

棉麻纤维作物雄性不育研究进展及展望

陈富成, 祁建民, 陶爱芬, 徐建堂, 陈 涛, 林荔辉
(福建农林大学/作物遗传育种与综合利用教育部重点实验室, 福州 350002)

摘要:棉麻是我国重要天然纤维作物。本文对我国棉麻作物雄性不育的类型、雄性不育的选育及雄性不育的机理等研究进展进行了综述,并讨论了棉麻作物雄性不育研究发展方向与杂种优势利用有关问题,同时提出了雄性不育系选育的思路。

关键词:棉麻作物;雄性不育;不育机理;杂种优势利用

Progress and Prospect of Male Sterility Studying on the Cotton and Bast Fiber Crops

CHEN Fu-cheng, QI Jian-min, TAO Ai-fen, XU Jian-tang, CHEN Tao, LIN Li-hui

(Key Laboratory of Ministry of Education for Genetics Breeding and Multiple Utilization of Crops /
Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002)

Abstract: The cotton and bast fiber crops are very important natural fibre crops in China. In this paper, the research progress was summarized based on the type of male sterility line, the breeding of male sterility line and the mechanism of male sterility line. Problems about development direction of male sterility line and utilization of heterosis on fiber crops were discussed, and ideas of the breeding of male sterility line was also proposed.

Key words: Cotton and bast fiber crops; Male sterility; The mechanism of sterility; Heterosis utilization

中国是天然纤维生产与纺织大国,生产了全球70%以上的纺织品。全球麻类纤维年产量为670.3万t,在天然纤维中占有20%多的份额。我国政府十分重视天然纤维的研发,已为其建立了国家现代技术产业体系,每年投入经费达9050万元,以提高天然纤维的生产科研效率和可持续发展。随着棉麻作物加工产业链的延伸,尤其是近年来麻类纤维的深加工与利用,国际上对棉麻作物的需求量以8%逐年递增。对棉麻作物的基础科学研究和前瞻性研究也越来越重视和深入。

自20世纪初以来,各种作物已先后发现了雄性不育现象,玉米、高粱、水稻等一些作物上利用雄性不育生产杂种已取得了巨大的成功^[1],国内外对棉麻作物雄性不育系在杂种优势利用研究上也做了大量的研究,已从形态学、细胞生物学、生物化学及

分子生物学层面,对雄性不育的机理进行了较为系统全面的研究,并取得了较大的进展,但远不如主要粮食作物进展大。本文针对棉花、黄麻、红麻、苧麻、亚麻雄性不育的类型、杂种优势利用、不育机理等的研究进展作了概述,并对棉麻作物的遗传育种研究发展方向进行了展望,以期对棉麻作物雄性不育系选育及杂交优势利用提供理论依据。

1 棉花雄性不育研究现状

1.1 棉花雄性不育类型

棉花为锦葵科(Malvaceae)棉属(*Gossypium*)纤维作物,其雄性不育的研究始于20世纪60年代^[2],70年代以后进展较快^[3]。其雄性不育系有3种类型,分别为细胞核雄性不育(genic male sterility, GMS)、胞质雄性不育(cytoplasmic male sterility,

收稿日期:2010-04-16 修回日期:2010-09-16

基金项目:国家麻类产业技术体系建设(nyeytx-19-E05);国家农业部公益性产业计划(nyhyzx07018-3);国家科技支撑项目(2006BAD06B03);
国家948计划项目(2006-G-18-4)

作者简介:陈富成,男,硕士,主要从事黄/红麻种质资源及雌性不育系基础研究。E-mail:cfc09@163.com

通讯作者:祁建民,教授,博导。E-mail:qijm863@163.com

CMS)和生态敏感型不育(ecology sensitive sterility)。

1.1.1 棉花核雄性不育 舒克孝等^[2]提到 Jusrus 和 Leinweber 在 1960 年首次从陆地棉中鉴定出核雄性不育后,美国先后确定了 13 个不育基因,分别为 *ms1*、*ms2*、*ms3*、*Ms4*、*ms5*、*ms6*、*Ms7*、*ms8*、*ms9*、*Ms10*、*Ms11*、*Ms12*、*Ms13*^[3]。我国共发现 7 个核不育基因,即 *ms1* ~ *Ms7*^[4]。棉花核雄性不育大多数是受隐性基因控制并且以单基因为主。

1.1.2 棉花细胞质雄性不育 自 20 世纪 60 年代,美国科学家 Meyer^[5] 率先采用远缘杂交并结合回交,育成了哈克尼西棉(*G. harknessii*)细胞质的不育系 DES-Hams16、DES-Hams277 及相应恢复系 DES-HAR16、DES-HAR277。首次实现了三系配套,但因该恢复系恢复能力差,且哈克尼西胞质对产量性状有不利影响,因此应用价值不大^[6]。Stewart^[7] 采用类似方法育成了具三裂棉(*G. trilobum*)胞质不育系 D8ms 及相应恢复系 D8mf。中国对棉花 CMS 研究始于 1979 年^[8],取得了一定成效。韦贞国等^[9]、贾占昌^[10]、袁钧等^[11] 分别育成 P24-6A、104-7A、晋 A 等多种胞质的 CMS 类型。2000 年 8 月,浙江农业大学首次成功选育出世界上第一个具有强恢复力的转谷胱甘肽 S 转移酶基因的棉花恢复系——浙大强恢^[12],这对提高棉花产量和品质及棉花三系杂种棉种子产业化均具有重要意义。

1.1.3 棉花生态敏感型不育 CMS 因对光、温反应的不同而划分为不同的类型,目前已发现温敏型、光敏型、温光互作型 3 种生态敏感型的核雄性不育类型,并育成了稳定的棉花温敏雄性不育系类型。宇文璞等^[13] 利用陆海杂种芽黄不育株与中棉所 10 号杂交,在杂种后代发现具有温敏特性的芽黄 A 不育类型,其在日均温低于 30℃ 时表现不育,在高于 30℃ 为可育。邵圣才^[14] 也选育出稳定的温敏雄性不育两用系 48043,并开始配制组合,取得了较好结果。湖南农业大学棉花研究所从岱字棉 15 号中发现受温度控制的不育株,经多年选择,已育成了当日均温度达 27.8℃ 时花粉败育、当温度低于 27℃ 时育性恢复的温敏雄性不育系特棉 S-1^[15],并申请通过国家发明专利。

1.2 棉花雄性不育杂种优势利用研究

棉花雄性不育的发现为棉花杂种优势利用开辟了一条新的途径,棉花雄性不育杂种优势利用主要应用于细胞质雄性不育。Mayer^[5] 育成了 DEC-Hams277 和 DEC-Hams16 两个雄性不育系,用一般陆地棉和海岛棉品种可保持其不育系,从而第一次

实现了三系配套^[16]。而后我国也相继开展了此研究工作,并取得了一定成效。如贾占昌^[10] 通过陆地棉、海岛棉杂交实现了 104-7A 质核不育的三系配套;李悦有等^[17] 采用棕色棉细胞质雄性不育系抗 A 核转基因恢复系浙大强恢的杂交选育法,实现了棕色棉细胞质雄性不育系、保持系和恢复系“三系”配套;华金平等^[18] 采用远缘杂交的方法育成了陆地棉 × 异常棉杂种后代恢复;张小全等^[19] 采用回交育种技术,选育了有较大应用潜力的海岛棉不育系海 A 及保持系海 B。这些研究推动了“三系”杂交棉在生产上推广应用。

由于棉花核雄性不育系在制种时需拔除 50% 的可育株,费工时,影响制种效益和效率,且对杂交种子质量也有影响,难以满足杂交棉种子的规模生产,因而限制了其在生产上利用^[20]。

1.3 棉花雄性不育机理研究

1.3.1 棉花雄性不育细胞学基础研究 从败育时期看,棉花雄性不育材料的小孢子败育从造孢组织到花粉成熟的各个时期都有可能发生,而且大部分小孢子败育持续时间较长,不限于某一特定的阶段。Murthi 等^[21] 发现:哈克尼西棉细胞质雄性不育系的造孢组织在发育成熟前期就已经解体,偶尔形成少数花粉母细胞,但在减数分裂前期就退化了。张天真等^[22] 在闽 A 和 81A 核雄性不育系中,亦发现相当多的造孢细胞不能形成正常的花粉母细胞。李悦有等^[23] 发现棕色不育系 A-2J12 小孢子发生败育时期是造孢细胞增殖时期至小孢子母细胞减数分裂的整个时期。王学德等^[24] 对我国 6 个棉花细胞质雄性不育体系的小孢子发生细胞学特征研究发现,不同的不育系在雄性败育时期上是各不相同的。中棉所 MN-1A 和 12A 的败育时期与引进棉花 DES-HAMS227A 的败育时期一致,一般发生在造孢细胞增殖期;而对于不育系 NM-3、MN-2A、湘远 4-A 及 104-7A 的败育时期就相对要更迟些。

棉花败育的细胞形态学研究也取得了一定成效,研究表明引起小孢子败育的棉花形态学原因主要如下:(1)造孢组织解体;(2)细胞质异常;(3)细胞核异常,主要体现在染色体行为异常;(4)花粉壁发育异常;(5)绒毡层提前解体或推迟解体。

1.3.2 棉花雄性不育分子生物学基础研究 棉花细胞质雄性不育研究主要集中在不育系和保持系在叶绿体和线粒体基因组结构、转录和翻译产物方面的差异。近年来,线粒体与 CMS 关系研究取得了一些进展^[25]。根据已有的研究成果 CMS 可能形成机

制如下:(1)线粒体基因组中新的嵌合阅读框与其邻近的保守基因共转录,造成保守基因的单顺反子转录本减少,从而减少保守基因编码的蛋白质,致使植物某些功能异常或者缺失而发生不育;(2)由新的嵌合阅读框编码一种蛋白质干扰保守基因的生物活性或者干扰花药发育的生理生化过程,从而中断花粉发育^[26-27],这种假设已经在一些植物上被证实^[28]。而叶绿体对 CMS 的影响,虽然有许多学者研究,但结论仍存在分歧^[29]。

棉花核雄性不育主要受核基因控制,与细胞质无关。研究表明,核不育往往是由核内不育基因结构部分 DNA 链发生较大改变引起的。在拟南芥、水稻、大麦、玉米、番茄已分离多种细胞核雄性不育基因^[30]。在棉花上虽有一些研究^[31],但只是一些初步探索,至今仍未见雄性不育基因被克隆的报道。

2 麻类雄性不育研究现状

2.1 麻类雄性不育类型

2.1.1 黄/红麻雄性不育类型 黄/红麻不育研究分别始于 20 世纪 60 年代末和 70 年代,印度是最早开展黄/红麻不育系研究的国家。自黄/红麻雄性不育系在印度首次发现后,黄/红麻不育系的研究进展相当缓慢,直到近年才取得突破。根据已发现的黄/红麻雄性不育种类,黄/红雄性不育类型有以下 4 种:(1)黄/红麻细胞质雄性不育,表现为细胞质遗传;(2)黄/红麻细胞核雄性不育,表现细胞核遗传;(3)黄/红麻胞核质互作雄性不育,表现为核质互作遗传;(4)黄/红麻生态敏感型不育,该类型为光温敏互作不育。

2.1.2 苕麻雄性不育类型 苕麻是异花授粉作物,具有天然杂交特点,其以无性繁殖为主,遗传基础十分复杂。我国苕麻雄性不育研究始于 20 世纪 60 年代^[32]。目前发现有 2 种类型:(1)由细胞核控制的雄性不育,为一对纯合隐性基因控制的细胞核遗传^[33],如苕麻圆青 5 号,该不育类型没有保持系,大多数可育品种都是它的恢复系;(2)核-质互作雄性不育,只有在核基因和胞质基因同时不育时,植株才表现出不育。

2.1.3 亚麻雄性不育类型 亚麻雄性不育研究始于 1921 年,是麻类作物中发现雄性不育现象比较早的一个物种。但后面进展相对缓慢,直到 20 世纪 70 年代才有了较大突破。根据已发现的亚麻雄性不育的类型,有以下 3 种类型:(1)细胞质雄性不育;(2)显性核不育,为显性单基因遗传^[34];(3)温

敏型雄性不育,为隐性单基因控制^[35]。

2.2 麻类雄性不育的选育及杂种优势利用研究进展

2.2.1 黄/红麻雄性不育系选育研究 印度早在 1967 年通过诱变的方法,获得一个黄麻雄性核不育材料瑞邦^[36]。1969 年以瑞邦为母本,分别与父本 JRC-22、JRC-321 和 D154 杂交,杂种 F₁ 表现出明显的杂种优势。但未见到该突变体三系配套成功利用和应用生产的相关报道。由于不育系在杂种优势利用上有着举足轻重的作用,国内外麻类育种专家对黄麻不育系的选育工作从未间断。2007 年,福建农林大学在粤圆 6 号品种中发现一棵雌雄都不育的植株,无法筛选到相应的保持系。1976 年印度学者盖尔^[37](Vgale)率先报道了红麻细胞质遗传的雄性不育系的发现,但未见有进一步利用研究报道。1996 年中国农科院麻类研究所红麻育种课题组李德芳、陈安国,在一个杂交组合中,发现了红麻雄性不育株 Kws,该不育株自交结实率为 0,并能正常异交授粉^[38],表现为核质互作类型,但三系配套未见正式报道。2001 年,周瑞阳等^[39]在红麻野生种 UG93 后代中,发现一株雄性不育突变体;以金光无刺(福建农林大学)为父本与其杂交,采用饱和回交方法,经过 3 年 6 代的回交,在 2003 年选育出红麻细胞质雄性不育系 k03A;2007 年又相继转育成福 3A、917A、722A、P3A、763A、L23A 等 6 个野败型细胞质雄性不育系,成果经鉴定达国内外领先水平。近年来,福建农林大学与广西大学合作,利用广西大学 L23A 细胞质雄性不育材料进行快速转育^[40],也育成了具有光钝感特性的细胞质雄性不育系闽光航 1A,以及 952A、992A 等 3 个新不育系,成果经鉴定达国际先进水平。

2.2.2 苕麻雄性不育系选育研究 自 20 世纪 60-70 年代,苕麻雄性不育在地方品种发现后,国内麻类专家对苕麻雄性不育选育工作非常重视。早期报道的苕麻核不育材料主要有中国农业科学院麻类研究所育成的雄性不育系 P12S5 和 P22Z30;四川达州农科所利用本所发现的川南青皮麻和青皮大麻 2 个雄性不育系,通过天然杂交和人工杂交条件下转育出 35 个新的雄性不育株;以及张中华等^[41]以雄性不育材料 C7 与引进优良品种湘苕 5 号杂交,在后代选育出产量高、品质优、不育性稳定的雄性不育系 C26。核质互作雄性不育系选育,已见有刘飞虎等^[42]和喻春明^[43]报道,他们选育的雄性不育系有 CS14-1、SS370、GS13-942、GSA-2、GS15-18、GS14-1,

SS387、MS1 和 MS2 等。

2.2.3 亚麻雄性不育系选育研究 1921年 Bateson 等^[35]率先报道亚麻雄性不育现象,这个不育系的花瓣不能展开,使授粉产生障碍难以制种。此后, Camadro 等^[44]和 Chase 等^[45]选育出花瓣能展开的亚麻细胞质雄性不育系,但在杂交利用上未能成功。1952年苏联育种家从杂交后代中选育出一不育株为胞质不育类型。我国对亚麻雄性不育选育较国外稍迟些,1986年张辉等^[34]发现了显性核不育亚麻,并转育成显性单基因遗传的不育系,成功应用于亚麻轮回选择体系中。党占海等^[46-47]通过抗生素诱导获得温敏型亚麻雄性不育系,其育性受温度影响,为隐性单基因控制。高温使育性提高,低温育性下降,所配制的 F₁ 杂种增产达 15% 以上,成果通过了省级鉴定。

2.3 麻类雄性不育机理研究进展

2.3.1 黄麻雄性不育生理生化研究 黄麻雄性不育机理研究尚处在起步阶段。目前,福建农林大学正从其发现的雄性不育材料的细胞形态学、生理生化、蛋白质组学等方面开展研究,并取得了初步成效。生理生化测定研究表明:黄麻雄性不育突变体生殖生长期间花蕾的可溶性糖、可溶性蛋白都比可育株明显要低,而可溶性糖、可溶性蛋白质等大分子物质是花器官生殖生长正常发育关键物质。这些大分子物质含量的降低可能是造成黄麻雄性不育的重要原因之一。

2.3.2 红麻雄性不育细胞学研究 随着越来越多的红麻雄性不育系的成功选育,广西农业大学、福建农林大学和中国麻类研究所都对红麻雄性不育机理开展基础科学研究。2005年广西大学朱丽梅等^[48]对红麻不育系 L23A 和 k03A 不育进行了细胞学观察,研究结果表明,两者败育时期都发生在四分体及单核小孢子时期,败育原因为:单核小孢子外壁发育都出现异常,小孢子原生质收缩变形或解体;花药壁的中层延迟解体。2007年福建农林大学引进广西大学周瑞阳教授育成的红麻细胞质雄性不育系 L23A,通过与 100 余份的红麻核心品种资源测交,在 F₁ 中发现 2 种雄性不育类型,电镜观察表明,一种为花药肥大不开裂类型,另一种为花药瘦瘪,花粉粒内容物解体类型。

2.3.3 红麻雄性不育分子生物学研究 红麻雄性不育机理分子生物学研究主要集中在对不育基因

进行了分子机理研究。2006年,中国农业科学院麻类研究所红麻育种组利用 RAPD 标记发现, S393₁₅₀₀ 和 S1332₂₃₀₀ 在不育亲本和绝大多数 F₂ 不育单株中扩增出的特异条带代表的位点与目标基因紧密连锁^[36]。2007年,又利用 BSA 法构建近等基因池——不育池和可育池,用 ISSR 引物筛选出能在不育池和可育池间产生稳定差异带的引物 U859,通过不育和可育单株对 ISSR 引物鉴定表明, U859 是雄性不育基因连锁的 ISSR 分子标记^[49]。

2.3.4 苧麻、亚麻雄性不育机理研究 苧麻、亚麻雄性不育机理研究主要集中在生理生化特性方面研究,刘飞虎等^[50-51]比较分析了苧麻雄性不育系及其近等基因可育系的蛋白质、氨基酸、可溶性糖及全钾含量等的差异。结果表明,粗蛋白质和氨基酸含量可育系高于不育系,但游离氨基酸含量则相反;宋军等^[52]对苧麻雄性不育材料 POD 和 SOD 两种同工酶进行了初步研究,结果表明,正常材料功能叶中这 2 种酶活性均强于不育系;侯思名等^[53]利用 ISSR 分子标记技术对苧麻细胞质雄性不育三系 mtDNA 进行了多态分析并对其特异性片段进行了克隆;张辉等^[34]对亚麻雄性不育花药中的氨基酸含量和过氧化物酶也进行了研究,结果表明不育花药中的氨基酸总含量较可育花药低,过氧化物同工酶在可育株与不育株营养生长期没有明显差别,而进入到生殖生长期,可育株的酶谱增加,而不育株不变。陈鸿山^[54]对核不育亚麻不育株和可育株分别进行了过氧化物酶同工酶、酯酶同工酶的比较研究,发现不育株和可育株雄蕊的 2 种同工酶酶谱存在显著差异。

3 讨论与展望

3.1 关于加强棉麻作物不育机理研究的思考

植物雄性不育机理十分复杂,有研究表明细胞质雄性不育可能属于功能获得性突变体^[55]。虽然棉麻类作物雄性不育机理也取得了一定的进展,如棉花、红麻雄性败育的时期、细胞形态学都研究的相对比较清楚,并且棉花的胞质雄性不育(CMS)形成的可能机制也已被阐述,但由于棉麻作物中大部分物种其遗传特点比较独特,遗传基础比较复杂,其雄性不育有时为环境因素和基因互作引起,这些都加大了不育机理研究的难度。而棉麻作物不育机理研究是棉麻作物不育系利用的关键,所以认为棉麻作物不育机理研究可以从以下几个方面着手:第一,先从 DNA 入手,分离核不育基因和胞质不育基因或从线粒体和叶绿体亚细胞水平上,通过分析基因的序

列结构与功能,揭示雄性不育分子机理;第二,蛋白质组学是近年发展起来的后基因时代的热门研究领域,可应用蛋白质组学方法和技术,通过比较棉麻保持系和棉麻不育系的蛋白质,探讨其差异蛋白的生物学功能,揭示棉麻的不育系分子机制,进而阐明棉麻不育系从基因到性状表达的规律;第三,从细胞信号传导角度,深入研究基因与环境互作对雄性不育的影响。

3.2 加强棉麻作物新的雄性不育系的基础研究

目前,国内外报道选育的雄性不育系很多,但真正应用于实际生产中只有少量的报道^[6]。同时,不育系的特殊配合力是杂种优势利用的基础和关键,而细胞质不育和核质互作雄性不育系遗传基础还比较狭窄,不利于测配出强优势杂交组合,因此必须加快棉麻作物新的不育系的选育。可以尝试通过人工诱变、远缘杂交、基因工程等手段选育出光温敏互作或光钝感等新型的不育材料。例如将花粉或花药特异启动子、细胞毒素基因以及转录终止子3部分组装构建嵌合基因,细胞毒素的特异时空表达能选择性地破坏与花药发育相关的某些器官或组织,阻断其发育进程以获得不育材料;还可以通过反义RNA技术阻断与花粉发育相关基因的表达以获得雄性不育材料^[56-57]等,从而获得新类型的雄性不育系。

3.3 应用雄性不育提高杂种优势利用

杂种优势是生物界普遍现象,是改良作物品质和大幅度提高产量的重要途径。棉麻作物同其他作物一样具有较高杂种优势,如黄/红麻、亚麻杂种优势达到20%~40%^[57]。随着棉麻作物高产、优质、抗逆等目标育种难度的增加,利用杂种互补效应提高纤维产量、品质已是育种上一个重要发展方向。传统杂交制种主要以人工去雄和化学杀雄为主,而棉麻作物都是雌雄同花或同株,制种繁琐,成本高,限制了杂种优势利用,而雄性不育应用是解决这一系列问题的根本途径。现利用雄性不育系配制的杂交组合已有很多成功的例子,棉麻作物虽已实现了三系配套及二系配套制种,但在麻类上由于不育系特殊配合力不高,许多不育系仍未得到有效利用,因此需要应用更多经过改良的不育系和新类型不育系选育出高产、优质的杂交棉麻优良组合。

参考文献

- [1] 高俊平,韩广津,宫永超.棉花雄性不育的分子生物学研究进展[J].现代农业科技,2008(2):309-314
- [2] 舒克孝.国外棉花雄性不育研究进展[J].国外农业科技,

- 1981(3):1-6
- [3] 朱四元,陈金湘.棉花雄性不育系的选育及不育机理研究进展[J].江西棉花,2004,26(1):11-15
- [4] 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
- [5] Meyer V C. Male Sterility from *Gossypium harknessii* [J]. Heredity, 1975, 66: 23-27
- [6] 唐海明,陈金湘,熊榕生,等.棉花雄性不育系的研究现状及展望[J].中国棉花,2005,33(3):6-8
- [7] Stewart J M C D. A new male sterility from *G. trilobu* [M]. Proc Beltwide Cotton Conf, 1992: 610
- [8] 李成奇,石跃进,任雪峰,等.中国棉花质核不育系的研究现状与前景分析[J].中国农学通报,2004,20(3):6-8
- [9] 韦贞国,华金平.棉花雄性不育恢复系的选育及“三系”杂种优势初步研究[J].湖南农业科学,1989(11):8-12
- [10] 贾占昌.棉花雄性不育系104-7A的选育及三系配套[J].中国棉花,1990,17(6):36-38
- [11] 袁钧,张铎,刘巷祿,等.晋A棉花质核不育材料的发现与观察[J].中国棉花,1996,23(4):25-29
- [12] 李成奇,石跃进,任雪峰,等.中国棉花核不育系研究现状及前景分析[J].中国农学通报,2004,20(3):6-11
- [13] 宇文璞,宇文纲,乔志卫,等.棉花不育系对温度反应研究初报[J].棉花学报,1994,6(1):16-22
- [14] 邵圣才.棉花温敏雄性不育两用系研究与利用[J].中国棉花,2000,27(2):18-20
- [15] 余筱南,陈金湘,李瑞连,等.棉花温敏雄性不育系的选育与应用研究简报[J].棉花学报,2003,15(6):380-381
- [16] 廖雪,朱东生.棉花杂种优势利用的回顾与展望[J].江西棉花,2009,31(5):7-10
- [17] 李悦有,王学德.细胞质雄性不育彩色棉杂种优势的表现[J].浙江大学学报:农业与生命科学版,2002,28(1):7-10
- [18] 华金平,张成,易先达.棉花远缘核质杂种的培育与育种应用[J].湖北农业科学,2003(4):25-28
- [19] 张小全,王学德,朱云国,等.细胞质雄性不育海岛棉的选育和细胞学观察[J].中国农业科学,2007,40(1):34-40
- [20] 谢宗铭,宿俊吉,董永梅.棉花杂种优势利用现状及发展思路[J].安徽农业科学,2008,36(18):7615-7617
- [21] Murthi A N, Weaver J B. Histological studies on five male-sterile strains of land cotton [J]. Crop Sci, 1964, 4: 548-549
- [22] 张天真,潘家驹,陆地棉 *msc3*, *msc7* 核雄性不育系花粉败育的细胞学观察[J].棉花学报,1991,3(1):9-14
- [23] 李悦有,王学德,徐亚浓.棉花洞A雄性不育系花药的细胞学观察[J].浙江大学学报:农业与生命科学版,2002,28(1):11-15
- [24] 王学德,张天真,潘家驹.细胞质雄性不育棉花小孢子发生的细胞学观察和线粒体DNA的RAPD分析[J].中国农业科学,1998,31(2):73-75
- [25] Zhan X Y, Wu H M, Alice Y C. Nuclear male sterility induced by pollen-specific expression of ribonuclease [J]. Sex plant Report, 1996, 9(1): 35-43
- [26] 危文亮,王中汉,刘贵华.植物细胞质不育性与育性恢复的分子生物学研究进展[J].遗传,2005,27(4):651-658
- [27] 孔祥海.植物细胞质不育分子生物学研究进展[J].中国生态农业学报,2004,12(3):35-39
- [28] Sarria R, Lyznik A, Vallejos C E, et al. A cytoplasmic male sterility-associated mitochondrial Peptide in common bean is post-translationally regulated [J]. Plant cell, 1998, 10: 1217-1228
- [29] Charles S L III. The Texas cytoplasm of Maize: Cytoplasmic Male Sterility and Disease Susceptibility [J]. Sci, 1990, 250: 942-947
- [30] Aarts M, Hodge R, Kalantidis K, et al. The Arabidopsis male sterility 2 protein shares similarity with reductases in elongation/condensation complexes [J]. Plant J, 1997, 12(3): 615-623
- [31] 侯磊,肖月华,李先善,等.棉花洞A雄性不育系花药发育的mRNA差别显示[J].遗传学报,2002,29(4):359-363
- [32] 吴刚,孙焕良,伍波,等.苧麻不育特性研究现状与展望[J].作物研究,2007,21(5):690-692

- [33] 罗来尧. 苧麻杂种优势利用的初步研究[J]. 中国麻作, 1984(3):10-12
- [34] 张辉, 陈鸿山, 王宜林. 显性核不育亚麻的雄性不育性研究[J]. 北京农业大学学报, 1993, 19:144-146
- [35] Bateson W, Gairdner A E. Male-sterility in flax, subject to two types of segregation[J]. J Genet, 2000, 6(3):21-39
- [36] 熊和平. 麻类作物育种学[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2008:199-200
- [37] 李宗道. 麻作的理论与技术[M]. 上海: 上海科学出版社, 1980:589
- [38] 陈安国. 红麻雄性不育株的发现及其初步研究[J]. 中国麻业, 2005, 25(2):61
- [39] 周瑞阳, 张新, 张加强, 等. 红麻细胞质雄性不育性的选育及杂种优势利用取得突破[J]. 中国农业科学, 2008, 41(1):314
- [40] 廖英明, 祁建民, 张广庆, 等. 我国红麻雄性不育系选育及对不育机理研究思考[J]. 中国麻业科学, 2009, 31(2):125-129
- [41] 张中华, 魏刚, 杨燕, 等. 苧麻优良雄性不育系“C26”的选育及利用研究[J]. 中国麻业, 2005, 27(3):109-112
- [42] 刘飞虎, 梁雪妮, 张寿文, 等. 苧麻雄性不育系育性鉴定和遗传分析[J]. 中国麻作, 2000, 22(1):6-9
- [43] 喻春明. 我国苧麻育种研究进展及发展趋势[J]. 中国麻业科学, 2007, 29:86-89
- [44] Camadro E L, Carputo D, Peloquin S J. Substitutes for genome differentiation in tuberbearing Solanum: interspecific pollen-pistil incompatibility, nuclear-cytoplasmic male sterility, and endosperm[J]. Theor Appl Genet, 2004, 109:1369-1376
- [45] Chase CD, Cabay-Laughnan S. Cytoplasmic Male sterility and fertility restoration by nuclear genes[J]. Biomed Life Sci, 2004, 3:593-621
- [46] 党占海, 张建平. 抗生素诱导油用亚麻雄性不育的研究[J]. 中国油料作物学报, 2000, 22(1):46-48
- [47] 党占海, 张建平, 余新成. 温敏型雄性不育亚麻的研究[J]. 作物学报, 2002, 28(6):861-864
- [48] 朱丽梅, 艾霖云, 周瑞阳. 红麻细胞质雄性不育系小孢子败育的细胞学观察[J]. 作物学报, 2007, 33(6):999-1003
- [49] 李辉, 李德芳, 陈安国, 等. 红麻雄性不育系的选育和不育基因的 ISSR 分子标记[J]. 农业生物技术科学, 2008, 24:80-83
- [50] 刘飞虎, 梁雪妮. 苧麻雄性不育系生理生化特点初步研究[J]. 中国麻作, 2000, 22(3):16-20
- [51] 刘飞虎, 梁雪妮, 张寿文. 苧麻雄性不育系生化代谢和育性遗传研究[J]. 植物遗传资源科学, 2001, 2(4):1-7
- [52] 宋军, 张中华, 丁明忠, 等. 苧麻雄性不育材料的两种同工酶初步分析[J]. 中国麻业科学, 2008, 30(3):141-143
- [53] 侯思名, 段继强, 梁雪妮, 等. 苧麻细胞质雄性不育系与保持系线粒体 DNA 的 ISSR 检测[J]. 植物生理学通讯, 2006, 42(4):705-707
- [54] 陈鸿山. 核不育亚麻的研究现状及利用前景[J]. 内蒙古科技, 1991(1):19-21
- [55] Katsunori H, Sumie I, Kiyotaka O, et al. Antisense inhibition of a nuclear gene, BrDAD1, in Brassica causes male sterility that is restorable with jasmonic acid treatment[J]. Mol Breed, 2003, 11(4):325-336
- [56] 朱玉贤, 李毅. 现代分子生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1997:460-466
- [57] 祁建民, 卢浩然, 郑云雨, 等. 红麻产量和纤维品质性状的杂种优势及其与配合力效应的关系[J]. 福建农学院学报, 1991, 20(2):134-139

棉麻纤维作物雄性不育研究进展及展望

作者: [陈富成](#), [祁建民](#), [陶爱芬](#), [徐建堂](#), [陈涛](#), [林荔辉](#), [CHEN Fu-cheng](#), [QI Jian-min](#),
[TAO Ai-fen](#), [XU Jian-tang](#), [CHEN Tao](#), [LIN Li-hui](#)
作者单位: [福建农林大学/作物遗传育种与综合利用教育部重点实验室](#), 福州, 350002
刊名: [植物遗传资源学报](#) **ISTIC|PKU**
英文刊名: [JOURNAL OF PLANT GENETIC RESOURCES](#)
年, 卷(期): 2011, 12(2)

参考文献(57条)

1. [刘飞虎;梁雪妮;张寿文](#) [苧麻雄性不育系生化代谢和育性遗传研究](#)[期刊论文]-[植物遗传资源科学](#) 2001(04)
2. [刘飞虎;梁雪妮](#) [苧麻雄性不育系生理生化特点初步研究](#)[期刊论文]-[中国麻作](#) 2000(03)
3. [李辉;李德芳;陈安国](#) [红麻雄性不育系的选育和不育基因的ISSR分子标记](#) 2008
4. [Katsunori H;Sumie I;Kiyotaka O](#) [Antisense inhibition of a nuclear gene, BrDAD1, in Brassica causes male sterility that is restorable with jasmonic acid treatment](#)[外文期刊] 2003(04)
5. [陈鸿山](#) [核不育亚麻的研究现状及利用前景](#) 1991(01)
6. [侯思名;段继强;梁雪妮](#) [苧麻细胞质雄性不育系与保持系线粒体DNA的ISSR检测](#)[期刊论文]-[植物生理学通讯](#) 2006(04)
7. [宋军;张中华;丁明忠](#) [苧麻雄性不育材料的两种同工酶初步分析](#)[期刊论文]-[中国麻业科学](#) 2008(03)
8. [张中华;魏刚;杨燕](#) [苧麻优良雄性不育系“C26”的选育及利用研究](#)[期刊论文]-[中国麻业](#) 2005(03)
9. [廖英明;祁建民;张广庆](#) [我国红麻雄性不育系选育及对不育机理研究思考](#)[期刊论文]-[中国麻业科学](#) 2009(02)
10. [周瑞阳;张新;张加强](#) [红麻细胞质雄性不育性的选育及杂种优势利用取得突破](#)[期刊论文]-[中国农业科学](#) 2008(01)
11. [陈安国](#) [红麻雄性不育株的发现及其初步研究](#) 2005(02)
12. [吴刚;孙焕良;伍波](#) [苧麻不育特性研究现状与展望](#) 2007(05)
13. [祁建民;卢浩然;郑云雨](#) [红麻产量和纤维品质性状的杂种优势及其与配合力效应的关系](#) 1991(02)
14. [朱玉贤;李毅](#) [现代分子生物学](#) 1997
15. [侯磊;肖月华;李先碧](#) [棉花洞A雄性不育系花药发育的mRNA差别表达](#)[期刊论文]-[遗传学报](#) 2002(04)
16. [Camadro E L;Carputo D;Peloquin S J](#) [Substitutes for genome differentiation in tuberbearing Solanum: interspecific pollen-pistil incompatibility, nuclear-cytoplasmic male sterility, and endosperm](#)[外文期刊] 2004(7)
17. [喻春明](#) [我国苧麻育种研究进展及发展趋势](#)[期刊论文]-[中国麻业科学](#) 2007(z1)
18. [刘飞虎;梁雪妮;张寿文](#) [苧麻雄性不育系育性鉴定和遗传分析](#)[期刊论文]-[中国麻作](#) 2000(01)
19. [Aarts M;Hodge R;Kalantidis K](#) [The Arabidopsis male sterility 2 protein shares similarity with reductases in elongation/condensation complexes](#)[外文期刊] 1997(03)
20. [李悦有;王学德](#) [细胞质雄性不育彩色棉杂种优势的表现](#)[期刊论文]-[浙江大学学报\(农业与生命科学版\)](#) 2002(01)
21. [廖雪;朱东生](#) [棉花杂种优势利用的回顾与展望](#)[期刊论文]-[江西棉花](#) 2009(05)
22. [熊和平](#) [麻类作物育种学](#) 2008
23. [Bateson W;Gairdner A E](#) [Male-sterility in flax, subject to two types of segregation](#) 2000(03)
24. [张辉;陈鸿山;王宜林](#) [显性核不育亚麻的雄性不育性研究](#) 1993

25. [朱丽梅;艾素云;周瑞阳](#) [红麻细胞质雄性不育系小孢子败育的细胞学观察](#)[期刊论文]-[作物学报](#) 2007(06)
26. [党占海;张建平;余新成](#) [温敏型雄性不育亚麻的研究](#)[期刊论文]-[作物学报](#) 2002(06)
27. [党占海;张建平](#) [抗生素诱导油用亚麻雄性不育的研究](#)[期刊论文]-[中国油料作物学报](#) 2000(01)
28. [Chase CD;Gabay-Laughnan S](#) [Cytoplasmic Male sterility and fertility restoration by nuclear genes](#) 2004
29. [高俊平;韩广津;宫永超](#) [棉花雄性不育的分子生物学研究进展](#)[期刊论文]-[现代农业科技](#) 2008(02)
30. [Charles S L III](#) [The Texas cytoplasm of Maize:Cytoplasmic Male Sterility and Disease Susceptibility](#) 1990
31. [Sarria R;Lyznik A;Vallejos C E A](#) [A cytoplasmic male sterility-associated mitochondrial Peptide in common bean is post-translationally regulated](#)[外文期刊] 1998
32. [孔祥海](#) [植物细胞质不育分子生物学研究进展](#)[期刊论文]-[中国生态农业学报](#) 2004(03)
33. [危文亮;王中汉;刘贵华](#) [植物细胞质不育性与育性恢复的分子生物学研究进展](#)[期刊论文]-[遗传](#) 2005(04)
34. [Zhan X Y;Wu H M;Alice Y C](#) [Nuclear male sterility induced by pollen-specific expression of ribonuclease](#)[外文期刊] 1996(01)
35. [王学德;张天真;潘家驹](#) [细胞质雄性不育棉花小孢子发生的细胞学观察和线粒体DNA的RAPD分析](#)[期刊论文]-[中国农业科学](#) 1998(02)
36. [李悦有;王学德;徐亚浓](#) [棉花洞A雄性不育系花药的细胞学观察](#)[期刊论文]-[浙江大学学报\(农业与生命科学版\)](#) 2002(01)
37. [张天真;潘家驹](#) [陆地棉msc3, msc7核雄性不育系花粉败育的细胞学观察](#) 1991(01)
38. [Murthi A N;Weaver J B](#) [Histological studies on five male-sterile strains of land cotton](#) 1964
39. [谢宗铭;宿俊吉;董永梅](#) [棉花杂种优势利用现状及发展思路](#)[期刊论文]-[安徽农业科学](#) 2008(18)
40. [张小全;王学德;朱云国](#) [细胞质雄性不育海岛棉的选育和细胞学观察](#)[期刊论文]-[中国农业科学](#) 2007(01)
41. [华金平;张成;易先达](#) [棉花远缘核质杂种的培育与育种应用](#)[期刊论文]-[湖北农业科学](#) 2003(04)
42. [朱四元;陈金湘](#) [棉花雄性不育系的选育及不育机理研究进展](#) 2004(01)
43. [余筱南;陈金湘;李瑞连](#) [棉花温敏雄性不育系的选育与应用研究简报](#)[期刊论文]-[棉花学报](#) 2003(06)
44. [邵圣才](#) [棉花温敏雄性不育两用系研究与利用](#)[期刊论文]-[中国棉花](#) 2000(02)
45. [宇文璞;宁文纲;乔志卫](#) [棉花不育系对温度反应研究初报](#) 1994(01)
46. [李成奇;石跃进;任雪峰](#) [中国棉花核不育系研究现状及前景分析](#) 2004(03)
47. [袁钧;张铎;刘巷禄](#) [晋A棉花质核不育材料的发现与观察](#) 1996(04)
48. [贾占昌](#) [棉花雄性不育系104-7A的选育及三系配套](#) 1990(06)
49. [韦贞国;华金平](#) [棉花雄性不育恢复系的选育及“三系”杂种优势初步研究](#) 1989(11)
50. [李成奇;石跃进;任雪峰](#) [中国棉花质核不育系的研究现状与前景分析](#)[期刊论文]-[中国农学通报](#) 2004(03)
51. [Stewart J M C D A](#) [A new male sterility from G. trilobu](#) 1992
52. [唐海明;陈金湘;熊格生](#) [棉花雄性不育系的研究现状及展望](#) 2005(03)
53. [Meyer V G](#) [Male Sterility from Gossypium harknessii](#) 1975
54. [马小定;邢朝柱](#) [棉花雄性不育研究和应用进展](#)[期刊论文]-[棉花学报](#) 2006(05)
55. [李宗道](#) [麻作的理论与技术](#) 1980
56. [罗来尧](#) [苧麻杂种优势利用的初步研究](#) 1984(03)

57. [舒克孝](#) [国外棉花雄性不育研究进展](#) 1981(03)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zwyczyxb201102005.aspx