

玉米杂交种氮效率遗传相关与通径分析

陈范骏, 米国华, 崔振岭, 刘向生, 张福锁

(中国农业大学植物营养系, 北京 100094)

Genetic Correlation and Path Analysis of Nitrogen Use Efficiency of Maize Hybrids

CHEN Fan-jun, MI Guo-hua, CHUI Zhen-ling, LIU Xiang-sheng, ZHANG Fu-suo

(Department of Plant Nutrition, Agricultural University of China Beijing 100094, China)

Abstract: Overdose of nitrogen (N) fertilizer may cause not only less economic benefit, but also more nitrate leaching into groundwater, therefore, catches more attention than anytime before. Nitrogen efficient maize cultivars provide a promising way to solve the problem. In this experiment, eight hybrids were used to analyze agronomic characters in relation to N use efficiency (grain yield / N supplied) under high (200 kg N/hm²), and low (no N) N levels. It was suggested that, for selecting high yielding hybrids under high N supply, grain rows per ear, grain number per row on the ear, grain weight, biomass at silking stage, and the total area of the three leaves near the ear can be taken as selection indices. For selecting N-efficient hybrid under low N supply, such characters as big ear weight, more grain rows per ear, big biomass at maturity and big area of the three leaves near the ear should be taken into consideration.

Key words: Maize; Nitrogen use efficiency; Genetic correlation; Path analysis.

[摘要] 玉米过量施用氮肥可导致经济效益下降和硝酸盐向地下水淋失,因而受到人们越来越多的重视。选育氮高效杂交种可以降低生产成本和减少环境污染。本试验选用8个玉米杂交种,在高氮(纯N 200 kg/hm²)、低氮(不施氮)条件下分析了农艺性状决定氮效率高低的作用。结果表明:在氮高效杂交种选育中,高氮条件下选育高产品种,应注意对穗行数、行粒数、百粒重、吐丝期生物量、穗三叶面积的选择,而对其它性状的要求放宽;低氮条件下选育耐低氮的高效品种,更应注重选择大穗型、穗行数多,且有较大成熟期生物量、大的穗三叶叶面积的品种。

[关键词] 玉米;氮效率;遗传相关;通径分析

[中图分类号] S 513.01

[文献标识码] A

玉米生产中氮肥的过量施用,不但导致氮肥利用率下降,生产成本提高,而且还会造成地下水污染。据统计我国90年代以来全国玉米氮肥试验结果表明,在玉米产量达到10 t/hm²左右条件下,施氮量变异范围为200~700 kg/hm²,氮肥过量可窥一斑^[1]。此外,在夏玉米生长季节,每公顷施氮量300 kg,则流失氮量高达73.5 kg^[2]。这一现象在欧洲早

已引起极大关注,德国巴登符腾堡州1989年就把玉米施肥列为地下水硝酸盐污染的重要来源,通过专门法律条款限制水资源保护区的玉米种植及氮肥施用量。因此,探讨有限氮素供应条件下作物高产高效的新途径不仅是实现我国两高一优农业生产目标所必需的,而且也是保护环境,造福子孙后代的重要问题。

玉米产量是一个受多基因控制的数量性状,是多个农艺性状共同作用的结果。这些性状的相关,同样受到环境因素的干扰,因此表型相关结果往往不能说明性状与产量或性状之间的真实联系,因此有必要将表型相关分解为遗传型相关与环境相关两个部分。利用遗传相关并结合通径分析,研究各农

[收稿日期] 2001-11-10

[作者简介] 陈范骏(1972-),男,中国农业大学植物营养系,农学博士,从事玉米营养高效育种研究。

[基金项目] 国家自然科学基金(39770438)和973项目(1999011707)资助

艺性状与产量的相关性并进一步剖析其在产量构成中的真正作用,这对氮高效育种具有重要意义^[3]。本研究主要目的是以我国华北地区的玉米主栽品种为试材,在两个施氮水平下,对其高产生理基础进行剖析,深入探讨各农艺性状对氮效率的贡献大小,为玉米氮高效育种提供理论依据。

1 材料与方法

2000年试验在北京市农学院农学系农场进行。试验地土质系潮土,试验田地力一致,中等肥力,0~30 cm 土壤基础性状为全氮 0.097%、铵态氮 1.91 mg/kg、硝态氮 45.83 mg/kg、Olsen-P 29.99 mg/kg、速效钾 97.36 mg/kg。虽然生育期间较为干旱,但经多次灌水,干旱得到缓解。

1.1 供试材料

收集我国华北地区主栽玉米杂交种共 8 份,其育成单位见表 1。

表 1 供试玉米杂交种

品 种	育种单位	品 种	育种单位
西玉 3 号	山东莱州市种苗研究所	中单 2996	中国农科院作物所
中原单 32	中国农科院原子能所	唐抗 5	河北唐山市农科所
农大 108	中国农业大学	中单 321	中国农科院作物所
农大 1236	中国农业大学	中玉 4 号	中国农科院品质所

1.2 试验处理

试验采用裂区设计,以 8 个试验品种作为主处理,安排在副区,低氮(LN)和高氮(HN)作为两个副

处理,安排在主区。重复 3 次,每小区每品种 4 行,行长 5 m,行距 0.5 m,株距 0.33 m。各处理施基肥 KCl 78.5 kg/hm²,高氮处理施尿素折纯 N 200 kg/hm²,基肥、追肥各一半。低氮处理不施氮。

1.3 测定项目

吐丝期每小区取样 3 株,调查单株叶面积、穗三叶叶面积、株高、穗位叶叶绿素含量、植株生物量。成熟期每小区取样 15 株,考种记录子粒产量,取 3 株称取植株生物量。

1.4 分析方法

叶绿素含量:日产 CHLOROPHYLL METER SPAD-502 型叶绿素测定仪。

上述各性状均以小区平均数利用翟婉萱等^[4]的程序,进行方差、协方差分析,然后估算表型相关系数 r_p ,遗传相关系数 r_g 和环境相关系数 r_e ,并进行遗传通径分析。

氮效率(NUE)是指特定养分供应条件下作物产量的高低。我们将高氮条件下取得高产的品种称为高产品种,而在低氮或不施氮条件下取得高产的品种称为高效品种。在本研究中,计算公式为:氮效率 = 产量/供氮量,供氮量为耕层土壤氮(即 N_{nim})与施氮量之和。

2 结果与分析

2.1 玉米杂交种单株粒重与穗部性状的关系

表 2 高氮条件下玉米杂交种单株粒重与穗部性状相关分析

性 状	类型	单株粒重	行粒数	穗行数	穗重	出籽率	穗粒数
行粒数	R _p	0.749 9					
	R _g	0.797 7					
	R _e	0.615 1					
穗行数	R _p	0.853 6	0.465 2				
	R _g	0.878 9	0.569 2				
	R _e	0.257 0	-0.301 1				
穗重	R _p	0.991 3	0.722 2	0.881 5			
	R _g	1.006 0	0.783 2	0.927 1			
	R _e	0.593 1	0.420 1	-0.127 4			
出籽率	R _p	0.521 3	0.446 2	0.253 5	0.408 1		
	R _g	0.967 9	0.912 5	0.335 2	0.844 1		
	R _e	0.281 5	-0.078 8	0.633 0	0.103 2		
穗粒数	R _p	0.899 2	0.823 0	0.861 7	0.911 3	0.327 2	
	R _g	0.925 2	0.901 8	0.896 0	0.941 8	0.869 3	
	R _e	-0.132 5	0.432 9	-0.173 2	-0.175 8	-0.005 4	
百粒重	R _p	-0.261 5	-0.498 8	-0.445 4	-0.305 0	0.180 7	-0.656 8
	R _g	-0.345 1	-0.702 8	-0.496 6	-0.404 7	0.986 0	-0.753 9
	R _e	0.178 3	0.068 4	-0.371 4	0.198 9	-0.244 7	-0.555 4

注: $r_{0.05} = 0.632$ $r_{0.01} = 0.765$

表中 r_p 为表型相关系数、 r_g 为遗传相关系数、 r_e 为环境相关系数,其中第一列为穗部各性状与单株粒重的相关系数,其它列为各性状间的相关系数。

从表 2 中可以看出遗传相关系数与表型相关系数的方向相同,而前者往往略大于后者,说明这些性状受环境影响较小。高氮条件下所研究的 6 个性状除百粒重外,都与单株粒重呈正相关,而且都达到了极显著水平。另外,各性状间存在着相关性,如单株

粒数除与百粒重有负相关外,与其它性状都存在正相关,且达到显著水平。所以,在进行性状选择时,应充分注意性状间的相互制约关系使之协调,在改良某一性状的同时,注意防止其它性状变劣。

低氮条件下(表 3)所研究的 6 个性状除百粒重

外,都与单株粒重呈正相关。但与高氮条件下不同的是,出籽率未达到显著水平,这说明低氮条件下,各品种的出籽率差异并不大。

相关分析表明,高氮和低氮条件下各穗部性状与单株粒重存在着不同程度的相关,但相关系数的大小并不完全代表提高单株粒重的重要性,因相关

分析测定的只是两个性状间的密切程度,在具有多个性状(特别是这些性状存在着相关)时,这种相关只能反映其复合关系,并不能表明各性状对子粒产量作用的原因和效应的大小,为了进一步明确各性状间对单株粒重的关系,进行通径分析。

表 3 低氮条件下玉米杂交种单株粒重与穗部性状相关分析

性 状	类型	单株粒重	行粒数	穗行数	穗重	出籽率	穗粒数
行粒数	Rp	0.825 6					
	Rg	0.962 8					
	Re	0.080 6					
穗行数	Rp	0.924 9	0.664 8				
	Rg	0.934 6	0.763 9				
	Re	0.453 5	0.208 1				
穗重	Rp	0.977 7	0.896 3	0.883 6			
	Rg	0.984 6	1.050 2	0.898 5			
	Re	0.483 1	-0.020 0	0.034 0			
出籽率	Rp	0.168 2	-0.326 1	0.281 8	-0.038 4		
	Rg	0.170 2	-0.684 8	0.338 4	-0.082 1		
	Re	0.465 0	0.398 7	0.236 9	0.378 7		
穗粒数	Rp	0.954 9	0.797 0	0.972 3	0.947 0	0.119 5	
	Rg	0.963 8	0.905 8	0.982 2	0.959 0	0.107 6	
	Re	0.364 8	0.405 4	0.461 4	-0.031 7	0.499 1	
百粒重	Rp	-0.071 1	-0.125 9	-0.355 4	-0.125 6	0.189 0	-0.363 1
	Rg	-0.161 7	-0.189 9	-0.496 1	-0.180 6	0.254 5	-0.470 6
	Re	0.723 1	0.011 3	0.359 8	0.267 5	0.084 9	0.109 0

注: $r_{0.05} = 0.632$ $r_{0.01} = 0.765$

表 4 两个氮水平下玉米杂交种穗部性状对单株粒重的遗传通径分析

性 状	遗传相关 系数	直接通径 系数	间接通径系数					
			行粒数	穗行数	穗重	出籽率	穗粒数	百粒重
HN								
行粒数	0.797 7	0.428 2		0.449 7	-0.236 0	0.087 7	0.272 4	-0.252 4
穗行数	0.878 9	0.790 0	0.243 7		-0.279 3	0.032 2	0.270 7	-0.178 3
穗重	1.006 0	-0.301 3	0.335 4	0.732 4		0.081 1	0.284 5	-0.145 3
出籽率	0.967 9	0.096 1	0.390 7	0.2648	-0.2543		0.262 6	0.354 1
穗粒数	0.925 2	0.302 1	0.386 2	0.707 8	-0.283 8	0.083 5		-0.270 7
百粒重	-0.345 1	0.359 1	-0.300 9	-0.392 3	0.121 9	0.094 8	-0.227 8	
LN								
行粒数	0.962 8	-0.041 1		0.607 1	0.995 1	0.002 5	-0.583 0	-0.017 8
穗行数	0.934 6	0.794 7	-0.031 4		0.851 3	-0.001 3	-0.632 8	-0.046 6
穗重	0.984 6	0.947 5	-0.043 2	0.714 0		0.000 3	-0.617 2	-0.017 0
出籽率	0.170 2	-0.003 7	0.028 1	0.268 9	-0.077 8		-0.069 3	0.023 9
穗粒数	0.963 8	-0.643 6	-0.037 2	0.780 6	0.908 7	-0.000 4		-0.044 2
百粒重	-0.161 7	0.093 9	0.007 8	-0.394 3	-0.171 1	-0.000 9	0.302 9	

多元决定系数 R^2 : $R^2 = 1.023 1$ (HN), $R^2 = 1.002 5$ (LN)

通径分析(表 4)剖析了遗传相关系数,把它分解为直接作用和间接作用两部分,从而更加明确了各性状对子粒产量作用的相对重要性。高氮条件下,各性状中对单株粒重作用大小依次为穗行数 > 行粒数 > 百粒重 > 穗粒数。因为穗粒数是穗行数和行粒数的乘积,而且三者都是正向作用,所以培育高产品种要注意对穗行数、行粒数和百粒重的选择。穗重的直接作用为负向效应,但由于通过行粒数、穗行数和穗粒数对单株粒重的间接作用较大,因而与单株粒重达到了极显著相关。百粒重与单株粒重为负相关,而对单株粒重却有较大正向作用,这是因为通过行粒数、穗行数和穗粒数对单株粒重有负向效应所致,因而在选择时要协调好穗粒数(穗行数、行

粒数)和百粒重之间的关系。低氮条件下,各性状中则是穗重和穗行数最重要,直接通径系数达 0.947 5 和 0.794 7,而对百粒重的选择可以放宽。这说明具有耐低氮能力的高效品种,能够吸取足够的氮素,促进雌穗的正常分化和发育,使其有足够大的库容量。

2.2 玉米杂交种单株粒重与生理性状的关系

高氮条件下(表 5)所研究的 6 个生理性状除穗位叶叶绿素含量外,都与单株粒重呈正相关,而且吐丝期生物量达到了极显著水平。低氮条件下(表 6)所研究的 6 个生理性状都与单株粒重呈正相关,而且叶面积、吐丝期生物量、成熟期生物量达到了显著水平或极显著水平。而且穗位叶叶绿素含量与穗三叶叶面积也达到了极显著水平。

表 5 高氮条件下玉米杂交种生理性状与单株粒重相关分析

性 状	类型	单株粒重	株高	单株叶面积	穗三叶叶面积	叶绿素含量	吐丝期生物量
株高	Rp	0.617 9					
	Rg	0.627 8					
	Re	0.335 2					
单株叶面积	Rp	0.316 4	0.399 6				
	Rg	0.346 9	0.465 2				
	Re	0.113 2	-0.151 9				
穗三叶叶面积	Rp	0.422 1	0.293 7	0.715 2			
	Rg	0.439 5	0.290 0	0.842 5			
	Re	0.152 7	0.386 3	-0.100 1			
叶绿素含量	Rp	-0.154 4	-0.454 9	0.215 8	0.528 0		
	Rg	-0.150 3	-0.492 5	0.347 0	0.615 1		
	Re	-0.265 8	-0.185 6	-0.385 8	-0.072 8		
吐丝期生物量	Rp	0.774 4	0.567 0	0.386 7	0.169 5	-0.184 5	
	Rg	0.864 5	0.608 3	0.472 6	0.176 4	-0.277 4	
	Re	-0.053 7	0.267 7	-0.018 6	0.128 2	0.280 1	
成熟期生物量	Rp	0.274 1	0.412 3	0.295 1	-0.009 8	-0.621 4	0.510 0
	Rg	0.284 9	0.429 6	0.371 1	-0.010 6	-0.721 1	0.556 7
	Re	-0.106 1	-0.169 6	-0.542 9	0.005 6	0.440 2	0.104 7

注: $r_{0.05} = 0.632$ $r_{0.01} = 0.765$, 叶绿素含量 - 穗位叶叶绿素含量

表 6 低氮条件下玉米杂交种生理性状与单株粒重相关分析

性 状	类型	单株粒重	株高	单株叶面积	穗三叶叶面积	叶绿素含量	吐丝期生物量
株高	Rp	0.558 6					
	Rg	0.573 2					
	Re	0.293 9					
单株叶面积	Rp	0.737 2	0.502 9				
	Rg	0.835 2	0.518 4				
	Re	0.189 9	0.513 1				
穗三叶叶面积	Rp	0.286 0	0.1119	0.597 6			
	Rg	0.295 6	0.118 7	0.722 8			
	Re	0.005 3	0.002 1	-0.180 3			
叶绿素含量	Rp	0.122 3	-0.379 9	0.482 8	0.625 2		
	Rg	0.145 4	-0.515 4	0.562 9	0.783 9		
	Re	-0.025 1	0.358 2	0.239 5	-0.276 5		
吐丝期生物量	Rp	0.714 0	0.695 1	0.874 5	0.643 9	0.152 1	
	Rg	0.755 7	0.755 6	0.997 4	0.664 6	0.227 8	
	Re	-0.043 3	-0.018 3	-0.301 6	0.382 4	-0.229 1	
成熟期生物量	Rp	0.806 8	0.553 1	0.711 3	0.041 4	-0.108 4	0.702 7
	Rg	0.817 0	0.594 8	0.823 7	0.035 9	-0.104 6	0.745 8
	Re	0.299 3	-0.366 2	-0.024 0	0.200 1	-0.252 2	-0.027 2

注: $r_{0.05} = 0.632$ $r_{0.01} = 0.765$

表 7 两个氮水平下玉米杂交种生理性状对单株粒重的遗传通径分析

性 状	遗传相关 系数	直接通径 系数	间接通径系数					
			株高	单株叶面积	穗三叶叶面积	叶绿素含量	吐丝期生物量	成熟期生物量
HN								
株高	0.627 8	0.104 9		-0.862 1	0.519 2	0.025 9	0.740 7	0.099 1
单株叶面积	0.346 9	-1.853 2	0.048 8		1.508 4	-0.018 3	0.575 5	0.085 6
穗三叶叶面积	0.439 5	1.790 4	0.030 4	-1.561 3		-0.032 4	0.214 8	-0.002 4
叶绿素含量	-0.150 3	-0.052 6	-0.051 7	-0.643 1	1.101 3		-0.337 8	-0.166 4
吐丝期生物量	0.864 5	1.217 7	0.063 8	-0.875 8	0.315 8	0.014 6		0.128 4
成熟期生物量	0.284 9	0.230 7	0.045 1	-0.687 7	-0.019 0	0.037 9	0.677 9	
LN								
株高	0.573 2	-1.103 7		-0.199 2	0.184 5	0.680 1	0.150 5	0.861 0
单株叶面积	0.835 2	-0.384 3	-0.572 2		1.123 7	-0.742 8	0.198 7	1.192 4
穗三叶叶面积	0.295 6	1.554 6	-0.131 0	-0.277 8		-1.034 4	0.132 4	0.052 0
叶绿素含量	0.145 4	-1.319 6	0.568 8	-0.216 3	1.218 7		0.045 4	-0.151 4
吐丝期生物量	0.755 7	0.199 2	-0.834 0	-0.383 3	1.033 2	-0.300 6		1.079 6
成熟期生物量	0.817 0	1.447 6	-0.656 5	-0.316 5	0.055 8	0.138 0	0.148 6	

多元决定系数 R^2 : $R^2 = 1.1152$ (HN), $R^2 = 0.7227$ (LN)

通径分析结果表明(表 7),高氮条件下,各性状对单株粒重的贡献吐丝期生物量和穗三叶叶面积最为重要。吐丝期生物量的直接作用来自于自身;而叶面积的效应掩盖了穗三叶叶面积与单株粒重的相

关性。这说明增加吐丝期干物质生长量是子粒产量形成的基础,光合源则主要来自于其功能叶片——穗三叶叶面积,而株高和成熟期生物量的贡献也不容忽视,性状选择时可以放宽。低氮条件下,各性状

对单株粒重的贡献成熟期生物量和穗三叶叶面积最为重要,其次是吐丝期生物量。穗位叶叶绿素含量有较大的负向效应,在本试验地基础氮素水平下,叶绿素含量差异较小,其作用未能体现。株高也有较大负向效应,所以在对耐低氮高效杂交种选育上,应降低株高的高度。结果说明,吐丝期生物量是子粒产量形成的基础,而成熟期生物量对耐低氮杂交种子粒产量的形成更为重要。光合源来自于其功能叶片——穗三叶叶面积。

3 讨 论

在氮高效品种选育过程中,由于只依据产量选择,会因为环境和气候等因素影响选择结果。如果辅以一些便于测定的形态和生理性状,则可以加快育种进程,这对耐低氮品种的选育更为重要^[5]。从作物育种角度看,遗传相关的研究有三个方面的意义:(一)由于表型相关受到环境因素的影响,因此从中分析遗传相关,用它的数值来测定性状之间遗传方面的相互联系;(二)利用遗传相关系数可以指出哪些性状可作为决定产量的更重要的指标性状;(三)用它证实哪些性状在性状方案上有用途^[6]。

本试验结果表明:两个氮水平下,各性状与单株粒重都存在一定的遗传相关性,通过通径分析研究了各性状对单株粒重的贡献大小。高氮条件下,穗部性状中穗行数、行粒数和百粒重最为重要。低氮条件下,则是穗重和穗行数重要,而对百粒重的选择可以放宽。高氮条件下,生理性状对单株粒重的贡献吐丝期生物量和穗三叶叶面积最为重要。低氮条件下,成熟期生物量和穗三叶叶面积最为重要。这与 Lafitte 等人^[7]的研究结果有一致性。赵可夫^[8]认为,玉米抽雄后不同层次叶片对子粒产量的效应是不同的,其作用大小顺序是中部叶 > 上部叶 > 下部叶,其中果穗叶对子粒产量效应最大。并且证明各叶位叶对子粒产量效应大小不同的原因之一是各叶位叶光合强度不同造成的,叶片光合强度不同的原因之一是由于不同各叶位叶中叶绿素含量决定的。另外,果穗叶对子粒产量效应大的另一个原因,是由于其中有机物质比其他叶片更多地运输到果穗中。胡昌浩^[9]研究了我国不同年代玉米品种物质生产特性的演进后,认为当代品种生物产量高,花后干物质积累迅速、净同化率高、积累量大,在生育后期叶片物质转移率低,为提高玉米花后物质生产奠定了基础。在氮肥充足的情况下,高产品种在花前积累大量的干物质就相对重要,这样可增强群体源的

供应能力,并且有较大的群体库容量,因而易取得高产。而在土壤氮素缺乏时,耐低氮的高效品种,前期吸收的氮素能够保证足够的小花分化,有足够的受精子粒可供发育,可以形成大库(大穗)的基础,大的穗三叶叶面积可以提供一个较强的源,而成熟期积累较大的生物量,又为成熟期茎秆和叶片氮营养向子粒中的转化、再利用奠定了基础,所以仍可以保证产量不下降。李军虎^[10]认为在育种实践中,以果穗长、行粒数、千粒重为直接指标,并协调好行粒数与千粒重的关系,在此基础上适当增强穗粗,可望选出单株产量较高的杂交种。而赵延明等人^[11]研究表明:玉米高产杂交种株型性状选择原则是在保持穗位有一定高度的前提下,适当降低株高,着重对全株叶面积、尤其是玉米功能叶片穗三叶叶面积及长度的选择,在此基础上选择叶向值较高、叶夹角小株型紧凑的玉米杂交种,才能获得较高的产量。因而在氮高效杂交种选育中,高氮条件下,注意选育穗行数多、行粒数多、百粒重大,并且有较大吐丝期生物量、大的穗三叶面积的高产品种,但这并不绝对。而在低氮条件下,选育耐低氮高效品种时,更注意选择大穗型、穗行数多,且有较大成熟期生物量、大的穗三叶叶面积。

[参 考 文 献]

- [1] 张福锁, 米国华, 刘建安. 玉米氮效率遗传改良及其应用[J]. 农业生物技术学报, 1997, 5(2): 112-117.
- [2] 孙昭荣, 等. 不同氮素施肥量对土壤下渗水及小麦产量和品质的影响[C]. 施肥与环境学术讨论会论文集, 1994, 北京: 中国农业科技出版社, 55-61.
- [3] 莫惠栋. 通径分析[C]. 江苏农学院, 1983, (1): 45-51.
- [4] 翟婉萱, 佟立伟编著. 农业试验统计 BASIC 程序[M]. 辽宁科学技术出版社, 1987.
- [5] Edmeades G.O. and Banziger M. What have we learned and where do we go? Edmeades G.O., et al. (Ed.) Developing drought- and low N-tolerant maize[M]. CIMMYT, 1996, 557-63.
- [6] 马育华编著. 植物育种的量变遗传学基础[M]. 江苏科学技术出版社, 1980, 334-346.
- [7] Lafitte H.R. and M. Banziger, Maize population improvement for low soil N: Selection gains and the identification of secondary traits[M]. Edmeades, et al. (Eds.) Developing drought- and low N-tolerant maize, CIMMYT, 1996, 485-489.
- [8] 赵可夫. 玉米抽雄后不同叶位叶对子粒产量的影响及其光合性能[J]. 作物学报, 1981, 7(4): 259-265.
- [9] 胡昌浩主编. 玉米栽培生理[M]. 中国农业出版社, 1991, 37-49.
- [10] 李军虎. 夏玉米杂交种主要农艺性状与产量的遗传相关和通径分析[J]. 玉米科学, 1997, 5(3): 16-19.
- [11] 赵延明, 等. 玉米杂交种株型性状与产量的遗传相关和通径分析[J]. 国外农学——杂粮作物, 1999, 19(5): 1-3.

联系电话: 010-62893423