

东北地区三代粘虫玉米田为害行为研究*

程志加^{1**} 孙 崑² 高月波^{1,2***} 赫思聪¹ 周佳春²

(1. 吉林农业大学农学院, 长春 130118; 2. 吉林省农业科学院植物保护研究所,
农业部东北作物有害生物综合治理重点实验室, 公主岭 136100)

摘 要 【目的】研究东北地区 2 代粘虫 *Mythimna separata* (Walker) 成虫的产卵规律和 3 代粘虫幼虫的取食行为, 揭示 3 代粘虫在东北地区玉米田的为害行为机制, 为粘虫的预测预报及综合防控提供科学依据。【方法】采用罩笼法研究 2 代粘虫成虫的产卵节律及对不同寄主植物的产卵选择性; 采用田间调查和叶碟法取食试验研究 3 代粘虫幼虫在田间的发生特点及其对不同寄主植物的取食选择性。【结果】(1) 2 代粘虫成虫在夜间 20:00–23:00 时间段产卵量最高, 占总量 88.36%, 显著高于其它时间段 ($P<0.01$)。 (2) 2 代粘虫成虫只选择稗草进行产卵, 并且在稗草上部干枯叶尖所产卵量最高, 占总落卵量的 81.98%, 显著高于其他产卵位置 ($P<0.01$), 玉米上没有产卵。 (3) 2 龄幼虫对稗草具有明显的取食选择性, 显著高于玉米 ($P<0.05$); 3–6 龄幼虫均对玉米叶片具有明显取食选择性, 显著高于稗草 ($P<0.05$)。 (4) 2 龄幼虫对稗草和玉米之间的取食量差异不显著 ($P>0.05$), 3 龄幼虫对稗草的取食量显著高于玉米 ($P<0.05$), 4–6 龄幼虫对玉米的取食量显著高于稗草 ($P<0.05$)。【结论】2 代粘虫成虫的产卵习性和 3 代粘虫幼虫的取食选择性决定了东北地区 3 代粘虫在玉米田以高龄幼虫为害的特点。
关键词 粘虫, 寄主植物, 产卵习性, 取食选择性

Damage to maize crops in Northeastern China caused by the third generation of the armyworm *Mythimna separata* (Walker)

CHENG Zhi-Jia^{1**} SUN Wei² GAO Yue-Bo^{1***} HE Si-Cong¹ ZHOU Jia-Chun²

(1. College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China; 2. Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Northeast, Ministry of Agriculture, Institute of Plant Protection, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling 136100, China)

Abstract [Objectives] To investigate the causes of damage to maize crops in Northeastern China by the *Mythimna separata*. [Methods] The oviposition of 2nd generation adults and the feeding behavior of the 3rd generation larvae were studied using captive animals. Occurrence and host selection by larvae were investigated in the field using the leaf dish method. [Results] 1. The highest fecundity, 88.36% of all eggs laid, was observed from 20:00 to 23:00, significantly more than were laid in any other time period ($P<0.01$). 2. Adults only laid eggs on barnyard-grass with significantly more eggs (81.98%) being laid on the withered leaf apex of the upper most leaves than on other locations ($P<0.01$). No eggs were observed on maize. 3. The results of choice tests show that 2nd instar larvae significantly preferred barnyard-grass to maize ($P<0.05$) whereas 3rd–6th instar larvae significantly preferred maize to barnyard-grass ($P<0.05$). 4. There was no significant difference in the amounts of barn-yard grass and maize consumed by 2nd instar larvae ($P>0.05$). Significantly more barnyard-grass was consumed by 3rd instar larvae than maize, but the reverse was true of 4th–6th instar larvae ($P<0.05$). [Conclusion] Damage to maize crops by *M. separata* in Northeastern China is primarily due to the oviposition preferences of 2nd generation adults, the host plant preferences of 3rd generation larvae and feeding by older instar larvae.

Key words *Mythimna separate* (Walker), host plant, oviposition selection, feeding preference

*资助项目 Supported projects: 公益性行业(农业)科研专项经费(201403031)

**第一作者 First author, E-mail: chengzhijia1203@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: gaoyuebo8328@163.com

收稿日期 Received: 2018-08-25, 接受日期 Accepted: 2018-09-21

粘虫 *Mythimna separate* (Walker), 是一种典型的远距离迁飞害虫, 具有突发猖獗的特性。粘虫幼虫具有迁徙性和暴食性, 特别是 4 龄以上幼虫迁徙能力极大提升、取食量骤增, 严重发生时可将寄主叶片全部吃光, 只留叶脉, 造成显著减产甚至绝收。通过高龄幼虫的集中转移还可造成其他相邻地块的连带危害 (Zhang *et al.*, 2008; Jiang *et al.*, 2011; 晋齐鸣等, 2013; 姜玉英等, 2014; 江幸福等, 2014)。1 代粘虫成虫每年春季 5 月末至 6 月初都会借助西南气流迁入东北, 通常以 6 月下旬 2 代粘虫幼虫造成危害, 8 月上旬 3 代粘虫幼虫发生危害概率低。自 2012 年起, 粘虫在东北的发生动态发生了明显变化。2012 年, 3 代粘虫幼虫在我国华北和东北部分地区大面积暴发, 为害的主要作物为玉米和水稻, 发生面积高达 374 万 hm^2 , 其中严重发生面积达到 54.5 万 hm^2 , 危害面积之广、损失之惨重过去几十年少见。3 代粘虫在东北聚集暴发的两个重要因素分别是适宜的温湿度条件给 2 代粘虫的种群壮大提供了前提条件, 7 月下旬的风场和频繁降雨非常不利于 2 代成虫的迁出, 致使 2 代成虫在东北地区滞留定殖, 造成 3 代幼虫的集中暴发为害 (张云慧等, 2012)。继 2012 年后, 2013、2015、2017、2018 年, 3 代粘虫继续多年在东北部分地区严重暴发, 3 代粘虫重危害在东北地区渐呈常态化 (孙嵬等, 2018a, 2018b)。3 代粘虫频繁猖獗, 给农业生产造成极大的威胁, 损失

触目惊心, 已经引起了农业主管部门和农民的极大关注。

东北地区 3 代粘虫在玉米田中的为害极具隐蔽性, 时期通常为玉米灌浆期, 此时玉米植株高大、郁闭度高, 粘虫为害很难发现, 即使发现也已经错过最佳防治时期。多年的调查研究发现, 3 代粘虫在玉米田的为害具有以下特点: 首先, 在禾本科杂草丛生的地块粘虫发生概率和程度要显著高于清洁地块; 此外, 在发生严重的玉米地块中, 玉米植株上主要以 4 龄以上幼虫为害为主、鲜见低龄幼虫; 禾本科杂草上先见虫, 玉米植株后受害 (图 1)。

3 代粘虫幼虫在玉米田中的为害特点, 给监测和防治工作造成极大困难。明确其在玉米田的为害特点和形成原因, 是科学主动控害的前提。不难推测, 3 代粘虫在玉米田的危害与 2 代成虫的产卵和 3 代幼虫的取食行为密切相关。植食性昆虫的产卵选择对于后代的生存至关重要 (Mayhew *et al.*, 1997)。以往研究已经表明, 粘虫雌性成虫喜欢在植物干枯叶鞘和缝隙中产卵, 利用枯草把诱杀粘虫卵便是利用了这一特性。粘虫对不同的寄主植物取食也具有显著选择性, 禾本科植物是粘虫喜食的主要寄主种类 (蒋婷等, 2017), 取食不同寄主植物造成的营养差异对粘虫的发育具有显著影响 (孙金如等, 1991)。

依据上述东北地区 3 代粘虫玉米田为害特点, 粘虫的产卵和取食与寄主植物、环境条件及

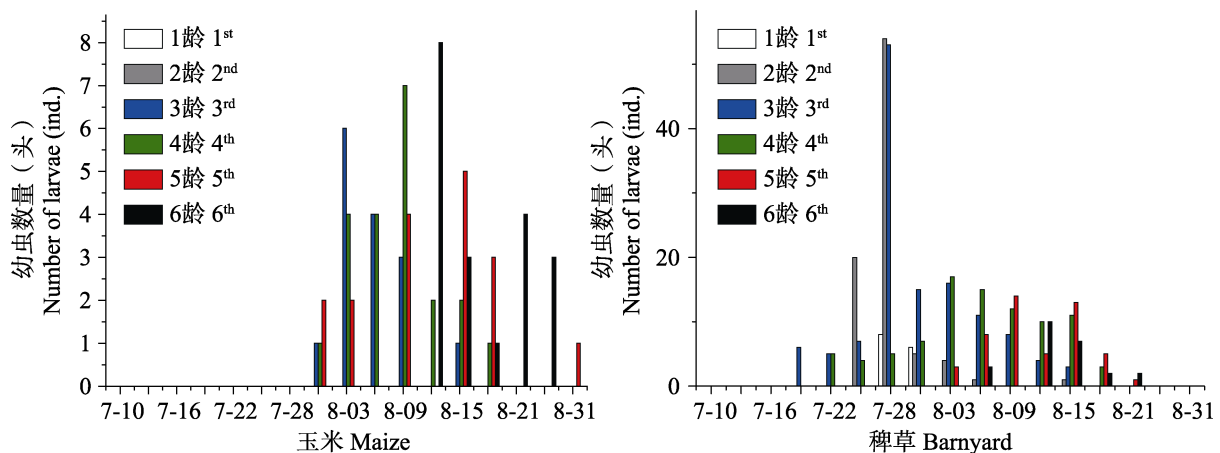


图 1 玉米及稗草植株上幼虫龄期和数量动态

Fig. 1 Dynamics of larva instar and quantity on barnyard grass and maize plant

幼虫龄期应该存在密切联系。为准确解释 3 代粘虫在玉米田的为害行为特点,本研究对 2 代粘虫成虫的产卵行为和 3 代粘虫幼虫的取食选择性进行试验,以期揭示东北地区 3 代粘虫在玉米田为害行为机制,为粘虫的监测和防控提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试虫源:于 2017 年 6 月 2 代粘虫幼虫发生高峰期,在吉林省农业科学院玉米田采集高龄幼虫。饲养条件为温度(25 ± 1)、相对湿度 $60\% \pm 10\%$ 、光周期 14 L:10 D,幼虫以新鲜玉米中部叶片饲养,成虫以 10%蜂蜜水饲喂,建立试验种群。产卵试验选取同一批羽化的成虫和将要羽化的蛹,幼虫试验选取发育一致的各龄幼虫。

供试植物:共 3 种植物,分别为玉米 *Zea mays* cv. (翔玉 998)、稗草 *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.、谷子 *Setaria italica* cv. (公矮 2 号)。其中,玉米和谷子种子购于吉林省农业科学院种子销售大厅,稗草种子于 2016 年在吉林省农业科学院试验田内采集。根据这些植物的播种适期在 4 月下旬至 5 月初种植于吉林省农业科学院试验田。其中,玉米共种植两块系统调查田,每块地大小为 900 m^2 ,2 块地间隔 50 m,谷子和稗草种植于玉米田地头,各种植 5 垄,每笼 5 m。

1.2 方法

1.2.1 3 代粘虫幼虫的田间调查 自 7 月 10 日起,分别在玉米田及稗草地进行粘虫幼虫调查,方法如下:每块系统调查田内随机调查 10 点,每点 10 株,2 块系统调查田共计 200 株,逐株检查叶片、叶腋、雌雄穗及干叶卷缝内的虫量、虫龄;稗草地调查则用手拍打作物,作物下方用搪瓷盘($0.30\text{ m} \times 0.45\text{ m}$)接住落下的幼虫,检查幼虫数量、虫龄,稗草地共拍打 30 盘。

1.2.2 成虫产卵行为研究

1.2.2.1 产卵节律 在 2 代粘虫成虫产卵期(7 月中下旬),于室外及田间同时设置罩笼,罩笼

的制作方法参照金翠霞和何忠(1965),并稍作改进。室外设置小型罩笼($0.5\text{ m} \times 0.5\text{ m} \times 0.5\text{ m}$),每笼接入初羽化雌、雄成虫各 15 头,并以 4 根 0.45 m 长的白色塑料绳作为产卵介质,设 3 次重复;田间设置大型罩笼($2.5\text{ m} \times 2.5\text{ m} \times 2.5\text{ m}$),内含玉米(20 株)和稗草(盖度 90%以上),接入初羽化雌、雄成虫各 25 头以及将要羽化的雌蛹、雄蛹各 25 头,插入直径 5 cm,长度 50 cm 的谷草把 5 把作为粘虫产卵介质,设 3 次重复。自成虫和蛹放入笼内之日起,大小罩笼内每日添加 10%蜂蜜水饲喂成虫,每天 8:00 进行卵量调查 1 次,自见卵之日起,时间调整为每 3 h 调查 1 次,每天分 8 个时段调查卵量, :8:00-11:00、 :11:00-14:00、 :14:00-17:00、 :17:00-20:00、 :20:00-23:00、 :23:00-02:00、 :2:00-5:00、 :5:00-8:00。

1.2.2.2 产卵选择性试验时间及田间大罩笼设置方法同 1.2.2.1,笼内不插入谷草把。次日上午 8:00 起分别调查玉米和稗草上的落卵量,设 3 次重复。

1.2.3 幼虫取食行为研究 幼虫取食选择性参照汤清波和王琛柱(2007)的 Jermy 叶碟改进法,从实验室饲养的幼虫中挑选健康的 2-6 龄幼虫饥饿处理 4 h 后供试,供试植物叶片分别为玉米、稗草和谷子,谷子叶片作为参照叶片,同一龄期幼虫取食选择试验各供试叶片面积相同,根据不同虫龄幼虫取食量差异,各龄幼虫试验供试叶面积不同,2 龄: 2.27 cm^2 、3 龄: 6 cm^2 、4 龄: 12 cm^2 、5 龄: 20 cm^2 、6 龄: 40 cm^2 。2-3 龄幼虫使用直径 20 cm 的培养皿进行试验,底部放置直径 18 cm 的滤纸,使滤纸刚好铺满培养皿底部,并倒入 5 mL 蒸馏水保持滤纸湿润以便对供试叶片进行保湿,每种寄主植物在培养皿中放置 3 片叶碟,摆放顺序依次为玉米、稗草、谷子,采用对角线法将叶片等距离放在同一培养皿内的滤纸边缘,使每一叶片到培养皿中心的距离相同,每个培养皿一次性放置 20 头幼虫于培养皿中心位置,幼虫投入后盖上皿盖防治逃逸;4-6 龄幼虫则使用直径 30 cm 的,白色圆盆进行试验,每盆

放置 10 头幼虫,投入方法和位置与 2-3 龄幼虫一致,利用保鲜膜封口。每龄幼虫试验重复 6 次。自投入幼虫后每 12 h 观察 1 次,共观察 2 次,记录幼虫取食叶片信息。根据如下公式,计算幼虫选择率。

$$\text{幼虫选择率(\%)} = \frac{\text{该寄主叶片区域内幼虫数}}{\text{培养皿内幼虫总数}} \times 100$$

幼虫取食量试验方法与选择性试验方法相近,每个培养皿放置 1 头幼虫于培养皿中心位置,每龄幼虫试验重复 30 次,自投入幼虫后 24 h 观察一次,采用透明方格纸制作测量工具,计数减少的叶片面积,面积大于半格记为 1 格,小于半格则忽略不计,以取食叶片面积代表取食量。

1.3 数据统计分析

试验数据的处理使用 Excle 2007 软件完成,对各处理数据应用 SPSS 21.0 软件进行单因素方差分析(One-way ANOVA),应用 Duncan's 多重比较法对处理间的差异进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 3 代粘虫幼虫的田间调查

田间调查发现,稗草上 3 代粘虫幼虫发生期自 7 月 19 日至 8 月 21 日,而玉米植株上的幼虫发生期自 7 月 31 日至 8 月 31 日,稗草上首先发现粘虫幼虫,比玉米植株上早 12 d。稗草上各龄期幼虫数量占总虫量百分比分别为 1 龄:3.60%、2 龄:21.85%、3 龄:32.91%、4 龄:22.88%、5 龄:12.59%、6 龄:6.71%。玉米上没有调查到 1-2 龄幼虫,3-6 龄幼虫数量占总虫量百分比分别为 3 龄:20.83%、4 龄:29.17%、5 龄:23.61%、6 龄:26.39%。可见,出现在稗草上的粘虫以低龄幼虫(3 龄以下)为主,占总虫量的 58.36%,出现在玉米上的幼虫以高龄幼虫(4 龄以上)为主,占总虫量的 79.17%。(图 1)。

2.2 成虫产卵行为研究

2.2.1 产卵节律在小罩笼试验中,粘虫成虫产卵 7 d 的调查数据显示,20:00-23:00 时间段所产卵量最高,占总量的 88.36%,显著高于其他时间

段产卵量($P < 0.01$), 23:00-2:00 与 2:00-5:00 时间段有少量产卵,所占比例分别为 11.2%、0.31% (图 2)。田间大罩笼试验与小罩笼试验结果相吻合 20:00-23:00 时间段所产卵量显著高于其他时段($P < 0.01$), 占总量 93.04%, 11:00-14:00、17:00-20:00、23:00-2:00 与 2:00-5:00 时间段有少量产卵,所占比例分别为 0.74%、1.69%、3.28%、1.24% (图 3)。由此可见,粘虫成虫产卵具有明显的节律性,20:00-23:00 为粘虫产卵高峰时段,其他时段产卵量极少。

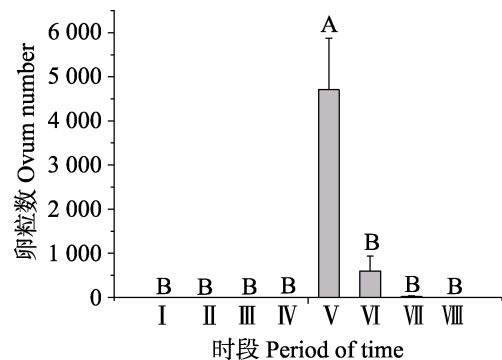


图 2 小罩笼内成虫产卵节律

Fig. 2 Oviposition rhythm of adult moth in small cage

图中数据为平均值±标准误,柱上标有不同大写字母表示差异显著($P < 0.01$, Duncan's 新复极差法检验)。图 3 同。

Date in the figure are mean ± SE. Histograms with different capital letters indicate significant difference by Duncan's multiple range test ($P < 0.01$). The same as Fig. 3.

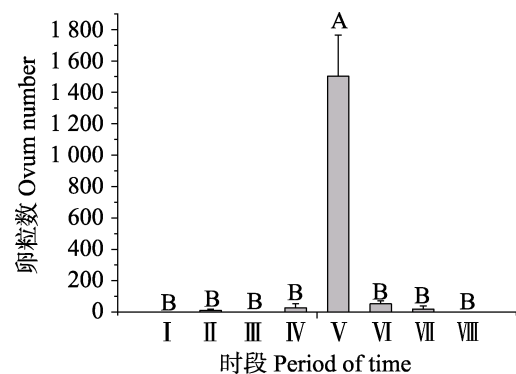


图 3 大罩笼内成虫产卵节律

Fig. 3 Oviposition rhythm of adult moth in big cage

2.2.2 产卵选择性粘虫成虫产卵对稗草和玉米具有明显的选择性,整个试验期间只在稗草上调查到粘虫卵,玉米上没有粘虫产卵。粘虫在稗草

上不同部位的产卵量具有显著差异,在稗草上部干枯叶尖产卵量最高,占总产卵量的 81.98 %,下部干枯叶片次之,占总产卵量的 18.91 %,稗草茎秆和中部叶片没有产卵。稗草上部干枯叶尖的产卵量显著高于下部干枯叶片的产卵量 ($P<0.01$) (表 1)。由此可见,粘虫的产卵不但对寄主植物有明显的选择,对产卵的位置也有显著选择。

表 1 粘虫成虫在稗草不同部位的产卵率
Table 1 Oviposition rate of *Mythimna separate* on different parts of barnyard-grass

部位 Position of plant	产卵率 Oviposition rate (%)
上部干枯叶尖 Withered leaf apex of the top leaves	217.50 ± 55.56 A
下部干枯叶片 Withered leaf of the bottom leaves	50.52 ± 17.92 B
茎 Stem	0 B

表中数据为平均值±标准误,同列数据后标有不同大写字母表示差异显著 ($P<0.01$, Duncan's 新复极差法检验)。Date in the table are mean ± SE and those in the same column followed by different capital letters indicate significant difference by Duncan's multiple range test ($P<0.01$).

2.3 幼虫取食行为研究

2.3.1 幼虫对不同寄主植物的取食选择性 各龄期幼虫对不同寄主植物叶片的取食选择行为存在明显不同。其中 2 龄幼虫对稗草叶片的选择率最高,在 12 h 和 24 h 对稗草的选择率分别为 26.67%和 24.7%,显著高于对玉米和谷子的选择 ($P<0.05$);3-6 龄幼虫均表现为对玉米叶片的高选择率,在 12 h 的选择率分别为 26.67%、51.67%、48.33%、60.00%,在 24 h 的选择率分别为 33.33%、50.00%、31.67%、50.00%,显著高于稗草和谷子 ($P<0.05$)。除 3 龄幼虫对稗草的选择显著高于谷子外 ($P<0.05$),其它龄期幼虫在 12 h 和 24 h 对稗草与谷子之间的选择无显著差异 ($P>0.05$)。从 12 h 和 24 h 内粘虫对不同植物叶片的选择行为看,3 龄以上幼虫随着龄期的增长对玉米的选择性逐渐增强 (图 4, 图 5)。

2.3.2 幼虫对不同寄主植物的取食量 用取食叶面积代表取食量,2 龄幼虫 24 h 对玉米的取食量最高,为 1.71 cm^2 ,对稗草的取食量为 1.195 cm^2 ,对谷子的取食量为 0.055 cm^2 ,对稗草和玉米之间的取食量差异不显著 ($P>0.05$),但显著高于谷子 ($P<0.05$);3 龄幼虫 24 h 对稗草的取食量最高,为 9.37 cm^2 ,玉米次之,为 3.735 cm^2 ,谷子最少,为 0.305 cm^2 ,对稗草的取食量显著高于玉米和谷子 ($P<0.05$),其中对

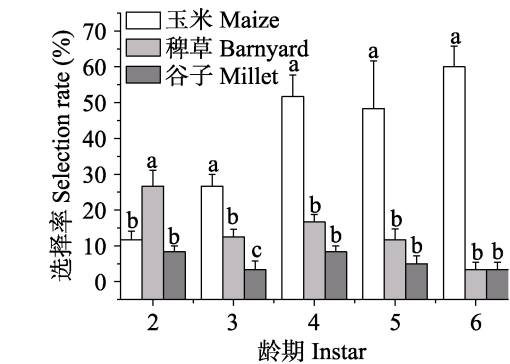


图 4 各龄幼虫在 12 h 对 3 种寄主植物的选择率
Fig. 4 Selectivity of each instar larva on three host plants after 12 h

柱上标有不同小写字母表示数据在 0.05 水平上差异显著 ($P<0.05$)。下图同。
Histograms with different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

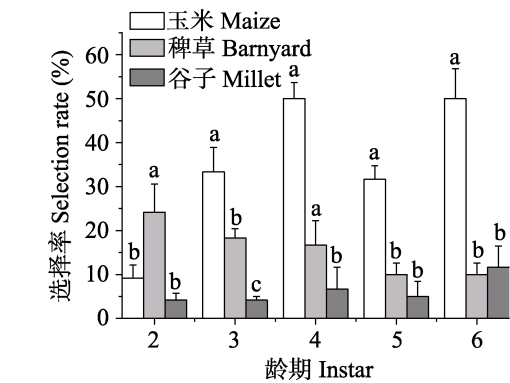


图 5 各龄幼虫在 24 h 对 3 种寄主植物的选择率
Fig. 5 Selectivity of each instar larva on three host plants after 24 h

玉米的取食量显著高于谷子 ($P<0.05$)。4-6 龄幼虫均对玉米的取食量最高,分别为 40.64、322.59、605.63 cm^2 , 其对玉米的取食量显著高于稗草和谷子 ($P<0.05$), 对稗草和谷子之间的取食量差异不显著 ($P>0.05$) (图 6)。由此可见, 2-3 龄幼虫对稗草具有一定的取食倾向性, 4-6 龄幼虫对玉米具有取食倾向性。

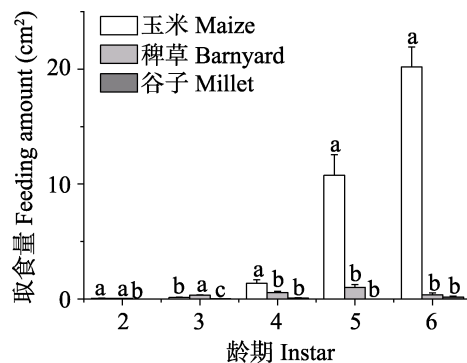


图 6 各龄幼虫在 24 h 内对不同寄主植物的取食量

Fig. 6 Feeding amount of each instar larva on different host plant during 24 h

3 结论与讨论

植食性昆虫对寄主的选择性研究一直是昆虫与植物互作研究领域的热点,昆虫产卵的寄主特性与后代存活率之间的关系得以广泛关注。进化化学理论认为,昆虫一般选择在最有利于后代生长发育的高品质寄主上产卵,孵化的幼虫可以得到最优的营养条件以便更好的生长发育,该理论被称为“Preference Performance”(Renwick and Chew, 1994; Cesar and Luis, 2014)。同时,大量的研究表明有些昆虫并不选择最有利于后代生长发育的寄主上产卵,而是选择较为隐蔽的场所所以得到庇护,避免天敌的捕食从而提高后代的存活率,称之为“Refuge Theory”(Bradford *et al.*, 1993)。粘虫的产卵行为研究表明,其选择性更符合“Refuge Theory”,粘虫喜欢在干枯叶片或枯鞘中产卵,枯草上的卵块被天敌的捕食概率大大降低(尹姣等, 2007)。近年来东北地区秸秆覆盖还田面积逐年增加,调查发现 6 月下旬 2 代粘虫在秸秆覆盖田发生明显重于其他田块,这也

进一步印证了粘虫成虫产卵的趋枯性。本研究对粘虫在稗草和玉米上的产卵选择性进行比较发现,粘虫喜欢选择稗草产卵,且产卵部位均为上部枯黄叶尖和底部枯黄叶片,在植株鲜绿部位未发现产卵,在玉米植株上亦未见卵,结合 3 代粘虫幼虫发生的实际特点,表明郁闭度高的玉米田中禾本科杂草枯叶是 2 代粘虫产卵的重要场所。7 月下旬东北地区玉米植株整株鲜绿,可能也是粘虫不选择产卵的重要原因。

昆虫对食物的选择性多以化学刺激作为决定择食的最主要因素。化学感受器是昆虫识别寄主的主要工具,如植食性昆虫通常以植物的次生物质作为信息化合物或取食刺激剂。昆虫借助内部和外部信号主动调整姿态及其空间位置,视觉、气味、声音、信息素和热源辐射等都对昆虫近距离寻找食物寄主行为有重要帮助(王政等, 2014)。对鳞翅目昆虫的取食选择性研究较多,玉米螟、甜菜夜蛾、二点委夜蛾(张娜等, 2009; 袁志华等, 2013; 韩慧等, 2016)等多种鳞翅目主要害虫都具有显著的取食偏好。粘虫的取食偏好性非常明显,喜好禾本科植物,由于高龄幼虫具有很强的迁徙能力,这便让幼虫的取食选择更具主动性。以往的取食选择性研究表明,在不同寄主植物处理中,各龄粘虫幼虫均会优先选择玉米取食(蒋婷等, 2017)。而本研究针对东北地区 3 代粘虫取食选择性试验结果表明,2 龄幼虫对稗草具有显著的选择,而随着幼虫龄期的增长,粘虫对玉米的选择越来越强,这一表现与 3 代粘虫幼虫在田间取食行为非常吻合,田间幼虫调查数据能很好的印证这一试验结果,即田间稗草上以 3 龄以下幼虫为主体,而玉米上则以 3 龄以上幼虫为主体(图 1)。不难推断,造成本试验与先前试验结果上的差异应该与选择的玉米叶片质量有关。随着玉米生育期的推进,玉米叶片内纤维素和半纤维素含量逐渐升高(蒋海荣等, 2005),8 月上旬东北地区玉米叶片纤维素和半纤维素含量很高,对于低龄幼虫的取食不利,取食纤维素含量较低的稗草叶片,无疑对低龄幼虫的发育更为有利。从东北地区 2 代粘虫成

虫的产卵和 3 代幼虫取食行为综合分析,发现粘虫的产卵行为既符合“Preference Performance”,又符合“Refuge Theory”,雌性成虫在鲜嫩的稗草枯叶上产卵既能很好的躲避天敌的捕食,又能为低龄幼虫的发育提供了良好的取食条件。以往调查发现只有 4 龄以上幼虫才具备长距离转移地块危害的特点,因此造成 3 代粘虫低龄幼虫在稗草上聚集的另外一个原因可能是低龄幼虫的转移为害能力差。

本研究的结果对于东北地区 3 代粘虫卵、幼虫的监测以及防治具有重要的指导意义。3 代粘虫卵的监测可以利用稗草作为诱集植物,通过稗草枯叶上的卵量预测幼虫的发生量;3 代粘虫幼虫的监测应该重点关注稗草等禾本科杂草,这是第一时间掌握幼虫发生动态的关键。此外,粘虫的防治必须要在幼虫 3 龄之前,只有准确掌握稗草等禾本科杂草上的幼虫动态,才能抓住防治时机,精准防治。

参考文献 (References)

- Bradford AH, Matthew BT, Michael EH, 1993. Refuge theory and biological control. *Science*, 262(5138): 1429–1432.
- Cesar AM, Luis AF, 2014. Preference-performance linkage in the diamondback moth, *Plutella xylostella*, and implications for its management. *Journal of Insect Science*, 14(85): 1–14.
- Han H, Li JW, Meng XY, Yu Y, Chen H, Wei GS, Li LL, 2016. Oviposition and feeding preferences of *Athetis lepigone* (Mschler) to different host plants. *Plant Protection*, 42(3): 123–127. [韩慧, 李静雯, 门兴元, 于毅, 陈浩, 魏国树, 李丽莉, 2016. 二点委夜蛾对不同植物的产卵和取食选择. 植物保护, 42(3): 123–127.]
- Jin CX, He Z, 1965. Introduction for feeding armyworm. *Entomological Knowledge*, 9(6): 51–52. [金翠霞, 何忠, 1965. 粘虫饲养方法介绍. 昆虫知识, 9(6): 51–52.]
- Jiang HR, Wang JH, Xie RZ, Huang WJ, Tan TW, Zhou SL, 2005. Canopy spectral reflectance in relation to the leaf cellulose contents at different vertical layers of maize plants. *Transactions of the CSAE*, 21(10): 5–8. [蒋海荣, 王纪华, 谢瑞芝, 黄文江, 谭昌伟, 周顺利, 2005. 玉米叶片纤维素含量与冠层光谱特征的研究. 农业工程学报, 21(10): 5–8.]
- Jing QM, Gao YB, Su QF, Chen LJ, Zhang W, Li H, Jia J, Meng LM, Ma YY, 2013. Effect of heavy damage caused by oriental armyworm outbreak to corn yield and characteristics. *Journal of Maize Sciences*, 21(6): 131–134. [晋齐鸣, 高月波, 苏前富, 陈立军, 张伟, 李红, 贾娇, 孟玲敏, 马莹莹, 2013. 玉米粘虫暴发流行对玉米产量和性状表征的影响. 玉米科学, 21(6): 131–134.]
- Jiang T, Huang Q, Jiang XB, Ling Y, Cheng YC, Fu CQ, Wu BQ, Huang SS, Li C, Huang FK, Long LP, 2017. Feeding preference of larvae of three species of armyworm on four host plants. *Journal of Southern Agriculture*, 48(8): 1415–1420. [蒋婷, 黄芊, 蒋显斌, 凌炎, 陈玉冲, 符诚强, 吴碧球, 黄所生, 李成, 黄凤宽, 龙丽萍, 2017. 3 种粘虫幼虫对 4 种寄主植物的取食选择. 南方农业学报, 48(8): 1415–1420.]
- Jiang XF, Luo LZ, Zhang L, Sappington TW, Hu Y, 2011. Regulation of migration in *Mythimna separata* (Walker) in China: a review integrating environmental, physiological, hormonal, genetic, and molecular factors. *Environmental Entomology*, 40(3): 516.
- Jiang XF, Zhang L, Cheng YX, Luo LZ, 2014. Novel features, occurrence trends and economic impact of the oriental armyworm, *Mythimna separata* (Walker) in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(6): 1444–1449. [江幸福, 张蕾, 程云霞, 罗礼智, 2014. 我国粘虫发生危害新特点及趋势分析. 应用昆虫学报, 51(6): 1444–1449.]
- Jiang YY, Li CG, Zeng J, Liu J, 2014. Population dynamics of the armyworm in China: A review of the past 60 years' research. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(4): 890–898. [姜玉英, 李春广, 曾娟, 刘杰, 2014. 我国粘虫发生概况: 60 年回顾. 应用昆虫学报, 51(4): 890–898.]
- Mayhew PJ, 1997. Adaptive patterns of host-plant selection by phytophagous insects. *Oikos*, 79(3): 417–428.
- Renwick JAA, Chew FS, 1994. Oviposition behavior in *Lepidoptera*. *Annu. Rev. Entomol.*, 39: 377–400.
- Sun JR, Sun JR, Hu Y, 1991. Effects of different plant feeding on growth, development and reproduction of *Mythimna separate* (Walker). *Beijing Agricultural Sciences*, (6): 26–29. [孙金如, 孙京瑞, 胡毅. 1991. 不同植物饲料对粘虫生长、发育和繁殖的影响. 北京农业科学, (6): 26–29.]
- Sun W, Cheng ZJ, Gao YB, Su QF, Zhou JC, Wang JS, Zhang JJ, 2018a. The autumn migration of the third generation armyworm *Mythimna separata* (Walker): Radar observations and trajectory analysis. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 55(2): 160–167. [孙巍, 程志加, 高月波, 苏前富, 周佳春, 王金生,

- 张娇娇, 2018a. 三代粘虫成虫迁飞的雷达观测与分析. 应用昆虫学报, 55(2): 160–167.]
- Sun W, Cheng ZJ, Gao YB, He SC, Zhou JC, 2018b. Analysis of the source of third-generation armyworm separate (Walker) in Gongzhuling, Jilin province in 2015. *Plant Protection*, 44(2): 89–93. [孙巍, 程志加, 高月波, 赫思聪, 周佳春, 2018b. 2015 年吉林省公主岭三代黏虫的虫源分析. 植物保护, 44(2): 89–93.]
- Tang QB, Wang CZ, 2007. Leaf disc test used in caterpillar feeding preference study. *Chinese Bulletin of Entomology*, 44(6): 912–915. [汤清波, 王琛柱, 2007. 一种测定鳞翅目幼虫取食选择的方法——叶碟法及其改进和注意事项. 昆虫知识, 44(6): 912–915.]
- Wang Z, Meng QQ, Zhong GH, 2014. Study on the feeding behavior process and mechanism of phytophagous insect. *Journal of Environmental Entomology*, 36(4): 612–619. [王政, 孟倩倩, 钟国华, 2014. 植食性昆虫取食行为过程及机制研究. 环境昆虫学报, 36(4): 612–619.]
- Ying J, Xue YG, Qiao HB, Li KB, Hu Y, Cao YZ, 2007. The significance of oviposition site selection and effect of color in orientation by oriental armyworm, *Mythimna separata* Walker. *Acta Ecologica Sinica*, 27(6): 2483–2489. [尹姣, 薛银根, 乔红波, 李克斌, 胡毅, 曹雅忠, 2007. 粘虫(*Mythimna separate* Walker) 选择产卵场所的意义及颜色在定位中的作用. 生态学报, 27(6): 2483–2489.]
- Yuan ZH, Guo JF, Wang ZY, He KL, Bai SX, 2013. Feeding preference of the Asia corn borer larvae for different host plants. *Acta Phytophylacica Sinica*, 40(3): 205–210. [袁志华, 郭井菲, 王振营, 何康来, 白树雄, 2013. 亚洲玉米螟幼虫对不同寄主植物的取食选择性. 植物保护学报, 40(3): 205–210.]
- Zhang N, Guo JY, Fang WH, Wu G, 2009. Oviposition and feeding preferences of *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) to different host plants. *Acta Entomologica Sinica*, 52(11): 1229–1235. [张娜, 郭建英, 万方浩, 吴刚, 2009. 甜菜夜蛾对不同寄主植物的产卵和取食选择. 昆虫学报, 52(11): 1229–1235.]
- Zhang L, Jiang XF, Luo LZ, 2008. Determination of sensitive stage for switching migrant oriental armyworms into residents. *Environmental Entomology*, 37(6): 1389–1395.
- Zhang YH, Zhang Z, Jiang YY, Zeng J, Gao YB, Cheng DF, 2012. Preliminary analysis of the outbreak of the third-generation armyworm *Mythimna separata* in China in 2012. *Plant Protection*, 38(5): 1–8. [张云慧, 张智, 姜玉英, 曾娟, 高月波, 程登发, 2012. 2012 年三代粘虫大发生原因初步分析. 植物保护, 38(5): 1–8.]