

白背飞虱及其捕食性天敌在云南香型软米水稻品种上的发生特征

尹艳琼¹, 齐国君², 李向永¹, 赵雪晴¹, 谌爱东^{1*}

(1. 云南省农业科学院农业环境资源研究所, 昆明 650205;

2. 广东省农业科学院植物保护研究所, 广东省植物保护新技术重点实验室, 广州 510640)

摘要 为研究云南稻区香型软米水稻品种对白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horváth) 及其主要捕食性天敌黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis* 和蜘蛛发生动态的影响, 以地方香型软米水稻品种‘云恢 290’‘文稻 11 号’‘红香软 7 号’为供试品种, ‘Taichung Native 1’ (TN1) 为感虫对照, 系统调查了白背飞虱、黑肩绿盲蝽和蜘蛛种群田间发生量。结果表明: 大田期 3 个香型软米水稻品种上田间虫量均略超过‘TN1’, 表现为感虫; 水稻分蘖期白背飞虱的峰期虫量 2 500~3 863 头/百丛, 其中低龄若虫占 80% 以上。捕食性天敌田间种群数量与对照差异不显著, 黑肩绿盲蝽发生高峰期比白背飞虱滞后 1 周, 而蜘蛛田间种群数量随生育期逐渐上升, 在水稻成熟期达最大值。在白背飞虱发生高峰期, 益害比接近 1:40。分蘖期低龄若虫对后期的发生量有重要影响, 是防治关键期; 水稻拔节期至蜡熟期可充分利用黑肩绿盲蝽、蜘蛛等天敌对白背飞虱的控制作用。

关键词 香型软米; 白背飞虱; 黑肩绿盲蝽; 蜘蛛; 种群动态

中图分类号: S 435. 11, S 476. 2 **文献标识码:** A **DOI:** 10. 16688/j. zwbh. 2019616

Population dynamic of white-backed planthopper and its predatory natural enemies on fragrant and soft rice varieties in Yunnan province

YIN Yanqiong¹, QI Guojun², LI Xiangyong¹, ZHAO Xueqing¹, CHEN Aidong^{1*}

(1. Agriculture Environment and Resources Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China;

2. Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract In order to clarify the effects of fragrant and soft rice varieties on the population dynamic of *Sogatella furcifera* and its dominant predatory natural enemy, *Cyrtorhinus lividipennis* and spiders, we investigated the population amount of white-backed planthopper (WBPH) and *C. lividipennis* and spiders in the field, taking ‘Yunhui 290’ ‘Wendao 11’ and ‘Hongxiangruan 7’ as the test varieties and ‘Taichung native 1’ (TN1) as the control. The population amount of WBPH on three fragrant and soft rice varieties was larger than that on the ‘TN1’, indicating that these fragrant and soft rice varieties were sensitive to WBPH. In the tillering stage, the peak amount was 2 500-3 863 per 100 hills and more than 80% was young nymphs. There was no significant difference of predatory natural enemies between the tested varieties and control. Peak time of *C. lividipennis* was one week later than that of white-backed planthopper, while the spider population gradually increased with the time and reached the maximum at rice maturity period. Natural enemies and ratio of pest was close to 40:1 at the peak time of WBPH. Young nymphs in tillering stage played the key role of population amount of WBPH in rice at late stage, and should be the key time for WBPH management. From jointing stage to waxing stage, white-backed planthopper population can be controlled effectively by making full use of natural enemies such as *C. lividipennis* and spiders.

Key words fragrant and soft rice; *Sogatella furcifera*; *Cyrtorhinus lividipennis*; spider; population dynamic

收稿日期: 2019-11-12 修订日期: 2020-01-18

基金项目: 国家重点研发计划政府间国际科技创新合作重点专项(2016YFE0117400); 国家自然科学基金地区科学基金(31860504, 31760536); 广州市珠江科技新星专项(201806010013)

* 通信作者 E-mail: shenad68@163.com

云南从海拔 76 m 的河口县到 2 700 m 的永宁镇均有稻作分布,是世界公认稻种遗传多样性和生态多样性中心^[1-2],其中版纳、临沧、文山和红河等不仅是稻种优异种质的富集地,还是特优质香型软米水稻的原产地^[3-4]。香型软米是云南特有的一种籼型优质米,广南遮放、八宝米米质柔软、香糯可口,是历代朝廷贡米^[5-6]。20 世纪 80 年代以来,以云南水稻育种单位为主的农业科研机构,把 IR 系列品种水稻的优良性状基因导入云南香型软米老品种进行改良,育成了近 30 个香味浓郁、米质柔软的新品种^[6]。近年来,随着人们生活水平的提高,香、软品质成为消费者考量的重要指标^[7],市场价格攀升,香型软米推广面积逐年扩大,开远市 2017 年‘云恢 290’‘滇屯 502’‘红香软 7 号’等香型软米品种比例约占总播种面积的 90%^[8]。

白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horváth) 是云南省水稻生产上的重要害虫,是稻飞虱中的优势种群^[9],发生率达到 100%^[10]。黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis* 能有效地捕食白背飞虱的卵和低龄若虫,平均捕食率可达 30%~50%^[11],蜘蛛是成虫和若虫期的主要天敌^[12]。随着水稻品种及栽培制度的变更,稻田飞虱群落的种间关系也发生了一些引人注目的变化,白背飞虱的发生与为害逐年加重^[13],迅速成为水稻的主要害虫^[14]。有研究表明白背飞虱的加重猖獗成灾频率上升与杂交水稻种植面积的扩大呈密切正相关性^[15]。香型软米等功能型大米的推广应用,是否又会加重白背飞虱的发生,影响稻田飞虱群落变化等的相关研究尚未见报道。本研究依据昆虫群落生态学的原理和方法,以云南省繁育的香型软米水稻品种为研究对象,以感虫品种‘TN1’为对照,探讨香型软米对白背飞虱以及田间主要捕食性天敌种群动态的影响,为香型软米推广应用以及田间害虫可持续性治理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

‘文稻 11 号’,文山州农科所用文稻 4 号(♀)×红香软米(♂)杂交选育而成,籼型常规稻;‘红香软 7 号’,红河州农科所用滇屯 502(♀)×云恢 290(♂)杂交选育而成,籼型常规稻;‘云恢 290’,云南省农业科学院粮食作物研究所等用‘IR268’选育而成,籼型常规稻;以上材料均由云南省水稻产业技术体系区域试验站提供。

‘Taichung native 1’(TN1)材料来自本课题组

保有的感虫对照试验材料。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计

在师宗县五龙乡(104. 18°E、24. 84°N,海拔 938. 9 m)典型湿热籼稻区,小区面积 5 m²,株行距 15 cm×30 cm,单株移栽,基本苗 100 株,试验设 3 次重复,随机区组排列,试验田四周设保护行。试验于 2016 年 4 月 6 日播种,5 月 9 日移栽,5 月 20 日开始第 1 次田间虫量调查,6 月 3 日第 2 次调查,此后,每周调查 1 次,至 8 月 19 日水稻蜡熟期结束。田间白背飞虱自然迁入发生,苗期至收获期不施任何杀虫剂,常规田间肥水管理。

1.2.2 种群数量调查方法

田间系统调查方法:田间虫量系统调查参照国家标准《稻飞虱测报调查规范》(GB/T 15794-2009)拍查法(33 cm×45 cm 白搪瓷盘)开展调查。每个小区随机调查 10 丛,记录每丛稻株上白背飞虱(不同翅型的成虫、低龄和高龄若虫)、蜘蛛(不分种类)和黑肩绿盲蝽数量,最后换算成百丛虫口密度。

1.2.3 测报灯监测

使用一盏佳多 PS-15 III 型全自动虫情测报灯,5 月 26 日至 8 月 30 日,逐日对诱获的成虫计数,区别白背飞虱雌雄。

1.3 数据处理与分析

所有获得数据采用 SPSS Duncan 氏新复极差法进行分析比较,检测同一时间不同品种间白背飞虱、蜘蛛、黑肩绿盲蝽田间虫口密度的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 云南香型软米水稻品种上白背飞虱种群动态

在云南香型软米水稻品种上白背飞虱的种群数量变化如表 1。从表 1 可知白背飞虱的发生呈明显的单峰型,发生高峰期在 6 月 3 日前后,此时水稻正处于分蘖期,白背飞虱为害影响有效分蘖。云南香型软米水稻品种‘文稻 11 号’白背飞虱百丛虫口数最高,为 3 863. 33 头,其次是‘红香软 7 号’,为 3 066. 67 头,‘云恢 290’最低,为 2 800 头,均高于‘TN1’的百丛虫口数 2 500 头。6 月 17 日后田间白背飞虱虫量锐减,发生量低于 1 000 头/百丛。从分蘖期到蜡熟期,3 个香型软米水稻品种的田间虫量均高于感虫对照‘TN1’,表现感虫,相同生育期田间虫量与感虫对照‘TN1’没有显著性差异。

由图 1 可知,滇东稻区白背飞虱田间低龄若虫

种群出现了 3 次高峰,5 月 20 日、6 月 24 日、8 月 5 日,由此推断滇东稻区白背飞虱年发生 3 个代次。5 月 20 日田间白背飞虱平均发生量 2 146 头/百丛,低龄若虫占 81. 11%,6 月 24 日是 431 头/百丛,低龄若虫占 74. 96%,7 月 29 日田间白背飞虱平均发生量 85 头/百丛,低龄若虫占 82. 12%。白背飞虱田间发生量高峰期 6 月 3 日田间平均发生量 3 130 头/百丛,以高龄若虫为主,占 65. 99%,这个时期的高龄若虫由 5 月 20 日的低龄若虫发展而来,5 月 20

日的低龄若虫的数量对后期的田间虫量有重要影响,是防治的关键期。

试验田白背飞虱灯光诱测结果如图 2 所示,试验田从 5 月 27 日水稻分蘖期至 8 月 14 日水稻蜡熟期,灯下虫量有 2 个高峰,分别为 5 月 30 日和 6 月 17 日,当日单灯虫量分别为 1 648 头和 1 968 头,与图 1 中田间成虫的发生高峰期 6 月 10 日和 7 月 8—15 日不一致,说明 5 月 30 日和 6 月 17 日灯下虫量以迁入降落虫源为主。

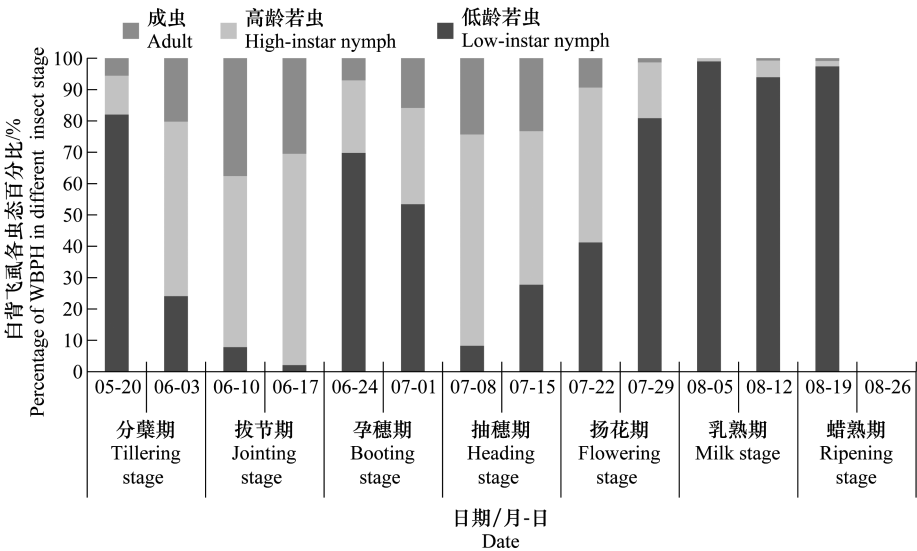


图 1 云南香型软米水稻品种上白背飞虱各虫态的发生动态

Fig. 1 Population dynamics of each insect stage of white-backed planthopper (WBPH) in fragrant soft rice varieties in Yunnan province

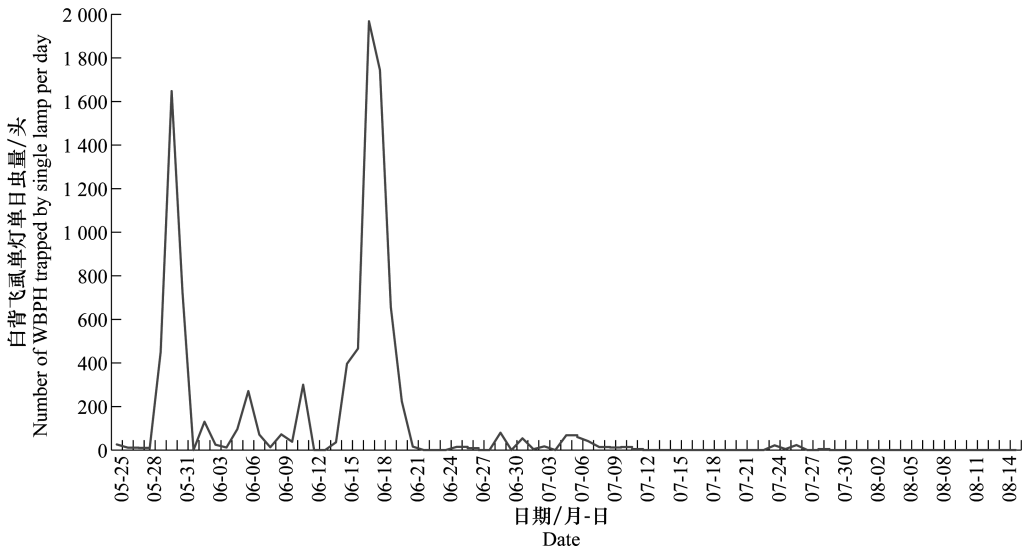


图 2 试验田灯光诱测白背飞虱种群发生动态

Fig. 2 Population dynamics of white-backed planthopper (WBPH) trapped by light in experimental field

2.2 云南香型软米水稻品种上稻飞虱捕食性天敌种群动态

云南香型软米水稻品种上蜘蛛的种群发生动态

见表 2。由表 2 可知,不同水稻品种上蜘蛛种群数量随水稻的生育期呈上升趋势。调查数据显示,到水稻生长后期——乳熟期,田间蜘蛛的发生量达到最

表 1 云南香型软米水稻品种上白背飞虱的发生动态¹⁾

Table 1 Population dynamics of white-backed planthopper (WBPH) in Yunnan fragrant soft rice varieties

品种 Variety	百丛虫口数量/头 The number of WPBH per 100 hills					
	分蘖期 Tillering stage	拔节期 Jointing stage	孕穗期 Booting stage			
	05-20	06-03	06-10	06-17	06-24	07-01
云恢 290 Yunhui 290	(2 586, 67±433, 83)a	(2 800, 00±690, 87)a	(1 300, 00±60, 83)a	(386, 67±46, 31)a	(533, 33±209, 15)a	(556, 67±131, 70)a
文稻 11 号 Wendao 11	(2 446, 67±642, 92)a	(3 863, 33±470, 69)a	(1 820, 00±416, 17)a	(553, 33±59, 25)a	(423, 33±90, 62)a	(796, 67±233, 12)a
红香软 7 号 Hongxiangruan 7	(1 830, 00±80, 21)a	(3 066, 67±537, 97)a	(1 930, 00±464, 79)a	(560, 00±56, 86)a	(463, 33±101, 71)a	(803, 33±156, 45)a
TNI	(2 080, 00±387, 34)a	(2 500, 00±278, 75)a	(1 343, 33±194, 02)a	(473, 33±93, 51)a	(400, 00±66, 58)a	(453, 33±52, 39)a

品种 Variety	百丛虫口数量/头 The number of WPBH per 100 hills					
	抽穗期 Heading stage	扬花期 Flowering stage	乳熟期 Milk stage			
	07-08	07-15	07-22	07-29	08-12	08-19
云恢 290 Yunhui 290	(310, 00±95, 39)a	(206, 67±33, 33)a	(130, 00±43, 59)a	(90, 00±11, 55)a	(80, 00±26, 46)a	(116, 67±56, 96)a
文稻 11 号 Wendao 11	(440, 00±125, 03)a	(353, 33±46, 31)a	(213, 33±35, 28)a	(116, 67±46, 31)a	(106, 67±46, 67)a	(80, 00±36, 06)a
红香软 7 号 Hongxiangruan 7	(333, 33±86, 86)a	(260, 00±10, 00)a	(123, 33±31, 80)a	(60, 00±11, 55)a	(106, 67±46, 67)a	(66, 67±8, 82)a
TNI	(296, 67±34, 80)a	(176, 67±18, 56)a	(93, 33±21, 86)a	(66, 67±47, 02)a	(73, 33±23, 33)a	(123, 33±43, 33)a

1) 表中同列数据后标有相同字母表示在 0.05 水平差异不显著。下同。
Means followed by same letters in the same column are not significantly different ($P<0.05$). The same applies below.

表 2 云南香型软米水稻品种上蜘蛛的发生动态

Table 2 Population dynamics of spiders in Yunnan fragrant soft rice varieties

品种 Variety	百丛虫口数量/头 The number of spiders per 100 hills					
	分蘖期 Tillering stage	拔节期 Jointing stage	孕穗期 Booting stage			
	05-20	06-03	06-10	06-17	06-24	07-01
云恢 290 Yunhui 290	(46, 67±16, 67)a	(70, 00±15, 28)a	(70, 00±15, 28)a	(53, 33±12, 02)a	(150, 00±30, 55)a	(90, 00±23, 09)a
文稻 11 号 Wendao 11	(36, 67±20, 28)a	(76, 67±20, 28)a	(83, 33±33, 83)a	(53, 33±18, 56)a	(130, 00±62, 45)a	(130, 00±56, 86)a
红香软 7 号 Hongxiangruan 7	(80, 00±5, 77)a	(56, 67±16, 67)a	(80, 00±26, 46)a	(86, 67±42, 56)a	(126, 67±63, 33)a	(123, 33±73, 11)a
TNI	(93, 33±31, 80)a	(76, 67±14, 53)a	(106, 67±20, 28)a	(43, 33±12, 02)a	(83, 33±17, 64)a	(120, 00±15, 28)a

品种 Variety	百丛虫口数量/头 The number of spiders per 100 hills					
	抽穗期 Heading stage	扬花期 Flowering stage	乳熟期 Milk stage			
	07-08	07-15	07-22	07-29	08-12	08-19
云恢 290 Yunhui 290	(60, 00±20, 00)a	(90, 00±45, 09)a	(133, 33±24, 04)a	(200, 00±56, 86)a	(316, 67±84, 13)a	(293, 33±60, 09)a
文稻 11 号 Wendao 11	(133, 33±57, 83)a	(130, 00±46, 19)a	(130, 00±35, 12)a	(163, 33±66, 67)a	(306, 67±52, 39)a	(266, 67±43, 72)a
红香软 7 号 Hongxiangruan 7	(46, 67±14, 53)a	(130, 00±41, 63)a	(110, 00±36, 06)a	(240, 00±26, 46)a	(306, 67±18, 56)a	(313, 33±37, 12)a
TNI	(33, 33±14, 53)a	(123, 33±58, 40)a	(96, 67±21, 86)a	(196, 67±63, 33)a	(310, 00±11, 55)a	(323, 33±75, 35)a

表 3 云南香型软米水稻品种上黑肩绿盲蝽的发生动态

Table 3 Population dynamics of <i>Cyrtorhinus lividipennis</i> in Yunnan fragrant soft rice varieties									
品种 Variety	百丛虫口数量/头 The number of <i>C. lividipennis</i> per 100 hills								
	分蘖期 Tillering stage	拔节期 Jointing stage			孕穗期 Booting stage				
	05-20	06-03	06-10	06-17	06-24	07-01			
云恢 290 Yunhui 290	(83.33±18.56)a	(30.00±11.55)a	(110.00±5.77)a	(33.33±3.33)a	(36.67±21.86)a	(30.00±15.28)a			
文稻 11 号 Wendao 11	(70.00±25.17)a	(66.67±12.02)a	(106.67±63.33)a	(16.67±8.82)a	(13.33±8.82)a	(30.00±15.28)a			
红香软 7 号 Hongxiangruan 7	(53.33±16.67)a	(26.67±12.02)a	(93.33±12.02)a	(46.67±8.82)a	(10.00±10.00)a	(0.00±0.00)a			
TN1	(53.33±20.28)a	(43.33±23.33)a	(66.67±20.28)a	(16.67±12.02)a	(40.00±25.17)a	(10.00±5.77)a			
百丛虫口数量/头 The number of <i>C. lividipennis</i> per 100 hills									
品种 Variety	抽穗期 Heading stage		扬花期 Flowering stage		乳熟期 Milk stage		蜡熟期 Ripening stage		
	07-08	07-15	07-22	07-29	08-05	08-12	08-19		
云恢 290 Yunhui 290	(16.67±16.67)a	(13.33±13.33)a	(6.67±3.33)a	(6.67±3.33)a	(10.00±0.00)a	(0.00±0.00)a	(6.67±3.33)a		
文稻 11 号 Wendao 11	(30.00±5.77)a	(0.00±0.00)a	(10.00±10.00)a	(13.33±8.82)a	(0.00±0.00)a	(0.00±0.00)a	(0.00±0.00)a		
红香软 7 号 Hongxiangruan 7	(20.00±5.77)a	(3.33±3.33)a	(3.33±3.33)a	(6.67±3.33)a	(3.33±3.33)a	(0.00±0.00)a	(3.33±3.33)a		
TN1	(6.67±6.67)a	(0.00±0.00)a	(20.00±10.00)a	(0.00±0.00)a	(13.33±8.82)a	(0.00±0.00)a	(6.67±3.33)a		

表 4 云南香型软米水稻品种上田间害-益虫口比

Table 4 Ratio of pests to beneficial insects in Yunnan fragrant soft rice varieties											
品种 Variety	害益比 Ratio of pest to beneficial insects										
	分蘖期 Tillering stage	拔节期 Jointing stage	孕穗期 Booting stage	抽穗期 Heading stage	扬花期 Flowering stage	乳熟期 Milk stage	蜡熟期 Ripening stage				
	05-20	06-03	06-10	06-17	06-24	07-01	07-08	07-15	07-22	07-29	08-12
云恢 290 Yunhui 290	19.90	28.00	7.22	4.46	2.86	4.64	4.04	2.00	0.93	0.44	0.25
文稻 11 号 Wendao 11	22.94	26.95	9.58	7.91	2.95	4.98	2.69	2.72	1.52	0.66	0.35
红香软 7 号 Hongxiangruan 7	13.73	36.80	11.13	4.20	3.39	6.51	5.00	1.95	1.09	0.24	0.35
TN1	14.18	20.83	7.75	7.89	3.24	3.49	7.42	1.43	0.80	0.34	0.40

大,‘云恢 290’‘文稻 11 号’‘红香软 7 号’最大百丛虫口数量分别为 317、310 头和 307 头,相同生育期不同品种间蜘蛛发生数量有差异,但差异不显著。

云南香型软米水稻品种上黑肩绿盲蝽的种群数量变化见表 3。由表 3 可知,黑肩绿盲蝽在稻田有一个明显的发生高峰,峰期比白背飞虱滞后 1 周,‘云恢 290’‘文稻 11 号’‘红香软 7 号’最大百丛虫量分别为 110、107 头和 93 头,均高于‘TN1’。除峰期后移外,发生动态与白背飞虱发生动态相似。

2.3 云南香型软米水稻益害比的动态

云南香型软米水稻品种上田间益-害比的动态见表 4。由表 4 可知,云南香型软米水稻品种上的益-害虫口比与白背飞虱的峰型一致,5 月 27 日到 6 月 3 日迁入虫源繁殖了一代,数量出现扩增,而由于天敌的“滞后效应”,尤其是蜘蛛的滞后,使 6 月 3 日白背飞虱发生高峰期,益-害比为全年最小值,‘云恢 290’‘文稻 11 号’‘红香软 7 号’益-害比分别为 1:28、1:26、1:36;从 6 月 10 日到 8 月 19 日的这个时间段,益-害比在 1:10 以下,捕食性天敌对白背飞虱田间种群的发生起到了一定的控制作用。

3 讨论

早期迁入的白背飞虱成虫在秧苗上定殖产卵,卵粒随着秧苗进入大田,形成大田初始虫源,构成大田虫口的重要组成部分^[16],云南香型软米水稻品种在移栽 2 周后,田间虫量进入发生的高峰期,田间虫量以低龄幼虫为主,占总发生量的 81.11%,此生育期的虫量是影响产量的关键期^[15],有研究表明在水稻的重要生育期施用 1~2 次杀虫剂,可获得与常规杀虫剂施用量(3~6 次)相当或更高的水稻生产经济效益^[17],防控苗期迁入的白背飞虱成虫、分蘖期的低龄若虫,是栽培香型软米水稻品种的关键。水稻进入拔节期后,益虫比例上升,此时期水稻封行,白背飞虱在稻丛基部为害,药剂防治很难达到效果,林华峰^[11]的研究表明,黑肩绿盲蝽与飞虱卵益害比(B/E)达到 1:300,便不需用药防治。云南香型软米稻区做好苗期成虫、分蘖期低龄若虫 1~2 次的防治,并结合田间管理等措施,增加捕食性天敌的种群数量,充分发挥天敌的控制作用,可有效地抑制白背飞虱种群的发生和发展^[18]。

香米不仅香味浓郁、口感好,而且对人体有极高

的营养保健功效,备受广大消费者青睐,目前在国内外市场上,香米市场价格均比普通大米高 50%以上^[7]。水稻品种上植食性昆虫种群的建立与其行为和发育等生物学特性密切相关^[19],香型软米水稻品种叶散,稻茎软,对白背飞虱生长发育、生存和繁殖等生物学过程有利,种群数量高于感虫品种。所以优质香型软米水稻的推广要加强白背飞虱的综合治理,采用保护网或工厂化育苗等措施,严控苗期早期迁入成虫为害和产卵,做好监测预警,掌握低龄幼虫防治的关键期,并与保护天敌^[20-21]、农业防治^[22]、环境调控^[13]、景观生态调控^[23]等手段相结合,才能够栽培出优质的香型软米,获得良好的经济、生态和社会效益。

参考文献

- [1] 曾亚文,李自超,杨忠义,等. 云南稻种主要性状多样性分布中心及其规律研究[J]. 华中农业大学学报,2000, 19(6): 511-517.
- [2] 黄兴奇. 云南作物种质资源[M]. 昆明:云南科技出版社,2005: 217-218.
- [3] 曾亚文,李自超,申时全,等. 云南地方稻种的多样性及优异种质研究[J]. 中国水稻科学,2001,15(3):169-174.
- [4] 杨忠义,曹永生,苏艳,等. 云南作物资源特征特性及生态地理分布研究 I · 云南地方稻种资源中特种稻资源[J]. 植物遗传资源学报,2006,7(3): 331-337.
- [5] 李铮友,师常俊,李晓艾,等. 香软米滇电 502 的选育[J]. 云南农业大学学报,1999,4(1):27-31.
- [6] 李存龙,杨芬,罗龙,等. 云南香型软米水稻资源及在水稻育种中的研究利用[J]. 西南农业学报,2008,21(5): 1450-1455.
- [7] 余亚莹,邵高能,圣忠华,等. 国内外香稻资源遗传多样性研究[J]. 植物分类与资源学报,2015,37(6):871-880.
- [8] 向宴兵,普云峰. 云南省红河州开远市 2017 年春耕备耕工作调研报告[J]. 三农论坛,2017, 34(1):170-171.
- [9] 沈慧梅,李向永,谌爱东,等. 云南白背飞虱标记释放回收试验与轨迹模拟[J]. 中国水稻科学,2016, 30(1):93-98.
- [10] 董坤,董艳,王海龙,等. 云南稻作区主要有害生物发生动态及其复合为害[J]. 应用生态学报,2014, 25(1):201-210.
- [11] 林华峰. 黑肩绿盲蝽对白背飞虱卵的捕食效应[J]. 植物保护学报,1995,22(3):198-204.
- [12] 广东农林学院昆虫学教研组. 稻飞虱的研究(四)稻飞虱若虫一成虫期天敌[J]. 广东农业科学,1977, 14(1):46-49.
- [13] 程家安,朱金良,祝增荣,等. 稻田飞虱灾变与环境调控[J]. 环境昆虫学报,2008,30(2):176-182.
- [14] 寒川一成,刘光杰,沈君辉. 中国杂交稻的“超感虫性”研究概况[J]. 中国水稻科学,2003,17(S1):23-30.
- [15] 唐启义,胡国文,唐健,等. 白背飞虱猖獗频率增加与杂交稻面积增加的关系分析[J]. 西南农业大学学报,1998,20(5):456-459.

- [16] 赵雪晴, 沈慧梅, 尹艳琼, 等. 云南白背飞虱的发生与种群消长特点[J]. 应用昆虫学报, 2014, 51(2): 516–524.
- [17] 刘光杰, 寒川一成, 陈仕高, 等. 水稻害虫的可持续治理及经济效益评估[J]. 应用生态学报, 2006, 17(10): 1941–1947.
- [18] 杨坚伟, 杨廉伟, 丁灵伟, 等. 单季粳型与籼型杂交稻病虫害发生观察及其防治策略探讨[J]. 浙江农业科学, 2011(3): 675–677.
- [19] 弓少龙, 侯茂林. 水稻对褐飞虱和白背飞虱的抗性及其机制研究进展[J]. 植物保护, 2017, 43(1): 15–23.
- [20] 张文庆, 张古忍, 古德祥. 稻田生境调节和捕食性天敌对稻飞虱

的控制作用[J]. 生态学报, 1998, 18(3): 283–288.

- [21] 张振飞, 肖汉祥, 李燕芳, 等. 水稻品种‘Rathu Heenati’‘玉香油占’对稻飞虱及其捕食性天敌田间种群动态的影响[J]. 植物保护, 2014, 40(2): 58–65.
- [22] 钟平生, 梁广文, 曾玲. 有机稻田白背飞虱种群动态及其天敌作用[J]. 植物保护学报, 2008, 35(4): 351–355.
- [23] 尤民生, 侯有明, 刘雨芳, 等. 农田非作物生境调控与害虫综合治理[J]. 昆虫学报, 2004, 47(2): 260–268.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 191 页)

参考文献

- [1] UPADHYAY V, VAISH S S, BHARDWAJ N R. Effect of resource conservation practices and conventional practice on population of (*Meloidogyne graminicola*) affecting different plant growth parameters in rice [J]. Journal of Progressive Agriculture, 2014, 5(1): 5–8.
- [2] PANKAI S H K, PRASAD J S. The rice root-knot nematode, *Meloidogyne graminicola*: an emerging problem in rice-wheat cropping system [J]. Indian Journal of Nematology, 2010, 40(1): 1–11.
- [3] 冯志新. 水稻根结线虫病的发现[J]. 广东农业科学, 1974(3): 35–37.
- [4] 李正杨, 雷金湘, 李树, 等. 水稻根结线虫病发生为害情况初步调查[J]. 广西植保, 1997(2): 37.
- [5] 刘国坤, 王玉, 肖顺, 等. 水稻根结线虫病的病原鉴定及其侵染源的研究[J]. 中国水稻科学, 2011, 25(4): 420–426.
- [6] 叶梦斐, 孙晓棠, 张磊, 等. 江西水稻根结线虫病的发生及鉴定[J]. 生物灾害科学, 2018, 41(1): 52–54.
- [7] SONG Zhiqiang, ZHANG Deyong, CHENG Feixue, et al. First report of *Meloidogyne graminicola* on rice (*Oryza sativa*) in Hunan province, China [J]. Plant Disease, 2017, 101(12): 2153.
- [8] TIAN Zhongling, BARSALOTE E M, LI Xiaolin, et al. First report of root-knot nematode, *Meloidogyne graminicola*, on rice in Zhejiang, Eastern China [J]. Plant Disease, 2017, 101(12): 2152–2153.
- [9] SORIANO I R, PROT J C, MATIAS D M. Expression of tolerance for *Meloidogyne graminicola* in rice cultivars as affected by soil type and flooding [J]. Journal of Nematology, 2000, 32(3): 309–317.
- [10] MANTELIN S, BELLAFIORE S, KYNDT T. *Meloidogyne graminicola* a major threat to rice agriculture [J]. Molecular Plant Pathology, 2017, 18(1): 3–15.

- [11] 黄文坤, 向超, 刘莹, 等. 水稻拟禾本科根结线虫发生与防治[J]. 植物病理学报, 2018, 48(3): 289–296.
- [12] 黄耀师, 梁震, 李丽. 我国植物线虫研究和防治进展[J]. 农药, 2000(2): 11–13.
- [13] 芮凯, 王会芳, 符美英, 等. 6种杀线剂对水稻根结线虫的防效评价[J]. 农药, 2015, 54(8): 613–615.
- [14] 刘刚. 氟吡菌酰胺与吡虫啉混合包衣种子处理对水稻拟禾本科根结线虫防效显著[J]. 农药市场信息, 2019(2): 47.
- [15] SHARMA-POUDYAL D, POKHAREL R R, SHRESTHA S M, et al. Effect of inoculum density of rice root knot nematode on growth of rice cv. Masuli and nematode development [J]. Australasian Plant Pathology, 2005, 34(2): 181–185.
- [16] 王燕平, 杨芳, 张重梅, 等. 干尖线虫感染水稻生产种现状及其源头分析[J]. 西南农业学报, 2017, 30(8): 1772–1776.
- [17] ZHAN Liping, DING Zhong, PENG Deliang, et al. Evaluation of Chinese rice varieties resistant to the root-knot nematode, *Meloidogyne graminicola* [J]. Journal of Integrative Agriculture, 2018, 17(3): 621–630.
- [18] 崔鑫, 岳向国, 李斌, 等. 蔬菜作物根结线虫病害防治研究进展[J]. 中国蔬菜, 2017(10): 31–38.
- [19] 白全江, 张庆平, 席先梅, 等. 蔬菜根结线虫病发生危害及综合防治技术研究进展[J]. 内蒙古农业科技, 2012(2): 70–72.
- [20] 胡玉金, 冯敏, 郭文秀, 等. 作物根结线虫病害综合防治技术概述[J]. 山东农业科学, 2019, 51(4): 149–156.
- [21] 周建宇, 袁涛, 叶珊, 等. 氟吡菌酰胺不同施药方式对水稻拟禾本科根结线虫的防治效果[J]. 植物保护学报, 2018, 45(6): 1412–1418.
- [22] BRIDGE J, PAGE S L J. The rice root-knot nematode, *Meloidogyne graminicola*, on deep water rice (*Oryza sativa* subsp. *indica*) [J]. Journal of Physiology, 1982, 232(2): 74–75.
- [23] NETSCHER C, ERLAN X. A root-knot nematode, *Meloidogyne graminicola*, parasitic in rice in Indonesia [J]. Afro-Asian Journal of Nematology, 1993, 3(1): 90–95.

(责任编辑: 杨明丽)