



棉花新型 D8 胞质雄性不育的细胞质效应研究

王江林, 胡征国, 郭小平*, 高敏, 聂以春, 张献龙

(华中农业大学, 作物遗传改良国家重点实验室, 湖北武汉 430070)

摘要:利用 3 个不育系、3 个同质保持系和 3 个恢复系配制不育系×恢复系、保持系×恢复系、恢复系×保持系三种类型组合, 研究新型三裂棉(D8)不育胞质对棉花杂交种产量性状和纤维品质的影响。结果表明:D8 不育胞质对子棉和皮棉产量有极显著的负效应, 子棉平均减产 15.3%~25.6%, 皮棉减产 25.0%~39%; 但 D8 胞质对不同产量因素的影响不同, 平均降低铃重 0.89~1.00 g, 降低衣分 4.59%~7.08%, 对单株结铃数无明显影响。D8 胞质不育对纤维长度和整齐度没有影响, 还可以提高纤维比强度 1.0~1.1 cN·tex⁻¹, 降低麦克隆值 1.4~1.5, 增加纤维伸长率 0.4。不同的基因型受 D8 不育胞质的影响不同, 通过选择合适的基因型, 可以减小胞质对铃重和衣分的负面影响, 选育出优良的胞质不育三系杂交棉品种。

关键词:棉花; CMS-D8; 产量性状; 纤维品质; 细胞质效应

中图分类号: S562.035 **文献标识码:** A

文章编号: 1002-7807(2008)02-0083-05

Research for Cytoplasm Effects of New Type CMS-D8 on Cotton

WANG Jiang-lin, HU Zheng-guo, GUO Xiao-ping*, GAO Min, NIE Yi-chun, ZHANG Xian-long
(National Key Laboratory of Crop Genetic Improvement, HuaZhong Agricultural University, Wuhan, 430070, China)

Abstract: For investigating the cytoplasmic effects of the new type CMS-D8 on yield characters and fiber qualities, three types of crosses were designed by A×R, B×R, R×B, and three male-sterile lines (A line), three corresponding maintainer lines (B line) and three restorer line (R line). A lines and R lines were the fifth generations of backcross successively by domestic materials, and the R lines were crossed to the second generations after backcross. The field planting followed by NC II design with two rows and three replications. The field management and pest management followed essentially the practice under the normal agricultural conditions. The examination of field characters included weight and number of boll, lint percentage, seed yield, and lint yield. The fiber qualities were mainly checked on fiber length, strength, uniformity, elongation, and micronaire. The results showed that the greatly significant negative effects were observed on seed yield and lint yield for sterile cytoplasm of D8, the average seed-lint yield declined by 15.3%~25.6%, lint yield declined 25.0%~39%; But CMS-D8 had different effects to different yield components, the average decline of bolls weight came to 0.89~1.00 g, the average decline of lint percentage wene 4.59~7.08, but had no significantly on number of boll. The fiber length and fiber uniformity were not influenced by sterile cytoplasm of D8, and the fiber strength was improved by 1.0~1.1 cN·tex⁻¹, micronaire was reduced to 1.4~1.5, fiber elongation was enhanced to 0.4. Different genotypes were influenced differently by sterile cytoplasm of D8.

收稿日期: 2006-12-18 作者简介: 王江林(1981-), 男, 在读硕士; * 通讯作者, xpguo@mail.hzau.edu.cn
基金项目: “十一五”国家科技支撑计划(2006)

Key words: cotton; CMS-D8; yield components; fiber quality; cytoplasmic effect

杂种优势是自然界的一个普遍规律,主要的农作物中都表现出明显的杂种优势,棉花也不例外。据报道,陆地棉品种间杂交种 F_1 的产量竞争优势平均为 20%^[1]。目前,棉花杂交种在我国棉花生产上迅速发展,各主要产棉省都选育出了一批适合当地的杂交棉品种。但是生产上应用的棉花杂交种主要是通过手工制种进行种子生产,种子成本较高,阻碍杂交棉面积的进一步扩大^[2]。借鉴水稻、油菜等其它作物的经验,细胞质雄性不育三系是降低制种成本的一个重要途径。棉花细胞质不育三系的研究始于美国,20世纪60年代, Meyer 通过远缘杂交育成了哈克尼西棉(*G. harknessii*)胞质的不育系 DES—HAm16、DES—HAm277 及相应恢复系 DES—HAR16、DES—HAR277,利用一般陆地棉和海岛棉品种均可保持其不育性^[3]。但由于其相应的恢复系遗传较为复杂,需要修饰基因才能获得较高的恢复能力,同时哈克尼西棉细胞质对产量的负效应较大^[4-5],因而使它在生产上的应用十分困难。1992年,美国阿肯色州立大学农学院的 James McD Stewart 教授在三裂棉(*G. trilobum*)与陆地棉的杂交后代中发现了一个不育株,经鉴定为胞质不育系,并找到了恢复系,实现了三系配套(定名为 CMS-D8)^[6]。初步研究表明,CMS-D8 不育系表现为完全不育,其不育基因可由两个独立的恢复基因 Rf1 或 Rf2 完全恢复,Rf1 是来自于哈克尼西棉(D2),而 Rf2 则来自于三裂棉(D8)。Rf1 和 Rf2 定位于同一条染色体上,紧密连锁,遗传距离仅为 0.9 cM^[7-10]。我国学者在这一领域的研究虽然起步较晚,但是成就也很大^[11],贾占昌^[12]等育成了胞质雄性不育系 104-7A,其不育性稳定,并借助哈克尼西胞质不育的恢复系在 20 世纪 90 年代初实现了棉花杂种优势利用的“三系配套”。山西农业大学^[13]棉花育种组也培育出了棉花晋 A 细胞质雄性不育系。王学德等^[14]育成了具有哈克尼西棉(*G. harknessii*)胞质的棕色棉雄性不育系“棕 A—2J12”。

由于 CMS-D8 胞质三系遗传简单,不育系败育彻底,易于恢复,降低了杂交种利用的风险,但是三裂棉胞质的效应在国内外尚未见报导。华中农业大学引进了棉花 D8 胞质不育三系,并对其进行转育改造。本文主要是研究三裂棉的细胞质效应,为客观评价该新型胞质不育系的应用价值

提供理论基础。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验材料共有 9 个,分别为 3 个不育系 ER9(不)、ER3(不)、E1(不) 3 个同质保持系 ER9(保)、ER3(保)、E1(保) 3 个恢复系 119(恢)、抗 A3(恢)、中 759221(恢)。其不育系和恢复系均是利用国内材料连续回交的方法转育而成,回交至第 5 代。恢复系回交后又经 2 代自交,为标记恢复基因,恢复系的细胞质为三裂棉胞质。胞质不育系和恢复系的原始材料由美国新墨西哥州立大学提供,回交转育后代材料均为华中农业大学棉花育种室自行育成。

1.2 试验方法

利用上述亲本材料按不育系×恢复系、保持系×恢复系、恢复系×保持系配制三种类型,每种类型 9 个组合,共计 27 个组合,三种类型之间具有基因型的相对同质性。其中不育系×恢复系和恢复系×保持系两个类型的组合,具有三裂棉的不育细胞质,而保持系×恢复系类型的组合具有普通正常可不育的陆地棉细胞质。全部 27 个杂交组合,在华中农业大学试验基地进行田间比较试验,采用随机区组设计,两行区,3 重复。小区行长 7 m,行距宽 1 m,小区面积 14 m²,种植密度为每公顷 2.0 万株。田间管理和虫害防治同一般大田。

1.3 考查项目

产量性状考查指标有铃重,单株成铃数,衣分,子棉产量和皮棉产量。纤维品质由农业部棉花品质监督检验测试中心测定,检验项目包括纤维上半部平均长度,纤维整齐度,麦克隆值,断裂比强度和伸长率等 5 个指标。

2 结果与分析

2.1 不育胞质对产量和产量构成因素的影响

不育胞质对棉花的子棉产量和皮棉产量造成显著的大幅度影响,子棉平均减产 15.3%~25.6%,皮棉减产 25.0%~39%。不同产量因素受到不育胞质的影响不同,不育胞质对最重要的单株铃数影响不大,不育胞质和可育胞质组合的平均单株铃数间差异不显著;但铃重和衣分受不

育胞质的影响较大,差异均达极显著水平。不育胞质组合平均单铃重比可育胞质组合小 0.89~1.00 g,平均衣分比可育胞质组合低 4.59~7.08 个百分点(表 1)。因此,不育组合子棉的减产主

要是由于铃重的降低,加之不育胞质对衣分的负面影响,使不育组合的皮棉产量进一步降低。在不育系的改良上,应该加强铃重和衣分的选择提高。

表 1 棉花不同类型胞质组合的产量和产量因素表现

Table 1 The yield and yield components of crosses with different cytoplasm types

组合类型	铃重/g	衣分/%	单株铃数/个	子棉产量/(kg·hm ²)	皮棉产量/(kg·hm ²)
S(不育系×恢复系)	4.25 b B	34.30 b B	33.7 a A	2936.87 b AB	1011.65 b B
N(保持系×恢复系)	5.14 a A	38.89 a A	34.4 a A	3465.12 a A	1348.84 a A
S(恢复系×保持系)	4.14 b B	31.81 c C	31.0 a A	2577.35 b B	822.93 b B

注:1)小写和大写字母分别表示差异达到 0.05 和 0.01 显著水平。2)组合类型中,S 表示 D8 不育胞质,N 表示正常可育胞质,下同。

2.2 不育胞质对棉花纤维品质的影响

不育胞质组合的平均上半部纤维长度比可育胞质组合长 0.4~0.6 mm,差异不显著;两类组合的纤维整齐度也无显著差异,说明不育胞质对纤维长度和纤维整齐度无不良的负效应。不育胞质的平均纤维麦克隆值为 3.8~3.9,而可育胞质组合的平均麦克隆值为 5.3,不育胞质使麦克隆值降低 1.4~1.5;由于麦克隆值的最佳范围为 3.7~4.2,长江流域棉区的普通胞质组合麦克隆值偏高,纤维偏粗^[15],因此不育胞质可以明显改

善长江流域棉花品种的纤维细度。在纤维比强度方面,不育胞质组合的纤维比强度比可育胞质组合平均高 1.0~1.1 cN·tex⁻¹,差异达到极显著水平,说明不育胞质可以提高纤维的强度,具有显著的正效应。不育胞质对伸长率平均提高 0.4,也达极显著水平(表 2)。总体来说,不育胞质对棉花的纤维品质诸性状没有不利影响,反而可以显著地改善棉花纤维的细度,提高棉花纤维的强度。

表 2 不同胞质类型组合的棉花的纤维品质

Table 2 Fiber quality of crosses with different cytoplasm types in cotton

组合	纤维长度/mm	整齐度	麦克隆值	比强度/(cN·tex ⁻¹)	伸长率/%
S(不育系×恢复系)	29.7 a A	83.6 a A	3.9 b B	28.4 a A	6.9 a A
N(保持系×恢复系)	29.3 a A	83.3 a A	5.3 a A	27.4 b B	6.5 b B
S(恢复系×保持系)	29.9 a A	83.2 a A	3.8 b B	28.5 a A	6.9 a A

2.3 不育系与恢复系胞质的同质性

在恢复系转育过程中,为了确保恢复基因不丢失,恢复系也带有 D8 不育胞质。S(恢复系×保持系)类型组合与 S(不育系×恢复系)类型组合的基因型为近似同质系。显著性测验表明:两类组合中的不育胞质对产量性状和纤维品质性状的效应基本一致。两类组合间,在研究的 10 个性状中,除了衣分有显著差异外,其余性状差异均未达显著水平(表 1 和表 2)。但 S(恢复系×保持系)类型组合的产量性状表现略差于 S(不育系×恢复系)类型组合,这可能是由于回交转育的世代有限,不育系与其保持系尚未完全同质的缘故。

2.4 不育胞质对不同基因型的影响

不育胞质对产量构成因素中的铃重和衣分有明显的负效应,但是不同基因型受不育胞质的影响不同。从表 3 可以看出,不育胞质对 9 个不同

的基因型铃重减小的幅度为-0.43~-1.19 g,如带有 E1 亲本的组合,铃重受不育胞质的平均影响较小,而带有 119 亲本的组合,铃重受胞质的平均影响较大。不育胞质对不同的基因型衣分降低的幅度为-0.36%~-8.15%,如基因型为 ER9×中 759221 的组合,不育胞质和可育胞质的组合衣分基本一致,未受不育胞质影响,而基因型为 ER3×119 的组合,衣分受到大幅度影响。因此选择合适的供体亲本改造不育系,同时选择合适的组合,可以减少不育胞质的负面效应。

3 小结与讨论

三裂棉不育胞质对产量构成因素中的铃重和衣分有显著的负效应。子棉产量的明显降低,主要是由于其对铃重的负效应引起。由于不育胞质对衣分的负效应,使得皮棉产量降低的幅度更大。

一般认为,在构成皮棉产量的三个主要因素单株铃数、铃重和衣分中,单株铃数对产量的影响最

大^[15-17]。试验表明,不育胞质对单株成铃数没有负效应。在三裂棉胞质三系的转育过程中,选择

表3 不育胞质对不同基因型的影响

Table 3 Cytoplasm effect on different genotypes

基因型	铃重/g			衣分/%		
	不育胞质	可育胞质	不育-可育	不育胞质	可育胞质	不育-可育
ER9×119	4.46	5.17	-0.71	36.3	40.12	-3.82
ER9×抗 A3	4.06	5.02	-0.96	32.36	38.13	-5.77
ER9×中 759221	4.58	5.54	-0.96	38.28	38.64	-0.36
ER3×119	3.78	4.97	-1.19	31.94	40.09	-8.15
ER3×抗 A3	3.76	4.96	-1.20	32.89	36.85	-3.96
ER3×中 759221	4.11	5.08	-0.97	32.11	39.84	-7.73
E1×119	4.31	5.33	-1.02	34.8	40.84	-6.04
E1×抗 A3	4.6	5.03	-0.43	34.55	37.51	-2.96
E1×中 759221	4.64	5.19	-0.55	35.5	37.98	-2.48
平均	4.25	5.14	-0.89	34.3	38.89	-4.59

铃重较大、衣分较高的供体材料做回交或杂交改良亲本,是提高和改良不育系及其相关杂交种农艺性状的途径之一^[18]。在不育系和恢复系的转育过程中,观察到铃重和衣分的变幅较大,通过选择改良,可以提高不育系的铃重,进而可以减少甚至消除不育胞质的影响。由于不育胞质对最重要的单株结铃数没有影响,为培育具有三裂棉胞质的三系杂交种提供了可能。在本试验中,E1(不育)×抗 A3(恢复)组合的子棉产量较普通组合平均增产 5.3%,皮棉产量和普通组合仅减产 6.5%(数据未显示)。

在品质方面,三裂棉不育胞质对纤维长度和整齐度无负效应,可以显著增加纤维的比强度,通过克隆值的降低,改良纤维的细度和成熟度。棉花品种总体上纤维强力有待提高,长江流域棉区的纤维克隆值偏高,通过应用三裂棉胞质三系杂交种,在纤维品质方面可以得到明显改善。三裂棉胞质对主要纤维品质指标的正向促进效应,可能是由于作为野生种的三裂棉的胞质中,含有对纤维品质有利的基因。

通过对核质互作效应的分析可以看出,主要的产量性状都是受核质互作共同影响的,因此可以选择合适的核供体来降低或避免这些性状的不良的胞质效应。通过核质互作作用来避免或消除不育胞质基因的负效应,这也是改良三系的另一个主要的理论基础。细胞质效应不仅包括细胞质本身的遗传效应,它与其他因素密切相关。王文明等^[19]在对水稻的细胞质效应系统研究后认为:雄性不育细胞质效应应该包括:细胞质本身的效

应、细胞质与不育系核背景(保持系)的互作效应、细胞质与恢复系核的互作效应、细胞质与保持系核、恢复系核间的二级互作效应。从其它作物的这种细胞质效应的组成情况来看,棉花的胞质效应是否也是这几部分组成还有待进一步来证实。

三裂棉的 D8 胞质不育系不育性彻底,不受环境影响,其恢复性是有一个单基因控制,遗传方式简单,并且含有 D8 不育胞质的 F₂ 群体全部可育,表现为配子体不育。因此,Stewart 认为 D8 胞质不育体系较先前发现的哈克尼西棉胞质体系要简化些,因为 CMS-D8 的恢复基因只有一个,而且更大的价值在于将雄性不育与 F₂ 代利用结合起来^[20]。研究并利用三裂棉胞质不育系还可丰富细胞质的类型,避免细胞质单一、造成遗传狭窄的生态风险。

参考文献:

- [1] 孙济中,刘金兰,张金发. 棉花杂种优势的研究和利用[J]. 棉花学报,1994,6(3):135-139.
- [2] 邢朝柱,靖深蓉,邢以华. 中国棉花杂种优势利用研究回顾和展望[J]. 棉花学报,2007,19(5):337-345.
- [3] MEYER V G. Male sterility from *G. harknessi*[J]. Heredity,1975,66:23-27.
- [4] MEYER V G. A study of reciprocal hybrids between upland cotton (*G. hirsutum* L.) and experimental lines with cytoplasm from seven other species[J]. Crop Science,1973,13:439-444.
- [5] WEAVER J B. Performance of open pollinated cultivars, F₂'s and CMS upland × upland restorer strains

- [C]. Proc Beltwide Cotton Conf, 1986: 98-100.
- [6] STEWART J MCD. A new male sterility from *G. trilobum*[C]. Proc Beltwide Cotton Conf, 1992: 610.
- [7] STEWART J McD, Black-Brown C E, Zhang J. Sporophytic and gametophytic male dysfunction conditioned by the D-8 cytoplasm of cotton[R]. In 1996 Agronomy abstracts ASA, 86.
- [8] STEWART J McD, Zhang J. Cytoplasmic influence on the inheritance of the D8 restorer genes[C]. Proc Beltwide Cotton Conf, 1996:9-12.
- [9] ZHANG J, Stewart J McD. CMS-D8 restoration in cotton is conditioned by one dominant gene[J]. Crop Science, 2001a, 41:193-201
- [10] ZHANG J, Stewart J McD. Inheritance and genetic relationships of the D8 and D2-2 restorer genes for cotton cytoplasmic male sterility[J]. Crop Science, 2001b, 41:289-294.
- [11] 马小定,邢朝柱. 棉花雄性不育研究和应用进展[J]. 棉花学报, 2006, 18(5):309-314.
- [12] 贾占昌. 棉花雄性不育系 104-7A 的选育与三系配套[J]. 中国棉花, 1990, 17(6):11.
- [13] 黄晋玲,杨 鹏,李炳林,等. 棉花晋 A 细胞质雄性不育系小孢子发生的显微和超显微结构[J]. 棉花学报, 2001, 13(5):259-263.
- [14] 俞志华,王学德. 棉花细胞质雄性不育的研究及改良[J]. 棉花学报, 1999, 11(5):268-274.
- [15] 唐淑荣,杨伟华. 我国主产棉省纤维品质现状分析与建议[J]. 棉花学报, 2006, 18(6):386-390.
- [16] 邢朝柱,喻树迅,郭立平,等. 不同环境下抗虫陆地棉杂交种优势表现及经济性状分析[J]. 棉花学报, 2007, 19(1):3-7.
- [17] 李瑞莲,刘爱玉,陈金湘. 转基因抗虫杂交棉杂种后代及其亲本纤维品质比较研究[J]. 棉花学报, 2007, 19(1):38-41.
- [18] 朱青竹,赵国忠,苏丽君. 棉花杂种优势与亲本表现的关系研究[J]. 棉花学报, 2007, 19(4):312-314.
- [19] 王文明,周开达,文宏灿,等. 胞质效应在杂交水稻主要数量性状上的多样化[J]. 中国水稻科学, 1997, 11(2):65-69.
- [20] ALTAF M K, Cantrell R G, Zhang J, et al. Molecular and morphological genetics of trispecies F₂ population of cotton [C]. Proc Beltwide Cotton Conf, 1997:448-452. ●