

田间开放条件下大豆不育系制种技术研究

王曙明^{1,2},王跃强²,李建平²,李茂海²,孙 寰²,赵丽梅²,张宝石¹

(1. 沈阳农业大学 农学院,辽宁 沈阳 110866;2. 吉林省农业科学院 大豆研究中心,吉林 长春 130033)

摘 要:以细胞质雄性不育系 JLCMS82A 和其保持系 JLCMS82B 为试材,采用裂区试验设计,在田间开放条件下对不同苜蓿切叶蜂释放量和父母本种植方式下的制种效果进行了研究。结果表明:不同放蜂量处理之间不育系结实率和不育系与保持系总产量的差异达极显著水平,不育系间的产量差异达显著水平;保持系与不育系不同行比处理间的结实率以及不育系与保持系总产量的差异达极显著水平,而不育系间的产量差异不显著;放蜂量与行比间的互作差异不显著。不同放蜂量下,每公顷放 3 万头蜂时不育系的结实率、产量及总产量达最高;不同行比下,不育系间的产量差异并不显著,而父母本 1:1 时不育系的结实率和总产量最高。综合评价,在每公顷释放 3 万头苜蓿切叶蜂并以父母本 1:1 行比种植时,不育系的结实率、产量以及不育系加保持系总产量均达最高,制种效果最佳。

关键词:大豆;细胞质雄性不育系;异交传粉;苜蓿切叶蜂;结实率

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-9841(2010)03-0385-05

Seed Production of Soybean Cytoplasmic Male Sterile (CMS) Line under Field Conditions

WANG Shu-ming^{1,2}, WANG Yue-qiang², LI Jian-ping², LI Mao-hai², SUN Huan², ZHAO Li-mei²,ZHANG Bao-shi¹

(1. Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866,Liaoning; 2. Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, Jilin,China)

Abstract:The line JLCMS82A and its maintainer line JLCMS82B were used in this trial with a split block design for evaluating the effects of cross-pollination of alfalfa leafcutting bees in different treatments of bee amount and row cytoplasmic male sterile (CMS) ratio of male and female parents. The results showed that the seed setting of the CMS line and the whole yield of the male and female parents existed significant difference at the 1% level and the yield of the CMS line at the 5% level among the different treatments of bee amount. There was significant difference at the 1% level in the seed setting of the CMS line and the whole yield of the male and female parents, whereas the difference of the yield of the CMS line was not significant among the different treatments of row ratio of male and female parents. There was no significant difference between the treatments of bee amount and row ratio of male and female parents. In the treatment of different bee amount, the highest seed setting and yield of the CMS line and the whole yield of the male and female parents were observed when the amount of alfalfa leafcutting bees reached 30,000/ha. In the treatment of different row ratio of male and female parents, the highest seed setting and whole yield of the male and female parents were also observed when the row ratio was 1:1, whereas there was no significant difference for the yield of the CMS line between the different row ratio. On the whole, the best effective treatment was that of the 1:1 row ratio with the amount of 30,000 alfalfa leafcutting bees per hectare.

Key words:Soybean; CMS lines; Cross-pollination; Alfalfa leafcutting bees; Seed setting

大豆细胞质雄性不育系的育成^[1-6]为大豆杂种优势的利用提供了可能。杂交大豆能否产业化的必要前提是在大田条件下不育系能够产生足够数量的种子且种子生产成本为经营者和使用者所接受。因此,开展田间开放条件下大豆不育系的制种技术研究是非常必要和迫切的。关于大豆不育系的昆虫传粉研究国外已有一些报导^[7,8]。Koelling 等^[9]利用 ms₂ ms₂ 不育系的传粉研究表明,网室内放蜜蜂或苜蓿切叶蜂不育系结实率是网室内未放蜂或田间开放条件下的 477%。Roumet 等^[10]在网室内利用苜蓿切叶蜂传粉,不育系(ms₂ ms₂)结实率达 60%。国内自 20 世纪 90 年代开始亦开展了一些不育系昆虫传粉技术的初步研究^[11-13],但有关田间条件下大豆细胞质雄性不育系制种技术的详尽研究报告还很少。为了加快细胞质雄性不育系繁育进程,探讨

收稿日期:2010-03-22
基金项目:国家高技术研究发展计划资助项目(2002AA207007);吉林省科技发展计划资助项目(20010211)。
第一作者简介:王曙明(1963-),男,在读博士,研究员,主要从事大豆遗传育种研究。E-mail: shumingw@263.net。
通讯作者:孙寰,研究员。E-mail:sunh@cjaas.com;张宝石,教授,博士生导师。E-mail: baoshizhang@126.com。

在大田生产条件下如何提高杂交大豆种子生产效率,吉林省农业科学院开展了不同放蜂量与种植方式对大豆细胞质雄性不育系制种效果的研究,该文对此项试验研究结果做一系统总结,以便为杂交大豆产业化开发提供技术依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

以吉林省农业科学院选育的细胞质雄性不育系 JLCMS82A 和其保持系 JLCMS82B 为试材,以从加拿大引进并繁育的苜蓿切叶蜂为传粉昆虫。

1.2 试验方法

试验于 2003 年在内蒙古奈曼旗东明乡苏日格村进行。采用裂区设计,2 次重复,主处理(A)为每公顷苜蓿切叶蜂的释放量,即 A1:不放蜂(对照),A2:每公顷放 1 万头蜂,A3:每公顷放 3 万头蜂,A4:每公顷放 5 万头蜂;副处理(B)为父本(保持系)与母本(不育系)种植的行比,即 B1:父母本行比 1:1,B2:父母本行比 1:2,B3:父母本行比 1:3。每个主区之间的隔离距离在 100 m 以上,种植玉米;每个副区种植面积为 2200 m²,行距 60 cm,播种密度 15 万株·hm⁻²。

5 月 2 日播种。出苗后根据幼茎颜色剔除杂株。初花期(6 月 25 日)按设计数量于每个主区释放苜蓿切叶蜂。切叶蜂的蜂茧放置于若干个切叶蜂保护棚内,保护棚之间距离为 120 m,切叶蜂陆续羽化并在大豆田中活动。整个开花期观察苜蓿切叶蜂的访花情况。

秋季于每个副区分别按与保护棚相等的距离选取

5 个采样点,每个采样点相邻的父母本各取 1 m²,调查父母本的密度、每株结荚数。其中,每个副区中有 1 个采样点同时调查每株粒数和百粒重。以 5 个采样点数据平均值计算各副区父、母本的理论产量及其父母本总产量;以父本为对照,按平方米内母本与父本粒数的百分比分别计算每个副区不育系的结实率。

分别对不育系的结实率、理论产量及其不育系加保持系的理论总产量进行方差分析(结实率的方差分析数据经反正弦数据转换),并采用新复极差测验(SSR)法进行多重比较,综合评价其制种效果。

2 结果与分析

2.1 不育系结实率、理论产量及其总产量的方差分析

大豆细胞质雄性不育系 JLCMSA82 的结实率、理论产量以及不育系加保持系(JLCMSB82)理论总产量的方差分析结果见表 1。由表 1 可以看出,不同区组之间差异不显著,而不同放蜂量之间不育系的结实率和不育系加保持系的总产量差异达极显著水平,不育系的理论产量差异达显著水平。这表明在田间开放条件下释放苜蓿切叶蜂对大豆不育系繁殖田的制种效率有显著影响。保持系与不育系不同行比之间的结实率以及不育系加保持系总产量的差异亦达极显著水平,而不育系的理论产量差异不显著。这说明父母本不同种植方式对大豆不育系的制种效果也产生重要作用。A 因素与 B 因素之间的互作差异未达显著水平,这显示苜蓿切叶蜂释放量与父母本种植行比之间的效应是相互独立的,放蜂量的作用不受行比的影响。

表 1 不育系结实率、理论产量及其总产量的方差分析
Table 1 ANOVA for seed setting and yield of male sterile line

变异来源		自由度	平方和 SS			均方 MS			F			F _{0.05}	F _{0.01}
			结实率	理论产量	总产量	结实率	理论产量	总产量	结实率	理论产量	总产量		
Source of variation	DF	Seed setting	Yield	Total yield	Seed setting	Yield	yield	Seed setting	Yield	yield			
主区	区组	1	1.1	1976.5	2055.3	1.1	1976.5	2055.3	<1	<1	<1		
M B	Block												
	A	3	986.3	607787.4	1687829.6	328.7	202595.8	562609.8	182.7**	11.8*	53.2**	9.3	29.5
	E _a	3	5.3	51546.5	31685.8	1.8	17182.1	10561.9					
	主变异	7	992.8	661310.5	1721570.8								
	Variance												
副区	B	2	119.1	73023.9	3342630.1	59.5	36511.9	1671315.1	12.1**	3.6	114.2**	4.4	8.6
S B	A×B	6	35.4	77631.7	118193.8	5.9	12938.6	19698.9	1.2	1.2	1.3	3.5	6.4
	E _b	8	39.3	80583.7	117027.1	4.9	10072.9	14628.3					
总变异		23	1186.6										
Total variance													

* 表示 0.05 水平下的差异显著性; ** 表示 0.01 水平下的差异显著性。
* means significant difference at the 5% level and ** means significant difference at the 1% level.

2.2 不同放蜂量下大豆不育系的制种效果

不同苜蓿切叶蜂释放量下大豆细胞质雄性不育系 JLCMS82A 的结实率、理论产量以及不育系加保持系理论总产量的平均数及其多重比较结果列于表 2。从表 2 中可以发现,与对照(不放蜂,A1)相比,放蜂处理(A2,A3,A4)下不育系结实率的差异达极显著水平,同时,A3 处理的不育系结实率平均为 48.5%,极显著高于 A2 和 A4 处理,而 A2 和 A4 处理间差异不显著。这表明苜蓿切叶蜂对不育系的结实率有显著影响,但并不是放蜂量愈多愈好,而是需要一个适宜的放蜂量才能取得较好的制种效果。从不育系的理论产量来看,放蜂处理 A2,A3,A4 显著高于对照 A1,但 A2,A3 与 A4 3 个处理间差异并未达显著水平,尽管 A3 处理的平均数仍为最高。这是因为不育系在结实率较低时百粒重有所增加而使其产量相对提高,因而在进行统计分析时造成差异不显著。从不育系加保持系理论总产量来看,放蜂处理 A2,A3,A4 极显著高于对照 A1,而 A3 与 A4 处理间差异不显著,A4 与 A2 处理间差异亦不显著,这说明总产量不但与不育系的产量有关,实际上还与保持系的产量有着直接的关系。

表 2 不同放蜂量下不育系制种效果的比较
Table 2 Seed setting and yield of male sterile line under different bee amount

放蜂量 Bee amount	结实率 SEa=0.5 Seed setting / %	理论产量 SEa=53.5 Yield/kg · hm ⁻²	总产量 SEa=41.9 Whole yield/kg · hm ⁻²
A3/30000	48.5Aa	709.6Aa	1492.7Aa
A4/50000	37.2Bb	569.1Aa	1382.9Aab
A2/10000	36.4Bb	519.8Aa	1212.9Ab
A1/0	19.7Cc	269.1Ab	795.3Bc

同一列数值后不同大小写字母分别表示差异达 0.01 和 0.05 显著水平。
Values within a column followed by different capital and lowercase letters are significantly different and 0.01 and 0.05 probability levels, respectively.

2.3 不同种植方式下大豆不育系的制种效果

表 3 列出了不同种植方式(保持系与不育系行比)下大豆细胞质雄性不育系 JLCMS82A 的结实率、理论产量以及不育系加保持系理论总产量的平均数及其多重比较结果。由表 3 可见,父母本 1:1 行比(B1)下不育系的结实率显著高于父母本 1:2 行比(B2)和父母本 1:3 行比(B3),而 B2 和 B3 处理间差异不显著。这表明在田间开放条件下不育系繁殖田的制种需要一定比例

的保持系以保障父本花粉数量来满足苜蓿切叶蜂为母本传粉。从单位面积内不育系的理论产量来看,B1,B2 与 B3 处理间差异并不显著。这说明尽管 1:2 行比和 1:3 行比下不育系的结实率显著低于 1:1 行比,但由于母本所占面积比例增加,从而使不育系的产量也相应提高,因此,单位面积内的不育系产量间差异不明显。从单位面积内不育系加保持系的总产量来看,B1,B2 与 B3 处理间差异达极显著水平,1:1 行比下的总产量最高。这个结果显示,一方面,由于 3 种处理下单位面积内父本所占面积比例不同,B1 最大,B2 次之,B3 最小,父本比例大其产量显然要高;另一方面,B1 处理下不育系的结实率也显著高于 B2 和 B3 处理,所以,B1 处理的总产量必然最高,B2 处理次之,B3 处理最低。

表 3 不同种植方式下不育系制种效果的比较
Table 3 Seed setting and yield of male sterile line under different row ratio

父母本行比 Row ratio	结实率 SEa=0.8 Seed setting / %	理论产量 SEa=35.5 Yield/kg · hm ⁻²	总产量 SEa=42.7 Whole yield/kg · hm ⁻²
B1/1:1	40.8Aa	589.2Aa	1716.3Aa
B2/1:2	33.5Ab	506.1Aa	1131.1Bb
B3/1:3	32.2Ab	455.3Aa	815.5Cc

同一列数值后不同大小写字母分别表示差异达 0.01 和 0.05 显著水平。
Values within a column followed by different capital and lowercase letters are significantly different and 0.01 and 0.05 probability levels, respectively.

2.4 不同放蜂量与种植方式下不育系制种效果的比较

对同一放蜂量下父母本不同行比间不育系的结实率、理论产量以及不育系加保持系理论总产量进行了比较,结果见表 4。由表 4 可知,在不放蜂(A1)的情形下,无论哪种行比其不育系的结实率和产量之间差异均不显著,而总产量间差异显著。这说明在自然条件下不育系的结实主要依靠天然昆虫传粉,一般情况下结实率和产量相对较低,对父本的花粉数量要求并不高,因而 3 种行比处理间其结实率和产量没有明显差别,总产量的差异主要是受父本所占比例及其产量的影响。在 3 种放蜂量(A2,A3,A4)的情形下,1:1 行比的结实率都显著高于 1:2 行比和 1:3 行比,表明父本所占比例对苜蓿切叶蜂传粉确有显著影响;3 种行比之间不育系的产量差异是由母本所占比例及不育系结实率共同决定的;总产量的差异则是受母本产量和父本所占比例及产量的共同影响。

表4 同一放蜂量下不同行比间不育系结实率、产量及其总产量的比较

Table 4 Seed setting and yield of male sterile line among different row ratio under same bee amount

放蜂量	A1/0				A2/10000				A3/30000				A4/50000	
Bee amount														
行比	B1/1:1	B2/1:2	B3/1:3	B1/1:1	B2/1:2	B3/1:3	B1/1:1	B2/1:2	B3/1:3	B1/1:1	B2/1:2	B3/1:3		
Row ratio														
结实率 SE _{ab} = 1.5	20.4Aa	19.3Aa	19.4Aa	42.0Aa	33.6Bb	33.6Bb	56.7Aa	47.0Bb	42.4Bb	44.1Aa	34.2Bb	33.3Bb		
Seed setting /%														
产量 SE _{ab} = 70.9	297.0Aa	240.4 Aa	269.7 Aa	545.9 Aa	488.4 Aa	525.1 Aa	798.9 Aa	782.4 Aa	547.4 Ab	714.9 Aa	513.1 Aab	479.3 Ab		
Yield/kg · hm ⁻²														
总产量 SE _{ab} = 85.5	1334.1Aa	722.4Bb	329.4Bc	1568.0Aa	1150.8Bb	919.8Cc	2008.9Aa	1446.5Bb	1022.7Cc	1954.1Aa	1204.8Bb	989.8Bb		
Whole yield/kg · hm ⁻²														

同一列数值后不同大小写字母分别表示差异达 0.01 和 0.05 显著水平。

Values within a solumn followed by different capital and lowercase letters are significantly different and the 0.01 and 0.05 probability levels, respectively.

对同一行比下不同放蜂量间不育系结实率、理论产量以及不育系加保持系理论总产量进行了比较,结果列于表5。由表5可以看出,在3种不同行比处理下,苜蓿切叶蜂释放量为3万头时其不育系的结实率均最高,且极显著高于其它处理,而放蜂量1万头和5万头间的结实率差异并不显著。这表明只有放蜂量适宜时,才能取得较好的制种效果,放蜂量过多或过少均不利于苜蓿切

叶蜂传粉。不育系的产量亦为放蜂量为3万头(A3)时最高,总产量也是放蜂量为3万头时最高,但与放蜂量为5万头(A4)的差异并不十分明显。从试验的结果看,在每公顷释放3万头苜蓿切叶蜂并以父母本1:1行比种植(A3B1)时,不育系的结实率、理论产量以及不育系加保持系理论总产量均达最高,制种效果最佳。

表5 同一行比下不同放蜂量间不育系结实率、产量及其总产量的比较

Table 5 Seed setting and yield of male sterile line among different bee amount under same row ratio

行比	B1/1:1				B2/1:2				B3/1:3			
Row ratio												
放蜂量	A1/0	A2/10000	A3/30000	A4/50000	A1/0	A2/10000	A3/30000	A4/50000	A1/0	A2/10000	A3/30000	A4/50000
Bee amount												
结实率 SE _{ba} = 1.4	20.4Cc	42.0Bb	56.7Aa	44.1Bb	19.3Cc	33.6Bb	47.0Aa	34.2Bb	19.4Cc	33.6Bb	42.4Aa	33.3Bb
Seed setting /%												
产量 SE _{ba} = 78.8	297.0Bb	545.9ABab	798.9Aa	714.9Aa	240.4Bc	488.4AbBc	782.4Aa	513.1AbB	269.7Ab	525.1Aab	547.4Aa	479.3Aab
Yield/kg · hm ⁻²												
总产量 SE _{ba} = 81.4	1334.1Bb	1568.0Bb	2008.9Aa	1954.1Aa	722.4Cc	1150.8Bb	1446.5Aa	1204.8ABab	329.4Bb	919.8 Aa	1022.7Aa	989.8 Aa
Whole yield/kg · hm ⁻²												

同一列数值后不同大小写字母分别表示差异达 0.01 和 0.05 显著水平。

Values within a solumn followed by different capital and lowercase letters are significantly different and the 0.01 and 0.05 probability levels, respectively.

3 讨论

3.1 田间开放条件下苜蓿切叶蜂的传粉效率

在大田生产条件下如何提高不育系的制种效率,降低种子生产成本,是杂交大豆产业化亟需解决的关键技术。根据过去的调查研究表明,大豆不育系的传粉媒介主要是传粉昆虫^[14]。蜜蜂、熊蜂和苜蓿切叶蜂均可作为大豆不育系的传粉媒介,而在网室内苜蓿切叶蜂的传粉效率最高,效果最佳^[15]。然而,在田间开放条件下如何最大效率地发挥苜蓿切叶蜂的传粉作用,需要进行

全面而深入的系统研究。从试验的结果来看,在适宜的苜蓿切叶蜂释放量下,不育系的结实率明显地高于不放蜂的对照。但同时也应注意到,苜蓿切叶蜂的传粉效率是受多种因素影响的结果,既有不育系本身异交率高低的因素,也有自然生态环境、气候条件及耕作栽培措施等因素的影响。不育系 JLCMS82A 在 2002 年相同地点其结实率和产量明显高于试验结果^[16]。2002 年 7 月份大豆开花期间降雨较少,光照充足,适于苜蓿切叶蜂传粉活动;而 2003 年,大豆开花期间阴雨天气较多,对切叶蜂的传粉活动造成一定影响。因此,适宜的环境条件

对于稳定提高切叶蜂的制种效率起着举足轻重的作用。

3.2 种植方式与不育系的制种产量

除了苜蓿切叶蜂的传粉效率以外,父母本不同比例的种植方式对不育系的制种产量也有较大影响。试验结果显示,尽管父母本行比 1:1、1:2 及 1:3 方式下大豆不育系间的产量差异并不十分明显,但不育系加保持系总产量的差异却极显著,由于 1:1 行比下不育系的结实率显著高于 1:2 和 1:3 行比,加之 1:1 行比中父本(保持系)所占比例大于其它 2 种行比,因此,1:1 行比的总产量为最高,制种成本也相对较低。而这个结果是否适用于其它不育系或其它环境条件,还有待于进一步验证。因为如果不育系的结实率足够高,1:2 或 1:3 行比下的不育系产量可能显著高于 1:1 行比。所以,在生产实际中究竟采用何种种植方式应视不育系异交率的高低以及环境条件而定。而且,当不育系与恢复系制种生产杂交种时,由于父本与母本在诸多性状上有较大差异,不育系的结实率是否有变化,需要进一步观察与研究。总之,杂交大豆制种的基本原则是最大限度的提高生产效率,降低生产成本。根据初步测算,在父母本1:1行比下不育系的结实率达 70% 以上或父母本 1:2 行比下不育系的结实率达 60% 以上时,杂交种的制种成本才有可能为市场所接受。

参考文献

[1] Sun H, Zhao L M, Huang M. Studies on cytoplasmic-nuclear male sterile soybean[J]. Chinese Science Bulletin, 1994, 39(2): 175-176.

[2] Gai J Y, Cui Z L, Ji D F. A report on the nuclear cytoplasmic male sterility from a cross between two soybean cultivars[J]. Soybean Genetics Newsletter, 1995, 22: 55-58.

[3] 张磊,戴瓯和. 大豆质核互作不育系 W931A 的选育研究[J]. 中国农业科学, 1997, 30(6): 90-91. (Zhang L,Dai O H. Selection and breeding of nucleo- cytoplasmic male sterile line W931A in soybean [J]. Scientia Agricultura Sinica, 1997, 30(6): 90-91.)

[4] 赵丽梅,孙寰,黄梅. 大豆细胞质雄性不育系 ZA 的选育和初步研究[J]. 大豆科学, 1998, 17(3): 268-270. (Zhao L M, Sun H, Huang M. The development and preliminary studies on cytoplasmic male sterile soybean line ZA [J]. Soybean Science, 1998, 17(3): 268-270.)

[5] 张磊,戴瓯和,张亚丽. 大豆质核互作雄性不育系 W945A、W948A 的选育[J]. 大豆科学, 1999,18(4): 327-330. (Zhang L,Dai O H,Zhang Y L. Breeding of soybean male sterile line of

nucleo- cytoplasmic interaction [J]. Soybean Science, 1999, 18(4): 327-330.)

[6] 李智. 阜阳三系杂交大豆研究进展[J]. 作物杂志, 2007(5): 87-89. (Li Z. Research progress of hybrid soybean in Fuyang [J]. Crops, 2007(5): 87-89.)

[7] Boerma H R, Moradshahi A. Pollen movement within and between rows to male-sterile soybeans[J]. Crop Science, 1975, 15: 858-861.

[8] May M L, Wilcox J R. Pollinator density effects on frequency and randomness of male-sterile soybean pollinations[J]. Crop Science, 1986, 26: 96-99.

[9] Koelling P D, Kenworthy W J, Caron D M. Pollination of male-sterile soybeans in caged plots[J]. Crop Science,1981, 21: 559-561.

[10] Roumet P, Magnier I. Estimation of hybrid seed production and efficient pollen flow using insect pollination of male sterile soybeans in caged plots[J]. Euphytica, 1993, 70:61-67.

[11] 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. (Zhao L M, Sun H, Ma C S, et al. Preliminary study of soybean pollination by bees [J]. Soybean Science, 1999,18(1): 73-76.)

[12] 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. (Ding D R, Gai J Y. Pollinating insects and natural outcrossing amount of soybean male-sterile lines [J]. Soybean Science, 2000, 19(1): 74-79.)

[13] 于伟,李磊,李智,等. 大豆质核互作不育系杂交制种技术研究[J]. 中国油料作物学报, 2001,23(2):11-13. (Yu W,Li L, Li Z, et al. Studies on hybrid seed production of cytoplasmic male sterile lines in soybean [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2001,23(2):11-13.)

[14] 李建平,李茂海,杨桂华,等. 大豆不育系传粉昆虫及传粉技术研究[J]. 吉林农业科学, 2002, 27(增): 4-6. (Li J P,Li M H,Yang G H, et al. Study of pollinating insects and pollinating technique of soybean male sterile plants [J]. Journal of Jiln Agricultural Sciences, 2002, 27(Supplement): 4-6.)

[15] 杨桂华,李建平,李茂海,等. 熊蜂和苜蓿切叶蜂在网室内对大豆不育系授粉效果的研究[J]. 吉林农业科学,2005,30(3): 21-22,28. (Yang G H, Li J P, Li, et al. Studies on pollinating soybean male sterile plant in caged plots using bumble bee and alfalfa leaf-cutting bee [J]. Journal of Jiln Agricultural Sciences, 2005, 30(3): 21-22,28.)

[16] 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. (Sun H, Zhao L M, Wang S M. et al. A review on research progress of soybean heterosis utilization [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2003,25(1):92-96.)