

文章编号:1000-8551(2011)03-0416-05

水稻雄性不育新材料 SC316 的育性遗传研究

台德卫^{1 2} 易成新¹ 黄显波³ 杨剑波^{1 2} 李莉¹

(1. 安徽省农业科学院水稻研究所,安徽 合肥 230031;2. 安徽农业大学,安徽 合肥 230036;

3. 福建省三明市农业科学研究所,福建 沙县 365509)

摘要:采用连续回交方法,将 SC316 不育基因转育到中粳 898 品种中,研究不同世代回交群体、姊妹交群体及可育单株后代群体的育性表现。结果表明,SC316 不育基因在这些群体中的表现符合 1 对显性核不育基因遗传规律,该不育材料携带有显性核不育基因。

关键词:水稻;雄性不育;显性核不育基因

GENETIC STUDY ON FERTILITY OF A NEW MALE STERILE MATERIEL SC316 IN RICE

TAI De-wei^{1 2} YI Cheng-xin¹ HUANG Xian-bo³ YANG Jian-bo^{1 2} LI Li¹

(1. Rice Research Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei, Anhui 230031;

2. Anhui Agricultural university, Hefei, Anhui 230036;

3. Sanming Institute of Agricultural Sciences, Shaxian, Fujian 365509)

Abstract: A male sterile gene of rice SC316 was transferred into a conventional indica rice Zhongxian 898 by consecutive backcross procedures. Genetic study on fertility was undertaken based on the anther fertility and the bagged seed setting rate of individual plant from different backcross, sibling and inbreeding populations derived from the cross of SC316 and Zhongxian 898. The results indicated that the male sterility of SC316 was controlled by one pair of nuclear dominant sterile gene.

Key words: rice; male sterile; nuclear dominant sterile gene

杂种优势的利用对提高水稻产量做出了重要贡献,发现和选育雄性不育系和恢复系是水稻杂种优势应用的重要前提。自 1926 年 Jones 首先提出水稻具有杂种优势以来,日本、美国和国际水稻研究所等国家和国际组织相继开展水稻不育系选育。我国 1964 年开始水稻不育系的选育研究,1972 年育成珍汕 97、二九南 1 号等野败不育系和其对应的保持系,1973 年实现三系配套,以后又相继培育出矮败型、冈型、红莲型等多种类型核质互作不育系,极大地促进了三系水稻杂种优势的利用^[1]。水稻光温敏核不育材料的发现和一批光温敏核不育系的育成,为两系法水稻杂种优势

的利用开辟了一条新的捷径^[2,3]。核质互作不育细胞质单一化的潜在危险以及恢保关系的限制等制约着三系杂交水稻的发展^[4];而光温敏核两系不育系则容易受光温影响,发生育性波动^[5-7]。为了取得更好的育种效果,科研人员通过利用自然突变、人工诱变(辐射诱变和化学诱变)、远缘杂交等多种方法,一直致力于寻找新的不育材料,探索更有效的杂种优势利用方法。

2004 年我们引进了一个新型不育材料 SC316,为研究其育性遗传,使之与不同来源的水稻品种进行测交,2005 年对测交后代的育性进行鉴定,发现部分测交后代育性分离表现出 1:1 分离比,部分偏离 1:1 分离

收稿日期:2010-06-02 接受日期:2010-10-14

基金项目:安徽省科技攻关(重大)项目(06003010B),农业部 948 全球水稻分子育种计划项目(30040025),国家科技支撑计划(2006BAD01A01-3),安徽省农科院人才培养基金

作者简介:台德卫(1965-),女,安徽叶集人,博士研究生,副研究员,主要从事水稻品种资源和水稻育种研究。E-mail: dwtai5700@sina.com

通讯作者:杨剑波(1957-),男,安徽太和人,博士,研究员,主要从事农业生物技术研究。Tel: 0551-2160212; E-mail: yjianbo@263.net

比,推测可能是测交品种的遗传背景影响育性分离表现,也可能是不育材料 SC316 本身的遗传背景复杂所致,为深入研究其遗传机理,本研究以中粳 898 为轮回亲本,采用连续回交方法,将新不育材料 SC316 的细胞核置换成中粳 898 细胞核,以探究其育性遗传规律。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

SC316 不育材料为安徽省农业科学院水稻研究所生物技术室 2004 年从福建三明农科所引进的籼稻核不育材料,以常规中粳品种 898 为轮回亲本,进行 SC316 不育性状的转育。

1.2 育性遗传分析群体构建

2004 年以不育材料 SC316 为母本,以中粳 898 为父本进行杂交,从 F_1 代分离群体中选择不育单株,与中粳 898 进行回交,以后从每一回交后代中选综合性状接近中粳 898 的不育株作母本,与中粳 898 不断进行回交,将不育材料 SC316 的细胞核逐渐置换成轮回亲本中粳 898 的细胞核,选育具有中粳 898 背景新的核不育系。另同步在不同世代回交群体中选择不育单株,与其中的可育单株杂交,建立不同回交后代的姊妹交群体,同时从每一个世代的回交群体中随机收取部分可育单株的自交种子,发展自交群体。

用于不育性状调查和遗传分析的群体有 BC_2F_1 (2006 年,合肥)、 BC_3F_1 (2006 年,海南)、 BC_4F_1 (2007 年,合肥) 3 个回交群体; BC_2F_1 (2006 年,海南)、 BC_3F_1 (2007 年,合肥)、 BC_4F_1 (2008 年,合肥) 3 个姊妹交群体; $BC_2F_1 - F_2$ (2006 年,海南、2007 年,合肥)、 $BC_2F_1 - F_3$ (2007 年,合肥)、 $BC_4F_1 - F_2$ (2008 年,合肥) 3 个自交群体。播种日期分别为 2006 年 5 月 12 日(合肥)、11 月 15 日(海南) 2007 年、2008 年 5 月 2 日(合肥),单本栽插,各群体大小由于杂交种子数量不同而不同,田间常规管理(见表 3 和表 4)。

1.3 不育株和可育株连续剥蘖群体构建

2007 年海南南繁时分别取中粳 898 BC_4F_1 回交群体的不育株、可育株各 60 株秧根带回合肥正季种植。当秧根再生苗生长到分蘖盛期时,分别从不育株和可育株秧根再生苗中各选取 22 株,剥取分蘖栽植;当剥蘖群体生长到分蘖盛期时再进行第 2 次剥蘖再植,连续剥蘖种植 6 次,构建连续剥蘖群体,用于考察不育株、可育株在自然光温条件下育性稳定性。

1.4 不育性状的考察

以植株花药育性和自交结实率为育性指标,以单

株为单位对上述各回交、姊妹交和可育株的自交群体进行育性调查,卡平方测验,分析 SC316 雄性不育基因在不同群体中的遗传规律。

1.4.1 植株花药育性考察 从调查群体中每株取 1 穗即将抽穗开花的幼穗,调查幼穗各颖花花药的颜色和形态,并按类型镜检花粉育性,方法是用镊子夹取全部花药,放于载玻片上碾碎,滴 1 滴 1% 的 I_2-KI 溶液,置于 100 倍显微镜下,随机取 3 个有代表性的视野,观察花粉育性,根据染色反应将花粉粒分为无花粉、典败、圆败、染败和正常 5 种类型,记录不同类型颖花花药的花粉败育情况。凡单穗颖花花药全部为不育花药且花粉育性为无花粉型或败育花粉率为 100% 的记作不育株;单穗颖花花药全部为可育花药且败育花粉率小于 2.5% 的记作可育株;单穗颖花花药既有不育花药又有可育花药或中间类型花药,败育花粉率在上述两者之间的记作中间型植株。

1.4.2 自交结实率考察 取穗尖抽出约 1cm 的单株主穗套袋自交,成熟时收取套袋穗室内考种,凡已受精、有干物质积累的计入结实粒,计算自交结实率。以自交结实率分布图中的双峰低谷值 5% 为临界值,凡自交结实率高于 5% 记为可育株,小于 5% 记为不育株。

2 结果与分析

2.1 花药花粉育性的表现

不育材料 SC316 与中粳 898 的 BC_2F_1 、 BC_4F_1 群体颖花中花药的育性表现呈多样化分布,按育性表现分为 3 种类型(图 1),第 1 类为颖花中的 6 枚花药均细小呈无色透明的全不育花药;第 2 类为颖花中的 6 枚花药均饱满呈黄色的全可育花药;第 3 类为中间类型花药,即 6 枚花药中有 1~5 枚不等的细小不育花药,其余花药呈黄色可育,其中部分有形态弯曲的现象。

用 I_2-KI 溶液染色进一步检验颖花花药中花粉育性,发现全不育花药(图 1-A)大多为无花粉类型,极少数不育花药含极少量典败花粉粒,花粉粒较小;全可育花药(图 1-B)的花粉粒多为正常可育花粉粒,败育花粉率小于 2.5%;中间类型花药(图 1-C)既有典败花粉粒,也有正常花粉粒,败育花粉率在 5%~30% 之间。

中粳 898 的 2 个不同世代群体植株颖花花药育性表现和单株花药育性表现分别见表 1 和表 2。从表 1 可见,单株颖花花药以全不育花药和全可育花药为主,

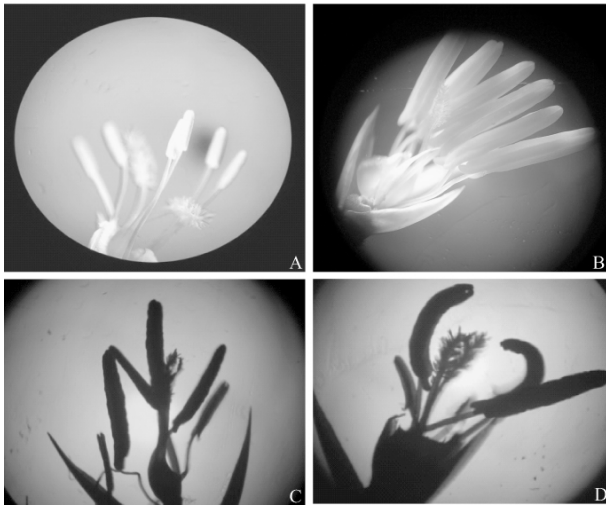


图 1 不同育性花药的表现

Fig. 1 Anthers with different fertility

A: 全不育花药; B: 全可育花药; C、D: 中间类型花药

A: full sterile anther; B: full fertile anther; C, D: middle fertility anther

中间类型花药的颖花不到 1%。由于两群体可育株、不育株数量不同(表 2),不育株穗子略小,平均单穗颖花数比可育株少 20 粒左右,从而使两主要类型颖花率存在一定差异。

中粳 898 BC₂F₁、BC₄F₁ 不同回交世代群体中单株花药育性总体以全不育和全可育类型为主(表 2),中间类型单株分别占 6.7% 和 4.9%,部分单株以可育花药为主,部分单株以不育花药为主。如果把为数不多的中间型按育性的主体倾向,分别归类到不育型和可育型,或是忽略不计 2 个回交群体的可育株与不育株之比都符合 1:1 的分离比,表明不育株的不育性主要受 1 对显性核基因控制。

2.2 自交结实率反映的育性表现

中粳 898 BC₄F₁ 群体的单株自交结实率呈双峰分布(图 2),这与回交后代群体的单株花药分离的情况相似,结果同样支持不育性受一对显性核基因的控制,

表 1 中粳 898 不同回交世代群体颖花中花药的育性表现

Table 1 Fertility of anther of spikelets in different populations derived from the cross of SC316 and Zhongxian 898

群体 population	总株数 total No. of plants	总颖花数 total No. of spikelets	颖花中 6 枚花药的育性表现 performance of fertility for the 6 anthers							全不育 颖花率 percentage of full sterile spikelets (%)	全可育 颖花率 percentage of full fertile spikelets (%)
			全不育型 full sterility	中间类型 middle fertile anther					全可育型 full fertility		
				1 不育 1 sterile	2 不育 2 sterile	3 不育 3 sterile	4 不育 4 sterile	5 不育 5 sterile			
BC ₂ F ₁	104	17160	6386	5	10	7	7	1	10744	37.21	62.61
BC ₄ F ₁	164	30018	16224	4	3	0	0	4	13783	54.05	45.92

表 2 中粳 898 不同回交世代群体单株花药育性表现

Table 2 Fertility of individuals in different backcross populations derived from the cross of SC316 and Zhongxian 898

群体 population	总株数 total No. of plants	植株育性类型 fertile type of plants			基于全可育株与全不育 株的 1:1 分离比卡方测定 1:1 Chi-square test based on full fertile plants against full sterile plants	基于全可育和高不育株与全不 和中高不育株的 1:1 分离比卡方测定 1:1 Chi-square test based on full and high fertile plants against full and high sterile plants
		全不育型 full sterility	中间型 middle	全可育型 full fertility		
BC ₂ F ₁	104	39	7	58	3.340	2.779
BC ₄ F ₁	164	84	8	72	0.776	2.201

注: $\chi^2_{0.05, 1} = 3.84$

并在回交后代群体中表现 1:1 的育性分离比例。其他群体的自交结实率变化均表现出类似的趋势(表 3)。

2.3 中粳 898 BC₄F₁ 不育株、可育株剥蘖群体的育性表现

2008 年正季对中粳 898 BC₄F₁ 的不育株和可育株秧根连续剥蘖群体的育性表现进行调查,结果显示,不育株秧根连续剥蘖群体仍然不育,可育株秧根剥蘖群体仍然可育,两者均无育性分离,表明不育株和可育株

育性表现不随自然光温条件的变化而改变。

2.4 分离群体中可育单株后代群体的育性表现

不同世代分离群体中可育单株自交后代群体的育性表现及稳定性是该基因能否被育种应用的重要方面,表 4 表明,可育单株后代群体无育性分离,这进一步证实了 SC316 转育的中粳 898 回交群体中不育株携带的是显性核不育基因,并能稳定遗传。

表 3 不同群体自交结实率的育性表现

Table 3 Fertility of the bagged seed setting rate in different populations

群体 population	世代 generation	年份/地点 year/ site	总株数 total No. of plants	育性类型 fertility type		$\chi^2_{(0.05, 1)}$ fertile: sterile (1:1)
				不育株 No. of sterile plants	可育株 No. of fertile plants	
中粳 898 回交群体 backcross populations of Zhongxian as recurrent parent	BC ₂ F ₁	2006/合肥 2006/Hefei	121	51	70	2.678
	BC ₃ F ₁	2006/海南 2006/Hainan	89	37	52	2.202
	BC ₄ F ₁	2007/合肥 2007/Hefei	128	63	65	0.008
中粳 898 姊妹交群体 sibling populations of Zhongxian898 as recurrent parent	BC ₂ F ₁	2006/海南 2006/Hainan	35	18	17	0
	BC ₃ F ₁	2007/合肥 2007/Hefei	464	231	233	0.002
	BC ₄ F ₁	2008/合肥 2008/Hefei	445	221	224	0.009

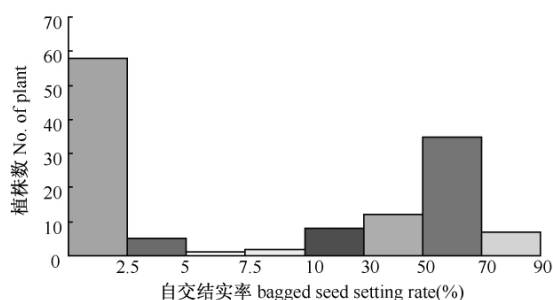
图 2 中粳 898BC₄F₁ 群体自交结实率分布Fig. 2 The bagged seed setting rate of the plants sampled from the SC316/ Zhongxian 898 BC₄F₁ population

表 4 不同回交群体中可育单株后代群体育性表现

Table 4 Fertility of the progenies derived from the fertile plants of different backcross populations

世代 generation	年份/地点 year/site	观察总株数 total No. of plants	可育株 No. of fertile plants	不育株 No. of sterile plants
BC ₂ F ₁ - F ₂	2006/海南 2006/Hainan	51	51	0
BC ₂ F ₁ - F ₂	2007/合肥 2007/Hefei	1287	1287	0
BC ₂ F ₁ - F ₃	2008/合肥 2008/Hefei	3366	3366	0
BC ₄ F ₁ - F ₂	2008/合肥 2008/Hefei	156	156	0

3 讨论与结论

本试验采用连续回交方法,将 SC316 不育基因转

育到中粳 898 品种中,研究了不同世代回交群体、姊妹交群体及可育单株后代群体的育性表现,结果表明 SC316 不育基因在该转育群体中表现为 1 对显性核不育基因的遗传,但因转育群体后代存在部分植株花药育性呈中间型个体,转育群体的自交结实率呈现连续性分布。在对中粳 898 回交转育群体育性遗传研究的同时,还对 SC316 与扬稻 6 号、密阳 23 等回交群体的育性分离表现进行了分析,SC316 不育基因在这些材料中同样表现为 1 对显性核不育基因的遗传。

不同育性植株的连续剥离群体的育性表现稳定,这从侧面说明转育的 SC316 不育基因的表现不受自然光温条件变化影响。由于中粳 898 回交种子数量有限,未进行分期播种试验,但从 SC316 与密阳 23 BC₃F₁、扬稻 6 号 BC₅F₁ 群体的分期播种试验结果看(本文未列),各播期的育性分离符合 1 对显性核不育基因在回交后代群体中 1:1 分离比,这也表明育性基因的表现不随自然光温的变化而变化。

显性核不育材料的发现为自花授粉作物的轮回群体改良提供了一个有效工具。由于显性核不育后代群体总有一半靠异交结实的不育株和一半靠自交结实的可育株,前者有利于基因重组,易于发挥微效基因的累加作用,为开展聚合育种提供了便利条件,后者便于基因纯合稳定,是进行轮回选择的基础材料。目前已有许多进行水稻轮回选择育种的方法^[8-11],显性核不育材料能更好地发挥水稻轮回群体改良的效果,加快轮回选择育种的进程。

萍乡显性核不育水稻^[12]是目前研究较为清楚的显性核不育水稻,贺浩华等研究证明了该显性核不育材料属 2 对基因控制,并具显性上位作用^[13];颜龙安报道了该不育水稻在幼穗分化期遇高温有部分结实现象^[14];龚慧明进一步指出温度对其育性转换起主导作用,光长起协同作用,育性转换的临界温度为 27℃ ~

28℃,敏感期在花粉母细胞形成期至减数分裂期^[15,16]。从我们目前的研究可以证实 SC316 不育材料与萍乡显性核不育水稻是两种不同类型,SC316 转育群体的不育性受 1 对显性基因控制,育性表现不随自然光温条件变化而发生转换,但存在少量育性表现为中间类型的单株,引起单穗花药育性表现多样性的原因有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 曾千春,周开达,朱 祯,罗 琼. 中国水稻杂种优势利用现状[J]. 中国水稻科学,2000,14(4):243-246
- [2] 石明松. 光敏感隐性雄性不育水稻的发现和初步研究[J]. 中国农业科学,1985,(2):44-48
- [3] 程式华主编. 中国超级稻育种[M]. 北京:科学出版社,2010,285-319
- [4] 陈远孟,李杨瑞. 试论“水稻杂种优势利用雄性不育”的思维方法[J]. 广西农业科学,2004,35(4):284-287
- [5] Zhang Z G,Zeng H L,Yang J,Yuan S C,Zhang D P. Condition inducing fertility alteration and ecological adaptation of photoperiod-sensitive genic male sterile rice[J]. Field Crops Res,1994,38:111-120
- [6] 何 强,蔡义东,徐耀武,陈立云. 水稻光温敏核不育系利用中存在的问题与对策[J]. 杂交水稻,2004,19(1):1-5
- [7] 周飞捷,肖层林,刘爱民,常剑渊. 水稻光温敏核不育系育性转换特性研究概述[J]. 作物研究,2009,23(5):300-305
- [8] 雷建勋,李泽炳,万经猛,杨书云,靳德明. 利用光敏核不育性进行水稻轮回选择育种的初步研究[J]. 华中农业大学学报,1996,15(2):110-115
- [9] 汪旭东,周开达,李仕贵,黎汉云,高克铭. 利用隐性核不育性进行水稻轮回育种初步研究[J]. 西南农业学报,2001,14(3):102-106
- [10] 武小金,袁隆平. 应用群体改良技术选育水稻温敏核不育系的研究[J]. 作物学报,2004,30(6):589-292
- [11] 佘 军,潘学彪,陈宗祥,张亚芳. 水稻恢复系选育的轮回选择法及其应用效果研究[J]. 作物学报,2004,30(12):1199-1203
- [12] 颜龙安,张俊才,朱 成,欧阳颌,李季能,蔡跃辉. 水稻显性雄性核不育基因鉴定初报[J]. 作物学报,1989,15(2):174-181
- [13] 贺浩华,刘宜柏,蔡耀辉,余秋英,李季能,刘建萍. 水稻显性核不育及其恢复性的遗传规律研究[J]. 中国水稻科学,1999,13(3):143-146
- [14] 颜龙安,蔡耀辉,刘秋英,张俊才,张晓波,杨正威. 萍乡显性核不育水稻感温性研究[J]. 江西农业学报,1996,8(2):85-88
- [15] 龚慧明,贺浩华,刘宜柏,曾汉来. 萍乡显性核不育水稻临界温度值及其温度敏感期的研究[J]. 中国水稻科学,2000,14(1):19-23
- [16] 龚慧明. 光照长度对萍乡显性核不育水稻育性转换的影响[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版)2006,23(2):60-61,79

(责任编辑 王媛媛)