

父母本不同行距配置对昆虫授粉效率的影响

张伟龙, 张 伟, 徐长洪, 王鹏年, 赵丽梅, 吴兴宏, 丁孝羊

(吉林省农业科学院 大豆研究所/大豆国家工程研究中心, 吉林 长春 130033)

摘 要:为探讨昆虫为杂交大豆授粉的行为, 提高授粉效率, 以大豆细胞质雄性不育系 JLCMS34A 和保持系 JLC-MS34B 为材料, 研究父母本 3 种行距配置(T1、T2、T3)对昆虫授粉行为及产量构成的影响。结果表明:行距配置 T2 条件下昆虫授粉效率最高, 母本单株粒数最多, 为 45.98 个(2011 年), 与 T1、T3 差异达到显著水平, T3 配置授粉效率最差, 单株粒数最少, 为 32.06 个(2012 年), 与 T1、T2 差异达到极显著水平。在吉林省洮南地区适当缩小父母本行距, 增加母本间行距可有效促进昆虫授粉效率, 提高结实率。

关键词:大豆; 细胞质雄性不育系; 行距配置; 授粉效率

中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2017.05.0733

Effect of Different Parents Row Spacing on the Efficiency of Insect Pollination

ZHANG Wei-long, ZHANG Wei, XU Chang-hong, WANG Peng-nian, ZHAO Li-mei, WU Xing-hong, DING Xiao-yang

(Soybean Research Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences/National Soybean Engineering Technology Research Center, Changchun 130033, China)

Abstract: This paper aims to study the relation between hybrid soybean distance and pollinating insects to improve the pollination efficiency. In this paper, soybean cytoplasmic male sterile line (JLCMS34A) and its maintainer line (JLCMS34B) were used to study the effect of three treatments of parents row-spacing (T1, T2 and T3) on the efficiency of insect pollination and the production of the hybrid seed of soybean. The results showed that the T2 row-spacing treatment had the highest efficiency of insect pollination and the maximum grain number per female plant, which differ significantly from that of T1 and T2 row-spacing treatment ($P < 0.05$). The maximum grain number per female plant on T2 row-spacing treatment was 45.98 in 2011. In addition, the T3 row-spacing treatment had the lowest efficiency of insect pollination and the minimum grain number per female plant, which differ significantly from that of T1 and T2 row-spacing treatment ($P < 0.01$). The minimum grain number per female plant on T3 row-spacing treatment was 32.06 in 2012. This paper concluded that narrowing parents row-spacing and widening female row-spacing in Taonan, Jilin province could effectively improve the efficiency of insect pollination and seed setting percentage.

Keywords: Soybean; Cytoplasmic male sterility; Row spacing; Pollination efficiency

大豆杂种优势利用是提高单产的有效途径之一, 截至目前, 通过审定的大豆杂交种平均产量均超过同熟期对照品种 10% 以上^[1]。但制种产量低限制了优良杂交种在生产上的应用, 而授粉昆虫的工作效率决定了制种产量, 因此, 优化父母本间行距配置, 增加昆虫授粉几率, 提高授粉效率十分必要。

为了加快细胞质雄性不育系繁育进程, 深入了解授粉昆虫与植物间的互作机制, 国内自 20 世纪 90 年代开始开展了一些不育系昆虫传粉技术的初步研究^[2-6]。国外关于大豆的昆虫传粉研究已有一些报道^[7-8]。Perez 等^[9]在大田条件下利用苜蓿切叶蜂和蜜蜂作为传粉媒介, 评价了大豆核不育系的结实效果, 结果表明, 不育系 ms₁ms₁ 和 ms₂ms₂ 相对于

ms₆ms₆ 有较高的结实率, 暗示着昆虫优先传粉。Currie 和 Sheppard^[10-11]认为, 传粉昆虫对花的数量和质量都很敏感, 根据这种暗示和回报来指导自己的采食行为, 并拒绝在任何条件下不经济的活动。但有关田间开放条件下昆虫传粉技术研究报道还很少^[12-13]。本研究在大田条件下, 通过调节父母本间行距配置, 影响昆虫授粉行为, 提高授粉效率, 进而提高制种产量, 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 材料

以吉林省农业科学院育成的稳定大豆细胞质雄性不育系 JLCMS34A 为母本, 同型保持系 JLC-

收稿日期: 2017-03-27
基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFD0101502); 吉林省科技创新与科技成果转化项目(201503120032G); 吉林省重大科技攻关项目(20170201001NY)。
第一作者简介: 张伟龙(1978-), 男, 硕士, 副研究员, 主要从事大豆杂种优势利用研究。E-mail: zhangwl999@126.com。
通讯作者: 赵丽梅(1964-), 女, 博士, 研究员, 主要从事大豆杂种优势利用研究。E-mail: l-mzhao@126.com。

MS34B 为父本,该不育系和保持系为多年试验确定的高异交率材料。试验是在开放大田条件下进行,利用野生昆虫群体作为传粉媒介。

1.2 试验设计

试验于 2011 年和 2012 年在吉林省农业科学院洮南综合试验站基地进行,该区位于吉林省西部半干旱区,特点是温差大,季节性强,雨热同季。平均海拔 398.3 m,年均降水量为 377.9 mm,年平均日

照时数为 3 005.3 h,年平均气温 6.9℃。试验设 3 种行距配置(图 1),采用随机区组排列,父母本种植比例 1:2,种植密度 20 万株·hm⁻²。每个处理行长 6 m,9 行区,3 次重复。5 月上旬播种,开沟施入底肥,同时施入络合铁肥 50 kg·hm⁻²,少量覆土后每穴双粒点播,苗期定苗,开花前期预防大豆红蜘蛛和蚜虫,8 月上旬预防大豆食心虫,9 月下旬收获。整个生育期两年均没有灌溉。

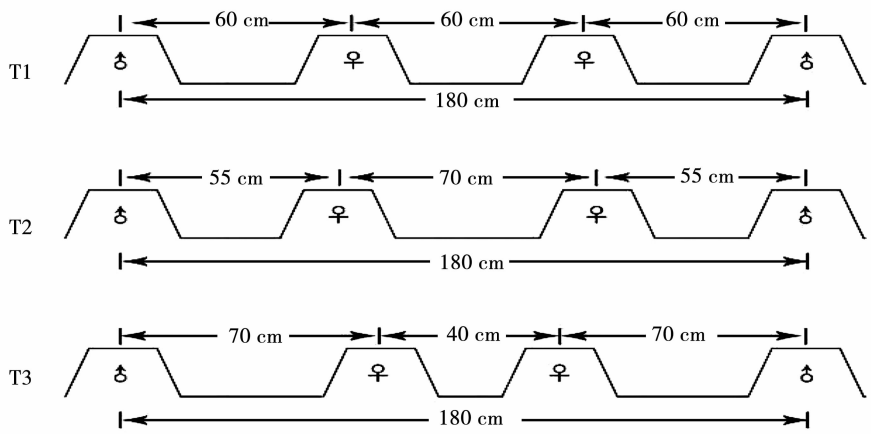


图 1 3 种父母本行距配置田间种植示意图

Fig. 1 Schematic of three row-spacing planting patterns

1.3 测定项目与方法

成熟时,在每个小区中间父、母本行随机调查 10 株,记录分枝数、分枝荚数、主茎荚数、单株粒数、株高,收获时测量百粒重。在整个生长季节,气象数据来自于白城市气象局。

1.4 数据分析

应用 Excel 2010 和 SPSS 13.0 统计分析软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 不同行距配置对植株性状的影响

由表 1 可以看出,不同行距配置对母本分枝数和株高影响均达显著水平,两年中,分枝数均是以 T1 最高,分别为 1.4(2011 年)和 1.16(2012 年),与 T2、T3 差异达显著或极显著水平;株高均是以 T2 最高,分别为 61.76 cm(2011 年)和 53.06 cm(2012 年),与 T1、T3 差异也达到显著或极显著水平。

2.2 不同行距配置对产量性状的影响

由表 2 可以看出,父母本不同行距配置时,两年中母本分枝荚数均是以 T1 最高,最高为 3.73 个,与 T2、T3 差异均达显著或极显著水平,T2 与 T3 间也达到显著水平;母本主茎荚数均是以 T2 最多,最高为 21.1 个,与 T1、T3 均达到极显著水平,T1 与 T3

间差异性不显著;母本单株粒数影响差异均达显著水平,两年均以 T2 单株粒数最高,分别为 45.98(2011 年)和 44.85(2012 年);T3 单株粒数最低,分别为 33.43(2011 年)和 32.06(2012 年),极显著低于 T1、T2。

表 1 不同行距配置分枝数、株高差异显著性测验

Table 1 Significance analysis for branches number and plant height of different row-spacing

年份 Year	行距配置 Row-spacing	分枝数 Branches	株高 Plant height/cm
2011	T1	1.4 ± 0.27 aA	56.17 ± 0.47 bB
	T2	0.98 ± 0.22 bAB	61.76 ± 0.80 aA
	T3	0.52 ± 0.06 cB	50.70 ± 0.45 cC
2012	T1	1.16 ± 0.10 aA	50.80 ± 0.90 bA
	T2	0.63 ± 0.03 bB	53.06 ± 0.75 aA
	T3	0.28 ± 0.12 cC	46.77 ± 1.05 cB

同列数值后不同大小写字母分别代表 0.01 和 0.05 水平的差异显著性,下同。

Values in the same columns followed by different capital and lower-case letters are significantly different at 0.01 and 0.05 probability levels, respectively. The same below.

表 2 不同行距配置分枝荚数、主茎荚数和单株粒数差异显著性测验

Table 2 Significance analysis for pods per main stem and branch, seeds per plant of different row-spacing				
年份 Year	行距配置 Row-spacing	分枝荚数 Pods per branch	主茎荚数 Pods of main stem	单株粒数 Seeds per plant
2011	T1	3. 73 ± 0. 79 aA	17. 61 ± 0. 67 bB	40. 83 ± 2. 32 bA
	T2	2. 16 ± 0. 67 bB	21. 10 ± 0. 83 aA	45. 98 ± 2. 15 aA
	T3	1. 18 ± 0. 42 cB	14. 88 ± 1. 19 bB	33. 43 ± 3. 01 cB
2012	T1	3. 05 ± 0. 18 aA	16. 15 ± 0. 36 bB	39. 70 ± 1. 58 bA
	T2	1. 93 ± 0. 29 bAB	20. 08 ± 1. 17 aA	44. 85 ± 2. 07 aA
	T3	0. 90 ± 0. 48 cB	13. 70 ± 1. 97 bB	32. 06 ± 4. 57 cB

2. 3 不同行距配置对制种产量的影响

由表 3 可以看出,不同行距配置对制种产量影响显著,两年均以 T2 制种产量最高,分别为 1 187. 55 kg·hm⁻²(2011 年)和1 081 kg·hm⁻²(2012 年),以 T3 制种产量最低,分别为 882. 64 kg·hm⁻²(2011 年)和 782. 96 kg·hm⁻²(2012 年),并且 T2 显著或极显著高于 T1,T3 极显著低于 T1 和 T2。

因此,在洮南开放条件下,适当缩小父母本间距,同时增大母本间距,有利于昆虫授粉效率,有效提高杂交大豆制种产量。

表 3 不同行距配置对制种产量的影响
Table 3 Effect of different row-spacing on seeds yield

年份 Year	行距配置 Row-spacing	制种产量 Yield/(kg·hm ⁻²)
2011	T1	1078. 55 ± 61. 20 bB
	T2	1187. 55 ± 56. 97 aA
	T3	882. 64 ± 79. 60 cC
2012	T1	1007. 80 ± 17. 12 bA
	T2	1081. 00 ± 76. 26 aA
	T3	782. 96 ± 85. 92 cB

3 结论与讨论

3. 1 缩小父母本间行距,增加母本间行距有利于昆虫传粉

Handel^[14]和 Nelson 等^[15]利用传粉昆虫为大豆核不育系传粉,结果表明,距离花粉源越近授粉效率越高,距离花粉源越远授粉效率越低。在本研究中也得到相似结论,即在保证总行宽不变情况下,减少父母本间行距,同时增加母本间行距,可有效减少昆虫传粉时的无效飞行距离,授粉效果最好,显著提高不育系的单株结荚数量。因此,在洮南田间开放条件下杂交大豆制种,适当缩小父母本间距离,能有效提高昆虫授粉效率,增加母本单株结实率,进而提高杂交大豆制种产量。

3. 2 环境因素对昆虫授粉效率的影响

雄性不育系的结实率依赖于异花授粉,从而环

境因素是影响传粉昆虫活动的重要因素。植物与传粉昆虫的相互作用是非常复杂的,它是由生物因素(花的结构、花吸引传粉昆虫的数量和昆虫拜访花的时间等)和非生物因素(温度、风力和太阳辐射等)共同影响的。Robacker 等^[16]研究指出适宜的环境条件能促进植株生产更大的花,而较大的花、更鲜艳的花和较高的花蜜分泌量均是吸引传粉昆虫的主要因子。在本研究中,在大豆开花前期的 6 月份,2011 年最高温度、日照时数明显高于 2012 年,而降雨量和相对湿度明显小于 2012 年;在开花期 7 月份,两年的最高温度、日照时数和相对湿度非常相似,但降雨量明显小于 2012 年。大豆不育系单株粒数、荚数 2011 年高于 2012 年,说明年际间气象条件可能通过影响植株长势、花开放程度和泌蜜量等影响昆虫授粉效率。Widrechner 等^[17]研究也表明了植物奖励和蜜蜂探视之间的关系与花的开放程度及产物带给昆虫的报酬与蜜蜂的活动水平呈正相关。

在田间开放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^[10]。然而,在大田生产条件下如何最大效率地发挥昆虫的传粉作用,首先要调查传粉昆虫种类,系统研究传粉昆虫种群生活习性,了解昆虫传粉行为,通过人为改善生态环境和栽培技术措施,来满足传粉昆虫需求,进而提高昆虫传粉效率,这方面有待于进一步研究。

参考文献

[1] 赵丽梅,彭宝,张伟龙,等. 杂交大豆制种技术体系的建立[J]. 大豆科学,2010,29(4):707-711. (Zhao L M, Peng B, Zhang W L, et al. Establishment of technology system for hybrid soybean seed production[J]. Soybean Science,2010,29(4):707-711.)
[2] 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.)

[3] 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(S):4-6. (Li J P, Li M H, Yang G H, et al. Study of pollinating insects and pollinating technical of soybean male sterile plants[J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences,2002,27(S):4-6.)

[4] 王跃强,王曙明,赵丽梅,等. 杂交大豆昆虫传粉及制种技术研究进展[J]. 吉林农业科学,2008,33(3):5-8. (Wang Y Q, Wang S M, Zhao L M, et al. Progress in studies of insect pollinators and seed producing techniques of soybean hybrids[J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences,2008,33(3):5-8.)

[5] 王曙明,王跃强,李建平,等. 田间开放条件下大豆不育系制种技术研究[J]. 大豆科学,2010,29(3):385-389. (Wang S M, Wang Y Q, Li J P, et al. Seed production of soybean cytoplasmic male sterile (CMS) line under field conditions[J]. Soybean Science,2010,29(3):385-389.)

[6] 赵丽梅,彭宝,王跃强,等. 种植方式、疏叶及昆虫对杂交大豆制种产量的影响[J]. 中国油料作物学报,2012,34(5):478-482. (Zhao L M, Peng B, Wang Y Q, et al. Effects of planting patterns, leaf trimming and pollinator on hybrid soybean seed production[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences,2012,34(5):478-482.)

[7] 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.

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

[9] Ortiz-Perez E, Wiley H, Horner H T, et al. Insect-mediated cross-pollination in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]: II. Phenotypic recurrent selection [J]. Euphytica, 2008, 162: 269-280.

[10] Currie R W, Winston M L, Slessor K N, et al. Effect of synthetic queen mandibular pheromone sprays on pollination of fruit crops by honeybees (*Hymenoptera: Apidae*) [J]. Journal of Economic Entomology, 1992, 85: 1293-1299.

[11] Sheppard W S, Jaycox E R, Parise S G. Selection and management of honeybees for pollination of soybeans[C]// Proceeding IV International Symposium Pollination. Maryland Agric Exp Sta Spec Misc Publ, 1979:123-130.

[12] 葛凤晨,历延芳,闰德斌,等. 利用蜜蜂为生产田大豆授粉增产试验报告[J]. 中国蜂业,2012,63(Z3):24-26. (Ge F C, Li Y F, Yan D B, et al. Report of improving soybean yield in field by using honeybee as pollinator[J]. Apiculture of China,2012,63(Z3):24-26.)

[13] 张伟龙,张伟,张井勇,等. 父母本行比、行距配置对洮南地区杂交大豆制种产量的影响[J]. 大豆科学,2013,32(2):182-184. (Zhang W L, Zhang W, Zhang J Y, et al. Effects of ratio between parental lines and spacing on seed yield of hybrid soybean in taonan[J]. Soybean Science,2013,32(2):182-184.)

[14] Handel S N. Pollination ecology, plant population structure, and gene flow[M]//Real L. Pollination Biology. New York: Academic Press, 1983: 163-211.

[15] Nelson R L, Bernard R L. Pollen movement to male-sterile soybeans in southern Illinois[J]. Soybean Genetic Newsletter, 1979, 6:100-103.

[16] Robacker D C, Flottum P K, Sammatario D, et al. Effects of climatic and edaphic factors on soybean flowers and the subsequent attractiveness of the plants to honey bees [J]. Field Crops Research, 1983, 6:267-278.

[17] Widrechner M P, Senechal N P. Relationships between nectar production and honey bee preference[J]. Bee World, 1992, 73: 119-127.

(上接第 732 页)

[5] 谢甫绂. 大豆生理与遗传改良[M]. 北京: 中国农业出版社, 2012: 45-60. (Xie F T. Soybean physiology and genetic improvement[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2012: 45-60.)

[6] 王志新,郭泰,吴秀红,等. 施肥水平和播种密度对高油大豆合丰 52 油分含量及产量影响研究[J]. 黑龙江农业科学,2011(5): 34-36. (Wang Z X, Guo T, Wu X H, et al. Effect of fertilizer levels and sowing density on the oil content and yield of soybean variety Hefeng 52 with high-oil and high-yield[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2011(5): 34-36.)

[7] 王志新,郭泰,吴秀红,等. 密度和施肥水平对高产高油大豆合丰 55 油分含量和产量的影响[J]. 大豆科学,2011,30(4): 602-605. (Wang Z X, Guo T, Wu X H, et al. Influence of sowing density and fertilizer levels on the quality and yield of soybean cultivar Hefeng 55 with high-yield and high-oil[J]. Soybean Science, 2011, 30(4): 602-605.)

[8] 杨继学,黄珊珊,杨明亮,等. 密度和施肥量对不同分枝类型大豆产量的影响[J]. 大豆科学,2012,31(3): 381-384. (Yang J X, Huang S S, Yang M L, et al. Effect of density and fertilizer amount on yield of different branching types of soybeans[J]. Soybean Science, 2012, 31(3): 381-384.)

[9] 唐启义. 数据处理系统-实验设计、统计分析及数据挖掘[M]. 北京: 科学出版社, 2010. (Tang Q Y. Data processing system-experimental design, statistical analysis and data mining[M]. Beijing: Science Press, 2010.)

[10] 孙国伟,付连舜,张风路,等. 播期及密度对不同大豆品种农艺性状及产量的影响[J]. 大豆科学,2016,35(3): 423-427. (Sun G W, Fu L S, Zhang F L, et al. Effects of sowing date and plant density on agronomic traits and yield for different soybeans [J]. Soybean Science, 2016, 35(3): 423-427.)

[11] 邵凤武,张洪利,孙石,等. 播期和种植密度对大豆产量及构成因子的影响[J]. 农业科技通讯,2013(4): 80-83. (Shao F W, Zhang H L, Sun S, et al. The effect of sowing date and plant density on soybean growth and yield components[J]. Agricultural Science and Technology Newsletter, 2013(4): 80-83.)

[12] 张茂明. 大豆合农 60 号窄行密植不同种植方式的比较研究[J]. 中国种业,2012,8(30): 36-37. (Zhang M M. A comparative study of different planting methods in narrow row and close planting of soybean cultivar Henong 60[J]. Chinese Seed, 2012, 8(30): 36-37.)