

邓惠清, 苏锦其, 姜利农, 等. 陆地棉芽黄隐性核雄性不育系 Yt30 的选育[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(18): 313–316.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.18.050

陆地棉芽黄隐性核雄性不育系 Yt30 的选育

邓惠清¹, 苏锦其¹, 姜利农¹, 何 胥¹, 唐灿明²

(1. 太仓市农业农村科技服务中心/太仓市棉花育种中心, 江苏太仓 215400; 2. 南京农业大学农学院, 江苏南京 210095)

摘要:为提高棉花杂交制种效率, 选育育性稳定、标记特征明显的优质棉花核不育系材料。选用空间环境诱变后代优质品系太 5018 和芽黄材料 Y10, 与核雄性不育系中抗 A 杂交, 通过自交、兄妹交等方法选育出新不育系 Yt30。Yt30 不育性状稳定, 受温度、光照影响小, 其不育株与可育株比例接近 1:1, 生育期内叶片颜色保持芽黄色。不同父本材料与 Yt30 配置的杂交组合在产量、品质等方面差异明显, 与父本材料 CF5 配置的组合纤维品质优良, 皮棉产量达到高产杂交棉品种的水平。利用 Yt30 配置杂交组合, 有利于开展昆虫辅助授粉, 借助芽黄标记可以方便鉴定杂交种的纯度以及不育系材料的去杂保纯。

关键词:核不育系; 芽黄; 陆地棉

中图分类号:S562.033 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)18-0313-04

杂种优势是生物界普遍存在的现象。棉花杂优利用主要是通过人工去雄杂交、核雄性不育、核质互作雄性不育等途径^[1]。与其他 2 种方法相比, 核雄性不育具有杂交制种程序简单和恢复系广泛等优点, 因而得到了较多的研究和生产应用。四川省农业科学院经济作物研究所在国内率先开展棉花核雄性不育性及杂种优势的利用研究, 相继培育出了系列核不育两用品系洞 A、473A、抗 A1、抗 A2、GA18、SA01 以及完全核不育系 MA、核不育保持系 MB 等, 育成了川杂棉 13、川杂棉 14、川杂棉 16 等十几个转基因抗虫核不育杂交棉新品种^[2-3]。目前棉花育种中使用的核不育基因主要有洞 A 型(*ms14*)和 *ms5ms6* 等, 其他核不育类型由于综合性状差、配

合力低以及花粉败育不彻底等原因, 难以在生产上应用^[4]。

棉花双隐性核雄性不育系(*ms5ms5ms6ms6*)自引入国内以来, 多家科研单位进行相关遗传机理及品种选育研究, 选育出中棉所 38、南农 98-4、蜀杂棉 3 号等多个新品种^[5]。中国农业科学院棉花研究所通过杂交、回交和株对株测交等技术, 将不育基因(*ms5ms6*)转育到中棉所 12, 后经定向选择及转育 *Bt* 基因等, 育成抗虫双隐性核雄性不育系“中抗 A”^[6]。双隐性核雄性不育系败育彻底, 农艺性状较好, 用其作母本配置的杂交种竞争优势显著^[7-9]。但在具体制种过程中, 需要识别并拔除 50% 的可育株, 转育与不育基因紧密连锁遗传的标记性状是解决这一问题的方法。目前已报道可以紧密连锁的性状有芽黄性状和抗卡那霉素性状等^[10-11], 但在生产上还未得到应用^[12]。另外, 如果利用昆虫辅助授粉来提高制种效率, 还存在因可育株去除不彻底而出现真假杂交种难以区分的问题。本研究为提高棉花核不育系材料的综合性状, 转育有利于开展昆

收稿日期: 2021-11-08

基金项目: 江苏省科技支撑计划(编号: BE2012337)。

作者简介: 邓惠清(1974—), 男, 江苏太仓人, 高级农艺师, 主要从事棉花遗传育种研究。E-mail: deng0510@126.com。

通信作者: 唐灿明, 男, 江苏靖江人, 博士, 教授, 主要从事种业科学和棉花遗传育种研究。E-mail: tangcm@njau.edu.cn。

[10] 袁隆平. 中国的杂交水稻[J]. 中国水稻科学, 1986(1): 8–18.

[11] 姜 龙, 曲金玲, 孙国宏, 等. 黑龙江省水稻直播应用前景分析[J]. 中国种业, 2016(7): 10–12.

[12] 周发瑞, 彭超攀, 温锟龙, 等. 不同直播模式下播种量对水稻产量构成因素及产量的影响[J]. 四川农业科技, 2020(8): 43–44, 46.

[13] 王文霞, 周燕芝, 曾勇军, 等. 不同机直播方式对南方优质晚籼稻产量及抗倒伏特性的影响[J]. 中国水稻科学, 2020, 34(1): 46–56.

[14] 李国辉, 钟旭华, 田 卡, 等. 施氮对水稻茎秆抗倒伏能力的影响及其形态和力学机理[J]. 中国农业科学, 2013, 46(7): 1323–1334.

[15] 陶亚军, 尹建国, 樊继伟, 等. 苏北地区稻麦周年生产力品种组合筛选[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(24): 60–66.

[16] 岳 伟, 陈金华, 阮新民, 等. 安徽省沿江地区双季稻光热资源利用效率变化特征及对气象产量的影响[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2019, 27(6): 929–940.

虫传粉制种和鉴别真假杂交种的标记性状,利用双隐性核不育系中抗 A,以及棉花空间环境诱变后代优质品系和芽黄突变材料,通过杂交、自交、兄妹交等方法,选育出具有芽黄标记性状的优良核不育系,为棉花杂优利用的高效开展提供新的材料。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 双隐性核雄性不育系中抗 A 中抗 A 由中国农业科学院棉花研究所选育,株高中等,株形略松散,结铃性较好,铃质量 5.03 g,衣分 38.56%,纤维长度 30.9 mm,整齐度 84.0%,断裂比强度 29.2 cN/tex,马克隆值 4.7,伸长率 6.2%,中抗 A 转 *Bt* 基因,抗虫性良好。

1.1.2 芽黄品系 Y10 Y10 为芽黄隐性标记材料,是从苏棉 12 号 ⁶⁰Co 诱变后代中选出的突变品种。Y10 植株较矮小,新出叶在整个生长期均呈现黄色。铃质量 4.35 g,衣分 33.21%,结铃性一般。纤维长度 28.8 mm,整齐度 84.9%,断裂比强度 27.4 cN/tex,马克隆值 5.1,伸长率 6.4%。

1.1.3 优质品系太 5018 太 5018 是太仓市棉花育种中心从太 8033 空间环境诱变材料中通过系统选育方法选育出的优质材料。太 5018 纤维品质优,产量性状好,配合力强。铃质量 5.80 g,衣分 42.00%,纤维长度 32.5 mm,整齐度 86.6%,断裂比强度 34.6 cN/tex,马克隆值 4.0,伸长率 6.2%。

1.2 选育方法

2011 年,以中抗 A(不育株)为母本、太 5018 为

父本,配置 F₁ 代。2012 年种植 F₁ 代并进行自交。2013 年,在 F₂ 群体中选择优良不育株与芽黄 Y10 配对杂交。2014 年,种植不育株与芽黄材料的杂交 F₁ 代,逐个编号并进行自交。2015 年,在编号为 LX7、LX21 的 F₂ 群体中发现 3 株芽黄不育株,将其与同株行内的芽黄可育株杂交。2016 年种植芽黄不育株的杂交材料,经鉴定,编号为 Yt30 的株行芽黄率为 100%,不育株占比 38.7%,且株行内植株性状表现基本一致;同年,继续选择优良芽黄不育株与同株行内的芽黄可育株进行杂交。2017 年,扩大种植芽黄核不育系 Yt30,经鉴定,Yt30 性状整齐一致,综合表现优良,其不育株占比 46.9%,芽黄率为 100%。

2 结果与分析

2.1 Yt30 特征特性表现

2.1.1 农艺性状和纤维品质性状 Yt30 植株整体较紧凑,株高 99.5 cm。果枝与主茎夹角中等,叶片大小中等。产量性状较好,果枝数 16.2 个,大铃 20.5 个,铃质量 5.45 g,衣分 38.93%。Yt30 棉纤维品质较优,纤维长度和比强度能达到双 30 的水平,较亲本材料中抗 A 提高较多(表 1),有利于配组纤维品质优异的 F₁ 代。Yt30 的子叶颜色较正常植株偏淡,新出叶在整个生育期都呈现浅黄色,标记特征明显(图 1)。Yt30 芽黄性状由隐性基因控制,子代出现杂合就会失去这一特征,据此可以开展不育系材料的去杂保纯。

表 1 Yt30 与中抗 A 主要性状比较

品系	株形	叶色	单株结铃数 (个)	铃质量 (g)	衣分 (%)	长度 (mm)	整齐度 (%)	比强度 (cN/tex)	马克隆值	伸长率 (%)
Yt30	紧凑	黄色	20.5	5.45	38.93	32.5	86.0	30.3	4.8	6.8
中抗 A	松散	绿色	18.6	5.03	38.56	30.9	84.0	29.2	4.7	6.2

2.1.2 不育性 Yt30 育性表现稳定,其雄性不育植株占总数的比例一般为 45%~50%,与可育植株比例接近于 1:1。Yt30 不育株的雄蕊败育完全,育性受温度、光照等环境条件影响很小。不育株在幼苗期生长势偏弱,茎秆较细,与可育株差异较明显,可根据植株形态予以区分。Yt30 开花期较普通常规棉略偏早,其不育株花朵较小,花冠张开角度小,与可育株花朵外观差异明显。不育株花朵雄蕊花丝短细,雌蕊柱头高于雄蕊,与可育株花朵差异明

显(图 2)。

2.1.3 抗病性和抗虫性 Yt30 连续 2 年在枯萎病混生病圃中开展抗病性鉴定,2 年平均枯萎病情指数(简称“病指”)为 8.9,黄萎病指为 30.4,属抗枯耐黄类型品种。Yt30 为转 *Bt* 基因抗虫棉品系,对棉铃虫低龄幼虫具有较强抗性,综合表现与中抗 A 一致。

2.1.4 性状稳定性 2017—2019 年连续 3 年在太仓市棉花育种中心试验基地对 Yt30 群体进行一致



图1 Yt30 与非芽黄植株叶色对比



图2 Yt30 雄蕊可育与雄蕊败育比较

性调查,未发现非典型植株。Yt30 的第一果枝节位、叶色、叶片大小、开花期、铃形、株形、衣分、单铃子棉质量及抗性等在年份之间均具有较好的一致性。

2.2 配置的杂交 F₁ 性状表现

2017 年,以 Yt30 芽黄不育系和中抗 A 作母本,分别和 ZR2(中植棉 2 号选系)、5016(优质棉选系)、4094(优质棉选系)、CF5(优质抗虫棉选系)等 4 个父本材料配置杂交组合。2018 年开展试验鉴

定,设置小区面积 20 m²,密度 30 000 株/hm²,采用一般大田高产栽培措施。计产结果(表 2)显示,Yt30 的 4 个杂交组合的皮棉产量为 1 012. 20 ~ 1 353. 45 kg/hm²,中抗 A 的 4 个杂交组合的皮棉产量为 977. 55 ~ 1 304. 85 kg/hm²。Yt30 和中抗 A 各有 2 个组合的皮棉产量超过了 1 200 kg/hm²,其中 Yt30 与 CF5 的组合皮棉产量最高,达到了 1 353. 45 kg/hm²,较中抗 A 的相应组合增产 3. 7%。与高产杂交棉品种苏抗杂 1 号^[13] 进行比较,结果表明,所有组合都较苏抗杂 1 号减产,减产幅度为 0. 8% ~ 28. 4%,Yt30 与 CF5 的组合减产幅度最小,基本达到了苏抗杂 1 号的产量水平。

Yt30 配置的各组合纤维长度为 28. 9 ~ 30. 8 mm,比强度为 30. 5 ~ 31. 7 cN/tex,马克隆值为 4. 5 ~ 5. 1。中抗 A 各组合的纤维长度为 28. 2 ~ 30. 5 mm,比强度为 28. 4 ~ 29. 9 cN/tex,马克隆值为 4. 6 ~ 5. 6。Yt30 各组合的纤维品质表现优于用中抗 A 配置的各组合,尤其比强度方面的差异较明显,表明经过优质棉品系改良后,利用 Yt30 配置的杂交 F₁ 代可以获得更好的纤维品质表现。从总体上看,用同一父本配置的 Yt30 组合和中抗 A 组合之间的差异要小于 Yt30、中抗 A 各自用不同父本配置的组合之间的差异。这表明利用 Yt30、中抗 A 等核不育系材料作母本配置杂交组合时,父本对后代的效应要大于母本,选择配合力好、产量较高与品质较好的品系(种)作父本,可能有利于获得优良的杂交种。

3 讨论与结论

制种程序复杂、种子成本高是杂交棉推广的一大制约因素。目前棉花生产上大面积应用的主要

表 2 用芽黄 Yt30 配置的 F₁ 主要性状

组合	铃质量(g)	衣分(%)	长度(mm)	整齐度(%)	比强度(cN/tex)	马克隆值	伸长率(%)	皮棉产量(kg/hm ²)	较中抗 A 组合增加(%)	较对照增加(%)
Yt30 × ZR2	4. 94	38. 78	28. 9	83. 0	31. 3	4. 7	6. 8	1 208. 70	-2. 4	-11. 4
中抗 A × ZR2	5. 33	39. 33	29. 0	82. 6	28. 4	5. 6	6. 7	1 239. 00	—	-9. 2
Yt30 × 5016	4. 86	41. 84	30. 8	85. 5	30. 9	4. 9	6. 8	1 087. 95	11. 3	-20. 3
中抗 A × 5016	5. 09	40. 28	29. 3	84. 2	28. 8	4. 8	6. 7	977. 55	—	-28. 4
Yt30 × 4094	5. 04	40. 83	29. 2	84. 4	30. 5	5. 1	6. 7	1 012. 20	-6. 2	-25. 8
中抗 A × 4094	5. 00	41. 80	28. 2	84. 4	29. 1	5. 1	6. 7	1 078. 95	—	-20. 9
Yt30 × CF5	4. 49	43. 19	30. 5	83. 6	31. 7	4. 5	6. 9	1 353. 45	3. 7	-0. 8
中抗 A × CF5	4. 51	42. 07	30. 5	83. 0	29. 9	4. 6	6. 7	1 304. 85	—	-4. 4
苏抗杂 1 号(CK)	5. 88	42. 60	30. 0	84. 2	29. 7	5. 2	6. 8	1 364. 40	—	0. 0

还是人工去雄杂交种,制种时要分步骤去雄、授粉,不仅工作量大,而且容易出现因去雄不彻底而发生种子混杂现象(假杂交种)。利用核不育系配置杂交种,可以免去繁琐的人工去雄环节,只需人工辅助授粉就可配置出杂交种,用工大幅度减少,一般情况下可减少 40% 左右的用工^[2,14]。用核不育系进行杂交种生产虽然简化了制种程序,但还需较大的工作量进行人工辅助授粉,种子成本仍然偏高,同普通常规棉品种相比,竞争优势不强。另外,在目前新疆主产区机械化植棉的大趋势下,杂交棉品种要想获得大面积推广,制种成本能否得到有效控制就成为至关重要的因素。

利用昆虫传粉,可以替代人工辅助授粉,减少制种工作量。邢朝柱等从人工授粉和蜜蜂辅助授粉的制种成本和效益方面来估算,认为利用中蜂辅助授粉是切实可行的^[15]。张相琼等认为,意蜂传粉效果优于中蜂,在单位面积上达到一定数量后就可满足传粉需要^[16]。吴翠翠等利用棉花三系材料进行蜜蜂授粉试验,结果表明,蜜蜂传粉种子产量为人工授粉的 70% 左右,但其制种成本远低于人工授粉,可节约费用 2/3^[17]。邢朝柱等研究发现,利用蜜蜂辅助授粉可使抗虫不育系制种成本降低 30% 以上^[18-19]。虽然棉花核不育系可以利用蜜蜂进行辅助授粉,但对环境隔离条件的要求较高。黄丽叶等的研究表明,在开放条件下,利用新疆大片沙漠作为隔离区,可以利用蜜蜂辅助授粉生产棉花不育系^[20]。

在杂交制种的具体过程中,虽然可以隔离其他品种材料,但如果母本可育株去除不彻底,还会出现真假杂交种混杂且不容易区分的难题。本研究育成的棉花核不育系 Yi30 具有明显的芽黄标记,在利用昆虫传粉进行杂交制种或保种时,可以放宽对周边环境空间隔离的限制条件。将亲本材料与其他试验材料保持一定距离后,就可实施蜜蜂辅助授粉。用不育系 Yi30 作母本,可育品种(系)作父本进行杂交,真杂交种叶片为绿色,假杂交种叶片为黄色,可以在幼苗阶段对少量的假杂交 F_1 代植株进行鉴别拔除,克服了隐性核不育系难以区分真假杂交种的难题。由于可育株与不育株相比只有育性基因不同,所以即使有个别可育株没有及时去除,也不会影响 F_1 代的去杂保纯。另外,在进行不育系繁殖时,由于可育株(保持系)也为芽黄材料,因此

在不育株上收获的应该都是芽黄材料,如果在子代种植时出现绿叶植株,表明花粉已混杂,可根据叶色去除杂株。这对于提高棉花核不育系的品种纯度和减轻核不育系保种工作量来说具有重要意义。

参考文献:

- [1] 黄滋康,黄观武. 中国棉花杂交种与杂种优势利用[M]. 北京: 中国农业出版社,2008:34-40.
- [2] 耿沛城,牟方生,龚一耘,等. 转基因核不育杂交棉的产业化应用与优势[J]. 中国种业,2012(1):23-25.
- [3] 张相琼,张东铭,周宏俊,等. 棉花抗病核不育两用系的培育及应用研究[J]. 棉花学报,1999,11(6):297-302.
- [4] 姜家生,何金铃,蔡永萍,等. 棉花核雄性不育系研究进展及应用[J]. 安徽农业大学学报,2011,38(5):775-782.
- [5] 巩养仓,张雪林,张兴平,等. 我国棉花双隐性核雄性不育系研究与应用进展[J]. 中国种业,2013(1):19-21.
- [6] 邢朝柱,靖深蓉,郭立平,等. 转 *Bt* 基因抗虫棉双隐性核雄性不育系——中抗 A[J]. 中国棉花,1999,26(6):27.
- [7] 杨伯祥,王治斌. 双隐性核不育抗虫杂交棉杂种优势分析[J]. 中国棉花,2006,33(2):18-19.
- [8] 雷亚柯,贾朝阳,马威,等. 不同基因型核不育陆地棉杂种优势利用与配合力研究[J]. 中国棉花,2014,41(6):14-17.
- [9] 朱协飞. 利用两类核雄性不育改良系配制的杂交种优势分析[J]. 农业科技通讯,2017(5):159-162.
- [10] 张天真,潘家驹,冯福祯. 一个有芽黄标记性状的棉花雄性不育系的遗传鉴定[J]. 中国农业科学,1989,22(4):17-20.
- [11] 吕淑平,赵元明. 具有标记性状的棉花核不育系的创建初探[J]. 中国农学通报,2004,20(2):8-14.
- [12] 李永旗,孙亮庆,谢业涛. 隐性核不育系在我国棉花杂种优势利用中的研究进展[J]. 棉花科学,2018,40(5):2-4.
- [13] 邓惠清,刘正奎,姜利农,等. 优质双价转基因抗虫杂交棉——苏抗杂 1 号[J]. 中国棉花,2010,37(2):25.
- [14] 张超,黄文娟,牟方生,等. 棉花核不育系 GA18 产量品质性状的杂种优势分析[J]. 西南农业学报,2010,23(4):1043-1046.
- [15] 邢朝柱,郭立平,靖深蓉,等. 棉花抗虫核不育系—中抗 A 组合优势及昆虫传粉研究[J]. 作物学报,2002,28(4):574-576.
- [16] 张相琼,岳福良,周宏俊,等. 棉花抗虫核不育系抗 A3 的培育及蜜蜂传粉制种研究[J]. 中国棉花,2003,30(1):9-12.
- [17] 吴翠翠,李朋波,曹彩荣,等. 棉花雄性不育系网室蜜蜂授粉技术研究[J]. 农学学报,2016,6(1):21-24.
- [18] 邢朝柱,郭立平,李威,等. 棉花杂种优势利用研究十年成就和未来发展[J]. 棉花学报,2017,29(S1):28-36.
- [19] 王治斌,欧俊梅,杨伯祥,等. 棉花双隐性核不育系蜜蜂传粉制种技术研究[J]. 江西棉花,2010,32(5):16-20.
- [20] 黄丽叶,陈应先,王志刚,等. 新疆开放条件下利用蜜蜂繁殖棉花不育系技术初探[J]. 安徽农业科学,2008,36(13):5359,5585.