

不同熟期大豆品种遗传改良过程中光合特性和冠层农艺性状的变化

赵婧^{1,2}, 张伟^{1,2}, 邱强^{1,2}, 张鸣浩^{1,2}, 张吉选³, 闫晓艳^{1,2}

(1. 吉林省农业科学院 大豆研究中心, 吉林 长春 130033; 2. 大豆国家工程研究中心, 吉林 长春 130033; 3. 金沙农业站, 吉林 桦甸 132415)

摘要:对1923~2008年间育成的吉林省主推的57个大豆品种按中早熟、中熟和中晚熟品种进行分类,研究了不同熟期组品种各冠层农艺性状和叶片部分光合特性指标的演化趋势及其与产量的关系。结果表明,各熟期品种的产量、百粒重、株高、单株叶面积、叶柄长、始粒期的光合速率和SPAD与育成年代均成正相关,单株分枝数与育成年代成负相关;单株荚数、单株荚重、单株粒数、单株粒重、单株茎重、始粒期SPAD与产量成正相关,其中单株荚重与产量显著相关。总体上看,中早熟和中晚熟品种各性状的演化趋势及其与产量的关系较相似,它们的百粒重、株高、单株粒数、单株叶面积、叶柄长、始粒期光合速率及始粒期SPAD与育成年代及产量都成正相关;始粒期SPAD在所有性状中表现最稳定,在各熟期组中与育成年代及产量均成正相关。

关键词:不同熟期;大豆;光合特性;冠层;农艺性状

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2012)04-0568-07

Changes of Photosynthetic Characters and Canopy Agronomic Traits among Different Maturity Groups in Soybean Genetic Improvement

ZHAO Jing^{1,2}, ZHANG Wei^{1,2}, QIU Qiang^{1,2}, ZHANG Ming-hao^{1,2}, ZHANG Ji-xuan³, YAN Xiao-yan^{1,2}

(1. Soybean Research Center, Jinlin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033; 2. National Engineering Research Center of Soybean, Changchun 130033; 3. Jinsha Agricultural Center of Jilin Province, Huadian 132415, Jilin, China)

Abstract: Fifty-seven soybean cultivars released from 1923 to 2008 in Jilin province were divided into three soybean maturity groups (medium-early, medium and medium-late), and evaluated the genetic improvement of soybean agronomic characters in different canopy and some leaf photosynthetic characteristics, as well as the correlation between these characters and yield. For different maturity soybeans, yield, 100-seed weight, plant height, leaf area per plant, petiole length, photosynthetic rate and SPAD value at R5 were positively correlated with released years, while numbers of branches was negatively correlated with released years; pod number, pod weight ($P < 0.05$), seed number and stem weight per plant were positively correlated with yield. As a whole, medium-early and medium-late maturity groups had the same evolution tendency, in which 100-seed weight, plant height, seed number per plant, leaf area per plant, petiole length, photosynthetic rate and SPAD value at R5 were positively correlated with yields and released years, respectively; among all characters, SPAD value at R5 was the steadiest, and positively correlated with yield and released years respectively in each maturity group.

Key words: Different maturity; Soybean; Photosynthetic characters; Canopy; Agronomic traits

产量是育种中最重要的目标,各种育种途径、方法和技术均为高产服务^[1]。在遗传改良过程中,大豆许多农艺及生理性状,如株高、叶面积、干物质积累、光合速率、氮素吸收、抗病虫性等都发生了较大的变化。通过遗传改良,美国北部的大豆总产量每年大约增产0.5%~0.7%^[2]。Voldeng等^[3]研究了加拿大58 a内(1934~1992年)推广的3个不同熟期的大豆品种在品种改良中产量的变化,结果表明1976年以后大豆产量的增长速度明显高于1976年以前。而Lange和Federizzi^[4]在巴西南部的4个地区对近20 a不同熟期组(早熟,中熟和晚熟)的大豆品种进行了产量试验,结果显示由于熟期不同和

地区差异,遗传改良发挥的效应不尽相同,而在4个地区都没有证据显示早熟组大豆品种得到了遗传改良。虽然我国在大豆遗传改良方面已有不少研究^[5-13],其中也不乏有对不同熟期大豆进行研究的报道^[9,11],但将东北中南部生态区的中早熟类、中熟类、中晚熟类大豆进行综合比较分析的研究鲜有报道。因此,该试验对1923~2008年育成并在吉林省主推的不同熟期(中早熟、中熟、中晚熟)的57个大豆品种的农艺和株型性状的演化及其与产量之间的关系进行研究,以期为大豆品种性状改良提供参考。

收稿日期:2012-02-23

基金项目:国家自然科学基金青年基金项目(31101111);吉林省科技发展计划项目(20111817);“十一五”国家科技支撑计划重点资助项目(2006BAD521B01-2)。

第一作者简介:赵婧(1984-),女,硕士,研究实习员,主要从事大豆生理与栽培研究。E-mail:zhao114434260@yahoo.com.cn。

通讯作者:闫晓艳(1964-),女,研究员,主要从事土壤肥料与作物栽培研究。E-mail:yanxy8548@yahoo.com.cn。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2010 和 2011 年在吉林省公主岭市吉林省农业科学院试验地进行。选取吉林省 1923 ~ 2008 年育成的生产上主推的 57 个大豆品种(表 1),采用随机区组设计,5 行区,行长 5 m,行距 60 cm,密度 18 万株·hm⁻²,3 次重复,5 月 1 日播种,10 月 1 日收获,常规田间管理。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 SPAD 的测定 用 Minolta SPAD-502 叶绿素仪分别在盛花期(R2)、始粒期(R5)测定大豆植株主茎倒 4、5、6 叶的 SPAD 值,测定 3 株,取其平均值。

1.2.2 光合速率的测定 用 Li-cor 6400 光合仪分

别在盛花期(R2)、始粒期(R5)测定植株主茎倒 4、5、6 叶叶片的光合速率,测定 3 株,取其平均值。

1.2.3 叶面积的测定 根据植株主茎节数将其平均分成上、中、下 3 层,分别用 LI-3000C 叶面积仪和刻度尺在盛花期(R2)测定各冠层的叶面积和叶柄长。

1.2.4 测产和室内考种 大豆成熟时每小区取中间 3 行,每行取 3 m 长,进行小区测产,测产面积为 5.4 m²,折算成公顷产量。

每品种连续取有代表性的 10 株进行考种,测定株高、百粒重、单株荚数、单株粒数、单株粒重、单株荚重、单株茎重、单株分枝数等农艺性状。

1.3 数据分析

采用 DPS v7.05 软件进行数据统计分析。

表 1 供试大豆品种
Table 1 Tested soybean cultivars

中早熟 Medium-early maturity			中熟 Medium maturity		中晚熟 Medium maturity	
品种 Cultivar	育成年份 Year of release		品种 Cultivar	育成年份 Year of release	品种 Cultivar	育成年份 Year of release
紫花 1 号 Zihua 1	1923		小金 1 号 Xiaojin 1	1934	金元 1 号 Jinyuan 1	1941
元宝金 Yuanbaojin	1929		小金黄 2Xiaohuangjin 2	1942	大金黄 Dahuangjin	1952
满仓金 Mancangjin	1929		小黄金 Xiaohuangjin	1954	四粒黄 Silihuang	1952
蜂窝 Fengwo	1956		吉林 1 号 Jilin 1	1963	集体 3 号 Jiti 3	1951
集体 5 号 Jiti 5	1956		吉林 7 号 Jilin 7	1971	吉林 5 号 Jilin 5	1963
九农 3 号 Jiunong 3	1969		吉林 10 Jilin 10	1971	吉林 6 号 Jilin 6	1963
吉林 12 Jilin 12	1971		九农 9 号 Jiunong 9	1978	九农 15 Jiunong 15	1987
绥农 4 号 Suinong4	1981		吉林 18 Jilin 18	1982	吉林 21 Jilin 21	1988
合丰 25 Hefeng25	1984		通农 10 Tongnong 10	1992	吉林 27 Jilin 27	1991
吉林 22 Jilin 22	1989		九农 21Jiunong 21	1995	吉林 30 Jilin 30	1995
吉林 26 Jilin 26	1990		长农 9 号 Changnong 9	1998	通农 12 Tongnong 12	2000
黑 40 Hei 40	1996		吉农 7 Jinong 7	1999	吉育 60 Jiyu 60	2002
绥农 14 Suinong 14	1996		长农 13 Changnong 13	2001	九农 26 Jiunong26	2002
吉林 40 Jilin 40	1998		通农 13 Tongnong 13	2001	吉育 72 Jiyu 72	2004
吉林 43 Jilin 43	1998		长农 16 Changnong 16	2003	吉育 74 Jiyu74	2005
吉丰 1 号 Jifeng 1	1998		吉农 12 Jinong 12	2002	吉农 23 Jinong 23	2007
吉林 47 Jilin47	1999		吉农 14 Jinong 14	2003		
长农 12 Changnong 12	2000		吉育 88 Jiyu 88	2007		
吉科豆 1 号 Jikedou 1	2001					
黑农 38 Heinong 38	2002					
吉育 69 Jiyu 69	2002					
吉育 73 Jiyu 73	2005					
吉育 301 Jiyu 301	2008					

2 结果与分析

2.1 不同熟期大豆品种光合特性指标随育成年代的变化

2.1.1 光合速率(Pn) 如表 2 所示,R2 期各熟期组的平均 Pn 依次是中早熟 > 中熟 > 中晚熟组,中早熟组和中熟组内不同年代间的 Pn 差异不显著,中晚熟组 2000 年后育成品种的 Pn 显著高于 1990 ~ 1999 年育成的品种;R5 期中早熟和中晚熟组

1990 ~ 1999 年育成品种的 Pn 显著高于 1920 ~ 1969 年育成的品种,中熟组各年代品种 Pn 差异不显著。且 R2 期净光合速率与育成年代的相关性分析(表 4)也表明只有中晚熟组品种的 Pn 与育成年代成正相关,但并未达到显著水平;到 R5 期,各熟期组品种的 Pn 均与育成年代成正相关,而中早熟和中晚熟组分别达到极显著(R = 0. 61)和显著水平(R = 0. 48)。

2.1.2 叶绿素含量 如表 2 所示,R2 期中熟组和

中晚熟组内各年代间品种的 SPAD 值无显著差异; R5 中早熟组和中熟组 1990 年以后育种品种的 SPAD 值均高于 1990 年以前育成的品种,中晚熟组各年代 SPAD 值差异不显著。如表 4 所示,在 R2

期,中早熟和中熟组的 SPAD 与育成年代均成负相关,但未达显著水平,而在 R5 期,各熟期组的 SPAD 均与育成年代成正相关,其中中早熟($R=0.50$)和中熟组($R=0.47$)达显著水平。

表 2 不同熟期大豆品种在不同生育时期光合速率和 SPAD 值随育成年代的变化
Table 2 Change of photosynthetic rate and SPAD value of soybean cultivars in different maturity groups with year of release at different growth stages

品种 Cultivar	育成年代 Year of release	光合速率 Photosynthesis rate/ $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$		SPAD 值 SPAD value	
		盛花期 R2	始粒期 R5	盛花期 R2	始粒期 R5
中早熟 Medium-early maturity	1920-1969	21.3 ± 0.5Aa	15.1 ± 1.2Bb	44.1 ± 0.1Aab	30.8 ± 2.4Bb
	1970-1989	23.3 ± 1.4Aa	16.3 ± 0.4ABb	45.5 ± 0.1Aa	32.0 ± 2.1Bb
	1990-1999	22.1 ± 0.9Aa	20.2 ± 0.2Aa	43.2 ± 0.3Ab	44.4 ± 0.6Aa
	2000-2010	21.7 ± 1.2Aa	19.9 ± 0.8Aa	44.7 ± 0.9Aab	47.5 ± 0.1Aa
中熟 Medium maturity	1920-1969	21.2 ± 0.8Aa	18.9 ± 0.1Aa	44.6 ± 0.4Aa	43.5 ± 0.1Bb
	1970-1989	21.6 ± 0.9Aa	18.7 ± 1.0Aa	43.9 ± 0.3Aa	44.2 ± 0.8Bb
	1990-1999	21.5 ± 0.4Aa	20.0 ± 0.8Aa	43.7 ± 0.7Aa	47.7 ± 0.4Aa
	2000-2010	20.9 ± 0.4Aa	19.9 ± 0.2Aa	43.4 ± 0.1Aa	48.5 ± 0.4Aa
中晚熟 Medium-late maturity	1920-1969	20.4 ± 0.3Aab	17.5 ± 0.3Ab	43.9 ± 0.5Aa	46.7 ± 0.8Aa
	1970-1989	20.4 ± 0.5Aab	19.2 ± 0.6Aab	44.5 ± 0.9Aa	48.9 ± 0.8Aa
	1990-1999	18.9 ± 0.9Ab	20.0 ± 0.7Aa	46.0 ± 0.3Aa	47.1 ± 0.8Aa
	2000-2010	21.6 ± 0.5Aa	19.0 ± 0.7Aab	43.5 ± 0.7Aa	48.9 ± 0.4Aa

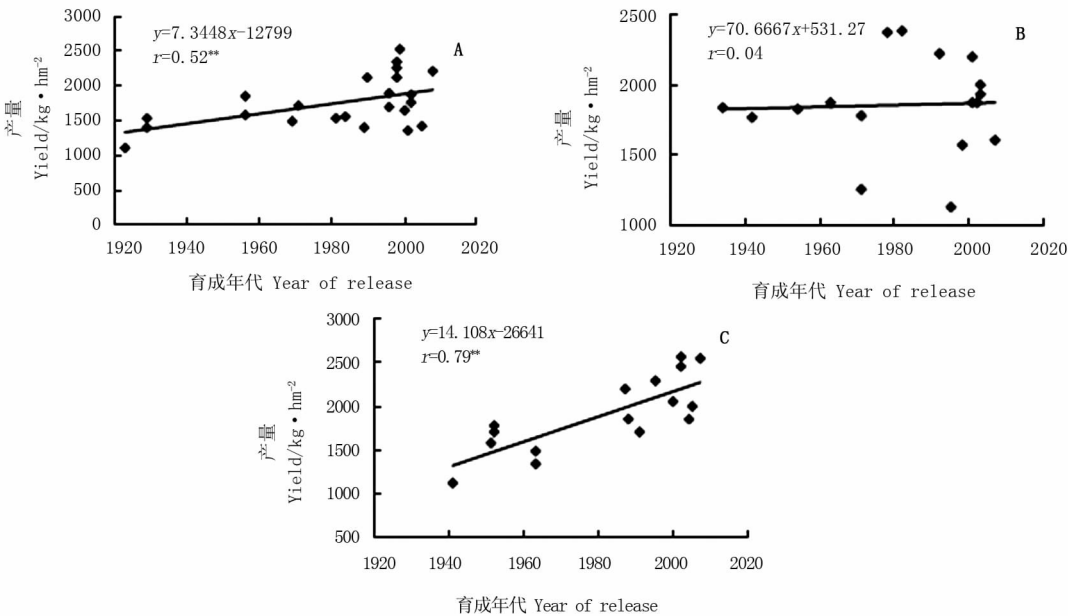
同一熟期同列数值后的不同大小写字母分别代表在 0.01 和 0.05 水平差异显著。

Values within a column in the same maturity group followed by different capital and lowercase letters are significantly different at 0.01 and 0.05 probability levels, respectively.

2.2 不同熟期大豆品种产量和主要农艺性状随育成年代的变化

种的产量均与其育成年代成正相关,中早熟组和中晚熟组达极显著水平。

2.2.1 产量 如图 1,各熟期组内不同年代大豆品



A: 中早熟; B: 中熟; C: 中晚熟; *和**分别表示在0.05和0.01水平上显著相关。
A:Medium-early maturity; B:Medium maturity; C:Medium-late maturity; *and ** denote significantly different at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

图 1 不同熟期大豆品种产量随育成年代的变化

Fig.1 Yield change of soybean in different maturity groups with year of release

2.2.2 百粒重、株高和单株分枝数 如表 4 所示,各熟期组的百粒重均与品种的育成年代成正相关,其中中熟组达极显著水平($R=0.7^{**}$)。

各熟期组的株高均与育成年代成正相关,但未达到显著水平。而分枝数与育成年代呈负相关,其中中早熟($R=-0.79^{**}$)和中晚熟($R=-0.51^{**}$)都达极显著水平。

2.2.3 叶面积及叶片长宽比 从各熟期组的不同冠层叶面积的变化来看(图 2f),总体上是上层较小,中下层较大。从相关性分析来看,各熟期组的单株叶面积与育成年代成正相关,中早熟组和中晚

熟组叶片的长宽比与育成年代正相关,但均未达到显著水平(表 4)。

2.2.4 叶柄长度 从表 3 可以看出各熟期组的不同冠层叶柄长度,总体上是中层较大,上层较小,下层居中。在中熟组中,2000 年后育成的品种冠层下部的叶柄长基本与冠层中部持平,而在中晚熟组,20 世纪 90 年代以来育成品种的冠层下部叶柄长高于中部。由表 4 可知,不同熟期组大豆品种平均叶柄长均与育成年代正相关,且中早熟组和中熟组分别达到极显著和显著水平。

表 3 不同熟期大豆品种各冠层叶柄长度随育成年代的变化

Table 3 Change of each canopy petiole length of soybean cultivars in different maturity groups with year of release

品种 Cultivar	育成年代 Year of release	上层 Upper	中层 Middle	下层 Lower
中早熟 Medium-early maturity	1920-1969	14.1 ± 2.3Ab	23.0 ± 0.3Cc	19.4 ± 0.4Aab
	1970-1989	18.6 ± 2.0Aa	25.8 ± 0.8Bb	18.5 ± 0.5Ab
	1990-1999	18.4 ± 2.0Aa	26.2 ± 0.3Bb	20.0 ± 0.8Aa
	2000-2010	18.9 ± 3.4Aa	28.1 ± 0.7Aa	19.8 ± 0.7Aab
中熟 Medium maturity	1920-1969	16.5 ± 2.8Ab	26.2 ± 0.4Bb	20.6 ± 1.2Bb
	1970-1989	19.5 ± 2.2Aab	24.2 ± 0.3Cc	16.9 ± 1.3Bc
	1990-1999	17.1 ± 3.1Ab	26.2 ± 0.3Bb	20.6 ± 0.7Bb
	2000-2010	23.0 ± 4.1Aa	29.0 ± 0.5Aa	28.8 ± 0.0Aa
中晚熟 Medium-late maturity	1920-1969	17.8 ± 1.9Cd	27.4 ± 0.5Aa	21.9 ± 1.9Bb
	1970-1989	21.5 ± 1.9Bb	24.3 ± 0.6Bb	19.9 ± 1.0Bb
	1990-1999	20.1 ± 1.9Bc	27.4 ± 0.8Aa	27.8 ± 0.0Aa
	2000-2010	25.0 ± 1.4Aa	28.2 ± 0.3Aa	29.2 ± 0.3Aa

2.2.5 各冠层荚数、荚重、粒数、粒重和茎重 从图 2 可以看出,各熟期组 20 世纪 90 年代以来育成的品种,其冠层上部的荚数、荚重、粒数和粒重均高于冠层下部;而各熟期组冠层下部的茎重均高于冠层上部和中部。从相关性分析来看(表 4),中熟组的单株荚数、荚重、粒数、粒重、茎重均与育成年代成负相关;中晚熟组除单株粒重外,单株荚数、荚重、粒数和茎重均与育成年代成正相关,其中单株荚数达显著水平($R=0.5^{*}$)。

2.3 不同熟期组大豆品种产量与光合特性指标及各农艺性状指标的相关性分析

由表 4 可知,中早熟组的产量除与叶片长宽比、单株分枝数、盛花期光合速率和盛花期 SPAD 成负相关外,与其余参数均成正相关,且除单株荚数外均达到显著或极显著水平;中熟组品种的百粒重、株高、单株叶面积、始粒期光合速率与产量成负

相关,其中,株高与产量成显著负相关($R=-0.44^{*}$)而其余参数与产量成正相关,其中其中单株分枝($R=0.47^{*}$)、单株茎重($R=0.44^{*}$)、单株荚数($R=0.61^{**}$)、单株荚重($R=0.68^{**}$)、单株粒数($R=0.59^{**}$)、单株粒重($R=0.64^{**}$)与产量正相关性达到显著或极显著水平;中晚熟组的产量与单株分枝和 R2 期 SPAD 成负相关,与其余参数均成正相关,其中与单株荚数和荚重分别达显著和极显著正相关。

各熟期组品种的单株荚数、单株荚重、单株粒数、单株粒重、单株茎重、始粒期 SPAD 与产量均成正相关。中早熟组和中晚熟组品种的百粒重、株高、单株荚数、单株荚重、单株粒数、单株粒重、单株茎重、单株叶面积、叶柄长、始粒期光合速率和 SPAD 与产量成正相关;单株分枝数、盛花期 SPAD 与产量成负相关。

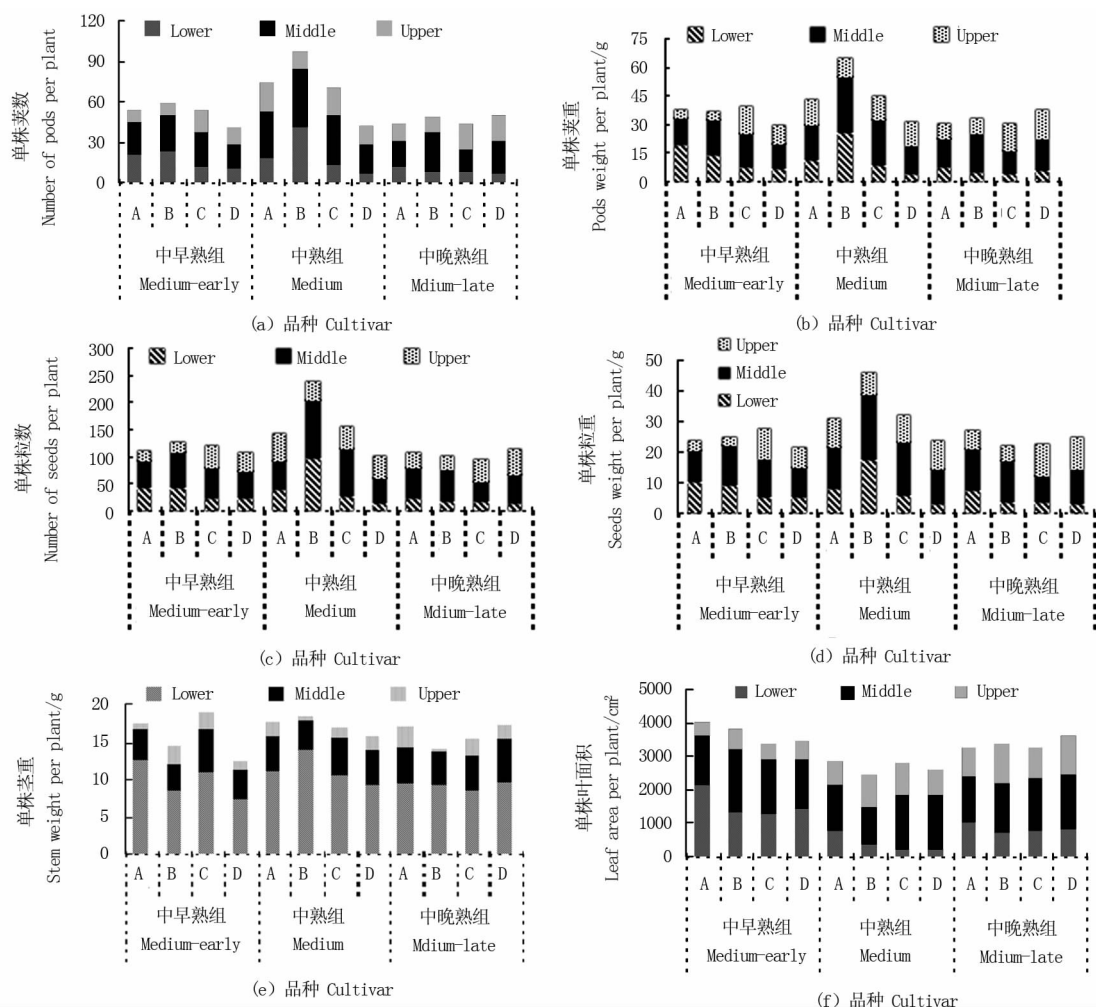


图2 不同熟期组大豆品种各冠层荚数、荚重、粒数、粒重、茎重和叶面积随育成年代的变化
Fig.2 Change of number of each canopy pods, pods weight, number of seeds, seeds weight, stems weight and leaf area of soybean cultivars in different maturity group with year of release

表4 不同熟期大豆品种产量和育成年代分别与主要农艺性状和光合特性指标的相关系数
Table 4 Correlation coefficients of main agronomic traits and photosynthetic characters of soybean cultivars in different maturity groups with yields and year of release, respectively

性状 Traits	育成年代 Year of release			产量 Yield		
	中早熟组 Medium-early maturity	中熟组 Medium maturity	中晚熟组 Medium-late maturity	中早熟组 Medium-early maturity	中熟组 Medium maturity	中晚熟组 Medium-late maturity
X_1	0.4	0.70 **	0.31	0.46 *	-0.04	0.42
X_2	0.07	0.03	0.17	0.42 *	-0.44 *	0.27
X_3	0.66 **	0.47 *	0.44	0.44 *	0	0.43
X_4	0.32	-0.1	0.27	-0.24	0.23	0.50 *
X_5	-0.79 **	-0.35	-0.51 *	-0.25	0.47 *	-0.43
X_6	-0.13	-0.36	0.50 *	0.35	0.61 **	0.55 *
X_7	-0.22	-0.19	0.44	0.42 *	0.68 **	0.61 **
X_8	0.08	-0.13	0.22	0.45 *	0.59 **	0.34
X_9	0.13	-0.32	-0.06	0.69 **	0.64 **	0.14
X_{10}	-0.02	-0.14	0.16	0.55 **	0.44 *	0.13
X_{11}	0.1	0.2	0.23	0.51 *	-0.05	0.28
X_{12}	-0.01	-0.17	0.18	-0.13	0	0.11
X_{13}	0.61 **	0.27	0.48 *	0.61 **	-0.12	0.41
X_{14}	-0.1	-0.2	0.04	-0.53 **	0.17	-0.05
X_{15}	0.50 *	0.47 *	0.23	0.45 *	0.17	0.03

X_1 : 百粒重; X_2 : 株高; X_3 : 叶柄长; X_4 : 叶片长宽比; X_5 : 单株分枝数; X_6 : 单株荚数; X_7 : 单株荚重; X_8 : 单株粒数; X_9 : 单株粒重; X_{10} : 单株茎重; X_{11} : 单株叶面积; X_{12} : 盛花期光合速率; X_{13} : 始花期光合速率; X_{14} : 盛花期 SPAD; X_{15} : 始花期 SPAD。* 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上差异显著。

X_1 : 100-seed weight; X_2 : Plant height; X_3 : Petiole length; X_4 : Leaf length to width; X_5 : Branches number per plant; X_6 : Pods number per plant; X_7 : Pods weight per plant; X_8 : Seeds number per plant; X_9 : Seeds weight per plant; X_{10} : Stem weight per plant; X_{11} : Leaf area per plant; X_{12} : P_n at R2; X_{13} : P_n at R5; X_{14} : SPAD at R2; X_{15} : SPAD at R5. * and ** denote significantly different at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

3 结论与讨论

已有研究表明,东北和黄淮各地大豆品种随育成年代的推进,产量都有不同幅度的增加^[5-8]。但费志宏等^[9]先后对黑龙江省近 20 a 来早熟和中熟豆品种的研究表明,群体产量增加幅度分别在 1994 年后和 1996 年后逐渐变小,进一步提高产量的难度加大。在该研究中,各熟期组内不同年代大豆品种的产量均与其育成年代成正相关,其中,中早熟组和中晚熟组达极显著水平,而晚熟品种随育成年代的推进其增产幅度很小。大豆要高产必须是产量构成因素的协调发展,只求某 1 个或 2 个产量构成因素发展的措施,难以获得高额的籽粒产量。该研究中,始粒期 SPAD 无论在哪个熟期组品种中均与育成年代和产量成正相关,表明始粒期 SPAD 在吉林省大豆品种的遗传改良中起着积极的作用。冠层光合速率与籽粒产量呈显著正相关^[14],然而大豆品种间叶片光合速率存在显著差异^[15-16]。在加拿大也出现了光合速率与大豆产量同步改良的趋势,平均每年增加 0.52%^[17]。国内学者也得出相似结论^[18-21]。该研究结果表明,虽然不同熟期大豆品种始粒期的光合速率与育成年代均成正相关,但与产量之间相关性不一致,中早熟和中晚熟品种始粒期光合速率与产量成正显著正相关,而中熟品种始粒期光合速率与产量却成负相关。此结论说明,高产品种应具有较高光合速率,高光合速率品种不一定能获得较高产量,光合速率只是衡量产量的一项指标。源库关系对产量同样会产生显著影响^[22-24]。该研究表明,中熟组随着年代推移,叶片逐渐变小,冠层下部叶面积逐渐变大,说明其群体结构正向“塔型”优良株型演变。

农艺性状和产量构成在大豆高产品种的改良中起着重要作用^[25]。该试验品种的株高范围是 70~125 cm,中早熟组和中晚熟组品种的株高与产量及育成年代均成正相关,单株分枝数与产量及育成年代均成负相关。各熟期组品种的单株荚数、单株荚重、单株粒数、单株粒重、单株茎重与产量成正相关,其中单株荚重与产量相关性显著。这与国内外的相关研究结果吻合^[19,26-27]。各熟期组均表现为 20 世纪 90 年代以后育成的品种,其冠层上部的荚数、荚重、粒数和粒重均高于冠层下部。也就是说,90 年代以后育成品种的产量主要集中在冠层的中上部,而 90 年代之前育成品种的产量则以冠层中部最大,这与黄中文等^[28]的研究结果一致。百粒重是产量构成因素之一,该文研究结果显示,早熟组和中晚熟组品种的百粒重与产量及育成年代均成

正相关。崔章林等^[29]研究也发现,东北一熟春播区、黄淮海复种夏播区和南方复种多播季区百粒重均有上升的趋势。

参考文献

- [1] 薛恩玉,李文华,姜妍. 黑龙江省大豆育成品种农艺性状演化趋势[J]. 大豆科学,2006,25(4):445-449. (Xue E Y, Li W H, Jiang Y. The evolution tendency of agronomic characters of soybean cultivars released in Heilongjiang province[J]. Soybean Science, 2006, 25(4):445-449.)
- [2] Saratha K. Trials and tribulations; a review of the role of assimilate supply in soybean genetic yield improvement[J]. Field Crops Research, 2002, 75(2-3):211-222.
- [3] Voldeng H D, Cober E R, Hume D J, et al. Fifty-eight years of genetic improvement of short-soybean cultivars in Canada[J]. Crop Science, 1997, 37:428-431.
- [4] Lange C E, Federizzi L C. Estimation of soybean genetic progress in the south of Brazil using multi-environmental yield trials[J]. Scientia Agricola, 2009, 66(3):309-316.
- [5] 成雪峰. 黄淮海地区大豆品种主要农艺性状演变分析[J]. 大豆科学, 2011, 30(4):585-588, 595. (Cheng X F. Evolution of soybean major agronomy characters in Huang-huai-hai region[J]. Soybean Science, 2011, 30(4):585-588, 595.)
- [6] 王文斌,孙贵荒,刘晓丽. 辽宁省大豆新老品种主要农艺性状比较研究[J]. 辽宁农业科学, 2001(1):11-15. (Wang W B, Sun G H, Liu X L. Comparative studies of main agricultural traits of new and old soybean varieties in Liaoning province[J]. Liaoning Agricultural Sciences, 2001(1):11-15.)
- [7] 胡文河,徐仲伟,徐克章,等. 吉林省不同年代大豆品种源—库关系的变化[J]. 中国油料作物学报, 2011, 33(5):476-481. (Hu W H, Xu Z W, Xu K Z, et al. Changes of source-sink relationship with genetic improvement of soybean cultivars with different releasing year in Jilin province[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2011, 33(5):476-481.)
- [8] 金剑,王光华,刘晓冰,等. 1950-2006 年间黑龙江省大豆品种农艺性状的演变[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2008, 34(3):296-302. (Jin J, Wang G H, Liu X B, et al. Agronomic changes of soybean cultivars released during 1950 to 2006 in Heilongjiang province[J]. Journal of Zhejiang University(Agriculture & Life Science), 2008, 34(3):296-302.)
- [9] 费志宏,谢甫绶,朱洪德,等. 黑龙江省早熟大豆品种主要农艺性状演变趋势[J]. 中国油料作物学报, 2006, 28(1):21-24. (Fei Z H, Xie F T, Zhu H D, et al. Developing tendency of major agronomic characters of early-maturity soybeans in Heilongjiang province[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2006, 28(1):21-24.)
- [10] 谢甫绶,包雪艳,郭小红,等. 不同年代大豆品种叶片部分生理指标的比较研究[J]. 大豆科学, 2010, 29(5):773-776. (Xie F T, Bao X Y, Guo X H, et al. Comparison of some leaf physiological traits of soybean cultivars released in different decades[J]. Soybean Science, 2010, 29(5):773-776.)
- [11] 费志宏,谢甫绶,朱洪德,等. 黑龙江省中熟大豆品种主要农艺性状演变趋势分析[J]. 中国农学通报, 2005, 21(11):106-109. (Fei Z H, Xie F T, Zhu H D, et al. Study on developing tend-

- ency of main agronomic characters of mid-maturity soybeans in Heilongjiang province[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(11):106-109.)
- [12] 张伟,王曙明,邱强,等. 从品种志分析吉林省大豆八十五年来育种方法及农艺特性演变[J]. 大豆科学, 2010, 29(2):18-21, 32. (Zhang W, Wang S M, Qiu Q, et al. Changes of breeding method and agronomic traits of released soybean cultivars during past 85 years in Jilin province[J]. Soybean Science, 2010, 29(2):18-21, 32.)
- [13] 张伟,王曙明,邱强,等. 从品种志分析吉林省八十五年来大豆育成品种产量和品质的演变[J]. 大豆科学, 2009, 28(6):970-975. (Zhang W, Wang S M, Qiu Q, et al. Changes of yield and quality traits of released soybean cultivars during past 85 years in Jilin province[J]. Soybean Science, 2009, 28(6):970-975.)
- [14] Well R. Soybean growth response to plant density: relationship among canopy photosynthesis, leaf area, and light interception[J]. Crop Science, 1991, 31:755-761.
- [15] 徐克章, 苗以农. 大豆光合生理生态的研究[J]. 大豆科学, 1983, 2(3):169-173. (Xu K Z, Miao Y N. Study on photosynthetic physioecological characters of soybean[J]. Soybean Science, 1983, 2(3):169-173.)
- [16] Dornhoff G M, Shibles R M. Varietal differences in net photosynthesis of soybean leaves[J]. Crop Science, 1969, 10(1):42-45.
- [17] Morrison M J, Voldeng H D, Cober E R. Physiological changes from 58 years of genetic improvement of short-season soybean cultivars in Canada[J]. Agronomy Journal, 1999, 91(4):685-689.
- [18] 李大勇,徐克章,张治安,等. 新老大豆品种叶片光合特性的比较[J]. 中国油料作物学报, 2007, 29(3):281-285. (Li D Y, Xu K Z, Zhang Z A, et al. Comparison of photosynthetic characteristics in the leaves of modern and old soybean cultivars[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2007, 29(3):281-285.)
- [19] 赵洪祥,徐克章,杨光宇,等. 吉林省 82 年来育成大豆品种的产量和叶片部分生理特性变化及其相互关系[J]. 作物学报, 2008, 34(7):1259-1265. (Zhao H X, Xu K Z, Yang G Y, et al. Changes and correlations between yield and partial physiological characters in leaves of soybean cultivars released from 1923 to 2005 in Jilin province[J]. Acta Agronomica Sinica, 2008, 34(7):1259-1265.)
- [20] 张恒善,刘金印. 大豆叶面积净光合生产率与产量关系研究[J]. 中国油料作物学报, 1982, 4(3):33-37. (Zhang H S, Liu J Y. Study on relationship of net photosynthetic rate and yield of soybean[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 1982, 4(3):33-37.)
- [21] 杜维广,王育民,谭克辉. 大豆品种(系)间光合活性的差异及其与产量的关系[J]. 作物学报, 1982, 8(2):31-135. (Du W G, Wang Y M, Tan K H. Varietal difference in photosynthetic activity of soybean and its relation to yield[J]. Acta Agronomica Sinica, 1982, 8(2):131-135.)
- [22] Egli D B, Bruening W P. Flowering and fruit set dynamics at phloem-isolated nodes in soybean[J]. Field Crop Research, 2002, 79:9-19.
- [23] 刘晓冰, Herbert S J, 金剑. 增加光照及其与改变源库互作对大豆产量构成因素的影响[J]. 大豆科学, 2006, 25(1):6-10. (Liu X B, Herbert S J, Jin J. Light enrichment and its interactions with source-sink alteration on yield and yield components in soybean[J]. Soybean Science, 2006, 25(1):6-10.)
- [24] 王光华, 刘晓冰, 杨恕平. 生殖生长期源库改变对大豆籽粒产量和品质的影响[J]. 大豆科学, 2006, 25(1):6-10. (Wang G H, Liu X B, Yang S P. Source-sink alteration influence on soybean quality and yield formation during reproductive development[J]. Soybean Science, 2006, 25(1):6-10.)
- [25] Singh R K, Pushpendra S K, Bhardwaj P M, et al. Study on heritability, genetic advance and correlation for major quantitative traits in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] [J]. Soybean Research, 2010, 8:1-6.
- [26] Boerma H R. Comparison of past and recently developed soybean cultivars in maturity groups VI, VII and VIII[J]. Crop Science, 1979, 19:611-613.
- [27] Chanapug W, Kaveeta L, Nanakorn M. Physiological characteristics related to productivity of elite soybean lines [R]. Bangkok: Proceedings of the 48th Kasetsart University Annual Conference, 2010.
- [28] 黄中文, 赵团结, 喻德跃. 大豆产量有关性状的 QTL 的检测[J]. 中国农业科学, 2009, 42(12):4155-4165. (Huang Z W, Zhao T J, Yu D Y. Detection of QTLs of yield related traits in soybean [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2009, 42(12):4155-4165.)
- [29] 崔章林, 盖钧镒, Thoms E, 等. 中国大豆育成品种及其系谱分析(1923-1995) [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998. (Cui Z L, Gai J Y, Thoms E, et al. The released Chinese soybean cultivars and their pedigree analysis(1923-1995) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1998.)