

幼虫密度对井上蛀果斑螟生长发育和生殖的影响

何超¹, 沈登荣¹, 尹立红², 张睿¹, 袁盛勇¹, 田学军¹

(1. 红河学院生物科学与农学院/云南省高校滇南特色生物资源研究与利用重点实验室, 云南 蒙自 661199;

2. 西南林业大学生物多样性保护学院, 昆明 650224)

摘要: 为明确井上蛀果斑螟种内竞争密度效应对种群增长的影响, 在室内饲养条件下, 设置1、5、10、15、20和25头·皿⁻¹(Φ=9 cm)6种不同幼虫密度处理, 测定井上蛀果斑螟各虫态发育历期、存活率、繁殖率和种群增长指数等生物学参数。结果表明, 井上蛀果斑螟雌、雄蛹质量和平均单雌产卵量随幼虫密度增加显著减少; 幼虫密度对预蛹期、成虫羽化率、雌雄比和子代卵孵化率无显著影响。幼虫密度为15头·皿⁻¹, 幼虫发育最好, 其存活率和化蛹率分别为65.67%和98.83%, 幼虫和蛹发育历期分别为18.32 d和7.01 d, 成虫产卵期为7.61 d, 种群增长指数最高, 为26.52。当幼虫密度大于15头·皿⁻¹, 随幼虫密度增加, 幼虫存活率和化蛹率显著减少, 幼虫和蛹发育历期显著延长, 成虫产卵期显著缩短。幼虫密度为25头·皿⁻¹, 幼虫发育最差, 其存活率和化蛹率分别为36.12%和76.67%, 幼虫和蛹发育历期分别为20.36 d和8.56 d, 成虫产卵期为5.29 d, 种群增长指数最低, 仅为4.57。井上蛀果斑螟幼虫期存在密度制约效应及密度临界值; 在特定空间, 幼虫密度超过临界值时发生密度效应, 使该虫种群数量显著减少。

关键词: 井上蛀果斑螟; 幼虫密度; 生长发育; 生殖; 生命表参数

中图分类号: S436.639

文献标志码: A

文章编号: 1005-9369(2021)05-0026-08

何超, 沈登荣, 尹立红, 等. 幼虫密度对井上蛀果斑螟生长发育和生殖的影响[J]. 东北农业大学学报, 2021, 52(5): 26-33. DOI: 10.19720/j.cnki.issn.1005-9369.2021.05.004.

He Chao, Shen Dengrong, Yin Lihong, et al. Effects of larval density on growth and development and reproduction of *Assara inouei*[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2021, 52(5): 26-33. (in Chinese with English abstract) DOI: 10.19720/j.cnki.issn.1005-9369.2021.05.004.

Effects of larval density on growth and development and reproduction of *Assara inouei*/HE Chao¹, SHEN Dengrong¹, YIN Lihong², ZHANG Rui¹, YUAN Shengyong¹, TIAN Xuejun¹(1. School of Biological and Agricultural Sciences, Honghe University/Key Laboratory of Biological Resources Research and Utilization in Southern Yunnan, Mengzi Yunnan 661199, China; 2. School of Biodiversity Conservation, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

Abstract: In order to explore the density effects of intraspecific competition on the population growth of *Assara inouei*, the biological characteristics of the developmental duration, survival rate, reproduction rate and life table parameters were examined by rearing larvae at the densities of 1, 5, 10, 15, 20 and 25 larvae · dish⁻¹ (Φ=9 cm) under laboratory conditions. The results showed that pupal mass of male and female and the average number of eggs per female decreased significantly as the larval density increased. Larval density had no significant effect on pre-pupal duration, adult eclosion rate,

基金项目: 云南省地方高校基础研究联合专项面上项目(2018FH001-035); 云南省教育厅科学研究基金项目(2019J1180); 红河学院博士科研启动专项(14bs15)

作者简介: 何超(1979-), 男, 副教授, 博士, 研究方向为果树害虫综合治理。E-mail: hechao1022@163.com

female to male adult sex ratio and hatching rate of offspring eggs. When the larval density was 15 larvae · dish⁻¹, the larval development was the best, the survival rate and pupation rate were 65.67% and 98.83%, respectively, the larval duration and pupal duration were 18.32 d and 7.01 d, respectively, oviposition duration of adult was 7.61 d, and the population growth index was the highest (26.52). When the larval density was greater than 15 larvae · dish⁻¹, the survival rate and pupation rate of larvae were significantly reduced, the larval duration and pupal duration were significantly prolonged, and the oviposition duration of adult was significantly shortened with the increase of larval density. When the larval density was 25 larvae · dish⁻¹, the larval development was the worst, the survival rate and pupation rate were 36.12% and 76.67%, respectively, the larval duration and pupal duration were 20.36 d and 8.56 d, respectively, oviposition duration of adult was 5.29 d, and the population growth index was the lowest (4.57). The larval stage of *Assara inouei* had a density restriction effect and a density critical value. When the larval density was higher in a limited space, an obvious density effect would occur, which significantly reduced the population of this pest.

Key words: *Assara inouei*; larval density; growth and development; reproduction; life table parameter

井上蛀果斑螟(*Assara inouei*), 隶属于鳞翅目(Lepidoptera)螟蛾科(Pyralidae)。截至目前, 井上蛀果斑螟虽在中国、日本和韩国等东亚国家有分布记述^[1-2], 但仅为害我国云南地区并处于持续高发态势, 对云南石榴产业形成威胁^[3]。云南为我国石榴产量最大地区之一, 种植面积约8 000 hm², 年出口量约7万t, 货值超1亿美元^[4]。井上蛀果斑螟成虫一般将卵产在石榴花、果实萼筒周围或表面不光滑处; 幼虫孵化后主要从花丝、萼筒、果皮等处潜入果实内取食, 钻蛀同时向外排出粪便, 引起石榴裂果、腐烂和脱落, 致使严重减产^[5]。老熟幼虫喜在风干石榴果实内化蛹, 一个果实内可有多头蛹。如防控不当, 果园虫果率60%以上, 落果率30%以上, 严重影响石榴产量和质量^[6]。

研究表明, 幼虫密度对昆虫生长发育、生活史及行为等影响显著^[7-8]。例如, 二化螟(*Chilo suppressalis*)幼虫在高密度条件下幼虫期和蛹期显著缩短, 对成虫寿命和产卵量无显著影响^[9]; 小菜蛾(*Plutella xylostella*)在高幼虫密度时幼虫期和蛹期显著延长, 产卵量逐渐降低, 密度过高或过低时, 成虫寿命均显著缩短^[10]。在恒定空间和有限食物条件下, 幼虫密度对昆虫种群增长指数影响显著。草地螟(*Loxostege sticticalis*)种群以10头·瓶⁻¹(瓶容积650 mL)^[11]、二点委夜蛾(*Athetis lepigone*)以5头·瓶⁻¹(瓶容积750 mL)^[12]、马铃薯块茎蛾(*Phthorimaea operculella*)以1头·块茎⁻¹(块茎质量13~26 g)^[13]、甜菜夜蛾(*Spodoptera exigua*)以10头·瓶⁻¹

(瓶容积850 mL)^[14]幼虫密度种群增长指数最高, 而幼虫密度过高或过低, 均导致其种群增长指数降低。此外, 幼虫密度对幼虫取食行为^[15-16]、抗病能力^[17]和成虫飞行力^[18]等亦有显著影响, 是昆虫种群增长重要影响因素。因此, 了解幼虫密度对昆虫生活史参数和种群增长影响, 对分析害虫种群动态及提高预测预报水平尤为重要。

井上蛀果斑螟田间调查表明, 果园中一个被害石榴果实内平均有幼虫5~10头^[5], 幼虫常群居为害, 但井上蛀果斑螟种群动态变化是否存在幼虫密度调节作用尚不清楚。鉴于此, 为明确幼虫密度对井上蛀果斑螟生长发育和生殖的影响, 本试验研究不同幼虫密度对井上蛀果斑螟各虫态发育历期、存活率和繁殖率等生物学参数变化, 并比较其生命表参数, 以期为分析井上蛀果斑螟种群数量动态变化规律提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

供试井上蛀果斑螟采于云南蒙自周边石榴园, 于实验室内人工饲养多代, 幼虫饲喂酸绿籽石榴果皮, 成虫饲喂10%蔗糖水^[19]。饲养环境条件为温度(25±1)℃, 相对湿度(70±10)%, 光周期15 L : 9 D, 光照强度5 500 lx。取发育良好初孵幼虫作为供试虫源。

1.2 幼虫密度设置及各虫态生物学参数观测

幼虫期: 共设6个幼虫密度处理: 分别为1,

5、10、15、20和25头·皿⁻¹($\Phi=9$ cm)。幼虫孵化当天开始试验。按照上述设定密度分别将健康1日龄幼虫放至装有适量新鲜酸石榴皮玻璃培养皿内,人工气候箱内饲养观察,环境条件同上。10皿一组为1个处理,其中1头·皿⁻¹密度处理重复10次,其余密度处理重复3次。每日8:00、14:00和20:00定时观察幼虫发育情况,根据幼虫取食情况,更换新鲜石榴皮并清理虫粪,直至幼虫发育至老熟,记录统计幼虫存活情况和发育时间。

预蛹期:待老熟幼虫停止取食,爬至饲料、皿底或皿盖等处结茧后,即进入预蛹期,观察方法同幼虫期,记录老熟幼虫进入预蛹时间。

蛹期:老熟幼虫化蛹2 d后,将其逐个取出,辨别雌、雄后,分别从各密度处理中随机取雌、雄蛹各30头,逐个称蛹质量,重复3次。将不同密度处理中所化蛹单头放入玻璃试管(直径1.5 cm、高10 cm)中,湿棉塞封口,避免羽化后交配。每日观察记录发育情况,直至羽化结束。记录蛹羽化时间及羽化数量。

成虫期:选取不同密度处理组羽化12 h内健康成虫5对,按雌、雄比1:1随机配对,放入840 mL透明塑料养虫杯(直径10 cm,高12 cm)中饲养,杯口覆纱布,杯内放蘸10%蔗糖水的脱脂棉球补充营养,放入硫酸纸供其产卵,每处理重复3次。每日10:00观察记录成虫产卵及存活情况,直至成虫全部死亡。记录成虫产卵前期、产卵期时间节

点及产卵量。

卵期:取上述不同密度处理组成虫24 h内初产卵,置于培养皿内(≥ 50 粒),皿内放蘸有无菌水湿棉球保湿,盖上皿盖。每处理重复3次。每日观察孵化情况,统计虫卵孵化率。

1.3 井上蛀果斑螟种群生命表组建

根据不同幼虫密度下井上蛀果斑螟羽化率、成虫性比、产卵量和卵孵化率等参数,按照吴坤君等方法组建井上蛀果斑螟不同幼虫密度种群生命表^[20],计算种群增长指数(I)。

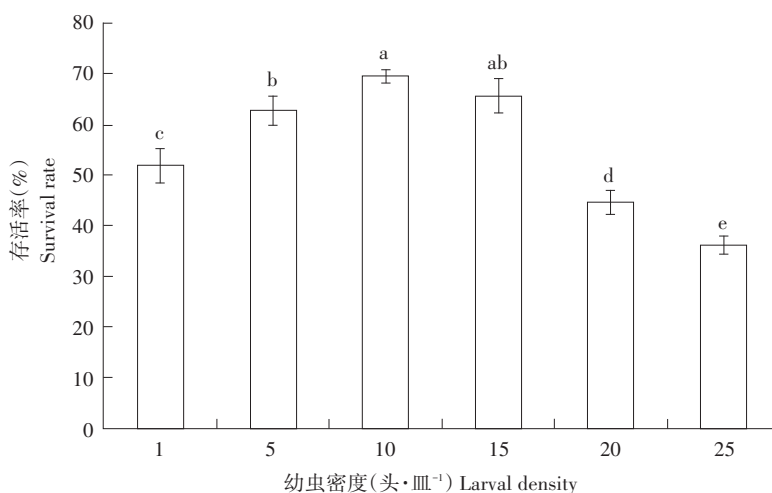
1.4 数据处理与分析

采用SPSS 19.0统计分析试验数据,不同处理间用Duncan's新复极差法检验差异显著性,其中幼虫死亡率、化蛹率、羽化率、成虫畸形率和卵孵化率经反正弦转换后分析。用Excel 2010软件作图。

2 结果与分析

2.1 幼虫密度对井上蛀果斑螟幼虫存活率的影响

由图1可知,幼虫密度对井上蛀果斑螟幼虫存活率有显著影响($F=16.52$, $P<0.01$)。幼虫存活率以10头·皿⁻¹幼虫密度处理较高,为69.59%,其次为15头·皿⁻¹,为65.67%,二者无显著差异;幼虫存活率以25头·皿⁻¹幼虫密度处理最低,为36.12%。1、5和20头·皿⁻¹幼虫密度处理存活率分别为51.78%、62.64%和44.50%,三者差异



注:不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: Different lowercase letters indicated significant differences among different treatments ($P<0.05$). The same as below.

图1 幼虫密度对井上蛀果斑螟幼虫存活率的影响

Fig. 1 Effects of larval density on larval survival rate of *Assara inouei*

显著。

2.2 幼虫密度对井上蛀果斑螟生长发育的影响

由表1可知，幼虫密度对井上蛀果斑螟幼虫、蛹发育历期和蛹质量有显著影响(幼虫期： $F=4.97$ ， $P<0.05$ ；蛹期： $F=3.48$ ， $P<0.05$ ；雌蛹质量： $F=10.23$ ， $P<0.01$ ；雄蛹质量： $F=8.95$ ， $P<0.01$)，但对预蛹期无显著影响($F=1.47$ ， $P>0.05$)。幼虫和蛹均以25头·皿⁻¹幼虫密度处理较长，分别为20.36 d和8.56 d；均以15头·皿⁻¹幼虫密度处理较短，分别为18.32 d和7.01 d，且1、5和10头·皿⁻¹密度处理幼虫和蛹发育历期均无显著差异。井上蛀果斑螟雌、雄蛹质量随幼虫密度增大而减小，雌、雄蛹质量均以1头·皿⁻¹密度处理最高，分别为17.18和15.27 mg；25头·皿⁻¹幼虫密度蛹重较轻，分别为14.16和13.24 mg，且5、10和15头·皿⁻¹密度处

理间无显著差异。

2.3 幼虫密度对井上蛀果斑螟化蛹、羽化和雌雄性比的影响

从表2可看出，幼虫密度对井上蛀果斑螟化蛹率和成虫畸形率有显著影响(化蛹率： $F=15.49$ ， $P<0.01$ ；成虫畸形率： $F=9.51$ ， $P<0.01$)，但对羽化率和成虫雌雄性比无显著影响(羽化率： $F=0.68$ ， $P>0.05$ ；雌雄性比： $F=0.82$ ， $P>0.05$)。化蛹率以15头·皿⁻¹幼虫密度处理较高，为98.83%，其次为10头·皿⁻¹，为97.42%，二者无显著差异；化蛹率以25头·皿⁻¹幼虫密度处理最低，为76.67%。成虫畸形率以25头·皿⁻¹幼虫密度处理较高，为7.27%，其次为20头·皿⁻¹，为6.59%，二者无显著差异；15头·皿⁻¹幼虫密度处理成虫畸形率较低，为2.24%，但与1、5和10头·皿⁻¹幼虫密度处理无显著差异。

表1 幼虫密度对井上蛀果斑螟幼虫期、蛹期和蛹质量的影响

Table 1 Effects of larval density on larval duration, pupal duration and pupal mass of *Assara inouei*

幼虫密度(头·皿 ⁻¹) Larval density	幼虫期(d) Larval duation	预蛹期(d) Pre-pupal duration	蛹期(d) Pupal duration	蛹重(mg) Pupal mass	
				雌 Female	雄 Male
1	19.36±0.95b	1.73±0.15a	7.85±1.03ab	17.18±0.48a	15.27±0.58a
5	19.71±1.43ab	1.80±0.22a	7.81±0.29ab	16.39±0.77b	14.39±0.77b
10	18.95±1.76bc	1.89±0.13a	7.35±0.96bc	15.89±0.84b	13.89±0.84bc
15	18.32±0.87c	2.12±0.98a	7.01±1.14c	15.82±0.73b	13.82±0.73bc
20	19.99±1.40ab	2.57±0.43a	8.19±1.38a	14.37±0.71c	13.37±0.71c
25	20.36±1.12a	2.84±0.78a	8.56±0.83a	14.16±0.59c	13.24±0.59c

注：表中数据为平均值±标准误。同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: Data in the table are mean±SE. Different lowercase letters in the same column mean significant difference at 0.05 level among different treatments. The same as below.

表2 幼虫密度对井上蛀果斑螟化蛹和羽化的影响

Table 2 Effects of larval density on pupation and eclosion of *Assara inouei*

幼虫密度(头·皿 ⁻¹) Larval density	化蛹率(%) Pupation rate	羽化率(%) Eclosion rate	成虫畸形率(%) Abnormality rate of adults	成虫雌雄性比 Female/Male adult sex ration
1	89.68±2.34b	98.04±2.26a	3.03±0.04a	0.74±0.05a
5	90.56±1.50b	97.36±1.25a	3.51±0.05a	0.75±0.12a
10	97.42±0.00a	95.45±2.51a	2.29±0.03a	0.83±0.06a
15	98.83±0.00a	96.29±2.52a	2.24±0.06a	0.91±0.18a
20	84.95±1.29c	94.78±1.79a	6.59±0.08b	0.84±0.00a
25	76.67±4.29d	95.41±2.08a	7.27±0.05b	0.72±0.09a

2.4 幼虫密度对井上蛙果斑螟成虫产卵前期和产卵期的影响

由图2可知, 幼虫密度对井上蛙果斑螟产卵前期和产卵期有显著影响(产卵前期: $F=6.47$, $P<0.01$; 产卵期: $F=12.33$, $P<0.01$)。产卵前期以25头·皿⁻¹幼虫密度处理较长, 为3.43 d, 其次为

1头·皿⁻¹, 为3.20 d, 二者无显著差异; 以15头·皿⁻¹幼虫密度处理较短, 为1.52 d, 且与10头·皿⁻¹密度处理无显著差异。产卵期以15头·皿⁻¹幼虫密度处理较长, 为7.61 d, 其次为10头·皿⁻¹, 为7.33 d, 二者无显著差异; 以25头·皿⁻¹幼虫密度处理较短, 为5.29 d, 且与20头·皿⁻¹幼虫密度处理无显著差异。

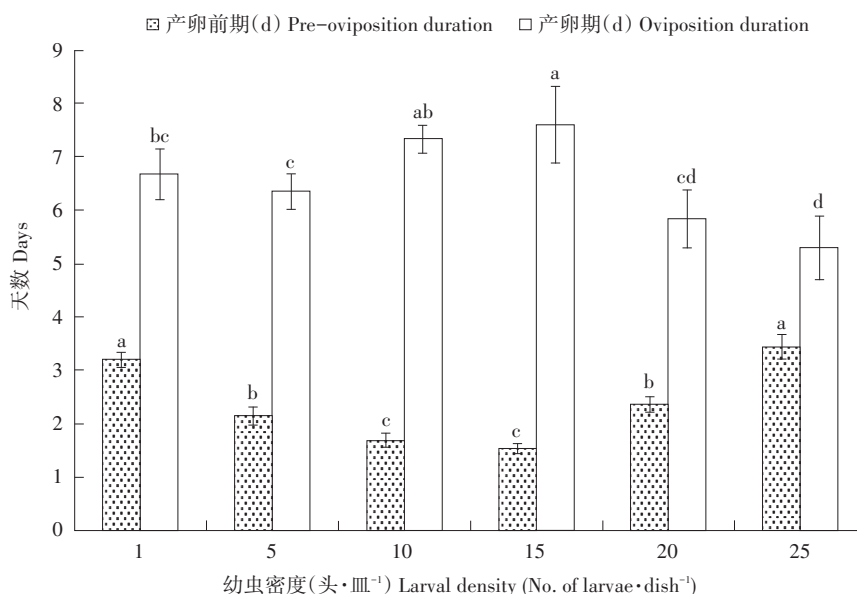


图2 幼虫密度对井上蛙果斑螟成虫产卵前期和产卵期的影响

Fig. 2 Effects of larval density on pre-oviposition duration and oviposition duration of adult *Assara inouei*

表3 幼虫密度对井上蛙果斑螟成虫寿命和生殖力的影响

Table 3 Effects of larval density on longevity and fecundity of adult *Assara inouei*

幼虫密度(头·皿 ⁻¹) Larval density	成虫寿命(d) Adult longevity		平均单雌产卵量 Average number of eggs laid per female	卵孵化率(%) Egg hatching rate
	雌 Female	雄 Male		
1	17.43±0.36a	15.25±1.64b	90.36±4.32a	63.15±1.31a
5	16.92±0.81a	15.17±1.03b	83.75±2.04ab	62.45±2.25a
10	16.50±0.94a	16.39±0.75a	75.85±3.28bc	61.77±2.18a
15	17.07±1.60a	16.64±0.80a	73.61±2.85c	64.82±1.79a
20	15.26±1.13b	14.10±1.28c	62.83±1.64d	60.24±1.43a
25	14.18±0.57c	13.83±1.57c	42.15±2.52e	61.50±1.69a

2.5 幼虫密度对井上蛙果斑螟成虫寿命和生殖力的影响

从表3可看出, 幼虫密度对井上蛙果斑螟雌、雄成虫寿命和平均单雌产卵量有显著影响(雌虫寿命: $F=12.47$, $P<0.01$; 雄虫寿命: $F=10.69$, $P<$

0.01; 平均单雌产卵量: $F=58.09$, $P<0.01$), 但对卵孵化率无显著影响($F=0.26$, $P>0.05$)。雌成虫寿命以1头·皿⁻¹幼虫密度处理较高, 为17.43 d, 其次为15头·皿⁻¹, 为17.07 d; 以25头·皿⁻¹幼虫密度处理最短, 为14.18 d; 且1、5、10和15头·皿⁻¹密度

处理间无显著差异。雄成虫寿命以15头·皿⁻¹幼虫密度处理较高，为16.64 d，其次为10头·皿⁻¹，为16.39 d，二者无显著差异；以25头·皿⁻¹幼虫密度处理较短，为13.83 d，且与20头·皿⁻¹幼虫密度处理无显著差异。平均单雌产卵量随幼虫密度增加而逐渐减少，以1头·皿⁻¹幼虫密度处理最高，为90.36粒，以25头·皿⁻¹幼虫密度处理最少，为42.15粒。

2.6 不同幼虫密度下井上蛀果斑螟种群生命表

根据各幼虫密度处理个体存活率和生殖力构

建井上蛀果斑螟实验种群生命表，其中起始幼虫数假定为100头，各发育阶段生长发育和生殖数据为实际观测平均值(见表4)。幼虫密度为15头·皿⁻¹，井上蛀果斑螟种群增长指数最大，经一个世代后，种群数量增加26.52倍，其次为10头·皿⁻¹，种群数量增加24.59倍；而幼虫密度为20和25头·皿⁻¹，经一个世代后，种群数量分别仅增加10.64倍和4.57倍。种群增长指数(y)与幼虫密度(x)之间呈抛物线趋势： $y=-2.142x^2+12.157x+7.578(R^2=0.8697)$ 。

表4 不同幼虫密度下井上蛀果斑螟试验种群生命表

Table 4 Population life table of *Assara inouei* at different larval densities

参数 Parameters	幼虫密度(头·皿 ⁻¹)Larval density					
	1	5	10	15	20	25
起始幼虫数 Number of neonatal larvae	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
幼虫存活率(%) Larval survival rate	51.78	62.64	69.59	65.67	44.50	36.12
化蛹率(%) Pupation rate	89.68	90.56	97.42	98.83	84.95	76.67
成虫羽化率(%) Adult eclosion rate	98.04	97.36	95.45	96.29	94.78	95.41
成虫畸形率(%) Abnormality rate of adults	3.03	3.51	2.29	2.24	6.59	7.27
成虫雌雄性比 Female/male adult sex ratio	0.74	0.75	0.83	0.91	0.84	0.72
正常雌虫数量 Number of normal females	32.67	39.97	52.48	55.59	28.11	17.64
平均单雌产卵量 Number of eggs laid per female	90.36	83.75	75.85	73.61	62.83	42.15
卵孵化率(%) Egg hatching rate	63.15	62.45	61.77	64.82	60.24	61.50
种群增长指数 Population growth index	18.64	20.91	24.59	26.52	10.64	4.57

3 讨 论

试验结果表明，幼虫密度对井上蛀果斑螟生长发育和生殖有显著影响。幼虫密度小于15头·皿⁻¹，种群增长指数随幼虫密度增加逐渐增加，且幼虫和蛹发育历期、成虫畸形率和雌成虫寿命无显著差异；幼虫密度大于15头·皿⁻¹，幼虫存活率、化蛹率和种群增长指数均随幼虫密度增加显著减少，但幼虫和蛹发育历期随幼虫密度增加显著延长。

表明井上蛀果斑螟适于群体生活，但在特定生存空间，井上蛀果斑螟幼虫密度过高或过低均不利于该虫生长发育和生殖。

井上蛀果斑螟幼虫在密度偏低条件下，幼虫密度对幼虫和蛹发育历期、化蛹率及成虫产卵期影响较小，虽幼虫存活率显著减小，但蛹质量和单雌产卵量等值均保持较高水平，其在1、5和10头·皿⁻¹幼虫密度时种群指数变化小，表明井上蛀

果斑螟在低幼虫密度下种内干扰和竞争相对高密度条件下并不激烈,这与孔海龙等对小菜蛾^[10]、草地螟^[11]研究结果一致。井上蛀果斑螟幼虫在低密度下,由于种内竞争较小,食物资源充足,故蛹质量较大。庾琴等研究表明,蛹质量对梨小食心虫(*Grapholitha molesta*)成虫产卵量影响显著,其质量与产卵量呈正相关^[21],本试验研究结果也符合这一规律。

井上蛀果斑螟幼虫在高密度下,幼虫死亡率显著增加,幼虫和蛹发育历期显著延长,蛹质量、化蛹率、羽化率、成虫寿命及单雌产卵量等均显著减少。研究表明,昆虫种群内密度过大时,种群内部对空间和食物竞争激烈,影响其种群数量增长^[22]。本试验中,井上蛀果斑螟在高密度幼虫条件下,幼虫期饲料在不同密度处理下均充足,不存在食物竞争,成虫期生存环境和补充营养亦完全一致,因此幼虫竞争生存空间,导致种群数量减少。井上蛀果斑螟幼虫在高密度下,幼虫和蛹发育历期均显著延长,与李艳等对二点委夜蛾^[12],马艳粉等对马铃薯块茎蛾^[13]研究结果一致。孔海龙等对草地螟研究结果表明,在高幼虫密度下,幼虫发育历期缩短,但蛹历期显著延长^[11]。戴长庚等研究二化螟发现,高幼虫密度下,幼虫和蛹发育更快^[9]。以上与本研究结果存在差异,表明幼虫密度效应与昆虫种类密切相关。

在自然条件下,种内密度效应是昆虫对生境内种群密度过高的一种适应性反应,可通过降低后代数量使种群数量达到平衡^[23]。井上蛀果斑螟幼虫密度为15头·皿⁻¹,各虫态发育最好,种群增长指数最大;但当幼虫密度大于15头·皿⁻¹,种群增长指数显著减小,表明井上蛀果斑螟幼虫期存在密度制约效应及密度临界值,本试验条件下,该虫密度临界值为15头·皿⁻¹。在特定空间,井上蛀果斑螟幼虫密度超过临界值时发生明显密度效应,使该虫种群数量显著减少。

综上所述,井上蛀果斑螟幼虫期存在密度制约效应及密度临界值,幼虫密度对井上蛀果斑螟生长发育和生殖有显著影响。但在自然条件下,昆虫种间密度效应还受到环境、寄主和天敌等因素影响,其变化情况有待进一步研究。

[参 考 文 献]

- [1] Yamanaka H. New and unrecorded species of the Phycitinae (Lepidoptera, Pyralidae) from Japan[J]. Tinea, 1994, 14(1): 33-41.
- [2] Du Y L, Li H H, Wang S X. A taxonomic study on the genus *Assara* Walker from China (Lepidoptera: Pyralidae: Phycitinae)[J]. Acta Zootaxonomica Sinica, 2002, 27(1): 8-19.
- [3] 邵淑霞,李春艳,杨仕生,等.井上蛀果斑螟幼虫和蛹的形态描述及生物学特性[J].云南农业大学学报,2008,23(1): 22-24.
- [4] 胡婕,李克海,邵维治,等.从病害风险角度分析石榴鲜果安全出口—以云南蒙自产区为例[J].中国南方果树,2020,49(2): 88-91.
- [5] 白玲玲,李正跃.云南石榴树上的一种新害虫—井上蛀果斑螟[J].植物保护,2006,21(1): 110.
- [6] 白玲玲,张祖兵,杨仕生,等.云南石榴新纪录害虫井上蛀果斑螟的形态学及种群动态特征[J].云南农业大学学报,2005,20(2): 183-187.
- [7] Yang F, Hu G, Shi J J, et al. Effects of larval density and food stress on life-history traits of *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae)[J]. Journal of Applied Entomology, 2015, 139(5): 370-380.
- [8] Gibbs M, Lace L A, Jones M J, et al. Intraspecific competition in the speckled wood butterfly *Pararge aegeria*: Effect of rearing density and gender on larval life history[J]. Journal of Insect Science, 2004, 4(16): 1-6.
- [9] 戴长庚,李鸿波,张昌荣,等.高幼虫密度胁迫对二化螟生长发育的影响[J].植物保护学报,2016,43(5): 731-737.
- [10] 孔海龙,张云霞,祝树德,等.幼虫密度对小菜蛾生长发育和繁殖的影响[J].中国生态农业学报,2013,21(4): 474-479.
- [11] 孔海龙,罗礼智,江幸福,等.幼虫密度对草地螟生长发育及繁殖的影响[J].昆虫学报,2011,54(12): 1384-1390.
- [12] 李艳,江幸福,张蕾,等.幼虫密度对二点委夜蛾生长发育及繁殖的影响[J].应用昆虫学报,2014,51(3): 623-629.
- [13] 马艳粉,胥勇,李娜,等.幼虫密度对马铃薯块茎蛾生长发育及繁殖的影响[J].昆虫知识,2010,47(4): 694-699.
- [14] 王娟,江幸福,吴德龙,等.幼虫密度对甜菜夜蛾生长发育与繁殖的影响[J].昆虫学报,2008,51(8): 889-894.
- [15] 孔海龙,罗礼智,江幸福,等.幼虫密度对草地螟食物利用率及消化酶活性的影响[J].昆虫学报,2012,55(3): 361-366.
- [16] 罗礼智,徐海忠,李光博.粘虫幼虫密度对幼虫食物利用率的影响[J].昆虫学报,1995,38(4): 428-435.
- [17] 孔海龙,吕敏,祝树德.幼虫密度对斜纹夜蛾抗病能力的影响

- [J]. 应用昆虫学报, 2012, 49(6): 1572-1576.
- [18] 罗礼智, 李光博, 曹雅忠, 等. 粘虫幼虫密度对成虫飞行与生殖的影响[J]. 昆虫学报, 1995, 38(1): 38-45.
- [19] 何超, 沈登荣, 尹立红, 等. 不同石榴品种对井上蛀果斑螟生长发育和繁殖的影响[J]. 应用生态学报, 2017, 28(3): 935-940.
- [20] 坤君, 陈玉平, 李明辉. 不同温度下的棉铃虫实验种群生命表[J]. 昆虫学报, 1978, 21(4): 385-391.
- [21] 庾琴, 王芳, 张润祥, 等. 梨小食心虫蛹重对成虫繁殖力和寿命及下一代幼虫发育的影响[J]. 昆虫学报, 2016, 59(9): 985-990.
- [22] 益浩, 王凯歌, 张林雅, 等. 三叶草斑潜蝇幼期密度效应及其与美洲斑潜蝇的种间竞争[J]. 中国农业科学, 2014, 47(21): 4269-4279.
- [23] 孙慧敏, 李学军, 张广学. 浅谈蚜虫对其高密度种群的适应[J]. 生物学通报, 2005, 40(11): 8-9.