

# 不同储粮温湿度普通肉食螨的生长发育研究

贺培欢<sup>1</sup>, 伍 祎<sup>1</sup>, 郑 丹<sup>1</sup>, 张 涛<sup>1</sup>,

李燕羽<sup>1</sup>, 江亚杰<sup>2</sup>, 曹 阳<sup>1</sup>

(1. 国家粮食局科学研究院, 北京 100037; 2. 河南工业大学粮油食品学院, 河南 郑州 450001)

**摘要:**普通肉食螨(*Cheyletus eruditus* (Schrank))是粮库中广泛存在的一种害虫的捕食性天敌。研究了粮仓常见的不同温湿度环境下(16、20、24、28 ℃和57%、75%、93% RH)普通肉食螨的生长发育历期、发育起点温度和有效积温。结果表明:普通肉食螨的生长发育分别经历卵、幼螨、原若螨、后若螨和雌成螨5个发育阶段;在一定的温度范围内,温度越高,发育历期越短,各螨态发育历期最短分别达3.4、4.4、4.1、3.9、15 d,在28 ℃、75% RH下普通肉食螨的发育时间最短,为30.8 d,在16 ℃、75% RH下发育时间最长,为118.6 d;各螨态普通肉食螨几乎均是在75%相对湿度下的发育时间最短;普通肉食螨各螨态发育历期与温度呈logistics曲线回归关系;根据直接最优法计算发现普通肉食螨的一个世代、总历期的发育起点温度最低分别为10.39 ℃和11.64 ℃,有效积温最低分别是367.09 日·度和543.72 日·度。为普通肉食螨的大规模工厂化饲养以及应用奠定了基础。

**关键词:**普通肉食螨;温度;发育历期;发育起点温度;有效积温

中图分类号:S 379.9 文献标识码:A 文章编号:1007-7561(2017)02-0089-06

## Development of *cheyletus eruditus* (schrank) at different levels of temperature and relative humidity of grain

HE Pei-huan<sup>1</sup>, WU Yi<sup>1</sup>, ZHENG Dan<sup>1</sup>, ZHANG Tao<sup>1</sup>,

LI Yan-yu<sup>1</sup>, JIANG Ya-jie<sup>2</sup>, CAO Yang<sup>1</sup>

(1. Academy of State Administration of Grain, Beijing 100037;

2. College of Grain, Henan University of Technology, Zhengzhou Henan 450001)

**Abstract:** *Cheyletus eruditus* (Schrank) has broad application prospects of controlling the stored grain insect pests (SGIP). Developmental duration, developmental threshold temperature and effective accumulated temperature of *C. eruditus* were researched at 16, 20, 24 and 28 ℃ and relative humidity of 57%, 75% and 93% in laboratory. The results showed that it had five stages, including egg, larvae, protonymph, deutonymph and female adult. Development durations of all stages were all negatively correlated with temperature, and their shortest developmental duration of different stages was 3.4, 4.4, 4.1, 3.9, 15 days, respectively. At 28 ℃, relative humidity 75%, the whole developmental duration was the shortest of 30.8 days, and at 16 ℃, relative humidity 75%, the development lasted 118.6 days, which was the longest in this study. At relative humidity 75%, almost all the stages of *C. eruditus* had the shortest developmental duration. There was significant logistics regression between developmental duration and temperature. Based on the direct optimum method, the developmental threshold temperatures of a generation and total developmental duration were 10.39 ℃ and 11.64 ℃ respectively, and the effective accumulated temperatures were 367.09 and 543.72 day-degrees. All these results provided a basis for rearing *C. eruditus* on large scale in factory and the application.

**Key words:** *Cheyletus eruditus*; temperature; developmental duration; developmental threshold temperature; effective accumulated temperature

收稿日期:2016-07-07

基金项目:粮食公益性行业科技专项(201513002-01-01);国家国际科技合作项目(2013DFG32350)

作者简介:贺培欢,1989年出生,女,助理研究员.

通讯作者:曹阳,1958年出生,男,研究员.

普通肉食螨 (*Cheyletus eruditus* (Schrank)) 是我国粮库、粮堆及仓储场所中常见的一种捕食螨, 以捕食微小害虫和害螨为生, 是防治储粮害虫的理想天敌<sup>[1]</sup>。普通肉食螨主营孤雌生殖, 因此产下的卵有受精卵和未受精卵之分。未受精的卵产生雌螨, 雄螨很少被发现, 但发现雄螨时常是几个在一起<sup>[2]</sup>。

普通肉食螨喜好取食非成虫态的储粮害虫和害螨类<sup>[3]</sup>, 当猎物数量不足时, 则会捕食同类。孤雌生殖有利于普通肉食螨的种群增长, 对其广泛分布起到重要作用, 更有利于其对储粮害螨和害虫的防治<sup>[4]</sup>。捷克利用普通肉食螨抑制粉螨的数量, 目前已经成功应用于控制珍贵草籽的害螨和害虫<sup>[5]</sup>。Lukas 等对捕食螨的研究表明普通肉食螨是生物防治害螨的最适物种之一<sup>[6]</sup>。Collins<sup>[7]</sup>、Coombs 等<sup>[8]</sup>和 Athanassiou 等<sup>[9]</sup>研究发现普通肉食螨对储粮害虫、害螨有很好的防治效果。

目前关于普通肉食螨在不同储粮温湿度下生长发育研究较少。相关研究主要集中在温度对生活史的影响, 如普通肉食螨各螨态的发育起点温度均需要在 12 °C 以上, 当环境温度低于 12 °C, 普通肉食螨几乎停止发育, 且取食量也会显著下降<sup>[10-11]</sup>。在一定温度范围内, 各螨态的发育历期、存活率均与温度呈负相关, 如在 24 ~ 32 °C 之间, 普通肉食螨存活率随温度的升高而降低<sup>[12-13]</sup>。捷克农作物研究所的研究发现, 约 85% 的普通肉食螨可在 -1.7 ~ 2.0 °C、80% ~ 90% 条件下存活 5 ~ 6.5 个月, 当将他们转移到适宜环境下后, 这些螨仍可以继续完成生长、发育和繁殖<sup>[10]</sup>。

我国储粮区域广、温度和相对湿度变化范围大<sup>[14]</sup>, 本实验研究粮仓常见的温湿度环境下普通肉食螨的生长发育, 以期为普通肉食螨的大规模饲养以及应用奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

#### 1.1.1 实验用螨

本实验所用螨均在国家粮食局科学研究院培养, 具体来源如下:

普通肉食螨, 以粗脚粉螨作为其饲料, 在 28 °C、75% RH 的黑暗环境下进行饲养, 该螨的初始样品从捷克农作物研究所引进。

粗脚粉螨 (*Acarus siro* L.), 以全麦粉: 燕麦粉: 酵母 = 5: 5: 1 为饲料, 在 28 °C、75% RH 的黑暗环境下进行饲养, 该螨的初始样品从捷克农作物研究所引进。

### 1.1.2 实验工具与设备

饲养器, 如图 1<sup>[15]</sup>; 恒温恒湿培养箱: 德国 BINDER 公司; ST70 双目体视显微镜: 舜宇仪器有限公司; DGG - 9140BD 电热恒温鼓风干燥箱: 上海森信实验仪器有限公司; SB16001 电子秤: 梅特勒—托利多仪器有限公司。

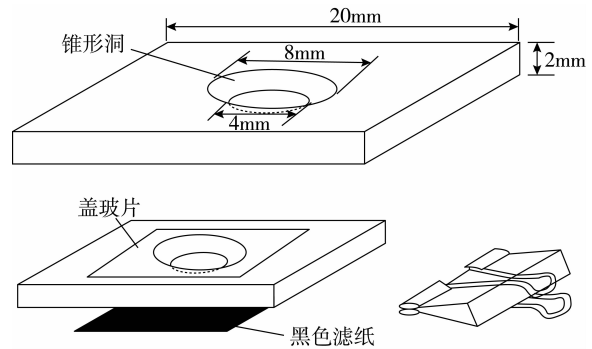


图1 饲养器

## 1.2 实验方法

### 1.2.1 实验条件

温度控制: 16、20、24 和 28 °C 的温度条件, 使用 Binder 恒温培养箱进行控制温度。

湿度控制: 在干燥器内分别配制溴化钠、氯化钠和硝酸钾饱和溶液, 以控制 57%、75% 和 93% 的相对湿度 (RH) 环境。

培养环境: 粮仓内和粮堆内部基本为黑暗环境, 故本实验模拟了黑暗环境。将装有普通肉食螨的饲养器放入干燥器内, 然后将干燥器放入 Binder 恒温培养箱进行黑暗环境下培养。

### 1.2.2 温度对普通肉食螨生长发育影响

设置不同水平的温度和湿度, 温度梯度设置为: 16、20、24、28 °C, 湿度梯度设置为: 57、75、93% RH。在每组温湿度组合下, 挑取 1 头普通肉食螨雌成螨到饲养器内, 培养 1 d。待第 2 d 雌成螨产卵后, 用 0 号毛笔挑取 1 粒卵 (均为同一天产出的卵) 到新的饲养器中进行培养, 普通肉食螨卵孵化后以粗脚粉螨为饲料。培养过程中, 每组温湿度组合下设置 12 个平行, 在每一个饲养器加入足够且相等数量的粗脚粉螨。每天下午 2:00 观察饲养器, 观察过程中将死去的粗脚粉螨挑出并补充活的粗脚粉螨, 并记录各发育历期的生长发育情况。

### 1.2.3 不同螨态发育历期与温度关系的预测模拟

分析普通肉食螨卵、幼螨、原若螨、后若螨和雌成螨各螨态在不同温湿度下的平均发育历期的显著性差异后, 利用直线回归模型、二次回归模型和逻辑斯蒂模型对各螨态与温度的关系进行回归分析, 通过相关系数  $r$  和  $F$  值分别在 0.05 和 0.01 水平上显

示各回归模型下发育速率与温度相关的显著性,并以此为依据得出最优的拟合模型。

### 1.2.4 发育起点温度与有效积温的计算

采用直接最优法计算普通肉食螨不同发育阶段的发育起点温度和有效积温<sup>[16]</sup>。

### 1.3 数据处理

实验数据采用 SPSS 和 Excel 软件进行数据统计分析,单因子方差分析法分析( $P < 0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同温湿度下普通肉食螨的平均发育历期

普通肉食螨的生长发育分别经历卵、幼螨、原若螨、后若螨和雌成螨。普通肉食螨在进入雌成螨态的前期不产卵,一个世代是指普通肉食螨的卵态到性成熟能产生后代的雌成螨的发育历期,而普通

肉食螨在开始产卵后仍会捕食害虫和害螨,故本实验对其产卵前后进行了详细记录和分析。各个螨态的平均发育历期如表 1。

研究结果表明,在 16 ~ 28 °C、57 ~ 93% RH 黑暗条件下,上述各螨态和整个发育历期均能完成发育;各个螨态的发育历期均随温度的升高而缩短,总生长发育历期也随着温度的升高而减少;普通肉食螨不适在低温下生长发育,在实验温度范围内,在 28 °C、75% RH 下普通肉食螨的总发育历期最短,为 30.8 d,而在 16 °C、93% RH 下普通肉食螨的发育时间最长,为 120.4 d。

发育历期不随相对湿度的变化而显著递增或递减,除卵态外,其他各螨态普通肉食螨均是在 75% 相对湿度下的发育时间最短。

表 1 不同温湿度下普通肉食螨的发育历期

温度 /°C	相对湿度 /%	发育历期/d							总历期
		卵	幼螨	原若螨	后若螨	雌成螨(产前)	雌成螨(产后)	一个世代	
16	57	16.3 ± 3.7Aa	15.3 ± 3.2Aa	15.1 ± 4.6Aa	14.6 ± 3.2Aa	11.9 ± 3.1Aa	37.6 ± 10.0Aa	73.2 ± 5.7Aa	110.8 ± 9.1Aa
	75	12.3 ± 4.3Aa	13.7 ± 4.7Aa	12.2 ± 3.9Aa	12.2 ± 4.3Aa	9.1 ± 4.1Aa	60.1 ± 12.1Aa	59.5 ± 9.2Aa	118.6 ± 9.9Aa
	93	13.2 ± 4.8Aa	14.2 ± 5.4Aa	12.8 ± 3.7Aa	12.6 ± 4.2Aa	10.3 ± 3.5Aa	57.4 ± 9.7Aa	63.0 ± 6.1Aa	120.4 ± 17.3Aa
20	57	9.3 ± 2.2Ba	10.6 ± 2.7Ba	12.5 ± 2.7Aa	11.4 ± 3.5Ba	6.4 ± 1.9Ba	31.7 ± 4.3Aa	50.3 ± 8.9 Ba	82.6 ± 6.1Ba
	75	7.5 ± 1.6Ba	7.8 ± 2.4Ba	10.8 ± 2.4Aa	10.0 ± 2.7Aa	5.8 ± 2.0Ba	28.6 ± 5.0Ba	41.9 ± 7.0Ba	70.4 ± 7.5Ba
	93	8.6 ± 2.4Ba	9.0 ± 2.5Ba	11.9 ± 2.7Aa	10.9 ± 2.7Aa	6.0 ± 1.5Ba	30.1 ± 6.3Ba	46.4 ± 5.3Ba	76.5 ± 7.1Aa
24	57	7.8 ± 1.8Ba	8.9 ± 2.6Ba	8.3 ± 2.0Ba	7.6 ± 1.0Ca	3.8 ± 1.2Ca	19.0 ± 3.6Ba	36.4 ± 5.1 Ca	55.4 ± 6.9Ca
	75	5.0 ± 1.8Ca	7.8 ± 1.5Ba	7.2 ± 1.7Ba	6.3 ± 1.3Ba	3.3 ± 1.2Ca	16.3 ± 3.0Ca	29.6 ± 3.7 Ca	45.8 ± 3.5Ba
	93	5.4 ± 1.8Ca	8.1 ± 2.5Ba	7.8 ± 2.0Ba	6.9 ± 1.8Ba	3.4 ± 1.3Ca	19.1 ± 2.8Ca	31.6 ± 2.8Ca	50.7 ± 3.8Aa
28	57	4.2 ± 1.0Ca	5.1 ± 1.2Ca	5.4 ± 1.3Ba	4.2 ± 1.2Da	3.2 ± 1.2Ca	15.3 ± 5.8Ba	22.1	37.4 ± 7.4Da
	75	3.4 ± 1.0Ca	4.4 ± 1.1Ca	4.1 ± 1.3Ca	3.9 ± 1.3Ba	2.9 ± 1.1Ca	12.1 ± 2.9Ca	18.7 ± 2.4C	30.8 ± 3.8Ca
	93	3.7 ± 1.2Ca	4.5 ± 1.3Ca	4.5 ± 1.2Ca	4.0 ± 1.2Ba	2.5 ± 0.9Ca	13.9 ± 4.4Ca	19.2	33.0 ± 5.1Ba

注:大写字母表示一定相对湿度下各螨态普通肉食螨在不同温度下的发育历期差异显著性;小写字母表示一定温度下各螨态普通肉食螨在不同相对湿度下的发育历期差异显著性。

### 2.2 普通肉食螨不同螨态发育历期与温度的关系

对 75% RH、不同温度下普通肉食螨的平均发育历期数据利用 SPSS 软件进行线性回归、二次回归和 logistics 曲线回归拟合,发现普通肉食螨的不同螨态发育历期与温度呈 2 个预测模型,不同螨态下各模型的回归方程和显著性检验结果如表 2。

回归拟合结果表明,logistics 曲线回归可以用于分析普通肉食螨所有螨态下发育历期和温度的关系,线性回归可以用于分析除雌成螨(产后)的其他所有螨态下发育历期和温度的关系,而二次回归不可以用于分析普通肉食螨任何螨态下发育历期和温度的关系。

比较显著性检验结果可知,原若螨、后若螨螨态和一个世代下的发育历期与温度的线性回归拟合关系均达到极显著水平( $P < 0.01$ ),而卵、幼螨、雌成

螨(产前)和总历期的线性回归拟合关系则达到显著水平( $P < 0.05$ );logistics 曲线回归拟合发育历期与温度的关系模型中,卵、幼螨、原若螨、后若螨、雌成螨(产前)、雌成螨(产后)和一个世代、总历期的关系模型都达到了极显著水平。

比较线性回归模型和 logistics 曲线回归模型的相关系数,发现仅原若螨和后若螨螨态下的线性回归模型的相关系数  $r$  大于 logistics 曲线回归模型,而卵、幼螨、雌成螨(产前)、雌成螨(产后)和一个世代、总历期的 logistics 曲线回归模型的相关系数大于线性回归模型。因此,在 16 ~ 28 °C 范围内,logistics 曲线回归模型更好地拟合卵、幼螨、雌成螨(产前)和总历期的发育时间与温度关系,而线性回归模型更好地原若螨和后若螨的发育时间与温度关系。

表2 普通肉食螨不同螨态发育历期(Y)与温度(T)的预测模型

发育阶段	线性回归		逻辑斯蒂回归	
	线性回归模型	显著性检验	逻辑斯蒂回归模型	显著性检验
卵	$Y = -0.730T + 23.110$	$r = 0.970^*$ $F = 32.078^*$	$Y = 1 / (0.015 \times 1.112T)$	$r = 0.998^{**}$ $F = 565.578^{**}$
幼螨	$Y = -0.698T + 23.770$	$r = 0.932^*$ $F = 13.223^*$	$Y = 1 / (0.020 \times 1.089T)$	$r = 0.949^{**}$ $F = 17.994^{**}$
原若螨	$Y = -0.698T + 23.920$	$r = 0.986^{**}$ $F = 71.611^{**}$	$Y = 1 / (0.017 \times 1.096T)$	$r = 0.965^{**}$ $F = 27.334^{**}$
后若螨	$Y = -0.715T + 23.830$	$r = 0.995^{**}$ $F = 203.473^{**}$	$Y = 1 / (0.016 \times 1.102T)$	$r = 0.985^{**}$ $F = 66.382^{**}$
雌成螨(产前)	$Y = -0.528T + 16.880$	$r = 0.954^*$ $F = 20.357^*$	$Y = 1 / (0.023 \times 1.105T)$	$r = 0.975^{**}$ $F = 39.090^{**}$
雌成螨(产后)	—	—	$Y = 1 / (0.002 \times 1.144T)$	$r = 0.983^{**}$ $F = 57.944^{**}$
一个世代	$Y = -3.368T + 111.510$	$r = 0.993^{**}$ $F = 151.415^{**}$	$Y = 1 / (0.004 \times 1.100T)$	$r = 0.998^{**}$ $F = 404.570^{**}$
总历期	$Y = -7.200T + 224.800$	$r = 0.967^*$ $F = 29.066^*$	$Y = 1 / (0.001 \times 1.118T)$	$r = 0.998^{**}$ $F = 492.607^{**}$

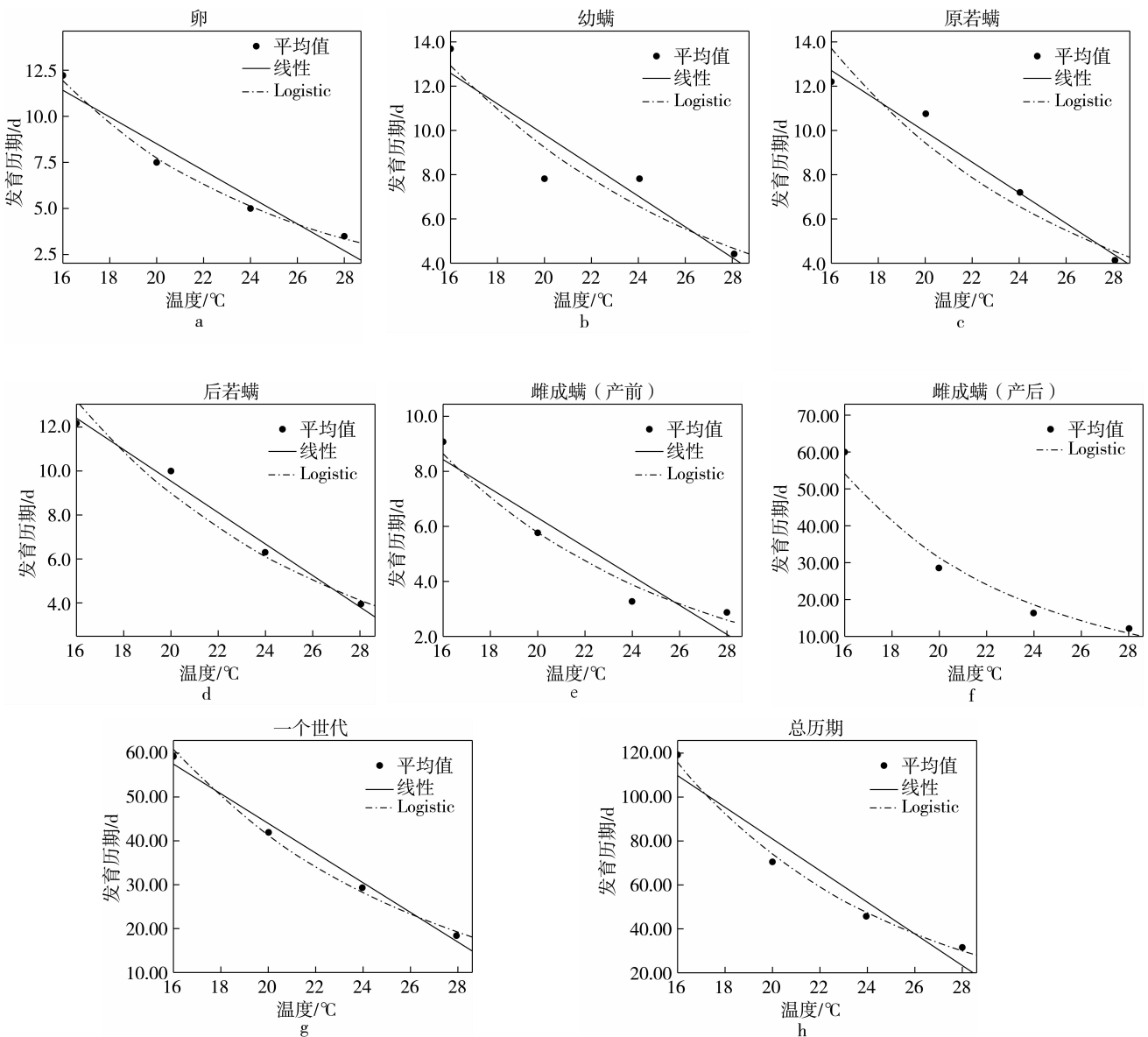


图1 75% RH下普通肉食螨不同螨态发育历期与温度的关系图

对普通肉食螨各个螨态的发育历期与温度关系作图,如图1。从图中可再次看出,logistics 曲线回归模型更好地拟合卵、幼螨、雌成螨(产前)和总历期的发育时间与温度关系,而线性回归模型更好地拟合原若螨和后若螨的发育时间与温度关系。

表1和图1可证明,普通肉食螨各螨态的发育历期均随温度的升高而缩短,总发育历期也随着温度的升高而减少,而且温度对各螨态的发育历期影响显著。

### 2.3 普通肉食螨不同螨态发育起点温度和有效积温

利用直接最优法计算得到普通肉食螨卵、幼螨、原若螨、后若螨、雌成螨(产前)、雌成螨(产后)和总

历期的发育起点温度、有效积温,见表3。

结果表明,普通肉食螨在不同相对湿度下不同螨态的发育起点温度和有效积温各不相同。在一定相对湿度下,普通肉食螨一个世代和总历期的发育起点温度均很低,最低分别仅为 10.39 °C 和 11.64 °C;卵、幼螨、原若螨、后若螨、雌成螨(产前)、雌成螨(产后)发育起点温度最低分别为 11.75、10.22、10.53、11.67、11.85 和 9.46 °C。一个世代在 93% RH 下的有效积温最低,为375.42 日·度,总历期在 75% RH 下的有效积温最低,为 543.72 日·度;卵、幼螨、原若螨、后若螨、雌成螨(产前)、雌成螨(产后)的有效积温最低分别为 57.20、81.22、73.71、69.38、38.22 和 183.34 日·度。

表3 普通肉食螨不同螨态发育历期的发育起点温度和有效积温

相对湿度 / %	直接最优法	卵	幼螨	原若螨	后若螨	雌成螨 (产前)	雌成螨 (产后)	一个世代	总历期
57	发育起点温度/°C	11.75	10.22	10.53	11.98	12.41	9.46	10.58	9.99
	有效积温/(日·度)	77.43	101.49	101.90	76.96	46.31	285.17	435.85	735.40
75	发育起点温度/°C	11.82	10.70	11.78	11.67	11.85	13.07	10.39	11.64
	有效积温/(日·度)	57.20	81.22	73.71	69.38	43.00	183.34	367.09	543.72
93	发育起点温度/°C	11.88	10.65	11.84	12.02	12.78	12.21	10.79	11.28
	有效积温/(日·度)	62.23	86.71	79.23	70.80	38.22	224.14	375.42	608.14

### 3 讨论

本实验中未观察到雄螨,出现这一现象的原因是普通肉食螨主营孤雌生殖,也营两性生殖但雄螨极为少见<sup>[17]</sup>。孤雌生殖有利于普通肉食螨种群的快速增长,利用该捕食螨迅速繁殖防治害虫、害螨,对粮食储藏起到保护作用。

在本研究的温湿度条件下,普通肉食螨的总发育历期为 30.8 ~ 118.6 d。普通肉食螨各螨态的发育速度均与温度呈正相关,温度越高,发育历期越短。在 28 °C、75% RH 下普通肉食螨的发育时间最短,适合其作为生防天敌的大规模繁殖培养。Zdarkova<sup>[10]</sup>和 Philip<sup>[18]</sup>等人的研究发现,普通肉食螨在 12 °C、75% RH 下卵态发育至成螨(产前)为 164 d,随着温度升高其发育速度逐步增大,在 25 °C、75% RH 下发育至成螨(产前)为 17.6 d,与本实

验的研究结果一致。

储粮害虫发生较严重粮堆的储藏温湿度环境约为 24 ~ 28 °C、57 ~ 93% RH,该研究表明在这个温湿度范围内,普通肉食螨种群增长快速,总发育历期较短,为 30.8 ~ 55.4 d。普通肉食螨作为储粮虫螨的生防天敌,在粮库、粮堆中有广阔的应用前景。

### 4 结论

研究表明普通肉食螨的生长发育分别经历卵、幼螨、原若螨、后若螨和雌成螨 5 个发育阶段;温度是影响动物生长发育的主要因素,本研究证明了在 16 ~ 28 °C、57 ~ 93% RH 黑暗条件下,上述各螨态和整个发育历期均能完成发育,在本研究的温湿度条件下普通肉食螨的一个世代和总发育历期分别为 18.7 ~ 59.5、30.8 ~ 118.6 d;温度对普通肉食螨各

螨态生长发育的影响显著,随着温升高、发育历期变短;发育历期不随相对湿度的变化而显著递增或递减,各螨态普通肉食螨几乎均是在75%相对湿度下的发育时间最短;并明确了各螨态、生长发育阶段的发育起点温度和有效积温,一个世代和总历期的发育起点温度最低分别为10.39℃和11.64℃、有效积温最低分别367.09和543.72日·度。本研究结果为普通肉食螨的大规模工厂化饲养以及实仓应用奠定了基础。

#### 参考文献:

- [1] Woodroffe G E, Voodroffe G E. An ecological study of insects and mites in the nests of certain binests of certain birds in Britain [J]. Bull. ent. Res. 1953, 44: 72 - 739.
- [2] 休斯著 A M, 忻介六, 沈兆鹏, 等译. 储藏食物与房舍的螨类 [M]. 农业出版社, 1983.
- [3] 贺培欢, 张涛, 伍祎, 等. 普通肉食螨对9种储粮害虫捕食能力的研究 [J]. 中国粮油学报, 2016, 31 (11): 112 - 117.
- [4] 顾勤华. 普通肉食螨的生活史研究 [J]. 江西植保. 1999, 22 (3): 14 - 15.
- [5] 沈兆鹏. 全国重点省市区储藏物螨类调查总结 [R]. 上海, 1988.
- [6] Lukas J, Stejskal V. Different natural performance of four Cheyletus predatory mite species in Czech grain stores [J]. Journal of Stored Products Research, 2007, 43: 97 - 102.
- [7] Collins D A. A review on the factors affecting mite growth in stored grain commodities [J]. Experimental and Applied Acarology, 2012, 56: 191 - 208.
- [8] Coombs C W, Woodroffe G E. Changes in the arthropod fauna of an experimental bulk of stored wheat [J]. Journal of Applied Ecology, 1968, 5: 74 - 563.
- [9] Athanassiou C G, Kavallieratos N G, Sciarretra A, et al. Spatial associations of insects and mites in stored wheat [J]. Journal of economic entomology, 2011, 104(5): 1752 - 1764.
- [10] Eva Zdarkova, Pavel Horak. Development of *Cheyletus eruditus* (Schränk) (Acarina: Cheyletidae) at low temperature [J]. Plant Protection Science, 1999, 35(1): 14 - 16.
- [11] 夏斌, 龚珍奇. 普通肉食螨对腐食酪螨捕食效能 [J]. 南昌大学学报(理科版), 2003, 27(4): 334 - 337.
- [12] 夏斌, 龚珍奇, 余丽萍, 等. 温度对普通肉食螨生长发育和存活率的影响 [J]. 南昌大学学报, 2005, 29 (3): 286 - 289.
- [13] Boczek J. Biology and ecology of *Cheyletus eruditus* (Schränk) [J]. Prace Naukowe, Inst. Ochrony Roslin, Warszawa, 1959, 1175 - 230.
- [14] 曹阳, 卞科, 陈春刚, 等. 基于两维图论聚类分析的中国储粮区域划分 [J]. 中国粮油学报, 2005, 20(4): 122 - 123.
- [15] 贺培欢, 曹阳, 伍祎, 等. 一种储粮螨类和昆虫饲养观察装置 [P]. 中国专利: 201520476487.0, 2015 - 09 - 20.
- [16] 李典谟, 王莽莽. 快速估计发育起点及有效积温法的研究 [J]. 昆虫知识, 23(4): 184 - 187.
- [17] Solomon, M E. Establishment growth and decline of populations of the grain mite *Acarus siro* L. on handful of wheat [J]. Proc 2nd Intn Congr. Acarology, 1969: 225 - 260.
- [18] Philip S Barke. Bionomics of *Cheyletus eruditus* (Schränk) (Acarina: Cheyletidae), a predator of *Lepidoglyphus destructor* (Schränk) (Acarina: Glycyphagidae), at three constant temperatures [J]. Canadian Journal of Zoology - revue Canadienne de Zoologie, 1990, 69: 2321 - 2322. 