发现, 对块茎总产、平均块茎重、块茎数来说, 利用亲本自交后代中值预测组合实际表现, 好于利用中亲值预测的结果, Neele 等 (1991)^[19]认为, 和亲本中亲值相比, 利用亲本自交后代预测组合表现的效果并没有得到改善。应该指出的是, 评价自交后代比评价亲本本身要费时费

力。

2.4 利用 $4_x - 2_x$ 测交预测

由联会消失突变体产生的 FDR 型 2_n 花粉在遗传上是一致的,所以只需要很少的测交后代评价母本的育种价值。据 Neele 等 (1991)^[19]报道,无论早收(收获种薯)还是晚收(收获商品薯), $4_x - 2_x$ 测交结果都能很好地预测亲本杂交后代的实际结果。早收时,利用 $4_x - 2_x$ 测交预测至少和利用中亲值预测效果相当,只有对早期生长状况、块茎数、主茎块茎数、生物产量的预测效果较中亲值的差,但用测交预测其它性状均等于或好于用中亲值。在晚收时,测交的预测效果好于利用中亲值的效果,特别是块茎形状、块茎产量、水中重量更是如此,而后两个性状在育种中

是非常重要的。所以说,利用产生 FDR 型 2_n 花粉的二倍体作父本进行测交在预测组合实际表现方面优于中亲值。

3 增加亲本的遗传多样化

在选配亲本时要考虑的另一个问题是亲本的遗传多样性,用遗传上多样性的亲本配制的组合能防止育种群体中后代的纯合,增加后代的遗传变异性。现有 Tuberosum 群体的一个严重问题是它的遗传基础非常狭窄^[26],Mendoza 和 Haynes (1974)^[27]所作的共祖率分析表明,当前种植的品种和育种材料存在着很大程度的近交现象,以及彼此间有一定的亲缘关系,表 3 列出了他们

表 3 一些马铃薯品种的遗传关系(Mendoza and Haynes, 1974)

品 种	共 祖 率 系 数									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Cobbler	0.250	—	0.094	—	—	0.031	0.043	0.057	0.078	0.098
2. Katahdin		0.250	0.125	—	0.188	0.031	0.094	0.047	0.125	0.070
3. Pontiac			0.250	—	0.094	0.023	0.047	0.047	0.188	0.063
4. Russet Burbank				0.250	—	—	—	0.094	—	—
5. Sebago					0.313	0.016	0.063	0.027	0.086	0.031
6. Suprior						0.250	0.063	0.031	0.063	0.031
7. Kennebec							0.250	0.023	0.063	0.047
8. Norgold Russet								0.250	0.063	0.031
9. La Rouge									0.438	0.094
10. Norchief										0.273

关于美国一些主栽品种间遗传关系的部分结果。一个品种对自己的共祖率系数 ≥ 0.25 ,在增加纯合性上这相当于自交一代以上。除 Russet Burbank 外,Katahdin 和其它品种均有血缘关系。两个品种间的共祖率系数在许多情况下等于亲子间(0.125)或半同胞间(0.063)的共祖率系数。以上结果说明,在制定杂交方案前有必要检查亲本的系谱,以便降低遗传基础狭窄所带来的不利影响。

参 考 文 献

- 1 Sanford L L. Comparative evaluation of clones as testers for yield, specific gravity and tuber appearance in the potato. PhD Thesis, Iowa State Univ, Ames, Iowa, 1960
- 2 Plaisted R L, L Sanford, W T Federer, A E Kehr, and L C Peterson. Specific and general combining ability for yield in potatoes. Am Potato J, 1962, 39:185~197
- 3 Mullin R, and Lauer F I. Breeding behavior of F1 and inbred potato clones. Proc Am Soc Hort Sci, 1966,

- 89:449~455
- 4 Dalianis C D, R L Plaisted, and L C Peterson. Selection for freedom from after cooking darkening in a potato breeding program. *Am Potato J*, 1966, 43:207~215
 - 5 Tai G C C. Estimation of general and specific combining ability in potato. *Can J Genet Cytol*, 1976, 18:463~470
 - 6 Killick R J. Genetic analysis of several traits in potatoes by means of a diallel cross. *Ann Appl Biol*, 1977, 86:279~289
 - 7 Dorozhkin B N, N A Sakara, A K Novoselov, and S A Reiter. Evaluation of the Combining ability of potato varieties for yield and its components by the two - tester topcross method. *Sov Genet*, 1979, 15:1359~1363
 - 8 Veilleux R E, and F I Lauer. Breeding behaviour of yield components and hollowheart in tetraploid - diploid vs conventionally derived potato hybrids. *Euphytica*, 1981, 30:547~561
 - 9 Veilleux R E, F I Lauer, and S L Desborough. Breeding behaviour for tuber protein in *Solanum tuberosum* - *phureja* hybrids. *Euphytica*, 1981, 30:563~577
 - 10 Gaur P C, J Gopal, and M S Rana. Combining ability for yield, its components and tuber dry matter in potato. *Indian J Agr Sci*, 1983, 53:876~879
 - 11 Loiselle F. Evaluation of chip color and influence of genetic divergence on potato (*Solanum tuberosum* L.) progenies. PhD Thesis. Univ of Guelph. Guelph, Ontario, 1989
 - 12 Killick R J, and J F Malcolmson. Inheritance in potatoes of field resistance to late blight (*Phytophthora infestans* (Monf) de Bary). *Physiol Plant Pathol*, 1973, 3:121~131
 - 13 Tai G C C, and W A Hodgson. Estimating general ability of potato parents for field resistance to late blight. *Euphytica*, 1975, 24:285~289
 - 14 Malcolmson J F, and R J Killick. The breeding values of potato parents for field resistance to late blight measured by whole seedlings. *Euphytica*, 1980, 29:489~495
 - 15 Phillips M S, L A Wilson, and J M S Forrest. General and special combining ability of potato parents for resistance to the white cyst nematode (*Globodera pallida*). *J Agr Sci, Camb* 1979, 92:255~256
 - 16 Griffing B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust J Biol Sci*, 1956, 9:463~493
 - 17 Comstock R E, and Robinson H F. Estimation of average dominance of genes. In Gowen J W (ed) *Heterosis*, Iowa State Univ Press, Des Moines, Iowa, 1952, 494~516
 - 18 Maris B. Analysis of an incomplete diallel cross among three ssp. *tuberosum* varieties and seven long - day adapted ssp. *andigena* clones of the potato (*Solanum tuberosum* L.). *Euphytica*, 1989, 41:163~182
 - 19 Neele A E F, H J Nab, and K M Louwes. Identification of superior parents in a potato breeding programme. *Theor Appl Genet*, 1991, 82:264~272
 - 20 Matsubayashi M. Genetic Variation in dihaploid potato clones, with special reference to phenotypic segregation in some characters. *Sci Rep Fac Agric Kobe Univ*, 1979, 13:185~192
 - 21 Maris B. Studies with potato diploids on the inheritance of resistance to wart disease. *Potato Res*, 1973, 16:324
 - 22 Neele A E F, and K M Louwes. The analytic breeding method: possibilities for potato breeding. In: Beekman A G B, K M Louwes, L M W Dellaert, and A E F Neele (eds) *Potato research of tomorrow*. Pudoc, Wageningen, 1986, 107~114
 - 23 Caligari P D S, W Powell, K Liddell, M J De Maine, and G E L Swan. Methods and strategies for detecting *Solanum tuberosum* dihaploids in interspecific crosses with *S. phureja*. *Ann App Biol*, 1988, 112:323~328
 - 24 Feistritz W. Die Selbstungsanalyse, eine Voraussetzung fur die Kreuzungszucht der Kartoffel. *Z Pflanzenzucht*, 1952, 31:173~195
 - 25 Brown J, and P D S Caligari. Cross prediction in a potato breeding programme by evaluation of parental material. *Theor Appl Genet*, 1989, 77:246~252
 - 26 Simmonds N W. Prospects of potato improvement. In: *Scottish Soc Res Plant Breed Annu Meet*. Scottish Plant Breeding Station, Pentlandfield, 1969, 18~38
 - 27 Mendoza H A, and F L Haynes. Genetic relationship among potato cultivars grown in the United States. *HortScience*, 1974, 9:328~330