

六种植物叶片中葫芦素 B 对美洲斑潜蝇 寄主选择性的影响

张茂新, 凌 冰, 曾 玲, 庞雄飞

(华南农业大学昆虫生态研究室, 广州 510642)

摘要:在网室条件下,测定了美洲斑潜蝇对豇豆、苦瓜、黄瓜、白瓜、节瓜和丝瓜的寄主选择性。结果表明,美洲斑潜蝇在 6 种不同植物叶片上的幼虫数、虫道数和为害程度具有明显的差异。从幼虫数和为害程度综合分析,美洲斑潜蝇在豇豆和丝瓜上的幼虫数、为害程度最高,分别是 0.183 头/cm², 13.47% 和 0.099 头/cm², 23.42%, 表明该虫对豇豆和丝瓜的选择性最强。在苦瓜上没有美洲斑潜蝇的幼虫寄生及取食虫道。该虫对其它 3 种植物的选择性依次为节瓜、白瓜和黄瓜。在此基础上,进一步研究了不同植物叶片甲醇提取物中葫芦素 B 的含量与美洲斑潜蝇寄主选择性的关系。经高效液相色谱(HPLC)测定,苦瓜中的葫芦素 B 含量最高(23.8 μg/ml),其次是黄瓜(9.6 μg/ml)、白瓜(4.3 μg/ml)、豇豆(2.7 μg/ml)和节瓜(2.5 μg/ml),丝瓜中含量最少,仅为 1.3 μg/ml。分析结果证实不同植物叶中的葫芦素 B 含量与其幼虫数呈负相关($r_1 = -0.8206$, $r_{0.05} = 0.811$);将不同植物叶中的葫芦素 B 含量和美洲斑潜蝇的为害程度分别转换成对数后进行相关性分析,二者之间的相关性呈极显著的负相关($r_2 = -0.9804$, $r_{0.01} = 0.917$)。说明随着寄主植物叶片中葫芦素 B 含量的增加,美洲斑潜蝇的幼虫数及为害程度明显减少,因此可以认为葫芦素 B 是影响美洲斑潜蝇成虫寄主选择性的主要原因之一。

关键词:葫芦素 B;美洲斑潜蝇;寄主选择性

Effect of cucurbitacin B in leaves from six plants species on plant selectivity of the leafminer, *Liriomyza sativae*

ZHANG Mao-Xin, LING Bing, Zeng Ling, PANG Xiong-Fei (Laboratory of Insect Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(11): 2564~2568.

Abstract: The selectivity of six plants species by *Liriomyza sativae* Blanchard was evaluated using choice tests in a net-house (2.5m×2m×1.5m). The six plant species were grown together in rectangular plastic pots (100cm×50cm×30cm) and 6 pots were used in the experiment. At the 4~5 leaf stage, one leaf was sampled from each of six plants from each host plant species. Leaves from each species were pooled and 1g of fresh tissue cut into 0.2~0.3 cm pieces and soaked in 10 mL methanol for 30h at 25 C. The extract was filtered and the filtrate immediately analyzed by HPLC to determine cucurbitacin B levels. After leaf sampling, 500 one-day-old *L. sativae* adults leafminer were released into the net-house. Adults were hatched in the laboratory from *L. sativae* pupae collected from a *Vigna sesquipedalis* field at the South China Agricultural University. After 5d, the number of larvae, feeding tunnels and damaged plants were recorded on 6 plants of each species in each of 6 pots. The number of larvae and degree of damage of *L. sativae* differed significantly between the six host species tested with the mean number of larvae per cm² being 0.183, 0.116, 0.102, 0.099, 0.043 and 0.0 respectively for *Vigna sesquipedalis*, *Cucumis melo* var. *conomon* f. *albus*, *Benincasa hispida* var. *chieh-qua*, *Luffa cylindrical*, *Cucumis sativus* and *Monardella charantia*. The average degree of larval damage was 23.42%, 13.47%, 8.78%, 5.83%, and 1.63% on *L. cylindrical*, *V. sesquipedalis*, *B. hispida* var. *chieh-qua*, *C. melo* var. *conomon* f. *albus* and *C. sativus*, respectively. There were no larvae or feeding tunnels on *M.*

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(39930120)

收稿日期:2003-10-10; **修订日期:**2004-03-20

作者简介:张茂新(1957~),男,新疆乌鲁木齐人,博士,副教授,主要从事昆虫生态学研究。E-mail:mxzhang100@163.com

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (No. 39930120)

Received date: 2003-10-10; **Accepted date:** 2004-03-20

Biography: ZHANG Mao-Xin, Ph. D., Associate professor, mainly engaged in insect ecology. E-mail mxzhang100@163.com

charantia. The selectivity of *L. sativae* to the six plants species indicated the order of host plant suitability was *L. cylindrical*, *V. sesquipedalis*, *B. hispida* var. *chieh-quua*, *C. melo* var. *conomon* f. *albus* and *C. sativus* while *M. charantia* was not a host plant of *L. sativae*. The relationship between leafminer selectivity and levels of cucurbitacin B from host plant leaf samples was investigated. Mean cucurbitacin B content was 23.8 μ g/ml, 9.6 μ g/ml, 4.3 μ g/ml, 2.7 μ g/ml, 2.5 μ g/ml and 1.3 μ g/ml for *M. charantia*, *C. sativus*, *C. melo* var. *conomon* f. *albus*, *V. sesquipedalis*, *B. hispida* var. *chieh-quua* and *L. cylindrical*, respectively, and there was a significant negative correlation ($r_1 = -0.8206$, $r_{0.05} = 0.811$) between the number of *L. sativae* larvae and cucurbitacin B content. There was a very significant negative correlation ($r_2 = -0.9804$, $r_{0.01} = 0.917$) between the degree of *L. sativae* damage on host plants and the content of cucurbitacin B. Results demonstrate that cucurbitacin B is an important factors influencing host selectivity of *L. sativae*.

Key words:cucurbitacin B;*Liriomyza sativae*;host selectivity

文章编号:1000-0933(2004)11-2564-05 中图分类号:Q958.1,Q968.1 文献标识码:A

美洲斑潜蝇(*Liriomyza sativae* Blanchard)是为害瓜豆蔬菜和花卉的一种重要害虫,被许多国家和地区列为重要的检疫性害虫^[1,2]。20 世纪 90 年代初在我国海南、广东省首次发现危害,现已遍及 20 多个省(市)自治区,致使果菜类减产 30%~50%,严重威胁着我国的农业生产和“菜篮子工程”建设^[3~5]。美洲斑潜蝇是一种多食性害虫^[6],在广东省的寄主植物有 18 科 69 种^[7],在山西省有 16 科 40 种^[8]。美洲斑潜蝇虽然寄主植物广泛,但它们对不同寄主植物的选择性及不同植物对其生存的适合度存在明显的差异^[8~10],既使在葫芦科不同蔬菜品种(系)上的选择性也存在差异^[11]。已有的研究结果表明,寄主植物叶片表面物理性质如毛状体密度、叶片结构等因素影响美洲斑潜蝇对寄主的选择^[12,13]。影响植食性昆虫选择寄主的另一个重要因素是不同种植物中所含有的特异次生物质组成。甘蓝斑潜蝇对十字花科植物的危害程度与十字花科植物中黑芥子(sinigrin)和葡萄糖(gluconapin)的含量组成密切相关^[14]。但有关美洲斑潜蝇寄主植物选择的化学机制至今未见报道。在田间调查时发现,美洲斑潜蝇很少为害苦瓜,用苦瓜叶片的甲醇提取物喷洒在其嗜食的寄主植物豇豆上,对美洲斑潜蝇有明显的驱避作用。进一步研究结果表明,苦瓜叶片中葫芦素 B 的含量很高,用葫芦素 B 喷洒在豇豆叶片上,随着葫芦素 B 浓度的增加,其驱避作用明显增强。表明葫芦素 B 与美洲斑潜蝇的取食、产卵有密切关系。葫芦素 B 普遍存在于葫芦科及其它一些科约 100 多种植物中^[15~19],被认为是昆虫有效的取食抑制物^[20~22]。美洲斑潜蝇对寄主植物的选择性以及不同植物对美洲斑潜蝇的抗性程度与植物中葫芦素 B 的含量的关系值得深入研究。这对深入了解昆虫和植物的关系,探索植食性昆虫与寄主植物间的化学生态学机制有重要的意义。同时为抗性品种选育、害虫控制新方法的研究提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 实验材料和仪器

美洲斑潜蝇采自华南农业大学资环学院农场的豇豆地。在昆虫生态室的网室豇豆上饲养一代后,收集同一天的蛹,待试。供试作物品种豇豆(*Vigna sesquipedalis*,夏宝二号)、白瓜(*Cucumis melo* var. *conomon* f. *albus*,秀美青筋)、节瓜(*Benincasa hispida* var. *chieh-quua*,丰乐节瓜)、黄瓜(*Cucumis sativus* L.,粤秀二号)、丝瓜(*Luffa cylindrical* (L.) Roxb,夏优丝瓜)和苦瓜(*Monordica charantia* L.,巨丰苦瓜)种子分别由广东省农科院蔬菜所和华南农业大学种子种苗研究开发中心提供。

葫芦素 B 标准品(98.85%)由天津药物研究院药业有限责任公司提供。高效液相色谱(HPLC)仪使用美国惠普公司的 HP1100 型。HPLC 分析柱是 Hypersil ODS (300 mm × 4.0mm, 5 μ m)(大连依利特科学仪器有限公司)。寄主植物葫芦素 B 的提取用分析纯甲醇,高效液相色谱流动相甲醇为一级色谱纯,水为超纯水。叶面积测定仪使用美国生产的 LI-3000A 型。

1.2 美洲斑潜蝇的寄主选择性测定

将供试植物种子催芽后,播种于长×宽×高=100cm×50cm×30cm 的塑料箱内,每种作物播一行 6 粒种子,共 6 个重复。随机放置在人工搭建的长×宽×高为 2.5m×2m×1.5m 的网室内,定期浇水。幼苗长至 4~5 片真叶时接入 1d 龄美洲斑潜蝇成虫约 500 头,并用 10%的蜂蜜水溶液补充营养,供其取食产卵。5d 后随机调查 30 株的被害株率,幼虫数量和虫道数。并在每株植物的上中下各取 3 片叶,共 90 片叶,分别统计被害叶数,并用叶面积测量仪测量每片叶的面积,然后剪去虫道面积,测一次剩下的叶面积,计算出单位叶面积虫道数和虫道面积。

1.3 不同寄主植物叶片中葫芦素 B 含量的测定

不同寄主植物叶片中葫芦素 B 含量的测定参照李超英的方法^[23]。人工接虫前,在每箱的不同植物中随机取一株分别剪取中部鲜叶一片,剪碎,充分混合后,准确称取 1g 植物样品放入 20ml 的广口瓶中,加 10ml 甲醇浸泡 30h 后,过滤,备测。样品进行 HPLC 测定,将样品用 5 μ m 过滤头处理。HPLC 条件:以 70%的甲醇和 30%水混合溶剂为流动相,流速是 0.5ml/min,检测波长 228nm,进样量 10 μ l。准确称取葫芦素 B 标准品 1mg,用 10ml 的甲醇溶解成 100 μ g/ml,再用逐步稀释法分别配制 10、5、2.5、

1. 25、0. 625 μ g/ml 的葫芦素B 甲醇溶液,并测定相应色谱峰的保留时间和峰面积(Y),计算Y 与葫芦素B 浓度(X)之间的回归方程。用此回归方程分别计算出不同寄主植物样品中的葫芦素B 含量。所有调查数据的统计分析采用SAS(SAS Institute Inc. 1998)统计软件进行。

2 结果与讨论

2. 1 美洲斑潜蝇对不同植物的选择性

将豆科的豇豆与葫芦科的苦瓜、黄瓜、节瓜、白瓜和丝瓜等植物混种让美洲斑潜蝇自由选择。结果表明(表1),美洲斑潜蝇在不同植物上的幼虫数和虫道数具有显著的差异,在苦瓜上未见幼虫和虫道。在豇豆上的幼虫数和虫道数最多,表明美洲斑潜蝇对豇豆的选择性最强。在其它4 种葫芦科植物上,幼虫数和虫道数由多到少依次为白瓜、节瓜、丝瓜和黄瓜。

2. 2 美洲斑潜蝇幼虫对不同植物的为害程度

调查结果表明,除了苦瓜未受害以外,豇豆、丝瓜、节瓜、白瓜和黄瓜的被害株率均达93%以上,差异不显著。不同寄主植物的被害叶片数有着显著的差异,以豇豆被害叶片最多,其次是丝瓜、节瓜和白瓜,黄瓜被害叶片较少(表2)。虽然丝瓜上的虫道数与豇豆上的虫道数差异极显著,但丝瓜上美洲斑潜蝇幼虫取食造成的虫道面积却显著大于豇豆,所表现出的为害程度最重。豇豆由于叶片小,虫道数及被害率高,其受害程度仅次于丝瓜。在黄瓜上,美洲斑潜蝇幼虫的虫道细而短,故黄瓜受害程度较轻。

表2 美洲斑潜蝇对不同植物的为害程度

Table 1 Degree of damage by <i>Liriomyza sativae</i> on plants			
植物 Plant species	被害叶 率(%) Rate of harmed	虫道面积 (cm ² /叶) Tunnel area (cm ² /leaf)	为害程度*(%) Degree of damage
丝瓜 <i>Luffa cylindrica</i>	73. 67 $\pm$ 4. 81 B	3. 89 $\pm$ 0. 30 A	23. 42 $\pm$ 1. 81 A
豇豆 <i>Vigna sesquipedalis</i>	87. 70 $\pm$ 2. 32 A	1. 75 $\pm$ 0. 11 B	13. 47 $\pm$ 0. 86 B
节瓜 <i>Benincasa hispida</i> var. <i>chieh-qu</i>	71. 53 $\pm$ 2. 17 B	1. 36 $\pm$ 0. 05 C	8. 78 $\pm$ 0. 23 C
白瓜 <i>Cucumis melo</i> var. <i>conomon</i> f. <i>albus</i>	64. 76 $\pm$ 0. 78 B	0. 76 $\pm$ 0. 03 D	5. 83 $\pm$ 0. 20 D
黄瓜 <i>Cucumis sativus</i>	49. 60 $\pm$ 1. 22 C	0. 31 $\pm$ 0. 01 E	1. 63 $\pm$ 0. 06 E
苦瓜 <i>Monordica charantia</i>	0 D	0 F	0 F

* 为害程度=单位叶片上的虫道面积(cm²)/ 不同植物的叶面积(cm²) $\times$ 100 Degree of damage means ratio of tunnel area with extent of injury;根据新复极差测验,同列具有相同字母的平均数,表示其在0. 01 水平上差异不显著 Means in the same column follow by a common letter do not differ significantly ($P=0. 01$) according to Duncan's test

求出了不同植物中葫芦素B 的含量。其中,苦瓜叶片葫芦素B 的含量最高(23. 8 μ g/ml),其次是黄瓜(9. 6 μ g/ml)和白瓜(4. 3 μ g/ml),豇豆和节瓜的含量较接近,分别为2. 7 μ g/ml 和2. 5 μ g/ml,丝瓜中含量最少(1. 3 μ g/ml)。

对葫芦素B 含量(X₁)与不同植物叶片上的幼虫数(Y₁)进行相关性分析,结果表明不同植物叶片中的葫芦素B 含量与其被寄生的幼虫数呈负相关,相关系数 $r_1=-0. 8206$ ($df=4$, $r_{0. 05}=0. 811$),其相关性显著,表明美洲斑潜蝇对

表1 美洲斑潜蝇成虫对6 种植物的选择性

Table 1 Selectivity of *Liriomyza sativae* adult to six species of plants

植物 Plant species	幼虫数(头/cm ²) Number of larvae (per/cm ²)	虫道数(条/cm ²) Number of feeding tunnels (per/cm ²)
豇豆 <i>Vigna sesquipedalis</i>	0. 183 $\pm$ 0. 014	A 0. 21 $\pm$ 0. 012
丝瓜 <i>Luffa cylindrica</i>	0. 099 $\pm$ 0. 012	B 0. 11 $\pm$ 0. 007
节瓜 <i>Benincasa hispida</i> var. <i>chieh-qu</i>	0. 102 $\pm$ 0. 003	B 0. 11 $\pm$ 0. 003
白瓜 <i>Cucumis melo</i> var. <i>conomon</i> f. <i>albus</i>	0. 116 $\pm$ 0. 007	B 0. 13 $\pm$ 0. 006
黄瓜 <i>Cucumis sativus</i>	0. 043 $\pm$ 0. 003	C 0. 05 $\pm$ 0. 001
苦瓜 <i>Monordica charantia</i>	0	D 0

根据新复极差测验,同列具有相同字母的平均数,表示其在0. 01 水平上差异不显著 Means in the same column follow by a common letter do not differ significantly ($P=0. 01$) according to Duncan's test

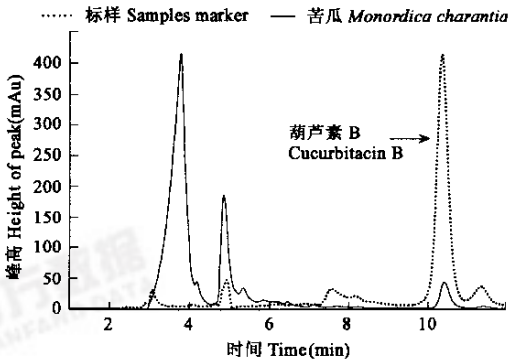


图1 苦瓜叶片提取物中及标样中葫芦素B 含量的HPLC 图

Fig. 1 HPLC separation of cucurbitacin B from leave of *Monordica charantia* samples mrker

2. 3 不同植物叶片提取物中葫芦素B 的含量

通过测定计算,葫芦素B 不同浓度(X)与峰面积(Y)之间的回归方程为 $y=17. 3642+33. 8724X$,其相关系数 $r=0. 9999$,线性关系很好。图1 显示了苦瓜叶中的葫芦素B 含量的HPLC 全图。图2 显示了不同植物叶片中葫芦素B 含量的HPLC 图的片段,表明不同植物叶片提取物中的葫芦素B 含量有明显差异。将不同植物叶片中的葫芦素B 的HPLC 峰面积代入上述方程,分别

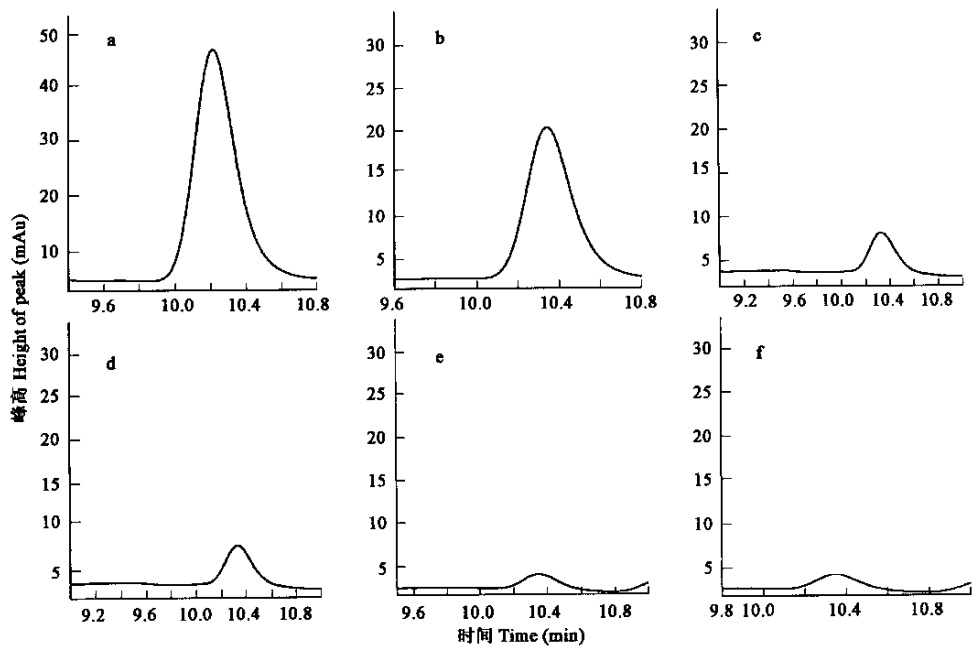


图2 6种植物叶片提取物中葫芦素B含量的HPLC图

Fig. 2 The content of cucurbitacin B from leave of six plants species on HPLC

a 苦瓜 *Monordica charantia*; b 黄瓜 *Cucumis sativus*; c 白瓜 *Cucumis melo* var. *conomon* f. *albus*;
d 豇豆 *Vigna sesquipedalis*; e 节瓜 *Benincasa hispida* var. *chieh-quai*; f 丝瓜 *Luffa cylindrica*

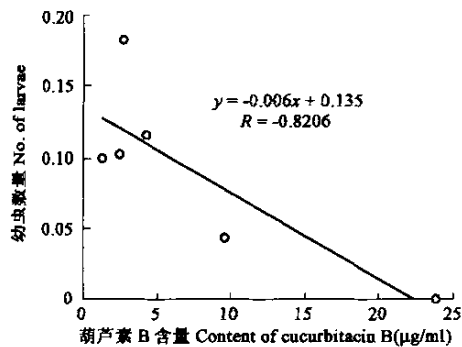


图3 葫芦素B的含量与美洲斑潜蝇幼虫数量的关系
Fig. 3 The relationship of cucurbitacin B content and the number of larvae *Liriomyza sativae*

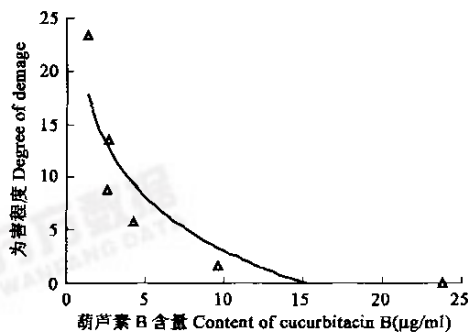


图4 葫芦素B的含量与美洲斑潜蝇为害程度的关系
Fig. 4 The relationship of cucurbitacin B content and the degree of damaged by *Liriomyza sativae*

寄主植物的选择性与植物叶片中的葫芦素B的含量密切相关(图3)。随着寄主植物叶片中葫芦素B含量的增加,美洲斑潜蝇的幼虫数明显减少,其直线回归方程为 $Y_1 = 0.135 - 0.006X_1$ 。从图4可以看出,不同植物的被害程度(Y_2)与葫芦素B的含量(X_2)也呈负相关的趋势,随着植物叶片中葫芦素B含量的增加,寄主植物的被害程度显著降低。把不同寄主植物的被害程度(Y_2)与植物中葫芦素B的含量(X_2)分别转换成对数值,进行相关性分析,其相关系数 $r_2 = -0.9804$ ($df = 4$, $r_{0.01} = 0.917$),相关性极显著,说明不同植物叶片中葫芦素B含量与美洲斑潜蝇幼虫的取食量密切相关。在寄主植物葫芦素B含量较低的情况下,也表现出较高的相关程度。如丝瓜上,虽然幼虫数比豇豆少近2倍,但虫道面积却是豇豆的2.2倍,被害程度也是豇豆的1.7倍,说明美洲斑潜蝇幼虫更喜欢在葫芦素B含量低的寄主植物上取食。但是,当寄主植物叶片中葫芦素B含量较低时($1.3 \sim 4.3 \mu\text{g/ml}$),美洲斑潜蝇的幼虫数量与葫芦素B之间的相关程度很低,说明在此含量范围内,美洲斑潜蝇成虫对寄主植物的选择性较差,这是否与寄主植物叶表面的物理性质有关,有待进一步的研究。

美洲斑潜蝇成虫对寄主植物的选择是一个极为复杂的过程,通过对 6 种植物(5 种寄主植物和 1 种非寄主植物)叶片中葫芦素 B 的含量与美洲斑潜蝇幼虫数量和为害程度的相关性分析,可以认为葫芦素 B 是影响美洲斑潜蝇成虫对寄主选择的重要因素之一。

References:

- [1] Chen N Z, Xiao L. Spread and damage of vegetable leafminer *Liriomyza sativae*. *Plant Quarantine*, 1995, **19**:6~9.
- [2] Johnson M W, Welter S C, Toscano N S, *et al.* Reduction of tomato leaflet photosynthesis rates by mining activity of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). *J. Econ. Entomol.*, 1983, **76**:1061~1063.
- [3] Kang L. *Ecology and Sustainable Control of Serpentine leafminers*. Beijing:Science Press, 1996. 3~80.
- [4] Tan W X, Zhuo G H. Occurrence and control of *Liriomyza sativae*. *China Vegetable*, 1997, **97**:27~28.
- [5] Wang Y, Lei Z R, Wen J Z, *et al.* On the overwintering and coldhardiness of the vegetable leafminer *Liriomyza sativae*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2000, **27**:32~36.
- [6] Parrella M P. Biology of *Liriomyza*. *Ann. Rev. Entomol.*, 1987, **32**:201~224.
- [7] Yu D J, Zhang R J, Zhou C Q, *et al.* Host Plant Preference of the leafminer, *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). *Acta Scientiarum Naturalium Unirersitatis Sunyatseni*, 2000, **39**:86~90.
- [8] Zhang H J, Li J Z, Zhang L P, *et al.* Evaluation on the host plant species and fitness to vegetable leafminer and its harmfulness. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, **20**:134~138.
- [9] Zehnder G W, Trumble J T. Host selection of *Liriomyza* species (Diptera: Agromyzidae) and associated parasitoid in adjacent plantings of tomato and celery. *Environ. Entomol.*, 1984, **13**:492~496.
- [10] Parkman J P, Dusky J A and Waddill V H. Biological studies of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on castor bean. *Environ. Entomol.*, 1989, **18**:768~772.
- [11] Deng W X, Wang Z X and Peng F Q. Studies on host plant selectivity of *Liriomyza sativae* to vegetable varieties of Leguminosae and Cucurbitaceae. *J. Huazhong Agricultural University*, 1999, **18**:317~320.
- [12] Zhang H J, Wang H J, Li J Z, *et al.* The relationship between the fitness of host plants to *Liriomyza sativae* and the structure of leaf blades. *Zoological Research*, 2001, **22**:89~92.
- [13] Chiang H S, Norris D M. Morphological and physiological parameters of soybean resistance to agromyzid beanflies. *Environ. Entomol.*, 1983, **12**:260~265.
- [14] Abdel I, Ismail K. Impact of glucosinolate in relation to leafminer, *Liriomyza brassicae* Riley (Diptera: Agromyzidae) infestation in crucifers. *J. Pest Sci.*, 1999, **74**:104~106.
- [15] Afifi M S, Ross S A, Sohly M A, *et al.* Cucurbitacins of *Cucumis prophetarum* and *Cucumis prophetarum*. *J. Chem. Ecol.*, 1999, **25**:849~859.
- [16] Ahmad M U and Huqme S K. Bitter principles of *Luffa echinata*. *Phytochemistry*, 1994, **36**:421~423.
- [17] Oberlies N H, Burgess J P, Navarro H A, *et al.* Bioactive constituents of the roots of *Licania intrapetolaris*. *J. Natural Products*, 2001, **64**:497~501.
- [18] Pohlmann J. Die cucurbitacine in *Bryonia alba* and *Bryonia dioica*. *Phytochemistry*, 1975, **14**:1587~1589.
- [19] Curtis S P and Meade A M. Cucurbitacins from Cruciferae. *Phytochemistry*, 1971, **10**:3081~3083.
- [20] Brust G E and Barbercheck. Effect of dietary cucurbitacin on southern corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) egg survival. *Environ. Entomol.*, 1992, **21**:1466~1471.
- [21] Brust G E and Foster R E. Semiochemical-based toxic baits for control of striped cucumber beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in cantaloupe. *J. Econ. Entomol.*, 1995, **88**:112~116.
- [22] Tallamy D W, Stull J, Ehresman N P, *et al.* Cucurbitacins as feeding and oviposition deterrent to insect. *Environ. Entomol.*, 1997, **26**:678~683.
- [23] Li C Y, Hou S X, Yang K, *et al.* Study on quantitative determination of cucurbitacins B in plasma by HPLC. *Chin. Pharm. J.*, 2001, **36**:557~559.

参考文献:

- [1] 陈乃中, 肖良. 蔬菜斑潜蝇的传播与危害. 植物检疫, 1995, **19**:6~9.
- [3] 康乐. 斑潜蝇的生态学与持续控制. 北京:科学出版社, 1996. 3~80.
- [4] 谭伟雄, 卓国豪. 美洲斑潜蝇的发生规律与防治方法. 中国蔬菜, 1997, **97**:27~28.
- [5] 王音, 雷仲仁, 问锦曾, 等. 美洲斑潜蝇的越冬与耐寒性研究. 植物保护学报, 2000, **27**:32~36.
- [7] 余道坚, 张润杰, 周昌清, 等. 美洲斑潜蝇寄主选择性的研究. 中山大学学报(自然科学版), 2000, **39**:86~90.
- [8] 张慧杰, 李建壮, 张丽萍, 等. 美洲斑潜蝇的寄主植物种类、适合度及其为害性的评价. 生态学报, 2000, **20**:134~138.
- [11] 邓望喜, 汪钟信, 彭发青. 美洲斑潜蝇对豆科与葫芦科主要蔬菜品种(系)的选择性研究. 华中农业大学学报, 1999, **18**:317~320.
- [12] 张慧杰, 王会金, 李建壮, 等. 不同寄主植物对美洲斑潜蝇的适合度及其与叶片结构的关系. 动物学研究, 2001, **22**:89~92.
- [23] 李超英, 侯世祥, 杨凯, 等. 血浆中葫芦素 B 的高效液相色谱测定方法研究. 中国药理学杂志, 2001, **36**:557~559.