

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2017.01.010

新疆荒漠绿洲稻区稻水象甲危害 损失及防治阈值研究

丁新华¹, 王小武², 吐尔逊·阿合买提¹, 付开赞¹, 何江¹, 关志坚³, 付文君⁴, 郭文超^{5*}

¹新疆农业科学院植物保护研究所/农业部西北荒漠绿洲作物有害生物综合治理重点实验室, 新疆乌鲁木齐 830091; ²石河子大学农学院, 新疆石河子 832003; ³新疆察布查尔县农业技术推广站, 新疆察布查尔县 835300; ⁴伊犁州农业技术推广总站, 新疆伊宁 835000; ⁵新疆农业科学院微生物应用研究所, 新疆乌鲁木齐 830091

摘要:【目的】稻水象甲是水稻的一种毁灭性害虫,也是我国重要的对外检疫性对象之一。该虫自2010年传入新疆后,其发生面积和危害呈不断加重趋势,已对新疆水稻尤其是绿色有机水稻的生产构成了严重威胁。稻水象甲危害造成的产量损失及防治阈值的确定对其准确预测预报及化学防治都具有重要的指导意义。然而,目前尚未见新疆荒漠绿洲稻区的相关报道。【方法】通过田间罩笼试验比较研究了不同虫口密度下的水稻有效穗数、单穗粒数、结实粒及产量等指标,计算出稻水象甲在新疆的产量允许损失率及防治阈值。【结果】田间稻水象甲成虫数量与水稻有效穗、单穗粒数、结实率存在显著负相关性,但与千粒重关系不显著;逐步线性回归模型分析表明,水稻产量与虫口密度、每公顷穗数、单穗粒数和结实率相关性显著,它们是影响水稻产量的主要因子。此外,新疆荒漠绿洲稻区稻水象甲的产量允许损失率为1.1756%,其防治阈值为5.82头·m⁻²。【结论】新疆荒漠绿洲稻区允许的稻水象甲越冬代虫口密度最大临界值为5.82头·m⁻²,高于此值应及时进行防治。

关键词: 新疆荒漠绿洲; 稻水象甲; 产量损失; 防治阈值

Establishing the harm loss and economic threshold of *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel for Xinjiang desert oases

DING Xinhua¹, WANG Xiaowu², TURSUN Ahmat¹, FU Kaiyun¹, HE Jiang¹,
GUAN Zhijian³, FU Wenjun⁴, GUO Wenchao^{5*}

¹Research Institute for Plant Protection, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Integrated Management of Harmful Crop Vermin of the North-western Oasis, Ministry of Agriculture, Urumqi, Xinjiang 830091, China; ²College of Agronomy, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China; ³Agricultural Techniques Extension Station, Qapqal County, Qapqal, Xinjiang 835300, China; ⁴Agricultural Techniques Extension Station, Yili State, Yining, Xinjiang 835000, China; ⁵Institute of Application of Microorganisms, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091, China

Abstract: 【Aim】 *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel is a quarantine pest of rice in China that invaded Xinjiang in 2010. Its continued spread especially threatens organic rice production. Establishing the extent of damage and economic threshold densities, which are currently lacking, is important to develop rational plant protection practices in Xinjiang oases. 【Method】 The relationship between different densities of *L. oryzophilus* and spike number per hm², no. of grains per spike, 1000-grain mass, rate of filled grain, and yield loss was studied in field tests, using caged plants. 【Result】 There was a significant negative correlation between adult density

收稿日期(Received): 2016-08-28 接受日期(Accepted): 2016-09-28

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC1202100); 新疆维吾尔自治区公益性科研院所基本科研业务费专项项目(KY2015061); 新疆维吾尔自治区重点研发计划项目(2016B01007-2)

作者简介: 丁新华, 男, 助理研究员。研究方向: 外来有害生物监测预警及防控, 农林害虫生物防治及综合防治。E-mail: dingxinhua1984@163.com

* 通信作者(Author for correspondence), E-mail: gwc1966@163.com

and effective spike per hm^2 , grains per spike, rate of filled grains, but there was no significant relationship between adult density and 1000-grain mass. Stepwise linear regression analysis showed that rice yield had significant negative correlation with adult density, spike per hm^2 , grains per spike and rate of filled grain. In addition, the damage limit and economic threshold of *L. oryzaephilus* in Xinjiang was calculated as 1.1756% and 5.82 heads $\cdot \text{m}^{-2}$ respectively. 【Conclusion】 The maximum critical value of overwintering population density of *L. oryzaephilus* in Xinjiang was 5.82 head $\cdot \text{m}^{-2}$, above this value, interventions are necessary to prevent economic damage.

Key words: Xinjiang desert oasis; *Lissorhoptrus oryzaephilus*; yield loss; control threshold

稻水象甲是水稻的一种毁灭性害虫,也是我国重要的对外检疫性对象之一(邓根生等,2005)。研究表明,稻水象甲危害造成的产量损率一般为 20%~30%,严重者达 50% 以上,甚至绝收(沈歌华,2002);同时,该虫具有适生范围广、繁殖能力强、危害时间长、越冬场所多、扩散速度快、防控难度大等特点。因此,稻水象甲被国际自然保护联盟(International Union for Conservation of Nature, IUCN)列为世界最具威胁的 100 种外来入侵生物之一(何永福等,2013)。目前,国内外学者已对稻水象甲开展了大量研究。我国对稻水象甲的研究始于 20 世纪 80 年代末,研究内容主要集中在其生物学特性、危害特点、生活史、发生规律、迁飞扩散机制以及综合防控等方面。我国新疆自 2010 年稻水象甲传入(郭文超等,2011)后也开展了相关研究,现已基本明确该虫在新疆地区的生物学特性、发生规律及扩散成灾机制(关志坚等,2014a;何江等,2014;王刚等,2014),并初步筛选出部分化学防治药剂(班小莉等,2014;付文君和关志坚,2013;关志坚等,2014b)。这些成果的取得虽对稻水象甲的防控起到了一定的积极作用,但仍未有效控制其传播蔓延;截至 2015 年疫区面积已扩大了 4.6 倍,其发生面积和危害呈进一步加重趋势,已对新疆水稻尤其是绿色有机水稻的生产构成了严重威胁。

研究稻水象甲危害造成的产量损失及防治阈值,对该虫的预测预报及化学防治时期的确定都具有重要的指导意义(狄雪塬等,2015)。尽管前人已开展了许多相关研究(白义川等,1994;勾建军等,1998;刘雅坤等,1998;汤德祥等,2005;汪志和等,1998;张西健和安文军,2004;赵成德等,1997;赵文生等,1997;周社文等,2007),但尚未见有关新疆荒漠绿洲稻区这一特殊生态环境下稻水象甲危害损失及防治阈值的报道。由于该害虫在各地发生的状况不同,加之与其经济损失水平相关的因素较多,导致以往研究结果差异很大,不能直接指导

新疆地区的水稻生产。在此背景下,通过开展相关研究,探明稻水象甲危害对新疆主栽水稻品种造成的产量损失,并提出符合新疆地区实际情况的防治阈值,以期新疆稻水象甲大面积田间防治提供指导。

1 材料与方法

1.1 研究地概况及试验设计

试验地设在新疆伊犁河谷地区察布查尔县绰霍尔乡龙沟村(N43°52'21.09", E81°11'31.26"),肥力中等。水稻品种为农林 315,于 2015 年 4 月 13 日育秧,5 月 18 日插秧。在大田插秧后进行罩笼试验,所罩笼的规格大小为 1 m×1 m×1 m,每笼为 1 个小区,笼内面积 1 m^2 ,插秧 40 穴。试验共设 7 个处理,每个处理 3 次重复,各小区随机排列。每个处理小区分别投虫 0、10、20、30、40、50、60 头。生长期间各处理所有水肥管理措施均与大田保持一致。

1.2 试验测定与统计分析方法

1.2.1 产量测定 于 2015 年 10 月 3 日—10 月 5 日水稻成熟期对各处理小区分别进行测产。具体方法:调查每个罩笼内(1 m^2)水稻的有效穗数,并选取平均穗数左右的稻株 2~3 穴(不少于 50 穗),分别统计单穗粒数、结实率。千粒重则以该品种本地实际区试平均千粒重计算。产量测算公式:

$$\text{产量}/(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}) = \text{有效穗数} \times \text{单穗粒数} \times \text{结实率} \times \text{千粒重} \times 10^{-6} \times 85\% \quad (1)$$

1.2.2 防治阈值确定 稻水象甲防治阈值按照农作物害虫防治阈值的常规计算公式进行测算,其涉及到生产水平、产品价格、防治费用和防治效果以及社会能接受的水平,并考虑在实际生产中的投入与收益因素。产量损失率及允许损失率的计算公式:

$$\text{损失率}/\% = \frac{\text{对照区产量} - \text{处理区产量}}{\text{对照区产量}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{允许损失率}/\% = \frac{\text{防治费用}}{\text{产品价格} \times \text{单位面积产量} \times \text{防治效果}} \times \text{修正系数} \times 100 \quad (3)$$

1.2.3 数据分析 采用 SPSS 17.0 统计分析和 Microsoft Excel 2007 软件对试验数据进行处理。采用 One-way ANOVA 进行方差分析, 差异显著性水平采用 Duncan 氏新复极差法进行检测。采用逐步线性回归模型分析影响水稻产量的主要因子。

2 结果与分析

2.1 稻水象甲虫口密度对水稻产量的影响

由表 1 可见, 在每公顷穗数、有效穗数方面, 虫口密度为 0、10、20、30 头·m⁻² 处理间的差异均不显著 ($p > 0.05$), 且都显著大于 40、50 和 60 头·m⁻²

处理 ($p < 0.05$); 在单穗粒数、结实率和产量方面, 0、10、20 头·m⁻² 低虫口密度处理的相关指标均显著大于 40、50 和 60 头·m⁻² 高虫口密度处理 ($p < 0.05$), 且虫口密度越大, 其差异越显著。随着稻水象甲虫口密度的逐步增大, 其产量呈显著下降趋势, 造成的产量损失也不断增大。虫口密度为 60 头·m⁻² 时, 产量仅为 7368.60 kg·hm⁻², 产量损失 2896.95 kg·hm⁻², 损失率达 28.22%。

综上所述, 随着稻水象甲虫口密度的增大, 其田间危害呈不断加重趋势, 造成的水稻产量损失也显著增大, 具体体现在有效穗数、单穗粒数、结实率等指标出现不同程度的下降。

表 1 稻水象甲虫口密度对水稻产量的影响 (新疆伊犁, 2015 年)
Table 1 The effect on rice yield of different adult densities of *L. oryzaephilus* (Yili, Xinjiang, 2015)

虫口密度/(头·m ⁻²) No. of adults per m ²	株距×行距 Row spacing×line spacing/cm ²	每公顷穗数 No. of spike per hm ²	有效穗数 No. of efficient spike	单穗粒数 No. of grain in a spike	结实率 Rate of valid grain/%
0	9×27	591.30±13.61a	221.70±9.98a	91.28±1.13a	95.42±0.04a
10	9×27	589.35±12.77a	220.95±4.95a	90.16±1.60a	94.21±2.11a
20	9×27	588.60±9.45a	220.65±3.60a	86.92±0.64b	92.52±1.25ab
30	9×27	573.00±20.62a	214.80±5.10a	84.63±2.12bc	92.37±1.12ab
40	9×27	542.55±12.34b	203.40±4.65b	83.11±1.36c	90.89±1.93b
50	9×27	528.90±14.23b	198.30±5.40b	83.76±0.76c	89.52±1.50b
60	9×27	519.90±14.01b	194.85±5.25b	79.29±2.87d	89.82±1.22b

虫口密度/(头·m ⁻²) No. of adults per m ²	千粒重 1000-grain weight/g	产量 Yield/(kg·hm ⁻²)	产量损失 Yield loss/(kg·hm ⁻²)	损失率 Yield reduction rate/%
0	23.40	10265.55±301.85a	-	-
10	23.40	9952.80±186.60ab	312.75±5.86a	3.05±0.06a
20	23.40	9415.95±277.95bc	849.60±25.08b	8.28±0.24b
30	23.40	8941.50±269.35c	1324.05±39.89c	12.90±0.38c
40	23.40	8149.20±99.00d	2116.35±25.72d	20.62±0.25d
50	23.40	7886.25±149.55de	2379.30±45.12d	23.18±0.43d
60	23.40	7368.60±338.90e	2896.95±133.24e	28.22±1.29e

同列数据后附不同字母者表示在 0.05 水平上差异显著 (邓肯氏新复极差法)。

Different letters after data in the same column mean the significant difference at 0.05 level (Duncan's new multiple extreme difference method).

2.2 影响水稻产量的主要因子分析

以虫口密度 (x_1)、每公顷穗数 (x_2)、有效穗数 (x_3)、单穗粒数 (x_4)、结实率 (x_5) 为自变量, 水稻产量 (y) 为因变量, 采用逐步线性回归模型模拟它们之间的关系。得出最佳模型:

$$y = -1160.527 - 0.045x_1 + 0.002x_2 + 6.555x_3 + 6.693x_5$$

$$R^2 = 0.999 \quad (4)$$

这表明水稻产量与虫口密度、每公顷穗数、单穗粒数和结实率的相关性显著 ($p < 0.05$), 它们是影响水稻产量的主要因子。

此外, 采用 t 检验 ($t = 0.05$) 进行测试, 结果表明, 模型是显著而可靠的; 同时, 共线性诊断表明, 它们不存在共线性问题, 偏相关系数的大小反映出水稻产量与其主要影响因子间关系密切 (表 2)。

表 2 水稻产量与其主要影响因子间的偏相关系数及共线性诊断

Table 2 Partial correlation coefficient and the collinearity diagnosis between the rice yield and its main impact indicators

因子 Indicator	偏相关系数 Partial correlation coefficient	方差膨胀因子 Variance inflation factor
虫口密度 Adult density	-0.589 *	12.161
每公顷穗数 No. of spike per hm ²	0.989 **	4.669
有效穗数 No. of spikes with grain	0.630	-
单穗粒数 No. of grains per spike	0.976 **	6.934
结实率 Rate of filled grains	0.965 **	3.483

表内数值为选入模型中各指标的条件指数。“-”表示“未入选”；* 和 ** 分别表示相关系数在 0.05 和 0.01 水平上显著（双侧）。

Values in the table are the condition indexes for the selected indicators in each model. "-" indicates "un-selected"; * and ** indicate that correlation is significant at 0.05 and 0.01 level (2-tailed), respectively.

2.3 稻水象甲危害造成的水稻产量允许损失率及防治阈值

根据表 1, 对虫口密度与水稻产量损失率进行回归分析, 得到有关产量损失率与虫口密度的一元线性回归方程:

$$y = 0.5094x - 1.7901 \quad R^2 = 0.9889 \quad (5)$$

其中, y 为小区产量损失率/%, x 为虫口密度/(头·m⁻²)。令 $y = 0$ 时, $x = 3.5141$, 即当虫口密度超过 3.5141 头·m⁻² 时, 水稻产量会出现损失。

在计算允许损失率时, 防治费用按 150 元·hm⁻² 进行测算, 该防治费用具体包括用药费 120 元·hm⁻², 人工费 15 元·hm⁻², 机械折旧费 6 元·hm⁻², 油费 9 元·hm⁻²; 产品价格按伊犁河谷地区水稻田间收购价 2.9 元·kg⁻¹ 测算; 单位面积产量按该地区实际平均大田产量 9750 kg·hm⁻² 测算; 防治效果按本地区稻水象甲大田的平均常规防效 90.25% 测算; 矫正系数则从经济、生态和社会效益考虑, 以收益至少大于防治费用 1 倍为原则, 根据新疆稻区农民的生活水平和防治的承受能力, 以挽回水稻产量值大于防治费用 2 倍为宜, 故矫正系数按 2 进行测算。

将上述数据代入公式(3)中进行计算, 得到新疆荒漠绿洲稻区稻水象甲危害的允许损失率。

$$\text{允许损失率}/\% = \frac{150}{2.9 \times 9750 \times 0.9025} \times 2 \times 100 = 1.1756$$

将允许损失率/%代入回归方程(5)中, 得到

$$x = \frac{1.1756 + 1.7901}{0.5094} \approx 5.82$$

因此, 新疆荒漠绿洲稻区稻水象甲的防治阈值为 5.82 头·m⁻², 即水稻受害损失允许的越冬代虫口密度最大临界值为 5.82 头·m⁻², 高于此值应及时进行防治。

3 讨论

本研究结果表明, 稻水象甲虫口密度与田间水稻有效穗数、单穗粒数、结实率存在显著负相关性 ($p < 0.05$), 但与千粒重关系不显著 ($p > 0.05$)。这一结果与赵文生等(1997)和汤德祥等(2005)的研究结果基本一致。但汪志和等(1998)研究发现, 稻水象甲成虫对水稻的危害主要影响水稻有效穗的形成, 降低单位面积穗数, 造成水稻产量下降, 而与结实率、千粒重关系不显著 ($p > 0.05$); 狄雪源等(2015)研究发现, 稻水象甲危害明显减少了水稻分蘖数和穗数, 但对穗粒数和千粒重的影响不大。造成上述结果不同的原因有待进一步研究。

本研究结果还表明, 新疆荒漠绿洲稻区稻水象甲危害的允许损失率为 1.1756%, 其防治阈值为 5.82 头·m⁻² (0.15 头·穴⁻¹)。这一研究结果显著低于狄雪源等(2015) [20 头·m⁻² (1 头·穴⁻¹)]、勾建军等(1998)和汪志和等(1998) [30 头·m⁻² (1.07 头·穴⁻¹)]、汤德祥等(2005) [280 头·百丛⁻¹ (2.8 头·穴⁻¹)] 研究的防治指标, 略低于张西健(2004)和赵成德(1997) [30 头·百丛⁻¹ (0.30 头·穴⁻¹)] 研究的防治指标。造成上述差异的原因可能与多方面因素相关, 如各地区水稻的产量、价格、防治成本等, 且防治阈值是一种动态的指标。

参考文献

- 白义川, 谷希树, 陈秉恕, 艾明宽, 赵守志, 1994. 稻水象甲成虫危害损失的通径分析和防治指标的研究. 天津农业科学 (4): 9-11.
- 班小莉, 吐尔逊, 付文君, 郭文超, 何江, 关志坚, 丁新华, 2014. 多种药剂防治稻水象甲田间药效试验. 农村科技 (10): 32-33.
- 崔成国, 郑付国, 金莲花, 刘丽丽, 2013. 稻水象甲防治技术. 吉林农业 (17): 87.
- 邓根生, 张先平, 孙敏, 王晓娥, 2005. 国内外稻水象甲研究现状. 陕西农业科学 (2): 55-56.
- 狄雪源, 杨茂发, 徐进, 严斌, 韩畅, 吉永权, 黎行, 2015. 贵州稻水象甲危害损失和防治指标研究. 应用昆虫学报, 52(6): 1474-1481.

- 付海滨, 2004. 不同水稻品种对稻水象甲羧酸酶活性的影响. 中国农学通报, 20(4): 258-259.
- 付文君, 关志坚, 2013. 伊犁河谷地区稻水象甲的发生特点及综合防控措施. 新疆农业科技 (16): 120-121.
- 勾建军, 郭云书, 汪志和, 1998. 稻水象甲发生程度分级标准的研究. 植物保护, 24(6): 27-28.
- 顾云琴, 林云彪, 余继华, 2002. 稻水象甲防治扑灭技术的应用与防治效果. 植物保护, 28(5): 57-58.
- 关志坚, 丁新华, 付文君, 吐尔逊, 郭文超, 魏振兴, 2014a. 伊犁河谷地区稻水象甲生物学特性及其种群田间迁移规律的研究. 新疆农业科学, 51(7): 1312-1318.
- 关志坚, 付文君, 吐尔逊·阿合买提, 王银方, 夏振汉, 班小莉, 2014b. 白僵菌对稻水象甲防治效果. 农村科技 (12): 38-39.
- 郭文超, 李晶, 魏振兴, 吐尔逊, 吴静, 阿利亚, 王俊, 2011. 新疆首次发现水稻重大外来有害生物稻水象甲. 新疆农业科学, 48(1): 70-74.
- 何江, 王刚, 吐尔逊, 丁新华, 郭文超, 2014. 光照强度对稻水象甲飞行能力的影响. 新疆农业科学, 51(11): 2014-2019.
- 何永福, 廖国会, 金剑雪, 程英, 张忠民, 袁洁, 陈小均, 江兆春, 胡吉锋, 2013. 稻水象甲幼虫在水稻根部的空间分布型研究. 西南农业学报, 26(3): 1006-1008.
- 刘雅坤, 康尔艳, 赵晓龙, 1998. 稻水象甲的为害习性及对产量的影响. 植保技术与推广, 18(5): 36-37.
- 商晗武, 程家安, 蒋明星, 张志涛, 2003. 起始供食时间对稻水象甲冬后成虫繁殖、取食和存活的影响. 中国水稻科学, 17(1): 77-81.
- 沈歌华, 2002. 黑光灯诱捕防治稻水象甲. 新农业 (10): 31.
- 汤德祥, 徐卫忠, 朱红军, 2005. 稻水象甲防治指标试验. 植物检疫, 19(6): 343-345.
- 田春晖, 于凤泉, 刘培斌, 李志强, 孙富余, 2003. T03 对稻水象甲的抗性测定. 辽宁农业科学 (5): 5-7.
- 王刚, 2014. 新疆伊犁河谷稻水象甲种群扩张及迁飞影响因素研究. 硕士学位论文. 石河子: 石河子大学.
- 王刚, 吐尔逊, 何江, 郭文超, 2014. 温度对稻水象甲飞行能力的影响. 新疆农业科学, 51(3): 464-470.
- 王佳武, 赵伊英, 2015. 稻水象甲防治的研究进展. 黑龙江农业科学 (7): 150-152.
- 汪志和, 杨占起, 陈国民, 祁景乔, 刘振杰, 曹崇炬, 刘春茹, 1998. 稻水象甲对水稻危害损失及防治指标的探讨. 河北农业大学学报, 21(3): 61-64.
- 于凤泉, 蔡忠杰, 李骥, 马小丽, 张慧英, 2004. 稻水象甲防治技术. 辽宁农业科学 (1): 46-47.
- 翟保平, 程家安, 黄恩友, 商晗武, 郑雪浩, 吴建, 方勇军, 夏万清, 吕旭剑, 1997. 浙江省双季稻区稻水象甲的发生动态. 中国农业科学, 30(6): 23-29.
- 翟保平, 程家安, 黄恩友, 商晗武, 郑雪浩, 吴建, 吕旭剑, 1999. 稻水象甲 (*Lissorhoptus oryzophilus* Kuschel) 的卵子发生—飞行共轭. 生态学报, 19(2): 100-107.
- 张西健, 安文军, 2004. 稻水象甲为害损失及防治指标初步研究. 中国植保导刊, 24(6): 10-11.
- 赵成德, 孙富余, 田春晖, 赵文生, 刘兴远, 佟淑杰, 孙逢山, 1997. 稻水象甲的发生规律与防治研究 VII. 稻水象甲为害损失估计及防治指标的确定. 辽宁农业科学 (5): 12-16.
- 赵文生, 孙富余, 刘兴远, 佟淑杰, 赵成德, 石守荣, 1997. 稻水象甲的发生规律与防治研究 VI. 稻水象甲为害对水稻生育及产量构成因素的影响. 辽宁农业科学 (4): 9-11.
- 郑雪浩, 翟保平, 吴建, 1997. 浙江东南沿海地区稻水象甲发生规律及防治对策. 植物检疫, 11(增刊): 41-44.
- 周社文, 谭小平, 张佳峰, 曾燕清, 李贵尤, 杜永春, 2007. 稻水象甲幼虫发生程度对水稻生长发育及产量损失的影响. 植物检疫, 21(6): 345-346.

(责任编辑:杨郁霞)