

# 大豆生态研究<sup>\*</sup>

## XV. 光温综合作用基本原理及生长发育阶段划分的研究

路翠华

(吉林省农业科学院大豆研究所,公主岭 136100)

**提要** 根据野生大豆在原产地自然出苗后生长期间的光温动态规律,提出光温综合作用基本原理,划分生长发育阶段。野生大豆异地种植,根据异地生长期间的光温动态与材料的自然临界光温同时进行光温综合作用规律,提出复式光温综合作用原理,划分生长发育阶段。根据未展开叶生长速度与展开叶感光效应规律提出:气温 $<25.5^{\circ}\text{C}$ 为低温,25.6~27.9 $^{\circ}\text{C}$ 为适宜温度; $>28^{\circ}\text{C}$ 为高温。根据不同光周期叶片生长速度提出:光照条件 $<13\text{h}$ 为短光,13~15.5 h 为适宜光照, $>15.5\text{h}$ 为典型长光。根据光温综合作用确定开花节位过程提出:由于叶感光效应确定的开花节位,即出苗到2复叶未展开叶露叶前为大豆感光阶段,由未展开叶和展开叶感光效应确定的开花节位,即2复叶未展开叶露叶到开花节位复叶发生始为大豆感温阶段。

**关键词** 野生大豆,单式光温综合作用,复式光温综合作用

通过对野生大豆自然临界光照<sup>(1)</sup>、自然临界温度<sup>(2)</sup>的研究看出,大豆生长发育过程是当天的自然光照、自然温度、累加日平均光照、累加日平均温度四者相互作用的结果,这种光温之间的相互作用,称光温综合作用。生长期间的累加日平均光照和累加日平均温度,虽然均以气温 $>10^{\circ}\text{C}$ 以上、自然出苗当天的可照时数和气温为起点计算的,但由于夏至长光的出现期在当地高温之前,可照时数和气温由短(低)到长(高)和由长(高)到短(低)的动态变化不在同一个时期,因此,每天光温之间制约作用的程度是不同的。进一步设想,把生长过程中累加日平均光温的增长,看作是植株体内能量的积累。根据野生大豆是短日性植物的特性,在当地自然临界光照出现后,自然光照由长光变为短光条件下(见图)开始发育的规律,说明当天的自然光照对能量的分配起主导作用。由此认为,一年生野生大豆在原产地生长发育规律的形成,与生长期间的自然光温变化规律是密切相关的。叶片感光效应研究表明<sup>(3)</sup>,光温对生长和发育反应出加和减的关系。把生长期间的光照动态和温度动态绘制成光温综合作用图,根据光温综合作用图中光温变化规律及相互关系,提出光温综合作用原理。实验表明,这一原理对中间型大豆,栽培大豆,以及在不同形式光温综合作用中的生长发育规律都适用。故称光温综合作用基本原理。本文在分析复式光温综合作用规律中,提出了低温、适宜温度和高温范围;短光照、适宜光照和典型长光范围。本文研究结果,不仅丰富了大豆生物学基础理论,而且对深入研究大豆光温生态有重要意义。

## 1 材料与方 法

### 1.1 单式光温综合作用研究方法

收稿日期 1995-11-10

\* 国家自然科学基金资助项目。

以公主岭常年气温 $>10^{\circ}\text{C}$ 、自然出苗期(在5月1日)、当天的可照时数和平均气温为起点,分别计算生长期间的累加日平均光照和累加日平均温度。计算公式: $L(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=a}^n$ ,  $i = \dots n$ ,其中*i*为天数。绘制光温综合作用图时,累加日平均光照和累加日平均温度两个最高值放在同一水平,光温比4:1适合各地应用。

## 1.2 复式光温综合作用研究方法

用我国各纬度平地型(海拔 $<400\text{ m}$ )野生大豆26份,在公主岭自然条件下进行盆栽。设8,13,13.5,14,14.5,15,16.5,18 h八种光周期。暗期移入暗室,光期每平方米用200瓦白炽灯补光。5月20日播种,5月29日出苗。出苗当天进行光照处理。第一朵花出现期为开花期。第一朵花着生的复叶节位称开花节位。

## 1.3 代表性纬度野生大豆的发育光温指标

表1中的自然发育始温度,是自然临界光照出现当天的累加日平均温度。

## 1.4 叶龄计算方法

根据表2中未展开叶生长速度与温度范围算出日生长未展开叶,出苗后累加未展开叶龄中小数点以后值为未展开叶,小数点以后值达0.40~0.70,整数为复叶发生始,称标准期(见表5)。减单叶节为叶龄数。

表1 代表性纬度野生大豆的发育光温指标

纬度 (°N)	自然临界光照 (h)	自然发育始温度 (°C)	自然临界温度 (°C)
50	16.16	16.75	18.32
45	15.27	19.12	20.25
44	15.09	19.18	20.33
40	14.55	19.44	21.04
35	13.96	20.54	22.13
30	13.53	21.32	22.98
25	13.01	22.92	23.77

\* 为公主岭

# 2 结果及分析

## 2.1 光温综合作用基本原理及生长发育阶段的划分

图中I是自然光照和累加日平均光照的交叉点。也是生长期间的累加日平均最长光照。I以后,自然光照由长光变为短光,当地野生大豆开始发育。I所示光照值反应原产地的光照条件,代表当地野生大豆发育的光照指标,称自然临界光照<sup>[1]</sup>。I的出现也为野生大豆是短日性植物提出理论依据。图中II是自然温度和累加日平均温度的交叉点,也是生长期间的累加日平均最高温度。II以后,当地野生大豆停止营养生长。II所示温度值反应原产地的温度条件,代表当地野生大豆发育的温度指标,称自然临界温度<sup>[2]</sup>。图中III是累加日平均光照和累加日平均温度的交叉点,称生育交点<sup>[5]</sup>。

2.1.1 营养生长阶段及光温综合作用原理 出苗到I,自然光照 $>$ 累加日平均光照,反应长光抑制发育;自然温度 $>$ 累加日平均温度,反应促进营养生长。因光温双促进营养生长,为当地野生大豆的营养生长阶段。

2.1.2 营养和生殖生长阶段及光温综合作用原理 图中I至II,自然光照 $<$ 累加日平均光照,反应短光促进发育;自然温度 $>$ 累加日平均温度,继续反应促进营养生长。其中I至II,累加日平均光照 $>$ 累加日平均温度,气温上升,反应促进营养生长 $>$ 短光促进发育,为当地野生大豆的开花阶段。II至III,累加日平均温度 $>$ 累加日平均光照,气温上升,反应促进生殖生长 $>$ 促进营养生长,为当地野生大豆的结荚阶段。由于I至III阶段营养和生殖生长同时进行,为当地野生大豆的营养和生殖生长阶段。

2.1.3 生殖生长阶段及光温综合作用原理 图中III以后,在短光条件下,自然温度 $<$ 累加

日平均温度,反应抑制营养生长,累加日平均温度>累加日平均光照(见图),反应促进荚粒生长,为当地野生大豆的生殖生长阶段。

## 2.2 单式光温综合作用及生长发育阶段的划分

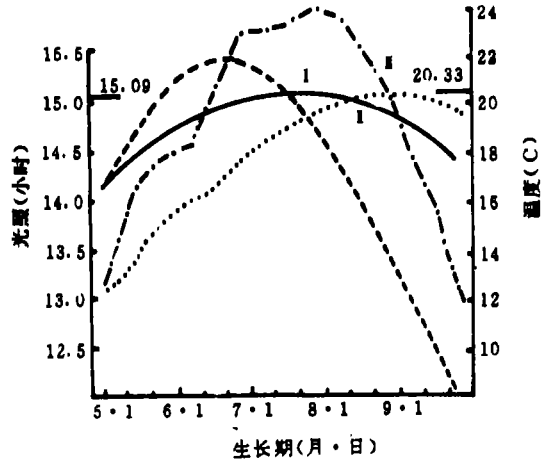
不同年份野生大豆在原产地正常出苗,生长期间的累加日平均最长光照称临界光照,累加日平均最高温度称临界温度。生长过程中达到临界光照发育开花,达到生育交点结荚,达到临界温度停止复叶发生,气温降至 15℃左右全株成熟。原产地单式光温综合作用结果,形成了各地一年生野生大豆固定模式的生长发育规律<sup>[4]</sup>。

## 2.3 复式光温综合作用与野生大豆生长发育的关系

野生大豆异地或控制光周期种植,其光温动态与材料的自然临界光照和自然临界温度同时进行光温综合作用,结果改变了在原产地固定模式的生长发育规律,称复式光温综合作用。

2.3.1 复式光温综合作用原理 异地或控制光周期的光照条件(临界光照)>材料的自然临界光照,反应抑制发育;<材料的自然临界光照,反应促进发育。异地或控制光周期的温度条件(临界温度)>材料的自然临界温度,反应促进发育;<材料的自然临界温度,反应抑制发育。

2.3.2 根据叶片感光效应规律确定低温、适宜温度、高温范围 展开叶感光效应持续期 13



图例 自然光照 ---- 累加日平均光照 ——  
自然温度 ---- 累加日平均温度 - - -  
I 自然临界光照 II 生育交点 III 自然临界温度

公主岭野生大豆自然光温综合作用(常年)

表 2 展开叶感光效应规律与温度的关系

温度范围 (°C)	未 展 开 叶		展 开 叶			感光效应
	日生长 叶 数	生长速度 (A)(d)	感光效应 持续期(B)(d)	出叶数理论 值(B/A)	实际出叶数 (理论值×90%)	
7.5 以下	0	0	13~14	0	0	
7.6~12.5	0.10	10.0	13~14	1.3~1.4	1.2~1.3	低温抑制生长
12.6~16.5	0.20	5.0	13~14	2.6~2.8	2.3~2.5	适宜生长速度
16.6~20.5	0.25	4.0	13~14	3.3~3.5	3.0~3.2	促进营养生长
20.6~23.5	0.33	3.0	13~14	4.3~4.6	3.9~4.1	
23.6~25.5	0.40	2.5	13~14	5.2~5.6	4.7~5.0	
25.6~27.9	0.43	2.3	13~14	5.7~6.1	5.1~5.5	高温促进生长发育
28 以上	0.43	2.3	13~14	5.7~6.1	5.1~5.5	高温抑制生长发育

~14 d 内的复叶数确定生长速度。展开叶每天以感光效应中 90% 的同化物用于生长茎节<sup>[3]</sup>。表 2 中复叶数理论值×90%,为感光效应持续期内的实际复叶数。根据实际复叶数分析:(1)气温 16.6~20.5℃,复叶数与感光效应上递 3 节一致,平均 4.5 d 出 1 复叶,反应适

宜生长速度,气温降至 20.5℃以下,复叶数<感光效应上递 3 节,出叶速度>4.5 d,反应抑制生长,气温升到 20.5℃以上,复叶数>感光效应上递 3 节,出叶速度<4.5 d,反应促进生长。短光条件气温降至 25.5℃以下,促进发育,抑制未展开叶生长,为促进生长和发育温度<sup>[7]</sup>,故确定为低温范围。(2)气温 25.6~27.9℃,发生分枝,短光条件气温降至 25.6~27.9℃,促进发育,不抑制未展开叶生长,故确定为适宜温度范围。(3)气温>28℃,不发生分枝,短光条件抑制发育,是抑制生长和发育温度,故确定为高温。

2.3.3 复式光温综合作用形式及划分依据 根据临界光照和材料的自然临界光照比值百分率划分,有四种形式(见表 3),临界光照<材料的自然临界光照 5.1%以上,反应短光复式光温综合作用;<0~5%反应适宜短光复式光温综合作用;>0~5%反应适宜长光复式光温综合作用;>5.1%以上反应长光复式光温综合作用<sup>[7]</sup>。

表 3 代表性纬度的自然临界光照和临界光照比率(%)

纬度 (°N)	自然临界光照 (h)	控制光照(临界光照) (h)							
		8	13	13.5	14	14.5	15	16.5	18
53	16.79	+109.9	+29.2	+24.4	+19.9	+15.8	+11.9	+1.8	-7.4
50	16.16	+102.0	+24.3	+19.7	+15.4	+11.5	+7.8	-2.1	-11.4
45	15.27	+98.9	+17.5	+13.1	+9.1	+5.3	+1.8	-8.1	-17.9
40	14.55	+81.9	+11.9	+7.8	+3.9	+0.4	-3.1	-13.4	-23.7
35	13.96	+74.5	+7.4	+3.4	-0.3	-3.9	-7.5	-18.2	-28.9
30	13.53	+69.1	+4.1	+0.2	-3.5	-7.2	-10.9	-22.0	-33.0
25	13.01	+62.6	+0.1	-3.8	-7.6	-11.5	-15.3	-26.8	-38.4
		短光	适宜短光	适宜长光	长光				

注:“+”为短光,“-”为长光,——为长光和短光的分界线。

## 2.3.4 不同光照条件复式光温综合作用与生长发育的关系

2.3.4.1 异地自然条件下不同形式复式光温综合作用及生长发育阶段的划分(见图) 出苗到夏至。自然光照和累加日平均光照<材料的自然临界光照,反应短光复式光温综合作用。因双短光促进发育,2复叶未展开叶的感光效应不上递;气温>20.5℃,温度促进营养生长,开花节位提到3复叶节;气温<20.5℃,反应促进发育,开花节位在2~3复叶节。开花期在夏至以前<sup>[8]</sup>。

夏至到临界光照。自然光照接近材料的自然临界光照;累加日平均温度<材料的自然临界温度,反应适宜短光复式光温综合作用。2复叶节是起点开花节位<sup>[9]</sup>。生长过程中,累加日平均温度达到材料的自然发育始温度,气温降一个温度范围达2d。降温过程生长的未展开叶反应促进发育确定的开花节位。开花期在临界光照之前<sup>[8]</sup>。

上述两种短光复式光温综合作用,结荚始后气温降一个温度范围达2d,降温过程展开叶感光效应反应促进生殖生长而停止复叶发生。(以下同)。

临界光照到临界温度。自然光照接近材料的自然临界光照,累加日平均光照>材料的自然临界光照,反应适宜长光复式光温综合作用,5复叶节是起点开花节位<sup>[9]</sup>。生长过程中,累加日平均温度达到材料的自然发育始温度,气温降一个温度范围达2d,降温过程展开叶感光效应反应促进本节位发育而确定为开花节位,开花期在临界温度出现之前<sup>[8]</sup>。临界温度出现期主茎停止复叶发生。

临界温度出现后,累加日平均温度<材料的自然发育始温度;累加日平均光照>材料的自然临界光照,反应光温双抑制发育,在停止复叶发生前提下,累加日平均温度在下降过程中出现平衡或上升达 2 d,定形叶感光效应反应促进本节位发育而确定为开花节位。开花期在临界温度出现之后<sup>[6]</sup>。

2.3.4.2 控制光周期下不同形式复式光温综合作用及生长发育阶段的划分 该试验的临界温度 21.68℃, >40°N 以北材料的自然临界温度; >25°N 以北材料的自然发育始温度(见表 1)。8 月 16 日出现临界温度,当天的标准复叶数达 26。最后一天气温>累加日平均温度在 8 月 31 日,9 月 1 日为停止营养生长期。从表 4 和表 5 看出:

短光复式光温综合作用,开花节位在 1~3 复叶节。(1)出苗后,子叶的感光效应上递 3 节,在上递过程中,即出苗到 6 月 8 日的累加日平均温度>20.5℃,反应促进发育在先。气温>20.5℃不促进营养生长。(2)各节未展开叶生长过程气温降至 20.5℃以下达 2 d,未展开叶感光效应不上递,反应促进本节发育而确定为开花节位。开花期在开花节位复叶定形之前,即开花节位复叶发生始到开花<14 d,称早开花<sup>[6]</sup>。

表 4 控制光周期开花节位与复式光温综合作用形式 (1989 年)

纬度 (°N)	自然临界 光温(h)	控光时数(h)								复式光温综 合作用形式
		8	13	13.5	14	14.5	15	16.5	18	
53	16.79	1	3	1	1	1	2	2	3	短光
52		2	2	1	1	1	2	3	10	
50	16.16	1	2	1	3	2	2	4	10	适宜短光
49		2	3	2	3	2	1	4	9	
48		×	2	2	2	1	3	7	13	
47		1	2	2	1	2	2	9	12	适宜长光
46		2	2	3	2	2	4	9	11	
45	15.27	2	1	2	3	3	5	10	11	
44		1	2	2	2	3	10	11	15	
42		2	1	2	1	2	11	23	—	
41		3	3	2	2	3	10	22	—	长光
40	14.55	1	1	1	2	3	19	20	—	
38		2	2	2	4	9	19	—	—	
37		2	3	3	7	11	25	—	—	
36		2	4	6	10	15	24	—	—	
35	13.96	3	3	4	10	13	24	—	—	
34		2	3	4	10	13	—	—	—	
33		1	4	8	12	17	—	—	—	
32		2	4	8	11	×	—	—	—	
31		2	4	7	13	21	—	—	—	
30	13.53	2	7	13	17	19	—	—	—	
29		2	8	10	24	26	25	—	—	
27		2	7	9	17	19	—	—	—	
26		3	9	13	24	—	—	—	—	
25	13.01	3	13	19	19	—	—	—	—	
24	12.84	3	12	19	—	—	—	—	—	

注:——为短光和长光的分界  
 ×为缺苗  
 -为未开花

表5 控制光周期温度动态与确定开花节位及复式光温综合作用形式

1989年

日期 (月·日)	出苗 天数	气温 (A) (°C)	累加日 平均温 度(C)	日生长 未展开 叶(B)	累加 未展开 叶龄	未展 开叶生 始期	复叶生 始期	复式光 温综 合作用 形式	典型长光效应降温(A)					
									累加抑 制未展 开叶	累加未 展开叶 龄	复叶发 生始期	光温综 合作用 形式	复叶出 叶速 度(d)	
5·29	出苗	19.7	19.70	0.25	0.25	单叶				0.25				
30	1	24.4	22.05	0.40	0.65		子叶			0.65		子叶		1.54
31	2	23.3	22.47	0.33↓	0.98					0.98				2.04
6·1	3	19.7↓	21.78	0.25↓	1.23	1		短光	0.25					3.06
2	4	19.1↓	21.24	0.25	1.48		单叶		0.65					4.08
3	5	23.2	21.57	0.33	1.81						1.31			3.68
4	6	21.6	21.57	0.33	2.14	2		短光			1.64	单叶		3.56
5	7	16.9	20.99	0.25↓	2.39				0.75					4.27
6	8	20.1	20.89	0.25	2.64		1			1.89				4.23
7	9	23.6	21.16	0.40	3.04	3				2.29				3.93
8	10	19.1↓	20.97	0.25↓	3.29					1.00				4.37
9	11	14.6↓	20.44	0.20↓	3.49		2			1.20				4.80
10	12	18.0	20.25	0.25	3.74						2.54	1		4.72
11	13	19.8	20.57	0.25	3.99						2.79			4.66
12	14	18.8↓	20.01	0.25	4.24	4			1.45					5.02
13	15	20.6	20.16	0.33	4.57						3.12			5.38
14	16	17.1↓	19.98	0.25↓	4.82				1.70					5.13
15	17	14.4↓	19.67	0.20↓	5.02	5			1.90					5.45
16	18	13.5↓	19.34	0.20	5.22				2.10					5.77
17	19	15.2	19.04	0.20	5.42						3.32			5.72
18	20	16.6	19.01	0.25	5.67		4				3.57	2		5.60
19	21	18.6	18.99	0.25	5.92						3.82			5.50
20	22	20.2	19.04	0.25	6.17	6					4.07			5.41
21	23	22.7	19.20	0.33	6.50		5				4.40	3		5.23
22	24	23.7	19.38	0.40	6.90						4.80			5.00
23	25	25.7	19.62	0.43	7.33	7					5.23			5.78
24	26	25.4	19.83	0.40↓	7.73		6				5.63			4.62
25	27	22.7	19.93	0.33↓	8.06	8					5.96	4		4.53
26	28	24.2	20.06	0.40	8.46		7				6.36			4.40
27	29	23.1	20.18	0.33↓	8.79						6.69	5		4.33
28	30	22.1	20.24	0.33	9.12	9					7.02			4.27
29	31	20.4↓	20.24	0.25↓	9.37				2.35					4.42
30	32	17.8↓	20.17	0.25	9.62		8		2.60					4.56
7·1	33	19.7	20.16	0.25	9.87						7.27			4.54
2	34	20.2	20.16	0.25	10.12	10					7.52	6		4.52
3	35	19.5↓	20.14	0.25	10.37				2.85					4.65
4	36	22.1	20.19	0.33	10.70		9				7.85			4.59
5	37	23.7	20.25	0.40	11.10	11					8.25			4.47
6	38	24.3	20.39	0.40	11.50		10				8.65	7		4.41
7	39	22.3	20.44	0.33↓	11.83						8.98			4.34
8	40	19.8↓	20.40	0.25↓	12.08	12			3.10					4.45
9	41	20.3	20.40	0.25	12.33						9.23			4.44
10	42	20.7	20.40	0.33	12.66		11				9.56	8		4.39
11	43	21.8	20.43	0.33	12.99						9.89			4.35
12	44	21.5	20.46	0.33	13.32	13					10.22			4.31
13	45	23.8	20.53	0.40	13.72		12				10.52	9		4.42
14	46	23.0	20.58	0.33↓	14.05	14					10.95			4.20
15	47	22.2	20.62	0.33	14.38						11.28			4.77
16	48	21.4	20.63	0.33	14.70		13				11.61	10		4.13
17	49	24.3	20.71	0.40	15.11	15					12.01			4.08
18	50	24.0	20.77	0.40	15.51		14				12.41	11		4.03
19	51	26.0	20.87	0.43↓	15.94						12.84			3.97
20	52	23.6	20.92	0.40	16.34	16					12.24			3.93
21	53	25.3	21.00	0.40	16.74		15				13.64	12		3.89
22	54	24.3	21.06	0.40	17.14	17					14.04			3.85
23	55	23.6	21.11	0.40	17.54		16				14.44	13		3.81
24	56	22.8	21.14	0.33↓	17.87						14.77			3.79
25	57	19.3↓	21.11	0.25↓	18.12	18			3.35					3.86
26	58	19.3	21.08	0.25	18.37						15.02			3.86
27	59	20.1	21.06	0.25	18.62		17				15.27			3.86
28	60	21.8	21.07	0.33	18.95						15.60	14		3.85
29	61	22.9	21.10	0.33	19.28	19					15.93			3.83
30	62	23.5	21.14	0.33	19.61		18				16.26			3.81
31	63	24.9	21.26	0.40	20.01	20					16.66	15		3.78
8·1	64	24.3	21.25	0.40	20.41		19				17.06			3.75
2	65	25.0	21.30	0.40	20.81						17.46	16		3.72
3	66	21.6	21.31	0.33↓	21.14	21					17.79			3.71
4	67	26.2	21.38	0.43	21.57		20				18.22			3.68
5	68	27.5	21.47	0.43	22.00	22					18.65	17		3.65
6	69	29.2	21.59	0.43	22.43		21				19.08			3.62
7	70	25.4	21.63	0.40↓	22.83						19.48	18		3.59

续表 5

日期 (月·日)	出苗 后天数	气温 (A) (°C)	累加日 平均温 度(°C)	日生长 未展开 叶(B)	累加 未展开 叶龄	未展 开叶 发生 始期	复叶 发生 始期	复式光 温综 合作用 式	典型长光效应降温(A)				
									累加抑 制未展 开叶	累加未 展开叶 龄	复叶发 生始期	光温综 合作用 式	
8	71	22.4	21.64	0.33↓	23.16	23			19.81				3.58
9	72	23.0	21.66	0.33	23.49		22		20.14				3.58
10	73	22.8	21.67	0.33	23.82				20.47	19			3.57
11	74	24.0	21.71	0.40	24.22	24			20.87				3.55
12	75	19.5↓	21.68	0.25↓	24.47		23		3.60				3.59
13	76	19.1↓	21.65	0.25	24.72				3.85				3.64
14	77	21.7	21.65	0.33	25.05	25				21.20			3.63
15	78	24.5	21.68	0.40	25.46		24			21.60	20		3.61
16	79	21.4	21.68	0.33↓	25.79					21.93			3.60
17	80	20.4↓	21.66	0.25↓	26.03	26			4.00				3.63
18	81	20.5	21.65	0.25	26.28					22.18			3.64
19	82	20.2↓	21.63	0.25	26.53		25		4.25				3.64
20	83	16.9↓	21.58	0.25	26.78				4.50				3.73
21	84	17.3	21.53	0.25	27.03	27				22.43	21		3.73
22	85	19.2	21.50	0.25	27.28					22.68			3.73
23	86	20.6	21.49	0.33	27.61		26			23.01			3.72
24	87	22.4	21.50	0.33	27.94					23.34			3.71
25	88	23.1	21.56	0.33	28.27	28				23.61	22		3.70
26	89	18.7↓	21.46	0.25↓	28.52		27		4.75				3.74
27	90	20.7	21.48	0.33	28.85					23.94			3.73
28	91	21.9	21.48	0.33	29.18	29				24.27			3.73
29	92	23.1	21.50	0.33	29.51		28			24.60	23		3.72
30	93	22.1	21.50	0.33	29.84					24.93			3.71
31	94	21.6	21.49	0.33	30.17	30				25.26			3.70
9·1	95	21.6	21.49										

注：“↓”为降温过程。

\*复叶出叶速度：出苗后天数÷(累加未展开叶龄-降温抑制未展开叶)。

适宜短光复式光温综合作用，开花节位在4~9复叶节。2复叶节是起点开花节位<sup>(3)</sup>。生长过程中，累加日平均温度达到材料的自然发育始温度，气温降一个温度范围或 $<20.5^{\circ}\text{C}$ 达2d，降温过程生长的未展开叶反应促进发育而确定为开花节位。开花节位复叶发生始到开花15~19d，称正常开花。

适宜长光复式光温综合作用，开花节位在10~15复叶节。5复叶节是起点开花节位。生长过程中，累加日平均温度达到材料的自然发育始温度，气温降一个温度范围达2d，降温过程展开叶感光效应反应促进本节位发育而确定为开花节位。开花节位复叶发生始到开花20~33d，称迟开花<sup>(8)</sup>。

长光复式光温综合作用，开花节位在15~26复叶节。5复叶节是起点开花节位。生长过程中，累加日平均温度达到材料的自然发育始温度。(1)加“\*”的处理，开花节位的复叶展开前，气温降两个温度范围达2d，或气温 $<20.5^{\circ}\text{C}$ 以下，反应降温促进发育 $>$ 长光抑制发育，由展开叶感光效应确定开花节位，反应正常开花。(2)其他处理均在临界温度出现之后，累加日平均温度下降过程中出现平衡或上升，定形叶感光效应反应促进本节位发育而确定为开花节位。其中开花期在8月31日以前的处理，主茎停止复叶发生后，气温上升过程促进发育而现蕾开花，反应迟开花。加“\*\*”的处理，9月1日停止营养生长后，低温促进发育而开花，开花节位复叶发生始到开花37~40d， $>33$ d，称晚开花。

24°N和25°N材料因本试验温度抑制发育，在13和13.5h光周期根据开花节位确定的复式光温综合作用形式，比表3划分的形式推迟发育1个级差。46°N以北材料在16.5和18h光周期，根据开花节位确定的复式光温综合作用形式，比表3划分的形式提前发育2~3个级差。除温度促进发育外，还与典型长光效应有关。

## 2.4 典型长光效应复式光温综合作用规律

### 2.4.1 根据不同光周期叶片生长速度确定短光、适宜光照、典型长光范围

出苗后 33 d 调查,当天的累加未展开叶龄 9.23,称理论值。气温降至 20.5℃以下,降温抑制未展开叶 2.75。从表 6 看出,8 h 光周期,展开叶平均 4.46 d 出 1 复叶,接近叶片感光效应研究 4.5 d 出 1 复叶<sup>(3)</sup>。13~13.5 h 光周期,未展开叶龄 9.2~9.3,理论值 9.23 正在此范围之中。展开叶平均 3.9 d 出 1 复叶,<4.5 d,反应在五种光照条件下温度促进营养生长的增长幅度是一样的。表 2 中的未展开叶生长速度,是根据公主岭(44°N),泉州(25°N)主茎复叶发生始前的气温统计计算的,故确定 13~15 h 为适宜光照。16.5 h 光周期,未展开叶和展开叶叶龄比 8 h 光周期小,反应长光抑制营养生长,展开叶平均 5.08 d 出 1 复叶,>4.5 d 出 1 复叶,反应气温<20.5℃抑制未展开叶生长。(1)理论值减降温抑制未展开叶,即 9.23-2.75=6.48,为实际生长值。(2)33(d)÷6.48=5.09 d,为未展开叶的平均生长速度,与展开叶的生长速度一样。(3)未展开叶龄按实际生长值 6.48 计算,则展开叶到未展开叶龄差为 0.02,反应温度促进生长过程,不增长叶龄<sup>(4)</sup>。表 5 中 46°N 以北材料自然临界光照>15.5 h,反应典型长光效应,故确定>15.5 h 为典型长光。

表 6 不同光周期 45°N 野生大豆叶片生长速度比较

1993 年

叶片生长阶段	控制光周期 (h)						
	8	13	13.5	14	14.5	15	16.5
未展开叶	8.4	9.3	9.2	9.3	9.2	9.3	7.2(6.48)
展开叶	7.4	8.5	8.4	8.5	8.4	8.5	6.5
展开叶生长速度(d)	4.46	3.88	3.93	3.88	3.93	3.88	6.5
展开叶到未展开叶龄差	1.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.7(0.02)

### 2.4.2 根据叶片生长速度提出典型长光效应光温综合作用规律(见表 5)

2.4.2.1 单式光温综合作用规律(7月6日以前) 复叶生长速度>4.5 d,气温降至20.5℃以下,降温抑制营养生长与典型长光效应抑制营养生长是一致的,结果反应光温双促进发育,降温第 1 d 抑制未展开叶生长(见降温 A)。气温上升到 20.5℃以上,温度促进营养生长和典型长光效应抑制营养生长,发生感光效应综合平衡作用,不增长叶龄。降温过程展开叶感光效应制造的同化物全用于生长茎节,结果加快了复叶生长速度。

2.4.2.2 复式光温综合作用规律 (1)7月6日以前,出叶速度>4.5 d,气温降至 20.5℃以下,因光温双促进发育,反应出类似短光效应确定开花节位过程,开花节位在 2~3 复叶节。(2)7月6日以后,复叶生长速度<4.5 d,结束典型长光效应,转为适宜光照效应,其他三种复式光温综合作用确定开花节位过程同 13~15 h 光周期。(3)16.5 h 光周期的最高开花节位达 23 复叶节,反应长光促进生长,9月1日为主茎停止复叶发生期。(4)典型长光复式光温综合作用规律,为高纬度材料在 18~24 h 光周期能发育开花,提出理论依据。

## 3 小 结

3.1 根据不同形式复式光温综合作用确定开花节位过程提出,由子叶感光效应确定的开花节位,即出苗到 2 复叶未展开叶露叶前为大豆感光阶段;由未展开和展开叶感光效应确定的开花节位,即 2 复叶未展开叶露叶到开花节位复叶发生始为大豆感温阶段。

3.2 试验结果表明,光温对大豆生长和发育,反应出由量变到质变的规律。正因为有这种规律性变化,我国 24°N 至 53°N 均有一年生野生大豆。不同形式复式光温综合作用规律,丰富

了大豆光温生态内容。掌握和运用光温综合作用规律,对指导大豆科研和生产有重要意义。

### 参 考 文 献

- 1 徐 豹等.野生大豆控光和自然条件下开花临界光周期的研究.大豆科学.1991,10(2),85—92
- 2 路琴华.野生大豆自然临界温度的研究.吉林农业科学.1993,1,77—83
- 3 路琴华.大豆叶片感光效应与生长发育关系的研究.吉林农业科学.1994,4,1—7
- 4 路琴华等.原产地自然光温综合作用与野生大豆生长发育关系的研究.种质资源开拓与改良.黑龙江科技出版.1995, 222—230
- 5 路琴华.光温综合作用与野生大豆生殖生长关系的研究.吉林农业科学.1995,1,8—15
- 6 路琴华.光温综合作用与野生大豆营养生长关系的研究.吉林农业科学.1994,1,1—8
- 7 路琴华等.温度动态与野生大豆生长发育关系的研究.吉林农业科学.1994,3,1—7
- 8 路琴华等.光照长度划分原则及光温综合作用与野生大豆生长发育关系的研究.吉林农业科学.1995,4,1—9

## Studies on Soybean Ecology\* XVI The Basic Principles of Comprehensive Effect of Light and Temperature and the Division of the Stages of Growth and Development

LU Qinhu

(Soybean Institute, Jilin Academy of Agri. Sci., Gongzhuling 136100)

**Abstract** According to the trend of light and temperature of wild soybean during its growth period on its origination we put forward the basic principles of comprehensive effect of light and temperature, divided the stages of growth and development. According to the temperature and the speed of growth and development, we point out that; low temperature is lower than 25.5°C, 25.6~27.9°C is suitable temperature, high temperature is higher than 28°C. According to the speed of trifoliolate occurrence under different photoperiod we put forward that; short light is shorter than 13 h, 13~13.5 h is suitable light, long light is longer than 15.5 h. We analyzed the relation between the beginning of development and light and temperature in different comprehensive effect of light and temperature. The stage of the sensitive effect to photoperiod of wild soybean is from the emergence of cytoleaden to the occurrence of second trifoliolate; The stage of the sensitive effect to temperature of wild soybean is from the occurrence of second trifoliolate to the occurrence of the trifoliolate of the flowering node.

**key words** Wild soybean. Double comprehensive effect of light and temperature, Single comprehensive effect of light and temperature, Flowering node

\* This project was supported by NNSF of China