

草地螟对寄主植物的选择性及其化学生态机制

尹 姣,曹雅忠*,罗礼智,胡 毅

(中国农业科学院植物保护研究所 植物病虫害生物学国家重点实验室,北京 100094)

摘要:田间自然条件下,草地螟成虫产卵对不同植物具有明显的选择性,其中灰菜上落卵量最多,占调查总卵量的 50%以上;甜菜、大豆上次之,玉米和马铃薯上最少。在室内条件下,草地螟成虫产卵对灰菜、大豆、玉米和马铃薯的选择性与田间调查结果完全吻合。而且,草地螟幼虫的嗜食性与成虫产卵对寄主的选择性是一致的。吸附、收集上述植物的挥发物后进行 GC-MS 测定,并利用风洞进行了生测。其中灰菜和大豆的主要挥发物成分为反-2-己烯醛、青叶醇、青叶酯、1-十八烯等;玉米和马铃薯的挥发性成分包括青叶酯、芳樟醇、香叶醇、紫罗酮、1-十八烯。生测结果表明,灰菜的挥发物对草地螟雌蛾引诱力最大,选择系数为 78%;大豆苗挥发物对其也有较高的诱虫活性;但玉米和马铃薯几乎无引诱作用。自然生长的 4 种植物的诱虫结果与其挥发物的诱虫结果相似。这些生测结果与成虫和幼虫选择寄主的一致性反映了草地螟选择寄主行为的化学机制。

关键词:草地螟;寄主植物;选择性;挥发物;风洞

文章编号:1000-0933(2005)08-1844-09 中图分类号:Q968.1 文献标识码:A

Oviposition preference of the meadow moth, *Loxostege sticticalis* L., on different host plants and its chemical mechanism

YIN Jiao, CAO Ya-Zhong*, LUO Li-Zhi, HU Yi (State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(8): 1844~1852.

Abstract: The meadow moth, *Loxostege sticticalis* L. (Lepidoptera: Pyralidae) is an important polyphagous pest in the northern China. The oviposition preference of *L. sticticalis* on different host plants and its chemical basis were studied in the field and laboratory. Different wild host species were identified in fields of soybean, sugar beet, corn and potato in Hebei province, and the number of eggs laid on each plant species was counted. More than 50% of the eggs counted on all host plants were found on the common weed lambsquarters, *Chenopodium album* L. (Chenopodiaceae). Significantly fewer eggs were found on soybean and sugar beet, and only a few eggs were found on corn and potato. Choice-tests in the laboratory were conducted with both adults and larvae using three crop species (soybean, corn and potato) with or without the weed lambsquarters. Results from the laboratory were consistent with that from the field, with the highest proportion of eggs laid on lambsquarters (>50%) compared to soybean, corn or potato. Third, fourth and fifth instar larvae preferred to feed on soybean foliage compared to potato or corn; however, larvae fed only on lambsquarters when it was added into a cage with the three crop species. The oviposition preference on different host plants by *L. sticticalis* adults was positively correlated with the feeding preference by the larvae. Headspace volatiles of lambsquarters and soybean collected on Tenax were attractive to *L. sticticalis* females in wind tunnel tests, with preference indices for each species 78% and 38%, respectively. However, volatiles from corn and potato plants did not act as attractants. The chemical compositions of the volatiles collected from different host plants were analyzed using GC-MS. Relatively large amounts of E-2-hexenal and Z-3-hexen-1-ol were found in the volatiles

基金项目:国家科技基础条件平台工作重点资助项目(2003DIA6N004);国家科技攻关计划资助项目(2004BA509B18)

收稿日期:2004-03-26;**修订日期:**2004-11-20

作者简介:尹姣(1976~),女,河北石家庄人,助理研究员,主要从事昆虫行为学研究. E-mail: jyin@ippcaas.cn

* **通讯作者** Author for correspondence. E-mail: yazhongcao@sina.com.cn

Foundation item: Supported by National Academic Institutional Commonweal Research Programs (No. 2003DIA6N004) and National Key Technologies Project (No. 2004BA509B18)

Received date: 2004-03-26; **Accepted date:** 2004-11-20

Biography: YIN Jiao, Assistant professor, mainly engaged in insect behavior. E-mail: jyin@ippcaas.cn

from the preferred hosts lambsquarters and soybean, while the same compounds were found in much smaller quantities in corn and potato. Linalool, E-3,7-dimethyl-2,6-octadien-1-ol and β -ionone were identified in the headspace volatiles of corn and potato plants but not lambsquarters or soybean plants. These results suggest that volatiles may play an important role in the oviposition preference of *L. sticticalis*, and possibly in the feeding preference of larvae as well.

Key words: *Loxostege sticticalis*; host plants; oviposition preference; volatiles; wind tunnel

在自然界中,植食性昆虫与植物的长期协同进化,导致植食性昆虫形成了特定的寄主植物范围,因而能够在一生中的某个或某几个虫期在适宜的寄主植物上产卵或取食,其对产卵寄主植物的选择性是其与寄主建立关系和种群繁衍的关键。而昆虫之所以在生态环境中特别选择某些植物资源,原因之一是这些植物存在能够激发昆虫选择取食和产卵等活动的挥发性指示化合物,即它感信息化合物。

草地螟 *Loxostege sticticalis* L. 是在我国东北、华北和西北地区严重发生的多食性害虫之一,可严重为害大豆、甜菜、苜蓿、向日葵等作物及牧草,对农牧业生产造成了很大威胁。草地螟在具有广泛的寄主植物范围的同时对其产卵寄主植物又有一定的选择性,这在其生物学研究中已有记载^[1~3];但是其产卵选择性与幼虫嗜食性是否一致、其原因和选择机制如何尚无研究报道。另外,草地螟具有周期性大发生的现象,在我国已有 3 次暴发为害的实况^[4],寄主植物是影响植食性昆虫种群动态的主要环境因素之一^[5~7]。明确草地螟对寄主植物的选择性不仅是解析草地螟与寄主植物之间的关系、全面认识其发生为害规律的基础性工作,而且对于探索控制草地螟新途径和指导防治具有重要意义。因此,根据草地螟的生物学特性,田间和室内相结合,开展了草地螟成虫产卵的选择性、幼虫取食的嗜食性、选择性的化学生态及行为机制等重要问题的系统研究。

1 材料和方法

该项研究将草地螟成虫对产卵寄主的选择性和幼虫取食的嗜食性统一考虑,观测对其寄主植物的选择性;在此基础上,测定分析草地螟不同寄主植物的挥发性化合物成分及其对挥发物的行为反应等。

1.1 虫源及饲养条件

虫源来自张家口市郊采集的越冬代蛹,经室内饲养繁殖后作为试验材料。羽化后的草地螟成虫用 5% 的葡萄糖水饲养;卵孵化后幼虫用灰绿藜(*Chenopodium album* L. 俗名灰菜,以下简称灰菜)饲养。成虫和幼虫的饲养条件为 22±1℃, L16:D8,RH 70%~80%。

1.2 成虫产卵选择性测定

采用田间调查和室内观测相结合的方法,即分别在草地螟常发区调查成虫在自然条件下对不同寄主植物的产卵选择性和室内条件下对目标寄主的产卵选择性。

(1)田间调查 成虫产卵选择性的田间调查在草地螟发生严重的张家口市郊农田进行。选择草地螟越冬代成虫的产卵期,调查大豆(*Glycine max* L.)、玉米(*Zea mays* L.)、马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)等不同作物以及田内各种杂草;每种作物田五点取样,每点大约调查 1m²,对不同的寄主作物和杂草分别记录其落卵株率、植株落卵量和植株不同部位的卵量分布。

(2)室内测定 将已产卵的草地螟成虫(10 头)放入 5 面均为透明玻璃的木箱(35cm×35cm×70cm)中,木箱中放置灰菜、大豆、玉米、马铃薯 4 种植物,同时内置 5% 的葡萄糖水,每日更换 1 次。共设 12 组重复,3d 后检查不同寄主植物上的落卵量^[8],计算不同植物上的卵量比例。

1.3 幼虫取食选择性的测定

根据草地螟幼虫在 3 龄以后进行转移取食的特性,将幼虫取食选择性的试验确定在 3 龄以后的龄期进行,即选择大小一致的 3 龄、4 龄和 5 龄幼虫分别测定,各设 25 次重复。将田间种植的 4 种寄主植物(灰菜、大豆、马铃薯、玉米)幼苗从基部剪断,日本 A & D 公司的 ER182 电子分析天平称重;称重后 4 种植物均插入装满水的玻璃瓶(65cm²×13cm)中(保鲜作用),瓶口塞——泡沫塞子,寄主植物从中穿出,避免幼虫与水接触;瓶口上方置一塑料罩,以防止幼虫逃脱测定幼虫取食量。在相同的条件下,测定幼虫对 3 种寄主植物的取食选择性。为了减少因为吸水而发生的重量变化,在实验的同时,设置未接幼虫的寄主植物作为对照,对照设 5 个重复;并根据陈志辉的方法^[9]计算出校正取食量。不同处理间的实验数据主要用 SAS 方差分析统计确定其差异显著性,再用 Duncan 多重比较法测定其差异显著性。

1.4 植物挥发物及其生物活性的测定

1.4.1 挥发物结构的鉴定 植物挥发物提取的具体方法参照丁红建的有关提取方法^[10]略加改进而成。

将抽提获得的挥发物采用惠普 95GC-MS 气质联用仪测定。所用的色谱柱长度为 30mm,内径为 0.25mm,滤膜为 0.25μm 的毛细柱,载气为 N₂,流速为 3m/s,注射量 5~10μL,无分流注射进样,注射压力 9.4psi。然后再根据不同的植物选择不同的程序升温速率。

灰菜苗的升温程序为:注射温度 30℃,5℃/min 至 110℃,保持 2min,10℃/min 至 230℃,保持 5min;大豆苗的升温程序为:注射温度 30℃,4℃/min 至 150℃,保持 2min,10℃/min 至 200℃,保持 5min;玉米苗的升温程序为:注射温度 30℃,保持 2min,5℃/min 至 170℃,保持 5min;马铃薯苗的升温程序为:注射温度 30℃,保持 2min,5℃/min 至 230℃,保持 5min。

1.4.2 挥发物生物活性的测定 本实验利用风洞观察草地螟对于不同植物及其提取化合物的反应。通过预备实验得知在风速为 0.10~0.45m/s 之间时,测试昆虫逆风飞行的反应率可以达到 70%左右,而在两者之间的风速条件下,其飞行反应率更高。因此,确定挥发物生物活性测定的实验风速为 0.2~0.4m/s。根据草地螟的生活规律及习性,确定的试虫为产卵高峰日(6~8 日龄)的雌蛾;测试实验时间为 17:00~23:00 日常产卵时间。生物活性或成虫趋性的观测分为不同植物的挥发物和自然生长的寄主植物两种处理;对照采用滴加正己烷或乙醚的滤纸条(1cm×5cm),闭灯后用蒙红纱的手电筒照亮检查在 30min 内飞向寄主植物和对照的雌蛾数,计算分析其诱集力、反应率和选择系数,其方法参照丁红建和 Tingle 等的有关方法^[11,12]。

2 结果与分析

2.1 草地螟成虫产卵寄主的选择性

2.1.1 在田间不同植物上的卵量分布 田间调查结果表明,草地螟成虫具有明显的产卵选择性,在不同作物田中各种植物上的产卵量不同(图 1)。在甜菜田和大豆田,草地螟在寄主作物上的落卵株率达到 50%以上,而且产卵的杂草种类也较多;但在玉米和马铃薯田则相反,作物和杂草上的落卵株率都很低(几乎查不到卵)。无论在何种作物田中,在灰菜上面的落卵株基本是最高的,其中在甜菜和玉米田中几乎达到 90%。

在 4 种作物田单株植物上的平均落卵量亦明显反映了上述结果(图 2)。大豆和甜菜田中,各种不同的植物上均有一定的卵量,但灰菜上的平均落卵量最大;玉米和马铃薯作物田中平均每株落卵量不仅比大豆和甜菜作物田少,并且分布很不均匀,只在少数植物上面产卵。

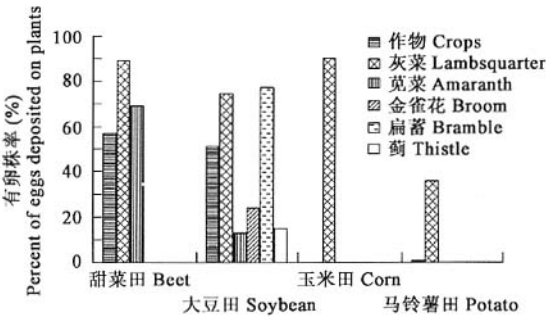


图 1 草地螟田间不同植物上落卵株率

Fig. 1 Oviposition rate of meadow moth on various crops in an the field

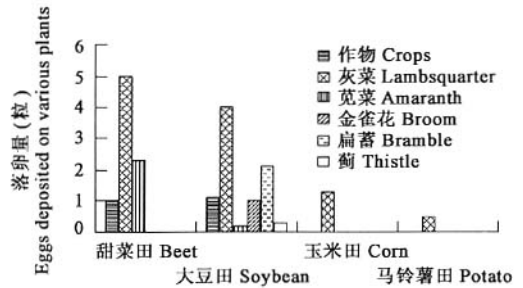


图 2 草地螟在不同植物上的平均落卵量

Fig. 2 Number of eggs laid by meadow moth on various plants

2.1.2 在田间植物不同部位的卵量分布 通过田间调查发现,在同一植株的不同部位的落卵量存在明显差异(图 3)。无论在何种寄主植物上面,草地螟大多喜欢将卵产在叶片背面,其中在灰菜、苋菜、甜菜和薊的叶背卵量几乎都达到全部卵量的 80%以上;在叶片正面产卵较少,而在叶柄上最多的仅占 5%以下。就植株的上、中、下部而言(图 4),调查的 5 种植物均是在植株下层的叶片上产卵最多,上层次之,中层最少。

2.1.3 在室内对产卵寄主的选择性 室内对 4 种植物的产卵选择性观测结果如图 5 所示。草地螟成虫在灰菜上面所产的卵量占 4 种植物上总卵量的 50%以上,极显著地高于在其余 3 种作物上的产卵量($p < 0.01$);在大豆上的产卵量也极显著高于玉米和马铃薯的落卵量。而在玉米和马铃薯 2 种作物之间无明显差异($p > 0.05$)。这与田间调查结果是一致的,说明草地螟成虫产卵对寄主植物具有明显的选择性,且对灰菜最为嗜好。

2.2 草地螟幼虫对寄主植物取食的选择性

根据草地螟成虫产卵对寄主植物选择性的试验结果以及相关试验的可比性,幼虫取食选择性的试验植物仍确定为灰菜、大豆、玉米、马铃薯。草地螟幼虫对 3 种作物的选择性的观测结果(表 1)表明,幼虫对试验植物的取食存在显著地差异。草地螟幼虫对 3 种农作物虽均有一定的取食,但对大豆苗的选择和嗜食程度显著大于对其它 2 种植物的取食量($p < 0.05$),其 3、4 和 5 龄期的幼虫对大豆的取食量分别占其龄期总取食量的 88.97%、78.86%和 56.73%。幼虫取食马铃薯苗的量也显著大于取食玉米的量($p < 0.05$),仅 5 龄幼虫才对玉米有一定的取食,达到取食总量的 15%。由试验结果还发现,随着虫龄(食量)的增加,草地螟幼虫对寄主植物的选择性有所减弱。即取食玉米、马铃薯苗的量占取食总量的百分率增加。上述结果表明亦草地螟幼虫的嗜食性与成虫对产卵寄主的选择性是一致的。

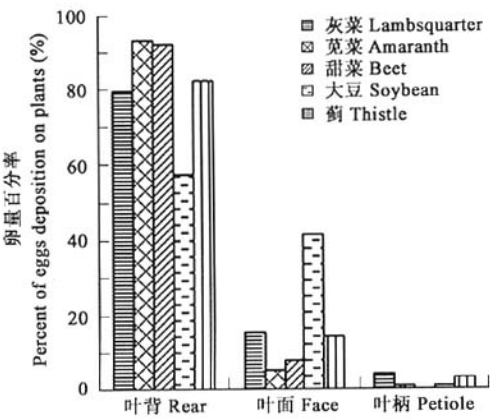


图 3 草地螟在植物叶片不同部位的产卵分布
Fig. 3 Distribution of eggs deposited on the leafage of plants

但是,在灰菜存在的情况下,草地螟幼虫对灰菜的选择性是绝对的,根本不吃另外 3 种作物(表 2)。草地螟幼虫在所观测的全部龄期(3 龄、4 龄和 5 龄)均仅仅选择取食灰菜,说明幼虫对灰菜的嗜好并非是一种短暂的行为,而是一种长期进化所形成的选择食物的特性。

2.3 寄主植物挥发性化合物的测定及分析

利用 GC-MS 对上述 4 种植物进行测试共获得 34 种不同的挥发性化合物(图 6~图 9)。共含有 9 种酯、4 种烷烃,6 种酮、6 种烯烃、3 种醛、4 种醇、1 种苯并噻唑、1 种酸。其中顺-3-己烯基乙酸酯(青叶酯)和 1-十八烯是 4 种植物共有的主要成分,但是灰菜和大豆挥发物中含有大量的反-2-己烯醛和顺-3-己烯醇,玉米和马铃薯挥发物中的含量相对较少,而且玉米和马铃薯苗中均含有且灰菜和大豆中并未存在的芳樟醇、香叶醇以及紫罗酮。

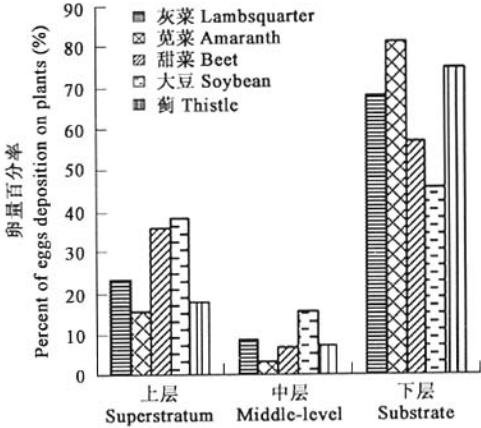


图 4 草地螟在植株不同部位的产卵分布
Fig. 4 Distribution of eggs deposited on the plants

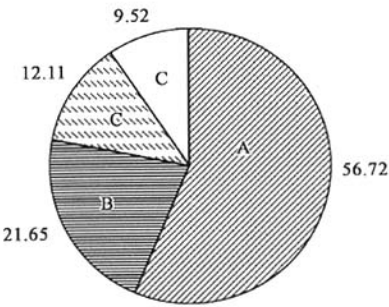


图 5 草地螟在不同植物上的落卵率
Fig. 5 Percent of eggs oviposited by meadow moth on various plant
图中具有不同字母的为 Duncan 氏多重比较差异显著 ($p<0.05$)
Different letters in the fig are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$)

表 1 草地螟幼虫对 3 种作物的取食量

Table 1 Weight of three host plants fed by larvae of meadow moth				
幼虫龄期 Larval instar	测试虫数(头) Num. of larvae tested	取食大豆量(mg) /头 Weight of soybean feed	取食马铃薯量(mg) /头 Weight of potato feed	玉米取食量(mg) /头 Weight of corn feed
3 龄 Third instar	23	105.0±35.1 (88.97%) ^a	10.8±11.2 (9.18%) ^b	2.2±3.1 (1.85%) ^b
4 龄 Fourth instar	25	233.0±114.5 (78.86%) ^a	59.2±31.8 (20.03%) ^b	3.3±2.4 (1.12%) ^c
5 龄 Fifth instar	23	191.3±43.4 (56.73%) ^a	95.3±33.5 (28.27%) ^b	50.6±23.3 (15.00%) ^c

表中数据为平均数±标准差,括号中为所占百分率,同一行中不同字母表示(Duncan 氏多重比较)差异显著($p\leq0.05$) The data in the table are mean ± SE and those followed log different letters indicated significant difference ($p\leq0.05$; Duncan's multiple range test)

表 2 草地螟幼虫对 4 种植物取食的选择性

Table 2 Food preferences of larvae of meadow moth among four host plants					
幼虫龄期 Larval instar	测试幼虫数 Num. of larvae tested	取食灰菜量(mg /头) Weight of lambsquarter fed	取食大豆量(mg /头) Weight of soybean fed	取食马铃薯量(mg/头) Weight of potato fed	取食玉米量(mg /头) Weight of corn fed
3 龄 Third instar	25	108.96±30.24	0	0	0
4 龄 Fourth instar	23	296.45±23.61	0	0	0
5 龄 Fifth instar	23	474.32±52.33	0	0	0

表中数据为平均数±标准差 The data in the table are mean ± SD

2.4 风洞生测结果

2.4.1 自然寄主植物对草地螟雌蛾的诱集作用 利用风洞观测了 4 种自然生长的植物对草地螟雌蛾的诱集作用,其诱集效果

存在显著差异(表 3)。其中,灰菜对雌蛾的诱集力最强为 95%,选择系数为 90%;大豆的诱虫活性和选择系数也较强,诱集力达到 88%;但是,玉米和马铃薯苗对草地螟几乎没有诱集作用,这与成虫对产卵寄主植物的选择和幼虫嗜食性的结果是一致的。

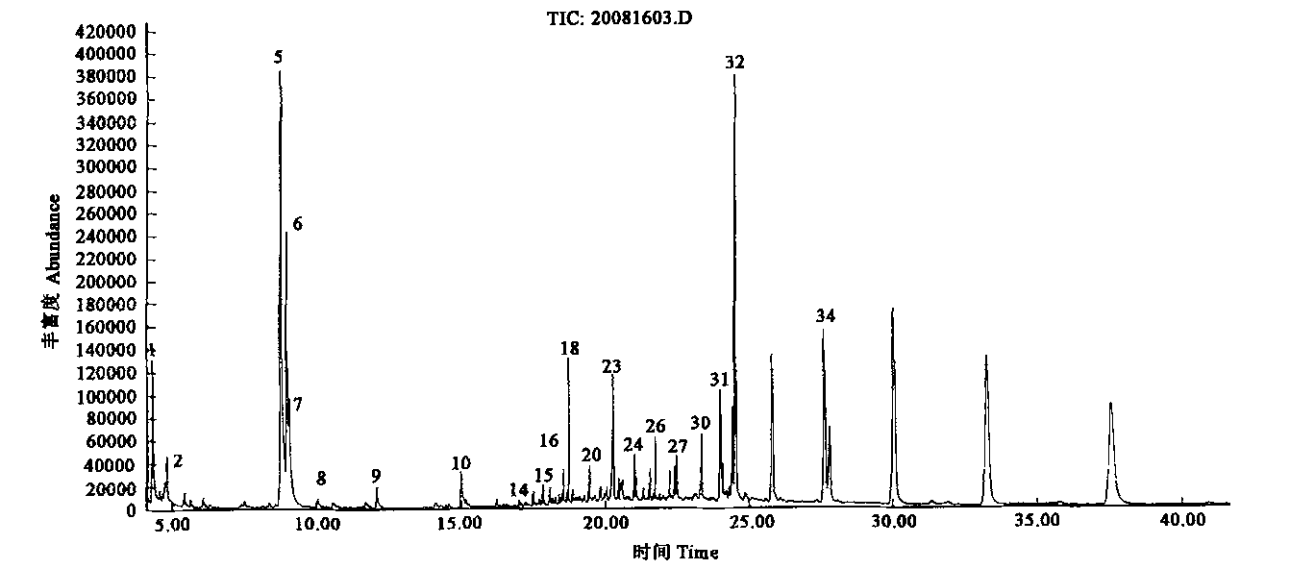


图 6 灰菜挥发物的 TIC 图
Fig. 6 TIC of volatiles from lambsquarter

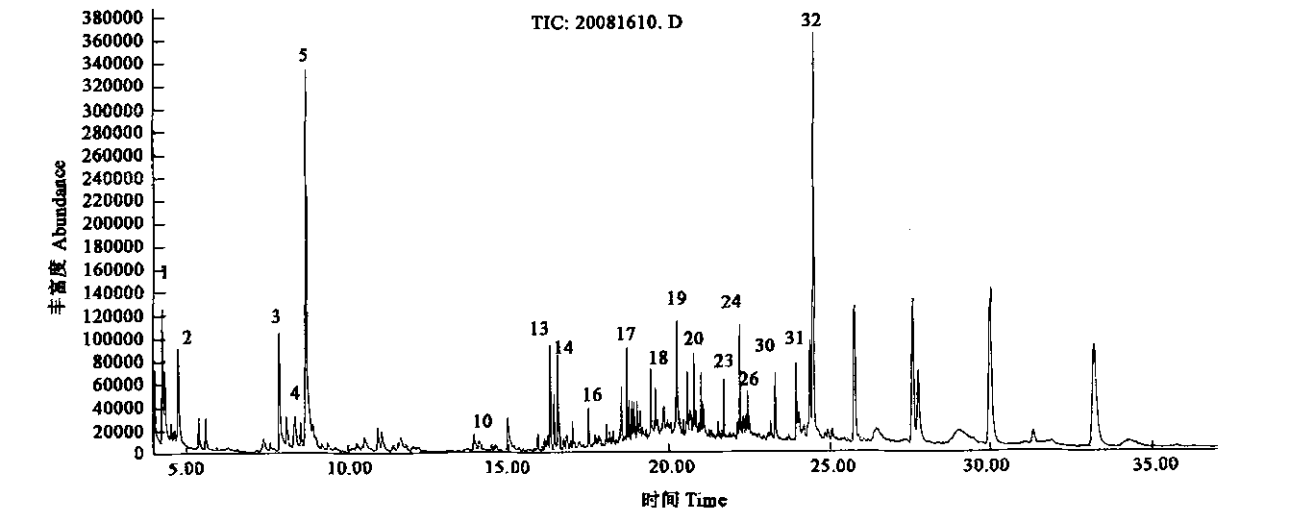


图 7 大豆挥发物的 TIC 图
Fig. 7 TIC of volatiles from bean

表 3 不同寄主植物对草地螟雌蛾的诱集作用					
Table 3 Attraction of females of meadow moth to different hosts					
寄主植物 Host plant	雌蛾总数(头) Num. of females total	植株上虫数(头) Num. of females on host	对照物上虫数(头) Num. of females on CK	诱集力(%) Percent of attraction	选择系数(%) Select index
灰菜 Lambsquarter	96	73	4	95	90
大豆 Soybean	90	54	7	88	77
玉米 Corn	112	21	18	54	8
马铃薯 Potato	80	23	29	44	-7.5

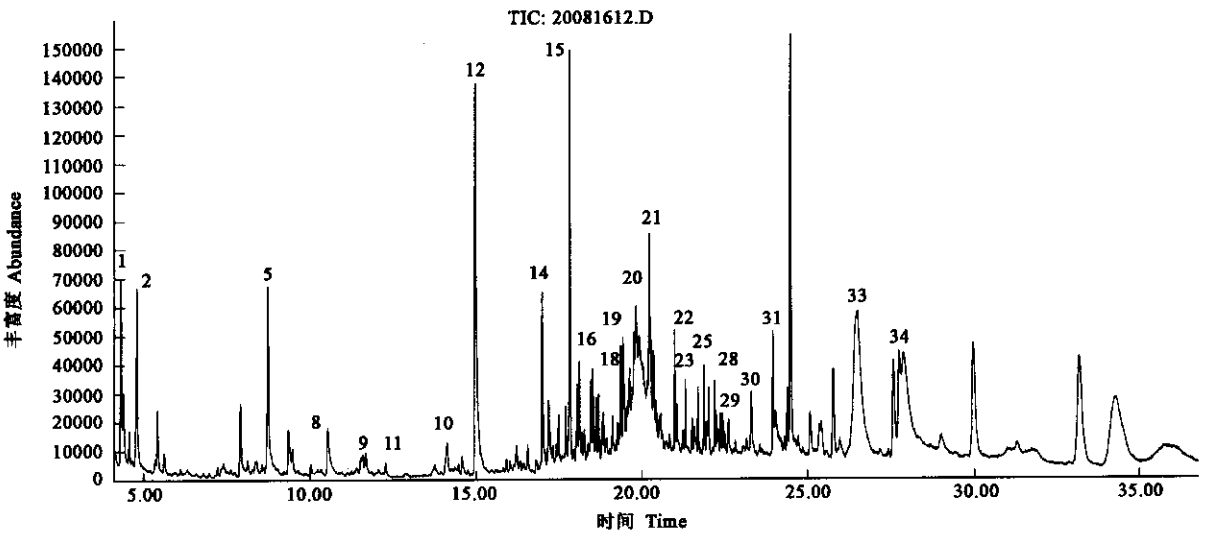


图 8 马铃薯挥发物的 TIC 图
Fig. 8 TIC of volatile from potato

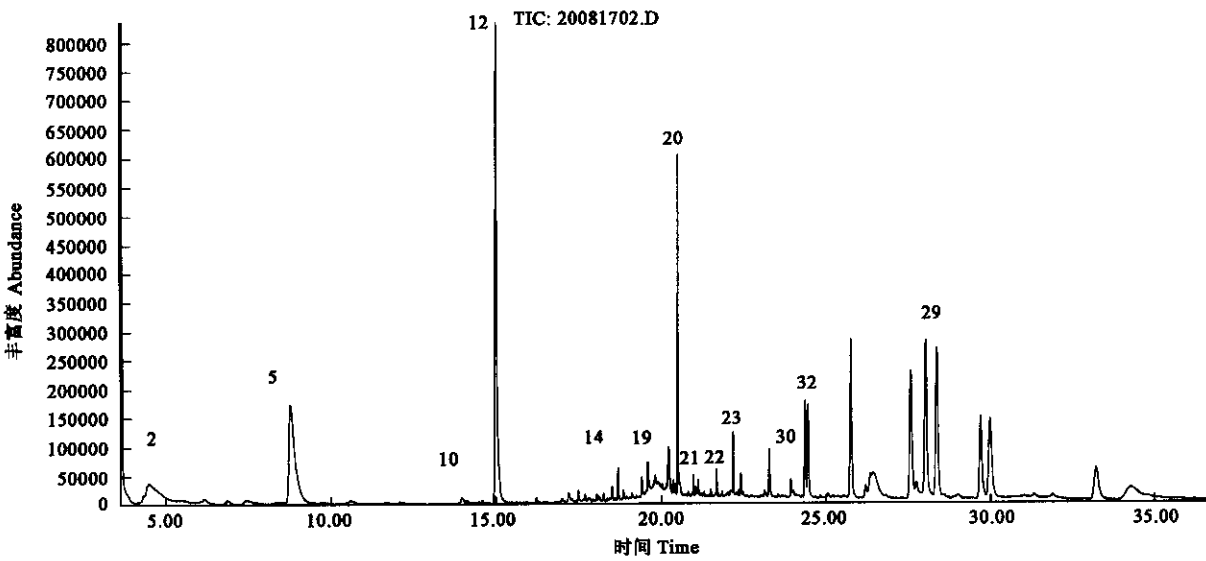


图 9 玉米挥发物的 TIC 图
Fig. 9 TIC of volatiles from corn

1. 反-2-己烯醛 E-2-Hexenal; 2. 顺-3-己烯醇(青叶醇) Z-3-Hexen-1-ol; 3. 1-辛烯-3-醇 1-Octen-3-ol; 4. 3-辛酮 3-Octanone; 5. 顺-3-己烯基乙酸酯(青叶酯) Z-3-Hexen-1-ol, acetate; 6. 乙酸己酯 Hexyl acetate; 7. 2-己酰醋酸酯 2-Hexen-1-ol, acetate; 8. 顺-β-罗勒烯 Z-1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-; 9. 苯乙醛 phenylacetaldehyde; 10. 水杨酸甲酯 methyl salicylate; 11. 壬醛 Nonanal; 12. 苯并噻唑 Benzothiazole; 13. 4-异丙基-1,3-环己二酮 4-Isopropyl- 1,3-cyclohexanedione; 14. 十四烷 Teradecane; 15. 石竹烯 Caryophyllene; 16. 6,10-二甲基,反-5,9-十一碳二烯-2-酮 E-5,9-Undecaden-2-one, 6,10-dimethyl-; 17. 2,6-二叔丁基-2,5-环己二烯-1,4-二酮 2,5-Cyclohexadiene-1,4-dione, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-; 18. α-法尼烯 α-Farnesene; 19. 十五烷 Pentadecane; 20. 十六烷 Hexadecane; 21. 芳樟醇(里那醇) Linalool; 22. 香叶醇 E-3,7-dimethyl-2,6-octadien-1-ol; 23. 十七烷 Heptadecane; 24. 4-苯甲基苯乙酮 (4-Acetylphenyl) phenylmethane; 25. α-葎草烯 α-humulene; 26. β-紫罗酮 β-Ionone; 27. 棕榈酸甲酯 Hexadecanoic acid, methyl ester; 28. 棕榈酸乙酯 Hexadecanoic acid, ethyl ester; 29. 棕榈酸异丙酯 Isopropyl Palmitate; 30. 亚油酸乙酯 Linoleic acid ethyl ester; 31. 顺,顺,顺-9,12,15-十八三烯酸乙酯 Z,Z,Z - 9,12,15 - Octadecatrienoic acid, ethyl ester; 32. 1-十八烯 1-Octadecene; 33. 1-菲羧酸 1-Phenanthrenecarboxylic acid; 34. 反-5-二十烯 E-5-Eicosene

2.4.2 寄主植物挥发物对草地螟雌蛾的诱集作用 由上述 4 种植物挥发物的生物活性测试结果可以看出,灰菜、大豆的挥发物具有相当强的诱集力,而玉米和马铃薯几乎没有诱集作用(表 4);这一结果与自然生长植物的诱集效果是一致的。表明灰菜、大豆挥发性化学物质是诱集草地螟成虫的主要作用因素。

表 4 不同寄主植物挥发物对草地螟雌蛾的诱集作用
Table 4 Attraction of females to volatiles of different hosts

寄主植物挥发物 Volatiles of host plant	雌蛾总数(头) Num. of females total	处理上虫数(头) Num. of females on disposal	对照物虫数(头) Num. of females on CK	诱集力(%) Percent of attraction	选择系数(%) Select index
灰菜挥发物 Volatiles of lambsquarter	150	89	11	85	78
大豆挥发物 Volatiles of soybean	164	80	36	69	38
马铃薯苗挥发物 Volatiles of potato	132	42	40	51	2
玉米挥发物 Volatiles of corn	151	46	53	46	-4.6

3 讨论

自然界中,多数植食性昆虫产卵和取食对其寄主植物都表现出不同程度的选择性,其选择性不仅表现为选择一定的植物种类,而且选择植株上的特定部位或器官。如玉米螟雌蛾喜欢在玉米上产卵,但同是处在心叶期的玉米,播期早的及植株较高的田块则更具吸引力^[13]。棉铃虫卵和幼虫在寄主植株的不同部位分布量也不相同^[14~16]。田间调查和室内观测结果均表明,草地螟成虫产卵对不同植物具有明显地选择性,灰菜是其产卵最嗜好的寄主植物,大豆为适宜寄主,玉米和马铃薯是草地螟产卵不适宜寄主。而且,幼虫取食的嗜好性与成虫产卵对寄主植物的选择性完全一致这充分说明草地螟对寄主的选择性是其在与寄主植物长期协同进化中所形成的特定关系及行为特性。

草地螟成虫较喜欢将卵产在植株下部的叶片背面,占总卵量的 50% 以上。这可能是与草地螟多发生在干旱的地区,而其喜欢相对较湿润的环境条件有关;在植株的下部及叶片背面比植株上部以及叶片正面则湿度较高,可以为草地螟卵及幼虫在干旱的环境下提供较为湿润的生境,有利于卵的孵化和低龄幼虫的存活。同时,将卵产在植株较小的杂草以及农作物植株下部和叶片的背面也是与草地螟喜凉的习性有关。这也是草地螟在长期的进化过程中形成的一种生态对策。

研究还表明,草地螟对寄主的选择性受环境条件的影响而发生一定变化。例如:灰菜与测试作物共存时,灰菜是幼虫唯一选择取食的植物;但没有灰菜的情况下,草地螟幼虫对 3 种农作物均有一定的取食,而且随着虫龄增长和食量增加其嗜食程度有所下降。即所嗜好的寄主植物数量不足或在虫口密度较大时,适当减弱对寄主植物的选择性,向非嗜食寄主转移取食,进行转主为害,以满足生存的需要。这应是草地螟对不良环境的一种适应策略。

从植食性昆虫寄主植物中寻找害虫的取食产卵的它感信息物,并利用它诱杀害虫,已经有许多成功的例子^[17~19]。同样,从非寄主植物中寻找能够抑制害虫取食、产卵的它感信息化合物,来趋避害虫也取得了显著进展^[20]。这些例证也为开发和利用草地螟寄主植物中它感化合物作为综合治理的一项措施提供可能。另外,针对草地螟最喜欢将卵产在灰菜等杂草上的产卵和嗜食选择性等行为习性,进行田间除草将是防治草地螟或减轻危害的有效措施之一。但要严格掌握除草时期以及草的处理,否则防效不佳。如果除草过早,将迫使草地螟向作物上产卵,从而加重农作物的受害程度;如果除草过晚或除草后仍将草留在田间,杂草上的幼虫会由于食物资源的不足向作物转移形成转主危害。因此,除草最佳时机应确定为卵孵化期,最迟不能晚于 1 龄幼虫盛期。

Visser 认为植食性昆虫在寄主植物的选择过程中通常是感知植物中几种成分组成的化学指纹图,而不是单个化学成分^[21]。其中草地螟的适宜寄主灰菜和大豆中多含有大量的短直链醇、醛和酯类化合物,如反-2-己烯醛、青叶醇、青叶酯等,这是植物不饱和脂肪酸氧化降解后的产物^[22]。Visser 等把这类化合物称为绿叶气味,并强调这些绿叶气味在植食性昆虫的嗅觉定向中起重要作用^[23~26]。植食性昆虫对寄主植物的识别决定于植物中的这些化合物的组成及浓度^[21,27]。反-2-己烯醛、青叶醇、青叶酯等绿叶气味是灰菜和大豆植株中含量最高且又共同具有的化合物。利用风洞对于抽提物的行为学进行生测得到与自然生长植株相似的生测结果,说明植物散发出的挥发物是导致其产卵选择性的一种重要原因;而且,可以认为这些化合物在草地螟的寄主选择过程中起嗅觉定向作用。同时,比较灰菜和大豆的挥发性化合物成分的不同可以看出,灰菜的挥发物中还包括有另外几种高含量的醛、酯类化合物,如乙酸己酯、乙酸-2-己烯酯、石竹烯、软脂酸甲酯,这些化合物与前几种物质的混合物可能对于草地螟更具有吸引力。在不适寄主玉米和马铃薯苗的挥发物中均含有大量的酚类化合物,而在灰菜和大豆中则没有或很少检测到这类化合物,因此,这可能是草地螟区分寄主植物和非寄主植物的关键;并且进一步说明吸引昆虫的是植物产生的挥发物的混合物。

References:

- [1] Gu C Y, Liang Y C, Zhang G Z. Occurrence and damage of *Loxosyege stictialis* and discussion of control strategy. *Plant Pest Forecast*, 1987, Suppl: 32~34.
- [2] Kang A G, Fan R X, Zhang Y H, *et al.* Investigation on emergence and distribution of *Loxostege sticticatis* egg and over-winter larva. *Plant Protection Technology and Extension*, 1999, **19**(2): 3~4.
- [3] Chen Y B. Oviposition behaviour of Meadow moth *Loxostege sticticatis* observed. *Inner Mongolia Agricultural Science And Technology*, 1999, (3): 27~30.
- [4] Luo L ZH, Li G B, Cao Y Z. The coming of the third harmful cycle of Meadow moth, *Loxostege sticticatis*. *Plant Protection*, 1996, **22**(5): 50~51.
- [5] Liu G T, Guo X D, Zhang J, *et al.* The biological characteristics of *Loxosyege stictialis* and its relationship with environmental conditions. *Plant Pest Forecast*, 1987, 9~64.
- [6] Luo L ZH, Zhang H J, Kang A G. Cause of outbreak of the Meadow moth, *Loxostege sticticatis* in the Zhangjiakou Rejion of Hebei Province 1997 Production Season. *Journal of Natural Disease*, 1998, **7**(3): 158~164.
- [7] Kang A G, Fan R X, Zhang Y H, *et al.* Occurrence characteristics, factors and control measures of *Loxosyege stictialis* in the third occurrence period. *Entomological Knowledge*, 2003, **40**(1): 75~79.
- [8] Yu X P, Wu G R, Hu C. Effect of variety difference on oviposition of Whitebacked planthopper (*Sogatella furcifera* Horvath). *Acta Agriculture Universitatis Zhejiangensis*, 1990, **16**(1): 61~65.
- [9] Chen Z H. Quantitative measurement and calculation of nutrient index in insects. *Entomological Knowledge*, 1987, **24**(5): 299~301.
- [10] Ding H J, Guo Y Y, Wu C H. Isolation and indentification of Semiochemicals from Carrot flower and behavioral responses in Cotton Bollworm Moths. *Acta Entomol. Sin.*, 1997, **40**(Suppl): 73~78.
- [11] Ding H J, Guo Y Y, Wu C H. Development and application of a four-arm olfactometer for studying insect olfactory behaviors. *Entomological Knowledge*, 1996, **33**(4): 241~243.
- [12] Tingle F C, Mitchell E R, Heath R R. Perferences of mated *Heliothis virescens* and *H. subflexa* females for host and non-host volatiles in a flight tunnel. *J. Chem. Ecol.*, 1990, **16**(10): 2889~2897.
- [13] Patch L H. Height of corn as a factor in egg laying by the European corn borer moths in the one-generation area. *J. Agri. Res.*, 1942, **64**: 503~513.
- [14] Yang Y T, Wang D H, Zhu M H. The distribution of eggs and larvae *Helicoverpa armigera* investigated on the cottons. *Entomological Knowledge*, 1998, **35**(5): 286~287.
- [15] Hou M L, Sheng C F. Effects of different foods on growth, development and reproduction of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner). *Acta Entomol. Sin.*, 2000, **43**(2): 168~175.
- [16] Ruan Y M, Wu K J. Performances of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* on different food plants. *Acta Entomol. Sin.*, 2001, **44**(2): 205~212.
- [17] Baur R, Feeny P, Stadler E. Oviposition stimulants for the black swallowtail butterfly: identification of electrophysiologically active compounds in Carrot volatiles. *J. Chem. Ecol.*, 1993, **19**(5): 919~937.
- [18] Lin H, Phelan P L, Bartelt R. Synergism between synthetic food odors and the aggregation pheromone for attracting *Carpophilus lugubris* in the field. *Environ. Entomol.*, 1992, **21**(1): 156~159.
- [19] Su J Q. Using carrot flower trap and kill Cotton Bollworm Moths. *Plant Protection*, 1993, **19**(6): 23~27.
- [20] Nehlin G, Valterova I, Barg-karlson A. Use of conifer volatiles to reduce injury caused by Carrot Pyllid. *J. Chem. Ecol.*, 1994, **20**(3): 771~83.
- [21] Visser J H, Thiery D. Effects of feeding experience on the odour-conditioned anemotaxes of colorado beetles. *Ent. Exp. Appl.*, 1986, **42**: 198~200.
- [22] Visser J H, Straten S, Moarse H. Isolation and identificatiion of volatile in the foliage of potato, *Solanum tuberosum* L. a host plant of the *Colorado beetle*, *Leptinotarsa decemlineata*. *J. Chem. Ecol.*, 1979, **5**: 13~25.
- [23] Dickens J C. Green leaf volatiles enhance aggregation pheromone of boll weevil, *Anthonomus grandis*. *Ent. Exp. Appl.*, 1989, **52**: 191~203.
- [24] Guerin P M, Stadler E, Buser H R. Identification of host plant attractants for the carrot fly, *Psilae rosae*. *J. Chem. Ecol.*, 1983, **9**: 843~861.
- [25] Katsoyannis B I, Guerin P M. Hexanol: a potent attractant for the black fig fly, *Silba adipata*. *Ent. Exp. Appl.*, 1984, **35**: 71~74.

[26] Visser J H, Ave D V. General green leaf volatile in the olfactory orientation of the Colorado beetle, *Leptinotarsadece-mlineata*. *Ent. Exp. Appl.* , 1978, **24**: 738~749.

[27] Schneider D. Insect antennae. *Ann. Rev. Entomol.* , 1964, **9**:103~122.

参考文献:

[1] 顾成玉,梁艳春,张广芝. 草地螟发生为害特点与防治策略的探讨. 病虫测报,1987,(增刊):32~34.

[2] 康爱国,樊荣贤,张玉慧,等. 草地螟卵和越冬幼虫发生分布调查. 植保技术与推广, 1999, **19** (2) : 3~4.

[3] 陈玉宝. 草地螟产卵习性观察. 内蒙古农业科技,1999,(3):27~30.

[4] 罗礼智,李光博,曹雅忠. 草地螟第 3 个猖獗为害周期已经来临. 植物保护,1996,**22** (5): 50~51.

[5] 刘光涛,郭向东,张金等. 草地螟的生物学特性及其发生与环境条件的关系. 病虫测报,1987,(增刊):59~64.

[6] 罗礼智,张红杰,康爱国. 张家口 1997 年一代草地螟幼虫大发生原因分析. 自然灾害学报, 1998, **7**(3):158~164.

[7] 康爱国,樊荣贤,张玉慧,等. 草地螟第三个暴发周期的发生特点、成因及防治对策. 昆虫知识,2003,**40**(1):75~79.

[8] 俞晓平,巫国瑞,胡萃. 不同水稻品种对白背飞虱产卵的影响. 浙江农业大学学报, 1990,**16**(1):61~65.

[9] 陈志辉,昆虫营养指标的定量测量与计算. 昆虫知识,1987,**24**(5)299~301.

[10] 丁红建,郭予元,吴才宏. 胡萝卜花挥发油中棉铃虫它感信息化合物的分离、鉴定及行为测定. 昆虫学报,1997,**40**(增刊):73~78.

[11] 丁红建,郭予元,吴才宏. 用于昆虫嗅觉行为研究的四臂嗅觉仪的设计、制作和应用. 昆虫知识,1996,**33**(4):241~243.

[14] 杨燕涛,王东华,朱明华,等. 四代棉铃虫卵、幼虫在棉株上的分布调查. 昆虫知识,1998,**35**(5):286~287.

[15] 侯茂林,盛承发. 食物对棉铃虫生长发育及繁殖的影响. 昆虫学报,2000,**43**(2):168~175.

[16] 阮永明,吴坤君. 不同食料植物对棉铃虫生长发育和繁殖的影响. 昆虫学报,2001,**44**(2):205~212.

[26] 苏洁秋. 利用胡萝卜花诱杀棉铃虫成虫. 植物保护, 1993, **19** (6):23~27.