

贵州稻水象甲危害损失和防治指标研究*

狄雪塬** 杨茂发*** 徐进 严斌 韩畅 吉永权 黎行

(贵州大学昆虫研究所, 贵州省山地农业病虫害重点实验室, 贵阳 550025)

摘要 【目的】为了摸清贵州稻水象甲 *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel 危害与水稻产量损失的关系, 明确贵州稻水象甲的防治指标。【方法】采用田间笼罩接虫法系统的研究了不同密度的稻水象甲成虫与水稻被害叶率、幼虫密度、水稻分蘖数、穗数、穗粒数、千粒重、产量损失等的关系。【结果】稻水象甲成虫密度与水稻被害叶率和幼虫密度呈正相关关系; 稻水象甲的危害明显减少水稻分蘖数和穗数, 但对穗粒数和千粒重的影响不大。建立了产量损失率与被害叶率、成虫密度、幼虫密度的回归方程, 计算获得了插秧后的第 5 天、第 10 天、第 15 天、第 20 天的叶片被害率的防治指标为 59.65%、52.97%、50.96%、48.52%, 成虫的防治指标为 20 头/m² (1 头/丛), 幼虫的防治指标为 130 头/m² (6.5 头/丛)。【结论】该结果对贵州省稻水象甲的预测预报及防治具有重要的指导意义。

关键词 稻水象甲, 产量损失, 防治指标, 被害叶率, 贵州

Studies on the harm loss and economic threshold of *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel in Guizhou

DI Xue-Yuan** YANG Mao-Fa*** XU Jin YAN Bin HAN Chang
JI Yong-Quan LI Hang

(Guizhou Provincial Key Laboratory for Agricultural Pest Management of the Mountainous Region,
Institute of Entomology, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract [Objectives] In order to control the *Lissorhoptrus oryzophilus*, efficaciously. [Methods] The tests on the damage and economic threshold of rice, was carried out by envelop modifying the density of *L. oryzophilus*. [Results] Infected rate of rice leaves, larval density, tillering number and single yield difference was significant, spike number, grains per spike and 1 000-grain weight had not significant difference, regression equations among the loss rate of yield and infected rate of leaves were established, after rice transplanting 5 days, 10 days, 15 days, 20 days, the economic threshold for infected rate of rice leaves were 59.65%、52.97%、50.96%、48.52%. Regression equations among the loss rate of yield and the adult density and among the loss rate of yield and the larval density were established, the economic threshold for the adult were 20 adult per square meter, the economic threshold for the larval were 130 larval per square meter. [Conclusion] This results has important guiding meaning to prediction and prevention of Guizhou.

Key words *Lissorhoptrus oryzophilus*, yield loss, economic threshold, infected rate of leaves, Guizhou

稻水象甲 *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel 是一种重要的检疫性害虫 (Zou *et al.*, 2004), 属鞘翅目、象甲科、稻水象属, 原产北美, 以野生禾本科、莎草科等潮湿地带生长的植物为食

料。其孤雌生殖型于 1976 年传入日本, 1980 年由日本传入韩国, 并迅速扩散到朝鲜, 1988 年传至中国, 在河北省唐海县首次发现 (孙汝川和毛志农, 1996), 此后在我国不断蔓延扩张, 为

* 资助项目 Supported projects: 贵州省农业科技攻关项目“贵州稻水象甲防控技术与集成示范”(黔科合 NY 字[2010]3079 号) 和“优效白僵菌 YS03 菌株防治稻水象甲成虫的应用技术与示范”(黔科合 NY 字[2014]3015 号)

**第一作者 First author, E-mail: xiaomdd@126.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: gdgdly@126.com

收稿日期 Received: 2015-05-05, 接受日期 Accepted: 2015-06-23

害面积及发生区域逐年扩大,至今已扩散到 20 多个省份(付海滨和丛斌,2003;郭文超,2011;吴立峰,2015),贵州省在 2010 年首次发现稻水象甲(嵇薇等,2011),现已蔓延至 7 市 26 县(嵇薇等,2013),是稻水象甲入侵的最高海拔地区之一(孟维亮等,2011)。

稻水象甲成虫沿寄主植物的叶脉啃食叶肉,危害严重时,将叶肉吃光,仅留一层表皮;幼虫取食根部,危害后影响水稻的分蘖能力、株高、降低单位面积穗数、延迟水稻的生育期,进而影响水稻产量。一般造成减产 10%~30%,严重时达 50%以上,甚至绝收(Zou *et al.*, 2004)。目前对稻水象甲的防治主要以化学防治为主,化学防治可以短期内控制虫口数量,但会造成严重的生态问题,大量农药的使用,也使该虫抗药性逐渐加强(Saito *et al.*, 2005)。

研究稻水象甲危害损失及防治指标,对稻水象甲的预测预报及化学防治时期的确定具有重要的指导意义。尽管前人已经有很多有关稻水象甲危害与水稻产量损失以及防治指标的研究报道,但一方面由于该害虫在各地发生的状况不同,且与经济损失水平相关的因素甚多,导致研究的结果相差很大;另一方面,前人多选择水稻叶片被害率、成虫密度、幼虫密度 3 个指标中的一个指标来单独开展研究,未能反应出各个指标间的关联性。有鉴于此,本文以贵州稻水象甲为研究对象,系统研究了稻水象甲成虫密度与水稻被害叶率和幼虫密度的关系,测定了稻水象甲危害对水稻各项指标的影响,分别计算了水稻被害叶率、稻水象甲成虫密度、幼虫密度的防治指标。

1 材料与方法

1.1 试验地点及材料

试验在贵州省贵阳市息烽县永靖镇喜雅村进行。该地位于云贵高原东斜坡面,北纬 26°58.966'、东经 106°40.426',平均海拔 1 331 m,属亚热带季风性湿润气候。年平均气温 16℃,年平均降水量 1 380 mm,年平均相对湿度 85%,无霜期 250~300 d,年平均日照时数 1 200~1 600 h

(谷晓平等,2009;嵇薇等,2013)。

水稻品种为吉优 9 号。供试成虫为田间采集的越冬代成虫。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 采用田间笼罩接虫法进行试验。5 月 16 日插笼罩网,笼罩网为 70 目的纱网制作,长、宽、高分别为 1 m×1 m×1.5 m,用竹竿固定四角,底端 10 cm 埋入泥土内,避免稻水象甲成虫自水中出入。采用旱育秧方式育秧,4 月 15 日播种,5 月 20 日栽插,每笼插秧 20 丛,每丛 2 株,秧苗呈 4 行 5 列均匀分布于笼内,于当日采集健康试虫接入笼内,8 个处理的虫口密度分别为 0 头、10 头、25 头、40 头、55 头、70 头、85 头、100 头,重复 10 次,随机排列。

1.2.2 调查方法 插秧后每 5 d 调查 1 次水稻被害叶率,连续调查 4 次(5 月 25 日、5 月 30 日、6 月 5 日、6 月 10 日),全样本调查;在幼虫高峰期(7 月 6 日)调查 1 次幼虫密度及水稻的分蘖数,选择其中的 4 个重复,每笼交叉取样 10 丛,采用过筛漂洗法,将水稻带土连根拔起,用分样筛在水中淘洗稻根,检查并统计其中的幼虫数量,若发现蛹也一并计算其内,同时查数分蘖数;在水稻齐穗后(8 月 30 日)调查 1 次水稻穗数,调查余下的 6 个重复,全样本调查;水稻成熟收获(10 月 2 日)时,调查余下 6 个重复的水稻穗粒数,测算水稻的产量及千粒重。

1.2.3 计算方法 被害叶率:计算参照白义川等(1994),即:

$$\text{被叶害率}(\%) = \frac{\text{取食叶数}}{\text{调查总叶数}} \times 100 \quad (1)$$

幼虫数:每小区(即每平方米,共 20 丛)交叉抽样调查 10 丛水稻的幼虫数,来估算每平方米幼虫的数量。

穗数:在水稻齐穗期,调查每小区每丛水稻穗数。

水稻收获后,每小区随机抽样 10 丛,统计单株穗粒数并在晾晒后采用孙宗修和唐传道(2001)折算稻谷标准产量的方法计算各产量指标。

$$\text{穗粒数损失率 (\%)} = \frac{\text{对照组穗粒数} - \text{处理组穗粒数}}{\text{对照组穗粒数}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{千粒重损失率 (\%)} = \frac{\text{对照组千粒重} - \text{处理组千粒重}}{\text{对照组千粒重}} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{产量损失率 (\%)} = \frac{\text{对照组产量} - \text{处理组产量}}{\text{对照组产量}} \times 100 \quad (4)$$

经济允许损失水平：根据丁岩钦（1994）综述方法，挽回受益必须大于防治费用，至少应等于防治费用。稻水象甲的经济允许损失水平（EIL）公式为：

$$EIL = \frac{C \times F}{P \times E \times Y} \times 100 \quad (5)$$

$$= 100 \frac{(IC + HC + MC)}{P \times E \times Y} \times 100$$

式中 C 为防治成本（ IC 为农药费用； HC 为人工费用， MC 为植保机械折旧费用）； P 为市场价格； E 为防治效果； Y 为每 666.7 m² 稻谷产量； F 为校正系数。

各参数如下：（1）据陈彦等（2000）防治稻水象甲试验，每 666.7 m² 使用 5% 锐劲特乳油 50 mL 防治效果可达 90% 以上，则防治效果 $E=90\%$ 。（2）20% 丁硫克百威乳油单价为 20 元

/瓶（250 mL），人工费用 10 元/666.7 m²，植保机械折旧费用 5 元/666.7 m²，每年防治 2 次，则防治成本 $C=60$ 元/666.7 m²。（3）稻谷吉优 9 号产量 $Y=418$ kg/666.7 m²。（4）稻谷吉优 9 号价格 $P=4.5$ 元/kg。（5）从生态、经济、社会效益综合考虑，以超过防治费用一倍的原则，校正系数取 $F=2$ 。带入公式（5），则经济允许损失水平 $EIL=7.09\%$ 。

1.3 数据分析

采用 SPSS 17.0 和 Excel 2003 对试验数据进行统计分析，水稻的被害叶率、分蘖数、幼虫密度、穗数、穗粒数、千粒重、单区产量等，运用单因素方差分析（One-way ANOVA）检验数据间的差异，并用 Duncan's 新复极差法进行均值的差异显著性检验。用回归分析建立产量损失率和被害叶率、成虫密度及幼虫密度间的回归方程，并进一步计算防治指标。

2 结果与分析

2.1 稻水象甲成虫密度与水稻被害叶率的关系

4 次调查中，稻水象甲成虫密度与水稻被害叶率呈正相关关系（表 1），经 Duncan's 方差分析发现，在最初的两次调查中（5 月 25 日和 5 月 30 日），成虫密度低于 55 头/m² 时，各成虫密度

表 1 稻水象甲成虫不同密度下水稻叶片被害率
Table 1 Feeding of leaf rate in different adult density of *Lissorhoptrus oryzophilus*

成虫密度 (头/m ²) Adult density (adult/m ²)	被害叶率 The feeding of leaf rate			
	5 月 25 日 May 25th	5 月 30 日 May 30th	6 月 5 日 June 5th	6 月 10 日 June 10th
100	0.93±0.02a	0.78±0.10a	0.80±0.12a	0.80±0.12a
85	0.95±0.03a	0.78±0.08a	0.79±0.14a	0.79±0.14a
70	0.93±0.03a	0.75±0.07a	0.79±0.12a	0.79±0.12a
55	0.92±0.04a	0.76±0.09a	0.78±0.11a	0.78±0.11a
40	0.86±0.08b	0.67±0.07b	0.74±0.12a	0.74±0.11a
25	0.71±0.10c	0.56±0.07c	0.59±0.16b	0.59±0.16b
10	0.35±0.09d	0.32±0.08d	0.34±0.13c	0.34±0.13c
0	0.02±0.04e	0.03±0.05e	0.02±0.03d	0.02±0.03d

表中数据为平均值±标准误，同一行数据后标有不同的小写字母表示在 0.05 水平上差异显著（Duncan's 新复极差法检验）。下表同。

Data in the table are mean±SE, and those in the same row follow by different letters are significant different at 0.05 level by Duncan's multiple range test. The same below.

间的水稻被害叶率差异显著,当成虫密度高于 55 头/ m^2 时,被害叶率差异不显著;在后两次的调查(6 月 5 日和 6 月 10 日)中则发现,成虫密度低于 40 头/ m^2 时,各成虫密度间的水稻被害叶率差异显著,当成虫密度高于 40 头/ m^2 时,被害叶率差异不显著。稻水象甲成虫密度与水稻被害叶率的正相关关系,随着密度增加和时间的延长有逐渐减弱的趋势。

2.2 稻水象甲成虫密度与幼虫密度的关系

稻水象甲成虫密度与幼虫密度呈正相关关系(图 1),随着成虫密度的增加,幼虫密度也随之增加。不同成虫密度下的幼虫密度间总体差异显著,但当成虫密度高于 55 头/ m^2 时,各处理间的幼虫密度差异不显著,尽管显著高于低成虫密度(10 头/ m^2 和 25 头/ m^2) 和对照。

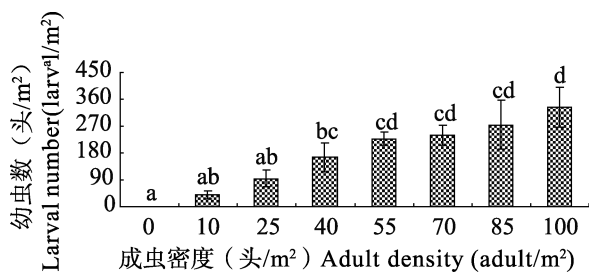


图 1 稻水象甲不同成虫密度下的幼虫密度

Fig. 1 Larval density in different adult density of *Lissorhoptrus oryzophilus*

表中数据为平均值 $\pm$ 标准误,柱上标有不同的小写字母表示在 0.05 水平上差异显著(Duncan's 新复极差法检验)。下同。

Data are mean $\pm$ SE, and histograms with different letters are significant different at 0.05 level by Duncan's multiple range test. The same below.

2.3 稻水象甲危害对水稻分蘖数的影响

随着稻水象甲成虫密度的增加,水稻的分蘖数逐渐减少(图 2)。成虫密度 10 头/ m^2 、25 头/ m^2 与无虫对照之间,25 头/ m^2 、40 头/ m^2 、55 头/ m^2 三者间,55 头/ m^2 、70 头/ m^2 、85 头/ m^2 三者间,以及 70 头/ m^2 、85 头/ m^2 、100 头/ m^2 三者间的水稻分蘖数无显著差异,但成虫密度超过 40 头/ m^2 时,就会显著的较少水稻的分蘖数。结果表明,成虫密度在 25 头/ m^2 之下时,对水稻的分蘖数影

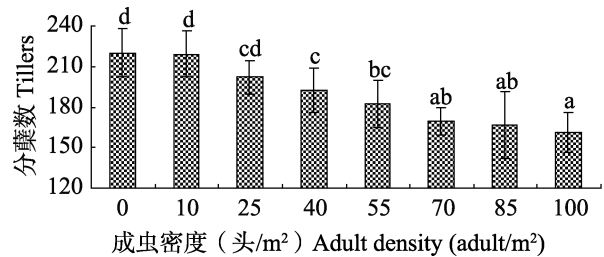


图 2 稻水象甲成虫不同密度下水稻的分蘖数

Fig. 2 Rice tillering number in different adult density of *Lissorhoptrus oryzophilus*

响不明显,而在虫口密度超过 40 头/ m^2 时,则会显著减少水稻的分蘖数。

2.4 稻水象甲危害对水稻穗数的影响

随着成虫密度的增加,水稻穗数呈逐渐减少的趋势(图 3)。在无虫对照中,水稻穗数平均达 291 穗/ m^2 ,而在成虫密度最高(100 头/ m^2) 时,水稻穗数减少到 243 穗/ m^2 。但统计分析表明,仅在成虫密度最高(100 头/ m^2) 时的水稻穗数与无虫对照差异显著,其余各密度下的水稻穗数均与无虫对照差异不显著。

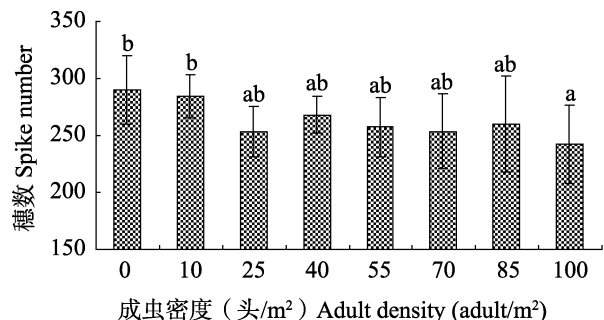


图 3 稻水象甲成虫不同密度下水稻的穗数

Fig. 3 Rice spike number in different adult density of *Lissorhoptrus oryzophilus*

2.5 稻水象甲危害对水稻产量的影响

由表 2 分析得出:水稻穗粒数、千粒重总体差异不显著,单区产量差异显著。穗粒数未表现出有规律性的变化趋势,千粒重和单区产量与成虫密度有负相关关系,即随着虫口密度的增加,千粒重和单区产量有下降的趋势。穗粒数在虫口密度为 10 头/ m^2 时的最多,为 215 粒/穗,在密度为 100 头/ m^2 时,水稻穗粒数最少,为 182 粒/穗;千粒重在虫口密度为 25 头/ m^2 时最重,为 25.35 g,

表 2 稻水象甲成虫不同密度下水稻产量损失指标
Table 2 Rice yield loss index in different adult density of *Lissorhoptrus oryzophilus*

成虫密度 (头/m ²) Adult density (adult/m ²)	水稻产量损失指标 Rice yield loss index					
	穗粒数(穗) Grains per spike	穗粒数损失率(%) Grains per spike loss rate	千粒重(g) 1 000-grain weight	千粒重损失率(%) 1 000-grain weight loss rate	单区产量(kg) Single yield	产量损失率(%) Single yield loss rate
100	181.17±10.67a	9.67±6.68b	24.15±0.69a	4.15±1.93b	0.85±0.10a	37.85±10.51d
85	188.00±19.70ab	6.08±12.35ab	24.74±0.61ab	1.77±2.46ab	1.02±0.12b	25.83±13.93c
70	198.67±8.78abc	0.83±8.43ab	24.84±0.99ab	1.40±3.79ab	1.11±0.09bcd	19.53±8.31bc
55	184.00±15.34ab	8.02±11.30b	24.89±0.96ab	1.21±3.62ab	1.08±0.14bc	21.44±11.87bc
40	202.33±21.50bc	- 1.16±14.80ab	24.85±1.18ab	1.30±5.45ab	1.20±0.13cde	12.69±13.49ab
25	200.50±16.25abc	- 0.21±12.10ab	25.35±0.45b	- 0.63±1.45a	1.25±0.07def	9.47±9.28ab
10	214.50±16.45c	- 6.85±8.17ab	25.22±0.83ab	- 0.11±2.25a	1.33±0.13ef	3.66±7.09a
0	201.00±10.81abc	-	25.19±0.43ab	-	1.38±0.13f	-

在虫口密度为 100 头/m²时,水稻千粒重最轻,为 24.15 g;单区产量在虫口密度为 0 头/m²时的最多,为 1.38 kg/m²,在虫口密度为 100 头/m²时的最少,为 0.85 kg/m²。

将水稻的穗粒数、千粒重、单区产量的数据分别代入公式(2)(3)(4)中,得到不同成虫密度下各项的损失率,穗粒数、千粒重损失率差异不显著,单区产量损失率差异显著。随着虫口密度增加,穗粒数未表现出有规律性的变化趋势,千粒重和单区产量都有逐渐增加的趋势。穗粒数损失率最高为 9.67%,千粒重损失率最高为 4.15%,单区产量损失率最高为 37.85%。

2.6 各指标间的关系

2.6.1 水稻产量损失率与稻水象甲成虫危害叶率的关系

将经济允许损失率分别代入不同时期

的水稻叶片被害率的回归方程中(表 3)便可得出插秧后不同时期的防治指标。

经计算,插秧后的第 5 天、第 10 天、第 15 天、第 20 天,水稻叶片被害率的防治指标分别为 59.65%、52.97%、50.96%、48.52%。

2.6.2 水稻产量损失率与稻水象甲虫口密度的关系 将经济允许损失率分别代入稻水象甲成虫和幼虫的回归方程中(表 4)便可得出稻水象甲成虫和幼虫的经济损失允许密度。

3 讨论

科学合理的防治指标是综合治理稻水象甲的基础和关键。本试验采用田间笼罩接虫法,研究了稻水象甲成虫密度与水稻被害叶率和幼虫密度的关系,测定了稻水象甲成虫和幼虫的危害对水稻分蘖数、穗数、穗粒数、千粒重、产量损

表 3 水稻产量损失率与稻水象甲成虫危害叶率的关系模型

Table 3 The models for relationship between the yield loss rates and feeding leaf rates of *Lissorhoptrus oryzophilus*

方程 Equation	线性回归 Linear regression	
	回归方程 Regression model	显著性检验 Significant test
5 月 25 日 May 25th	$Y=1.599-18.505X+46.46X^2$	0.750
5 月 30 日 May 30th	$Y=1.852-27.282X+76.036X^2$	0.818
6 月 5 日 June 5th	$Y=1.208-21.321X+64.488X^2$	0.757
6 月 10 日 June 10th	$Y=0.925-28.860X+85.670X^2$	0.706

方程中, X 表示水稻叶片被害率, Y 为产量损失率(%)。

In the equation, X means the feeding leaf rates and Y means the yield loss rate.

表 4 水稻产量损失率与稻水象甲成虫和幼虫密度的关系模型
Table 4 The models for relationship between the yield loss rates and density of the adult and larval of *Lissorhoptrus oryzophilus*

方程 Equation	线性回归 Linear regression	
	回归方程 Regression model	显著性检验 Significant test
1	$Y_1=1.428+0.265X_1+0.001X_1^2$	0.956
2	$Y_2=1.874+0.04X_2+0.0001X_2^2$	0.973

方程 1 中, X_1 表示稻水象甲成虫密度, Y_1 产量损失率; 方程 2 中, X_2 表示稻水象甲幼虫密度, Y_2 表示产量损失率(%)。In the equation 1, X_1 means the adult density and Y_1 means the yield loss rate; in the equation 2, X_2 means the larval density and Y_2 means the yield loss rate.

失等的影响, 分别计算了以水稻被害叶率、稻水象甲成虫密度、幼虫密度作为指标的稻水象甲防治指标。研究结果对贵州省稻水象甲的预测预报及防治具有重要的指导意义。

稻水象甲成虫主要取食稻叶, 并形成明显而独特的取食条斑, 因此, 通过调查水稻叶片被害率来估计稻水象甲成虫田间虫口密度或作为防治指标是极为方便的。白义川等(1994)曾应用田间自然种群与药剂防治相结合的方法, 进行了稻水象甲成虫不同食害叶片程度与水稻产量损失关系的研究, 确定了稻水象甲的防治指标为成虫食害叶率 27.29%; 张西健和安文军(2004)采用田间笼罩接虫法, 调查统计了稻水象甲成虫密度与水稻叶被害率的关系, 结果呈显著正相关, 但没有计算出相应的防治指标。本文采用田间笼罩接虫法, 调查了接虫后 5、10、15、20 d 共 4 次水稻叶片被害率, 结果表明了稻水象甲成虫密度与水稻被害叶率呈正相关关系, 同时计算出了叶片被害率的防治指标分别为 59.65%、52.97%、50.96%、48.52%, 高于白义川等(1994)的研究结果(27.29%)。值得注意的是, 我们的研究表明, 稻水象甲成虫密度与水稻被害叶率的正相关关系, 随着成虫密度增加和接虫时间的延长有逐渐减小的趋势, 提醒我们在利用被害叶率这个指标时, 在低密度下和插秧前期使用更准确。

稻水象甲危害与水稻产量损失关系以及防治指标的研究, 前人已经有较多的报道(白义川等, 1994; 赵成德等, 1997; 赵文生等, 1997; 勾建军等, 1998; 刘雅坤等, 1998; 汪志和等, 1998; 张西健和安文军, 2004; 汤德祥等, 2005; 周社文等, 2007), 总体结果均表明, 稻水象甲

的危害会明显减少水稻分蘖数和穗数, 而对穗粒数和千粒重影响较小, 本试验也有相似的结果。稻水象甲成虫密度与水稻产量的关系研究中, 汪志和等(1998)得出成虫密度达 45 头/ m^2 产量差异显著, 而汤德祥等(2005)的结果为成虫密度达 80 头/ m^2 时产量差异显著, 本试验发现成虫密度达 85 头/ m^2 时产量差异显著。本研究计算出稻水象甲成虫的防治指标为 20 头/ m^2 (1 头/丛), 幼虫的防治指标为 130 头/ m^2 (6.5 头/丛), 成虫防治指标上要低于勾建军等(1998)(30 头/ m^2)、汪志和等(1998)(30 头/ m^2)和汤德祥等(280 头/百丛)的防治指标, 但又高于张西健和安文军(2004)(30 头/百丛)和赵成德(0.3 头/穴)的防治指标, 幼虫的防治指标要高于孙富余等(2002)的防治指标(2 头/丛)。稻水象甲为害程度、水稻产量损失及防治指标与其他低海拔地区存在差异, 可能由于贵州省的高原山地环境造成, 因此, 在稻水象甲综合治理中应根据实际情况采用相应的防治指标。

稻水象甲危害对水稻产量造成损失与气候环境等多方面因素相关, 因此稻水象甲的防治指标也不是固定不变的, 会随稻谷产量、价格、防治成本等不断变化, 是一种动态的指标。由于试验条件的限制, 田间笼罩接虫法仅是一种对于自然环境相对独立的系统, 本研究给出的稻水象甲防治指标也可能存在一定的误差。关于稻水象甲防治指标全面多因素系统的研究方法有待进一步完善。

致谢: 在田间调查工作过程中得到了贵州大学昆虫研究所杨洪教授, 以及硕士研究生刘健锋、武

承旭、刘广宇、唐恒朋等的帮助；在水稻测产过程中任国如、吴建卓、杨登陆、刘勇、王英鉴、王孟伦、王佳琳、陈亭旭等硕士研究生也给予了帮助，在此一并表示感谢！

参考文献 (References)

- Bai YC, Gu XS, Chen BX, 1994. Studies on the harm loss size analysis and economic threshold of *Lissorhoptrus oryzophilus*. *Tianjin Agricultural Sciences*, (4): 9–11. [白义川, 谷希树, 陈秉恕, 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.]
- Chen Y, Tian Y, Tian CH, Li BH, 2000. Control effects of 12 kinds of pesticides on *Lissorhoptrus oryzophilus*. *Agricultural Chemical*, (6): 30–32. [陈彦, 田春晖, 李柏宏, 2000. 12 种杀虫剂对稻水象甲的防效. 农药, (6): 30–32.]
- Ding YQ, 1994. *Mathematical Ecology of Insects*. Beijing: Science Press. 318–332. [丁岩钦, 1994. 昆虫数学生态学. 北京: 科学出版社. 318–332.]
- Fu HB, Cong B, 2003. Research progress on the invasive pest, *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 34(4): 317–320. [付海滨, 丛斌, 2003. 入侵害虫稻水象甲的研究进展. 沈阳农业大学学报, 34(4): 317–320.]
- Gou JJ, Guo SY, Wang ZH, Huang XC, Liu CR, 1998. Studies on occurrence and classification standard of *Lissorhoptrus oryzophilus*. *Plant Protection*, (6): 27–28. [勾建军, 郭云书, 汪志和, 黄晓春, 刘春茹, 1998. 稻水象甲发生程度分级标准的研究. 植物保护, (6): 27–28.]
- Gu XP, Yuan SJ, Wu ZP, 2009. *Studies on Mountain Climate Factors of Guizhou*. Beijing: China Meteorological Meteorological Press. 130–199. [谷晓平, 袁淑杰, 吴战平, 2009. 贵州山地气候要素分布式研究. 北京: 气象出版社. 130–199.]
- Guo WC, Li J, Wei ZX, Tu EX, Wu J, A LY, Wang J, 2011. The first discovery of significant invasive pest of paddy *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel in Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 48(1): 70–74. [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.]
- Liu YK, Kang EY, Zhao XL, 1998. Influence of rice water weevil output of rice and damage habit. *Plant Protection Technology and Extension*, 18(5): 36–37. [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.]
- Meng WL, Yu F, Ao Q, Zhang S, Gu XP, 2011. Invasive pattery and adaptability analysis of *Lissorhoptrus oryzophilus*. *Tillage and Cultivation*, (2): 19–20. [孟维亮, 于飞, 敖芹, 张帅, 谷晓平, 2011. 稻水象甲的入侵特征与适应性分析. 耕作与栽培, (2): 19–20.]
- Saito T, Hirai K, Way O M, 2005. The rice water weevil *issorhoptrus oryzophilus* Kuschel (Coleoptera: Curculionidae). *Applied Entomology and Zoology*, 40(1): 31–39.
- Sun FY, Tian CH, Zhao CD, Zhao WS, Wang XQ, 2002. Preliminary researches on the population increasing regulation of rice water weevil *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel. *Acta Ecologica Sinica*, 22(10): 1704–1709. [孙富余, 田春晖, 赵成德, 赵文生, 王小奇, 2002. 稻水象甲种群增长规律初探. 生态学报, 22(10): 1704–1709.]
- Sun RC, Mao ZN, 1996. *Rice Water Weevil*. Beijing: China Agriculture Press. 159. [孙汝川, 毛志农, 1996. 稻水象. 北京: 中国农业出版社. 159.]
- Sun ZX, Tang CD, 2001. The correct method to calculate standard rice yield in evaluating for yield. *Cultural Practice*, (5): 36–37. [孙宗修, 唐传道, 2001. 测产中折算稻谷标准产量的正确方法. 栽培技术, (5): 36–37.]
- Tang DX, Xu WZ, Zhu HJ, 2005. Tests on economic threshold of *Lissorhoptrus oryzophilus*. *Plant Quarantine*, 6(19): 343–344. [汤德祥, 徐卫忠, 朱红军, 2005. 稻水象甲防治指标试验. 植物检疫, 6(19): 343–344.]
- Wang ZH, Yang ZQ, Chen GM, Qi JQ, Liu ZJ, Cao CJ, Liu CR, Guo YS, Gou JJ, 1998. The losses caused by rice water weevil (*Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel) and the threshold for its control. *Journal of Agricultural University of Heibei*, 21(3): 61–64. [汪志和, 杨占起, 陈国民, 祁景乔, 刘振杰, 曹崇炬, 刘春茹, 郭云书, 勾建军, 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.]
- Wei W, Yang DX, Peng BF, Yang MF, Liao QR, Yang H, Chen WL, 2011. Preliminary investigation and analysis on hibernant habitat of *Lissorhoptrus oryzophilus* in Guizhou. *Guizhou Agricultural Sciences*, 39(6): 90–93. [巍薇, 杨大星, 彭炳富, 杨茂发, 廖启荣, 杨洪, 陈文龙, 2011. 贵州稻水象甲越冬场所的初步调查与分析. 贵州农业科学, 39(6): 90–93.]
- Wei W, Yang MF, Liao QR, Yang H, Chen WL, 2013. The spatial distribution patterns and sampling technique of *Lissorhoptrus oryzophilus* larvae under two seedling-raising methods. *Acta Phytopylacica Sinica*, (2): 128–132. [巍薇, 杨茂发, 廖启荣, 杨洪, 陈文龙, 2013. 两种育秧方式下稻水象甲幼虫的空间分布型及其抽样技术. 植物保护学报, (2): 128–132.]
- Wu LF, 2015. Occurrence analysis of the quarantine national plant pests in 2014. *China Plant Protection*, (8): 62–63. [吴立峰, 2015. 2014 年全国植物检疫性有害生物发生情况分析. 中国植保导刊, (8): 62–63.]

- Zhang XJ, An WJ, 2004. Studies on the harm loss and economic threshold of *Lissorhoptrus oryzophilus*. *China Plant Protection*, (6): 10–11. [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, (6): 10–11.]
- Zhao CD, Sun FY, Tian CH, Zhao WS, Liu XY, Tong SJ, Sun FS, 1997. Studies on occurrence regularity and control of *Lissorhoptrus oryzophilus*. *Liaoning Agricultural Sciences*, (5): 12–16. [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. 辽宁农业科学, (5): 12–16.]
- Zhao WS, Tian CH, Sun FY, Zhao CD, Li YG, Sun FP, 1997. Studies on occurrence regularity and control of *Lissorhoptrus oryzophilus*. *Liaoning Agricultural Sciences*, 2: 17–22. [赵文生, 田春晖, 孙富余, 赵成德, 李玉国, 孙福平, 1997. 稻水象甲的发生规律与防治研究. 辽宁农业科学, 2: 17–22.]
- Zhou SW, Tan XP, Zhang JF, Zeng YQ, Du YC, 2007. Influence of larva of rice water weevil on the development and output of rice. *Plant Quarantine*, 6(21): 345–346. [周社文, 谭小平, 张佳峰, 曾燕清, 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, 6(21): 345–346.]
- Zou L, Stout JM, Dunand TR, 2004. The effects of feeding by the rice water weevil, *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel, on the growth and yield. *Agricultural and Forest Entomology*, 6(1): 47–53.