

大豆低温冷害试验研究报告*

张德荣 张学君

(吉林省农业科学院综合研究所低温冷害研究室)

提 要

本试验于1985—1986年,用盆栽,在大豆不同生育时期以人工控制温度的方法进行低温处理。试验结果指出:低温处理使大豆植株生长缓慢,生育时期延迟,产量下降。低温处理的温度越低,处理的时间越长影响越重。大豆花芽分化期是大豆生理上的低温冷害关键期。该阶段对低温处理最敏感,产量大幅度下降,主要是荚数和粒数减少,空秕荚多,百粒重轻等综合因素所致。低温处理使大豆花荚败育。雌蕊遭受冷害也会阻碍结荚。低温处理大豆还使子粒加重病害。因此,必须注意防御低温冷害,才能确保大豆高产稳产质佳。

关键词: 低温冷害 生育期 产量。

一、前 言

温度状况对大豆生产的分布、生育、产量和品质均有重大影响。在高纬度和高海拔地区低温冷害是大豆的主要气象灾害。因低温出现时期和强度以及持续时间的不同,大豆表现出延迟型、障碍型、生育不良等冷害类型,而降低产量。大豆各生育时期对低温的敏感程度不同,减产的程度也有差异。因此,弄清大豆各生育阶段对低温的反映,大豆生理上的低温冷害关键期等,可为大豆生产上采取防御低温冷害的技术措施,提供科学依据。

二、材 料 和 方 法

供试品种是吉林3号大豆,亚有限结荚习性,豆粒为中等偏小。

用人工控制温度的方法,对盆栽的各生育时期的大豆植株进行低温处理,昼夜恒温,光周期14小时,每期处理3盆。1985年放入国产SS—400A型人工气候箱进行10℃低温处理10天;1986年在简易人工气候室内15℃低温处理7天和14天。

* 本试验系潘铁夫同志主持的吉林省作物冷害发生规律研究的一部份。孟祥和郭法中同志做了一些工作。
本文于1987年6月3日收到。This paper was received in June 3, 1987.

大豆播种在绿色塑料盆里（盆口直径为 28cm，盆底直径为 23cm，盆高为 28cm，底部侧面有出水孔）。盆里从下至上加卵石、中石、细砂各 1.5kg，再装风干土 14kg。浇透水，待沉实，施底肥（磷酸二铵 1g，硝酸铵 2g，距种子 2—3cm），进行播种，然后再覆土 1.5kg。定苗后每盆留 3 株苗。在大豆生育过程中适时追肥，灌水，除草，确保植株正常生长。

三、结果与分析

（一）低温对大豆植株增长的影响

大豆各生育时期不同低温处理，植株生长缓慢。1985年试验，大豆开始开花后 6—16 天（7 月 1 日—7 月 10 日）经过 10℃ 低温处理 10 天，植株增长高度最少，为 0.6cm，是对照植株增长高度的 2.9%。其次是分枝盛期，植株增长高度为对照的 20.2%。5 月 22 日—5 月 31 日，6 月 1 日—6 月 10 日，6 月 11 日—6 月 20 日低温处理的三期，植株增长高度也较对照植株增长高度有不同程度的减少（表 1）。

表 1 10℃ 低温处理 10 天大豆植株增长高度（1985 年公主岭）

Table 1 The increased height of plant after 10 days under 10°C low temperature treatment (Gongzhuling 1985)

处理月、日 Treatment (month. day)	处理期间大豆的生育时期 Growth stage of soybean under treatments	期次 Order	10 天植株增长高度 (cm) The increased height of plant in 10 days (cm)		
			处 理 Treatment	对 照 Ck	处理是对照的 % Treatment be equal to Ck %
5.22—5.31	真（单）叶—第 2 片复叶未展开 Euphyllum-2nd leaf no spread out	1	1.6	5.1	31.4
6.1—6.10	2—3 片复叶 2—3 compound leaf	2	1.9	3.4	55.9
6.11—6.20	花芽分化（分枝）期—4 片复叶 Flower bud differentiation (Fourth compound leaf)	3	2.0	7.6	26.3
6.21—6.30	分枝盛期 The period of luxuriant branches	4	3.4	16.8	20.2
7.1—7.10	始花后 6—16 天（盛花） 6—16 days after blooming	5	0.6	20.5	2.9

1986 年的试验。大豆开始开花后 10—16 天（7 月 11 日—7 月 17 日）经过 15℃ 低温处理 7 天，植株增长高度最少，为 0.6cm，是对照植株增长高度的 5.3%。其次，大豆花芽分化（分枝）期低温处理的植株增长高度为对照的 13.9%。大豆开花始期—结荚前（7 月 4 日—7 月 17 日）经过 15℃ 低温处理 14 天植株增长高度更少，为对照增长高度的 18.3%。上述 1985 和 1986 年两年的试验可以看出：大豆从分枝开始时期起的积极生长阶段迁低温生长就受到抑制，严重影响大豆植株的长高和出叶，低温作用时间越长影响愈烈（表 2）。

表 2 15℃低温处理 7 和 14 天大豆植株的增长情况 (1986 年公主岭)
Table 2 The increased height of plant after 7 and 14 days under 15℃ low temperature treatment (Gongzhuling, 1986)

处理时间 Duration of treatment		处理期间大豆的生育时期 Growth stage of soybean under treatments	15℃处理 Treatment under 15℃		对 照 Ck		15℃为对照% 15℃ be equal to Ck %	
月、日 Month. Day	天 数 Days		株高 (cm) Plant height	叶片数 (片) Leaf number	株高 (cm) Plant height	叶片数 (片) Leaf number	株 高 (cm) Plant height	叶 片 数 (片) Leaf number
6.5—6.11	7	1.9—2.2 片复叶 1.9—2.2 compound leaves	2.2	0.3	8.3	1.2	26.5	25.0
6.12—6.18	7	3.3—4.3 片复叶 3.3—4.3 compound leaves	2.6	1.0	7.6	1.6	34.2	38.5
6.19—6.25	7	5 片复叶—分枝始期 5 compound leaves—beginning of branch	0.8	0.2	5.1	1.4	15.7	14.3
6.26—7.2	7	花芽分化 (分枝) 期 Flower bud differentiation (branch)	1.6	0.7	11.5	1.8	13.9	38.9
7.4—7.10	7	开 花 始 期 The beginning of blooming	4.0	0.9	16.0	2.6	25.0	34.6
7.11—7.17	7	始花后 10—16 天 (盛花期) 10—16 days after blooming	0.6	0.3	11.3	—	5.3	—
6.26—7.10	14	花芽分化 (分枝) 期 Flower bud differentiation (branching)	7.5	1.7	29.7	4.4	25.3	38.6
7.4—7.17	14	开花始期—结荚前 The beginning of blooming—before pod setting	4.6	1.7	25.1	—	18.3	—

(二) 低温对大豆生育期的影响

大豆各生育阶段经过低温处理，生育时期被推迟。

1985 年的试验。5 月 22 日—5 月 31 日 (真叶—2 片复叶未展开) 和 6 月 1 日—6 月 10 日 (2—3 片复叶) 两期经过 10℃ 低温处理 10 天，大豆分枝始期分别延迟 9 与 10 天，开花始期都延迟 11 天，结荚始期分别延迟 10 与 12 天，拉片始期分别延迟 10 与 11 天，鼓粒始期分别延迟 6 与 7 天，成熟期分别延迟 2 与 3 天；6 月 11 日—6 月 20 日 [花芽分化 (分枝) 期—4 片复叶] 和 6 月 21 日—6 月 30 日 (分枝盛期) 两期经过 10℃ 低温处理 10 天，大豆开花始期分别延迟 11 与 10 天，结荚始期分别延迟 10 与 12 天，拉片始期分别延迟 10 与 11 天，鼓粒始期分别延迟 6 与 9 天，成熟期都延迟 3 天；7 月 1 日—7 月 10 日 (开始开花后 6—16 天) 这期经过 10℃ 低温处理 10 天的大豆结荚始期延迟 7 天，拉片始期延迟 8 天，鼓粒始期延迟 5 天，成熟期延迟 3 天。

1986 年试验。6 月 5 日—6 月 11 日 (1.9—2.2 片复叶) 和 6 月 12 日—6 月 18 日、(3.3—4.3 片复叶) 以及 6 月 19 日—6 月 25 日 (5 片复叶—分枝始期) 三期经过 15℃ 低温处理 7 天，大豆开花始期分别延迟 2、1、5 天，结荚和拉片始期都分别延迟 5、4、5 天，鼓粒始期分别延迟 4、3、4 天，成熟期分别延迟 4、3、5 天；6 月 26 日—7 月 2 日 [花芽分化 (分枝) 期] 经过 15℃ 低温处理 7 天，大豆开花始期延迟 3 天，结荚始期延迟 2 天，拉片始期延迟 3 天，鼓粒始期延迟 2 天，成熟期延迟 4 天；7 月

4日—7月10日(开花始期)和7月11日—7月17日(开始开花后6—16天)两期经过15℃低温处理7天,大豆的结荚始期基本不延迟,拉片始期都延迟2天,鼓粒始期都延迟1天,成熟期分别延迟4与2天。6月26日—7月10日〔花芽分化(分枝)期〕和7月4日—7月17日(开花始期—结荚前)两期经过15℃低温处理14天,处于花芽分化(分枝)期的大豆(6月26日—7月10日),其开花始期延迟8天,结荚始期分别延迟9与6天,拉片始期分别延迟5与3天,鼓粒始期分别延迟4与1天,成熟期分别延迟6与5天(表3)。

表3 大豆不同阶段15℃低温处理7和14天的生育时期 (1986年 公主岭)
Table 3 The growth period duration on different growth stages of soybean under 15℃ low temperature treated 7 and 14 days (1986. Gongzhuling)

处理时间 Duration of treatment		处理期间大豆的生育时期 The growth stage of soybean under treatments	分枝始期 (月、日)	开花始期 (月、日)	结荚始期 (月、日)	拉片始期 (月、日)	鼓粒始期 (月、日)	成熟期 (月、日)
月、日 Month day	天 数 Days		The begin- ning of branching	The begin- ning of blooming	The be- ginning of setting	The be- ginning of pod lengthe- ning	The beginning of pod filling	Period of ma- turity
6.5— 6.11	7	1.9—2.2片复叶 1.9—2.2 compound leaves	6.21	7.5	7.17	7.25	7.31	9.16
6.12— 6.18	7	3.3—4.3片复叶 3.3—4.3 compound leaves	6.21	7.4	7.16	7.24	7.30	9.15
6.19— 6.25	7	5片复叶—分枝始期 5 compound leaves— beginning of branch	6.23	7.8	7.17	7.25	7.31	9.17
6.26— 7.2	7	花芽分化(分枝)期 Flower bud differen- tiation (branching)	—	7.6	7.14	7.23	7.29	9.16
7.4— 7.10	7	开 花 始 期 The beginning period of blooming	—	—	7.13	7.22	7.28	9.16
7.11— 7.17	7	始花后10—16天 10—16 days after blooming	—	—	7.12	7.22	7.28	9.14
6.26— 7.10	14	花芽分化(分枝)期 Flower bud differentia- tion (branching)	—	7.11	7.21	7.25	7.31	9.18
7.4— 7.17	14	开花始期—结荚前 The beginning of bloo- ming-b-fore pod setting	—	—	7.18	7.23	7.28	9.17
对 照 Ck	—	—	6.22	7.3	7.12	7.20	7.27	9.12

综合表1985, 1986年的分析得出:大豆开花始期以前比开花始期以后的期次经过低温处理,其结荚始期、拉片始期、鼓粒始期和成熟期有延迟天数多的趋势。10℃低温处理10天能延迟大豆分枝始期,而15℃低温处理7天基本不影响分枝始期的到来。大豆花芽分化(分枝)期经过15℃低温处理14天较处理7天,其开花、结荚、拉片、鼓粒始期和成熟期延迟的天数分别多5、7、2、2、2天。说明了大豆生育时期的推迟与处理低温的强度及其处理时间的长短成正比。

(三) 低温对大豆产量的影响：

大豆各生育阶段经过低温处理造成减产。处理温度越低，处理时间越长，减产越多。1985年试验，大豆吉林88号各生育阶段经过10℃低温处理10天，其子粒产量均有不同程度的下降。花芽分化（分枝）期和分枝盛期产量降低最严重，单株粒重最少，为11.2和11.4g，是对照单株粒重的39.2%和39.9%，减产60.1—60.8%；单株粒数也最少，为82.1和82.2粒，比对照减少55.2—55.3%（表4）。

1986年的试验。5片复叶—分枝始期和花芽分化（分枝）期经过15℃低温处理7天（分别为6月19日—6月25日和6月26日—7月2日）单株粒重最轻都是11.0g，是对照单株粒重的83.3%，减产16.7%。单株粒数较对照少10.1—15.9%。其次，大豆开花始期经过15℃低温处理7天（7月4—10日），单株粒重为12.4g，较对照减产6.1%。6月5日—6月11日（1.9—2.2片复叶）和6月12日—6月18日（3.3—4.3片复叶）以及7月11日—7月17日（开始开花后10—16天）三期经过15℃低温处理7天均有不同程度的减产。

表4 大豆不同阶段 10℃ 低温处理 10 天的产量（1985年公主岭）

Table 4 The yield of soybean under 10℃ low temperature treated 10 days in different growth stage (Gongzhuling 1985)

处理 (月、日) Treatment (month. day)	处理期间大豆的生育时期 The growth stage of soybean under treatment	单株粒数 (粒) Seeds/ one plant	百粒重 (g) Weight of 100 seeds	秕荚数 (个) No. of blind pod	单株荚数 (个) The No./per plant	单株粒重 Weight of seeds/ one plant	
						g	%
5.22—5.31	真(单)叶—第2片复叶未展开 Euphyllum unfolding of 2nd leaf	123.4	16.1	1.1	45.8	17.1	59.8
6.1—6.10	2—3片复叶 2—3 compound leaf	117.1	15.4	1.8	44.5	15.9	55.6
6.11—6.20	花芽分化(分枝)期—4片复叶 Flower bud differentiation fourth compound leaf	82.1	14.5	3.0	33.6	11.2	39.2
6.21—6.30	分枝盛期 The period of luxuriant branches	82.2	15.6	3.2	35.6	11.4	39.9
7.1—7.10	始花后6—16天 6—16 days after the beginning of blooming	84.8	15.7	1.6	36.8	13.6	47.6
对照 Ck	—	183.5	17.5	1.3	67.6	28.6	100.0

低温处理时间越长，对产量的影响越大。花芽分化（分枝）期经过15℃低温处理14天（6月26日—7月10日），单株粒重更轻为10.6g，为对照的80.3%，减产19.7%。开花始期经过15℃低温处理14天（7月4日—7月17日，单株粒重为11.4g，为对照的86.4%，减产13.6%。此两期较15℃低温处理7天的产量（11.0g和12.4g）更低（表5）。

表5 不同生育时期15℃低温处理7和14天大豆的产量(1986年 公主岭)

Table 5 The yield of soybean under 15℃ low temperature treated 7 and 14 days in different growth stage (Gongzhuling 1987)

处理时间 Duration of treatment		处理期间大豆的生育时期 Growth stage of soybean under treatment	单株荚数	单株粒数 (粒)	百粒重 (g)	单株粒重 Weight of seeds/one plant	
(月、日) (month, day)	天数 (Days)		No. of pod/per plant	Seeds/one plant	Weight of 100 seeds	g	%
6.5—6.11	7	1.9—2.2片复叶 1.9—2.2 compound leaves	33.1	83.1	16.3	12.9	97.7
6.12—6.18	7	3.3—4.3片复叶 3.3—4.3 compound leaves	36.7	91.6	14.9	12.8	97.0
6.18—6.25	7	5片复叶—分枝始期 5 compound leaves—beginning of branching	35.7	79.3	14.5	11.0	83.3
6.26—7.2	7	花芽分化(分枝)期 Flower bud differentiation (branching)	36.2	74.2	14.5	11.0	83.7
7.4—7.11	7	开花始期 The beginning of blooming	33.7	73.7	17.2	12.4	93.6
7.11—7.17	7	开始开花后10—16天 10—16 days after blooming	34.4	83.6	16.6	12.7	93.2
6.26—7.10	14	花芽分化(分枝)期 Flower bud differentiation (branching)	33.7	65.5	16.6	10.6	80.0
7.4—7.17	14	开花始期—结荚前 The beginning of blooming before pod setting	31.3	66.5	17.9	11.4	83.4
对照 Ck	—	—	36.7	88.2	16.2	13.2	100.0

综合表4、5的分析可知：结荚数少，单株粒数也少，百粒重小，尤其是单株粒重轻等产量因子是大豆各生育时期低温处理造成减产的重要因素。

(四) 低温处理使大豆花荚败育

大豆开花期于7月11日—17日给予15℃低温处理7天。第一次调查(7月18日)的结果：低温处理的植株比自然条件下生长的植株花和荚分别多落2.76%和3.44%。说明15℃低温胁迫正在发育着的大豆花荚脱落。第二次调查(7月25日)的结果：低温处理的植株比自然条件下生长的植株分别多落5.19%和2.46%的花和荚。可能由于15℃低温引起大豆生理上的变化，造成源库流的障碍，而导致花荚败育。所以，低温迫使大豆花和荚多脱落13.85%(表6)。

通过15℃低温和自然处理大豆落花落荚成数间的差异显著性t检验， $t=3.4453$ 。查表知道显著平准 $P=0.01$ 时， $t=2.5758$ ， $P=0.005$ 时则 $t=2.8070$ 。因此，15℃低温与自然(对照)的大豆落花落荚差异极显著。即经过15℃低温处理，大豆落花落荚率极明显地高于自然条件下的落花落荚率。

(五) 低温处理使大豆花的雌蕊遭受冷害阻碍结荚

关于低温处理大豆花障碍雄性机能的研究，日本学者有许多报导。为了阐明低温处

表 6 15℃低温处理 7 天大豆落花落荚情况 (1986 年 公主岭)
Table 6 The situation of flower and pod shedding under 15℃ low temperature treatment for 7 days (Gongzhuling 1986)

处 理 Treat- ment	处理前调查 Counting before treatment		7月18日调查 Counting on 18th July				7月25日调查 Counting on 25th July				合 计 (%)
	花 数 Number of flowers	荚 数 Number of pods	落花数 Number of shed flowers	%	落荚数 Number of shed pod	%	落花数 Number of shed flower	%	落荚数 Number of shed pod	%	Total (%)
15℃	162	264	12	7.41	13	4.92	31	19.14	28	10.61	42.08
对照 Ck	86	135	4	4.65	2	1.48	12	13.95	11	8.15	28.23
相 差 Differen- ces	—	—	—	2.76	—	3.44	—	5.19	—	2.46	13.85

理对大豆花雌性器官机能的危害，我们进行了人工授粉试验，并调查了结荚情况。将生长在自然条件下大豆花上的花粉授予15℃低温处理7天（于1986年7月22日—7月26日，在国产SS—400A型人工气候箱内进行低温处理）大豆花的雌蕊上，也授予生长在自然条件下大豆花的雌蕊上作为对照。通过调查结荚情况进行直接对比。结果发现15℃低温处理7天，大豆花的雌蕊遭受了冷害，影响了受精结荚。对照的结荚率为49.4%，而15℃低温处理的大豆结荚率仅为27.6%，比对照减少结荚率21.8%（表7）。

表 7 人工授粉大豆的结荚情况 (1986 年 公主岭)
Table 7 The situation of pod setting of soybean with hand pollination (Gongzhuling 1986)

处 理 Treatment	授粉花数 (枚) The number of flower with hand pollination	结 荚 数 (个) Number of pod setting	结荚率 (%) Rate of pod setting
15℃	98	27	27.6
对 照 Ck	89	44	49.4

通过 15℃低温和对照的人工授粉大豆结荚率差异显著性的 t 检验， $t = 3.0700$ 。查表看到显著平准 $P = 0.01$ 时， $t = 2.5758$ ； $P = 0.005$ 时，则 $t = 2.8070$ 。所以 15℃低温与自然处理的大豆人工授粉结荚率差异极显著。即 15℃低温处理的大豆人工授粉结荚率极明显地少于自然条件下人工授粉大豆的结荚率。

参 考 文 献

〔1〕 齐肇正隆等：1978，大豆开花期前后低温对结荚和植株体内养分的影响，《国外农业科技资料》第4期。
〔2〕 潘铁夫、方展森、赵洪凯、卢庆善：1983，农作物低温冷害及其防御，《农业出版社》
〔3〕 潘铁夫等：1986赴日考察作物冷害科研工作报告，《吉林农业科学》第2期。
〔4〕 北海道农业试验场旱田作物第三研究室：1971，大豆在低温条件下开花受精过程的分析，《北农试年报》

STUDY ON COOL INJURY OF SOYBEAN

Zhang Derong Zhang Xuejun
(Jilin Academy of Agricultural Sciences)

Abstract

Pod experiment on treatment of low temperature to soybean at different growth stage was carried out on 1985—1986 by use controlled de- late temperature. The results indicated: The soybean plant grew slowly, yed growth peroid and decrease on yield under treatment of low temperature. The lower and longer of low temperature treatment, the more severe effect on plant. The period of flower bud differentiation with most sensibility to low temperature was the key stage of cool injury of soybean. The vast falling of yield mainly was caused by the complemen- tary facters of reduction of number of pod and seed, reducing weight per 100 seeds. The flowdr of soybean was sterile by low temperature treatment. Pistil of soybean with cool injury prevanted to have pod getting also. Low temperature treatment in seed filling period affected the rapidity of seed filling and disease damage.

Key words: Cool injury Growtd stage Yield