



卢环,王成,曾玲玲,等.烯效唑处理下绿豆农艺性状稳定性及性状间相互关系分析[J].黑龙江农业科学,2024(7):36-42.

烯效唑处理下绿豆农艺性状稳定性及性状间相互关系分析

卢环,王成,曾玲玲,于运凯,季生栋,张金东,王冰雪

(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要:为加强绿豆育种性状选择,以绿丰2号、绿丰5号和JLPX02绿豆为试验材料,选用3个浓度的烯效唑进行浸种,采用大田试验,测定供试绿豆的14个农艺性状,应用方差分析、相关性分析和主成分分析方法进行性状的综合评价,研究烯效唑处理下绿豆农艺性状表现的稳定性及各农艺性状间的相互关系。结果表明,分枝数、根重、根瘤数、单株荚数、单株鲜重和单株粒重6个性状在3个品种(系)中均发生大幅度变异,稳定性弱;主茎节数、株高、荚长、单荚粒数、百粒重5个农艺性状的变异系数均较小,稳定性强;百粒重与荚长呈极显著相关,相关系数最大为0.906;产量与分枝、单荚粒数、单株粒重呈显著相关。主成分分析中,第1主成分中,百粒重、荚长、单株荚数为主要反映荚因子指标;第2主成分中,单株鲜重、单株粒重、分枝为主要反映植株因子指标;第3主成分中,根重、侧根数、根瘤数为主要反映根系因子指标;第4主成分中,单荚粒数、产量为主要反映产量因子指标。综上所述,绿豆的分枝、单株荚数、单株粒重、产量、单株鲜重可作为高产材料选择的主要参考性状,百粒重、荚长、主茎节数、单荚粒数可作为高稳定性性状为材料选择提供参考。

关键词:绿豆;烯效唑;农艺性状;稳定性;相互关系

绿豆药食同源,富含多种营养元素和生物活性物质,在调整种植结构、保护农田生态系统及修复黑土地等方面具有重要作用^[1-4]。我国绿豆种植主要集中在山西、陕西、河北、内蒙古及东北地区,在江苏、山东和新疆的山区或干旱贫瘠地区也有少量种植。同一绿豆品种在不同生态区域或不同年份,受环境条件影响,农艺性状会发生不同程度变异,致使品种的适应范围狭窄,产量和品质不稳定。目前我国绿豆生产上仍然存在一些风险和不足,诸如单产普遍偏低、品种适应范围窄、机械化生产特性差、品种抗性低等问题。王珅等^[5]指出培育高产、广适、适宜机械化生产、抗病性强的绿豆品种,是解决我国绿豆生产上存在的问题和满足产业发展需求的重要前提,以早熟直立、优质专用、抗病虫、适宜机收等生产特性作为绿豆品种改良的重点研究目标。培育具优良性状的新品种,前提是要了解该性状的稳定性,以及在不同生长条件下的变异程度,更好地利用亲本材料,选择所需优良性状,使新品种的选育更具方向性、目标性,做到设计育种。

绿豆性状间相互关系主要是研究产量与其他农艺性状的关联作用。侯小峰等^[6]指出绿豆产量

是栽培条件下多种性状的综合体现,在产量形成过程中,各性状对产量的作用大小有主次之分。杨芳等^[7]以11个全国绿豆品种为材料,进行籽粒产量相关性状的分析,证明选择高植株和增加结荚数量是提高籽粒产量的主要途径。张旭丽^[8]对5个绿豆新品系的6个主要农艺性状(生育期、株高、单株分枝、单株荚数、单荚粒数、千粒重)与产量进行了相关性、多元性回归和通径分析,结果表明单株荚数、单荚粒数是影响产量的主要因素。叶卫军等^[9]利用绿豆品种苏绿16-10和潍绿11杂交构建的F₂和F₃群体发掘调控绿豆产量相关性状的遗传位点。同时对绿豆产量相关性状进行表型鉴定和相关性分析,并利用构建的遗传连锁图谱进行QTL定位,结果表明,单株产量与单株荚数、单荚粒数、百粒重和分枝数均呈正相关。

烯效唑(Uniconazole, S₃₃₀₇)是一种可安全使用的植物生长调节剂,调控作物生长和发育、增强抗逆性等,许多研究^[3,10-12]表明烯效唑处理通过提高单株产量而提高产量,通过缓解低温胁迫下大豆和绿豆产量下降;烯效唑浸种可以降低绿豆的株高、增加绿豆根重并能增加绿豆的分枝、荚数、单株粒重、整单株重、根长及侧根数。利用烯

收稿日期:2024-03-27

基金项目:财政部和农业农村部:国家现代农业产业技术体系(CARS-08-Z09);中国科学院战略性先导科技专项(XDA28130504)。

第一作者:卢环(1987—),女,硕士,助理研究员,从事植物生理及杂粮育种研究。E-mail:469512007@qq.com。

效唑对绿豆生长的作用探究绿豆各农艺性状的变化,通过与对照相比,能够更直观地了解性状的变异程度。本研究采用3个浓度的烯效唑对3个品种的绿豆浸种,对3个处理浓度下绿豆的农艺性状进行综合评价,分析不同品种绿豆农艺性状的变异率和稳定性,及各农艺性状之间的相关性,为绿豆育种材料农艺性状的选择提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院科研基地,该地位于齐齐哈尔市西郊30 km处(42°17' N,118°51' E),海拔520 m。年日照时数2 800~3 100 h,年均降水量300~540 mm,年平均气温7.2℃,无霜期在120~145 d范围内,积温2 200~2 800℃。试验地为旱地,前茬玉米,土质为碳酸盐黑钙土,地力中等。

1.2 材料

试验用绿豆品种(系)及药品来源见表1。

表1 供试绿豆品种(系)及药品来源

绿豆品种(系)/药品	育种单位/来源
绿丰2号	黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院
绿丰5号	黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院
JLPX02	吉林省农业科学院
烯效唑5%可湿性粉剂	国光品牌

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验于2022年5月在黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院科研基地进行。根据预试验结果选定20,40和80 mg·L⁻¹共3个浸种浓度,设置一个清水对照。每个小区设置6行,行长5 m,垄宽65 cm,3次重复,共36个小区。

挑选籽粒大小一致,饱满,无病虫斑的种子,室温下,在播种前一天对种子进行浸种,处理8 h,对照组种子用清水浸种,浸种结束后,晾干种子表面水分,分装在牛皮纸袋中,标记好品种及处理浓度。人工条播,出苗后株距10 cm留苗,管理略高于大田管理。

1.3.2 测定项目及方法 严格按照《绿豆种质资源描述规范和数据标准》^[13]调查本试验的主要农艺性状、经济性状。在结荚期植株营养生长最繁茂时期各处理取3株测量根重、根长、侧根数及根瘤数;在成熟时期各处理取10株测量分枝数、主茎节数、株高、单株荚数、荚长、单株鲜重、单株粒重、单荚粒数、百粒重和产量。

1.3.3 数据分析 利用统计软件WPS 11.8.2.10251-Release进行数据统计分析及图表制作,用SPSS 17.0软件进行相关分析和主成分分析。

2 结果与分析

2.1 烯效唑处理下各绿豆品种(系)农艺性状统计分析

2.1.1 绿丰2号 由表2可知,绿丰2号品种经不同浓度烯效唑处理后,14个农艺性状的变异系数范围在2.5%~67.9%,变异系数最大的是单株粒重,平均值为15.0 g,变幅为7.4~29.7 g;其次为单株鲜重,变异系数为45.3%,平均值为159.6 g,变幅为83.3~255.0 g;根瘤数的平均值为5.7个,变异系数为41.0%,变幅为3.7~9.0个;分枝数、单株荚数、根重、侧根数、产量、根长的变异系数分别为36.8%、33.6%、26.3%、19.4%、18.3%和15.1%;百粒重、单荚粒数、株高、主茎节数、荚长的变异系数较小,分别为11.9%、8.3%、7.5%、3.5%和2.5%。

表2 烯效唑处理下绿丰2号绿豆品种农艺性状及变异分析

项目	分枝数	主茎节数	株高/cm	根重/g	根长/cm	侧根数	根瘤数	单株荚数	荚长/cm	单荚粒数/粒	单株鲜重/g	单株粒重/g	百粒重/g	产量/(g·m ⁻²)
0 mg·L ⁻¹ (CK)	2.0	12.7	93.7	4.3	18.0	7.3	9.0	32.0	7.5	10.8	83.3	7.4	4.6	210.0
20 mg·L ⁻¹	3.7	11.7	91.4	5.7	24.7	9.0	3.7	46.0	7.8	12.1	166.7	13.9	4.2	225.0
40 mg·L ⁻¹	5.0	12.0	84.4	7.4	25.9	10.3	5.3	70.7	8.0	13.0	255.0	29.7	3.5	275.0
80 mg·L ⁻¹	3.0	12.3	79.3	7.9	23.9	11.7	4.7	44.3	7.7	11.2	133.3	9.0	3.8	177.5
平均值	3.4	12.2	87.2	6.3	23.1	9.6	5.7	48.3	7.8	11.8	159.6	15.0	4.0	221.9
标准差	1.3	0.4	6.6	1.7	3.5	1.9	2.3	16.2	0.2	1.0	72.2	10.2	0.5	40.6
变异系数/%	36.8	3.5	7.5	26.3	15.1	19.4	41.0	33.6	2.5	8.3	45.3	67.9	11.9	18.3
系数排位	4	13	12	6	9	7	3	5	14	11	2	1	10	8

2.1.2 绿丰5号 由表3可知,绿丰5号在不同浓度烯效唑处理后,14个农艺性状均有不同程度变异,变异系数在1.4%~39.9%之间。根瘤数的变异最大(39.9%),平均值为7.6个,变幅为4.0~11.3个;其次为分枝数,变异系数为35.0%,平均值为2.3个,变幅为1.3~3.3个;单株鲜重的平

均值为178.5 g,变异系数为27.9%,变幅为118.3~216.7 g;根重、单株荚数、单株粒重、根长、产量的变异系数分别为19.8%、11.3%、10.6%、10.5%和10.4%;侧根数、株高、单荚粒数、百粒重、主茎节数、荚长的变异系数较小,分别为9.6%、7.5%、7.3%、5.7%、5.6%和1.4%。

表 3 烯效唑处理下绿丰5号农艺性状及变异分析

项目	分枝数	主茎节数	株高/ cm	根重/ g	根长/ cm	侧根数	根瘤数	单株荚数	荚长/ cm	单荚粒数	单株鲜重/ g	单株粒重/ g	百粒重/ g	产量/ (g·m ⁻²)
0 mg·L ⁻¹ (CK)	1.3	14.0	99.2	5.7	16.3	11.3	11.3	15.3	9.4	12.2	118.3	9.1	5.1	235.0
20 mg·L ⁻¹	2.3	13.0	91.7	7.0	17.7	12.7	4.0	19.3	9.6	13.2	216.7	11.1	4.7	247.5
40 mg·L ⁻¹	3.3	12.3	87.3	8.5	20.9	13.0	7.0	20.0	9.6	14.4	216.7	11.7	5.1	250.0
80 mg·L ⁻¹	2.3	13.7	83.3	9.0	18.5	14.3	8.0	18.7	9.4	12.6	151.7	10.8	5.4	197.5
平均值	2.3	13.3	90.4	7.5	18.4	12.8	7.6	18.3	9.5	13.1	178.5	10.7	5.1	232.5
标准差	0.8	0.7	6.8	1.5	1.9	1.2	3.0	2.1	0.1	1.0	49.1	1.1	0.3	24.2
变异系数/%	35.0	5.6	7.5	19.8	10.5	9.6	39.9	11.3	1.4	7.3	27.9	10.6	5.7	10.4
系数排位	2	13	10	4	7	9	1	5	14	11	3	6	12	8

2.1.3 JLPX02 由表4可知,不同浓度烯效唑处理后 JLPX02 品系的14个农艺性状均发生不同程度变异。变异系数范围在1.1%~76.6%,各性状的变异差距很大。根瘤菌的变异系数最大,为76.6%,平均值为2.4个,变幅为0.7~5.0个;其次为单株荚数,变异系数是39.8%,平均值为

21.0个,变幅为14.7~33.0个;单株粒重、分枝数及根重的变异系数分别为28.8%、28.4%和21.2%;株高、产量和根长的变异系数分别为12.1%、11.9%和11.8%;侧根数、单株鲜重、单荚粒数、百粒重、主茎节数及荚长的变异系数分别为6.8%、5.0%、4.8%、4.2%、3.1%和1.1%。

表 4 烯效唑处理下 JLPX02 品系农艺性状及变异分析

项目	分枝数	主茎节数	株高/ cm	根重/ g	根长/ cm	侧根数	根瘤数	单株荚数	荚长/ cm	单荚粒数	单株鲜重/ g	单株粒重/ g	百粒重/ g	产量/ (g·m ⁻²)
0mg·L ⁻¹ (CK)	2.3	13.7	141.3	5.6	17.2	11.3	2.3	14.7	11.9	12.5	183.3	8.3	5.7	217.5
20 mg·L ⁻¹	3.0	14.3	129.0	6.0	18.0	11.3	1.7	20.3	11.6	12.9	200.0	11.6	6.3	255.0
40 mg·L ⁻¹	4.3	13.3	116.3	7.8	21.6	13.0	0.7	33.0	11.6	14.0	200.0	16.7	5.9	277.5
80 mg·L ⁻¹	2.7	14.0	106.9	8.8	21.5	12.3	5.0	16.0	11.8	13.1	183.3	11.4	6.0	220.0
平均值	3.1	13.8	123.4	7.0	19.6	12.0	2.4	21.0	11.7	13.1	191.7	12.0	6.0	242.5
标准差	0.9	0.4	15.0	1.5	2.3	0.8	1.9	8.4	0.1	0.6	9.6	3.5	0.3	28.9
变异系数/%	28.4	3.1	12.1	21.2	11.8	6.8	76.6	39.8	1.1	4.8	5.0	28.8	4.2	11.9
系数排位	4	13	6	5	8	9	1	2	14	11	10	3	12	7

2.1.4 3个绿豆品种(系)农艺性状平均变异系数分析 由表5可知,3个品种(系)在不同浓度烯效唑处理下14个农艺性状的变异情况并不完全一致,分析发现,绿丰2号农艺性状的变异系数在2.5%~67.9%之间,变异系数从大到小排序为单株粒重>单株鲜重>根瘤数>分枝数>单株荚数>根重>侧根数>产量>根长>百粒重>单荚粒数>株高>主茎节数>荚长;绿丰5号农艺性状的变异系数在1.4%~39.9%之间,变异系数从大到小排序为根瘤数>分枝>单株鲜重>根

重>单株荚数>单株粒重>根长>产量>侧根数>株高>单荚粒数>百粒重>主茎节数>荚长;JLPX02农艺性状的变异系数在1.1%~76.6%之间,变异系数从大到小排序为根瘤数>单株荚数>单株粒重>分枝数>根重>株高>产量>根长>侧根数>单株鲜重>单荚粒数>百粒重>节数>荚长。

变异系数可以反映某一性状在一定生态条件下的变异程度和变异范围,是绿豆性状遗传动态的基本表现,通常按变异系数来划分变异程度,

0%~10%为较小,10%~20%为中等,20%以上较大^[14]。本研究中,3个品种(系)的农艺性状中,根瘤数和分枝数的变异系数均大于20%,变异程度较大;产量和根长的变异系数均大于10%小于20%,属中等变异范围;单荚粒数、主茎节数和荚长的变异系数均小于10%,属较小变异范围;其他性状在3个品种中变异系数范围不一致,

或存在一定的品种差异性。

从3个品种(系)平均变异系数来看,根瘤数、单株粒重、分枝数、单株鲜重、单株荚数、根重的变异系数均大于20%,属变异较大范围;产量、根长、侧根数变异系数在10%~20%之间,属变异中等范围;株高、百粒重、单荚粒数、主茎节数、荚长变异系数小于10%,属较小变异范围。

表5 烯效唑处理下3个绿豆品种(系)各农艺性状平均变异系数

项目	分枝数	主茎节数	株高	根重	根长	侧根数	根瘤数	单株荚数	荚长	单荚粒数	单株鲜重	单株粒重	百粒重	产量
绿丰2号/%	36.8	3.5	7.5	26.3	15.1	19.4	41.0	33.6	2.5	8.3	45.3	67.9	11.9	18.3
绿丰5号/%	35.0	5.6	7.5	19.8	10.5	9.6	39.9	11.3	1.4	7.3	27.9	10.6	5.7	10.4
JLPX02/%	28.4	3.1	12.1	21.2	11.8	6.8	76.6	39.8	1.1	4.8	5.0	28.8	4.2	11.9
平均值/%	33.4	4.1	9.1	22.4	12.5	11.9	52.5	28.2	1.6	6.8	26.1	35.7	7.2	13.6
排序	3	13	10	6	8	9	1	4	14	12	5	2	11	7

2.2 烯效唑处理下各绿豆生长指标的相关性分析和主成分分析

2.2.1 相关性分析 对烯效唑处理下绿豆生长指标的相关系数进行相关性分析结果(表6)表明,分枝数与根长、单株荚数、单株粒重呈极显著正相关,相关系数分别为0.660,0.687和0.822;与单株鲜重、产量呈显著正相关,相关系数为0.589和0.503。主茎节数与百粒重和荚长呈极显著正相关,相关系数分别为0.821和0.804;与株高、侧根数呈显著正相关,相关系数为0.514和0.592;与单株荚数呈显著负相关,相关系数为-0.568。株高与百粒重、荚长呈极显著正相关,相关系数分别为0.720和0.816。根重与侧根数呈极显著正相关,相关系数分别为0.812。根长

与单株荚数、单株粒重呈极显著正相关,相关系数分别为0.836和0.671;与百粒重呈显著负相关,相关系数为-0.567。侧根数与荚长呈显著正相关,相关系数为0.512。根瘤数与单株鲜重呈显著负相关,相关系数为-0.559。荚数与单株粒重呈极显著正相关,相关系数为0.766;与百粒重呈极显著负相关,相关系数为-0.767;与荚长呈显著负相关,相关系数为-0.621。单株鲜重与单株粒重呈极显著正相关,相关系数为0.688。单荚粒数与产量和荚长呈显著正相关,相关系数分别为0.546和0.558。单株粒重与产量呈显著正相关,相关系数分别为0.589。百粒重与荚长呈极显著正相关,相关系数为0.906。

表6 烯效唑处理下3个绿豆品种(系)生长指标的相关性分析

项目	分枝数	主茎节数	株高	根重	根长	侧根数	根瘤数	单株荚数	单株鲜重	单荚粒数	单株粒重	百粒重	产量	荚长
分枝数	1													
主茎节数	0.017	1												
株高	-0.047	0.514*	1											
根重	0.105	0.410	-0.341	1										
根长	0.660**	-0.362	-0.445	0.355	1									
侧根数	-0.200	0.592*	0.012	0.812**	-0.149	1								
根瘤数	-0.373	-0.170	-0.429	-0.052	-0.254	-0.119	1							
单株荚数	0.687**	-0.568*	-0.445	-0.02	0.836**	-0.431	-0.126	1						
单株鲜重	0.589*	0.447	0.132	0.436	0.363	0.396	-0.559*	0.241	1					
单荚粒数	-0.247	0.370	0.455	0.071	-0.386	0.412	0.084	-0.392	0.272	1				
单株粒重	0.822**	-0.070	-0.204	0.243	0.671**	-0.030	-0.198	0.766**	0.688**	0.093	1			
百粒重	-0.171	0.821**	0.720**	0.132	-0.567*	0.457	-0.293	-0.767**	0.124	0.359	-0.377	1		
产量	0.503*	0.269	0.303	0.060	0.032	0.166	0.003	0.161	0.354	0.546*	0.589*	0.220	1	
荚长	-0.082	0.804**	0.816**	0.204	-0.402	0.512*	-0.391	-0.621*	0.344	0.558*	-0.156	0.906**	0.327	1

注:*和**分别表示相关水平达显著(0.05)和极显著(0.01)相关。

2.2.2 主成分分析 由表 7 可知,4 个主成分的贡献率分别为 37.159%、27.631%、13.866%和 10.353%,累积贡献率达到 89.008%,能代表统

第 1 主成分 $Y_1 = -0.411X_1 + 0.799X_2 + 0.711X_3 + 0.136X_4 - 0.708X_5 + 0.568X_6 - 0.146X_7 - 0.872X_8 + 0.106X_9 + 0.592X_{10} - 0.450X_{11} + 0.924X_{12} + 0.180X_{13} + 0.902X_{14}$

第 2 主成分 $Y_2 = 0.779X_1 + 0.371X_2 + 0.123X_3 + 0.490X_4 - 0.542X_5 + 0.346X_6 - 0.510X_7 + 0.421X_8 + 0.888X_9 + 0.220X_{10} + 0.832X_{11} + 0.106X_{12} + 0.611X_{13} + 0.323X_{14}$

第 3 主成分 $Y_3 = -0.286X_1 + 0.143X_2 - 0.634X_3 + 0.836X_4 + 0.145X_5 + 0.691X_6 + 0.687X_7 - 0.144X_8 + 0.064X_9 - 0.071X_{10} - 0.089X_{11} - 0.102X_{12} - 0.304X_{13} - 0.138X_{14}$

第 4 主成分 $Y_4 = -0.084X_1 - 0.080X_2 - 0.120X_3 - 0.061X_4 - 0.203X_5 + 0.043X_6 + 0.285X_7 + 0.022X_8 - 0.119X_9 + 0.621X_{10} + 0.265X_{11} - 0.187X_{12} + 0.620X_{13} - 0.110X_{14}$

对第 1 至第 4 主成分的分析表明,第 1 主成分的特征值为 5.202,贡献率为 37.159%,在第 1 主成分中,以百粒重(X_{12})、荚长(X_{14})、单株荚数(X_8)为主要指标,主要反映荚因子;第 2 主成分的特征值为 3.868,贡献率为 27.631%,在第 2 主成分中,以单株鲜重(X_9)、单株粒重(X_{11})和分枝数(X_1)为主要指标,主要反映植株因子;第 3 主成分的特征值为 1.941,贡献率为 13.866%,在第 3 主成分中,以根重(X_4)、侧根数(X_6)、根瘤数(X_7)为主要指标,主要反映根系因子;第 4 主成分的特征值为 1.449,贡献率为 10.353%,以单荚粒数(X_{10})、产量(X_{13})为主要指标,主要反映产量因子。

表 7 烯效唑处理下绿豆 14 个生长指标的主成分分析及贡献率

因子	主成分			
	1	2	3	4
分枝数(X_1)	-0.411	0.779	-0.286	-0.084
主茎节数(X_2)	0.799	0.371	0.143	-0.080
株高(X_3)	0.711	0.123	-0.634	-0.120
根重(X_4)	0.136	0.490	0.836	-0.061
根长(X_5)	-0.708	0.542	0.145	-0.203
侧根数(X_6)	0.568	0.346	0.691	0.043
根瘤数(X_7)	-0.146	-0.510	0.687	0.285
单株荚数(X_8)	-0.872	0.421	-0.144	0.022
单株鲜重(X_9)	0.106	0.888	0.064	-0.119
单荚粒数(X_{10})	0.592	0.220	-0.071	0.621
单株粒重(X_{11})	-0.450	0.832	-0.089	0.265
百粒重(X_{12})	0.924	0.106	-0.102	-0.187
产量(X_{13})	0.180	0.611	-0.304	0.620
荚长(X_{14})	0.902	0.323	-0.138	-0.110
特征值	5.202	3.868	1.941	1.449
贡献率/%	37.159	27.631	13.866	10.353
累计贡献率/%	37.159	64.789	78.655	89.008

计指标的绝大部分信息,可以用这 4 个主成分对绿豆主要性状进行总结分析。各综合指标(Y)的对应特征向量为:

3 讨论

本研究表明在烯效唑药剂处理下,绿豆的农艺性状均发生了不同程度的变异;在不同生态区域种植,作物的农艺性状也会发生不同程度的变异。农艺性状的变异程度可以反映该性状的表达稳定性,性状的稳定性是新品种选育中重要的参考指标。

公丹等^[14]研究结果指出绿豆变异幅度最大的生物学性状是主茎分枝数,变异系数为 26.92%,株高的变异系数次之,为 26.81%,主茎节数在生态区间差异较小;产量相关性状中,单株产量的变异系数最大(26.24%),其次是单株荚数(23.56%),百粒重的变异系数为 13.05%,变异程度中等,单荚粒数的变异程度较小。王雪等^[15]研究表明单株荚数和单株产量的变异系数超过 30%,变异较大;株高、分枝数、单荚粒数和叶柄粗的变异系数在 15%~30%之间,为中等变异水平;百粒重的变异系数为 14.83%,变异较小。郭鹏燕等^[16]研究表明变异系数最大的是单株产量,为 35.69%,最小的是单荚粒数,为 9.67%,百粒重的变异系数为 12.58%。高运青等^[17]指出主茎分枝、株高和单株荚数变异系数较大,荚长和单荚粒数变异系数较小。本研究的结果与之较相符,参试绿豆的 14 个性状均发生变异,但变异系数有一定差距。分枝数的变异系数较高,平均为 33.4%;株高的变异系数为 9.1%,和上述研究数据差距较大,说明烯效唑处理对绿豆株高的影响较不同生态区的影响小;主茎节数的变异系数较小,为 4.1%;单株粒重的变异系数是 35.7%,单株荚数的变异系数是 28.2%,均较大;百粒重和单荚粒数的变异系数分别为 7.2%和 6.8%,均较小。

前人关于绿豆各农艺性状的相互关系研究中

多为产量和其他性状的关系研究。蔡德宝等^[18]研究表明,绿豆各性状与产量的相关性大小为百粒重等籽粒性状>荚长等果荚性状>主茎分枝数>株高>成熟期等生育期性状。刘兴叶等^[19]指出绿豆对产量的直接途径系数表现为荚长>株高>荚粒数>单株荚数>百粒重>主茎分枝数>主茎节数,并且株高、单株荚数、荚粒数、荚长和百粒重对产量的直接作用为正值。王雪等^[15]研究表明单株产量与单株荚数、主茎粗呈极显著正相关,与分枝数、单荚粒数呈显著性正相关,而分枝数与单荚粒数,单株荚数呈显著性正相关,相关系数分别为0.360和0.322。郝庆等^[20]研究表明和绿豆高产大粒目标紧密相关的性状依次为单株产量、单株结荚数、荚宽、荚长。朱慧琨等^[21]研究表明生育期、株高、主茎节数、单株荚数与产量呈显著正相关;不同农艺性状与产量的关联度依次为单株荚数>荚粒数>百粒重>主茎节数>主茎分枝>荚长>生育期>株高。和前人研究结果基本一致,本研究各生长指标的相关性分析发现绿豆产量与分枝数、单荚粒数和单株粒重呈显著正相关,株高与主茎节数、百粒重及荚长呈显著或极显著正相关。

用主成分分析进行作物各性状综合评价,能更充分地反映起主导作用的因素。方路斌等^[22]主成分分析结果表明,在所有的主成分构成中,信息主要集中在前3个主成分,其累积贡献率达到86.86%,单株荚数是提高单株产量的关键,同时应注重选择单株荚数和分枝数较多、株高较高、生育期较短、籽粒大小适中的材料,才有可能选出符合育种目标的高产绿豆品种。本研究中4个主成分的贡献率分别为37.159%、27.631%、40.232%和10.353%,累积贡献率达到89.008%。在第1主成分中,百粒重、荚长、单株荚数主要反映荚因子指标;在第2主成分中,单株鲜重、单株粒重、分枝数主要反映植株因子指标;在第3主成分中,根重、侧根数、根瘤数主要反映根系因子指标;第4主成分中,单荚粒数、产量主要反映产量因子指标,这些指标可以作为绿豆材料鉴定选择的重要参考指标。

4 结论

烯效唑浸种处理使绿豆各农艺性状均发生不同程度变异;分枝数、根重、根瘤数、单株荚数、单株鲜重和单株粒重6个性状在3个品种(系)中均

发生大幅度变异,稳定性弱,易受环境条件影响,表现空间大;主茎节数、株高、荚长、单荚粒数、百粒重5个农艺性状的变异系数均较小,稳定性强;百粒重与荚长呈极显著正相关,相关性最强;产量与分枝数、单荚粒数、单株粒重呈显著正相关;百粒重、荚长、单株荚数、单株鲜重、单株粒重、分枝数、根重、侧根数、根瘤数、单荚粒数和产量的特征向量在各主成分中居前位。根据变异分析、相关性分析及主成分分析可以得出,绿豆的分枝数、单株荚数、单株粒重、产量、单株鲜重可作为高产材料选择的主要参考性状,百粒重、荚长、主茎节数、单荚粒数可作为高稳定性性状为材料选择提供参考。

参考文献:

- [1] 程须珍. 绿豆生产技术[M]. 北京:北京教育出版社,2016.
- [2] 梁双波,程汝宏. 小杂粮在我国种植结构调整中的地位与发展策略[J]. 河北农业科学,2005,9(2):93-95.
- [3] 田静,程须珍,范保杰,等. 我国绿豆品种现状及发展趋势[J]. 作物杂志,2021(6):15-21.
- [4] 卢环,王成,曾玲玲,等. 不同浓度烯效唑浸种对绿豆生理及生长的影响[J]. 黑龙江农业科学,2023(8):50-57.
- [5] 王坤,范保杰,刘长友,等. 绿豆新品种产量及主要农艺性状鉴定与评价[J/OL]. 作物杂志,1-11(2023-07-13)[2023-11-24]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1808.s.20230713.1906.004.html>.
- [6] 侯小峰,刘静,王彩萍,等. 绿豆产量与主要农艺性状的灰色关联分析[J]. 作物杂志,2015(1):53-56.
- [7] 杨芳,杨媛,冯高,等. 绿豆籽粒产量与主要农艺性状的相关分析[J]. 农业科技通讯,2012(7):95-97.
- [8] 张旭丽. 绿豆主要农艺性状与产量的相关性和通径分析[J]. 安徽农学通报,2020,26(24):65-67.
- [9] 叶卫军,张阴,王沛然,等. 绿豆5个产量相关性状的QTL分析[J]. 植物学报,2023,58(1):150-158.
- [10] 胡卫丽,朱旭,杨鸿超,等. 不同化控药剂对绿豆农艺性状及产量的影响[J]. 农业科技通讯,2018(8):142-144.
- [11] 赵海红. 大豆和绿豆对初花期低温胁迫的响应及烯效唑调控机制研究[D]. 大庆:黑龙江八一农垦大学,2022.
- [12] 余明龙,郑殿峰,冯乃杰,等. 烯效唑对低温胁迫下绿豆初花期碳代谢、抗氧化系统及产量的影响[J]. 植物生理学报,2021,57(9):1808-1818.
- [13] 程须珍,王素华,王丽侠,等. 绿豆种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2006.
- [14] 公丹,潘晓威,王素华,等. 国家食用豆产业技术体系绿豆新品种(系)联合鉴定[J]. 作物杂志,2019(4):30-36.
- [15] 王雪,张瑞佳,李小雷,等. 绿豆杂交F₁代农艺性状遗传变异及杂种优势分析[J/OL]. 分子植物育种,1-19(2023-03-28)[2023-11-28]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.s.20230328.1841.039.html>.
- [16] 郭鹏燕,王彩萍,任杰成,等. 不同地理来源绿豆农艺性状的遗传多样性研究[J]. 作物杂志,2017(6):55-59.
- [17] 高运青,徐东旭,尚启兵,等. 不同来源绿豆种质资源鉴定

- 与评价[J]. 种子, 2019, 38(3): 53-56.
- [18] 蔡德宝, 丁冬会, 刘晴, 等. 绿豆产量相关性状通径分析及高产种质筛选[J]. 四川农业大学学报, 2022, 40(4): 472-480, 542.
- [19] 刘兴叶, 邢宝龙, 吴瑞香, 等. 晋北绿豆主要农艺性状变异及对产量构成的影响[J]. 作物杂志, 2019(5): 69-75.
- [20] 郝庆, 刘英, 古力鲜, 等. 绿豆主要性状间的灰色关联分析研究[J]. 新疆农业科学, 2000, 37(4): 151-153.
- [21] 朱慧珺, 张耀文, 赵雪英, 等. 绿豆品种农艺性状与产量的相关性及其灰色关联度分析[J]. 种子, 2021, 40(5): 98-104.
- [22] 方路斌, 罗河月, 陈洁, 等. 绿豆主要农艺性状的相关与主成分分析[J]. 河北农业科学, 2018, 22(3): 67-69, 82.

Analysis of Agronomic Character Stability and Correlation of Mung Bean Under Uniconazole Treatment

LU Huan, WANG Cheng, ZENG Lingling, YU Yunkai, JI Shengdong, ZHANG Jindong, WANG Bingxue

(Qiqihar Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161006, China)

Abstract: In order to strengthen the selection of breeding traits for mung beans, three mung bean varieties were soaked with three concentrations of imidazole, using Lüfeng 2, Lüfeng 5, and JLPX02 as experimental materials. Field experiments were conducted to determine 14 agronomic traits, and variance analysis, correlation analysis, and principal component analysis were used to comprehensively evaluate the traits. The stability of the performance of agronomic traits in mung beans under imidazole treatment and the interrelationships between various agronomic traits were studied. The results showed that the six traits of branching, root weight, number of rhizobia, number of pods, single plant fresh weight, and single plant grain weight all showed significant variation and weak stability in the three varieties (lines); The coefficient of variation (CV) of five agronomic traits, including node number, plant height, pod length, number of seeds per pod, and hundred grain weight, was relatively small and stable; There was a highly significant correlation between 100-seed weight and pod length, with a maximum correlation coefficient of 0.906; There was a significant correlation between yield and branching, number of grains per pod, and grain weight per plant. In principal component analysis, 100-seed weight, pod length and pod number were the main indexes reflecting pod factors in the first principal component; In the second principal component, fresh weight per plant, grain weight per plant and branching were the main indicators reflecting plant factors; In the third principal component, root weight, lateral root number and nodule number were the main indexes reflecting root factors; In the fourth principal component, number of grains per pod and yield were the main indexes reflecting yield factors. Branch, pod number, grain weight per plant, yield, fresh weight per plant can be used as the main reference traits for high-yield material selection. In conclusion, 100-seed weight, pod length, knot number and number of grains per pod can be used as high stability characteristics to provide reference for material selection.

Keywords: mung bean; uniconazole; agronomic traits; stability; interrelation ship

协办单位

黑龙江省作物学会

黑龙江省农业科学院水稻研究所

黑龙江省农业科学院克山分院

黑龙江省农业科学院黑河分院

黑龙江省农业科学院绥化分院

黑龙江省农业科学院佳木斯分院

黑龙江省农业科学院牡丹江分院