

黄珊. 水稻稻曲病研究进展 [J]. 福建农业学报, 2012, 27 (4): 452-456.

HUANG S. Advances on Study of Rice False Smut (*Ustilaginoidea virens*) [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2012, 27 (4): 452-456.

水稻稻曲病研究进展

黄 珊

(福建省农业科学院水稻研究所, 福建 福州 350018)

摘 要: 稻曲病已成为世界水稻生产的重要病害之一。通过对国内外稻曲病的分布与为害、稻曲病菌的生物学特性和稻曲病的侵染循环等研究进行综述, 并就稻曲病抗病材料的筛选、抗性基因鉴定等方面进行了详细的说明, 最后, 系统分析当前稻曲病研究中存在的问题, 就如何进一步深入开展稻曲病相关研究进行分析和展望。

关键词: 稻曲病; 抗性鉴定; 研究进展

中图分类号:

文献标识码: A

Advances on Study of Rice False Smut (*Ustilaginoidea virens*)

HUANG Shan

(Institute of Rice, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350019, China)

Abstract: Rice false smut is one of the most serious diseases on rice worldwide. This paper reviews the recent achievements in the research on its occurrence, distribution, pathogen's biological characteristic, infection, and circulation. Also included are the selection of disease resistant materials and resistant gene mapping, as well as the existing problems and direction of further studies on the disease.

Key words: Rice false smut; resistance identification; research advance

由 *Ustilaginoidea virens* (Cke) Tak 引致的水稻稻曲病 (Rice false smut) 广泛分布于亚洲、非洲、南美洲、欧洲等水稻主产区的 40 多个国家, 其中在中国、菲律宾和日本等亚洲国家发生较重^[1]。20 世纪 80 年代以来, 随着杂交水稻示范推广以及氮肥水平的不断提高, 水稻稻曲病在我国的发病逐年加重, 其发病的主要特点是发病范围广、发病频率高及产量损失严重等, 已从次要病害逐渐上升为主要病害之一。在辽宁、黑龙江、湖南、云南、江苏、浙江、广东等省该病已经普遍发生, 且连续几年均较大规模流行, 其发生面积占水稻种植面积的 1/3 以上, 平均产量损失 5%~10%, 发病严重田块的直接产量损失可达 50% 以上, 有的甚至绝收, 已经引起植保部门和育种工作者的高度重视。

稻曲球中含有对人和动物有害的毒素, 稻曲病菌常常混杂于病稻谷中, 对人体的健康构成了一定的危害。因此控制水稻稻曲病的发生, 对我国的水稻品质及稻米生产安全显得尤为重要。笔者就近年

来我国稻曲病研究进展作如下综述, 以期今后开展稻曲病的相关研究提供一定的参考。

1 水稻稻曲病的研究概况

1.1 水稻稻曲病发病症状及特点

水稻稻曲病发病有一定的特点, 主要在水稻稻穗上发病, 一般在水稻始花期至乳熟期发生。首先病菌侵入谷粒, 且在颖壳内形成菌丝块并逐渐长大, 露出淡黄色小型块状物, 而后小型块状物逐渐长大并撑开内外颖壳自合缝处外露, 包裹整个花器, 最后逐渐开裂并有绿褐色丝绒状物生出, 整个病粒形成 1 个菌核结构^[2]。一般每个稻穗上长出的病粒数少则 1~2 粒, 多则 10 粒以上。

1.2 稻曲病的发病概况

从世界范围来讲, 水稻稻曲病的发生与分布极其广泛, 主要分布于亚洲、非洲、南美洲和欧洲等 40 多个国家水稻主产区, 其中在中国、菲律宾和日本等亚洲国家发生较重^[1-3]。1918 年稻曲病在菲律宾大面积发生, 1945 年稻曲病在缅甸发生并

于1980年大流行,1975年西非部分稻区大范围发生稻曲病,1992年印度部分地区稻曲病发生严重^[4-5]。

在中国,近年来水稻稻曲病发病面积呈现逐年上升的趋势。20世纪30~40年代在我国的华南、西南、江南和东北等部分稻区该病首次发生。20世纪50~60年代,我国局部稻区零星发生。而到了20世纪70年代末,随着杂交水稻大面积推广以及施肥水平的不断提高,该病呈现逐年严重的趋势。例如,在1980~1982年的3年期间,浙江省奉化县药湖区损失稻谷约34万kg以上;1982年湖南省发病面积约67万hm²,严重地区发病面积达75.4%;1984~1986年辽宁省发病面积从20万hm²增加到33万hm²,且呈现逐年上升的趋势;1986年河北省的抚宁、滦南和唐海3县发病面积仅为21.2%,1987年发病面积上升为36.0%,1988年发病面积超过50%,1989年有近70%以上的稻田均有不同程度感病;1990年云南省蒙自县发病面积达到65.8%以上^[7],1993年云南省稻曲病发病面积达到13万hm²^[8]。1994年河南省冀东市7万多hm²稻田不同程度地受到稻曲病的影响,产量减少约3720万kg^[9]。2004年,湖南省中稻稻曲病发生面积达33.33万hm²,稻谷产量受到严重的影响^[8]。2006年四川省江油市稻曲病发生面积达12666.7hm²,占水稻种植面积的59.4%^[10]。2008年安徽省部分稻区的稻曲病发生面积超过50万hm²^[8]。

1.3 水稻稻曲病的危害

稻曲病不仅影响水稻的产量和品质,降低水稻的商品价值,稻曲球中还含有对人畜有害的毒素。从影响水稻产量上来说,稻曲病病菌可以引起小穗的不育,降低谷粒重。王诚钊等^[11]研究表明,水稻稻曲病粒数的增加与结实率呈极显著负相关,与千粒重的下降均呈极显著的正相关。有研究表明,稻曲病主要影响水稻的结实率和千粒重^[12-13]。从对动物影响上来说,高峻^[14]报道,用含有稻曲球的稻谷喂养鸡、兔等动物,会引起它们器官的变异;用稻曲球喂老鼠,可引起老鼠心脏和肾脏的病变^[15];尚炳荣等^[16]研究结果表明,用稻曲病粒拌饲料喂养猪,可引起其内脏的多处器官病变,影响母猪的生殖性能。此外,用不同浓度曲粉浸液浸种,低浓度时会刺激稻种胚芽生长,高浓度则会明显抑制稻种胚芽生长^[17]。

1.4 水稻稻曲病危害的致病机制

目前,国内外研究者已从水稻稻曲球中分离得

到 Ustiloxin-A、Ustiloxin-B、Ustiloxin-C、Ustiloxin-D、Ustiloxin-E 和 Ustiloxin-F 共 6 种毒素^[18]。

国内外学者对稻曲病危害的研究,多侧重于对人畜的影响,而对毒素在病原菌致病过程的研究较少。Koiso 等研究发现,注射 Ustiloxin-A 毒素到小鼠体内,结果导致其离体肾管状细胞及肝细胞急剧坏死,分析可能病毒破坏了细胞的结构,进而导致细胞的死亡。目前大多数研究者认为,毒素 Ustiloxin-A 和 Ustiloxin-B 能抑制多种人类肿瘤细胞的有丝分裂,而对细菌和真菌的生长却没有影响^[19]。另外有研究表明^[20],稻曲病菌的毒素是由稻曲或厚垣孢子产生的。目前对 Ustiloxin-C、Ustiloxin-D、Ustiloxin-E 和 Ustiloxin-F 这几种毒素致病机理的相关研究较少。

2 水稻稻曲病病原的研究

2.1 稻曲病菌的生物学特性

自1896年Takaheshi将稻曲病的病原菌定名为 *Ustilaginoidea virens* (cooke) Takaheshi 以来,关于稻曲病病原菌的分类问题一直存在争议。最近有学者研究表明,水稻稻曲病病原菌有2个不同生活阶段,1种是无性态,为 *Ustilaginoidea virens* (Cooke) Takahashi, 属无性孢子类绿核菌属绿核菌;另一种是有性态,为 *Claviceps oryzaesativae* Hashioka., 属子囊菌亚门麦角菌属稻麦角菌^[21]。

目前大多数研究者认为,稻曲病菌可以产生3种孢子:厚垣孢子、子囊孢子和薄壁分生孢子。厚垣孢子最为常见,其萌发的最适温度一般为25~30℃,最适pH为5~8^[22]。厚垣孢子分为2种:1种是黄色厚垣孢子,呈现黄色且颜色较浅,胞内基质均匀;1种是黑色厚垣孢子,呈现墨绿色且胞内基质浓缩,周围有明显的刺状突起,大小为(4~6)μm×(3~5)μm^[23]。与黄色厚垣孢子相比,黑色厚垣孢子最为老熟,黄色厚垣孢子容易萌发,黑色厚垣孢子要打破休眠后才能萌发^[24]。厚垣孢子和子囊孢子萌发后均可以形成薄壁分生孢子。研究表明,这3种孢子均可侵染水稻,进而引发稻曲病^[25]。

2.2 稻曲病菌侵染的过程

2.2.1 稻曲病的初侵染源 水稻稻曲病病原菌可以菌丝体、厚垣孢子、菌核、稻曲球的形式越冬。而目前,稻曲病菌的越冬过程,大多数认为主要是以菌核和厚垣孢子的形式在病残体上或土壤中越冬^[26],也有研究者认为病菌在杂草和种子上越

冬^[27]。但另有研究显示,落入土壤中的菌核受水浸及微生物的作用后易于腐烂,且菌核的产生受特定的环境条件限制^[28]。最近研究者利用高灵敏度的实时荧光 PCR 技术定量检出土壤中含有稻曲病菌,以此推断,菌核和厚垣孢子的形式在病残体上或土壤中越冬是成立的^[29-31]。

2.2.2 稻曲病菌的侵入期 国内外学者利用分期接种厚垣孢子的方法来研究稻曲病菌的侵入期。大多数研究表明,侵染时期是从水稻孕穗期到破口期^[32]。

2.2.3 稻曲病菌侵入部位 研究表明,稻曲病菌从水稻孕穗期苞叶叶鞘或破口后的开口处侵入,进而引发稻曲病的推断是合理的,但尚缺乏有力的证据。有学者猜测稻曲病菌是从水稻种子、芽鞘、苗叶和苗根等部位入侵,从而引起发病^[33]。

3 水稻稻曲病抗性的相关研究

3.1 稻曲病抗病遗传机制

长期以来,对稻曲病抗病遗传机制的研究,多限于病原学方面。再者,由于缺乏稳定可靠的接种鉴定方法,稻曲病抗性鉴定及抗性种质资源创新的研究进展较为缓慢。方先文等研究表明,水稻稻曲病抗性受 2 对主基因+多基因的遗传,第 1 对主基因的效应以显性效应为主,加性作用次之;第 2 对主基因的效应以显性效应为主,加性作用不明显,主基因的遗传率较高^[34]。

3.2 稻曲病抗性基因的鉴定

目前对水稻稻曲病致病的遗传机制尚不清楚,这在很大程度上影响了我国抗病育种的开展。显然,揭示稻曲病抗性遗传规律、鉴定抗性基因、创造新的抗性种质材料,是提高我国水稻品种抗病水平的有效途径。然而,国内外对稻曲病抗性基因的研究却鲜见报道。徐建龙等^[35]利用近等基因系检测到 2 个与抗病性相关的 QTL,分别位于水稻第 10 和第 12 染色体;李余生等^[36]利用 157 个家系组成的大关稻 (*japonica*) /IR28 (*indica*) 重组自交系 (recombinant inbred lines, RIL) 群体,采用高效引发稻曲病人工接种法,2 年检测到 *qFsr1*、*qFsr2*、*qFsr4*、*qFsr8*、*qFsr10*、*qFsr11*、*qFsr12* 共 7 个 QTL,分别位于水稻第 1、第 2、第 4、第 8、第 10、第 11 和第 12 染色体上。2 个稳定的 *qFsr11*、*qFsr12* 及其附近的标记有望在稻曲病抗性分子标记辅助选择育种中加以应用。

3.3 稻曲病抗病材料筛选鉴定

结合稻曲病发病范围广、发病频率高和产量损

失严重等特点,近年来研究者逐渐开展了水稻稻曲病抗病材料筛选鉴定和抗性种质资源创新等相关研究。

郭跃华等^[37]利用自然诱发与人工辅助接种相结合的方法,对湖南省 30 个主栽水稻品种进行田间稻曲病的抗性鉴定,结果显示 30 个水稻品种中,抗性品种有 7 个,中抗品种 8 个,中感品种 11 个,感病品种 3 个,高感品种 1 个,没有发现高抗品种。姜慎等^[38]通过自然诱发与人工辅助接种相结合的方法对 35 个水稻品种进行田间稻曲病抗性鉴定,结果表明 35 个水稻品种中,抗性品种有 9 个,中抗品种 10 个,中感品种 11 个,感病品种 3 个,高感品种 1 个,没有发现高抗品种;黄瑞荣等^[39]对 83 份江西省杂交晚稻区域试验品种 (组合) 和 39 份南方杂交晚稻区域试验品种 (组合) 进行稻曲病抗性鉴定。结果表明,杂交水稻品种 (组合) 对稻曲病的抗性存在显著差异,有的表现为高抗,有的表现为高感,但以感病品种居多,其抗性趋势与生育期、水稻类型及配组方式有关,表现为早熟品种优于中迟熟品种,籼型品种优于粳型品种,三系组合优于两系组合,多数品种的抗性两地表现一致,极少数的品种抗性存在差异。王连平等^[40]在浙江省金华市稻曲病重病区,对 113 个水稻品种进行田间自然诱发鉴定,结果表明常规籼稻、常规粳稻、杂交籼稻和杂交粳稻,不发病或轻发病 (平均病级小于 I 级) 的发生频率分别为 100%、66.67%、54.04% 和 0%;重发病 (平均病级大于 III 级) 的发生频率分别为 0%、4.16%、20.26% 和 90.00%;粳稻发病明显重于籼稻,杂交稻明显重于常规稻,杂交粳稻发病最重。陈志谊等^[41]用人工注射接种的方法鉴定了 198 个江苏省主栽水稻品种。结果显示,江苏省的粳稻品种的抗病性较籼稻品种强,其中,中粳常规水稻品种抗病性最稳定,晚粳常规水稻品种的抗病不稳定;感病品种主要集中在粳稻和杂交籼稻。

4 防治措施

目前大部分农民对稻曲病的为害缺乏足够的认识,在农业生产中对该病防治不够重视,导致病害不断蔓延,甚至严重发生,近年来已经成为我国水稻生产中的主要病害之一。合理的栽培措施是防治是病害防治的前提,选用抗病品种是防治病害的重要途径。然而遗憾的是,由于稻曲病病原基础研究的相对薄弱,抗稻曲病水稻品种的选育及利用,目前还不能与抗稻瘟病、白叶枯病和条纹叶枯病品种

相提并论^[42]。目前我国水稻生产中对稻曲病的防治仍依赖于化学防治。主要包括戊唑醇、丙环唑、己唑醇和苯醚甲环唑等三唑类杀菌剂, 爱苗、咪鲜胺等咪唑类杀菌剂, 井冈霉素等抗生素以及络氨铜、琥胶肥酸铜等铜制剂。稻曲病分生孢子对含铜和汞的制剂较敏感, 然而铜制剂易致药害, 因此使用时应该慎重。基于稻曲病菌的最适侵入期是在水稻孕穗期至破口期, 因此应在破口前 1~7 d 喷施药剂。

5 水稻稻曲病研究中存在问题

国内外学者对稻曲病已做了大量的研究工作, 但还有许多方面的问题有待深入研究。主要表现在如下 3 个方面:

(1) 稻曲病病原生物学研究不够深入。从稻曲病菌的角度看, 整个侵染循环还不够清楚。例如, 对稻曲病菌厚垣孢子的萌发能力、萌发及保持时间, 目前还没有统一的结论; 稻曲病的侵染源是厚垣孢子还是菌核, 还未得出一致的结论; 稻曲病菌再侵染的相关研究目前几近空白; 稻曲病的寄主范围, 仅有零星的报道且无准确的研究结果; 稻曲病菌侵染部位和致病机制有待进一步阐明。

(2) 稻曲病抗病遗传机制及抗性基因鉴定相对落后。抗稻曲病的种质资源评价、筛选, 抗性基因挖掘利用、抗性遗传规律等相关研究刚刚起步。例如, 稻曲病抗病遗传机制还没有完全明确; 抗性基因鉴定分离目前还未见报道; 正如本文提到的, 目前仅鉴定了几个抗性 QTL, 还无法通过分子标记来开展抗性育种。

(3) 稻曲病鉴定的关键技术还没有突破。例如, 稻曲病的人工接种技术还不够成熟, 主要表现为重复性差。显然, 人工接种技术还需进一步的改进; 再者, 对水稻品种抗稻曲病的鉴定, 目前没有鉴别寄主以及统一的分级标准, 使得开展稻曲病抗性基因的研究显得更为艰难。

6 展 望

稻曲病已成为世界水稻生产的重要病害之一, 而目前我国水稻生产中对稻曲病的防治仍依赖于化学防治。化学防治不是解决稻曲病的根本途径。抗稻曲病水稻新品种的选育是防治该病害最为经济、有效的手段, 而创制和筛选抗病新种质是进行抗病育种的前提和基础。目前生产中推广使用的相当一部分杂交籼稻品种和粳稻品种均不同程度的感稻曲病。显然, 新的抗稻曲病种质资源的挖掘、鉴定和

利用已迫在眉睫, 同时我国野生稻中含有极其丰富的抗性资源, 可以充分加以利用。例如, 可以构建感稻曲病品种与抗病野生稻的导入系, 进而构建抗病、抗虫等性状的近等系, 开发与抗病基因紧密连锁的分子标记, 通过分子标记辅助选择, 可以快速有效选育新的抗病品种。

再者, 我国水稻稻曲病的基础研究还相对薄弱, 今后科研单位和高校要大力加强这方面的研究。因此, 建议国家有关部门要尽早设立研究专项, 给予充分科研支持。其中主要重点加强以下 3 个方面的研究: 1) 稻曲病病原生物学研究; 2) 稻曲病抗病遗传机制及抗性基因鉴定分离的研究; 3) 稻曲病鉴定的关键技术的研究, 尽早建立一个标准的稻曲病鉴定技术, 为开展稻曲病抗性基因的鉴定、克隆奠定基础。

最后, 作者所在的课题组正在开展这方面的研究。目前已经筛选一些高抗水稻稻曲病的材料, 正在利用接种鉴定和田间鉴定相结合的方法, 对抗性基因进行鉴定和分离, 以期筛选与抗性基因紧密连锁的分子标记, 为今后开展抗稻曲病分子育种奠定基础。因此, 相信不久的将来, 随着生物技术的快速发展, 同时在国家有关部门的大力支持下, 这些问题将逐渐被解决。

参考文献:

- [1] OU S H. Rice Disease [M]. Kew, Surrey, UK: CAB/CM 1, 1985. PP307-311.
- [2] 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): 33-34.
- [3] DONAN D S, RAM SINGH. Recent advances in research on cowpea Diseases [J]. Present Status Agric Rev, 1996, 17 (4): 227-240.
- [4] 王大为, 王疏, 傅俊范. 稻曲病研究进展 [J]. 辽宁农业科学, 2004, (1): 21-24.
- [5] 季宏平. 国内外稻曲病研究进展 [J]. 黑龙江农业科学, 2002, (4): 34-37.
- [6] 李小娟, 刘二明, 肖启明, 等. 稻曲病研究进展 [J]. 农药研究与应用, 2006, 10 (3): 9-12.
- [7] 陈永水. 我国稻曲病研究概述 [J]. 中国农学通报, 1992, 8 (4): 15-19.
- [8] 吕博, 罗汉钢, 张求东, 等. 水稻稻曲病研究进展 [J]. 湖北植保, 2008, (S): 47-48.
- [9] 潘勋, 张淑平. 氮磷肥对稻曲病发生程度的影响 [J]. 河北农业科学, 1993, (1): 18-20.
- [10] 贺勋. 江油市稻曲病严重发生原因及防治对策 [J]. 四川农业科技, 2006, (7): 37.
- [11] 王诚钊, 黄霞敏, 沈瑛, 等. 稻曲病的流行规律和防治研究 [J]. 中国植物导刊, 1988, (2): 34-39.
- [12] 张汝通, 陈飞跃. 稻曲病发生规律及防治研究 [J]. 湖南农

- 学院学报, 1989, 15 (1): 70—75.
- [13] 黄正兴, 刘才南, 徐润成. 稻曲病发生规律的初步研究 [J]. 江苏农业科学, 1984, (6): 28—32.
- [14] 胡德具. 稻曲病病曲的为害及曲粉对种子发芽的影响 [J]. 浙江农业科学, 1984, (4): 164—167.
- [15] 高峻. 稻曲病粒对鸡和兔的毒性 [J]. 植物保护, 1987, 13 (3): 52—53.
- [16] 黄世文, 余柳青. 国内稻曲病的研究现状 [J]. 江西农业学报, 2002, 14 (2): 45—51.
- [17] 尚炳荣, 许绍朴, 王云英, 等. 水稻稻曲病菌对猪的危害性试验 [J]. 浙江农业科学, 1985, (1): 35—37.
- [18] KOSIO Y, LI Y, WASAKIS, et al. Ustiloxins, antimetabolic cyclic peptides form false smut balls on rice panicles caused by *Ustilaginoidea virens* [J]. Journal of Antibiotics, 1994, 47 (7): 765—773.
- [19] KOISO Y, MORISAKI N, YAMASHITA Y, et al. Isolation and structure of an antimetabolic cyclic peptides, ustiloxin F; chemical interrelation with a homologous peptide, ustiloxin B [J]. Journal of Antibiotics (Tokyo), 1998, 51 (4): 418—422.
- [20] 姜慎, 唐春生, 谭志琼. 国内外稻曲病研究现状 [J]. 热带农业科学, 2010, 30 (3): 62—66.
- [21] 周永力, 章琦. 稻曲病菌分离技术的初探 [J]. 中国水稻科学, 1999, 13 (3): 186—188.
- [22] 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.
- [23] 陈丽, 胡东维, 陈美军, 等. 稻曲球及稻曲病菌菌落微结构的 SEM 观察 [J]. 菌物学报, 2007, 26 (1): 89—96.
- [24] KIM K W, PARK E W. Ultrastructure of spined conidia and hyphae of the rice false smut fungus *Ustilaginoidea virens* [J]. Micron, 2007, 38: 626—631.
- [25] 陈永坚, 肖炎农, 赵永静. 稻曲病菌越冬厚垣孢子萌发及其侵染力的研究 [J]. 植物保护学报, 1995, 22 (2): 102—106.
- [26] TANAKA E, ASHIZAWA T, SONODA R, et al. *Villosiclava virens* gen. nov., comb. nov., teleomorph of *Ustilaginoidea virens*, the causal agent of rice false smut [J]. Mycotaxon, 2008, 106: 491—501.
- [27] ASHIZAWA T, TAKAHASHI M, MORIWAKI J, et al. Quantification of the rice false smut pathogen *Ustilaginoidea virens* from soil in Japan using real-time PCR [J]. Eur J Plant Pathol, 2010, 128: 221—232.
- [28] 吕博, 罗汉钢, 张求东, 等. 水稻稻曲病研究进展 [J]. 湖北植保, 2009, (Z1): 47—48.
- [29] TSUDA M, SASAHARA M, OHARA T, et al. Optimal application timing of simeconazole granules for control of rice kernel smut and false smut [J]. J Gen Plant Pathol, 2006, 72: 301—304.
- [30] ASHIZAWA T, KATAOKA Y. Detection of *Ustilaginoidea virens* in rice [*Oryza sativa*] panicles before and after heading in the field using nested-PCR technique with species specific primers [J]. Annals of the Phytopathological Society of Japan, 2005, 71 (1): 16—19.
- [31] SCHROUD P, TEBEEST D O. Germination and infection of rice roots by spores of *Ustilaginoidea virens* [C] // NORMAN R J, MEULLENET J F, MOLDENHAUER KAK, editors. B. R. Wells Rice Research Series. University of Arkansas Agricultural Experiment Station, 2005.
- [32] 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.
- [33] 高必达, 钟杰. 稻曲病菌侵染过程研究进展 [J]. 湖南农业科学, 2011, (3): 93—97.
- [34] 方先文, 汤陵华, 王艳平, 等. 水稻稻曲病抗性遗传机制 [J]. 江苏农业学报, 2008, 24 (6): 762—765.
- [35] 徐建龙, 薛庆中, 罗利军, 等. 近等基因导入系定位水稻抗稻曲病数量性状位点的研究初报 [J]. 浙江农业学报, 2002, 14 (1): 14—19.
- [36] 李余生, 黄胜东, 杨娟, 等. 水稻抗稻曲病数量性状座位及效应分析 [J]. 作物学报, 2011, 37 (5): 778—783.
- [37] 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.
- [38] 姜慎, 唐春生, 谭志琼. 35 个水稻品种抗稻曲病的田间抗性评价 [J]. 热带作物学报, 2010, 31 (5): 849—851.
- [39] 黄瑞荣, 李湘民, 华菊玲, 等. 杂交水稻品种 (组合) 对稻曲病的抗性研究 [J]. 江西农业大学学报, 2010, 32 (4): 718—720.
- [40] 王连平, 董明灶, 郝中娜, 等. 浙江省水稻品种抗稻曲病自然诱发鉴定初步研究 [J]. 江西农业学报, 2010, 22 (7): 73—74.
- [41] 陈志谊, 聂亚锋, 刘永锋. 江苏省水稻品种对稻曲病的抗病性鉴定及病菌致病力分化 [J]. 江苏农业学报, 2009, 25 (4): 737—741.
- [42] 杨健源, 曾列先, 陈深, 等. 我国稻曲病研究进展 [J]. 广东农业科学, 2011, (2): 77—79.

(责任编辑: 林海清)