

# 大豆开花后阶段对开花前 不同光照处理的反应

韩天富\* 王金陵 邹继军 杨庆凯

(东北农业大学农学系, 哈尔滨, 150030)

陈霞

(黑龙江省农业科学院, 哈尔滨, 150086)

## 摘 要

试验研究了开花前不同光照处理对大豆开花后的发育、产量形成和品质性状的影响。结果表明, 对于供试的早熟品种来说, 开花前短日处理促进成熟的作用远大于对开花的促进作用, 对农艺性状的影响大于对发育进程的促进。前期短日处理使大豆蛋白质、脂肪含量和油酸的比例上升, 而使亚油酸的比例下降。文中讨论了开花前光照后效应的作用方式和可能的机制。

**关键词** 大豆; 光周期; 后效应; 开花前; 开花后

## 前 言

开花前对早、中熟大豆品种进行一定天数的短日处理后, 即使以后置长日下也可开花。足够的短日诱导天数对开花后的结实也有促进作用 (Garner 和 Allard, 1920; Garner, 1937)。Garner (1937) 称这种现象为光周期后效应 (Photoperiodic after-effect)。Long (1939) 把短日处理效果可以保持一段时间的现象称为光周期对成花诱导的余效应 (Residual effect)。刘汉中等 (1983) 发现, 开花前短日照的效果不仅表现在开花期上, 而且对开花后的发育有促进作用。他们把前期短光照加速后期发育的现象称为光照后效应。徐六康等 (1990) 进一步证明, 对早熟品种吉林 3 号而言, 开花前短日照对花芽分化起始时

\* 现在南京农业大学大豆所博士后流动站。

本文于 1994 年 8 月 23 日收到。This paper was received on Aug. 23, 1994.

间、开花期和开花前其它阶段都没有明显影响,但可使花芽分化末期和结荚提前,花芽分化数量减少,并影响株高、复叶数、单株荚数等。何言章等(1992,1993)的试验中也有类似现象。光照后效应现象的发现,对于探讨光周期效应的机制具有重要意义,同时为在生长前期通过人工措施调控大豆的生长发育和产量形成提供了有益的启示。为了进一步研究后效应现象是否存在于较广泛的品种中,以及后效应对干物质积累、产量形成和品质性状的影响,我们进行了本项试验。

## 材料和方法

本试验于 1991 和 1992 年在哈尔滨东北农业大学进行。所用材料东农 36、合丰 25、勃利半野生、吉林 20、泰兴黑豆皆为超早熟或早熟材料。

试验中设置两种光照处理:①全期自然光照(平均日长 14.5h)②开花前短日(12h)处理,开花后置自然光照下(初花至初霜期平均日长 14.2h)。初开花( $R_1$ )前短日处理采用人工遮光。遮光棚用深色厚帆布制成,遮光时棚内最大照度约 1Lux,低于诱导大豆光周期响应的光强度(达莫塔,1981;Sinclair,1993)。早晨遮光结束前测定棚内温度时,植株顶部附近气温高出棚外 1℃左右,植株下方气温高出棚外 0.5℃左右。

供试材料全部盆栽。播种前定量装过筛耕层黑土和肥料,生育期间保证充足的水分供应,其它同常规管理。

1991 年全部材料同期(5 月 14 日)播种。为使开花期更加接近,1992 年不同处理分期播种。其中,前期短日处理者迟播(泰兴黑豆 5 月 10 日,其它品种 5 月 22 日)。全期自然光照处理者早播(东农 36 和合丰 25 为 5 月 22 日,勃利半野生、泰兴黑豆、吉林 20 为 5 月 10 日)。每处理 4 盆,每盆定苗 2 株,共 8 株。生育期间按 Fehr 等(1977)的大豆发育时期分期标准记载  $R_1$  至  $R_8$  各期日期,收获后考种记载农艺性状,并进行蛋白质、脂肪含量和 5 种脂肪酸(棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸)组分的分析。其中,蛋白质含量采用微量凯氏定氮法测定,脂肪含量采用残余法测定,脂肪酸组成采用气相色谱法测定(参见郑云兰、李霞辉,1991),所用仪器为日立 163 型气相色谱分析仪。

## 结果与分析

### 1. 开花前不同光照处理对大豆品种开花后发育进程的影响

早熟春豆开花前对光周期的反应不甚敏感。在表 1 结果中,供试 5 品种经 12h 短日处理后,开花期最多只提前 7.7 天(泰兴黑豆)。如果开花后对开花前的短日处理没有反应,两种处理的成熟期应该基本一致。但表 1 结果中,两种光照处理成熟期有很大差别。经过前期短日处理者成熟期大大提前。其中,勃利半野生的生理成熟期提前 31.1 天之多,而开花期只差 4.1 天。两种光照下开花期一致的东农 36 的生理成熟期也提前 10.3 天。以上差别还表现在初花至初荚期( $R_1-R_3$ )、结荚初期至鼓粒初期( $R_3-R_5$ )和鼓粒初期至生理成熟期( $R_5-R_7$ )等各个阶段。两种光照条件下供试品种初花期接近,开花后阶段处于相近的光温条件下,因而在成熟期和其它阶段表现出的差别,主要由开花前不同光照处理所

致。从表 1 中开花促进率和花前短日处理后效应率的数值来看,开花前短日照促进成熟的效果远大于对开花期的促进作用。以勃利半野生为例,短日照的开花促进率仅 10.2%。而后效应率却高达 40.8%;东农 36 的开花促进率为负数,而后效应率都高达 22.9%。

表 1 开花前不同光照处理对大豆品种开花后各阶段长度的影响 (哈尔滨,1991)

Table 1 The effects of pre-flowering photoperiod on the post-flowering development of soybean varieties											日数(days)	
品种 Varieties	E—R <sub>1</sub>		R <sub>1</sub> —R <sub>5</sub>		R <sub>5</sub> —R <sub>7</sub>		R <sub>1</sub> —R <sub>7</sub>		R <sub>1</sub> —R <sub>8</sub>		开花促 进率 (%) HRF	花前短日 处理的 后效应率 (%) RAE
	NPP +	SD +	NPP +	SD +	NPP +	SD +	NPP +	SD +	NPP +	SD +		
东农 36 Dongnong 36	36.3	36.5	15.8	12.7	29.6	22.4	45.4	35.0	55.7	46.8	-0.6	22.9
合丰 25 Hefeng 25	36.3	34.9	40.6	19.2	40.1	30.9	80.7	50.1	86.5	64.1	3.9	37.9
勃利半野生 BLEYS	40.1	36.0	44.4	18.1	31.9	27.1	76.3	45.2	89.5	59.2	10.2	40.8
吉林 20 Jilin 20	40.2	36.4	39.2	21.4	36.9	34.0	76.1	55.4	R7— R8	69.4	9.5	27.2
泰兴黑豆 TXHD	46.8	39.1	33.3	20.6	31.8	25.8	65.1	46.4	78.0	57.2	16.5	28.7
$\bar{X}$	39.9 <sup>A</sup>	36.6 <sup>B</sup>	34.7 <sup>A</sup>	18.4 <sup>B</sup>	34.1 <sup>A</sup>	28.0 <sup>B</sup>	68.7 <sup>A</sup>	46.4 <sup>B</sup>	>77.4 <sup>A</sup> 59.3 <sup>B</sup>		8.3	32.5

1. 开花促进率(%)=
- $$\frac{(\text{自然光照处理出苗至开花日数}-12\text{h 处理出苗至开花日数})}{\text{自然光照处理出苗至开花日数}}\times 100\%$$
- HRF(Hastening rate of flowering)(%)=
- $$\frac{(\text{Days to } R_1 \text{ from VE under NPP})-(\text{Days to } R_1 \text{ from VE under SD})}{\text{Days to } R_1 \text{ from VE under NPP}}\times 100\%$$
2. 开花前短日处理后效应率(%)=
- $$\frac{[\text{自然光照处理 } R_1 \text{ 至 } R_7 \text{ 期日数}-(12\text{h}+\text{自然光照})\text{处理 } R_1 \text{ 至 } R_7 \text{ 期日数}]}{\text{自然光照处理 } R_1 \text{ 至 } R_7 \text{ 期日数}}\times 100\%$$
- RAE(Rate of after-effect)(%)=
- $$\frac{(\text{Days to } R_7 \text{ from } R_1 \text{ under NPP+NPP})-(\text{Days to } R_7 \text{ from } R_1 \text{ under SD+NPP})}{\text{Days to } R_7 \text{ from } R_1 \text{ under NPP}}\times 100\%$$
3. NPP+NPP:出苗至成熟期一直生长在哈尔滨自然光照条件下。
- Growt under natural photoperiod in Harbin.
4. SD+NPP:开花前进行 12h 短日处理、开花后置哈尔滨自然光照条件下
- Induced to R<sub>1</sub> with short days of 12h. After R<sub>1</sub>, the plants were under natural photoperiod.
5. VE—R<sub>1</sub>:出苗至开花日数。The days to R<sub>1</sub> from emergence in Harbin.

表 2 开花前不同光照处理对大豆品种开花后各阶段长度的影响 (哈尔滨,1992)

Table 2 The effects of pre-flowering photoperiod on the post-flowering development in soybeans  
日数(days)

品种 Varieties	开花期 (M/D) Data of R <sub>1</sub>		R <sub>1</sub> -R <sub>5</sub>		R <sub>5</sub> -R <sub>7</sub>		R <sub>1</sub> -R <sub>7</sub>		R <sub>1</sub> -R <sub>8</sub>	
	NPP	SD	NPP	SD	NPP	SD	NPP	SD	NPP	SD
	+ NPP	+ NPP	+ NPP	+ NPP	+ NPP	+ NPP	+ NPP	+ NPP	+ NPP	+ NPP
东农 36 Dongnong 36	7.4	7.4	18.5	16.3	22.9	23.6	42.0	39.9	49.0	45.2
合丰 25 Hefeng25	7.8	6.30	31.1	24.9	36.4	32.3	67.8	57.1	74.8	64.4
勃利半野生 BLBYS	7.14	6.29	29.4	22.1	42.3	24.2	71.6	46.3	>77.3	61.8
吉林 20 Jilin 20	7.13	6.29	33.4	22.5	40.9	37.4	74.3	59.9	R7	67.6
泰兴黑豆 TXHD	7.18	7.1	21.9	19.7	32.0	24.6	53.9	44.3	63.0	54.4
$\bar{x}$	—	—	26.9 <sup>A</sup>	21.1 <sup>B</sup>	34.9 <sup>A</sup>	28.4 <sup>B</sup>	61.9 <sup>A</sup>	49.5 <sup>B</sup>	>66.0	58.7

参见表 1 注解。See the footnotes of table 1.

1992 年的试验结果(表 2)与 1991 年基本一致。经过前期短日处理者初花至鼓粒初期(R<sub>1</sub>-R<sub>5</sub>)、鼓粒初期至生理成熟期(R<sub>5</sub>-R<sub>7</sub>)及初花至生理成熟期(R<sub>1</sub>-R<sub>7</sub>)显著缩短(P<0.01),5 品种 R<sub>1</sub>-R<sub>7</sub> 期平均长度缩短 12.4 天,表现出强烈的后效应。1992 年虽采用分期播种,但两处理初花期差距增大,使处理间的可比性受到影响。初花期差距加大可能与当年气温偏低有关。

晚熟品种在哈尔滨自然条件下开花期大大落后于短日处理,因而难以同时比较后效应的大小。但从自贡冬豆等开花后在长日照下营养生长恢复的现象(韩天富等,1994)看,前期短日诱导的后效应尚不能保证这些晚熟品种开花后在哈尔滨自然条件下完成正常的生殖生长过程。

2. 开花前不同光照处理对大豆农艺性状的影响

试验结果(表 3)表明,开花前短日照的后效应还表现在农艺性状上。前期短日处理不仅使株高明显降低(多数不及对照一半),节数减少,干重下降(P<0.01),而且使荚数、粒数明显减少(P<0.01),产量下降(P<0.05)。例如,勃利半野生的荚数、粒数和产量分别下降 54.4%、56.5%和 53.4%,百粒重和收获指数分别上升 5.6%和 30.8%。后效应对农艺性状的影响的幅度超过对开花后发育进程的促进作用,这种强烈后效应的存在说明开花前阶段的光照条件对全株最终的干物质积累和产量形成具有重要意义。短日照使干物质积累减少的原因除开花前每日光合时间缩短、生殖生长期日数减少外,也可能与光周期本身对物质生产、运转和分配的调控有关。

表 3 开花前不同光照处理对大豆农艺性状的影响 (哈尔滨,1991)

Table 3 The effects of pre-flowering photoperiod on the agronomic characteristics of soybean varieties

品种 Varieties	株高(cm) Plant height		节 数 Node number on main stem		单株干重(g) DM per plant		单株荚数 Pod no. per pl.		单株粒数 Seed no. per pl.		单株产量(g) Yield per pl.		百粒重(g) 100-seed wt.	
	NPP +	SD +	NPP +	SD +	NPP +	SD +	NPP +	SD +	NPP +	SD +	NPP +	SD +	NPP +	SD +
东农 36 Dongnong 36	48.6	44.4	10.2	9.1	15.0	12.3	32.0	30.2	31.5	38.4	5.4	5.3	16.7	13.9
合丰 25 Hefeng 25	80.1	35.5	19.3	8.8	25.2	15.8	28.4	27.3	47.1	41.3	8.4	7.6	17.6	18.0
勃利半野生 BLBYS	140.1	45.8	20.5	10.9	42.5	14.8	104.5	47.5	184.2	80.2	16.3	7.6	8.9	9.4
吉林 20 Jilin 20	109.4	51.4	20.7	11.1	45.2	23.2	59.0	37.7	93.1	54.7	16.3	11.1	18.4	20.9
泰兴黑豆 TXHD	109.3	43.8	19.0	10.7	25.8	15.0	64.0	37.7	—	46.4	—	6.7	—	14.6
̄	97.5 <sup>A</sup>	44.2 <sup>B</sup>	17.9 <sup>A</sup>	10.1 <sup>B</sup>	30.7 <sup>A</sup>	16.2 <sup>B</sup>	57.6 <sup>A</sup>	36.1 <sup>B</sup>	89.0 <sup>A</sup>	53.7 <sup>B</sup>	11.6 <sup>A</sup>	7.9 <sup>B</sup>	15.4 <sup>A</sup>	15.6 <sup>A</sup>

参见表 1 注解。See the footnotes of table 1.

3. 开花前不同光照处理对大豆化学品质性状的影响

表 4 开花前不同光照处理对大豆化学品质性状的影响 (哈尔滨,1991)

Table 4 The effects of pre-flowering photoperiod on the chemical compositions of soybeans

品种 Varieties	蛋白质 Protein		脂肪 Oil		棕榈酸 Palmitic		硬脂酸 Stearic		油酸 Oleic		亚油酸 Linoleic		亚麻酸 Linolenic	
	NPP +	SD +	NPP +	SD +	NPP +	SD +	NPP +	SD +	NPP +	SD +	NPP +	SD +	NPP +	SD +
东农 36 Dongnong 36	50.88	48.48	12.80	14.69	14.25	13.09	2.58	3.09	20.97	23.84	51.58	48.86	10.36	11.31
合丰 25 Hefeng 25	42.47	44.28	18.46	18.72	12.00	12.13	2.97	3.34	21.85	22.68	55.84	53.80	7.33	7.82
勃利半野生 BLBYS	40.35	44.16	16.14	14.62	12.18	12.88	3.00	3.21	16.58	19.08	58.99	54.99	9.24	9.86
吉林 20 Jilin 20	37.26	38.74	18.86	21.47	11.33	13.80	3.95	2.92	20.19	27.79	56.08	51.22	8.45	4.61
泰兴黑豆 TXHD	45.64	47.48	14.40	15.41	—	12.64	—	2.06	—	21.64	—	53.28	—	9.38
̄	43.32 <sup>A</sup>	44.63 <sup>A</sup>	16.13 <sup>B</sup>	16.98 <sup>A</sup>	12.44 <sup>A</sup>	12.97 <sup>A</sup>	3.13 <sup>A</sup>	3.14 <sup>A</sup>	19.90 <sup>B</sup>	23.30 <sup>A</sup>	55.62 <sup>A</sup>	52.22 <sup>B</sup>	8.8 <sup>A</sup>	8.40 <sup>A</sup>

1. 两种光照处理脂肪酸组分的多重比较中不包括泰兴黑豆的数据。

The LSR tests of the averages of fatty acids didn't include TXHD.

2. 参见表 1 注解。See the footnotes of table 1.

从表 4 可以看出,开花前不同的光照长度对大豆籽粒化学品质有明显影响。在所测 7 项指标中,蛋白质(除东农 36 外)、脂肪含量和油酸的比例因前期短日照而上升,亚油酸的比例下降( $P<0.01$ ),蛋白质和脂肪的总量上升。开花前短日照对蛋白质、油酸及蛋白和

脂肪总量提高的作用与开花后短日照的作用一致(韩天富等,1994)。开花前短日处理在鼓粒期缩短的情况下提高脂肪含量的作用机制尚待研究。

## 讨 论

本试验的结果验证 Garner(1937)和刘汉中等(1983)提出的短光照后效应的存在,并证明这种效应广泛存在于包括超早熟品种在内的大豆品种中。开花前短日处理对供试品种成熟期的促进作用大于对开花的促进作用和开花后短日照加速成熟的作用,说明短光照对开花前后大豆生长发育影响的机制存在相似性。由光周期诱导开启的基因表达过程或由此产生的某些物质,不仅可以诱导成花,而且可加速开花后的发育进程。这些过程或物质的作用有持效性和累加性。短日后效应的存在支持把光周期对开花前和开花后发育的作用统一起来的观点(韩天富,1994)。前人的研究和本文的结果都表明,开花前进行短日处理时,早熟大豆品种的开花期提前幅度很小,开花后进行短日处理对成熟期的影响也不大,因此,早熟品种以往被认为是光周期反应不敏感的。但从刘汉中等(1983)、徐六康等(1990)及本试验的结果可看出,开花前的短日处理虽不能显著提早早熟品种的开花期,但明显加速花后发育进程,即开花前的短日效应主要表现在开花以后。从整个生育期的变化来看,早熟品种对光周期也有相当的敏感性。

短日后效应不仅表现在发育进程的加速,而且对农艺性状和化学品质有显著的影响。前期短日照使植株变矮,干重降低,这些作用与开花后短日照的作用基本相同,但影响程度更大。这一结果为在前期通过人工措施调控大豆的干物质生产、运转和分配,以及调整产量构成等提供了有益的启示。

根据以上结果,我们认为,东北大豆生长前期的长日照有利于本地区熟期类型大豆品种高大株型及繁茂群体结构的形成,有利于适期开花、成熟及干物质的生产和积累,是大豆高产的积极因素。

刘汉中等(1983)研究的后效应主要集中在开花前光照长度对开花后发育的影响方面,而 Garner(1937)所指的光照后效应(After-effect)包括对开花前和开花后两个时期的影响。徐六康等(1990)认为两者有所不同。我们认为两种“后效应”是相同的。刘汉中等(1983)和徐六康等(1990)用了较早熟的品种,开花前对光周期不敏感,因而后效应对开花期的影响不如对开花后的作用明显。在较晚熟品种中,后效应对开花期和成熟期都有作用。

## 参考文献

- [1] 刘汉中、梁慧贤、张金锋,1983,北京农业大学学报,9(3):67-72
- [2] F.S. 达莫塔著(刘树译),1981,大豆与天气,气象出版社,P33
- [3] 何育章、何元农,1992,贵州农业科学,(1):15-20
- [4] 何育章、何元农、王清华、黄建斌,1993,贵州农业科学,(1):27-32
- [5] 郑云兰、李霞辉主编,1991,大豆营养分析技术.黑龙江科学技术出版社
- [6] 徐六康、钟金传、刘汉中,1990,中国农业气象,11(1):22-28

- [7] 韩天富, 1994, 不同生态类型大豆品种开花后光周期反应的研究, 博士论文, 东北农业大学图书馆
- [8] Fehr W. R. and C. E. Caviness, 1977, *Agric. and Home Economics Exp. Stn. Spec. Rep.*, 80. Iowa State Univ. , Ames, IA, USA
- [9] Garner W. W. and H. A. Allard, 1923, *J. Agric. Res.* , 23: 871—920
- [10] Garner W. W. , 1937, *The Botanical review*, 3: 259—275
- [11] Long E. M. , 1939, *Bot. Gaz.* , 101: 168—188
- [12] Sinclair T. R. , 1993, *Field Crops Res.* , 31: 101—109

## THE POST—FLOWERING RESPONSES OF SOYBEAN TO PRE—FLOWERING PHOTOPERIODIC TREATMENTS

Han Tianfu   Wang Jinling   Zou Jijun   Yang Qingkai

(*Department of Agronomy, Northeast Agricultural University, Harbin, 150030*)

Chen Xia

(*Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, 150086*)

### Abstract

The effects of pre—flowering photoperiodic treatments on the post—flowering development, yield formation and chemical quality of soybeans were studied. The results demonstrated that in the early soybean varieties the hastening effect of pre—flowering short days on maturity was more significant than on flowering time and the effects on agronomic characteristics were more evident than on developmental proceeding. Protein and oil contents and proportion of oleic acid in oil were increased and the proportion of linoleic acid was decreased when treated with short days before flowering. The role and the possible mechanism of the photoperiodic after—effect were discussed.

**Key words**   Soybean; Photoperiod; After—effect; Pre—flowering; Post—flowering