

高赖氨酸玉米 $F_{2:3}$ 群体穗部性状与产量的相关及通径分析李燕¹, 谭君¹, 李红梅², 魏明², 何立群³, 赵后娟¹, 杜林¹, 刘可心¹, 邓路长¹, 杨俊品¹, 唐海涛^{1*}

(1. 四川省农业科学院作物研究所, 四川成都 610066; 2. 云南省西双版纳傣族自治州景洪市种子管理站, 云南景洪 666100; 3. 西双版纳傣族自治州农业科学研究所, 云南景洪 666100)

摘要 荃玉9号(F_1)是由玉米自交系 Y3052 和 18-599 杂交获得, 并通过国家审定的高赖氨酸、强优势玉米杂交种。构建了高赖氨酸玉米杂交种荃玉9号 $F_{2:3}$ 群体, 共 240 个家系, 并对该群体的穗长、穗行数、行粒数、秃尖长、穗粗、轴粗、粒深、百粒重和单株产量共 9 个穗部性状的变异系数及相关性进行分析。结果表明, 除百粒重外其余穗部性状家系间均存在极显著差异; 秃尖长变异系数最大, 其次是单株产量。单株产量与穗行数、行粒数、穗长、穗粗、粒深呈极显著正相关, 对单株产量影响最大的前 3 位穗部性状为行粒数、粒深和穗粗。

关键词 玉米; 相关性分析; 通径分析; 群体; 荃玉9号

中图分类号 S513 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)08-0041-02

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.08.010

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Correlation and Path Analysis of Ear Characters in $F_{2:3}$ Population Derived from High-lysine Content Maize Hybrid Quanyu No.9

LI Yan¹, TAN Jun¹, LI Hong-mei² et al (1. Crop Research Institute of Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu, Sichuan 610066; 2. Seed Management Station of Jinghong City, Jinghong, Yunnan 666100)

Abstract State approved hybrid maize Quanyu No. 9 (F_1) was a high-lysine content and strong superiority cross, which derived from maize inbred lines Y3052 \times 18-599. A maize $F_{2:3}$ population with 240 families were obtained from the hybrid of Quanyu No.9 in this study. The coefficient of variation and their correlation of nine ear characters, including ear length, ear row number, row number, barren tip length, ear diameter, axis diameter, kernel depth, 100-grain weight and yield weight per plant, were analyzed in this population. The results showed that except for the 100-grain weight, the other all ear characters were significant differences among families; the coefficient of variation of rare ear length was the largest, followed by the yield per plant. The yield per plant was significantly positively correlated with ear row number, kernel number of per row, ear length, ear diameter and kernel depth. The top three ear traits with the greatest impact on yield per plant were kernel number of per row, kernel depth and ear diameter.

Key words Maize; Correlation analysis; Path analysis; Population; Quanyu No. 9

我国是玉米生产大国, 同时也是玉米消费大国, 为满足产业需求, 高产、优质一直是育种家选育玉米新品种的重要目标之一。高产品种的创制离不开优异自交系的选育。玉米种质扩增、改良和创新是优良自交系的选育的关键因素, 育种家结合群体改良是选育优良自交系的有效途径之一, 因此对现有群体的主要农艺性状进行综合评价是很有必要的^[1]。荃玉9号(国审玉2011018)为通过国家审定的高赖氨酸超高产杂交玉米新品种, 其赖氨酸含量为0.42%, 达到国家高赖氨酸玉米品种标准($\geq 0.4\%$), 区试、生试产量比对照增产 $\geq 10\%$, 该品种实现了高产与优质集成, 较好地解决了西南地区杂交玉米高产、优质之间的矛盾^[2]。鉴于此, 笔者分析利用高赖氨酸、强优势玉米杂交品种荃玉9号构建的 $F_{2:3}$ 群体, 对高赖氨酸玉米杂交种穗部性状与产量的相关农艺性状进行分析, 旨在为优质、高产玉米育种提供理论参考。

1 材料与方

1.1 试验材料 自交系 Y3052 和 18-599 均为高配合力自交系, 分别由四川省农业科学院作物研究所和四川农业大学玉米研究所选育。Y3052(母本)与 18-599(父本)杂交得到

F_1 (荃玉9号), F_1 自交得到 F_2 , F_2 自交得到 $F_{2:3}$ 家系(240个)。

1.2 田间试验 2014年夏季在成都播种荃玉9号, 人工套袋自交获得 F_2 果穗; 2015年秋冬季在海南种植 F_2 , 全部单株自交获 $F_{2:3}$ 群体果穗; 2016年夏季在成都种植 $F_{2:3}$ 群体, 随机区组设计, 3次重复, 单行区, 每行7窝, 每窝2株, 株距0.25 m, 行距0.80 m, 密度49 995株/hm², 开放授粉, 田间管理同大田生产。

1.3 农艺性状调查 果穗成熟后, 每个小区对中间10株进行收获, 室内考种调查性状包括单株产量、穗长、穗行数、行粒数、秃尖长、穗粗、轴粗、粒深和百粒重。

1.4 数据处理 采用 Microsoft Excel 2007 进行数据处理, 采用 SPSS 21 进行相关系数计算和统计分析^[3]。

2 结果与分析

2.1 单株产量的变异分析 对荃玉9号 $F_{2:3}$ 群体农艺性状进行方差分析和变异情况等进行分析, 结果见表1。由表1可知, 除了百粒重外, 其余8个穗部性状和产量, 即穗行数、行粒数、穗长、秃尖长、穗粗、轴粗、粒深和单株产量在家系间的差异均达到极显著水平。各农艺性状变异程度来看, 秃尖长变异系数最大(CV = 36.804%), 变异范围为0.255 ~ 2.676 cm; 其次是单株产量(CV = 28.362%), 变异范围为24.521 ~ 184.600 g; 行粒数(CV = 14.778%)和粒深(CV = 11.967%)变异系数再次之; 穗行数(CV = 7.407%)、轴粗(CV = 5.828%)和穗粗(CV = 5.270%)相对较小。偏度分析表明, 除行粒数、穗粗和百粒重性状的个体分布往小于平均数的方

基金项目 国家重点研发计划“七大作物育种”专项(2018YFD0100102); 四川省财政创新能力提升工程专项(2016ZYPZ-014); 四川省重大科技专项-2018年度四川省生物技术与医药重大科技专项(2018NZDZX0001); 四川省科技支撑计划(2016NYZ029); 现代农业产业技术体系四川玉米创新团队。

作者简介 李燕(1984—), 女, 四川自贡人, 博士, 助理研究员, 硕士, 从事玉米遗传育种研究。*通信作者, 研究员, 从事玉米遗传育种研究。

收稿日期 2019-10-11; **修回日期** 2019-11-03

向偏斜外,其余各性状的个体分布是往大于平均数方向偏斜。

表1 荃玉9号 F_{2,3}家系穗部性状及产量方差分析与变异分布

Table 1 Analysis of variance and variation distribution of ear characters and yield trait in F_{2,3} population derived from hybrid of Quanyu No.9

性状 Character	单株产量 Yield per plant//g	穗行数 Rows per ear	行粒数 Kernels per row	穗长 Ear length cm	秃尖 Barren tip length//cm	穗粗 Ear diameter cm	轴粗 Axis axes cm	粒深 Kernel depth cm	百粒重 100-Kernel weight//g
均值 Mean	97.517	16.226	25.047	14.791	1.170	4.641	2.865	0.891	28.550
变异范围 Range of variation	24.521~ 184.600	13.080~ 19.430	15.634~ 33.333	11.305~ 19.880	0.255~ 2.676	3.888~ 5.325	2.438~ 3.442	0.576~ 1.432	22.000~ 33.900
均方 Mean square	529.918	2.889	27.4	3.97	0.371	0.12	0.056	0.023	6.626
F值 F value	2.074**	3.833**	2.636**	3.131**	1.768**	2.340**	4.469**	1.676**	0.888
变异系数 CV //%	28.362	7.407	14.778	9.525	36.804	5.27	5.828	11.967	6.389
偏度 Skewness	0.266	0.196	-0.224	0.136	0.636	-0.058	0.186	0.191	-0.033

注: *表示在0.05水平差异显著; **表示在0.01水平差异极显著

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

2.2 穗部性状与产量的相关性分析 荃玉9号 F_{2,3}群体各性状相关性分析见表2。由表2可知,单株产量分别与调查的其他性状有不同程度的相关:单株产量与穗行数、行粒数、穗长、穗粗、粒深呈极显著正相关,其中单株产量与行粒数相关系数最大($r=0.684$),与穗行数相关系数最小($r=0.246$);

另外,单株产量与百粒重呈正相关但不显著;单株产量与轴粗和秃尖长呈负相关但也不显著。各性状与单株产量的相关程度的大小并不能完全代表其对提高单株产量作用大小,因为各性状间有相互作用的关系,而相互作用的大小需要用通径分析来进一步估算^[4]。

表2 荃玉9号 F_{2,3}群体农艺性状相关性分析

Table 2 Correlation analysis of agronomic traits in F_{2,3} population derived from hybrid of Quanyu No.9

性状 Character	单株产量 Yield per plant	穗行数 Rows per ear	行粒数 Kernels per row	穗长 Ear length	秃尖 Barren tip length	穗粗 Ear diameter	轴粗 Axis axes	粒深 Kernel depth	百粒重 100-Kernel weight
单株产量 Yield per plant	1.000								
穗行数 Rows per ear	0.246**	1.000							
行粒数 Kernels per row	0.684**	0.085	1.000						
穗长 Ear length	0.424**	-0.095	0.705**	1.000					
秃尖 Barren tip length	-0.111	-0.134*	-0.088	0.254**	1.000				
穗粗 Ear diameter	0.424**	0.588**	0.194**	-0.003	-0.190**	1.000			
轴粗 Axis axes	-0.112	0.383**	-0.282**	-0.145*	-0.122	0.587**	1.000		
粒深 Kernel depth	0.590**	0.355**	0.454**	0.084	-0.160*	0.671**	-0.129*	1.000	
百粒重 100-kernel weight	0.008	0.099	-0.030	0.047	0.058	0.152*	0.113	0.066	1.000

注: *表示在0.05水平差异显著; **表示在0.01水平差异极显著

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

2.3 荃玉9号 F_{2,3}群体单株产量与各性状的逐步回归分析与通径分析 回归分析是确定2个或者2个以上变量间相关依赖的定量关系的统计方法。为分析荃玉9号 F_{2,3}群体穗行数(X_1)、行粒数(X_2)、穗长(X_3)、秃尖长(X_4)、穗粗(X_5)、轴粗(X_6)、粒深(X_7)和百粒重(X_8)共8个农艺性状对产量的直接和间接效应,通过SPSS软件对农艺性状和产量性状进行逐步回归分析,得到回归方程 $Y = -142.758 + 4.077X_2 + 18.031X_3 + 61.105X_7$ 。

通径分析结果由直接通径系数和间接通径系数来体现,即反应了各因素之间的直接和间接影响效果的大小,是基于简单相关系数的分解研究而来^[5-6]。荃玉9号 F_{2,3}群体通径分析结果见表3。由表3可知,不同性状对产量直接作用的顺序为行粒数>粒深>穗粗,根据间接通径系数可见粒深通过行粒数对产量贡献最大,粒深通过穗粗的作用对产量贡献次之。

表3 荃玉9号 F_{2,3}群体3个果穗性状对单株产量的通径系数

Table 3 Path coefficients of yield per plant for 3 ear traits of F_{2,3} population derived from hybrid of Quanyu No.9

因素 Factor	与Y的简单 相关系数 Simple correlation coefficient with Y	通径系数 Path coefficient	间接通径系数 Indirect path coefficient		
			X_2	X_7	X_3
X_2	0.684**	0.546		0.107	0.031
X_7	0.590**	0.236	0.248		0.107
X_3	0.424**	0.159	0.031	0.158	

注: *表示在0.05水平差异显著; **表示在0.01水平差异极显著

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

3 结论与讨论

荃玉9号是近年来西南玉米区推广的高赖氨酸、突破性(下转第46页)

用的产物,既是植物体的能量来源,也是渗透调节不可或缺的部分。已有研究表明,植物在受到重金属镍胁迫时,体内可溶性糖含量与对照相比显著升高^[19]。在 Cu^{2+} 胁迫下,绿豆幼苗可溶性糖含量随着 Cu^{2+} 浓度的升高呈上升趋势,当 Cu^{2+} 浓度达到 300 mg/L 时,绿豆幼苗的可溶性糖增加达到显著水平^[14]。该研究结果显示,绿豆幼苗受到 Cu^{2+} 胁迫时,体内可溶性糖含量随着 Cu^{2+} 浓度的增加呈逐渐上升趋势,当浓度达到 200 mg/L 时,绿豆幼苗可溶性糖含量与对照相比达到显著水平 ($P < 0.01$),说明绿豆幼苗在高浓度 Cu^{2+} 胁迫下,叶绿素含量升高,光合作用增强,呼吸作用加强,可溶性糖含量增加,以抵抗 Cu^{2+} 胁迫对绿豆幼苗造成的伤害。

当植物受到胁迫时,细胞内活性氧的产生及其清除体系会失去平衡,为保护自身减少植物受到的外界伤害,植物进化形成了自由基清除酶系统,清除植物体内因胁迫而产生的大量自由基,从而减轻自由基对生物膜系统所产生的伤害,保护生物膜不受破坏。SOD、POD 和 CAT 的酶活性也能反映植物抗逆性的强弱。该研究结果显示,绿豆幼苗在受到重金属 Cu^{2+} 的胁迫下,其体内 SOD、POD 及 CAT 酶活性均随着 Cu^{2+} 浓度的升高呈上升趋势,这与马晓华等^[20]的研究结果类似。说明绿豆幼苗在受到胁迫时,体内这 3 种抗氧化酶被激活,清除细胞内的自由基,使得植物在受到重金属 Cu^{2+} 胁迫时,降低受伤害程度。

综上所述,绿豆在受到重金属 Cu^{2+} 胁迫时生长受到抑制,MDA 含量升高,细胞膜脂过氧化,然而绿豆幼苗可以通过调节自身叶绿素的合成,渗透调节物可溶性糖的增多,保护酶系统的活性升高来抵抗 Cu^{2+} 的毒害,说明绿豆在应对重金属 Cu^{2+} 胁迫时具有一定的抗性。

(上接第 42 页)

强优势国审杂交品种^[2],该研究构建了荃玉 9 号 $F_{2,3}$ 群体,并对群体植株的单株产量、穗行数、行粒数、穗长、秃尖长、穗粗、轴粗、粒深和百粒重共 9 个农艺性状进行了变异系数分析、相关性分析和通径分析等。其中,秃尖长变异系数最大,说明秃尖长在 $F_{2,3}$ 群体中选育潜力较大^[7],这与王楠等^[8]、余学杰等^[9]、田龙等^[10] 研究结果一致;轴粗变异系数最小,说明在该性状在 $F_{2,3}$ 群体中表现相对一致,选育潜力小。单株产量与穗行数、行粒数、穗长、穗粗、粒深呈极显著正相关这与前人研究一致^[11-13]。通过逐步回归分析,排除非主要的影响因子,对单株产量影响作用大到小依次为行粒数>粒深>穗粗,表明在该群体利用中穗行数对提高单株产量是重要的,其次是粒深和穗粗,由于各性状间是相辅相成,同时也是相互制约的所以在育种过程中着重选择某个性状时,也要兼顾的其他性状的协调。该研究 $F_{2,3}$ 群体的结论与前人的研究^[9] 结论有差别,这可能是由于材料、生态环境、调查的农艺性状不同等原因产生的,所以在特定的环境对新构建的群体进行通径分析,了解目标性状与其他性状间相关作用大小对该环境下实现育种目标有重要意义。

参考文献

- [1] 守合热提·牙地卡尔,张正,郭媛,等.冬季亚麻在南方重金属污染农田的利用前景[J].中国麻业科学,2017,39(2):75-80.
- [2] 蔡美芳,李开明,谢丹平,等.我国耕地土壤重金属污染现状与防治对策研究[J].环境科学与技术,2014,37(S2):223-230.
- [3] 张刚,翁悦,李德香,等.铜胁迫对黑麦草种子萌发及幼苗生理生态的影响[J].东北师大学报(自然科学版),2019,51(1):119-124.
- [4] 李春雷. Cu^{2+} 胁迫对蓖麻生理反应和积累特性的影响[D].武汉:华中农业大学,2016.
- [5] 陈玉胜,陈全战,邹旭婷.铜胁迫对水稻和小麦种子萌发的影响[J].南京晓庄学院学报,2018,34(6):82-86.
- [6] 赵吉平,王彩萍,侯小峰,等.论绿豆的经济价值及产业化开发利用[J].农业科技通讯,2016(5):9-10.
- [7] 李惠民,罗芬兰,贺军民.NO 对 Cd^{2+} 胁迫下绿豆幼苗 DNA 及光合作用的影响[J].地球环境学报,2018,9(4):363-371.
- [8] 常云霞,陈臻,阮先乐,等. Hg^{2+} 、 Pb^{2+} 对野生型绿豆种子萌发、幼苗生长及抗氧化酶活性的影响[J].河南农业科学,2014,41(7):37-41.
- [9] 夏建国,兰海霞,吴德勇.铅胁迫对茶树生长及叶片生理指标的影响[J].农业环境科学学报,2010,29(1):43-48.
- [10] 李玲,李焱辉,蒋素梅,等.植物生理学模块实验指导[M].北京:科学出版社,2009.
- [11] 卢楠.重金属 Cd、Pb 复合污染对植物生理生化和细胞结构影响的研究进展[J].现代农业科技,2009(8):176-177.
- [12] 公勤,康群,王玲,等.重金属铜对植物毒害机理的研究现状及展望[J].南方农业学报,2018,49(3):469-475.
- [13] 张亚娟,王倩,龙瑜菡,等.不同大麻品种种子萌发期耐重金属铜胁迫能力评价[J].中国麻业科学,2018,40(4):183-191.
- [14] 齐文靖,于晗,张佳慧,等.不同重金属胁迫对绿豆种子萌发和幼苗部分生理指标的影响[J].北方园艺,2018(21):1-5.
- [15] 牟祚民,姜贝贝,潘远智,等.重金属胁迫对天竺葵生长及生理特性的影响[J].草业科学,2019,36(2):434-441.
- [16] 郭锋,樊文华.外源硒对镉胁迫下绿豆幼苗生理特性的影响[J].水土保持学报,2012,26(4):256-260.
- [17] 张婷婷,崔乐怡,龙昌莲,等.逆境条件下镉对臭牡丹幼苗生理变化的影响[J].广东农业科学,2018,45(4):94-99.
- [18] 庄媛,王小平.绿豆幼苗对 Cr^{3+} 胁迫响应的研究[J].安徽农业科学,2011,39(26):15867-15868.
- [19] 曾小颢,唐健民,朱成豪,等.重金属镍胁迫对向日葵幼苗生理生化特性的影响[J].广西植物,2019,39(12):1702-1709.
- [20] 马晓华,张旭东,钱仁卷,等.镉与铜胁迫下无柄小叶榕的生理响应[J].森林与环境学报,2019,39(2):194-200.

参考文献

- [1] 李芦江,杨克诚,潘光堂,等.玉米人工合成群体的改良与利用[J].玉米科学,2011,19(1):1-7.
- [2] 张知仪,谭君,强优势,高赖氨酸玉米新品种荃玉 9 号的选育研究[J].种子,2013,32(11):100-102.
- [3] 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.
- [4] 栗建枝,成错,赵太存.玉米杂交种穗部性状对单株产量影响的研究[J].种子科技,2018(2):96-98.
- [5] 敬艳辉,邢留伟.通径分析及其应用[J].统计教育,2006(2):24-26.
- [6] 丁山,郭去,宋军,等.玉米主要性状与产量的回归模型及相关分析[J].西南农业学报,2008,21(5):1226-1230.
- [7] 卓越.玉米杂交组合主要性状与产量的相关和通径分析[J].安徽农业科学,2015,43(7):55-57.
- [8] 王楠,王树星,张乐,等.玉米产量性状与产量的相关性及相关分析[J].黑龙江农业科学,2019(1):23-27.
- [9] 余学杰,石海春,柯永培,等.一个玉米 $F_{2,3}$ 群体主要性状的变异及相关分析[J].玉米科学,2008,16(3):22-25.
- [10] 田龙,韩媛芬,丁维汉.陕西省玉米品种农艺性状与产量相关性研究[J].陕西农业科学,2017,63(6):1-4.
- [11] 蒋辅燕,陈洪梅,张培高,等.28 个玉米杂交组合产量及穗部性状研究[J].西南农业学报,2013,26(3):903-908.
- [12] 李淑君,董昕,付忠军,等.二十个玉米自交系穗部性状配合力及相关性分析[J].南方农业,2018,12(28):8-13,17.
- [13] 鲁珊,肖荷霞,毛彩云,等.玉米杂交种主要农艺性状的相关和通径分析[J].安徽农业科学,2017,45(21):26-27,58.