

文章编号: 1003-8701(2008)03-0005-04

# 杂交大豆昆虫传粉及制种技术研究进展

王跃强<sup>1</sup>, 王曙明<sup>1</sup>, 赵丽梅<sup>1\*</sup>, 孙 寰<sup>1</sup>, 李建平<sup>2</sup>, 李茂海<sup>2</sup>

(1. 吉林省农业科学院大豆研究中心, 长春 130033; 2. 吉林省农业科学院植保所, 吉林 公主岭 136100)

**摘 要:** 经过科学家的共同努力, 吉林省农科院于 2002 年审定了世界上第 1 个大豆杂交种杂交豆 1 号, 并于 2006 年审定了第 2 个大豆杂交种。从 2000 年开始, 在封闭及开放条件下, 利用苜蓿切叶蜂、蜜蜂、花蓟马等昆虫媒体为大豆传粉, 进行不育系繁育及杂交种制种技术的探讨。已经实现在网室内利用蜜蜂及切叶蜂传粉, 配制大豆杂交组合和生产小批量杂交种子, 不育系结实率达到 55.9%~100%; 开放条件下, 在干旱、有灌溉条件的地区, 利用蜜蜂及苜蓿切叶蜂传粉, 不育系结实率达到 50%~80%, 制种产量获得了较理想的结果。吉林省农科院在吉林省西部及内蒙古东部干旱地区, 建立了制种基地, 进行了较大面积的大豆不育系扩繁及杂交种制种试验, 制种技术基本成熟。

**关键词:** 杂交大豆; 昆虫传粉; 制种技术

中图分类号: S565

文献标识码: A

## Progress in Studies of Insect Pollinators and Seed Producing Techniques of Soybean Hybrids

WANG Yue-qiang, WANG Shu-ming, ZHAO Li-mei, SUN Huan, LI Jian-ping, LI Mao-hai  
(Academy of Agricultural Sciences of Jilin Province, Changchun 130033 China)

**Abstracts:** Through scientists' hard working, 'Hybsoy 1', the first variety of hybrid soybean, was examined and approved by Jilin Provincial Variety Examination and Approval Committee in 2002, and 'HybSoy 2' was examined and approved in 2006. From 2000, using of the leaf cutting bee, honeybee and thrips for pollination of soybean, and reproducing of male-sterile line and breeding technology of hybrid soybean was researched not only in net room but also in open fields. The hybrid soybean combination and small amount seed was produced in net room pollinated by honey bee or leaf cutting bee, and the fertility of male-sterile line was about 55.9%-100%. The yield of male-sterile line was about 50-80% in open fields, pollinated by honey bee or leaf cutting bee in dry and irrigating fields. The yield of hybrid seed was quite ideal. Breeding bases has been set up in the dry regions of the western Jilin province and the eastern Inner Mongolia by Academy of Agricultural Sciences of Jilin Province. Hybrid soybean was produced at a large scale and experiments were carried out for several years. The seed producing technology was basically ready until now.

**Key words:** Hybrid soybean; Insect pollination; Breeding technology

很多研究表明, 大豆品种间杂种  $F_1$  产量存在着较强的杂种优势, 为 13%~30%<sup>[1~3]</sup>, 甚至达到 50%以上<sup>[4]</sup>, 大豆杂种优势是人所共知的。大豆杂交种的生产取决于大豆杂种优势的大小, 主要受

限于不育系的异交结实率, 也就是能否生产出大量低成本的杂种种子<sup>[5]</sup>。广大科学工作者利用大豆细胞质雄性不育材料和光温敏不育材料, 进行了大豆传粉的研究<sup>[6]</sup>。到目前为止, 虽然大豆制种技术还不十分成熟, 但在传粉技术上取得了一系列重要的进展, 这些都为大豆杂交种利用奠定了坚实的基础。本文重点介绍大豆花器的特点、泌蜜习性<sup>[7]</sup>、不同大豆传粉媒体及昆虫的传粉效率及制种产量, 为今后大豆制种技术的完善提供一定的理论依据。

收稿日期: 2008-01-15

基金项目: 科技部“863”计划——大豆高效育种技术及优质、高产、多抗、专用新品种选育 合同号 2004AA241063) 支持 (2004-2005)

作者简介: 王跃强 (1968-), 男, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为大豆资源创新与应用。

通讯作者: 赵丽梅, 研究员, lmzhao@jjaas.com

## 1 大豆花器的特点及泌蜜习性

大豆 [*Glycine mas*(L)mer], 别名黄豆、白豆, 豆科, 蝶形花亚科, 大豆属, 一年生草本植物。大豆泌蜜与气候、土壤条件、地域性及品种有关系。据资料报道, 1988~1998 年, 黑龙江饶河一带流蜜 2 次; 山东沂水一带 15 年中流蜜 2 次; 吉林省 1988~1998 年流蜜 2 次。吉林省的大豆 6 月末开花, 7 月中旬至 8 月初流蜜, 每日 7 时至 19 时流蜜, 一个 12 框的蜂群在大流蜜期日进蜜量 7.5 kg, 7 框的蜂群日进蜜量 2 kg 左右, 一个流蜜期强群每群蜂可采到商品蜜 15~25 kg。1997 年, 在敦化市, 获得了群产大豆蜜 20~30 kg 的产量<sup>[7]</sup>。D. C. Robacker 等(1983)报道了大豆花对蜜蜂的吸引力随环境因素的变化而改变, 空气、土壤的昼夜温度及土壤 N、P、K 的含量等都直接影响大豆花的形成, 如颜色的深浅, 大小、开放程度、泌蜜的多少及芳香气味的散发等<sup>[8]</sup>。

大豆流蜜需具备以下条件: 6~7 月大豆营养生长阶段比较干旱, 连续多日气温在 30℃ 以上, 保证充足的光照与温度, 较好的光合作用, 是大豆泌蜜的主要条件; 多雨、低温天气大豆泌蜜量较小或不流蜜。中性土壤有利于大豆根瘤菌的生长及根瘤的形成, 为大豆提供生长所需的氮元素, 促进了大豆的生长发育和泌蜜。大豆蜜腺位于子房基部呈环状, 外部有局部花线管所遮蔽, 再外又有龙骨瓣所包围, 最外面萼管也很长, 蜜腺位于隐蔽状态, 大气相对湿度达 60%~70% 就能很好流蜜。不同品种流蜜量也有所不同。在吉林省东部地区开白花的日本小粒黄豆比大白眉黄豆流蜜量大, 大白眉黄豆比其它开紫花的品种流蜜量大<sup>[7]</sup>。

我们可以根据不同大豆品种的流蜜特点, 筛选出一些高流蜜量的的大豆品种, 然后用不育系同高流蜜量大豆品种回交、转育, 以选育高流蜜量的大豆杂交组合。根据不同地理气候环境下大豆流蜜的特点, 选择适合大豆流蜜的地点作为大豆制种基地, 可以进一步提高不育系结实率。

## 2 利用风媒传粉

从风媒传粉的角度, 大豆柱头的外露程度、花粉的散落性以及花粉数量等性状都会影响大豆的异交结实率。白羊年等(2002)对大豆资源有关开花授粉性状的研究表明, 大豆资源中花瓣大小、龙骨瓣开张度、散粉性、单花花粉量等性状存在很大变异。野生大豆的花远小于栽培大豆; 野生大豆的龙

骨瓣开张度与栽培大豆无显著差异; 野生大豆的散粉性比栽培大豆好, 两者之间存在显著差异; 他从 310 份种质资源中筛选到 30 份散粉性较好的材料、16 份龙骨瓣开张度较大的材料以及 4 份两者均较好的材料。白羊年认为, 通过虫媒传粉生产杂种种子, 用种量大, 经济效益不太高, 前景不乐观。建议以风媒为主, 辅之以自然昆虫传粉。提出进一步改良不育系的自然异交结实性, 包括柱头的寿命、龙骨瓣的开张时间及程度以及蜜腺引诱昆虫造访的特性等; 进一步改良保持系及恢复系的花粉数量、花粉的寿命、开花时龙骨瓣开张度、花药开裂时间和花粉的飘散性、蜜腺引诱昆虫造访的特性等<sup>[9]</sup>。

理论上风也可以为大豆传粉, 但由于大豆花粉量少, 柱头可接受花粉的相对面积小, 在花中处于不利于接受风力传粉的位置。另一方面, 大豆叶片分布密集, 也影响花粉的传播<sup>[10]</sup>。赵丽梅等(1999)在田间做了花粉截获量研究, 研究风力传粉的可能性。3 d 累计截获时间 5.8 h, 于母本行(不育系)开花部位截获的花粉平均数量为 2.29 个/cm<sup>2</sup>。也只能有更少的花粉落到柱头上。对于异交率与上述性状之间的相关性, 还有待于做进一步的研究。

## 3 利用蜜蜂传粉

国内外很多学者研究过利用蜜蜂为大豆传粉。E. H. Erickson(1984)的研究表明, 蜜蜂不仅采集大豆花蜜, 而且有助于异花授粉增加产量<sup>[11]</sup>。P. D. Koelling(1981)以 ms<sub>2</sub> 不育系为材料, 在网室内利用蜜蜂 (*Apis Mellifera*) 和苜蓿切叶蜂 (*Megachile rotundata*) 进行了传粉试验, 不育株结实率提高 47.7%<sup>[12]</sup>。于伟(2001)利用蜜蜂在大棚为不育系传粉, 平均小区产量 488.4 kg/hm<sup>2</sup> (32.5 kg/666.7m<sup>2</sup>)。最高小区产量 555.3 kg/hm<sup>2</sup><sup>[13]</sup>。

吉林省农科院从 1991 年开始, 开展了利用蜜蜂在网室内为核不育系传粉, 进行探索性研究。1993 年从吉林省养蜂研究所引进一蜜蜂品系, 采用大豆花浸泡的糖浆诱导蜜蜂, 在网室内以核不育系为试材进行试验, 结果不育系结荚率明显高于对照<sup>[10]</sup>。2000 年在网室内进行了蜜蜂传粉试验, 分播期种植两个大棚。在传粉期间, 利用大豆花浸泡过的糖浆饲喂进行诱导的方法, 增加蜜蜂采访大豆花的频率。统计结果不育系的结实率分别达到 55.9% 和 79.0%。2001 年本课题组进行了开放条件下蜜蜂用于不育大豆传粉的研究, 试验地点设在长岭, 选择周围半径 1~2 km 无吸引蜜蜂同

期开花的其它蜜源植物, 如黄瓜、香瓜、西葫芦、玉米、豆角、果树、苜蓿和草木樨等。试验材料选用大豆细胞质雄性不育系 JLCMS29, 父母本 1 1 种植。于 6 月 26 日, 大豆初花期运去西蜂(松丹双交种蜜蜂)4 群(平均每群 7 框蜂), 8 月 3 日蜂群运离。秋季调查结英率为 68% 左右, 不放蜂对照为 57%, 差异不大。

在封闭和开放条件下, 利用蜜蜂传粉都大大提高了不育系结实率。虽然蜜蜂的传粉效率比苜蓿切叶蜂要低, 但蜜蜂具有群体大, 易管理, 易饲养的优点。将来可以进一步加强蜜蜂驯化方面的科研工作, 选育出适合大豆传粉的蜜蜂种类, 结合引诱剂的应用, 在不育系制种中可以发挥一定的作用。

## 4 苜蓿切叶蜂用于不育大豆的传粉

国外的科学家较早尝试利用苜蓿切叶蜂为大豆不育系进行传粉试验。P.D.Koelling(1981)以  $ms_2$  不育系为材料, 在网室内利用苜蓿切叶蜂和蜜蜂进行了传粉试验, 两种蜂共同作用, 使不育株结实率提高 47.7%<sup>[12]</sup>。由于国外仅限于利用核不育材料做传粉试验, 其中较有意义的是隐性单基因控制的核不育, 已发现 7 个( $ms_1$ - $ms_7$ )这类不育系, 由于无法获得百分之百的不育株以及在开花前识别不出可育株, 很难用于杂交种生产<sup>[15-18]</sup>。因此制种技术的研究虽然起步早, 但进展缓慢。

在进行蜜蜂传粉的同时, 孙寰等从 1999 年开始着重进行了苜蓿切叶蜂传粉研究<sup>[19]</sup>。主要依据是, 苜蓿切叶蜂是专门为豆科作物传粉的昆虫, 腹部振动可打开龙骨瓣, 性情温顺, 不是社会性昆虫, 易管理, 飞翔能力差。1993 年与法国大豆专家 P.Roument 取得联系, 当年 7 月初通过特快专递寄来切叶蜂蜂茧约 20 头。在网室内进行传粉试验, 状态非常好, 频繁采访大豆花, 传粉效果优于蜜蜂。1994 年开始寻找国内蜂源, 从北京农业大学引进切叶蜂 30 余只, 由于蜂源质量差, 放蜂后很快死亡, 未获得显著效果。1995 年又从北京农业大学引进约 200 只, 结果不育系的异交结实率有了明显的提高。从 1997~2000 年先后 4 次从法国、加拿大引进苜蓿切叶蜂 4 000 头、30 万头、50 万头和 200 万头, 并购置了先进的养蜂和放蜂设备, 进行了较大规模的人工控制条件下的传粉研究, 不育系的结英率逐年稳步提高。

2000 年在公主岭进行了 60 个小网室(4 m×6 m)和两个大网室(6 m×18 m)不育系繁殖及杂交

组合配制和小批量杂交种的生产。为了保证蜂棚内传粉的切叶蜂数量, 分 4~5 次分别投放切叶蜂。在秋季对 10 个不育系繁殖大棚不育系和保持系的结英数量进行了调查。不育系的平均结英率达到 93.5%, 有 7 个不育系的结英率达 100%。结英率如此之高, 主要是由于不育系密度较低, 而保持系密度较高所致, 同时, 当年夏季高温少雨, 有利于昆虫传粉。虽然由于父母本密度不同降低了可比性, 使不育系的结英率偏高, 但从不育系的单株结英数, 可以看出网室内昆虫传粉的潜力。10 个不育系平均结英 73.4 个, 最高 191 个, 最低也结 16 个英。在网室内主要可用于测交, 不育系转育、提纯, 组合选配及小批量杂交种生产。

2001 年在吉林省洮南, 利用大豆细胞质雄性不育系 JLCMS82 进行了开放条件下苜蓿切叶蜂的传粉技术研究, 父母本 1 1 种植, 面积为 0.36  $hm^2$ , 周围 500 m 内为水稻田作为隔离带。调查结果显示: 距蜂巢 30 m 以内, 结英率为 83.3%, 结实率为 80.7%; 距蜂巢 60~90 m 内: 结英率为 74.3%, 结实率为 73.7%; 平均结英率为 80.0%, 平均结实率为 78.2%。

2002 年在内蒙古奈曼旗进行了较大规模的制种, 传粉昆虫为切叶蜂。

调查考种结果: 1 号地(0.7  $hm^2$ ), 父母本种植比例 1 1 和 1 2 的结英率分别为 79.9%和 69.9%(与父本保持系相比); 2 号地对照(0.1  $hm^2$ ), 不放蜂, 父母本种植比例 1 1 和 1 2 的结英率分别为 63.2%和 47.8%(与父本保持系相比); 3 号地(0.7  $hm^2$ ), 父母本种植比例为 1 1, 平均结英数为 27.7(由于父本为恢复系, 无法计算结英率); 4 号地(0.7  $hm^2$ ), 父母本种植比例 1 1 和 1 2, 平均结英数分别为 36.8 和 23.6。

实际收获杂交种产量结果: 1 号地, 实际收获 589 kg, 单产 901.4  $kg/hm^2$ ; 2 号地, 实际收获 50.5 kg, 单产 557.3  $kg/hm^2$ , 1 号地和 2 号地收获时两种种植比例未分别脱粒, 单产为两种比例的混合产量。如分别脱粒, 父母本比例为 1 2 时, 1 号地不育系单产将超过 1 000  $kg/hm^2$ , 2 号地(未放蜂)不育系单产可达到 700  $kg/hm^2$ ; 3 号地, 实际收获 159 kg, 单产 478.9  $kg/hm^2$ 。实际收获比测产低很多, 主要是收获前炸荚严重, 脱粒损失也较大。4 号地父母本 1 1 种植, 实际收获 205.3 kg, 单产 713.2  $kg/hm^2$ , 父母本 1 2 种植, 实际收获 342.9 kg, 单产 1 003.3  $kg/hm^2$ 。

2003 年在内蒙古奈曼旗进行了放蜂量试验,



试验设计如下: 放蜂量 3 个处理, 分别是 5 万、3 万和 1 万头/hm<sup>2</sup>, 对照为不放蜂。父母本种植比例设 3 个处理, 分别是 1 1、1 2 和 1 3。试验设两次重复, 占地面积 6.7 hm<sup>2</sup>。从结荚率和实际产量看, 3 万头/hm<sup>2</sup> 效果最佳。统计分析表明, 与其它处理差异显著。放蜂量 3 万头/hm<sup>2</sup> 时, 父母本 1 2 种植比例实际产种量最高。由于气候条件异常, 大豆开花期连续多天大雾天气, 使花粉供应量不足, 试验结果需要再次加以验证。

## 5 其它为大豆传粉的媒介

在豆田活动的昆虫, 只要能接触到花, 都可能为大豆传粉。赵丽梅等<sup>[10]</sup>利用网捕法, 在吉林省公主岭地区于大豆开花期捕捉到多达 10 个目, 39 个种的昆虫, 可能与传粉有关的昆虫有蝇类(11 科)、蜂类(9 科)和蓟马。丁德荣等<sup>[5]</sup>在南京地区观察到 6 种昆虫造访大豆花, 虽然蚜虫和瓢虫也造访大豆花, 但无法进入花内, 触及不到雄蕊, 不能为大豆传粉, 认为主要传粉昆虫为蓟马。在田间自然开放条件下 ms<sub>1</sub> 的平均传粉异交结实率为正常植株自交结实数的 3.9%, 还需增加传粉结实的机会。卫保国等<sup>[15]</sup>认为, 蓟马是主要传粉媒介。但多数研究者未能把蓟马与其它昆虫的传粉活动区分开来, 很难确定蓟马传粉占有多大比例。

不论是核不育系, 还是细胞质雄性不育系, 在一定条件下, 天然异交率都可能达到 50% 以上, 表明豆田的天然昆虫群体是极有利用价值的传粉媒介。

综上所述, 只要昆虫(高效传粉昆虫、天然昆虫群体)—环境(高温、少雨、有灌溉、控制农药使用)—植物(高异交结实率、合理父母本种植比例)三要素的最佳状态得到满足, 不育系繁殖和杂交种制种产量就会得到理想的制种产量。

### 参考文献:

- [1] 马育华, 盖钧镒. 大豆杂种世代的遗传变异研究[C]. 中美大豆科学讨论会论文集. 中国大豆科技情报交流中心, 1983: 94-105.
- [2] 盖钧镒. 中美大豆品种间 F<sub>1</sub> 和 F<sub>2</sub> 世代杂种优势与配合力分析[C]. 第二次中美大豆科学讨论会论文集. 长春: 吉林科学技术出版社, 1986: 172-177.
- [3] Carlson J.B. and N.R.Lersten, Reproductive morphology in soybeans: improvement, production and uses, 2nd edn (Wilcox JR, ed). Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, 1987, 95-134.
- [4] 王曙明, 孙寰, 王跃强, 等. 大豆杂种优势及高优组合选配的研究 F<sub>1</sub> 代籽粒产量的杂种优势与高优组合选配[J]. 大豆科学, 2002, 21(3): 161-167.
- [5] 丁德荣, 盖钧镒. 南方地区大豆雄性不育材料的传粉昆虫媒介及其传粉异交结实程度[J]. 大豆科学, 2000, 19(1): 74-79.
- [6] Boerma H.R. and A.Moradshahi, Pollen movement within and between rows to male sterile soybean, Crop Science. 1975, 15: 858-861.
- [7] 薛运波, 葛英, 李杰奎. 大豆泌蜜习性的观察和利用[J]. 蜜蜂杂志. 1998(4): 25-26.
- [8] Robacker D.C., E.H.Erikson. A bioassay for comparing attractiveness of plants to honeybees. J.Aplic.Res 1984, 23: 199-203.
- [9] 白羊年, 陈健, 喻德跃, 等. 大豆雄性不育系和大豆资源有关开花授粉性状的研究[J]. 大豆科学, 2002, 21(1): 18-23.
- [10] 赵丽梅, 孙寰, 马春森, 等. 大豆昆虫传粉研究初探[J]. 大豆科学. 1999, 18(1): 73-76.
- [11] Erickson, JR E.H., Soybean pollination and honey production A research progress report, American Bee Journal, 1984, Vol. 124 (1): 775-779.
- [12] Koelling P.D., W.J.Kenworthy and D.M.Caron, Pollination of male-sterile soybean in caged plots, Crop Science, 1981, Vol. 21: 551-559.
- [13] 于伟, 李磊, 李智, 等. 大豆质核互作不育系杂交种制种技术研究. 不育系系种技术研究[J]. 中国油料作物学报, 2001, 23(2): 11-13.
- [14] GRAYBOSCH, R.A. and PALMER, R.G., Male sterility in soybean- An overview American Journal of Botany. 1988. 75 (1): 144-156.
- [15] 卫保国, 畅建武, 孙贵臣, 等. 大豆田间昆虫传粉研究[J]. 中国学术期刊文摘(科技快报), 1997, 3(8): 1020-1021.
- [16] PALMER, R.G., Cytogenetics in soybean improvement. Proc.Sixth Soybean Res.Conf., American Seed Trade Assoc.Publ.1976 (6): 55-66.
- [17] PALMER, R.G. and HEER, H., Agronomic characteristics and genetics of a chromosome interchange in soybean. Euphytica. 1984 (33): 651-653.
- [18] PALMER, R.G. and KILEN, T.C., Qualitative genetics and cytogenetics. In "Soybeans: improvement, production and uses". Ed. Wilcox, J.R., American Society of Agronomy, 1987. No. 16: 135-209.
- [19] 孙寰, 赵丽梅, 王曙明, 等. 大豆杂种优势利用研究进展[J]. 中国油料作物学报. 2003, 25(1): 92-96.