

# 苗期标记性状在我国作物育种及种子 纯度鉴定上的研究应用进展

马双武

(中国农业科学院郑州果树研究所, 郑州 450009)

**摘要:**利用苗期标记性状进行作物杂交新品种培育和种子纯度鉴定的技术方法,具有直观准确、简便快速、成本低廉的特点,优越于异地种植、同工酶电泳和 DNA 分子标记的鉴定方法。本文综述了这种方法应用的技术方法、材料来源、研究内容、应用的类型和成果,指出了存在的问题,对其应用前景进行了展望。

**关键词:**苗期标记性状;作物育种;种子纯度鉴定

## Research and Application Progress of Seedling Marker Character in Crop Breeding and Seed Purity Identification in China

MA Shuang-wu

(Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450009)

**Abstract:** Seedling marker character application is an intuitive, accurate, simple, quick and low-cost method in breeding new hybrid variety and identifying seed purity. It is superior to allopatric planting, isozyme electrophoresis and DNA molecular markers. Its application technique, material resources, research contents, application types and results were summarized in this paper. The existent problems and applied perspectives were also reviewed.

**Key words:** Seedling marker character; Crop breeding; Seed purity identification

杂交种具有普遍的杂种优势,但是,鉴定杂种种子纯度一直没有理想的技术方法,已成为我国种子产业发展的制约因素。苗期标记性状是指在作物的幼苗阶段就能够明显识别的外观形态性状,比如叶面颜色、叶背颜色、叶鞘颜色、叶片绒毛的有无、叶片形状等。具体的幼苗阶段在什么时间,因不同作物、不同的栽培方式会有所不同。利用苗期标记性状进行作物杂种一代新品种选育和种子纯度鉴定,能在苗期通过观察标记性状的存在或消失与否来识别真假杂种,从而达到能及早识别剔除杂种或非杂种株、实现亲本和杂交种种子纯度双重排杂、加强种子质量监督、大大降低种子鉴定费用、保证田间品种纯度、增产节支等目的。该项技术直观准确,简便快速,具有一般的异地种植鉴定、同工酶电泳鉴定和 DNA 分子标记鉴定技术无法比拟的优越性,非常适合在我国相对落后的农业技术水平下推广,深受广

大作物育种家、制种单位、农户和政府种子质量监督部门的青睐,近年来在作物育种及种子纯度鉴定上的研究应用也越来越受到重视,目前在水稻、玉米、棉花、油菜、番茄、辣椒、黄瓜、胡萝卜、西瓜等作物上均有成功的应用报道<sup>[1]</sup>,将可能成为我国未来作物育种和种子纯度鉴定技术的一个发展方向。

### 1 苗期标记性状的应用方法

目前应用的方法有 2 种:一种是单基因控制的隐性性状,应用时作杂交品种的母本,在  $F_1$  种子的苗期该性状消失的即鉴定为真杂种,不消失的就是非杂种或母本株,生产上可及早拔除,保证田间种子纯度为 100%;另一方面,在母本繁殖或制种时,苗期发现不表现母本标记性状的单株就是混杂株,可及时拔除以保证母本纯度。

另一种是单基因控制的显性性状,应用时作杂

收稿日期:2009-10-04 修回日期:2010-10-20

基金项目:农业部作物种质资源保护项目(NB08-2130135-44);国家科技基础条件平台项目(2005DKA21001-23)

作者简介:马双武,副研究员,长期从事西瓜甜瓜种质资源研究工作。E-mail: mashuangwu@sohu.com

交品种的父母本,在 $F_1$ 种子苗期表现该性状的即鉴定为真杂种,不表现的就是非杂种或母本株,生产上可及早拔除,同样可以保证田间种子纯度为100%;另一方面,在母本繁殖或制种时,苗期发现表现父本标记性状的单株就是混杂株,可及时拔除以保证母本纯度。

## 2 苗期标记性状的来源

### 2.1 种质资源筛选

每种作物的苗期都有很多可用做标记的性状,这是种质资源长期遗传演化积累的结果,也是种质资源多样性的一部分。我国现已收集保存各种作物种质资源近40万份,为该类资源的鉴定筛选奠定了良好的基础。另外,由于境外的种质资源工作起步更早,也可以通过引种或交换获得。

### 2.2 自然突变

由于不同环境条件的诱发,每种作物都会发生一定的基因突变,这些突变会在不同时期表现出来,因此熟悉种质资源特性的人都会及时发现并将这些变异的单株繁殖保存下来。如淡黄叶水稻<sup>[2]</sup>、黄绿叶(*yg11*)水稻<sup>[3]</sup>等,都是田间发现的自然突变株。

### 2.3 人工诱变

以辐射诱变在水稻上应用的最多,后代的突变种类也很多,但有的不一定能保存下来或有用,需要认真筛选。很多研究人员通过辐射诱变获得了不同的水稻叶色标记性状的株系,为利用水稻苗期叶色标记进行杂种早期鉴定的研究奠定了基础<sup>[4-9]</sup>。

### 2.4 外源基因导入

外源基因导入是最直接产生苗期特异标记性状的方法。最常见的是将抗卡那霉素(*kan<sup>+</sup>*)、新霉素(*neo<sup>+</sup>*)和除草剂(*bar<sup>+</sup>*)等早期筛选的外源基因导入植物中,这样其后代就可以在苗期通过使用相应的筛选剂进行识别鉴定。如黄大年等<sup>[10]</sup>通过转基因获得的水稻抗除草剂植株等。

### 2.5 T-DNA 插入

T-DNA是一种特异的DNA片段,它能随机整合到染色体的任何部位(尤其是表达活跃区域),干扰原有性状基因的表达而产生稳定的可以遗传的突变,而且大多是植株形态性状的突变,这是人工诱变的一条新途径。如程英豪等<sup>[11]</sup>通过农杆菌(*Agrobacterium tumefaciens*)介导,将T-DNA片段高效插入水稻中花11的基因组DNA中,发现了200余棵 $T_0$ 代转化株系,分别表现为白化苗、宽叶、狭叶、黄叶、高秆、矮化并杂草化、不育、白化穗、皱穗和

抽穗延迟等突变类型。

## 3 苗期标记性状利用研究的内容

### 3.1 特征特性的研究

对发现的性状先要进行认真的观察和分析,是不是突变,苗期能否明显表达,是叶色突变还是其他突变,性状表现是否稳定和明显,表现不稳定的突变还要研究其表现规律、影响因素是什么?是光敏、温敏还是其他等,这个过程至少要2代以上。

### 3.2 遗传基础的研究

作为苗期标记的性状一般是单基因控制遗传,多为隐性(作母本),也有显性的或不完全显性(作父本),对其自交和回交进行一定的统计分析就可以了解它的遗传背景。单基因控制的性状 $F_2$ 和 $BC_1$ 后代标记性状分别呈3:1、1:2:1和1:1分离。但不排除具有其他遗传背景标记性状研究应用的可能。

### 3.3 经济性状及遗传改良研究

作为苗期标记性状的株系应具备一定的产量、品质或抗性,不携带严重的不利性状,这是其直接利用的前提。如果株系本身不具备这些性状,携带有不良性状但不连锁,可以通过杂交转育的方法进行改良。如果株系本身携带有不良的连锁性状,其应用难度就会加大,应用价值就会变小。利用 $F_1$ 与优良亲本的回交来进行后代筛选是一条成功转育的捷径,因为苗期标记性状本身具有一定的苗期标记选择效果,可以在苗期提前淘汰一部分无价值的单株,其转育群体应比一般的小,更方便。

### 3.4 杂种优势研究

作为苗期鉴定性状的株系应具有很好的杂种优势,也就是说,以它作亲本选配的品种应该具有生产应用所需要的产量、品质或抗性,要通过广泛的组合选配和品种比较来鉴定。另外,品种推广还要考虑种子的生产成本,其 $F_1$ 种子的产量高低、种子生产的技术难度也在研究范围,过低的种子产量、过高的生产技术要求都会影响应用效果。

### 3.5 生理生化和分子水平研究

主要研究标记性状的控制机理,为其性状的调控表达和基因克隆应用奠定基础。比如水稻黄叶突变体剑叶衰老与保护酶活性关系<sup>[12]</sup>,黄瓜叶色突变性状与果肉苦味等其他5个性状基因连锁遗传关系<sup>[13]</sup>,水稻白化突变超微结构和遗传图谱构建<sup>[14]</sup>,以及水稻叶色突变有关基因的分子定位研究等<sup>[15-17]</sup>。

## 4 苗期标记性状研究应用的类型

### 4.1 稳定的外观形态性状

自然状态下具有稳定一致表达的标记性状,该类性状多为不同的叶色,具有差异明显、表现稳定、容易识别的特点,是作为苗期标记的最佳性状。现研究应用的性状主要有:水稻淡黄叶自然突变体安农标 810S,应用前景很好<sup>[2]</sup>;沈圣泉等<sup>[8]</sup>用 300Gy 射线诱变的黄叶突变体 WYB,已选育出不育系黄玉 A(B),选配出杂交组合黄优 C23;水稻上还发现黄化突变体 824ys<sup>[17]</sup>;王新其等<sup>[18]</sup>在梗稻品种中花 11 的转基因植株后代中发现的黄叶突变体;陆地棉亚红株标记性状<sup>[19]</sup>;甘蓝型油菜紫红叶标记性状<sup>[20]</sup>;岳耀忠等<sup>[21]</sup>的西瓜板叶标记性状,已培育出西瓜杂交新品种津丰 1 号;黄瓜黄绿叶标记性状<sup>[22]</sup>;辣椒黄绿苗突变体<sup>[23]</sup>;胡萝卜黄色突变体和长期应用的番茄黄化株,已培育出 853 等长期推广的番茄杂交新品种<sup>[24]</sup>等。

但由于正常的植株叶色都是绿色的,所以这些标记性状的颜色突变都是非绿色的,其光合作用一般都受影响,生长发育也不一定正常,常存在着生育迟缓、植株小、果实少而小、采种量低等不足,给应用带来一定的麻烦,因此,同类性状的叶片斑点<sup>[25]</sup>、叶鞘颜色<sup>[26]</sup>、叶片无茸毛<sup>[27]</sup>和矮生等<sup>[28]</sup>非叶色的苗期标记性状更具研究应用优势。

### 4.2 变化的外观形态性状

自然状态下具有稳定变化表达的标记性状,该类型的性状常见的有“芽黄”(bud yellow)和“后绿”(delayed green)2 种,也有人认为是一个性状。两性状表现基本一样,新生的幼嫩组织或器官从嫩到老都有一个由浅黄—黄绿—绿的缓慢转变过程,差别在于前者子叶正常,后者性状从子叶开始就表现了,幼嫩的子叶呈黄绿色。研究表明,该类性状除生育期略滞后以外,对植株的产量、品质和采种量无不良影响,不足之处是在植株生长速度过缓的时候不易识别,需要加强苗期栽培管理,是苗期标记较为理想的性状。现研究应用报道最多的是在棉花上,如关于棉花具有“芽黄”标记性状的雄性不育系的发现和研究报告<sup>[29-31]</sup>;1996 年宇文璞等<sup>[32]</sup>报道了利用温敏型核不育系芽黄 8748A 培育出了棉花杂交新品种黄杂 1 号,产量大大超过中棉所 12,为我国棉花杂交育种工作的快速发展奠定了基础。

### 4.3 温度敏感型性状

这是一种在一定的温度条件下才能表达的苗期

标记性状,这类性状在实际应用中受一定的环境条件限制和影响,表现不够稳定,应注意环境条件的选择和控制。在水稻上研究最多,一般有低温表达型和高温表达型 2 种<sup>[33]</sup>,现应用最多的是转绿型白化突变体(green-revertible albino)<sup>[4]</sup>和紫叶突变体<sup>[34]</sup>。前者的性状表现为:早春低温,幼苗 1~3 叶白化,后期温度升高,幼苗第 4 叶开始逐渐转绿,第 6 叶恢复至正常绿色,移栽后少数分蘖叶仍表现为部分白化,与主茎叶一致,也存在一个明显的转绿过程。董凤高等<sup>[35]</sup>选育出了淡绿叶为标记的籼型水稻光-温敏核不育系 M2S,余新桥等<sup>[36]</sup>的水稻标记不育系标-1A,舒庆尧等<sup>[37]</sup>的水稻带叶色标记的三系不育系龙特甫 A—全龙 A,叶荣国<sup>[38]</sup>也选育出了 4 个与龙特甫 A 相似的水稻三系不育系,后者的性状表现为:高温下植株基部叶开始出现紫色斑点,随着时间的推移,紫斑逐渐扩展至整叶,并向上部叶发展,到成熟前,包括叶鞘在内的整株水稻都呈紫红色。应用研究上选育出了水稻紫色标记籼型光-温敏核不育系中紫 S<sup>[39]</sup>,水稻紫叶标记性状的籼型光敏核不育系明紫 02S<sup>[40]</sup>,隐性紫叶光温敏核不育水稻明紫 03S<sup>[41]</sup>等。

### 4.4 光照敏感型性状

该类标记性状较少,发现报道的一个是对光周期敏感的性状。Zhang 等<sup>[42]</sup>发现一个西瓜对光周期敏感的白化(juvenile albino)性状,该性状在短日照条件下,植株的幼嫩组织呈浅绿色,长日照下恢复正常颜色,但没见后续的研究利用报道,原因可能与其需要的光周期条件可控性差有关。

### 4.5 化学物质敏感型性状

应用已很普遍,主要用于转基因幼苗的辅助筛选<sup>[43-45]</sup>,也有用于杂种苗期鉴定研究的<sup>[46]</sup>。不过这类性状识别不够直观,技术稳定性不好,在杂种苗期鉴定方面应用价值相对较差。

## 5 问题与展望

### 5.1 苗期标记性状基因克隆的必要性

苗期标记性状的利用价值要通过培育优良的杂交新品种才能实现,一般情况下由于苗期标记性状单系本身性状不优良、抗性不好或不具备其他优良性状,利用时都需要进行一个杂交转育过程以克服不良性状的遗传累赘,实现优异性状的聚合,这个过程往往非常困难。比如水稻苗期标记性状与不育性状的聚合,前人已做了大量的工作,也取得了可喜的成绩,但都要通过大量长期的转育才能实现<sup>[35-41]</sup>。

另一方面,不同作物之间由于不能杂交转育,一些好的标记性状不能综合利用,甚至重复研究严重。因此,深入开展作物苗期标记性状的控制机理研究,实现苗期标记性状的精确分子标记及克隆、利用很有研究的必要,该方面的研究目前有一些<sup>[12-17]</sup>,但成功克隆的很少<sup>[3]</sup>,有待进一步深入。

### 5.2 人工诱变苗期标记性状的前景广阔

为了克服苗期标记性状杂交转育利用过程中不良性状的遗传累赘,研究人员直接以优良的作物株系或亲本材料为受体进行辐射诱变,得到了一批具有苗期标记性状的、可直接利用的优良品系和品种<sup>[4-9]</sup>。但到目前为止除水稻外,其他作物上尚未见研究利用。

### 5.3 花粉直感等种子标记性状的广泛研究

所谓花粉直感现象(或胚乳直感)是指种子(胚乳)的性状由于受精核的影响而直接表现出父本某些性状的现象。比如用子粒黄白色的玉米自交系黄早四作父本,用子粒为纯黄色的自交系作母本,配制的杂交种子粒为黄白色,而自交粒则仍表现出母本的黄色性状<sup>[47]</sup>。在西瓜上也可以根据种子的长短、饱满程度进行3倍体无子西瓜的种子纯度鉴定。该项技术可以在种子阶段鉴定出种子的杂交纯度,比利用苗期标记性状更简便、快捷。

利用苗期标记性状进行作物杂交品种的选育以达到种子纯度苗期鉴定的技术,是一项间接鉴定技术,尤其是以稀有的隐性标记性状材料作母本,以大量的显性常规材料作父本时,很容易带来其他同类型生物株的混杂而难以识别,导致严重后果。这主要是由于制种区域隔离不严、父本纯度不高或制种户责任心不强造成,因此,应加强制种监管或逐步挖掘和采用稀有的显性标记性状材料作父本,以大量的隐性常规材料作母本去选育杂交品种加以避免。

### 参考文献

[1] 陈兆贵,梁展鹏. 杂交水稻种子纯度分子鉴定技术研究[J]. 中国种业, 2009(1): 50-52

[2] 宋克堡,宋泽观. 水稻黄绿叶突变体安农标 810S 的发现及初步研究[J]. 杂交水稻, 2007, 22(6): 71-73

[3] 吴自明,张欣,万建民. 水稻黄绿叶基因的克隆及应用[J]. 生命科学, 2007, 19(6): 614-615

[4] 刘贵付,舒庆尧,夏英武. 籼型温敏核不育水稻转绿型白化突变体的利用价值研究[J]. 核农学报, 1996, 10(3): 129-132

[5] 陈善福,舒庆尧,吴殿星,等. 利用射线直接辐照诱发水稻龙特南 B 叶色突变[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 1999, 25(6): 569-572

[6] 张集文,武晓智. 苯达松致死标记两用不育系 8077S 的选育及其应用[J]. 杂交水稻, 2000, 15(6): 5-8

[7] 沈圣泉,舒庆尧,包幼松. 实用转绿型叶色标记不育系白丰 A 的应用研究[J]. 中国水稻科学, 2004, 18(1): 34-38

[8] 沈圣泉,周祥胜,吴殿星,等. 水稻黄叶标记不育系的诱变选育及其应用[J]. 核农学报, 2007, 21(2): 107-110

[9] 吴伟,刘鑫,舒小丽,等. 携带白化转绿型叶色标记两系杂交水稻不育系 NHR111S[J]. 核农学报, 2006, 20(2): 103-105

[10] 黄大年,李敬阳,章善庆,等. 用除草剂基因快速检测和提纯杂交稻纯度的新技术[J]. 科学通报, 1998, 43(1): 67-70

[11] 程英豪,郑文明,翟礼嘉,等. 插入 T-DNA 片段构建部分水稻突变体株系[J]. 中国农业科学, 2004, 37(3): 313-321

[12] 武立权,王荣富,吴殿星,等. 水稻黄叶突变体的剑叶衰老与保护酶活性关系的研究[J]. 核农学报, 2008, 22(1): 1-4

[13] 顾兴芳,张圣平,池秀蓉. 黄瓜叶色突变、苦味与其他 5 个性状的基因间连锁遗传关系[J]. 园艺学报, 2005, 32(1): 108-110

[14] Xia J C, Wang Y P, Ma B T, et al. Ultrastructure and gene mapping of the albino mutant al12 in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Acta Genet Sin, 2006, 33(12): 1112-1119

[15] 孔萌萌,余庆波,张慧,等. 控制水稻叶绿体发育基因 *OsALB23* 的定位[J]. 植物生理与分子生物学报, 2006, 32(4): 433-437

[16] 朱丽,刘文真,吴超,等. 水稻着丝粒附近一个淡绿叶突变相关基因的定位分析[J]. 中国水稻科学, 2007, 21(3): 228-234

[17] 黄晓群,王平荣,赵海新. 一个新的水稻叶绿素缺失突变基因的遗传分析和分子标记定位[J]. 中国水稻科学, 2007, 21(4): 355-359

[18] 王新其,殷丽青,沈革志. 两个水稻黄叶突变体的遗传初步分析[J]. 上海交通大学学报: 农业科学版, 2005, 23(4): 392-395

[19] 陈旭升,殷剑美,狄佳春. 陆地棉亚红株突变的质量遗传规律研究[J]. 棉花学报, 2006, 18(4): 195-199

[20] 黄泽霖,王通强,杨晓容,等. 甘蓝型油菜紫红叶标记性状的遗传及利用探讨[J]. 种子, 2006(3): 47-49

[21] 岳耀忠,陈洪金. 标记性状杂交西瓜新品种津丰 1 号[J]. 长江蔬菜, 1999(5): 26

[22] 刘卫东,苏晓东,王家训. 黄瓜黄绿叶标记性状自交系的选育及其应用价值[J]. 江西农业学报, 2007, 19(1): 72

[23] 马志虎,颜素芳,胡志中. 辣椒黄绿苗突变体生物学特性及生长动态研究[J]. 种子, 2001(4): 10-12

[24] 沈火林,程杰山,韩青霞. 胡萝卜黄色突变体的遗传及表现研究[J]. 园艺学报, 2006, 33(4): 856-858

[25] Poole C F. Genetics of cultivated cucurbits [J]. J Hered, 1944(35): 122-128

[26] 杨秀英. 利用幼苗芽鞘颜色鉴定玉米杂交种种子纯度[J]. 杂粮作物, 2001, 21(1): 51-52

[27] 马双武,王吉明,韦小敏. 我国西瓜特异种质资源研究利用进展[J]. 植物遗传资源学报, 2006, 7(4): 484-487

[28] 石云素,于水涛,宋燕春,等. 一个新矮生玉米种质资源的发现与遗传鉴定[J]. 植物遗传资源学报, 2008, 9(4): 521-524

[29] 冯福祯. 棉花雌性不育种质系简介[J]. 中国棉花, 1988, 15(3): 15-18

[30] 张天真,潘家驹. 一个有芽黄标记性状的棉花雌性不育系的遗传学鉴定[J]. 中国农业科学, 1989, 22(4): 17-21

[31] 潘家驹,闫留芳,刘康. 陆地棉芽黄基因应用于杂种棉的研究[J]. 南京农业大学学报, 1998, 21(3): 7-11

[32] 宇文璞,宇文纲,王淑霞. 棉花温敏核不育芽黄 A 生产利用[J]. 中国棉花, 1996(9): 28

[33] 吴殿星,舒庆尧,夏英武,等. <sup>60</sup>Co-γ 射线诱发的籼型温敏核不育水稻叶色突变系变异分析[J]. 作物学报, 1999, 25(1): 64-69

[34] 吴关庭,王贤裕,金卫. 水稻温敏型紫叶突变体 PLM12 及其遗传研究[J]. 核农学报, 2001, 15(2): 70-74

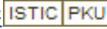
[35] 董凤高,朱旭东,雄振民,等. 以淡绿叶为标记的籼型光-温敏核不育系 M2S 的选育[J]. 中国水稻科学, 1998, 9(2): 67-70

[36] 余新桥,罗利军,梅捍卫,等. 水稻标记不育系标-1A 的选育与应用[J]. 西南农业学报, 2000, 13(4): 6-9

(下转第 306 页)

- 敏特性研究[J]. 麦类作物学报, 2003, 23(1): 1-6
- [9] 邹应斌, 周美兰, 何觉民, 等. 两系杂交小麦研究 II. 生态型雄性不育小麦的育性转换机制[J]. 湖南农业科学, 1992, 18(6): 5-7
- [10] 赵凤梧, 李慧敏, 李爱国. 冬小麦温敏型雄性不育系 LT-1-3A 选育及育性转换与遗传研究[J]. 核农学报, 2001, 15(2): 65-69
- [11] Xing Q H, Ru Z G, Zhou C J, et al. Genetic analysis, molecular tagging and mapping of the thermo-sensitive genic male-sterile gene (*wtms1*) in wheat [J]. Theor Appl Gene, 2003, 107: 1500-1504
- [12] 张凤廷. 光温敏核雄性不育小麦的育性转换特点及恢复性研究[D]. 北京: 中国农业科学院作物科学研究所, 2004: 14-42
- [13] 张建奎, 冯丽, 何立人, 等. 温光型核雄性不育小麦育性转换的温度敏感期和临界温度研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(1): 57-60
- [14] 张建奎, 董静, 宗学风, 等. 温光敏核不育小麦 C412S 的育性转换及其 APRT 基因的表达[J]. 作物学报, 2009, 35(4): 662-671
- [15] 张建奎, 董静, 宗学风, 等. 温光敏细胞核不育小麦雌性败育的细胞学观察[J]. 植物遗传资源学报, 2009, 10(3): 411-418
- [16] 元生朝, 张自国, 许传桢. 光照诱导湖北光敏感核不育水稻育性转变的敏感期及其发育阶段的探讨[J]. 作物学报, 1988, 14(1): 7-12
- [17] 余遥. 四川小麦[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1998: 31-102
- [18] Wardlaw I F, Moncur L. The response of wheat to high temperature following anthesis I. The rate and duration of kernel filling [J]. Aust J Plant Physiol, 1995, 22: 391-397
- [19] 李永康, 于振文, 梁晓芳, 等. 小麦产量和品质对灌浆期不同阶段低光照强度的响应[J]. 植物生态学报, 2005, 29(5): 807-813
- [20] 杨文平, 郭天财, 刘胜波, 等. 两种穗型冬小麦品种旗叶光合特性和水分利用对光强的响应[J]. 华北农学报, 2008, 23(2): 9-11
- [21] 刘霞, 尹燕桦, 姜春明, 等. 花后不同时期弱光和高温胁迫对小麦旗叶荧光特性及籽粒灌浆进程的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(11): 2117-2121
- [22] 张黎萍, 荆奇, 戴廷波, 等. 温度和光照强度对不同品质类型小麦旗叶光合特性和衰老的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(2): 311-316
- [23] 张建奎, 何立人, 冯丽, 等. 日长和温度对雄性核不育小麦 C49S 育性转换的影响[J]. 西南农业大学学报, 1999, 21(6): 518-521
- [24] 姚雅琴, 张改生. K 型小麦雄性不育及其保持系花药小孢子不同发育期 ATP 酶活性变化[J]. 中国农业科学, 2000, 33(3): 97-99
- [25] Moffatt B A, Pthe C, Laloue M. Metabolism of benzyladenine is impaired in a mutant of *Arabidopsis thaliana* lacking adenine phosphoribosyltransferase activity [J]. Plant Physiol, 1991, 95: 900-908
- ~~~~~
- (上接第 300 页)
- [37] 舒庆尧, 陈善福, 吴殿星, 等. 带叶色标记三系不育系龙特甫 A-全龙 A[J]. 福建稻麦科技, 1999(4): 18
- [38] 叶荣国. 带叶色标记杂交水稻三系不育系的选育. 浙江农业科学, 1999(6): 254-256
- [39] 曹立勇, 钱前, 朱旭东, 等. 紫色标记轴型光-温敏核不育系中紫 S 的选育及其配组的杂种优势[J]. 作物学报, 1999, 25(1): 44-49
- [40] 杨腾帮, 许旭明, 张受刚. 具有隐性紫叶标记性状的轴型光敏核不育系明紫 02S 的选育[J]. 福建农业科技, 2005(1): 3-5
- [41] 杨腾帮, 许旭明, 张受刚, 等. 隐性紫叶光温敏核不育水稻明紫 03S 的选育[J]. 福建农业科技, 2005(5): 54-55
- [42] Zhang X P, Rhodes B B, Bridges W C. Phenotype, inheritance and regulation of expression of a new virescent mutant in watermelon: juvenile albino [J]. J Amer Soc Hort Sci, 1996, 121(4): 609-615
- [43] 王坤波, 张香娣, 刘方, 等. 子叶期卡那霉素快速鉴定转基因棉花[J]. 中国棉花, 2001(2): 20-21
- [44] 谭小力, 戚存扣, 张丽丽, 等. 不同抗生素对油菜种子萌发的影响[J]. 江苏农业科学, 2006, 22(5): 27-29
- [45] 张艳敏, 杨帆, 温之雨, 等. 卡那霉素筛选转基因小麦种子关键技术研究[J]. 河北农业科学, 2006, 10(1): 1-4
- [46] 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]. 农业生物技术科学, 2004, 20(2): 8-9
- [47] 苏晨光, 周巧云, 于春霞. 应用花粉直感现象鉴定黄早四作父本的杂交种纯度[J]. 种子科技, 1998(6): 38-39

## 进展

作者: [马双武](#), MA Shuang-wu  
作者单位: [中国农业科学院郑州果树研究所, 郑州, 450009](#)  
刊名: [植物遗传资源学报](#)   
英文刊名: [JOURNAL OF PLANT GENETIC RESOURCES](#)  
年, 卷(期): 2011, 12(2)

## 参考文献(47条)

1. [苏晨光;周巧云;于春霞](#) [应用花粉直感现象鉴定黄早四作父本的杂交种纯度](#) 1998(06)
2. [目淑平;赵元明](#) [具有标记性状的棉花核不育系的创建初探](#) 2004(02)
3. [董凤高;朱旭东;雄振民](#) [以淡绿叶为标记的粳型光-温敏核不育系M2S的选育](#) 1998(02)
4. [吴关庭;王贤裕;金卫](#) [水稻温敏型紫叶突变体PLM12及其遗传研究](#)[期刊论文]-[核农学报](#) 2001(02)
5. [吴殿星;舒庆尧;夏英武](#) [60Co- \$\gamma\$ 射线诱发的粳型温敏核不育水稻叶色突变系变异分析](#)[期刊论文]-[作物学报](#) 1999(01)
6. [宇文璞;宇文纲;王淑霞](#) [棉花温敏型核不育芽黄A生产利用](#) 1996(09)
7. [潘家驹;闰留芳;刘康](#) [陆地棉芽黄基因应用于杂种棉的研究](#) 1998(03)
8. [张天真;潘家驹](#) [一个有芽黄标记性状的棉花雄性不育系的遗传学鉴定](#) 1989(04)
9. [石云素;于永涛;宋燕春](#) [一个新矮生玉米种质资源的发现与遗传鉴定](#)[期刊论文]-[植物遗传资源学报](#) 2008(04)
10. [马双武;王吉明;韦小敏](#) [我国西瓜特异种质资源研究利用进展](#)[期刊论文]-[植物遗传资源学报](#) 2006(04)
11. [余新桥;罗利军;梅捍卫](#) [水稻标记不育系标-1A的选育与应用](#)[期刊论文]-[西南农业学报](#) 2000(04)
12. [顾兴芳;张圣平;池秀蓉](#) [黄瓜叶色突变、苦味与其他5个性状的基因间连锁遗传关系](#)[期刊论文]-[园艺学报](#) 2005(01)
13. [武立权;王荣富;吴殿星](#) [水稻黄叶突变体的剑叶衰老与保护酶活性关系的研究](#)[期刊论文]-[核农学报](#) 2008(01)
14. [程英豪;郑文明;瞿礼嘉](#) [插入T-DNA片段构建部分水稻突变体株系](#)[期刊论文]-[中国农业科学](#) 2004(03)
15. [黄大年;李敬阳;章善庆](#) [用除草剂基因快速检测和提高杂交稻纯度的新技术](#) 1998(01)
16. [吴伟;刘鑫;舒小丽](#) [携带白化转绿型叶色标记两系杂交水稻不育系NHR111S](#)[期刊论文]-[核农学报](#) 2006(02)
17. [张艳敏;杨帆;温之雨](#) [卡那霉素筛选转基因小麦种子关键技术研究](#)[期刊论文]-[河北农业科学](#) 2006(01)
18. [谭小力;戚存扣;张丽丽](#) [不同抗生素对油菜种子萌发的影响](#)[期刊论文]-[江苏农业科学](#) 2006(05)
19. [王坤波;张香娣;刘方](#) [子叶期卡那霉素快速鉴定转基因棉花](#)[期刊论文]-[中国棉花](#) 2001(02)
20. [Zhang X P;Rhodes B B;Bridges W C](#) [Phenotype, inheritance and regulation of expression of a new virescent mutant in watermelon:juvenile albino](#) 1996(04)
21. [杨腾帮;许旭明;张受刚](#) [隐性紫叶光温敏核不育水稻明紫03S的选育](#)[期刊论文]-[福建农业科技](#) 2005(05)
22. [杨腾帮;许旭明;张受刚](#) [具有隐性紫叶标记性状的粳型光敏核不育系明紫02S的选育](#)[期刊论文]-[福建农业科技](#) 2005(01)
23. [曹立勇;钱前;朱旭东](#) [紫色标记粳型光-温敏核不育系中紫S的选育及其配组的杂种优势](#) 1999(01)
24. [叶荣国](#) [带叶色标记杂交水稻三系不育系的选育](#) 1999(06)
25. [舒庆尧;陈善福;吴殿星](#) [带叶色标记三系不育系龙特甫A-全龙A](#)[期刊论文]-[福建稻麦科技](#) 1999(04)
26. [沈圣泉;舒庆尧;包劲松](#) [实用转绿型叶色标记不育系白丰A的应用研究](#)[期刊论文]-[中国水稻科学](#) 2004(01)
27. [杨秀英](#) [利用幼苗芽鞘颜色鉴定玉米杂交种种子纯度](#)[期刊论文]-[杂粮作物](#) 2001(01)

28. [Poole C F Genetics of cultivated cucurbits](#) 1944(35)
29. [沈火林;程杰山;韩青霞](#) [胡萝卜黄色突变体的遗传及表现研究](#)[期刊论文]-[园艺学报](#) 2006(04)
30. [马志虎;颜素芳;胡志中](#) [辣椒黄绿苗突变体生物学特性及生长动态研究](#)[期刊论文]-[种子](#) 2001(04)
31. [刘卫东;苏晓东;王家训](#) [黄瓜黄绿叶标记性状自交系的选育及其应用价值](#)[期刊论文]-[江西农业学报](#) 2007(01)
32. [岳耀忠;陈洪金](#) [标记性状杂交西瓜新品种津丰1号](#) 1999(05)
33. [黄泽素;王通强;杨晓容](#) [甘蓝型油菜紫红叶标记性状的遗传及利用探讨](#)[期刊论文]-[种子](#) 2006(03)
34. [陈旭升;殷剑美;狄佳春](#) [陆地棉亚红株突变的质量遗传规律研究](#)[期刊论文]-[棉花学报](#) 2006(04)
35. [王新其;殷丽青;沈革志](#) [两个水稻黄叶突变体的遗传初步分析](#) 2005(04)
36. [黄晓群;王平荣;赵海新](#) [一个新的水稻叶绿素缺失突变基因的遗传分析和分子标记定位](#)[期刊论文]-[中国水稻科学](#) 2007(04)
37. [朱丽;刘文真;吴超](#) [水稻着丝粒附近一个淡绿叶突变相关基因的定位分析](#)[期刊论文]-[中国水稻科学](#) 2007(03)
38. [孔萌萌;余庆波;张慧](#) [控制水稻叶绿体发育基因OsALB23的定位](#)[期刊论文]-[植物生理与分子生物学学报](#) 2006(04)
39. [Xia J C;Wang Y P;Ma B T](#) [Urastructure and gene mapping of the albino mutant all2 in rice\(Oryza sativa L.\)](#) 2006(12)
40. [张集文;武晓智](#) [苯达松致死标记两用不育系8077S的选育及其应用](#)[期刊论文]-[杂交水稻](#) 2000(06)
41. [陈善福;舒庆尧;吴殿星](#) [利用射线直接辐照诱发水稻龙特甫B叶色突变](#) 1999(06)
42. [刘贵付;舒庆尧;夏英武](#) [籼型温敏核不育水稻转绿型白化突变体的利用价值研究](#)[期刊论文]-[核农学报](#) 1996(03)
43. [吴自明;张欣;万建民](#) [水稻黄绿叶基因的克隆及应用](#)[期刊论文]-[生命科学](#) 2007(06)
44. [宋克堡;宋泽观](#) [水稻淡黄叶突变体安农标810S的发现及初步研究](#)[期刊论文]-[杂交水稻](#) 2007(06)
45. [陈兆贵;梁展鹏](#) [杂交水稻种子纯度分子鉴定技术研究](#)[期刊论文]-[中国种业](#) 2009(01)
46. [沈圣泉;周祥胜;吴殿星](#) [水稻黄叶标记不育系的诱变选育及其应用](#)[期刊论文]-[核农学报](#) 2007(02)
47. [冯福祯](#) [棉花雄性不育种质系简介](#) 1988(03)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_zwyczyxb201102021.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zwyczyxb201102021.aspx)