

两种烟草对烟夜蛾实验种群和自然种群增长的影响

付晓伟¹, 郭线茹^{1,*}, 罗梅浩¹, 原国辉¹, 胡 锐², 杨新影¹, 李 亮¹

(1. 河南农业大学植物保护学院, 450002 河南, 郑州; 2. 河南省郑州市植保植检站, 450007 河南, 郑州)

摘要: 烟夜蛾对黄花烟草的产卵趋性显著高于普通烟草, 为明确亲代成虫的产卵选择行为对其后代种群增长的影响, 分别在室内和自然条件下, 应用生命表技术测定了两种烟草对烟夜蛾的生长发育和存活、食物的转化和利用以及种群增长的影响。结果表明: (1) 室内 (26 ± 1) °C、(75 ± 5) % R.H 和 16L:8D 光周期条件下, 与普通烟草相比, 黄花烟草上幼虫的发育历期显著延长, 1~3 龄各期幼虫的存活率及雌蛾产卵量显著降低, 种群净增殖率 ($R_0 = 16.1086$) 和内禀增长率 ($r_m = 0.0848$) 减小。(2) 6 龄幼虫对两种烟草的相对取食量 (RCR) 和近似消化率 (AD) 无显著差异, 但是对黄花烟草的利用率 (ECI)、转化率 (ECD) 及其相对生长率 (RGR) 显著下降。(3) 第二代烟夜蛾在普通烟田的种群数量呈上升趋势 ($I = 1.0325 > 1$), 而在黄花烟田呈下降趋势 ($I = 0.6577 < 1$), 第三代烟夜蛾种群在两种烟田均呈下降趋势, 但普通烟田的种群增长 ($I = 0.4571$) 大于黄花烟田 ($I = 0.3592$)。这些结果表明, 黄花烟草较不适合烟夜蛾的繁殖和种群增长, 其寄主适合性不如普通烟草。

关键词: 烟草; 烟夜蛾; 生命表; 种群参数; 食物的利用和转化; 营养指标; 寄主适合性

文章编号: 1000-0933 (2009) 05-2340-09 中图分类号: Q143, Q145, Q968.1 文献标识码: A

Effects of two tobacco species on experimental and natural population dynamics of *Helicoverpa assulta* Guenée

FU Xiao-Wei¹, GUO Xian-Ru^{1,*}, LUO Mei-Hao¹, YUAN Guo-Hui¹, HU Rui², YANG Xin-Ying¹, LI Liang¹

1 College of Plant Protection, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China

2 Workstation of Plant Protection and Plant Quarantine, Henan Province, Zhengzhou, Henan 450007, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(5): 2340 ~ 2348.

Abstract: The ovipositing preference of *Helicoverpa assulta* Guenée to *Nicotiana rustica* was much higher than that to *Nicotiana tabacum*. In order to identify the influence of host selection preference of parental adults on the population growth of later generations, the effects of the two tobacco species on the growth development and survivorship, food utilization and conversion, as well as population dynamics of *Helicoverpa assulta* Guenée under experimental and natural conditions, respectively, were studied by the life-table method. The results showed that: (1) When reared on *N. rustica*, under laboratory conditions with (26 ± 1) °C, (75 ± 5) % relative humidity and 16L:8D photoperiod, the development duration of *H. assulta* larvae significantly prolonged, while the survival rate of each stage of larvae from 1st to 3rd instar and the fecundity of female adults reduced notably, and the net reproductive rate ($R_0 = 16.1086$) and innate capacity of increase ($r_m = 0.0848$) decreased. (2) There were no significant differences in the relative consumption rate (RCR) and approximate digestibility (AD) between the 6th instar larvae reared with two tobacco species. Compared to the larvae feeding on *N. tabacum*, the relative growth rate (RGR), efficiency conversion of ingestion (ECI) and digestion (ECD) of larvae on *N. rustica* significantly decreased. (3) The 2nd generation population of *H. assulta* in *N. tabacum* tobacco field ($I = 1.9922 > 1$) increased but declined in *N. rustica* tobacco field ($I = 0.6577 < 1$), the increase of the 3rd generation population slowed down in both two tobacco fields, while the population increasing was faster in *N. tabacum* field ($I = 0.4571$) than in *N. rustica* field ($I = 0.3592$). These results indicated that *N. rustica* plant was comparatively not suitable

基金项目: 河南省杰出青年科学基金资助项目 (074100510013)

收稿日期: 2008-01-31; 修订日期: 2008-05-08

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xrguod@sina.com

for the population increase and reproduction of *H. assulta*, therefore its host suitability was lower than *N. rustica*.

Key Words: tobacco; *Helicoverpa assulta* (Guenée); life-table; population parameter; utilization and conversion of food; nutritional indices; host suitability

烟夜蛾 *Helicoverpa assulta* Guenée 又名烟实夜蛾或烟青虫,属鳞翅目(Lepidoptera)夜蛾科(Noctuidae),为世界动物区系中东洋、古北、澳洲和非洲区的共有种,嗜食烟草和辣椒等茄科植物,是一种世界性农业害虫^[1, 2]。烟草是我国重要的经济作物,其中栽培和利用较广的是普通烟草 *Nicotiana tabacum* L. 和黄花烟草 *N. rustica* L., 20 世纪 90 年代初该虫对我国长江中下游各烟区的危害逐年加重,一般年份产量损失 5% ~ 10%,大发生时可达 15% 以上^[3],严重影响了烟叶的产量和品质。昆虫依靠某种植物建立种群是该种昆虫寄主定向、寄主接受和寄主适应的综合结果,对于鳞翅目昆虫来说,雌成虫对寄主植物的产卵选择性在很大程度上决定了后代幼虫食料植物的范围和宽度^[4],在研究中发现,室内条件下黄花烟草对烟夜蛾有极强的产卵引诱活性^[5],在两种烟草的混栽田,烟夜蛾与其近缘种棉铃虫的混合种群在黄花烟草上的落卵量显著高于普通烟草,同样管理水平下,烟草全生育期平均百株累计落卵量在黄花烟田高达 15120 粒,而与之相邻的普通烟田仅有 42 粒^[6, 7]。烟夜蛾亲代成虫对这两种烟草明显不同的产卵选择行为,对其后代幼虫的寄主适应和种群增长有何影响,尚缺乏系统研究。

在寄主-昆虫-天敌的三级营养关系中,寄主的上行控制作用(Bottom-up)和天敌的下行控制作用(Top-down)直接或间接地影响着昆虫的多度及分布,是调节昆虫种群发生和消长的重要因子^[8, 9]。国内外对烟夜蛾的研究多集中在寄主范围的确定、天敌种类的调查及其功能反应等^[2, 10~15],而有关该虫的寄主抗性与天敌数量的动态关系等研究却鲜有报道。生命表技术是研究昆虫种群动态的常用手段,自 Morris 等^[16]应用生命表技术研究柞色卷蛾 *Choristoneura fumiferana* Clem 的自然种群动态以来,该技术已成为评价昆虫与寄主的互作关系、寄主抗性、昆虫种群动态及其发展趋势的有效方法^[17],其中以作用因子组配生命表的方法^[18],已被成功地应用于多种天敌的控害效果研究^[19~22],虽然有关烟夜蛾生命表的研究已有报道^[23~27],但对同一生态区不同种类烟草上烟夜蛾种群生命表的比较研究尚未见报道。因此,为探明烟夜蛾亲代成虫对普通烟草和黄花烟草产卵趋性差异对其后代种群增长的影响,作者构建了烟夜蛾在这两种烟草上的实验种群和自然种群生命表,借以分析二者对烟夜蛾寄主适合度的差异,期望为探讨烟夜蛾寄主选择的生理和生态适应机制、改进生态调控措施和筛选抗虫烟草品种等提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料与昆虫

供试植物普通烟草(品种:K326)和黄花烟草(品种:马合烟)由河南农业大学农学院烟草学系提供,室内育苗后移栽到河南农业大学科教园区试验田,株距 50 cm,行距 100 cm,烟草全生育期不施任何杀虫剂,其它栽培管理措施同常规。

在烟田采集烟夜蛾的老熟幼虫,室内化蛹后将雌、雄蛹分开,待成虫羽化后鉴定和区分种类并饲以 10% 的蔗糖水,幼虫用人工饲料^[28]在 $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、 $(75 \pm 5)\%$ R.H 和 16L:8D 光周期的人工气候箱内饲养 2 代后供试验用。

1.2 实验种群生命表的调查

1.2.1 幼虫和蛹的发育历期及存活率

采集烟株上、中部同一叶位的嫩叶,冲洗干净后用打孔器制成 $d = 6\text{cm}$ 的小圆片,放入 $d \times h = 2.5\text{cm} \times 0.8\text{cm}$ 的无菌指形管中(幼虫 3 龄前每管 1 片,3 龄后每管 2 片),用毛笔接入同批初孵幼虫单头饲养,普通烟草 120 管,黄花烟草 150 管,每天同一时间记录幼虫的存活和脱皮情况(以脱下的头壳为准)并更换新鲜烟叶。幼虫化蛹后转移到新的无菌指形管内(1 头/管),每天记录蛹的存活情况(以毛笔触动蛹体,5s 内腹部不摆动

者为死亡),化蛹 3d 后鉴定雌雄并逐个称重(精确至 0.00001 g)。

1.2.2 成虫的寿命和产卵量

两种烟草上同日羽化的成虫,各自按 ♀:♂ = 1:1 配对后置于 $V=1.0\text{ L}$ 的透明广口塑料瓶内(1 对/瓶),瓶底放置浸有成虫饲料的脱脂棉,瓶口盖上单层脱脂纱布供成虫产卵。逐天记录成虫的存活数和纱布上的卵粒数,直到所有成虫死亡。

1.2.3 卵的发育历期和孵化率

当两种烟草上羽化的成虫达产卵高峰时,分别标记同一天产的卵 150 粒以上,放于倒置的下铺湿滤纸的培养皿中,每天记录孵出的幼虫数,至无幼虫孵出止。

1.3 6 龄幼虫对两种烟草的利用和转化

在实验种群生命表调查的同时,用同样方法以两种烟草各饲养一批幼虫,进入 5 龄第 2 天后,分别转移到没有食物的无菌指形管内(1 头/管),待幼虫进入 6 龄后(5 龄化蛹的不计):

(1) 各取 10~20 头称取鲜重,80℃ 下烘干至恒重,测其含水量。

(2) 再各取 10~20 头称取鲜重,根据测得的含水量推算出试前幼虫干重(C),然后分别饲以两种烟草叶片,48 h 后取出剩余食物并饥饿 6 h,使其排空粪便,然后将试虫和粪便在 80℃ 下烘干至恒重,得到试后幼虫干重(D)和粪便干重(E)。

(3) 用同样方法得到试前烟叶干重(A)和试后烟叶干重(B),计算各营养指标^[26]:

$$\text{幼虫相对生长率} = (D - C) / \{ [(C + D) / 2] \times T \}$$

$$\text{幼虫相对取食量} = (A - B) / \{ [(C + D) / 2] \times T \}$$

$$\text{食物利用率}(\%) = [(D - C) / (A - B)] \times 100$$

$$\text{食物转化率}(\%) = [(D - C) / (A - B - E)] \times 100$$

$$\text{近似消化率}(\%) = [(A - B - E) / (A - B)] \times 100$$

1.4 烟夜蛾自然种群动态的调查

1.4.1 卵和各龄幼虫存活率的测定

采用分期接卵(幼虫)、分期回收法进行调查,即将烟夜蛾的卵同时定量(均不少于 100 粒)接到两种烟草植株的顶部,并挂牌做好标记,48 h 后回收卵并马上接 1 龄幼虫,再过 48 h 后回收 1 龄幼虫并接上 2 龄幼虫,余类推,各龄幼虫接种数均不少于 100 头。每次接卵或幼虫前都对烟株进行人工抹卵和除虫。

分别将两种烟草上回收的卵带回室内,以损失量作为被捕食的卵粒数,继续观察并记录被寄生的卵粒数,幼虫孵化完全后,不孵化的卵按未授精处理,即不孕的卵粒数。同样,将回收的各期幼虫带回室内,以损失量作为被捕食的幼虫数,然后移至无菌指形管中单头饲养,逐日观察被寄生和感染病菌的幼虫数,至成虫羽化止。

为校正调查的误差,在两种烟田内各设 1 个 60 目的防虫网($l \times w \times h = 12\text{ m} \times 5\text{ m} \times 2\text{ m}$),在田间接卵或幼虫的同时,也分别在网内接卵不少于 100 粒、各期幼虫不少于 50 头,分期回收,以校正自然条件下所调查的卵或幼虫数。

1.4.2 蛹羽化率的测定

在两种烟田内各设 1 个下端开口的铁纱笼($d \times h = 30\text{ cm} \times 60\text{ cm}$),埋于土下 15~20 cm,放入预蛹期的幼虫 30 头以上,让其自行入土,次日剔除未入土的幼虫,统计自然条件下蛹的羽化率。

1.5 数据分析

1.5.1 实验种群生命参数的分析

两种烟草上的幼虫历期、成虫寿命、产卵量等均用 DPS 6.55 数据处理系统进行 t -测验;卵孵化率、幼虫存活率的差异比较采用 χ^2 测验。生命参数根据以下公式^[29]计算:

$$\text{种群净增殖率 } R_0 = \sum l_x m_x$$

$$\text{世代平均周期 } T = \sum l_x m_x x / \sum l_x m_x$$
$$\text{内禀增长率 } r_m = (\ln R_0) / T$$
$$\text{周限增长率 } \lambda = e^{r_m}$$
$$\text{种群加倍时间 } t_d = \ln 2 / r_m = 0.6931 / r_m$$

式中, l_x 表示 x 期间的存活率, m_x 表示 x 期间平均每雌产雌数。

1.5.2 存活率曲线的分析

根据威布尔频数分布理论模型(weibull frequency distribution): $S(t) = \exp[-(t/b)^c]$ 拟合烟夜蛾在两种烟草上的特定年龄存活率曲线,式中 $S(t)$ 为年龄 t 时的死亡率, b 为尺度参数, c 为形状参数,当 $c > 1$ 时,死亡率是年龄的增函数;当 $c = 1$ 时,死亡率为一常量;当 $c < 1$ 时,死亡率是年龄的降函数。拟合后进行柯尔莫哥诺夫—斯米尔诺夫检验(Kolmogorov-Smirnor test),分析存活率最终为零的存活曲线^[30]。以上数据均用统计软件 SPSS11.5 进行分析。

1.5.3 自然种群生命表的组建和分析

以作用因子组建烟夜蛾在两种烟田内的自然种群生命表^[31],种群趋势指数 $I = N_2/N_1 = S_1S_2S_3, \dots, S_kFP_F P_\varphi$,式中 N_1 、 N_2 为当代和下代的种群数量, $S_1, S_2, S_3, \dots, S_k$ 为各作用因子相对应的存活率, P_φ 为雌性比, F 为雌虫最高产卵量(生殖力), P_F 为实际产出率(实际生殖力/最高生殖力)。

2 结果与分析

2.1 两种烟草对烟夜蛾实验种群生长发育和繁殖的影响

2.1.1 卵和幼虫的发育历期

取食普通烟草和黄花烟草后,烟夜蛾幼虫的 5 龄化蛹率分别为 44.68% 和 55.88%,6 龄化蛹率分别为 55.32% 和 44.12%。取食黄花烟草的幼虫,其 1 龄和 2 龄的发育历期及幼虫期显著长于取食普通烟草的,而其它各龄幼虫的发育历期在两种烟草上无显著差异(表 1)。

表 1 两种烟草对烟夜蛾卵和幼虫发育历期的影响
Table 1 Effects of two tobacco species on developmental duration of eggs and larvae of *H. assulta*

供试植物 Tested plants	发育历期 Developmental duration (d)							
	卵 Eggs	1 龄 1 st instar	2 龄 2 nd instar	3 龄 3 rd instar	4 龄 4 th instar	5 龄 5 th instar	6 龄 6 th instar	幼虫期 Cumulative duration
普通烟 <i>N. tabacum</i>	3.57 ± 0.81	3.77 ± 1.03	2.58 ± 0.65	2.15 ± 0.64	1.95 ± 0.38	2.14 ± 0.66	2.54 ± 0.58	14.13 ± 2.28
黄花烟 <i>N. rustica</i>	2.62 ± 0.77	5.01 ± 0.60	3.38 ± 0.60	2.05 ± 0.54	2.08 ± 0.47	2.45 ± 0.87	3.00 ± 0.93	16.54 ± 1.97
t-测验值 t-value	9.00 **	9.43 **	6.87 **	0.89	1.45	1.95	1.74	5.11 **

表中数据为平均值 ± 标准差,* 和 ** 分别表示两种烟草间的差异显著($p < 0.05$)和($p < 0.01$),表 2 和表 3 同 Data in the table are presented as mean ± SD,* and ** indicates the difference at the level of $p < 0.05$ and $p < 0.01$ between two tobacco species respectively; the same below.

2.1.2 幼虫对两种烟草的利用率和转化率

从 6 龄幼虫的主要营养指标(表 2)可以看出,与普通烟草相比,除幼虫对黄花烟草的相对取食量略有增

表 2 两种烟草对烟夜蛾 6 龄幼虫营养指标的影响
Table 2 Effects of two tobacco species on the nutritional indices of the 6th instar larvae of *H. assulta*

指标 Indices	普通烟 <i>N. tabacum</i>	黄花烟 <i>N. rustica</i>	t-测验值 t-value
相对生长率 Relative Growth Rate (RGR, mg/(mg·d))	0.54 ± 0.02	0.43 ± 0.02	12.02 **
相对取食量 Relative Consumption Rate (RCR, mg/(mg·d))	2.17 ± 0.19	2.22 ± 0.13	0.73
近似消化率 Approximate Digestibility (AD, %)	58.34 ± 10.06	55.76 ± 10.91	0.55
食物利用率 Efficiency Conversion of Ingestion (ECI, %)	43.76 ± 6.29	35.47 ± 3.98	3.53 **
食物转化率 Efficiency Conversion of Digestion (ECD, %)	25.00 ± 1.60	19.39 ± 1.12	9.05 **

加外,其它各指标均有所下降,且相对增长率、食物的利用率和转化率呈现显著下降,表明幼虫不能有效地将取食的黄花烟草转化为自身营养。

2.1.3 蛹期、蛹重和成虫的繁殖力

两种烟草上烟夜蛾的蛹期无显著差异,但性别间的差异显著,雄蛹的蛹期均比雌蛹的长。与普通烟草相比,取食黄花烟草后烟夜蛾雌蛹的重量显著减轻,雌性比下降,雌蛾的产卵前期和产卵期显著缩短,产卵量显著减少,但成虫的寿命在两种烟草上无显著差异(表3)。

表3 两种烟草对烟夜蛾蛹期、蛹重及成虫繁殖力的影响

Table 3 Effects of two tobacco species on the duration and weight of pupae as well as fecundity of female adults of *H. assulta*

指标 Indices	普通烟 <i>N. tabacum</i>	黄花烟 <i>N. rustica</i>	<i>t</i> -测验值 <i>t</i> -value
蛹期 Pupal duration (d)			
雌蛹 Female pupae	10.53 ± 0.61	10.18 ± 1.47	0.74
雄蛹 Male pupae	11.79 ± 0.98	11.38 ± 1.54	0.97
<i>t</i> -测验值 <i>t</i> -value	5.19 **	2.17 *	
蛹重 Pupal weight (mg)			
5 龄幼虫所化的蛹 Pupa from 5th instar larva ♀	231.60 ± 10.95	217.45 ± 5.57	2.92 *
♂	228.01 ± 7.54	222.89 ± 5.46	1.92
6 龄幼虫所化的蛹 Pupa from 6th instar larva ♀	245.50 ± 7.32	236.33 ± 6.10	2.37 *
♂	233.98 ± 6.34	229.37 ± 4.75	1.96
雌蛾 Female moth			
性比 Sex ratio (♀:♂)	0.7917:1	0.6250:1	
产卵前期 Pre-oviposition duration (d)	3.21 ± 0.58	2.10 ± 0.32	5.51 **
产卵量 Fecundity (grain)	324.21 ± 21.55	173.80 ± 25.98	4.47 **
产卵期 Oviposition period (d)	8.71 ± 1.27	6.30 ± 2.00	3.62 **
寿命 Longevity (d)	10.53 ± 4.46	8.18 ± 2.40	1.87
雄蛾 Male moth			
寿命 Longevity (d)	7.75 ± 3.96	9.17 ± 2.74	1.30

2.1.4 特定年龄的存活率

从两种烟草对烟夜蛾特定年龄存活率的影响(表4和图1)可知,黄花烟草上1~3龄各期幼虫的存活率显著低于普通烟草,但卵的孵化率、4~6龄各期幼虫的存活率及羽化率在两种烟草上无显著差异。

表4 两种烟草对烟夜蛾卵孵化率和幼虫存活率的影响

Table 4 Effects of two tobacco species on survival rate of eggs and larvae of *H. assulta*

供试植物 Tested plants	卵 Eggs	1 龄 1 st instar	2 龄 2 nd instar	3 龄 3 rd instar	4 龄 4 th instar	5 龄 5 th instar	6 龄 6 th instar	羽化率 (%) Emergence rate
普通烟 <i>N. tabacum</i>	63.41	72.57	81.71	97.01	95.38	87.10	87.04	91.49
黄花烟 <i>N. rustica</i>	61.22	56.16	64.63	79.25	95.24	92.50	91.89	85.29
χ^2	0.10	6.69 *	5.25 *	7.92 *	0.19	0.28	0.15	0.27

* 表示烟草种间的差异显著(χ^2 测验, $p < 0.05$) Indicates significant difference between two tobacco species (Chi-square test, $p < 0.05$)

以威布尔频数分布理论模型拟合该种群存活率曲线,结果表明:

普通烟草上 $S(t) = \exp[-(t/20.12)^{0.97}]$, 其中 $b = 20.12 \pm 0.75$, $c = 0.97 \pm 0.06$, $R^2 = 0.9166^{**}$

黄花烟草上 $S(t) = \exp[-(t/11.15)^{0.69}]$, 其中 $b = 11.15 \pm 0.42$, $c = 0.69 \pm 0.03$, $R^2 = 0.9485^{**}$

两种烟草上烟夜蛾存活率曲线的形状参数 c 都小于 1,说明烟夜蛾取食两种烟草,幼虫期的死亡率均较高,Kolmogorov-Smirnov test 检验结果表明,两条存活率曲线存在显著差异($n_1 = 113$, $n_2 = 146$, $p < 0.05$),表明与普通烟草相比,黄花烟草较不适合烟夜蛾的存活。

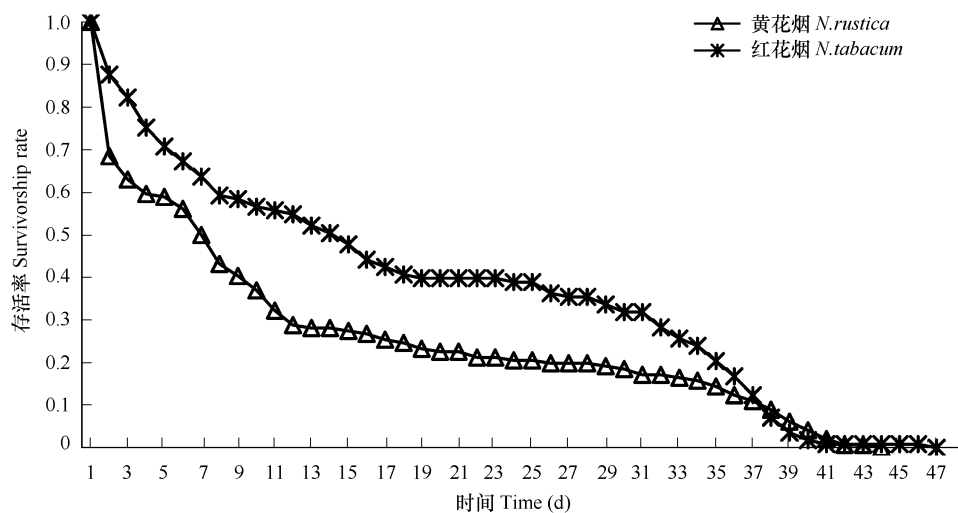


图1 室内条件下同批孵化的烟夜蛾在两种烟草上的存活率曲线((26±1)℃)

Fig. 1 The survivorship curve of *H. assulta* hatching in the same day and reared on two tobacco species under experimental conditions

2.1.5 两种烟草对烟夜蛾实验种群增长的影响

根据单头连续饲养的观察结果,按实际雌雄性比,组建了(26±1)℃,(75±5)% *R. H.* 和 16L:8D 光周期条件下,烟夜蛾取食两种烟草的特定年龄生命表及生殖力表,得到了烟夜蛾实验种群在两种烟草上的生命参数(表5)。

从表5可以看出,与普通烟草相比,取食黄花烟草后烟夜蛾实验种群的净增殖率、内禀增长率和周限增长率均减小,种群加倍时间延长,表明烟夜蛾在普通烟草上的生长发育及增殖能力均大于黄花烟草上的。这些研究结果与表1~4的结果一致。

2.2 烟夜蛾自然种群在两种烟田的增长趋势

根据烟夜蛾在两种烟田的自然种群动态调查结果和网室内的校正观察结果,分别组建了烟夜蛾在普通烟田和黄花烟田2个连续世代的生命表,结果表明,烟夜蛾在两种烟田内均能完成连续世代的生长发育和繁殖。其中第二代发生时(最高气温33.4℃,最低气温18.5℃,平均气温24.4℃,降雨量5.6 mm),烟夜蛾在普通烟田的种群数量呈上升趋势($I=1.0325>1$),而在黄花烟田呈下降趋势($I=0.6577<1$);随着温度升高和降雨量的增加,第三代烟夜蛾在两种烟田的种群数量均呈下降趋势(最高气温37.3℃,最低气温18.9℃,平均气温26.3℃,降雨量19.5 mm),但普通烟田的种群增长($I=0.4571$)大于黄花烟田($I=0.3592$)。

表5 两种烟草对烟夜蛾实验种群生命参数的影响

Table 5 Effects of two tobacco species on the life parameters of experimental population of *H. assulta*

生命参数 Life parameters	普通烟 <i>N. tabacum</i>	黄花烟 <i>N. rustica</i>
净增殖率 Net Reproductive Rate (R_0)	40.6859	16.1085
平均世代周期 Mean Generation Time (T)	42.0000	32.7735
内禀增长率 Intrinsic Rate of Increase (r_m)	0.0882	0.0848
周限增长率 Finite Rate of Increase (λ)	1.0922	1.0885
种群加倍时间 Population Doubling Time (t)	7.8557	8.1734

3 小结与讨论

昆虫对寄主植物的消化、转化和利用效率等指标,可以反映出昆虫在该寄主植物上生长发育的优劣程度,常被用来表示昆虫对寄主的利用情况和嗜食程度^[32~34]。烟碱是一种昆虫神经毒剂,添加烟碱的人工饲料可

使烟夜蛾对食物的利用率和近似消化率分别下降 11.62% 和 15.38%^[35],当烟碱含量达到 0.5% 时,可使烟夜蛾的近似消化率显著下降^[36]。黄花烟草中蛋白质、总氮和烟碱的含量高于普通烟草,而总糖和还原糖的含量显著小于普通烟草^[36],本研究表明,烟夜蛾 6 龄幼虫在两种烟草上的相对取食量和近似消化率无显著差异,但幼虫对黄花烟草的利用率、转化率和相对生长率显著下降,说明两种烟草营养成分含量的差异,显著地影响了幼虫对食物的消化、吸收和利用,由此可推测黄花烟草中不含助长或抑制幼虫取食的物质,但含有影响幼虫中肠消化和吸收的物质,即黄花烟草对烟夜蛾的防御物质。营养物质和烟碱含量等的差异,对烟草与烟夜蛾的互作关系有何影响,尚待进一步的研究。

昆虫种群的丰盛度主要由种群的发育速率、存活率和增殖能力综合决定,种群趋势指数和内禀增长率是衡量昆虫种群增长及增殖能力的重要指标,能为不同寄主条件下昆虫种群丰盛度的比较提供理论依据,一般而言,在寄主植物上较短的发育时间和较大的繁殖能力能够反应出某种昆虫对特定寄主植物的适应性^[37, 38]。室内条件下,两种烟草上烟夜蛾的发育历期、存活率和产卵量等均存在显著差异,主要表现为黄花烟草延长了幼虫的发育历期,降低了 1~3 龄幼虫的存活率,以及成虫的产卵量,从而导致该种群较低的内禀增长率、净增殖率和周限增长率,这也是烟夜蛾在黄花烟田连续世代的种群增长小于普通烟田的根本原因,这些结果表明,黄花烟草对烟夜蛾有较强的上行控制作用,其寄主适合性不如普通烟草。

植物的化学指纹图谱和营养成分是影响昆虫行为、生长发育和繁殖的主要因素,昆虫可通过增大自身生理和生态的可塑性不断演化出多种适应机制来提高其适应性,适宜的寄主植物对昆虫既具有良好诱致和助长取食的作用,又能使其后代具有最大的发育速率、存活率和生殖力^[32, 39]。对于多数鳞翅目昆虫来说,雌成虫的产卵趋性对后代幼虫取食植物的范围和宽度有重要影响,结合以往的研究结果^[5~7]综合表明,普通烟草对烟夜蛾成虫虽无显著的诱致效应^[5],但能较好地促进其后代幼虫的生长发育和繁殖,是幼虫生长的适宜寄主而非成虫产卵的适宜寄主,而黄花烟草虽能引诱烟夜蛾产卵,却不适合其后代种群的增长和繁殖,是成虫产卵的适宜寄主而非幼虫生长的适宜寄主,因此,在两种烟草上,烟夜蛾亲代成虫产卵的适宜寄主与后代幼虫生长的适宜寄主出现了分离,这种分离现象与烟夜蛾较窄的寄主范围及其寡食性的形成是否有关,尚需进行深入研究;两种烟草对烟夜蛾寄主适合度的差异可为抗虫烟草品种的筛选工作提供参考;同时,黄花烟草能吸引烟夜蛾成虫产卵^[5, 7],但不能提供最适于后代种群生长发育、存活和繁殖的营养,压低了整个烟田生态系统中烟夜蛾的种群数量,因此,生产上可在普通烟田合理间种黄花烟草,这在烟夜蛾的综合治理中具有重要的实际意义。

References:

- [1] Guo X R, Ma J S, Luo M H, *et al.* Advances of *Helicoverpa assulta* Guenée. *Acta Tabacaria Sinica*, 2000, 6(3): 37–42.
- [2] Li J H. Characteristic of host plant and laboratory alimentation of *Helicoverpa armigera* Hübner and *H. assulta* Guenée. *Chinese Bulletin of Entomology*, 1986, 23(1): 12–14.
- [3] Xie L Q, Jiang M X, Zhang X X. Effect of temperature and humidity on laboratory population of *Heliothis assulta*. *Acta Entomologica Sinica*, 1998, 41(1): 61–69.
- [4] Wang C Z, Dong J F, Tang D L, *et al.* Host selection of *Helicoverpa armigera* and *H. assulta* and its inheritance. *Progress in Natural Science*, 2004, 14(10): 880–884.
- [5] Luo M H, Xue W W, Liu X G, *et al.* Studies on the attraction effect of different tobacco varieties to oviposition of *Helicoverpa assulta* Guenée and *H. armigera* Hübner. *Journal of Henan Agricultural University*, 2006, 40(2): 198–200.
- [6] Jiang J W, Guo X R, An S H, *et al.* The seasonal characters of the arthropod community in tobacco field in the mountain area of western Henan. *Journal of Henan Agricultural University*, 2001, 35(4): 317–323.
- [7] Jiang J W, Guo X R, Luo M H, *et al.* The seasonal characters of arthropod community in different types of tobacco. *Acta Tabacaria Sinica*, 2003, 9(1): 35–38.
- [8] Wu H C, Zhang C, Li Z S, *et al.* Bottom-up effect of the tritrophic system interactions among host plants, phytophagous insects and natural enemies. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2006, 22(8): 414–418.
- [9] Wang D L. Progress in the coadaptation and coevolution between plants and herbivores. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(11): 2641–2647.

- [10] Hwang C Y, Choi K M, Park J S. Studies on bionomics of the oriental tobacco budworm *Heliothis assulta* Guenée. Research Reports of the Rural Development Administration. Plant Environment, Mycology and Farm Products, Utilization, Korea Republic, 1987, 29(2): 95—113.
- [11] Barbour J D, Farrar R R Jr, Kennedy G G. Interaction of fertilizer regime with host-plant resistance in tomato. Entomol. Exp. Appl., 1991, 60(3): 289—300.
- [12] Barras D J, Joiner R L, Vinson S B. Neutral lipid composition of the tobacco budworm *Heliothis virescens* as affected by its habitual parasite, *Cardiochiles nigriceps* Viereck. Comp. Biochem. Physiol., 1970, (36): 775—785.
- [13] Luo M H, Guo X R, Ma J S, et al. Study on the biological characteristics of tobacco budworm. In: Research of China tobacco insects: Theory and Practice. Beijing: China Agricultural Sciencetech Press, 1996. 189—195.
- [14] Yang L M, Yang B L, Pu Y F, et al. An observation on the bionomics of *Helicoverpa assulta* (Guenée) in Honghe Prefecture of Yunnan. Journal of Yunnan Agricultural University, 1999, 14(1): 11—15.
- [15] Zhao F, Li J, Zhang J S. Comparison of selection and adaptability of two closely related *Helicoverpa* species to their host plants. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2000, 28(4): 61—64.
- [16] Morris R F, Miller C A. The development of life table for the spruce budworm. Canadian Journal of Zoology, 1954, (32): 283—301.
- [17] Zhou Z S, Chen Z P, Deng H B, et al. Life table of natural population of *Spodoptera litura* (Fabricius) on tobacco and taro. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(4): 1515—1523.
- [18] Pang X F. The constitution and application of population control index. Acta Phytophylacica Sinica, 1990, 17(1): 11—16.
- [19] Pang X F, Liang G W. Studies on the population dynamics and control of rice leaf roller in Hailing Island, Guangdong Province II. The relationships of between several important ecological factors and the population size, and simulation of the population dynamics of the pest in 2nd generation. Journal of South China Agricultural University, 1982, 3(2): 13—27.
- [20] He Y R, Lu L H, Pang X F. Construction and analysis of the natural population life table for continuous generation of the diamondback moth, *Plutella xylostella* L. Journal of South China Agricultural University, 2000, 21(1): 34—37.
- [21] Lu L H, He Y R, Pang X F. Effects of cruciferous vegetables on natural populations of the diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(12): 2624—2630.
- [22] Zheng C L, Liu X D, Zhai B P. The fitness of host biotypes of the cotton aphid (*Aphis gossypii* Glover) to host plants and their reciprocal transfer pathways. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(5): 1880—1886.
- [23] Marcos T F, Rejesus R S. Population dynamics of *Helicoverpa* spp. in tobacco growing area of Ilocos Norte and La Union. Philippine Entomologist, 1992, 8(6): 1227—1246.
- [24] Wu K J, Gong P Y, Yuan Y M. Is tomato plant the host of the oriental tobacco budworm, *Heliothis assulta* (Guenée). Acta Entomologica Sinica, 2006, 49(3): 421—427.
- [25] Xie L Q, Jiang M X, Zhang X X. Effect of temperature and humidity on laboratory population of *Heliothis assulta*. Acta Entomologica Sinica, 1998, 41(1): 61—69.
- [26] Zhang Y, Wang K Y, Yuan X L, et al. Growth, development and fecundity of oriental tobacco budworm, *Helicoverpa assulta*, reared on an artificial diet and a natural plant diet. Chinese Bulletin of Entomology, 2006, 43(4): 545—548.
- [27] Li Y J, Wu K M, Lu S D. Mass rearing of the oriental tobacco budworm for sterile insect technique programs. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2007, 21(1): 75—78.
- [28] Wu K J, Gong P Y, Li X Z. Studies on artificial diets for rearing the tobacco budworm, *Helicoverpa assulta* (Guenée). Acta Entomologica Sinica, 1990, 33(3): 301—308.
- [29] Xu R M. The Ecology of Insect Population. Beijing: Beijing Normal University Press, 1987.
- [30] Guo J Y, Gabor L. LÖVEI, et al. Survival and development of the wolf spider *Alopecosa pulverulenta* feeding on cotton aphid *Aphis gossypii* propagated on transgenic cotton. Acta Entomol. Sin., 2006, 49(5): 792—799.
- [31] Pang X F, Liang G W. System Control of Pest Population. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 1995. 24—30.
- [32] Qin J D. The physiological bases of phagous-characters of herbivore insect. Acta Entomol. Sin., 1980, 23(1): 106—122.
- [33] Qin J D. The Relationship between Insects and Plants-Insect-Plant Interactions and Their Coevolution. Beijing: Science Press, 1987: 38—58.
- [34] Dong J F, Zhang J H, Wang C Z. Effects of plant allelochemicals on nutritional utilization and detoxication enzyme activities in two *Helicoverpa* species. Acta Entomol. Sin., 2002, 45(3): 296—300.
- [35] Xu G, Qin J D. Responses of two *Heliothis* species to plant secondary substances: the influence of host secondary substances on larval growth and food utilization. Acta Ent Sin., 1987, 30(4): 359—366.
- [36] Xiao X Z. Chemistry of Tobacco. Beijing: China Agricultural Sciencetech Press, 1997. 61—80.
- [37] Lenteren V J C, Noldus L P J J. Whitefly-plant relationship: Behavioral and ecological aspects. In: Gerling D ed. Whiteflies: Their Bionomics,

Pest Status and Management. England: Intercept Andover, Hampshire, 1990: 47—89.

- [38] Li X Z, Liu Y H, Tian Y. Effects of six host plants on the development and fecundity of *Cicadulina bipunctella*. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(8): 1431—1434.
- [39] Qin J D. Host specificity and nutrition of phytophagous insects. Acta Entomol. Sin., 1962, 11(2): 169—185.

参考文献:

- [1] 郭线茹, 马继盛, 罗梅浩, 等. 烟夜蛾 *Helicoverpa assulta* Guenée 研究新进展. 中国烟草学报, 2000, 6(3): 37~42.
- [2] 李锦华. 棉铃虫和烟青虫的寄主特点和室内饲养观察. 昆虫知识, 1986, 23(1): 12~14.
- [3] 谢立群, 蒋明星, 张孝羲. 温湿度对烟青虫实验种群的影响. 昆虫学报, 1998, 41(1): 61~69.
- [5] 罗梅浩, 薛伟伟, 刘晓光, 等. 不同烟草品种对烟实夜蛾和棉铃虫产卵引诱作用的研究. 河南农业大学学报, 2006, 40(2): 198~200.
- [7] 蒋金炜, 郭线茹, 罗梅浩, 等. 不同类型烟草上节肢动物群落季节特征. 中国烟草学报, 2003, 9(1): 35~38.
- [8] 巫厚长, 章超, 李正珊, 等. 寄主植物—害虫—天敌三营养层系统相互作用的上行控制. 中国农学通报, 2006, 22(8): 414~418.
- [9] 王德利. 植物与草食动物之间的协同适应及进化. 生态学报, 2004, 24(11): 2641~2647.
- [13] 罗梅浩, 郭线茹, 马继盛, 等. 烟青虫生物学特性研究. 见: 中国烟草昆虫研究: 理论和实践. 北京: 中国农业科技出版社, 1996. 189~195.
- [14] 杨录明, 杨本立, 普耀芳, 等. 烟青虫生物学特性观察. 云南农业大学学报, 1999, 14(1): 11~15.
- [15] 赵飞, 李捷, 张京社. 烟青虫与棉铃虫对寄主植物的选择及适应能力的比较研究. 山西农业科学, 2000, 28(4): 61~64.
- [17] 周忠实, 陈泽鹏, 邓海宾, 等. 烟草和香芋上斜纹夜蛾的自然种群生命表. 生态学报, 2007, 27(4): 1515~1523.
- [18] 庞雄飞. 种群数量控制指数及其应用. 植物保护学报, 1990, 17(1): 11~16.
- [19] 庞雄飞, 梁广文. 广东省海陵岛稻纵卷叶螟的种群动态和控制研究 II: 几种重要生态因子与稻纵卷叶螟种群大小的关系及第二代的种群动态. 华南农业大学学报, 1982, 3(2): 13~27.
- [20] 何余容, 吕利华, 庞雄飞. 小菜蛾自然种群连续世代生命表的组建与分析. 华南农业大学学报, 2000, 21(1): 34~37.
- [21] 吕利华, 何余容, 庞雄飞. 四种十字花科蔬菜上小菜蛾自然种群连续世代生命表. 生态学报, 2003, 23(12): 2624~2630.
- [22] 郑彩玲, 刘向东, 翟保平. 棉花型和黄瓜型棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover) 的寄主适应性及转移通道. 生态学报, 2007, 27(5): 1880~1886.
- [24] 吴坤君, 龚佩瑜, 阮永明. 番茄是烟青虫的寄主植物吗? 昆虫学报, 2006, 49(3): 421~427.
- [25] 谢立群, 蒋明星, 张孝羲. 温湿度对烟青虫实验种群的影响. 昆虫学报, 1998, 41(1): 61~69.
- [26] 张勇, 王开运, 原晓玲, 等. 人工饲料与天然饲料饲养条件下烟青虫的生长发育和繁殖力比较. 昆虫知识, 2006, 43(4): 545~548.
- [27] 李咏军, 吴孔明, 罗术东. 烟青虫人工大量饲养技术的研究. 核农学报, 2007, 21(1): 75~78.
- [28] 吴坤君, 龚佩瑜, 李秀珍. 烟青虫人工饲料的研究. 昆虫学报, 1990, 33(3): 301~308.
- [29] 徐汝梅. 昆虫种群生态学. 北京: 北京师范大学出版社, 1987.
- [30] 郭建英, Gabor L. LÖVEI, 万方浩, 韩召军. 取食转基因抗虫棉上的棉蚜对粉舞蛛存活和发育的影响. 昆虫学报, 2006, 49(5): 792~799.
- [31] 庞雄飞, 梁广文. 害虫种群系统的控制. 广州: 广东科学技术出版社, 1995. 24~30.
- [32] 钦俊德. 植食性昆虫食性的生理基础. 昆虫学报, 1980, 23(1): 106~122.
- [33] 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. 北京: 科学出版社, 1987. 38~58.
- [34] 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. 昆虫学报, 2002, 45(3): 296~300.
- [35] 许纲, 钦俊德. 实夜蛾属二近缘种对寄主植物次生物质的反应: 次生物质对幼虫生长和食物利用的影响. 昆虫学报, 1987, 30(4): 359~366.
- [36] 肖协忠. 烟草化学. 北京: 农业科技出版社, 1997. 61~80.
- [38] 李小珍, 刘映红, 田艳. 六种寄主植物对二点叶蝉生长发育和繁殖的影响. 应用生态学报, 2004, 15(8): 1431~1434.
- [39] 钦俊德. 植食性昆虫的食性和营养. 昆虫学报, 1962, 11(2): 169~185.