

黄淮海玉米区试品种农艺性状与产量的相关性及通径分析

刘世敏, 王同芹, 刘兆丽, 张世和, 白星焕* (山东省潍坊市农业科学院, 山东潍坊 261071)

摘要 选用 2014—2019 年参加黄淮海夏玉米区域试验 75 000 株/hm² 密度的 426 个品种为研究对象, 对株高、穗位高、穗长、穗行数、秃顶长、百粒重 6 个玉米农艺性状和产量表现进行了统计分析。相关分析结果表明, 产量与穗位高、穗长、株高、穗行数呈极显著正相关关系, 与秃顶长呈极显著负相关关系。通径分析表明, 穗长、穗位高和穗行数的直接通径系数较大, 是影响产量的关键性状, 在选育玉米品种时, 要注意对穗长、穗位高和穗行数的选择。

关键词 玉米品种; 产量; 农艺性状; 相关分析; 通径分析

中图分类号 S513 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)21-0030-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.21.009

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Correlation and Path Analysis between Agronomic Characters and Yield of Maize Varieties in Huang-Huai-Hai Regional Trials
LIU Shi-min, WANG Tong-qin, LIU Zhao-li et al (Weifang Academy of Agricultural Sciences, Weifang, Shandong 261071)

Abstract In order to analyze the relationship between agronomic characters and yield, we selected 426 maize varieties in Huang-Huai-Hai regional trial from 2014 to 2019 as the research material. The agronomic characters, including plant height, ear height, ear length, ear rows, the bald length and 100-kernel weight were measured at post grain-filling stages. The correlation analysis showed that the yield showed extremely significant positive correlation with plant height, ear height, ear length and ear rows, had extremely significant negative correlation with bald length. Path analysis showed that ear length, ear height and ear rows had greater direct path coefficient with yield. Ear length, ear height and ear rows were the key characters affected the yield of maize, so that particular attention should be paid to the characters in the maize breeding.

Key words Maize varieties; Yield; Agronomic characters; Correlation analysis; Path analysis

玉米是我国第一大作物, 是粮食稳产增产的主力军。近年来, 我国玉米单产水平显著提高, 但与美国还有较大差距^[1-3]。黄淮海夏玉米区是我国最大的玉米集中产区之一, 该地区气候复杂多变, 玉米生育期较短, 对品种提出了特殊的要求^[4-5]。因此, 培育高产稳产玉米品种, 继续提高玉米单产水平、筑牢粮食安全屏障意义重大^[6]。

鉴于此, 笔者利用 2014—2019 年黄淮海夏玉米区域试验潍坊试验点 75 000 株/hm² 品种的试验数据, 分析玉米产量与部分农艺性状间的关系, 以期对玉米品种选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 该试验以 2014—2019 年黄淮海夏玉米区试潍坊试验点 75 000 株/hm² 密度的 426 个品种为试验材料。

1.2 试验设计 根据黄淮海夏玉米区域试验的种植要求, 采用随机区组设计, 每个品种 3 次重复, 小区面积 20 m², 行长 6.67 m, 行距 0.60 m, 5 行区, 试验地周围设立不少于 4 行宽度的保护区(行)。

1.3 测定项目及方法 测定项目为玉米株高、穗位高、穗长、穗行数、秃顶长、百粒重和产量。产量为实收小区中间 3 行, 转化为 14% 含水量的 1 hm² 面积的产量。

1.4 试验数据和分析方法 数据来源于 2014—2019 年国家黄淮海夏玉米品种区域数据年终报告潍坊试验点数据, 统计分析软件为 Excel 和 IBM SPSS Statistics 23.0, SPSS 分析方法

参考杜家菊等^[7]的方法。

2 结果与分析

2.1 国家黄淮海夏玉米区域试验潍坊试验点情况 对 2014—2019 年国家黄淮海夏玉米区域试验潍坊试验点参试组合进行描述统计。结果显示, 2014—2019 年共有 426 个品种参加 75 000 株/hm² 密度的试验, 各年参试品种数量分别为 53、61、103、87、64 和 58 个。

2.2 参试品种农艺性状的描述统计 对 2014—2019 年参试品种的农艺性状进行统计分析, 结果如表 1 所示。由表 1 可知, 所有性状中, 秃顶长的变异系数最大(73.04%), 穗位高次之(15.26%), 株高、穗长、穗行数、百粒重的变异系数都较小。由此可知, 在所有农艺性状中, 秃顶长的稳定性较差, 易受环境影响, 但同时该性状选择潜力大; 株高、穗长、穗行数、百粒重等性状较稳定, 受环境影响较小。

2.3 参试品种农艺性状与产量的相关分析 为了解各农艺性状与产量的关系, 将各性状与产量进行相关分析, 结果如表 2 所示。

由表 2 可知, 各农艺性状与产量的相关系数由大到小依次排列为穗位高、穗长、株高、穗行数、百粒重、秃顶长。产量与穗位高($r=0.305^{**}$)、穗长($r=0.257^{**}$)、株高($r=0.219^{**}$)、穗行数($r=0.130^{**}$)呈极显著正相关, 与秃顶长($r=-0.155^{**}$)呈极显著负相关。各性状中, 株高与穗位高($r=0.511^{**}$)、穗长($r=0.288^{**}$)、穗行数($r=0.192^{**}$)、秃顶长($r=0.172^{**}$)、百粒重($r=0.143^{**}$)均呈极显著正相关; 穗位高与秃顶长($r=-0.121^{*}$)呈显著负相关, 与其他性状相关性不显著; 穗长与秃顶长($r=0.294^{**}$)、百粒重($r=0.210^{**}$)呈极显著正相关; 穗行数与秃顶长($r=0.283^{**}$)呈极显著正相关, 与百粒重($r=-0.387^{**}$)呈极显著负相关。

基金项目 国家玉米产业技术体系潍坊试验站(CARS-02-65)。
作者简介 刘世敏(1989—), 男, 山东昌邑人, 助理研究员, 硕士, 从事玉米育种与栽培研究。* 通信作者, 高级农艺师, 硕士, 从事玉米育种与栽培研究。
收稿日期 2020-03-18

表 1 玉米新品种区域试验的农艺性状统计

Table 1 Statistics of agronomic characters of new maize varieties in regional trials

项目 Item	株高 Plant height cm	穗位高 Ear height cm	穗长 Ear length cm	穗行数 Ear rows	秃顶长 Bald length cm	百粒重 100-kernel weight//g	产量 Yield kg/hm ²
最大值 Max.	332.0	146.0	23.0	21.0	3.8	43.1	12 706.4
最小值 Min.	210.0	55.0	10.8	11.2	0	26.4	6 772.8
平均数 Average	262.6	97.1	16.9	15.9	1.1	33.2	10 087.9
标准偏差 Standard error	19.37	14.81	1.39	1.42	0.84	2.70	1 060.44
变异系数 Coefficient of variation//%	7.37	15.26	8.22	8.95	73.04	8.13	10.51

表 2 农艺性状与产量相关系数

Table 2 Correlation coefficients between agronomic characters and yield

变量 Variable	株高 Plant height	穗位高 Ear height	穗长 Ear length	穗行数 Ear rows	秃顶长 Bald length	百粒重 100 kernel weight	产量 Yield
株高 Plant height	1						
穗位高 Ear height	0.511**	1					
穗长 Ear length	0.288**	0.035	1				
穗行数 Ear rows	0.192**	0.041	-0.005	1			
秃顶长 Bald length	0.172**	-0.121*	0.294**	0.283**	1		
百粒重 100 kernel weight	0.143**	-0.027	0.210**	-0.387**	0.073	1	
产量 Yield	0.219**	0.305**	0.257**	0.130**	-0.155**	-0.078	1

注: **表示在 0.01 水平极显著相关(双尾); *表示在 0.05 水平显著相关(双尾)

Note: ** indicated extremely significant correlation at 0.01 level; * indicated significant correlation at 0.05 level

2.4 参试品种农艺性状的通径分析 为进一步厘清各性状与产量的直接和间接关系,需要进行通径分析。模型摘要输出结果显示, $R=0.484$, $R^2=0.234$,调整后 $R^2=0.223$,标准估算的误差为 934.702 68。其中,决定系数 $R^2=0.234$,则剩余因子 $e=\sqrt{1-R^2}=0.875\ 2$,该值较大,说明对产量有影响的自变量除百粒重、穗位高、秃顶长、穗长、穗行数、株高这 6 个因

素外,还有很多。

表 3 列出了各自变量的偏回归系数、截距、标准化系数(即通径系数)以及显著性结果,可以得出线性回归方程: $y=2\ 881.555+1.194x_1+17.188x_2+256\ 537x_3+129.331x_4-346.591x_5-23.106x_6$

表 3 回归系数输出结果

Table 3 The output results of regression coefficient

项目 Item	未标准化系数 Non-standardized coefficient	标准误差 Standard error	标准化系数 Standardized coefficient	<i>t</i>	显著性 Significance
常量 Constant	2 881.555	1 134.658	—	2.540	0.011
株高 x_1 Plant height	1.194	3.037	0.022	0.393	0.694
穗位高 x_2 Ear height	17.188	3.709	0.240	4.634	0
穗长 x_3 Ear length	256.537	35.958	0.336	7.134	0
穗行数 x_4 Ear rows	129.331	38.021	0.173	3.402	0.001
秃顶长 x_5 Bald length	-346.591	61.087	-0.274	-5.674	0
百粒重 x_6 100 kernel weight	-23.106	19.348	-0.059	-1.194	0.233

从通径系数可以看出,自变量对 y 的直接作用分别是: $P_{1y}=0.022$; $P_{2y}=0.24$; $P_{3y}=0.336$; $P_{4y}=0.173$; $P_{5y}=-0.274$; $P_{6y}=-0.059$ 。

计算间接通径系数,由表 3 的相关性输出结果可知自变量与因变量、各自变量之间的相关系数。

x_1 通过 x_2 对 y 的间接通径系数为: $r_{12}\times P_{2y}=0.511\times 0.24=0.122\ 64$; x_1 通过 x_3 对 y 的间接通径系数为: $r_{13}\times P_{3y}=0.288\times 0.336=0.096\ 8$; x_1 通过 x_4 对 y 的间接通径系数为: $r_{14}\times P_{4y}=0.192\times 0.173=0.033\ 2$; x_1 通过 x_5 对 y 的间接通径系数为: $r_{15}\times P_{5y}=0.172\times (-0.274)=-0.047\ 1$; x_1 通过 x_6 对 y 的间接通径系数为: $r_{16}\times P_{6y}=0.143\times (-0.059)=-0.008\ 4$ 。

用同样的方法可以计算 x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 、 x_6 对 y 的间接通径系数,结果如表 4 所示。

由表 4 可知,各性状的直接通径系数从大到小依次为穗长、穗位高、穗行数、株高、百粒重、秃顶长。进一步分析各性状间与产量的间接关系如下:

(1) 穗长对产量的效应。穗长和产量的直接通径系数为 0.336 0,间接通径系数为正效应的性状有株高 0.006 3,穗位高 0.008 4,有负效应的性状分别为穗行数-0.000 9,秃顶长-0.080 6,百粒重-0.012 4,负效应大于正效应,穗长对产量的综合效应为 $r=0.257^{**}$ 。穗长对产量所起的作用较大,在选育品种时,要选择穗长较长的品种,但同时要考虑穗行数、

秃顶长和百粒重等性状。

表 4 农艺性状与通径分析结果
Table 4 Path analysis of agronomic characters and yield

变量 Variable	直接通径系数 Direct coefficient	间接通径系数 Indirect coefficient					
		x_1-y	x_2-y	x_3-y	x_4-y	x_5-y	x_6-y
株高 x_1 Plant height	0.022 0	—	0.122 6	0.096 8	0.033 2	-0.047 1	-0.008 4
穗位高 x_2 Ear height	0.240 0	0.011 2	—	0.011 8	0.007 1	0.033 2	0.001 6
穗长 x_3 Ear length	0.336 0	0.006 3	0.008 4	—	-0.000 9	-0.080 6	-0.012 4
穗行数 x_4 Ear rows	0.173 0	0.004 2	0.009 8	-0.001 7	—	-0.077 5	0.022 8
秃顶长 x_5 Bald length	-0.274 0	0.003 8	-0.029 0	0.098 8	0.049 0	—	-0.004 3
百粒重 x_6 100 kernel weight	-0.059 0	0.003 1	-0.006 5	0.070 6	-0.067 0	-0.020 0	—

(2)穗位高对产量的效应。穗位高和产量的直接通径系数为 0.240 0,所有性状的间接通径系数均为正值,都为正效应,说明在穗位高增加的同时,其他性状都会起正作用。穗位高对产量的综合效应为 $r=0.305^{**}$ 。穗位高对产量的作用非常大,选育品种时在满足抗倒伏、倒折的前提下,可选择穗位尽量高的组合。

(3)穗行数对产量的效应。穗行数和产量的直接通径系数为 0.173 0,间接通径系数为正效应的性状有株高 0.004 2,穗位高 0.009 8、百粒重 0.022 8,为负效应的性状有穗长 -0.001 7、秃顶长 -0.077 5,负效应大于正效应。穗行数对产量的综合效应为 $r=0.130^{**}$,说明在选择穗行数多的品种时,要同时注意对穗长和秃顶长等性状的选择。

(4)株高对产量的效应。株高和产量的直接通径系数为 0.022 0,间接通径系数为正效应的性状有穗位高 0.122 6、穗长 0.096 8、穗行数 0.033 2,为负效应的性状有秃顶长 -0.047 1、百粒重 -0.008 4,正向效应大于负向效应,综合效应为 $r=0.219^{**}$,株高对产量的影响较大,在选育品种时,在满足抗倒伏、倒折的前提下,可选择株高尽量高的组合。

(5)秃顶长对产量的效应。秃顶长和产量的直接通径系数为 -0.274 0,间接通径系数为正效应的性状有株高 0.003 8、穗长 0.098 8、穗行数 0.049 0,为负效应的性状有穗位高 -0.029 0、百粒重 -0.004 3,综合效应为 $r=-0.155^{**}$,说明秃顶长对产量的影响很大,在育种过程中要选择封顶性好的品种。

(6)百粒重对产量的影响。百粒重和产量的直接通径系数为 -0.059 0,间接通径系数为正效应的性状有株高 0.003 1、穗长 0.070 6,为负效应的性状有穗位高 -0.006 5、穗行数 -0.067 0、秃顶长 -0.020 0,正负效应相互抵消,百粒重对产量的综合效应为 -0.078,为不显著负相关。

3 结论与讨论

参加试验的 6 个农性状变的变异系数由大到小依次为秃顶长、穗位高、穗行数、穗长、百粒重、株高,这与吕莹莹等^[8]、许卫猛等^[9]、李新娜等^[10]的研究结果基本一致。秃顶长的变异系数最大,说明性状稳定性差。

各农艺性状与产量的相关性由大到小依次为穗位高、穗

长、株高、穗行数、百粒重、秃顶长,这与王楠等^[11]、鲁珊等^[12]、贾亚涛等^[13]的研究结果基本一致。在玉米新品种选育时,要注重对穗长和穗位高的选择,同时要特别注意选择封顶性好的品种。

各农艺性状与产量的通径系数由大到小排列为穗长、穗位高、穗行数、株高、百粒重、秃顶长。穗长、穗位高和穗行数对产量正效应明显,秃顶长对产量负效应影响较大,这与时成俏等^[14]、李光发等^[15]的研究结果基本一致。

综上可知,玉米品种要获得高产,应具备适宜的株高和穗位高、较多的穗行数和较长的穗长。在育种中,要注意对某些关键性状的选择,同时要协调各性状之间的关系^[16]。

参考文献

[1] 赵久然,王帅,李明,等. 玉米育种行业创新现状与发展趋势[J]. 植物遗传资源学报,2018,19(3):435-446.
[2] 赵久然. 打破“一刀切” 瞄准“多样化”[J]. 种子科技,2017,35(11):2.
[3] 李永祥,石云素,宋燕春,等. 中国玉米品种改良及其种质基础分析[J]. 中国农业科技导报,2013,15(3):30-35.
[4] 岳尧海,周小辉,周旭东,等. 提高黄淮海夏玉米区单产的几项关键措施[J]. 农业与技术,2008(4):38-40.
[5] 刘强,刘铁山,董瑞,等. 2006~2010 年山东河南审定普通夏玉米品种对比分析[J]. 山东农业科学,2012,44(6):70-71.
[6] 伍振军. 新中国成立以来我国粮食生产回顾和展望[J]. 黑龙江粮食,2015(10):9-10.
[7] 杜家菊,陈志伟. 使用 SPSS 线性回归实现通径分析的方法[J]. 生物学通报,2010,45(2):4-6.
[8] 吕莹莹,张萌,沈丹丹,等. 玉米区域试验品种产量与穗部性状的相关与通径分析[J]. 华北农学报,2017,32(S1):160-165.
[9] 许卫猛,魏常敏,李桂芝,等. 黄淮海糯玉米新品种主要农艺和产量性状的通径分析[J]. 中国种业,2017(2):50-52.
[10] 李新娜,陈俊霞,苏文勇. 不同玉米组合穗部性状与产量的相关及通径分析[J]. 农业科技通讯,2016(4):37-40.
[11] 王楠,王树星,张乐,等. 玉米产量性状与产量的相关性通径分析[J]. 黑龙江农业科学,2019(1):23-27.
[12] 鲁珊,毛彩云,陆建章,等. 玉米杂交种主要农艺性状的相关和通径分析[J]. 天津农业科学,2018,24(5):55-57.
[13] 贾亚涛,杜伟建,邢国芳. 玉米主要农艺性状间相关性和主要农艺性状与产量的相关通径分析[J]. 山西农业科学,2015,43(9):1080-1083.
[14] 时成俏,覃永媛,黄安霞,等. 秋玉米杂交种产量性状与产量的相关性分析[J]. 作物杂志,2007(6):57-59.
[15] 李光发,李忠南,王越人,等. 玉米 PH6WC 组合与产量相关性状的灰色关联分析[J]. 玉米科学,2013,21(6):45-48.
[16] 李永祥,石云素,宋燕春,等. 中国玉米品种改良及其种质基础分析[J]. 中国农业科技导报,2013,15(3):30-35.