

DOI:10.11829/j.issn.1001-0629.2017-0358

武德功,陈青,詹秋文,黄保宏,杜军利,黄伟东,舒英杰,王增霞.不同温度对高粱蚜的生长发育的影响.草业科学,2018,35(6):1548-1555.

Wu D G, Chen Q, Zhan Q W, Huang B H, Du J L, Huang W D, Shu Y J, Wang Z X. Effect of different temperatures on the growth and development of sorghum aphid (*Melanaphis sacchari*). Pratacultural Science, 2018, 35(6): 1548-1555.

不同温度对高粱蚜的生长发育的影响

武德功,陈青,詹秋文,黄保宏,杜军利,
黄伟东,舒英杰,王增霞

(安徽科技学院农学院,安徽凤阳 233100)

摘要:为了探讨温度对高粱蚜(*Melanaphis sacchari*)生长发育及繁殖的影响,在实验室15~30℃温度范围下,测定并计算了高粱蚜的发育历期、繁殖力、寿命及各项生命表参数。结果表明,高粱蚜种群在30℃逃脱及死亡率较高,因此无具体数据分析;高粱蚜若虫的发育历期随着温度的上升而显著缩短($P < 0.05$),在15~28℃内发育历期为5.63~12.13 d,存活率为88%~94%,15℃下若虫的存活率最高,而28℃下存活率最低;体重差及 F_1 代体重随着温度升高而降低;高粱蚜的平均寿命为11.76~48.47 d,生殖率与温度呈正相关关系;在15~28℃范围内,高粱蚜的种群净增殖率为42.60~80.56,其中24℃时最高,28℃时最低(42.60);平均世代周期随着温度的升高而缩短;高粱蚜的内禀增长率在0.160~0.339,24℃时最高,在15~28℃范围内,随着温度的升高,内禀增长率显著升高,由净增殖率、内禀增长率与温度的关系方程推测高粱蚜适宜的温度范围为20.34~26.85℃。以上结果说明,高粱蚜生长发育的最适温度为24℃,可能导致高粱蚜种群动态上升的适宜温度范围为20.34~26.85℃,因此当环境温度处于此温度区间时,需实时进行高粱蚜的预测预报,为高粱蚜的防治工作奠定基础。

关键词:高粱蚜;发育;种群生命表;内禀增长率;生殖力

中图分类号:S435.14 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-0629(2018)06-1548-08*

Effect of different temperatures on the growth and development of sorghum aphid (*Melanaphis sacchari*)

Wu De-gong, Chen Qing, Zhan Qiu-wen, Huang Bao-hong, Du Jun-li,
Huang Wei-dong, Shu Ying-jie, Wang Zeng-xia

(College of Agriculture, Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100, Anhui, China)

Abstract: This study examined the effects of different temperatures on the development and fecundity of the sorghum aphid (*Melanaphis sacchari*). The growth and development, fecundity, and life table parameters of sorghum aphids were studied at 15~30℃. The results indicate that the mortality of sorghum aphids is higher at 30℃; so no specific data could be generated at this temperature. The growth period of the sorghum aphids were markedly shortened when the temperature increased. Within the range of 15 to 28℃, the growth period of the sorghum aphids was between 5.63~12.13 d and the survival rate was between 88%~94%. The survival rate of the nymphs was the highest at 15℃ and the lowest at 28℃. The weight of the adult aphids and that of

* 收稿日期:2017-06-28 接受日期:2018-01-18

基金项目:高丹草抗蚜性鉴定及其抗蚜机制研究(ZRC2014399);安徽省教育厅重点项目(KJ2016A825);安徽省教育厅重点项目(KJ2017A513);横向课题项目(安徽皖垦种业股份有限公司);安徽科技学院植物保护重点学科经费资助(AKZDXK2015C04);安徽省省级质量工程项目植物保护特色专业专项(2015tszy022);国家级大学生创新课题(201710879073)

第一作者:武德功(1980-),男,河南周口人,讲师,博士,主要研究方向为农业昆虫与害虫防治。E-mail:wudegong118@163.com

通信作者:杜军利(1983-),女,河北邯郸人,讲师,博士,主要研究方向为农业昆虫与害虫防治。E-mail:adu83419@163.com

the F1 progeny decreased with increasing temperature. The longevity of the sorghum aphids ranged from 11.76 to 48.47 d. The reproductive rate was positively correlated with temperature. In the range of 15~28 °C, the net reproductive rate of the population ranged from 42.60 to 80.56, with the highest rate recorded at 24 °C (80.56) and the lowest at 28 °C (42.60). The average generation time decreased with increasing temperature. The intrinsic rate of increase of the sorghum aphids ranged between 0.160~0.339, with the highest value recorded at 24 °C. In the range of 15~28 °C, the intrinsic growth rate significantly increased with increasing temperature. Using an equation relating the net reproductive rate, the intrinsic rate of increase and temperature, the optimal temperature for the growth and reproduction of the sorghum aphids was determined to be between 20.34~26.85 °C. The above results indicate that the growth and development of the sorghum aphids occur optimally at 24 °C. The population of the sorghum aphids increase when the temperature ranges between 20.34~26.85 °C. Therefore, within this temperature range the population dynamics of the sorghum aphids can be predicted, which provides the foundation for strategies to prevent the spread of the sorghum aphids.

Key words: *Melanaphis sacchari*; development; biological characteristics; population life table; fecundity

Corresponding author: Du Jun-li E-mail: adu83419@163.com

高粱蚜(*Melanaphis sacchari*)属于昆虫纲半翅目(Hemiptera)蚜科(Aphididae),主要危害高粱(*Sorghum bicolor*)、甘蔗(*Saccharum officinarum*)、玉米(*Zea mays*)等作物^[1-2],在亚洲、非洲和美洲均有分布,在我国辽宁、山东、河北等地危害严重,是一种间歇性暴发的害虫,如不及时防治,减产十分严重^[3-5]。目前高粱蚜的危害逐年加重,已经成为我国许多高粱种植地区的优势害虫,不仅影响饲草高粱的产量,而且严重降低饲草的品质^[6-9]。温度是影响蚜虫生长发育和生命参数的主要因素之一,温度对蚜虫生命参数的影响在国内外均有相关报道^[10-11]。高有华和刘长仲^[12]研究了温度对豌豆蚜(*Acyrtosiphon pisum*)生命表的影响,刘长仲^[13]研究温度对三叶草彩斑蚜(*Therioaphis trifolii*)种群参数的影响,建立了三叶草彩斑蚜种群生命表。红、绿色型豌豆蚜对温度的适生性存在差异^[13-14],温度可能是造成红色型豌豆蚜种群不断上升的原因之一^[15],温度也会影响麦长管蚜(*Macrosiphum avenae*)的体色变化^[16]。20 °C是饲养夹竹桃蚜(*Aphis nerii*)的最适合温度,将其作为食料可为大规模繁殖天敌提供依据^[17]。许乐园等^[18]探索了不同温度下麦长管蚜的年龄-龄期生命表,确定了麦长管蚜的最适温度范围。已有研究分析了不同温湿度对高粱蚜发育繁殖的影响,然而之前研究的高粱蚜的样本数较少,且主要研究温湿度对高粱蚜生长发育的影响^[19],本研究主要分析在高粱苗期不同温度对高粱蚜生物学特性及生命参数的影响,计算不同温度高粱蚜的种群参数,且涉及温度范围较广,可为今后高粱蚜田间预测预报提供丰富的理论数据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试虫源高粱蚜采自安徽省凤阳县安徽科技学院西区种植园,将高粱蚜饲养在人工气候箱中,饲养条件为温度(24 °C),湿度(70%),光照为 14 h(光照):10 h(黑暗),供试植株为三叶期高粱植株(甜皖粮),将高粱催芽后种植在直径为 15 cm 的塑料盆中,待幼苗长至三叶期方可用于试验。

1.2 试验方法

将高粱蚜母蚜接至培养皿离体高粱叶片上(叶片剪口处用吸水脱脂棉保湿),每个叶片上接 5 头母蚜,重复 10 次。12 h 后将母蚜所产若蚜放在滤纸上称重(W_1),仔蚜单头单皿饲养,每个培养皿内放置一片高粱叶片,叶片剪口处用吸水脱脂棉包裹保湿,而后将仔蚜接至高粱叶片上,并将其放入人工气候箱中饲养,温度为 15、18、21、24、28 和 30 °C,相对湿度为(60%±10%),光照为 14 h(光照):10 h(黑暗),每 10 头为一个重复,重复 5 次。若虫期每 12 h 观察一次,当最后一次蜕皮后对成蚜进行称重(W_2),发育历期(DD),幼虫期记录蚜虫的存活数量、蜕皮时间,并将高粱蚜的蜕皮移除,成蚜期记录所产仔蚜数量、存活数量,每次检查均需将所产仔蚜移除^[17-18]。

1.3 数据分析

使用 Excel 2003 进行数据整理,利用 SPSS 13.0 软件对数据进行方差分析,同时采用 Duncan 氏新复极差法进行多重比较。生命表参数(净增值率和内禀增长率)与温度之间的关系用曲线二次方程进行拟合,非线性最小二乘法预测最适温度。生命参数计算公

式^[12]如下。

净增殖率(R_0): $R_0 = \sum l_x m_x$;

平均世代周期(T): $T = \sum x l_x m_x / \sum l_x m_x$;

内禀增长率(r_m): $r_m = \ln R_0 / T$;

种群加倍时间(t): $t = \ln 2 / r_m$;

周限增长率(λ): $\lambda = e^{r_m}$;

体重差(dW): $dW = W_2 - W_1$;

相对日均体重增长率(MRGR): $MRGR = (\ln W_2 - \ln W_1) / DD$ 。

式中: x 为高粱蚜特定年龄(d), l_x 为高粱蚜在 x 期开始时的存活率, m_x 为高粱蚜在 x 期间平均每头雌蚜产蚜数量。

2 结果与分析

2.1 温度对高粱蚜生物学参数的影响

由于高粱蚜若虫在30℃下逃脱及死亡率较高,因此在分析时没有30℃的数据。

在15~28℃范围内,温度与高粱蚜的发育历期呈负相关关系(5.63~12.13 d),同时高粱蚜在不同温度下的发育历期之间均存在显著差异($P < 0.05$);高粱蚜的体重差随着温度的升高而逐渐降低,且5个温度条件下的高粱蚜体重差均存在显著差异($P < 0.05$),15℃高粱蚜的体重差为0.504 mg,而28℃其体重差为0.208 mg;高粱蚜的相对日均体重增长率与温度呈正相关关系,24和28℃下高粱蚜的相对日均体重增长率分别为0.508和0.517,均显著高于15、18和21℃的($P < 0.05$);高粱蚜的 F_1 代体重随着温度的升高而降低,15℃的 F_1 代体重与18℃相比无显著差异($P > 0.05$),但15和18℃的 F_1 代体重显著高于21、24和28℃($P < 0.05$)(表1)。

2.2 温度对高粱蚜发育历期的影响

在15~28℃范围内,高粱蚜不同龄期的发育历期总体趋势是随着温度的升高发育历期逐渐缩短(表2),如一龄的发育历期在18℃时最长(3.09 d),与15℃(2.94 d)相近,在28℃时发育历期最短(1.35 d);二龄的发育历期15℃时为2.84 d,在28℃时为1.09 d,二者相差1.75 d;三龄的发育历期由15℃的2.44 d缩短至24℃的1.17 d,二者相差1.27 d,其中24℃时发育历期与28℃接近;四龄的发育历期由15℃的3.72 d缩短至28℃的1.19 d,二者相差2.53 d;全世代的发育历期由15℃的12.13 d缩短至28℃的5.63 d,二者相差6.5 d;方差分析表明,在18~28℃范围内,不同温度下高粱蚜的一龄发育历期间存在显著差异($P < 0.05$),但15℃高粱蚜一龄的发育历期与18℃相比无显著差异($P > 0.05$);15~28℃温度范围内,不同温度下高粱蚜二龄的发育历期间均存在显著差异($P < 0.05$);15℃高粱蚜三龄的发育历期与18℃无显著差异($P > 0.05$),但15和18℃三龄的发育历期显著高于21、24、28℃($P < 0.05$);相关分析表明,若虫的发育速度与温度呈线性相关关系(图1)。

2.3 温度对高粱蚜生殖力与寿命的影响

15~21℃高粱蚜若虫期的存活率均超过了90%,24和28℃的存活率为88%(表3);温度与高粱蚜的成虫繁殖期呈负相关关系,在18~28℃范围内,不同温度下高粱蚜的繁殖期均存在显著差异($P < 0.05$),而15℃高粱蚜的繁殖期与18℃相比无显著差异($P > 0.05$),15℃的繁殖期最长为24.68 d,28℃的繁殖期为6.46 d;高粱蚜的寿命与温度呈负相关关系,在15~28℃范围内,不同温度下高粱蚜的繁殖期均存在显著差异($P < 0.05$),15℃高粱蚜的寿命最长(48.47

表1 温度对高粱蚜的生物学参数的影响

Table 1 Influence of biological parameters on the sorghum aphid at different temperatures

| 温度 Temperature/℃ | 样本数 Number of sample/head | 发育历期 Developmental duration/d | 体重差 Weight difference/mg | 相对日均体重增长率 Mean relative growth rate/% | F_1 代体重 Body weight of F_1 /mg |
|---------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|---|--|
| 15 | 50 | 12.13±0.10a | 0.504±0.005a | 0.273±0.002d | 0.035±0.001a |
| 18 | 50 | 11.10±0.21b | 0.491±0.002b | 0.310±0.005c | 0.033±0.001a |
| 21 | 50 | 7.83±0.05c | 0.393±0.003c | 0.412±0.002b | 0.028±0.001b |
| 24 | 50 | 6.10±0.06d | 0.331±0.008d | 0.508±0.004a | 0.022±0.001c |
| 28 | 50 | 5.63±0.23e | 0.208±0.003e | 0.517±0.021a | 0.016±0.001d |

同列不同小写字母表示不同温度处理间差异显著($P < 0.05$)。下同。

Different lowercase letters within the same column indicate significant difference between different temperature treatments at the 0.05 level by Duncan's multiple; similarly for the following tables.

表 2 温度对高粱蚜的发育历期的影响
Table 2 Influence of temperature on mean growth period of the sorghum aphid

| 温度 Temperature/ °C | 若虫龄期 Nymphal instars/d | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|
| | 一龄 First instar (I) | 二龄 Second instar (II) | 三龄 Third instar (III) | 四龄 Fourth instar (IV) | 若虫期 Development times of immature |
| 15 | 2.94±0.03a | 2.84±0.02a | 2.44±0.04a | 3.72±0.05a | 12.13±0.10a |
| 18 | 3.09±0.09a | 2.36±0.06b | 2.41±0.08a | 2.67±0.04b | 11.10±0.21b |
| 21 | 2.28±0.03b | 1.63±0.03c | 1.70±0.02b | 1.76±0.05c | 7.83±0.05c |
| 24 | 1.83±0.08c | 1.27±0.06d | 1.17±0.05c | 1.41±0.05d | 6.10±0.06d |
| 28 | 1.35±0.05d | 1.09±0.08e | 1.23±0.06c | 1.19±0.08e | 5.63±0.23e |

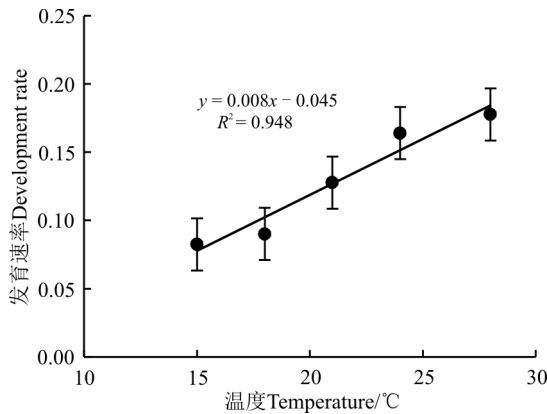


图 1 温度与高粱蚜若虫发育速率的关系

Fig. 1 Relationship between temperature and development rate of the nymph stage of the sorghum aphids

d), 28 °C 的寿命最短 (11.76 d); 高粱蚜的生殖率与温度呈正相关关系, 15、18 和 21 °C 的生殖率显著低于 24 和 28 °C ($P < 0.05$)。

2.4 不同温度下高粱蚜实验种群的生命参数

在 15~28 °C 范围内, 高粱蚜的种群净增殖率在 42.60~80.56, 其中 24 °C 时最高 (80.56), 28 °C 时最低 (42.60), 且 18~28 °C 的高粱蚜的净增殖率存在显著差异 ($P < 0.05$), 而 15 °C 的高粱蚜的净增殖率与 18 °C 相比无显著差异 ($P > 0.05$); 15~28 °C 平均世代周

期随着温度的升高而缩短, 从 15 °C 时的 26.26 d 缩短至 28 °C 的 11.30 d, 不同温度高粱蚜的平均世代周期之间均存在显著差异 ($P < 0.05$); 高粱蚜内禀增长率在 0.160 0~0.339 2, 其中 15 °C 时最低, 24 °C 时最高, 在 15~28 °C 范围内, 温度与高粱蚜的内禀增长率呈正相关关系, 15~24 °C 温度的内禀增长率各温度之间均差异显著 ($P < 0.05$), 24 °C 高粱蚜的内禀增长率与 28 °C 相比无显著差异 ($P > 0.05$); 高粱蚜的周限增长率方差分析结果与内禀增长率相同; 种群加倍天数在 15 °C 时最长, 为 4.327 d, 显著高于其他温度 ($P < 0.05$), 24 °C 最短, 为 2.05 d, 在 15~24 °C 范围内, 种群加倍天数在各温度间差异显著 ($P < 0.05$), 但 24 °C 与 28 °C 之间无显著差异 ($P > 0.05$) (表 4)。

由温度与净增殖率关系的拟合方程 $y = -0.488x^2 + 19.87x - 126.4$ 推算出高粱蚜的最适温度为 20.34 °C (图 2); 温度与内禀增长率的拟合方程 $y = -0.001x^2 + 0.053x - 0.437$ 推算出高粱蚜的最适温度为 26.85 °C (图 3)。根据这两个方程的结果, 结合表 4 中高粱蚜在 15~24 °C 范围内 21 和 24 °C 的净增殖率、内禀增长率高于其他温度, 预测出高粱蚜的适宜温度范围为 20.34~26.85 °C。

表 3 不同温度对高粱蚜的生殖力的影响

Table 3 Influence of temperature on mean fecundity of the sorghum aphid

| 温度 Temperature/°C | 存活率 Survival rate/% | 繁殖期 Reproductive period/d | 寿命 Longevity/d | 生殖率 Fecundity rate |
|----------------------|------------------------|------------------------------|-------------------|-----------------------|
| 15 | 94±2a | 24.68±0.08a | 48.47±0.67a | 2.71±0.02b |
| 18 | 90±0a | 24.01±0.46a | 43.99±0.42b | 2.66±0.11b |
| 21 | 92±2a | 21.20±0.57b | 37.42±0.49c | 3.41±0.12b |
| 24 | 88±4a | 13.49±0.10c | 23.42±0.89d | 5.97±0.12a |
| 28 | 88±4a | 6.46±0.65d | 11.76±0.61e | 6.86±0.91a |

表4 不同温度条件下高粱蚜的生命表参数(均值±标准差)
Table 4 Life table parameters of the sorghum aphid at different temperature

| 温度 Temperature/°C | 净增殖率 Net reproductive rate (R_0) | 平均世代周期(T) Generation time/d | 内禀增长率 Intrinsic rate of increase (r_m) | 周限增长率 Finite rate of increase (λ) | 种群加倍天数 Doubling time/t |
|----------------------|---|--------------------------------|---|--|---------------------------|
| 15 | 66.96±0.40bc | 26.26±0.17a | 0.160 0±0.001 0d | 1.174±0.001d | 4.327±0.024a |
| 18 | 63.79±2.01c | 22.01±0.87b | 0.189 6±0.006 0c | 1.209±0.007c | 3.733±0.093b |
| 21 | 72.04±1.29b | 20.05±0.36c | 0.213 6±0.004 0b | 1.238±0.006b | 3.251±0.066c |
| 24 | 80.56±1.16a | 12.98±0.37d | 0.339 2±0.009 0a | 1.404±0.013a | 2.050±0.061d |
| 28 | 42.60±6.81d | 11.30±0.21e | 0.268 5±0.016 0a | 1.393±0.011a | 2.097±0.049d |

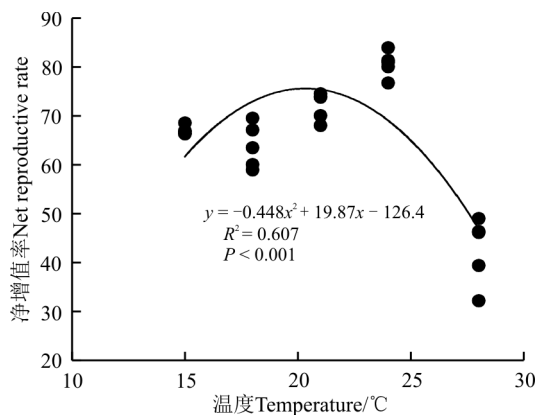


图2 温度与高粱蚜净增殖率关系的拟合方程
Fig. 2 Fitting equation of the relationship between temperature and net reproductive rate of sorghum aphia

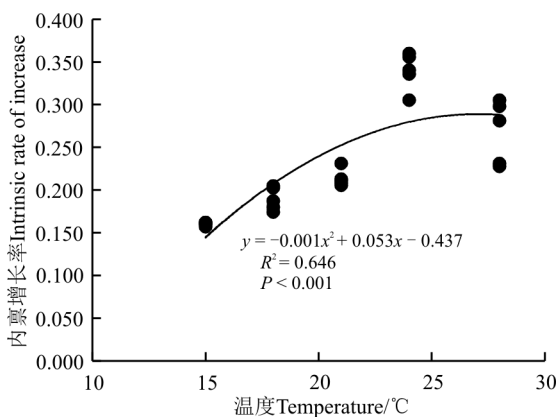


图3 温度与高粱蚜内禀增长率关系的拟合方程
Fig. 3 Fitting equation of the relationship between temperature and intrinsic rate of increase of sorghum aphia

3 讨论与结论

3.1 讨论

温度对高粱蚜的生长发育及各项生命参数均有显著影响,30 °C高温不利于其生长发育、存活、繁殖及种

群增长;在15~28 °C范围内,在15 °C存活率最高,平均寿命最长;高粱蚜的体重差和 F_1 代体重随着温度的升高而降低,在24 °C时,内禀增长率和净增殖率最高,其变化趋势与前人的研究结果相符。陈瑞鹿等^[19]研究高粱蚜在25 °C时的产仔量与本研究较接近,但其仅研究了3个温度梯度,范围较窄;另有研究报道,马铃薯长管蚜(*Macrosiphum euphorbiae*)生长发育最快的温度为25 °C^[20],且胡萝卜微管蚜(*Semiaphis heraclei*)在25 °C时世代存活率较高^[21],与本研究的结果趋于一致。杜军利等^[22-23]在研究温度对豌豆蚜生长发育的影响时,明确了豌豆蚜在24 °C时红色型和绿色型豌豆蚜的净增率和内禀增长率最高,32 °C时豌豆蚜不能发育至成虫;25 °C是桃蚜(*Myzus persicae*)和马铃薯长管蚜生长发育的最适温度,30 °C以上不利于其生长发育^[20]。根据昆虫的发育历期预测下一虫期,同时也可预测下一代的时间,通过高粱蚜种群生命表参数推断种群发展趋势^[24]。

内禀增长率是反映种群增长能力的最理想的参数^[25-26]。24 °C时高粱蚜的净增殖率和内禀增长率最大,说明24 °C时高粱蚜的繁殖力高于其他温度;虽然15、18、21 °C时高粱蚜的净增殖率显著高于28 °C ($P < 0.05$),但由于15、18、21 °C平均世代周期显著长于28 °C ($P < 0.05$),因此,15、18、21 °C的内禀增长率显著低于28 °C ($P < 0.05$)。

体重差、相对日均体重增长率、 F_1 代体重3个指标来评价温度对高粱蚜及后代的影响^[27],日均体重增长率的数值大表示高粱蚜对某个特定温度有一定的适生性^[28]。在24和28 °C的相对日均体重增长率显著高于15、18、21 °C ($P < 0.05$),说明24和28 °C是高粱蚜的适生温度,但超过30 °C将会抑制高粱蚜的生长发育。高温引起高粱蚜的死亡率显著上升,在本研究中,当温度上升到30 °C,高粱蚜死亡及逃跑比例大幅上升,说明高粱蚜对高温的适应性较差。

众多研究表明,昆虫的部分生命参数与温度之间是一种复杂的曲线关系,在一定范围内生命参数随环境因子强度的增加而升高,到一定程度时环境因子强度再增加,生命参数反而下降^[29-30],这种生命参数与温度之间的关系可以用数学方程进行拟合,然后利用这个方程预测出最适合昆虫生长发育的温度范围^[29]。本研究对高粱蚜的净增殖率、内禀增长率与温度关系用曲线二次方程进行了拟合,拟合方程达到极显著水平。分析这两个方程的最适温度,预测高粱蚜的最适温度范围为20.34~26.85℃,这个温度范围与田间高粱蚜发生高峰期的温度相吻合。笔者多年调查显示,在每年的7月上旬至8月中旬,安徽凤阳地区每日最高气温多数均超过28℃,在这段时间田间高粱蚜种群数量较低;8月下旬至9月中旬,每日最高气温多数低于28℃,这时高粱蚜的种群量显著上升;9月中旬以

后每日最高气温逐渐低于21℃,高粱蚜的种群数量呈下降趋势,温度可能是高粱蚜田间种群数量变化的主要原因。

3.2 结论

在不同温度条件下进行了高粱蚜生长发育及生命参数的研究,高粱蚜种群在30℃逃脱及死亡率较高,高粱蚜若虫的发育历期随温度的上升而显著缩短,在15~28℃范围内,高粱蚜的种群净增殖率为42.60~80.56,其中24℃时最高,28℃时最低(42.60);平均世代周期随着温度的升高而缩短;高粱蚜的内禀增长率在0.160~0.339,24℃时最高,因此高粱蚜生长发育的最适温度为24℃,可能导致高粱蚜种群动态上升的适宜温度范围为20.34~26.85℃,因此当环境温度处于此温度区间时,需实时进行高粱蚜的预测预报。

参考文献 References:

- [1] Guo C S, Cui W, Xue F, Zhao J Z, Lu G H. Sorghum insect problems and management. *Journal Integrative Plant Biology*, 2011, 53: 178-192.
- [2] 柯梅, 朱昊, 梁维维, 李学森, 任玉平. 苏丹草农艺性状与产量、品质间的灰色关联度分析. *草业科学*, 2016, 33(5): 949-955.
Ke M, Zhu H, Liang W W, Li X S, Reng Y P. Grey correlation analysis of main agronomic characters and its yield and quality traits in *Sorghum sudanense*. *Pratacultural Science*, 2016, 33(5): 949-955. (in Chinese)
- [3] 常金华, 夏雪岩, 张丽, 李荣改, 刘国庆, 罗耀武. 高粱抗蚜基因的遗传分析和 SSR 标记定位. *草业学报*, 2006, 15(2): 113-118.
Chang J H, Xia X Y, Zhang L, Li R G, Liu G Q, Luo Y W. Analysis of the resistance gene to the sorghum aphid, *Melanaphis sacchari*, with SSR marker in *Sorghum bicolor*. *Acta Prataculturae Sinica*, 2006, 15(2): 113-118. (in Chinese)
- [4] 王成, 罗峰, 高建明, 裴忠有, 傅扬, 孙守钧. 高粱抗蚜 QTL 定位. *河南农业科学*, 2014(7): 80-84.
Wang C, Luo F, Gao J M, Pei Z Y, Fu Y, Sun S J. Aphid resistant characteristics and the relations with physical characteristics of sorghum. *Journal of Agricultural university of Henan*, 2014(7): 80-84. (in Chinese)
- [5] Chang J H, Duan X F, Cui J H, Xue W, Zhang Q W. Differential molecular responses of aphid-sensitive and aphid-resistant sorghum lines to aphid infestation. *Arthropod-Plant Interactions*, 2012, 6: 113-120.
- [6] Wang F M, Zhao S M, Han Y H, Shao Y T, Dong Z Y, Gao Y, Zhang K P, Lin X, Li D W, Chang J H, Wang D W. Efficient and fine mapping of RMES1 conferring resistance to sorghum aphid *Melanaphis sacchari*. *Molecular Breeding*, 2013, 31: 777-784.
- [7] Chinnarajal C, Viswanathan R. Quantification of sugarcane yellow leaf virus in sugarcane following transmission through aphid vector, *Melanaphis sacchari*. *Virusdis*, 2015, 26(4): 237-242.
- [8] Dhillon M K, Sharma H C, Pampapathy G, Reddy B V S. Cytoplasmic male-sterility affects expression of resistance to shoot bug (*Peregrinus maidis*), sugarcane aphid (*Melanaphis sacchari*) and spotted stem borer (*Chilo partellus*) in sorghum. *Entomology*, 2006, 47: 66-68.
- [9] 常金华, 张丽, 夏雪岩, 李荣改, 罗耀武, 刘国庆. 不同基因型高粱植株的物理性状与抗蚜性的关系. *河北农业大学学报*, 2004, 27(2): 5-7.
Chang J H, Zhang L, Xia X Y, Li R G, Luo Y W, Liu G Q. Aphid resistant characteristics and the relations with physical characteristics of sorghum. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 2004, 27(2): 5-7. (in Chinese)
- [10] Diaz B M, Fereres A. Life table and population parameters of *Nasonovia ribisnigri* (Homoptera: Aphididae) at different constant temperatures. *Environmental Entomology*, 2005, 34: 527-534.
- [11] Whalen R, Harmon J. Temperature alters the interaction between a herbivore and a resistant host plant. *Arthropod-Plant Interactions*, 2015, 9: 233-240.

- [12] 高有华,刘长仲.不同温度下的豌豆蚜实验种群生命表研究.植物保护,2008,34(4):57-59.
Gao Y H,Liu C Z.Life table of the experimental population of *Acyrtosiphon pisum* (Harris) at different temperatures. Plant Protection, 2008, 34(4): 57-59. (in Chinese)
- [13] 刘长仲,杜军利,张廷伟,钱秀娟,陈应武.温度对三叶草彩斑蚜种群参数的影响.应用生态学报,2012,23(7):1927-1932.
Liu C Z, Du J L, Zhang T W, Qian X J, Chen Y W. Effects of temperature on population parameters of *Therioaphis trifolii* (Monell) (Homoptera: Aphididae). Chinese Journal of Applied Ecology, 2012, 23(7): 1927-1932. (in Chinese)
- [14] 杜军利,武德功,吕宁,刘长仲.不同温度条件下两种色型豌豆蚜的种群参数.草业学报,2015,24(11):91-99.
Du J L, Wu D G, Lyu N, Liu C Z. Population parameters of two pea aphid (*Acyrtosiphon pisum*) color morphs at different temperatures. Acta Prataculturae Sinica, 2015, 24(11): 91-99. (in Chinese)
- [15] 孙小玲,刘长仲.温度对红色型豌豆蚜生长发育和繁殖的世代累积效应.中国生态农业学报,2016,24(10):1401-1408.
Song X L, Liu C Z. Cumulative effect of temperature on the growth, development and reproduction of red pea aphid (*Acyrtosiphon pisum* Harris) among different generations. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2016, 24(10): 1401-1408. (in Chinese)
- [16] 邓明明,高欢欢,李丹,胡想顺,胡祖庆,赵惠燕.温度对麦长管蚜体色变化的影响.生态学报,2011,31(23):218-225.
Deng M M, Gao H H, Li D, Hu X S, Hu Z Q, Zhao H Y. Effects of temperature on body color in *Sitobion avenae* (F.). Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(23): 218-225. (in Chinese)
- [17] 陈博,鲁蒙,李晓宇,梁宏合,江庆生,焦晓国.温度对夹竹桃蚜实验种群生命表参数的影响.湖北大学学报(自然科学版),2015,37(3):235-238.
Chen B, Lu M, Li X Y, Liang H H, Jiang Q S, Jiao X G. Effects of temperature on life table parameters of laboratory populations of the aphid *Aphis nerii*. Journal of Hubei University (Natural Science), 2015, 37(3): 235-238. (in Chinese)
- [18] 许乐园,米勇,卢虹,孙蕾,陈珍珍,于金凤,许永玉.麦长管蚜在不同温度下的年龄-龄期生命表.植物保护学报,2014,41(6):673-679.
Xu L Y, Mi Y, Lu H, Sun L, Chen Z Z, Yu J F, Xu Y Y. The age-stage life tables of *Sitobion avenae* (Fabricius) at different temperatures. Acta Phytopylacica Sinica, 2014, 41(6): 673-679. (in Chinese)
- [19] 陈瑞鹿,王素云,暴祥致,徐恩培,谢为民.高粱蚜(*Aphis sacchari* Zehntnar)发生规律和预测方法的研究 II. 温度与无翅孤雌胎生蚜的发育与繁殖的关系.吉林农业科学,1979(2):74-78.
Cheng R L, Wang S Y, Bao X Z, Xu E P, Xie W M. The Study on the occurrence and prediction of sorghum aphid. Jilin Agriculture and Science, 1979(2): 74-78. (in Chinese)
- [20] 周晓榕,卜庆国,庞保平.温度对桃蚜和马铃薯长管蚜实验种群生命表参数的影响.昆虫学报,2014,57(7):837-843.
Zhou X R, Bu Q G, Pang B P. Population of *Myzus persicae* and *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae). Acta Entomologica Sinica, 2014, 57(7): 837-843. (in Chinese)
- [21] 王董秀,李学军,王宁.温度对胡萝卜微管蚜生长发育繁殖的影响.应用昆虫学报,2016,53(3):564-573.
Wang J X, Li X J, Wang N. Influence of temperature on the development, survival and reproduction of *Semiaphis heraclei* (Takahashi). Chinese Journal of Applied Entomology, 2016, 53(3): 564-573. (in Chinese)
- [22] 杜军利,武德功,张廷伟,钱秀娟,刘长仲.紫外(UV-B)辐射对不同色型豌豆蚜生物学特性的影响.中国生态农业报,2012,20(12):1626-1630.
Du J L, Wu D G, Zhang T W, Qian X J, Liu C Z. Effects of UV-B radiation on biological characteristics of different color pea aphid morphs (*Acyrtosiphon pisum*). Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2012, 20(12): 1626-1630. (in Chinese)
- [23] 杜军利,武德功,张廷伟,钱秀娟,刘长仲.不同紫外辐射时间对2种色型豌豆蚜后代生物学特性的影响.草地学报,2012,20(5):961-966.
Du J L, Wu D G, Zhang T W, Qian X J, Liu C Z. Effect of UV-B for different radiation durations on biological characteristics of two color morphs of pea aphid *Acyrtosiphon pisum* (Harris) offspring. Acta Agrestia Sinica, 2012, 20(5): 961-966. (in Chinese)
- [24] 王蕴生,暴祥致,桂承明,张广学,朱弘复.高粱蚜 *Aphis saechari* Zehntner 的研究.昆虫学报,1961,10(4-6):363-380.
Wang Y S, Bao X Z, Gui C M, Zhang G X, Zhu H F. Studies on sorghum aphid *Aphis saechari* Zehntner. Acta Entomologica Sinica, 1961, 10(4-6): 363-380. (in Chinese)
- [25] 张海波,张巧仙.春尺蠖发生规律及发生期预测预报初步研究.农业科学研究,2006,27(2):54-57.
Zhang H B, Zhang Q X. Preliminary research of occurrence regularity of *Apocheima cinerarius* Erschoff and the forecast of occurrence time. Journal of Agricultural Sciences, 2006, 27(2): 54-57. (in Chinese)

- [26] Berg G N. The effect of temperature and host species on the population growth potential of the cowpea aphid, *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae). *Australian Journal of Zoology*, 1984, 32: 345-352.
- [27] Birch L C. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *Journal of Animal Ecology*, 1948, 17: 15-26.
- [28] Caldwell M M, Flint S D. Stratospheric ozone reduction, solar UV-B radiation and terrestrial ecosystem. *Climatic Change*, 1994, 28(4): 375-394.
- [29] 吴坤君, 龚佩瑜, 阮永明. 用非线性模型估测恒温 and 变温下棉铃虫蛹的发育率. *昆虫学报*, 2009, 52(6): 640-650.
Wu K J, Gong P Y, Ruan Y M. Estimating developmental rates of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) pupae at constant and alternating temperatures by nonlinear models. *Acta Entomologica Sinica*, 2009, 52(6): 640-650. (in Chinese)
- [30] 李定旭, 王红伟, 王佳阳, 康熙奎, 董钧锋, 沈佐锐. 桃小食心虫在不同温度下的实验种群生命表. *昆虫学报*, 2010, 53(7): 773-779.
Li D X, Wang H W, Wang J Y, Kang Z K, Dong J F, Shen Z R. Life tables of the laboratory population of the peach fruit borer, *Carposina sasakii* Matsumura at different temperatures. *Acta Entomologica Sinica*, 2010, 53(7): 773-779. (in Chinese)

(责任编辑 武艳培)

2018 年 5 月国际市场主要畜产品与饲料价格分析

5 月, 国际饲料价格除大豆、高粱和苜蓿粉持续下跌外, 其他饲料价格出现上涨; 畜产品价格除育肥牛持续下跌外, 其他畜产品价格持续上涨。

一、国际饲料市场大豆、高粱和苜蓿粉平均价格持续下跌, 而其他饲料价格上涨

5 月份大豆、高粱和苜蓿粉市场价格分别为 375.38、150.00 和 231.00 USD · t⁻¹, 环比分别下跌 1.66%、2.87% 和 0.67%。而玉米、豆粕、菜籽和棉籽饼市场平均价格分别为 157.91、421.86、408.61 和 306.25 USD · t⁻¹, 环比分别上涨 4.22%、0.91%、0.45% 和 6.18%, 豆粉国际市场平均价格与 4 月相同, 为 308.2 USD · t⁻¹。

二、除育肥牛市场价格持续下跌外, 其他畜产品价格持续上涨

5 月份育肥牛市场平均价格为 3.01 USD · kg⁻¹, 环比下跌 0.54%。欧盟猪肉、瘦肉猪和牛奶涨幅最大, 市场平均价格分别为 1.76、1.58 和 0.30 USD · kg⁻¹, 环比上涨 21.16%、15.15% 和 13.56%。新西兰羊肉、新西兰羊羔肉、牛肉和欧盟鸡肉市场平均价格为 4.49、6.57、4.35 和 2.47 USD · kg⁻¹, 环比分别上涨 3.60%、6.79%、2.95% 和 1.50%。

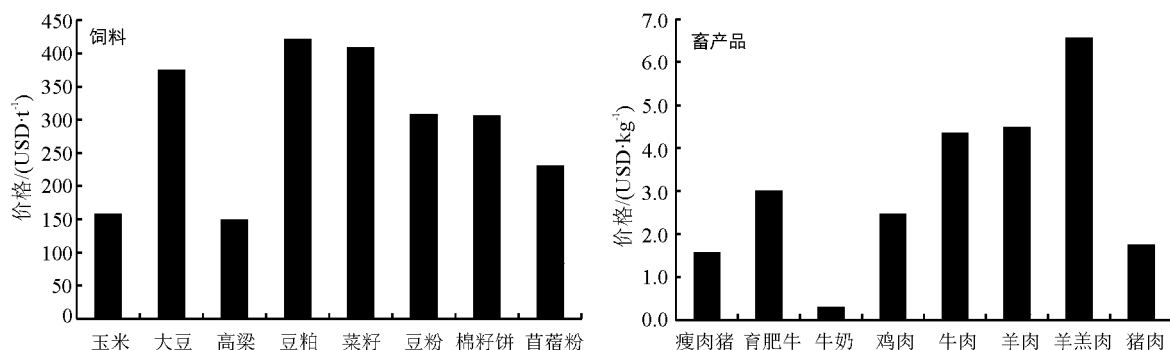


图 1 2018 年 5 月国际市场主要饲料与畜产品价格

数据来源: 国际市场商品价格网 <http://price.mofcom.gov.cn/>; 中国农业信息 <http://www.agri.gov.cn/>; 鸡肉 <http://www.indexmundi.com/>; 羊肉 <http://interest.co.nz/rural>; 牛肉 <http://www.thebeefsite.com/>; 猪肉 <http://www.thepigsite.com/>; 货币汇率 <http://qq.ip138.com/hl.asp>。

(兰州大学草地农业科技学院 杨春涛 整理)