

SHK-6 对不同群体下大豆花荚脱落及其产量的调控

张海峰¹, 张明才¹, 翟志席¹, 段留生¹, 李召虎¹, 黄 淮², 陈 刚³

(1. 中国农业大学农学与生物技术学院农学系, 100094; 2. 天津宝坻区农技推广中心, 301900; 3. 河南中牟农业技术学校, 456600)

摘要 以“冀豆 12”为材料, 在大田条件下通过在初花期对不同群体大豆施用 SHK-6, 研究了植物生长调节剂 SHK-6 对不同群体条件下大豆产量及其构成因素的调控作用。结果表明: SHK-6 能够明显的提高各个群体下的大豆产量(8.0%), 在密度水平为 30 株/m² 的条件下施用 SHK-6 产量达到最高。调节剂 SHK-6 能够提高单株花数(13.0%)、荚数(14.8%)、粒数(10.9%)、荚重(16.4%)、粒重(12.3%), 并且能够提高百粒重(2.4%)、粒茎比(15.0%)。虽然 SHK-6 处理也增加不同密度水平下的花荚脱落数, 但对脱落率没有影响。SHK-6 能够降低叶面积指数(LAI)、提高下层叶片的光截获率(群体透光率)和下层叶片的叶绿素的含量。可见冠层结构的优化是导致产量提高的根本原因。

关键词 生长调节剂 SHK-6; 大豆; 花荚脱落; 产量

中图分类号 S 565.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2007)01-0078-06

EFFECT OF SHK-6 APPLICATION ON ABSCISSION OF FLOWER AND POD AND YIELD IN DIFFERENT DENSITY

ZHANG Hai-feng¹, ZHANG Ming-cai¹, ZHAI Zhi-xi¹, DYAN Liu-sheng¹, LI Zhao-hu¹,
HUANG Huai², CHEN Gang³

(1. Department of Agronomy, College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094; 2. Centre of Agricultural Technological Extension of Tianjin City, Tianjin 301900; 3. Zhongmou Agricultural Technology School, Henan 456600)

Abstract Field research was conducted to study the effects of SHK-6 application at R1 on soybean yield and yield components in different density using soybean cultivar “Jidou12”. The results indicated that SHK-6 significantly increased the yield, and the highest yield was observed when applying 100mg/L SHK-6 application at 40 plants/m². In addition, the following parameters were increased by SHK-6 application: flower number (13.0%), pod number (14.8%) seed number (10.9%), pod weight (16.4%) and seed weight (12.3%) per plant, 100-seed weight (2.4%), and seed/stem ratio (15.0%). On the other hand, SHK-6 application also increased the abscission number of flower and pod, but did not affect the percentage of the abscission. SHK-6 application decreased LAI, and increased low-layer canopy light interception and chlorophyll content. This could be responsible for yield increase.

收稿日期: 2006-04-11

基金项目: 国家重点新产品计划(2005ED1050002)和农业科技资金项目(05EFN217100434)

作者简介: 张海峰(1979-), 硕士研究生, 从事作物栽培生理。

通讯作者: 张明才, 讲师, 主要从事大豆化学控制研究。

Key words SHK-6; Soybean; Abscission of flower and pod; Yield

在大豆生产中,花荚脱落一直是影响大豆产量提高的重要限制因子。当花荚的脱落率高于 50% 时,充足的同化物储备并不能增加荚数^[1],所以在 $R_1 \sim R_5$ 期间花数及其脱落率将会对荚数产生决定性的影响,而这种影响要一直持续到 R_5 期后 10~12d^[2]。影响花数及其脱落率的因素很多:花的形态和结构、源库关系、营养状况、植物生长物质和逆境等^[3]。大豆栽培管理中通过施肥减少植物落花落荚是一种比较有效的手段,如在花期叶片喷施尿素显著降低脱落率^[4]。国内外大量研究表明,有目标地调节植物内源激素系统的化学调控技术,是保障品种优良遗传性状和抗逆潜能充分发挥的新技术资源。如在大豆花期喷施植物生长调节剂能够有效的调节花荚脱落。如 2,4-D 能够增加花荚数^[5];6-BA 能够降低脱落率并增加百粒重,最终导致产量显著提高^[6];Figargon 和 TIBA 能够在不增加花数的情况下,降低脱落率从而增加荚数^[7]等。

中国农业大学作物化控研究中心在 20 世纪 90 年代末即展开研究低毒、低残留、高效和安全的新型植物生长调节剂,经过大量的室内和田间试验研制出 80% 胺酸酯·甲哌可溶性粉剂(农药登记证号为 LS₂0041457,用名为 SHK-6),有效成分为甲哌噻和已酸二乙氨基乙醇酯(二者的比例为 1:5),已商品化生产使用。有关 SHK-6 对大豆生长发育的调控研究表明,SHK-6 施用可以提高大豆产量和改善大豆产量构成因素,改善叶片氮素代谢,提高根系生理活性等^[8~10]。但是其增产的机制是否与调节了大豆花荚脱落有关,目前还不清楚。因此,本研究针对上述问题,以通过国家审定的适合在河北种植的冀豆 12 号为试验材料,应用植物生长调节剂 SHK-6 为调控手段,研究其在不同群体下对大豆花荚脱落、产量的调节,探讨其调节的生理机制,旨在为实现大豆高产、优质、高效的化控栽培体系提供理论依据和实施措施。

1 材料与方法

1.1 试验材料与条件

以大豆(*Glycine max* (L.) Merrill) 品种“冀豆 12”(石家庄粮油作物研究所选育)作为供试材料,SHK-6 为 80% 可湿性粉剂(中国农业大学化控中心研制)。试验地点设在中国农业大学吴桥(河北)试验站。土壤质地为中壤土,肥力中等。前茬作物为

小麦,整个生长期进行常规管理,其中未进行施肥管理。

1.2 试验设计与测定方法

试验为完全随机区组设计,4 次重复。2 个因素(SHK-6 和密度),总共 8 个处理,每个小区面积为 32m²。其中 SHK-6 处理设 100 mg·L⁻¹(生产推荐)和喷水对照;密度处理设 4 个水平(10、20、30、和 40 株·m⁻²)。在大豆达到 R_1 期进行 SHK-6 叶面喷施处理,对照喷清水。

当大豆叶片全部脱落后进行收获,每个小区随机取 20 株样品进行考种,其中花数的测定方法:在收获后计算每一节位上由于花荚脱落留下的疤痕加上相应节位的成荚数^[1],最后再分别计算出单株的总花数、分枝花数和主茎花数。在成熟后每个小区收获两个面积 2.4m² 的大豆植株,脱粒后,茎秆和籽粒在太阳下曝晒,直到茎秆和籽粒的重量稳定后,用籽粒干重除以茎秆(包括分枝)干重。其它指标的测定均按照常规方法进行。

LAI(叶面积指数)和 DIFN(群体透光率^[11])使用 LI-2000 冠层分析仪进行测定。在 R_2 、 R_3 、 R_4 和 R_5 期测定。每个小区选取 4 个点进行测量,每个点的测量重复 2 次。

叶绿素的测量使用叶绿素计(Minolta SPAD-502 Chlorophyll meter)测定,在 R_1 、 R_2 和 R_3 期测定,每个小区随机选取 10 株进行测定。每次测量时选取取样时每一株的最上部的第 2 片和第 5 片主茎叶片。每个叶片测定 10 次重复,然后取平均值。

试验数据的统计分析采用 SAS 软件处理。

2 结果与分析

2.1 SHK-6 处理对不同密度水平下大豆粒茎比、收获指数和产量的调控

粒茎比的大小是大豆营养生长和生殖生长协调与否的一种表现,是光合产物积累与分配利用合理与否的标志之一。SHK-6 处理显著提高了大豆的粒茎比、百粒重和产量(见表 1)。在 10~40 株/m² 的密度水平下,SHK-6 处理显著的提高了粒茎比、百粒重和单株产量,并且显著的提高了 20~30 株/m² 密度水平下的产量。在不同密度水平下,粒茎比随着密度的增加而减小,其中对照的低密度 10 株/m² 和高密度 20~40 株/m² 之间差异均达到显著水

表 1 SHK-6 处理对不同密度水平下大豆的粒茎比、收获指数和产量的影响^a

Table 1 Effect of SHK-6 on seed/stem and harvest index and yield of soybean under different density

处理 Treatment	密度 (株/m ²) Density	粒茎比 Seed/stem	百粒重(g) 100-seed weight	单株产量 (g) Yield/plant	产量 (kg/667m ²) Yield
CK	40	1.65c	19.9c	9.5d	227b
	30	1.84c	20.0c	13.0c	243a
	20	2.14b	21.1b	17.2b	227b
	10	2.35a	22.2a	29.1a	161c
	Mean	2.00B	20.8B	17.4B	214B
SHK-6	40	2.21a*	20.2b	10.2d*	248b*
	30	2.30a*	20.4a*	14.3c*	265a*
	20	2.33a*	21.9a*	19.2b*	237b*
	10	2.34a	22.7a	30.3a	175c
	Mean	2.30A	21.3A	19.7A	231A

^a 表中小写字母表示分别在 SHK-6 处理和对照中不同密度处理水平下各个指标平均数的 SNK ($P<0.05$) 多重比较结果;大写字母表示 SHK-6 和 CK 对各个指标平均数的总效应的 SNK ($P<0.05$) 多重比较结果;“*”表示在同一密度水平下处理和对照之间各指标平均数用 t 测验比较两两比较后的结果达到了显著水平。(除表 6 外下文各表同)

表 2 SHK-6 处理对不同密度水平下大豆株高和生物量的影响

Table 2 Effect of SHK-6 on height and biomass of soybean under different density

处理 Treatment	密度(株/m ²) Density	株高(cm) Height	分枝长度(cm) Length of branch	分枝数(个) Branch number	分枝重(g) Weight of branch	主茎重(g) Weight of main stem
CK	40	71a	30d	1.3d	0.35c	6.39d
	30	71a	53c	2.1c	0.64c	7.00c
	20	64b	87b	2.7b	1.37b	7.69b
	10	56c	132a	4.3a	4.31a	9.40a
	Mean	66A	76B	2.6B	1.67B	7.62A
SHK-6	40	65a*	38d*	2.5c*	0.41c*	6.58c
	30	62a*	60c*	3.4b*	0.68c	6.97b
	20	59b*	88b	3.8b*	1.44b	7.49b
	10	55c	133a	4.3a	4.55a	9.22a
	Mean	60B	79A	3.5A	1.77A	7.59A

2.3 SHK-6 对不同密度条件下大豆产量构成因素形成的调控

SHK-6 处理大豆分枝上的花数、荚数、粒数、荚重和粒重分别比对照提高了 17.5%、31.9%、24.4%、29.1%和 30.3%，差异均达到显著水平(见表 3)。SHK-6 显著的增加了各个密度水平下的花数、荚数、荚重、粒数和粒重。在不同密度水平下，分枝上的花芽数、荚数、粒数、荚重和粒重均随着种植密度的增加而减少，而且低密度与高密度之间差异均达到显著水平。SHK-6 处理不改变这一变化趋势。

SHK-6 处理对大豆主茎上的花数、荚数、粒数、

平，而 SHK-6 处理的低密度 10 株/m² 和高密度 20~40 株/m² 之间差异均未达到显著水平。而百粒重和单株产量均随着密度的增加而增加，变化趋势对照与处理基本一致。从产量分析，SHK-6 处理显著提高了大豆产量，其中在 30 株/m² 的密度下产量最高，而且与其他各密度之间差异达到显著。

2.2 SHK-6 处理对不同密度水平下大豆株高和生物量的调控

SHK-6 处理大豆株高与分枝长度(所有分枝之和)分别比对照降低和增加了 8.6%和 46.1%，差异达到显著，并且提高了植株的分枝数(见表 2)。在 20~40 株/m² 的密度水平下，SHK-6 显著的降低了株高，并且增加了分枝数；在 30~40 株/m² 的密度条件下，SHK-6 显著的增加了分枝长度。从生物量上分析，SHK-6 处理显著增加了分枝干重但对主茎干重没有影响。SHK-6 显著的增加了 40 株/m² 的密度水平下的分枝干重；但 SHK-6 对各个密度水平的主茎重没有影响。因此，SHK-6 处理促进了分枝发生。在不同密度水平下，株高是随着密度的增加而增加，但分枝数、主茎干重和分枝干重均是随着密度的增加而减少。

荚重和粒重调控与分枝上的变化趋势一致，即 SHK-6 处理均提高了主茎上的花数、荚数、粒数、荚重和粒重，而且与对照比较差异均达到显著水平(见表 4)。在 20~40 株/m² 密度水平下，SHK-6 显著的增加了花数；在 30~40 株/m² 密度条件下，SHK-6 显著的增加了荚数；在 30 株/m² 密度水平下，SHK-6 显著的增加了荚重、粒数和粒重。在不同密度水平下，主茎上的花数、荚数、粒数、荚重和粒重也随着种植密度的增加而减少，而且低密度与高密度之间差异均达到显著水平，同时 SHK-6 处理(除粒重外)也不改变这一变化趋势。

表 3 SHK-6 处理对不同密度水平下大豆分枝上花数、荚数、荚重、粒数和粒重的影响

Table 3 Effect of SHK-6 on the number of flowers, pods and grains and weight of pod and seed of soybean branches under different density

处理 Treatment	密度(株/m ²) Density	分枝 * Branch				
		花数(个) Flower number	荚数(个) Pod number	荚重(g) Pod weight	粒数(个) Seed number	粒重(g) Seed weight
CK	40	11d	4c	2.34c	8d	0.81d
	30	21c	7c	3.56c	20c	3.10c
	20	40b	16b	8.00b	30b	7.62b
	10	93a	45a	24.46a	95a	17.33a
	Mean	41B	18B	9.59B	38B	7.19B
SHK-6	40	15d*	8c*	3.67c*	11c*	1.62d*
	30	29c*	15c*	8.35c*	29c*	4.89c*
	20	49b*	21b*	12.00b*	47b*	9.35b*
	10	101a*	51a*	28.50a*	99a*	20.38a*
	Mean	48A	24A	13.13A	47A	9.06 A

* 上述指标指的是所有分枝的总和(下表同)

表 4 SHK-6 处理对不同密度水平下大豆主茎上花数、荚数、荚重、粒数和粒重的影响

Table 4 Effect of SHK-6 on the number of flowers, pods and grains and weight of pod and seed of soybean main stem under different density

处理 Treatment	密度(株/m ²) Density	主茎 Main stem				
		花数(个) Flower number	荚数(个) Pod number	荚重(g) Pod weight	粒数(个) Seed number	粒重(g) Seed weight
CK	40	65c	24c	15.48c	48d	9.68c
	30	70bc	28b	17.15bc	55c	11.67b
	20	78b	29b	17.81b	64b	12.82b
	10	91a	36a	21.54a	74a	15.62a
	Mean	76B	29A	18.00B	60B	12.45B
SHK-6	40	76c*	26c*	16.72c	50d	10.35d
	30	83b*	30b*	18.53bc*	60c*	12.78c*
	20	86b*	30b	18.84b	68b	13.64b
	10	91a	36a	21.82a	73a	15.29a
	Mean	84A	30A	18.97A	63A	13.02A

2.4 SHK-6 对不同密度条件下大豆的脱落数和脱落率的调控

表 5 结果表明:SHK-6 处理显著增加大豆植株的花荚脱落数,但对脱落率影响较小。

表 5 SHK-6 对不同密度条件下大豆的脱落数和脱落率的影响

Table 5 Effect of SHK-6 on soybean abscission and rate of abscission under different density

处理 Treatment	密度 (株/m ²) Density	脱落数(个) Abscission number		脱落率 Abscission rate(%)		分枝 Branch		主茎 Main stem	
		脱落数(个) number	脱落率 rate(%)	脱落数(个) Abscission number	脱落率 Abscission rate(%)	脱落数(个) Abscission number	脱落率 Abscission rate(%)	脱落数(个) Abscission number	脱落率 Abscission rate(%)
CK	40	48.2d	60.5a	7.4d	62.3a	40.8b	61.1a		
	30	56.6c	62.2a	13.3c	60.9a	43.3b	61.7a		
	20	72.5b	60.4a	25.0b	60.5a	47.5ab	61.5a		
	10	99.4a	53.2b	48.2a	50.1b	51.2a	59.4b		
	Mean	69.2B	59.1A	23.5A	58.5A	45.7B	60.9B		
SHK-6	40	59.1c*	59.2a	10.2d*	68.1a*	48.9a*	64.6a*		
	30	70.0b*	61.9a	16.1c*	62.4a	53.9a*	63.7a*		
	20	78.8b*	60.4a	26.6b	54.5a	52.2a*	62.8a		
	10	101.1a	53.2b	49.0a	48.5b	52.1a	57.3b		
	Mean	77.3A	58.7A	26.2A	58.4A	51.2A	62.1A		

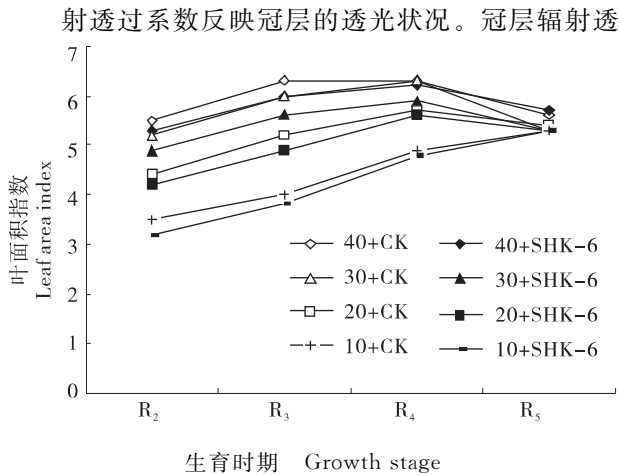
SHK-6 显著增加了各个密度水平下的脱落数,但对各个密度水平下的脱落率没有影响。从主茎和分枝的花荚脱落数上分析,SHK-6 处理促进了分枝上脱

落数,虽然 SHK-6 增加了 30~40 株/m² 密度水平下的分枝脱落数,但是 30 株/m² 密度水平下的脱落率并没有变化;SHK-6 处理增加了主茎的脱落数,

其中在 20~40 株/m² 的密度水平下达到显著水平, 并且相应显著增加了 30~40 株/m² 密度水平下的脱落率。从密度上分析, 花荚脱落数随着密度的增加而增加, 高密度(20~40 株/m²)与低密度(10 株/m²)之间差异均达到显著。相反, 花荚脱落率随着密度的增加而降低, 高密度(20~40 株/m²)与低密度(10 株/m²)之间差异也达到显著。分枝上的花荚脱落率的变化幅度要大于主茎上的花荚脱落率。

2.5 SHK-6 对不同密度条件下大豆群体叶面积指数和透光率的调控

叶面积指数(LAI)是指群体的总绿色面积与该群体所占据的土地面积的比值(绿色面积/土地面积), 它是群体组成大小和植株生长茂盛程度的重要参数。本试验研究结果表明, 大豆群体叶面积指数的变化呈单峰曲线, 其中高密度(40 株/m²)的峰值出现在 R₃ 期, 中等密度(20~30 株/m²)出现在 R₄ 期, 而低密度(10 株/m²)的峰值出现在 R₅(见图 1)。在 R₁ 期叶面喷施 SHK-6, 处理显著降低了花荚期群体叶面积指数, 其中在 R₂ 期 SHK-6 显著的增加了 30 株/m² 密度水平下的 LAI, 而在 R₃ 期显著 SHK-6 显著增加了 30~40 株/m² 密度水平下的 LAI。其他各个测定时期, 群体叶面积指数均低于对照, 但差异未达到显著水平。在不同密度水平下, 群体叶面积指数随着密度增加而增大, 而且高密度(20~40 株/m²)与低密度(10 株/m²)之间差异均达到显著。



注: 图中“40、30、20 和 10”表示密度, 单位: 株/m²; 图中“CK 和 SHK-6”分别表示清水对照和调节剂处理, 调节剂浓度单位: mg · L⁻¹

图 1 SHK-6 对不同密度条件下大豆群体叶面积指数的影响

Fig. 1 Effect of SHK-6 on soybean LAI under different density

过率低, 截获光能多, 有利于同化物积累, 提高产量。

表 6 SHK-6 对不同密度条件下大豆群体透光率的影响

Table 6 Effect of SHK-6 on soybean DIFN under different density (%)

处理 Treatment	密度(株/m ²) Density	DIFN (%)			
		R ₂	R ₃	R ₄	R ₅
CK	40	1.0a	0.5a	0.5a	0.9a
	30	1.2a	0.6a	0.6a	1.1a
	20	2.6b	1.2b	0.8b	1.2a
	10	6.4c	3.3c	1.7c	1.5b
	Mean	2.8A	1.4A	0.9B	1.2A
	40	1.2a	0.6a	0.6a	1.0a
SHK-6	30	1.4b	0.7a	0.6ab	1.1a
	20	3.1c	1.4b	0.8bc	1.1a
	10	6.8d	3.8c	1.8c	1.5b
	Mean	3.1B	1.6B	1.0A	1.2A

太阳辐射向冠层内部的透射取决于 LAI 和植株的几何性状(包括叶倾角和叶方位角等)。冠层的透光状况可从表 6 中群体透过系数看出。冠层的透光率呈“V”变化, 不同密度的最小值出现在不同的时期, 其中高密度(30~40 株/m²)最小值出现在 R₃ 期, 而两个低密度(20 株/m²)和(10 株/m²)分别出现在 R₄ 和 R₅ 期。SHK-6 处理提高了 R₂ 和 R₃ 期大豆群体透光率, 其中在 R₂ 期显著的增加了 30 株/m² 密度条件下的群体透光率, 在 R₃ 期虽然在 30~40 株/m² 水平下群体透光率有降低的趋势但是没有达到显著水平, 这一结果与群体叶面积指数变化趋势基本一致。在不同密度水平下, 大豆群体透光率随着密度增加而减小, 而且高密度(20~40 株/m²)与低密度(10 株/m²)之间差异均达到显著(除 R₅ 期)。

3 讨论

适宜的 LAI 动态是大豆高产稳产的主要生理基础, 在始花期之前, 叶面积指数要稳步增大, 结荚期前后应达到最大值, 鼓粒期直至成熟前仍保持较大的叶面积指数是大豆高产的保证^[12]。本试验研究表明, SHK-6 处理有效的调节了大豆生殖生长时期的群体冠层结构, 如叶面积指数处理低于对照, 冠层透光率处理高于对照。同时, SHK-6 处理叶面积指数一直维持在 4.1~5.6 之间, 这为获得高产提供了良好的物质基础。因为董钻等研究结果表明, 大豆最大叶面积指数在 3.07~6.04 范围内, 与生物产量和经济产量的相关系数分别为 0.974^{**} 和 0.860^{**}, 均达到极显著水平^[13]。

许多研究已指出,冠层结构对其太阳总辐射和净光合效率都有显著影响,群体冠层叶片是影响冠层透光状况的决定因素,太阳辐射不仅是光合作用的能源,而且也是影响大豆发育的重要环境因子,即便到达冠层上方的辐射量相同,但由于群体内部辐射能分布不同,群体的物质生产能力和生育状况差别很大^[14]。Board 和 Havill^[15]研究表明,生长期良好的环境条件,尤其是冠层截获的太阳辐射是产量性状重要的影响因素。康健宏等^[16]也指出,冠层中光分布造成的光合作用的差异远大于其它因素所造成的差异。在本研究发现,R₁ 期叶面喷施 SHK-6 能够降低株高,提高叶片叶绿素含量,增加了冠层下部的光强即增加了下部叶片的光截获率,使得整个植株对光的利用效率增加,导致了在此期间植株生长速率的增加,促进了中下层花荚数增多,最终实现粒茎比显著增加。

由于有限型大豆 R₅ 后生成的同化物并不是全部都转运至籽粒当中^[17]。说明限制库容大小的限制直接导致了 R₅ 期以后同化物的无用消耗。本试验结果表明,SHK-6 处理通过促进花数发育,实现荚数粒数增加,直接造成了 R₅ 期以后库容增加,导致同化物充分转运至籽粒当中,最终实现茎秆干物重的减少、百粒重和单株粒重的增加,粒茎比的显著提高。

综上所述,SHK-6 处理能够有效的调节大豆叶面积指数,增加群体透光率;SHK-6 处理增加了单株花数和脱落数,但是脱落率保持不变;由于荚数和花数呈显著正相关关系(相关系数为 0.89816, $P < 0.05$),所以提高了单株荚数、粒数和粒重,并且增加了粒茎比,最终实现了产量的增加。

参 考 文 献

- [1] Jiang H, Egli D B. Shade induced changes in flower and pod number and flower and fruit abscission in soybean[J]. Agronomy. Journal, 1993, 85(2): 221—225.
- [2] Board J E, Harville B G. Soybean yield component responses to a light interception gradient during the reproductive period

- [J]. Crop Science, 1995, (33): 772—777.
- [3] 张兴文, 任红玉, 严红. 大豆花荚败育及脱落的研究进展[J]. 大豆科学, 2002, 21(4): 290—294
- [4] Oko B F D, Eneji A E, Binang W. Effect of foliar application of urea on reproductive abscission and grain yield of soybean[J]. Journal of Plant Nutrition, 2003, 26(6): 1223—1234.
- [5] Cho Y K. Impact of 2,4-DP and BAP upon pod set and seed yield in soybean treated at reproductive stages[J]. Plant Growth Regulation, 2002, 36(3): 215—221.
- [6] Miceli S J, Brander C, Egli D B. Decreasing reproductive sink size by physically restraining seed growth in soybean: effects on plant growth and leaf senescence [J]. European Society of Agronomy Colmar, 1994: 188—189.
- [7] Abutiate K. Effect of TIBA (2,3,5-triliodobenzoic acid) on certain plant characteristics and yield of a determinate and in determinate cultivar of soybean [J]. Legon (Ghana), 1979, 21(4): 290—294.
- [8] 张明才, 何钟佩, 田晓莉, 等. 新型植物生长调节剂 SHK-6 对大豆产量与蛋白品质的化学调控[J]. 中国农业大学学报, 2004, 9(1): 26—30.
- [9] 张明才, 李召虎, 田晓莉, 等. 植物生长调节剂 SHK-6 对大豆叶片氮素代谢的调控效应[J]. 大豆科学, 2004, 23(1): 1—4.
- [10] 张明才, 段留生, 何钟佩, 等. SHK-6 对大豆根系生理活性和激素的调控效应[J]. 中国油料作物学报, 2005, 27(3): 3—6.
- [11] 上官周平. 氮素营养对旱作小麦光合特性的调控[J]. 植物营养与肥料学报. 1997, (3): 105—109.
- [12] 张荣贵. 大豆叶面积、净光合生产率与产量的相关性[J]. 中国农业科学, 1979, (2): 40—46.
- [13] 董钻. 大豆栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社. 1997: 23—26.
- [14] Mathew J P, Herbert S J, Zhang S H. et al. Differential response of soybean yield components to the timing of light enrichment [J]. Agronomy Journal, 2000, (92): 1156—1161.
- [15] Board J E, Harville B G. Growth dynamics during the vegetative period affects yield of narrow-row, late-planted soybean [J]. Agronomy Journal, 1996, (88): 575—579.
- [16] 康健宏, 周续莲, 郭瑞英, 等. 春大豆三个品种光合速率的初步研究[J]. 宁夏农学院学报, 2000, 21(3): 24—28.
- [17] Sharma K P, Dean C, Lay D C. Soybean flower abortion: genetics and impact of selection on seed yield [J]. Crop Science, 1992, 30: 1017—1022.