

文章编号: 1001-411X (2001) 03-0029-04

温湿度对斜纹夜蛾实验种群的影响

钟国洪, 梁广文, 莫蒙异, 曾 玲

(华南农业大学昆虫生态研究室, 广东 广州 510642)

摘要: 研究温湿度因素对斜纹夜蛾实验种群影响结果表明, 在适温范围内 温度与各虫态发育速率呈直线关系, 卵、幼虫期、蛹(♀)、蛹(♂)发育起点温度分别为 12.66、11.40、11.70、13.08℃; 发育上限温度为 40.53、36.99、36.10、38.47℃. 湿度是影响幼虫取食的重要因子, 斜纹夜蛾蛹质量(♀)、蛹质量(♂)、成虫产卵量受温湿度因子的综合作用.

关键词: 斜纹夜蛾; 发育; 温度; 湿度

中图分类号: S436.3

文献标识码: A

斜纹夜蛾[*Spodoptera litura* (Fabricius)] 属鳞翅目夜蛾科. 近年来, 随着集约化生产蔬菜基地的发展, 蔬菜连片种植, 复种指数高, 此虫对十字花科、豆科、旋花科等蔬菜常造成严重的为害. 目前关于温度对斜纹夜蛾影响已有较多的报道^[1~4], 但不同温湿度组合对斜纹夜蛾生长发育影响方面的研究少见报道. 而害虫的发生受到多种环境因素的制约, 其中, 温湿度对昆虫种群数量起到重要的调节作用. 为此, 笔者探讨了不同温湿度对斜纹夜蛾各虫态实验种群的影响, 为斜纹夜蛾的田间种群变动和预测预报提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 供试材料

菜心上采集卵块, 经室内大量继代繁殖后, 选健壮成虫作为供试材料.

1.2 供试虫源的饲养和测定方法

(1)卵期: 将刚羽化成虫按雌雄 1:1 配对接入 d 为 10 cm、 h 为 31 cm 胶筒盖罩纸杯盆栽菜心(胶筒上端用纱布封紧, 并于筒内放置 $w=10\%$ 糖水饲喂, 下同), 让其产卵后即移出成虫, 并将带卵菜苗移入不同温湿度组合(18℃, 76%)、(22℃, 69%)、(22℃, 83%)、(26℃, 62%)、(26℃, 76%)、(26℃, 90%)、(30℃, 69%)、(30℃, 83%)、(34℃, 76%)的人工气候室恒温箱(箱内灵敏度温度为 $\pm 0.5^\circ\text{C}$, 湿度为 $\pm 5\%$, 光照为 12 h 光:12 h 暗)内, 每组合处理为 5 棵菜株, 共 10 个卵块, 每天观察卵块的发育进度.

(2)幼虫期: 从各温湿度处理的卵块中选取同一时间孵出的幼虫, 分别接于相应温湿度处理的盆栽菜心上, 每处理 30 头幼虫(1~5 龄各龄幼虫接入 5

棵菜株, 6 龄虫则接入 15 棵菜心, 菜株外罩以胶筒, 上下端用纱布封紧), 当菜株被幼虫吃完或幼虫每次脱皮进入下一龄时, 即更换新鲜菜株. 处理后除每天观察幼虫取食和发育进度外, 还用坐标纸测定各处理带虫和不带虫叶片的面积, 计算幼虫取食量.

(3)蛹期: 幼虫进入前蛹期时, 即将虫蛹逐个置于装有润湿泥土的玻璃缸(d 为 10 cm、 h 为 9 cm), 瓶口上扎紧纱布, 放置在各温湿度处理的人工气候箱, 待化蛹 3 d 后, 用电子天平称蛹体质量. 记录发育历期.

(4)成虫期: 成虫羽化后配对产卵, 在解剖镜下统计不同温湿度饲养出的成虫产卵量.

2 结果与分析

2.1 发育历期与发育速率

测定结果见表 1, 斜纹夜蛾各阶段发育速率, 如以温湿度为变量进行二元回归, 则湿度因素的 F 值均低于 0.05 水平, 相对于温度因子来说, 湿度对斜纹夜蛾的影响差异不显著, 可见, 温度是影响斜纹夜蛾的主要因素, 斜纹夜蛾各发育阶段历期, 随温度升高而缩短, 在 18~30℃ 内发育速率呈直线上升, 30℃ 以上时, 其发育速率则缓慢增长.

2.2 发育起点温度及有效积温

根据温度与发育速率的关系, 利用最小二乘法, 统计各虫态发育起点温度和有效积温(表 2). 从表 2 的结果可见, 各虫期(龄)起点温度较大(9.01~13.25℃), 说明低温不利于种群的增长, 冬季温度偏低时将推延次年第一代的发生期, 减轻夏季世代的为害, 相反冬季温和, 越冬基数增大, 将导致以后虫害的猖獗. 表 2 亦显示斜纹夜蛾各虫态发育起点温度有

表 1 不同温湿度下斜纹夜蛾各虫态发育历期(d)和发育速率(d⁻¹)

Tab. 1 The development duration and rates of <i>Spodoptera Litura</i> F. under different temperature and humidity										
虫期 stage	项目 items	温湿度组合 combinations of temperature and humidity (℃, %)								
		(18.76)	(22.69)	(22.83)	(26.62)	(26.90)	(26.76)	(30.69)	(30.83)	(34.76)
卵期 eggs	发育历期	5.93	3.82	3.75	2.39	2.30	2.47	1.89	1.77	1.65
	发育速率	0.169	0.262	0.267	0.418	0.435	0.405	0.529	0.565	0.606
幼虫期 larvae	发育历期	31.03	20.30	18.71	13.12	12.74	12.58	10.71	10.30	9.18
	发育速率	0.032	0.049	0.053	0.076	0.078	0.079	0.093	0.09	0.109
1龄 1st instar	发育历期	7.27	4.31	4.07	2.49	2.18	2.29	2.23	2.18	1.81
	发育速率	0.138	0.232	0.246	0.402	0.459	0.437	0.448	0.459	0.552
2龄 2nd instar	发育历期	4.69	2.58	2.39	2.01	1.93	1.91	1.57	1.44	1.41
	发育速率	0.213	0.388	0.418	0.498	0.518	0.523	0.637	0.694	0.709
3龄 3rd instar	发育历期	3.65	2.32	2.34	1.97	1.81	1.92	1.41	1.16	1.15
	发育速率	0.274	0.431	0.427	0.507	0.552	0.521	0.709	0.862	0.870
4龄 4th instar	发育历期	3.72	2.83	2.34	1.93	1.83	1.73	1.37	1.32	1.17
	发育速率	0.269	0.353	0.427	0.518	0.546	0.578	0.730	0.758	0.855
5龄 5th instar	发育历期	4.88	3.05	2.80	1.97	1.90	1.89	1.36	1.32	1.40
	发育速率	0.205	0.327	0.357	0.507	0.526	0.529	0.735	0.75	0.714
6龄 6th instar	发育历期	6.84	4.76	4.70	3.22	3.02	3.04	2.88	2.75	2.69
	发育速率	0.146	0.210	0.213	0.310	0.331	0.329	0.347	0.363	0.371
蛹期(♀) female pupae	发育历期	26.29	16.12	15.89	10.89	10.13	10.64	8.21	8.02	8.16
	发育速率	0.038	0.062	0.063	0.092	0.099	0.094	0.122	0.125	0.123
蛹期(♂) male pupae	发育历期	31.28	19.23	18.78	11.43	10.72	12.10	9.58	8.99	7.87
	发育速率	0.032	0.052	0.053	0.087	0.093	0.083	0.104	0.111	0.127
产卵前期 pre-oviposit	发育历期	4.12	3.32	3.01	1.95	1.81	2.02	1.63	1.41	1.22
	发育速率	0.243	0.301	0.332	0.512	0.552	0.495	0.613	0.709	0.820

表 2 斜纹夜蛾不同虫期发育起点温度及有效积温

Tab. 2 The Lower development thermal thresholds and effective cumulative temperatures at different stage of *Spodoptera Litura* F.

虫期	发育起点温度/℃	有效积温/℃	预测模型	相关系数
stage	lower development thermal thresholds	effective cumulative temperature	prediceted models	correlation coefficient (r)
卵 eggs	12.66±2.05	32.37±5.02	$V=(t-12.66)/32.37$	0.9856
幼虫期 larvae	11.40±2.00	194.39±27.09	$V=(t-11.40)/194.39$	0.9882
1龄 1st instar	13.08±4.04	33.81±10.76	$V=(t-13.08)/33.81$	0.9419
2龄 2nd instar	10.37±3.14	30.10±6.18	$V=(t-10.37)/30.10$	0.9754
3龄 3rd instar	12.57±3.43	23.20±6.02	$V=(t-12.57)/23.20$	0.9594
4龄 4th instar	12.00±2.01	24.87±3.62	$V=(t-12.00)/24.87$	0.9866
5龄 5th instar	13.13±3.56	24.07±6.75	$V=(t-13.13)/24.07$	0.9572
6龄 6th instar	9.01±5.74	56.83±19.68	$V=(t-9.01)/56.83$	0.9354
蛹期 pupae(♀)	11.70±3.63	153.33±39.61	$V=(t-11.70)/153.33$	0.9634
蛹期 pupae(♂)	13.08±2.05	154.71±24.76	$V=(t-13.08)/154.71$	0.9842
产卵前期 pre-oviposit	13.25±4.47	25.00±4.47	$V=(t-13.25)/25.00$	0.9797
世代 generation	11.61±2.43	409.53±70.35	$V=(t-11.61)/409.53$	0.9828

所不同,其中六龄虫的发育起点温度较低,由此分析,斜纹夜蛾以此龄期越冬能较适应低温以度过冬期。

率的直线回归方程,导出发育上限温度(t_u)。温度与发育速率的 S 型函数方程为

2.3 发育上限温度

根据Stinner^[9]提出温度与发育速度的关系,求出最大发育速率 C,再根据统计控制原理,由发育速

$$R_t = \frac{C}{1 + e^{k_1 + k_2 t}}$$

R_t 为温度 t 时发育速率; C 为最大发育速率;

k_1+k_2 为常数; $t'=t$ (当 $t<t_u$ 时); $t'=2 t_u-t$ (当 $t>t_u$ 时); t_u 为发育上限温度. 试验结果拟合的S型函数方程各参数值及发育上限温度(t_u)见表3.

从表3可见,斜纹夜蛾各龄虫(或虫态)的发育上限温度均大于34.8℃,其中,卵期发育上限温度高达40.53℃,由此分析,斜纹夜蛾是一种耐高温的昆虫,也是常年7.8月份造成猖獗发生的原因.

2.4 温湿度对斜纹夜蛾幼虫取食量、蛹质量及成虫产卵量的影响

从表4可见,在温度26℃,RH 90%和温度30℃,RH 83%的条件下幼虫取食量最大,在幼虫取食量以温湿度作变量进行二元回归时,得出温度因子F值低于0.05水平,因而笔者认为在温湿度组合中取食量大小与湿度关系较为密切,湿度与幼虫取

食关系可拟合如下方程:

$$y_1=322.6/(1+e^{0.860-0.0209RH}), (r=0.9266),$$

其中,RH为相对湿度, y_1 为幼虫取食量.

表4中也显示出温湿度对蛹体质量及产卵量影响较大,它们的关系可拟合为下列方程:

$$y_2=0.4574/(1+e^{0.0660-0.6971Q}), (r=0.7751),$$

$$y_3=0.3982/(1+e^{0.5663-0.9740Q}), (r=0.7952),$$

$$y_4=2490/(1+e^{2.1276-1.2508Q}), (r=0.7170),$$

其中,Q为温湿度系数($Q=RH/t$), y_1 、 y_2 、 y_3 分别表示雌、雄蛹质量及每雌产卵量.

由上式可见,在温度18~34℃,湿度62%~90%范围内,蛹质量及成虫产卵量随温湿度系数变化而波动,也就是温度过高,湿度偏小时,蛹体较轻,雌成虫产卵量也较少.

表3 斜纹夜蛾发育速率的非线性模型及发育上限温度(t_u)

Tab.3 The non-linear model of developmental rates and upper development thermal temperature (t_u) of *Spodoptera Litura* F.

虫 期 stage	模型参数 model parameters				$t_u/^\circ\text{C}$
	k_1	k_2	C	r	
卵期 egg	4.365	-0.1649	0.8424	0.9936	40.53
幼虫期 larva	4.483	-0.1850	0.1332	0.9957	36.99
1龄 1st instar	5.504	-0.2334	0.6342	0.9871	35.16
2龄 2nd instar	3.505	-0.1516	0.8640	0.9938	37.81
3龄 3rd instar	4.546	-0.1750	1.1200	0.9707	35.90
4龄 4th instar	3.770	-0.1317	1.3060	0.9779	37.28
5龄 5th instar	4.683	-0.1869	0.9650	0.9954	37.65
6龄 6th instar	4.412	-0.2043	0.4414	0.9784	34.82
蛹期 pupa(♀)	4.638	-0.1958	0.1529	0.9968	36.10
蛹期 pupa(♂)	4.699	-0.1831	0.1608	0.9926	38.47

表4 不同温湿度对斜纹夜蛾幼虫取食、蛹质量及成虫产卵的影响¹⁾

Tab.4 larval eating areas pupal masses and ovipositional eggs of *Spodoptera Litura* F. under different temperature and humidity

处理 treatment	幼虫取食量 consumed areas /(cm ² ·头 ⁻¹)	蛹质量 pupal masses/(g·头 ⁻¹)		产卵量 eggs/ (粒·雌 ⁻¹)
		♀	♂	
18℃, 76%	210.2c	0.4133b	0.3801b	2170.2bc
22℃, 69%	207.0c	0.4374a	0.3959a	2235.1b
22℃, 83%	219.8b	0.4546a	0.3921ab	2461.4a
26℃, 62%	195.7d	0.3625e	0.3546c	1576.3f
26℃, 90%	237.8a	0.4113b	0.3716b	2110.8c
26℃, 76%	219.3b	0.3968cd	0.3546c	1968.5d
30℃, 69%	207.3c	0.3812cd	0.3491c	1816.0e
30℃, 83%	234.8a	0.3933cd	0.3540c	1987.5d
34℃, 76%	217.2b	0.3870d	0.3155d	1478.6f

1) 表中数据为实际调查数的平均值,表中同列相同字母表示0.05水平差异不显著(DMRT法);幼虫取食量 $U=(U_1+U_2)/2\times M+U_1-U_2$ 其中, U_1 、 U_2 为被取食前后菜株的叶面积,M为更换前后对照菜株叶面积的增长率.

3 结论

3.1 本研究得出温度与发育速率的关系密切, 在温度 18~34℃, 温度越高, 发育速率越快, 两者关系成直线正相关, 各虫态发育起点温度为 9.01~13.25℃, 发育上限温度 34.82~40.53℃, 与近期国内研究报道^[2-4] 结果比较, 各虫态发育起点温度、上限温度略低, 造成这种差异的原因除与不同试验地理种群、不同供试饲料等因素有关外, 可能与本试验以盆栽菜心饲养试虫有较大的关系。

3.2 湿度也是影响斜纹夜蛾生长发育的重要因子, 尤其对幼虫取食有较大的影响, 在相对湿度 62%~90%, 幼虫取食量随湿度升高而增加, 可见, 斜纹夜蛾是一种喜湿性的害虫。

3.3 温湿度对斜纹夜蛾的综合作用, 表现在对斜纹夜蛾蛹质量和成虫产卵量影响, 在温度(t)18~34℃, 相对湿度(RH)62%~90%范围, 用温湿度系数(RH/t)进行分析表明, 随着温湿系数的减少(温度升高, 湿度偏小), 蛹体减轻, 成虫产卵量也减少, 与常年 7、

8 月份高温干旱后虫口急剧下降及热带地区高温干旱条件下斜纹夜蛾具有休眠现象是相吻合的^[4]。

参考文献:

[1] CHEN C N, HSIAO W F. Influence of food temperature on life history traits and population parameters of *Spodoptera litura* Fabricius[J]. Plant Protection Bulletin, 1984, 26(3): 219—229.

[2] 蒲蛰龙, 朱金亮, 陈熙雯, 等. 温度对斜纹夜蛾(*Prodenia litura* Fab.)生长发育的影响[J]. 中山大学学报(自然科学版), 1961, (4): 27—35.

[3] 张文军, 庞 义, 齐艳红, 等. 斜纹夜蛾生长发育与温度的关系[J]. 中山大学学报(自然科学版), 1997, 36(2): 6—9.

[4] 鄢 铮. 斜纹夜蛾发育起点温度和有效积温的研究[J]. 昆虫知识, 1998, 35(1): 19—20.

[5] STINNER R E, TSUDA M, RAM S. An algorithm for temperature dependent growth rates simulation [J]. Can Entomol, 1974, 106: 519—524.

[6] 南京农学院. 昆虫生态及预测预报[M]. 北京: 农业出版社, 1985. 15—17.

Effects of Temperature and Humidity on Development of Experimental Cotton Leafworm Population

ZHONG Guo-hong, LIANG Guang-wen, MO Meng-yi, ZENG Ling
(Lab. of Insect Ecology, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: Under different temperature and humidity, the developmental durations and rates of experimental cotton leafworm (*Spodoptera litura* F.) population at different stages were tested. The results showed that the lower development thermal threshold and upper development thermal threshold of the insect in the stages of eggs, larvae, female pupae, male pupae were tested in the temperatures 12.66, 11.40, 11.70, 13.08℃ and 40.53, 36.99, 36.10, 38.47℃ respectively. Function equation reflecting the relationships between the amount of leaf areas consumed by larvae and humidity was established as: $y_1=322.6/(1+e^{0.8601-0.0209RH})$ (RH , humidity). The masses of female pupae(y_2), the masses of male pupae(y_3) and eggs female(y_4) moths laid complied with different temperature and humidity were determined as: $y_2=0.4574/(1+e^{0.0660-0.6971Q})$, $y_3=0.3982/(1+e^{0.5663-0.9740Q})$, $y_4=249.0/(1+e^{2.1276-1.2508Q})$ (Q , humidity/temperature), respectively.

Key words: *Spodoptera litura* Fabricius; development; temperature; humidity

【责任编辑 周志红】