思茅新木蛾幼虫取食行为的研究*

王 斌[1] 陈 凌[2] 张天澍[1] 蔡永立[2] 李 恺[1]**

(1. 华东师范大学生命科学学院 上海 200062; 2. 华东师范大学资源与环境科学学院 上海 200062)

摘 要 本文对思茅新木蛾 *Neospastis simaona* Wang 幼虫的取食行为、取食偏好性以及明暗条件对其取食量的影响进行了观察研究,为该昆虫的防治提供了理论依据。研究结果表明:思茅新木蛾幼虫随着龄期的增加,取食次数增多,取食总时间增加,但一次取食时间无明显变化;思茅新木蛾幼虫对木荷(*Schima superba*)有强烈嗜食性,4龄幼虫喜食木荷幼叶,5、6龄幼虫对木荷幼叶、成熟叶无明显偏好性;明暗条件对思茅新木蛾4至6龄幼虫的取食量没有显著影响($P>0.05$)。

关键词 思茅新木蛾,取食行为,取食偏好性

Research on the feeding behavior of *Neospastis simaona* larvae

WANG Bin[1] CHEN Ling[2] ZHANG Tian-Shu[1] CAI Yong-Li[2] LI Kai[1]**

(1. School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China;
2. School of Resources and Environment Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract The feeding behavior and feeding preference of *Neospastis simaona* Wang larvae was studied, including the effect of the light or dark conditions on food consumption. The results showed that the mean frequency and the total time spent on feeding increased with instar, whereas the time spent on each meal did not. *N. simaona* larvae preferred the leaves of *Schima superba*. The 4th instars preferred young leaves but the 5th and 6th instars did not display a preference between young and old leaves. Light or dark conditions did not influence food consumption of the 4th—6th instars ($P>0.05$).

Key words *Neospastis simaona*, feeding behavior, feeding preference

昆虫的取食行为是指昆虫摄取食物以及与此相关的一系列活动,一般同种昆虫个体的取食行为表现出相似的和该种特有的固定模式(Hsiao, 1995; Agrawal *et al.*, 2002)。对昆虫取食行为特征的纪录和描述可以揭示昆虫的食性,从而为人为干扰害虫对寄主植物种类或取食部位的选择,设计综合防治该害虫的新方法提供线索(胡祖庆等, 2005)。

思茅新木蛾 *Neospastis simaona* Wang 隶属于鳞翅目 Lepidoptera 木蛾科 Xyloryctidae 新木蛾属 *Neospastis*。目前已有学者对其分类学特征和发生规律进行了描述(王淑霞,2005; 陈凌, 2008),但对其取食行为等方面的研究尚未见有确切报道。本文对思茅新木蛾幼虫取食行为进行了观察研究,分析了思茅新木蛾幼虫的取食偏好性和明暗条件对其取食量的影响,试图揭示思茅新木蛾幼虫的食性选择机制,为更有效地防治这种害虫提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

于2007年3月和2008年3月对思茅新木蛾幼虫在野外状态的取食行为进行了观察,同时,从福建梅花山国家自然保护区常绿阔叶林的木荷(*Schima superba*)植株上采回思茅新木蛾的卵,将其带回实验室,待其孵化后,供给幼虫新鲜的植物叶片进行饲养,观察研究其取食行为和取食偏好性。

* 资助项目:上海市启明星跟踪计划项目(10QH1400700)、国家自然科学基金项目(30570329)。

** 通讯作者,E-mail: kaili@bio.ecnu.edu.cn

收稿日期:2011-01-09,接受日期:2011-04-21

1.2　实验方法

1.2.1　取食行为的观察　在野外状态下,思茅新木蛾幼虫有筑巢的现象,会吐丝在两片叶子之间做巢,不便观察取食行为,故将思茅新木蛾幼虫带回室内进行饲养观察。将幼虫单独放在直径为 9 cm 的透明培养皿中进行饲养,使思茅新木蛾幼虫在叶子和培养皿壁之间做巢,每次投喂单片木荷叶片,透过培养皿壁观察其取食行为,设置 10 个重复。

1.2.2　取食偏好性的研究　以木荷、油茶(*Camellia oleifera*)、连蕊茶(*Camellia fraterna*)、单耳柃(*Eurya weissiae*)、栲树(*Castanopsis fargesii*)、米槠(*Castanopsis carlesii*)、甜槠(*Castanopsis eyrei*)、南岭栲(*Castanopsis fordii*)、青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)、黄绒润楠(*Machilus grijsii*)、刨花楠(*Machilus pauhoi*)和光叶山矾(*Symplocos lancifolia*)共 12 种植物的新鲜叶片和木荷的幼叶、成熟叶片离体饲养思茅新木蛾幼虫,设 4 ~ 6 龄幼虫每个龄期的第 2 天为预饲期,接下来 3 d 为正式饲喂期。每组 5 只幼虫,每 24 h 为 1 个周期。

食量的测定方法:采用单独饲养测定法。每日定时投放新鲜的植物叶片,以电子天平(0.0001g)称取前次取食剩下的叶片残渣,并设等量对照,日食量为 $Y = A - B/(1 - E)$。其中,A 为当日投食量,B 为残渣量,E 为失水率。日食指数为平均日食量(Y)除以思茅新木蛾幼虫的体重(朱俊洪等,2005)。

食性的测定:每天同时投放 12 种植物叶片,利用选择性指数(selective index, SI)来确定思茅新木蛾幼虫的取食偏好性。选择性指数(SI)采用植物质量比值法测定,以某种植物的相对取食量(relative feeding amount index, RI)与相对生物量(relative biomass, RB)之比计算,即:$SI = RI/RB$。其中,RI 为幼虫取食的某种植物在该种植物中占的质量百分比;RB 为某种植物在食物中占的质量百分比。

根据选择性指数的大小,可划分为 5 个选择等级(表 1)(王旭等,2006)。

1.2.3　明暗条件下取食量的比较　采用人为遮光的方式控制思茅新木蛾 4 ~ 6 龄幼虫在光照和黑暗条件下的时间均为 12 h,分别测量了在光照和黑暗条件下幼虫对木荷叶片的取食量,以 SPSS 的 t 检验分析结果。

表 1　幼虫嗜食程度和选择等级

Table 1　Degree of feeding preference and its selection of larva

嗜食程度 Degree of feeding preference	选择等级 Selection grade	取值范围 Value range
嗜食 Adephagia	4	SI > 1.5
喜食 Preference	3	1.0 < SI ≤ 1.5
可食 Edible	2	0.5 < SI ≤ 1.0
少食 Little eat	1	0 < SI ≤ 0.5
厌食 Anorectic	0	SI = 0

2　结果与分析

2.1　思茅新木蛾幼虫取食行为描述

2.1.1　筑巢　思茅新木蛾幼虫有筑巢的现象,取食和防御都以巢为中心。野外状态下,思茅新木蛾幼虫吐丝将 2 片叶子粘起,随后在 2 片叶子之间吐丝粘住粪便筑巢。巢为两头尖中部宽的菱形,巢长与虫体基本相等,中部较宽便于幼虫在巢内转向;在室内饲养时,幼虫将巢筑在培养皿壁和叶子之间,形态与野外基本一致。

2.1.2　取食　取食时,思茅新木蛾幼虫随机从巢的两端钻出,多为身体的头胸部探出巢外进行取食,尾部留在巢内。取食结束后思茅新木蛾幼虫迅速退回巢内,并重新吐丝将巢口封住。

观察中还发现一种切片取食方式,思茅新木蛾幼虫以口器切下一块叶片,将切下的叶片拖至巢旁进行取食。

2.1.3　取食间隔　思茅新木蛾幼虫在取食间隔多用头部碰撞巢以检查巢的稳固程度,并不断吐丝加固。

2.1.4　防御　思茅新木蛾幼虫在取食中一旦遇到惊扰则立即中断取食,并迅速退回巢内。如巢被损坏,幼虫暴露于巢外时,幼虫会剧烈扭动身体来进行防御。

2.1.5　取食状类型　思茅新木蛾 1、2 龄幼虫在叶片上造成的取食状多为阴面食状和阳面食状;3 龄以后,取食状则呈现多样化,据观察有阳面食状、阴面食状、小孔状、大孔状、缘食状、掏食状、切叶状、长条状 8 种取食状。

2.2 思茅新木蛾 4 至 6 龄幼虫取食行为比较

如表 2 所示,思茅新木蛾 4 ~ 6 龄幼虫随龄期的增加,取食次数和取食总时间都随之增加,取食间隔时间相应的减少,一次取食时间无显著性差异。

表 2 思茅新木蛾 4 ~ 6 龄幼虫取食行为的比较

Table 2 Feeding behavior of the 4th— 6th instars of *Neospastis simaona*

龄期 Age	取食次数 Feeding times	一次取食时间 Time of one feeding active (min)	取食总时间 Total time of feeding active (min)	取食间隔时间 Interval time between feeding actives (min)
4 龄 4th	9.50 ± 0.71^{b}	6.18 ± 0.73^{a}	59.00 ± 11.31^{b}	51.17 ± 4.01^{a}
5 龄 5th	13.75 ± 2.99^{ab}	6.04 ± 0.91^{a}	89.00 ± 21.94^{ab}	23.03 ± 7.61^{b}
6 龄 6th	16.67 ± 3.92^{a}	5.90 ± 2.01^{a}	101.25 ± 17.75^{a}	24.69 ± 2.96^{b}

注:同列平均值后标有相同字母者表示差异不显著($n = 10$, $P > 0.05$, Duncan's 新复极差检验)。

Data followed by the same letters in the same column indicate no significant difference at 0.05 level ($n = 10$, Duncan's new multiple range test).

2.3 思茅新木蛾 4 至 6 龄幼虫对 12 种常绿植物的取食偏好性

研究结果显示,思茅新木蛾 4 ~ 6 龄幼虫对不同植物叶片具有明显的取食偏好性,只取食木荷叶片,选择性指数均高于 1.5,表现出强烈嗜食性。对其余 11 种植物叶片表现出厌食现象,取食量均为 0(表 3)。

2.4 思茅新木蛾 4 至 6 龄幼虫对木荷幼叶和成熟叶的取食偏好性

思茅新木蛾 4 龄幼虫较喜食木荷幼叶,而 5、6 龄幼虫对幼叶和成熟叶的取食偏好性没有显著差异(图 1)。

2.5 明暗条件下思茅新木蛾 4 至 6 龄幼虫取食量对比

从图 2 可以看出,思茅新木蛾 4 ~ 6 龄幼虫在明暗条件下对木荷的取食量没有显著性差异($P > 0.05$)。

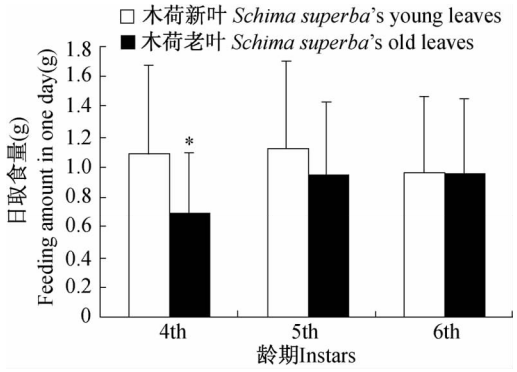

图 1 思茅新木蛾 4 ~ 6 龄幼虫对木荷幼叶和成熟叶片的取食量

Fig. 1 Feeding amount of the 4th— 6th instars of *Neospastis simaona* on *Schima superba*'s young leaves and old leaves

注:组间差异显著性比较采用 t 检验。

* 表示差异显著($P < 0.05$),下图同。

The differences between groups are analyzed by t test.

* indicates significantly different at 0.05 level.

The same below.

3 讨论

研究发现,思茅新木蛾 1、2 龄幼虫,取食状多呈阴面食状和阳面食状,可能是由于幼虫口器尚未发育完全的缘故。3 龄幼虫以后,取食状则呈现多样化,这与王宏伟等(2006)对叶片取食状研究的推测相一致。据实验观察,各取食状之间是动态联系的,如阴面食状和阳面食状接着取食可形成小孔状、大孔状,继而形成掏食状或切叶状。

目前有关昆虫取食活动的调控,相关研究已提出了几种模式,如温度调节机制(Casey,1976)、上颚控制模式(Seath,1977)和消化道容量反馈机

表 3　思茅新木蛾 4 ~ 6 龄幼虫对 12 种植物的取食情况

Table 3　Feeding amount of the 4th— 6th instars of *Neospastis simaona* on 12 plants

序号 Item	龄期 Age	植物种类 Plant species	科名 Family name	平均日食量 Average rate of daily feeding(g)	平均失水率(%) Average rate of water loss	相对取食量 *RI*(%)	相对生物量 *RB*(%)	选择性指数 *SI*(%)
1	4 龄 4th	木荷 *Schima superba*	山茶科 Theaceae	0.0948 ± 0.0809	11.36	38.02	5.93	7.15
	5 龄 5th			0.1036 ± 0.0483	12.21	40.61	3.99	10.16
	6 龄 6th			0.1464 ± 0.0495	13.52	53.79	2.11	25.70
2	4 ~ 6 龄 4th— 6th	油茶 *Camellia oleifera*	山茶科 Theaceae	0	11.28	0	5.30	0
3	4 ~ 6 龄 4th— 6th	连蕊茶 *C. fraterna*	山茶科 Theaceae	0	11.62	0	4.99	0
4	4 ~ 6 龄 4th— 6th	单耳柃 *Eurya weissiae*	山茶科 Theaceae	0	33.01	0	10.39	0
5	4 ~ 6 龄 4th— 6th	栲树 *Castanopsis fargesii*	壳斗科 Fagaceae	0	19.23	0	6.59	0
6	4 ~ 6 龄 4th— 6th	米槠 *C. carlesii*	壳斗科 Fagaceae	0	13.51	0	9.76	0
7	4 ~ 6 龄 4th— 6th	甜槠 *C. eyrei*	壳斗科 Fagaceae	0	13.30	0	9.32	0
8	4 ~ 6 龄 4th— 6th	南岭栲 *C. fordii*	壳斗科 Fagaceae	0	38.42	0	9.01	0
9	4 ~ 6 龄 4th— 6th	青冈 *Cyclobalanopsis glauca*	壳斗科 Fagaceae	0	25.06	0	9.27	0
10	4 ~ 6 龄 4th— 6th	黄绒润楠 *Machilus grijsii*	樟科 Laturaceae	0	32.48	0	9.64	0
11	4 ~ 6 龄 4th— 6th	刨花楠 *M. pauhoi*	樟科 Laturaceae	0	29.53	0	12.73	0
12	4 ~ 6 龄 4th— 6th	光叶山矾 *Symplocos lancifolia*	山矾科 Symplocaceae	0	28.90	0	10.13	0

制(Simpson,1982;Reynolds *et al.*,1986)等。思茅新木蛾 4 ~ 6 龄幼虫取食活动的调控,与消化道容量反馈机制较为吻合,随着取食过程进行,由于消化道上张力感受器的感觉输入和消化负担加重,取食需要则减弱,由于这个周期比较稳定,所以思茅新木蛾幼虫一次取食时间变化不大。而随着龄期的增加,由于幼虫生长需要更多营养,取食次数和取食总时间则随之增加从而摄取更多的营养物质。

昆虫对植物的取食与叶片发育密切相关(Lowman and Box, 1983)。热带雨林的研究结果表明,多数植食性昆虫喜取食植物幼叶(Coley and Aide, 1991);而温带阔叶林的研究表明,温带植物叶片虫食主要发生在成熟叶片上(Coley and Barone, 1996)。有学者提出同种昆虫在其生长发育不同阶段的食性可能也会有所变化(Hochuli, 2001),这与本研究对思茅新木蛾幼虫的观察结果一致。思茅新木蛾 4 龄幼虫喜食木荷幼叶,5、6 龄幼虫则对木荷幼叶和成熟叶没有显著的偏好性,这可能是两者之间协同生长的适应机制。由于思茅新木蛾幼虫发育到 5、6 龄时,木荷的幼叶多数已发育为成熟叶,所以在长期协同进化中思茅新

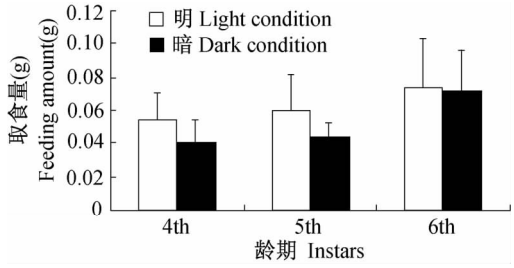

图 2 明暗条件下思茅新木蛾 4 ~ 6 龄幼虫取食量对比

Fig. 2 Feeding amount of the 4th— 6th instars of *Neospastis simaona* under dark or light conditions

木蛾 5、6 龄幼虫的口器和消化器官适应取食木荷的成熟叶。

明暗条件对思茅新木蛾 4 ~ 6 龄幼虫的取食量没有显著影响,这与烟草天蛾 *Manduca sexta*、茶尺蠖 *Ectropis oblique hypulina*(李云寿和胡萃,1990)和中华虎凤蝶 *Luehdorfia chinensis*(胡萃等,1997)的观察结果一致;而与柞蚕 *Anfheraea pernyi* 和飞蝗 *Locusta migratoria* 不同,后两者昼夜变化明显,可能是由于思茅新木蛾幼虫在自己营造的巢内小环境中一直处于较暗的环境,视觉感觉器官退化,所以对明暗条件变化不敏感。

参考文献(References)

Agrawal AA, Vala F, Sabelis MW, 2002. Induction of preference and performance after acclimation to novel hosts in a phytophagous spider mite: Adaptive plasticity? *Am. Nat.*, 159(5):553—565.

Casey TM, 1976. Activity patterns, body temperature and thermal ecology in two desert caterpillaris (Lepidoptera: Sphingidae). *Ecology*, 57:485—497.

Coley PD, Aide TM, 1991. Comparison of Herbivory and Plant Defenses in Temperate and Tropical Broad—Leaved Forests, Plant—Animal Interactions: Evolution Ecology in Tropical and Temperate Regions. John Wiley and Sons, NY. 25—49.

Coley PD, Barone JA, 1996. Herbivory and plant defenses in tropical forests. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 27:305—335.

Hochuli DF, 2001. Insect herbivory and ontogeny: How do growth and development influence feeding behaviour, morphology and host use? *Austr. Ecol.*, 26:563—570.

Hsiao TH, 1995. Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology. Oxford: Pergamon Press. 417—512.

Lowman MD, Box JD, 1983. Variation in leaf toughness and phenolic content among five species of Australian rain forest trees. *Aust. J. Ecol.*, 8:17—25.

Reynolds SE, Yeomans MR, Timmins WA, 1986. The feeding behavior of caterpillars (*Manduca sexta*) on tobacco and on artificial diet. *Physiol. Entomol.*, 11(1):39—51.

Seath I, 1977. Sensory feedback in the control of mouthpart movements in the desert locust, *Schstocera gregaria*. *Physiol. Entomol.*, 2(2):147—156.

Simpson SJ, 1982. Patterns in feeding: a behavioural analysis using *Locusta migratoria* nymphs. *Physiol. Entomol.*, 7(3):325—336.

陈凌,2008. 福建梅花山思茅新木蛾(*Neospastis simaona* Wang)幼虫生物学特性研究. 硕士学位论文. 上海:华东师范大学.

胡萃,叶恭银,袁德成,1997. 珍贵濒危蝴蝶——中华虎凤蝶幼虫的取食行为. 浙江农业大学学报,23(3):229—233.

胡祖庆,亢菊侠,赵惠燕,时卫东,2005. 昆虫行为学的研究与展望. 陕西农业科学,6:61—63.

李云寿,胡萃,1990. 茶尺蠖幼虫在茶叶和人工饲料上的取食行为. 云南农业大学学报,5(2):89—96.

王宏伟,蔡永立,李恺,江红,田玉鹏,2006. 浙江天童常绿阔叶林中 11 种常绿乔灌木叶片虫食状分析. 生物多样性,14(2):145—151.

王淑霞, 1999. 中国织蛾系统分类学研究. 博士学位论文. 陕西:陕西师范大学.

王旭,王德利,刘颖,程志茹,滕星,杜鹃,2002. 不同放牧率下绵羊的采食量与食性选择研究. 东北师范大学学报,34(1):36—40.

朱俊洪,张方平,任洪刚,2005. 四种食料植物对斜纹夜蛾生长发育及营养指标的影响. 昆虫知识,42(6):643—646.