

大豆炸荚性研究进展

孙东风, 康玉凡

(中国农业大学 农学与生物技术学院, 北京 100193)

摘要:炸荚是大豆的一种自然属性,在作为芽用的小粒大豆中炸荚现象尤为普遍。炸荚严重影响大豆的收获与产量。该文在剖析大豆荚的形态微观组织结构特征的基础上,分析了环境因素的影响、大豆炸荚的类型及其观测方法,对大豆抗炸荚基因的分子标记技术和炸荚的农艺减损措施等研究现状进行阐述,并从生理生化机制、农艺性状与炸荚的相关性和转基因技术等方面展望了大豆炸荚性的研究前景,为进一步研究大豆炸荚性提供理论借鉴与技术参考。

关键词:大豆;炸荚性;观测方法;抗炸荚基因;减损措施

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-9841(2011)06-1030-05

Advances in Studies of Pod-Shattering of Soybean

SUN Dong-feng, KANG Yu-fan

(College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: Pod-shattering is a natural character of soybean, and it is more general in pellet soybean for sprout. Pod-shattering of soybean has a great negative influence on harvest and yield. The study advances of microscopic anatomy and morphology characters, types of pod-shattering, observation methods, molecular marker technology of resistant pod-shattering genes, reduction measures on pod-shattering traits of soybean were elaborated in this paper, and prospected the study on pod-shattering from physiological and biological mechanisms, associated with agronomic traits and transgenic technology.

Key words: Soybean; Pod-shattering; Observation methods; Resistant pod-shattering genes; Reduction measures

炸荚是大豆的一种自然属性,也是大豆生产中的一种不良现象,严重影响着大豆收获产量。印度学者报道,在热带或亚热带地区,大豆易炸荚品种和中度炸荚品种的产量损失可分别达 57 ~ 175 和 0 ~ 186 kg·hm⁻²^[1],国内学者也有报道中度炸荚品种的产量损失约为 112.5 kg·hm⁻²^[2];相关研究者也指出野生型及小粒大豆的炸荚现象尤为普遍^[3-5]。

目前芽菜深受人们青睐,豆类芽菜产业日益兴盛,对小粒大豆的需求不断增加,但因其严重的炸荚性而受到制约。该文从大豆荚的微观生理结构、炸荚的概念和类型、观测方法、减损措施等多层面阐述了大豆炸荚性的研究进展,为相关学者进一步研究大豆炸荚性提供理论依据,也有利于减少大豆产量损失,为豆类芽菜产业对小粒大豆的需求提供技术支持。

1 大豆炸荚的概念及相关形态和微观结构

荚果(pod)是由子房发育而来的果实,由通过背缝线和腹缝线相互连接的2个单心皮组成。大豆荚是荚果的一种。大豆成熟的荚沿着荚的背缝线和腹缝线裂开,并且散出种子的现象称为炸荚(pod-shattering)^[6]。当荚果的水分含量相对较低时,荚的内生厚壁组织层细胞的张力不同,荚皮围绕着与内生后壁组织层的纤维方向平行的轴呈螺旋的扭转而卷曲,将连接背、腹缝线的薄壁组织拉裂,荚皮开裂^[6-7]。炸荚在油菜、芝麻、豆科牧草和其它豆类作物中也有发现。

大豆品种不同,其豆荚的形态特征也有着显著差异,这可能使不同品种的炸荚性表现不同。Tsuchiya 等^[8]对大豆豆荚形状和大小与炸荚性之间

收稿日期:2011-08-23

基金项目:国家食用豆现代产业技术体系建设专项资金资助(nycyt-18)。

第一作者简介:孙东风(1988-),女,在读硕士,研究方向为种子科学与工程。E-mail:huanxue1988_ok@126.com。

通讯作者:康玉凡(1963-),女,教授,博士,主要从事种子生物学及豆类芽菜理论与技术研究。E-mail:yfkang@cau.edu.cn。

的关系进行了研究,发现除了抗性品种中豆荚厚度/豆荚宽度比易裂荚的品种大之外,其它因素(如豆荚长度、宽度、厚度、弯曲度、豆荚壁的厚度等)在二者间并无明显区别。炸荚与荚本身的组织结构有着密切联系,在自然或物理机械压力下,造成了荚的某一位点开裂,因此观测大豆荚的微观结构引起了研究者的关注。Tiware 等^[9]对荚的结构特征做了研究,发现荚背部的包帽的厚度和长度及荚壁厚度与炸荚程度呈显著负相关,并且提出这 3 个解剖特征可为抗炸荚性品种的选择标准提供参考;Calson 等^[8]认为豆荚内部厚壁层的细胞水分丢失后产生的拉力是炸荚的直接原因;Summer 等^[8]认为抗裂荚能力很可能与荚皮结构或裂荚区域相关而不是与荚的大小相关;Christiansen 等^[8]发现在大豆豆荚的背部和腹部的缝合线横切面存在裂荚区(dehiscence zone),与十字花科裂荚区在功能上相似。

综上所述,大豆炸荚性与豆荚的形态学特征并没有明显的相关性,但组织结构特征对炸荚性有显著影响,引起这些组织结构变化的因素,还有待进一步研究。

2 大豆炸荚的环境因素

大豆主要在美国、巴西、阿根廷、中国等温热气候区种植。除全球气候影响外,田间小气候也是影响大豆产量的重要因素。相关研究^[10-12]发现环境湿度是影响炸荚最重要的因素之一;Tsuchiya 等^[13]发现低湿、高温、快速的温度变化和交互的干湿影响是致使大豆炸荚发生的普遍因素;Agrawal 等^[14]发现炸荚性在早春和雨季有很大差异,且早春比雨季的平均炸荚数值稍低。

然而,国内学者对大豆炸荚的关注起步很晚,而且对大豆炸荚的研究报道尚少,最早是彭玉华等^[15]在 1991 年初步分析了黄淮流域大豆的炸荚性。马赛斐等^[16]在 2005 年对黄淮流域的 32 个主栽大豆品种进行了 32 d 的跟踪调查,研究得出空气相对湿度和炸荚成显著负相关,而日照时间长短和日平均气温与炸荚无明显相关性。

3 大豆炸荚的类型

研究不同大豆品种的炸荚类型,有利于发现大豆炸荚规律,选育抗炸荚品种,减少产量损失。彭

玉华等^[15]研究发现多数品种从成熟至开始炸荚相隔天数为 6~12 d,且根据不同品种(系)炸荚性的动态变化,将其分成单峰型、单峰延迟型、双峰型和双峰提高型,主要炸荚型为单峰型,双峰型对大豆产量威胁较大,双峰提高型威胁更大。张跃进等^[3]以黄淮流域 32 个大豆品种为材料,通过炸荚率将其分为不炸型、微炸型、轻炸型、中炸型、炸荚型和重炸型 6 个等级,并为大豆生产上推荐了轻炸荚品种豫豆 22 和豫豆 27 等。马赛斐等^[16]在 2006 年又进一步研究了黄淮流域的 32 个大豆品种的炸荚性,通过其炸荚动态,分为平缓型炸荚和激烈型炸荚;平缓型对产量损失不大,激烈型大豆在生产上若收割不及时,产量损失相对较大。这些研究结果对大豆抗炸荚品种的选择及减损措施的制定具有重要的参考价值。

4 大豆炸荚性的观测方法

明确大豆品种间的炸荚差异,需要有切实可行的方法做基础,为此国内外学者进行了长期的探索,创造了大豆炸荚性研究的多种可行方法。

4.1 田间筛选调查法

国内外学者在进行大豆炸荚性的研究的初始阶段大多采用这种方法,其主要调查内容为在设定的试验区内调查大豆植株的炸荚数,依据总炸荚数或某个阶段的炸荚数测定大豆炸荚程度^[6,15-18]。此方法直观性强,但受到生长环境中不可控制的外在因素的影响较多,结果的可靠性和精确性较差,只能对炸荚性差异大的品种进行粗略研究分析。

4.2 干燥法

大豆炸荚与荚本身的水分含量有直接关系。当荚的水分含量降低到一定程度,就会发生炸荚。干燥法是实验室内采取的主要方法,主要有玻璃干燥器法和烘箱干燥法。将大豆荚放置在玻璃干燥器内,经过不同时间段的干燥后,荚的水分含量下降,测定炸荚数量^[18-19],分析鉴定大豆炸荚程度。烘箱干燥法是将荚放置在烘箱 60℃ 下干燥 7 h,40℃ 下干燥 24 h 或者 80℃ 下干燥 5 h,通过炸荚数测定大豆的炸荚程度^[19]。另外,Jutamas 等^[12]在前人基础上调整了烘箱干燥法的温度与时间,测定了炸荚的水分含量。干燥法实现了室内对大豆炸荚程度测定,但也仅停滞在定量测定,未能深层次地

挖掘生理结构的差异而更精确地鉴定炸荚性。

4.3 随机碰撞测验法(RIT)

该方法是将荚和钢球放置在塑料容器内,在摇床上高速震荡,测定炸荚半数所需的时间或在一定时间内计算炸荚数目来检验许多作物荚果的炸荚习性^[20]。RIT法设备简单,便于快速测定,但容器和钢球的选择与荚果的大小之间的契合要经过较长时间的摸索试验,才能找到适宜的容积完成正式实验。

上述关于大豆炸荚性的研究方法均简单易行,操作方便,但也会受多种环境因素的制约导致测定结果的精准程度,还需要不断改进技术,完善炸荚性研究的检测方法。

5 大豆抗炸荚基因的分子标记研究

随着生物技术的迅速发展,国内外学者利用分子生物标记技术研究大豆已深入涉及多个方向,包括 RAPD、RFLP、AFLP、SSR 等,其中 SSR 标记、RFLP 标记和 QTL 分析在大豆炸荚性方面运用较多。

目前,关于运用分子标记技术研究大豆的炸荚性多见于国外报道。Bailey 等^[21]通过 QTL 分析对美国品种“Young”抗炸荚基因做图谱,经研究鉴定出了 1 个主效 QTL 和几个微效 QTL,并且运用限制性片段多态性(RFLP)标记技术建构了连锁图谱;Saxe 等^[22]通过 QTL 分析确定了和炸荚相关的 3 个位点;Masaya Suzuki 等^[23]找到了控制大豆炸荚 qPDH₁的主效 QTL。Funatsuki 等在 2006 年运用性状分离的重组自交系群体进行 QTL 分析,并且通过复合区间作图确定了位于连锁群 J 上的 Sat_093 和 Sat_366 2 个 SSR 标记间的 1 个主效 QTL^[24],2008 年在抗炸荚性品种 SJ2 中在这 2 个标记位点上发现了等位基因,并且由 SJ2 衍生的品种中的大多数抗炸荚性品种都遗传了这些等位基因^[25],2009 年又证实大豆抗炸荚性表现为隐性遗传,表明不论品种来源如何,抗炸荚性品种在 qPDH₁都具有隐性抗炸荚等位基因^[26]。

SSR 标记与 QTL 分析二者相结合,对大豆抗炸荚性育种的分子标记辅助选择(MAS)具有重要作用。然而国内尚未见关于采用分子标记技术研究大豆炸荚性的报道。

6 大豆炸荚的减损技术措施

炸荚现象是大豆产量损失的主要因素之一,应采取切实可行的措施将大豆炸荚的不利影响降到最低水平。下面从大豆育种技术、大豆收获时间、大豆联合收获机械的改装和植物生长调节剂的应用等方面探讨大豆炸荚的减损技术措施。

6.1 大豆育种技术与炸荚性

目前,国内外学者对抗炸荚性大豆品种育种研究尚少。日本北海道研究所对大豆抗炸荚性育种采用集团选择和系统选择相结合的方法。育种程序为:冬季在温室中培育种植杂种 F₁代,用室内干燥法测定品种的 F₂~F₃初期世代炸荚率,然后进行比较选择,F₄代以后的中后期世代用热风干燥处理法测定炸荚率,进行比较选择^[27]。

杂交是大豆育种的一种有效方法。遗传差异较大的品种间杂交有利于优异性状的培育。Agrawal等^[28]对 5 个大豆品种杂交,结果发现选择的 5 个杂交品种的 F₁代炸荚率在亲本炸荚率之间,没有表现出超亲优势,同时得出了杂交的理想选择品种。大豆在抗炸荚性育种方面的研究还有着较大的拓展空间,高抗炸荚性杂交种的选育有赖于杂交亲本的选择,包括品种的品质性状、杂交的数量、抗炸荚性强弱等,因此,选择优异的亲本及其适宜的组配极为重要。

6.2 大豆收获时间与炸荚性

在大豆成熟收获的季节,及时把握收获时间,减免大豆炸荚,可一定幅度地提高收获产量。刘忠堂等^[29]的研究和实践证明,在大豆落叶后及时收获,为最佳收获时期;胡军等^[30]认为后期转凉后豆荚易炸裂,会增大炸荚损失,可选择早、晚或夜间空气潮湿时收获;Bauer 等^[31]研究了大豆籽粒湿度对机械收获的影响,结果发现大豆籽粒湿度越小,炸荚越严重,收获损失越大,因此避免在成熟后期进行收获;Kitano 等^[32]认为当大豆茎湿度降至 50% 或更低时用联合收割机进行收获,并研究出了一种简单的方法来测量大豆茎的水分含量;徐锦彪等^[33]指出天气转冷后,由于经受冻化、霜点和日晒,豆荚极易炸裂,所以应在早、晚或夜间空气潮湿时收获。另外也有报道指出,为减少大豆炸荚损失,要在大豆水分含量降低到 14% 左右时立即开始收割为宜。

6.3 大豆联合收获机械装备与炸荚性

收获是大豆生产的关键环节,应注重解决好炸荚这一棘手问题,提高大豆机械收获能力,减少炸荚损失。

联合收割机的发明与改进加速了大豆收获的发展进程。陆海霞等^[34]研制出了新型大豆联合收割机,其依据大豆秸秆特点、豆荚破裂的条件等在原有机械结构基础上进行了重新改造,提高了收获质量,推动了大豆收获机械自动化生产进程;胡军等^[30]对大豆联合收割机的调整及使用做了研究,包括割刀、拨禾轮等装置的使用及驾驶员的操作等;徐金彪等^[33]指出,为减少大豆炸荚在收获期的损失,保证割刀锋利,间隙符合要求,也要减轻拨禾轮对豆秆豆荚的打击和碰刮等。另外也有相关报道指出,炸荚损失与切割器有关。

6.4 植物生长调节剂与炸荚性

植物生长调节剂(PGR)是一类与植物激素具有相似生理与生物学效应的化学物质。目前调节剂的使用对大豆炸荚的研究鲜有报道。Gulluoglu等^[35]研究了4种PGR对单季大豆和二茬大豆两类大豆炸荚的影响,结果发现植物生长调节剂仅降低二茬大豆的炸荚率和产量损失;单季大豆仅在R8生长期后10d施用Atonik和Cytzyme才可以降低炸荚率和产量损失;收获时间延迟越长,PGR对大豆炸荚率和产量损失产生的正面效应越小。尽管植物生长调节剂对大豆炸荚产生了抑制作用,但也存在许多弊端,如造成环境的污染、生产成本的增加等,因此减少大豆炸荚最有效的方法依然是选择抗炸荚性品种。

7 展望

7.1 大豆炸荚性的生理机制研究

大豆炸荚与豆荚的组织结构特征有着密切联系。在组织结构特征方面,目前有2种机制:一是认为裂荚区内的细胞壁修饰酶(内切-1,4- β -葡聚糖酶和内切聚半乳糖醛酸酶)对裂荚区的薄壁细胞进行裂解,细胞彼此分离,荚皮开裂;二是认为由于荚皮的内生厚壁组织层细胞所产生的张力不同使连接背、腹缝线的薄壁组织拉裂,荚皮开裂。大豆在成熟过程中,内源生理激素的变化是否同果实的脱落机制一样,会相应的调控酶类的活性,促进细胞

分离,有待进一步探究。从激素水平研究大豆的炸荚性,有利于从植物生理方向抑制大豆炸荚现象的发生,最终减少炸荚所造成的产量损失。

7.2 大豆农艺性状与炸荚性的研究

油菜与大豆同属双子叶植物,二者的裂果机制在组织微观结构和形态学特征等方面有许多相似之处,因此油菜角果的开裂研究对研究大豆炸荚性有一定的借鉴意义。Thurling等^[36]认为很多结构特性如整个植株和分枝的农艺性状、单个角果的性状和单个性状之间的相关会影响油菜裂角的产生。收获前,大豆豆荚的自然开裂可能是由植株受外界因素的胁迫而运动导致豆荚间的碰撞,或与茎秆、分枝间的碰撞有关,因此豆荚在主花序中的位置、分枝数量、分枝与茎秆硬度和豆荚炸荚性的相关性有待于深入研究。

7.3 大豆炸荚性的基因工程技术研究

大豆生物技术的深入研究与利用,能够实现大豆优异基因的定向操作和品质的定向遗传改良,加速大豆新品种的培育。炸荚是易炸荚大豆品种的自身属性,可通过转基因技术将表达抗炸荚性的基因转移到品质优良的大豆品种中,为增加大豆产量提供了新途径。

参考文献

- [1] Philbrook B, Oplinger E S. Soybean field losses as influenced by harvest delays[J]. *Agronomy Journal*, 1989, 81: 251-258.
- [2] 张跃进, 马赛斐, 高启云, 等. 黄淮流域主栽大豆品种炸荚性研究[J]. *河南农业科学*, 2006(6): 56-60. (Zhang Y J, Ma S F, Gao Q Y, et al. Study on the pod-shattering of main soybean varieties of Huanghuai area [J]. *Henan Agriculture Science*, 2006(6): 56-60.)
- [3] 王荣昌, 张春文. 大豆野生资源在育种中的应用[J]. *世界农业*, 1986(2): 18-19. (Wang R C, Zhang C W. The application in breeding of wild soybean [J]. *World Agriculture*, 1986(2): 18-19.)
- [4] 林红, 来永才, 齐宁, 等. 大豆种间杂交新品种龙小粒豆一号的选育[J]. *中国油料作物学报*, 2003, 25(4): 44-45. (Lin H, Lai Y C, Qi N, et al. Breeding of Longxiaolidou No. 1, a new soybean variety from inter-specific crossing [J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2003, 25(4): 44-45.)
- [5] 王志新, 郭泰, 吴秀红, 等. 高产优质耐密植栽培特用小粒大豆品种合农58号的选育[J]. *中国种业*, 2010(6): 55-56. (Wang Z X, Guo T, Wu X H, et al. Breeding of Henong No. 58, a specific pellet soybean variety with high-yield and high-quality and close planting [J]. *China Seed Industry*, 2010(6): 55-56.)
- [6] 董钻. 大豆产量生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 17-

18. (Dong Z. Soybean yield physiology [M]. Beijing: Agriculture Press, 2000; 17-18.)
- [7] 王连铮, 郭庆元. 现代中国大豆 [M]. 北京: 金盾出版社, 2007: 199-200. (Wang L Z, Guo Q Y. Modern Chinese soybean [M]. Beijing: Jindun Press, 2007; 199-200.)
- [8] 罗汝叶, 巩鹏涛. 植物落粒性状研究进展 [J]. 豆科基因组学与遗传学, 2011, 2(1): 1-13. (Luo R Y, Gong P T. The study advances of shattering traits of plants [J]. Legume Genomics and Genetics, 2011, 2(1): 1-13.)
- [9] Tiwari S P, Bhatia V S. Characters of pod anatomy associated with resistance to pod-shattering in soybean [J]. Annals of Botany, 1995, 76: 483-485.
- [10] Caviness C E. Heritability of pod dehiscence and its association with some agronomic characters in soybeans [J]. Crop Science, 1969, 9: 207-209.
- [11] Bailey M A, Mian M A R, Carter T E, et al. Pod dehiscence of soybean; identification of quantitative trait loci [J]. The Journal of Heredity, 1997, 88(2): 152-154.
- [12] Jutamas R, Teruhisa U. Pod dehiscence in soybean: Assessing methods and varietal difference [J]. Plant Prod Science, 2006, 9(4): 373-382.
- [13] Tsuchiya T. Physiological and genetic analysis of pod shattering in soybean [J]. Japan Agricultural Research Quarterly, 1987, 21: 166-175.
- [14] Agrawal A P, Salimath P M, Patil S A. Assessment of variability for some plant and pod characters in soybean over seasons [J]. National Journal of Plant Improvement, 2002, 4(2): 13-16.
- [15] 彭玉华, 袁建中, 杨国保. 黄淮流域大豆炸荚性初步分析 [J]. 大豆科学 1991, 10(4): 285-230. (Peng Y H, Yuan J Z, Yang G B. Preliminary analysis of on the pod-shattering of main soybean varieties of Huanghuai area [J]. Soybean Science, 1991, 10(4): 285-230.)
- [16] 马赛斐, 南翠梅, 张凤彩, 等. 黄淮流域主栽大豆品种炸荚性研究初报 [J]. 河南农业科学, 2006(2): 21-23. (Ma S F, Nan C M, Zhang F C, et al. Study on the pod-shattering of main soybean varieties of Huanghuai area [J]. Henan Agriculture Science, 2006(2): 21-23.)
- [17] Caviness C E. Effects of relative humidity on pod dehiscence in soybeans [J]. Crop Science, 1965, 5: 511-513.
- [18] Tiwari S P, Bhatnagar P S. Consistent resistance for pod-shattering in soybean [J]. Tropical Agriculture, 1993, 68: 102-103.
- [19] Tsuchiya T, Sunada K. Shattering of pods in soybean breeding. I. Relations between degree of shattering and moisture content in pods [J]. Bull. Hokkaido Pref. Agr. Exp. 1977, 37: 17-24.
- [20] Davies G C, Bruce D M. Fracture mechanics of oilseed rape pods [J]. Journal of Materials Science, 1997, 32: 5895-5899.
- [21] Bailey M A R, Mian T E, Carter D A, et al. Pod dehiscence of soybean; Identification of quantitative trait loci [J]. Journal of Heredity, 1997, 88: 152-154.
- [22] Saxe L A, Clark C, Lin S F, et al. Mapping the pod-shattering trait in soybean [J]. Soybean Genetics Newsletter, 1996, 23: 250-253.
- [23] Masaya S, Kaien F, Yumi N, et al. Fine mapping and development of DNA markers for the qPDH1 locus associated with pod dehiscence in soybean [J]. Molecular Breeding, 1996, 25(3): 407-418.
- [24] Funatsuki H, Ishimoto M, Tsuji H, et al. Simple sequence repeat markers linked to a major QTL controlling pod shattering in Soybean [J]. Plant breeding, 2006, 125: 195-197.
- [25] Funatsuki H, Hajika M, Hagihara S. Confirmation of the location and the effects of a major QTL controlling pod dehiscence, qPDH1, in soybean [J]. Breeding Science, 2008, 58: 63-69.
- [26] Funatsuki H, Hajika M, Hagihara S, et al. A major QTL, qPDH1, is commonly involved in shattering resistance of soybean cultivars [J]. Breeding Science, 2009, 59: 435-440.
- [27] 胡立成. 日本北海道大豆抗裂荚性育种 [J]. 世界农业, 1991(1): 21-22. (Hu L C. Breeding of resistant pod-shattering soybean in Hokkaido, Japan [J]. World Agriculture, 1991(1): 21-22.)
- [28] Agrawal A P, Salimath P M, Patil S A. Inheritance of pod shattering in soybean [J]. Indian Journal of Genetics and Plant Breeding, 2003, 63(3): 265-266.
- [29] 刘忠堂. 秋季大豆收获和土壤耕作技术要点 [J]. 大豆通报, 2006(5): 33-34. (Liu Z T. Key points for soybean harvest and soil tillage in autumn [J]. Soybean Bulletin, 2006(5): 33-34.)
- [30] 胡军, 刘广伟, 杨秀英. 减少大豆收获损失的措施 [J]. 农机使用与维修, 2006(4): 88-89. (Hu J, Liu G W, Yang X Y. Measures of reducing soybean yield loss at harvest [J]. Farm Machinery Using & Maintenance, 2006(4): 88-89.)
- [31] Bauer F C, Gonzatti G C. Moisture effects on the mechanized soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] harvest losses [J]. Acta Scientiarum-Agronomy, 2007, 29: 503-506.
- [32] Kitano J, Tachibana N, Yokoyama Y, et al. Varietal differences in proper time of combine harvesting judging from the moisture content of soybean (*Glycine max*) stems and a simple method for its measurement [J]. Bulletin of the Agricultural Research Division Mie Prefectural Science and Technology Promotion Center, 2002, 3: 25-32.
- [33] 徐金彪, 张成. 浅谈如何减少大豆联合收获损失 [J]. 农机使用与维修, 2010(1): 62-63. (Xu J B, Zhang C. Measures to reduce the loss of soybean combine harvest [J]. Farm Machinery Using & Maintenance, 2010(1): 62-63.)
- [34] 陆海霞. 大豆联合收获机械的研究 [J]. 农村牧区机械化, 2009(2): 3-5. (Lu H X. Study of soybean combine harvest machinery [J]. Mechanization of Rural and Pastoral Areas, 2009(2): 3-5.)
- [35] Gulluoglu L, Arioglu H, Arslan M. Effects of some plant growth regulators and nutrient complexes on pod shattering and yield losses of soybean under hot and dry conditions [J]. Asian Journal of Plant Sciences, 2006, 5(2): 368-372.
- [36] Thurling N. Application of the ideotype concept in breeding for higher yield in oilseed *brassica* [J]. Field Crops Research, 1991, 26: 201-219.