

春大豆播期光温效应的研究

刘剑丽¹, 宁海龙¹, 孙培乐², 宋兆华², 冯涛², 顾清², 陈东升², 李文滨¹

(1. 东北农业大学 大豆研究所, 大豆生物学教育部重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 黑龙江省农垦科学院 科研处, 黑龙江 佳木斯 154007)

摘 要:将来自中国北纬 22.7°~ 50.2°不同地点的 19 个春播大豆品种在 2 a 中分 4 个时期(4 月 21 日、5 月 15 日、6 月 11 日、7 月 1 日)进行播种,建立了春播大豆的生育进程、形态性状、产量相关性状的生态效应模型,通过模型参数分析了生态性状的光温效应,探讨了不同生态类型的特征。结果表明:在出苗至初花阶段,光温效应总体表现为缩短生育日数。在前 3 个播期下,光温效应减少终花至成熟阶段的生育日数,在第 IV 播期下,光温效应延长终花至成熟阶段的生育日数。在出苗至初花阶段,光温效应增加株高和主茎节数、地上生物产量。在初花至终花阶段,光温效应降低株高和主茎节数、生物产量,在终花至成熟阶段,光温效应均增加地上生物产量。在前 2 个播期下,光温效应通过初花至终花阶段增加百粒重,终花至成熟阶段增加单株荚数、单位面积粒数,提高单位面积产量,在第 IV 播期下,光温效应通过初花至终花阶段增加单位面积粒数,终花至成熟阶段的增加单株荚数和百粒重,提高单位面积产量。在选育品种时,应选择苗期发育较慢,而在开花期生长速度快的品种。对于早播(前 2 个播期)条件下,需选育(用)中晚熟的品种,在开花期坐荚率和结实率高、在鼓粒期鼓粒速度快的品种类型;而对于晚播(第 IV 播期)条件,需选育(用)早熟的品种,尤其是终花至成熟阶段的生育日数短的品种,在开花期坐荚率高、鼓粒期结实率高的品种类型。

关键词:春大豆;播期;光温效应;生态类型

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2011)03-0428-06

Effect of Light and Temperature under Different Sowing Date on Spring Soybean (*Glycine max* L. Merrill)

LIU Jian-li¹, NING Hai-long¹, SUN Pei-le², SONG Zhao-hua², FENG Tao², GU Qing², CHEN Dong-sheng², LI Wen-bin¹

(1. Soybean Biology Key Laboratory of Educational Ministry, Soybean Research Institute, Northeast Agricultural University, Harbin 150030; 2. Scientific Research Department of Academy of Land-reclaimable Sciences of Heilongjiang Province, Jiamusi 154007, Heilongjiang, China)

Abstract: In order to probe the effect of light and temperature (ELT) on spring soybean, 19 spring soybean varieties bred from different locations arranging from N 22.7° to N 50.2° were sowed on 4 dates (21st April, 15th May, 11th June, 1st July) in 2 years, respectively. Model of ELT on development, morphological traits and yield-related traits were erected, and by parameters in models the ELT of ecological traits were analyzed and features of various ecological types were discussed further. The results showed that ELT shortened the growing days from emergence to initial flowering. At the first, second and third sowing date, ELT shortened the growing days from ending flowering to mature. At the fourth sowing date ELT extended the growing days from end flowering to mature. From emergence to initial flowering ELT increased plant height, number of nodes in main stem and biomass, from initial flowering to end flowering ELT decreased plant height, number of nodes in main stem and biomass, from end flowering to maturity ELT increased biomass. Under the first and second sowing date, by increasing 100-seed weight at stage from initial flowering to end flowering and pods number per plant and seed number per area in the period from end flowering to maturity, ELT increased yield per area. Under the fourth sowing date, by increasing seed number per area at stage from initial flowering to end flowering and pod number per plant and 100-seed weight in the period from end flowering to maturity, ELT increased yield per area. For responding to ELT, varieties selected should grow slowly from emerging to initial flowering and develop rapidly in flowering stage. Ecological types for early sowing date should be characterized as middle and late maturity, high ratio of bearing pods and seeds in flowering stages and high rate of seed-filling. For ecological type suiting for late sowing date, seed-filling stage should be short, the ratio of bearing pods in flowering stage and that of bearing seeds in seed-filling stage should be high.

Key words: Spring soybean; Sowing date; Effect of light and temperature; Ecological type

收稿日期: 2011-01-05

基金项目: 哈尔滨市科技创新人才研究专项资金项目(2007RFQXN014)。

第一作者简介: 刘剑丽(1984-), 女, 在读硕士, 研究方向为大豆遗传育种。E-mail: liujianlishu@yahoo.cn。

通讯作者: 宁海龙(1975-), 男, 教授, 博士生导师, 从事大豆生态育种研究工作。E-mail: ninghailongneau@126.com。

大豆是一种比较典型的短日照、喜温性作物。相关研究已描述了大豆品种生态类型及其特点^[1],分析了光温条件对大豆生育的影响^[2-4]。很多学者对大豆开花和生育进程的光照和温度模型进行了广泛研究,如潘铁夫^[5]建立了出苗至成熟日数的线性模型,Ellis 等^[6]建立了不同光周期类型的非线性模型,Summerfield 等^[7]建立了开花时间的模型,张敬涛等^[10]构建了大豆生育动态模拟模型,Piper 等^[8]比较了大豆开花和成熟预报模型(SoyGro 模型和 CROPGRO 模型)的效果,Messina 等^[9]建立根据环境和大豆特效基因位点定量预测表型的模型、Stewart 等^[11]建立了鉴定光周期各基因对大豆生长发育影响的模型,Rahman 等^[12-14]研究了耐低温大豆品种的播种至出苗、开花至生理成熟的生长发育过程模型,但这些有关光温效应的模型多集中在大豆开花和成熟与光温效应的关系,而对于形态性

状、生物产量和产量相关性状却还未进行系统研究。该研究将不同地理来源的 19 个春播类型大豆品种分期播种,研究了不同播期下春大豆的生育期、形态性状、干物质、产量相关性状的光温效应模型,通过这些模型的参数,分析了不同播期下生态性状的光温效应,探讨了不同播期生态类型的特征,为大豆的生态育种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验材料为 19 份春大豆品种,这些品种的育种单位北起北纬 50.2°的黑龙江黑河,南至北纬 22.7°的台湾高雄;其中黑龙江省品种 11 份,吉林省品种 2 份,辽宁省品种 2 份,山东省品种 2 份,上海市品种 1 份,台湾高雄品种 1 份(表 1)。

表 1 参试春大豆品种类型及其原产地
Table 1 Types and original locations of tested spring soybean varieties

熟期类型 Maturity date type	品种 Varieties		原产地 Original locations		纬度 Latitude (N)	日长 Day length /h
极早熟 Ultra early maturity	黑河 33	Heihe 33	黑河	Heihe	50°15′	16.5
	北交 03-392	Beijiao 03-392	北安	Beian	48°17′	16.2
	华疆 1 号	Huajiang 1	北安	Beian	48°17′	16.2
早熟 Early maturity	黑河 45	Heihe 45	黑河	Heihe	50°15′	16.5
	黑河 48	Heihe 48	黑河	Heihe	50°15′	16.5
	北垦 04-12	Beiken 04-12	北安	Beian	48°17′	16.2
中早熟 Middle early maturity	黑农 37	Heinong 37	哈尔滨	Haerbin	45°45′	15.7
	东农 48	Dongnong 48	哈尔滨	Haerbin	45°45′	15.7
	合丰 45	Hefeng 45	佳木斯	Jiamusi	46°48′	15.9
	垦丰 12	Kenfeng 12	佳木斯	Jiamusi	46°48′	15.9
	绥农 14	Suinong 14	绥化	Suihua	46°34′	15.9
中晚熟 Middle late maturity	吉育 47	Jiyu 47	公主岭	Gongzhuling	43°31′	15.5
	吉育 75	Jiyu 75	公主岭	Gongzhuling	43°31′	15.5
	辽鲜 1 号	Liaoxian 1	沈阳	Shenyang	41°44′	15.3
	上海 95-1	Shanghai 95-1	上海	Shanghai	31°12′	14.3
	台湾 292	Taiwan 292	高雄	Gaoxiong	22°40′	13.7
晚熟 Late maturity	铁丰 1 号	Tiefeng 1	铁岭	Tieling	42°26′	15.4
	海阳大黄豆	Haiyangdahuangdou	海阳	Haiyang	35°40′	14.6
	烟台黑眼	Yantaiheiyan	烟台	yantai	37°32′	14.9

熟期类型是根据王金陵等(1957)划分的我国大豆生育期生态类型的熟期划分标准并结合这些品种通常春播的生育日数确定。
Maturity date type were classified according to standard proposed by Wang (1957) for growing date ecological type and actual growing length in spring sowing.

1.2 试验设计

试验于2007~2008年在黑龙江省哈尔滨市香坊实验基地进行;分4期播种:4月21日、5月15日、6月11日、7月1日。田间试验采用随机区组设计,3行区,行长5 m,行距0.6 m,2次重复,保苗22~30万株·hm⁻²;施缓释型大豆专用肥(N:P₂O₅:K₂O=12:25:11)225 kg·hm⁻²;化学除草,中耕2次,遇旱浇水,使大豆保持良好的生育状态。

按照Fehr^[15]提出的大豆发育时期标准,调查大豆各生育阶段的日期与日数,并在试验田内设气象观测场,测定每日的平均温度和平均日照长度。

成熟后,取代表性1 m²的大豆植株,测其株高、节数、籽粒数、籽粒产量与地上生物产量,并计算其产量比。

1.3 数据处理

用SAS软件进行数据处理,用REG过程进行多元线性回归分析。

2 结果与分析

2.1 大豆生育进程的光温效应

2.1.1 出苗至初花阶段的光温效应 不同播期下各品种出苗至初花阶段(VE~R1)生育日数(Y)对日平均温度(T_1)和平均日照长度(L_1)的线性回归方程如下:

$$\text{播期 I: } Y = 873.559 + 11.082T_1 - 66.574L_1$$

$$F_{2,16} = 875.85^{**} \quad R^2 = 0.991$$

$$\text{播期 II: } Y = 649.799 + 12.661T_1 - 55.615L_1$$

$$F_{2,16} = 97.90^{**} \quad R^2 = 0.925$$

$$\text{播期 III: } Y = 1185.770 + 2.198T_1 - 77.177L_1$$

$$F_{2,16} = 107.35^{**} \quad R^2 = 0.931$$

$$\text{播期 IV: } Y = 604.918 + 0.705T_1 - 39.011L_1$$

$$F_{2,16} = 225.53^{**} \quad R^2 = 0.966$$

不同播期下的回归方程均达到显著水平,决定系数均在90%以上,说明光温条件对出苗至初花阶段生育日数有显著影响。从回归系数上看,在不同播期条件下,温度可显著延长出苗至初花阶段生育日数,随着播期延迟,温度对出苗至初花阶段生育日数的延迟效应逐渐变小;日照长度可显著缩短生育日数,在6月11日播种条件下,日照长度对出苗至初花阶段生育日数缩短效应最大,在7月1日播种条件下,日照长度对出苗至初花阶段生育日数缩短效应最小。综合日平均温度和平均日照长度的效应看,在出苗至初花阶段,日照长度的效应高于日平均温度效应,总体表现为缩短生育日数。

2.1.2 初花至终花阶段的光温效应 不同播期下各品种初花至终花阶段(R1~R5)生育日数(Y)对

日平均温度(T_2)和平均日照长度(L_2)的线性回归方程如下:

$$\text{播期 I: } Y = -172.900 + 7.367T_2 + 1.592L_2$$

$$F = 2.44 \quad R^2 = 0.234$$

$$\text{播期 II: } Y = -261.403 + 10.495T_2 + 2.465L_2$$

$$F = 16.86^{**} \quad R^2 = 0.678$$

$$\text{播期 III: } Y = -12.026 - 0.603T_2 + 3.318L_2$$

$$F = 0.40 \quad R^2 = 0.048$$

$$\text{播期 IV: } Y = 14.528 + 2.999T_2 - 4.452L_2$$

$$F = 1.70 \quad R^2 = 0.175$$

在4个播期条件下,只有5月15日播种的初花至终花阶段生育日数对日平均温度和平均日照长度的方程达到显著水平,决定系数较低,说明光温条件对初花至终花阶段的生育日数影响不大。在4月21日和5月15日播期下,以温度效应为主,在6月11日播期下,以日照长度(L_2)效应为主,均表现为延长初花至终花阶段的生育日数,而在7月1日播期下,以日照长度(L_2)效应为主,表现为减少初花至终花阶段的生育日数。

2.1.3 鼓粒至成熟阶段的光温效应 不同播期下各品种终花至成熟阶段生育日数(Y)对日平均温度(T_3)和平均日照长度(L_3)的线性回归方程如下:

$$\text{播期 I: } Y = 225.058 + 3.350T_3 - 18.278L_3$$

$$F = 37.01^{**} \quad R^2 = 0.822$$

$$\text{播期 II: } Y = 197.370 + 1.176T_3 - 13.126L_3$$

$$F = 39.23^{**} \quad R^2 = 0.831$$

$$\text{播期 III: } Y = 140.658 - 0.670T_3 - 6.456L_3$$

$$F = 26.11^{**} \quad R^2 = 0.777$$

$$\text{播期 IV: } Y = -204.430 - 8.110T_3 + 29.833L_3$$

$$F = 13.12^{**} \quad R^2 = 0.669$$

由不同播期的回归方程可看出,日平均温度和日照长度对终花至成熟阶段(R5~R8)生育日数有显著影响,从决定系数可看出,随着播期的延迟光温效应逐渐降低。随着播期的延迟,日均温度对终花至成熟阶段(R5~R8)生育日数效应逐渐由延长变为缩短,光照时间对终花至成熟阶段(R5~R8)生育日数的效应逐渐由缩短变为延长。综合光温效应看,终花至成熟阶段以日照长度的效应为主,在前3个播期下,光温效应减少终花至成熟阶段的生育日数,在第4个播期下,光温效应延长终花至成熟阶段的生育日数。

2.2 大豆形态性状的光温效应

2.2.1 株高的光温效应 不同播期下株高(Y)对出苗至初花阶段日平均温度(T_1)和平均日照长度(L_1)、初花至终花阶段日平均温度(T_2)和平均日照长度(L_2)的回归方程如下:

$$\text{播期 I: } Y = -5315.976 - 49.407T_1 + 574.003L_1 - 7.437T_2 - 157.314L_2$$

$$F = 2.51^* \quad R^2 = 0.418$$

$$\text{播期 II: } Y = -4134.871 - 2.038T_1 + 331.319L_1 - 36.973T_2 - 15.043L_2$$

$$F = 2.55^* \quad R^2 = 0.422$$

$$\text{播期 III: } Y = -2137.376 - 3.068T_1 + 221.318L_1 - 2.278T_2 - 93.066L_2$$

$$F = 2.90^* \quad R^2 = 0.465$$

$$\text{播期 IV: } Y = -1011.493 - 32.311T_1 + 161.742L_1 - 15.170T_2 - 18.200L_2$$

$$F = 3.42^* \quad R^2 = 0.494$$

由以上回归方程可看出,在不同播期下,光照长度和温度对株高的效应均达到显著水平,随着播期延迟,光照和温度对株高的影响逐渐提高。在出苗至初花阶段,日均温度的效应表现为降低株高,在4月21日和7月1日播期下效应较大;日照长度的效应表现为增加株高,随着播期的延迟,效应逐渐降低。从光温综合效应上看,日照长度的效应高于温度效应,表现为增加株高。在初花至终花阶段,日均温度和日照长度的效应都降低株高。

2.2.2 主茎节数的光温效应 不同播期下主茎节数(Y)对出苗至初花阶段日平均温度(T_1)和平均日照长度(L_1)、初花至终花阶段日平均温度(T_2)和平均日照长度(L_2)的回归方程如下:

$$\text{播期 I: } Y = -781.454 - 5.472T_1 + 78.826L_1 - 0.100T_2 - 20.967L_2$$

$$F = 4.81^* \quad R^2 = 0.579$$

$$\text{播期 II: } Y = 264.852 - 3.814T_1 - 0.196L_1 - 0.037T_2 - 10.879L_2$$

$$F = 5.19^{**} \quad R^2 = 0.597$$

$$\text{播期 III: } Y = -10.956 - 1.418T_1 + 11.738L_1 - 1.115T_2 - 6.486L_2$$

$$F = 7.66^{**} \quad R^2 = 0.686$$

$$\text{播期 IV: } Y = -19.267 - 2.247T_1 + 11.385L_1 - 1.632T_2 - 3.472L_2$$

$$F = 11.01^{**} \quad R^2 = 0.759$$

由以上回归方程可看出,在不同播期下,光照长度和温度对主茎节数的效应均达到显著水平,随着播期延迟,光照和温度对主茎节数的综合影响逐渐提高。出苗至初花阶段日平均温度减少主茎节数,而日照长度增加主茎节数,且效应高于日均温度。光温综合效应以日照长度为主,增加主茎节数。初花至终花阶段日平均温度(T_2)和平均日照长度(L_2)均减少主茎节数,随播期的延迟,光温效应由日照长度效应为主逐渐变为以日平均温度效

应为主。

2.3 对地上生物产量的光温效应

不同播期下地上生物产量(Y)对出苗至初花阶段日平均温度(T_1)和平均日照长度(L_1)、初花至终花阶段日平均温度(T_2)和平均日照长度(L_2)、终花至成熟阶段日平均温度(T_3)和平均日照长度(L_3)的回归方程如下:

$$\text{播期 I: } Y = -18506 + 0.568T_1 + 2719.312L_1 - 149.219T_2 - 1641.531L_2 + 40.119T_3 + 480.040L_3 \quad F = 0.64 \quad R^2 = 0.298$$

$$\text{播期 II: } Y = 51058 + 113.735T_1 + 694.738L_1 - 187.003T_2 - 3917.315L_2 + 263.145T_3 + 10.293L_3 \quad F = 5.14^* \quad R^2 = 0.774$$

$$\text{播期 III: } Y = 10185 + 117.520T_1 + 28.876L_1 - 105.417T_2 - 1005.192L_2 + 25.433T_3 + 321.872L_3 \quad F = 5.81^{**} \quad R^2 = 0.795$$

$$\text{播期 IV: } Y = 18002 + 336.759T_1 + 1209.309L_1 - 177.263T_2 - 2230.606L_2 + 178.882T_3 + 1684.915L_3 \quad F = 4.97^* \quad R^2 = 0.768$$

由以上回归方程可看出,除4月21日播期外,光照长度和温度对地上生物产量的综合效应均达到显著水平,随着播期延迟,光照和温度对地上生物产量的效应逐渐提高。在出苗至初花阶段,日平均温度和日照长度的综合效应为增加地上生物产量。在初花至终花阶段,日平均温度(T_2)和平均日照长度(L_2)的效应为降低地上生物产量,在终花至成熟阶段,日平均温度(T_3)和平均日照长度(L_3)均表现为增加地上生物产量。

2.4 对产量相关性状的光温效应

2.4.1 单株荚数的光温效应 不同播期下单株荚数(Y)对初花至终花阶段日平均温度(T_2)和平均日照长度(L_2)、终花至成熟阶段日平均温度(T_3)和平均日照长度(L_3)的回归方程如下:

$$\text{播期 I: } Y = 1085.292 - 4.185T_2 - 82.851L_2 + 0.130T_3 + 22.984L_3$$

$$F = 2.39 \quad R^2 = 0.465$$

$$\text{播期 II: } Y = 2038.465 - 0.087T_2 - 158.979L_2 + 8.868T_3 + 17.776L_3$$

$$F = 8.36^{**} \quad R^2 = 0.753$$

$$\text{播期 III: } Y = 575.925 - 6.925T_2 - 51.210L_2 + 1.714T_3 + 26.312L_3$$

$$F = 12.89^{**} \quad R^2 = 0.824$$

$$\text{播期 IV: } Y = 108.754 - 0.261T_2 + 23.744L_2 + 4.072T_3 + 37.775L_3$$

$$F = 1.49 \quad R^2 = 0.352$$

由以上回归方程可看出,在5月15日和6月

11 日播期下,光照长度和温度对单株荚数的综合效应均达到显著水平,6 月 11 日播期的光照和温度对单株荚数的效应高于 5 月 15 日播期。初花至终花阶段日平均温度(T_2)和平均日照长度(L_2)的效应为降低单株荚数,终花至成熟阶段日平均温度(T_3)和平均日照长度(L_3)的效应为增加单株荚数。

2.4.2 单位面积粒数的光温效应 不同播期下单位面积粒数(Y)对初花至终花阶段日平均温度(T_2)和平均日照长度(L_2)、终花至成熟阶段日平均温度(T_3)和平均日照长度(L_3)的回归方程如下:

$$\text{播期 I: } Y = 101719 - 173.684T_2 - 8214.141L_2 + 76.283T_3 + 2112.125L_3$$

$$F = 3.38^* \quad R^2 = 0.551$$

$$\text{播期 II: } Y = 138034 + 161.894T_2 - 10810L_2 + 741.101T_3 + 728.451L_3$$

$$F = 18.90^{**} \quad R^2 = 0.873$$

$$\text{播期 III: } Y = 38160 - 677.024T_2 - 2889.790L_2 + 39.732T_3 + 1687.075L_3$$

$$F = 12.99^{**} \quad R^2 = 0.825$$

$$\text{播期 IV: } Y = 38774 + 231.318T_2 + 3533.585L_2 + 1207.323T_3 - 8837.272L_3$$

$$F = 10.15^{**} \quad R^2 = 0.787$$

由以上回归方程可看出,在 4 个播期下,光照长度和温度对单位面积粒数的综合效应均达到显著水平,5 月 15 日播期的光照和温度对单位面积粒数的效应高于 6 月 11 日播期,6 月 11 日播期的光照和温度对单位面积粒数的效应高于 7 月 1 日播期,4 月 21 日播期的光照和温度对单位面积粒数的效应最小。在前 3 个播期初花至终花阶段光温综合效应为降低单位面积粒数,终花至成熟阶段的光温综合效应为增加单位面积粒数,在 7 月 1 日播期下初花至终花阶段光温综合效应为增加单位面积粒数,终花至成熟阶段的光温综合效应为降低单位面积粒数。

2.4.3 百粒重的光温效应 不同播期下百粒重(Y)对初花至终花阶段日平均温度(T_2)和平均日照长度(L_2)、终花至成熟阶段日平均温度(T_3)和平均日照长度(L_3)的回归方程如下:

$$\text{播期 I: } Y = -680.880 + 1.624T_2 + 54.315L_2 - 2.593T_3 - 8.723L_3$$

$$F = 3.56^* \quad R^2 = 0.564$$

$$\text{播期 II: } Y = -425.024 - 3.971T_2 + 48.026L_2 - 1.517T_3 - 11.970L_3$$

$$F = 10.23^{**} \quad R^2 = 0.788$$

$$\text{播期 III: } Y = -79.163 + 3.917T_2 + 11.421L_2 + 0.607T_3 - 13.253L_3$$

$$F = 2.65 \quad R^2 = 0.491$$

$$\text{播期 IV: } Y = -571.239 - 4.362T_2 - 22.131L_2 - 16.966T_3 + 100.961L_3$$

$$F = 3.45^* \quad R^2 = 0.557$$

由以上回归方程可看出,在 4 月 21 日、5 月 15 日和 7 月 1 日播期下,光照长度和温度对单位面积粒数的综合效应均达到显著水平,5 月 15 日播期的光照和温度对单位面积粒数的效应高于 4 月 21 日播期,4 月 21 日播期的光照和温度对单位面积粒数的效应高于 7 月 1 日播期。在前 2 个播期下,初花至终花阶段的光温综合效应为增加百粒重,终花至成熟阶段的光温综合效应为降低百粒重。在 7 月 1 日播期下,初花至终花阶段的光温综合效应为降低百粒重,终花至成熟阶段的光温综合效应为增加百粒重。

2.4.4 单位面积产量的光温效应 不同播期下单位面积产量(Y)对初花至终花阶段日平均温度(T_2)和平均日照长度(L_2)、终花至成熟阶段日平均温度(T_3)和平均日照长度(L_3)的回归方程如下:

$$\text{播期 I: } Y = 10208 + 0.447T_2 - 878.223L_2 - 9.135T_3 + 277.494L_3$$

$$F = 1.61 \quad R^2 = 0.370$$

$$\text{播期 II: } Y = 23998 - 24.968T_2 - 1636.110L_2 + 166.151T_3 - 106.754L_3$$

$$F = 10.47^{**} \quad R^2 = 0.792$$

$$\text{播期 III: } Y = 7004.010 - 96.489T_2 - 432.041L_2 + 19.036T_3 + 134.510L_3$$

$$F = 19.24^{**} \quad R^2 = 0.875$$

$$\text{播期 IV: } Y = -2221.106 - 7.568T_2 + 290.958L_2 - 43.788T_3 - 53.778L_3$$

$$F = 5.81^{**} \quad R^2 = 0.679$$

由以上回归方程可看出,后 3 个播期,光照长度和温度对单位面积产量的综合效应均达到显著水平,6 月 11 日播期光照和温度对单位面积产量的效应高于 5 月 15 日,5 月 15 日播期的光照和温度对单位面积产量的效应高于 7 月 1 日。5 月 15 日和 6 月 11 日播期,初花至终花阶段的光温综合效应为降低单位面积产量,终花至成熟阶段的光温综合效应为增加单位面积产量。在 7 月 1 日播期下,初花至终花阶段光温综合效应为增加单位面积产量,终花至成熟阶段光温综合效应为降低单位面积产量。

3 结论与讨论

对春播大豆品种在 2 a 中分 4 期播种的生态性状对日平均温度和日照长度的回归模型,研究了春

播大豆的光温效应。在出苗至初花阶段,光温效应总体表现为缩短生育日数。在前3个播期下,光温效应减少终花至成熟阶段的生育日数,在7月1日播期下,光温效应延长终花至成熟阶段的生育日数。因此,在前2个播期下,需选育(用)中晚熟的品种,而在第4个播期时,需选育(用)早熟的品种,尤其是终花至成熟阶段的生育日数短的品种。在出苗至初花阶段,光温效应增加株高和主茎节数、地上生物产量。在初花至终花阶段,光温效应降低株高和主茎节数、生物产量,在终花至成熟阶段,光温效应均增加地上生物产量。在选育品种时,应选择苗期发育较慢,而在开花期生长速度快的品种。初花至终花阶段日平均温度和平均日照长度对单株荚数、单位面积粒数和百粒重的综合效应与终花至成熟阶段的光温效应相反,相互抵消。在前2个播期下,光温效应通过初花至终花阶段增加百粒重,终花至成熟阶段的增加单株荚数、单位面积粒数,提高单位面积产量,在第4个播期下,光温效应通过初花至终花阶段增加单位面积粒数,终花至成熟阶段的增加单株荚数和百粒重,提高单位面积产量。因此,对于早播(4月21日~5月15日)品种,应选育(用)在开花期坐荚率和结实率高、在鼓粒期鼓粒速度快的品种;而对于晚播(7月1日)品种,应选育(用)在开花期坐荚率高、在鼓粒期结实率高的品种。

参考文献

- [1] 宁海龙,王金陵,李文滨. 中国大豆生态类型[M]. 北京:金盾出版社,2007:45-102. (Ning H L, Wang J L, Li W B. Soybean ecological type in China[M]. Beijing: Jindun Press, 2007: 45-102.)
- [2] 董全中. 迟播对早熟大豆产量、品质及农艺性状的影响[J]. 大豆科学,2008,27(4):616-619,623. (Dong Q Z. Effect of late-sowing on yield, quality and agronomic characters in short-season soybean[J]. Soybean Sciences, 2008,27(4):616-619.)
- [3] 栾晓燕,杜维广,陈怡,等. 播期对不同大豆品种生育阶段与光合产物积累的影响[J]. 黑龙江农业科学,2001(4):9-10. (Luan X Y, Du W G, Chen Y, et al. Effect of sowing date on accumulation of assimilate and growth period of soybean cultivars [J]. Heilongjiang Agricultural Science, 2001(4):9-10.)
- [4] 王继安,王雪峰,姬长举. 不同播期对极早熟大豆产量及农艺性状的影响[J]. 大豆科学,2001,20(2):149-151. (Wang J A, Wang X F, Ji C J. Effects of planting times on the yield and agronomic characters of extremely early soybeans[J]. Soybean Science, 2001,20(2):149-151.)
- [5] 潘铁夫,张德荣,张文广. 中国大豆气候生态条件的研究[J]. 大豆科学,1985,4(2):105-116. (Pan T F, Zhang D R, Zhang W G. Agricultural climatic ecological factor of soybean in China [J]. Soybean Science, 1985, 4(2):105-116.)
- [6] Ellis R H, Collinson S T, Hudson D, et al. The analysis of reciprocal transfer to estimate the duration of the photoperiod-sensitive and photoperiod insensitive phases of plant development; an example in soybean[J]. Annals of Botany, 1992, 70:87-92.
- [7] Summerfield R J, Lawn R J, Qi A, et al. Towards the reliable prediction of time to flowering in six annual crops. II. Soybean (*Glycine max* L.) [J]. Experimental Agriculture, 1993, 29: 253-289.
- [8] Piper E L, Boote K J, Jones J W, et al. Comparison of two phenology models for predicting flowering and maturity date of soybean [J]. Crop Science, 1996, 36:1606-1614.
- [9] Messina C D, Jones J W, Boote K J, et al. A gene-based model to simulate soybean development and yield responses to environment [J]. Crop Science, 2006, 46:456-466.
- [10] 张敬涛,周丰锁,褚宏艳,等. 大豆生育阶段动态模型的研究[J]. 大豆科学,2002,21(3):203-207. (Zhang J T, Zhou F S, Chu H Y, et al. Study on the soybean development simulation model[J]. Soybean Science, 2002, 21(3):203-207.)
- [11] Stewart D W, Cober E R, Bernard R L. Modeling genetic effects on the photothermal response of soybean phenological development [J]. Agronomy Journal, 2003, 95:65-70.
- [12] Rahman M M, Hampton J G, Hill M J. Soybean seed yield as affected by time of sowing in a cool temperate environment [J]. Journal of New Seeds, 2005, 7(4):1-15.
- [13] Rallman M M, Hampton J G, Hill M J. Soybean development under the cool temperate environment of Canterbury, New Zealand [J]. Journal of New Seeds, 2005, 7(4):17-36.
- [14] Sysoeva M I, Markovskaya E F. Photothermal model of plant development[J]. Russian Journal of developmental Biology, 2006, 37: 16-21.
- [15] Fehr W R, Caviness C E. Stage of soybean development[M]. Iowa Agric. Home Economics Exp. Stn. Spec. Rep. 80. Iowa State Univ. Ames. I A. USA, 1977.