

寄主植物对田间稻水象甲一代成虫取食斑数量与长度关系的影响

蔡雪涛¹ 郑永敏² 商晗武³ 杨 琼¹ 唐启义¹ 郑雪浩⁴ 程家安¹ 祝增荣¹ , *

(¹ 水稻生物学国家重点实验室 环境生物学研究室/浙江大学 昆虫科学研究所, 浙江 杭州 310029 ;² 浙江省乐清市柳市镇农业综合服务站, 浙江 乐清 325600 ;³ 中国计量学院, 浙江 杭州 310018 ;⁴ 浙江省乐清市植物检疫站, 浙江 乐清 325600 ; * 通讯联系人, E-mail : zrzh@zju . edu . cn)

Effect of Host Plant on Relationship Between Number and Total Length of Feeding Scars of the First Generation Adults of Rice Water Weevil in Fields

CAI Xue tao¹ , ZHENG Yong min² , SHANG Han wu³ , YANG Qiong¹ , TANG Qi yi¹ , ZHENG Xue hao⁴ , CHENG Jia an¹ , ZHU Zeng rong¹ , *

(¹ State Key Laboratory of Rice Biology/Institute of Insect Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China ;² Liushi Town Station of Agricultural Services, Yueqing 325600, China ;³ China Jiliang University, Hangzhou 310018, China ;⁴ Yueqing Plant Quarantine Station, Yueqing 325600, China ; * Corresponding author, E mail : zrzh@zju . edu . cn)

Abstract : The relationship between the number and the total length of feeding scars of the first generation adults of the rice water weevil (RWW) , *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel (Coleoptera : Curculionidae) was analyzed in field experiments during 2004 and 2005 . The feeding scars on the barnyardgrass (*Echinochloa crus galli* L .) leaves outnumbered those on leaves of rice , *Cyperus difformis* and *Leersia hexandra* . All 16 couples of relationships between the number and the total length of feeding scars for combinations of 2 host plant species and 2 transplanting dates , 4 different species with 2 measurements respectively , were significantly positive linear . The plant species had significant effect on the regression coefficients , with the highest one on barnyardgrass . Such linear regression was robust for rice and barnyardgrass with different transplanting dates , but was not stable for different measure dates in most cases . The regression approach could be used for preliminary quantitatively inference of total feeding (and then density) of RWW at the early stage of invasion in a newly RWW invaded habitat , for evaluation of RWW resistant rice germplasm , and for test of host plant specificity in selection of biocontrol candidate agents of alien invaded weeds .

Key words : *Lissorhoptrus oryzophilus* ; feeding scars ; barnyardgrass ; regression analysis ; forecast

摘 要 : 在 2004 年和 2005 年两年的田间实验中 , 研究分析了每丛植物上稻水象甲一代成虫的取食斑数量与长度间的线性回归关系。每丛稗草上的稻水象甲取食斑总量显著高于水稻、异型莎草和李氏禾上的 , 两种寄主植物的两种移栽期的组合、4 种不同寄主植物各 2 次观察得到的共 16 组每丛植物上的稻水象甲取食斑数量和总长度间的直线回归方程均显著 ; 植物种类对回归系数有显著影响 , 以稗草上的最大。这些回归方程对稗草和水稻的不同移栽期总体而言是稳健的 , 但对不同观察期则不稳健。本试验建立的取食斑数量与总长度的直线回归法可用于稻水象甲控制阈值的确定、稻水象甲入侵早期的取食量及成虫密度初步推断、抗稻水象甲的水稻种质资源评估以及应用一些象甲控制外来入侵植物时的寄主专一性测定。

关键词 : 稻水象甲 ; 取食斑 ; 稗草 ; 回归分析 ; 预测预报

中图分类号 : S431 . 11 ; S435 . 112 + 6

文献标识码 : A

文章编号 : 1001-7216(2007)03-0309-07

稻水象甲 *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel (Coleopteran : Curculionidae) 是 20 世纪 80 年代传入中国的一种重要外来入侵害虫 , 该虫在原产地美国为毁灭性害虫^[1] ; 1970 年代侵入日本后 , 其危害性仅次于稻飞虱^[1-3]。在中国的亚热带稻区入侵地 , 越冬代稻水象甲成虫从越冬场所向稻田渐次迁移 : 每年的 4 ~ 5 月在山坡地越冬的稻水象甲成虫首先取食茅草等嫩草 , 待其飞行肌发达后逐渐迁飞到田边、田埂的稗草、游草等禾本科杂草上继续取食 , “等候”迁入稻田为害 ; 一旦水稻移栽 , “等候”在稻

田周围的成虫凭借短距离的飞行、爬行或顺着灌溉水流漂浮等各种方式侵入稻田^[4-9]。稻水象甲成虫在水稻叶鞘产卵 , 孵化的幼虫则钻入土中 , 取食稻根 , 之后形成一代成虫^[3] , 一代成虫羽化后就近爬行到寄主植物地上部分的叶片上取食。

收稿日期 : 2006-07-24 ; 修改稿收到日期 : 2007-01-18。

基金项目 : 国家重点基础研究发展计划 (973 计划) 资助项目 (2002CB111403-3)。

第一作者简介 : 蔡雪涛 (1979 -) , 男 , 硕士研究生。

稻水象甲成虫取食单子叶寄主植物叶片正面, 形成阳面食状 (upper epidermis defoliation), 留下长短不等沿叶脉方向的许多平行取食斑, 取食斑的宽度受口器的限制, 在各种植物上几乎都一样^[3]。

取食斑总长度往往用来衡量一定时间内的取食量, 或间接反映某地点在一定时间内的虫量。一丛植物上的稻水象甲在一定时间内的取食斑总长度 L 是各个单个取食斑长度 $L_i (i=1, 2, \dots, k)$ 的累计, 如果各个取食斑长度是相同的, 就可以统计个数来得到取食斑的总长度, 但实际上每个取食斑的长度是变化的。对取食斑数量与长度之间进行回归分析可以发现彼此的关系密切程度、比较寄主植物种类及其生长发育时期对稻水象甲的影响。

由于稻水象甲取食斑的特征明显, 是鉴别各地是否有稻水象甲入侵的重要依据之一, 也是间接估计稻水象甲成虫密度的重要手段之一。由于测量各个取食斑的长度要花费大量的人力和时间, 而取食斑个数计量则较为容易。为此, 我们在进行田间一代成虫对寄主植物选择性试验的同时, 测量了每丛植物的取食斑数量、取食斑总长度, 期望找到取食斑数量与长度间的关系, 为测量取食斑长度提供简单的计量方法。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验在浙江省温州市乐清的沙角村 (120.9°E, 28.0°N) 进行。稻水象甲在此地的生活已有 10 多年时间^[3-5], 已经适应了当地生态条件的季节性动态过程和格局, 特别是对主要寄主植物如越冬场所的茅草, 越冬后迁入稻田周边的稗草、李氏禾、莎草、水稻等主要禾本科植物已经具备了稳定的取食关系。

1.2 研究方法

2004 年试验在 5 月 5 日移栽的早稻 (中丝 2 号) 田中进行, 在移栽后 25 d (5 月 30 日), 划出 4 个内圆半径 1.5 m、外圆半径 3 m 的大圆 (图 1), 保留内圆中的早稻, 拔除内外圈之间的早稻。拔除早稻的环形地带在空闲 25 d 后 (6 月 24 日), 被平分 8 个扇形区域, 正对的两个扇形小区移栽秧龄为 20 d 的晚稻 (汕优 63) 或稗草 (*Echinochloa crus galli* L.), 水稻、稗草间隔移栽在相邻小区。10 d 后 (7 月 4 日), 以同样的方法再次移栽秧龄为 23 d 的同品种晚稻和稗草, 这样造成两种植物各两个移栽期共 4 种栖境 (图 1)。试验为随机区组设计, 4 次重复。在

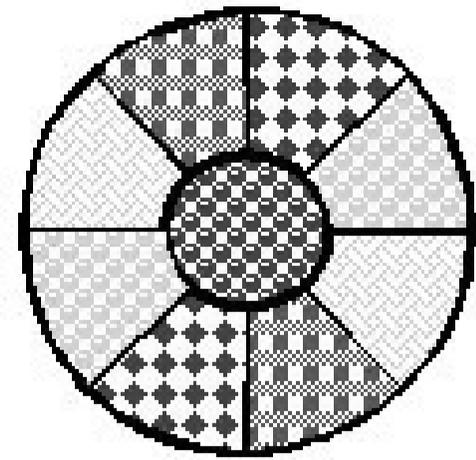


图 1 田间重复试验安排图示

Fig. 1 Diagram showing arrangement of different plant species and/or different transplanting dates in the field experiments.

内圆外正对的两侧扇形小区种植相同的植物种类或相同移栽期的植物。

The opposite fan shape areas were transplanted by the same plant species and/or transplanted on the same day.

内圆早稻出现新羽化的一代成虫高峰期 (6 月 20 ~ 25 日) 后的 20 d (调查日期 7 月 11 ~ 13 日) 和 30 d (调查日期 7 月 21 ~ 23 日) 共 2 次观察测量每个扇形区 (共 3 行, 每行 6 丛) 植株上稻水象甲的取食斑长度和数量。

2005 年的试验安排 (设计, 重复, 早、晚稻品种等) 类似 2004 年, 但去除移栽期因子, 增加了植物种类。早稻 5 月 9 日移栽, 移栽后 25 d (6 月 3 日), 划圆、拔除内外圈之间的早稻, 空闲 22 d 后 (6 月 25 日) 平分 8 个扇形区域, 移栽秧龄为 20 d 的晚稻、稗草、异型莎草 *Cyperus difformis*、李氏禾 *Leersia hexandra*。内圆之间正对的两个扇形小区种植相同种类的植物, 这样制造出 4 种植物的 4 种栖境。观察时间为 7 月 9 ~ 10 日和 7 月 22 ~ 25 日, 观测内容同 2004 年。

1.3 数据分析

对 2004 年和 2005 年的试验数据进行过原点的 $L = bN$ 的一元线性回归分析, 其中 L 表示每丛植物上稻水象甲取食斑的长度 (mm), N 表示每丛植物上稻水象甲取食斑的个数 (个) ($N = 1, 2, 3, \dots$), b 为方程的回归系数。由 DPS^[10] 数据处理系统中的直线回归并过原点模块完成回归分析, 并通过比较不同方程回归系数的 95% 置信上、下限之间的重叠与否确定回归系数间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 每丛植株的稻水象甲取食斑总个数

表 1 为 2004 年针对植物种类及其移栽期两因素的试验结果。从结果可知, 在第 1 次观察时的同

一移栽期不同植物中,稻水象甲在稗草上的每丛取食斑总个数显著高于水稻,两次移栽期之间,迟移栽的稗草、水稻上的每丛取食斑总个数均分别高于早移栽的稗草、水稻上的取食斑总个数。在第2次观察时,同一移栽期的稗草上的每丛取食斑总个数均显著低于水稻,两次移栽期之间,早移栽的水稻、稗草上的每丛取食斑总个数均分别显著高于迟移栽的。两次移栽的水稻的取食斑总个数在两次观察中均有显著差异,而稗草的没有显著差异。在第1次观察时,植物种类($F = 53.21, P = 0.0001$)、丛序($F = 3.45, P = 0.0077$)对稻水象甲在每丛植物上的取食斑总个数有显著影响,移栽期对每丛取食斑总个数则没有显著影响($F = 1.23, P = 0.27$),植物种类、丛序和移栽期之间的交互对每丛取食斑总个数没有显著影响($P > 0.4$)。在第2次观察时,植物种类($F = 19.07, P = 0.0001$)、丛序($F = 3.20, P = 0.0118$)对稻水象甲在每丛植物上的取食斑总个数有显著影响,移栽期对每丛总取食斑个数没有显著影响,植物种类、丛序和移栽期之间的交互对总取食

斑个数也没有显著影响($P > 0.2$)。

表2为2005年针对4种寄主植物的试验结果。在第1次观察时,稻水象甲在稗草上的取食斑总个数(13.85 ± 3.49 个)显著高于其他植物,而水稻上的取食斑总个数(7.09 ± 1.15 个)显著低于其他植物,第2次观察时,取食斑总个数在植物种类间没有显著差异,但仍然显示在稗草上的最多(21.7 ± 5.9 个)、水稻上的最少(15.6 ± 2.4 个)的趋势。水稻、李氏禾和莎草上的取食斑总个数的第2次观察值极显著高于第1次观察值($t > 2.47, P < 0.02$),而稗草上第2次观察时的取食斑总个数也比第1次的高,但两次观察值间的差异不显著。第1次和第2次观察显示,植物种类($P > 0.06$)、丛序($P > 0.06$)和植物种类与丛序间的交互($P > 0.5$)对取食斑总个数没有显著影响。

2.2 稻水象甲取食斑数量与长度间的回归关系对移栽期的稳健性

2004年试验在第1次观察时,早移栽水稻与迟移栽水稻、早移栽稗草与迟移栽稗草上的稻水象甲

表1 每丛植物上稻水象甲取食斑总个数(2004年)

Table 1. Total number of feeding scars by *Lissorhoptrus oryzophilus* on each plant hill (2004).

处理 Treatment	第1次观察值	第2次观察值	两次观察值的显著差异	
	The 1st measurement	The 2nd measurement	Difference between the two measurements	
	平均数 ± 标准误 Mean ± Se	平均数 ± 标准误 Mean ± Se	t	P
早移栽 Early transplanted				
水稻 Rice	11.54 ± 1.54 bB	20.47 ± 2.06 aA	3.4694	0.0011*
稗草 Barnyardgrass	29.21 ± 3.59 aA	15.95 ± 1.03 bAB	0.6140	0.5422
迟移栽 Late transplanted				
水稻 Rice	13.51 ± 1.41 bB	12.47 ± 1.61 bcBC	3.3491	0.0023*
稗草 Barnyardgrass	32.88 ± 4.32 aA	8.87 ± 0.54 cC	0.6078	0.5463

同一列中平均值后跟有不同大小写字母者表示同一观察时处理间差异分别达到 $P < 0.01$ 和 $P < 0.05$ 显著水平(LSD); * 两次观测之间的差异显著性(t检验, * $P < 0.05$)。

Means in a column followed by different lowercase and uppercase letters indicate significant difference among different treatments at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ levels, respectively (LSD); * Difference between two measurements at $P < 0.05$ (ttest).

表2 每丛植物上稻水象甲取食斑总个数(2005年)

Table 2. Total number of feeding scars by *Lissorhoptrus oryzophilus* on each plant hill (2005).

处理 Treatment	第1次观察值	第2次观察值	两次观察值的显著差异	
	The 1st measurement	The 2nd measurement	Difference between the two measurements	
	平均数 ± 标准误 Mean ± Se	平均数 ± 标准误 Mean ± Se	t	P
水稻 Rice	7.09 ± 1.15 bB	15.64 ± 2.44 a	3.1658	0.0033**
稗草 Barnyardgrass	13.85 ± 3.49 aA	21.73 ± 5.94 a	1.1450	0.2595
李氏禾 <i>Leersia herxandra</i>	10.21 ± 1.37 abAB	20.40 ± 3.88 a	2.4752	0.0195*
莎草 <i>Cyperus difformis</i>	9.29 ± 1.91 abAB	20.12 ± 2.85 a	3.1553	0.0028**

同一列中平均值后跟有不同大小写字母者表示同一观察时处理间差异分别达 $P < 0.01$ 和 $P < 0.05$ 显著水平(LSD); *, ** 两次观测之间的差异分别达 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 显著水平(t检验)。

Means in a column followed by different lowercase and uppercase letters indicate significant difference among different treatments at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ levels, respectively (LSD); *, ** indicate difference between two measurements at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ levels, respectively.

取食斑数量与长度间的一元线性回归系数的 95% 置信区间的上下限分别重合,所以在第 1 次观察中,不同移栽期的稗草、水稻上的这种回归系数之间没有显著差异。在第 2 次观察时,早移栽的稗草与迟移栽的稗草的这种回归系数之间的 95% 置信区间重合,但早移栽的水稻与迟移栽的水稻的 95% 置信区间不重合(表 3)。因此,上述 2 种植物各自 2 次观察的 4 对移栽期中有 3 种情况下的回归系数差异不显著。

2.3 稻水象甲的取食斑数量与长度间的回归关系对植物种类的非稳健性

在第 1 次观察时稗草、水稻、莎草和李氏禾相应回归方程的回归系数的 95% 置信区间的上下限没有一点重合,它们的回归系数之间有显著差异,回归系数大小顺序为:稗草 > 莎草 > 李氏禾 > 水稻。在第 2 次观察时,李氏禾与水稻间、莎草与稗草间、水

稻与莎草间、李氏禾与稗草之间的回归系数 95% 置信区间的上下限均有重合,所以它们的回归系数没有显著差异,但仍以稗草上的回归系数最大(表 4)。

从图 2 可以直观地看出:2004 年试验中,稗草上稻水象甲的取食斑数量和总长度的变化幅度均明显大于相应移栽期的水稻上的,更重要的是前者的回归直线的斜率明显大于后者,表明每增加一个取食斑,稗草上增加的总取食斑长度也即总的取食量要高于水稻上的。

图 3 为 2005 年植物种类作为处理因子的试验结果。同样表明稻水象甲在稗草上的取食斑总数量和总长度的变化幅度大于水稻,也大于其他两种新加入试验的李氏禾和莎草。

2.4 稻水象甲的取食斑数量与长度间的回归关系对观察期的非稳健性

在 2004 年的试验中,只有迟移栽的水稻在两次

表 3 稻水象甲在每丛植物上的取食斑个数(N, 个)与长度(L, mm)间的一元线性回归分析(2004 年)

Table 3 Linear regression analysis on length of leaf scar by rice water weevils against number of feeding scars based on hill based sampling unit (2004).

处理 Treatment	第 1 次观察值 The 1st measurement					第 2 次观察值 The 2nd measurement				
	回归系数 Regression coefficient (b)	标准误 Se	t	95% 置信区间		回归系数 Regression coefficient (b)	标准误 Se	t	95% 置信区间	
				95% confidence interval					95% confidence interval	
				上限 Upper limit	下限 Lower limit				上限 Upper limit	下限 Lower limit
早移栽 Early transplanted										
稗草 Barnyardgrass	5.5194	0.0656	84.08	5.39	5.65	4.5425	0.0960	47.33	4.35	4.73
水稻 Rice	4.2516	0.0906	46.95	4.07	4.43	3.3874	0.0610	55.55	3.27	3.51
迟移栽 Late transplanted										
稗草 Barnyardgrass	5.3416	0.1239	43.22	5.10	5.59	4.6557	0.0538	86.56	4.55	4.76
水稻 Rice	4.4386	0.0662	67.05	4.31	4.57	4.5328	0.0858	52.84	4.36	4.70

所有回归方程系数 b 的 $P < 0.01$ 。

All regression coefficients (b) were significant at the probability $P < 0.01$.

表 4 稻水象甲在每丛植物上的取食斑个数(N, 个)与长度(L, mm)间的一元线性回归分析(2005 年)

Table 4 Linear regression analysis on length on leaf scar by the rice water weevil against number of feeding scars based on hill based sampling unit (2005).

植物种类 Plant species	第 1 次观察值 The 1st measurement					第 2 次观察值 The 2nd measurement				
	回归系数 Regression coefficient (b)	标准误 Se	t	95% 置信区间		回归系数 Regression coefficient (b)	标准误 Se	t	95% 置信区间	
				95% confidence interval					95% confidence interval	
				上限 Upper limit	下限 Lower limit				上限 Upper limit	下限 Lower limit
稗草 Barnyardgrass	8.1722	0.2005	40.76	7.77	8.58	5.1657	0.1145	45.10	4.94	5.40
水稻 Rice	4.3337	0.1480	29.29	4.04	4.63	4.5491	0.1244	36.58	4.30	4.80
莎草 <i>Cyperus difformis</i>	6.5095	0.2063	31.55	6.10	6.93	5.0144	0.1520	32.98	4.71	5.32
李氏禾 <i>Leersia herxandra</i>	5.3394	0.1423	37.52	5.05	5.63	4.5163	0.1297	34.83	4.25	4.78

所有回归方程系数 b 的 $P < 0.01$ 。

All regression coefficients (b) were significant at the probability $P < 0.01$.

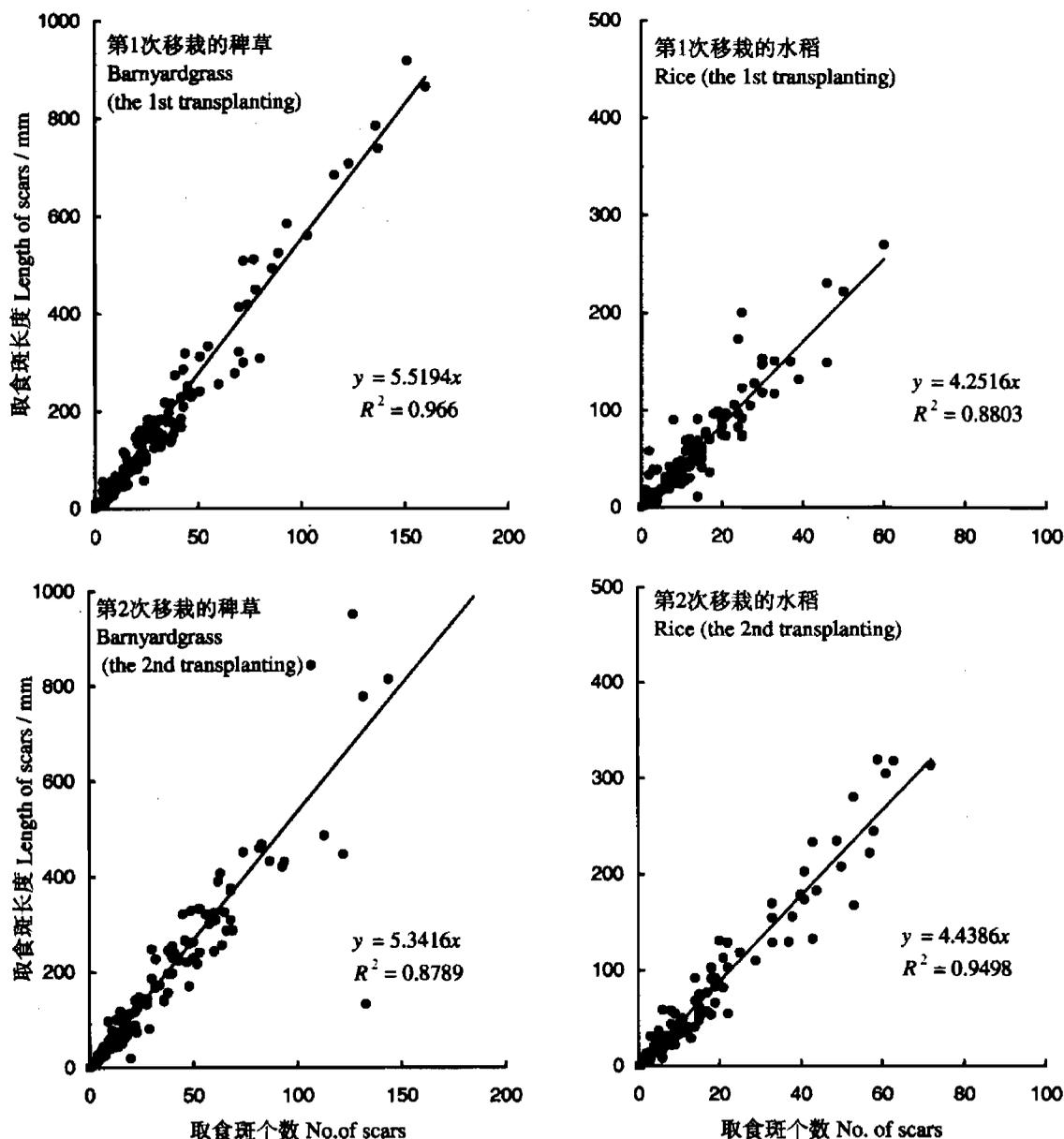


图2 2004年第1次观察时稻水象甲取食斑长度与取食斑个数的回归关系

Fig. 2. Plots and linear regression analysis of length of leaf scars by rice water weevils against number of feeding scars on hill-based sampling unit in 2004. Each datum point represents the average from a sample of a plant hill.

调查中的95%置信区间有重合(表3);2005年的试验中,也只有水稻在两次调查中的95%置信区间有重合(表4)。即在两次调查值中,取食斑数量与长度线性关系在大多数同一植物之间有显著差异。

3 讨论

本试验对2004年的不同移栽期的水稻和稗草,2005年相同移栽期的稗草、水稻、李氏禾和莎草的每丛植株上的稻水象甲取食斑个数和取食斑长度进行了一元线性回归分析,结果表明所有回归方程的回归系数均达显著水平,即可以对各自情况以取食斑个数推算取食斑总长度,即以后在该类研究时如果需要大量调查取食斑的长度,只要计数该丛植物上的取食斑总个数,代入相应的方程,就可以得到取食斑的长度,方便实际调查。

由于部分处理两次观察值间的差异显著,因此该类回归方程还是有观察时间的特异性。同时,不同植物种类的回归系数之间在多种情况下都有显著差异,表明每丛植物上的取食斑个数和取食斑长度间的这种回归关系具有明显的植物种类和生育期特异性,因此本实验结果可以作为不同寄主植物上、在不同时间调查稻水象甲取食量进而估计成虫密度时参考。

本研究确定的不同植物、移栽期条件下稻水象甲取食斑数量与总长度的数量关系可以用于以下4个重要方面:

1) 亚热带地区稻水象甲一代成虫取食量与该代成虫在晚稻田的居留密度间的关系目前尚不是很清楚^[3]。若两者间存在相应的正的数量关系,则取食量的估计就更具有重要的防治指导意义,即可以根

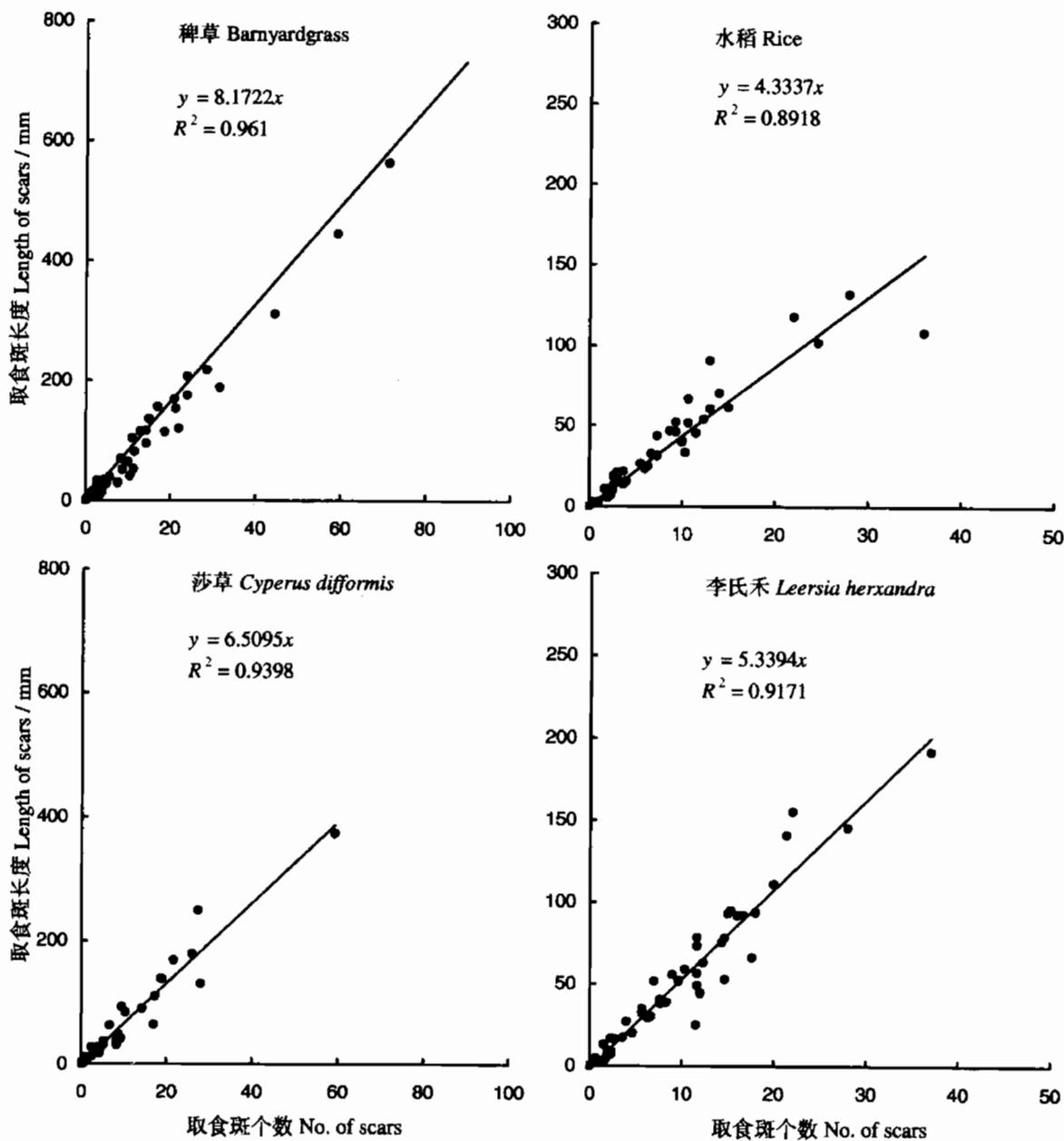


图3 2005年第1次观察时稻水象甲取食斑数量与长度的回归关系

Fig. 3. Plots and linear regression analysis of length of leaf scars by rice water weevils against number of feeding scars based on hill-based sampling unit in 2005. Each datum point represents the average from a sample of a plant hill.

据简单的取食斑数量推测晚稻期间的成虫的数量进而确定防治阈值。Walters等^[11]根据冬油菜上甘蓝茎叶甲 *Psylliodes chrysocephala* 的取食斑指数 (leaf-scarring index) 以 50% 叶片被取食为防治阈值, 与比较烦琐的植物解剖法确定的阈值的一致性达到 98%, 大大节省了解剖植物查幼虫所耗费的时间^[11]; 欧芹上萝卜象甲 *Listronotus oregonensis* (LeConte) 危害造成的取食斑数量与欧芹产量之间存在的线性关系为探索稻水象甲取食斑与密度及水稻最后产量间可能存在类似关系提供了参考^[12]。

2) 在外来入侵生物普查时, 一旦发现有疑似稻水象甲的取食斑, 经过鉴定确认是稻水象甲取食引起后, 可以通过计数取食斑的数量推算取食量, 并参照现有的方法估算一定时间阶段内的稻水象甲密度。

3) 在水稻抗稻水象甲的种质资源评价中, 取食斑总长度可以作为一个重要的衡量标准, 而这可以通过简便的计数取食斑的数量来换算得到。

4) 在外来植物如水葫芦的生物防治中, 几种象甲是重要的天敌。评价这些天敌的寄主植物范围专一性是生物安全性试验的重要方面, 这需要测量大量的取食斑长度和面积数据。本研究提出的以取食斑数量推测取食量的方法就具有较大的应用潜力。

另外, 本试验发现在不同寄主植物上每丛植物稻水象甲的取食斑个数与取食斑长度回归系数一般以水稻为最小、稗草为最大, 表明稻水象甲在稗草上的取食连续性显著高于在水稻上的, 这一趋势同样反映在实验室内离体植物叶片的取食实验上^[13]。商晗武^[8]、Tindall 和 Stout^[14] 在温室内的研究结果都表明稻水象甲对稗草的选择性显著高于其他杂

草。本研究的结果则进一步指出了稻水象甲在稗草上取食斑数量的增量显著高于水稻和其他禾本科植物,意味着稗草的适口性高,促使稻水象甲连续取食。对于其内在的植物形态学、组织结构或生理活性物质等方面的机理,我们正在进行深入探讨。

参考文献：

- [1] Saito T, Hirai K, Way M O. The rice water weevil, *Lissorhoptus oryzophilus* Kuschel (Coleoptera: Curculionidae). *Appl Entomol Zool*, 2005, 40(1): 31-39.
- [2] Chen H, Chen Z M, Zhou Y S. Rice water weevil (Coleoptera: Curculionidae) in mainland China: Invasion, spread and control. *Crop Prot*, 2005, 24(8): 695-702.
- [3] 祝增荣, 商晗武, 蒋明星, 程家安. 稻水象甲//万方浩, 郑小波, 郭建英. 重要农林外来入侵物种的生物学与控制. 北京: 科学出版社, 2005: 129-176.
- [4] 翟保平, 程家安, 黄恩友. 等. 浙江省双季稻区稻水象甲的发生动态. 中国农业科学, 1997, 30(6): 23-29.
- [5] 郑宏海, 皇甫伟国, 林家威, 等. 直播稻区稻水象甲种群动态及分布. 中国水稻科学, 2006, 20: 210-215.
- [6] 翟保平, 商晗武, 程家安. 稻水象甲卵巢发育程度的分级及其应用. 中国水稻科学, 1999, 13(2): 109-113.
- [7] 商晗武, 程家安, 蒋明星, 等. 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, 2003, 17(1): 77-81.
- [8] 商晗武. 稻水象甲种群生态学及其治理策略的研究[学位论文] 杭州: 浙江大学, 2003.
- [9] Shin H P, Cheng C H. Present status of rice water weevil, *Lissorhoptus oryzophilus* Kuschel in Taiwan//Hirai K. Establishment, Spread and Management of the Rice Water Weevil and Migratory Rice Insect Pests in East Asia. Tsukuba, Japan: NARC, 1993: 82-103.
- [10] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统. 北京: 科学出版社, 2002.
- [11] Walters K F A, Lan A E, Cooper D A, Morgan D. A commercially acceptable assessment technique for improved control of cabbage stem flea beetle feeding on winter oilseed rape. *Crop Prot*, 2001, 20: 907-912.
- [12] Torres A N, Hoy C W. Relationship between carrot weevil infestation and parsley yield. *J Econ Entomol*, 2005, 98(4): 1213-1220.
- [13] 杨琼, 马国栋, 祝增荣, 程家安. 稻水象甲对离体寄主植物的选择性//乔格侠, 陈洪俊, 肖晖. 昆虫学研究进展. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2005: 119-120.
- [14] Tindall K V, Stout M J. Use of common weeds of rice as hosts for the rice water weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Environ Entomol*, 2003, 32(5): 1227-1233.