

杀虫剂胁迫对小白菜 *B. campestris* 体内营养物质和 黄曲条跳甲 *P. striolata* 取食的影响

傅建伟^{1,2}, 魏 辉¹, 李建宇¹, 占志雄¹, 尤民生²

(1.福建省农业科学院植物保护研究所, 福建 福州 350013; 2.福建农林大学应用生态研究所, 福建 福州 350002)

摘 要:采用生物测定与生理生化方法,研究不同杀虫剂胁迫下小白菜 *B. campestris* 体内的蛋白质和可溶性糖含量变化,以及对黄曲条跳甲 (*P. striolata*) 取食的影响。结果显示,杀虫剂处理对小白菜体内蛋白质含量的影响不显著,但对小白菜体内可溶性糖含量的影响显著。统计分析表明,杀虫剂处理后,黄曲条跳甲对小白菜的取食与植株体内蛋白质含量呈显著的负相关 ($P<0.05$),与小白菜的可溶性糖含量呈极显著的正相关 ($P<0.01$)。

关键词: 杀虫剂胁迫; 小白菜; 营养物质; 黄曲条跳甲; 取食选择

中图分类号: Q945.78 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-2043(2009)06-1253-05

Effect of Pesticide Stress on Nutritional Components of Host Plant, *Brassica campestris*, and Feeding Preference of Striped Flea Beetle (SFB), *Phyllotreta striolata*

FU Jian-wei^{1,2}, WEI Hui¹, LI Jian-yu¹, ZHAN Zhi-xiong¹, YOU Min-sheng²

(1. Institute of Plant Protection, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350013, China; 2. Institute of Applied Ecology, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: The striped flea beetle, *Phyllotreta striolata* (Fabricius), is a major crucifer specific pest, spreads widely across the world. The beetles infest many crucifers like mustard, turnip, radish, and related weeds, and with the planting area of crucifers larger than ever, the problem of its continuous damages to the vegetables by *P. striolata* is becoming more serious in the south of China, from which a heavy economic loss results every year. The application of insecticide is a important factor effects the occurrence of *P. striolata*. In this study, effect of different pesticides stress on the content of soluble sugar and protein of host plant, *B. campestris* L. and feeding preference of striped flea beetle, *P. striolata*, were carried out with bioassay and biochemical analysis. The result showed that pesticide stress had no effect on the content of protein, however, significant effect was observed in the content of soluble sugar of host plant, *B. campestris* L., statistical analysis indicated that the feeding preference of *P. striolata* adult had a significant negative correlation with the content of protein ($P<0.05$) and positive correlation with the content of soluble sugar ($P<0.01$) in host plant (*B. campestris* L.) stressed by different insecticides.

Keywords: insecticide stress; *B. campestris*; nutrition; *P. striolata*; feeding preference

当植物受到环境胁迫时,其生理生化的改变会对取食的昆虫产生影响^[1],这是由于植物的化学成分受到自然或人为因素(包括农药)的作用而发生变化,从而改变了它们的营养价值,对昆虫产生了有利或

不利的影响^[2]。杀虫剂处理后对植物的光合作用会产生影响^[3-4],也会对植物的生理生化^[4-7]、生长和产量产生影响^[8-9],它可以改善害虫的营养,或增强对害虫的吸引力,也可能降低植株的防卫能力,造成害虫的再猖獗^[10]。杀虫剂的使用也能影响植物体内的次生物质的代谢,如在棉花、水稻等用药较多的作物系统中,对次生性物质的代谢具有明显的影响^[11-12]。灭多威在棉花体内能对酚类物质产生影响,导致花青素-3-糖苷几乎增加3倍,而且导致成熟叶片中鞣酸增加50%^[13]。这可能改变杀虫剂-植物-害虫三者的关系。

收稿日期: 2008-08-09

基金项目: 国家自然科学基金(30070503); 福建省自然科学基金项目(B0610025)

作者简介: 傅建伟(1974—),男,博士,主要从事农药毒理和外来入侵生物的区域治理研究。E-mail: Fjw9238@yahoo.com.cn

通讯作者: 尤民生 E-mail: msyou@fjau.edu.com

黄曲条跳甲 *P. striolata* 是十字花科蔬菜的一种世界性害虫^[14],近年来,在广东某些地区已取代小菜蛾 *Plutella xylostella* 而上升为蔬菜的头号害虫^[15]。在福建,该虫春夏季和秋季危害蔬菜,其程度已超过其他害虫^[16],并且已经产生了很强的抗药性^[17]。

尽管在防治黄曲条跳甲时杀虫剂的种类和用量在不断增加,但杀虫剂对寄主植物的作用,及其对黄曲条跳甲的产生的影响未见报道。本文选择了 3 种不同性质和作用特点的杀虫剂作为供试药剂,以黄曲条跳甲的寄主植物——小白菜为对象,测定了杀虫剂对小白菜的蛋白质和可溶性糖含量的影响,以及杀虫剂胁迫下黄曲条跳甲取食选择性的变化,为进一步探讨杀虫剂对寄主植物的胁迫作用,以及杀虫剂-植物-害虫三者关系提供参考,也为科学使用杀虫剂实现黄曲条跳甲的可持续控制提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

黄曲条跳甲成虫,采自福建省农业科学院试验大棚。

1.2 供试药剂及浓度

48%乐斯本乳油(毒死蜱, chlorpyrifos, 美国陶氏益农公司), 480、960、1 920 mg·L⁻¹。

20%好年冬乳油(丁硫克百威, carbosulfan, 苏州富美实植物保护剂有限公司), 200、400、800 mg·L⁻¹。

0.75%鬼臼毒素乳油(西北农林科技大学无公害农药研究服务中心), 15、30、150 mg·L⁻¹。

1.3 供试寄主

小白菜 *B. campestris* L. ssp. chinensis (L.): 品种为上海青(江苏省溧阳市国华种子店)。

杀虫剂处理方法:在水泥槽内播种上海青,长至 3 片真叶期时进行喷药处理,药液用量为 80 mL·m⁻²,采用德国 GADERNA 864 型手动喷雾器(残余药量少余 2 mL)。每隔 1 d 喷药 1 次,连续喷药 3 次后,间隔 15 d 进行取样,选择长势、叶片大小基本一致的倒数第 3 片叶供试。分别测定植物体内蛋白质、可溶性糖含量和黄曲条跳甲的取食选择性差异。

1.4 测定方法

1.4.1 取食选择性测定

在 50 cm×50 cm×50 cm 的养虫笼内,放入经杀虫剂处理且大小基本一致的上海青叶片各 5 片,放入饥饿处理 24 h 的黄曲条跳甲成虫 100 头,将养虫笼盖上黑布,避免光线对黄曲条跳甲的影响,让黄曲条跳甲取食 24 h 后,观察落虫数和测量叶片被取食的面

积。3 次重复。叶面积测定采用透明座标纸进行测量,统计被取食面积。

1.4.2 植物体内蛋白质含量测定

参照 Bradford^[18]记述的考马斯亮蓝 G-250 染色法测定。选取经过杀虫剂处理的上海青叶片,称鲜重 0.5 g 放入研钵中,加 0.5 mL 蒸馏水研磨成匀浆,转移到离心管中,再用 1 mL 蒸馏水分次洗涤研钵,洗涤液收集于同一离心管中,放置 0.5~1 h 以充分提取,然后在 4 000 r·min⁻¹ 离心 20 min,取上清液转入 10 mL 容量瓶中,并以蒸馏水定容至刻度,即得待测样品提取液。吸取 0.1 mL 提取液,放入具塞刻度试管中,加入 5 mL 考马斯亮蓝 G-250 蛋白试剂,充分混合,放置 2 min 后用分光光度计在 595 nm 下测定 OD₅₉₅。

1.4.3 植物体内可溶性糖含量测定

参照蒽酮比色法略有修改^[19]。准确称取经烘干磨碎的上海青样品 100 mg,置于 10 mL 试管中,加入 5 mL 温水(50~60 ℃)提取,在旋涡混合器上间歇搅拌 30 min 以上,使其自身酶解。在水浴锅中煮沸 30 min,冷却后过滤入 10 mL 定量试管中,水洗残渣,最后定量至 10 mL。吸取 250 μL 滤液,750 μL H₂O,分别加到 10 mL 试管中,再加入蒽酮试剂 4 mL,立即摇匀,放入冰浴中。全部加好后放入沸水浴中 10 min。3 次重复。取出后放入冷水浴中冷却,用分光光度计在 620 nm 处测定吸光值。

1.5 数据处理

黄曲条跳甲的取食面积、上海青体内营养物质含量差异的比较应用单因素多重比较(One-Way ANOVA, Duncan's Multiple Rang Test)方法,采用 SPSS 10.0 软件对数据进行处理和统计分析。营养物质与黄曲条跳甲取食选择的关系应用直线回归方法,采用 EX-CELL 软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 杀虫剂处理上海青对黄曲条跳甲取食的影响

杀虫剂处理上海青,测定其对黄曲条跳甲取食的影响,结果如表 1。与对照比较,经杀虫剂处理的上海青上的成虫落虫数明显增多,其中鬼臼毒素 200 mg·L⁻¹ 处理的黄曲条跳甲成虫落虫数是对照的 3.81 倍。除好年冬 200 mg·L⁻¹ 外,黄曲条跳甲对其他两种杀虫剂处理的取食面积明显增加,差异均达到极显著水平。

2.2 杀虫剂处理对上海青体内蛋白质、可溶性糖含量的影响

不同杀虫剂处理后,测定上海青体内蛋白质和可

溶性糖的含量变化,结果如表 2。与对照对比,杀虫剂引起上海青植株内蛋白质含量发生变化,但差异不显著。植物体内可溶性糖含量的变化程度与杀虫剂种类及处理浓度有关,乐斯本和鬼臼毒素处理可引起植物体内可溶性糖含量升高,而好年冬处理,则导致植株内可溶性糖含量的降低,与对照相比差异极显著。

2.3 营养物质与黄曲条跳甲取食选择的关系

3 种杀虫剂分别用不同浓度处理上海青后,可溶性糖和蛋白质含量与黄曲条跳甲取食选择的关系如图 1 和图 2。

从中可以看到,黄曲条跳甲的取食选择与上海青

表 1 杀虫剂处理植物对黄曲条跳甲取食选择性的影响

Table 1 Effect of pesticides treated host plant on the feeding preference of *P. striolata*

供试药剂	浓度/mg·L ⁻¹	落虫数/头	取食面积/mm ²
乐斯本	1 920	65	333.20±128.86 Dd
	960	73	401.80±85.01 CDc
	480	86	633.60±146.14 Aa
好年冬	800	58	382.80±109.82 Dcd
	400	48	344.60±96.19 Dcd
	200	33	230.40±175.24 Ee
鬼臼毒素	150	122	679.60±49.35 Aa
	30	86	496.60±42.56 Bb
	15	63	476.40±61.61 BCb
对照	清水	32	239.20±115.39 Ee

注:表中数字后面不同的小写和大写字母表示方差分析(Duncan's multiple range test, DMRT)在 5%(小写字母)或 1%(大写字母)水平上差异显著(5%)和极显著(1%)。下同。

Note: Data followed by the different lowercase and uppercase letters are significantly different at the 5% or 1% level(Duncan's multiple range test, DMRT), respectively in table. The same as below.

表 2 杀虫剂胁迫对寄主植物体内蛋白质、可溶性糖含量的影响

Table 2 Effect of pesticides stress on the soluble sugar and protein content of host plant

药剂	处理浓度/mg·L ⁻¹	蛋白质含量/OD ₅₉₅	可溶性糖含量/OD ₆₂₀
乐斯本	1 920	0.445 7±0.068 5 Aa	0.624 7±0.023 7 Cc
	960	0.431 0±0.101 9 Aa	0.754 3±0.016 5 Bb
	480	0.426 0±0.032 9 Aa	0.775±0.0233 ABb
好年冬	800	0.412 0±0.034 Aa	0.471 3±0.011 7 Ed
	400	0.456 0±0.124 8 Aa	0.511 3±0.076 1 DEd
	200	0.426 3±0.062 9 Aa	0.462±0.008 7 Ed
鬼臼毒素	150	0.377 7±0.056 2 Aa	0.871±0.056 0 Aa
	30	0.371 0±0.004 6 Aa	0.674 3±0.056 2 BCc
	15	0.402 0±0.045 0 Aa	0.622 3±0.082 8 Cc
对照	清水	0.445 0±0.014 9 Aa	0.596 3±0.005 1 CDc

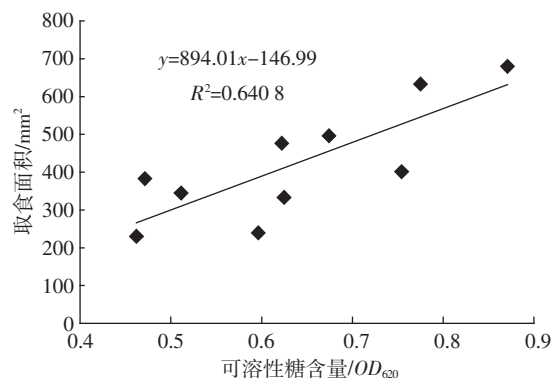


图 1 可溶性糖含量与黄曲条跳甲取食面积的关系

Figure 1 The relation between soluble sugar content and feeding area of *P. striolata*

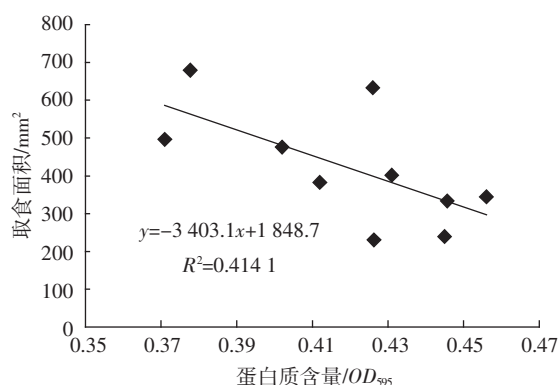


图 2 蛋白质含量与黄曲条跳甲取食面积的关系

Figure 2 The relation between protein content and feeding area of *P. striolata*

的可溶性糖含量关系呈极显著的正相关,相关系数 $r=0.801$ ($P=0.005$, $F=14.27$),说明杀虫剂处理后,寄主植物体内的可溶性糖含量的显著变化对黄曲条跳甲的取食产生了极显著的影响;同时黄曲条跳甲的取食选择与上海青的蛋白质含量呈负相关,相关系数 $r=0.643$ ($P=0.045$, $F=5.654$),说明杀虫剂处理后,寄主植物体内的蛋白质含量对黄曲条跳甲的取食也可能存在影响。

3 讨论

农药的使用会引导寄主植物体内营养物质含量的改变,导致害虫取食量的增加和寄主植物受害程度的加重。刘井兰等^[20]的研究表明,施用农药后水稻植株体内有利于褐飞虱取食的氨基酸明显增加,增加农药施用次数对水稻受害程度有一定的加重作用;农药对水稻和褐飞虱具有双向效应,即在一些农药使用后导致水稻的抗虫性下降,褐飞虱取食农药处理过的水稻繁殖倍数增加^[4];农药处理引起水稻体内还原糖含

量的显著增加。三化螟幼虫取食农药处理的水稻后,后代的产卵量显著高于对照,刺激了三化螟产卵^[21]。本研究结果表明,不同杀虫剂胁迫处理寄主植物,能诱导黄曲条跳甲的取食发生变化,对受杀虫剂胁迫的寄主植物的取食量明显增加,这与上述研究结果具有一致性,但杀虫剂胁迫是否引起黄曲条跳甲成虫的繁殖能力和种群扩增的变化还有待于进一步研究。

昆虫对食料植物的选择,决定于昆虫的内在因素和外来刺激的感受和反应特点,它们的选择行为反映了对某种植物及其器官产生趋嗜行为和到达植株以后产卵和取食等一系列反应;植物体内的营养成分的组成和含量,可能在植食性昆虫寄主选择中起着重要作用^[22-23],能够影响昆虫的发育速度和繁殖率,从而决定了种群大小和变异性^[2]。黄曲条跳甲对不同寄主植物的子叶取食选择性与真叶取食选择性两者表现不同,可能是由于寄主植株的生长发育、叶片的物理性状、所含营养物质及挥发性次生物质等化学成分发生改变所致^[24]。本研究结果表明,不同杀虫剂处理寄主植物后,黄曲条跳甲的取食选择与杀虫剂引起的植物体内可溶性糖含量呈显著正相关,与蛋白质含量呈负相关。这与斑潜蝇寄主选择性与叶片可溶性糖含量、蛋白质含量相关性的研究结果并不完全相同。高俊平等^[25]、李勇等^[26]的研究表明南美斑潜蝇寄主选择性与叶片可溶性糖含量存在显著的正相关,而与蛋白质含量不相关;成卫宁等^[27]则认为,美洲斑潜蝇的寄主选择性与叶片可溶性糖含量呈负相关,与蛋白质含量呈正相关。昆虫对寄主的选择性与寄主植物体内的可溶性糖含量、蛋白质含量的关系可能还受到昆虫种类、寄主植物次生物质的差异影响。有关不同杀虫剂胁迫寄主引起寄主植物次生物质的变化、不同昆虫寄主选择性的变化,黄曲条跳甲的寄主选择性与杀虫剂胁迫引起寄主植物体内次生物质的变化关系有待于今后进一步研究。

参考文献:

- [1] 康 乐. 环境胁迫下的昆虫-植物相互关系[J]. 生态学杂志, 1995, 14(5): 51-57.
KANG Le. Insect-plant correlation under environmental stress[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 1995, 14(5): 51-57.
- [2] 钦俊德. 昆虫与植物的关系——论昆虫与植物的相互作用及其演化[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
QIN Jun-de. Correlation of insect and plant, discussion on interaction and evolvement between insect and plant[M]. Beijing: Science Press, 1987.
- [3] 罗时石, 王泽港, 冯绪猛, 等. 农药对水稻叶片光合产物输出速率影响的示踪动力学研究[J]. 中国农业科学, 2002, 35(9): 1085-1089.
LUO Shi-shi, WANG Ze-gang, FENG Xu-meng, et al. Study on tracer dynamics of effects of pesticides on export rate of photosynthate of rice leaves[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2002, 35(9): 1085-1089.
- [4] 吴进才, 许俊峰, 冯绪猛, 等. 稻田常用农药对水稻 3 个品种生理生化影响[J]. 中国农业科学, 2003, 36(5): 536-541.
WU Jin-cai, XU Jun-feng, FENG Xu-meng, et al. Impacts of pesticides on physiology and biochemistry of rice[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2003, 36(5): 536-541.
- [5] 徐敦明, 马志卿, 冯俊涛, 等. 毒死蜱和鬼臼毒素胁迫对蔬菜上海青抗氧化酶系及丙二醛的影响[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(6): 1089-1092.
XU Dun-ming, MA Zhi-qing, FENG Jun-tao, et al. Effects of chlorpyrifos and podophyllotoxin on anti-oxidative enzymes and MDA of vegetable *Brassica rapa* L[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2004, 23(6): 1089-1092.
- [6] 曲爱军, 郭丽红, 孙绪良, 等. 农药胁迫对大叶黄杨 SOD 和脯氨酸含量的影响[J]. 农药, 2004, 45(1): 35-37.
QU Ai-jun, GUO Li-hong, SUN Xu-gen, et al. Effects of pesticides stress on free proline and SOD content in *Euonymus japonica*[J]. *Chinese Journal of Pesticides*, 2004, 45(1): 35-37.
- [7] Youngman R R, Leigh T F, Kerby N C, et al. Pesticides and cotton: effect on photosynthesis, growth and fruiting[J]. *Journal of Economic Entomology*, 1990, 83: 1549-1557.
- [8] 何兴爱, 朱承美, 亓玲美, 等. 农药胁迫对花椒有机物含量的影响[J]. 山东林业科技, 2005(6): 26-27.
HE Xing-ai, ZHU Cheng-mei, JI Ling-mei, et al. Effects of pesticides stress on the organic compound content of *Pericarpium Zanthoxyli*[J]. *Shandong Forestry Science and Technology*, 2005(6): 26-27.
- [9] Mellors W K, Allegro A, Hsu A N. Effects of carbofuran and water stress on the growth of soybean plants and two spotted spider mite (acaritetranychidae) populations under greenhouse conditions[J]. *Environmental Entomology*, 1984, 13: 561-567.
- [10] 刘井兰, 于建飞, 印建莉, 等. 化学农药对植物生理生化影响的研究进展[J]. 农药, 2006, 45(8): 511-514.
LIU Jing-lan, YU Jian-fei, YIN Jian-li, et al. Research progress on the effect of chemical pesticides on plant physiology and biochemistry[J]. *Chinese Journal of Pesticides*, 2006, 45(8): 511-514.
- [11] 高希武, 马 军. 害虫的化学防治与作物抗虫性[J]. 中国农业大学学报, 1998, 3(1): 75-82.
GAO Xi-wu, MA Jun. Interactions between chemical control and crop resistance to insects[J]. *Journal of China Agricultural University*, 1998, 3(1): 75-82.
- [12] 申继忠. 农药对高等植物次生代谢的影响及其生态学意义[J]. 农药译丛, 1998, 20(1): 41-45.
SHEN Ji-zhong. Effect on secondary metabolites of higher plant of pesticide and its ecology significance[J]. *Journal of Pesticide Translation*, 1998, 20(1): 41-45.
- [13] Lydon J, Duke S O. Pesticide effects on secondary metabolism of higher plants[J]. *Pesticide Science*, 1989, 25: 361-373.

- [14] Metcalf C L, Flint W P, Metcalf R L. Destructive and useful insects[M]. New York: McGraw-Hill Book Company, 1962.
- [15] 高泽正, 吴伟坚, 崔志新. 关于黄曲条跳甲的寄主范围[J]. 生态科学, 2000, 19(2): 70-72.
- GAO Ze-zheng, WU Wei-jian, CUI Zhi-xin. Studies on the host range of *Phyllotreta striolata*[J]. *Ecologic Science*, 2000, 19(2): 70-72.
- [16] 傅建伟, 陈沁, 林泽燕, 等. 黄曲条跳甲田间种群发生的生态干扰[J]. 生态学杂志, 2005, 24(8): 917-922.
- FU Jian-wei, CHEN qin, LIN Ze-yan, et al. Ecological disturbance of field *Phyllotreta striolata* population occurrence[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(8): 917-922.
- [17] 傅建伟, 李建宇, 林泽燕, 等. 黄曲条跳甲田间种群发生的生态干扰[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2006, 35(9): 475-479.
- FU Jian-wei, LI Jian-yu, LIN Ze-yan, et al. Application of diagnostic dose method to monitoring the resistance of striped flea beetle to insecticides in Fujian Province[J]. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University(Natural Science Edition)*, 2006, 35(9): 475-479.
- [18] Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein using the principle of protein dye binding[J]. *Analytical Biochemistry*, 1976, 72: 248-254.
- [19] 陈毓荃. 生物化学实验方法和技术[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- CHEN Yu-quan. Bio-chemical experiment methods and technology [M]. Beijing: Science Press, 2002.
- [20] 刘井兰, 王美凤, 徐建祥, 等. 农药对水稻体游离氨基酸含量及抗虫性的影响[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2005, 26(3): 74-78.
- LIU Jing-lan, WANG Mei-feng, XU Jian-xiang, et al. Effects of pesticides on amount of several amino acid and rice resistance [J]. *Journal of Yangzhou University(Agricultural and Life Science Edition)*, 2005, 26(3): 74-78.
- [21] 吴进才, 王爱华, 许俊峰, 等. 两种选择性农药的使用对刺激三化螟产卵及水稻生化影响的研究[J]. 中国农业科学, 2003, 36(10): 1163-1170.
- WU Jin-cai, WANG Ai-hua, XU Jun-feng, et al. Studies on stimulating effect of two selective insecticides on the number of egg laid by rice yellow borer, *Tryporyza incertulas* (Walker) and their effects on biochemistry of rice plants [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2003, 36(10): 1163-1170.
- [22] 戴华国, 孙丽娟, 王琴. 二化螟水稻种群和茭白种群成虫产卵与幼虫寄主选择行为的比较研究应用[J]. 应用生态学报, 2003, 14(5): 741-743.
- DAI Hua-guo, SUN Li-juan, WANG Qin. Comparing study on oviposition preference and host-selecting behavior of larvae of rice and water-oat population of rice stem borer, *Chilo suppressalis*[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(5): 741-743.
- [23] 杨晓, 孔垂华, 梁文举, 等. 守瓜属甲虫的取食行为与寄主植物葫芦素种类的关系[J]. 应用生态学报, 2005, 16(7): 1326-1329.
- YANG Xiao, KONG Chui-hua, LIANG Wen-ju, et al. Relationships of *Aulacophora* beetles feeding behavior with cucurbitacin types in host crops[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(7): 1326-1329.
- [24] 刘芸, 尤民生. 饲养黄曲条跳甲实验种群的一种新方法[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2007, 36(4): 365-368.
- LIU Yun, YOU Min-sheng. The host-preference of striped flea beetle, *Phyllotreta striolata*, to cruciferous vegetables[J]. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University(Natural Science Edition)*, 2007, 36(4): 365-368.
- [25] 高俊平, 庞保平, 孟瑞霞, 等. 南美斑潜蝇寄主选择性与植物营养物质及叶绿素含量的关系[J]. 应用生态学报, 2007, 18(3): 701-704.
- GAO Jun-ping, PANG Bao-ping, MENG Rui-xia, et al. Relationships between host preference of *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) and nutrient and chlorophyll contents in host foliage[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18(3): 701-704.
- [26] 李勇, 邓望喜, 韦新葵. 美洲斑潜蝇对番茄的选择性行为及其机制[J]. 植物保护学报, 2003, 30(1): 25-29.
- LI Yong, DENG Wang-xi, WEI Xin-kui. On the selection behavior and mechanism of *Liriomyza satwae* (Blanchard) in choosing tomato varieties[J]. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2003, 30(1): 25-29.
- [27] 成卫宁, 李长青, 李修炼, 等. 美洲斑潜蝇寄主植物生化抗性机制的初步研究[J]. 西北农业学报, 2004, 13(4): 73-76.
- CHENG Wei-ning, LI Chang-qing, LI Xiu-lian, et al. Studies on biochemical resistance mechanism of hosts to *Liriomyza sativae* Blan[J]. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2004, 13(4): 73-76.