

# 棉铃虫和烟青虫初孵幼虫对植物 顶尖嫩叶的偏好性差异

吴明峰<sup>1,2</sup>, 高尚<sup>1</sup>, 杨耀<sup>1</sup>, 谷少华<sup>1</sup>, 王沫<sup>2\*</sup>, 李显春<sup>1,3\*</sup>

(1. 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 100193;

2. 华中农业大学植物科学技术学院, 武汉 430070; 3. 美国亚利桑那大学昆虫系, 图森 85721)

**摘要** 棉铃虫和烟青虫是一对除寄主范围以外差异极小的近缘种, 目前初孵幼虫取食选择对决定两者寄主谱所起的作用尚不明确。为此, 本试验选取 16 种植物(烟草、番茄、辣椒、茄子、棉花 5 种是共同寄主; 月季、菠菜、甘蓝、大葱 4 种是非寄主; 玉米、大豆、花生、黄瓜、胡萝卜、西芹、黑杨 7 种是棉铃虫寄主), 在培养皿两侧分别放入植物顶尖嫩叶和滤纸对照, 在中间放置初孵幼虫进行选择, 每隔 10 min 观察记录一次结果, 持续 24 h, 2 h 后选择结果呈稳定趋势。结果表明棉铃虫初孵幼虫取食选择范围广, 选择玉米、茄子、烟草、大豆、黄瓜、胡萝卜、菠菜、番茄、棉花、西芹、花生、辣椒、大葱这 13 种植物, 这些植物除菠菜和大葱外均为已报道的棉铃虫寄主植物。而烟青虫初孵幼虫取食选择范围窄, 选择甘蓝、大豆、烟草、茄子、西芹、番茄 6 种植物, 其中烟草、茄子和番茄为已报道的烟青虫寄主植物。此外, 棉铃虫初孵幼虫在除甘蓝外其他植物上的选择率均高于烟青虫, 其具备取食多种植物的能力。两者初孵幼虫取食选择对确定各自寄主谱范围做出了重要贡献, 但不能完全限定寄主谱, 其仍然具备取食寄主谱以外其他植物的能力。

**关键词** 棉铃虫; 寄主选择; 初孵幼虫; 烟青虫; 寄主范围

**中图分类号:** Q 968.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2016.03.010

## Differences in neonates' host plant preference between *Helicoverpa armigera* and *Helicoverpa assulta*

Wu Mingfeng<sup>1,2</sup>, Gao Shang<sup>1</sup>, Yang Yao<sup>1</sup>, Gu Shaohua<sup>1</sup>, Wang Mo<sup>2</sup>, Li Xianchun<sup>1,3</sup>

(1. State Key Laboratory for Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection,

Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. College of

Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

3. Department of Entomology, University of Arizona, Tucson 85721, USA)

**Abstract** *Helicoverpa armigera* and *H. assulta* are a pair of closely-related sister species with a very different host range. It remains elusive whether host plant selection by neonates is a major contributor to their difference in host range. To address this question, we placed neonates of each species in the center of petri dish and observed neonates' choice between filter paper (control) and leaf of any of 16 plants that are hosts (tobacco, tomato, red pepper, eggplant and cotton), non-hosts (China rose, spinach, cabbage and welsh onion) of both species, or hosts of *H. armigera* (corn, soybean, peanut, cucumber, carrot, celery, and poplars) at every 10 minutes, respectively. Neonates of both species made their choices at 2 h after being placed in the center of a petri dish. *H. armigera* selected 13 out of the 16 plants, including 11 host plants (corn, eggplant, tobacco, soybean, cucumber carrot, tomato, cotton, celery, peanut and red pepper) and 2 non-host plants (spinach and welsh onion) of this species. By contrast, *H. assulta* neonates chose only 6 out of the 16 tested plants, including 3 host (tobacco, eggplant and tomato) and 3 non-host (cabbage, soybean and celery) plants of this species. Moreover, *H. armigera* neonates had

收稿日期: 2015-04-17 修订日期: 2015-06-09

基金项目: 国家自然科学基金(31401737); 北京市科技新星项目(Z1511000003150118); 国家自然科学基金创新研究群体项目(31321004); 国家自然科学基金国际合作与交流项目(31210103921); 中国农业科学院青年英才计划

\* 通信作者 E-mail: lxc@email.arizona.edu; wangmo@mail.hzau.edu.cn

higher selection rate than *H. assulta* neonates on all the 16 plants except for cabbage. The observed obvious correlation between the plant ranges selected by neonates of the two *Helicoverpa* species and their host range suggests that host plant selection by neonates is an important contributor to their difference in host range. But selection of non-host plants by neonates of both species indicates that host plant selection by neonates is not the only limiting factor to the host range of both species.

**Key words** *Helicoverpa armigera*; host selection; neonate; *Helicoverpa assulta*; host range

寄主选择是植食性昆虫生命周期中至关重要的一个环节,植物对于植食性生物而言不仅是食物的重要来源,也为其提供了必要的生活场所<sup>[1]</sup>。协同进化理论<sup>[2]</sup>和顺序进化理论<sup>[3]</sup>的提出,极大地促进了昆虫与植物相互作用关系领域的研究,目前植物与昆虫相互作用关系仍然是人们研究和关注的焦点。植食性昆虫根据其取食植物的范围,通常分为专食性昆虫(包括单食性和寡食性)和广食性昆虫<sup>[4]</sup>。有少数昆虫只选择一种植物取食如三化螟专门为害水稻,称为单食性昆虫;有的昆虫可取食少数几种植物如烟青虫仅可取食茄科的数种植物,称为寡食性昆虫;有的昆虫可取食多种植物如棉铃虫,称为广食性昆虫。

棉铃虫和烟青虫都是重要的农业害虫,两者同属于夜蛾科铃夜蛾属(*Helicoverpa*),成、幼虫形态特征非常相似,取食方式、为害症状也较为一致,生产上经常混淆不清。两者虽然形态特征以及生殖系统构造十分相似,属于亲缘相近的两个种,在一定条件下甚至可以进行杂交<sup>[5]</sup>,但两者的寄主谱相差很大。要确定真正的寄主植物必须符合下述两个条件之一<sup>[6]</sup>:能够在活体植物上将幼虫一直饲养到成虫(或化蛹),或者在田间采集到取食该植物的幼虫形成的蛹,并证明其成虫能够繁衍后代,因此昆虫寄主植物的范围应当小于其食料植物范围。棉铃虫的食料植物在我国有 20 多科 200 多种<sup>[7]</sup>,寄主范围十分广,最喜食锦葵科、茄科和豆科植物,而烟青虫的寄主植物仅有辣椒、烟草、番茄等数种茄科植物。

作为近缘种,烟青虫的寄主范围远远窄于棉铃虫,而仅限于茄科的数种植物,从世代繁殖的生长规律来看其原因存在以下 3 种可能性:一是烟青虫成虫仅选择茄科植物产卵;二是烟青虫成虫可产卵于包括茄科植物在内的许多植物,但初孵幼虫仅选择茄科植物进行取食;三是烟青虫成虫和初孵幼虫均选择包括茄科植物在内的许多植物,但幼虫仅能在茄科植物上成功化蛹、羽化并继续繁殖。

近些年来开展棉铃虫和烟青虫对寄主植物选择

性的研究越来越多。成虫产卵选择方面:在番茄、辣椒、烟草上烟青虫的产卵选择结果为番茄>烟草>辣椒<sup>[8]</sup>;在棉花、番茄、烟草、辣椒 4 种植物上,棉铃虫的产卵选择结果为番茄>棉花=烟草>辣椒,烟青虫结果为烟草>辣椒>棉花>番茄<sup>[9-10]</sup>。幼虫强迫取食方面:棉铃虫通过室内饲养可以分别以棉花、烟草、番茄的嫩叶或繁殖器官为食完成生活史,这 3 种植物均为棉铃虫的寄主植物<sup>[11]</sup>,在棉花、烟草、番茄、辣椒这 4 种植物中棉铃虫明显嗜食棉花和烟草,而烟青虫则明显嗜食烟草和辣椒<sup>[9]</sup>;也有研究表明烟青虫幼虫表现出取食的偏好依次为辣椒>烟草>番茄<sup>[12]</sup>,烟青虫是烟草、辣椒的主要害虫<sup>[13]</sup>;在棉铃虫和烟青虫的寄主植物种类中,棉花和番茄是棉铃虫的寄主植物,烟草是两者共同的寄主植物<sup>[14]</sup>,烟青虫在农作物中主要为害茄科的烟草和辣椒<sup>[7]</sup>;初孵幼虫取食选择方面:在棉花、番茄、烟草、辣椒 4 种植物中,棉铃虫的选择顺序为棉花=烟草>番茄>辣椒,而烟青虫的选择顺序为烟草>棉花>辣椒>番茄<sup>[15]</sup>,烟青虫初孵幼虫喜食烟叶,相比之下选食辣椒和番茄嫩叶的幼虫数较少,其取食量大小顺序为烟草>辣椒>番茄<sup>[8]</sup>。

总的来说,目前开展棉铃虫和烟青虫成虫以及幼虫或高龄幼虫强迫取食的研究居多,对于两者初孵幼虫取食选择的研究还比较少,全面系统地开展两者初孵幼虫取食选择性的研究工作仍为空白。且前人的研究大多局限于已知的几种共同寄主植物,这只能比较两者在共同寄主植物上的选择差异和存活能力强弱,无法解释两者寄主谱范围差异大的原因所在,也显然无法回答烟青虫是否在初孵幼虫阶段就丧失了取食选择除寄主植物外其他植物的能力。因而我们有必要在前人研究的基础上,通过增加供试植物的种类和数量来比较两者初孵幼虫对供试植物的取食偏好性。

因此,本研究从已经报道的棉铃虫和烟青虫寄主植物中,根据其适合性程度<sup>[16]</sup>共选择 16 种植物作为两者共同的供试植物。对于棉铃虫而言,其中

5 种是适宜寄主植物,4 种是较适宜寄主植物,3 种是次要寄主植物,4 种是非寄主植物。对于烟青虫而言,其中 5 种是寄主植物,其余 11 种为非寄主植物(见表 1)。本试验系统性地研究了棉铃虫和烟青虫的初孵幼虫在锦葵科、茄科、禾本科、豆科、十字花科、葫芦科、伞形花科、杨柳科、蔷薇科、藜科、百合科 11 科共 16 种植物上的取食选择情况,得到两者初孵幼虫取食选择的偏好性和差异性。棉铃虫初孵幼虫取食范围广,其取食选择对确定寄主谱范围做出了很大贡献;而烟青虫初孵幼虫取食范围窄,其取食选择在很大程度上限定了寄主谱的范围,但仍然能够取食寄主谱以外的其他植物。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试虫源和饲养方法

棉铃虫和烟青虫分别采自山东青岛棉田和河南许昌烟田,已在室内用人工饲料连续饲养多代,两种

昆虫的饲养条件和饲料配方均相同。养虫和试验条件为温度(27±1)℃,相对湿度 75%,光周期 L//D=14 h//10 h。幼虫饲养于直径 3 cm、高 3.3 cm 的带盖透明塑料杯中,3 龄以后分头饲养。成虫放置于 42 cm×27 cm×20 cm 的养虫笼中交配,饲以 10% 的蜂蜜水,卵产于白纱布上。

### 1.2 供试植物名称及品系

所有植物种子(见表 1)均购自中国农业科学院作物科学研究所科技开发部,种植于中国农业科学院植物保护研究所廊坊科研中试基地人工温室内。光周期为 L//D=16 h//8 h,阴天适当进行补光,温度(28±1)℃,湿度 50%,植物生长期为 60~90 d。

### 1.3 供试材料

棉铃虫初孵幼虫、烟青虫初孵幼虫、直径为 15 cm 的玻璃培养皿、16 种植物叶片、人工培养箱、剪刀、直尺、黑纱布、镊子、计时器、记号笔、封口膜、毛笔、滤纸片、喷壶等。

表 1 供试植物及其作为棉铃虫和烟青虫寄主的适合度<sup>[17]</sup>

Table 1 Test plants and their suitability as hosts for *Helicoverpa armigera* and *H. assulta*

植物 Plant	品种 Variety	所属科名 Family name	适合度 Suitability as hosts	
			棉铃虫 <i>H. armigera</i>	烟青虫 <i>H. assulta</i>
棉花 <i>Gossypium hirsutum</i>	中棉所 49	锦葵科 Malvaceae	+++	+
玉米 <i>Zea mays</i>	京单 68	禾本科 Gramineae	+++	-
大豆 <i>Glycine max</i>	中黄 37	豆科 Leguminosae	++	-
花生 <i>Arachis hypogaea</i>	鲁花 14 号	豆科 Leguminosae	++	-
番茄 <i>Lycopersicon esculentum</i>	钻石 3000	茄科 Solanaceae	+++	+
辣椒 <i>Capsicum annuum</i>	长崎大牛角椒	茄科 Solanaceae	+++	++
茄子 <i>Solanum melongena</i>	美引罐茄	茄科 Solanaceae	+++	++
烟草 <i>Nicotiana tabacum</i>	亚布力旱烟	茄科 Solanaceae	+	+++
黄瓜 <i>Cucumis sativus</i>	中农 16 号	葫芦科 Cucurbitaceae	++	-
胡萝卜 <i>Daucus carota</i> var. <i>sativa</i>	秀丽五寸参	伞形花科 Umbelliferae	++	-
西芹 <i>Apium graveolens</i> var. <i>dulce</i>	泰克百利西芹	伞形花科 Umbelliferae	+	-
黑杨 <i>Populus nigra</i>	速生杨	杨柳科 Salicaceae	+	-
月季 <i>Rosa chinensis</i>	树状月季	蔷薇科 Rosaceae	-	-
菠菜 <i>Spinacia oleracea</i>	美国先锋菠菜	藜科 Chenopodiaceae	-	-
甘蓝 <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	晚丰甘蓝	十字花科 Cruciferae	-	-
大葱 <i>Allium fistulosum</i>	铁杆大梧桐	百合科 Liliaceae	-	-

1) 表中+++表示适宜寄主; ++表示较适宜寄主; +表示次要寄主; -表示非寄主。

+++; Suitable host plant; ++; Less suitable host plant; +; Least suitable host plant; -; Non-host plant.

### 1.4 试验方法

取直径为 15 cm 的玻璃培养皿,将一张直径为 15 cm 的滤纸放置于培养皿底部,加入 4 mL 蒸馏水使滤纸保持湿润。用记号笔将滤纸分成 3 个区域,中间 3 cm 宽的区域作为初孵幼虫待选择区域,两边对应相等区域为选择区域。采集 16 种供试植物顶尖嫩叶,去除表面异物,将某一植物的顶部嫩叶放入

培养皿其中一个选择区域并完全铺满,另一个选择区域放入与植物等大的滤纸片作为对照,保持培养皿内一定湿度以防止植物叶片萎蔫。取 20 头初孵 5 h 以内活力大小一致的棉铃虫或烟青虫初孵幼虫置于含供试植物培养皿的待选择区域,盖上培养皿盖并用封口膜封好,覆上黑纱布遮光,3 次重复。将培养皿放置于温度为(27±1)℃、湿度为 75% 的暗箱

内,10、20、30、40、60、80、100、120 min,12、24 h 后检查并统计培养皿内植物叶片上和滤纸对照上的幼虫数(一直停留在待选择区域的初孵幼虫视为无效选择,不纳入对照数),并计算出棉铃虫或烟青虫初孵幼虫在每种供试植物上的幼虫选择率[选择植物的幼虫数/(选择植物的幼虫数+滤纸对照的幼虫数)]。



图 1 棉铃虫初孵幼虫对植物选择试验方法示意图

Fig. 1 Sketch for neonate selection of *Helicoverpa armigera*

### 1.5 数据处理

所有数据采用 SPSS16.0 软件进行统计分析。棉铃虫和烟青虫初孵幼虫对任何一种植物的选择与否,采用卡方测验进行测定。棉铃虫和烟青虫初孵幼虫对不同植物选择率的比较,首先进行双因素方差分析,再用 Tukey HSD test 对同种昆虫不同植物间选择率进行多重比较,最后用两个样本 *t* 测验比较两种昆虫对同一种植物的选择率。

## 2 结果与分析

### 2.1 棉铃虫和烟青虫初孵幼虫对供试植物的选择时程

棉铃虫或烟青虫初孵幼虫选择每种植物的数量在 10、20、30、40、60、80、100、120 min,12、24 h 时各统计 1 次,在 120 min 之前选择结果逐步变化,120 min 后呈稳定趋势。棉铃虫在棉花嫩叶上选择 120 min 后数量稳定在 14 头(见图 2),烟青虫在烟草嫩叶上选择 120 min 后数量保持在 15 头(见图 2),其他植物未附图。因此本试验采用 120 min 时刻的选择数作为最终选择数用于结果分析。

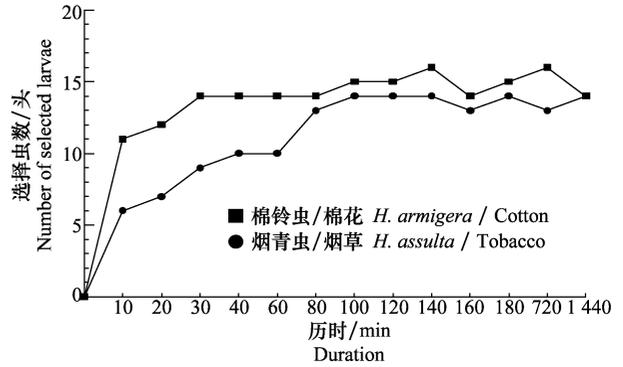


图 2 棉铃虫和烟青虫初孵幼虫选择时程

Fig. 2 Selection duration of neonates between *Helicoverpa armigera* and *H. assulta*

### 2.2 棉铃虫初孵幼虫对 16 种供试植物的取食选择性

卡方测验表明,用滤纸作为空白对照,棉铃虫初孵幼虫选择数呈随机分布,滤纸左右两边虫数无显著差异(见表 2)。棉铃虫初孵幼虫在玉米、茄子、烟草、大豆、黄瓜、胡萝卜、菠菜、番茄、棉花、西芹这 10 种植物上选择植物嫩叶的虫数极显著高于选择滤纸对照的虫数;在花生、辣椒、大葱这 3 种植物上选择嫩叶的虫数显著高于对照虫数;上述 13 种植物均为棉铃虫幼虫的潜在寄主,其中除了菠菜和大葱外其他植物均为已报道的棉铃虫的寄主植物。棉铃虫初孵幼虫在甘蓝、杨树、月季这 3 种植物上选择嫩叶的虫数与对照虫数无显著差异(见表 2),这 3 种植物不是棉铃虫幼虫的潜在寄主植物。

### 2.3 烟青虫初孵幼虫对 16 种供试植物的取食选择性

卡方测验表明用滤纸作为空白对照,烟青虫初孵幼虫选择数呈随机分布,滤纸左右选择虫数无显著差异(见表 3)。在甘蓝、大豆、烟草、茄子、芹菜、番茄这 6 种植物上烟青虫初孵幼虫选择嫩叶虫数极显著高于对照虫数,此 6 种植物为烟青虫幼虫的潜在寄主,其中烟草、茄子、番茄为已报道的烟青虫寄主植物;在其余 10 种植物嫩叶上均无显著性差异(见表 3),这 10 种植物均不是潜在寄主。

### 2.4 棉铃虫烟青虫初孵幼虫选择率多重比较

双因素方差分析表明棉铃虫和烟青虫两种昆虫之间有差异( $P=0.00$ ),不同植物之间有差异( $P=0.00$ ),植物与昆虫交互之间也有差异( $P=0.00$ ) (见表 4)。因而本试验对两种昆虫在不同植物上选择率之间进行多重比较。

表 2 棉铃虫初孵幼虫对供试植物的偏好性<sup>1)</sup>Table 2 Host plant preference of *Helicoverpa armigera* neonates

植物 Plant	选择数/头 No. of selected larvae	未选择数/头 No. of unselected larvae	$\chi^2$	<i>P</i>	差异显著性 Significant difference
玉米 <i>Zea mays</i>	58	1	36.032	0.000	**
茄子 <i>Solanum melongena</i>	55	1	33.921	0.000	**
烟草 <i>Nicotiana tabacum</i>	55	3	29.173	0.000	**
大豆 <i>Glycine max</i>	54	4	26.470	0.000	**
黄瓜 <i>Cucumis sativus</i>	54	5	24.708	0.000	**
胡萝卜 <i>Daucus carota</i> var. <i>sativa</i>	48	9	15.207	0.000	**
菠菜 <i>Spinacia oleracea</i>	45	9	13.500	0.000	**
番茄 <i>Lycopersicon esculentum</i>	47	11	12.363	0.000	**
棉花 <i>Gossypium hirsutum</i>	45	11	11.369	0.001	**
西芹 <i>Apium graveolens</i> var. <i>dulce</i>	40	11	9.042	0.003	**
花生 <i>Arachis hypogaea</i>	37	15	4.872	0.027	*
辣椒 <i>Capsicum annuum</i>	36	15	4.555	0.033	*
大葱 <i>Allium fistulosum</i>	37	17	3.835	0.050	*
甘蓝 <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	35	16	3.699	0.054	
黑杨 <i>Populus nigra</i>	33	18	2.276	0.131	
月季 <i>Rosa chinensis</i>	28	28	0.000	1.000	
滤纸 Filter paper (CK)	23	22	0.110	0.916	

1) 表中 \*\* 表示差异极显著,  $P < 0.01$ ; \* 表示差异显著,  $P < 0.05$ 。下同。

\*\* : Highly significant difference at  $P < 0.01$ ; \* : Significant difference at  $P < 0.05$ . The same below.

表 3 烟青虫初孵幼虫对供试植物的偏好性

Table 3 Host plant preference of *Helicoverpa assulta* neonates

植物 Plant	选择数/头 No. of selected larvae	未选择数/头 No. of unselected larvae	$\chi^2$	<i>P</i>	差异显著性 Significant difference
甘蓝 <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	49	10	14.562	0.000	**
大豆 <i>Glycine max</i>	46	11	11.946	0.001	**
烟草 <i>Nicotiana tabacum</i>	44	15	7.641	0.006	**
茄子 <i>Solanum melongena</i>	44	15	7.641	0.006	**
西芹 <i>Apium graveolens</i> var. <i>dulce</i>	43	15	7.177	0.007	**
番茄 <i>Lycopersicon esculentum</i>	43	16	6.568	0.010	**
黄瓜 <i>Cucumis sativus</i>	38	18	3.689	0.055	
玉米 <i>Zea mays</i>	32	22	0.934	0.334	
棉花 <i>Gossypium hirsutum</i>	32	23	0.748	0.387	
胡萝卜 <i>Daucus carota</i> var. <i>sativa</i>	29	27	0.036	0.850	
花生 <i>Arachis hypogaea</i>	28	29	0.009	0.925	
菠菜 <i>Spinacia oleracea</i>	25	29	0.148	0.700	
辣椒 <i>Capsicum annuum</i>	26	31	0.222	0.638	
大葱 <i>Allium fistulosum</i>	23	31	0.596	0.440	
黑杨 <i>Populus nigra</i>	24	33	0.721	0.396	
月季 <i>Rosa chinensis</i>	22	32	0.934	0.334	
滤纸 Filter paper (CK)	23	21	0.450	0.831	

多重比较分析表明,棉铃虫初孵幼虫在玉米、茄子、烟草、大豆这 4 种植物上选择率最高,选择效果最好(见表 5);在黄瓜、胡萝卜、菠菜、番茄、棉花、西

芹这 6 种植物上选择效果次之;在花生、辣椒、甘蓝、大豆、杨树、月季这 6 种植物上选择效果最差。烟青虫初孵幼虫在甘蓝、大豆、茄子、西芹、烟草、番茄这

6种植物上选择效果最好,在黄瓜、玉米、棉花这3种植物上选择效果次之,在其余7种植物上选择效果最差(见表5)。在棉铃虫的13种潜在寄主中(表2),每相邻的两种植物选择率之间均无显著差异(表5),烟青虫初孵幼虫在6种潜在寄主中,彼此选择率之间亦无显著差异。

样本 *t* 测验表明棉铃虫初孵幼虫在玉米、茄子、菠菜、烟草、辣椒、大葱、胡萝卜、黄瓜、大豆、棉花、花生这11种植物上的选择率显著高于烟青虫(表5),而烟青虫初孵幼虫在甘蓝上的选择率显著高于棉铃虫,其他植物两者选择率之间无显著差异。

表5 棉铃虫和烟青虫初孵幼虫选择率的差异比较<sup>1)</sup>

Table 5 Differences in neonate selection rates between *Helicoverpa armigera* and *H. assulta*

植物名称 Plant	选择率/% Selection rate		差异显著性 Significant difference
	棉铃虫 <i>H. armigera</i>	烟青虫 <i>H. assulta</i>	
玉米 <i>Zea mays</i>	(98.33±1.67)a	(59.00±3.05)CDE	**
茄子 <i>Solanum melongena</i>	(98.33±1.67)a	(74.67±2.60)AB	**
烟草 <i>Nicotiana tabacum</i>	(95.00±0.00)ab	(74.67±0.33)ABC	**
大豆 <i>Glycine max</i>	(92.97±2.03)abc	(80.67±1.76)AB	*
黄瓜 <i>Cucumis sativus</i>	(91.67±3.33)abcd	(67.67±4.06)BCD	*
胡萝卜 <i>Daucus carota</i> var. <i>sativa</i>	(84.33±4.84)bcd	(53.67±0.67)DEFG	*
菠菜 <i>Spinacia oleracea</i>	(83.33±2.96)bcd	(46.00±3.60)EFGH	**
番茄 <i>Lycopersicon esculentum</i>	(81.00±1.00)bcd	(73.00±4.36)ABC	
棉花 <i>Gossypium hirsutum</i>	(80.33±4.86)bcd	(58.33±2.67)CDEF	*
西芹 <i>Apium graveolens</i> var. <i>dulce</i>	(78.00±4.04)cd	(74.33±2.33)AB	
花生 <i>Arachis hypogaea</i>	(71.00±3.79)de	(49.33±2.33)EFGH	*
辣椒 <i>Capsicum annuum</i>	(70.67±2.73)de	(45.67±2.96)EFGH	**
甘蓝 <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	(68.67±0.88)de	(83.00±1.53)A	**
大葱 <i>Allium fistulosum</i>	(68.03±0.88)de	(42.67±1.86)FG	**
黑杨 <i>Populus nigra</i>	(65.00±5.03)de	(42.00±2.89)G	
月季 <i>Rosa chinensis</i>	(49.67±2.67)de	(40.67±0.89)G	

1) 同种昆虫不同植物选择率之间不同字母(棉铃虫用小写,烟青虫用大写)表示在0.05水平上(Tukey HSD test)有显著差异,否则无显著差异。不同昆虫在同种植物选择率的比较,\*表示有显著差异,\*\*表示有极显著差异。

Selection rates with the same letter (lowercase letters for *H. armigera* and capital letters for *H. assulta*) among plants are not significantly different at  $P < 0.05$  (Tukey HSD test). Significant and extremely significant differences in neonate selection rates between *H. armigera* and *H. assulta* are indicated by one (\*) and two stars (\*\*), respectively.

### 3 讨论

目前,有关夜蛾科昆虫对食料植物的取食选择性研究大多倾向于针对成虫和高龄幼虫,这些报道往往认为低龄幼虫与高龄幼虫的选择性是一致的,但事实上低龄幼虫与高龄幼虫存在很大的差异<sup>[17-18]</sup>。因此我们开展了两种夜蛾科昆虫的初孵幼虫对不同供试植物的取食选择性研究,明确了初孵幼虫的取食选择性对确定昆虫寄主谱范围所做的贡献。

表4 棉铃虫和烟青虫初孵幼虫选择率的双因素方差分析<sup>1)</sup>

Table 4 Two-way ANOVA of neonates selection rates between *Helicoverpa armigera* and *H. assulta*

变异来源 Source of variation	自由度 <i>df</i>	均方 Mean square	<i>F</i>	<i>P</i>
昆虫 Insect	1	4 769.325	110.325	0.000
植物 Plant	15	487.612	11.279	0.000
交互 Insect×Plant	1	326 679.500	757.700	0.000
误差 Error	79	43.230		
总变异 Total	96			

1) 选择率百分数均进行平方根的反正弦转换。

Selection rate percentage is the square root of arcsine transformation.

本研究结果表明,棉铃虫初孵幼虫对绝大多数供试植物都表现出极强的选择喜好,体现了棉铃虫初孵幼虫具有极强的适应性,也证明了棉铃虫是广食性昆虫,具有较广的取食范围,能够取食寄主谱以外的个别植物;而烟青虫初孵幼虫对绝大多数供试植物都无明显的选择喜好,这也与已报道的烟青虫属于寡食性昆虫的结论相符,烟青虫初孵幼虫仅取食选择茄科的数种植物以及甘蓝、大豆、芹菜等植物。

本试验由于条件限制,在温室难以培育出足量

植物果实用于试验,故而统一选取各类植物叶片部分作为研究对象。夜蛾科昆虫喜食蕾期棉花<sup>[11]</sup>,本试验限于条件采用的是棉花嫩叶,烟青虫初孵幼虫对棉花嫩叶取食选择与对照无显著差异。有报道称辣椒是烟青虫的寄主植物<sup>[19]</sup>,但本研究中烟青虫初孵幼虫对辣椒嫩叶的取食选择与对照无显著性差异,说明辣椒叶片不是烟青虫初孵幼虫喜食的部位,田间调查发现烟青虫在田间辣椒地主要为害果实部位,在辣椒早期很少为害,可能是烟青虫在后期转移到辣椒植株为害果实部分。半枯杨树枝作为诱集枝把能够吸引棉铃虫成虫<sup>[20]</sup>,本试验发现棉铃虫初孵幼虫对黑杨嫩叶无取食选择倾向,可能棉铃虫在幼虫阶段不喜食杨树叶片,而成虫产卵阶段能被杨树枯枝释放出来的某种特定的挥发物质所吸引<sup>[21]</sup>。

通过棉铃虫初孵幼虫和烟青虫初孵幼虫对不同供试植物的选择性研究,明确了两种夜蛾科近缘种初孵幼虫阶段的植物喜好。棉铃虫初孵幼虫偏好玉米、茄子、烟草、大豆、黄瓜、胡萝卜、菠菜、番茄、棉花、西芹、花生、辣椒、大葱共 13 种植物,除菠菜和大葱外其他植物均是已报道的棉铃虫寄主植物,说明棉铃虫初孵幼虫能够取食寄主谱以外的个别植物,这对限定其寄主植物范围做出了重要贡献。而烟青虫初孵幼虫偏好甘蓝、大豆、烟草、茄子、西芹、番茄这 6 种植物,其中烟草、茄子、番茄为已报道的烟青虫寄主植物。烟青虫较棉铃虫而言在初孵幼虫阶段即丧失了对大部分植物的取食选择能力,这在很大程度上限定了寄主植物范围,但是其仍然具备取食除茄科寄主植物之外的其他植物的能力。两者初孵幼虫取食选择阶段为两者寄主谱范围差异做出了一定的贡献,初孵幼虫阶段不能完全限制各自寄主植物范围,可能是幼虫取食存活阶段或成虫产卵选择阶段进一步限制了烟青虫的寄主植物范围,从而造成了两种近缘昆虫寄主谱差异大。因此,要想彻底挖掘导致这两种近缘昆虫的寄主谱差异大的原因还需要对幼虫取食存活阶段以及成虫产卵选择阶段做进一步研究。

## 参考文献

- [1] Alagarmalai J, Grinberg M, Perl-Treves R, et al. Host selection by the herbivorous mite *Polyphagotarsonemus latus* (Acari: Tarsonemidae)[J]. *Journal of Insect Behavior*, 2009, 22(5):375-387.
- [2] Ehrlich P R, Raven P H. Butterflies and plants: a study in co-evolution [J]. *Evolution*, 1964, 18(4):586-608.
- [3] Jermy T. Insect—host-plant relationship—co-evolution or sequential evolution? [M]. Jermy T. The host-plant in relation to insect behaviour and reproduction. Springer US, 1976:109-113.
- [4] 钦俊德,王琛柱. 论昆虫与植物的相互作用和进化的关系[J]. *昆虫学报*, 2001, 44(3):360-365.
- [5] Wang Chenzhu, Dong Junfeng. Interspecific hybridization of *Helicoverpa armigera* and *Helicoverpa assulta* (Lepidoptera: Noctuidae)[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2001, 46(6):489-491.
- [6] Zalucki M P, Dalglish G, Firempong S, et al. The biology and ecology of *Heliothis armigera* (Hübner) and *Heliothis punctigera* Wallengren (Lepidoptera, Noctuidae) in Australia—what do we know [J]. *Australian Journal of Zoology*, 1986, 34(6):779-814.
- [7] Tang Deliang, Wang Chenzhu, Luo Liner, et al. Comparative study on the responses of maxillary sensilla styloconica of cotton bollworm *Helicoverpa armigera* and Oriental tobacco budworm *H. assulta* larvae to phytochemicals [J]. *Science in China*, 2001, 43(6):606-612.
- [8] 张勇,王开运,王刚,等. 烟青虫对三种食料植物的选择性及适应性[J]. *昆虫知识*, 2006, 43(6):781-784.
- [9] Wang Chenzhu, Dong Junfeng, Tang Deliang, et al. Host selection of *Helicoverpa armigera* and *H. assulta* and its inheritance [J]. *Progress in Natural Science*, 2004, 14(10):880-884.
- [10] 王琛柱,钦俊德. 昆虫与植物的协同进化:寄主植物-铃夜蛾-寄生蜂相互作用[J]. *昆虫知识*, 2007, 44(3):311-319.
- [11] 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[J]. *昆虫学报*, 2001, 44(2):205-212.
- [12] 辛海军,王刚,王开运,等. 烟青虫的发生及防治[J]. *农药*, 2005, 44(1):42-44.
- [13] 金瑞华,周密,吴平. 美洲棉铃虫,棉铃虫,烟青虫及其成虫的鉴别[J]. *植物检疫*, 2001, 15(1):24-27.
- [14] 董钧锋,张继红,王琛柱. 植物次生物质对烟青虫和棉铃虫食物利用及中肠解毒酶活性的影响[J]. *昆虫学报*, 2002, 45(3):296-300.
- [15] 王琛柱,汤德良,董钧锋,等. 棉铃虫和烟青虫与寄主植物生理关系的比较研究[C]. 走向 21 世纪的中国昆虫学——中国昆虫学会 2000 年学术年会论文集, 2000.
- [16] 柏立新,孙洪武,孙以文,等. 棉铃虫寄主植物种类及其适合性程度[J]. *植物保护学报*, 1997, 24(1):1-6.
- [17] Zalucki M P, Clarke A R, Malcolm S B. Ecology and behavior of first instar larval Lepidoptera[J]. *Annual Review of Entomology*, 2002, 47(1):361-393.
- [18] Bernays E A, Chapman R F. Host-plant selection by phytophagous insects [M]. Springer Science & Business Media, 1994.
- [19] 高岩,王人民. 烟青虫生物学特征和生态学特性[J]. *河南农业科学*, 2005 (5):46-48.
- [20] 郭子元. 棉铃虫的研究[M]. 北京:中国农业出版社, 1998.
- [21] 张爱平,张建华. 小叶杨叶片挥发性物质成分分析[J]. *新疆农业科学*, 2008, 45(3):476-478.