

水稻光温敏不育系 19XS 的选育及其特性分析

阚雯俊¹ 李行润² 周发松² 冯芳² 吴边¹
陈俊孝¹ 石少阶¹ 周雷¹ 王静¹ 游艾青^{1,3}

¹湖北省农业科学院粮食作物研究所/粮食作物种质创新与遗传改良湖北省重点实验室, 430064, 湖北武汉;

²武汉双绿源创芯科技研究院有限公司, 430050, 湖北武汉; ³湖北洪山实验室, 430070, 湖北武汉)

摘要 光温敏不育系是杂交水稻育种的宝贵资源, 以新发现的水稻光温敏不育系 19XS 为材料, 对其育种过程、农艺性状、育性转换特性、杂交后代育性及基因型进行分析。结果表明, 在武汉地区 (5 月初播种), 19XS 从 8 月初抽穗到 9 月底保持稳定不育状态, 约 45 d 以上; 10 月 3 日后开始出现少量育性转换。19XS 在海南地区 (11 月下旬播种, 3 月初抽穗) 通常表现为可育, 具有光温敏育性转换特征。遗传分析表明, 19XS 是一个新的隐性不育系, 其不育性不受遗传背景干扰。19XS 与香 78S 杂交后代 (19XS/香 78S) 表现出优良的农艺性状, 包括株型紧凑、穗大粒多以及结实率高等。基因芯片检测结果显示, 19XS 和 19XS/香 78S 均含有温敏雄性不育基因 *TMS5*。研究结果为杂交水稻育种提供了新的材料基础。

关键词 水稻; 光温敏不育系; 19XS; 育性转换; 基因型分析

杂交水稻通过利用水稻杂种优势提升产量, 是保障世界粮食安全的重要举措^[1]。光温敏不育系 (photo-thermo-sensitive genic male sterile line, P/TGMS) 具有独特的育性转换特性, 在杂交水稻育种中应用价值显著^[2]。其育性受环境温度及光周期调控, 在典型情况下, 植株于高温 (或长日) 条件下表现为雄性不育, 低温 (或短日) 条件下则可育, 这一特性使杂交制种更为便捷。近年来, 分子生物学技术发展迅速, 众多水稻 P/TGMS 基因被成功克隆且功能得到验证, 为 P/TGMS 系的创制与利用提供了坚实的理论基础^[3-4]。基因芯片技术作为高通量基因分型技术, 可同步检测水稻基因组中成千上万个遗传标记, 为快速鉴定水稻品种、分析基因型及挖掘关键基因提供了有效工具^[5]。

本研究运用基因芯片技术对 19XS 及其杂交后代开展基因型分析, 通过单核苷酸多态性 (SNP) 标记分析, 直接检测了与光温敏不育特性相关的功能基因。此方法有助于明确其遗传背景, 验证不育性与特定基因位点的关联性, 为深入探究 19XS 光温敏不育的遗传机制提供了重要依据。19XS 源自籼粳亚种间杂种优势利用的杂交水稻系统工程研究, 其具备稳定的光温敏不育特性, 经多代种植观察与遗传分析证实, 19XS 的不育性不受遗传背景

影响, 属于一种新的隐性不育系。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以新选育的水稻光温敏不育系 19XS 及其与香 78S (X78S) 的杂交组合为供试材料, 19XS 是从籼粳杂交稻甬优 6078 的后代中发现的一株自然突变体, 香 78S 是一个广泛使用的光温敏不育系。

1.2 试验方法

于湖北省武汉市和海南省陵水县进行田间试验。两地试验田均为典型稻作土壤, 武汉市试验地耕层 pH 约 6.4、有机质约 25.0 g/kg; 陵水县 pH 约 6.8、有机质约 18.0 g/kg, 速效磷和速效钾为当地常见水平。于 5 月 10 日在武汉播种, 6 月初插秧; 于 11 月下旬在陵水播种, 次年 3 月初抽穗。每个试验地点设置 4 个重复, 每小区面积 16 m² (4 m×4 m), 行距 22.5 cm, 株距 16.5 cm, 每穴插 1 苗, 田间管理同常规大田管理措施。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 农艺性状 考察全生育期、株高、穗长、每穗粒数和结实率等主要农艺性状。

1.3.2 育性鉴定 于抽穗期, 每天观察 19XS 的花药颜色和花粉活力, 取新鲜花药, 用 1% 碘-碘化

作者简介: 阚雯俊, 主要从事水稻育种研究, E-mail: zwj_19850202@whu.edu.cn

游艾青为通信作者, 主要从事水稻育种研究, E-mail: aq_you@163.com

基金项目: 湖北省重点研发计划项目 (2023BBB031); 湖北省科技重大专项 (2022ABA001)

收稿日期: 2024-09-03; 修回日期: 2024-10-12; 网络出版日期: 2024-12-06

钾 (I₂-KI) 溶液染色后在显微镜下观察花粉粒形态和染色情况, 计算可育花粉百分比。同时进行自交结实率测定, 对 19XS 与香 78S 的杂交 F₁ 至 F₆ 代进行连续种植观察, 考察其表型性状和育性表现。以培矮 64S 为对照 (CK)。

1.3.3 基因芯片分析 利用 GSR 40K 芯片对 19XS、香 78S 及其杂交后代进行全基因组基因分型, 检测其纯合度和籼粳特性。提取水稻叶片 DNA^[6], 按照标准流程^[7]进行芯片杂交和扫描。使用 Axiom Analysis Suite 软件进行基因型判读和数据分析, 鉴定育性相关基因。

1.4 数据处理

采用 Excel 2019 软件对表型数据进行统计分析。使用 R 4.3.3 软件对基因芯片数据进行可视化分析, 并绘制基因组组成图谱。

2 结果与分析

2.1 选育过程

于 2006 年, 利用籼粳亚种间杂种优势进行杂交水稻系统工程研究。从湖北省武汉市亘谷源基地选择 6 个甬优 6078 系列组合的 F₁ 种子, 种植于海南省陵水县华中师范大学南繁基地, 获得 6 个 F₂ 群体, 每个群体 500 株。于 2017 年 4 月, 从每个 F₂ 群体中选择 10 个生长旺盛、结实好、后期转色好且米质优良的单株, 共计 60 个 F₂ 单株, 种植后形成 60 个 F₃ 株系。将 F₃ 株系种植于湖北省荆州市, 每个株系种植 200 株。9 月收获时, 从每个 F₃ 株系中选择 2 个表现最优的单株, 形成 120 个 F₄ 单株, 并于海南省陵水县加代种植。于 2017 年冬季, 在华中师范大学南繁基地种植 120 个 F₄ 单株, 获得 120 个 F₅ 株系。2018 年 3 月开始, 选用表现优良的 F₅ 株系作父本进行测交, 4 月收获种子, 形成 120 个 F₆ 株系。于 2018 年夏季, 将 F₆ 株系种植于湖北省荆州市。于 2019 年 3 月, 在 35 个测交组合中, 以 1240 株系 (某个 F₆ 株系的后代) 作父本的杂交 F₁ 代表现突出, 农艺性状优良, 结实率高, 后期转色好。于 2019 年完成 1240 株系的收获和小面积制种, 在种植过程中发现 6 株表现较好且农艺性状优良的单株, 移栽异地种植。收获后, 其中 1 株表现完全雄性不育, 且开花习性好, 柱头外露率高, 命名为 19XS (图 1)。具体选育过程见表 1。



图 1 1240 和 19XS 植株表型

Fig.1 Plant phenotypes of 1240 and 19XS

表 1 水稻光温敏不育系 19XS 选育流程
Table 1 Breeding procedure of photo-thermo-sensitive genic male sterile rice line 19XS

世代 Generation	选育操作 Breeding operation
F ₁	于 2016 年 9 月, 选取甬优 6078 系列 F ₁ 种子, 在海南省种植
F ₂	于 2016 年冬季至 2017 年春季, 获得 6 个 F ₂ 群体, 每群体 500 株
F ₃	于 2017 年 4 月, 选择 60 个 F ₂ 优良单株, 种植形成 F ₃ 株系
F ₄	于 2017 年 9 月, 从 F ₃ 株系中选择 120 个优良单株形成 F ₄
F ₅	于 2017 年冬季, 将 F ₄ 种植于海南省, 并收获 F ₅ 种子
F ₆	于 2018 年春季, 种植 F ₅ 并用于测交, 形成 120 个 F ₆ 株系; 于同年夏季, 将 F ₆ 株系种植于湖北省
F ₇	于 2019 年 3 月, 发现优良株系 1240; 同年种植 1240 株系 F ₇ 代, 发现并命名雄性不育株 19XS

2.2 19XS 的特性

2.2.1 生育特性 19XS 是一个新选育的水稻不育系, 具有优良的农艺性状。其株高适中, 在 75 cm 左右, 穗长约 25.6 cm, 全株叶片数 13.5, 叶片细长挺直, 叶色深绿, 株型紧凑。在武汉地区于 5 月 10 日播种, 6 月 5 日插秧, 8 月 8 日前后抽穗, 播种至抽穗历期约 90 d。

19XS 的茎秆粗壮, 抗倒伏能力强, 抽穗整齐顺畅。穗型较大, 每穗平均总粒数可达 210, 着粒密度合理。19XS 的稻谷为长粒型, 长宽比 2.7:1, 成熟时谷粒饱满, 米色黄亮, 无腹白及垩白。米质优良, 千粒重在 28~30 g。

2.2.2 育性表现 经光温敏不育水稻人工光温育性鉴定, 在武汉地区 5 月 10 日播种的条件下, 于 7 月 22 日至 8 月 15 日期间, 19XS 在不同光照时长 (12.5 h、14.5 h 和自然光照) 及温度条件 (23.0 °C、24.0 °C 和自然温度) 下均表现出极高

的花粉败育度（99.56%~100.00%）和极低的自交结实率（0.00%），呈稳定的雄性不育性（表 2）。

表 2 2022 年光温敏不育水稻人工光温育性鉴定
Table 2 Identification of artificial photo-thermo-sensitive male sterility in photo-thermo-sensitive genic male sterile rice in 2022

材料 Material	鉴定条件（光长-温度） Identification condition (Photoperiod-temperature)	花粉观察日期 Pollen observation date	花粉败育度 Pollen sterility (%)	自交结实率 Self-pollination seed set rate (%)
19XS	14.5 h-23.0 °C	07/27-08/10	99.56	0.00
	14.5 h-24.0 °C	07/25-08/10	99.62	0.00
	12.5 h-24.0 °C	07/22-08/06	99.58	0.00
	14.5 h-自然温度	07/25-08/15	100.00	0.00
CK	14.5 h-23.0 °C	08/12-08/20	99.39	0.57
	14.5 h-24.0 °C	08/10-08/20	99.51	0.00
	12.5 h-24.0 °C	08/09-08/18	97.25	1.08
	14.5 h-自然温度	08/10-08/25	99.88	0.00

2.2.3 测配能力 在杂交测配中，19XS 展现出良好的杂种优势和配合力。作为籼粳交不育系，19XS 与不同父本杂交后的 F₁ 代表现突出（表 3），其全生育期适中（119~127 d），株高适应性强（70~145 cm），穗长在 28~35 cm；结实率大多超过

85%，最高达 96.63%（19XS/鄂丰丝苗）；千粒重表现良好，在 20.0~32.0 g；单穗粒重范围为 6.5~15.2 g，总粒数最高达 695（19XS/7041），展现出较大的库容量和产量潜力。这些数据凸显了 19XS 在水稻育种中的重要价值，为培育高产优质杂交水

表 3 19XS 测交 F₁ 代主要农艺性状表现
Table 3 Main agronomic traits of 19XS test cross F₁ hybrids

编号 Code	组合 Combination	全生育期 Total growth (d)	株高 Plant height (cm)	穗长 Panicle length (cm)	总粒数 Total grains	实粒数 Filled grains	结实率 Seed setting rate (%)	千粒重 1000-grain weight (g)	单穗粒重 Grain weight per panicle (g)
1	19XS/香 98S	119	92~122	30.0	346	284	82.08	23.0	6.5
2	19XS/香 86S	121	70~98	28.0	403	370	91.81	20.0	7.4
3	19XS/鄂丰丝苗	120	86~118	29.5	357	345	96.63	23.0	7.9
4	19XS/7041	122	102~145	35.0	695	611	87.91	25.0	15.2
5	19XS/1180	127	110~145	35.0	554	468	84.47	32.0	14.9
6	19XS/1050	123	82~120	30.0	442	397	89.81	24.0	9.5
7	19XS/1055	124	103~132	30.0	459	425	92.59	24.0	10.2
8	19XS/1061	124	89~120	32.0	558	478	85.66	22.0	10.5

稻品种提供了优良种质资源。

2.3 19XS/香 78S 杂交稻组合的选育及特性分析

2.3.1 19XS 和香 78S 的基因组分析 GSR 40K 芯

片的分析结果（图 2）显示，19XS 和香 78S 的纯合度分别为 93.00%和 99.83%，表明其基因型稳定。籼粳特性分析表明，19XS 和香 78S 均为偏籼类

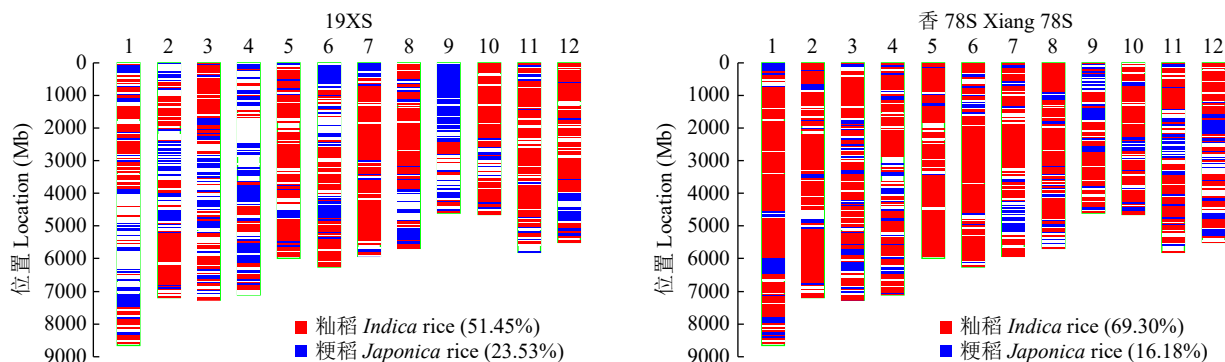


图 2 19XS 和香 78S 的基因组组成分析
Fig.2 Genomic composition analysis of 19XS and Xiang 78S

型,但 19XS 的粳稻成分比例更高,达 23.53%,这种粳稻成分的差异可能会影响其农艺性状和稻米品质,具体影响需要进一步研究。

2.3.2 19XS/香 78S 的遗传稳定性 为评估 19XS/香 78S 的遗传稳定性,对其 F₁~F₆代进行连续种植观察和基因型分析。结果显示,19XS/香 78S 的 F₁代结实正常,F₂代群体表现整齐一致,未出现分离,表明其具有良好的遗传稳定性。对 19XS/香 78S 的 F₂代进行高密度基因芯片检测,结果表明其

基因组中同时包含了母本 19XS 和父本香 78S 的遗传成分,进一步证实了其高度的遗传稳定性。

2.3.3 19XS/香 78S 的农艺性状 对 19XS/香 78S 的 F₁~F₆代农艺性状进行调查分析,结果如表 4 所示。19XS/香 78S 表现出优良的农艺性状,具体表现为株型紧凑,叶片深色,叶形狭长而窄细,整体挺直;分蘖力中强,成穗率较高,有效穗较多,穗大;结实率高,在 80%以上,后期转色较好;米质优良。然而,19XS/香 78S 的耐高温能力较差,需

表 4 19XS/香 78S 的 F₁~F₆代主要农艺性状比较

Table 4 Comparison of main agronomic traits of 19XS/Xiang 78S from F₁ to F₆ generations

世代 Generation	株高 Plant height (cm)	穗长 Panicle length (cm)	结实率 Seed setting rate (%)	千粒重 1000-grain weight (g)	每穗总粒数 Grains per panicle
F ₁	110.3	30.0	82.08	23.0	346
F ₂	110.5	30.2	82.15	23.2	347
F ₃	110.3	29.8	82.10	22.9	345
F ₄	110.4	30.4	82.05	23.4	346
F ₅	110.4	30.5	82.19	23.1	348
F ₆	110.7	30.1	82.13	23.3	344

要进一步改良。

2.3.4 育性基因分析 育性基因分析(表 5)表明,19XS 和香 78S 在关键育性基因的组成上存在明显差异。19XS 含有温敏雄性不育基因 *TMS5* 和粳亲亲和基因 *S5*,而香 78S 除了携带 *TMS5* 和 *S5* 基因外,还携带光敏育性恢复基因 *Rf2*。上述 3 个基因均通过 SNP 探针检测到。

表 5 19XS 和香 78S 及其杂交后代的基因特征

Table 5 Gene characteristics of 19XS and Xiang 78S and their hybrids

基因 Gene	表型 Phenotype	材料 Material
<i>TMS5</i>	高温条件下雄性不育,低温条件下可育	19XS, 香 78S, F ₁
<i>Rf2</i>	光敏育性恢复,长日照条件下恢复雄性育性	香 78S
<i>S5</i>	粳亲亲和,影响粳亲杂交后代育性	19XS, 香 78S, F ₁

在杂交组合中,19XS/香 78S 的 F₁代继承了双亲的 *TMS5* 和 *S5* 基因,这意味着 F₁代保留了温敏不育特性和粳亲亲和性。然而,*Rf2* 基因并未在 F₁代中检测到,表明光敏育性恢复特性在此次杂交中没有传递给后代。

3 讨论

本研究报道了水稻光温敏不育系 19XS 及其与香 78S 杂交组合的选育流程与特性分析。经多

年选育和观察,发现 19XS 及其杂交后代具备独特且有价值的特征,这些特征不仅对水稻育种具有重要意义,还为探索水稻遗传学机制开辟了新的研究方向。

19XS 在高温环境(武汉地区 5 月中旬至 9 月中旬)下表现为完全雄性不育,而在低温环境(海南省陵水县 11 月至次年 3 月)中可恢复可育性。这种温敏特性为杂交水稻制种提供了便利,可于南方高温地区开展杂交制种,在低温地区进行种子繁殖,实现“一系两用”。此特性与 TGMS 系 PA64S 类似^[8],但 19XS 的育性转换更为明确,温敏临界点更为稳定。此外,19XS 还具有开花习性良好和柱头外露率高的特点,有助于提高杂交结实率,与改良型 TGMS 系 C815S 存在部分相似优势^[9]。

19XS/香 78S 杂交组合表现出高度遗传稳定性,与传统杂交水稻 F₂代广泛分离的情况不同,该组合自 F₂代起,便呈现出高度的表型一致性与基因型稳定性,这或许源于 19XS 特殊的基因组构成。19XS 作为粳亲交材料,其基因组融合了粳亲与籼亲的遗传成分,这种独特的基因组构成可能引发某些基因间的特殊互作,进而维持了杂合状态的稳定,这与一些粳亲交杂种的优势固定现象存在一定相似性^[10]。粳亲交杂种优势固定现象指在杂交过程中,部分杂种后代历经多代繁殖后仍

能保持优势性状，不出现显著性状分离。不过，19XS/香 78S 组合的稳定性更强，持续世代更久，这可能是由于材料间遗传相似性高且基因组较为接近所致。

基因芯片分析表明，19XS/香 78S 组合中存在多个与育性相关的关键基因，如 *TMS5*、*Rf2* 和 *S5*，这些基因的存在及其相互作用可能是该组合呈现独特育性特征的分子基础。值得关注的是，19XS/香 78S 的 F_1 代虽继承了父本香 78S 的 *Rf2* 基因^[11]，却仍保持温敏不育性，暗示在该组合中 *TMS5* 基因可能发挥主导作用，或者存在某种未知的基因互作机制抑制了 *Rf2* 基因的功能。这与 Peng 等^[12]在 *TMS5* 基因功能研究中发现 *TMS5* 基因编码的 RNase ZS1 在调控水稻育性方面起关键作用的结果一致。此外，*S5* 基因的存在可能提升了 19XS/香 78S 组合的籼粳亲和性，这一特性不仅有助于提高杂交效率，还可能是该组合具备优良米质的原因之一。研究^[13]表明，*S5* 基因是调控籼粳杂交亲和性的关键基因，其功能型等位基因能够显著提高籼粳杂交的结实率。

基于本研究结果，未来研究方向可包括以下方面：其一，深入探究 19XS/香 78S 组合的遗传稳定性机制，借助全基因组测序和表观遗传学分析等技术手段，揭示其背后可能存在的新型遗传学原理；其二，充分利用 19XS 的特性，开展更为广泛的杂交组合测试，筛选出更多具有类似遗传稳定性的组合；其三，鉴于 19XS 耐高温能力欠佳，可考虑引入耐高温基因，如 *OsHTAS* 或 *OsHSP101*^[14]，以增强其在极端高温条件下的耐热性。此外，建议根据光周期调控关键基因的不同等位型，对不同生态区和播期条件下的抽穗期进行优化，以此提高制种效率，并确保目标性状能够稳定表达^[15]。同时，鉴于播期对花后干物质和氮素的积累以及向穗部转运具有正向促进作用，在制定制种繁育计划时，应优先选择适宜的播期，从而协同提高结实率和最终产量^[16]。综上，19XS 及其与香 78S 的杂交组合不仅为水稻育种提供了新的优良材料，也为探索水稻遗传学与育种学的前沿问题提供了材料支撑。未来研究不仅要着眼于其直接的育种应用，更要深入探索其背后的生物学机制，这有望推动水稻遗传育种领域取得新突破。未来可进一步探索 19XS 光温敏不育性的分子调控网络，开发与其育性相关的分子标

记以提高育种效率。

4 结论

经多年选育和系统评估，成功创制了水稻光温敏不育系 19XS。本研究揭示了 19XS 的育性转换特性、农艺性状和遗传背景，为其在杂交水稻育种中的应用奠定基础。19XS 具有独特的籼粳杂合基因组构成，使其在与不同类型亲本杂交时表现出良好的配合力，19XS 可为优质杂交稻新品种选育提供材料基础。

参考文献

- [1] Chen H D, Xie W B, He H, et al. A high-density SNP genotyping array for rice biology and molecular breeding. *Molecular Plant*, 2014, 7(3): 541-553.
- [2] Lee D S, Chen L J, Suh H S. Genetic characterization and fine mapping of a novel thermo-sensitive genic male-sterile gene *tms6* in rice (*Oryza sativa* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 2005, 111(7): 1271-1277.
- [3] Hussain J A, Ali J, Siddiq A E, et al. Mapping of *tms8* gene for temperature-sensitive genic male sterility (TGMS) in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Breeding*, 2012, 131(1): 42-47.
- [4] Wang C H, Zhang P, Ma Z R, et al. Development of a genetic marker linked to a new thermo-sensitive male sterile gene in rice (*Oryza sativa* L.). *Euphytica*, 2004, 140(3): 217-222.
- [5] Singh N, Jayaswal P K, Panda K, et al. Single-copy gene based 50 K SNP chip for genetic studies and molecular breeding in rice. *Scientific Reports*, 2015, 5: 11600.
- [6] 宋尚新, 肖红梅, 高峰, 等. 转基因稻米 DNA 提取方法的比较研究. *食品科学*, 2010, 31(22): 445-448.
- [7] Thomson M J, Zhao K Y, Wright M H, et al. High-throughput single nucleotide polymorphism genotyping for breeding applications in rice using the BeadXpress platform. *Molecular Breeding*, 2012, 29(4): 875-886.
- [8] Chen X J, Hu J H, Zhang H Y, et al. DNA methylation changes in photoperiod-thermo-sensitive male sterile rice PA64S under two different conditions. *Gene*, 2014, 537(1): 143-148.
- [9] Chen Q H, Zeng G, Hao M, et al. Improvement of rice blast and brown planthopper resistance of PTGMS line C815S in two-line hybrid rice through marker-assisted selection. *Molecular Breeding*, 2020, 40(2): 21.
- [10] Song X W, Lin J R, Wu M G. Review and prospect on utilization of heterosis between *indica-japonica* rice subspecies. *Chinese Science Bulletin*, 2016, 61(35): 3778-3786.
- [11] 段疏颖, 吴婷, 李霞, 等. 水稻细胞质雄性不育及其育性恢复基因的研究进展. *作物杂志*, 2022(1): 20-30.
- [12] Peng G Q, He Y, Wang M M, et al. The structural characteristics and the substrate recognition properties of RNase ZS1. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2021, 158: 83-90.
- [13] Mi J M, Lei Y, Kim S R, et al. An effective strategy for fertility improvement of *indica-japonica* hybrid rice by pyramiding *S5-n*, *f5-n*, and *pf12-j*. *Molecular Breeding*, 2019, 39(9): 138.
- [14] Katiyar-Agarwal S, Agarwal M, Grover A. Heat-tolerant basmati rice engineered by over-expression of *hsp101*. *Plant Molecular*

- Biology, 2003, 51(5): 677-686.
- [15] 徐晓征, 王建军. 光周期影响水稻抽穗的分子机制研究进展. 作物杂志, 2025(1): 15-25.
- [16] 孙琪, 耿艳秋, 金峰, 等. 播期对直播水稻产量、花后各器官干物质和氮素积累及转运的影响. 作物杂志, 2020(5): 119-126.

Development and Characterization of Photo-Thermo-Sensitive Genic Male Sterile Rice Line 19XS

Zha Wenjun¹, Li Xingrun², Zhou Fasong², Feng Fang², Wu Bian¹,
Chen Junxiao¹, Shi Shaojie¹, Zhou Lei¹, Wang Jing¹, You Aiqing^{1,3}

(¹Institute of Food Crops, Hubei Academy of Agricultural Sciences/Hubei Key Laboratory of Food Crop Germplasm and Genetic Improvement, Wuhan 430064, Hubei, China; ²Wuhan Shuanglüyuan Chuangxin Technology Research Institute Co., Ltd., Wuhan 430050, Hubei, China; ³Hubei Hongshan Laboratory, Wuhan 430070, Hubei, China)

Abstract Photo-thermo-sensitive genic male sterile (P/TGMS) lines are precious resources for hybrid rice breeding. Using the newly discovered rice P/TGMS line 19XS as material, its breeding process, agronomic traits, fertility conversion characteristics, hybrid progeny fertility, and genotype were analyzed. The results showed that in Wuhan area (sown in early May), 19XS maintained a stable sterile state for more than 45 days from heading in early August to late September; a small amount of fertility conversion began to occur after October 3. In Hainan area (sown in late November, heading in early March), 19XS generally appeared fertile, exhibiting photo-thermo-sensitive fertility conversion characteristics. Genetic analysis indicated that 19XS is a new recessive genic male sterile line, and its sterility is not interfered with by the genetic background. The hybrid progeny of 19XS and Xiang 78S (19XS/Xiang 78S) exhibited excellent agronomic traits, including compact plant type, large panicles with numerous grains, and high seed setting rate. Gene chip detection results showed that both 19XS and 19XS/Xiang 78S contain the thermo-sensitive male sterile gene *TMS5*. These findings provide a new material basis for hybrid rice breeding.

Key words Rice; Photo-thermo-sensitive genic male sterile line; 19XS; Fertility conversion; Genotype analysis