

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2021.04.014

水稻稻曲病的发生规律及防治方法^①

邢艳¹, 王军¹, 杨娟², 张国芝³, 杨淞杰³

1. 四川省广安市农业农村局, 四川 广安 638000;
2. 四川省岳池县农业农村局, 四川 岳池 638399;
3. 四川省农业农村厅植物保护站, 成都 610041

摘要: 稻曲病是水稻三大病害之一, 不仅严重影响水稻的产量和品质, 其致病菌稻曲病菌(*Ustilaginoidea virens*)产生的毒素也严重威胁着人畜健康。近年来, 随着现代高产品种和两系杂交稻的推广、氮肥的过量使用以及全球气候的明显变化, 稻曲病在我国水稻主产区频繁暴发。本文总结了稻曲病的发病症状、分布与危害特点、病原菌及其侵染循环、发病因素和防治方法等方面的研究进展, 同时对未来研究方向进行了展望, 以期对稻曲病的防治提供有效的参考依据。

关键词: 稻曲病; 流行规律; 发病因素; 防治方法

中图分类号: S435.111.4 文献标志码: B 文章编号: 1007-1067(2021)04-0067-05

The Occurrence and Control of Rice False Smut

XING Yan¹, WANG Jun¹, YANG Juan²,
ZHANG Guozhi³, YANG Songjie³

1. Agricultural and Rural Bureau of Guang'an City, Guang'an, Sichuan 638000;
2. Agricultural and Rural Bureau of Yuechi County, Yuechi Sichuan 638399, China;
3. Plant Protection Station of Sichuan Agricultural and Rural Department, Chengdu 610041, China

Abstract: Rice false smut is one of the three major diseases of rice, which seriously affects the yield and quality of rice, and the pathogen *Ustilaginoidea virens* produces toxins that threaten human and animal health. In recent years, with the popularization of modern high-yield varieties and two-line hybrid rice, the extensive use of nitrogen fertilizers and a marked change in the global climate, rice false smut frequently breaks out in major rice-producing areas in China. In order to provide effective reference for the control of the disease, this paper summarizes the progress of researches of its symptoms, distribution and damage characteristics, pathogen and infection cycle, pathogenic factors and control methods, and discusses its research direction in the future.

Key words: rice false smut(*Ustilaginoidea virens*); epidemic regularity; pathogenic factor; control method

① 收稿日期: 2021-04-06

作者简介: 邢艳, 本科, 高级农艺师, 主要从事农作物病虫害监测和防治研究. E-mail: guanganzbz@163.com

稻曲病俗称伪黑穗病、青粉病,由稻曲病菌(*Ustilaginoidea virens*, 有性态为 *Villosiclava virens*)引起. 该病原菌在水稻扬花期通过侵染小花为害水稻穗部, 最终形成比健康谷粒大 3~5 倍体积的黄色或墨绿色稻曲球^[1]. 近年来稻曲病已从影响水稻生产力的次要病害上升成为主要病害, 不但影响稻米的产量和品质, 同时还产生大量对人类和动物有害的真菌毒素, 严重威胁着粮食安全^[2].

随着现代高产品种和两系杂交稻推广面积的不断扩大、氮肥的大量使用和气候显著变化, 稻曲病在我国南方稻区的发生频率及发病面积均呈加重趋势, 加之南方地区在水稻抽穗扬花期遭遇连绵阴雨概率大, 为稻曲病的暴发提供了有利的环境条件. 近年来, 稻曲病已成为四川稻区继水稻纹枯病和稻瘟病之后的第三大水稻病害, 对水稻安全生产造成了严重威胁. 本文总结了近年来稻曲病的发病规律和防治方法研究进展, 以期有效控制稻曲病的发生和危害提供参考.

1 稻曲病的症状、分布与危害

1.1 稻曲病的症状

稻曲病主要发生在水稻穗部. 水稻在扬花期感病, 侵染初期在田间难以观察到症状. 在实验室内对染病颖壳解剖发现, 染病初期在颖壳基部出现菌丝块, 侵染仅 2 d, 菌丝便可布满颖壳^[3]. 菌丝通过模拟水稻灌浆从而利用其营养物质进行繁殖, 最终形成的分生孢子座从颖壳缝隙处长出, 形成肉眼可见的稻曲球. 在大田观察到稻曲球时, 往往已到水稻灌浆后期, 错过了最佳防治时期. 稻曲球最初呈淡黄色, 其外覆盖一层光滑的膜. 随着病程的推进, 稻曲球颜色不断加深, 膜破裂后释放出黄色或墨绿色的厚垣孢子^[4].

1.2 稻曲病的分布

目前, 稻曲病在世界多个水稻种植区均有发生, 包括中国、印度、日本、埃及、美国、菲律宾等 40 多个国家^[5]. 稻曲病在我国的发生由来已久, 明朝李时珍的《本草纲目》就有关于稻曲病的记载, 将其描述为“硬谷奴, 谷穗煤者”, 20 世纪 50 年代该病在水稻种植区零星发生, 80 年代前后开始逐渐加重, 10 年内由长江流域、西南流域逐渐扩展到全国种植水稻的省份^[6]. 据估计, 2015—2017 年, 中国每年稻曲病的发生面积约有 240 万 hm^2 , 且在安徽、湖南、湖北、江苏、四川、江西和浙江等省尤为普遍^[7].

1.3 稻曲病的危害

1.3.1 严重影响产量

上世纪 80 年代以来, 随着杂交水稻和高产品种的大面积推广、氮肥的过量使用和全球气候的急剧变化等原因, 稻曲病在我国的发生日趋严重, 不同年份在不同稻区造成严重损失. 如 2004 年湖南稻区稻曲病暴发, 造成经济损失 2 亿元^[8]; 2015 年长江中下游稻区, 稻曲病发生面积达 520 万 hm^2 , 造成严重产量损失^[9]. 据四川农业农村部门不完全统计, 稻曲病在四川发生面积达 20 万 hm^2 左右. 研究发现, 稻曲病菌除消耗颖壳内营养物质外, 还消耗整个病穗营养. 稻曲病病粒数与结实率呈负相关^[10]. 单穗病粒数越多, 病穗空秕率越高, 千粒质量越低^[11].

1.3.2 毒素影响人畜健康

稻曲病菌产生的毒素主要有两大类, 一类是水溶性环肽类化合物即稻曲毒素(Ustiloxins), 另一类是脂溶性奈并吡喃酮类化合物即黑粉菌素(Ustilaginoidins). 目前已分离鉴定到的稻曲毒素共 7 种, 主要有 Ustiloxins A, B, C, D, E, F 和 G, 其中 Ustiloxins A 和 B 是最主要的两种稻曲毒素. 黑粉菌素共 27 种, 分别为 Ustilaginoidins A~W, E1, M1, isochaetochromin B2 和 2,3-dihydroustilaginoidin T, 其中 Ustilaginoidins A, B, C, G 和 I 是最主要的 5 种黑粉菌素^[7]. 毒素生物活性研究表明, 饲喂混有病粒的稻谷或注射毒素, 可导致动物大脑、心脏、肝脏、肺部、脾脏、肾脏、胃肠等多个脏器发生病变, 甚至死亡^[12-14]. 随后, 深入研究稻曲病菌毒素作用机理发现, 其可作用于动物细胞的微管蛋白, 不仅抑制微管聚合, 还抑制微管前体的解聚, 从而影响细胞骨架的稳定^[15]. 可见, 稻曲病产生的毒素严重影响稻谷及其制品的食用安全.

2 稻曲病病原菌及其侵染循环

2.1 稻曲病病原菌

稻曲病菌有性态(*Villosiclava virens*)属于子囊菌门子囊菌纲麦角菌科,无性态(*Ustilaginoidea virens*)属于半知菌门腔孢纲绿核菌属^[16]。有性态主要是菌核萌发形成子座、子囊和子囊孢子,无性态主要形成厚垣孢子和分生孢子^[17]。菌核、厚垣孢子、分生孢子萌发和菌丝生长适宜温度均在25~30℃。越冬的厚垣孢子在4~6℃的低温环境下可存活8月以上^[18-19]。

2.2 侵染循环

2.2.1 侵染源

稻曲病菌主要以附着在水稻种子表面或落入田间的厚垣孢子越冬,也可以菌核在土壤中完成越冬^[20]。在田间2~5月的菌核仍能维持较高的萌发率,若在低温和干燥条件下,最高可存活5年。越冬菌核在次年温湿度适宜的时候发育成子实体并产生大量的子囊孢子,形成初侵染源^[21]。此外,厚垣孢子在田间可存活5~6月,越冬厚垣孢子产生的分生孢子也可能成为初侵染源。由于从技术上无法在田间观察厚垣孢子的萌发情况,因此,厚垣孢子在稻曲病病害循环中的作用还需要更加深入的研究。厚垣孢子随风雨和灌溉水在田间传播,可形成再侵染,带菌种子是稻曲病远距离传播的主要方式^[22]。

2.2.2 侵染时期和侵染部位

由于稻曲病在穗期开始发病,普遍认为稻曲病菌在水稻孕穗后期侵染。通过用厚垣孢子接种芽期、三叶期、圆秆期和穗期水稻组织后发现,稻曲病菌从水稻种子萌发至抽穗期均可侵入^[23]。在水稻不同生育期对田间稻曲病厚垣孢子进行调查,发现随着花期临近,孢子量增大^[24]。解剖受侵染的稻粒,绝大部分稻曲球内含有完整的花序,说明侵染发生在开花前,抽穗期的侵染是导致穗部发病的主要原因^[25-26]。水稻破口初期的嫩颖最容易遭受侵染,而花序是最容易受到侵染的部位^[23]。

2.2.3 侵染过程

稻曲病菌最初是从水稻内稃和外稃之间的缝隙进入到小穗内部,随后侵染雄蕊花丝,而后菌丝向下和向上扩展,到达柱头、花药、浆片和子房,逐渐形成菌丝块,膨大后露出,并包裹小穗,形成稻曲球。其表面有一层白色薄膜,后期薄膜破裂,小穗外部产生大量的黄色或墨绿色的厚垣孢子粉,内部具有致密菌丝^[1]。

3 影响稻曲病发病的因素

3.1 品种

稻曲病在不同水稻品种上的发病程度不同。水稻品种的抗性差异与株高、剑叶角度、剑叶高度、穗密度、每穗总粒数、穗型、总枝梗数和着粒密度等农艺性状和生育期相关^[20]。总体上看,矮秆品种比高秆品种感病,糯型品种感病重于粳型、粳型重于籼型,晚熟品种比中熟和早熟品种感病,穗大、剑叶角度小、叶片宽的品种感病,直立穗型比弯曲穗型和半直立穗型感病,二次枝梗数多的品种比一次枝梗数多的品种感病,颖壳表面无绒毛的品种比粗糙有绒毛的感病^[26-27]。对我国主要水稻品种对稻曲病的抗性进行系统分析,抗性从强到弱依次是常规中籼稻、杂交中粳稻、中熟中粳稻、单季晚粳稻、迟熟中粳稻、杂交晚粳稻和杂交籼稻^[28]。

3.2 气象条件

气象条件是影响稻曲病侵染流行的重要因素。稻曲病发病程度与日照时数、降雨量、相对湿度和温度有密切关系^[29]。水稻孕穗至齐穗期,若遭遇连续阴雨天气且昼夜温差较小,病害发生就重^[30]。一般来说,山区丘陵地区由于湿度较大,稻曲病发生重于平原地区。但成都平原7—8月多雨且气温较高,导致该区域

稻曲病发生较重^[31]。

3.3 菌源量

稻曲病的发生程度与田间菌源量大小有直接关系。上一年发生稻曲病的田块,第2年发病的可能性高。种植同样的品种,稻曲病在老病区、重病区的发生程度重于新稻区^[32]。

3.4 栽培条件

不合理的栽培管理和水肥管理是稻曲病重要的诱发因素。研究发现,单独增施氮肥或磷肥,随着施用量的增加,稻曲病发病率升高^[33]。由于钾肥可增强水稻的抗逆能力,当氮、磷、钾配合施用时,能有效控制稻曲病的发生^[34]。播种密度大、栽植株距小、灌溉频繁、排水不良的地块田间相对湿度高,有利于稻曲病发生^[35]。稻曲病的发生程度还与播期相关,在四川省绵阳市梓潼县调查发现,播期越晚发病越重^[27]。

4 防治方法

4.1 抗病品种

选用抗病或耐病品种是有效防治稻曲病的基础。调查发现,感病品种病穗率可达80%~90%,而抗性品种仅零星发病。尽管稻曲病对水稻生产影响较大,但水稻品种审定并未将稻曲病的抗性作为评价标准。近年来,四川省农业科学院对四川主要生产品种稻曲病抗性进行了田间鉴定,“D 优 6511”“宜香优 2115”“宜香 725”“K 优 877”“川香 198”“C 优 2095”“F 优 498”等品种有较强抗性^[9, 36]。稻曲病常发区、重发区可考虑种植上述品种。

4.2 减少菌源

通过减少田间菌源量,能有效降低稻曲病发病程度。播种前要做好种子处理,减少种子带菌量。一般使用2%~3%石灰水、强氯精500倍液、50%甲基托布津可湿性粉剂500倍液或50%多菌灵可湿性粉剂500倍液浸种^[37]。近年来试验表明,啞菌酯、肟菌·异噻胺等药剂也可用于水稻浸种,配合使用氨基寡糖素、几丁聚糖等植物免疫诱抗剂不仅能杀灭附着在种子表面的病菌,还能增强幼苗的抗病能力。在重发区,除种子处理外,建议在插秧前要打捞秧田漂浮物,或把生石灰均匀撒入稻田后并灌水,能有效杀灭土壤中的菌核和厚垣孢子^[38]。

4.3 农业防治

根据水稻品种特性,调整播期,使水稻易感生育期避开连绵阴雨天气。科学搭配施肥,避免偏施、迟施氮肥。合理密植、合理灌溉、适时晒田,避免田间湿度过高。

4.4 药剂防治

稻曲病发生后没有有效的治疗药剂,因此主要以预防为主。水稻孕穗末期至破口初期是用药预防的关键时期。有研究认为“叶枕平”期(即剑叶叶枕与其下面一片叶的叶枕持平)和破口期分两次施药,对稻曲病防治效果较好^[39]。田间试验表明,爱苗、戊唑醇、氟环唑、多菌灵、啞菌酯、井冈霉素、琥胶肥酸铜等药剂对稻曲病有较好的防治效果^[40-41]。枯草芽孢杆菌、哈茨木霉等微生物制剂对稻曲病也有较好的控制效果^[42]。

5 问题与展望

当前,国内外学者对水稻稻曲病的病原菌、侵染过程、致病机理、水稻中的抗性基因和抗性机制等研究较多,但一些重要的问题还需深入研究,例如稻曲病菌的初侵染源和侵染过程仍存在争议,在水稻中是否存在用于水稻稻曲病抗病育种的R基因,稻曲病菌在侵染过程中如何阻断水稻的营养供应,效应基因和致病基因在稻曲病菌侵染过程中的功能等。此外,如何通过快速和早期的检测方法来预测水稻稻曲病的流行,以及筛选更高效的靶标药物防治稻曲病仍需进一步探索。

参考文献:

- [1] 王洪凯,林福呈. 稻曲病研究进展 [J]. 浙江农业学报, 2008, 20(5): 385-390.
- [2] 邓根生. 国内稻曲病研究现状 [J]. 植物保护, 1989, 15(6): 39-40.
- [3] 王兴国,汤洪涛,杨勤莲. 稻曲病病粒形成过程及对健粒的影响 [J]. 植物保护, 1989, 15(5): 30-31.
- [4] 晁金泉. 稻曲病侵染过程以及水稻响应稻曲菌侵染的转录组变化 [D]. 武汉: 武汉大学, 2013.
- [5] 杜 义,王 疏,褚茗莉,等. 水稻稻曲病的研究与进展 [J]. 病虫测报, 1991, 11(2): 46-49.
- [6] 徐传雨,谢关林. 稻曲病国内外研究现状 [J]. 种子, 2001, 20(6): 31-33.
- [7] QIU J H, MENG S, DENG Y Z, et al. *Ustilaginoides virens*: a Fungus Infects Rice Flower and Threats World Rice Production [J]. Rice Science, 2019, 26(4): 199-206.
- [8] 王金辉,陈越华. 湖南省 2004 年中、晚稻稻曲病流行情况调查 [J]. 中国植保导刊, 2005, 25(8): 14-15.
- [9] 范 滔. 稻曲病菌遗传多样性分析及雅恢 2115 系列组合对稻曲病的抗性评价 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2016.
- [10] 高 俊,奚本贵,吴永方,等. 稻曲病产量损失测定及经济阈值初探 [J]. 江苏农业科学, 2001, 29(3): 36-37, 43.
- [11] 姜志强,姜志超,姜志浩,等. 稻曲病病粒数对水稻产量影响分析 [J]. 北方水稻, 2009, 39(3): 53-54.
- [12] 冷其昌,高 俊. 稻曲病菌对家禽和兔毒性试验初报 [J]. 江西植保, 1984, 7(3): 35-38.
- [13] 高 峻. 稻曲病病粒对鸡和兔的毒性 [J]. 植物保护, 1987, 13(3): 52-53.
- [14] 白元俊,王 疏,刘晓舟,等. 水稻稻曲病菌的毒素研究 [J]. 辽宁农业科学, 1997(1): 30-33.
- [15] 林晓燕,马有宁,曹赵云,等. 水稻稻曲病污染、毒素分析与防控技术研究 [J]. 农产品质量与安全, 2020(5): 22-28.
- [16] CHIB H S, TIKOO M L, KALHA C S. Effect of False Smut on Yield of Rice [J]. Indian Journal of Mycology and Plant Pathology, 1992, 22: 278-280.
- [17] 张君成,陈志谊,张炳欣,等. 稻曲病菌的形态学观察研究 [J]. 植物病理学报, 2003, 33(6): 517-523.
- [18] 陈利锋,徐敬友. 农业植物病理学 [M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2007: 119-120.
- [19] 陆 凡,陈志谊,陈毓苓,等. 稻曲病菌的生物学特性及其侵染循环中某些未确定要点的研究 [J]. 江苏农业学报, 1996 (4): 39-44.
- [20] 谭小平. 水稻品种抗稻曲病评价及稻曲病菌遗传多样性研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2008.
- [21] 缪巧明. 稻曲病菌核的研究 [J]. 云南农业大学学报, 1994, 9(2): 101-104.
- [22] 姚 琳,叶慧丽,胡容平,等. 稻曲病侵染机制的初步研究 [J]. 西南农业学报, 2012, 25(4): 1273-1276.
- [23] 李 阳. 稻曲病菌的生物学、侵染特性及遗传多样性研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2007.
- [24] 邓根生,陈嘉孚,杨治华,等. 稻曲病菌厚垣孢子在侵染循环中作用的研究 [J]. 中国农学通报, 1990, 6(2): 20-22.
- [25] 吕 博. 稻曲病菌侵染特性及产孢相关基因 *UvPRO1* 的功能分析 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2018.
- [26] 王 菲. 水稻稻曲病菌遗传多样性及其抗 DMI 类杀菌剂分子机理的研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2015.
- [27] 韩小霞. 四川水稻主栽品种及种质资源对稻曲病抗性鉴定评价 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2011.
- [28] 郭跃华,姜 慎. 30 个水稻品种抗稻曲病的田间抗性评价 [J]. 植物医生, 2010, 23(4): 32-34.
- [29] 蒋旭翔. 稻曲病菌致病力分化及环境因子对稻曲病的影响 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2014.
- [30] 刘希彦,王守功,金凤山,等. 稻曲病发生规律及防治研究 [J]. 植物病理学报, 1993, 23: 258-259.
- [31] 费永成,陈 林,于 成,等. 成都平原 2008 年水稻稻曲病重发生的气象条件分析 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(8): 4108-4109, 4111.
- [32] 周永力,徐建龙,谢学文,等. 水稻品种生育期、田块和播种期对稻曲病发生严重度的影响 [J]. 植物保护学报, 2010, 37(2): 97-103.
- [33] 刘玲玲,彭显龙,刘元英,等. 不同氮肥管理条件下钾对寒地水稻抗病性及产量的影响 [J]. 中国农业科学, 2008, 41(8): 2258-2262.
- [34] 岑汤校,张 震,张昌杰,等. 氮磷钾施肥水平对水稻稻曲病为害的影响 [J]. 浙江农业科学, 2014, 55(2): 225-226.
- [35] 乌伟刚. 环境因子对稻曲病发病程度的影响 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2012.
- [36] 卢代华,王 剑,伏荣桃,等. 水稻稻曲病发生与轻简化防控关键技术对策 [J]. 四川农业科技, 2015(9): 23-24.
- [37] 焦全爱. 南部县水稻稻曲病严重发生的原因及防控对策 [J]. 四川农业科技, 2017(8): 56-58.
- [38] 祝剑波,董涛海. 密穗型杂交水稻稻曲病的防控措施 [J]. 中国农技推广, 2013, 29(4): 46-47, 16.
- [39] 汪爱娟,王国荣,孙 磊,等. 稻曲病防治药剂筛选及防控技术研究 [J]. 中国稻米, 2015, 21(6): 45-51.
- [40] 李方等. 稻曲病新型绿色防控药剂效果比较试验 [J]. 安徽农学通报, 2020, 26(24): 125-126.
- [41] 夏宝远,王 林. 我国水稻稻曲病的研究现状 [J]. 畜牧与饲料科学, 2009, 30(1): 33-35.
- [42] 陈 旭,邱结华,熊 萌,等. 稻曲病研究进展 [J]. 中国稻米, 2019, 25(5): 30-36.