光周期与温度对高粱田高粱蚜和玉米蚜生长发育和繁殖的影响

冯榆珊[1] 刘 婷[1] 马 艳[1] 黄禹琦[1] 邢元晨妃[1] 吴 萌[1] 曹 睿[1]
董 旭[1] 刘聪鹤[1,2,3] 张海燕[1,2,3*] 赵长江[1,2,3*]

（1. 黑龙江八一农垦大学农学院，大庆 163319；2. 国家杂粮工程技术研究中心，黑龙江 大庆 163319；
3. 黑龙江省秸秆资源化利用工程技术研究中心，大庆 163319）

摘要：为明确光周期和温度对黑龙江省西部高粱上主要蚜虫的影响，于室内测定不同光周期（6 L∶18 D、10 L∶14 D、14 L∶10 D、18 L∶6 D和22 L∶2 D）和温度（16、19、22、25和28 ℃）下高粱蚜 *Melanaphis sacchari* 和玉米蚜 *Rhopalosiphum maidis* 若虫的发育历期、存活率、寿命、成虫繁殖力及种群生命表参数。结果显示：在10 L∶14 D和14 L∶10 D光周期条件下，两种蚜虫1~4龄若虫期和全若虫期均最短；在过长和过短光照（22 L∶2 D和6 L∶18 D）条件下，两种蚜虫1~4龄若虫期和全若虫期均最长。在10 L∶14 D和14 L∶10 D光周期下两种蚜虫的若虫存活率均最高，寿命和生殖期均最长，单雌繁殖力和繁殖率均最大；表明光照过长和过短均不利于两种蚜虫若虫的生长发育和成虫繁殖。在14 L∶10 D和10 L∶14 D光周期条件下，高粱蚜的净增殖率、内禀增长率和周限增长率均显著大于过短光照和过长光照处理，高粱蚜的世代周期、种群加倍时间则均显著短于其他短光照和长光照处理；光周期对玉米蚜生命表参数的影响与高粱蚜一致。在16 ℃和19 ℃温度下两种蚜虫1~4龄若虫期和全若虫期均最长；在28 ℃温度下两种蚜虫的全若虫期均最短，表明低温不利于若虫的生长；在25 ℃温度下，两种蚜虫的若虫存活率最高，生殖期最长，单雌繁殖力最大，表明温度过高或过低均不适宜高粱蚜的发育和繁殖。在25 ℃温度条件下，高粱蚜的净增殖率、周限增长率和内禀增长率最高，在22 ℃和25 ℃温度下玉米蚜的净增殖率、周限增长率和内禀增长率均最高，表明过高的温度或者过低的温度均不利于两种蚜虫种群生长发育和繁殖。表明高粱蚜和玉米蚜生长发育和繁殖的适宜光周期为10 L∶14 D~14 L∶10 D，适宜温度为22~25 ℃。

关键词：高粱蚜；玉米蚜；光周期；温度；生命表；繁殖力；存活率；寿命

Effects of photoperiod and temperature on the growth, development and reproduction of the sorghum aphid *Melanaphis sacchari* and the corn aphid *Rhopalosiphum maidis* in sorghum fields

Feng Yushan[1] Liu Ting[1] Ma Yan[1] Huang Yuqi[1] Xing Yanchenfei[1] Wu Meng[1] Cao Rui[1]
Dong Xu[1] Liu Conghe[1,2,3] Zhang Haiyan[1,2,3*] Zhao Changjiang[1,2,3*]

（1. College of Agriculture, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, Heilongjiang Province, China;
2. National Coarse Cereals Engineering Research Center, Daqing 163319, Heilongjiang Province, China; 3. Heilongjiang Straw Resource Utilization Engineering Technology Research Center, Daqing 163319, Heilongjiang Province, China）

Abstract: To clarify the effects of photoperiod and temperature on major aphid species infesting sor-

基金项目：国家自然科学基金青年科学基金项目（31301714），黑龙江八一农垦大学2024年度定向培养（引进人才）科研启动基金（XYB202403），黑龙江省现代农业产业技术协同创新推广体系

* 通信作者（Authors for correspondence），E-mail：zhanghy51@126.com，zhaocj15@126.com

收稿日期：2025-05-28

ghum in western Heilongjiang Province, the developmental duration, nymphal survival rate, longevity, fecundity and population life-table parameters of *Melanaphis sacchari* and *Rhopalosiphum maidis* nymphs were examined under different photoperiods (6 L∶18 D, 10 L∶14 D, 14 L∶10 D, 18 L∶6 D and 22 L∶2 D) and temperatures (16, 19, 22, 25 and 28 ℃) in laboratory conditions. The results showed that under photoperiods of 10 L∶14 D and 14 L∶10 D, both aphid species exhibited the shortest 1st−4th instar and total nymphal durations, whereas excessively long and short photoperiods (22 L∶2 D and 6 L∶18 D) resulted in the longest developmental periods. Under 10 L∶14 D and 14 L∶10 D, nymphal survival rate, adult longevity, reproductive period, single-female fecundity and reproductive rate all reached their highest levels, indicating that extreme photoperiods are unfavorable for nymphal development and adult reproduction. Under 14 L∶10 D and 10 L∶14 D, the net reproductive rate, intrinsic rate of increase and finite rate of increase of *M. sacchari* were significantly higher than those under short or long photoperiods, while its generation time and population doubling time were significantly shorter; *R. maidis* showed similar trends. At 16 ℃ and 19 ℃, both species exhibited the longest 1st−4th instar and whole nymphal durations, whereas the shortest nymphal duration occurred at 28 ℃, indicating that low temperature inhibits nymphal development. At 25 ℃, both aphids had the highest nymphal survival rate, longest reproductive periods, and greatest fecundity, indicating that excessively high or low temperatures are not suitable for their development and reproduction. The highest net reproductive rate, intrinsic rate of increase and finite rate of increase for *M. sacchari* occurred at 25 ℃, while for *R. maidis* these parameters were the highest at 22−25 ℃. Overall, the optimal photoperiod for the growth and reproduction of *M. sacchari* and *R. maidis* was 10 L∶14 D−14 L∶10 D, and the optimal temperature range was 22−25 ℃.

Key words: *Melanaphis sacchari*; *Rhopalosiphum maidis*; photoperiod; temperature; life table; fecundity; survival rate; longevity

高粱为禾本科单子叶植物(Xiong et al.,2019),是继水稻、小麦、大麦和玉米之后全球第五大谷物作物(Rashwan et al.,2021)。高粱因具有抗旱、耐盐碱、光合效率高等特点,在我国北方旱作区广泛种植。高粱富含丰富的蛋白质、碳水化合物、脂肪、维生素和矿物质,不仅是中国的传统主食之一,也是优质的饲料(王佳等,2024),此外高粱是白酒酿造的核心原料(韦露露等,2025)。然而病虫害严重影响高粱的产量和品质,尤其是蚜虫(Rahman et al.,2024)。为害高粱的蚜虫主要有高粱蚜 *Melanaphis sacchari*、玉米蚜 *Rhopalosiphum maidis* 和麦二叉蚜 *Schizaphis graminum* 等。高粱蚜是高粱上的重大害虫,其若虫和成虫群聚高粱叶背吸食汁液,排泄蜜露污染叶片并形成油叶,进而阻碍高粱生理机能运转;严重时被害叶面变红,茎秆酥软弯曲,不能抽穗,最终严重影响产量(王立永等,2011)。玉米蚜属半翅目蚜科缢管蚜属 *Rhopalosiphum*,主要为害玉米,还取食高粱、谷子等禾本科作物(张桂芳,2010)。蚜虫在高粱上的繁殖率较高,这导致其在许多地方发生严重,即使采取防治措施也收效甚微(Avellar et al.,2022;Grijalva et al.,2024; Amadou et al.,2025)。究其原因可能有两方面:一方面,我国对于高粱上蚜虫发生为害规律及其致害影响因素等研究非常薄弱,特别是在黑龙江省商品高粱主产区(松嫩平原)关于高粱上蚜虫最基本的研究都缺乏;另一方面,随着玉米作物种植面积在东北地区快速扩展,玉米蚜除对玉米的为害不断加重,对高粱的为害程度也愈发严重。此外,黑龙江省西部半干旱区降雨少且时常干旱,这也导致了高粱田蚜虫发生及为害不断加剧。因此,加强高粱田蚜虫发生为害规律及其致害影响因素的相关研究,并制订相应的防控措施已成为当地高粱作物安全生产的迫切需求。

温度、光周期和湿度等外界环境条件是影响蚜虫生长发育的主要因素(Reznik et al.,2015)。例如,赵惠燕等(1990)研究结果显示不同温度对萝卜蚜 *Lipaphis erysimi* 的生长发育与繁殖有显著影响,在较高温度(27 ℃)时其发育最快,在较低温度(7 ℃)时其发育最慢;杨益众等(1994)研究结果显示在低于13 ℃或高于28 ℃时禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi* 死亡率明显增加,成虫的寿命也缩短,

在18~25 ℃时其繁殖率最大；许乐园等(2014)研究结果表明在25 ℃温度下麦长管蚜 *Sitobion avenae* 各龄若虫的发育历期和平均世代周期最短，内禀增长率和周限增长率最大，在16 ℃温度下则相反；史历等(2024)发现光周期和温度对苜蓿蚜 *Aphis craccivora* 种群增长有显著影响，且低温协同短光照对苜蓿蚜种群增长的抑制作用更显著；Peña-Martínez et al.(2024)研究结果显示不同温度(5、10、15、20、25、30、35 和 40 ℃)对高粱上蚜虫的生长发育和繁殖存在显著影响，其中在极端温度40 ℃时，蚜虫的死亡率最高(100%)；低于5 ℃蚜虫不能繁殖；管明慧等(2025)研究结果显示不同光周期对麦长管蚜生长发育有显著影响，其中在短光照(4 L∶20 D)条件下麦长管蚜的存活率最低，生殖期和寿命最短，生殖力最低，在长光照(14 L∶10 D、16 L∶8 D)条件下麦长管蚜的生殖期和寿命最长。国内关于光周期、温度对高粱蚜或玉米蚜生长发育和繁殖的影响也有一些报道。例如，武德功等(2018a，b)在安徽科技学院实验室观测了不同温度(15、18、21、24、28和30 ℃)和不同光周期(2 L∶22 D、6 L∶18 D、8 L∶16 D、12 L∶12 D、14 L∶10 D和18 L∶6 D)下高粱蚜的生长、繁殖和生命表参数，发现高粱蚜生长发育的最适温度为24 ℃，光周期(9~11) L∶(13~15) D最适合高粱蚜的生长发育和繁殖。杜利军等(2018)同样在安徽科技学院实验室研究了不同光周期(2 L∶22 D、4 L∶20 D、8 L∶16 D、12 L∶12 D、16 L∶8 D、20 L∶4 D和22 L∶2 D)对玉米蚜生长发育和种群参数的影响，发现极端长、短光照(22 L∶2 D和2 L∶22 D)条件下玉米蚜生存、繁殖等生命参数受到抑制。而关于光周期、温度等环境因素对我国北方黑龙江省商品高粱主产区高粱蚜和玉米蚜的生长发育和繁殖的影响未见报道。

黑龙江省是我国高粱生产大省，20世纪90年代全省高粱播种面积为12万~15万 hm^2，是种植面积最大的杂粮作物之一，总产量60万~70万t，约占全国总产量的20%。为明确我国北方黑龙江省商品高粱主产区高粱上优势蚜虫高粱蚜和玉米蚜发生及为害的适宜光、温条件，在室内测定不同光周期(6 L∶18 D、10 L∶14 D、14 L∶10 D、18 L∶6 D和22 L∶2 D)和不同温度(16、19、22、25和28 ℃)对这两种蚜虫若虫的发育历期、存活率、寿命、成虫繁殖力及种群生命表参数的影响，以期为黑龙江省西部高粱田蚜虫防治及预测预报提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试虫源和植物：2021年9月在黑龙江八一农垦大学科技园区高粱植株上采集高粱蚜与玉米蚜成虫，经形态学和分子生物学鉴定种类后将其置于温度(24±1) ℃、相对湿度(65±5)%、光周期14 L∶10 D的养虫室内饲养，用4叶期高粱叶片繁殖多代，取孤雌产雌的无翅成虫供试。高粱品种为龙米粮1号，种子由黑龙江省农业科学院提供；将高粱种子催芽后种植在直径20 cm、高度20 cm的塑料盆中，待幼苗生长至4叶期，取高粱叶片用于饲喂高粱蚜和玉米蚜。

仪器：PRX-450D人工智能光照培养箱，宁波赛福实验仪器有限公司。

1.2 方法

1.2.1 光周期对两种蚜虫生长发育和繁殖影响的测定

2022年9月1日在黑龙江八一农垦大学农学院室内进行试验，试验设置6 L∶18 D、10 L∶14 D、14 L∶10 D、18 L∶6 D和22 L∶2 D五个光周期处理。将高粱种子播种到直径20 cm、高20 cm的塑料盆内，每盆3株，待生长至4叶期，取叶片将其剪成边长5 cm的叶碟。将叶碟背面朝上放入垫有湿润滤纸的培养皿中，剪口处用吸水脱脂棉保湿，每个培养皿中放入10个叶碟，用毛笔挑选高粱蚜和玉米蚜孤雌产雌的无翅成虫，分别置于培养皿中叶碟上产蚜，每个培养皿10头试虫。4 h后用毛笔轻轻将新产若虫(仔蚜)转移至新的培养皿中，每个培养皿放1头仔蚜和新鲜高粱叶碟，剪口处用吸水脱脂棉保湿，将其放入光周期分别为6 L∶18 D、10 L∶14 D、14 L∶10 D、18 L∶6 D和22 L∶2 D，温度均为(25±1) ℃，相对湿度均为(60±5)%的人工智能光照培养箱中，每12 h观察1次，记录蚜虫的蜕皮时间、次数、龄期及各龄期若虫的发育历期和存活率，并清理蜕皮，更换新鲜叶碟。每个处理3个重复，每个重复20个培养皿。若虫期为1龄若虫(仔蚜)出生到4龄若虫蜕皮后进入成虫期的时间，即1龄、2龄、3龄、4龄若虫发育时间的总和；生殖前期为若虫第4次蜕皮至开始产仔蚜的时间。当4龄若虫蜕皮进入成虫后，观察并记录产仔蚜数量、成虫存活时长，每次检查后将仔蚜移除，直至成虫全部死亡时结束调查。若虫存活率为蚜虫羽化为成虫数量占初始1龄若虫数量的百分比；单雌生殖力为1头成虫一生所产仔蚜数量；生殖期为成虫开始产仔蚜至产蚜结束的时间；繁殖率为

1个生殖期内每头雌成蚜平均每天产蚜数量;寿命为蚜虫出生至死亡的时间。

1.2.2 *光周期对两种蚜虫种群生命表参数影响的测定*

净增殖率R_0为昆虫种群在一定条件下经过1个世代后的增殖倍数;平均世代周期T为昆虫完成1个世代需要的平均时间;内禀增长率r_m为具有稳定年龄结构种群的最大瞬时增长率;周限增长率λ为不受资源限制情况下种群内平均每个个体能产生的后代数。利用测定的不同光周期下两种蚜虫生长发育和繁殖数据,参照曹宇(2012)方法分别计算两种蚜虫种群生命表参数。净增殖率$R_0=\sum l_x m_x$;平均时代周期$T=\sum x l_x m_x/R_0$;内禀增长率$r_m=\ln R_0/T$;周限增长率$\lambda=e^{r_m}$;种群加倍时间$t=\ln 2/r_m$,式中,x为特定年龄,l_x为特定年龄的存活率,m_x为在x期间平均每头雌成蚜产仔蚜数量。

1.2.3 *温度对两种蚜虫生长发育和繁殖影响的测定*

2022年9月1日在黑龙江八一农垦大学农学院室内进行试验。根据当地气象和田间调查结果,设置16、19、22、25和28 ℃五个温度处理。将高粱种子播种到直径20 cm、高20 cm的塑料盆中,每盆3株,待生长至4叶期,取叶片将其剪成边长5 cm的叶碟。将叶碟背面朝上置于垫有湿润滤纸的培养皿中,剪口处用吸水脱脂棉保湿,每个培养皿放10个叶碟,用毛笔挑选高粱蚜和玉米蚜孤雌产雌的无翅成虫,分别置于叶碟上产蚜,每个培养皿10头试虫。4 h后用毛笔轻轻将新产若虫(仔蚜)转移至新的培养皿中,每个培养皿放1头仔蚜和新鲜叶碟,剪口处用吸水脱脂棉保湿,将其放入温度分别为16、19、22、25和28 ℃,光周期均为14 L∶10 D,相对湿度均为(60±5)%的人工智能光照培养箱中,每12 h观察1次,记录蚜虫的蜕皮时间、次数、龄期及各龄期若虫的发育历期和存活率,并清理蜕皮,更换新鲜叶碟,方法同1.2.1。每个处理3个重复,每个重复20个培养皿。

1.2.4 *温度对两种蚜虫种群生命表参数影响的测定*

利用测定的不同温度下两种蚜虫生长发育和繁殖数据,分别计算两种蚜虫种群生命表参数,方法同1.2.2。

1.3 数据分析

对不同处理数据进行正态分布检验和方差齐性分析,采用SPSS 26.0软件对满足正态分布及方差齐性的数据进行单因素方差分析,应用最小显著差数(least significant difference,LSD)法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 光周期对两种蚜虫生长发育和繁殖的影响

2.1.1 *对两种蚜虫若虫发育历期的影响*

不同光周期下高粱蚜1~4龄若虫的发育历期和全若虫期差异显著($P<0.05$)。在22 L∶2 D光周期下高粱蚜1龄若虫的发育历期最长,为2.09 d,显著长于其他光周期处理($P<0.05$);在10 L∶14 D和14 L∶10 D光周期下高粱蚜1龄若虫的发育历期最短,显著短于其他大部分光周期处理。在6 L∶18 D光周期下高粱蚜2~4龄若虫的发育历期和全若虫期最长,分别为1.67、1.33、1.67和6.50 d,显著长于其他光周期处理($P<0.05$);在10 L∶14 D和14 L∶10 D光周期下高粱蚜2~4龄若虫的发育历期和全若虫期均最短,且两个光周期处理之间差异不显著,但均显著短于其他大部分光周期处理($P<0.05$,表1)。表明过长和过短的光照均不利于高粱蚜若虫的生长发育。

不同光周期下玉米蚜1~4龄若虫的发育历期和全若虫期之间差异显著($P<0.05$)。在18 L∶6 D光周期下玉米蚜1龄若虫的发育历期最短,为1.60 d,显著短于其他光周期处理($P<0.05$),而其他光周期处理之间差异不显著。在6 L∶18 D和22 L∶2 D光周期下玉米蚜2~4龄若虫的发育历期和全若虫期均最长,显著长于其他大部分光周期处理($P<0.05$);在14 L∶10 D和10 L∶14 D光周期下玉米蚜2~4龄若虫的发育历期和全若虫期均最短,分别介于1.03~1.04、1.01~1.07、1.14~1.18和4.97~5.04 d之间,且两个光周期处理之间差异不显著(表1)。表明过长和过短的光照均不利于玉米蚜若虫的生长发育。

2.1.2 *对两种蚜虫存活率、寿命及繁殖力的影响*

在10 L∶14 D和14 L∶10 D光周期下高粱蚜的若虫存活率最高,寿命和生殖期最长,单雌繁殖力和繁殖率最大,分别为98.00%和96.67%、12.88 d和13.74 d、4.55 d和5.35 d、30.70头和31.35头、6.84头/d和7.04头/d,且这两个光周期处理之间差异不显著,但均显著大于其他大部分光周期处理($P<0.05$);在22 L∶2 D和6 L∶18 D光周期下高粱蚜的若虫存活率最低,寿命和生殖期最短,单雌繁殖力和繁殖率最小,显著低于其他大部分光周期处理($P<0.05$,表2)。表明过长和过短的光照均不利于高粱蚜若虫和成虫的存活和繁殖。

在14 L∶10 D和10 L∶14 D光周期下玉米蚜的若虫存活率最高,分别为97.03%和95.67%,两者之

间差异不显著，但均显著高于其他光周期处理（P<0.05）；在22 L∶2 D和6 L∶18 D光周期下玉米蚜的若虫存活率显著下降（P<0.05）。在14 L∶10 D和10 L∶14 D光周期下玉米蚜的寿命和生殖期最长，单雌繁殖力和繁殖率最高，且这两个光周期之间差异不显著，但均显著高于其他3个光周期处理（P<0.05）；在22 L∶2 D、18 L∶6 D和6 L∶18 D光周期下玉米蚜的寿命、生殖期、单雌繁殖力和繁殖率之间均差异不显著（表2）。表明过长和过短的光照均不利于玉米蚜若虫和成虫的存活和繁殖。

表1 不同光周期下高粱蚜和玉米蚜若虫的发育历期

Table 1 Developmental periods of nymphs of *Melanaphis sacchari* and *Rhopalosiphum maidis* under different photoperiods

蚜虫种类 Type of aphid	光周期 Photoperiod	1龄若虫 1st nymphal instar/d	2龄若虫 2nd nymphal instar/d	3龄若虫 3rd nymphal instar/d	4龄若虫 4th nymphal instar/d	全若虫期 Total nymphal instars/d
高粱蚜 Sorghum aphid	22 L∶2 D	2.09±0.10 a	1.18±0.06 c	1.16±0.04 b	1.20±0.09 b	5.56±0.10 b
	18 L∶6 D	1.73±0.15 bc	1.36±0.15 b	1.11±0.05 b	1.25±0.04 b	5.45±0.09 b
	14 L∶10 D	1.59±0.13 c	1.13±0.04 c	0.90±0.03 c	1.01±0.06 b	4.72±0.15 c
	10 L∶14 D	1.57±0.07 c	1.15±0.04 c	0.87±0.04 c	1.10±0.10 b	4.68±0.05 c
	6 L∶18 D	1.83±0.08 b	1.67±0.13 a	1.33±0.09 a	1.67±0.18 a	6.50±0.27 a
玉米蚜 Corn aphid	22 L∶2 D	1.90±0.08 a	1.28±0.03 b	1.44±0.04 a	1.38±0.08 ab	6.01±0.16 b
	18 L∶6 D	1.60±0.07 c	1.18±0.17 bc	1.18±0.08 b	1.20±1.16 bc	5.17±0.03 c
	14 L∶10 D	1.80±0.01 ab	1.03±0.02 c	1.01±0.07 b	1.14±0.02 c	4.97±0.04 c
	10 L∶14 D	1.77±0.20 ab	1.04±0.03 c	1.07±0.26 b	1.18±0.01 c	5.04±0.03 c
	6 L∶18 D	1.89±0.06 a	1.61±0.10 a	1.43±0.12 a	1.45±0.15 a	6.38±0.20 a

表中数据为平均数±标准误。同列不同小写字母表示经LSD法检验差异显著（P<0.05）。Data are mean±SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant differences according to the LSD test (P<0.05).

表2 不同光周期下高粱蚜和玉米蚜的存活率、寿命及繁殖力

Table 2 The survival rate, longevity and fecundity of *Melanaphis sacchari* and *Rhopalosiphum maidis* under different photoperiods

蚜虫种类 Type of aphid	光周期 Photoperiod	若虫存活率 Survival rate of nymph/%	寿命 Lifespan/d	生殖期 Reproductive period/d	单雌繁殖力 Single female fecundity	繁殖率 Fertility rate/(heads/d)
高粱蚜 Sorghum aphid	22 L∶2 D	76.67±3.85 c	11.85±1.02 b	3.14±0.27 c	24.50±1.95 b	3.21±0.39 c
	18 L∶6 D	86.67±1.52 b	12.61±0.04 ab	4.61±0.19 b	23.08±1.70 b	4.94±0.54 b
	14 L∶10 D	96.67±0.95 a	13.74±0.26 a	5.35±0.32 a	31.35±1.23 a	7.04±0.32 a
	10 L∶14 D	98.00±0.80 a	12.88±0.80 ab	4.55±0.33 b	30.70±1.80 a	6.84±1.24 a
	6 L∶18 D	83.33±1.25 b	11.17±1.58 b	4.53±0.31 b	22.53±2.45 b	4.04±0.42 bc
玉米蚜 Corn aphid	22 L∶2 D	76.67±6.67 bc	11.72±0.27 b	3.94±0.30 b	16.11±1.64 b	4.02±0.47 b
	18 L∶6 D	83.33±2.90 b	11.23±1.22 b	4.13±0.17 b	16.56±1.22 b	4.01±1.11 b
	14 L∶10 D	97.03±1.76 a	14.47±0.35 a	5.21±0.47 a	26.89±1.61 a	6.94±0.17 a
	10 L∶14 D	95.67±1.33 a	13.74±0.13 a	5.11±0.56 a	27.70±1.79 a	6.04±0.11 a
	6 L∶18 D	68.67±8.35 c	11.74±1.11 b	3.43±0.31 b	17.79±1.53 b	5.02±0.17 b

表中数据为平均数±标准误。同列不同小写字母表示经LSD法检验差异显著（P<0.05）。Data are mean±SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant differences according to the LSD test (P<0.05).

2.1.3 对两种蚜虫种群生命表参数的影响

在14 L∶10 D和10 L∶14 D光周期下高粱蚜种群的净增殖率、内禀增长率和周限增长率均最大，分别为23.58和23.05、0.34 d^{-1}和0.35 d^{-1}、1.41 d^{-1}和1.41 d^{-1}，且两个光周期处理之间差异不显著，但均显著大于其他3个光周期处理（P<0.05）；在14 L∶10 D和10 L∶14 D光周期下高粱蚜种群的平均世代周期和种群加倍时间最短，分别为9.23 d和8.79 d、2.04 d和2.01 d，且两个光周期处理之间差异不显著，但显著短于其他大部分光周期处理（P<0.05）。在6 L∶18 D、22 L∶2 D和18 L∶6 D光周期下高粱蚜种群的平均世代周期和种群加倍时间较长，大部分显著长于其他两个光周期处理（P<0.05）；在6 L∶18 D、22 L∶2 D和18 L∶6 D光周期下高粱蚜种群的净增殖率、内禀

增长率和周限增长率均较小，均显著小于其他2个光周期处理（P<0.05，表3）。表明过长和过短的光照均不利于高粱蚜种群的生长发育和繁殖。

在14 L∶10 D和10 L∶14 D光周期处理下玉米蚜种群的净增殖率、内禀增长率和周限增长率均最大，且这两个光周期处理之间差异不显著，但均显著大于其他光周期处理（P<0.05）；在14 L∶10 D和10 L∶14 D光周期下玉米蚜种群的平均世代周期和种群加倍时间均最短，且这两个光周期之间差异不显著，但均显著短于其他大部分光周期处理（P<0.05）。在6 L∶18 D、22 L∶2 D和18 L∶6 D光周期下玉米蚜种群的平均世代周期和种群加倍时间均较长，大部分显著长于其他两个光周期处理（P<0.05）；在6 L∶18 D、22 L∶2 D和18 L∶6 D光周期下玉米蚜种群的净增殖率、内禀增长率和周限增长率均较小，均显著小于其他2个光周期处理（P<0.05，表3）。表明过长和过短的光照均不利于玉米蚜种群的生长发育和繁殖。

表3 不同光周期下高粱蚜和玉米蚜种群的生命表参数

Table 3 Life table parameters of *Melanaphis sacchari* and *Rhopalosiphum maidis* populations under different photoperiods

蚜虫种类 Type of aphid	光周期 Photoperiod	净增殖率 Net reproductive rate	平均世代周期 Mean generation time/d	种群加倍时间 Doubling time/d	周限增长率 Finite rate of increase/(d^{-1})	内禀增长率 Intrinsic rate of increase/(d^{-1})
高粱蚜 Sorghum aphid	22 L∶2 D	20.27±0.23 b	9.50±0.32 bc	2.19±0.05 b	1.37±0.01 b	0.22±0.01 c
	18 L∶6 D	20.82±0.08 b	10.07±0.18 b	2.45±0.04 a	1.33±0.01 c	0.28±0.00 b
	14 L∶10 D	23.58±0.71 a	9.23±0.25 c	2.04±0.07 c	1.41±0.02 a	0.34±0.01 a
	10 L∶14 D	23.05±0.14 a	8.79±0.71 c	2.01±0.08 c	1.41±0.01 a	0.35±0.01 a
	6 L∶18 D	20.19±0.87 b	10.97±0.18 a	2.38±0.03 a	1.34±0.01 c	0.29±0.00 b
玉米蚜 Corn aphid	22 L∶2 D	13.93±0.73 b	9.95±0.27 b	2.62±0.72 a	1.30±0.01 b	0.26±0.00 b
	18 L∶6 D	14.62±1.84 b	9.31±0.24 b	2.45±0.11 ab	1.33±0.03 b	0.28±0.06 b
	14 L∶10 D	24.06±1.46 a	9.48±0.61 b	2.07±0.26 b	1.40±0.01 a	0.34±0.01 a
	10 L∶14 D	23.17±1.04 a	9.43±0.54 b	2.09±0.32 b	1.40±0.01 a	0.33±0.01 a
	6 L∶18 D	14.07±0.26 b	11.79±0.18 a	2.68±0.13 a	1.30±0.01 b	0.26±0.00 b

表中数据为平均数±标准误。同列不同小写字母表示经LSD法检验差异显著（P<0.05）。Data are mean±SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant differences according to the LSD test (P<0.05).

2.2 温度对两种蚜虫生长发育和繁殖的影响

2.2.1 对两种蚜虫若虫发育历期的影响

高粱蚜若虫发育历期随温度升高而缩短。在22、25和28 ℃温度下，高粱蚜1~4龄若虫的发育历期和全若虫期均最短，分别介于1.44~1.67、1.15~1.37、0.87~1.27、0.98~1.13和4.66~5.36 d之间，3个温度处理之间差异不大，但均显著短于16 ℃和19 ℃温度处理（P<0.05）；在16 ℃和19 ℃温度下高粱蚜1~4龄若虫的发育历期和全若虫期均最长，均显著长于其他温度处理（P<0.05，表4）。表明低温不利于高粱蚜若虫的生长发育。

玉米蚜若虫发育历期也随着温度升高而缩短。在22、25和28 ℃温度下，玉米蚜1~4龄若虫的发育历期和全若虫期均最短，分别介于1.23~1.77、1.03~1.33、1.10~1.29、1.12~1.31和4.76~5.51 d之间，3个温度处理之间大部分差异显著（P<0.05），并且均显著短于16 ℃和19 ℃温度处理（P<0.05）；在16 ℃和19 ℃温度下高粱蚜1~4龄若虫的发育历期和全若虫期均最长，且两个温度处理之间差异显著（P<0.05），并均显著长于其他温度处理（P<0.05，表4）。表明低温不利于玉米蚜若虫的生长发育，且相同温度条件下玉米蚜生长发育的速度略小于高粱蚜。

2.2.2 对两种蚜虫存活率、寿命及繁殖力的影响

在22 ℃和25 ℃温度下，高粱蚜的若虫存活率最高，寿命和生殖期最长，单雌繁殖力和繁殖率最高，分别为96.67%和98.33%、29.39 d和28.47 d、15.73 d和19.00 d、46.12头和48.70头、6.50头/d和6.04头/d，且两个温度处理之间差异不显著，但均显著高于其他3个温度处理（P<0.05）。在16 ℃温度下高粱蚜的若虫存活率最低，寿命和生殖期最短，单雌繁殖力和繁殖率最低，显著低于其他大部分温度处理（P<0.05）。在19 ℃和28 ℃温度下高粱蚜的若虫存活率较低，寿命和生殖期较短，单雌繁殖力和繁殖率也较低，两者之间差异不显著，但均显著低于22 ℃和25 ℃温度处理（P<0.05，表5）。表明过高或者过低的温度均不适宜高粱蚜存活和繁殖。

表4 不同温度下高粱蚜和玉米蚜若虫的发育历期

Table 4 Developmental periods of *Melanaphis sacchari* and *Rhopalosiphum maidis* nymphs at different temperatures

蚜虫种类 Type of aphid	温度 Temperature/℃	1龄若虫 1st nymphal instar/d	2龄若虫 2nd nymphal instar/d	3龄若虫 3rd nymphal instar/d	4龄若虫 4th nymphal instar/d	全若虫期 Total nymphal instars/d
高粱蚜 Sorghum aphid	16	2.43±0.10 a	2.07±0.04 a	2.03±0.09 a	2.18±0.11 a	9.78±0.26 a
	19	2.04±0.11 b	1.81±0.07 b	1.89±0.12 a	1.85±0.09 b	7.65±0.17 b
	22	1.64±0.04 c	1.37±0.06 c	1.27±0.05 b	1.13±0.04 c	5.36±0.07 c
	25	1.57±0.10 c	1.15±0.13 c	0.87±0.16 c	1.11±0.49 c	4.68±0.07 d
	28	1.44±0.37 c	1.17±0.21 c	1.19±0.06 b	0.98±0.26 c	4.66±0.14 d
玉米蚜 Corn aphid	16	2.73±0.12 a	2.52±0.07 a	2.68±0.16 a	2.45±0.13 a	10.43±0.24 a
	19	2.09±0.09 b	1.76±0.10 b	2.06±0.04 b	2.05±0.07 b	7.93±0.19 b
	22	1.77±0.07 c	1.33±0.06 c	1.29±0.03 c	1.31±0.08 c	5.51±0.09 c
	25	1.55±0.06 d	1.03±0.01 d	1.16±0.03 cd	1.17±0.01 cd	4.96±0.06 d
	28	1.23±0.04 e	1.31±0.05 c	1.10±0.04 d	1.12±0.01 d	4.76±0.19 d

表中数据为平均数±标准误。同列不同小写字母表示经LSD法检验差异显著（P<0.05）。Data are mean±SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant differences according to the LSD test (P<0.05).

表5 不同温度下高粱蚜和玉米蚜的存活率、寿命及繁殖力

Table 5 The survival rate, longevity and fecundity of *Melanaphis sacchari* and *Rhopalosiphum maidis* at different temperatures

蚜虫种类 Type of aphid	温度 Temperature/℃	若虫存活率 Survival rate of nymph/%	寿命 Lifespan/d	生殖期 Reproductive period/d	单雌繁殖力 Single-female fecundity	繁殖率 Fertility rate/(heads/d)
高粱蚜 Sorghum aphid	16	73.37±0.84 c	13.83±0.29 c	8.55±1.05 c	21.60±1.82 c	2.89±0.15 c
	19	83.33±0.34 b	16.84±1.76 b	12.00±2.00 bc	28.33±1.85 b	4.82±0.21 b
	22	96.67±0.83 a	29.39±0.12 a	15.73±2.19 ab	46.12±1.88 a	6.50±0.38 a
	25	98.33±0.33 a	28.47±0.08 a	19.00±3.61 a	48.70±1.44 a	6.04±0.29 a
	28	82.17±2.27 b	15.19±0.54 bc	13.75±0.42 b	29.03±1.21 b	5.13±0.33 b
玉米蚜 Corn aphid	16	80.07±4.45 c	15.08±0.81 c	10.70±1.30 c	26.40±1.34 c	2.97±0.11 c
	19	82.13±0.16 c	20.16±1.48 b	13.09±2.49 bc	31.91±3.41 c	3.86±0.08 b
	22	97.83±0.23 a	25.44±2.73 a	21.50±1.90 a	48.17±2.57 ab	4.76±0.09 a
	25	98.07±0.11 a	27.47±0.50 a	23.21±0.58 a	49.89±1.55 a	4.94±0.37 a
	28	86.67±0.73 b	21.94±0.35 b	15.60±0.22 b	43.10±5.14 b	4.63±0.56 a

表中数据为平均数±标准误。同列不同小写字母表示经LSD法检验差异显著（P<0.05）。Data are mean±SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant differences according to the LSD test (P<0.05).

不同温度下玉米蚜的若虫存活率、寿命、生殖期、单雌繁殖力和繁殖率的变化规律与高粱蚜相似。在22 ℃和25 ℃温度下玉米蚜的若虫存活率最高，寿命和生殖期最长，单雌繁殖力和繁殖率最高，分别为97.83%和98.07%、25.44 d和27.47 d、21.50 d和23.21 d、48.17头和49.89头、4.76头/d和4.94头/d，且两个温度处理之间差异不显著，但均显著高于其他大部分温度处理（P<0.05）。在19 ℃和16℃温度下玉米蚜的若虫存活率最低，寿命和生殖期最短，单雌繁殖力和繁殖率最低，显著低于其他大部分温度处理（P<0.05）。在28 ℃温度下，玉米蚜的若虫存活率较低，寿命和生殖期较短，单雌繁殖力和繁殖率较低，显著低于22 ℃和25 ℃温度处理（P<0.05），而显著高于16 ℃处理的各项参数和显著高于19 ℃温度处理的存活率、单雌繁殖力和繁殖率（P<0.05，表5）。表明过高或者过低的温度均不适宜玉米蚜存活和繁殖。

2.2.3 *对两种蚜虫种群生命表参数的影响*

在22 ℃和25 ℃温度下高粱蚜种群的净增殖率、周限增长率和内禀增长率均最大，分别为36.92和38.73、1.41 d^{-1}和1.42 d^{-1}、0.35 d^{-1}和0.36 d^{-1}，两个温度之间差异不显著，但均显著大于16 ℃和19 ℃温度处理（P<0.05）；在22、25和28 ℃温度下高粱蚜种群的平均世代周期和种群加倍时间最短，分别介

于9.23~11.29 d和2.25~2.33 d之间，3个温度处理之间差异不大，但均显著低于其他两个温度处理（$P<0.05$，表6）。表明过高或者过低的温度均不利于高粱蚜种群生长发育和繁殖。

不同温度下玉米蚜的净增殖率、周限增长率、内禀增长率、平均世代周期和种群加倍时间的变化规律与高粱蚜相似。在22 ℃和25 ℃温度下玉米蚜种群的净增殖率、周限增长率和内禀增长率均最大（表6），分别为36.48和37.28、1.32 d^{-1}和1.35 d^{-1}、0.34 d^{-1}和0.35 d^{-1}，两个温度之间差异不显著，但均显著大于16 ℃和19 ℃两个温度处理（$P<0.05$）；在22、25和28 ℃温度下高粱蚜种群的平均世代周期和种群加倍时间最短，分别介于9.98~14.15 d和2.32~2.63 d之间，3个温度处理之间差异不显著，但均显著低于其他两个温度处理（$P<0.05$，表6）。表明过高或者过低的温度均不利于玉米蚜种群的生长发育和繁殖。

表6 不同温度下高粱蚜和玉米蚜种群的生命表参数

Table 6 Life table parameters of *Melanaphis sacchari* and *Rhopalosiphum maidis* populations at different temperatures

蚜虫种类 Type of aphid	温度 Temperature/℃	净增殖率 Net reproductive rate	平均世代周期 Mean generation time/d	种群加倍时间 Doubling time/d	周限增长率 Finite rate of increase/(d^{-1})	内禀增长率 Intrinsic rate of increase/(d^{-1})
高粱蚜 Sorghum aphid	16	22.86±2.94 c	24.93±1.28 a	4.76±0.96 a	1.16±0.01 d	0.15±0.03 c
	19	25.42±1.96 c	16.44±0.78 b	3.81±0.13 b	1.23±0.04 c	0.29±0.01 b
	22	36.92±0.26 a	11.29±0.62 c	2.33±0.17 c	1.41±0.01 a	0.35±0.03 a
	25	38.73±0.98 a	9.23±0.36 d	2.25±0.04 c	1.42±0.03 a	0.36±0.02 a
	28	33.82±0.35 b	9.41±0.79 d	2.32±0.07 c	1.35±0.02 b	0.34±0.03 a
玉米蚜 Corn aphid	16	20.29±1.67 d	22.38±1.14 a	4.31±0.15 a	1.13±0.01 c	0.16±0.01 c
	19	26.48±1.22 c	17.35±1.17 b	2.83±0.07 b	1.29±0.01 b	0.30±0.03 b
	22	36.48±0.45 a	14.15±5.05 bc	2.63±0.10 bc	1.32±0.02 ab	0.34±0.01 a
	25	37.28±0.63 a	12.28±0.16 c	2.41±0.36 c	1.35±0.02 a	0.35±0.01 a
	28	31.48±2.28 b	9.98±0.12 c	2.32±0.26 c	1.33±0.03 a	0.33±0.01 a

表中数据为平均数±标准误。同列不同小写字母表示经LSD法检验差异显著（$P<0.05$）。Data are mean±SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant differences according to the LSD test ($P<0.05$).

3 讨论

本研究结果表明，不同光周期对高粱蚜和玉米蚜的若虫发育历期、存活率、寿命、单雌繁殖力、繁殖率和种群生命表参数影响不同，过长和过短的光照均不利于高粱蚜、玉米蚜的生长发育和繁殖，适宜的光周期为10 L∶14D~14 L∶10 D。武德功等（2018b）研究结果显示在中等光照条件下高粱蚜安徽种群的若虫存活率、蚜虫寿命、生殖期、单雌繁殖力和净增殖率均显著高于极端短光照（2 L∶22 D）和长光照（18 L∶6 D）处理，与本研究结果相符；但在蚜虫发育历期、内禀增长率方面，与本研究结果存在一定差异。杜利军等（2018）研究结果显示在不同光周期下玉米蚜的生长发育、繁殖和生命表参数存在显著差异，其中正常光周期（8 L∶16 D、12 L∶12 D、16 L∶8 D）下玉米蚜的若虫存活率、单雌生殖力、内禀增长率、净增殖率和周限增长率均显著高于极端长光照（22 L∶2 D）和短光照（2 L∶22 D）处理，与本研究结果基本一致；而在长光照（20 L∶4 D和22 L∶2 D）条件下玉米蚜的若虫期显著长于其他5个光周期（2 L∶22 D、4 L∶20 D、8 L∶16 D、12 L∶12 D、16 L∶8 D）处理，与本研究不一致，可能与试虫来自南北不同地理种群以及光照和黑暗周期的时长不同有关。

温度对高粱蚜和玉米蚜的若虫发育历期、存活率、寿命、单雌繁殖力、繁殖率和种群生命参数有显著影响，温度过高和过低均不利于蚜虫的生长发育和繁殖，两种蚜虫适宜的温度范围为22~25 ℃。武德功等（2018a）研究结果显示高粱蚜的若虫发育历期随着温度的升高而缩短，在15 ℃温度下高粱蚜若虫的存活率最高，在24 ℃和28 ℃温度下高粱蚜的生殖率显著高于其他较低温度处理；在21、24或28 ℃温度下高粱蚜的种群净增殖率、内禀增长率和周限增长率均大于其他低温或高温处理，与本研究结果一致。Jing et al.（2022）研究结果显示莴苣指管蚜*Uroleucon formosanum*若虫发育历期随着温度的升高而缩短，在17 ℃温度下莴苣指管蚜全若虫期最

长，在25 ℃温度下最短；寿命在25 ℃温度下最长，平均世代周期以及内禀增长率均在25 ℃温度下最短，与本研究结果一致。王永宏等（2002）研究发现，10 ℃和30 ℃温度下玉米蚜若虫的死亡率较高，25 ℃温度下若虫的存活率最高，15 ℃和20 ℃温度下玉米蚜成虫的寿命最长，20 ℃和25 ℃温度下玉米蚜的生殖力（产蚜量）最高，与本研究结果基本吻合。

本研究结果显示温度和光周期对高粱蚜和玉米蚜生长发育速率、生活史特征和繁殖能力的影响存在明显差异。彭雄（2018）推测周期性的光暗时长对蚜虫的生物钟基因产生了影响，进而影响蚜虫的生活史特征。本研究未能明确解析光周期对蚜虫影响的作用机理，下一步有待开展深入而系统的研究。本试验采用无翅成蚜作为试虫，而有关有翅蚜虫和无翅蚜虫对试验结果影响的差异性也未能明确；光周期是否对有翅蚜的比例有影响，这些均有待进一步深入研究。

参 考 文 献（References）

Amadou L, Abdoulaye O, Baoua IB, Oumarou MN, Koudou IN, Adamou HOK, Moudi OB, Yarifou R, Karimoun L, Laouel MW, et al. 2025. Infestation of insects' pest on six sorghum *Sorghum bicolor* (L.) Moench cultivars at INRAN station and in farmers' fields of Maradi region, Niger. Journal of Agricultural Science, 17(3): 64

Avellar GS, Mendes SM, Marriel IE, Menezes CB, Parrella RAC, Santos DG. 2022. Resistance of sorghum hybrids to sorghum aphid. Brazilian Journal of Biology, 82: e264139

Cao Y, Zhi JR, Kong YX. 2012. Life tables for experimental populations of *Frankliniella occidentalis* on 6 vegetable host plants. Acta Ecologica Sinica, 32(4): 245−252 (in Chinese) [曹宇, 邸军锐, 孔译贤. 2012. 西花蓟马在6种蔬菜寄主上的实验种群生命表. 生态学报, 32(4): 245−252]

Du JL, Zang QL, Wu DG, Yu HB, Zhan QW, Huang BH. 2018. Effect of photoperiods on growth and development and population parameter of corn leaf aphids. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 30(9): 1534−1540 (in Chinese) [杜军利, 藏绮罗, 武德功, 余海兵, 詹秋文, 黄保宏. 2018. 光周期对玉米蚜生长发育及种群参数的影响. 浙江农业学报, 30(9): 1534−1540]

Grijalva I, Kang Q, Flippo D, Sharda A, McCornack B. 2024. Unconventional strategies for aphid management in sorghum. Insects, 15(7): 475

Guan MH, Zou KL, Liu Y, Wang TH, Du JL, Wu DG. 2025. The effect of growth and development of *Sitobion avenae* at different photoperiods. Journal of Xichang University (Natural Science Edition), 39(1): 8−14, 30 (in Chinese) [管明慧, 邹琨梁, 刘洋, 王同汉, 杜军利, 武德功. 2025. 不同光周期对麦长管蚜生长发育的影响. 西昌学院学报(自然科学版), 39(1): 8−14, 30]

Jing TX, Qi CC, Jiao A, Liu XQ, Zhang S, Su HH, Yang YZ. 2022. Life table construction under different temperatures and insecticide susceptibility analysis of *Uroleucon formosanum* (Hemiptera: Aphididae). Insects, 13(8): 693

Peña-Martínez R, Lomeli-Flores JR, Bujanos-Muñiz R, Salas-Monzón R, Hernández-Torres OE, Marín-Jarillo A, Ibarra JE, Vanegas-Rico JM, Muñoz-Viveros AL. 2024. Comparative biology and life tables of sorghum aphid *Melanaphis sorghi* (Theobald) (Hemiptera: Aphididae) from Mexico, at different temperatures. Phytoparasitica, 52(2): 33

Peng X. 2018. The role of circadian clock genes in photoperiodic response of *Rhopalosiphum padi* with different reproductive modes. Master thesis. Yangling: Northwest A&F University (in Chinese) [彭雄. 2018. 生物钟基因在不同生殖方式的禾谷缢管蚜光周期响应中的作用. 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学]

Rahman R, Indris C, Bramesfeld G, Zhang TX, Li KD, Chen XY, Grijalva I, McCornack B, Flippo D, Sharda A, et al. 2024. A new dataset and comparative study for aphid cluster detection and segmentation in sorghum fields. Journal of Imaging, 10(5): 114

Rashwan AK, Yones HA, Karim N, Taha EM, Chen W. 2021. Potential processing technologies for developing sorghum-based food products: an update and comprehensive review. Trends in Food Science & Technology, 110: 168−182

Reznik SY, Dolgovskaya MY, Ovchinnikov AN. 2015. Effect of photoperiod on adult size and weight in *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). European Journal of Entomology, 112(4): 642−647

Shi L, Yuan Y, Zhang YX, Zhang YW. 2024. Interactive effects of photoperiod and temperature on growth, development and reproduction of *Aphis craccivora*. Journal of Gansu Agricultural University, https://link. cnki. Net/urlid/62.1055. s. 20240428.0945.007 (in Chinese) [史历, 袁月, 张育霞, 张廷伟. 2024. 光温互作对苜蓿蚜*Aphis craccivora*生长发育及繁殖的影响. 甘肃农业大学学报, https://link.cnki.net/urlid/62.1055.s.20240428.0945.007]

Wang J, Zhong P, Yao S, Li XY, Wu X, Jin YS, Zhu ZH, Xu TT, Wang Y. 2024. A brief discussion on the utilization of key technologies and effect evaluation of forage sorghum. Modern Animal Husbandry Science & Technology, (2): 73−76 (in Chinese) [王佳, 钟鹏, 姚爽, 李旭业, 吴宪, 金永顺, 朱中华, 徐婷婷, 王宇. 2024. 饲用高粱利用关键技术及效果评价. 现代畜牧科技, (2): 73−76]

Wang LY, Dai JH, Wang YL. 2011. Identification and chemical control of *Melanaphis sacchari* and *Rhopalosiphum maidis*. Agricultural Technology Service, 28(6): 800, 811 (in Chinese) [王立永, 戴继红, 王永露. 2011. 高粱蚜与玉米蚜的鉴别与药剂防治. 农技服务, 28(6): 800, 811]

Wang YH, Su L, Wu JX. 2002. Effect of temperature on the population increase of corn leaf aphid, *Rhopalosiphum maidis*. Entomological Knowledge, 39(4): 277−280 (in Chinese) [王永宏, 苏丽, 仵均祥. 2002. 温度对玉米蚜种群增长的影响. 昆虫知识, 39(4):

277−280]

Wei LL, Pang Z, Ma FL, Wang J, Song J, Liu CL, Ren R, Wen Y, Wang Q, Zeng Y, et al. 2025. Research progress in the application of sorghum in baijiu. Liquor-Making Science & Technology, (7): 109−114, 135 (in Chinese [韦露露, 庞臻, 马凤丽, 王杰, 宋健, 刘春丽, 仁蓉, 文永, 王琴, 曾英, 等. 2025. 高粱在白酒中的应用研究进展. 酿酒科技, (7): 109−114, 135]

Wu DG, Chen Q, Zhan QW, Huang BH, Du JL, Huang WD, Shu YJ, Wang ZX. 2018a. Effect of different temperatures on the growth and development of sorghum aphid (*Melanaphis sacchari*). Pratacultural Science, 35(6): 1548−1555 (in Chinese) [武德功, 陈青, 詹秋文, 黄保宏, 杜军利, 黄伟东, 舒英杰, 王增霞. 2018a. 不同温度对高粱蚜的生长发育的影响. 草业科学, 35(6): 1548−1555]

Wu DG, Zhan QW, Huang BH, Wang ZX, Huang WD, Bi YL, Liu CZ, Du JL. 2018b. Effects of photoperiod on the population parameters of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae). Acta Entomologica Sinica, 61(4): 511−518 (in Chinese) [武德功, 詹秋文, 黄保宏, 王增霞, 黄伟东, 毕亚玲, 刘长仲, 杜军利. 2018b. 不同光周期对高粱蚜种群参数的影响. 昆虫学报, 61(4): 511−518]

Xiong Y, Zhang PZ, Warner RD, Fang ZX. 2019. Sorghum grain: from genotype, nutrition, and phenolic profile to its health benefits and food applications. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 18(6): 2025−2046

Xu LY, Mi Y, Lu H, Sun L, Chen ZZ, Yu JF, Xu YY. 2014. The age-stage life tables of *Sitobion avenae* (Fabricius) at different temperatures. Journal of Plant Protection, 41(6): 673−679 (in Chinese) [许乐园, 米勇, 卢虹, 孙蕾, 陈珍珍, 于金凤, 许永玉. 2014. 麦长管蚜在不同温度下的年龄−龄期生命表. 植物保护学报, 41(6): 673−679]

Yang YZ, Dai ZY, Zhang FJ, Han J, Chen XB. 1994. Effects of temperature on the growth and reproduction of bird cherry aphid. Journal of Plant Protection, 21(2): 155−161 (in Chinese) [杨益众, 戴志一, 张凤举, 韩娟, 陈小波. 1994. 温度对禾谷缢管蚜发育和繁殖的影响. 植物保护学报, 21(2): 155−161]

Zhang GF. 2010. Occurrence regularity and control countermeasures of corn aphid. Bulletin of Agricultural Science and Technology, (6): 179−180 (in Chinese) [张桂芳. 2010. 玉米蚜发生规律及防治对策. 农业科技通讯, (6): 179−180]

Zhao HY, Wang SZ, Zhang WJ, Xiao WK. 1990. The effect of temperature on bionomics of turnip aphid. Journal of Plant Protection, 17(3): 223−227 (in Chinese) [赵惠燕, 汪世泽, 张文军, 肖文宽. 1990. 温度对萝卜蚜生物学特征的影响. 植物保护学报, 17(3): 223−227]

（责任编辑：张俊芳）