

张俊喜,陈永明,成晓松,等. 水稻病虫害绿色防控技术与集成应用[J]. 江苏农业科学,2017,45(21):94-100.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.21.026

水稻病虫害绿色防控技术与集成应用

张俊喜¹, 陈永明², 成晓松³, 韦仁权⁴, 王 凯¹, 李红阳¹, 顾慧玲¹, 孙星星¹, 高 波¹, 周加春¹

(1. 江苏沿海地区农业科学研究所, 江苏盐城 224002; 2. 江苏省盐城市植保植检站, 江苏盐城 224002;

3. 江苏省盐城市盐都区病虫测报站, 江苏盐城 224005; 4. 江苏省建湖县颜单镇农业技术推广综合服务中心, 江苏建湖 224761)

摘要:总结江苏省盐城市水稻病虫害发生危害规律、稻田蜘蛛发生消长规律及其控虫作用,明确非化防措施的防病控虫效果,筛选对水稻各病虫的高效安全药剂品种和关键防控技术,集成具有“保蛛控虫,精准防病”特色的水稻全程病虫害绿色防控技术体系,并在田间得到成功应用。

关键词:盐城市;水稻病虫害;蜘蛛;危害规律;发生特点;绿色防控

中图分类号: S435.11 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)21-0094-06

水稻病虫害的防控一直是水稻生产中的重要环节。2006 年我国提出“公共植保、绿色植保、科学植保”的新理念^[1],对水稻病虫害的防控提出了全新的要求,传统的病虫害防控方式已不能适应现代农业生产的要求,开展水稻病虫害绿色防控技术的研究与应用,保证水稻生产安全,保护环境安全,保障人民健康,是生产所需,形势所趋。

江苏省盐城市常年水稻种植面积 36 万 hm^2 以上,水稻生产在盐城市农业生产中占有重要的地位,病虫害防控是保证水稻安全生产的重要一环。20 世纪 80 年代前后盐城市水稻主要内源性害虫有二化螟、三化螟、大螟,外源性害虫主要有褐飞虱、稻纵卷叶螟、白背飞虱,主要病害有纹枯病、白叶枯病、稻瘟病。进入 21 世纪以来,盐城市水稻主要病虫有灰飞虱(致病毒病)、稻纵卷叶螟、褐飞虱、白背飞虱、稻瘟病、纹枯病;次要病虫害有稻曲病、白叶枯病、干尖线虫病、恶苗病、细菌性基腐病、稻蓟马、大螟、稻叶蝉、二化螟等,稻纵卷叶螟、灰飞虱分别于 2003 年、2004 年在盐城市严重发生。由于忽视农业、物理措施和生态环境的自然控制作用,部分水稻田的化学防治次数高达 10 次,农药用量和次数提高,环境污染趋重,恶化了稻田的生态环境,破坏了稻田自然生物种群的平衡,农药残留压力增大,对人畜的健康构成较大威胁。此外,稻田农药用量和次数增加,致使水稻病虫抗药性上升较快,其病虫害发生程度并未因此减轻,亟需改进并完善原有的水稻病虫害防治技术体系,提高水稻生产安全,降低农药残留,减轻环境污染,推进水稻生产从保量向保质过渡,从无害化生产向绿色生产发展。

从 2005 年起,笔者就着手调查水稻主要病虫的发生危害规律,研究多项绿色防控技术,集成水稻主要病虫的“农业生态控制、物理防治、生物防治及应用高效低毒低残留化学农药”绿色防控技术,并在生产上取得了实效。

1 水稻病虫发生危害规律

1.1 主要病虫发生危害规律

盐城市常发、重发的水稻病虫主要有稻瘟病、纹枯病、稻飞虱、稻纵卷叶螟。

1.1.1 稻瘟病 根据稻瘟病危害的生育期和部位,分为苗瘟、叶瘟、穗颈瘟和节瘟,其中以穗颈瘟发生最严重,损失巨大。苗瘟发生危害不严重,直播稻田很少发生,少数感病品种在秧田偶尔发生。药剂浸种可极大程度上减轻苗瘟的发生,一旦发生苗瘟要立即喷药防控,否则会造成一定程度的死苗。

叶瘟的发生与田间菌源量的关系十分密切,2009 年以前盐城市盐都区的稻田很少有叶瘟发生,自水稻收割秸秆全量还田以来,稻瘟病菌田间菌源量逐年大幅度提高,叶瘟的发生面积逐年扩大,2014 年、2015 年是近 10 年的严重发病年份,须要及时采取预防措施,减轻危害,减少后期田间菌源量,降低穗颈瘟的发生程度。

2014 年发生的穗颈稻瘟病具有盐城市近 30 年以来最严重的病情,发生的时间早、范围广、危害重,但品种之间发病程度差异大。穗颈瘟重发的水稻品种有华梗 7 号、糯稻、淮稻 5 号(直播稻)、华梗 5 号、津稻 007 等^[2]。分析其原因,可能是因为水稻破口期至齐穗期碰到近 50 年不遇的低温连阴雨天气,品种不抗病,此外与生育期也有关,生育期迟发病越严重,盐城市大丰区的病穗率表现为直播稻 > 机插稻 > 人工移栽稻,直播稻的病穗率是人工移栽稻的 7 倍,机插稻的病穗率是人工移栽稻的 4 倍。

2016 年夏季气温较高,8 月中旬高温少雨,平均气温比历史平均气温高 3.2 $^{\circ}\text{C}$,2016 年穗颈稻瘟病没有发生。

1.1.2 纹枯病 盐城市水稻纹枯病一般从水稻分蘖末期开始发生,拔节孕穗到抽穗期是发病危害高峰期,到蜡熟期逐渐停止。直播稻生长前期纹枯病发病率低,后期发展快,发病高峰在 8 月末 9 月初,后期发病严重程度超过移栽稻。

收稿日期:2017-03-31

基金项目:国家重点研发计划(编号:2016YFD0200805);江苏省自然科学基金(编号:BK2009169、BK20141264);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(15)1054]。

作者简介:张俊喜(1966—),男,江苏盐城人,研究员,主要从事大宗农作物病虫害防治应用研究。Tel:(0515)68668961;E-mail:ycnkzjx@sohu.com。

通信作者:高 波,硕士,研究实习员,主要从事农业生态安全研究。E-mail:442694630@qq.com。

1.1.3 稻飞虱 在盐城市危害水稻的飞虱主要有灰飞虱、褐飞虱、白背飞虱等 3 种。

灰飞虱为内源性害虫,能在当地越冬,常年发生 5 代,其传播病毒病的危害超过其直接危害,对水稻的危害主要是 1 代成虫(5 月下旬至 6 月上旬从麦田迁飞到稻田)和 2 代若虫传播病毒病(条纹叶枯病和黑条矮缩病)。以 1 代灰飞虱发生量最大,也是传播病毒的重要世代,2 代灰飞虱卵孵盛期常年在 6 月 15 日,早发年份在 6 月 10 日,迟发年份在 6 月 25 日。2 代灰飞虱对水稻的直接刺吸危害较小,主要是传播水稻病毒病而造成较严重的危害。直播稻田正常 6 月 10—15 日播种落谷,一般年份可避开 2 代灰飞虱的发生危害;移栽稻 5 月上旬落谷播种,至 6 月 15 日正适龄移栽,秧苗在 4 叶期左右极易感染病毒病。因此,机插稻、移栽稻应在 6 月中旬防治 2 代灰飞虱,避免感染病毒病。灰飞虱不耐高温,夏季高温可抑制其发生危害,3 代灰飞虱在田间发生量较少。4 代灰飞虱的直接危害在水稻抽穗后,影响灌浆,导致水稻千粒质量降低,瘪谷率增加,造成严重减产。2006—2009 年在盐城市局部地区曾出现后期灰飞虱危害,导致稻谷霉污。目前盐城市机插稻、移栽稻秧田覆盖防虫网,避开或阻隔了灰飞虱危害高峰期,加之 2010 年以来灰飞虱带毒率一直处于较低水平,对水稻生长中前期造成的直接和间接危害较轻。

褐飞虱为盐城市主要迁入害虫之一,常年发生 4 代,穗期发生的 4 代褐飞虱为盐城市主害代。褐飞虱的发生量与迁入基数、气温适宜程度密切相关,凉夏暖秋、多雨湿润的气候条件非常有利于褐飞虱种群增殖和危害;另外,褐飞虱的发生量与短翅型成虫发生的时间及数量也密切相关,褐飞虱大发生的年份短翅型成虫发生量也较大。由于褐飞虱繁殖力强,即使迁入量不多,也可造成局部重大危害。4 代褐飞虱卵孵盛期常年在 9 月 10 日,早发年份在 9 月 5 日,迟发年份在 9 月 20 日。9 月水稻已灌浆结实,4 代褐飞虱主要刺吸水稻茎秆,危害严重时水稻茎秆基部黑褐色,继而全株枯萎,出现“冒穿”现象。水稻受害后,千粒质量降低,因瘪谷率增加而减产。2006 年盐城市褐飞虱特大发生,局部水稻产量受到严重的影响。

白背飞虱也是盐城市的迁飞性害虫,迁入始见期为 5 月下旬,主迁入期为 6 月至 7 月中旬,成虫在田间迁入定居后即成优势种群,发生危害盛期在 7—8 月,在盐城市常年发生 4 代。白背飞虱的温度适宜范围较大,生长发育对湿度要求较高,一般以 3 代发生较重,2,4 代次之。2012 年盐城市建湖县白背飞虱特大发生,是有历史资料以来发生最严重的一年,部分失治田块 8 月中旬出现“冒穿”现象。

1.1.4 稻纵卷叶螟 稻纵卷叶螟是盐城市主要迁入害虫之一,2 代卵孵盛期常年在 7 月 15 日,早发年份在 7 月 5 日,迟发年份在 7 月 25 日。进入 7 月份,水稻开始分蘖,由于水稻植株前期有较强的补偿能力,其发生危害对产量影响不大。3 代稻纵卷叶螟主要在水稻孕穗期发生,一般年份发生偏重,水稻受害后,直接影响水稻的生长和幼穗的分化发育。受害严重的水稻植株明显矮缩,上部 2 张功能叶片和稻穗不能正常抽出,成穗数、穗粒数、结实率等产量指标均明显下降。4 代稻纵卷叶螟主要在水稻破口抽穗至灌浆乳熟期发生,上部 3 张功能叶片是重点受害部位,水稻植株受害后直接影响穗粒

的灌浆结实,对结实率和千粒质量影响较大,最终影响水稻的产量。2013 年盐城市建湖县的调查结果表明,直播稻田稻纵卷叶螟的发生量远高于移栽稻田,其受害程度也较高。江苏省东台市调查研究表明,适宜 4 代稻纵卷叶螟初孵幼虫取食生存的水稻生育期在水稻破口后 20 d 左右^[3]。卵孵高峰出现在水稻破口至扬花阶段,药剂防治宜早不宜迟,力争把初孵幼虫消灭在卷叶之前。适生临界期以后,水稻组织老健,叶片硅质化程度高,气温逐渐下降,初孵幼虫自然存活率极低,难以对水稻的产量造成危害,可以放宽防治指标。2003 年、2007 年、2008 年盐城市 3 代和 4 代稻纵卷叶螟特大发生。

1.2 次要病虫的发生危害规律

1.2.1 次要病害

1.2.1.1 稻曲病 稻曲病在穗部谷粒造成危害。稻曲病不但影响水稻产量,而且病粒中含有有毒物质和致病色素,严重影响稻米品质,对人类健康威胁较大。稻曲病一旦发生将造成不可挽回的损失,盐城市在 2009 年局部严重发生,2010—2013 年零星发生,2014 年、2015 年偶见稻曲病发生,2016 年没有发生。水稻破口前后降水偏多、温度偏低将加重稻曲病的发生程度;籼稻品种比粳稻品种较感稻曲病。

1.2.1.2 病毒病 水稻条纹叶枯病和黑条矮缩病是由灰飞虱传播的 2 种病毒病,病毒病曾对盐城市水稻生产产生较大的影响。2003—2006 年盐城市条纹叶枯病严重发生,苗期显症发病,常导致秧苗枯死,分蘖期发病,病株分蘖减少,重病株多数整株死亡,穗期发病,病穗畸形、不实,但苗期发病较多、较重,拔节后发病率较低。2007—2009 年黑条矮缩病严重发生,水稻秧苗期染病后病株明显矮缩,分蘖增多,叶片浓绿;分蘖期感病,病株成丛矮缩,分蘖增多,叶片僵直,心叶抽生缓慢;水稻灌浆期感病,穗颈缩短,形成包颈穗或半包颈穗,结实率差,穗小、秕谷多。水稻条纹叶枯病发病高峰呈明显的多峰型(7 月上中旬为第 1 个发病高峰,8 月上旬为第 2 个发病高峰,8 月下旬为第 3 个发病高峰),而黑条矮缩病一般呈单峰型(7 月 20 日左右为发病高峰)。不同水稻品种之间黑条矮缩病发病程度差异较大,盐城市盐都区调查研究表明,武陵梗 1 号、淮稻 5 号、淮稻 6 号、华梗 6 号、特优 559、武运梗 21 号、武育梗 3 号等品种较易感水稻黑条矮缩病,淮稻 9 号、连梗 6 号、连梗 7 号、盐稻 8 号、盐梗 7 号、徐稻 4 号、徐稻 3 号、扬幅梗 8 号、武连梗 1 号、华梗 5 号、郑稻 18、镇稻 99、连梗 4 号等^[4]品种对水稻黑条矮缩病抗病性较好。近 5 年来,由于灰飞虱发生量下降,带毒率降低,抗耐品种的推广以及农业、物理防治措施的应用,化学防治的加强等,病毒病整体发生程度呈下降趋势。

1.2.1.3 种传病害 恶苗病:带菌种子是此病的主要初侵染源。病菌以分生孢子附着在种子表面或以菌丝体潜伏于种子内越冬。若不进行药剂浸种,病种上的病菌可污染无病种子,带菌稻种播种后,潜伏在种子内的菌丝或附着在种子上的分生孢子萌发,从芽鞘侵入,引起幼苗发病。恶苗病苗期症状主要表现为徒长,发病苗比健苗高 1/3 左右,植株细弱,有些病株会枯死。分蘖期发病症状表现为节间明显伸长,近地面的几个茎节上长出倒生的不定根。穗期发病少数未枯死病株不能抽穗或不完全抽穗或提早抽穗,穗小且结实少。随着盐城市机插稻面积的不断扩大,机插稻、移栽稻稻种浸种催芽时,

病菌极易侵入,加之恶苗病对咪鲜胺产生抗药性,恶苗病有逐年加重的趋势,一定要做好药剂浸种。该病一旦发生,无药可救。

干尖线虫病:2000—2010 年,干尖线虫病给盐城市局部地区水稻生产造成较大的损失,2010 年后少有发生,危害较轻,2014 年在少数田块发病较重。种子带菌是干尖线虫病的主要初侵染源。水稻整个生育期间均有可能受到线虫的侵害,但主要在种子露白播种至秧苗 3 叶期受到危害。受线虫侵染的植株在幼苗期一般没有症状,拔节孕穗后大部分不表现症状,少部分可表现明显的症状,症状主要集中在水稻上部叶片的剑叶和倒 2 叶上,一般稻叶尖端处干缩扭曲,颜色枯白,病健交界处有褐色弯曲条纹,剑叶显著缩短,植株明显矮化,穗型变小,每穗实粒数减少,空秕率增加,千粒质量下降。水稻干尖线虫病具有潜伏期长、发现病症后不可防治的特点,因此必须使用无病稻种,浸种时选用高效的药剂进行处理。

1.2.1.4 细菌性病害 细菌性基腐病:水稻细菌性基腐病近年来在盐城市局部地区发生,并有不断蔓延和加重的趋势,但总体发生面积不大,危害程度不严重。病菌在种子萌芽过程中侵入,可造成烂种、烂芽;大田期一般在分蘖至灌浆期发病,发病后植株茎基部变黑腐烂,并伴有恶臭味,随着病情的加重,病株根茎处极易折断。田间病株呈零星分布,在同一稻丛中常与健株混生。分蘖期发病,病株先是心叶青卷,随后枯黄,造成枯心苗。拔节孕穗期发病时,叶片自下而上逐渐发黄。孕穗期以后发病,常表现为急性青枯死苗现象,病株先失水青枯,形成枯孕穗、半枯穗和枯穗,产量损失较严重。

1.2.1.5 白叶枯病 水稻白叶枯病在盐城市盐都区、亭湖区、建湖县等局部地区有发生且逐年扩大,该病在水稻分蘖盛期、抽穗初期、灌浆结实期均可发生危害。不同品种抗性存在差异,高感白叶枯病的水稻品种有盐稻 10 号、淮稻 14 号、华粳 5 号、镇稻 99、光灿 1 号、连梗 11 号;在白叶枯病发病区发病较轻的水稻品种有淮稻 5 号、南粳 9108、盐稻 1173、淮稻 11 号、连梗 10 号;在白叶枯病发病区未发生白叶枯病的水稻品种有南粳 39、南粳 40。白叶枯病一旦发生,将会造成严重的产量损失。该病常年在 7 月下旬至 8 月上旬老病区开始发病并显症,尤其是台风暴雨和田间农事操作后将加速病害扩散蔓延,加重病害的发生程度。2015 年盐都区局部地区白叶枯病发生十分严重,损失较大。重病点 2015 年部分稻田无一健叶,而 2016 年同田块同期调查无一病叶,高温对此病的抑制作用较明显。

1.2.2 次要虫害

1.2.2.1 稻蓟马 稻蓟马在盐城市 1 年发生 8 代左右,以成虫在稻桩和杂草上越冬,先在杂草上取食、繁殖,至 5 月中下旬迁往水稻田,危害水稻秧苗,若虫自 2 龄起群集在叶尖危害,使叶尖纵卷枯黄。3、4 龄若虫隐藏在卷缩枯黄的叶缘和叶尖内,直至羽化。从 7 月中旬开始,随着气温升高,虫口数量急剧下降。因此,在盐城市 6—7 月间发生多、危害严重,尤其在 6—7 月气温偏低的年份极易大发生。

1.2.2.2 稻象甲 稻象甲在盐城市 1 年发生 1 代,6 月上旬至 7 月中旬产卵,初孵幼虫潜入土中聚集于稻根周围危害,出土活动多在早晨和傍晚钻食稻苗茎秆或心叶。少耕免耕田越冬幼虫的存活率大于常规耕作田,大面积推广少耕免耕技术是稻象甲回升的一个重要原因。

1.2.2.3 二化螟 二化螟在盐城市 1 年发生 2~3 代,幼虫在稻桩、稻草或其他寄主茎秆内、杂草丛、土缝等处越冬。盐城市全部为单季稻种植,以 1 代发生最重,2 代次之,3 代一般在 9 月份气温偏高的年份发生,近几年较少发生,常与其他害虫一并兼治。

1.2.2.4 大螟 大螟在盐城市 1 年发生 3 代,2 代幼虫于 7 月中下旬可危害水稻,造成水稻枯鞘和虫伤株,田边的病株多于中间。3 代大螟幼虫于 8 月下旬至 9 月上旬盛发,造成枯孕穗、白穗、虫伤株。老熟幼虫有转移化蛹习性,稻田大多在稻丛间基部和叶鞘内化蛹,少数在稻茎内化蛹。目前,3 代大螟发生有扩大的趋势,且卵孵期长,高峰期与破口期不吻合,增加了防治难度,若有疏忽,局部地区极易造成严重危害。

1.2.2.5 叶蝉 盐城市稻田常见的叶蝉是黑尾叶蝉,1 年可发生 5 代,它在稻株茎秆刺吸液汁,也可在叶片和穗上取食,在水稻灌浆期上升至穗部吸浆危害,对水稻生产的危害类似灰飞虱。2011 年盐都区、2013 年建湖县的局部田块在 8 月中下旬叶蝉发生较严重。

2 稻田蜘蛛的发生消长规律及其控虫作用

稻田蜘蛛为纯肉食性节肢动物,是稻田中最重要的一类捕食性天敌,占稻田捕食性天敌数量的 90% 左右,它是控制稻田害虫、维持稻田生态系统动态平衡最重要的因素之一。稻田害虫的失控暴发(特别是水稻生长中后期稻飞虱的暴发)的主要原因之一是稻田蜘蛛种群的缺失。

2.1 稻田蜘蛛的种类及优势种

盐城市稻田蜘蛛种类主要有草间小黑蛛、八斑球腹蛛、黑腹狼蛛、拟环狼蛛、拟水狼蛛、四国肖蛸、鳞纹肖蛸、直伸肖蛸、黑色蝇虎、鞍形花蟹蛛、四点亮腹蛛、食虫瘤胸蛛、黄褐新圆蛛、肥胖圆蛛、棕管巢蛛等,其中优势种为草间小黑蛛、八斑球腹蛛、黑腹狼蛛和直伸肖蛸^[5]。

2.2 稻田蜘蛛种群的消长规律

稻田蜘蛛种群在水稻拔节前种群数量缓慢增长,拔节期至孕穗期快速增长,水稻齐穗后种群数量基本稳定。在蜘蛛种群数量进入稳定期时,直播稻田的蜘蛛数量明显低于移栽稻田^[6]。

2.3 影响稻田蜘蛛种群数量的因素

农药的使用是影响稻田蜘蛛种群数量的主要因素,种群数量与稻飞虱的关联度较大,水稻生长前期施用腐熟有机肥有利于蜘蛛的迁入和繁殖,气候条件的变化会影响稻田蜘蛛种群数量的变化,除草、搁田、灌水等田间管理措施也可对稻田蜘蛛的数量产生一定的影响^[7]。

2.4 稻田蜘蛛取食规律

幼蛛可取食活的昆虫,稻田蜘蛛取食昆虫的能力较强,可结网、游猎,还有自残特性^[7]。

2.5 稻田蜘蛛的控虫作用

2010 年盐城市盐都区调查发现,直播稻田在拔节孕穗期(8 月 12 日)使用杀虫剂,施药 13 d 后对蜘蛛的杀伤率达 57%,而此时 4 代灰飞虱比 3 代增殖了 3.64 倍,而未用药区的 4 代灰飞虱仅比 3 代约增殖了 1 倍,可见蜘蛛对灰飞虱有较强的控制作用。2010 年 9 月 25 日调查发现,绿色防控田共用 5 次药,蜘蛛 155 头/百株,稻飞虱 122 头/百株,3~4 龄

稻纵卷叶螟 3.4 头/百株;常规防治田共用 9 次药,蜘蛛 86 头/百株,稻飞虱 186 头/百株,可见绿色防控田在少用 4 次药的情况下,蜘蛛对稻飞虱仍有较好的控制作用。庞雄飞等的研究表明,如果稻田蜘蛛数量减少一半,稻纵卷叶螟下一世代的数量为原来世代的 3 倍,如果没有蜘蛛的控制作用,则为原来的 13 倍^[8]。

盐城市建湖县研究表明,稻田蜘蛛的积累对稻飞虱的繁殖可起到抑制作用,对灰飞虱、白背飞虱的发生均有较好的控制效果,绿色防控区和空白对照区的灰飞虱 3 代若虫分别为 2 代成虫的 14.3、17.4 倍,而常规用药区高达 27.4 倍;绿色防控区和空白对照区的 4 代若虫分别为 3 代成虫的 13.1、16.4 倍,而常规用药区高达 29.5 倍^[9]。

3 非化防措施防病控虫的效果

防虫网覆盖阻隔传毒、推迟播栽期避虫、轻型栽培减轻病

害发生、灭茬压低越冬虫量等非化防措施均取得了较好的防病控虫效果^[10]。另外,架设频振式杀虫灯(平均约 1 盏/hm²),于水稻害虫盛发期(7—9 月份),每晚 18:30 开灯,次日早晨 06:30 关灯,可诱杀稻飞虱、稻纵卷叶螟等。盐城市建湖县植保植检站调查表明,灯诱防治稻飞虱的效果较优,仅 7 月份灰飞虱约减少 20 头/百穴稻株;每 667 m² 设 2 只大螟、稻纵卷叶螟性诱捕器,半个月更换 1 次诱芯,可有效打破害虫性比平衡,降低繁殖能力,减少有效卵量,减轻发生危害程度,盐城市盐都区 2015 年调查结果显示,单个船形性诱捕器半个月可诱杀 92 头稻纵卷叶螟,24 头大螟。

4 明确药剂品种效果及关键应用技术

多年来,笔者筛选出许多对水稻病虫防效优良、对稻田蜘蛛相对安全的高效低毒低残留的农药(表 1),根据筛选结果,明确了水稻病虫关键应用技术。

表 1 盐城市水稻病虫发生的主要时期和防控措施

水稻病虫类别			发生时期		防控措施		
			水稻生育期	发生日期	非药控措施	药剂品种	
害虫	主要害虫	稻纵卷叶螟	破口抽穗期	8 月 25 日 至 9 月 10 日	蜘蛛、灯诱、性诱	氯虫苯甲酰胺、杀虫单、甲氨基苯甲酸盐、短稳杆菌、甲氧虫酰胺、茚虫威等	
		灰飞虱	3~4 叶期	6 月 1 日至 30 日	蜘蛛、灯诱	吡蚜酮、噻虫嗪、烯啶虫胺、丁虫脍等	
		褐飞虱	灌浆期	9 月 10 日后	蜘蛛、灯诱	吡蚜酮、烯啶虫胺、呋虫胺、氟啶虫胺脒等	
	次要害虫	白背飞虱	分蘖期	7 月中下旬	蜘蛛、灯诱	吡蚜酮、噻虫嗪、烯啶虫胺等	
		稻象甲	分蘖前	6 月下旬至 7 月中旬	水控	甲氨基苯甲酸盐、醚菊酯等	
		稻蓟马	苗期	6 月上旬至 7 月上旬		吡蚜酮、噻虫嗪、烯啶虫胺等	
		叶蝉	拔节孕穗期	7 月下旬至 8 月上旬		噻虫嗪、噻虫胺、吡蚜酮等	
		大螟	孕穗期	8 月下旬		氯虫苯甲酰胺、杀虫单、甲氨基苯甲酸盐等	
	病害	主要病害	纹枯病	拔节孕穗期	7 月下旬至 8 月上旬	水控、肥控	井冈霉素、井·蜡芽、噻呋酰胺、苯甲·丙环唑、己唑醇等
			稻瘟病	破口齐穗期	8 月 25 日 至 9 月 10 日	耐病水稻品种	三环唑、稻瘟灵、稻瘟酰胺、嘧菌酯等
稻曲病			倒 2 叶与剑叶叶枕平至叶尖平期	8 月 30 日前后	抗耐水稻品种	井冈霉素、井·蜡芽、苯甲·丙环唑等	
次要病害		白叶枯病	拔节孕穗期	7 月下旬至 8 月上旬	耐病水稻品种	叶枯唑、氯溴异氰尿酸、噻菌茂、宁南霉素等	
		干尖线虫病	抽穗后	9 月 1 日后	精选种子	杀螟·乙蒜素、氰烯·杀螟丹等	
		恶苗病	苗期至分蘖期显症	6 月下旬至 7 月下旬	精选种子		
		细菌性基腐病	拔节孕穗期	7 月下旬至 8 月上旬	水控	叶枯唑、氯溴异氰尿酸、噻菌茂、宁南霉素等	

4.1 对水稻病害效果优良的杀菌剂

稻瘟病:研究表明,三环唑、稻瘟酰胺、稻瘟灵、嘧菌酯是穗颈瘟的优良药剂品种,在稻瘟病严重发生年份,咪鲜胺不能有效控制建湖县稻穗颈瘟的发生^[11]。精准预防稻瘟病的关键措施是掌握用药适期(破口初期)、选对药剂品种、根据天气趋势决定用药次数(高温晴朗天气少用药)。

纹枯病:在栽培上稻田灌水坚持前浅、中晒、后湿润的原则,降低纹枯病的发生发展。当病穴率达 5% 时须采取措施控制病情发展,尤其是在垂直扩展期,此病防比治重要。宋益民等的研究表明,嘧菌酯对水稻纹枯病具有十分优异的离体抑菌活性^[12],井冈霉素、井·蜡芽是防治纹枯病的优良生物

杀菌剂,己唑醇、苯甲·丙环唑、噻呋酰胺对纹枯病的防效均较高。防治适期为水稻纹枯病发病初期。

稻曲病:井冈霉素、苯甲·丙环唑、申嗪霉素·王铜复配剂等药剂在倒 2 叶与剑叶叶枕平至叶尖平期喷洒农药(水稻破口前 5~7 d)防效均约达 90%。该病防治的关键是时间的把握,一旦错过防治适期,防效会显著下降^[13]。

恶苗病、干尖线虫病:可用 17% 杀螟·乙蒜素可湿性粉剂、20% 氰烯·杀螟丹可湿性粉剂浸种进行防治。

细菌性病害:细菌性病害一旦发生,要立即喷药保护治疗。效果显著的药剂有氯溴异氰尿酸、叶枯唑、噻菌茂、宁南霉素。细菌性基腐病发生田块要立即放干田水控制病情扩

展,发生白叶枯病的田块必须在晴朗天气、露水干后喷洒药剂。

4.2 对水稻害虫效果优良的杀虫剂

稻纵卷叶螟:主控稻纵卷叶螟 3、4 代(适生临界期前),药剂品种可优选氯虫苯甲酰胺、短稳杆菌、甲氧虫酰胺、茚虫威、杀虫单、甲氨基苯甲酸盐等,施药适期为稻纵卷叶螟卵孵高峰期至低龄幼虫发生高峰期,甲氨基苯甲酸盐掌握在稻纵卷叶螟 1、2 龄幼虫高峰期施用,杀虫单掌握在稻纵卷叶螟卵孵高峰期施用。在稻纵卷叶螟的药剂防治上,及时、适时都较重要,有研究表明,每推迟 1 个龄期用药,杀虫效果平均下降 10%,保叶效果约下降 20%,甲氨基苯甲酸盐光解速度较快,上午、下午用药防效相差约 10%^[14]。

稻飞虱:在麦田根治灰飞虱越冬代和 1 代^[15],力保灰飞虱不迁入秧池;在用药时间上以若虫第 1 高峰期为准,要选准药剂,将长效药剂与速效药剂混用,可提高对灰飞虱成虫、若虫的防治效果。研究表明,吡蚜酮、噻虫嗪、烯啶虫胺、丁虫脍等对灰飞虱的防效较好,对蜘蛛相对安全。在褐飞虱、白背飞虱中等以上发生的年份在卵孵盛期及时药控,优选烯啶虫胺、呋虫胺、吡蚜酮、氟啶虫胺脒等药剂。

表 2 水稻病虫害绿色防控技术

生育时期	日期	重点防控病虫	非药控措施	用药次数		兼顾防控病虫
				绿色防控田	常规防治田	
播种前	5 月 15 日前(直播田 6 月 15 日前)	恶苗病、干尖线虫病	适当推迟播期	0~1	0~1	
苗期	5 月 16 日至 7 月 5 日(直播田 6 月 20 日至 7 月 5 日)	灰飞虱、病毒病	防虫网、保护蜘蛛	0~1	1~2	苗瘟、稻象甲、稻蓟马
分蘖期	7 月 6 日至 8 月 5 日	纹枯病	灯诱、性诱、保护蜘蛛	0~1	1~2	白叶枯病、叶瘟、稻纵卷叶螟、大螟、二化螟、叶蝉、白背飞虱
拔节抽穗期	8 月 6 日至 9 月 5 日(重点日期)	穗颈稻瘟病、稻曲病、纹枯病	灯诱、性诱、保护蜘蛛	1~3	3~4	大螟、稻纵卷叶螟、二化螟、白背飞虱、叶蝉
灌浆结实期	9 月 6 日至 10 月 10 日	褐飞虱	保护蜘蛛	0	1~2	纹枯病、灰飞虱、稻纵卷叶螟

5.2 绿色防控技术措施

5.2.1 协调运用农业、物理措施

5.2.1.1 选用优良的抗(耐)病品种 移栽稻优选连梗 5 号、连梗 6 号、连梗 7 号、盐稻 8 号、盐梗 11、淮稻 8 号、镇稻 99 等对条纹叶枯病、黑条矮缩病均具有较好抗(耐)病性的品种。直播稻优选对稻瘟病抗病性较好的水稻品种,或生育期短的品种,以避免抽穗扬花期不利天气的影响。

5.2.1.2 压缩稻套麦面积 缩减稻套麦,逐步推广机插秧等轻型栽培技术。

5.2.1.3 及时耕翻灭茬 减少灰飞虱、大螟、二化螟虫源基数,降低秧田虫量。

5.2.1.4 调整播栽期 手栽稻 5 月 15—20 日播种,机插稻 5 月下旬播种,直播稻 6 月 15—20 日播种,避开灰飞虱传毒^[18]。

5.2.1.5 秧田覆盖防虫网 于水稻秧田揭膜后,用 40 目以上的防虫网或无纺布布帐覆盖秧床,用泥土密封防虫网(帐)四周,有效阻隔灰飞虱进入秧田危害传毒。

5.2.1.6 灯诱、性诱害虫 有条件的地区,在飞虱、纵卷叶螟等害虫发生期,利用频振式杀虫灯诱杀成虫,用纵卷叶螟和大

叶蝉:在药剂防效方面,噻虫嗪>噻虫胺>吡蚜酮>毒死蜱,噻虫嗪对叶蝉具有较好的速杀性和持效性^[16]。

二化螟、大螟、稻象甲的药控措施同稻纵卷叶螟,稻蓟马的药控措施同稻飞虱。

5 水稻病虫害绿色防控技术的集成

5.1 总体技术思路

在深入研究并掌握水稻病虫暴发致灾规律的基础上,通过对多项农业、物理、化学防治技术的广泛调查、研究试验、示范验证,权衡各项措施的优劣、利弊、难易程度,以控制害虫大发生、精准预防病害暴发致灾、保护稻田蜘蛛为切入点,保证农产品质量安全为目标,从保护农业生态环境出发,推广水稻病虫害绿色防控技术,最大限度地降低投入品的用量,避免依赖化学药剂的防治。整个防控体系是播种前防恶苗病、干尖线虫病,苗期防灰飞虱、病毒病、苗瘟,分蘖拔节期控纹枯病、白背飞虱、稻纵卷叶螟,穗期防稻瘟病、稻曲病,兼控褐飞虱、大螟、纹枯病、稻纵卷叶螟^[17]。水稻病虫害绿色防控技术集成如表 2 所示。

螟性诱剂诱杀雄虫,减少田间落卵量。

5.2.1.7 加强水肥管理,搞好健身栽培 浅水勤灌,适时搁田,测土配方施肥,氮、磷、钾肥优化搭配使用。

5.2.2 积极实施生物防治

5.2.2.1 大力开展保蛛控虫 在水稻全生育期要充分保护发挥蜘蛛的控虫作用,全力做好化学农药的控制使用。做到不达防治指标不治(水稻抽穗前放宽防治指标)、不到防治适期不治、能挑治的不普治、能兼治的不单治,稻田全生育期尽量不用对蜘蛛杀伤力强的杀虫剂,充分利用蜘蛛控制稻飞虱和稻纵卷叶螟^[8]。

5.2.2.2 稳妥优先使用生物农药 对效果稳定的生物农药品种要优先选用,如稻曲病、纹枯病、稻纵卷叶螟均有效果较好较稳定的生物药剂品种;对稻瘟病的生物杀菌剂(春雷霉素)要有选择性地使用,在穗颈稻瘟病重发生年份不使用。

5.2.3 适时开展化学防治 化学防治必须根据水稻生育期、病虫发生趋势,优选农药品种,掌握施药适期,交替轮换使用,采取正确的施药方法。具体措施如下:播种前用 17% 杀螟·乙蒜素可湿性粉剂 300 倍液、20% 氰烯·杀螟丹可湿性粉剂 2 000~3 000 倍液 20℃ 浸种 48~60 h,捞出后催芽或晾干播

种,可预防恶苗病、干尖线虫病。水稻苗期灰飞虱成虫迁飞期可用 150 g/hm² 60% 烯啶虫胺可湿性粉剂或 150 g/hm² 50% 吡蚜酮可湿性粉剂防治,兼治稻蓟马,可预防病毒病发生。用 1 500 mL/hm² 40% 稻瘟灵乳油或 1 200 mL/hm² 25% 咪鲜胺乳油或 450 g/hm² 75% 三环唑可湿性粉剂可预防苗瘟、叶瘟。水稻分蘖期,封行前用 300 mL/hm² 240 g/L 噁唑酰胺悬浮剂或 750 mL/hm² 125 g/L 氟环唑悬浮剂可预防纹枯病,加大用水量,可提高对纹枯病的预防效果。充分利用水稻分蘖期补偿作用强的特点,在 2 代稻纵卷叶螟、2 代白背飞虱和褐飞虱发生偏轻年份不用杀虫剂进行防治,利用蜘蛛等天敌的控虫作用。水稻拔节期,对 3 代稻纵卷叶螟的防治可选用 900 mL/hm² 1.5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐乳油或 1 500 mL/hm² 10¹⁰ 个/mL 孢子的短稳杆菌悬浮剂或 450 mL/hm² 24% 甲氧虫酰肼悬浮剂或 225~300 mL/hm² 15% 茚虫威悬浮剂,对 3 代白背飞虱和褐飞虱的防治可选用 300~375 g/hm² 25% 呋虫胺可湿性粉剂或 150 g/hm² 60% 烯啶虫胺可湿性粉剂或 300 g/hm² 50% 氟啶虫胺胍水分散粒剂,尽量不要选用对蜘蛛等天敌杀伤力大的药剂,最大限度保护、利用蜘蛛等天敌的控虫作用。破口前 5~7 d(倒 2 叶与剑叶叶枕平至叶尖平),用 750 g/hm² 20% 井冈霉素可溶粉剂或 1 200~1 500 g/hm² 40% 井·蜡芽菌或 300 mL/hm² 30% 苯甲·丙环唑乳油或 750 mL/hm² 125 g/L 氟环唑悬浮剂+150 mL/hm² 200 g/L 氯虫苯甲酰胺悬浮剂或 750 g/hm² 90% 杀虫单可溶粉剂等兑水 450 kg/hm² 对准水稻穗部喷雾,可防治稻曲病、纹枯病和稻纵卷叶螟、大螟。破口期,用 450 g/hm² 75% 三环唑可湿性粉剂+150 g/hm² 25% 噁虫嗪水分散粒剂或 300~375 g/hm² 25% 呋虫胺可湿性粉剂或 150 g/hm² 60% 烯啶虫胺可湿性粉剂兑水 30 kg 对准水稻穗部喷雾,防治穗颈瘟和褐飞虱。齐穗期,用 750 mL/hm² 40% 稻瘟酰胺悬浮剂或 1 500~1 800 mL/hm² 40% 稻瘟灵乳油或 450 mL/hm² 250 g/L 啞菌酯悬浮剂兑水 30 kg 对准水稻穗部喷雾,可防治穗颈瘟。

化学防治只能在病虫大发生时作应急措施,偏重发生时作辅助,中等及以下发生时少用或不用,充分发挥稻田自然生态平衡控制作用。

水稻病虫害的绿色防控要根据田间病虫害情、蛛情,结合水稻生育期、品种抗性、天气趋势等实际情况来实施。在水稻苗期,若灰飞虱带毒率高,虫量大,基于水稻幼苗抗性弱,秧苗密度低,必须立即采取应急措施防治。在水稻分蘖期,若水稻稻纵卷叶螟密度较低,稻株中上层直伸肖蛸、黄褐新圆蛛密度高,充分发挥蜘蛛的控制功能和利用水稻的补偿功能,可不必使用化学农药防治。纹枯病穴发病率高于 5% 时要立即使用农药进行防治。在分蘖期发现叶瘟病要及时进行药剂控制。在水稻生长后期,若气温下降对稻纵卷叶螟生长发育不利,其防治指标亦可适当放宽。即使稻飞虱发生密度和虱蛛比均达防治指标,若黑腹狼蛛的比例占蜘蛛的百分比较高,可适当放宽防治指标。必须选准对蜘蛛杀伤力小的农药品种,掌握好浓度和施用方法。针对水稻生长中后期病虫害种类多,水稻病虫害可合并兼治,尽量减少用药次数。

6 实施成效

盐城市从 2008 年起开展了大量的调查、试验、示范,并及

时将阶段性研究成果应用到大面积生产中,根据病虫发生的实际情况采取切实科学的防控方案,取得了非常满意的结果,最终形成了一整套适合现行耕作制度、种植方式、易于操作、可持续的水稻病虫害绿色防控技术体系。该技术已在盐城市大面积推广应用,有效地控制了水稻害虫的发生危害并精准预防了水稻病害的大面积流行,减少了化学农药的使用量,保护了稻田生态环境的平衡,显著提高了水稻产量,促进了农民增收,社会、生态、环境效益十分显著。

6.1 水稻病虫害得到有效控制

在现行耕作制度田间菌源量充足的情况下,通过大力推广应用该项技术,近 5 年水稻纹枯病在发病初期及时预防,其危害得到了有效遏制。盐城市盐都区 2015 年 9 月 10 日调查结果显示,绿色防控田纹枯病的平均病情指数为 0.74,常规防治田平均病情指数为 1.94。水稻稻瘟病精选优良药剂掌握在破口初期用药,除 2014 年局部失时失治田穗颈瘟危害严重外,基本得到有效控制。盐都区 2015 年 9 月 28 日调查结果显示,绿色防控田穗颈稻瘟病平均病情指数为 1.53,常规防治田平均病情指数为 2.55。稻纵卷叶螟在结合水稻生育期的基础上,卵孵初期用药,均得到了有效控制,未造成明显的损失;稻飞虱虫量在孵化高峰期及时得到控制,未造成病毒病危害或稻田成片“冒穿”的现象。盐都区 2016 年 10 月 6 日调查结果显示,绿色防控田稻飞虱平均为 34 头/百穴,常规防治田平均为 793 头/百穴。其他局部地区稻田病虫均未造成失控。

6.2 稻田蜘蛛得到了较好保护

随着该项成果技术的推广,少用药、选对药、用准药策略的深入推进,稻田蜘蛛种群数量逐年增多,调查结果显示,不仅水稻植株上层结网蛛数量增加,而且中下层游猎蛛数量也在增加。2010 年 9 月 25 日盐都区调查结果显示,绿色防控示范区的蜘蛛为 155 头/百株,比常规防治田增加了 80.2%。

6.3 生态环境得到显著改善

经过几年的大力推广,水稻病虫害绿色防控技术的优势凸显。通过保护稻田蜘蛛发挥自然生态控制、充分利用水稻植株自身的补偿功能,放宽水稻害虫防治指标,选用高效安全药剂掌握时点精准预防水稻病害,2010 年、2011 年、2016 年在盐城市盐都区北蒋、潘黄、盐龙湖等地区先后建立了 6 个绿色防控核心示范区,平均用药 3.7 次,比常规防治田少用药 4.5 次,尽管化学农药用量降低,用药次数减少,农药面源污染得到有效控制,但水稻长势仍健康良好、产量略有提高,病虫害发生与常规防治田无明显差异。

参考文献:

- [1] 范小建. 农业部副部长范小建在全国植物保护工作会议上的讲话[J]. 中国植保导刊, 2006, 26(6): 5-13.
- [2] 张玉, 沈田辉, 丁世峰, 等. 2014 年大丰市稻瘟病重发原因分析与防控措施[J]. 上海农业科技, 2015(5): 134-135.
- [3] 邵德良, 李瑛, 梅爱中, 等. 六(4)代稻纵卷叶螟初孵幼虫适生临界期的判定[J]. 中国植保导刊, 2012, 32(1): 42-44.
- [4] 仇学平, 仇广灿, 陈志源, 等. 不同水稻品种黑条矮缩病感病性比较[J]. 中国植保导刊, 2010, 30(3): 19-20.
- [5] 成晓松, 张俊喜, 仇彩云, 等. 江苏稻田蜘蛛种群及优势种调查研究[J]. 上海农业科技, 2010(1): 130-131.

杨俊誉, 陈小龙, 高玲玲, 等. 水稻白叶枯病植株内生细菌的分离及其拮抗功能[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(21): 100–105.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.21.027

水稻白叶枯病植株内生细菌的分离及其拮抗功能

杨俊誉¹, 陈小龙², 高玲玲², 黄琼¹

(1. 云南农业大学植物保护学院, 云南昆明 650201; 2. 河南省农业科学院农副产品加工研究所, 河南郑州 450002)

摘要:从云南省感染水稻白叶枯病的病株和健康植株上共分离得到 475 株植株内生细菌, 从中筛选出 167 株对水稻白叶枯病菌(*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, 简称 *Xoo*)有拮抗作用的内生细菌。病株体内拮抗内生细菌的菌株数量多于健康植株, 病株和健康植株根、茎、叶中的内生细菌菌株数量略有不同, 从病株根、茎、叶中分离出的拮抗内生细菌对水稻白叶枯病菌的抑制作用差异不显著; 而从健康植株的茎部和叶部分离出的拮抗菌对水稻白叶枯病菌的抑制作用显著高于根部拮抗菌($P < 0.05$)。采用对峙培养方法测定并比较分离菌株的抑菌能力, 得到 30 株对白叶枯病菌抑菌能力较强的菌株, 并对其进行 5 种病菌的抑菌谱测定。结果显示, 30 株菌株对 5 种水稻病害的病原菌均有抑制作用。通过 16S rDNA 序列分析发现, 水稻内生拮抗细菌分别与 GenBank 序列数据库中 17 个属的细菌相似性较高, 其中, 农杆菌属(*Agrobacterium*)、短状杆菌属(*Brachy bacterium*)、克雷伯菌属(*Klebsiella*)、鞘氨醇杆菌属(*Sphingobacterium*)和葡萄球菌属(*Staphylococcus*)为发病植株特有的拮抗细菌属, 而节杆菌属(*Arthrobacter*)和考克斯菌属(*Kocuria*)仅存在于对照植株中。

关键词:水稻白叶枯病菌; 内生细菌; 拮抗细菌; 抑菌谱; 16S rDNA; 种群结构

中图分类号: S435.111.4⁺7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)21-0100-06

水稻是我国主要的粮食作物, 由水稻白叶枯病菌(*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, 简称 *Xoo*)引起的水稻白叶枯病是水稻生产上一种重要的细菌性病害^[1-2]。自 1884 年水稻白叶枯病首次在日本九州岛福冈地区被发现, 至今已有 120 多年的历史, 尽管一些化学农药已在生产上用于防治该病, 但效果并不十分理想。

Bayot 等对植物内生细菌的种类、定殖部位以及与植物的

生理与病理的相关关系进行了大量的研究^[3]。Kennedy 等报道, 大多数植物内生细菌具有一定的运动性, 这不仅有利于内生细菌吸收营养物质, 还有利于其避开外界环境的压力以保护自己^[4]。同时大多数内生细菌定殖于植物薄壁组织的细胞间隙, 有些定殖于细胞质中, 有些可穿过细胞壁进入细胞内, 有些则定殖于微管束组织中, 但数量较少, 可能是因为维管束中出现大量的细菌会导致维管束阻塞, 使植物致病^[5-6]。研究发现, 不同寄主植物品种中内生细菌的种群不同, 即使是同一种植物的不同品种之间, 其内生细菌的种类、数量和分布均有一定甚至较大的差异^[7-9]。

利用内生细菌防治水稻白叶枯病已有较多的研究, 但是关于白叶枯病的发生对水稻内生细菌的分布和拮抗作用的影响鲜见报道。本研究分析白叶枯病的发生对水稻拮抗内生细菌的种类以及分布特性的影响, 旨在为水稻白叶枯病的防治及水稻拮抗内生细菌的开发与利用奠定基础。

收稿日期: 2016-05-25

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(编号: 201303015)。

作者简介: 杨俊誉(1990—), 男, 云南楚雄人, 硕士研究生, 主要从事植物细菌病害研究, E-mail: yangjunyu900708@163.com; 陈小龙(1982—), 男, 河南安阳人, 博士, 主要从事植物病理学研究, E-mail: cxlong119@163.com。

通信作者: 黄琼, 博士, 教授, 主要从事植物病理学研究。E-mail: huangqiong88hs@163.com。

[6] 成晓松, 张俊喜, 胡春林, 等. 稻田蜘蛛种群消长规律研究[J]. 安徽农学通报, 2011, 17(14): 195–197.

[7] 张俊喜, 胡春林, 成晓松, 等. 稻田蜘蛛的特性及利用[J]. 浙江农业科学, 2013(1): 50–55.

[8] 庞雄飞, 梁广文, 尤民生. 稻田蜘蛛对稻纵卷叶螟生命系统的控制作用[J]. 华南农业大学学报, 1988, 9(3): 15–23.

[9] 张开朗, 谷爱娣, 游树立, 等. 水稻病虫害绿色防控技术在建湖县的应用实践与效益评价[J]. 中国植保导刊, 2011, 31(5): 17–21, 30.

[10] 吕卫东, 陈永明, 林付根, 等. 灰飞虱传水稻病毒病控害减灾技术的研究[J]. 农学学报, 2015, 5(12): 14–22.

[11] 潘勇, 张如标, 张开朗, 等. 2014 年建湖县稻瘟病发生特点及防控措施建议[J]. 中国植保导刊, 2015, 35(4): 46–48.

[12] 宋益民, 刁亚梅, 顾春燕, 等. 10 种杀菌剂防治水稻纹枯病的田

间药效比较[J]. 现代农药, 2012, 11(2): 54–56.

[13] 张俊喜, 成晓松, 宋益民, 等. 中国水稻稻曲病研究进展[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(1): 234–240.

[14] 邵德良, 李瑛, 梅爱中, 等. 异常高温对稻纵卷叶螟发生与防治的影响[J]. 中国植保导刊, 2015, 35(3): 38–40.

[15] 仲凤翔, 梅爱中, 李瑛, 等. 麦田灰飞虱发生与水稻病毒病流行关系及防治对策探讨[J]. 江西植保, 2010, 33(1): 35–37.

[16] 张如标, 王东明, 潘勇, 等. 不同药剂对叶蝉的防治效果的影响[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(4): 141–143.

[17] 张俊喜, 王凯, 李红阳, 等. 水稻病虫害绿色防控技术研究方法探讨[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(9): 166–168.

[18] 仲凤翔, 李瑛, 邵德良, 等. 水稻黑条矮缩病重发原因及防控对策[J]. 植物医生, 2012, 25(3): 5–7.