

谷子主要农艺性状与产量的相关分析及通径分析

王瑞¹, 李中青^{1*}, 郭二虎^{1*}, 李齐霞¹, 祁丽婷¹, 王敏¹, 孙万荣¹, 邬志远¹, 米鹏伟², 张艾英¹, 任先忠¹

(1. 山西省农业科学院谷子研究所, 山西长治 046011; 2. 山西省太岳山国有林管理局, 山西平顺 047400)

摘要 对谷子品种“长农 39”在 5 个试验点的农艺性状与产量进行了相关分析及通径分析。结果表明,产量、株高、穗粒重、穗重的变异系数较大;穗重与产量、穗粒重相关系数呈正相关显著水平,株高与产量呈负相关水平;穗重对产量的直接通径系数和决策系数均最大,出谷率次之。谷子田间高产栽培技术应主要针对穗重、穗粒重、出谷率、株高采取措施;主攻穗重,兼顾穗粒重、出谷率及其他农艺性状间的关系,适当调控株高的生长,以获得较高的产量。

关键词 谷子;农艺性状;产量;相关分析;通径分析

中图分类号 S515 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)11-0028-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2019.11.009

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Correlation and Path Analysis of the Yield and Major Agronomic Traits of Millet

WANG Rui, LI Zhong-qing, GUO Er-hu et al (Millet Reserch Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Changzhi, Shanxi 046011)

Abstract Correlation analysis and path analysis of the yield and agronomic characters of Changnong 39 were carried out in five test sites. Results showed that the variation coefficient of yield, plant height, grain weight per spike and spike weight were relatively great. Spike weight showed significantly positive correlation with yield and grain weight per spike; plant height and yield showed negative correlation. The direct path coefficient and decision coefficient of spike weight to yield were both the highest, followed with millet grain percentage. Millet field high-yield cultivation technology should pay attention to spike weight, grain weight per spike, millet grain percentage and plant height, as well as the correlation between grain weight per spike, millet grain percentage and other agronomic traits, so as to properly adjust the increase of plant height and to obtain relatively high yield.

Key words Millet; Agronomic traits; Yield; Correlation analysis; Path analysis

谷子原产于我国,是我国古老的栽培作物之一,具有耐旱、耐贫瘠,籽粒营养丰富、谷草品质优良的特点,在农业生产中有粮、饲兼用等多用途,在可持续农业发展中具有不可替代的作用。谷子产量的提高对稳定我国谷子供给和需求具有至关重要的作用。如何在现有品种水平的基础上,通过栽培管理措施发挥出谷子的生产潜力,研究农艺性状和产量的关系具有重要的意义。目前,研究主要集中在多个基因型谷子的产量与农艺性状的相关性分析上^[2-8],而对于相同基因型谷子在多个生态环境中产量与主要农艺性状的相关分析和通径分析鲜见报道。鉴于此,笔者通过对谷子品种“长农 39”在 5 个生态点的主要农艺性状与产量进行相关分析及通径分析,旨在为谷子的高产栽培技术提供依据,对谷子选育工作提供一定的参考。

1 材料与方 法

1.1 材料 谷子品种“长农 39”系山西省农业科学院谷子研究所 97F 高-66 作母本、晋谷 21 作父本杂交,经多代选育而成。该品种品质优、米色金黄、商品性好。农业部谷物及制品质量监督检验测试中心(哈尔滨)测定显示,该品种小

米粗蛋白(干基)含量为 12.72%,初脂肪(干基)为 3.54%,维生素 B₁ 为 5.5 mg/kg,直链淀粉(占脱脂样品)为 15.53%,碱消值(级)为 3.2,胶稠度为 145 mm。2009 年通过山西省农作物品种审定委员会认定,2011 年 8 月通过了全国谷子品种鉴定委员会鉴定^[9]。

1.2 方法 试验于 2016—2017 年分别在壶关、武乡、黎城、陵川、长治 5 个试验点进行。田间管理按照当地常规方法进行。成熟期在田间采用等距离取样法,将试验点等分为 3 个样方,在每个样方的前 1 m 内取样,取代表性的 10 株在田间调查株高、穗长;将每个样方的谷穗进行室内考种,测量平均穗重、千粒重、穗粒重、出谷率,产量。田间数据调查和室内考种参照国家谷子、糜子产业技术(体系)研发中心,中国农业科学院作物科学研究所 2011 年 7 月制定的《谷子农艺性状形态特征鉴定标准》。

1.3 数据分析 采用 Microsoft Excel 2007 和 SPSS 18 软件进行数据统计和分析^[10]。

2 结果与分析

2.1 “长农 39”主要农艺性状和产量的变异分析 变异系数是衡量性状变异的数量指标^[11],用来评定试验地的均匀性和规划试验。但变异系数的大小受到标准差和平均数比值的制约。因此,在采用变异系数表示试验结果或进行变异程度的比较时,应同时列举其标准差和平均值,以免引起误解^[12]。

由表 1 可知,长农 39 在 5 个不同试验点种植,变异系数最大的为产量,变异范围为 3 715.4~5 829.8 kg/hm²,平均值为 4 653.2 kg/hm²,变异系数为 21.3%;其次为株高,变异范围为 122.5~163.5 cm,平均值为 143.5 cm,变异系数为

基金项目 国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-06-13.5-A10);山西省农业科学院攻关项目(YGG1644);山西省农业科技成果转化和示范推广项目(2017CGZH29);山西省农业科学院农业科技创新研究课题(YYS1703);山西省农业科学院生物育种工程项目(17YZGC024)。

作者简介 王瑞(1986—),女,山西霍州人,助理研究员,硕士,从事谷子栽培和生理生态研究。*通信作者:李中青,研究员,从事玉米育种和谷子示范推广研究;郭二虎,研究员,从事谷子育种和栽培技术研究。

收稿日期 2018-11-07

10.3%;变异系数最小的为出谷率,变异范围为 83.2%~87.1%,平均值为 85.2%,变异系数为 1.7%。除产量外,主要农艺性状中变异系数由大到小依次为株高>穗粒重>穗重>

穗长>千粒重>出谷率,说明种植地区生态条件或栽培管理措施等外部条件对“长农 39”谷子株高、穗粒重、穗重的影响较大,在栽培技术上应主攻株高、穗粒重、穗重。

表 1 “长农 39”主要农艺性状和产量统计分析

Table 1 Statistical analysis of yield and major agronomic traits of Changnong 39

地点 Location	株高 Plant height cm	穗长 Length of spike cm	穗重 Spike weight g	千粒重 1 000-grain weight//g	穗粒重 Grain weight per spike//g	出谷率 Millet grain percentage//%	产量 Yield kg/hm ²
壶关 Huguan	146.1	21.7	20.6	2.9	17.1	83.2	3 863.0
武乡 Wuxiang	145.5	24.7	24.2	3.0	20.7	85.5	5 829.8
黎城 Licheng	139.8	20.1	19.4	3.1	16.7	85.8	4 264.1
陵川 Lingchuan	122.5	21.2	22.0	3.0	17.1	87.1	5 593.8
长治 Changzhi	163.5	23.1	19.7	3.0	16.2	84.4	3 715.4
平均值 Means	143.5	22.2	21.2	3.0	17.6	85.2	4 653.2
标准差 Standard deviation	14.7	1.8	2.0	0.1	1.8	1.5	990.5
最小值 Min	122.5	20.1	19.4	2.9	16.2	83.2	3 715.4
最大值 Max	163.5	24.7	24.2	3.1	20.7	87.1	5 829.8
变异系数 CV//%	10.3	8.0	9.3	2.4	10.2	1.7	21.3

2.2 “长农 39”主要农艺性状与产量的相关性分析 相关分析是处理变量与变量之间关系的一种统计方法。相关系数 r 绝对值越大(越接近 1),表明变量之间的线性相关程度愈高。人们通常利用相关系数的大小来解释变量间相互关系的大小^[13]。由表 2 可知,谷子主要农艺性状与产量的相关性由大到小依次为穗重($r=0.880$)>穗粒重($r=0.737$)>出谷率($r=0.725$)>株高($r=-0.631$)>穗长($r=0.335$)>千粒重

($r=0.143$),其中穗重与产量呈显著相关;穗重与穗粒重($r=0.915$)呈显著相关,与穗长($r=0.672$)、出谷率($r=0.322$)呈正相关,与株高($r=-0.308$)、千粒重($r=-0.216$)呈负相关;株高与产量呈负相关。这说明谷子性状间的相互作用是复杂的,既相辅相成,又相互制约,在谷子栽培技术上应以提高谷子的穗重为根本,同时兼顾其他性状,适当调控株高来促进产量的提高。

表 2 “长农 39”主要农艺性状与产量的相关分析

Table 2 Correlation analysis between yield and major agronomic traits of Changnong 39

性状 Traits	株高 Plant height	穗长 Length of spike	穗重 Spike mass	千粒重 1 000-grain mass	穗粒重 Spike grain mass	出谷率 Millet grain percentage
穗长 Length of spike	0.481					
穗重 Spike weight	-0.308	0.672				
千粒重 1 000-grain weight	-0.151	-0.317	-0.216			
穗粒重 Grain weight per spike	-0.088	0.713	0.915*	-0.079		
出谷率 Millet grain percentage	-0.723	-0.203	0.322	0.623	0.147	
产量 Yield	-0.631	0.335	0.880*	0.143	0.737	0.725

注: * 表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关

Note: * indicated significant correlation at 0.05 level(bilateral)

2.3 “长农 39”主要农艺性状与产量的通径分析 通径分析通过自变量和因变量之间的相关分解来研究因变量(性状)的相对重要性,已在众多领域广泛应用^[14]。袁志发等^[15]提出了通径分析中的决策指标——决策系数,可以把各自变量对应变量的综合作用进行排序,以确定主要决策变量和限制变量。通过杜家菊等^[16]、宋小园等^[17]介绍的方法获得

通径系数。根据袁志发等^[15]提供的方法,获得决策系数。

由表 3 可知,在获得通径系数的过程中,从所有可供选择的自变量中逐步选择加入或删除某个自变量,对产量 Y 有影响的自变量仅剩穗重 X_1 和出谷率 X_2 。穗重的直接作用最大,出谷率次之。通过分析各个间接通径系数发现,穗重通过出谷率对产量的间接作用($r_{12} \times p_{2y} = 0.159$)小于出谷率通

表 3 “长农 39”主要农艺性状与产量的通径分析

Table 3 Path-coefficient between yield and major agronomic traits of Changnong 39

自变量 Independent variable	简单相关系数 Simple correlation coefficient	直接通径系数 Direct path coefficient	间接通径系数 Indirect path coefficient			决策系数 Decision coefficient
			X_1 穗重 Spike weight	X_2 出谷率 Millet grain percentage	间接通径系数合计 Total indirect path coefficient	
X_1 穗重 Spike weight	0.880	0.722		0.159	0.159	0.750
X_2 出谷率 Millet grain percentage	0.725	0.493	0.233		0.233	0.472

过穗重对产量的间接作用($r_{21} \times p_{1y} = 0.233$),但是由于穗重对产量的直接作用 P_{1y} 值较大,从而穗重对产量的影响最大,二

者的简单相关系数达 0.880,出谷率对产量的简单相关系数为 $P_{2y} + r_{21} \times P_{1y} = 0.725$,使得出谷率对产量的影响也较大。因

此,穗重和出谷率对谷子产量的增加具有重要作用。决策系数 $R^2(1) > R^2(2)$, 且 X_1 的直接作用最大, 故 X_1 为主要决策变量。因此, 要提高产量, 必须提高穗重, 同时考虑出谷率。

3 结论与讨论

作物产量是由产量构成因素决定的, 如何协调和利用各产量因素之间的关系, 是育种家和栽培专家的首要目标^[18]。性状间的相互作用是复杂的, 既相辅相成, 又相互制约。为了提高产量, 应该抓住某个主要性状进行选择 and 调控, 同时兼顾其他性状^[19]。该试验谷子品种“长农 39”的主要农艺性状与产量的变异分析显示, 产量、株高、穗粒重、穗重的变异系数较大, 说明可以通过改善栽培措施使这些性状获得一定程度的改善。相关性分析结果显示, 穗重、穗粒重、出谷率、穗长、千粒重与产量呈正相关, 其中穗重与产量呈显著正相关; 穗重与穗粒重呈显著相关, 与穗长、出谷率呈正相关, 与株高、千粒重呈负相关; 株高与产量呈负相关。通径分析显示, 穗重和出谷率对谷子产量的影响较大, 其中穗重对谷子产量的增加影响最大。综上所述, 可以通过合理的栽培措施实现穗重与出谷率的最优状态; 通过适当调控长农 39 的株高, 提高长农 39 的穗重、穗粒重, 进而增加长农 39 的产量。

在生产实践中必须协调好各个农艺性状之间的关系以发挥每个农艺性状对谷子产量的最大作用。采用合理的栽培措施, 协同改善产量构成因素是谷子产量提高的关键, 也是谷子高产栽培研究的重要方向。

参考文献

[1] 朱志华, 李为喜, 刘方, 等. 谷子种质资源品质性状的鉴定与评价[J].

杂粮作物, 2004, 24(6): 329-331.

- [2] 杨慧卿, 王军, 袁峰, 等. 西北春谷区中晚熟组谷子主要农艺性状的相关和通径分析[J]. 河北农业科学, 2010, 14(11): 105-106, 111.
- [3] 李晓宇, 王昆鹏, 刘迎春, 等. 谷子主要农艺性状分析[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2015, 36(2): 26-30.
- [4] 张霞, 冯永忠. 神木县不同谷子品种主要农艺性状及产量分析[J]. 西北农业学报, 2017, 26(1): 32-37.
- [5] 刘斌, 李书田, 王显瑞, 等. 谷子主要农艺性状的分析[J]. 种子, 2014, 33(5): 88-90.
- [6] 袁峰, 杨慧卿, 王军, 等. 谷子产量相关性状的成分分析[J]. 河北农业科学, 2010, 14(11): 112-114.
- [7] 王欢欢, 贾亚涛, 许鹏飞, 等. 谷子主要农艺性状与产量的关系[J]. 山西农业科学, 2014, 42(7): 657-659, 754.
- [8] USHA KIRAN G, PANDURANGA RAO C, SAMBA MURTHY J S V, et al. Correlation and path analysis over environments in Italian millet [J]. Andhra agricultural journal, 2012, 59(1): 20-23.
- [9] 李齐霞, 李中青, 郭二虎, 等. 不同播期·密度·施肥量对“长农 39 号”产量及农艺性状的影响[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(12): 41-43, 46.
- [10] 郭春华. 常用统计软件在生命科学中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 74-155.
- [11] 杨勇, 周斌, 杨超华, 等. 夏播绿豆不同品种产量与主要农艺性状的相关分析[J]. 作物杂志, 2015(4): 65-68.
- [12] 郭平毅. 生物统计学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2006: 26-29.
- [13] 严丽坤. 相关系数与偏相关系数在相关分析中的应用[J]. 云南财贸学院学报, 2003, 19(3): 78-80.
- [14] 张琪, 丛鹏, 彭勃. 通径分析在 Excel 和 SPSS 中的实现[J]. 农业网络信息, 2007(3): 109-110.
- [15] 袁志发, 周静宇, 郭满才, 等. 决策系数——通径分析中的决策指标[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2001, 29(5): 131-133.
- [16] 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.
- [17] 宋小园, 朱仲元, 刘艳伟, 等. 通径分析在 SPSS 逐步线性回归中的实现[J]. 干旱区研究, 2016, 33(1): 108-113.
- [18] 游俊梅, 陈能刚, 陈惠查, 等. 优质香稻黔香优 302 农艺性状与产量的相关性分析[J]. 种子, 2010, 29(7): 80-82.
- [19] 元振, 赵广才, 常旭红, 等. 小麦产量与农艺性状的相关分析和通径分析[J]. 作物杂志, 2016(3): 45-50.

(上接第 9 页)

- [15] REAL L. Pollination biology[M]. Orlando: Academic Press, 1983.
- [16] LEE J, PARK B J, TSUNETSUGU Y, et al. Effect of forest bathing on physiological and psychological responses in young Japanese male subjects[J]. Pub Heal, 2011, 125(2): 93-100.
- [17] BASCOMPTE J, JORDANO P. Plant-animal mutualistic networks: The architecture of biodiversity[J]. Ann Rev Ecol Evol Syst, 2007, 38: 567-593.
- [18] HEYMAN J, KUMPF R P, DE VEYLLER L. A quiescent path to plant longevity[J]. Trends Cell Biol, 2014, 24(8): 443-448.
- [19] JANZEN D H. Why bamboos wait so long to flower[J]. Ann Rev Ecol Evol Syst, 1976, 7: 347-391.
- [20] OLSHANSKY S J, CARNES B A, CASSEL C. In search of Methuselah: Estimating the upper limits to human longevity[J]. Science, 1990, 250(4981): 634-640.
- [21] POPE G G. Bamboo and human evolution[J]. Nat Hist, 1989, 98(10): 48-57.
- [22] HARPER J L. Population Biology of Plants [M]. London: Academic Press, 1977.
- [23] LIN S Y, SHAO L J, HUI C, et al. The effect of temperature on the developmental rates of seedling emergence and leaf-unfolding in two dwarf bamboo species[J]. Trees, 2018, 32(3): 751-763.
- [24] LAUGHLIN D C, ABELLA S R. Abiotic and biotic factors explain independent gradients of plant community composition in ponderosa pine forests[J]. Ecol Model, 2007, 205(1/2): 231-240.
- [25] KOFFEL T, BOUDSOCQ S, LOEUILLE N, et al. Facilitation vs. competition-driven succession: The key role of resource-ratio[J]. Ecol Lett, 2018, 21(7): 1010-1021.
- [26] BURTON O J, PHILLIPS B L, TRAVIS J M J. Trade-offs and the evolution of life-histories during range expansion[J]. Ecol Lett, 2010, 13(10): 1210-1220.
- [27] HUI C, RICHARDSON D M. Invasion dynamics[M]. Oxford: Oxford Uni-

versity Press, 2017.

- [28] HARVEY P H, RAMBAUT A. Comparative analyses for adaptive radiations[J]. Phil Trans Roy Soc B: Biol Sci, 2000, 355(1403): 1599-1605.
- [29] 时培建, 戈峰, 王建国, 等. 外来物种入侵后的多物种竞争共存的集合种群模型[J]. 生态学学报, 2009, 29(3): 1241-1250.
- [30] BROENIMANN O, TREIER U A, MÜLLER-SCHÄRER H, et al. Evidence of climatic niche shift during biological invasion[J]. Ecol Lett, 2007, 10(8): 701-709.
- [31] HERN W M. Is human culture carcinogenic for uncontrolled population growth and ecological destruction? [J]. Bioscience, 1993, 43(11): 768-773.
- [32] SIMBERLOFF D. Non-native species do threaten the natural environment! [J]. J Agric Environ Ethics, 2005, 18(6): 595-607.
- [33] LEPŠ J. What do the biodiversity experiments tell us about consequences of plant species loss in the real world? [J]. Basic Appl Ecol, 2004, 5(6): 529-534.
- [34] BARNOSKY A D, MATZKE N, TOMIYA S, et al. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? [J]. Nature, 2011, 471(7336): 51-57.
- [35] HADDAD N M, CRUTSINGER G M, GROSS K, et al. Plant species loss decreases arthropod diversity and shifts trophic structure[J]. Ecol Lett, 2009, 12(10): 1029-1039.
- [36] DEUTSCH C A, TEWKSBURY J J, HUEY R B. Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2008, 105(18): 6668-6672.
- [37] SHI P J, REDDY G V P, CHEN L, et al. Comparison of thermal performance equations in describing temperature-dependent developmental rates of insects: (1) Empirical models[J]. Ann Entomol Soc Am, 2016, 109(2): 211-215.
- [38] 凡美玲, 方水元, 陈磊, 等. 温度与昆虫内禀增长率关系模型比较[J]. 植物保护学报, 2017, 44(4): 544-550.
- [39] TURNER I M. Species loss in fragments of tropical rain forest: A review of the evidence[J]. J Appl Ecol, 1996, 33(2): 200-209.