

马铃薯抗病毒遗传及与产量性状的关系*

李文刚 巩秀峰 王林萍 赵秀艳 张惠敏

(内蒙古农业科学院, 呼和浩特 010031)

摘 要 本文研究了马铃薯对卷叶和花叶病毒抗性的遗传及与产量性状的关系。结果表明, 抗病性与群体产量没有显著的遗传相关性, 抗病性主要通过保证马铃薯植株的正常生长发育而间接保持群体的高产稳产性能。马铃薯对卷叶病毒抗性、株高、茎粗、有效株率和主要产量性状的遗传主要由亲本的累加基因效应决定, 且同一亲本在不同性状上的一般配合力效应差异较大。因此, 抗病高产育种中各目标性状的协调选择是十分重要的。群体有效株率和茎粗的选择可使抗病性和丰产性同步提高。马铃薯对花叶病毒的抗性、加性和非加性作用同时存在。群体抗病性、有效株率和产量的遗传进度高, 选择潜力大。

关键词 马铃薯 抗病毒性 产量性状 遗传

马铃薯卷叶病毒 (PLRV)、X病毒 (PVX) 和Y病毒 (PVY) 是引起马铃薯退化的主要病毒类型, 广泛分布于世界各地^[2], 引起卷叶、花叶、矮化、皱缩、黄化和坏死等症状, 严重影响马铃薯生产^[2,3,7]。抗病毒育种是防治马铃薯病毒病有效的途径。通过不同来源的抗病毒原始材料杂交, 世界各地已得到了一些抗病毒能力较强的类型^[4], 但许多材料因带有野生种的不良基因, 产量性状不佳, 未能形成品种。因此, 进一步研究马铃薯对主要病毒类型抗性的遗传及其与产量性状的关系, 对抗病高产马铃薯的选育具有一定的意义。本文通过对卷叶和花叶两类病毒抗性及其与主要植株性状和产量性状的相关遗传研究, 分析抗病高产马铃薯选育的遗传基础, 供育种工作者参考。

1 材料和方法

1989年, 以三个易感病且丰产性能不同的品种8212, kufri, 801-5为母本, 以katahdin (抗PVY, 感PLRV), Baraka (抗PLRV, 感PVY) 和Ns79-12-1 (感PVX, PVY, PLRV) 为父本, 按不完全双列杂交配成9个组合。1990年春育苗, 在病害重发地区呼和浩特南郊^[3]移植到大田, 周围种植感有两类病毒的马铃薯品种, 自然接种一年; 同年秋, 每单株收获一个块茎组成全基因型单株块茎群体, 1991年5月4日整薯播种, 随机区组排列, 重复3次, 2行区, 行株距50cm×40cm, 每行13株, 一般田间管理。

现蕾期, 按小区分别调查每一单株的卷叶和花叶感病情况 (0~3级), 计算病情指数, 转换成抗性指标。目测评价并统计每小区有效株率 (植株生长繁茂壮实, 株型正常, 叶

色深绿平展、无病毒侵染症状或症状轻微)；开花期按小区测量每一单株的株高和茎粗。收获时，调查小区商品薯数量和产量，小薯数量和产量，结薯数量及产量。

采用固定模型估算各性状的遗传方差及其协方差，并进行遗传相关分析，参照文献[1]估算遗传进度、相关遗传进度、遗传变异系数，并进行遗传通径分析。按不完全双列杂交设计进行一般配合力和特殊配合力方差分析，并估算广义和狭义遗传力及配合力效应。计算结果由长城0520CH微机实现。

2 结果与分析

2.1 马铃薯抗病毒性、主要植物学性状及产量性状的遗传相关

分析结果表明，马铃薯对卷叶和花叶两类病毒的抗性和产量性状无显著相关，但比较两类抗性与薯块重量和数量的相关程度，我们认为，卷叶和花叶病毒对马铃薯产量性状的危害主要表现在影响块茎的膨大和干物质积累上，而对结薯数量的影响相对较小。试验结果表明，马铃薯对卷叶和花叶病毒的抗性与株高、茎粗和有效株率三个植株性状均表现极显著的正向遗传相关(表1)，说明马铃薯对卷叶和花叶两种类型病毒的抗性有效地保证了植株的正常生长和发育，这些植株性状均与群体的商品薯产量和小区产量有极显著的正向遗传相关。

表1 马铃薯对病毒抗性与植株性状和产量性状的遗传相关分析

性 状	花 叶 抗 性	株 高	茎 粗	有 效 株 率	商品薯 产 量	小 薯 产 量	小区块 茎产量	商品薯 数 量	小 薯 数 量	结 薯 数 量
卷叶抗性	0.492*	-0.677**	0.865**	0.536*	-0.036	0.228	0.266	-0.197	0.193	0.129
花叶抗性		0.837**	0.787**	0.599**	0.215	0.179	0.403	-0.139	-0.214	-0.222
株 高			0.602**	0.742**	0.753**	0.331	0.516*	0.293	0.134	0.186
茎 粗				0.920**	0.572**	0.360	0.580**	0.261	0.207	0.243
有效株率					0.935**	0.993**	0.958**	0.431	0.741**	0.758**

$r_{0.05}, \gamma = 0.428,$

$r_{0.01}, \gamma = 0.572$

抗病性和植物性状对群体产量的通径分析结果进一步证实，马铃薯对卷叶和花叶两类病毒的抗性通过株高、茎粗和有效株率对群体产量均有较大的正向间接作用，群体有效株率对产量除有极显著的直接作用($P_{iy} = 0.949$)外，其他各性状通过这一性状的间接作用也均达

表2 抗病性与植株性状对马铃薯群体产量(Y)的通径分析

性 状 $X_i \rightarrow X_j$	$X_j \rightarrow Y$					间接通径 系数总和 $\sum P_{iY} \cdot r_{ji}$	遗传相关 系 数 $r_{g X_i Y}$
	$x_1 \rightarrow y$	$x_2 \rightarrow y$	$x_3 \rightarrow y$	$x_4 \rightarrow y$	$x_5 \rightarrow y$		
卷叶抗性 x_1	-0.559	-0.236	0.265	0.236	0.509	0.824	0.266
花叶抗性 x_2	-0.275	-0.479	0.327	0.261	0.569	0.832	0.403
株 高 x_3	-0.378	-0.401	0.391	0.199	0.704	0.125	0.516
茎 粗 x_4	-0.483	-0.377	0.236	0.331	0.454	0.249	0.530
有效株率 x_5	-0.299	-0.287	0.290	0.305	0.949	0.009	0.953

到极显著水平(表2)。因此,群体有效株率是抗病高产群体选择的重要性状。表2结果已考虑了影响群体产量因素的80.54%,剩余通径系数为19.55%。

2.2 抗病性、植株性状和产量性状的遗传分析

配合力方差分析结果表明,本试验中群体间对卷叶病毒抗性的差异主要由父本的一般配合力效应差异决定,群体间对卷叶病毒的抗性差异由父本的一般配合力效应及组合的特殊配合力差异决定。因此,抗卷叶病毒育种应注意亲本的一般配合力效应;抗花叶病毒育种应同时注意亲本的一般配合力和特殊配合力效应。株高、茎粗和有效株率三个植株性状母本的一般配合力方差均达显著或极显著水平,特殊配合力不显著。6个产量性状母本的一般配合力方差均达到显著或极显著水平,特殊配合力均不显著。因此,产量性状的选择,亲本的一般配合力极为重要(表3)。

一般配合力均方与特殊配合力均方之比是测验性状的一般配合力是否显著地区别于特殊配合力的 F 值。结果表明,在商品薯产量、小区产量、卷叶抗性、茎粗、株高和有效株率6个性状上,一般配合力显著或极显著高于特殊配合力(表3),表明加性效应在这些性状的遗传中具有极为重要的作用,其一般配合力基因型方差占总遗传方差的80%以上。

表3 抗病性、植株性状和产量性状的配合力方差分析

性 状	一般配合力		特殊配合力	机误	一般配合力/特殊配合力
	P ₁ df=2	P ₂ df=2	df=4	df=16	
卷叶病毒抗性	84.891	1270.895**	61.281	53.790	22.124**
花叶病毒抗性	15.605	384.484**	65.104*	21.502	6.145
株 高	103.080**	190.414**	11.403	12.152	25.738**
茎 粗	4.708**	6.501**	0.104	0.395	107.779**
有效株率	1574.152**	310.009*	127.740	56.442	14.750*
商品薯数	209.333*	14.777	61.111	51.333	3.339
商品薯产量	4.901*	0.220	0.793	0.956	6.417*
小区实际产量	32.637**	0.478	2.781	1.121	11.908*
小薯数量	1331.594*	711.156	847.367	317.914	2.411
小薯产量	4.163**	0.323	0.860	0.435	5.216
结薯数量	2401.141*	630.031	782.930	337.969	3.935

*: 0.05水平显著, **0.01水平显著。

从表4中6个亲本的一般配合力效应值可以看出,同一亲本在不同性状的一般配合力差异较大,801-5在产量性状,有效株率、株高、茎粗上均有较高的一般配合力效应,在对卷叶和花叶病毒抗性上一般配合力效应中等偏高,是一个优良的抗病高产亲本材料。Katahdin在产量性状和对花叶病毒抗性上有较高的一般配合力效应,但对卷叶病毒抗性有较大的负向配合力,在有效株率和茎粗等性状上的一般配合力也较低,这并不是育种者所期望的。Baraka在卷叶、花叶抗性的三个植株性状上均有较高的一般配合力效应,但在产量性状上配合力较低,甚至有负向配合力,需进一步改良。以上分析表明,亲本在主要性状上的作用形式是不同的。了解这一差异可为高产抗病育种选配亲本提供依据。

表4 亲本主要性状一般配合力效应值

性 状	8212	Kufri	801-5	Katahdin	Baraka	Ns79-12-1
卷叶病毒抗性	2.511	-3.424	0.913	-5.447	13.630	-8.183
花叶病毒抗性	-0.515	-1.235	1.386	4.579	2.906	-7.485
株 高	-3.337	-0.923	3.430	1.130	3.930	-5.059
茎 粗	0.420	-0.835	0.415	0.176	0.748	-0.942
有 效 株 率	1.041	-13.715	12.674	0.352	5.685	-6.037
商 品 薯 产 量	-0.290	-0.549	0.839	0.179	-0.111	-0.067
小区块茎产量	-0.463	-1.630	2.093	0.177	0.083	-0.260

2.3 抗病高产育种相关选择参数估计

表5结果表明,卷叶病毒抗性,花叶病毒抗性,株高,茎粗,有效株率和小区产量均具有较高的遗传力,早代选择是有效的。商品薯产量的遗传力较低,花叶病毒抗性的遗传不够稳定,与其具有非加性作用有关。卷叶病毒抗性,有效株率和小区产量遗传变异系数均大,在马铃薯优良无性系的选育上具有较高的选择潜力,而株高、茎粗遗传变异较小,对实生薯群体选育有利。群体有效株率、卷叶病毒抗性、小区实际产量和花叶病毒抗性的相对遗传进度较高,在这些性状上选择易于获得抗病或高产的类型。

表5 群体主要性状遗传参数估计

性 状	\bar{X}	σ_g^2	$h_b^2\%$	$h_n^2\%$	G.C.A %	相对遗传 进度%
卷叶病毒抗性	49.487	105.266	72.175	70.883	20.733	36.28
花叶病毒抗性	41.986	37.024	67.433	45.419	14.527	24.52
株 高	50.381	22.317	71.269	71.269*	9.377	16.31
茎 粗	9.607	0.820	75.577	75.577*	8.700	16.8
有 效 株 率	37.104	159.409	78.389	69.289	34.037	62.03
商 品 薯 产 量	3.146	0.241	29.064	29.064*	15.604	17.31
小区实际产量	8.769	2.949	76.329	64.645	19.583	35.25
结 薯 数 量	134.148	257.930	43.608	24.047	11.912	16.21

*: 特殊配合力方差小于环境方差

抗病性、植株性状与产量性状单项相关选择的遗传结果(表6)表明,对卷叶和花叶病毒抗性进行选择,小区产量的相对选择效率分别为直接选择的25.87%和37.88%;对小区产量进行选择,卷叶和花叶抗性的遗传进度仅为直接选择的27.35%和42.88%,因此,在抗病高产选育中,使抗病性和丰产性同步提高是极为困难的。

试验结果表明,通过第三个相关性状(如有效株率或茎粗)的选择有可能使群体的抗病性和丰产性同步提高,从而可对群体的抗病性和产量性状进行较有效的改良。

表6 抗病性、植株性状和产量性状单项相关选择的遗传结果

选择性状	卷叶病毒抗性		花叶病毒抗性		小区产量		相关选择 综评*
	相关遗传 进度	相对选择 效率%	相关遗传 进度	相对选择 效率%	相关遗传 进度	相对选择 效率%	
卷叶病毒抗性	17.956	100	5.239	50.90	0.799	25.87	0.5066
花叶病毒抗性	8.539	47.56	10.293	100	1.171	37.33	0.5583
小区产量	4.912	27.35	4.413	42.88	3.091	100	0.6756
株高	12.080	67.27	8.857	86.05	1.541	49.86	0.6326
茎粗	15.894	88.52	8.576	83.32	1.784	57.71	0.7182
有效株率	10.030	55.86	6.648	64.58	3.001	97.09	0.7866

* Σ 相对选择效率 \times 权重系数 (权重系数 = 卷叶抗性 : 花叶抗性 : 小区产量 = 0.25 : 0.25 : 0.50)。

3 讨论

近年来, 国际马铃薯中心及其他科研机构通过不同来源的原始材料已选育出大量对卷叶病毒和花叶病毒具有较强抗病能力的新类型^[1], 但许多优良的抗病毒材料并不具有令人满意的经济性状, 而目前生产上利用的许多高产品种又极易感染某种病毒病, 不能在生产上充分发挥其生产潜力^[3,4]。因此, 抗病高产的马铃薯无性系或实生种子的选育成为各国育种家们所关注的一个重要课题。本文对马铃薯抗病毒能力与植株性状和产量性状的相关遗传研究结果认为, 马铃薯抗病毒能力与产量性状没有显著的遗传相关性, 抗病性通过保证植株的正常生长而保持产量性状表现的稳定性。抗病性对产量性状的负向直接作用是否表明控制产量性状的基因具有易感病的多效作用^[5], 是一个有待深入研究的问题。抗病性或产量性状单独选择有可能降低或抑制产量性状或抗病性的选择效率。通过有性杂交使抗病毒能力和丰产性能同步提高是一个缓慢而艰难的过程。但通过第三个相关性状的选择可能对抗病毒能力和丰产性能的选择均有利, 如本试验的有效株率可作为抗病高产群体改良的一个重要选择性状, 这仍需在育种实践中进一步验证。由于同一亲本在各目标性状上的作用形式(一般配合力)差异较大, 在抗病高产育种组合选配中, 协调各性状的关系十分重要, 产量性状一般配合力高的品种与抗病毒能力一般配合力高的品种杂交可能对两者均好的品种选育具有较大的潜力。

本文花叶病毒抗性的一般配合力差异显著, 与前人报道的马铃薯对PVX, PVY等病毒的抗性由单显性基因控制遗传的结果^[6]不一致, 可能由于本试验所研究的花叶抗性是对多种引起花叶症状的病毒(如PVX, PVY, PVA, PVM, PVS等)的综合抗性所致, 因此, 出现基因的累加效应。

参 考 文 献

- 1 刘来福等. 作物数量遗传, 北京: 农业出版社, 1984, 170~262
- 2 田波等. 马铃薯无病毒种薯生产的原理和技术, 北京: 科学出版社, 1980
- 3 李文刚等, 内蒙古南部马铃薯病毒种类及其危害规律的研究, 马铃薯杂志, 1991, 5 (1), 18~24

- 4 唐洪明. 马铃薯抗病病毒育种研究概况, 马铃薯, 1982 (增刊), 17~31
- 5 吴东儒等. 植物致病过程的生物化学和遗传学, 合肥: 安徽科学技术出版社, 1983, 2~10
- 6 de Bolex J A. Viruses of potatoes and Seed-potato production, Wageningen: Centre for Agricultural publishing and Documentation, 1972: 174~187
- 7 Brown C R. Incorporation of Viruss Resistance and Future Plans. Strategy for Virus Management in potatoes, CIP/Lima, 1980, 63~78

The Heredity of Resistance to Viruses and Its Relation to Yield Characters in Potato

Li Wengang Gong Xiufeng Wang Linping Zhang Huimin
Zhao Xiuyan

(Inner Mongolia Academy of Agricultural Sciences, Hohhot 010031)

Abstract The heredity of resistance to potato leaf roll and mosaic viruses and its relation to yield characters in potato was studied. The results showed that the genetic correlation between the resistance and the population yield was not significant. The resistance could indirectly keep high and stable yield property of potato population by principally ensuring the normal growth and development of the potato plants. The heredity of potato in the resistance to leaf roll virus, plant height, stem thick, the effective plant percentage and the main yield characters was decided mainly by the additive gene effect of their parents, and the general combining ability had a large difference in the different characters in a same parent. Therefore, it is very important to coordinately select all object characters in resistance and high yield breeding. The selection of effective plant percentage and stem thick can improve the resistance to viruses in population and the yielding ability. The additive effect and non-additive effect simultaneously play a role in the heredity of the resistance to potato mosaic viruse. There are a large genetic advance and selective potency in the resistance to potato viruses, the effective plant percentage and the yield of potato populations.

Key words; Potato; Resistance to virus; Yield character; Heredity