

套作大豆高产优质育种的灰色关联分析

吴雨珊, 龚万灼, 谭千军, 武晓玲, 刘卫国, 杨峰, 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,采用灰色关联分析法分别分析了高产材料($\geq 1\,500\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)的产量、高蛋白材料($\geq 50\%$)的蛋白质含量、高脂肪材料($\geq 20\%$)的脂肪含量与农艺性状的相关性。结果表明:3种类型大豆材料中,有6个农艺性状的变异系数都大于10%,特别是高脂肪材料的底荚高、分枝数和单株荚数的变异系数均大于30%,说明通过农艺性状的选择,提高大豆产量、蛋白质含量和脂肪含量的潜力较大。套作下高产材料、高蛋白材料和高脂肪材料与农艺性状的关联顺序分别为:生育期>株高>分枝数>底荚高>单株荚数>百粒重>主茎节数;生育期>主茎节数>株高>底荚高>分枝数>百粒重>单株荚数;生育期>底荚高>百粒重>株高>主茎节数>分枝数>单株荚数。套作下,高产材料的产量与蛋白质含量呈极显著正相关($r=0.873^{**}$),与脂肪含量呈显著负相关($r=-0.709^{*}$);高蛋白材料的产量与蛋白质含量、高脂肪材料的产量与脂肪含量相关均不显著。以上结果表明,选择生育期长的品种可提高套作大豆产量、蛋白质及脂肪含量;选择分枝数、单株荚数较多和株高适中的品种可以同时提高套作大豆产量与蛋白质含量;加强对底荚高和百粒重的选择有望提高套作大豆脂肪含量。

关键词:大豆;套作;种质资源;灰色关联;高产育种;优质育种

中图分类号:S565.1 文献标识码:A DOI:10.11861/j.issn.1000-9841.2015.04.0565

Grey Correlation Degree Analysis of High Yield and High Quality Breeding of Soybean in Relay Strip Intercropping

WU Yu-shan, GONG Wan-zhuo, TAN Qian-jun, WU Xiao-ling, LIU Wei-guo, YANG Feng, YANG Wen-yu
(College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Abstract: Relationship between agronomic traits and yield, protein content and fat content is beneficial to screening high yield and quality soybean cultivars in relay strip intercropping. A field experiment was conducted on sixty-eight soybean germplasms by growing under shade (simulated the relay strip intercropping system), grey relational analysis were used to analyze the relationship between agronomic characteristics and yield, protein and fat contents of sixty-eight soybean germplasms. Variability analysis demonstrated that the potential to increase yield, protein content and fat content was limited with the variation coefficient was less than 5%, respectively. There were six agronomic traits which the variation coefficient was greater than 10% in the rest of the eight agronomic traits. Especially the variation coefficient of the bottom of the pod, branch number and pod number per plant of high fat varieties was greater than 30%. The potential to increase soybean yield, protein content and fat content through the choice of agronomic traits was larger. Associated order of high yield varieties, high-protein varieties high-fat varieties and agronomic traits was as follows: Growth period > plant height > branches > bottom pod height > pod number > grain weight > nodes on main stem; Growth period > nodes on main stem > plant height > bottom pod height > branches > grain weight > pods per plant; Growth period > bottom pod height > grain weight > plant height > nodes on main stem > branches > pods per plant. Correlation analysis showed that the yield of high yield varieties was significant positive correlated with protein content and significant negative correlation with fat content. There is no significant correlation between yield of high protein content varieties and protein content. And also there is no significant correlation between yield of high fat content varieties and fat content. These results suggest that soybean germplasms with long maturity groups can improve yield, protein content and fat content respectively. High yield and high protein can simultaneously be satisfied for soybean breeding with better adaptation to intercropping. Soybean germplasms with long maturity groups, more branch number and pod number, and moderate plant height can be used to breed high yield and high protein varieties. Selecting varieties with better suitable height of bottom pod and 100-seed weight is expected to increase soybean fat content. This research provides the basis theory for high yield and high quality breeding of soybean in relay strip intercropping.

Keywords: Soybean; Relay strip intercropping; Germplasm; Grey correlation degree analysis; High yield breeding; Quality breeding

大豆是当今世界上最重要的植物蛋白与食用植物油的来源。大豆作为我国粮、经、饲和加工原料于一身的大宗作物,国内需求不断增加,但种植面积却日益萎缩,供需矛盾日益突出,2013年的进

收稿日期:2014-10-14
基金项目:国家自然科学基金面上项目(31171476)。
第一作者简介:吴雨珊(1990-),女,博士,主要从事套作大豆栽培与生理研究。E-mail:wuys513@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:mssiyangwy@sicau.edu.cn;
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。

口依存率已经超过 80%^[1]。近年来,中国南方地区套作大豆发展迅速,推动了全国间套作大豆发展,增加了大豆供给,在一定程度上缓解了我 国大豆产需矛盾^[2-4]。研究表明大豆产量和品质与农艺性状存在密切联系^[5],深入了解各农艺性状与产量和品质的相互关系对选育高产优质的大豆品种具有重要意义。以往关于大豆产量和品质改良的研究较多,但主要集中在农艺性状^[6-9]、产量性状^[10]、品质^[11]等一个或几个性状的变化,对性状间关系的研究还比较少。大豆产量和品质是由多个因素共同作用的结果,弄清各因素对产量和品质贡献的主次关系,对有目的的选育品种具有重要作用。目前,灰色关联系统在大豆品种的综合评价方面已有广泛应用^[12-14],并取得了与实际相一致的结果。但运

用该方法研究套作大豆产量、品质与主要农艺性状关系还未见报道。因此,本研究通过模拟“玉米-大豆”带状套作,共选取 68 个大豆材料,应用灰色关联分析法分析了各农艺性状对产量、蛋白质含量和脂肪含量贡献的主次关系,为实现套作大豆高产优质品种的选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

选取套作下高产(≥1 500 kg·hm⁻²)大豆材料 11 个,高蛋白质(≥50%)大豆材料 42 个,高脂肪(≥20%)大豆材料 18 个,分别记为 V1、V2、V3。供试大豆材料见表 1。

表 1 供试材料
Table 1 Varieties used in this experiment

材料 Cultivar	来源 Origin	类型 Type	材料 Cultivar	来源 Origin	类型 Type
简阳绿皮豆 Jianyanglvpidou	简阳 Jianyang	V3	南 F044-255Nan F044-255	南充 Nanchong	V2
大乌黄豆 Dawuhuangdou	常州 Changzhou	V3	威远冬豆 Weiyuandongdou	威远 Weiyuan	V2
黄皮 Huangpi	剑河 Jianhe	V3	九月黄 4Jiuyuehuang 4	射洪 Shehong	V2
南农 X54Nannong X54	南农 Nannong	V3	冬豆子 Dongdouzi	重庆 Chongqing	V2
广 1Guang 1	华农 Huanong	V3	细白毛豆 2Xibaomaodou 2	自贡 Zigong	V2
NTS1007	澳大利亚 Australia	V3	GWZ1	雅安 Yaan	V2
扬生豆-1Yangchendou-1	自贡 Zigong	V3	9923	重庆 Chongqing	V2
田埂豆 1Tiangengdou 1	江西 Jiangxi	V3	冬大豆 Dongdadou	宜宾 Yibing	V2
罗门豆 Luomendou	江西 Jiangxi	V3	GWZ2	雅安 Yaan	V2
冬青豆 Dongqingdou	江苏 Jiangsu	V3	大白毛 Dabaimao	自贡 Zigong	V2
隔壁香 Gebixiang	金坛 Jingt an	V3	褐皮豆 Hepidou	自贡 Zigong	V2
晚黑豆 Wanheidou	金坛 Jingt an	V3	小黄豆 1Xiaohuangdou 1	川农 Chuannong	V2
雅安黑豆 Yaanheidou	雅安 Yaan	V3	小黄豆 2 Xiaohuangdou 2	自贡 Zigong	V2
黑大豆 1Heidadou 1	丽江 Lijiang	V3	荣县大豆 Rongxiandadou	自贡 Zigong	V2
黑大豆 2Heidadou 2	南京 Nanjing	V3	小黄豆 3 Xiaohuangdou 3	川农 Chuannong	V2
十月黄 2Shiyuehuang 2	内江 Neijiang	V3	大颗豆 Dakedou	自贡 Zigong	V2
蛇皮豆 Shepidou	四川 Sichuan	V3	GWZ3	雅安 Yaan	V2
蒙庆 6 号 Mengqing 6	安徽 Anhui	V3	十月黄 3 Shiyuehuang 3	温江 Wenjiang	V2
南豆 12Nandou 12	南充 Nanchong	V2	德阳豆 Deyangdou	德阳 Deyang	V2
广 11Guang 11	华农 Huanong	V2	平武大豆-2Pingwudadou-2	平武 Pingwu	V2
广 5Guang 5	华农 Huanong	V2	贡 109Gong109	自贡 Zigong	V2
灰豆 Huidou	西昌 Xichang	V2	特选 11Texuan 11	重庆 Chongqing	V2
九月黄 1Jiuyuehuang 1	金堂 Jingtang	V2	GWZ4	雅安 Yaan	V2
贡秋豆 370Gongqiudou 370	自贡 Zigong	V2	河南豆 Henandou	河南 Henan	V1
Ⅲ A2B2	日本 Japan	V2	南 F05-62Nan F05-62	南充 Nanchong	V1
威远黑豆 Weiyuanheidou	威远 Weiyuan	V2	贡秋豆 04-2Gongqiudou 04-2	自贡 Zigong	V1
田埂豆 2Tiangengdou 2	盐源 Yanyuan	V2	南豆 021-1Nandou 021-1	南充 Nanchong	V1
细白毛豆 1Xibaomaodou 1	自贡 Zigong	V2	贡选 1 号 Gongxuan 1	自贡 Zigong	V1
小黄豆 Xiaohuangdou	川农 Chuannong	V2	绿皮豆 Lvpidou	资阳 Ziyang	V1
达州 1 号 Dazhou 1	达州 Dazhou	V2	乌豆 Wudou	江西 Jiangxi	V1
八月黄 Bayuehuang	达州 Dazhou	V2	4117	川农 Chuannong	V1、V2
九月黄 2Jiuyuehuang 2	成都 Chengdu	V2	八月豆 Bayuedou	平昌 Pingchang	V1、V2
干田豆 Gantiandou	安岳 Anyue	V2	南 256-1Nan256-1	南充 Nanchong	V1、V2
九月黄 3Jiuyuehuang 3	彭山 Penshan	V2	花脸豆 Hualiandou	自贡 Zigong	V1、V2

1.2 方法

试验于 2013 年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“玉米-大豆”带状套作(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。大豆生育期参照当地生产水平正常管理。

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,单株测定植株株高、底荚高、分枝数、主茎节数,并调查有效荚数、每荚粒数、百粒重等产量性状,室内考种后利用近红外谷物分析仪(FOSS-Infratec™ 1241 Grain Analyzer)测定大豆籽粒蛋白质含量和脂肪含量。

1.3 数据分析

采用 Excel 2003 及 SPSS17.0 进行数据分析。

在灰色关联分析中,分别将大豆的产量、蛋白质含量和脂肪含量与其它 7 个主要性状视为整体,即构建 3 个灰色系统。每个系统分别设产量、蛋白质和脂肪为参考数列 X_0 ,株高、分枝数、单株荚数、百粒重、总生育期、底荚高、主茎节数,分别为比较数列 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 、 X_7 。将原始数据标准

化,再利用这些标准化后的数据按公式 1 和公式 2 求出不同品种(系)各性状与产量、蛋白质含量和脂肪含量的关联系数,最后依此求出关联度。

$$\xi_i(k)=\frac{\min_k \min_i |x_0(k)-x_i(k)|+\rho \max_k \max_i |x_0(k)-x_i(k)|}{|x_0(k)-x_i(k)|+\rho \max_k \max_i |x_0(k)-x_i(k)|} \quad (1)$$

$$\gamma_i=\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i(k) \quad (2)$$

式中: K 产量 = 1, 2, ..., 10, K 蛋白质 = 1, 2, ..., 42, K 脂肪 = 1, 2, ..., 18, $i = 1, 2, 3, 4, 5, \rho$ 为分辨系数, $\rho > 0$, 取 0.5。

2 结果与分析

2.1 产量、蛋白质含量和脂肪含量的变异

从表 2 可以看出,供试材料在模拟“玉米-大豆”带状套作条件下,产量、蛋白质含量和脂肪含量的变异系数小于 5%,其增加潜力有限。在其余 8 个性状中,生育期和每荚粒数的变异系数小于 10%,其它 6 个农艺性状的变异系数都大于 10%,特别是高脂肪品种的底荚高、分枝数和单株荚数的变异系数均大于 30%。说明不同大豆基因型间农艺性状存在较大差异,通过农艺性状的选择,使大豆产量、蛋白质含量和脂肪含量增加的潜力较大。

表 2 不同类型大豆材料的农艺性状变异分析

Table 2 Variability analysis of agronomic traits of different type soybean materials

性状		极大值	极小值	变异幅度	平均值	标准差	变异系数
Agronomic traits		Maximum	Minimum	Variability	Mean	SD	CV/%
产量 Yield/ kg·hm ⁻²		1959.53	1516.47	443.06	1613.07	53.12	3.29
蛋白质 Protein content/%		54.70	50.10	4.60	51.63	1.04	2.01
脂肪 Fat content/%		22.00	20.00	2.00	20.73	0.74	3.59
生育期 Growth period/d	V1	141.00	114.00	27.00	132.85	6.26	4.71
	V2	95.00	73.00	22.00	86.88	4.94	5.69
	V3	134.00	114.00	20.00	124.67	5.78	4.64
株高 Plant height/cm	V1	111.00	54.58	56.42	75.65	15.83	20.92
	V2	111.00	39.33	71.67	66.54	17.76	26.69
	V3	120.17	51.83	68.33	85.96	20.35	23.67
底荚高 Height of bottom pod/cm	V1	19.67	7.92	11.75	12.63	3.24	25.68
	V2	19.67	7.67	12.00	11.67	2.60	22.31
	V3	34.92	11.17	23.75	14.92	5.37	36.01
主茎节数 Nodes number	V1	18.83	8.67	10.17	13.75	2.97	21.63
	V2	22.17	8.67	13.50	13.80	2.57	18.64
	V3	20.83	7.83	13.00	13.03	3.19	24.46
分枝数 Branches number	V1	6.83	4.00	2.83	5.47	0.91	16.69
	V2	8.83	2.33	6.50	5.39	1.57	29.05
	V3	7.67	2.50	5.17	4.56	1.59	34.78

续表 2

性状		极大值	极小值	变异幅度	平均值	标准差	变异系数
Agronomic traits		Maximum	Minimum	Variability	Mean	SD	CV/%
单株荚数 Pods per plant	V1	70.75	36.86	33.89	57.78	12.60	21.81
	V2	122.53	28.69	93.83	59.49	23.67	39.78
	V3	58.17	11.50	46.67	35.02	13.40	38.25
每荚粒数 Seeds per pod	V1	1.88	1.56	0.32	1.73	0.10	5.98
	V2	2.33	1.46	0.87	1.75	0.13	7.72
	V3	1.89	1.44	0.46	1.68	0.10	6.21
百粒重 100-seed weight/g	V1	28.25	14.30	13.95	19.88	4.54	22.82
	V2	32.90	8.90	24.00	16.17	4.87	30.12
	V3	36.50	15.30	21.20	23.42	5.15	21.98

V1、V2、V3 分别代表套作下高产大豆、高蛋白大豆和高脂肪大豆。
V1, V2 and V3 stand for high yield, high protein, and high fat content soybeans, respectively.

2.2 产量、蛋白质含量和脂肪含量与农艺性状的相关性

从表 3 可知,在套作高产大豆中,产量与分枝数($r=0.782^{**}$)和蛋白质含量($r=0.837^{**}$)分别呈极显著正相关,与单株荚数($r=0.623^{*}$)呈显著正相关,与脂肪含量($r=-0.709^{*}$)呈显著负相关。蛋白质含量与分枝数、单株荚数呈显著正相关,与百粒重呈显著负相关($r=-0.751^{*}$),与脂肪含量呈极显著负相关($r=-0.879^{**}$)。说明加强对分枝数和单株荚数的选择可以同时提高产量和蛋白质含量。

在套作高蛋白大豆品种中,蛋白质含量与脂肪

含量($r=-0.512^{**}$)呈极显著负相关,与农艺性状相关性不显著。产量与株高($r=0.468^{**}$)呈极显著正相关,与分枝数、单株荚数呈显著正相关,与脂肪含量($r=-0.209^{*}$)呈显著负相关。这说明在高蛋白品种中难以实现产量和脂肪的同时提高。同时,生育期与分枝数、单株荚数呈显著正相关,说明延长生育期能增加分枝数和单株荚数,提高产量。

在套作高脂肪大豆中,脂肪含量与产量、蛋白质含量相关均不显著。蛋白质含量与分枝数、百粒重呈显著正相关;产量与分枝数、单株荚数和生育期呈极显著正相关,与百粒重呈显著正相关。

表 3 不同类型大豆品种农艺和品质性状间的相关分析

Table 3 The relevent grade and orders between yield, protein content, fat content and the main characters																						
X ₁			X ₂			X ₃			X ₄			X ₅			X ₆			X ₇				
V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3		
X2	0.196	0.334 *	-0.203																			
X3	0.146	0.363 *	-0.363	0.658 *	0.426 **	0.563 *																
X4	-0.043	-0.258	0.124		-0.503	-0.361 *	0.397	-0.956 **		-0.652 **	0.017											
X5	-0.248	0.252	-0.192	0.61	0.344 *		0.388	0.764 *	0.305 *	0.377	-0.663 *	-0.203	0.598 **									
X6	0.335	0.238	0.132		0.659 *	-0.14		0.504 *	0.764 *	0.161	0.065	-0.751 *	-0.256	0.567 *	0.553	0.008	0.436					
X7	-0.357	-0.273	-0.038		-0.509	-0.132	0.241	-0.888 **		-0.482 **	0.233	0.913 **	0.718 **	0.145	-0.482	-0.236	0.121	-0.879 **			-0.512 **	-0.246
X8	0.540	0.468 **	-0.285	0.782 **	0.326 *	0.664 **	0.623 *	0.370 *	0.874 **	-0.493	-0.291	0.484 *	0.397	0.275	0.608 **	0.837 **	-0.021	0.318	-0.709 *	-0.209 *	0.312	

V1、V2、V3 分别代表套作下高产大豆、高蛋白大豆和高脂肪大豆。*表示 $P=0.01$ 水平相关,*表示 $P=0.05$ 水平相关。X₁:株高、X₂:分枝数、X₃:单株荚数、X₄:百粒重、X₅:生育期、X₆:蛋白质含量、X₇:脂肪含量、X₈:产量。
V1, V2 and V3 stand for high yield, high protein, and high fat content soybeans, respectively. *, ** indicate significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively. X₁, X₂, X₃, X₄, X₅, X₆, X₇ and X₈ stand for plant height, branch number, pods per plant, 100-seed weight, growth period, protein content, fat content and yield, respectively.

2.3 产量、蛋白质含量和脂肪含量与农艺性状间的关联分析

由表 4 可知,产量与各农艺性状的关联度为:生

育期(0.8079) > 株高(0.7205) > 分枝数(0.7179) > 底荚高(0.7152) > 单株荚数(0.6903) > 百粒重(0.6654) > 主茎节数

(0.659 3)。表明,生育期、株高和分枝数对套作大豆产量的影响较大,百粒重对套作大豆产量的影响较小。

蛋白质含量与各农艺性状的关联度为:生育期(0.919 5) > 主茎节数(0.746 5) > 株高(0.642 2) > 底荚高(0.633 9) > 分枝数(0.601 9) > 百粒重(0.572 1) > 单株荚数(0.562 8)。表明在套作大豆高蛋白育种中,除了对生育期的选择外,还应该加强对主茎节数和株高的选择,而对单株荚数可放宽要求。

表 4 产量、蛋白质含量和脂肪含量与各性状的关联度及排序
Table 4 Correlation and rank of yield, protein content and fat content

项目 Item		主要性状 Main characteristics						
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
产量 Yield	关联度 Relevant grade	0.7205	0.7179	0.6903	0.6654	0.8079	0.7152	0.6593
	排序 Rank	2	3	5	6	1	4	7
蛋白质含量 Protein content	关联度 Relevant grade	0.6422	0.6019	0.5628	0.5721	0.9195	0.6339	0.7465
	排序 Rank	3	5	7	6	1	4	2
脂肪含量 Fat content	关联度 Relevant grade	0.6236	0.5352	0.5207	0.6273	0.9663	0.6594	0.6049
	排序 Rank	4	6	7	3	1	2	5

X₁:株高;X₂:分枝数;X₃:单株荚数;X₄:百粒重;X₅:生育期;X₆:底荚高;X₇:主茎节数。
X₁, X₂, X₃, X₄, X₅, X₆, X₇ and X₈ represent plant height, branch number, pods per plant, 100-seed weight, growth duration, protein content, fat content and yield, respectively.

3 结论与讨论

生育期长短能显著影响套作大豆的产量和品质。刘卫国^[8]、张正翼等^[7]研究表明,生育期长短是套作大豆产量形成的基础。本研究发现,生育期与产量、蛋白质含量和脂肪含量的关联度最大(表4),说明套作大豆提高产量、蛋白质含量和脂肪含量的前提是选择生育期长的品种。在“玉米-大豆”带状套作模式下,玉豆共生期间大豆受玉米荫蔽影响,玉米收获后大豆获得全光照。生育期越长,说明大豆在解除玉米遮荫后的恢复生长时间越长,一方面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。闫艳红等^[15]通过比较不同品种及播期对套作大豆产量的影响发现,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,晚熟品种产量最高。另一方面生殖生长期越长越能进行充分的光合作用,从而积累更多的光合产物转化到籽粒中,有利于产量的形成和品质的提高。

本研究表明,在套作高产大豆中,产量与分枝数、单株荚数呈显著或极显著正相关,蛋白质含量与分枝数、单株荚数呈显著正相关;在套作高蛋白

脂肪含量与各农艺性状的关联度为:生育期(0.966 3) > 底荚高(0.659 4) > 百粒重(0.627 3) > 株高(0.623 6) > 主茎节数(0.604 9) > 分枝数(0.535 2) > 单株荚数(0.520 7)。表明除生育期对脂肪含量贡献率较大外,底荚高和百粒重对提高脂肪含量具有重要作用,而单株荚数对脂肪含量影响较小。因而在套作大豆高脂肪育种中,主攻方向为生育期较长品种的同时,应加强对底荚高和百粒重的选择。

大豆品种中,产量与分枝数、单株荚数呈显著正相关,说明在选育套作高产和高蛋白含量大豆材料时,加强对分枝数、单株荚数的选择可以同时达到高产与高蛋白质育种同步实现的目标。这可能是因为本试验多采用南方大豆,而有研究表明低纬度地区的大豆品种籽粒蛋白质相对含量较高^[16],北方、黄淮海、南方三大生态区的大豆种质资源蛋白含量呈现自北向南递增的趋势^[17-18]。另外,关联分析表明,高产与高蛋白质育种在主攻方向上的共同点是加强对株高的选择(关联度位于列前3)。净作条件下大豆株高对产量的影响是通过生育期、分枝数等其它农艺性状间接效应来实现的^[19]。但在套作模式下,大豆受荫蔽和较低的红光/远红光比例影响^[20],株高过高容易发生倒伏导致大豆减产^[21],因而对株高的选择应在加强茎秆强度的基础上,处理好株高增加与抗倒伏之间的关系,选择株高适中的品种。

本研究表明,在套作高脂肪大豆中,与脂肪含量关联度最大的3个农艺性状分别为生育期、底荚高、百粒重。说明除了选择生育期较长的品种外,底荚高和百粒重对脂肪含量影响较大。这与徐冉等研究结果一致:净作夏大豆百粒重与脂肪酸含量呈显著相关,选择百粒重大的品种可有效提高粗脂

肪酸和油酸含量^[22]。因此,在套作环境下,加强对底荚高和百粒重的选择有望提高大豆脂肪含量。

参考文献

[1] 李文静. 大豆进口步入 6 时代:2013 进口 6340 万吨创纪录 [N/OL]. 每日经济新闻, 2014-01-17. <http://www.nbd.com.cn/articles/2014-01-17/804059.html>. (Li W J. Soybean imports into the 6 era: 2013 imported a record 63. 4 million tons[N/OL]. Daily Economy News, 2014-01-17.)

[2] 杨文钰. 套作大豆优势突出 农民欢迎 发展潜力巨大 - 国家大豆产业体系专家考察四川套作大豆纪实 [J]. 大豆科技, 2009(6):14-15. (Yang W Y. Highlight the advantages of intercropping soybean, farmers welcomed, enormous potential for development-national soybean industry experts inspected sichuan intercropping system of soybean documentary[J]. Soybean Technology, 2009(6):14-15.)

[3] 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(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 (1):1-7.)

[4] Yan Y H, Gong W Z, Yang W W, 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.

[5] 徐冉,张礼凤,王彩洁,等. 山东省审定大豆品种的产量、品质及株型演变 [J]. 中国油料作物学报,2007(3):242-247. (Xu R, Zhang L F, Wang C J, et al. Development of yield, quality and plant type of released and registered summer-sowing soybean varieties in Shangdong province[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2007(3):242-247.)

[6] 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相关性 & 灰色关联度分析 [J]. 山东农业科学,2010(3):20-25. (Wang B Q, Zhang L F, Ci D W, et al. Correlation and grey relation analysis of agronomic traits with yield of summer soybean in the Huanghe-Haihe area [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2010(3):20-25.)

[7] 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,2007,26(5):680-689. (Zhang Z Y, Gong W Z, Yang W Y, et al. Correlation between agromomic characters and yield in relay planting soybeans [J]. Soybean Science, 2007,26(5):680-686.)

[8] 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, Zhou 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.)

[9] 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 & 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 Huang-Huai-Hai region[J]. Soybean Science, 2012,31(2):208-212.)

[10] 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(6):872-880. (Ci D W, Zhang L F, Wang B Q, et al. Variation of agronomic traits and production of germplasm resources of soybean in different years and the relationship between them[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2011(6):872-880.)

[11] 仲义,鄂成林,孙发明,等. 大豆农艺性状和品质性状间相关性分析 [J]. 吉林农业科学,2012(2):1-3. (Zhong Y, E C L, Sun F M, et al. Relationship between agronomic traits and quality of soybean[J]. Jilin Agricultural Sciences, 2012(2):1-3.)

[12] 单彩云,魏玉光,张延军,等. 黑龙江省大豆主栽品种主要性状灰色关联度分析 [J]. 大豆科学, 2009,28(5):945-948. (Shan Y C, Liu Y C, Zhang Y J, et al. Grey correlation degree analysis on main traits of soybean varities in Heilongjiang province [J]. Soybean Science, 2009,28(5):945-948.)

[13] 魏云山,刘迎春,丁素荣,等. 大豆品种资源性状稳定性的灰色关联度分析与评价 [J]. 大豆科学,2012,31(3):406-410. (Wei Y S, Liu Y C, Ding S R, et al. Evaluationon characters stability of soybean germplasms through gray correlation degree analysis[J]. Soybean Science, 2012,31(3):406-410.)

[14] 成雪峰. 黄淮海大豆高产优质育种的灰色关联分析 [J]. 大豆科学,2010,29(5):751-755. (Cheng X F. Grey correlation snalysis on agronomic traits of high yield and quantity soybean in Huang-Huai-Hai region[J]. Soybean Science, 2010,29(5):751-755.)

[15] 闫艳红,杨文钰,李兴佐,等. 不同品种 & 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.)

[16] 张大勇,宁海龙,杨庆凯. 东北地区几个大豆品种的蛋白质、脂肪含量的差异 [J]. 中国油料作物学报,2003(1):20-22,26. (Zhang D Y, Ning H L, Yang Q K, et al. Difference of protien and fat content of several soybean varieties in the northeast of China[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2003(1):20-22, 26.)

[17] 李为喜,朱志华,刘三才,等. 中国大豆 (*Glycine max*) 品种 & 种质资源主要品质状况分析 [J]. 植物遗传资源学报,2004(2):185-192. (Li W X, Zhu Z H, Liu S C, et al. Analysis of main quality traits of soybean and germplasm in China[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2004(2):185-192.)

[18] 冷建田,陈应志,王英,等. 中国不同地区大豆育成品种的特点分析及品种选育方向的探讨 [J]. 大豆科学,2007,26(3):293-299,304. (Leng J T, Chen Y Z, Wang Y, et al. Character analysis of newly-developed soybean varieties and breeding objectives in different regions of China[J]. Soybean Science, 2007,26(3):293-299, 304.)

[19] 静广利. 株高 & 小区产量及其它农艺性状的相关 & 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.)

[20] 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.

[21] 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 mechanisnof soybean(*Glycine max* Merr.) stem to shade stress at seedling stage[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2011(2):141-146.)

[22] 徐冉,张礼凤,王彩洁,等. 山东夏大豆品种的脂肪品质及其遗传改良途径分析 [J]. 大豆科学,2006,25(4):386-388. (Xu R, Zhang L F, Wang C J, et al. Approaches of fat quality and genetic improvement of summer soybean varieties in Shandong[J]. Soybean Science, 2006,25(4):386-388.)