

硫代葡萄糖苷对黄曲条跳甲寄主选择性的影响

高泽正¹, 吴伟坚¹, 崔志新²

(1 华南农业大学昆虫生态研究室, 广东 广州 510642; 2 佛山科技学院农学系, 广东 南海 528231)

摘要: 硫代葡萄糖苷是影响黄曲条跳甲寄主选择的主要原因。同一蔬菜品种的不同生长期、不同器官、不同叶位上, 硫代葡萄糖苷的含量越高, 其选择性越大, 两者呈显著相关性(相关系数分别是 0.967 4、0.903 0、0.990 9、0.796 3, $P < 0.05$), 不同品种的 6 种蔬菜中, 黄曲条跳甲基本趋向选择硫代葡萄糖苷含量较高的蔬菜, 但相关性不显著($r = 0.712 6$ 、 $0.028 7$, $P < 0.05$), 说明存在影响黄曲条跳甲寄主选择的其他因素。

关键词: 黄曲条跳甲; 硫代葡萄糖苷; 寄主选择性

中图分类号: Q968.1

文献标识码: A

十字花科植物中, 硫代葡萄糖苷(glucosinolate)(简称硫苷)是普遍存在的一组化合物, 在植物体内能被硫代葡萄糖苷酶(thioglucosidase)水解生成具有挥发性的异硫氰酸酯类化合物(芥子油), 以及葡萄糖硫酸盐等次生化合物, 它是十字花科植物用以抵御昆虫侵害的化学武器, 对大多数昆虫产生毒性, 但一些单食性、寡食性的害虫已突破这种化学防御机制, 成为其寻找寄主的信息化合物, 已证实硫苷及其水解产物对小菜蛾(*Plutella xylostella* L.)、菜粉蝶(*Pieris rapae* L.)等害虫的产卵与取食有引诱和刺激作用^[1,2]。而硫苷对黄曲条跳甲(*Phyllotreta striolata* F.)[stripped flea beetle (SFB)]的作用还鲜见报道, 本文对硫苷对黄曲条跳甲寄主选择性的影响作一些初步研究, 探讨植物与黄曲条跳甲的相互关系。

1 材料与方法

1.1 黄曲条跳甲成虫对十字花科蔬菜不同品种的选择性

供试虫源: 田间采集黄曲条跳甲成虫, 饥饿 1 d 后备用。供试蔬菜品种: 选取广州菜区常见的 6 种蔬菜, 即: 菜心(*Brassica parachinensis* Bailey)品种: 49—19 菜心; 白菜[*Brassica campestris* (L.)]品种: 矮脚黑叶白菜; 芥菜[*Brassica juncea* (L.)]品种: 香港客家芥菜; 萝卜[*Raphanus sativas* (L.)]品种: 南畔洲迟萝卜; 芥蓝(*Brassica alboglabra* Bailey)品种: 中花芥蓝; 花椰菜[*Brassica oleracea* (L.)]品种: 龙峰花椰菜。1997 年 3 月同时播种于小瓦盆内($h = 14$ cm, $d = 16$ cm), 置于玻璃网室内培育供试。试验设计: 取生长期为 20 d 的每种蔬菜各一盆(每盆种 10 株菜苗), 随

机置于(1 m×1 m×1 m)约 80 目尼龙纱网中, 接入黄曲条跳甲成虫 100 头。试验共设 5 个重复, 采用随机化完全区组设计。24 h 后分别检查每盆菜上的成虫数。另取生长期为 40 d 的上述蔬菜, 按同样的方法进行试验。试验结束后, 剪取各株菜叶片, 迅速在 105 °C 下烘干, 然后研成粉末, 参照印天寿^[3]的方法稍作改进后测定其硫苷的含量。

1.2 黄曲条跳甲对寄主不同叶位的选择性

在黄曲条跳甲发生的高峰期(广东东莞地区为每年的 10~12 月份)调查黄曲条跳甲成虫在菜心、萝卜植株不同部位叶片上的分布情况。采用 5 点调查法, 每点调查 20 株菜, 共调查 100 株, 分叶位记录跳甲成虫的数量。为描述方便, 叶位按如下方法设定: 最顶端的 2 片小叶称为心叶, 其余自上而下依次称为心叶下第 1、2、3、4、5、6 叶等。

1.3 黄曲条跳甲成虫对寄主(菜心)不同部位的选择

本试验分别于 1997 年 12 月、1998 年 9~11 月在广东省东莞市进行。按 5 点调查法进行, 每点查 10 株菜, 分别记录花、叶、茎上的跳甲成虫数。

1.4 黄曲条跳甲对寄主(菜心)不同龄期的选择

供试虫源: 田间采集黄曲条跳甲成虫, 饥饿 1 d 后供试。供试菜种: 80 天菜心, 生长期分别为 10 d(子叶期), 20 d(苗期), 30 d(移栽期), 40 d(生长期), 60 d(采收期)。试验设计: 试验于华南农业大学昆虫生态室玻璃网室内进行, 试验共设 4 重复, 采用随机化完全区组设计。接虫时在两畦的中间铺上木板, 把虫撒在木板上, 整个玻璃网室共放进成虫 400 头, 24 h 后调查各处理上跳甲成虫的数量。试验总面积为 10 m², 每处理面积为 0.5 m²。

2 结果与分析

2.1 黄曲条跳甲成虫对寄主植物的选择性

2.1.1 不同蔬菜品种硫苷含量对黄曲条跳甲成虫选择寄主的影响 结果如表 1 所示。从表 1 看,黄曲条跳甲对十字花科不同品种蔬菜具有选择性,用生

长期为 20 d 的菜苗和生长期为 40 d 的菜株进行试验,结果基本一致。黄曲条跳甲对菜心、萝卜、芥菜有较强的嗜好性,白菜次之,对芥蓝、花菜的选择性最弱。经方差分析,黄曲条跳甲在萝卜上的密度显著地高于其他,菜心、芥菜次之,再次是白菜,密度最少的是芥蓝、花椰菜。

表 1 不同品种菜苗、菜株硫苷含量与虫量的关系¹⁾ (广州, 199804)
Tab. 1 Relation between the numbers of insects and the contents of glucosinolate in the vegetables (Guangzhou)

品种 species	菜苗 seedling		菜株 plant	
	落虫量 number of adult/头	b(硫苷 glucosinolate)/(μmol·g ⁻¹)	落虫量 number of adult/头	b(硫苷 glucosinolate)/(μmol·g ⁻¹)
菜心 flowering cabbage	6.8±1.64b	11.14	7.6±1.67a	7.83
芥菜 mustard	5.4±2.30bc	10.25	5.0±2.35ab	10.56
萝卜 turnip	10.3±1.64a	11.47	8.2±5.17a	10.03
白菜 chinese cabbage	3.6±1.52cd	10.73	2.0±1.58b	9.37
芥蓝 chinese kale	1.2±1.10d	9.60	2.0±1.23b	8.61
花椰菜 cauliflower	2.2±2.30d	7.28		

1) 表中数据均为 5 次重复的平均值; 同列中有相同小写字母者表示在 0.05 水平上差异不显著 (DM RT)

与已测定的结果进行比较,结果表明硫苷含量高的,黄曲条跳甲成虫密度相对较高,但也发现芥蓝中硫苷的含量较高,但其密度较低,这可能是存在影响黄曲条跳甲选择的其他因素。对不同品种上的黄曲条跳甲成虫密度与硫苷含量的相关分析,菜苗(20 d)时 $r=0.712\ 7$,菜株(40 d) $r=0.028\ 67$, P 均 >0.05 , 相关关系不显著。

2.1.2 蔬菜不同叶位硫苷含量对黄曲条跳甲选择性的影响 为了探讨黄曲条跳甲成虫在寄主植物上垂直分布的机制,选取黄曲条跳甲比较偏嗜的品种菜心,调查黄曲条跳甲成虫在植株上不同叶位的分布情况,并与相应的硫苷含量的测定结果相比较,结果如表 2。

表 2 菜心、萝卜不同叶位上黄曲条跳甲的垂直分布¹⁾ (广州, 199805)
Tab. 2 The vertical distribution of SFB in the leaves of flowering cabbage and turnip (Guangzhou)

叶位 leaf parts	菜心 flowering cabbage		萝卜 turnip	
	落虫量 number of adult/头	b(硫苷 glucosinolate)/(μmol·g ⁻¹)	落虫量 number of adult/头	b(硫苷 glucosinolate)/(μmol·g ⁻¹)
心叶 core leaves	6.4±3.32a	11.14	8.0±2.75a	11.47
1 叶 1st leaves	3.8±1.50b	9.14	4.2±1.10b	10.76
2 叶 2nd leaves	3.2±1.10bc	5.11	3.2±1.31bc	8.38
3 叶 3rd leaves	1.2±1.14cd	3.11	2.0±1.23cd	5.63
4 叶 4th leaves	0.6±0.89de	2.63	1.4±1.53cd	3.78
5 叶 5th leaves	0.6±0.89de	2.44	0.6±0.89d	3.45
6 叶 6th leaves	0.4±0.56d	1.85		

1) 表中数据为 5 次重复的平均值; 同列中有相同小写字母者表示在 0.05 水平上差异不显著 (DM RT)

结果表明,菜心不同的叶位上,从心叶以下,虫口密度越来越低,说明黄曲条跳甲对菜心叶位有选择性,同样的试验在萝卜等蔬菜也有类似结果,这与硫苷的测定非常吻合。经对不同叶位上黄曲条跳甲密度与硫苷含量的相关性分析,菜心的 $r=0.967\ 4$, $P<0.01$; 萝卜的 $r=0.903$, $P<0.05$, 均达到显著水平。

2.2 黄曲条跳甲对植物不同器官的选择性

黄曲条跳甲对植株不同器官的选择,结果是花、叶、茎的平均落虫量分别为 11.2 ± 4.42 、 3.8 ± 1.49 、 1.4 ± 1.68 头,硫苷含量分别为 14.36 、 10.80 、 $8.73\ \mu\text{mol/g}$ 。植物不同器官的黄曲条跳甲密度及其硫苷含量都是:花 $>$ 叶 $>$ 茎。经对不同器官与硫苷含量的相关性分析, $r=0.990\ 9$, $P<0.01$, 相关关系极显著。

2.3 黄曲条跳甲对不同菜龄蔬菜的选择

用 80 天菜心的子叶期、苗期、移栽期、生长期、收获期各龄菜在玻璃网室进行随机化完全区组选择性试验, 并测定各菜龄菜中的硫苷的含量. 结果如表 3 所示: 落虫量最多的是收获期的花, 其次是移栽期, 子叶期的落虫量也较大, 并且呈前期较少, 后期逐渐

增多的趋势. 与测定的硫苷含量相比较, 也基本反映了黄曲条跳甲在不同菜龄上的选择结果: 含量高的具有较大的吸引作用, 反之亦然. 对不同龄期的硫苷含量与成虫密度的相关性分析, 相关关系显著 ($r=0.7963, P<0.05$).

表 3 黄曲条跳甲对不同菜龄蔬菜的选择						(广州, 199901)
Tab. 3 Relation between the slection of SFB and the stages of flowering cabbage						(Guangzhou)
80 天 菜 心 不 同 龄 期 虫 量						
调查日期 date	numbers of adult in the stages of flowering cabbage/(头 $\cdot$ m $^{-2}$)					
	子叶期 cotyledon (10 d)	苗期 seedling (20 d)	移栽期 transplant (20 d)	生长期 growth (40 d)	收获期 (65 d) harvest	
					叶 leaf	花 flower
16	2.0	3.5	3.5	2.0	1.0	6.5
17	0.5	2.5	4.5	4.5	0.5	3.0
18	1.5	2.0	10.5	2.5	1.5	8.5
19	3.0	2.5	7.5	3.5	2.0	11.5
20	8.5	3.5	8.0	7.0	2.0	6.5
21	10.5	5.0	7.0	4.5	1.0	5.0
22	14.5	5.0	4.0	3.0	0.5	3.5
23	5.0	3.5	1.0	0.0	2.0	2.0
Σ	45.5	27.5	46.0	27.0	10.5	47.5
b(硫苷 glucosinolate) /(μ mol $\cdot$ g $^{-1}$)	11.49	12.32	9.72	7.82	3.09	14.96

3 结论与讨论

植物次生物质在昆虫对于寄主选择和部位偏好的行为中起着重要的作用, 成虫对寄主植物的趋性飞行及着落行为很大程度上受植物释放的挥发性次生物质的影响^[4]. 特别是对于一些单食性或寡食性的昆虫, 这种作用更加明显, 硫代葡萄糖苷是十字花科植物特有的次生物质^[5], 是黄曲条跳甲取食十字花科植物的引诱物质^[6], 对黄曲条跳甲成虫寻找和识别寄主起到引导作用^[7], 其含量的高低是寄主植物对跳甲取食敏感度的指标^[8]. 本文研究了十字花科几种主要作物及其部位的硫苷含量对黄曲条跳甲成虫选择行为的影响, 结果表明跳甲成虫嗜好于硫苷含量比较高的萝卜、菜心等, 而不嗜好硫苷含量较低的白菜、花椰菜. 同时发现在不同器官及不同叶位上硫苷含量较高的花及嫩叶(心叶, 1、2 叶)的落虫量也相应较高. 因此认为植物次生物质(硫代葡萄糖苷)的差异是黄曲条跳甲寄主及部位选择的主要原因. 值得注意的是测定中发现芥蓝的硫苷含量较高, 但非跳甲成虫所首选, 这可能与芥蓝的次生物质结构、类型及物理结构有关, 如叶面含一层较厚的蜡质

影响植物次生物质的挥发或影响跳甲寻找识别寄主.

十字花科植物的硫代葡萄糖苷的组成及含量随植物的龄期不断变化^[9], 例如, 在芥菜生长的早期阶段, 硫代葡萄糖苷含量降低很快, 使芥菜对虫的敏感性降低^[10]. 本文测定 80 天菜心 5 个龄期的硫苷含量变化, 与相对时期的落虫量比较, 其相关关系显著, 进一步说明硫代葡萄糖苷是黄曲条跳甲寄主选择的决定因素. 这一结果对解决黄曲条跳甲防治难的问题极有帮助, 值得深入探讨.

参考文献:

[1] 喻国泉, 吴伟坚, 吴建雄, 等. 植物中硫代葡萄糖苷对小菜蛾产卵的影响[J]. 华南农业大学学报, 1998, 19 (2): 13—19.

[2] REWWICH J A, RADLE C D. Chemical recognition of host plants for oviposition by the cabbage butterfly *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae) [J]. Environ Entomol, 1983, 12: 446—450.

[3] 印天寿. 油菜籽硫代葡萄糖苷速测技术的研究 II. 酸解法的硫酸钡浊度分析法[J]. 中国油料, 1985 (4): 64—66.

[4] DETHIER V G. Mechanisms of host-plant recognition [J] . Entomol Exp Appl, 1982, 31: 47—56.

[5] 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. 31—60.

[6] FEENY P, PAAUNK K L, DEMONY N J. Flea Beetles and mustard oils: host plant specificity of *Phyllotreta cruciferae* and *P. striolata* Adults (Coleoptera: chrysomelidae) [J] . Ann Ent Soc Am, 1970, 63(3): 841—847.

[7] HICKS K L. Mustard oil glucosides: feeding stimulants for adult cabbage flea beetles, *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera: Chrysomelidae)[J] . Ann Ent Soc Am, 1974, 67: 261—264.

[8] LAMB R J. Susceptibility of low- and high-glucosinolate oilseed rapeseeds to damage by flea beetles *Phyllotreta* spp (Coleoptera: Chrysomelidae)[J] . Can Ent, 1988, 120(2): 195—196.

[9] CLOSSAIS-BESNARD N, LARHER F. Physiological role of glucosinolates in *Brassica napus* concentration and distribution pattern of glucosinolates among plant organs during a complete life cycle [J] . J Sci Food Agric, 1991, 56: 25—38.

[10] BODNARYK R P. Development profile of sinalbin (*P*-hydroxybenzyl glucosinolate) in mustard seedlings. *Sinapis alba* and its relationship to insect resistance[J] . J Chem Ecol, 1991, 17: 1 543—1 556.

Effect of Glucosinolates of Host Vegetables on Preference of Stripped Flea Beetle

GAO Ze-zheng¹, WU Wei-jian¹, CUI Zhi-xin²
(1 Lab. of Insect Ecology, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China;
2 Fushan Science and Technology College, Nanhai 528231, China)

Abstract: The glucosinolates in vegetables were the main causes that infected the stripped flea beetles (SFB), *Phyllotreta striolata* (Fabricius), feeding on the host-plants. The preference of SFB in the different growth times, organic and leaf location of the same host-plant was studied. It showed that the SFB adults preferred the plants with high content of glucosinolates. The relationships between the density of the SFB adults and the content of glucosinolates were highly significant ($r=0.967\ 4, 0.903\ 0, 0.990\ 9, 0.796\ 3, P<0.05$). It showed that there were other factors affecting the preference of SFB.

Key words: the stripped flea beetle; glucosinolate; preference of host-plant

【责任编辑 周志红】

(上接第 10 页)

Effects of Tillage Methods on Scattered-Transplanting Rice Growth and Nitrogen Use Efficiency

LU Wei-sheng¹, LI Hua-xing¹, LIU Yuan-jin¹, CHEN Xi-chong²
(1 College of Resource and Environmental Science, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China;
2 Scientific and Technical Bureau of Zhongshan, Zhongshan 528036, China)

Abstract: Effects of different tillage methods on rice growth and nitrogen use efficiency were studied in a potted experiment using ¹⁵N. The results showed that compared with the conventional tillage, with scattered-transplanting, the rice yield decreased by 32.6% and nitrogen use efficiency decreased by 15.6% in no-tillage. However, minimum tillage and conventional tillage had the similar rice yield and nitrogen use efficiency.

Key words: scattered-transplanting rice; yield; nitrogen use efficiency; tillage methods; ¹⁵N trace

【责任编辑 周志红】