

欧阳裕元, 余东梅, 杨 梅. 蚕豆主要农艺性状与单株产量的相关及通径分析[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(4): 763-768.  
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2016.04.008

## 蚕豆主要农艺性状与单株产量的相关及通径分析

欧阳裕元, 余东梅, 杨 梅

(四川省农业科学院作物研究所, 四川 成都 610066)

**摘要:** 明确蚕豆主要农艺性状对产量的影响, 对加快蚕豆育种进程具有重要意义。本研究通过对蚕豆不同品种(系)的生育日数( $x_1$ )、株高( $x_2$ )、有效分枝数( $x_3$ )、结荚节数( $x_4$ )、单株荚数( $x_5$ )、单株粒数( $x_6$ )、每荚粒数( $x_7$ )、百粒质量( $x_8$ )、荚长( $x_9$ )、荚宽( $x_{10}$ )和单株产量( $Y$ )进行相关分析, 得出单株产量与单株荚数、单株粒数、株高、结荚节数呈显著正相关关系。通径分析结果表明, 蚕豆主要农艺性状对产量的直接作用大小为: 百粒质量>每荚粒数>单株荚数>单株粒数>结荚节数>株高>荚长>荚宽>生育日数, 其中生育日数与荚宽两个性状直接效应为负效应。所以蚕豆高产品种选育应从百粒质量、每荚粒数、单株荚数、单株粒数入手, 兼顾结荚节数、株高、生育日数等性状综合考虑选择。

**关键词:** 蚕豆; 相关分析; 通径分析

**中图分类号:** S551<sup>+</sup>.4

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-4440(2016)04-0763-06

## Path analysis and correlation analysis between agronomic traits and yield in broad bean

OUYANG Yu-yuan<sup>1</sup>, YU Dong-mei<sup>1</sup>, YANG Mei

(Crop Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Science, Chengdu 610066, China)

**Abstract:** Better understanding of the correlation between agronomic traits and yield of broad bean is helpful for broad bean breeding. Ten agronomic traits, i.e. growth period ( $x_1$ ), plant height ( $x_2$ ), number of effective branches ( $x_3$ ), podding number ( $x_4$ ), pods per plant ( $x_5$ ), grain number per plant ( $x_6$ ), grain number per pod ( $x_7$ ), the hundred-grain weight ( $x_8$ ), pod length ( $x_9$ ), and pod width ( $x_{10}$ ) in broad bean were studied by path analysis and correlation analysis. Among the ten traits, number of pods per plant ( $x_5$ ), plant height ( $x_2$ ), podding number ( $x_4$ ), and grain number per plant ( $x_6$ ) showed significantly positive correlations with yield per plant. The direct effect of the ten agronomic traits on yield per plant followed the order of hundred-grain weight ( $x_8$ ) > grain number per pod ( $x_7$ ) > pods per plant ( $x_5$ ) > grain number per plant ( $x_6$ ) > podding number ( $x_4$ ) > plant height ( $x_2$ ) > pod length ( $x_9$ ) > pod width ( $x_{10}$ ) > growth period ( $x_1$ ). Growth period ( $x_1$ ) and pod width ( $x_{10}$ ) exhibited negative effect on yield per plant. In broad bean breeding, the hundred grain weight, pods per plant ( $x_5$ ), grain number per plant ( $x_6$ ) and seed number per pod should be selected primarily, and growth period ( $x_1$ ), plant height ( $x_2$ ), and podding number ( $x_4$ ) could be taken into consideration.

**收稿日期:** 2015-12-22

**基金项目:** 国家食用豆产业技术体系项目(CARS-09); 四川省蚕豆育种攻关项目(2011NZ0098-4); 四川省财政基因工程专项(2011JYGC04-017)

**作者简介:** 欧阳裕元(1988-), 男, 四川三台人, 硕士研究生, 研究方向为作物遗传育种。(E-mail) 641984798@qq.com

**通讯作者:** 余东梅, (E-mail) saasydm@126.com

**Key words:** broad bean; path analysis; correlation analysis

蚕豆是中国主要栽培豆类之一, 其产量受多基因控制, 且易受环境因素影响<sup>[1-3]</sup>, 田间直接选择, 环境因素干扰较大, 选择准确性较低。前人对于蚕

豆产量相关的农艺性状做了相关研究,但研究结果并不一致。李劲松<sup>[4]</sup>对湖南地方蚕豆品种数量性状与产量遗传力相关通径分析结果表明,株高、有效分枝数、有效荚数、实粒数、百粒质量与单株产量均呈显著正相关。顾文祥等<sup>[5]</sup>的研究结果表明单株粒数、百粒质量对产量直接作用较大,而荚果长度对产量的直接作用较小。刘玉皎等<sup>[6]</sup>通过对青海 9 号单株产量的组成因子及相关通径分析结果表明,单株粒数对单株产量直接作用最大且关系最密切。

本研究以 13 个蚕豆品种(系)为研究对象,通过对其 10 个主要农艺性状与单株产量进行相关分析,逐步回归,再利用通径分析将相关系数分解为直接通径系数和间接通径系数,以明确各性状对产量的重要性,为杂种后代选育提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验所用 13 个蚕豆新品系(种)均为四川省农业科学院作物研究所自主选育并经多年自交后形成的稳定品系(种),分别为 9922-9-3、9524-1-2、9218-1-1、9407-1-2、9704-3-2-1、9912-11、9902-9-1、9301-1-2、9401-2-1、9516-1-3、9508-2-1、9902-1-1、成胡 10 号。

### 1.2 试验设计及方法

试验采用随机区组排列,3 次重复,小区长 3.33 m,宽 2.00 m,4 行区,行距 0.50 m,每行 10 穴,穴距 0.33 m,每穴播种 3 粒,定苗 2 株。生育期内进行观察记载,成熟后每小区随机取样 10 株考察生育日数( $x_1$ )、株高( $x_2$ )、有效分枝数( $x_3$ )、结荚节数

( $x_4$ )、单株荚数( $x_5$ )、单株粒数( $x_6$ )、每荚粒数( $x_7$ )、百粒质量( $x_8$ )、荚长( $x_9$ )、荚宽( $x_{10}$ )和单株产量( $Y$ )。数据用 DPS 软件和 Excel 处理。

### 1.3 种植情况及气候特征

试验设在四川省农业科学院新都试验基地内,土地地势平坦,地力均匀,土质疏松,肥力中等,前茬作物为水稻。2014 年 10 月 23 日整地,25 日划区,挖窝,27 日播种,2015 年 5 月 3 日收获。播种时每 1  $\text{hm}^2$ 施农家肥 4 500 kg,复合肥 525 kg,中耕除草 2 次。其余管理方式同一般大田生产。蚕豆生育期内总体气候接近常年,降水量与历年基本持平,蚕豆灌浆期及成熟期气候与往年基本一致,整个生育过程气候较正常,未出现大幅度影响蚕豆产量的极端天气。

## 2 结果与分析

### 2.1 蚕豆主要性状的变异系数

育种研究中,通常将变异系数作为测定作物品种间性状差异程度的指标,为新品种选育提供依据<sup>[7-9]</sup>。从表 1 可知,参试蚕豆品种之间变异系数大小为:单株荚数>结荚节数>单株粒数>每荚粒数>百粒质量>株高>荚宽>荚长>有效分枝数>生育日数,各品种之间单株荚数、结荚节数、单株粒数差异相对较大,这说明以上性状易受环境影响,而生育日数、有效分枝数、荚长、荚宽等性状差异较小,表明这些性状遗传稳定性强,受环境影响较小,育种研究中可在低代淘汰中对以上性状加以选择。各农艺性状变异系数不大,这可能跟本生态区域育种目标类似有关。

表 1 蚕豆各农艺性状变异系数

Table 1 The variation coefficients for agronomic traits of broad bean

项目	生育日数 (d)	株高 (cm)	有效 分枝数	结荚 节数	单株 荚数	单株 粒数	每荚 粒数	百粒质量 (g)	荚长 (cm)	荚宽 (cm)
最大值	190.00	82.10	3.20	10.20	11.30	20.60	2.00	133.80	9.10	1.90
最小值	189.00	69.60	2.90	6.90	7.50	14.70	1.60	101.60	8.00	1.60
平均值	189.20	74.20	3.02	8.64	9.64	17.37	1.81	117.82	8.69	1.75
变异系数	0.20	5.90	3.40	9.90	10.40	9.10	7.30	6.00	4.10	5.50

### 2.2 蚕豆产量及其主要性状的相关分析

由表 2 可知,参试蚕豆材料单株产量与单株荚数及单株粒数呈极显著正相关,与株高、结荚节数呈

显著正相关。主要农艺性状与单株产量的相关性大小依次为单株粒数>单株荚数>结荚节数>株高>百粒质量>生育日数>荚宽>有效分枝数>荚长>每荚粒

数。表明蚕豆高产育种应重点关注单株荚数及单株粒数,同时对株高、结荚节数等性状进行综合考虑。

单株荚数与结荚节数和单株粒数达到极显著正相关(表2),表明随着单株荚数增加,结荚节数与单

株粒数也随之增加。每荚粒数与结荚节数和单株荚数呈负相关(表2),表明随着每荚粒数的增加,结荚节数与单株荚数逐渐减少。

表2 不同蚕豆品种(系)单株产量与各性状的相关系数

Table 2 Correlation coefficients between agronomic traits and yield of broad bean

主要性状	生育日数	株高	有效分枝数	结荚节数	单株荚数	单株粒数	每荚粒数	百粒质量	荚长	荚宽
株高	0.325 3									
有效分枝数	-0.101 1	0.063 0								
结荚节数	0.187 7	0.631 6	0.537 5							
单株荚数	0.159 9	0.674 0*	0.416 8	0.970 2**						
单株粒数	0.305 5	0.578 5	0.277 3	0.750 2*	0.825 1**					
每荚粒数	0.142 2	-0.361 3	-0.326 0	-0.608 2	-0.543 1	0.005 3				
百粒质量	0.118 9	0.1683	-0.265 0	0.115 6	0.118 3	-0.115 2	-0.477 5			
荚长	-0.301 2	0.055 6	0.351 1	0.1731	0.114 8	0.038 2	-0.104 7	-0.312 1		
荚宽	0.211 7	0.385 1	0.117 8	0.355 8	0.363 1	0.116 0	-0.426 5	0.113 6	0.568 0	
产量	0.336 5	0.634 3*	0.060 2	0.697 7*	0.763 9**	0.809 1**	-0.211 2	0.468 0	-0.151 3	0.121 6

\* 和\*\* 分别表示相关性达 0.05 和 0.01 显著水平。

仅从相关分析还不能准确反映产量与各性状之间的关系,为进一步了解主要性状对产量的真实影响,采用相关系数矩阵逐步回归分析<sup>[10-12]</sup>,通过逐步对偏回归系数进行显著性检测,获得最优多元方程,从而筛选出与产量显著相关的主要性状。多元回归方程为:

$$Y = 12.249\ 8 - 0.254\ 9x_1 + 0.061\ 1x_2 + 0.644\ 0x_4 + 0.646\ 8x_5 + 0.398\ 4x_6 + 7.227\ 2x_7 + 0.181\ 4x_8 + 0.090\ 1x_9 - 1.143\ 9x_{10}$$

其中  $x_1$  为生育日数,  $x_2$  为株高,  $x_4$  为结荚节数,  $x_5$  为单株荚数,  $x_6$  为单株粒数,  $x_7$  为每荚粒数,  $x_8$  为百粒质量,  $x_9$  为荚长,  $x_{10}$  为荚宽;  $Y$  为单株产量。

分析结果表明,单株产量与有效分枝数( $x_3$ )无显著相关性,而与其余 9 个性状相关性较高,故高产育种应对这 9 个性状做综合考虑选择。

### 2.3 蚕豆主要农艺性状对单株产量的通径分析

通径分析能更清楚地显示各性状间的相互关系<sup>[13]</sup>。通过逐步回归分析,筛选出与产量相关系数较高的 9 个性状进行通径分析,进一步明确各农艺性状对产量的直接效应与间接效应。通径系数(表3)及通径分析图(图1)表明:9 个性状对单株产量的重要性依次为:百粒质量>每荚粒数>单株荚数>

单株粒数>结荚节数>株高>荚长>荚宽>生育日数,其中生育日数与荚宽两个性状直接效应为负效应。该通径系数的  $R^2 = 0.993$ ,表明以上 9 个性状决定的变异占单株产量的 99.3%,另有 0.7% 的变异来自其他未知因素和试验误差。

#### 2.3.1 百粒质量与单株产量的相关及通径分析

百粒质量与单株产量直接效应最大,其通径系数 0.664 6,位居榜首,通过单株荚数、结荚节数与株高对单株产量产生正向间接作用,通过每荚粒数对单株产量产生较大的负向间接作用,最终使得百粒质量对单株产量的总体效应为  $r = 0.468\ 0$ 。表明百粒质量是决定产量的重要因素,但通过每荚粒数对单株产量产生较大的负向间接作用,故在性状选择中应对百粒质量进行重点关注,并综合考虑每荚粒数等性状对产量的影响。

#### 2.3.2 每荚粒数与单株产量的相关及通径分析

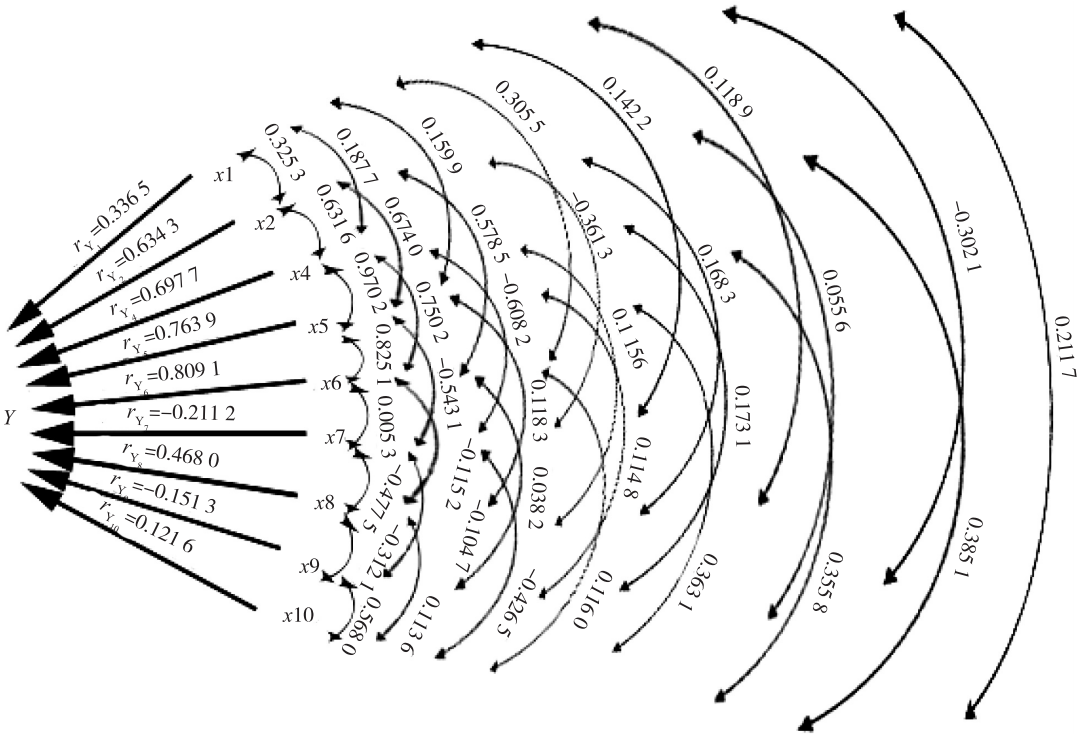
每荚粒数对单株产量直接通径系数为 0.498 9,相关系数为 -0.211 2,直接贡献居第二位,每荚粒数虽然直接效应大,但每荚粒数通过百粒质量、单株荚数、结荚节数等对单株产量产生明显负向间接作用,综合相关系数为 -0.211 2,故在育种过程中对每荚粒数可适当放宽选择标准。

表 3 蚕豆品种(系)产量与各性状的通径系数

Table 3 Path analysis coefficients between agronomic traits and yield of broad bean

因子	直接通径系数	$\rightarrow x_1$	$\rightarrow x_2$	$\rightarrow x_4$	$\rightarrow x_5$	$\rightarrow x_6$	$\rightarrow x_7$	$\rightarrow x_8$	$\rightarrow x_9$	$\rightarrow x_{10}$	相关系数
$x_1$	-0.050 1		0.045 7	0.054 0	0.054 3	0.099 9	0.070 9	0.079 0	-0.005 1	-0.012 3	0.336 5
$x_2$	0.140 6	-0.016 3		0.181 8	0.228 8	0.189 2	-0.180 3	0.111 8	0.000 9	-0.022 3	0.634 3
$x_4$	0.287 9	-0.009 4	0.088 8		0.329 3	0.245 3	-0.303 4	0.076 8	0.002 9	-0.020 6	0.697 7
$x_5$	0.339 4	-0.008 0	0.094 8	0.279 3		0.269 8	-0.271 0	0.078 7	0.002 0	-0.021 0	0.763 9
$x_6$	0.327 0	-0.015 3	0.081 3	0.216 0	0.280 1		0.002 6	-0.076 6	0.000 6	-0.006 7	0.809 1
$x_7$	0.498 9	-0.007 1	-0.050 8	-0.175 1	-0.184 4	0.001 7		-0.317 4	-0.001 8	0.024 7	-0.211 2
$x_8$	0.664 6	-0.006 0	0.023 7	0.033 3	0.040 2	-0.037 7	-0.238 3		-0.005 3	-0.006 6	0.468 0
$x_9$	0.017 0	0.015 1	0.007 8	0.049 8	0.039 0	0.012 5	-0.052 2	-0.207 4		-0.032 9	-0.151 3
$x_{10}$	-0.057 9	-0.010 6	0.054 1	0.102 4	0.123 2	0.038 0	-0.212 8	0.075 5	0.009 6		0.121 6

$x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$ 、 $x_4$ 、 $x_5$ 、 $x_6$ 、 $x_7$ 、 $x_8$ 、 $x_9$ 、 $x_{10}$  分别表示生育日数、株高、有效分枝数、结荚节数、单株荚数、单株粒数、每荚粒数、百粒质量、荚长、荚宽,  $Y$  表示单株产量。



$x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$ 、 $x_4$ 、 $x_5$ 、 $x_6$ 、 $x_7$ 、 $x_8$ 、 $x_9$ 、 $x_{10}$  分别表示生育日数、株高、有效分枝数、结荚节数、单株荚数、单株粒数、每荚粒数、百粒质量、荚长、荚宽,  $Y$  表示单株产量;

图 1 蚕豆品种产量与各性状的通径分析图  
Fig.1 Path analysis map between yield and agronomic traits of broad bean

2.3.3 单株荚数与单株产量的相关及通径分析  
单株荚数对单株产量的直接通径系数为 0.339 4, 相关系数为 0.763 9, 通径系数排名第三, 相关系数位居第二, 单株荚数通过株高、结荚节数、单株粒数、荚长、百粒质量对单株产量产生正向间接作用, 通过生

育日数、每荚粒数、荚宽对单株产量产生负向间接作用, 单株荚数虽然通过每荚粒数产生较大的负向间接作用, 但通过结荚节数与单株粒数产生较大的正向间接作用, 综合分析, 单株荚数是与产量紧密相关的因素, 在育种选育过程中应重点关注。



### 2.3.4 单株粒数与单株产量的相关及通径分析

单株粒数对单株产量的直接通径系数为0.327 0,相关系数为0.809 1,单株粒数与单株产量相关系数最高,单株粒数虽然直接效应不高,但通过结荚节数与单株荚数等4个性状对单株产量产生的间接效应为正值,而通过生育日数、百粒质量与荚宽3个性状对单株粒数产生的间接效应为负值,最终使得单株粒数对单株产量的总体效应为 $r=0.809\ 1$ ,表明单株粒数是影响蚕豆产量的重要因素,在选育新品种的过程中应重点关注。

### 2.3.5 结荚节数与单株产量的相关及通径分析

结荚节数对单株产量的直接通径系数为0.287 9,相关系数为0.697 7,结荚节数主要通过单株荚数与单株粒数对单株产量产生较大的正向间接作用,通过每荚粒数、生育日数、荚宽对单株产量产生负向间接作用,每荚粒数负向作用较大,所以生产上应协调好结荚节数与单株荚数及单株粒数之间的关系,育种应对以上指标进行综合考量。

**2.3.6 株高与单株产量的相关及通径分析** 株高对单株产量的直接通径系数为0.140 6,相关系数为0.634 3,二者相差较大,主要是由于除直接作用外,株高通过结荚节数、单株荚数、单株粒数对单株产量产生较大正向间接作用,在育种研究中,应对株高对产量的增产效益及新品种抗倒伏性进行综合考量。

**2.3.7 荚长与单株产量的相关及通径分析** 荚长对单株产量的直接通径系数为0.010 7,相关系数为-0.151 3,荚长对单株产量直接通径系数较小,而相关系数为负,荚长主要通过百粒质量对单株产量产生较大负向间接作用,荚长对产量的直接通径系数较小,相关系数为负,说明荚长对产量的影响不大,在高产新品种选育过程中,可对荚长做适当考虑。

### 2.3.8 生育日数与单株产量的相关及通径分析

生育日数对单株产量的直接通径系数为-0.050 1,相关系数为0.336 5,前者表明生育日数对单株产量起负向作用,后者表明生育日数与单株产量正相关,这两个相互矛盾的结果是由于生育日数虽然对产量直接作用为负,但通过单株粒数、每荚粒数、百粒质量等产生较大的正向间接作用。在新品种选育中,根据生产实际,不宜选育生育期过长的品种,以免影响下茬作物的正常播种。

**2.3.9 荚宽与单株产量的相关及通径分析** 荚宽对单株产量的直接通径系数为-0.057 9,相关系数

为0.121 6,荚宽主要通过结荚节数与单株荚数对单株产量产生正向间接作用,通过每荚粒数对单株产量产生负向间接作用,荚宽对产量的直接作用与相关系数均不大,在新品种选育过程中,可根据市场需求进行综合考虑。

## 3 讨论

### 3.1 各农艺性状对单株产量的作用

通过对蚕豆产量构成因素与产量的相关通径分析,可客观评价各性状对产量的相对重要性,本研究相关分析结果表明,各主要性状对产量的相关系数大小顺序为:单株粒数>单株荚数>结荚节数>株高>百粒质量>生育日数>荚宽>有效分枝数>荚长>每荚粒数。通过逐步回归分析剔除了对产量影响不显著的有效分枝数,对剩余9个性状的通径分析得出,其相对重要性为:百粒质量>每荚粒数>单株荚数>单株粒数>结荚节数>株高>荚长>荚宽>生育日数,相关分析与通径分析结果存在一定差异,这是因为除了各性状对产量的直接影响之外,各性状之间还存在间接效应。单株荚数、单株粒数、株高、结荚节数与单株产量相关系数较大,所以在蚕豆育种中重点对以上性状进行筛选,并结合当地实际,综合百粒质量,分枝数等性状选择优良品系,加快蚕豆新品种选育进程。

### 3.2 单株产量与实际产量的关系

本试验通过对蚕豆主要农艺性状与单株产量进行相关通径分析,得出农艺性状与单株产量之间的关系,该结果与蚕豆群体结果(实际产量)是否有差异,仍有待考证,但生产实践证明单株产量较高,配合适宜的栽培技术,蚕豆实际产量也往往较高。

### 参考文献:

- [1] 崔世友, 廖亚梅. 蚕豆产量研究与高产育种[J]. 湖北农学院学报, 2004, 24(1): 11-14.
- [2] 吕建群, 杨 梅, 李 洋, 等. 我国蚕豆育种进展[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(3): 1403-1406.
- [3] 段灿星, 朱振东, 孙素丽, 等. 中国食用豆抗性育种研究进程[J]. 中国农业科学, 2013, 46(22): 4633-4645.
- [4] 李劲松. 蚕豆地方品种部分数量性状与产量相关遗传力的通径分析[J]. 湖南农业科学, 1994(5): 18-20.
- [5] 顾文祥, 冯福锦, 陈德鑫. 几个与蚕豆产量有关的性状遗传相关和通径分析[J]. 上海农学院学报, 1986, 4(4): 273-277.
- [6] 刘玉皎, 袁名宜, 熊国富, 等. 青海9号蚕豆单株产量组成因子的相关及通径分析[J]. 青海农林科技, 1998(3): 44-46.

- [7] 田广文,徐爱遐.低芥酸油菜含量与主要农艺性状相关通径分析[J].陕西农业科学,2007(3):1-3,13.
- [8] 董立峰,王凤宝,付金钱,等.甘薯主要数量性状对单株产量的通径分析[J].中国农学通报,2005,21(3):311-315.
- [9] 汪宝卿,张礼凤,慈敦伟,等.黄淮海地区夏大豆农艺性状与产量的多元回归和通径分析[J].大豆科学,2010,29(2):255-259.
- [10] 盛聚,谢式千,潘承毅.概率论与数理统计[M].2版.北京:高等教育出版社,1989.
- [11] 黄金龙,孙其信,张爱民,等.电子计算机在遗传育种中的应用[M].北京:农业出版社,1991.
- [12] LI Y, WU S Z, CAO Y S, et al. A phenotypic diversity analysis of foxtail millet [*Setaria italica* (L.) P. Beauv.] landraces of Chinese origin[J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 1996, 43:377-384.
- [13] 张存良,殷毓芬,吴祥云.作物产量构成因素及其他性状与产量性状通径分析方法的研究[J].华北农学报,1994,9(S1):80-85.

(责任编辑:陈海霞)