

大豆品种分枝数分级标准探索

张霞¹, 谭冰¹, 郭勇¹, 孙如建², 张勇³, 刘章雄¹, 洪慧龙¹, 邱丽娟¹

(¹ 中国农业科学院作物科学研究所/国家农作物基因资源与遗传改良重大科学工程, 北京 100081;

² 呼伦贝尔市农业科学研究所, 扎兰屯 162650; ³ 黑龙江省农业科学院克山分院, 齐齐哈尔 161600)

摘要:大豆分枝与株型及其产量关系密切。大豆品种资源分枝数的表型鉴定对提高其利用效率具有重要指导意义。为了探索黑龙江大豆品种在北京异地种植条件下的分枝数, 本研究以来源于我国东北生态区的 49 份大豆品种为材料, 于 2011 年和 2012 年采用随机区组试验, 在 45 cm 行距条件下, 株距分别设置 25 cm、15 cm 和 5 cm, 研究品种的分枝数及对种植密度的敏感性。结果表明, 不同品种的分枝数存在极显著差异, 并且各品种对种植密度的敏感程度不同。根据分枝数目将参试品种分为少分枝、中等分枝和总分枝 3 类; 根据分枝数与种植密度的相关系数将参试品种分为不敏感、低度敏感、中等敏感和高度敏感 4 类。本研究为参试材料在不同株型优良品种培育中的利用提供了理论依据, 也为大豆种质表型鉴定提供了参考。

关键词:大豆; 种植密度; 分枝特性; 密度敏感性

Study on Characterization and Classification of Branching in Soybean

ZHANG Xia¹, TAN Bing¹, GUO Yong¹, SUN Ru-jian², ZHANG Yong³,
LIU Zhang-xiong¹, HONG Hui-long¹, QIU Li-juan¹

(¹ The National Key Facility for Crop Gene Resources and Genetic Improvement/Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081; ² Hulun Buir Institute of Agricultural Sciences, Zhilantun 162650; ³ Keshan Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161600)

Abstract: Branches of soybean are closely associated with plant architecture and yield. Phenotyping of branching is significance for improving the utilization of germplasm resources. In order to identify the stability of branching for varieties which are from Heilongjiang province but grow in Beijing, 49 varieties from Northeast ecological regions of China were selected. Three planting densities with the distance of 25 cm, 15 cm and 5 cm between plants were designed under the same row spacing for evaluating branch characteristics and density sensitivities in 2011 and 2012. The results showed that there were significant differences in the number of branches for different varieties and the sensitive degrees were different among different soybean genotypes. All these varieties were classified into three or four groups based on the number of branches and density-sensitivities, respectively. Taken together, the results provide a theoretical basis for the utilization of these germplasm in different architecture, but also provide a reference for the accurate identification of soybean germplasm phenotype.

Key words: soybean; planting density; branching; density sensitivity

大豆是世界上重要的粮食和经济作物, 是人类植物脂肪和蛋白质的重要来源, 在日常膳食结构中占有重要地位。分枝数是影响大豆产量的重要因素之一,

与植株结荚率直接相关^[1-2], 甚至有研究者认为大豆群体的自动调节能力主要来自分枝。主茎分枝数是影响大豆单株产量的重要农艺性状之一^[3-4]。申忠宝

收稿日期: 2017-05-10 修回日期: 2018-02-08 网络出版日期: 2018-04-17

URL: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20180417.1306.030.html>

基金项目: 国家大豆种质资源共享服务平台 (NICGR2017-004, NICGR2016-004); 大豆种质资源保护与利用 (2017NWB036-05, 2016NWB036-05)

第一作者研究方向为大豆基因挖掘, E-mail: zx910109@126.com。谭冰为共同第一作者

通信作者: 邱丽娟, 研究方向为大豆基因资源发掘, E-mail: qjulijuan@caas.cn

等^[5]研究表明,单株粒数和主茎分枝数对产量的影响最大。谢皓等^[6]认为,大豆单株产量与株高、分枝数、单株粒数的关系较为密切。分枝数也是大豆株型的重要组成部分,与植株抗倒伏性、光合效率等性状密切相关,并通过调节群体结构、种植密度等进一步影响产量^[7-8]。已有的研究表明,大豆理想株型并不是一成不变的,而是在特定的生产条件和生态特点下不断变化^[9-10]。利用不同品种的分枝特性是不同生态环境及不同栽培条件下获得高产的途径之一^[11]。

大豆分枝是受多基因调控的数量性状,分枝的发生不仅受遗传因子的调控,还受激素、发育状况和环境等多种因素的影响^[12-13],而种植密度直接调节主茎和分枝粒重分布^[14-15]。张瑞朋等^[16]的研究表明,种植密度增加时主茎荚数、分枝数、单株荚数和单株粒重都减少;当密度增大时,分枝产量的减少大于主茎产量的增加^[17]。杨继学等^[18]的研究发现,不同分枝类型的品种在不同种植密度下的产量有很大差异:密度低时,多分枝品种可依靠分枝优势获得高产;密度高时,分枝减少,主茎生长占优势,因此多分枝品种有极强的自我调节能力。由于不同大豆品种的株高、分枝数、叶形等性状差异较大,所以不同品种所适宜的种植密度也不尽相同^[19]。因此,明确不同大豆品种在不同密度下的分枝特性对于提高其利用率具有重要意义。

作物表型的稳定性主要决定于基因型与环境互作($G \times E$)效应的大小。目前关于大豆分枝数的研究多见于不同种植方式和株行距等栽培措施对产量性状产生的影响^[20-22],而关于不同大豆种质资源分枝特性的精准鉴定鲜见报道。为了评价不同大豆品种的分枝特性,充分发挥品种的高产潜力,本研究对来自我国东北生态区的49份大豆品种在北京开展了2年3个种植密度的鉴定,根据分枝的数量及对密度敏感性将分枝特性进行分类,旨在为大豆品种资源分枝数鉴定以及异地引种利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点

田间试验于2011-2012年在中国农业科学院作物科学研究所北京顺义试验站进行。

1.2 试验材料

本研究所用的49份大豆品种均来源于我国东北生态区(表1)。

1.3 试验方法

试验采用随机区组设计,共设置3个种植密度,

行距均为45 cm,株距分别为25 cm(7.5万株/hm²,行长5 m,密度1)、15 cm(13.5万株/hm²,行长3 m,密度2)和5 cm(40.5万株/hm²,行长1 m,密度3)。每个密度设置3次重复,田间管理与当地大田生产相同。成熟时,为了减少边缘效应的影响,每试验小区选取种植行中间株距均匀的5个单株进行考种,记录株高、底荚高、节数、分枝数、主茎荚数、分枝荚数、总荚数、分枝长度等农艺性状。

试验站年均气温在10℃以上,积温4200℃,年均降雨量600 mm,年均蒸发量2302 mm,无霜期190~210 d。主要灾害性天气是春旱和夏季暴雨涝害。土壤为褐潮土,pH 7.6、含有机质18.84 g/kg、全氮1.0 g/kg、碱解氮89.22 mg/kg、速效磷27.21 mg/kg、速效钾94.00 mg/kg。

1.4 数据处理

应用EXCEL、SPSS16和SAS数据处理软件对农艺性状数据进行方差分析、差异显著性分析、相关性分析和聚类分析等。

2 结果与分析

2.1 不同品种的表型稳定性比较

大豆品种在2011-2012年的表型数据分析发现(表2),株高、节数、主茎荚数、分枝荚数和总荚数呈极显著正相关,表明这些性状在两年间表现稳定;而底荚高度在两年间变化较大。有效分枝数在密度1和密度2中表现为极显著正相关,而在密度3中由于各品种的有效分枝数均较少,相对误差增大,导致相关系数减小。在3个种植密度条件下,分枝数在两年间的相关性系数明显小于株高和节数的相关性系数,表明不同年份对株高和节数的影响较小,而对分枝数的影响较大,可见分枝数易受环境影响。

2.2 大豆分枝数在不同密度下的变化趋势

参试大豆品种在两年不同种植密度下的分枝数分析表明,2011年的密度1、2、3下的平均分枝数分别为1.2个、0.9个和0.3个,2012年分别为1.5个、1.2个和0.4个,但总体趋势不变:表明大豆的分枝数性状受种植密度的影响极大,随着种植密度的增加,分枝数减少(图1)。

2.3 大豆品种分枝数的分类

2.3.1 根据分枝数对密度的敏感性对大豆品种分类 利用SPSS软件分别计算每个品种在2011-2012年分枝数与种植密度的相关系数,根据相关系数可以将供试的49个品种划分为4种类型(图2,表3):密度不敏感型、密度低敏感型、密度中度敏感

表 1 参试大豆品种信息

Table 1 Information of 49 tested soybean varieties

编号 No.	统一编号 Uniform code	品种名称 Name of variety	组合 Cross	选育单位 Institute or University
1	ZDD24331	北丰 9 号	合丰 25/北交 804083	黑龙江省农垦局北安科研所
2	ZDD23648	北丰 15	北 87-16/北丰 7	黑龙江省农垦局北安科研所
3	ZDD22656	合丰 34	合丰 24/治安小粒豆	黑龙江省农科院佳木斯分院
4	ZDD22657	合丰 35	合交 8009-1612/绥农 7 号	黑龙江省农科院佳木斯分院
5	ZDD23601	合丰 39	合 87-1004/合 87-19	黑龙江省农科院佳木斯分院
6	ZDD23602	合丰 40	北丰 9 号/合丰 34	黑龙江省农科院佳木斯分院
7	ZDD23605	合丰 43	北丰 9 号/合丰 34	黑龙江省农科院佳木斯分院
8	ZDD23606	合丰 44	北 88-910/九三 90-159	黑龙江省农科院佳木斯分院
9	ZDD23615	合丰 47	合丰 35/公 84112-1-3	黑龙江省农科院佳木斯分院
10	ZDD23620	黑河 18	黑辐 84-265/黑交 85-1033	黑龙江省农科院黑河分院
11	ZDD23621	黑河 19	黑交 85-1033/合丰 26	黑龙江省农科院黑河分院
12	ZDD23625	黑河 23	黑交 94-1102/Merit	黑龙江省农科院黑河分院
13	ZDD23629	黑河 27	黑交 88-1156/北 87-9	黑龙江省农科院黑河分院
14	ZDD23632	黑河 30	黑交 91-2005/北 86-19	黑龙江省农科院黑河分院
15	ZDD23633	黑河 31	北丰 11/黑河 92-1014	黑龙江省农科院黑河分院
16	ZDD22640	黑农 39	绥农 4 号/铁 7518	黑龙江省农科院大豆所
17	ZDD23635	黑农 42	哈 90-33-2/农大 87030	黑龙江省农科院大豆所
18	ZDD23636	黑农 43	(哈 76-3/HA138)/哈 76-3// (北 83-202/长农 4)	黑龙江省农科院大豆所
19	ZDD23637	黑农 44	哈 85-6437/吉林 20	黑龙江省农科院大豆所
20	ZDD23638	黑农 45	哈 1062/东农 165	黑龙江省农科院大豆所
21	ZDD24404	黑农 46	哈 857-1/吉 8028	黑龙江省农科院大豆所
22	ZDD24405	黑农 47	哈 90-6719/哈 92-2463	黑龙江省农科院大豆所
23	ZDD24406	黑农 48	哈 90-6719/绥 90-5888	黑龙江省农科院大豆所
24	ZDD22642	黑生 101	黑农 35/龙 79-3433-1	黑龙江省农科院生物中心
25	ZDD22668	红丰 7 号	合丰 25/KENT	黑龙江省农垦局红兴隆科研所
26	ZDD22669	红丰 8 号	合丰 25/Dawn	黑龙江省农垦局红兴隆科研所
27	ZDD22671	红丰 10 号	G7533 ⁶⁰ Co 辐射	黑龙江省农垦局红兴隆科研所
28	ZDD23645	红丰 11	钢 8212-8/B152	黑龙江省农垦局红兴隆科研所
29	ZDD23646	红丰 12	钢 8460-19/垦农 4 号	黑龙江省农垦局红兴隆科研所
30	ZDD23677	建农 1 号	建 88-249/合交 87-943	黑龙江省农垦局建三江科研所
31	ZDD23651	垦丰 5 号	合丰 35/黑农 37	黑龙江省农垦科学院
32	ZDD23654	垦丰 8 号	绥农 10/合丰 35	黑龙江省农垦科学院
33	ZDD23656	垦丰 10 号	北丰 9 号/绥农 10 号	黑龙江省农垦科学院
34	ZDD23657	垦丰 11	北丰 9 号/吉林 20	黑龙江省农垦科学院
35	ZDD24341	垦丰 12	绥农 10 号/哈 891	黑龙江省农垦科学院
36	ZDD23658	垦鉴豆 1 号	北丰 11/北丰 7 号	黑龙江省农垦局北安科研所
37	ZDD24353	垦鉴豆 23	黑农 34/垦农 5 号	黑龙江省农垦科学院
38	ZDD23672	垦农 8 号	合丰 28/绥农 4 号	黑龙江八一农垦大学
39	ZDD23673	垦农 16	农大 1296/钢 83-29//农大 1296	黑龙江八一农垦大学
40	ZDD22644	绥农 10 号	绥农 4 号/铁 7518	黑龙江省农科院绥化分院
41	ZDD22646	绥农 12	绥 83-432//黑河 4/铁 7604	黑龙江省农科院绥化分院
42	ZDD22648	绥农 14	合丰 25/绥农 8	黑龙江省农科院绥化分院
43	ZDD23679	绥农 15	黑河 7 号//绥 85-5064/Ozzle	黑龙江省农科院绥化分院
44	ZDD23680	绥农 16	黑农 35//黑农 35/吉林 27	黑龙江省农科院绥化分院
45	ZDD23681	绥农 17	绥农 15 系选	黑龙江省农科院绥化分院
46	ZDD23682	绥农 18	绥 90-5088//北丰 9 号/吉林 27	黑龙江省农科院绥化分院
47	ZDD23683	绥农 19	垦农 4//合丰 25/公 8324-7	黑龙江省农科院绥化分院
48	ZDD23684	绥农 20	绥 78-5061 选系	黑龙江省农科院绥化分院
49	ZDD24394	绥农 21	绥 87-5603/绥 95-2915	黑龙江省农科院绥化分院

表 2 两年间不同密度条件下各农艺性状的表型比较
Table 2 Phenotypes of agronomic traits under different densities in two years

密度 Densities	测量值 Measure value	株高 (cm) Plant height		底荚高 (cm) Bottom pod height		节数 Node number		主茎荚数 Pod number of main stem		分枝荚数 Pod number of branch		总荚数 Total pod number		有效分枝数 Branch number	
		2011 年 In 2011	2012 年 In 2012	2011 年 In 2011	2012 年 In 2012	2011 年 In 2011	2012 年 In 2012	2011 年 In 2011	2012 年 In 2012	2011 年 In 2011	2012 年 In 2012	2011 年 In 2011	2012 年 In 2012	2011 年 In 2011	2012 年 In 2012
密度 1 Density 1	平均值 Average	48.00	49.99	5.73	7.79	14.51	13.84	48.00	38.03	8.83	12.70	56.84	50.73	1.18	1.49
	最小值 Min.	29.00	33.70	3.40	4.15	10.60	9.20	30.20	18.20	0.00	1.93	33.20	21.40	0.00	0.38
	最大值 Max.	90.90	70.40	8.70	11.83	21.20	18.95	79.60	61.38	34.20	49.73	103.00	111.12	3.80	3.08
	相关性系数 Correlation coefficient	0.86**		0.52**		0.91**		0.69**		0.47**		0.66**		0.56**	
密度 2 Density 2	平均值 Average	50.60	54.74	6.46	9.08	14.48	13.75	46.94	34.27	6.39	8.03	53.33	42.29	0.91	1.23
	最小值 Min.	30.83	32.88	3.00	5.80	10.40	10.67	27.00	21.87	0.00	1.47	27.60	26.37	0.00	0.33
	最大值 Max.	92.80	75.53	13.90	15.27	21.20	17.67	72.20	49.07	32.60	31.07	102.40	77.60	3.00	2.53
	相关性系数 Correlation coefficient	0.83**		0.32*		0.91**		0.68**		0.58**		0.69**		0.54**	
密度 3 Density 3	平均值 Average	56.62	61.48	8.08	15.44	13.86	13.20	36.78	25.60	1.42	1.32	38.07	26.91	0.31	0.37
	最小值 Min.	35.30	41.60	5.20	7.60	9.60	10.07	19.60	16.67	0.00	0.00	19.60	17.60	0.00	0.00
	最大值 Max.	102.50	85.00	11.50	23.27	20.80	15.80	62.20	36.13	9.20	16.27	66.20	52.40	1.80	2.20
	相关性系数 Correlation coefficient	0.76**		0.31*		0.86**		0.50**		0.43**		0.51**		0.28	

对两年间各性状的平均值进行差异显著性分析, * 和 ** 分别代表在 0.05 0.01 水平上差异显著
ANOVA analysis the average of traits in two years, * showed significant difference at 5%, ** showed significant difference at 1%

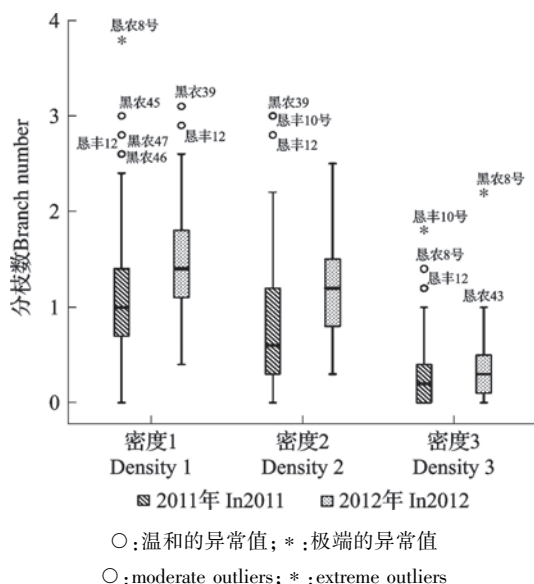


图1 2011-2012年3个种植密度条件下的大豆品种分枝数比较

Fig. 1 Branch number of soybean varieties under three planting densities in 2011 and 2012

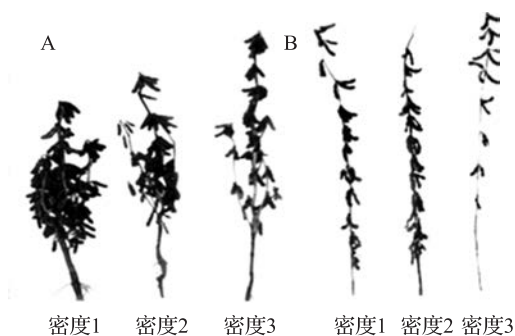


图2 不同种植密度下密度敏感型品种(A)及密度不敏感型品种(B)的分枝数比较

Fig. 2 Phenotypic comparison of density sensitive variety (A) and density-insensitive variety (B) under different planting densities

表3 参试品种分枝的敏感性分类

Table 3 classification of cultivars based on their branching sensibility to the planting density

分类	品种数	品种名称
Classification	Number of variety	Name of variety
不敏感性	2	北丰9号, 红丰10号
Non-sensitivity		
低敏感性	13	合丰35, 黑河30, 垦鉴豆1号, 黑农43, 黑农48, 垦丰10号, 垦丰11, 绥农15, 垦农8号, 北丰15, 合丰47, 黑河31, 黑农44
Sensitivity		
中度敏感性	8	合丰39, 黑河23, 红丰11, 垦丰8号, 绥农20, 合丰40, 黑河18, 黑河19
Medium-sensitivity		
高度敏感性	26	合丰34, 合丰43, 红丰7号, 合丰44, 黑河27, 垦鉴豆23, 黑农39, 黑农42, 建农1号, 黑农45, 黑农46, 黑生101, 黑农47, 红丰12, 红丰8号, 垦丰12, 垦农16, 垦丰5号, 绥农12, 绥农14, 绥农10号, 绥农16, 绥农17, 绥农18, 绥农19, 绥农21
High-sensitivity		

型、密度高度敏感型。其中不敏感型品种2份,相关系数在两年间均表现为不显著或其中一年表现为不显著而另一年表现为0.05水平显著;密度低敏感型品种13份,相关系数在其中一年表现为不显著,另一年在0.01水平下显著;密度中度敏感型品种8份,相关系数在其中一年表现为0.01水平下显著、另一年在0.05水平下显著;另有26份品种为密度高度敏感型,相关系数在两年间均表现为在0.01水平下显著。

2.3.2 根据最多分枝数对品种分类 以各品种在3个种植密度下的最多分枝数为依据,利用SPSS软件中系统聚类的方法对两年的数据进行分析(图3),有11份品种被划分为I类多分枝型,其两年间的平均分枝数在1.70个以上,每年的最大分枝数大于等于1,并且其中一年的分枝数在2个以上;33份品种为III类少分枝型,两年间的平均分枝数在1.45个以下;5份品种被划分为II类中等分枝型,两年间的平均分枝数在1.45~1.70之间,并且每年的最大分枝数在1~2个之间。

3 讨论

目前,我国大豆产量水平较低,与育种亲本狭窄的遗传基础有关^[23]。在长期的进化和选育过程中,不同生态区形成了不同的生态类型,许多优良的农艺性状和品质性状存在于种质资源中^[24]尚未被利用。另外,大豆是典型的短日照作物,适应的纬度范围很窄,具有较强的区域适应性^[25]。傅蒙蒙等^[26-27]在东北4个生态亚区对6个熟期组的大豆品种进行鉴定也发现,这些种质总体表现出北豆南移分枝数减少,南豆北移分枝数增多的趋势。该研究发现,在异地条件下也能表现出品种的特性,如适宜第IV亚区的MGⅢ熟期组品种,在较北的第Ⅱ亚区表现出平均分枝数最高(4.69个),在更北的第Ⅰ亚区的变

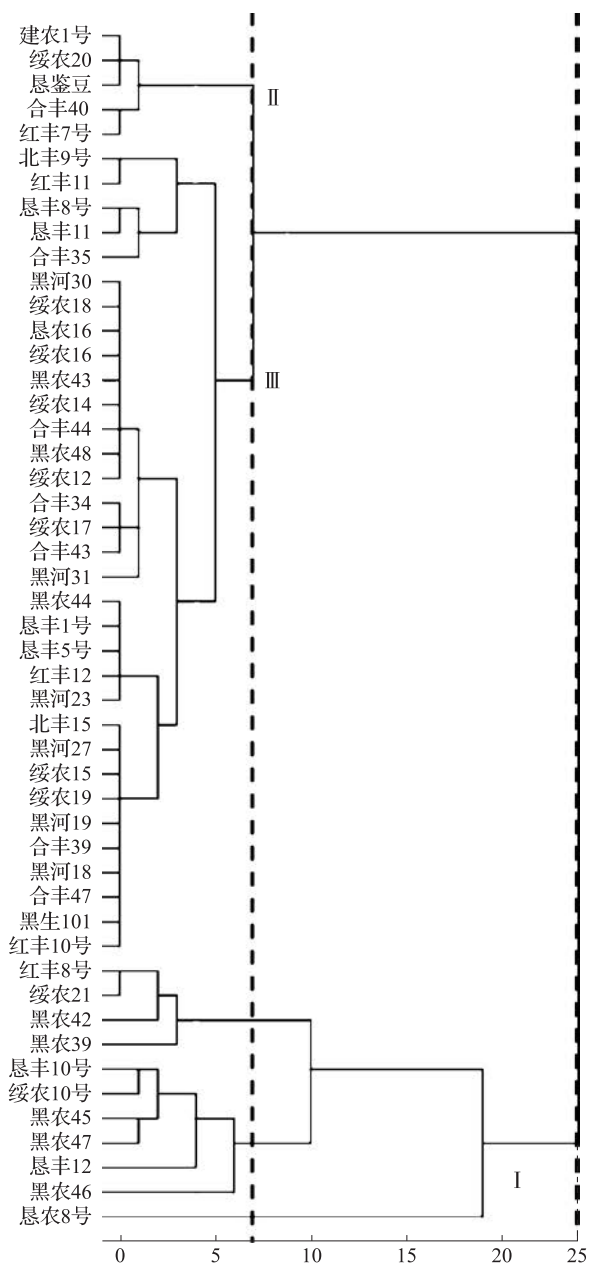


图3 基于2011-2012年最多分枝数的大豆品种聚类

Fig.3 Cluster analysis of soybean varieties based on the biggest number of branch

异系数最大(44.47%),但在适宜的第IV亚区的变异系数最小(29.18%),表明在多种条件下进行鉴定,可以充分反映出品种的不同特性。李向华等^[28]对中国春大豆的株高、分枝数、生育期等18个性状进行聚类分析时也发现,大部分性状都有气候生态地理分布现象。因此,异地鉴定对深入评价品种的潜在特性以及明确性状的稳定性具有重要作用。

分枝数作为大豆理想株型的重要组成部分,是育种家重点关注的产量性状^[9]。基于分枝特性对大豆品种进行分类,对品种利用具有指导作用。当

生产中出现缺苗短条的现象时,具有一定分枝潜力的大豆品种,可起到补偿缺苗的作用;当种植密度较大时,可选用分枝数少的品种。然而,目前对大豆的分类研究多基于熟期组、生态区、亲缘关系和多个性状的综合分析^[27,29-30],根据分枝数对大豆品种进行分类的研究鲜见报道。早在1952年费家骅^[31]提出,应根据不同的大豆品种、不同的土壤和环境选择适宜的行株距。东北生态区作为我国大豆的主产区,培育出了大量优质、高产的大豆品种,对大豆生产起到了重要作用。因此,本研究在前人研究的基础上,在北京地区对东北大豆品种的分枝特性进行鉴定,旨在探索基于分枝特性对大豆品种进行分类的方法,也为利用东北优良大豆品种拓宽黄淮大豆品种遗传基础提供参考。虽然北豆南移导致生育期缩短,但本研究所用的大豆品种均表现出原生态区的特性,分枝数目与品种志中的记载基本一致,部分品种能产生3~4个分枝,表现出了丰富的变异。前人对361份东北大豆品种进行鉴定也发现,分枝数在克山、牡丹江和长春的变异范围分别为0.2~7.6个,0~4.8个和0.1~10.1个^[32-34],表明并不是越往北分枝数变异幅度越大。本研究在3个密度下对49份东北大豆品种进行鉴定发现,分枝数随密度的增大而减少,与前人的研究结果一致^[35]。同时,本研究还鉴定出了分枝数不随密度变化而变化或变化较小的大豆品种,表明不同类型的大豆品种对密度的要求不同,与宋启建等^[36]的研究结果相吻合。本研究利用不同指标对49份大豆品种分类,发现分枝数目与密度关系密切,密度不敏感性的品种均为少分枝;大多数对密度低度敏感和中度敏感的品种为则多为少分枝类型;而密度高度敏感的品种在3种分枝类型(少分枝、中等分枝和 multiflorous)中均有分布,为根据育种目标选择适宜的品种提供了理论依据。

参考文献

- [1] 刘金刚,孙恩玉,曹永强,等.大豆主要生育性状与产量间的关系分析[J].杂粮作物,2005,25(2):81-83
- [2] 周丰锁.大豆杂交亲本主要农艺性状的通径分析[J].遗传,1983,5(2):7-9
- [3] Cho J W, Park G S, Yamakawa T. Comparison of yield in Korean small seed soybean cultivars with main stem and branch production[J]. Kyushu University, 2005, 50(2):511-519
- [4] 汪宝卿,张礼凤,慈敦伟.黄淮海地区夏大豆农艺性状与产量的相关性及其灰色关联度分析[J].山东农业科学,2010(3):20-25
- [5] 申忠宝,王建丽,潘多锋,等.大豆单株产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J].中国农学通报,2012,28(33):75-77
- [6] 谢皓,陈学珍,冯雅男,等.北京地区夏大豆品种产量构成和

- 主要性状分析[J]. 北京农学院学报, 2002, 17(2): 7-10
- [7] 胡珀, 韩天富. 植物茎秆性状形成与发育的分子基础[J]. 植物学通报, 2008, 25(1): 1-13
- [8] 邱强, 石一鸣, 闫晓艳. 不同株型大豆品种的不同种植密度对产量的影响[J]. 吉林农业科学, 2008, 33(3): 11-13
- [9] 吕景良, 吴百灵, 尹爱萍. 吉林省大豆品种资源研究—Ⅲ. 株型分类与株型育种[J]. 吉林农业科学, 1987, 22(3): 22-26
- [10] 周勋波, 吴海燕. 关于大豆理想株型的探讨[J]. 大豆科技, 2002(5): 4-5
- [11] 游明安, 盖钧镒, 吴晓春, 等. 大豆产量空间分布特性的初步研究[J]. 大豆科学, 1993, 12(1): 64-69
- [12] Gao Z, Qian Q, Liu X, et al. Dwarf 88, A novel putative esterase gene affecting architecture of rice plant[J]. Plant Molecular Biology Reporter, 2009, 71: 265-271
- [13] Beveridge C A. Axillary bud outgrowth: sending a message[J]. Current Opinion in Plant Biology, 2006, 9(1): 35-40
- [14] 董钻, 孙卓韬. 大豆株型、群体结构与产量关系的研究, 第一报: 大豆群体的自动调节和群体内光强、CO₂ 的分布[J]. 大豆科学, 1984, 3(2): 110-119
- [15] 孙卓韬, 董钻. 大豆株型、群体结构与产量关系的研究, 第二报: 大豆群体冠层的荚粒分布[J]. 大豆科学, 1986, 5(2): 91-101
- [16] 张瑞朋, 付连舜, 佟斌, 等. 密度及行距对不同大豆品种农艺性状及产量的影响[J]. 大豆科学, 2015, 34(1): 52-55
- [17] Boquet D J. Plant population density and row spacing effects on soybean at post-optimal planting dates[J]. Agronomy Journal, 1990, 82(1): 59-64
- [18] 杨继学, 黄珊珊, 杨明亮, 等. 密度和施肥量对不同分枝类型大豆产量的影响[J]. 大豆科学, 2012, 31(3): 381-384
- [19] 敖雪, 谢甫绶, 曹慧, 等. 种植密度对不同叶型大豆近等位基因系物质生产特性的影响[J]. 华北农学报, 2010, 25(Z2): 74-78
- [20] 王新兵, 侯海鹏, 马玮, 等. 不同生态区种植密度对大豆产量及产量构成的影响[J]. 作物杂志, 2013(5): 114-120
- [21] 张伟, 张惠君, 王海英, 等. 株行距和种植密度对高油大豆农艺性状及产量的影响[J]. 大豆科学, 2006, 25(3): 283-287
- [22] 刘正学, 孔令国, 刘飞, 等. 不同栽培密度对临豆九号产量及农艺性状的影响[J]. 现代农业科技, 2010(5): 22-26
- [23] 慈敦伟, 张礼凤, 汪宝卿, 等. 大豆种质资源农艺性状和产量的年份间差异及其关系[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(6): 872-880
- [24] 刘娟娟, 李鸣雷, 赵惠贤, 等. 陕西大豆资源遗传多样性及变异特点研究[J]. 植物遗传资源学报, 2010, 11(3): 326-334
- [25] 杨志攀, 周新安. 大豆光周期遗传育种研究进展[J]. 中国油料作物学报, 1999, 21(1): 67-73
- [26] 傅蒙蒙, 王燕平, 任海祥, 等. 东北大豆种质资源生育期性状的生态特征分析[J]. 大豆科学, 2016, 35(4): 541-549
- [27] 傅蒙蒙, 王燕平, 任海祥, 等. 东北春大豆熟期组的划分与地理分布[J]. 大豆科学, 2016, 35(2): 181-192
- [28] 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): 325-332
- [29] 王燕平, 宗春美, 孙晓环, 等. 东北春大豆种质资源表型分析及综合评价[J]. 植物遗传资源学报, 2017, 18(5): 837-845
- [30] 刘章雄, 李卫东, 孙石, 等. 1983~2010年北京大豆育成品种的亲本地理来源及其遗传贡献[J]. 大豆科学, 2013, 32(1): 1-7
- [31] 费家骅. 大豆行株距的试验[J]. 农业科学通讯, 1952(10): 28-29
- [32] 张勇, 傅蒙蒙, 杨兴勇, 等. 东北大豆种质群体在克山的表现及其潜在的育种意义[J]. 大豆科学, 2016, 35(6): 881-890
- [33] 任海祥, 白艳凤, 王燕平, 等. 东北大豆种质群体在牡丹江的表现及其潜在的育种意义[J]. 大豆科学, 2017, 36(3): 335-344
- [34] 程延喜, 孙晓环, 郑朝春, 等. 东北大豆种质群体在长春的表现及其潜在的育种意义[J]. 大豆科学, 2017, 36(2): 165-173
- [35] 杨梦平, 潘丽丽, 张勇, 等. 株距对不同株型大豆农艺性状及产量的影响[J]. 大豆科学, 2017, 36(3): 377-384
- [36] 宋启建, 吴天侠, 邱家驯, 等. 夏大豆群体结构对不同类型品种产量及农艺性状的影响[J]. 大豆科学, 1995, 14(1): 40-45