

^{60}Co - γ 射线辐照晋豆 24 号 M_4 代突变株系主要农艺性状的遗传关系分析

李玲¹, 李贵全¹, 闫旭宇²

(1. 山西农业大学农学院, 太谷 030801; 2. 湖南科技学院, 永州 425006)

摘要 用 ^{60}Co - γ 射线对晋豆 24 号风干种子进行了辐照处理, 对 M_4 代 14 个突变株系及 CK 的 10 个主要农艺性状进行了相关分析、主成份分析及聚类分析。相关分析表明: 单株产量与株重、有效分枝、主茎荚数、株荚数、株粒数呈极显著相关; 主成份分析表明: 前 3 个主成份(单株个体因子、株形因子、粒重因子)对变异的贡献率达 86.92%; 聚类分析把后代分为 5 类, 每类的产量差异显著。结果表明, 农艺性状的遗传关系分析对选育新品种具有重要的意义。

关键词 大豆; ^{60}Co γ 射线; 相关分析; 主成份分析; 聚类分析

中图分类号 S 565.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2007)04-0479-05

GENETIC RELATIONSHIP ANALYSIS ON AGRONOMIC CHARACTER IN M_4 IRRADIATED OF JINDOU 24 BY $\text{Co}-\gamma$ RAY

LI Ling¹, LI Gui-quan¹, YAN Xu-yu²

(1. College of Agronomy, Shanxi Agricultural University, Taigu, 030801; 2. Hunan University of science and Engineering, Yongzhou, 425006)

Abstract The dry seeds of Jindou 24 had been irradiated with ^{60}Co - γ ray, and analyzed ten main agronomic characters in the 14 soybean lines of mutants and CK using correlation analysis, principal component analysis and cluster analysis. The results of correlation analysis revealed that the seed yield per plant correlated significantly with weight per plant, branches, pods of stem, pods per plant and seeds per plant. The results of principal component analysis showed that the cumulative ratio of contribution of first three components including plant individual factors, plant shape factors and seed weight factors to the total variation reached 86.92%. The mutants were divided into 5 groups using cluster analysis, the yield difference of each group was significant. The results of genetic relationship analysis on agronomic character showed that it was very important to cultivate new varieties.

Key words Soybean; ^{60}Co - γ ray; Correlation analysis; Principal component analysis; Cluster analysis

收稿日期: 2006-11-21

基金项目: 山西省自然科学基金项目(20011081); 山西省科技厅科技攻关项目(031004)

作者简介: 李玲(1982-), 女, 农学硕士, 主要研究大豆诱变遗传育种工作, E-mail: lilong534@yahoo.com.cn

通讯作者: 李贵全, 教授, E-mail: li-gui-quan@126.com

大豆辐射诱变育种始于 20 世纪 30 年代初,美国、日本、德国、前苏联等国先后开展了物理和化学诱变研究^[1]。我国大豆辐射诱变育种始于 1958 年,先后对辐照处理方法、处理剂量、后代变异规律与选择方法等进行了研究,相继育成铁丰 18 号、黑农 26 号等一批优良品种。当前辐射诱变已成为世界上普遍应用的育种方法之一,辐射创造新类型为大豆育种工作提供优良的种质,大豆辐照基因突变一般具有多效性,因而能引起各个性状的变异,从而创造出很多品种或种质资源新类型,对提高品种水平和推动生产有显著的效果^[2~11]。

利用⁶⁰Co-γ 射线辐照大豆风干种子,通过对 M₄ 代几个主要农艺性状的分析,进一步探讨辐照突变群体的遗传变异规律及选择时机,为大豆辐照育种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

选用山西农业大学选育的农艺性状好、品质优良的诱变亲本晋豆 24 号及其诱变后代。

1.2 试验方法

2001 年利用⁶⁰Co-γ 射线(剂量率为 160 rad/min)对晋豆 24 的风干种子进行辐照处理,以晋豆 24 为对照。2005 年 4 月 30 日种植 14 株变异株,行长 3 m,行距 0.5 m,株距 0.2 m,2 行区,重复 3 次,正常田间管理,并按照大豆育种的常规方法进行田间观察记录,秋后收获时,每株系随机抽取 5 株,风干后室内考种、测产,主要有单株产量、株高、株重、主茎节数、有效分枝、主茎荚数、株荚数、株粒数、百粒重和虫食数共 10 个农艺性状。

1.3 统计方法

主成份分析、聚类分析(按欧氏距离进行聚类)、相关分析等采用 DPS 软件。

2 结果与分析

2.1 各农艺性状的平均值、变异系数及产量情况

本研究对 14 个大豆突变株系的 10 个主要农艺性状进行分析,各农艺性状平均值和变异系数见表 1。

表 1 M₄突变株系及对照不同农艺性状平均值

Table 1 The average of different agronomic characters of M ₄ lines of mutants and CK										
突变品系 Lines of mutants	单株产量 Plant yield (g)	株高 Plant height (cm)	株重 Weight/ plant (g)	主茎节数 Nodes/ stem	有效分枝 Branches	主茎荚数 Pods /stem	株荚数 Pods/ plant	株粒数 Seeds/ plant	百粒重 100—seed weight(g)	虫食数 Number of pets-eaten
1	54.78	84.46	109.70	22.42	4.52	50.74	114.72	259.63	21.26	18.02
2	42.32	94.92	92.48	23.98	3.22	47.32	88.04	208.20	21.44	15.38
3	58.26	87.37	117.98	23.50	4.12	49.76	110.09	283.72	21.60	17.32
4	52.71	82.67	112.56	23.78	4.34	53.76	117.28	255.22	22.12	16.42
5	51.71	87.10	112.07	22.52	4.04	46.54	103.43	251.18	21.38	17.40
6	45.94	94.89	97.84	23.82	3.16	49.60	97.54	224.94	21.53	18.08
7	41.84	105.57	98.41	24.90	2.95	50.11	91.27	208.74	21.14	18.57
8	40.18	99.77	101.25	23.34	3.47	47.39	80.34	190.04	29.55	14.70
9	42.12	94.76	88.83	22.67	3.29	49.37	85.71	209.42	20.71	15.09
10	44.72	93.39	96.05	22.49	3.52	48.48	92.82	247.58	19.86	18.90
11	148.40	92.78	102.61	24.18	3.90	48.03	93.32	46.40	20.41	17.92
12	42.43	108.91	99.71	24.49	3.44	48.80	77.33	202.29	22.20	12.16
13	57.64	102.15	131.34	25.22	4.40	50.71	114.87	326.12	20.26	20.45
14(不育)	9.34	102.80	40.87	24.50	2.30	16.90	25.90	53.10	19.02	13.54
15(CK)	51.94	91.21	20.24	21.20	3.00	47.20	100.40	289.40	24.20	18.20
平均值	45.17	96.11	100.12	23.70	3.62	46.97	92.33	226.18	21.61	16.71
cv(%)	26.59	8.41	20.38	3.89	17.44	18.82	25.03	27.28	11.33	13.63

由表 1 可知,诱变后代群体中各农艺性状遗传变异系数从大到小的顺序是:株粒数、单株产量、株荚数、株重、主茎荚数、有效分枝、虫食数、百粒重、株高、主茎节数。变异系数是衡量各材料的性状表现差异程度、变异范围的量。在这些农艺性状中株粒数的变异系数最大,为 27.28%,单株产量、株荚数、株重的变异系数也较大,说明这些性状选择的潜力大,通过选择容易达到预期目标。而其他性状的变异系数较低,这些性状选择的几率有限,需扩大选择群体来提高选择效果^[12]。

由表中还可以看出突变后代的株高、主茎节数和有效分枝均高于 CK,说明诱变后代的株形比对照晋豆 24 好;其中品系 1、3、4、13 的产量均高于对照 CK,不育的产量远低于 CK,而其它品系的产量水平适中。为了能够清楚的比较出突变株系之间产量的大小,对产量进行了方差分析,结果见表 2。

表 2 M₄ 突变株系及 CK 产量的方差分析
Table 2 Analysis of variance of the yields in M₄ lines of mutants and CK

变异来源 Source of variance	DF	SS	MS	F	F _{0.05}	F _{0.01}
区组间 Among the blocks	2	244.63	122.32	6.61	3.34	5.45
株系间 Among the mutants	14	5753.08	410.93	22.2	2.06	2.79
误差 Error	28	518.26	18.51			
总变异 Total variance	44	6515.96				

由表 2 可以看出,3 个区组间的土壤肥力有显

著差别,在本试验中,区组作为局部控制的一项手段,对于减少误差是相当有效的。由表可知,突变株系之间产量的总体平均数有极显著差异,因此需进一步多重比较。通过用 LSR 法的多重比较,得出在 15 个突变株系之间,株系 3 和 13,株系 11、6、10、12、2、9、7、8,株系 14 三者之间有 5%水平上的差异显著性;株系 3 和 13,株系 6、10、12、2、9、7、8,株系 14 三者之间有 1%水平上的差异显著性,其余株系之间都没有显著差异。由此可以把 15 个突变株系的产量水平分为 4 个等级,据此选出高产株系进而选育出高产品种。

2.2 对农艺性状进行相关分析

由表 3 可以看出,在 M₄ 代单株产量与株重、有效分枝、主茎荚数、株荚数、株粒数呈极显著相关;株重与有效分枝、主茎荚数、株荚数、株粒数呈极显著相关;有效分枝与主茎荚数、株荚数和株粒数呈极显著相关;主茎荚数与株荚数、株粒数呈极显著相关;株荚数与株粒数呈极显著相关;虫食数与株荚数、株粒数呈极显著相关;其中株高与单株产量、株荚数、有效分枝显著负相关;虫食数与单株产量和株重显著相关;而百粒重、株高、主茎节数与其它性状的关系不明显。因此在一定范围内适当增加株重、有效分枝、主茎荚数、株荚数、株粒数就可以提高产量;而株重、有效分枝、主茎荚数、株荚数、株粒数也可以适当的提高与之相关的因素进而提高产量。由以上的相关系数看出相关是不定向的,由于群体的变异是随机的,且群体属于选择群体,各农艺性状的相关性会随着种植代数的增加而趋于稳定,在选择上会更具可靠性。

表 3 不同农艺性状之间的相关系数

Table 3 The correlation coefficients of different agronomy traits

相关系数 Correlation coefficient	单株产量 Seeds weight / plant(g)	株高 Plant height (cm)	株重 Weight/ plant (g)	主茎节数 Nodes/ stem	有效分枝 Branches	主茎荚数 Pods /stem	株荚数 Pods/ plant	株粒数 Seeds/ plant	百粒重 100-seed weight(g)	虫食数 Number of pets-eaten
单株产量	1.0000									
株高	-0.5211*	1.0000								
株重	0.9612**	-0.3667	1.0000							
主茎节数	-0.2631	0.6076*	-0.2023	1.0000						
有效分枝	0.8026**	-0.5636*	0.7398**	-0.0599	1.0000					
主茎荚数	0.8780**	-0.3183	0.8341**	-0.1645	0.6330**	1.0000				
株荚数	0.9726**	-0.5884*	0.9196**	-0.2433	0.8084**	0.8788**	1.0000			
株粒数	0.9666**	-0.4437	0.9605**	-0.2599	0.7339**	0.8098**	0.9333**	1.0000		
百粒重	0.1284	0.0255	0.2655	-0.2640	0.0035	0.2469	0.0834	0.0599	1.0000	
虫食数	0.6067*	-0.3418	0.5933*	-0.1231	0.4198	0.4309	0.6633**	0.7110**	-0.2255	1.0000

注:*,** 分别表示 p<0.05,p<0.01 显著性水平相关。
Note: * and ** mean significant correlation respectively at p<0.05 and p<0.01.

2.3 农艺性状进行主成份分析

从主成份的初始化特征值和因子提取后的特征值可看出,10 个成份的累计贡献率已达到 100%,提取前 3 个主成份可以解释 86.92%的贡献。如果主成份分析中所提取主成份的特征值能达到 85%以上的贡献率,就可以用这几个主成份对事物的属性进行概括性分析,基本可以得出影响事物性质的主要因素^[13],因此提取前 3 个主成份可以概括诱变后代不同品系农艺性状的绝大部分信息(表 4)。

表 4 晋豆 24 号突变后代及 CK 主要农艺性状的主成份分析

Table 4 Principal analysis for different agronomy traits of Jindou 24 mutants and CK				
成份 Component	初始化特征值 Initial eigenvalues		因子提取后特征值 Extraction sums of squared loadings	
	因子贡献率 Contribution (%)	累计贡献率 Cumulative (%)	因子贡献率 Contribution (%)	累计贡献率 Cumulative (%)
1	60.9678	60.9678	60.9678	60.9678
2	13.8558	74.8237	13.8558	74.8237
3	12.1001	86.9238	12.1001	86.9238
4	6.4415	93.3652		
5	3.3321	96.6973		
6	2.0674	98.7646		
7	0.9536	99.7183		
8	0.1611	99.8794		
9	0.0861	99.9655		
10	0.0345	100		

表 5 晋豆 24 号突变后代及 CK 主要农艺性状的主成份矩阵

Table 5 Principal component matrix for different agronomy traits of Jindou 24 mutants and CK

	主成份 Principal component		
	1	2	3
单株产量(x1)			
Seeds weight/plant(g)	0.3995	0.0307	0.0693
株高(x2)			
Plant height(cm)	-0.2401	0.3632	0.519
株重(x3)			
Weight/plant(g)	0.3828	0.0379	0.2236
主茎节数(x4)			
Nodes/stem	-0.1278	0.6896	0.3187
有效分枝(x5)			
Branches	0.3318	0.1119	-0.0387
主茎荚数(x6)			
Pods /stem	0.3482	0.0195	0.2868
株荚数(x7)			
Pods/plant	0.3995	0.0493	-0.0016
株粒数(x8)			
Seeds/plant	0.3902	0.0938	0.0274
百粒重(x9)			
100-seed weight(g)	0.0516	-0.5366	0.6386
虫食数(x10)			
Number of pets-eaten	0.2722	0.2795	-0.2863

由表 5 可知,累计方差贡献率达到 85%以上为主成份为 1,2,3。如果主成份用 y 表示,则由表可知,前三个主成份分别用 y1,y2,y3 表示。其表达式如下:

$$y1 = 0.3995x1 - 0.2401x2 + 0.3828x3 - 0.1278x4 + 0.3318x5 + 0.3482x6 + 0.3995x7 + 0.3902x8 + 0.0156x9 + 0.2722x10$$
$$y2 = 0.0307x1 + 0.3622x2 + 0.0379x3 + 0.6896x4 + 0.1119x5 + 0.0195x6 + 0.0496x7 + 0.0938x8 - 0.5366x9 + 0.2795x10$$
$$y3 = 0.0693x1 + 0.5190x2 + 0.2236x3 + 0.3187x4 - 0.0387x5 + 0.2868x6 - 0.0016x7 + 0.0274x8 + 0.6386x9 - 0.2863x10$$

大豆品种主要农艺性状的主成份矩阵显示了各主要性状在各主成份中的权重系数。从第一主成份看,单株产量 x1,株重 x3,株荚数 x7,株粒数 x8 的系数比较大,有效分枝 x5,主茎荚数 x6 的系数也比较大。当样品的 10 个指标值代入第一主成份表达式,所得第一主成份值较大时,必有单株产量较高,株重较重,株荚数较多,株粒数也较多等趋势,因此,可以认为第一主成份为“单株个体因子”。从第二主成份看,主茎节数 x4 的系数 0.6896 最大,株高 x2 和虫食数 x10 的系数也较大,而百粒重 x9 的系数较小且为负值。这说明第二主成份主要反映植株形态,可以认为第二主成份为“株形因子”。从第三主成份看,百粒重 x9 和株高 x2 的系数较大,主茎荚数 x6 和株重 x3 的系数也较大,而有效分枝 x5,株荚数 x7 和虫食数 x10 的系数较小且为负值。因此,可以认为第三主成份为“粒重因子”。

2.4 主要农艺性状进行聚类分析

由于诱变后代在 M₄ 代以后就趋于稳定,所以有必要对选出的 14 个突变材料及 CK 共 15 个品系的农艺性状进行聚类分析。从聚类的数状图可以看出:1 与 5 的距离相近,3 与 4 的距离相近,所以 1 与 5、3 与 4 聚为第一类。2 与 9 距离相近,6、11 和 10 三者距离相近,所以 2、9、6、11、10 与 7 聚为第二类。剩下的 CK、13、8、12、不育各为一类。

在第一类中,1、5、3、4 这 4 个品系的共同特点是:株重较重,株荚数和株粒数较多,因而产量较大(图 1)。这四个品系的单株个体因子在第一主成份中的权重系数较大,是影响大豆产量的主导因素。株形因子(第二主成份)中,株高和主茎节数的实测值都相对较低,而有效分枝较高,说明株形对不同品系单位产量的影响。

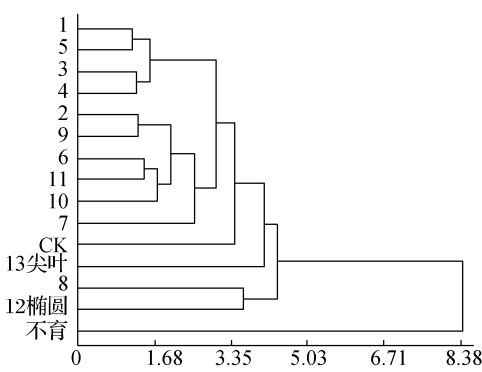


图 1 诱变后代的欧氏距离聚类树状图
Fig. 1 Dendrograms of the lines of mutants using squared Euclidean distances

在第二类中,品系 2、9、6、11、10 和 7 的共同特点是:株重、单株产量、株荚数和株粒数都相对较低,均低于 CK,而这 6 个品系的株高,主茎节数都相对较高,均高于 CK。这与第一类的 4 个品系在这方面的表现正好相反,说明株形因子(第二主成份)在第二类中起主导作用。

在剩余的 CK、13、8、12 和不育 5 个品系中,各有各的特点。尤其是不育株各方面的性状指标值均低于 CK,只有株高相对较高,说明诱变后代的变异是丰富的,不育株不仅产量低,而且植株形态也不好。其中品系 8 的百粒重最大为 29.55 g,说明这个品系的粒重因子(第三主成份)的起主导作用,有利于培养出大粒品种。其余的 12、13 与 CK 的各项指标均无明显差异,应归为一类。

3 讨 论

性状差异是由于突变株系间基因型的不同所致,而变异系数则反映了性状差异的大小。由分析可见,突变株系的株粒数、单株产量、株荚数、株重等性状变异系数大,利用上述性状作为育种目标,较易培育出高产品种。

相关分析结果表明,大豆农艺性状间相互关系是复杂的,当对某一性状进行选择时,另外一个或几个性状也跟着发生变化,因此,应进行多性状综合选择。由分析可知,高产大豆品种的主要农艺性状特征为:株重较重,有效分枝较多,主茎荚数较多,株荚数和株粒数较多,结合第一主成份的“株形因子”可知,选育既高产综合性状又好的品种是可行的。

主成份分析是在不损失过多遗传信息基础上的

一种降维思想。由于所选择的群体和研究的性状不同,用主成份构造的综合性状也是有区别的^[14]。本试验主成份分析结果表明,晋豆 24 号诱变后代 M₄ 代群体的农艺性状可以分为单株个体因子、株形因子、粒重因子 3 个主成份,各个农艺性状在各成份中的权重系数决定其在主成份中的影响度。根据主成份分析对突变株系的评价,以高产为主,综合性状好的品种的特点是:单株产量高,株重较重,株荚数和株粒数较多,主茎节数较多。

按农艺性状对诱变后代不同的品系聚成 5 类,分别表达了具有以单株个体为优势的高产类、以株形为优势的low产类、以粒重为优势的中产类、还有不育株为一类,剩下没有明显差异的为一类。说明经过诱变处理的后代材料,在不同方向的人工选择下,可以引起很大的遗传分歧。可以以类为单位把材料分开种植培育,进而加快育种速度,选育出不同类型的品种。

综上所述,主成份分析结果反映了农艺性状的主导影响因子,方差分析结果和聚类分析结果反映了产量的差异,为大豆辐射诱变后代群体的选择提供了依据。由以上分析再现了晋豆 24 辐射诱变后代变异类型广泛的特点,虽然诱变后代在 M₄ 代以后就趋于稳定了,但由于经过辐射诱变后即使是相同的品种在不同的世代农艺性状也均有分离出现^[15],所以在以后的选择中可以按照主成份或不同的类对那些综合性状好、整齐一致、性状基本稳定的优良品系进行选择,进而培育出产量高、品质优良的新品种,为大豆种质库增添新的内容。

参 考 文 献

- [1] 王培英,许德春. 人工诱变改良大豆品质的研究[J]. 核农学报,2000,14(1):21—23.
- [2] 王玫,翁秀英. 大豆诱变育种的研究进展及动向[J]. 核农学报,1987,(1):1—4.
- [3] 翁秀英,王彬如. 大豆辐射育种的研究[J]. 遗传学报,1974,1(2):152—169.
- [4] 刘忠堂. 大豆早熟突变育种的研究[J]. 原子能农业利用,1981,(2):5—10.
- [5] 王培英,王连铮. 大豆诱变育种及龙辐 73—8955 突变系的选育[J]. 大豆科学,1982,1(1):77—83.
- [6] 丘成建. 诱发突变与植物抗病育种[J]. 原子能农业译丛,1982,(1):6—13.
- [7] 王琳清. 我国辐射育成的农作物品种[J]. 原子能农业应用,1985,(1):1—8.

矮、分枝较少所致,可作为强秆抗倒伏资源利用。

3 讨论

从本试验农艺性状调查可以看出,不同种质之间测定的各项形态性状指标均有差异,在未发生倒伏时很难以某一个性状指标来确定各个材料的抗倒性差异。例如,一般认为高秆植株易倒伏,但实际上有些较矮的植株也易发生倒伏。根据作物倒伏的力学原理,作用于茎秆的力与茎秆长度成比例^[6,7],以及植株地上部与地下部生长的相关性,提出以植株地上部和地下部重量、茎秆强度、株高及分枝数等因子组成综合指标——抗倒指数来评价大豆根倒伏抗性,其与大豆种质的实际倒伏程度具较高的一致性,能够正确反映大豆种质之间的差异,适合作为评价大豆种质抗倒伏能力的指标。

从通径分析结果可以进一步了解不同形态性状对于抗倒指数的相对重要性。虽然研究中有的性状与抗倒指数的相关系数被削弱了,而有的性状直接通径系数与相关系数的作用相反,但茎秆强度对抗倒伏能力的贡献仍然是最大的,表明茎秆强度是提高大豆抗倒伏能力的最重要因素。因此,筛选大豆抗倒伏种质应当把茎秆强度作为主要指标之一。

不同生育期的调查发现,花期植株茎秆强度较小,可能茎秆尚未完全发育成熟;成熟期有 2/3 材料的茎秆强度下降,可能与茎秆物质大量向籽粒运转有关;而结荚期茎秆发育成熟,茎秆强度明显高于花期和成熟期,因此测定茎秆强度和其他农艺性状宜在结荚后期至成熟前进行,对于易倒伏种质来说,应在发生倒伏之前测定。另外,一些研究认为地上部重量采用鲜重比干重更为合适^[1~4],本研究将鲜重

和干重测定指标比较后认为,多因子综合指数以干重作指标的测定结果与倒伏的相关性更为密切(表 2)。

参 考 文 献

- [1] 马均,马文波,田彦华,等. 重穗型水稻植株抗倒伏能力研究[J]. 作物学报,2004,30(2):143—148.
- [2] 王莹,杜建林. 大麦根倒伏抗性评价方法及其倒伏系数的通径分析[J]. 作物学报,2001,27(6):941—945.
- [3] 蒲定福,周俊儒,李邦发,等. 根倒伏小麦抗倒性评价方法研究[J]. 西北农业学报,2000,9(1):58—61.
- [4] Menchey E K, Aycock Jr M K. Anther—derived dihaploid for lodging improvement in tobacco [J]. Crop Science, 1998, 38: 698—701.
- [5] Kato A. Relationship between root lodging and five nondestructively determined traits in maize (*Zea mays* L.) [J]. Maydica, 1998, 43(1):65—74.
- [6] 王勇,李晴棋. 小麦品种抗倒性评价方法研究[J]. 华北农业科学, 1995, 10(3):84—88.
- [7] 莱利 J. 小麦育种理论与实践[M]. 庄巧生,杨作民译. 北京:农业出版社,1982. 111—123.
- [8] 堀内久满,古贺义昭. 水稻抗倒伏性与育种[J]. 农业技术, 1989, 44(9):41—45.
- [9] 贺春林,李卫东,薛应离. 夏大豆品种抗倒伏性的遗传研究[J]. 河南农业大学学报,1993,27(2):196—200.
- [10] 谢甫绶,董钻,王晓光,等. 大豆倒伏对植株性状和产量的影响[J]. 大豆科学,1993,12(1):81—85.
- [11] 谢甫绶,胡凤新,赵庆祥,等. 不同倒伏程度对大豆生育性状和产量性状的影响[J]. 辽宁农业科学,1994,(5):43—46.
- [12] Board J. Reduced lodging for soybean in low population is related to light quality [J]. Crop Science, 2001, 41: 379—384.
- [13] 邱丽娟,常汝镇,刘章雄,等. 大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.
- [8] 吕秀珍,刘忠堂,何煜. ⁶⁰Coγ 射线照射大豆风干种子当代贮藏效应的研究[J]. 原子能农业应用,1983(4):15—19.
- [9] 黄建昌,肖艳. ⁶⁰Coγ 射线与 GA₃ 复合处理对番木瓜的遗传诱变效应研究[J]. 核农学报,2003,17(5):332—335.
- [10] 闫洪睿,张雷,鹿文成. 黑龙江省高纬度地区大豆辐照诱变效应研究[J]. 核农学报,2003,17(6):430—433.
- [11] 郝再彬,吴东岚. 矮秆大豆突变体的获得. 核农学报,2004,18(3):204—206.
- [12] 杜连恩,魏玉昌. 大豆化学诱变育种及其规律的研究[J]. 华北农学报. 1989,4(2),39—43.
- [13] 徐克学. 生物数学[M]. 北京:科学出版社,1999. 12—102.
- [14] 李向华,常汝镇. 中国春大豆品种聚类分析及主成分分析[J]. 作物学报. 1998,24(3),326—331.
- [15] 薛柏,孟丽芬. ⁶⁰Coγ 射线照射大豆植株的诱变效果[J]. 大豆科学,2000,(2):150—153.

(上接 483 页)