

开花后光照长度对大豆农艺性状的影响^{*}

韩天富 王金陵 范彬彬 姚文秋 杨庆凯

(东北农业大学农学系, 哈尔滨 150030)

【摘要】 在人工控制条件下, 研究了开花后的光照长度对大豆农艺性状的影响及大豆不同发育阶段长度与农艺性状的相关性. 结果表明, 开花后长日照可提高大豆的干物质积累量, 在正常成熟的前提下可明显提高产量. 试验进一步证明鼓粒期长度与粒重和产量呈正相关, 花荚期长度对产量形成相当重要. 认为东北大豆花荚期及以前的长日照有助于干物质的积累和较多花荚数量的形成, 鼓粒开始后迅速缩短的日照条件可促进干物质向籽粒的运转, 并加快籽粒的整齐成熟.

关键词 大豆 光照长度 农艺性状

Effect of post-flowering daylength on agronomic characters of soybean. Han Tianfu, Wang Jinling, Fan Binbin, Yao Wenqiu and Yang Qingkai (*Department of Agronomy, Northeast Agricultural University, Harbin 150030*). *Chin. J. Appl. Ecol.*, 1996, 7(2): 169 ~ 173.

The effects of post-flowering daylength on the agronomic character, and the relationship between length of developmental stages and agronomic characters are studied under photoperiod-controlled conditions. The results show that long day can increase the dry matter accumulation and increase the seed yield provided the maturation is normal. The filling duration is positively related to the seed size and yield, and the durations of flowering and podding are important for the yield as well. It is proposed that in northeast China, the long day before and during flowering and podding of soybean is favoring of the dry matter accumulation and the production of more flowers and pods, while the quickly shortened daylength after early filling can enhance the translocation of photosynthates to seeds and hasten seed maturation.

Key words Soybean, Daylength, Agronomic character.

1 引言

大豆是短日照作物. 以往的研究结果表明, 开花前的光照长度不仅影响大豆的开花期, 而且影响株高和其它性状^[2]. 一些结果表明, 大豆开花后仍表现出明显的短日性^[5, 11]. 开花后改变日照长度使大豆的生殖生长期长度变化, 农艺性状发生改变^[7, 8, 12, 13]. 在相近条件下对不同基因型的分析亦表明, 开花后各阶段长度与大豆产量构成因子和其它农艺性状密切相关. 在大豆进化和品种改良过程中, 随着经济性

状的改善, 生殖生长期相对延长, 生育期比 (R/V) 增大^[1, 3].

以往的人工光照试验不以农艺性状的变化为重点, 研究材料偏少, 很少分析同一组材料在不同光照条件下的变化规律; 在相近光照条件下利用不同基因型分析生殖生长期长度与农艺性状的关系时, 由于基因型间在其它性状上差异较大, 影响了结果的可靠性. 因此, 选用来自中国大豆主要生态区的代表品种, 设置不同的光照试验,

^{*} 国家自然科学基金资助项目.

1994年9月12日收到, 1995年2月31日改回.

研究开花后的光照状况对大豆农艺性状的影响, 比较开花前后光照长度的作用, 分析各发育阶段长度与农艺性状的相关性, 探讨中国东北大豆主产区日照长度的变化在大豆干物质积累和产量形成中的作用, 为大豆的栽培和育种提供理论依据。

2 材料与方法

2.1 开花后日照长度试验

试验于 1991 年在东北农业大学(哈尔滨, 45° 41' N, 夏至日照长度约 15.6 h)进行(试验 1)。选用来自中国大豆主要生态区、生育期及播期类型不同的 15 个代表品种。其中, 东农 36、合丰 25、勃利半野生、吉林 20 和丹豆 5 号属北方春大豆; 耐阴黑豆和邳县红毛油属黄淮春大豆; 鲁豆 4 号和徐豆 2 号属黄淮夏大豆; 泰兴黑豆和矮脚早属南方春大豆; 1138-2 和苏协 1 号属南方夏大豆; 自贡冬豆和九月拔属南方秋大豆。

设置 5 种不同的光照处理。其中, 处理 1 全期置哈尔滨自然光照下。2~5 处理进行开花前短日(12 h)诱导, 以使不同品种的开花期接近^[2], 开花后阶段处于相近的自然条件下。开花后分别进行 12 h、15 h、自然光照(开花至初霜期平均日照长度约 14.2 h, 晨暮光共计 1 h^[14])和 18 h 光照处理。试验过程中, 当自然光照时数(包括晨暮光)长于计划光照长度时采用人工遮光, 当日照时数(不计晨暮光)短于计划光照长度时则补充光照, 所用光源为 200 W 白炽灯。晚间补充光照时地面照度 1 000 Lx 左右, 植株上方最大照度为 2 500 Lx, 接近或低于大豆的光补偿点^[4]。遮光暗室用深色厚帆布制成。遮光时暗室内最大照度(7 月 5 日傍晚遮光时测定)约 1 Lx, 低于诱导大豆光周期反应的光强度^[15]。早晨遮光结束前测定暗室温度时, 植株顶部附近气温高出室外 1 左右, 植株下方气温高 0.5 左右。

供试材料全部盆栽。播种前盆内定量装过筛耕层黑土和肥料。生育期间保证充足水分条件, 常规管理。播种期为 5 月 14 日, 5 月 22 日前后出苗, 6 月 4 日开始 2~5 处理的短日诱导, 具 2 个复叶时定苗。在同一光照处理下, 每品种种植 5

盆, 共 10 株。自初花(R_1)期开始, 每隔 2 天按照 Fehr 等^[10]的大豆发育时期分期标准记载 $R_1 \sim R_8$ 各期出现日期。9 月 21 日结束光照处理。

2.2 开花前未经短日诱导的植株农艺性状试验

试验于 1992 年进行(试验 2)。采用试验 1 中可在哈尔滨自然条件下霜前成熟或达到鼓粒中期以后的 8 个品种: 东农 36、合丰 25、勃利半野生、吉林 20、丹豆 5 号、邳县红毛油、鲁豆 4 号和泰兴黑豆。

为使不同品种开花日期差距缩小, 晚熟品种适当早播。其中, 鲁豆 4 号于 4 月 28 日播种(育苗移栽), 勃利半野生、吉林 20、丹豆 5 号、邳县红毛油和泰兴黑豆于 5 月 10 日播种; 东农 36 和合丰 25 于 5 月 22 日播种。出苗至初花期置自然光照下, 开花后分设短日照(12 h)和自然光照处理。试验材料的种植、管理、光照处理、记载方法和样本数同试验 1。9 月 30 日收获。

供试材料收获后风干, 考种记载主要农艺性状。根据试验所得结果进行农艺性状与主要发育阶段长度的相关分析。

3 结果与分析

3.1 开花后不同光照长度对大豆农艺性状的影响

不同光照处理和品种间农艺性状的差异十分明显。从方差分析结果可看出, 对株高、节数、干重、荚数等性状来说, 不同光照处理的 MS 值大于品种间差异的 MS 值(表 1), 说明光照长度对这些性状的影响比品种间的差异更大, 粒数和单株产量的品种变异大于光照处理。

根据表 1 中 F 值的大小可以比较不同性状对光照处理的敏感性(自由度相同)。可见, 主要农艺性状对光照处理的敏感性为: 株高 > 干重 > 节数 > 荚数 > 单株粒数 > 单株产量; 营养器官受光照长度的影响更加直接。不同性状的品种间差异位次是株高 > 荚数 > 干重 > 产量 > 单株粒数 > 节数。

表 1 不同光照条件下大豆品种农艺性状的方差分析

Table 1 Variance analysis of agronomic characters of soybean varieties under different photoperiodic conditions													
变异来源 Source	自由度 DF	株 高 Plant height		主茎节数 Node on main stem		单株干重 DM per plant		单株荚数 Pod no. per plant		单株粒数 Seed no. per plant		单株产量 Yield per plant (g)	
		MS	F	MS	F	MS	F	MS	F	MS	F	MS	F
光照长度 (DL) Daylength	4	11606.03	1057.6*	1654.7	123.3*	24451.6	124.0*	11549.6	34.4*	8653.3	7.1*	7.1	0.28*
品种(V) Varieties	14	5504.1	50.2*	109.0	8.1*	4219.0	21.4*	7218.3	21.5*	19700.6	16.2*	488.7	19.1*
光照×品种 DL×V	56	1132.1	10.3*	30.5	2.3*	761.9	3.9*	2666.9	7.95*	5561.3	4.6*	116.5	4.6*
误差 Error	296	109.7		13.4		197.2		335.5		1218.9			25.6

* P<0.01.

表 2 光照长度对大豆品种农艺性状的影响*

性 状 Characters (plant ⁻¹)	光照处理 Photoperiodic treatments				
	NPP	12 h+ 12 h	12 h+ 15 h	12 h+ NPP	12 h+ 18 h
株高 Plant height (cm)	136.3 ^A	43.5 ^C	47.6 ^{BC}	51.9 ^B	51.5 ^B
主茎节数 Node no. on main stem	22.1 ^a	10.9 ^c	11.5 ^{bc}	11.9 ^{bc}	12.8 ^b
单株干重 Dry matter (g)	65.0 ^A	21.4 ^B	25.3 ^B	26.6 ^B	26.7 ^B
单株荚数 Pod no.	—	35.6 ^a	37.5 ^a	37.3 ^a	34.0 ^a
单株粒数 Seed no.	—	55.0 ^a	57.0 ^a	61.7 ^a	53.6 ^a
单株产量 Yield (g)	—	10.1 ^a	9.5 ^a	10.1 ^a	8.7 ^a
百粒重 100-seed wt. (g)	—	18.9 ^a	17.4 ^{ab}	17.2 ^b	16.6 ^b
收获指数 Harvest index	—	0.49 ^A	0.41 ^B	0.41 ^B	0.36 ^B

* 1) 光照处理表示方法: “+”号前为开花前光照时数, “+”号后为开花后光照时数, NPP 指哈尔滨自然光照。Designation of photoperiods: The number before “+” was the photoperiod before R₁ (beginning of flowering), and that after “+” was the photoperiod after R₁. NPP meant the natural photoperiod in Harbin (45°41'N). 2) 品种数为 15。Variety number was 15. 3) 新复极差测验在同一性状不同光照处理间进行。具不同字母的处理间有显著(P<0.05, 小写字母)或极显著(P<0.01, 大写字母)差异。The LSR tests were carried out between different photoperiodic treatments for the same character. The difference between the treatments with different letters were significant at 0.05 (small letters) or 0.01 (capital letters) levels. “—”部分品种未熟。Some varieties were not matured.

不同类型品种在株高、节数、单株干重方面对光照长度的反应基本一致。由表 2 可见, 自然光照处理(处理 1)的株高、节数、单株干重远高于前期经短日诱导的处理, 说明前期光照长度对营养生长和干物质积累十分重要。但是, 在自然光照下, 供试的晚熟品种不能正常结实甚至不能开花。在开花前经短日诱导、开花后光照长度不同的其它 4 处理(处理 2~5)中, 随着开花后光照的延长, 株高逐渐增加, 节数增多, 干物质积累量增大, 说明开花后营养器官仍可因光照长度的改变而有相当数量的增减。例如, 开花后 18 h 光照处理与短日处理(12 h)相比, 供试品种株高、节数、干重平均值分别增加 8 cm、1.9 节和 4.9 g。

开花后光照长度对晚熟品种的影响更大。开花后 18 h 与 12 h 处理相比, 晚熟品种自贡冬豆的株高、节数和单株干重分别增加 43.5 cm、5.3 节和 17.0 g, 增幅分别达到 108.2%、52.0%和 100.6%。另一项试验结果(另文发表)表明, 长日照明显延长大豆品种开花后各阶段的长度, 甚至可使自贡冬豆等敏感品种恢复到旺盛的营养生长状态。因此, 长日照使株高增加、节数增多、干物重增大主要是生殖生长期延长、营养生长相对加强、光合产物增多的结果。

日照长度对产量性状的影响比较复杂, 品种间有不同的反应。早熟品种在不同光照条件下无明显变化。在长光照下, 中间类型的荚数、粒数、单株产量有所增加, 迟

熟类型则因生殖生长相对削弱、营养生长加强、荚数和粒数减少而造成减产. 开花后 18 h 长光照与 12 h 短光照处理相比, 超早熟品种东农 36 的荚数、粒数和产量下降 11. 9%、13. 3% 和 9. 2%, 这一现象有待进一步研究. 成熟期稍晚但可在霜前成熟的吉林 20 分别增加 23. 9%、75. 8% 和 45. 8%. 极晚熟品种自贡冬豆则分别下降了 58. 7%、54. 0% 和 62. 8%. 百粒重的变化因品种而异. 对于可在霜前成熟的品种来说, 长日照有增大粒重的效果, 晚熟品种在长日照下生殖生长相对削弱, 百粒重有所下降. 供试品种收获指数的平均值因长日照而下降.

3. 2 开花后日照长度对开花前未经短日诱导的大豆植株农艺性状的影响

试验 2 中的供试材料开花前均生长在自然长日照下, 只是开花后的日照长度不同. 结果表明, 日照长度变化的效应与试验

1 基本相同. 与自然长日照处理相比, 短日照使株高降低, 主茎节数减少 ($P < 0. 05$), 单株干重降低, 荚数、粒数下降 ($P < 0. 05$), 产量和百粒重有下降趋势(表 3). 开花后不同日照长度对干物重和产量的影响说明, 开花后干物质的积累量对大豆产量形成有重要作用.

3. 3 开花后各阶段长度与农艺性状分析
多种光照处理, 使供试大豆品种开花前、后的生育进程和农艺性状发生变化(表 4). 由表 4 可见, 出苗至初花($V E \sim R_1$)、初花至鼓粒初期($R_1 \sim R_5$)及鼓粒初至生理成熟期($R_5 \sim R_7$)长度均与株高、单株干重、单株产量正相关($P < 0. 01$). 除此之外, $R_1 \sim R_5$ 期长度与荚数和粒数正相关($P < 0. 01$), $R_5 \sim R_7$ 期与百粒重正相关($P < 0. 01$), 说明花荚期长度对荚数和粒数的确定相当重要, 而鼓粒期长度与百粒重密切相关.

表 3 开花后日照长度对开花前未经短日诱导的大豆植株农艺性状的影响

Table 3 Effects of daylength on agronomic characters of non-SD induced (before R_1) plants of soybean varieties

光照长度 Daylength	株 高 Plant height (cm)	主茎节数 Node no. on main stem	单株干重 DM per plant (g)	单株荚数 Pod no. per plant	单株粒数 Seed no. per plant	单株产量 Yield per plant (g)	百粒重 100-Seed wt. (g)
NPP+ NPP	89. 7 ^a	17. 9 ^a	30. 2 ^a	48. 8 ^a	92. 5 ^a	11. 56 ^a	14. 40 ^a
NPP+ SD	84. 1 ^a	16. 8 ^b	26. 4 ^a	37. 0 ^b	68. 0 ^b	9. 34 ^a	14. 35 ^a

1) NPP+ NPP: 一直生长在自然光照条件下. Grown under natural photoperiod in Harbin during the life.
2) NPP+ SD: 开花前生长在自然光照条件下, 开花后进行 12 h 短日处理. Grown under natural photoperiod before R_1 (beginning of flowering). After R_1 , the plants were treated with short days of 12 h.
3) 见表 2 注释 See the foot-note 3 of Table 2.

表 4 大豆品种主要发育阶段长度与农艺性状的相关系数

Table 4 Correlation coefficients between the length of main developmental stages and agronomic characters

性 状 Character- ers	出苗至 初花日数 ($V E \sim R_1$)	初花至鼓 粒初日数 ($R_1 \sim R_5$)	鼓粒初至 生理成熟 日 数 ($R_5 \sim R_7$)	株 高 Plant height (cm)	单株干重 DM per plant (g)	荚 数 Pod no. per plant	粒 数 Seed no. per plant	单株产量 Yield per plant	百粒重 100- Seed wt.
$V E \sim R_1$	—	0.0335	0.3416 *	0.2028 *	0.3531 *	0.0178 *	0.0804	0.1953 *	0.2356 *
$R_1 \sim R_5$		—	- 0.0631	0.4211 *	0.4393 *	0.3430 *	0.2864 *	0.2329 *	0.0300
$R_5 \sim R_7$			—	0.3018 *	0.3981 *	- 0.0600	0.0387	0.2387 *	0.3497 *

1) $n = 279$, * $P < 0. 01$.

4 讨 论

光合时间是大豆物质生产的关键因素之一, 生育期和每日日照长度决定光合时间的长短. 结果表明, 开花后光照长度通过

改变生殖生长期各阶段的长度, 影响大豆的干物质积累和产量性状. 开花后若处于长日照条件下, 将延长生殖生长期, 增加物质积累量和结实器官的数量. 如果在霜前能够成熟, 长日照可起到增产的效果. 但光

照时数太长又会使成熟偏晚, 营养生长过旺, 造成霜前不熟和明显减产。目前由于无法大规模控制光照长度, 只有通过播期调整来调节开花后日照长度。因此, 春播条件下, 适期早播使开花期有所提前, 开花后阶段处于较长的日照下, 生殖生长期有所延长, 将起到增产效果。播种过迟时由于开花后阶段太短, 荚数和粒数减少, 产量将下降。当然, 对于短日性很强、需更短光照条件的品种来说, 过早播种会使植株过于繁茂, 引起倒伏减产。

东北大豆主产区开花前日照由短变长, 开花至成熟阶段日照由长变短, 变化幅度很大, 即花荚期处于长日照下, 而鼓粒期的日照相对较短。因此, 在东北地区, 花荚期及以前阶段较长的日照有利于积累较多的干物质、增加荚数和粒数。鼓粒期迅速变短的日照条件可促进光合产物向籽粒的运转, 并使种子特别是无限或亚有限结荚习性品种植株上部的后结种子在霜前加速成熟。日照长度的这种变化有益于东北大豆品种的产量形成。

近 20 年来, 大豆遗传育种工作者研究了开花后各阶段长度特别是鼓粒期对产量的影响, 并注意了生育期结构的作用^[3, 6, 9]。结果表明, 开花后各发育阶段长度与产量的关系很密切, 开花前阶段对生物产量和经济产量也相当重要。因此, 在改良品种的生育期结构时, 应保证出苗至开花期的适当长度, 并使其具有较高的光合生产能力, 以积累较多的干物质。开花后阶段长度的调整应根据生态条件和生态类型而异。在我国东北地区, 适应干旱、瘠薄等较差条件的大豆品种应属无限或亚有限结荚类型, 具有较长的花荚前期和较短的鼓粒期, 以使开花后有较多的分枝和花荚, 鼓粒期处于较短的日照下, 加速种子成熟, 最

终形成中粒或中小粒。对高水肥条件选育的品种可适当缩短花荚前期长度, 延长鼓粒期长度, 以形成大粒或中大粒。就同一地区、同一成熟期组的品种来说, 中小粒多分枝类型应比大粒者有更强的开花后光周期反应敏感性。

参考文献

- 1 王金陵. 1947. 大豆性状之演化. 农报, 12(5): 6~11.
- 2 王金陵、武镛祥、吴和礼等. 1956. 中国南北地区大豆光照生态类型的分析. 农业学报, 7(2): 169~180.
- 3 孙志强、田佩占、王继安. 1990. 东北大豆品种生育期结构的初步分析. 大豆科学, 9: 198~205.
- 4 吉林省农业科学院主编. 1987. 中国大豆育种与栽培. 北京: 农业出版社, 87~154.
- 5 刘汉中. 1979. 光、温对大豆生育的影响. 气象, (4): 23~25.
- 6 栾晓燕、杜维广、满为群等. 1993. 大豆生育阶段研究. 大豆鼓粒期长度遗传. 中国油料, (2): 14~17.
- 7 梁慧贤、刘汉中、张起刚等. 1984. 光照时数对结荚后大豆生育的影响及其原因的探讨. 北京农业大学学报, 10(1): 61~71.
- 8 Cure, J. D., Patterson, R. P. and Raper Jr. C. D. et al. 1982. Assimilate distribution in soybeans as affected by photoperiod during seed development. *Crop Sci.*, 22: 1245~1250.
- 9 Egli, D. B. and Leggett, J. B. 1973. Dry matter accumulation pattern in determinate and indeterminate soybeans. *Crop Sci.*, 13: 220~222.
- 10 Fehr, W. R. and Caviness, C. E. 1977. Stages of soybean development. *Agric. and Home Economics Exp. Stn. Spec. Rep.* 80. Iowa State Univ., Ames, IA, USA.
- 11 Garner, W. W. and Allard, H. A. 1920. Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants. *J. Agric. Res.*, 18: 553~606.
- 12 Guamet, J. J. and Nakayama, F. 1984. The effects of long days upon reproductive growth in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.) cv. Williams. *Japan J. Crop Sci.*, 53: 35~40.
- 13 Guamet, J. J. and Nakayama, F. 1984. Varietal responses of soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.) to long days during reproductive growth. *Japan J. Crop Sci.*, 53: 299~306.
- 14 Polson, D. E. 1972. Day neutrality in soybeans. *Crop Sci.*, 12: 773~776.
- 15 Sinclair, T. R. 1993. Soybean development as influenced by illuminance during extended daylengths. *Field Crops Res.*, 31: 101~109.