

专论与综述

白背飞虱为害对水稻产量的影响及防治指标的研究进展*

刘光杰¹ 陈爱辉² 沈君辉¹

(1. 中国水稻研究所国家水稻改良中心 杭州 310006; 2. 南京农业大学昆虫系 南京 210095)

Effects of damage by *Sogatella furcifera* on rice yield and economic thresholds. LIU Guang-Jie¹, CHEN Ai-Hui², SHEN Jun-Hui¹ (1. National for Center Rice Improvement at China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China; 2. Department of Entomology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China).

Abstract The whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera*, has emerged as one of most important insect pests of rice in China. The present paper summarizes the effects of damage by *S. furcifera* on rice yield at different population densities, different rice growth stages, on different types of rice cultivars and in conjunction with other diseases and insect pests of rice to derive estimates of allowable yield loss and economic thresholds in the different parts of China. Directions for further research are also recommended.

Key words *Sogatella furcifera*, economic threshold, yield, rice

摘要 白背飞虱近年来已逐步上升为我国水稻上的最重要害虫之一。该文综述了白背飞虱以不同虫口密度,在水稻不同生育期,危害不同类型水稻品种和与其他病虫害复合危害对水稻产量的影响,以及允许产量损失率和各地制定的防治指标,并建议了进一步的研究内容。

关键词 白背飞虱, 防治指标, 产量, 水稻

白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horváth) 是我国水稻上最重要的害虫之一。近年来,由于耕作制度的不断改革,水稻品种的不断更换,以及栽培管理水平的提高,尤其是杂交稻的大面积推广,使白背飞虱在各稻区的发生日趋严重^[1,2],给水稻生产带来极大的威胁。过去,由于褐飞虱 *Nilaparvata lugens* Stål 为害较重,白背飞虱为害较轻,国内有关 2 种稻飞虱的为害损失及其防治指标的研究多侧重于褐飞虱^[3-7]。近 20 年来,特别是进入 20 世纪 90 年代,随着白背飞虱发生频次和为害程度的大幅度提高,对白背飞虱在这方面的研究逐渐增多。南方的大部分省区都开展了此项研究工作,为当地水稻病虫害的综合治理提供了科学的理论基础。由于此项研究会因地区、水稻品种、生育期等因素的不同而产生不同的结果。为了给不同地区

的研究工作者提供一个更为全面的参考,现将相关研究结果及进展综述如下。

1 白背飞虱为害对水稻产量的影响

许多研究者^[8-20]的结果表明:白背飞虱为害对水稻产量的影响与虫口密度、虫龄、水稻品种类型、水稻生育期等因素密切相关,各因素与产量损失之间的相互作用关系研究是为害损失研究的关键和重点所在。

1.1 不同虫口密度对水稻产量结构的影响

虫口密度是决定白背飞虱对水稻为害程度大小的最重要因素。尽管各地区的气候、肥、水等条件各不相同,但已有的研究结果都表明:白

* 农业部水稻生物学重点实验室开放课题(020402)。

收稿日期:2002-01-21,修回日期:2002-04-15

背飞虱的虫口密度与水稻的产量损失呈极显著正相关^[8-11,13,15-20]。目前,国内评估水稻产量损失都是通过对水稻经济产量结构(如千粒重、结实率、每穗总粒数、有效穗数)变化的分析而得来。利用虫口密度、产量结构的变化与产量损失的线性关系进行统计分析的结果显示:白背飞虱为害造成的结实率和千粒重的降低是导致产量损失的主要原因,但对总粒数和有效穗数影响不明显^[8,12,13,15]。秦厚国等进一步运用通径分析法得出:结实率下降对产量损失的影响比千粒重的降低更大^[10-11]。梁家荣等也得出同样的结果,并据此认为千粒重降低对产量的影响主要是通过结实率的下降而实现^[8]。另外,也有少部分研究发现白背飞虱虫口密度对千粒重的影响不明显或略有影响,而与有效穗数^[19]、每穗总粒数^[20]的负相关性较显著。水稻被白背飞虱为害之后,一般都会造成大小不一的产量损失。然而,在虫口密度非常低的情况下,产量结构各因素所受的影响就没有上述的规律性。李飞等^[18]在用低虫口密度(百丛水稻虫口密度在100头左右)处理拔节期水稻品种时发现:受试水稻的千粒重较对照(10头/100稻丛)有所增加,瘪谷率也有一定的下降。分析认为,水稻营养生长期对虫害有较大的忍耐力和补偿能力,少量白背飞虱为害反而会减少无效分蘖和徒长,从而使稻株营养分配更趋合理,产量结构也会有一定程度的优化。鉴于此,各地植保部门应加强指导本地农民按科学制定的防治指标进行害虫防治,以便减少农药及劳务费用,降低生产成本。

1.2 水稻不同生育期受害对产量的影响

白背飞虱在水稻的各个生育期都是以吸食叶鞘、稻茎汁液和雌成虫产卵的方式为害。但不同生育期为害所造成的稻株机械伤害,光合生产力和其它生理生化过程受抑制程度有所不同,再加上稻株不同生育期的补偿能力对产量形成的贡献等方面均有差异。因此,水稻在不同生育期受害,其产量损失会有较大的差异。纵观国内近十几年有关白背飞虱为害对水稻产量损失的研究报告,大多数研究讨论的只是单

一水稻生育期的受害损失特点^[7-17,19-20],而在同一受试条件下对不同生育期为害损失的系统研究还未见报道。

1.3 危害不同类型水稻品种对其产量的影响

由于杂交稻与常规稻具有不同的形态和生理特点,所以受白背飞虱为害后造成的产量损失也会有较明显的差异。在几种最主要的水稻类型中,杂交稻最适合白背飞虱发育与繁殖。汤金仪等^[9]在1986~1989年的研究表明:相同虫口密度下,杂交稻受害轻于常规稻,为害所造成的产量损失也较常规稻低,有的甚至低1倍以上,而且产量结构各因素所受的负面影响不是十分显著。分析造成这种结果的原因认为:杂交稻虽然较其它稻型更适合白背飞虱在其上生存和繁殖,但杂交稻普遍具有很强的分蘖和耐害能力,从而表现出比其它稻型更加突出的综合补偿能力,降低损失程度。杂交稻的这种耐虫性在其大面积推广种植时,往往会对整个稻区的虫量增加起很大的作用,这也是近年来白背飞虱危害严重的主要原因之一。

1.4 与褐飞虱及其它水稻病虫害复合为害对产量的影响

白背飞虱和褐飞虱都是刺吸式害虫,在田间自然条件下,2种飞虱常年混合发生,因此研究混合种群为害更具有生产实践意义。汤金仪等^[9]的研究表明:白背飞虱与褐飞虱混合种群为害时,产量损失比白背飞虱单一种群为害时有加重趋势,这种趋势随褐飞虱的比例增加而更加突出。采用开放式农药控制试虫时,大田混有部分褐飞虱种群的情况下的损失,明显大于笼罩严格控制褐飞虱介入时的白背飞虱损失。关于混合为害导致的产量结构因素变化,秦厚国等^[10]报道:晚稻穗期受2种飞虱混合为害后,产量损失主要由结实率减少和千粒重下降引起。其中,结实率减少对产量的影响比千粒重下降更大。2种飞虱在不同类型的水稻品种和连续为害条件下对产量损失影响的研究,目前国内尚未见正式报道。

白背飞虱与其它病虫害的复合为害存在着复杂的非线性互作,多种病虫害造成的产量损

失不等于单一病虫造成损失的累加。国内有关这方面的研究多侧重于水稻上的三类主要害虫:稻螟虫、飞虱及稻纵卷叶螟的复合为害损失^[24-25]。张文庆等^[24]的试验表明,水稻产量损失率与3种害虫密度呈线性关系。在相同虫量混合为害下,它们的产量损失率的作用大小依次为:飞虱3龄若虫>稻纵卷叶螟初孵幼虫>三化螟初孵幼虫。有关飞虱与水稻病害之间的复合为害损失,彭洪江等^[26-27]报道:稻飞虱和纹枯病对水稻有明显交互作用,两者混合发生存在复合为害关系。当混合轻发生时,复合为害加重损失不明显,其损失率小于两者单独为害之和,而混合中等发生时,复合为害加重损失明显,损失率大于单独为害之和。

2 水稻损失率与白背飞虱的防治指标

我国水稻种植面积大,各地地理环境、生产水平、品种、耕作制度以及社会经济条件差异较大。因此,各地产量水平、粮价、防治效果及费用的不同,害虫防治指标也应该不同。防治指标的制定包括允许损失率的计算和合理防治指标的确定2个相关内容。

2.1 允许损失率

允许损失率又可称经济允许水平或经济阈值。目前大多数研究者^[9,13,14,17,19,20]计算白背飞虱允许损失率所采用的方法是根据 Stern 提出的防治费用等于价格和产量损失乘积的理论,再结合防治效果和收益必须大于支出的原则得出。其为害损失率的计算公式为: $TL = (C \times F) / (P \times Y \times EC) \times F \times 100$ 。式中 TL 为允许损失率(%), C 为防治成本, P 为稻谷价格, Y 为单位面积产量, EC 为防治效果, F 为效益校正系数,一般认为收入是支出的2倍为宜。将相关数据代入公式中就可以得出允许损失率。当前我国水稻产量在稻区间和品种间差异大,产量允许损失率一般因不同产量水平的田块而分别制定。按照不同类型田允许稻谷损失(kg)相等的原则,产量高,允许损失率低;产量低,允许损失率高。综合各地^[9,12-14,17-20]数据表明:近年我国水稻每 667 m² 产 350~550 kg 的允许损失率在

1.25%~3.46%范围内。对于这种传统的计算方法,秦厚国等^[10,11]提出以允许损失(kg)替代允许损失率来确定防治指标,并认为经济允许损失以稻谷重量(kg)表示,可以不考虑产量因素,也避免了高低产田在相同虫量为害下产量损失相差不大带来的不正常现象。使单种群只有一个指标,复合种群防治指标也可变得简化,而且制定出的防治指标更容易被群众掌握。

2.2 防治指标

目前国内白背飞虱防治指标普遍采用以虫口密度、为害量和产量损失之间的关系为基准而制定。在自然为害损失测定和经济允许损失计算的基础上,将经济允许损失代入虫量与产量损失的回归方程,就能得出防治指标的理论数值。进入“八五”以后,我国开始采用水稻被害形态来研究稻飞虱的防治指标。该方法根据害虫量与产量损失间的关系以及害虫量与水稻受害形态变化的研究结果,将虫口密度防治指标转换成水稻受害的形态防治指标。目前有关这项研究的报道比较少^[15],其在研究和生产上的应用价值还有待更多的研究证实。关于白背飞虱与褐飞虱复合防治指标的制定,目前国内的研究方法基本和白背飞虱单一种群一样:在得出产量损失与混合种群数量的回归方程的基础上,依据混合允许损失,算出复合防治指标值。这种复合防治指标一般由2个种群的各自数值组成,但也有研究者^[7-10]以损失率为基准,计算出2种飞虱相互换算虫量指标,从而将复合防治指标折算成单种群数量的防治指标。白背飞虱与2种以上其它水稻病虫害复合为害的防治指标制定也和上述2种情况相同,只是所有达到了给定允许损失的各害虫数量(密度)的组合都是该混合种群的复合防治指标,因此其复合防治指标具有不惟一性^[24]。

制定害虫防治指标是综合防治的基础,采用科学合理的防治指标将产生显著的经济和社会效益,同时对优化农田生态系也将产生很大的影响。因此,白背飞虱防治指标的最后确定必须综合考虑天敌自然控制、灾害性气候、害虫种群间的抑制与消长等多方面的因素,充分体

现当地防治与收益的关系。经过多年的研究,现在我国各地区都制定了适合当地生产水平、品种和耕作制度的白背飞虱经济防治指标。为

了加速防治指标的推广应用,达到安全、经济、有效防治白背飞虱的目的,现将近年来部分地区制定的防治指标值汇总于表。

表 1 白背飞虱虫口密度与产量损失的关系及防治指标

制定时间	地区	水稻类型	虫口密度与产量损失的回归方程	防治指标(头/百丛)或允许损失率	引用文献
1992	湖南	早稻	$y\% = -21.5170 + 16.4931 \ln x_{100}$	1 000 以上	[9]
1992	上海	单季晚稻	$y\% = -9.6084 + 1.5621 x_{100}$	1 000	[9]
1993	江西	早稻	$y\% = 14.0835 + 0.9425 x \pm 28.95$	1 200 ~ 1 600	[11]
1995	福建	再生稻	—	前季稻:700 ~ 830 后季稻:1 030 ~ 1 260	[12]
1998	浙江	浙辐 802	$y_{Kg} = 134.5 / (1 + e^{-2.2963 + 0.1488 x})$	1.91% ~ 3.10%	[14]
1998	湖北	汕优 63	$y\% = -27.20 + 10.17 \lg x_{100}$	孕穗期:750 ~ 800 齐穗期:1 000 左右	[15]
1998	江淮稻区	混合品种	$y\% = -6.287 + 3.276325 x$	1500	[16]
1999	太湖稻区	S015	$y_{Kg} = 575e^{-0.000326 x_{100}}$	拔节期:150 ~ 250 幼穗期:250 ~ 300	[18]

注: $y\%$ 为损失率(%), y_{Kg} 为害损失(Kg), x_{100} 为每百丛虫量, x 为每丛虫量。

3 结束语

多年来,我国在白背飞虱的研究方面做了大量的工作,取得了令人瞩目的成果。白背飞虱为害对产量损失的影响及防治指标的研究工作有力地推动了各地害虫综合防治的开展,取得了巨大的经济、社会和生态效益。鉴于目前我国在该领域的研究现状,存在的问题以及未来的发展趋势,作者认为今后还有必要加强以下两方面的研究。

3.1 为害对水稻产量损失的影响

加强在不同水稻类型上的白背飞虱增殖力与产量损失的关系研究,注重害虫连续的为害动态过程中水稻产量损失的特点研究,进一步探索白背飞虱与多种害虫及不同虫龄同时为害的复合为害损失。研究水稻的不同生育期受害对产量损失影响方面,侧重:(1)受害生育期早晚与产量的关系,(2)不同生育期为害与产量结构各因素受影响的变动规律,(3)各生育期互作及连续受害时,产量损失的反应特点。

3.2 允许损失率与防治指标

综合不同水稻品种的期望收益,比较常规稻与杂交稻上允许损失率的异同;开展白背飞虱多维(种群发展、水稻品种、当前经济发展水平、耕作制度等)经济阈值的计算研究。在进一

步完善现有防治指标制定技术的基础上,各地区应积极探索防治指标的简化技术和白背飞虱的动态防治指标研究;深入探讨害虫综合治理中白背飞虱与其它水稻病虫害的复合防治指标。在白背飞虱相关研究进行较少的地区,应参考周边地区已经推广应用的防治指标,加以借鉴和修改,尽快制定适合本地区的白背飞虱综合防治指标。

参 考 文 献

- 1 邹寿发,黄建民.植保技术与推广,1997,17(1):9~11.
- 2 唐启义,胡国文,唐健,胡阳,程家安.西南农业大学学报,1998,20(5):456~459.
- 2 丁宗泽,陈茂林,李沛元.昆虫学报,1981,24(2):152~159.
- 4 洪银山,魏希保,吴有为,何望海.湖北农业科学,1985,(9):20~22.
- 5 黄仁星.福建农业科学,1986,(6):5~6.
- 6 黄方能,程遐年.中国水稻科学,1990,4(3):117~121.
- 7 首章北,龚慧青.昆虫知识,1985,22(6):241~245.
- 8 梁家荣,陈学礼.江苏农业科学,1990,(5):36~38.
- 9 汤金仪,马桂椿,胡国文.植物保护学报,1992,19(2):139~144.
- 10 秦厚国,叶正襄,黄荣华,李华.中国农业科学,1993,26(1):51~55.
- 11 叶正襄,秦厚国,黄荣华,李华.中国水稻科学,1993,7(1):21~24.
- 12 赵士熙,吴中孚,王良威.植物保护学报,1995,22(2):129

- ~133.
- 13 张夕林,张治,张谷丰,张建明,朱明华. 南京农业大学学报,1997,20(2):122~124.
- 14 蒋学辉,冯炳灿,黄次伟. 浙江农业科学,1998,(2):81~83.
- 15 钱汉良,柯愈祥,陈其志,温劲松. 西南农业大学学报,1998,20(5):423~426.
- 16 肖英方,顾正远,张存政,陈海新,王善璞,王林贵,陈明亮,曲小波,胡正明. 西南农业大学学报,1998,20(5):460~464.
- 17 张夕林,张谷丰,张治,张建明. 植物保护学报,1998,25(2):129~131.
- 18 李飞,李沛元,丁宗泽,杨代凤,过永君. 南京农业大学学报,1999,22(3):115~116.
- 19 张夕林,张谷丰,孙雪梅,丁宗泽,李飞. 浙江大学学报(农业与生命科学版),1999,25(5):539~542.
- 20 王兆民,樊坪生,朱友根. 江苏农业科学,2000,(1):37~38.
- 21 郝树广,程遐年. 植物保护学报,1997,24(4):321~325.
- 22 黄次伟,冯炳灿,王焕弟,姚静,宋丽君. 浙江农业科学,1985,(4):162~164.
- 23 石键波,雷惠质. 植物保护学报,1992,19(2):230~242.
- 24 张文庆,古德祥,蒲蛰龙. 昆虫知识,1994,31(6):321~323.
- 25 韦永保,陈显文,赵厚印. 昆虫知识,1997,34(3):129~131.
- 26 彭洪江,张杰. 植物保护学报,1993,20(3):199~204.
- 27 彭洪江,张杰. 昆虫知识,1993,30(5):259~263.