

不同结荚习性夏大豆种质的农艺表现及其与产量的相关分析

胡国玉¹, 李杰坤¹, 黄志平¹, 胡晨¹, 于国宜², 王大刚¹, 张丽亚¹, 吴倩¹, 张磊¹

(¹安徽省农业科学院作物研究所/安徽省农作物品质改良重点实验室, 合肥 230031; ²安徽农垦农亢农场, 蚌埠 233426)

摘要:以 533 份不同结荚习性大豆种质为试验材料, 研究了不同结荚习性大豆种质在黄淮夏播生态区的农艺性状表现, 并对主要农艺性状和产量的相关性进行了分析。结果表明: 大豆种质的营养期、株高、有效分枝、单株荚数、倒伏性、株型等性状的平均值随无限-亚有限-有限结荚习性递减, 生殖期、单株粒重、百粒重、小区产量等性状平均值的变化趋势则相反。相关分析表明, 无限结荚习性种质的产量与株高、单株粒重呈极显著正相关, 偏相关系数分别为 0.602^{**}、0.566^{**}, 与有效分枝、倒伏性呈显著负相关, 偏相关系数分别为 -0.384^{*}、-0.451^{*}。亚有限结荚习性种质的产量与生殖期、单株粒重呈显著、极显著正相关, 偏相关系数分别为 0.156^{*}、0.536^{*}, 与有效分枝呈极显著负相关, 偏相关系数为 -0.323^{**}。有限结荚习性种质的产量与单株粒重、株高呈极显著正相关, 偏相关系数分别为 0.433^{**}、0.262^{**}, 与株型、单株荚数呈显著、极显著负相关, 偏相关系数分别为 -0.149^{*}、-0.198^{**}。结合不同结荚习性品种的生长特点, 本研究认为, 无限结荚习性品种株高较高且株高与产量呈极显著正相关, 适合干旱地区种植; 亚有限结荚习性品种生殖期与产量呈正相关, 生殖期内生长旺盛需要较多的养分供应; 有限结荚习性品种的营养生长持续时间短, 株高较矮, 吸收光能有限, 实现高产主要依赖各性状的器官间的平衡。生产中, 有限结荚习性品种的营养生长期既需要充足的肥水促其生长, 又要防止旺长。

关键词: 结荚习性; 夏大豆; 农艺表现; 产量

Agronomic Characters and Their Correlations with Yield in Summer Soybean Varieties of Different Growth Habit

HU Guo-yu¹, LI Jie-kun¹, HUANG Zhi-ping¹, HU Chen¹, YU Guo-yi², WANG Da-gang¹,
ZHANG Li-ya¹, WU Qian¹, ZHANG Lei¹

(¹Crop Institute of Anhui Academy of Agricultural Sciences/ Anhui Key Lab of Crops Quality Improving, Hefei 230031; ²Anhui Longkang Farm of Land-Reclamation, Bengbu 233426)

Abstract: Five hundred and thirty-three soybean varieties with different growth habit growing at Huanghuai summer sowing region were employed to investigate some main agronomic traits, yield performance, and their correlations. The results indicated that the average of the vegetative period, plant height, effective branches, pods per plant, lodging, and plant type traits reduced gradually in the order from indeterminate, semideterminate to determinate soybeans and the opposite trend was found in reproductive period, seed weight per plant, 100-seed weight, and plot yield. Highly significant positive correlation was found between yield and both plant height and seed weight per plant in indeterminate soybean accessions, with the partial correlation coefficients of 0.602^{**} and 0.566^{**}, respectively, while the significant negative correlation was between yield and both effective branch and lodging, the partial correlation coefficient was -0.384^{*} and -0.451^{*}, respectively. In contrast, in semideterminate soybeans accessions, the correlations between yield and both seed weight per plant and reproductive period were significantly and highly significantly positive, showing partial correlation coefficients of 0.156^{*} and 0.536^{**}, respectively, while the

收稿日期: 2013-06-09 修回日期: 2013-07-18 网络出版日期: 2014-01-24

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/10.13430/j.cnki.jpgr.2014.02.029.html>

基金项目: 安徽省农科院院长基金(11B0202); 国家大豆产业技术体系(CARS-04-PS07); 科技部科技支撑计划(2011BAD35B06-3-9)

第一作者研究方向为豆类遗传育种。E-mail: gy_hu@126.com

通信作者: 张磊, 主要从事大豆遗传育种研究。E-mail: leizh66@163.com

correlation between yield and effective branch was highly negative, with a partial correlation coefficient of -0.323^{**} . In determinate soybean varieties, the plot yield was found to have partial correlation coefficients of 0.433^{**} , 0.262^{**} , -0.149^{*} , and -0.198^{**} with seed weight per plant, plant height, plant type, and pods per plant. Combined with the growth characteristics of soybean varieties of different growth habits, this study suggested that indeterminate soybean varieties should be more suitable for growing in arid areas and the semideterminate ones need nutrient supply during reproductive period that determinated soybean varieties have short plant height because of short vegetative stage and limited absorption of light energy. The formation of high-yielding trait mainly depended on the balance between the various traits. So, during vegetative growth of the determinate, plenty of fertilizer supply would be indispensable and excessive growth should be avoided.

Key words: stem growth habit; summer soybean; agronomic characters; yield

大豆结荚习性也称茎生长类型或茎端类型,属大豆品种不同生长、发育特性的外在表现,是大豆品种的主要特征特性之一。C. V. Piper 等^[1]将大豆划分为有限和无限两种结荚习性,王金陵^[2]、R. L. Bernard^[3]将大豆划分为有限、亚有限和无限 3 种结荚习性类型。研究发现,不同结荚习性的大豆在株型、开花次序、荚粒分布、器官平衡、分布区域都存在着一定的差异^[1-7]。宋书宏等^[8]研究了有限结荚习性品种辽豆 15 和亚有限结荚习性品种辽豆 14,认为在辽宁的生态环境中,高肥足水的栽培条件下亚有限结荚习性品种比有限结荚习性品种更容易发挥其产量潜力。王淑荣^[9]研究发现,在黑龙江西部干旱地区无限结荚习性的品种类型比亚有限结荚类型的耐旱性强,植株生长高大繁茂,分枝力强,产量高而稳定。周勋波等^[6]研究发现,在人工光照的条件下,有限结荚习性品种的光合速率高于亚有限结荚习性品种,但二者均可获得较高的产量。

大豆种质特性、特点的研究是大豆育种及栽培研究的基础,黄淮海夏播大豆生态区是我国大豆主产区之一,大豆科研工作者多年来对这一地区的大豆种质做了大量的研究^[10-11]。目前夏大豆育成的品种以有限和亚有限结荚习性为主,而无限结荚习性品种主要为多年前收集的农家种。为进一步研究不同结荚习性大豆品种在黄淮夏播生态区的性状特点及产量潜力,本研究选择适宜黄淮夏播生态区的历年育成品种及农家种共计 533 份,探讨了不同结荚习性大豆品种资源主要农艺性状的表现及其和产量的关系,为大豆生产中栽培方案的制定及不同结荚习性的新品种培育提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

533 份大豆种质来自中国农业科学院作物科学

研究所。其中国外资源 10 份;国内资源中农家种 216 份,育成品种 307 份。

1.2 方法

2011 年在安徽省龙亢、蒙城、阜南 3 点进行试验,龙亢试验点为黏质土,其他 2 个试验点为壤土。3 行区,行长 4 m,行距 40 cm,穴距 20 cm,双粒点播,未设重复。蒙城试验点 6 月 12 日播种,阜南试验点 6 月 13 日播种,龙亢试验点 6 月 16 日播种,田间管理同大田生产。9 月下旬至 10 月上旬待品种成熟时逐一收获。

在总结前人研究成果的基础上^[12-15],本研究选择在大豆开花-鼓粒期间鉴别大豆结荚习性。在 R4 期以前及 R4 期,主茎顶端有明显花序的为有限结荚;在 R4 期以后至 R6 期,主茎顶端有明显花序的为亚有限结荚;R6 期主茎顶端有明显营养生长点、无花序的为无限结荚。生长期田间考察性状包括:出苗期、开花期、成熟期、结荚习性、倒伏性、株型等。收获时,随机取 10 株考种,考察性状有株高、有效分枝、分枝节位、单株荚数、单株粒重、百粒重、小区产量等性状。性状考察记载标准参考《大豆种质资源描述规范和数据标准》^[16]。

1.3 统计方法

使用 DPS 统计软件进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同结荚习性夏大豆种质的农艺性状及产量表现

本研究共考察了 533 份大豆种质的结荚习性、主要农艺性状及产量。无限结荚习性种质 31 份(占总数的 5.82%),其中农家种 20 份、育成品种 10 份、国外引进 1 份;亚有限结荚习性种质 264 份(占总数的 49.53%),其中农家种 132 份、育成品种 126 份、国外引进 6 份;有限结荚习性种质 238 份(占总

数的 44.65%),其中农家种 64 份、育成品种 171 份、国外引进 3 份。

不同结荚习性种质的主要农艺性状及产量的统计参数见表 1。营养期、株高、有效分枝、单株荚数、倒伏性、株型 6 个性状的平均值,无限结荚习性种质最大,亚有限结荚习性种质次之,有限结荚习性种质最小。生殖期、单株粒重、百粒重、小区产量 4 个性状的平均值变化趋势正好相反。无限结荚习性种质

的营养期、生殖期、株高、倒伏性 4 个性状的标准差最大;亚有限结荚习性种质的单株荚数、单株粒重标准差最大;有限结荚习性种质的营养期、生殖期、株高、单株荚数、单株粒重、百粒重、倒伏性 7 个性状的标准差最小。表明无限结荚习性种质内农艺性状存在较大程度的变异,有限结荚习性种质性状变异程度相对较小。

表 1 不同结荚习性大豆种质的主要农艺性状及产量性状表现

Table 1 Agronomic and yield traits of soybean varieties of different growth habit

农艺性状	结荚习性	样本量	均值	标准差	变异系数	变幅
Agronomic characters	Growth habit	Sample size	Average	SD	CV	Amplitude
营养期(d)	无限	31	36.2	6.2	17.1	28.0~55.0
Vegetative period	亚有限	264	34.5	4.0	11.6	26.7~50.7
	有限	238	33.9	3.3	9.7	26.3~42.0
生殖期(d)	无限	31	55.2	5.3	9.6	44.0~68.3
Reproductive period	亚有限	264	57.0	4.8	8.4	45.7~72.3
	有限	238	58.1	4.2	7.2	46.7~71.7
株高(cm)	无限	31	89.0	24.2	27.2	37.0~157.1
Plant height	亚有限	264	80.5	22.8	28.3	29.8~173.8
	有限	238	65.0	20.6	31.7	22.2~120.6
有效分枝	无限	31	3.5	0.9	25.7	1.6~5.1
Effective branch	亚有限	264	2.8	1.1	39.3	0.2~6.3
	有限	238	2.4	0.9	37.5	0.2~5.2
分枝节位	无限	31	2.7	0.8	29.6	1.5~4.3
Branch position	亚有限	264	2.9	0.5	17.2	1.1~5.5
	有限	238	2.8	0.8	28.6	1.3~5.4
单株荚数	无限	31	55.1	13.2	24.0	28.7~92.2
Pods per plant	亚有限	264	51.6	14.2	27.5	27.7~96.2
	有限	238	49.8	12.2	24.5	27.9~96.3
单株粒重(g)	无限	31	10.5	3.3	31.4	4.0~17.8
Seed weight per plant	亚有限	264	12.0	3.5	29.2	3.2~23.7
	有限	238	12.8	3.2	25.0	5.7~23.3
百粒重(g)	无限	31	13.8	4.2	30.4	5.0~20.4
100-seeds weight	亚有限	264	15.4	4.2	27.3	5.7~30.7
	有限	238	16.4	3.4	20.7	7.8~30.0
倒伏性	无限	31	3.9	2.0	51.3	1.0~7.0
Lodging	亚有限	264	3.5	1.9	54.3	1.0~7.0
	有限	238	2.3	1.8	78.3	1.0~7.0
株型	无限	31	5.8	1.0	17.2	3.0~7.0
Plant type	亚有限	264	4.9	1.2	24.5	3.0~7.0
	有限	238	4.2	1.2	28.6	2.3~7.0
小区产量(g)	无限	31	622.0	195.7	31.5	210.0~1073.3
Plot yield	亚有限	264	725.5	190.1	26.2	140.0~1346.7
	有限	238	744.5	198.1	26.6	240.0~1243.3

2.2 不同结荚习性大豆种质产量与主要农艺性状间的偏相关分析

大豆的产量受到多个农艺性状的影响,同时农

艺性状之间也存在相互影响与制约。偏相关分析又称静相关分析,是排除其他自变量影响后,考察某一自变量与因变量的相关性。

2.2.1 无限结荚习性大豆种质产量和主要农艺性状间的偏相关分析 将无限结荚习性大豆种质的产量性状与 10 个主要农艺性状进行逐步回归分析,得到回归方程为: $Y = 402.291 + 5.276X_3 - 66.935X_4 - 56.403X_5 + 28.897X_7 - 42.597X_9$ ($r = 0.761$, $F = 6.872$),其中 X_3 为株高, X_4 为有效分枝, X_5 为分枝节位, X_7 为单株粒重, X_9 为倒伏性,复相关系数 $r = 0.761$, $F = 6.872$ 表明回归关系达极显著水平。偏相关分析表明,无限结荚习性大豆种质的产量(Y)与株高、单株粒重呈极显著正相关性,与有效分枝、倒伏性呈显著负相关,偏相关系数分别为 0.602**、0.566**、-0.384* 和 -0.451*。产量与分枝节位呈负相关,相关性不显著(表 2)。通径分析结果表明,株高和单株粒重对无限结荚习性大豆种质的产

量有直接正向效应;倒伏性有效分枝及分枝节位对产量有直接的负向效应;株高通过倒伏性对产量有间接的负向效应(表 3)。

表 2 无限结荚习性大豆种质产量与农艺性状的偏相关分析

Table 2 Partial correlation analysis of agronomic and yield traits of indeterminate growth habit soybean

	偏相关系数 Partial correlation coefficient	t 检验值 t -test value	显著水平 P Significant level P
$r(y, X_3)$	0.602	3.769	0.001
$r(y, X_4)$	-0.384	2.081	0.047
$r(y, X_5)$	-0.308	1.616	0.118
$r(y, X_7)$	0.566	3.434	0.002
$r(y, X_9)$	-0.451	2.528	0.018

表 3 无限结荚习性大豆种质农艺性状对产量的通径分析

Table 3 Path analysis of agronomic and yield traits of indeterminate growth habit soybean

因子 Factor	直接 Direct	$\rightarrow X_3$	$\rightarrow X_4$	$\rightarrow X_5$	$\rightarrow X_7$	$\rightarrow X_9$
X_3	0.653		-0.130	-0.077	-0.080	-0.242
X_4	-0.309	0.275		-0.042	0.035	-0.150
X_5	-0.226	0.224	-0.057		-0.024	-0.039
X_7	0.488	-0.107	-0.022	0.011		0.151
X_9	-0.432	0.366	-0.108	-0.020	-0.170	

2.2.2 亚有限结荚习性大豆种质产量与主要农艺性状的偏相关分析 将亚有限结荚习性大豆种质的产量与主要农艺性状做逐步回归分析,得到回归方程为: $Y = 218.579 + 5.138X_2 - 44.412X_4 + 28.314X_7$ ($r = 0.637$, $F = 59.215$),其中 X_2 为生殖期, X_4 为有效分枝, X_7 为单株粒重,复相关系数为 $r = 0.637$, F 测验表明回归关系极显著。偏相关分析表明,亚有限结荚习性种质产量与生殖期、有效分枝及单株粒重呈显著或极显著相关,偏相关系数分别为 0.156*、-0.323**、0.536** (表 4)。通径分析结果显示,单株粒重、生殖期对亚有限结荚习性大豆种质产量有直接正向效应;有效分枝对产量有直接负向效应;同时生殖期通过单株粒重对产量有间接正向效应(表 5)。

表 4 亚有限结荚习性大豆种质产量与农艺性状的偏相关分析

Table 4 Partial correlation analysis of agronomic and yield traits of semideterminate growth habit soybean

	偏相关系数 Partial correlation coefficient	t 检验值 t -test value	显著水平 P Significant level P
$r(y, X_2)$	0.156	2.5389	0.0117
$r(y, X_4)$	-0.323	5.4989	0
$r(y, X_7)$	0.536	10.22587	0

表 5 亚有限结荚习性种质产量与农艺性状的通径分析

Table 5 Path analysis of agronomic and yield traits of semideterminate growth habit soybean

因子 Factor	直接 Direct	$\rightarrow X_2$	$\rightarrow X_4$	$\rightarrow X_7$
X_2	0.131		0.013	0.197
X_4	-0.264	-0.006		0.029
X_7	0.528	0.049	-0.014	

2.2.3 有限结荚习性大豆种质产量与主要农艺性状的偏相关分析 有限结荚习性大豆种质产量与主要农艺性状的回归分析,得到回归方程为: $Y = 479.269 + 2.819X_3 - 3.280X_6 + 28.38X_7 - 27.500X_{10}$ ($r = 0.509$, $F = 20.332$),其中 X_3 为株高, X_6 为单株荚数, X_7 为单株粒重, X_{10} 为株型;复相关系数 $r =$

0.509,显著性测验表明回归关系达极显著水平。偏相关分析表明,有限结荚习性种质产量与株高、单株荚数、单株粒重及株型呈显著或极显著相关,偏相关

系数分别为 0.262^{**}、- 0.198^{**}、0.433^{**}、-0.149^{*}(表6);通径分析结果显示,单株粒重和株高对有限结荚习性大豆种质的产量有较大的直接正向效应;株型、单株荚数对产量有直接负向效应,同时单株荚数通过单株粒重,株型也通过株高对产量有间接的正向效应(表7)。

表 6 有限结荚习性大豆种质产量与主要农艺性状的偏相关分析

Table 6 Partial correlation analysis of agronomic and yield traits of determinate growth habit soybean			
	偏相关系数 Partial correlation coefficient	t 检验值 t-test value	显著水平 P Significant level P
r(y, X ₃)	0.262	4.149	0.00005
r(y, X ₆)	-0.198	3.07632	0.00235
r(y, X ₇)	0.433	7.32477	0
r(y, X ₁₀)	-0.149	2.30361	0.02212

表 7 有限结荚习性大豆种质产量与农艺性状的通径分析

Table 7 Path analysis of agronomic and yield traits of determinate growth habit soybean

因子 Factor	直接 Direct	→X ₃	→X ₆	→X ₇	→X ₁₀
X ₃	0.293		-0.064	0.103	-0.091
X ₆	-0.202	0.092		0.205	-0.044
X ₇	0.465	0.065	-0.089		-0.015
X ₁₀	-0.160	0.166	-0.055	0.043	

足,营养体衰老延缓,无限及亚有限品种顶端花序结荚数会有所增加,相反如果人为摘去主茎上部叶片,合成的营养物质减少,有限结荚习性品种顶端花序结荚会减少^[12,17-18]。

在以往的研究中,关于大豆结荚习性的鉴定方法一般有 2 种:(1)基于不同结荚习性大豆植株主茎及分枝的开花顺序不同,在大豆品种开花期间通过观察主茎及分枝的开花顺序鉴别结荚习性;(2)以成熟时主茎顶端成荚情况为标准的鉴定方法^[16]。第 1 种方法比较复杂,难以对大量材料进行鉴定;第 2 种方法的鉴定结果有时会受到外界条件的影响。根据结荚习性本质为大豆茎顶端生长类型的不同,并结合大豆生育时期分期标准^[19],本研究使用了新的鉴定方法。实践表明在大豆品种开花-鼓粒期,通过鉴别主茎生长点由营养生长转变为生殖生长的时期,鉴定大豆结荚习性是相对简单且有效的。

3.2 不同结荚习性大豆种质在主要农艺性状及产量表现上的差异

对品种特征、特性的认识是农业生产的基本要

3 讨论

3.1 大豆结荚习性及其鉴定方法

大豆结荚习性是大豆品种茎端生长特点的外在表现,是一个对其他多个性状均有影响的特殊性状。有限结荚习性品种由于在开花后茎(包括主茎和分枝)的营养生长点及时转化为生殖器官—花序,停止营养生长,顶端花序得到充足的养分,成荚多;亚有限结荚习性,茎端生长点营养生长时间延长,当其转化为花序时,由于植株根、茎、叶等同化器官逐渐老化,同时花、荚器官对营养物质需求量增加,造成顶端花序得不到充足养分,大部分花朵不能成荚;无限结荚习性大豆品种的茎端营养生长点活力保持时间更长,同化器官老化,无法供应生长点充足的营养,顶端花序不能成荚或成荚极少^[12-15]。同时可能由于营养不足等原因,多数无限结荚品种后期茎秆逐渐纤细、柔软,表现匍匐或缠绕。如果环境肥水充

求,也是做好品种培育、栽培研究的前提条件。大豆结荚习性是大豆品种的重要特征性状,也一直是大豆科研工作者的研究对象。

关于大豆结荚习性的分类,不同的研究者持有不同的观点。从事生理等基础研究的学者将其分为有限和无限两类^[13-14,20-21]。从事育种、栽培等应用研究的专家更倾向将其分为有限、亚有限和无限 3 类,研究证明:3 种结荚习性大豆品种在营养体干重、生长率、器官平衡及产量空间分布等方面表现有明显区别^[22-27]。本研究对 533 份不同结荚习性大豆种质的农艺性状进行研究发现,营养期、株高、有效分枝、单株荚数、倒伏性、株型等性状的平均值由无限-亚有限-有限逐渐变小;生殖期、单株粒重、百粒重、小区产量等性状的平均值变化具有相反趋势;有限结荚习性种质在 11 个性状中有 7 个性状的标准差最小。结合各性状种质中育成品种所占的比例(有限结荚习性 71.8%,亚有限结荚习性 47.7%,无限结荚习性 32.3%),本研究推测:这既是不同结荚习性大豆种质性状表现特点,也可能是人们在育种中的定向选择

(主要以高产、稳产为目标的选择)造成了由无限-亚有限-有限结荚习性品种在一些性状上变异程度的减弱。同时生长期、单株粒重、百粒重等性状平均数的变化也可能是人们对产量定向选择的结果。

3.3 不同结荚习性大豆性状与产量间关系及其在生产中的运用

研究表明,3种结荚习性大豆种质产量均与单株粒重呈极显著正相关,而且主要通过直接正向效应影响产量,因此3种结荚习性种质产量都主要通过单株粒重实现。生产群体是由个体组成的,只有在保证一定数量群体中的个体充分发挥产量潜力的情况下,才能保证群体产量目标的实现。通过研究也发现不同结荚习性种质产量与农艺性状的关系有一定的差异。无限和亚有限结荚习性种质平均有效分枝数较大,且与产量呈显著或极显著负相关,有限结荚习性种质的有效分枝数较小与产量相关性不显著。研究认为,在黄淮夏播大豆生态区目前的栽培方式和生产水平下,有效分枝对产量的贡献到了极限,增加品种有效分枝的数量不易给品种的产量带来突破。

无限结荚习性种质的株高在3种结荚习性品种中最高,且与产量呈极显著正相关;同时无限结荚习性种质的产量与倒伏性呈显著负相关。株高除对产量有直接正向效应外,还通过倒伏性对产量有间接的负向效应。在雨水充足并且分配不均的地区,增加株高意味着增加倒伏风险。所以品种生长特性^[12-14]及产量与性状的关系,都表明无限结荚习性的品种更适合干旱少雨的生态环境。亚有限结荚习性种质的生殖期与产量呈显著正相关,因此在亚有限结荚习性大豆品种的育种工作中,相同的生育期组内,需要特别关注开花早的品系。同时亚有限结荚习性品种的生殖期具有营养生长与生殖生长并进、生长力旺盛的特点,生产中在亚有限结荚习性品种的生殖期,应该保证充足的肥水供应,以满足生长对养分的需求。有限结荚习性种质的株高与产量呈极显著正相关,单株荚数与产量呈极显著负相关。由于有限结荚习性品种在本省的生长特点是营养生长时间持续较短,因此一般情况下株高较低,接收光能的总量也受到限制。因此能量在各器官间的合理分配,也是性状之间的平衡,对有限结荚习性品种达到高产非常重要。生产中对有限结荚习性的营养期要给予特别关注,提供足够的水肥,使个体有充足的营养生长,但如果群体生长过旺在开花前封行,会出现荫蔽,造成落花落荚、成荚率下降等问题,严重影

响产量。在生产中有限结荚习性品种的营养期既要高水高肥促其生长,也要及时化控防止生长过旺。

参考文献

- [1] Piper C V, Morse W J. The Soybean [M]. New York: McGraw-Hill Book Company, 1923
- [2] 王金陵. 大豆 [M]. 北京: 科学普及出版社, 1966
- [3] Bernard R L. Two genes affecting stem termination in soybean [J]. Crop Sci, 1972, 12: 235-239
- [4] 王如芳. 河北省夏大豆结荚习性的研究 [J]. 中国农业科学, 1999, 32 (S): 124-126
- [5] 宋书宏, 董钻. 不同大豆品种开花结荚习性比较 [J]. 中国农业科学, 2002, 35 (11): 1420-1423
- [6] 周勋波, 吴海燕, 姜德锋, 等. 不同结荚习性大豆植株特征与产量表现 [J]. 中国油料作物学报, 2004, 26 (2): 61-64
- [7] 关晓雪, 宋书宏, 董丽杰, 等. 不同结荚习性大豆的器官平衡与产量的关系 [J]. 大豆科学, 2009, 28 (2): 221-224
- [8] 宋书宏, 谢甫锦, 何钟明. 大豆结荚习性和产量潜力关系的探讨 [J]. 辽宁农业科学, 2004 (6): 24-25
- [9] 王淑荣. 黑龙江省西部干旱地区大豆结荚习性与产量关系的分析 [J]. 黑龙江农业科学, 1994 (3): 45-46
- [10] 胡国玉, 张磊, 张丽亚, 等. 国家大豆核心种质在黄淮夏播生态区的农艺性状及适应性初探 [J]. 植物遗传资源学报, 2009, 10 (3): 448-452
- [11] 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
- [12] 曹大铭. 大豆结荚习性的研究—不同结荚习性大豆的主要区别与识别 [J]. 作物学报, 1982, 8 (2): 81-86
- [13] 祝其昌. 大豆结荚习性的研究 I. 不同结荚习性的本质区别及其分类 [J]. 大豆科学, 1984, 3 (4): 318-326
- [14] 蒋青, 李杨汉. 有限性和无限性大豆的解剖初探 [J]. 大豆科学, 1990, 9 (3): 213-219
- [15] 孙培荣, 宋兆华. 不同结荚习性大豆品种生育特性的研究 [J]. 大豆科技, 2008 (5): 17-20
- [16] 邱丽娟, 常汝镇. 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
- [17] Bhattacharyya P K, Ram H H. 热带有限型和无限型结荚习性大豆不同生育阶段的表现 [J]. 大豆科学, 1992, 11 (2): 178-180
- [18] 高峰, 宋书宏, 张丽, 等. 外部环境对大豆及结荚习性表现型的影响 [J]. 辽宁农业科学, 1999 (3): 9-10
- [19] Fehr W R, Caviness C E. Stages of soybean development [R]. Special Report 80, Cooperative Extension Service, Agriculture and Home Economic Experiment Station. Ames, Iowa: Iowa State University, 1977: 1-11
- [20] Liu B, Watanabe S, Uchiyama T, et al. The soybean stem growth habit gene *Dt1* is an ortholog of *arabidopsis* *TERMINAL FLOWER1* [J]. Plant Physiol, 2010, 153: 198-210
- [21] Tian Z, Wang X, Lee R, et al. Artificial selection for determinate growth habit in soybean [J]. PNAS, 2010, 107: 8563-8568
- [22] 张伟, 谢甫锦, 宋显军, 等. 大豆上部节位叶片生产效率的初步研究 [J]. 作物学报, 2007, 33 (5): 853-856
- [23] 苗以农, 许守民, 姜艳秋, 等. 去荚对不同结荚习性大豆品种叶面积比叶重和光合速率的影响 [J]. 作物学报, 1996, 22 (3): 368-371
- [24] 窦新田, 李新民, 陈怡. 不同熟期和结荚习性大豆品种的固氮活性差异及其遗传变异 [J]. 中国油料, 1992 (1): 27-29
- [25] 关晓雪, 宋书宏, 董丽杰, 等. 不同结荚习性大豆的器官平衡与产量的关系 [J]. 大豆科学, 2009, 28 (2): 221-224
- [26] 游明安, 邱家驹, 盖钧镒, 等. 大豆产量空间分布形成原因的探讨 [J]. 中国油料, 1995, 17 (3): 13-16
- [27] 田佩占, 王素云, 闫日红. 大豆品种产量稳定性研究 II. 多年份品种产量试验 [J]. 大豆科学, 1998, 17 (4): 292-298