

## 套作大豆农艺性状与产量的关系研究

吴雨珊, 龚万灼, 谭千军, 蔡 凤, 王艳玲, 刘卫国, 武晓玲, 杨文钰

(四川农业大学 农学院, 四川 成都 611130)

**摘要:**通过模拟“玉米-大豆”带状套作,分析了133份大豆材料的农艺性状与产量的关系。结果表明:参试大豆材料表型性状的变异系数为6.44%~52.49%,各性状平均遗传多样性指数达到1.9293,说明参试大豆材料存在比较丰富的表型多样性。相关分析表明,产量与主茎节数、有效分枝数、单株荚数、每荚粒数、分枝粒重、分枝粒重占比、营养生长期、生育期呈极显著正相关关系。多元线性逐步回归得到7个与产量呈极显著的农艺性状,正效应因子排序为:每荚粒数>分枝粒重>百粒重>主茎节数>单株荚数>营养生长期,负效应因子为株高。对这7个农艺性状的通径分析表明,综合效应排名为:分枝粒重>单株荚数>主茎节数>营养生长期>每荚粒数>株高>百粒重。根据主成分得分并借助权重计算的综合得分把133份大豆材料聚类成4类,其中第IV类大豆分枝数、单株荚数、每荚粒数和主茎节数较多,营养生长期和生育期较长,株高适中,百粒重较小,底荚较高,适宜在套作模式中推广。

**关键词:**套作;大豆;回归分析;通径分析;主成分分析;聚类分析;产量

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

DOI:10.11861/j.issn.1000-9841.2015.03.0394

## Research on the Relationship between Agronomic Traits and Yield of Soybean in Relay Strip Intercropping

WU Yu-shan, GONG Wan-zhuo, TAN Qian-jun, CAI Feng, WANG Yan-ling, LU Wei-guo, WU Xiao-ling, YANG Wen-yu

(College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

**Abstract:** A field experiment was conducted on 133 soybean germplasms by growing under shade (simulated the relay strip intercropping system) to analyze the relationship between agronomic traits and yield of 133 soybean germplasms. The results showed that: the coefficient of variation in phenotypic traits was between 6.44%~52.49% and the average Shannon' index was 1.9293, which illustrated that the germplasms had a relatively rich morphological diversity. Correlation analysis showed that the yield was significant positive correlated with number of nodes on main stem, effective branch number, pods per plant, seeds per pod, branch seed weight, branch seed weight ratio, vegetative growth period and growth period. Multiple linear stepwise regression showed that the yield was significant positive correlated with seven agronomic characters, ranking of positive effect factor as follows: seeds per pod > branch seed weight > 100-seed weight > number of nodes on main stem > pods per plant > vegetative growth period, negative effect factor was plant height. Path analysis showed that ranking of comprehensive effect to yield as follow: branch seed weight > pods per plant > number of nodes on main stem > vegetative growth period > seeds per pod > plant height > 100-seed weight. According to the principal component score and the weight calculation of this composite score, 133 soybean varieties were clustered into four categories. The most suitable category for relay strip intercropping expressed more effective branch, more pods per plant, more seeds per pod, more nodes on main stem, longer vegetative growth period and growth period, moderate plant height, lower 100-seed weight, and higher bottom pod, Therefore, soybean varieties showing those traits can be selected in relay strip intercropping.

**Keywords:** Relay strip intercropping; Soybean; Multiple linear stepwise regression; Path analysis; Principal component analysis; Yield

大豆作为我国重要的粮油兼用作物,随着国内需求的不断增加和种植面积的日益萎缩,供需矛盾日益突出<sup>[1]</sup>。因此,提高大豆土地产出率,增加大豆总产量对协调大豆产需矛盾具有重要作用<sup>[2]</sup>。由于大豆的比较效益低于玉米和水稻,北方净作大豆种植面积逐年下降,严重减少了我国大豆的总产量<sup>[3]</sup>,大力发展间套作是另一条增加大豆总产量的

有效途径<sup>[4]</sup>。近年来,“玉米-大豆”带状套作模式发展迅速,至2013年,四川省玉米套作大豆推广面积达43.2万hm<sup>2</sup>,推动了全国间套作大豆的发展,对增加我国大豆总产量、促进大豆产业发展起到了十分重要的作用。

目前,缺乏适宜套作的大豆品种是制约大豆产量提高的重要因素。前人关于带状套作下大豆品

收稿日期:2014-07-09

基金项目:国家自然科学基金(31171476)。

第一作者简介:吴雨珊(1990-),女,博士,主要从事大豆栽培与耕作研究。E-mail:wuy513@foxmail.com。

通讯作者:杨文钰(1958-),男,教授,博导,主要从事大豆栽培生理研究。E-mail:wenyu.yang@263.com。

武晓玲(1982-),女,副教授,硕导,主要从事大豆遗传育种研究。E-mail:wuxl2014@163.com。

种选育的研究主要集中在四川广西的品种筛选<sup>[5-6]</sup>,不同生育期类型品种的比较<sup>[7]</sup>,不同播期与密度的筛选<sup>[8-10]</sup>,不同大豆品种农艺性状的研究<sup>[11-12]</sup>。但关于影响套作大豆产量的农艺性状的主次关系还不明确,不利于适宜套作大豆品种的筛选。本研究选用 133 个大豆材料,模拟大豆在“玉米-大豆”带状套作复合种植模式的光环境,对其农艺性状与产量的关系进行研究,旨在明确影响套

作大豆产量的农艺性状的主次关系,为筛选适宜套作的大豆品种提供技术依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

选取来自 14 个省份的大豆种质资源 133 个(表 1)。

表 1 参试大豆材料信息

Table 1 Soybean varieties used in this experiment

编号 Code	名称 Variety	来源 Origin	编号 Code	名称 Variety	来源 Origin
1	南豆 12	四川南充	35	华夏 3 号	华南农大
2	黄皮豆	重庆黔江	36	本地八月黄	四川达州
3	广 12	华南农大	37	贡秋豆 04-2	四川自贡
4	夏大豆	云南楚雄	38	黔豆 6 号	贵州
5	广 11	华南农大	39	地方自留种	重庆潼南
6	八月黄	重庆璧山	40	干田豆	四川安岳
7	南农 X56	南京农大	41	九月黄	四川彭山
8	广 15	华南农大	42	南农 X54	南京农大
9	粤夏 05-4	华南农大	43	猪腰子	四川自贡
10	九月黄	四川阆中	44	南 F044-255	四川南充
11	黄皮	贵州剑河	45	威远冬豆	四川威远
12	广 2	华南农大	46	九月黄	四川射洪
13	螺丝豆	四川盐源	47	冬豆子	重庆大足
14	大圆豆	四川自贡	48	广 1	华南农大
15	广 5	华南农大	49	NTS1007	澳大利亚
16	广 3	华南农大	50	南冬抗 022-2	四川南充
17	赶谷黄	四川自贡	51	河南豆	重庆垫江
18	广 14	华南农大	52	贡秋 369-1	四川自贡
19	广 9	华南农大	53	细白毛豆	四川自贡
20	灰豆	四川盐源	54	南 F05-62	四川南充
21	贡选 5 号	四川自贡	55	黄壳豆	四川自贡
22	贡豆 2 号	四川自贡	56	黄壳早	四川自贡
23	九月黄	四川金堂	57	特选 13	重庆
24	桂夏 3 号	广西	58	南豆 021-1	四川南充
25	贡秋豆 370	四川自贡	59	贡秋豆 05-8	四川自贡
26	Ⅲ A2B2 中	日本引进	60	9923	重庆潼南
27	威远黑豆	四川威远	61	冬大豆	四川宜宾
28	田埂豆	四川盐源	62	贡选 1 号	四川自贡
29	毛豆	四川阿巴	63	阴山豆	四川农大
30	细白毛豆	四川自贡	64	小水白毛	四川自贡
31	小黄豆	四川农大	65	小白毛	四川自贡
32	罗泉豆	四川农大	66	大白毛	四川自贡
33	达州 1 号	四川达州	67	褐皮豆	四川自贡
34	9923④	重庆潼南	68	八月豆	四川平昌

续表 1

编号	名称	来源	编号	名称	来源
Code	Variety	Origin	Code	Variety	Origin
69	南 256-1	四川南充	103	溧阳大子豆甲	江苏
70	小黄豆	四川农大	104	瑞丽青豆	云南
71	合哨小黄豆	四川自贡	105	保山昌宁黄豆	云南
72	花脸豆	四川自贡	106	雅安黑豆	四川雅安
73	荣县大豆	四川自贡	107	简阳绿皮豆	四川简阳
74	小黄豆	四川农大	108	潜山表河大豆 1 号	安徽
75	越南	越南	109	简阳九月黄繁 2	四川简阳
76	大颗豆	四川自贡	110	蒙庆 6 号	安徽
77	GWZ	四川资中	111	特选 11	重庆
78	菜豆	日本	112	黟县青豆	安徽
79	球溪豆	四川	113	紫花豆	山东
80	十月黄	四川温江	114	本地绿豆	四川
81	德阳豆	四川德阳	115	青阳早黄豆	安徽
82	平武大豆-2	四川平武	116	北京豆	北京
83	大黄豆	四川内江	117	简阳九月黄繁 1	四川简阳
84	小黄豆	四川宜宾	118	大粒黄豆	江西
85	贡 109	四川自贡	119	横丰大叶豆	江西
86	扬尘豆-1	四川自贡	120	上海慈菇青	上海
87	铅山乌豆	江西	121	干不死	四川
88	青皮田埂豆	江西	122	上海八月黄	上海
89	罗门豆	江西	123	稻城去呷黄豆	四川稻城
90	大黄珠	江西	124	务源严田毛青豆	江西
91	宝山平顶豆	江西	125	南 032-4	四川
92	崇明绿皮豆	上海	126	江浦黑大豆	江苏南京
93	崇明白毛八月白乙	上海	127	溧阳大乌黄豆	江苏常州
94	宝山 791	上海	128	牛佛大豆	四川自贡
95	八月豆	上海	129	永胜黑大豆	云南丽江
96	宜山八月青	广西	130	金坛隔壁香	江苏金坛
97	青豆 1 号	广西	131	金坛晚黑豆	江苏金坛
98	青立大豆	浙江	132	黑珍珠	南京农大
99	白香元	浙江	133	托良早	江苏南京
100	建德白毛豆 1 号	浙江			
101	溧阳酥黄豆甲	浙江			
102	海门红花冬冬青	江苏			

## 1.2 试验设计

试验于 2013 年 6 ~ 11 月在四川农业大学雅安校区教学科研园区进行。采用单因素随机区组试验设计。模拟玉豆带状套作(遮荫处理自大豆播种日起利用绿色遮阳网持续遮荫 46 d,模拟带状套作的共生期遮荫,之后解除遮荫直至大豆成熟收获)。试验设 2 个重复。大豆于 6 月 11 日播种,每个品种 2 行,行长 2 m,行距 0.5 m,穴距 0.2 m,每穴 2 株。

大豆田间管理参照当地生产水平进行。

## 1.3 测定项目与方法

试验期间,记录各大豆材料的出苗、开花、收获日期。大豆成熟后各材料连续收获 10 株,测定以下性状:株高( $X_1$ ),底荚高( $X_2$ ),主茎节数( $X_3$ ),有效分枝数( $X_4$ ),单株荚数( $X_5$ ),每荚粒数( $X_6$ ),百粒重( $X_7$ ),分枝粒重( $X_8$ ),分枝粒重占比( $X_9$ ,  $X_9 = X_8 / Y \times 100\%$ ),营养生长期( $X_{10}$ ),生殖生长期

( $X_{11}$ ), 总生育期( $X_{12}$ ), 单株粒重( $Y$ )。

#### 1.4 数据分析

数据均采用两个重复平均值。采用 Shannon-Weaver 指数<sup>[13]</sup>计算遗传多样性指数, 即  $H' = -\sum P_i \ln P_i$ 。其中  $P_i$  为某一性状的第  $i$  级别内品种份数占总份数的百分比,  $\ln$  为自然对数。农艺性状与产量之间的相关、回归、通径、主成分以及聚类分析均运用 SPSS 19.0 及 Excel 2003 处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 农艺性状的变异性分析

由表 2 可知, 在模拟的套作种植条件下, 大豆植株性状存在丰富的变异。变异系数大于 30% 的性状有有效分枝数、单株荚数、主茎粒重、分枝粒重及单株粒重, 其中主茎粒重的变异系数最大, 为 52.49%。变异系数最小的 4 个性状是生育期、生殖

生长期、营养生长期和每荚粒数。其它性状变异系数在 21.53% ~ 29.67%。根据《植物新品种特异性一致性和稳定性测试指南 - 大豆》的分级标准, 株高在 100 ~ 120 cm, 属于高类型; 株高小于 60 cm 属于矮类型; 株高 60 ~ 100 cm 的属于中等或中高类型。在参试材料中, 株高的最大值为 126.58 cm, 最小值为 39.33 cm, 平均值为 75.88 cm。试验选用的夏大豆材料平均生育期 128 d, 其中最长的为 141 d。

从遗传多样性指数(表 2)来看, 参试大豆材料的 14 个性状的遗传多样性指数变化范围为 0.985 0 ~ 2.261 8, 平均值为 1.929 3。其中营养生长期、生殖生长期、株高、主茎节数、有效分枝数、单数荚数、百粒重、主茎粒重及单株粒重的遗传多样性指数较高, 达到 2.000 0 以上, 表明参试大豆品种在表型方面有着比较丰富的遗传多样性。

表 2 参试大豆植株性状变异性分析

Table 2 Variability analysis on agronomic traits of tested germplasm

性状 Agronomic traits	极大值 Maximum	极小值 Minimum	平均值 Mean	变异幅度 Variability	标准差 SD	变异系数 CV/%	Shannon 指数 Shannon index
营养生长期 Vegetative growth period/d	66	38	53	28	6.47	12.19	2.0373
生殖生长期 Reproductive growth period/d	99	54	76	45	8.68	11.41	2.0394
生育期 Growth period/d	141	105	128	36	8.23	6.44	1.7549
株高 Plant height/cm	126.58	39.33	75.88	87.25	19.38	25.54	2.0381
底荚高 Height of bottom pod/cm	34.92	7.00	12.64	27.92	3.56	28.17	1.9056
主茎节数 Nodes number on main stem	22.17	6.50	12.76	15.67	2.75	21.53	2.0169
有效分枝数 Number of branch	8.83	0.67	4.75	8.17	1.60	33.57	2.0061
单株荚数 Pods per plant	122.53	4.95	44.94	117.57	20.92	46.56	2.0339
每荚粒数 Seeds per pod	2.33	1.06	1.69	1.27	0.15	8.85	1.9814
百粒重 100-seed weight/g	36.50	8.90	18.54	27.60	5.50	29.67	2.2618
主茎粒重 Yield per main stem/g	8.45	0.17	3.50	8.27	1.84	52.49	2.0127
分枝粒重 Yield per branch/g	26.36	0.12	9.66	26.24	4.69	48.51	0.9849
单株粒重 Yield per plant/g	31.69	0.87	13.16	30.82	5.08	38.58	2.0352
分枝粒重比 Ratio of branch yield/%	0.96	0.14	0.71	0.83	0.16	21.89	1.9018

### 2.2 产量与农艺性状的相关性分析

相关性分析结果表明(表 3), 单株粒重( $Y$ )与主茎节数( $X_3$ )、有效分枝数( $X_4$ )、单株荚数( $X_5$ )、每荚粒数( $X_6$ )、分枝粒重( $X_8$ )、分枝粒重占比( $X_9$ )、营养生长期( $X_{10}$ )、生育期( $X_{12}$ )呈极显著正相关。其中, 单株荚数、分枝粒重、有效分枝数和分枝粒重占比与单株粒重的相关系数分别为 0.778, 0.932, 0.552, 0.377, 单株荚数与分枝粒重及分枝粒

重占比呈极显著正相关( $r = 0.775$ ,  $r = 0.393$ ), 说明套作大豆的产量主要分布在分枝上, 应该选择有效分枝数和分枝粒重较多的品种。营养生长期和生育期与单株粒重的相关系数分别为 0.470 和 0.474, 营养生长期和生育期分别与单株荚数和单数粒数呈极显著正相关, 而生殖生长期与单株粒重相关性不显著, 说明选择营养生长期长和生育期长的大豆品种利于在套作下得到高产。

表3 套作大豆农艺性状间的相关系数

Table 3 The correlation coefficient between agronomic traits of soybean in relay strip intercropping

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	$X_{11}$	$X_{12}$	$Y$
$X_1$	1												
$X_2$	0.430**	1											
$X_3$	0.138	0.111	1										
$X_4$	0.049	-0.062	0.562**	1									
$X_5$	-0.065	-0.099	0.509**	0.562**	1								
$X_6$	-0.083	0.021	0.264**	0.214*	0.289**	1							
$X_7$	0.382**	0.288**	-0.221*	-0.147	-0.515**	-0.312**	1						
$X_8$	0.176*	0.104	0.424**	0.574**	0.775**	0.306**	-0.020	1					
$X_9$	0.216*	0.169	0.136	0.428**	0.393**	0.185*	-0.046	0.635**	1				
$X_{10}$	-0.161	0.095	0.293**	0.457**	0.540**	0.403**	-0.277**	0.532**	0.481**	1			
$X_{11}$	-0.158	-0.2688*	0.121	0.043	0.133	0.069	-0.244**	0.036	-0.036	-0.161	1		
$X_{12}$	-0.229**	-0.130	0.409**	0.478**	0.533**	0.290**	-0.300**	0.471**	0.284**	0.598**	0.486**	1	
$Y$	0.122	0.071	0.495**	0.552**	0.778**	0.311**	0.039	0.932**	0.377**	0.470**	0.034	0.474**	1

\*\*表示  $P=0.01$  水平相关, \*表示  $P=0.05$  水平相关。

\* and \*\* indicates significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

### 2.3 产量与农艺性状的多元线性逐步回归

对产量和农艺性状进行多元线性逐步回归,剔除不显著的变量,以筛选出影响产量的重要性状,得到回归模型为:

$$Y = -10.453 + 0.490X_8 + 0.174X_3 + 0.401X_7 + 0.144X_5 + 4.402X_6 - 0.026X_1 + 0.053X_{10} \quad (F = 310.72, R = 0.972, R^2 = 0.946)$$

回归方程中的7个自变量可以解释94.6%的因变量变异。其中,正效应因子排序为:每荚粒数( $X_6$ ) > 分枝粒重( $X_8$ ) > 百粒重( $X_7$ ) > 主茎节数( $X_3$ ) > 单株荚数( $X_5$ ) > 营养生长期( $X_{10}$ ),负效应因子为株高( $X_1$ )。

### 2.4 产量与农艺性状的通径分析

为进一步明确以上7个性状对产量的直接或间接作用,对其进行通径分析(表4)。结果表明,每荚粒数对产量的直接正效应最大,为4.402,百粒重和

分枝粒重次之。说明这3个性状对产量起正效应。每荚粒数通过其它性状的间接效应总和也为正,但通过百粒重和营养生长期对产量的间接效应为负,说明协调好每荚粒数与百粒重和营养生长期的关系,可以提高每荚粒数对产量的贡献。株高对产量的直接作用和间接作用都为负,说明株高长度是产量减产的重要原因。营养生长期对产量的直接作用为负(-0.053),但通过其它性状对产量的间接作用之和为正(2.056),远大于其直接作用,因此在育种过程中调节好营养生长期与其它性状的关系可以促进产量的提高。

通过正负效应抵消,可得到7个主要农艺性状对产量的综合效应排列次序为:分枝粒重 > 单株荚数 > 主茎节数 > 营养生长期 > 每荚粒数 > 株高 > 百粒重。

表4 产量与农艺性状的通径系数

Table 4 Path coefficient of yield and agronomic traits

变量 Variable	综合作用 Comprehensive effect	直接作用 Direct effect	间接作用 Indirect effect							合计 Total
			$X_1$	$X_3$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_{10}$	
$X_1$	0.122	-0.026	-	0.024	-0.009	-0.366	0.153	0.086	0.008	-0.103
$X_3$	0.495	0.174	-0.004	-	0.074	1.162	-0.089	0.208	-0.015	1.335
$X_5$	0.778	0.144	0.002	0.089	-	1.272	-0.207	0.380	-0.015	1.520
$X_6$	0.311	4.402	0.002	0.046	0.042	-	-0.125	0.150	-0.021	0.094
$X_7$	0.039	0.401	-0.010	-0.039	-0.074	-1.371	-	-0.010	0.015	-1.489
$X_8$	0.932	0.490	-0.005	0.074	0.112	1.347	-0.008	-	-0.028	1.492
$X_{10}$	0.470	-0.053	0.004	0.051	0.078	1.773	-0.111	0.261	-	2.056

## 2.5 农艺性状的主成分分析

对供试大豆品种的农艺性状进行主成分分析,得到每个主成分值如表 5 所示,特征值大于 1 的有 3 个主成分,累积贡献率可解释 133 个品种间的 72.95% 变异。第 1 主成分中有效分枝数、分枝粒重、分枝粒重占比、单株荚数的载荷较大,说明第 1 主成分主要解释分枝性状和单株荚数对产量的作用,称为分枝因子。第 2 主成分中株高、底荚高、百粒重的载荷较大,可以称之为株高结荚因子。第 3 主成分中生殖生长期、营养生长期和生育期的载荷较大,可以称之为生育期因子。

表 5 农艺性状的主成分值及主成分载荷

Table 5 Eigenvectors of leading principal components

性状 Trait	主成分 Principal component		
	1	2	3
$X_1$	0.145	0.831	-0.016
$X_2$	0.127	0.584	-0.378
$X_3$	0.659	0.087	0.272
$X_4$	0.767	0.014	0.106
$X_5$	0.816	-0.263	0.063
$X_6$	0.424	-0.349	-0.236
$X_7$	-0.258	0.721	-0.089
$X_8$	0.868	0.130	-0.071
$X_9$	0.655	0.169	-0.272
$X_{10}$	0.602	-0.323	-0.429
$X_{11}$	0.125	-0.204	0.839
$X_{12}$	0.679	-0.339	0.335
特征值 Eigenvectors ( $\lambda_i$ )	4.023	2.057	1.374
贡献率 Contribution rate/%	40.358	21.139	11.452
累积贡献率 Cumulative contribution rate/%	40.358	61.497	72.949

## 2.6 聚类分析

通过综合主成分排名将 133 个大豆材料进行聚

表 7 不同类群大豆材料各农艺性状平均值

Table 7 The mean value of agronomic traits of different cluster soybean varieties

类群 Group	数目 Number	株高 Plant height /cm	底荚高 Height of bottom pod /cm	主茎节数 Nodes number on main stem	有效分枝 Effective branch number	单株荚数 Pods per plant	每荚粒数 Seeds per pod	百粒重 100-seed weight /g	分枝粒重 Yield of branch /g	分枝粒重占比 Ratio of branch yield %	总生育期 Growth period /d	单株粒重 Yield per plant /g
I	4	61.06	10.36	9.22	1.83	10.40	1.51	15.44	1.07	0.27	117.00	4.02
II	46	69.78	12.57	11.56	4.04	31.47	1.68	19.79	6.63	0.67	124.18	9.95
III	76	82.01	12.71	13.89	5.45	55.15	1.71	17.88	12.17	0.77	131.31	15.87
IV	7	80.52	14.00	15.50	6.33	110.09	1.81	12.71	21.56	0.85	136.50	25.34

类分析,由表 6 可知 133 个大豆材料划分为 4 类,各类群农艺性状平均值见表 7。

第 I 类的综合得分最低,包括 4 个大豆材料:黄皮豆、球溪豆、青阳早黄豆、保山昌宁黄豆,具体表现为底荚较低,主茎节数、有效分枝数、单株荚数和每荚粒数较少,百粒重居中,分枝粒重和分枝粒重占比最小,生育期相对较短,根据《植物新品种特异性一致性和稳定性测试指南-大豆》的分级标准,株高处于中等水平。第 II 类和第 III 类共包括 122 个大豆材料,占参试材料的 93.2%,各性状均处于中等水平。第 IV 类的综合得分最高,包括 7 个大豆材料:罗泉豆、贡秋 369-1、特选 13、八月豆、南 256-1,具体表现为底荚较高,主茎节数、有效分枝数、单株荚数和每荚粒数较多,百粒重较小,分枝粒重和分枝粒重占比较大,生育期较长,株高处于中等水平。

表 6 参试大豆材料聚类

Table 6 Clustering of soybean varieties

类群 Group	数目 Number	编号 Varieties code
I	4	2, 79, 105, 115
II	46	6, 9, 10, 17, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 33, 34, 36, 37, 39, 40, 41, 44, 46, 51, 53, 54, 55, 58, 64, 65, 67, 70, 71, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 84, 85, 86, 87, 109, 110, 117, 118, 119
III	76	3, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 22, 23, 28, 31, 35, 38, 42, 43, 45, 47, 48, 49, 50, 56, 59, 60, 61, 63, 66, 75, 80, 81, 82, 83, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 107, 108, 111, 112, 113, 114, 116, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133
IV	7	1, 32, 52, 57, 62, 68, 69

## 3 结论与讨论

本研究发现,单株荚数和每荚粒数对产量的综

合作用较大(表 4)。这与汪宝卿等<sup>[14-15]</sup>提出的净作高产大豆具有较多的单株荚数和每荚粒数结果一致。但与净作不同的是,套作下有效分枝数、分枝

粒重、分枝粒重占比对大豆产量的贡献率较大(表5),在参试的133个大豆品种中,平均有效分枝数大于4,说明在套作环境下,单株荚数主要分布在分枝。于晓波等<sup>[16]</sup>研究也发现,与单作相比套作下大豆产量分布向分枝集中。这可能是因为在“玉米-大豆”带状套作模式中,大豆在玉米收获后获得全光照和更大的生长空间,且开始进入始花期,而大豆分枝主要形成于始花期至始粒期<sup>[17]</sup>,因此利于分枝的形成。以上分析表明,提高套作大豆的分枝能力,选择分枝数较多、单株荚数和每荚粒数较多的品种有利于得到高产。

株高通过直接或间接作用对产量产生影响。静广利等<sup>[18]</sup>发现,净作大豆株高是通过生育期、分枝数、主茎节数等农艺性状对产量产生间接效应。姜永平等<sup>[19]</sup>认为,净作大豆株高对产量的直接作用较大。与净作不同的是,套作下株高对产量的直接作用和间接作用都为负,间接作用通过单株荚数和每荚粒数来实现(表4),说明株高通过影响单株荚数和每荚粒数来减少产量。在“玉米-大豆”带状复合种植体系中,大豆前期遭受玉米荫蔽影响,接受的有效光合辐射降低,远红光的比例增加,表现出典型的避荫反应<sup>[20]</sup>,包括:株高增加、主茎节数偏少、节间伸长等现象<sup>[21-23]</sup>,但不同大豆材料避荫反应程度存在显著差异。研究证明,套作环境下大豆植株过高时容易加剧倒伏,不利于产量形成<sup>[24]</sup>。同时,本研究发现主茎节数对产量产生显著的正效应,这与刘卫国等<sup>[12]</sup>提出的套作大豆单株产量与主茎节数呈显著正相关结果一致。以上分析说明株高过高是套作大豆产量减产的重要原因,而增加主茎节数可以促进产量。因此,在套作大豆资源选育中,要选择株高适中,主茎节数较多的品种。

生育期长短能显著影响套作大豆产量。张正翼等<sup>[11]</sup>研究发现,在套作模式下,产量与三节期至盛花期天数呈极显著的正相关;闫艳红等<sup>[7]</sup>研究表明,在套作模式下,晚熟品种表现为营养生长期较长,与玉米的生殖共生期为零。说明了延长营养生长期有利于增叶增花,积累更多的光合产物,从而更好的进行生殖生长。本研究发现,营养生长期和生育期与产量呈极显著正相关,营养生长期对产量的间接作用最大。在“玉米-大豆”带状套作种植体系中,玉米共生期间,大豆还处在营养生长阶段,玉米收获后,大豆开始进入生殖生长。生育期越长,说明大豆在解除玉米遮荫后的恢复时间越长,可进行充分的补偿生长。解除荫蔽至始花之间的营养生长期越长,有利于大豆在始花期积累更多的生物量,从而为生殖生长阶段的籽粒形成打下物质

基础。因此,较长的营养生长期和生育期应该作为选育套作大豆的重要参考依据。

在本研究模拟的“玉米-大豆”带状套作种植模式下,对大豆产量影响最大的7个农艺性状排名为:分枝粒重>单株荚数>主茎节数>营养生长期>每荚粒数>株高>百粒重。因此,在选育适宜套作大豆品种时,应该选择分枝数较多,单株荚数较多,主茎节数较多,营养生长期和生育期较长,每荚粒数较多,株高适中,百粒重较小,底荚较高的大豆品种。

## 参考文献

- [1] 雍太文,杨文钰,任万军,等. 发展套作大豆,促进四川大豆产业发展[J]. 作物杂志,2007(6):5-8. (Yong T W, Yang W Y, Ren W J, et al. Develop soybean in relay strip intercropping, develop soybean industry development in Sichuan province [J]. Crops, 2007(6):5-8.)
- [2] Yan Y H, Gong W Z, Yang W Y, et al. Seed treatment with uni-conazole powder improves soybean seedling growth under shading by corn in relay strip intercropping system [J]. Plant Production Science, 2010,13(4):367-374.
- [3] 杨文钰,雍太文,任万军,等. 发展中国南方套作大豆的背景与对策[C]//中国作物与生理第十次研讨会. 保定:2007:3-11. (Yang W Y, Yong T W, Ren W J, et al. Background and countermeasures of developing soybean in relay strip intercropping system in south of China [C]//The Tenth Seminar of Chinese Crop and Physiology. Baoding: 2007:3-11.)
- [4] 杨文钰,雍太文,任万军,等. 发展套作大豆,振兴大豆产业[J]. 大豆科学,2008,27(1):1-7 (Yang W Y, Yong T W, Ren W J, et al. Develop relay-planting soybean, revitalize soybean industry [J]. Soybean Science, 2008,27(1):1-7.)
- [5] 张明荣. 大豆新品种-南豆12 [J]. 中国农业信息, 2009(5):38. (Zhang M R. A new variety of soybean-Nandou 12 [J]. China Agricultural Information, 2009(5):38.)
- [6] 汤复跃,陈渊,韦清源,等. 适宜与广西春玉米套作的夏大豆品种筛选试验[J]. 南方农业学报,2011,42(11):1340-1343. (Tang F Y, Chen Y, Wei Q Y. Report on screening summer soybean varieties suitable for intercropping with spring maize in Guangxi [J]. Journal of Southern Agriculture, 2011,42(11):1340-1343.)
- [7] 闫艳红,杨文钰,李兴佐,等. 不同品种及播期对丘区套作大豆产量的影响[J]. 大豆科学,2007,26(4):544-549. (Yan Y H, Yang W Y, Li X Z, et al. Effect of different varieties and sowing dates on the yield of relay-cropping soybean in the mound district [J]. Soybean Science, 2007,26(4):544-549.)
- [8] 杨继芝. 播期对套作大豆品种生长发育特性和产量及品质的影响[D]. 成都:四川农业大学,2006. (Yang J Z. Effect of sowing dates on the growth characters, the yield and quality of relay-cropping soybean [D]. Chengdu: Sichuan Agricultural university, 2006.)
- [9] 王竹,贺阳冬,杨继芝,等. 套作模式下播期对不同熟性大豆茎叶形态及产量的影响[J],河南农业科学,2009(8):40-45.

- (Wang Z, He Y D, Yang J Z, et al. Effects of different sowing date and maturing cultivars on stem and leaf morphological characters and yield of soybean under relay-cropping system [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2009(8):40-45.)
- [10] 王竹, 杨文钰. 不同种植密度对套作大豆茎叶形态及产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(5):1957-1960. (Wang Z, Yang W Y. Effect of the planting density on stem and leaf morphological characteristics and yield of relay-cropping soybean [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2009, 37(5):1957-1960.)
- [11] 张正翼, 龚万灼, 杨文钰, 等. 套作模式下不同大豆品种(系)主要农艺性状与产量的关系[J]. 大豆科学, 2007(5):680-689. (Zhang Z Y, Gong W Z, Yang W Y, et al. correlation between agronomic characters and yield in relay-planting soybeans [J]. Soybean Science, 2007(5):680-689.)
- [12] 刘卫国, 邹俊林, 袁晋, 等. 套作大豆农艺性状研究[J]. 中国油料作物学报, 2014(2):219-223. (Liu W G, Zou J L, Yuan J, et al. Research on the agronomic traits of relay cropping soybean [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2014(2):219-223.)
- [13] 刘志斋, 郭荣华, 石云素, 等. 中国玉米地方品种核心种质花期相关性状的表型多样性研究[J]. 中国农业科学, 2008(6):1591-1602. (Liu Z Z, Guo R H, Shi Y S, et al. Diversity of flowering-related traits of maize landraces from the core collection preserved in China national genebank [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2008(6):1591-1602.)
- [14] 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. (Wang B Q, Zhang L F, Ci D W, et al. Multiple regression and path analysis between agronomic traits and yield of summer sowing soybean (*Glycine max* L. Merr.) in Huanghuaihai river region [J]. Soybean Science, 2010, 29(2):255-259.)
- [15] 汪宝卿, 张礼凤, 戴海英, 等. 黄淮海地区夏大豆农艺性状的遗传变异、相关及主成分分析[J]. 大豆科学, 2012, 31(2):208-212. (Wang B Q, Zhang L F, Dai H Y, et al. Genetic variation, correlation and principal component analysis on agronomic traits of summer sowing soybean (*Glycine max* Merr.) in Huanghuai region [J]. Soybean Science, 2012, 31(2):208-212.)
- [16] 于晓波, 张明荣, 吴海英, 等. 净套作下不同耐荫性大豆品种农艺性状及产量分布的研究[J]. 大豆科学, 2012, 31(5):757-761. (Yu X B, Zhang M R, Wu H Y, et al. Agronomic characters and yield distribution of different shade tolerance soybean under monoculture and relay strip intercropping systems [J]. Soybean Science, 2012, 31(5):757-761.)
- [17] John R S, James E B. Photoperiod effect before and after flowering on branch development in determinate soybean [J]. Agronomy Journal, 1986, 78(6):995-1002.
- [18] 静广利. 株高与小区产量及其它农艺性状的相关及通径分析[J]. 农业与技术, 2006(3):67-68. (Jing G L. Correlation and Path analysis between plant height and agronomic traits and per plot yield [J]. Agriculture Technology, 2006(3):67-68.)
- [19] 姜永平, 张辉明, 刘水东, 等. 不同类型大豆主要农艺性状与小区产量的多元回归与通径分析[J]. 中国农学通报, 2008(12):211-214. (Jiang Y P, Zhang H M, Liu S D, et al. Correlation analysis between major agronomic characters and yield per plot from different type soybean [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2008(12):211-214.)
- [20] Green-Tracewicz E, Page E R, Swanton C J. Shade avoidance in soybean reduces branching and increases plant-to-plant variability in biomass and yield per plant [J]. Weed Science, 2011, 59(1):43-49.
- [21] 吴其林, 王竹, 杨文钰. 苗期遮荫对大豆茎秆形态和物质积累的影响[J]. 大豆科学, 2007, 26(6):868-872. (Wu Q L, Wang Z, Yang W Y. Seeding shade affects morphogenesis and substance accumulation of stem in soybean [J]. Soybean Science, 2007, 26(6):868-872.)
- [22] 刘卫国, 蒋涛, 余跃辉, 等. 大豆苗期茎秆对荫蔽胁迫响应的生理机制初探[J]. 中国油料作物学报, 2011(2):141-146. (Liu W G, Jiang T, She Y H, et al. Preliminary study on physiological response mechanism of soybean (*Glycine max* Merr.) stem to shade stress at seedling stage [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2011(2):141-146.)
- [23] Yang F, Huang S, Gao R C, et al. Growth of soybean seedlings in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red:Far-red ratio [J]. Field Crops Research, 2014, 155:245-253.
- [24] 王竹, 杨文钰, 伍晓燕, 等. 玉米株型和幅宽对套作大豆初花期形态建成及产量的影响[J]. 应用生态学报, 2008(2):323-329. (Wang Z, Yang W Y, Wu X Y, et al. Effects of maize plant type and planting width on the early morphological characters and yield of relay planted soybean [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008(2):323-329.)