



## 黄淮海夏大豆田“症青”的成因探析及预防

莫先树<sup>1</sup>, 梁家铭<sup>1</sup>, 李得孝<sup>1</sup>, 梁福琴<sup>2</sup>, 张明君<sup>2</sup>, 刘萌娟<sup>1</sup>, 肖金平<sup>3</sup>, 张 璞<sup>3</sup>

(1. 西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 延安市农业科学院 国家大豆试验站(延安), 陕西 延安 716099; 3. 陕西省杂交油菜研究中心 大豆育种研究室, 陕西 杨凌 712100)

**摘 要:**大豆“症青”是籽粒发育停滞导致植株源流库严重失调而产生的生理性症状。近年来,“症青”已成为黄淮海地区夏大豆安全生产的重要威胁。研究根据杨凌多年大豆生产数据和气象数据,依据大豆生殖生长与籽粒发育规律,提出“症青”区域性发生可能为大豆生殖生长期的极端气温(花荚期高温或鼓粒期低温)所致,而局部发生的“症青”可能与点蜂缘蝽或豆秆黑潜蝇为害、不良的栽培条件有关。在大豆花荚期没有极端气候侵袭的地区,防治点蜂缘蝽等综合栽培措施可以有效预防“症青”发生。而在易发热浪胁迫的地区,选择合适的耐热或避热大豆品种,结合虫害防治措施,可能会有效控制大豆“症青”的危害。今后应加强大豆“症青”发生机理的研究,并尽快确定一些应对措施。耐热新品种选育应尽快开展。

**关键词:**大豆;症青;极端气温;热胁迫;点蜂缘蝽

## Exploring the Causes and Precautions of Soybean Staygreen Syndrome in Huang-Huai-Hai Regions

MO Xian-shu<sup>1</sup>, LIANG Jia-ming<sup>1</sup>, LI De-xiao<sup>1</sup>, LIANG Fu-qin<sup>2</sup>, ZHANG Min-jun<sup>2</sup>, LIU Meng-juan<sup>1</sup>, XIAO Jin-ping<sup>3</sup>, ZHANG Pu<sup>3</sup>

(1. College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling 712100, China; 2. Institute of Yan'an Agricultural Science, National Soybean Experimental Station in Yan'an, Yan'an 716099, China; 3. Hybrid Rape Research Center of Shaanxi Province, Lab of Soybean Breeding, Yangling 712100, China)

**Abstract:** The soybean staygreen syndrome, named as ‘Zhengqing’ in Chinese, is a serious physiological disorder among the Source-Translocation-Sink resulting in seed development stagnation and leaf stay-green at the late growth stage. In recent years, the staygreen syndrome is becoming a serious threat to summer soybean production in Huang-Huai-Hai region. Based on field investigation and climate records in Yangling, the causes of soybean staygreen syndrome were discussed. The regional incidence of soybean staygreen syndrome may be caused by extreme temperature stress during soybean regeneration stages (heat wave during R2-R4 period or/and early cold after R5 stage). However, the local incidence of soybean staygreen syndrome may be related to the infection of *Riptortus pedestris* and *Melanagromyza sojae* and in appropriate cultivation. The pest control involved in comprehensive countermeasures will be effective to prevent soybean staygreen syndrome in where soybean grown without extreme climate hit at early reproductive stages. However, Soybean cultivars with tolerance (or escaping) to heat stress and pest-control may be effective countermeasures for the areas prone to suffering heat wave at early reproductive stage. It is recommended to explore the occurrence mechanism of soybean stay green syndrome and to determine effective countermeasures. The soybean breeding program for heat tolerance should be proceeded as early as possible.

**Keywords:** Soybean; Staygreen syndrome; Extreme temperature; Heat tolerance; *Riptortus pedestris*

黄淮海地区是中国第二大大豆生产区,地跨北京、天津、河北、山东、河南、安徽和江苏的淮北地区、山西中南部和陕西关中盆地。区内地势平坦,土地资源丰富,光热资源充足,雨热同期。区域内普遍采用一年两熟制,小麦之后种植夏播作物大豆

或玉米。大豆生长季为6月中旬-10月初,种植茬口非常严格。最近几年,黄淮海夏大豆区频繁出现“症青”现象,造成大面积绝收,严重威胁着本地区大豆的安全生产。

大豆“症青”(staygreen syndrome)主要表现为

收稿日期:2018-10-29

基金项目:国家重点研发计划(2017YFD0101400);陕西省农业厅2017年省级现代农作物种业项目(20171010000004);现代农业产业技术体系建设专项(CARS-04)。

第一作者简介:莫先树(1995-),女,硕士,主要从事大豆逆境生物学研究。E-mail:475962876@qq.com。

通讯作者:李得孝(1973-),男,博士,副教授,主要从事大豆遗传育种。E-mail:lidexiao@nwsuaf.edu.cn。

生长后期营养生长旺盛,叶色浓绿,并不断抽发新枝或次生分枝,花期长,结荚稀疏,且荚而不实,籽粒过小,商品性差,重灾区减产高达 75%<sup>[1]</sup>。目前,普遍认为大豆“症青”是籽粒发育严重受阻,导致大豆植株源流库失调而产生的生理性病症<sup>[2]</sup>。从植物生理角度看,在大豆籽粒受损(荚而不实)、无籽(无荚),或者物质转运不畅的情况下,大豆“源”器官合成的光合产物不能正常转运而累积在叶片中,必然导致叶片肥厚浓绿,植株贪青不熟,出现“症青”症状。因此,探究大豆籽粒受损(荚而不实)、无籽(无荚)或者物质转运不畅的原因是实施有效应对措施的关键。

前人对于导致“症青”的原因多有讨论<sup>[3-9]</sup>,但从大豆“源-流-库”角度解析大豆“症青”的研究非常少。本研究将结合杨凌试验点多年的气温和多地大田生产情况,从大豆生理、病虫害与气候因素等多个角度分析大豆“症青”的原因,在总结前人研究结果的基础上,提出大豆“症青”的具体应对策略,为黄淮海地区大豆高产稳产奠定基础。

1 材料与方法

“症青”调查材料为杨凌、洛阳、延安等试验点种植的大豆品种(系)。2011-2018 年气温数据来自中国气象网杨凌天气(<http://www.weather.com.cn/weather/101111102.shtml>),历年大豆生产情况参考杨凌试验点历史资料。

2 结果与分析

2.1 大豆“症青”成因分析

2.1.1 极端气温与豆田大面积“症青”的关联性分析 黄淮海夏大豆区整个生育期都会出现不同程

度的温度胁迫,对籽粒产量影响最大的是花荚期(R1~R5)热浪天气(高温)和鼓粒中后期(R6~R7)的持续低温。大豆是喜温作物,植株生长发育的适宜气温为 24~26℃。当日温超过 29.4℃时会出现热胁迫,当温度低于 14℃时生长完全停滞<sup>[10]</sup>。花荚期是决定籽粒能否结实的关键阶段。前人研究表明,开花期高温胁迫导致花粉不育和结实率下降;32.8~35.6℃的日温将导致籽粒减少;37.2℃以上的高温严重抑制荚果生长。大豆鼓粒期是决定粒重高低的关键阶段。昼夜温差适宜,且夜温不低于 18℃的条件有利于同化产物的转运和积累。如果鼓粒期出现持续高温,异常籽粒将大幅增加,种子发芽率直线下降<sup>[10]</sup>。大豆夜温只有超过 26.4℃时才会出现产量下降<sup>[11]</sup>。黄淮海地区 9 月中旬如果阴雨连绵,气温便会降得很低(14~18℃),正处在鼓粒中后期的夏大豆便会遭遇低温胁迫,同化物转运受阻或停滞。总之,大豆荚果不能正常结实或生长都会出现源库失调,从而引发“症青”症状。

经统计,地处黄淮中片的杨凌试验点连续 4 年出现大面积“症青”症状。2018 年随机选取部分种植材料进行调查,绝大多数植株都是瘪荚,败育多数发生在鼓粒初期(表 1,图 1)。根据前人研究,花后 10~14 d 子叶生长可至全体积的 1/2,约在 20~30 d 子叶长至最大<sup>[12]</sup>。据此推测,籽粒败育的时间应该在 8 月上中旬。邯豆 5 号是整块田开花最早的品种,结荚相对也较早,因此,发生籽粒败育时其籽粒较大(接近满穴)。而在播种稍晚的 1 块中黄 37 种植田,植株基本没有结荚,推测导致“症青”的胁迫应该出现在结荚前(图 1)。这些结果显示,大豆籽粒败育时期与 7 月底-8 月初的高温胁迫相重叠。

表 1 2018 年杨凌试验点大豆“症青”抽样调查

Table 1 Sample survey of soybean staygreen plants in Yangling site in 2018					
材料 Material	株数 Plant number	总荚数 Total pods number	瘪荚数 Shrivelled pods number	正常荚数 Normal pods number	籽粒败育情况 Seed abortion description
晋黄 11 Jinhuang 11	1	114	114	0	早败育
安豆 6023 Andou 6023	2	278	278	0	早败育
邯 15-685 Han 15-685	1	171	171	0	早败育
宝豆 10 号 Baodou 10	2	184	183	1	早败育
宝豆 12 Baodou 12	2	284	284	0	早败育
陕豆 1 号 Shaandou 1	1	279	279	0	早败育
陕豆 2 号 Shaandou 2	2	329	329	0	早败育
陕豆 5 号 Shaandou 5	2	332	332	0	早败育

续表 1

材料 Material	株数 Plant number	总荚数 Total pods number	瘪荚数 Shrivelled pods number	正常荚数 Normal pods number	籽粒败育情况 Seed abortion description
陕豆 6 号 Shaandou 6	2	256	256	0	早败育
16Y195	1	172	171	1	早败育
16Y081	4	749	749	0	早败育
17HN015	2	259	258	1	早败育
晋遗 51 Jinyi 51	2	147	143	4	早败育,个别籽正常
邯 13-109 Han 13-109	2	323	311	12	早败育,个别籽正常
冀 1701 Ji 1701	3	371	366	5	早败育,个别籽正常
安豆 109 Andou 109	2	162	159	3	早败育,个别籽正常
秦豆 220 Qindou 220	2	198	194	4	早败育,个别籽正常
陕垦豆 8 号 Shaankendou 8	2	199	189	10	早败育,个别籽正常
17HN009	4	394	380	14	早败育,个别籽正常
晋黄 12 Jinhuang 12	2	320	246	74	早败育,部分籽粒正常
秦豆 8 号 Qindou 8	2	395	300	95	早败育,少数籽粒正常
晋大紫茎黑 1 号 Jindazijinghei 1	4	345	251	94	早败育,少数籽粒正常
陕豆 7 号 Shaandou 7	6	958	833	125	早败育,少数籽粒正常
17HN001	6	733	683	50	早败育,少数籽粒正常
晋科 3 号 Jinke 3	2	182	125	57	早败育,正常荚较多
邯豆 5 号 Handou 5	1	119	99	20	败育较晚,正常荚霉籽多

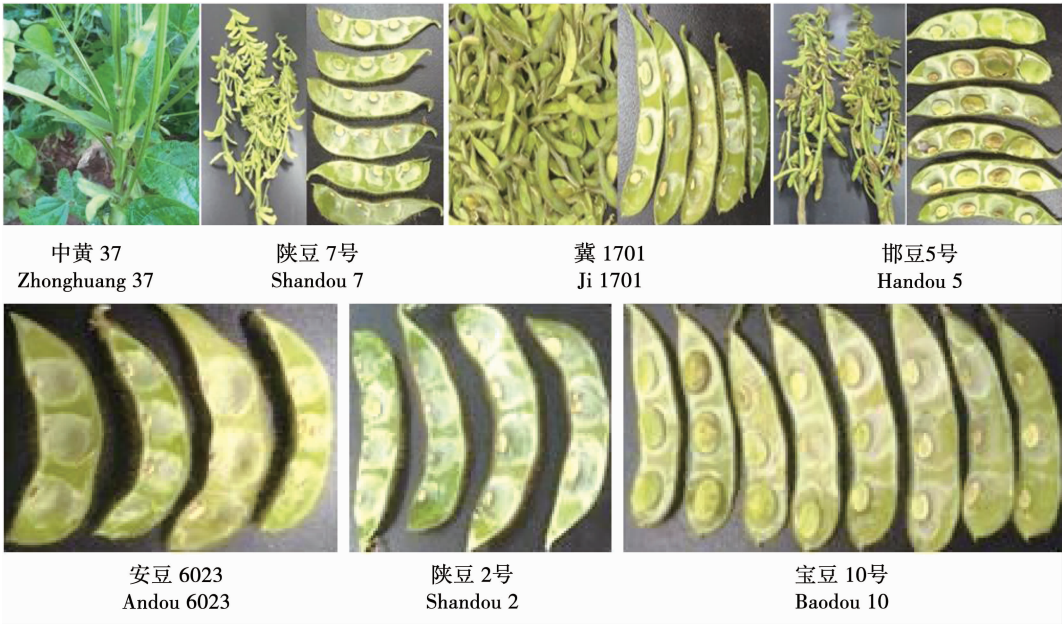


图 1 大豆“症青”植株与荚果籽粒  
Fig. 1 The plant, pod and seed of staygreen soybeans

为了进一步验证气温与“症青”的关系,总结了最近 8 年杨凌试验点的气温统计资料,结果显示,该区在大豆花荚期(7 月下旬-8 月上中旬)都会出现高温天气,但如果高温持续日数超过 7 d,或者鼓粒中期(8-9 月)出现持续低温天气,都出现了大豆“症青”现象,表现为籽粒早期败育或籽粒发育停

滞,植株无荚或者有荚无粒(大量瘪荚),叶片贪青不落(表 2)。需要说明的是,这些试验田都进行了灌溉和防虫措施,可以排除干旱胁迫和病虫害大面积为害的情况。因此,认为该区出现的极端气温胁迫可能是导致大豆“症青”的主要原因。

表 2 2011-2018 年杨凌试验点气温资料统计

Table 2 Statistics of air temperature at soybean growth stages in Yangling during 2011-2018

年份 Year	气温 Temperature	7 月 July			8 月 August			9 月 September			结实情况 Seed setting
		上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	
		Early month	Mid month	Late month	Early month	Mid month	Late month	Early month	Mid month	Late month	
2011	最高 Highest	30.0	33.2	31.1	28.5	29.8	26.6	24.1	19.2	22.8	正常
	最低 Lowest	25.5	20.5	21.5	19.6	22.2	18.8	18.5	14.5	13.4	Normal
	平均 Mean	25.1	26.7	25.4	23.3	25.6	22.1	20.6	16.1	17.1	
2012	最高 Highest	29.4	31.8	33.0	31.5	27.1	28.9	25.4	24.6	23.5	正常
	最低 Lowest	20.9	22.2	22.8	23.3	21.3	17.8	16.9	13.6	14.1	Normal
	平均 Mean	24.7	26.6	27.1	26.4	23.6	22.5	20.2	18.1	17.9	
2013	最高 Highest	32.6	30.6	30.5	32.4	34.3	31.0	27.1	29.2	24.1	症青
	最低 Lowest	24.1	22.8	22.7	22.1	23.8	21.4	18.7	18.8	15.3	Staygreen
	平均 Mean	27.6	26.1	26.2	26.6	28.4	25.7	22.2	23.5	18.5	
2014	最高 Highest	36.7	38.0	39.8	36.0	31.6	-	29.6	26.9	-	症青
	最低 Lowest	19.1	19.5	19.0	15.8	16.0	15.1	13.5	13.1	-	Staygreen
	平均 Mean	26.5	28.3	29.5	24.7	23.3	23.0	21.2	18.0	18.1	
2015	最高 Highest	33.8	35.6	-	38.1	34.5	-	33.1	26.8	-	症青
	最低 Lowest	16.6	18.4	-	14.4	18.2	-	16.9	11.3	-	Staygreen
	平均 Mean	25.4	26.3	28.7	25.6	23.7	23.9	21.7	19.2	19.1	
2016	最高 Highest	36.2	35.3	35.0	33.0	37.6	35.0	35.2	32.0	28.0	症青
	最低 Lowest	19.0	16.3	20.0	21.0	23.5	14.6	13.3	14.0	13.0	Staygreen
	平均 Mean	28.0	25.3	26.7	26.2	30.1	24.5	22.9	19.6	18.8	
2017	最高 Highest	41.0	38.0	39.0	37.0	35.0	32.0	28.0	28.0	29.0	症青
	最低 Lowest	18.0	21.0	20.0	18.0	20.0	14.0	14.0	12.0	11.0	Staygreen
	平均 Mean	26.9	29.5	29.1	27.2	25.8	20.3	19.6	20.7	18.7	
2018	最高 Highest	32.0	37.0	35.0	35.0	34.0	32.0	31.0	28.0	28.0	症青
	最低 Lowest	20.0	20.0	23.0	23.0	21.0	17.0	11.0	13.0	8.0	Staygreen
	平均 Mean	23.3	26.6	28.8	28.5	27.2	24.5	21.7	18.0	16.4	

为了更详细地了解陕西关中地区大豆生长期内的气温变化,连续记录了近3年来大豆全生育期日温时变化。从整理的气温数据来看,2016–2018年,9月中下旬都会出现夜温较低(<18℃)的情况(表3)。阴雨连绵、气温持续偏低必然导致大豆叶片产生的养分不能转运至籽粒,导致籽粒发育提前终止,引发大豆“症青”。这也是本区不能通过适时晚播避开热浪胁迫的气候约束条件。前文已推测出本区大豆籽粒败育的时期在鼓粒初期(8月上中旬)。梳理这几年同时段气温的时变化,都发现高温持续日数较长的情况(数据未显示)。2018年虽然都存在花荚期高温和鼓粒后期低温,但荚果解剖显示籽粒败育都发生在早期,可排除后期低温的影响。而7月下旬(大豆开花期)至8月中上旬(结荚鼓粒期)都出现了持续12 d的极端高温(>35℃)胁迫,有些日数甚至夜温都在30℃左右(远大于26.4℃),严重制约大豆正常结实和鼓粒。由此推

断,花荚期的持续高温导致荚果籽粒早期败育是2018年杨凌地区“症青”的主因。2017年花荚期极端高温有多个时段,有些材料部分荚果结实,但从8月25日开始的低温时段一直持续到收获,导致大豆材料全部出现“症青”症状。因此,2017年后期低温的影响更大些,具体还需考虑材料的开花结荚日期。

综合几年的观察,杨凌所在的关中地区每年8月上、中旬前后如果出现持续高温天气,必然会出现籽粒早期败育,从而诱发大豆“症青”。如果该阶段有降雨出现,气温略降,大豆就能正常结荚结实,即使9月出现低温(只要不是持续低温),大豆都会有较好的籽粒收获。从产量角度看,大豆正常结实是首位的,其次才是能否正常鼓粒。在评判极端温度与大豆“症青”的关系时,还需要参考受害大豆籽粒大小,推测败育早晚,结合气温日变化,做出合理分析。

表3 2016–2018年大豆生殖生长期气温变化统计  
Table 3 Statistics of air temperature during the reproductive growth period of soybean in 2016-2018

年份 Year	极端温度持续日期(持续天数) Date (days) of extreme temperature			籽粒败育情况 Seed abortion
	最高日温 >30℃	最高日温 >35℃	最低夜温 <18℃	
	Max. daily temperature >30℃	Max. daily temperature >35℃	Min. night temperature <18℃	
2016	7.20–21(2 d), 7.23–25(3 d), 7.27–29(3 d),	7.28–29(2 d), 8.12–19(8 d),	9.7–30(24 d)	早期败育
	7.31–8.24(25 d), 8.30–9.2(4 d)	8.24(1 d), 9.1(1 d)		Early abortion
2017	7.15–27(13 d), 7.30–8.6(8 d), 8.8–12	7.18–26(9 d), 8.3–5(3 d),	8.25–9.30(38 d, 除中间4 d)	早败育和晚败育皆有
	(5 d), 8.14–17(4 d), 8.23–24(2 d)	9–11(3 d)		Early and late abortion
2018	7.13–8.21(30 d), 8.26–9.1(7 d), 9.3–	7.14–24(12 d), 8.1–12	9.6–30(25 d)	早期败育
	4(2 d)	(12 d)		Early abortion

2.1.2 大豆“症青”与点蜂缘蝽为害的关联性分析  
在没有极端热浪威胁的大豆产区,点蜂缘蝽为代表的蝽象是大豆“症青”发生的主因。2018年延安大豆试验基地附近农民种植田发生严重“症青”症状(图2),植株上部点蜂缘蝽的虫口密度很大,植株上部节位荚果全部受害,籽粒基本没有正常发育,而下部部分荚果貌似鼓粒正常,但剖开后籽粒出现滞育软化或发黑,基本处于减产绝收的状态。据调查,在大豆开花期(7月上中旬)田间点蜂缘蝽为害比较严重,基地试验田及时采取了防虫措施(先后喷洒高效氯氟氰菊酯、瓢甲敌和氰戊马拉松),而相邻的农民玉豆间作田没做任何防控措施,8月下旬便出现严重的“症青”症状。陕北地区春大豆不存在极端热浪侵袭问题,这块田大豆“症青”爆发的唯

一原因是点蜂缘蝽的爆发。  
2.1.3 大豆“症青”与豆秆黑潜蝇为害的关联性分析  
2018年“黄淮海大豆优质高产广适新品种培育”项目组织专家进行考察观摩,在洛阳试验点发现大豆植株长势正常,但许多参试材料的荚果籽粒败育,属于减产绝收的情况(图3)。一行专家通过现场取样发现,正常植株和籽粒败育植株的髓腔内都有豆秆黑潜蝇侵入寄居的情况,而受害植株的荚果籽粒在鼓粒前期(R5)就已经停止发育了,说明即使有豆秆黑潜蝇为害,大豆荚果也能正常生长,并没有出现养分输送完全停滞的情况。据试验点负责人介绍,花荚期也出现过热浪天气。初步判断,洛阳试验点籽粒败育最有可能的原因还是结荚期高温胁迫,而非豆秆黑潜蝇为害。





图 2 2018 年点蜂缘蝽为害严重的延安点玉/豆间作田大豆植株和荚果  
Fig. 2 The plants and pods infected by *Riptortus pedestris* at Yan'an site in 2018



大豆育种专项专家组拍摄。  
Photoed by experts of soybean breeding program.

图 3 2018 年洛阳试验点“症青”调查  
Fig. 3 Investigation of green-symptomed soybean  
at Luoyang site in 2018

考察结束后,在杨凌点对正常植株和“症青”植株进行剖验,没有发现豆秆黑潜蝇为害情况。“症青”植株和正常株茎秆随着木质化程度加深,髓腔部分自然出现间断分布,说明其输送养分的功能已经丧失(图 4)。已知黄淮夏大豆区豆秆黑潜蝇主要在幼苗期侵入,逐步在茎秆髓腔中寄居,对大豆营养输送的阻断效果有限。这与收获时正常结实植株也会发现豆秆黑潜蝇寄居的观察结果相吻合。



图 4 杨凌点 2018 年安豆 109“症青”植株剖面图  
Fig. 4 Anatomic image of staygreen soybean  
Andou 109 at Yangling site in 2018

### 3 结论与讨论

#### 3.1 大豆“症青”大面积发生的主因可能与区域性极端天气有关

大豆“症青”是植株源库严重失调导致的生理性病症。任何导致库器官(种子)发育不良的因素都可能是大豆“症青”的诱因。通过黄淮地区杨凌点等持续的观察和气象资料分析,发现大豆特定发育时期与极端天气相遇可能是诱发大豆“症青”的两个要件,而且具有区域性普遍发生的特征。大豆花荚期出现持续多日的热浪天气会出现以籽粒败育为特征的大豆“症青”;而鼓粒中期遭遇持续低温天气,将使鼓粒期提前终止,也会诱发“症青”症状。黄淮地区夏大豆一定时期出现极端热浪胁迫是必然的,但影响程度可能因极端气候的持续日数与大豆敏感期重叠情况而异。气象学研究也指出,黄淮等内陆地区夏季频发高温低湿型热浪天气,而东南沿海主要以高温湿热型热浪为主<sup>[13]</sup>。不同类型热浪天气对大豆的影响差异还有待深入研究。

近年来,有研究证明具有迁飞特性的点蜂缘蝽 [*Riptortus pedestris* (Fabricius)] 爆发可以导致大豆“症青”<sup>[14]</sup>。在气候相对冷凉的延安地区也看到点蜂缘蝽不加控制导致“症青”的情况。但点蜂缘蝽是否为黄淮海夏大豆“症青”的主因,还有待商榷。郭建秋等<sup>[7-9]</sup>利用高效氯氟氰菊酯防治害虫对局部发生“症青”的地块有一定作用,但在普遍发生“症青”的年份,防虫对预防“症青”的效果非常有限,说明虫害可能不是导致大豆“症青”区域性发生的主因。传统认为,点蜂缘蝽为害是导致我国黄淮及南方大豆栽培区植株落花、落荚和瘪粒空荚率增加的主要原因之一。但在气候相对适宜的地区(如北方春大豆区等),大豆“症青”的主因应该是严重的虫害。因此,积极防治点蜂缘蝽等危害花荚的害虫对

预防大豆“症青”有积极作用。

3.2 大豆“症青”局部发生的原因多种多样

有些情况下,大豆田也会出现只有少部分植株出现“症青”,或者只有个别植株的分枝出现“症青”的情况,同时具有局部发生特征。田间部分植株发生“症青”的原因很多,首先要排除栽培不当因素。郭建秋等<sup>[7]</sup>也发现大豆重茬地“症青”植株较高。栽培密度过高、肥水过足而引发的植株严重倒伏,也会导致库器官严重减损,从而引发大豆“症青”现象。其次要考虑是否有病害发生。一般大豆花叶病毒( soybean mosaic virus) 为害有时会表现为植株皱缩矮化现象。另外,大豆幼苗早期被豆秆黑潜蝇为害,会出现根茎部肿大,大多造成叶柄表面褐色,全株铁锈色,比健康植株显著矮化,重者茎中空、叶脱落,以致死亡。另外还要了解田间出苗是否整齐,因为植株出苗参差不齐,部分植株或与极端天气相遇,也有可能出现源库失调。

关于植株个别分枝出现局部“症青”的情况(图5)。从大豆开花顺序来看,分枝和主茎开花时间多有重叠<sup>[15]</sup>,同时段发生的极端天气胁迫可能不是其主因。结合点蜂缘蝽等害虫经常顺着茎秆上下活动,有局部为害的趋势,而且大豆具有局部运输养分的特点,一旦分枝荚果籽粒受损而停止发育,对应叶片的养分就难以有效运出。因此,猜测大豆植株部分分枝出现“症青”的现象可能与为害花荚的害虫频繁活动有关。



图5 大豆植株局部“症青”

Fig. 5 Local staygreen syndrome in single soybean plant

3.3 大豆“症青”的应对策略

大豆“症青”是源流库失调导致的生理性病症,其诱因是多方面的。因此,大豆“症青”的调查要从大豆群体、个体和器官3个层面进行考察,同时还要考虑气象(温度和湿度等的日变化)、病虫害发生与流行、栽培管理措施等做出综合判断,才有可能抓住主要矛盾并提出有效应对措施。如果是病虫害和栽培不当所致,其应对措施比较简单:在栽培过程中要注意适当密植,保证一播全苗,不过度施用氮肥,适当蹲苗,化控防旺长等,努力创造良好的群体结构,可以有效减少“症青”症状,尤其是局部“症青”的发生。虫害一般要采用化学防治的方法。如

蝽象(点蜂缘蝽、斑须蝽等)和豆秆黑潜蝇都为害大豆花荚,且生长期基本重叠,因此生产上可在大豆植株现蕾、开花和初荚期用化学药剂一并防治。使用10%吡虫啉可湿性粉剂2 000倍液,5%高效氯氟氰菊酯微乳剂1 000倍液,20%呋虫胺可溶粒剂1 000倍液,或20%氰戊菊酯2 000倍液喷药防治<sup>[12]</sup>。豆秆黑潜蝇发生较重的田块可在苗期连续多次喷洒阿维菌素和高效氯氟氰菊酯进行有效防治<sup>[16]</sup>。在第11届黄淮海育种协作网会议上,吴存祥研究员给出了专门防治点蜂缘蝽的化控方案:选用吡虫啉+氰戊菊酯(单用或混用)、或氟虫腈、或氯虫+噻虫嗪,大豆开花后每隔7~10 d喷1次,连喷2~3次即可。

针对区域性发生的极端温度(主要是花荚期热浪胁迫)威胁,目前非常有效的应对措施手段还有待发掘。有人认为通过适当晚播可以减轻大豆“症青”的发生。鉴于黄淮海地区普遍采用一年两熟制,夏播大豆播期调整的余地非常小,同时极端温度的出现和持续时间难以有效预测,所以通过调整播期解决“症青”效果有限。也有人提出在大豆花荚期遭遇高温胁迫时进行灌溉,但这需要考虑灌溉的方式。采用畦灌或沟灌等方式只能对植株根系进行局部降温,并不能解决大气高温对地上部的热害问题,我们在试验中均已进行灌溉,但也未能阻止大豆“症青”的发生。或许在结荚期高温时段对植株进行喷淋降温的做法值得尝试,因为美国密苏里州创造世界大豆高产记录的农民 Kip Cullers 就将结荚期每日高温时段连续喷水(keeping beans cool)作为一项重要栽培措施,对此尚没有研究证据,而且这会大幅增加大豆的生产成本。

筛选耐热大豆品种是应对高温胁迫所致“症青”的最经济、有效的方法。在高温天气频发、大豆“症青”非常严重的年份,总有部分大豆材料能够正常结实,但其结果稳定性较差。在后续的鉴定中发现,这些材料本身没有很强的耐热性,可能是通过某种方式避过了高温胁迫(结果将延后发表)。中国大豆种质资源丰富,耐热种质也很多。密苏里大学曾对美国种质资源库的502份种质进行耐热性鉴定,鉴定出121份耐热种质<sup>[17]</sup>。对美国种质信息网(<https://www.ars-grin.gov/>)保存的相关鉴定结果的整理发现Ⅱ组至Ⅴ组不同结荚习性的材料都有耐热性好的材料鉴定出,平均百粒重11.78 g(变幅7.20~19.10 g)。其中源自中国的耐热种质71份,多来自四川、贵州、湖南、安徽等省(表4)。

表 4 71 份源自中国的耐热大豆种质资源

Table 4 Seventy-one accessions of heat-tolerance soybean germplasm originated from China

来源地	种质资源编号	数目	来源地	种质资源编号	数目
Origin	Germplasm resource number	No.	Origin	Germplasm resource number	No.
四川	PI 587969 ( ZDD13246 ) , PI 587979A ( ZDD13283 ) ,	21	安徽	PI 567699 ( ZDD4935 ) , PI 567701 ( ZDD4937 ) ,	7
Sichuan	PI 587982A ( ZDD13287 ) , PI 587989A ( ZDD13336 ) ,		Anhui	PI 567706B ( ZDD004942 ) , PI 567731 ( ZDD4973 ) ,	
	PI 588008A ( ZDD13463 ) , PI 588016 ( ZDD13494 ) ,			PI 567733 ( ZDD4975 ) , PI 567761 ( ZDD3738 ) ,	
	PI 588026A ( ZDD13534 ) , PI 588028 ( ZDD13550 ) ,			PI 594415A ( ZDD20130 )	
	PI 588030 ( ZDD13554 ) , PI 594438 ( ZDD12847 ) ,		江苏	PI 567768 ( ZDD3908 ) , PI 587576 ( ZDD04571 ) ,	4
	PI 594439A ( ZDD12856 ) , PI 594440 ( ZDD12865 ) ,		Jiangsu	PI 603674 ( ZDD03785 ) , PI 603690 ( ZDD04054 )	
	PI 594442B ( ZDD12887 ) , PI 594445 ( ZDD12902 ) ,		湖北	PI 603602 ( ZDD05496 ) , PI 603613 ( ZDD11560 ) ,	3
	PI 594464 ( ZDD13131 ) , PI 594466 ( ZDD13172 ) ,		Hubei	PI 592953 ( ZDD11579 )	
	PI 603719A ( ZDD12569 ) , PI 603723 ( ZDD13014 ) ,		云南	PI 594779 ( ZDD17310 ) , PI 594780 ( ZDD17317 ) ,	3
	PI 603728 ( ZDD13173 ) , PI 603746 ( ZDD20831 ) ,		Yunnan	PI 594801A ( ZDD17367 )	
	PI 603749 ( ZDD20936 )		福建	PI 430596 , PI 567267B	2
贵州	PI 594604 ( ZDD06569 ) , PI 594625 ( ZDD06731 ) ,	10	Fujian		
Guizhou	PI 594626 ( ZDD15701 ) , PI 594633 ( ZDD15862 ) ,		江西	PI 567260 , PI 594550	2
	PI 594635A ( ZDD15873 ) , PI 59468A ( ZDD15891 ) ,		Jiangxi	( ZDD14277 )	
	PI 594650B ( ZDD15970 ) , PI 594651 ( ZDD15972 ) ,		海南	PI 603781 ( ZDD16835 ) , PI 603784 ( ZDD16840 )	2
	PI 594689 ( ZDD16277 ) , PI 594692 ( ZDD16314 )		Hainan		
湖南	PI 567240 , PI 594581 ( ZDD14613 ) , PI 594584	8	广东	PI 603780 ( ZDD16834 )	1
Hunan	( ZDD14625 ) , PI 594593 ( ZDD14666 ) , PI 603655		Guangdong		
	( ZDD06524 ) , PI 603661A ( ZDD14528 ) , PI 603662A		上海	PI 466749	1
	( ZDD14533 ) , PI 603670 ( ZDD22120 )		Shanghai		
浙江	PI 592934 , PI 603752 ( ZDD05950 ) , PI 603756	7			
Zhejiang	( ZDD05996 ) , PI 603751A ( ZDD05947 ) , PI 603757A/B				
	( ZDD05997 ) , PI 603764B ( ZDD013843 )				

根据美国种质信息网( <https://www.ars-grin.gov/> )资料整理。PI 为美国作物种质资源信息系统资源编号;ZDD 为中国作物种质资源信息网( <http://www.cgris.net/> ) 中大豆种质资源的编号。

Pata were collected from Germplasm Resources Information Network in Agriculture Research Service of USDA( <https://www.ars-grin.gov/> ) ; PI assigned for accession in soybean collection in ARS-GRIN;ZDD Number assigned for Chinese soybean collection in the Chinese Crop Germplasm Resources Information System ( <http://www.cgris.net/> ).

前人研究中,比较可靠的耐热大豆品种鉴定方法是在人工气候室对待鉴大豆材料进行全生殖期( R1 ~ R7 期)的热胁迫处理,用收获种子的发芽率评价大豆材料的耐热性高低<sup>[17]</sup>。也有研究对离体花药进行高温胁迫处理,以花粉活力为指标度量大豆花粉耐受高温胁迫的能力<sup>[18]</sup>,从遭受热胁迫处理的活体植株上收集花药,对花粉活力用于材料耐热性鉴定进行或摸索<sup>[19]</sup>,这些研究为大豆花荚期耐热性鉴定和耐热品种选育工作提供基础。

参考文献

[1] 张仙美,马孝仁. 防治大豆“症青”的对策[J]. 河南农业科学,2002(8):21. ( Zhang X M, Ma X R. Countermeasures to control soybean staygreen syndrome [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2002(8):21. )

[2] Zhang X, Wang M, Wu T, et al. Physiological and molecular

studies of staygreen caused by pod removal and seed injury in soybean[J]. The Crop Journal, 2016,435-443.

[3] 吕爱淑. 2014 年永城市大豆减产原因分析[J]. 安徽农业科学,2015,43(8):385-386. (Lyu A S. Factors related to yield loss of soybeanin Yongcheng City in 2014[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences,2015,43(8):385-386. )

[4] 王永峰,黄华,裴桂英,等. 大豆“症青”发生的原因及防止策略[J]. 中国种业,2005(9):46-47. ( Wang Y F, Huang H, Pei G Y, et al. Causes and prevention strategies of soybean staygreen syndrome[J]. China Seed Industry,2005(9):46-47. )

[5] 李香芝. 大豆“症青”发生原因及对策[J]. 河北农业科学,2007,11(3):64-65. ( Li X Z. Discussions the causes and treating measurements of Zhengqing disease of soybean staygreen syndrome [J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2007, 11 ( 3 ) : 64-65. )

[6] 郭奎英,杨彩云. 大豆“症青”综合防治与高产栽培技术[J]. 大豆科技,2017(3):39-42. ( Guo K Y, Yang C Y. Integrated control and high yield cultivation practices for soybean ‘Stay-



green’ phenomenon [J]. Soybean Science & Technology, 2017 (3):39-42. )

[7] 郭建秋,马雯,雷全奎,等. 黄淮海夏大豆“症青”现象发生原因初步探讨[J]. 河南农业科学,2012,41(4):45-48,53. (Guo J Q, Ma W, Lei Q K, et al. Tentative analysis of ‘Zhengqing’ phenomena of soybean in the Huanghuai valleys [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2012,41(4):45-48,53. )

[8] 郭建秋,马雯,李月霞,等. 重茬和品种差异对豫西大豆“症青”现象的影响[J]. 河南农业科学,2012,41(12):59-62. (Guo J Q, Ma W, Li Y X, et al. Effect of continuous cropping and varieties on ‘Zhengqing’ phenomenon of summer soybean in west Henan province [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2012,41(12):59-62. )

[9] 常丽丹,马雯,郭建秋,等. 农药喷施次数对大豆“症青”的防治效果[J]. 黑龙江农业科学,2015(2):53-55. (Chang L D, Ma W, Guo J Q, et al. Control efficiency of spraying frequency on ‘Zhengqing’ phenomenon of soybean [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2015(2):53-55. )

[10] Nafziger E. High temperatures and crops [EB/OL]. United states: University of Illinois, 2011,16:3. <http://bulletin.ipm.illinois.edu/article.php?id=1537>.

[11] Keigley P J, Mullen R E. Changes in soybean seed quality from high temperature during seed fill and maturation [J]. Crop Science, 1986, 26 (6):1212-1216.

[12] Boerma H R, Specht J E. SOYBEANS: Improvement, production, and uses [M]. 3rd edition. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 2004:92-93.

[13] Hu L, Huang G, Qu X. Spatial and temporal features of summer extreme temperature over China during 1960-2013 [J]. Theoretical and Applied Climatology, 2017,128(3):821-833.

[14] Li K, Zhang X, Guo J, et al. Feeding of *Riptortus pedestris* on soybean plants, the primary cause of soybean staygreen syndrome in the Huang-Huai-Hai river basin [J]. The Crop Journal, 2018, doi:10.1016/j.cj.2018.07.008.

[15] 苏黎,董钻,宋书宏. 大豆不同类型品种开花次序观察再报 [J]. 杂粮作物,2004,24(2):84-85. (Su L, Dong Z, Song S H. Second report of observation on flowering order of different types of soybeans [J]. Rain Fed Crops,2004,24(2):84-85. )

[16] 肖俊红,刘博,杨海峰,等. 晋南夏大豆豆秆黑潜蝇防治技术研究简报 [J]. 大豆科技, 2016(1):21-24. (Xiao J H, Liu B, Yang X F, et al. Control techniques of *Melanagromyza sojae* of summer soybean in the south of Shanxi province [J]. Soybean Science and Technology, 2016(1):21-24. )

[17] Smith J R, Mengistu A, Nelson R L, et al. Identification of soybean accessions with high germinability in high-temperature environments [J]. Crop Science,2008,48:2279-2288.

[18] Djanaguiraman M, Schapaugh W, Fritschi F, et al. Reproductive success of soybean (*Glycine max* L. Merrill) cultivars and exotic lines under high daytime temperature [J]. Plant Cell Environment, 2019,42:321-336.

[19] 汪明华,李佳佳,陆少奇,等. 大豆品种耐高温特性的评价方法及耐高温种质筛选与鉴定 [J]. 植物遗传资源学报,2019,20(4):891-902. (Wang M H, Li J J, Lu S Q, et al. Construction of evaluation standard for tolerance to high-temperature and screening of heat-tolerant germplasm resources in soybean [J]. Journal of Plant Genetic Resources,2019,20(4):891-902. )