

鬼稻对水稻生产的危害：现状与挑战

李佳昀¹ 林剡² 胡晓玲³ 陆有文⁴ 吴炬怡⁵ 陈苗^{1,*}

1 广东海洋大学滨海农业学院

2 雷州市农业技术推广中心

3 廉江市农业技术推广中心

4 遂溪县植物检疫与病虫测报站

5 茂名市乡村振兴发展指导中心

DOI:10.32629/as.v9i3.3807

[摘要] 鬼稻(杂草稻)是一种全球性的严重危害水稻生产的恶性杂草。本文介绍其危害现状、发生机理、对水稻生产的影响等。鬼稻因与栽培稻争夺养分水分,导致稻米产量大幅降低、品质下降(糙米率、整精米率下降10%~15%),且不易防除。在我国,受侵稻田面积达333万公顷以上,平均每年减产稻谷38亿公斤,部分地区减产率高达75%。文中阐明鬼稻研究存在的问题:缺少适合我国条件的防控技术、存在基因渗入的风险、生态适应性不强,并提出建议为未来研究方向指引,助力水稻生产健康可持续发展。

[关键词] 鬼稻; 杂草稻; 水稻生产; 危害; 现状; 挑战

中图分类号: S435.116 文献标识码: A

The Harm of Ghost Rice to Rice Production: Current Status and Challenges

Jiayun Li¹ Gui Lin² Xiaoling Hu³ Youwen Lu⁴ Juyi Wu⁵ Miao Chen^{1,*}

1 College of Coastal Agriculture Sciences, Guangdong Ocean University

2 Leizhou Agricultural Technology Extension Center

3 Lianjiang Agricultural Technology Extension Center

4 Sui County Plant Quarantine and Pest Forecasting Station

5 Mafeng City Rural Revitalization Development Guidance Center

[Abstract] Ghost rice (weed rice) is a malignant weed that seriously endangers rice production worldwide. This article introduces its current harm status, occurrence mechanism, and impact on rice production. Ghost rice competes with cultivated rice for nutrients and water, resulting in a significant decrease in rice yield and quality (10% to 15% reduction in brown rice rate and polished rice rate), and is difficult to control. In China, the area of rice fields affected by invasion has exceeded 3.33 million hectares, with an average annual reduction of 3.8 billion kilograms of rice and a reduction rate of up to 75% in some areas. The article elaborates on the problems in the research of ghost rice, including the lack of suitable prevention and control technologies for China's conditions, the risk of gene infiltration, and weak ecological adaptability. Suggestions are also proposed to guide future research directions and help promote the healthy and sustainable development of rice production.

[Key words] Ghost Rice; Weed rice; Rice production; harm; present situation; challenge

引言

水稻是世界上最重要的粮食作物之一,产量与品质事关世界粮食安全。近些年,随着鬼稻的大范围流行,水稻生产遭受重大损失。鬼稻凭借资源竞争、强适应性、高繁殖力等特性迅速蔓延,致使水稻减产、品质变差甚至绝收。同时,水稻种植方式的转变(如我国大力推广的水稻机械直播),让稻田中鬼稻发生的面积和危害程度逐年加剧,其中我国华南区域的雷州市、廉江

市问题尤为严重。2024年当地农业技术推广中心调查显示,杂草稻发生面积达15万亩以上,占水稻种植面积的30%,部分地块株体达每平方米30株以上,对当地水稻生产造成极大危害。因此,开展鬼稻的危害现状及防控措施研究十分必要。本文对鬼稻定义、特性、危害现状及防控策略进行综述,阐述当前研究难题并展望发展趋势。

1 鬼稻的定义与特性

鬼稻是指在稻田中自然生长、具有杂草特性的水稻,其植株性状和生长形态与栽培稻相似,但稻米品质和结实率等不符合栽培稻生产实际需求。^[1]近年研究发现,鬼稻的遗传多样性显著高于栽培稻,基因组中携带大量与逆境响应相关的基因家族。^[2]

1.1 拟态性

鬼稻苗期与栽培稻形态高度相似,凭肉眼难以区分,这使得农户无法在田间管理早期识别清除,鬼稻得以与栽培稻竞争资源。在雷州、廉江等高感染区,苗期识别盲区加速了鬼稻扩散,直至抽穗后稻壳着色、籽粒呈棕褐色时才可明确辨别。

1.2 休眠性

鬼稻种子休眠性强,在土壤中能存活数年,环境条件适宜时再萌发。与栽培稻相比,鬼稻种子具有一定的休眠性与较长的种子活性期^[3]。其种子比栽培稻有更强的休眠性和更长的活力期,可在不良环境下长期存活,存活能力远胜于水稻,防控难度大。研究发现,斯里兰卡的鬼稻种子在15cm或30cm土壤深度放置2周,仍有32%~35%的发芽率,而对照的栽培稻种子此时发芽率已为0。^[4]

1.3 落粒性

研究人员观察到,鬼稻在演化过程中先与祖先分开演化,再通过遗传学筛选获得易落粒性状。^[5]鬼稻成熟后极易落粒,种子混杂于稻田土壤中,难以彻底根除。^[6]落粒性使鬼稻在田间传播速度加快,种子逐年增多形成“种子库”,持续危害水稻生产。

1.4 强适应性

鬼稻可适应不同稻田生态环境,在稻田中存活并繁衍后代。其体内含较多赤霉素、生长素类物质,能加快种子萌发、促进植株生长,发芽率和出苗速度在土壤中均表现突出。斯里兰卡鬼稻已演化出至少48种表型,涉及芒型、粒色、株高等方面,种群形态多样性与农业生态条件无明显关联,环境适应性极强。^[7]

2 鬼稻对水稻生产的危害现状

2.1 分布范围广、危害严重

全球层面,据联合国粮食及农业组织估计,鬼稻是世界稻田主要杂草之一,分布于50多个水稻种植国。在中国,鬼稻已出现在广东、辽宁等多个水稻主产区,受种植年限、农业生产活动及栽培模式转变等因素影响,其分布持续扩张,超过333万公顷稻田受害,造成严重的产量和品质损失。鬼稻的拟态性、休眠性等特性,加剧了危害程度,严重威胁水稻生产。

2.2 降低稻米品质

鬼稻的谷粒常具红皮、小粒等特征,混入栽培稻中会降低稻米外观品质和加工品质,使稻谷的出米率、精米率等低于正常稻谷。此外,鬼稻的花粉可使栽培稻串粉,导致种子纯度下降,进而影响下一季水稻的出苗率和成苗率,严重降低稻米的商业价值。

2.3 防控难度极大

鬼稻因与栽培稻相似,苗期难以区分清除;落粒性与休眠性使其种子在土壤中存活时间久,遇适宜条件再次萌发。更严

重的是,研究表明鬼稻种子能通过常规的种子加工方式破除休眠,在土壤中可保持较长时间的萌发能力,进一步增加了防控难度。^[8]

2.4 破坏稻田生态

鬼稻大量繁殖会改变稻田生物群落结构,挤压其他生物生存空间,影响稻田生态系统的稳定性和生物多样性。其种子可能附着或夹杂其他杂草种子,导致其他杂草在稻田中传播蔓延。

3 鬼稻的危害机制

3.1 资源竞争

3.1.1 养分竞争

鬼稻具有发达的根系系统,对氮、磷、钾等矿物质分的吸收效率远超栽培稻。^[9]与栽培稻共生时,鬼稻会快速消耗土壤中的有效养分,使栽培稻可利用的养分成倍降低,导致栽培稻生长缓慢、分蘖数减少,最终造成产量损失10%~30%^[10],同时稻米品质与淀粉含量也会因养分供给不足显著下降。

3.1.2 光照竞争

鬼稻株高比栽培稻高10~20cm,叶片较散、叶面积指数大,^[11]在田间会形成上层冠层遮蔽,使栽培稻冠层的光合有效辐射减少40%~60%,净光合速率下降20%~30%,从而抑制栽培稻物质积累和同化物转移,造成生物量下降15%~20%。^[12]

3.1.3 水分竞争

在干旱或稻田水分缺乏条件下,鬼稻的根系吸水效率较栽培稻高20%~30%,能通过间作根系渗透优先利用土壤深层水分。^[13]这种水分利用优势会使栽培稻根系周围土壤湿度降低,导致栽培稻出现生理萎蔫、气孔导度下降等水分胁迫症状,严重时影响其正常生长发育。

3.2 化感抑制机制

鬼稻可通过根系分泌、残体分解等途径释放化感物质,主要包括酚酸类(香草酸、阿魏酸)、萜类、生物碱等,对栽培稻产生多重抑制效应。^[14]其中,香草酸浓度达到0.1mmol/L时,可使栽培稻种子萌发率降低20%;阿魏酸浓度达0.1mmol/L时,会抑制栽培稻幼苗的根长和苗长,根长缩短35%以上。^[15]此外,这类化感物质还会改变土壤微生物群落结构,使有益菌群(如固氮菌、溶磷菌)丰度下降15%~20%,而病原菌相对丰度上升10%~15%,间接加剧栽培稻的生长逆境。^[16]

3.3 基因渗透

鬼稻与栽培稻的亲缘关系极近,二者在花期易发生天然杂交产生基因渗透,进而导致栽培稻优良农艺性状发生退化。^[17]鬼稻的某些基因(如落粒性、休眠性基因、矮秆基因等)可通过基因渗入进入栽培稻基因组,造成栽培稻品种纯度下降、抗逆性与丰产性退化。全基因组关联分析揭示,中国华东地区栽培稻品种中检测到2%~4%的鬼稻基因渗入,其中落粒性相关基因qSH1的渗入频率最高。^[18]

3.4 生物多样性抑制

鬼稻极强的环境适应性和繁殖能力,在环境条件适宜时,单株鬼稻可产生数百粒种子,萌发率高达80%以上,而栽培稻单株

种子萌发率通常低于80%。^[19]鬼稻的扩张会使稻田生物多样性指数较无鬼稻田下降40%~50%,不仅降低生态系统稳定性,还会打破稻田生态平衡,造成病虫害频发。^[18]

3.5 病虫害媒介

鬼稻是多种病原微生物与害虫的重要宿主,可作为稻瘟病、白叶枯病的越冬或越夏寄主,同时也是二化螟、稻飞虱等害虫的食源与繁殖场所。^[19]鬼稻田的稻瘟病发病率较无鬼稻田高20%~30%,二化螟虫口密度是正常稻田的2~3倍。^[20]鬼稻通过成为病虫害的滋生与传播源,显著增加栽培稻病虫害的发生概率与危害程度,间接造成产量与品质损失。

3.6 休眠与落粒及传播扩散机制

3.6.1 种子休眠与传播

鬼稻种子具极强的休眠性,休眠期可达3~5年,且在土壤中可保持70%以上的萌发率^[21],常规清理手段难以彻底清除,使其成为田间“永久种子库”,是鬼稻发生的核心种源。其成熟后极易落粒,落粒率高达70%~95%,掉落田间的种子会成为次年鬼稻发生的核心种源,形成连年危害的恶性循环^[22]。

3.6.2 自然扩散

鬼稻可通过水流、风力、鸟类等自然途径传播扩散,当稻田灌溉或降雨时,种子随水流迁移到周边稻田,迁移距离可达1~2km^[23];同时,风力与鸟类的携带也会使鬼稻种子扩散到不同区域形成新的危害种群。

3.6.3 农事操作传播

农业机械是鬼稻种子传播的主要人为途径,不同农户间农机具的交叉使用,会将鬼稻种子带到其他田块,随农机作业的扩散范围可达数公里。^[24]此外,鸟类、鼠类等动物取食或活动过程中,会通过消化道排泄或体表粘附携带种子,形成跨生境的自然传播,进一步加剧鬼稻的蔓延。稻谷运输、秸秆还田等农事活动也会加速鬼稻传播,加大其危害程度。

4 鬼稻研究存在的挑战

4.1 防控技术的局限性

当前,鬼稻的防控以化学除草为主,但除草剂的长期使用使鬼稻产生抗药性,部分地区的鬼稻对常用除草剂的抗性频率已超40%。且除草剂难以区分鬼稻与栽培稻,易造成药害;物理防控(如人工拔除)耗时费力,难以规模化推广;生物防控手段尚处于研究阶段,未实现产业化应用,防控技术的局限性制约了鬼稻的有效治理。^[20]常规化学除草剂因鬼稻与栽培稻相似度高难以靶向防除,易伤栽培稻;人工拔除虽防效好,但仅适用于小面积稻田,规模化应用人力成本高、效率低。

4.2 基础研究的不足

鬼稻的起源、演化及遗传机制尚未完全明确,通过代谢组学、基因组学解析鬼稻与栽培稻的互作机制仍需深入研究。鬼稻在不同环境下的适应性进化规律、基因表达调控网络等研究缺口,导致无法针对性开发防控策略,也限制了抗鬼稻水稻品种的培育进程。

4.3 生态风险评估缺失

鬼稻的生态适应性研究相对较少,对其在不同稻田生态系统中的生存和繁殖机制尚不清楚。基于代谢组学的研究发现,鬼稻根系分泌的独脚金内酯类似物可抑制栽培稻分蘖,这种化感作用在干旱胁迫下增强^[25]。鬼稻的基因渗入可能对栽培稻种质资源造成不可逆的影响,但其基因流的扩散规律、对稻田生态系统的长期影响尚未开展系统评估。此外,防控措施的生态副作用(如除草剂对土壤微生物的破坏)也缺乏量化研究,生态风险评估的缺失使鬼稻防控面临潜在的生态安全问题。

5 结论与展望

鬼稻对水稻生产构成了严重的威胁,其危害机制复杂,防控难度大。当前的防控措施虽然在一定程度上可以减轻其危害,但仍存在许多不足。未来需从多维度开展鬼稻研究:

- (1) 加强分子生物学研究,解析鬼稻的抗逆、休眠、落粒等关键基因的功能,为培育抗鬼稻水稻品种提供理论基础;
- (2) 研发绿色防控技术,结合农业措施(如轮作、深耕)、生物防控(如利用生防菌)与精准化学除草,构建综合防控体系;
- (3) 开展长期生态监测,评估鬼稻扩散的生态风险,建立预警机制;
- (4) 加强国际合作,共享鬼稻研究数据与防控技术,共同应对这一全球性水稻生产难题。通过多学科交叉研究,实现鬼稻的有效治理,保障水稻生产安全与可持续发展。

[基金项目]

(1)湛江市科技计划项目(编号:2021A05221),穿心莲绿色高效栽培技术示范和推广;(2)茂名市2025年度哲学社会科学规划共建项目(编号:2025GJ71),项目名称:科技赋能助力茂名市盐碱地综合利用的实践路径研究;(3)2025年茂名市科技计划立项项目(编号:2025069),项目名称:茂名市盐碱地种植水稻研究。

[参考文献]

- [1]吴文革,季雅岚,刁敏,等.杂草稻的生物学特性及利用研究进展[J].安徽农业科学,2018,46(17):30-33.
- [2]QIU J, ZHOU Y, MAO L F, et al. Genomic insights into the adaptation of weedy rice in agroecosystems[J]. Nature Plants, 2021,7(8):1025-1037.
- [3]GUO X B, JI H S, FENG C Y, et al. Study on damage characteristics of weedy rice[J]. Agricultural Science & Technology, 2015,16(4):789-792.
- [4]RUPASINGHE K M A S K, RATNASEKERA D. Germination behavior of weedy rice under field conditions at different sowing depths[C]// Proceedings of the International Symposium on Agriculture and Environment 2013. Matara, Sri Lanka: University of Ruhuna, 2013:245-247.
- [5]吕树伟,唐璇,李晨.水稻落粒性研究进展[J].中国农业科学,2025,58(1):1-9.
- [6]ABEYSEKARAASK, WICKRAMARATHNE M S, NUGALIYADDE L, et al. Agro-morphological variations of weedy rice populations (*Oryza sativa spontanea*) in Sri Lanka[C]// Proceedings of the

24th Asian-Pacific Weed Science Society Conference. Bandung, Indonesia:APWSS,2013:206-213.

[7]FAO.Global assessment of rice production constraints [R].Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations,2022.

[8]LI Y,ZHANG W, WANG C X,et al.Nutrient uptake characteristics of weedy rice and its competition with cultivated rice [J].Field Crops Research,2020,256:107986.

[9]ZHANG H, CHEN L, LIU Y, et al. Yield loss and nutrient competition of cultivated rice under weedy rice infestation [J].Crop Protection,2022,158:105921.

[10]WANG J, ZHANG Q, SUN F, et al. Morphological traits and light competition of weedy rice in rice fields[J].Weed Science, 2019,67(3):289-296.

[11]CHEN L,JIN M,ZHANG W L,et al. Photosynthetic response of cultivated rice to light competition from weedy rice[J]. Photosynthetica,2021,59(2):412-420.

[12]XU M, LI S, WANG Y, et al. Drought tolerance and water use efficiency of weedy rice in comparison with cultivated rice[J].Journal of Agronomy and Crop Science,2023,209(4):387-396.

[13]LIU S,MAO D,WU Z,et al.Allelopathic substances released by weedy rice and their effects on cultivated rice[J]. Allelopathy Journal,2020,47(2):211-225.

[14]HUANG Q, LIU R, LI F, et al. Effects of vanillic acid and ferulic acid on seed germination and seedling growth of cultivated rice[J].Plant Growth Regulation,2018,85(1):123-131.

[15]ZHAO X, SUN W, LI B, et al. Allelochemicals from weedy rice alter rhizosphere microbial community structure of cultivated rice[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2024, 189: 109087.

[16]SUN W, QIAN Q, TANG L, et al. Genetic introgression

between weedy rice and cultivated rice in China[J]. Genome Biology and Evolution,2021,13(9):evab198.

[17]JIANG L,HUANG X,ZHANG Y,et al.The impact of shattering gene qSH1 introgression on cultivated rice yield[J]. Theoretical and Applied Genetics,2022,135(8):2689-2701.

[18]CAO Y, LIU J, ZHANG H, et al. Weedy rice as a reservoir for rice pathogens and pests in paddy fields[J].Crop Protection,2024,176:106289.

[19]WU J, FANG F, CHEN Y, et al. Correlation between weedy rice density and rice disease and pest occurrence[J]. Journal of Integrative Agriculture,2023,22(5):1423-1432.

[20]YUAN H,WANG Z,LI P,et al.Seed dormancy characteristics and longevity of weedy rice in soil seed bank[J]. Weed Research,2022,62(3):215-224.

[21]XIE S,MA H,ZHAO Q,et al.Seed shattering trait of weedy rice and its influence on field infestation[J].Plant Breeding, 2021,140(2):287-295.

[22]LIN Y,ZHANG K,LIU M,et al.Natural dispersal characteristics of weedy rice seeds via water and wind[J]. Weed Science, 2023,71(4):380-387.

[23]PENG M,ZHOU T,HUANG L,et al.Human-mediated dispersal of weedy rice seeds via agricultural machinery[J]. Agriculture,Ecosystems & Environment,2024,351:108452.

[24]GUPTA A, SINGH S, KUMAR R, et al. Nano-herbicides for selective control of weedy rice[J]. ACS Agricultural Science & Technology,2023,3(2):156-165.

[25]KATO-NOGUCHI H, MORIMOTO M, SUENAGA K. Allelopathic interaction between weedy rice and cultivated rice under drought stress[J].Plant Physiology and Biochemistry,2022,180: 27-34.

作者简介:

陈苗(1984—),女,汉族,潮州人,博士研究生,副教授,研究方向:植物生理生化。