



刘朝红, 胡增丽, 张未仲, 赵龙龙. 外源水分和温度对冬型梨木虱存活的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42 (6): 1409 - 1414.

外源水分和温度对冬型梨木虱存活的影响

刘朝红, 胡增丽, 张未仲, 赵龙龙*

(山西农业大学果树研究所, 山西晋中 030815)

摘要: 冬型梨木虱是中国梨木虱 *Psylla chinensis* 的越冬虫态。本文研究了不同温度和有水分、无水分条件下对冬型梨木虱存活的影响。结果显示: 在 5 ~ 25℃ 范围内, 冬型梨木虱成虫的存活能力随温度的升高而下降, 各温度间差异显著。5℃ 时, 成虫存活时间最长, 达 157.8 ± 3.59 d (无外源水分) 和 209.8 ± 1.47 d (有外源水分)。25℃ 时, 分别为 7.8 ± 0.36 d (无外源水分) 和 12.3 ± 0.98 d (有外源水分)。有外源水分条件下成虫存活时间明显高于无外源水分条件, 水分和温度对冬型梨木虱的存活有明显交互影响作用。结果表明: 较高温度和缺水环境不利于冬型梨木虱生存。本研究对了解中国梨木虱的生态适应能力和防控具有理论借鉴意义。

关键词: 冬型梨木虱; 存活能力; 半数致死时间; 外源水分; 温度

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2020) 06-1409-06

Effects of external water and temperature on survival of winter-form pear psylla

LIU Zhao-Hong, HU Zeng-Li, ZHANG Wei-Zhong, ZHAO Long-Long* (Shanxi Agricultural University (Pomology Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Jinzhong 030815, Shanxi Province, China)

Abstract: Winter-form pear psylla is the overwintering form of *Psylla chinensis*. In this paper, the effects of different temperatures and water condition on the survival of winter-form pear psylla were investigated. The results showed that: In the range of 5 ~ 25℃, the survival of adult winter-form pear psylla decreased significantly with increasing temperature. At 5℃, the survival time was the longest, up to 157.8 ± 3.59 d (without external water) and 209.8 ± 1.47 d (with external water). At 25℃ 7.8 ± 0.36 d (without external water) and 12.3 ± 0.98 d (with external water), respectively. The survival time of winter-form pear psylla with external water was significantly higher than without external water condition, it showed that external water play an obviously effect on the survival of winter-form pear psylla. The results showed that the environment with higher temperature and lack of water were not suitable for the survival of winter-form pear psylla. This study has theoretical reference for understanding the ecological adaptability and prevention of pear psylla.

Key words: Winter-form pear psylla; survival ability; half lethal time; external water; temperature

中国梨木虱 *Psylla chinensis* 又名中国梨啮木虱 个梨树产区均有分布, 是梨树生产中的重要防治 (杨集昆等, 1981), 属半翅目木虱科, 在我国各 对象 (董九岭等, 2011)。梨木虱随季节变化产生

基金项目: 山西省农业科学院农业科技创新研究课题 (YCX2018D2BH4); 山西省重点研发计划项目 (201903D211001-1); 山西省农业科学院科技创新项目 (YCX2020YQ08); 山西省农业科学院科技创新项目 (YCX2018302)

作者简介: 刘朝红, 女, 本科, 助理研究员, 研究方向为果树病虫害综合防控, E-mail: 604263007@qq.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 赵龙龙, 男, 博士, 副研究员, 研究方向为果树病虫害综合防控, E-mail: xiaoxiaolong007@outlook.com

收稿日期 Received: 2020-04-21; 接受日期 Accepted: 2020-08-12

明显的两型, 分别为冬型和夏型 (赵龙龙等, 2019)。夏型梨木虱转型成冬型梨木虱后, 在颜色、体长等方面发生明显的变化, 且对逆境的适应能力明显提高 (Ge *et al.*, 2019)。调查表明冬型梨木虱只有成虫一种虫态, 主要发生于梨树休眠期, 为中国梨木虱的主要越冬虫态, 多在梨树翘皮裂缝、剪锯口、梨园地面落叶下等处越冬 (丁排红, 2019)。

昆虫属变温动物, 温度越高, 昆虫代谢越快, 在缺少食物的冬季环境条件下, 温度的高低在一定程度上决定了昆虫对储备营养物质消耗大小, 间接影响到昆虫的存活 (刘玉娟等, 2014)。除温度影响外, 外源水分作为另一大影响因子, 参与到昆虫的整个生命过程, 也在一定程度上决定了昆虫的存活等 (陈法军等, 2003)。在全球温度普遍升高的背景下 (沈永平等, 2013), 2000 年后我国冬季温度升高明显。此外, 在降水方面, 过去 60 年我国北方 (华北、东北、西北、内蒙古) 降水普遍下降 (何国华, 2019)。在这种冬季温度升高和降水缺少的条件下, 冬型梨木虱种群如何适应这种变化却未知, 对其生存的影响也未见报道。为此, 本研究通过设计不同温度梯度变化与有、无外源水分的情况下, 探索其对冬型梨木虱存活的影响, 期望揭示温度和有、无外源水分对冬型梨木虱种群的影响, 为了解冬型梨木虱的适应能力, 监测和防控提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用虫于 2019 年 10 月采自于山西省太谷县山西省农业科学院果树研究所梨树基地, 树种为“玉露香梨”, 园区面积约 30 m × 667 m, 株行距 3 m × 4 m, 树龄 20 年以上, 树形自由纺锤形, 通过振落法收集越冬前的冬型梨木虱。

1.2 试验方法

试验设置无外源水分和有外源水分 2 种处理, 每个处理下 5 种温度梯度 (5℃、10℃、15℃、20℃和 25℃)。试验期间不提供任何食物, 使试虫处于完全饥饿状态。每个处理组合设 5 个重复, 每组 30 头成虫 (雌雄各半), 将试虫置于 1.5 mL 尖底连盖离心管内, 管盖上刺 ≤ 1 mm 的小孔, 有外源水分处理的离心管底放置一个蘸水的小棉球, 以接近饱和不流出为准并定期补充水分,

使管内空气保持相对湿度 75% ± 5%, 然后将离心管分别置于 5℃、10℃、15℃、20℃、25℃ 昆虫培养箱内 (上海丙林电子科技有限公司生产), 相对湿度为 75% ± 5%, 无外源水分处理的离心管底放置不加水的小棉球, 将离心管分别置于 5℃、10℃、15℃、20℃、25℃ 昆虫培养箱内, 相对湿度为 20% ± 5%。每 24 h 观察 1 次, 鉴别冬型梨木虱成虫是否存活时, 用毛笔轻触虫体, 试虫不能正常爬行则视为死亡。记录梨木虱存活与死亡情况, 直至全部死亡。

1.3 数据分析

对试验数据使用 Microsoft Excel 2016 进行统计, 根据对存活曲线的关系分析, 参照农药致死中量的计算方法, 将剂量变量替换为时间变量, 对本试验数据的致死时间 LT_{50} 和 LT_{95} 及其置信区间进行计算, 利用 IBM SPSS. 21 进行相关数据分析, 处理数据间的差异采用新复极差法 (DUNCAN) 进行检验, 另通过双因素分析以探索温度和有无外源水分、无外源水分对冬型梨木虱存活的交互影响作用。

2 结果与分析

2.1 冬型梨木虱在不同处理下的存活时长

有外源水分、无外源水分条件与不同温度处理均对冬型梨木虱存活有明显影响作用, 且水分和温度对其存活具有显著交互影响作用 ($F_{4,51} = 903.78$, $P = 0.00$)。温度越低, 水分对其存活影响较大, 温度越高, 水分和温度交互作用越明显, 但温度渐起主导作用。成虫寿命随着温度的升高显著缩短, 其中在有外源水分情况下, 温度 5℃ 时的存活时间最长, 平均为 209.8 ± 1.47 d, 显著高于其他温度处理 ($F_{4,26} = 5616.96$, $P = 0.00$); 无外源水分情况下 25℃ 的存活时间最短, 平均为 7.8 ± 0.36 d, 显著低于 10℃ 和 5℃ ($F_{4,25} = 1206.19$, $P = 0.00$) (见表 1)。

2.2 冬型梨木虱存活率曲线

根据不同时间段存活率数据绘制得到冬型梨木虱的存活曲线 (图 1), 从图中可以看出, 随着时间的推移, 不同温度与有、无外源水分条件下成虫存活率曲线均呈下降趋势。其存活时长 (y) 和温度 (x) 变化关系为 ($y_{(无外源水分)} = 235.83e^{-0.141x}$, $R^2 = 0.954$; $y_{(有外源水分)} = 317.14e^{-0.132x}$, $R^2 = 0.962$), 通过求导得出不同温度段的斜率变化, 同等温度条

表 1 冬型梨木虱在不同处理条件下的存活时长 (d)

Table 1 Survival duration of winter-form pear psylla under different treatments

温度 (°C) Temperature	5	10	15	20	25
无外源水分 Without external water	157.8 ± 3.59	40.4 ± 0.98	26 ± 1.48	14.2 ± 0.86	7.8 ± 0.36
外源水分 With external water	209.8 ± 1.47	62.4 ± 2.58	40.4 ± 1.96	24.6 ± 2.87	12.3 ± 0.98

件下, 有外源水分其斜率均高于无水条件。有外源水分、无外源水分条件下其死亡率变化明显, 以死亡率从 100% 降到 25% 为例, 无外源水分条件 25°C 试验组处理时间 ≤ 5 d, 有外源水分条件组的时间为 10 d, 而 5°C 有外源水分试验组直到 150 d 后才降到 25%。在有外源水分、无外源水分条件下, 不同温度条件下冬型梨木虱死亡率与时间变化相关方程见表 2, 表 3。

2.3 冬型梨木虱在不同处理条件下的致死时间

冬型梨木虱在有外源水分、无外源水分及不同温度组合下的致死时间见表 4 和表 5。从表中可看出, 有外源水分、无外源水分条件下 5°C 时 LT_{50} 值和 LT_{95} 值明显高于其他温度段, 有外源水分条件下, 冬型梨木虱的 LT_{50} 值和 LT_{95} 均高于相同温度段的无外源水分处理。

表 2 无外源水分条件下存活曲线

Table 2 Survival curve without external water

温度 (°C) Temperature	相关方程 Regression equation	相关系数 (R^2) Correlation coefficient
5	$Y = 0.001x^2 - 0.101x + 1.155$	0.984
10	$Y = -0.002x^2 - 0.001x + 1.053$	0.947
15	$Y = -0.002x^2 - 0.005x + 1.069$	0.936
20	$Y = 0.000x^2 - 0.102x + 1.269$	0.908
25	$Y = 0.009x^2 - 0.233x + 1.273$	0.964

表 3 有外源水分条件下存活曲线

Table 3 Survival curve with external water

温度 (°C) Temperature	相关方程 Regression equation	相关系数 (R^2) Correlation coefficient
5	$Y = 0.002x^2 - 0.112x + 1.163$	0.996
10	$Y = -0.001x^2 + 0.020x + 0.954$	0.968
15	$Y = -0.003x^2 + 0.045x + 0.898$	0.987
20	$Y = 0.004x^2 + 0.030x + 0.937$	0.953
25	$Y = 0.000x^2 - 0.096x + 1.091$	0.946

表 4 无外源水分和不同温度条件下半数致死时间 (LT_{50}) 和 95% 致死时间 (LT_{95})Table 4 50% lethal time (LT_{50}) and 95% lethal time (LT_{95}) of each temperature without external water condition

温度 (°C) Temperature	LT_{50} (d) Half-lethal time	置信区间 Confidence interval	LT_{95} (d) Lethal time 95%	置信区间 Confidence interval
5	80.75	75.80 ~ 85.73	172.29	155.93 ~ 195.56
10	17.91	16.60 ~ 19.30	37.09	32.85 ~ 43.55
15	14.50	13.95 ~ 15.07	21.63	20.66 ~ 22.82
20	8.02	7.30 ~ 8.72	13.42	11.94 ~ 15.96
25	3.75	3.12 ~ 4.33	7.64	6.28 ~ 10.84

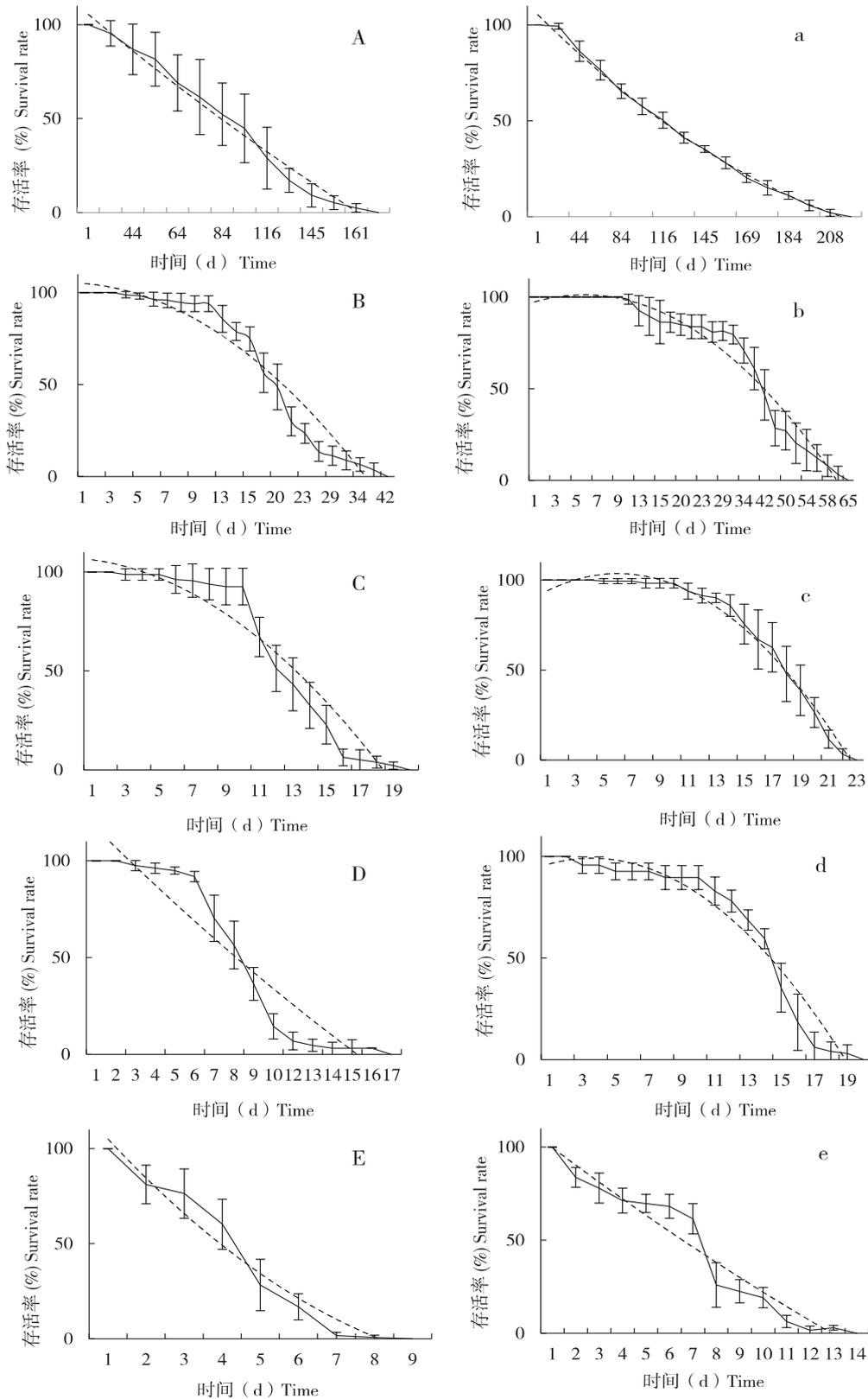


图1 不同处理条件下冬型梨木虱的存活曲线

Fig. 1 Survival rate curve under different treatment conditions

注: 字母大小写分别表示无外源水分条件和有外源水分条件, A (a)、B (b)、C (c)、D (d)、E (e) 分别为 5°C、10°C、15°C、20°C、25°C。Note: The upper and lower case letters indicate the conditions with and without external water respectively, A (a)、B (b)、C (c)、D (d)、E (e) indicate 5°C、10°C、15°C、20°C、25°C, respectively.

表 5 外源水分和不同温度条件下半数致死时间 (LT_{50}) 和 95% 致死时间 (LT_{95})Table 5 Half-lethal time (LT_{50}) and 95% lethal time (LT_{95}) of each temperature with external water condition

温度 (°C) Temperature	LT_{50} (d) Half-lethal time	置信区间 Confidence interval	LT_{95} (d) 95% Lethal time	置信区间 Confidence interval
5	101.86	92.42 ~ 110.79	247.25	216.25 ~ 297.37
10	30.69	33.11 ~ 38.57	82.61	71.71 ~ 99.81
15	24.24	21.55 ~ 27.56	45.55	37.54 ~ 64.52
20	14.43	11.66 ~ 18.43	31.72	23.21 ~ 66.34
25	5.65	4.60 ~ 6.68	15.33	11.86 ~ 24.30

3 结论与讨论

本文研究发现, 有外源水分、无外源水分及不同温度对冬型梨木虱的存活影响明显, 且两者有交互作用, 温度越低, 水分对其存活有明显助益作用, 温度越高, 这种作用减小。相同温度条件下, 与无外源水分相比, 有外源水分显著提高了冬型梨木虱的存活率并延长了寿命。无论是在有或无外源水分的条件下, 温度的升高都伴随着存活率的下降和寿命的缩短, 当温度大于 20°C 时这种变化尤为明显。即在冬型梨木虱越冬过程中, 外源水分和温度是影响其生存两大主要因子。

温度与昆虫的代谢速率密切相关, 在一定温度范围内, 虫体的代谢速率随温度的升高而提高 (孙玉诚等, 2017)。本研究设置的温度 5 ~ 25°C 均在昆虫可发生新陈代谢的范围之内, 因试验过程中未提供任何食物, 冬型梨木虱主要依赖自身储备的营养物质进行生存, 随着温度的升高, 代谢的逐渐加快 (Bale *et al.*, 2010), 营养物质消耗也越多, 虫体的死亡率也相应提高。水分是影响昆虫存活的关键因子。在本研究所设置的无外源水分条件下, 昆虫获取水分的途径主要来源于自身的营养物质代谢所产生的水分, 但所能提供水分有限, 如给补充以外源水分, 则明显提高其存活和寿命, 说明外源水分对其存活具有重要作用。在有外源水分的条件下, 一方面可减缓冬型梨木虱虫体水分的散失、另一方面可分担虫体对水分的需求, 减少自身营养物质的消耗, 虫体寿命和存活相对提高。在自然条件下, 温度和水分并非单独发挥作用, 而是共同作用到昆虫体内的代谢和水分平衡, 湿度越低, 温度越高, 物质消耗越大, 相反, 湿度越高, 温度越低, 物质消耗

越小, 利于虫体存活 (王智翔等, 1989), 与本研究成果相似。昆虫属变温动物, 自主调节体温能力极低, 主要受环境温度的影响, 在本研究中, 虽然湿度对昆虫的存活有明显的助益作用, 但这种作用随着温度的升高而逐渐减小, 温度和水分对冬型梨木虱存活共同助益作用主要体现在较低温度和水分条件下。

昆虫在适应不利环境条件如低温、缺少食物等过程中, 除在行为上适应外, 在生理、体征方面也有明显改变, 如降低代谢速率、增加脂肪含量、改变表皮的通透性等, 以降低不利环境条件带来影响 (Danks, 2000)。冬型梨木虱为中国梨木虱的越冬虫态, 在越冬过程中并非静息状态, 环境温度升高时则出离越冬场所转移到枝条上活动, 可能是冬型梨木虱主动获取水分的过程; 当温度降低时, 则转入越冬场所等, 避开不利影响; 在形态、生理调节方面, 与夏型梨木虱相比, 体色变暗、体躯增大、干物质含量增多, 体表几丁质层厚度增加 (Ge *et al.*, 2019), 这种转变有利于冬型梨木虱获取太阳辐射所产生的热量, 减少体表水分散失、提高逆境存活能力等。在当前的气候环境影响下, 冬季温度相对升高, 春季提前到来 (董满宇等, 2019), 梨树休眠期变短, 梨木虱忍耐不利环境强度 (缺食物, 低温等) 降低和时间变短, 更有利于越冬代梨木虱的存活, 其治理难度将加大。通过本研究结果, 可明确冬型梨木虱对逆境的适应能力, 以及温度和水分对冬型梨木虱存活的影响作用。因此, 可通过在田间捆绑瓦楞纸作为冬型梨木虱的越冬场所, 并在其上用黑塑料覆盖提高越冬场所的温度, 另可在瓦楞纸表面撒涂高岭土等吸湿以增加其死亡率, 降低冬型梨木虱的虫口基数。

参考文献 (References)

- Bale JS, Hayward SAL. Insect overwintering in a climate change [J]. *the Journal of Experimental Biology*, 2010, 213 (6): 980–994.
- Block W, Zettel J. Activity and dormancy in relation to body water and cold tolerance in a winter – active springtail (Collembola) [J]. *European Journal of Entomology*, 2003, 100 (3): 305–312.
- Chen FJ, Zhai BP, Zhang XX. Effects of soil moisture during pupal stage on population development of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23 (1): 112–121. [陈法军, 翟保平, 张孝羲. 棉铃虫蛹期土壤水分对其种群发生的影响 [J]. 生态学报, 2003, 23 (1): 112–121]
- Danks HV. Dehydration in dormant insects [J]. *Journal of Insect Physiology*, 2000, 46 (6): 837–852.
- Ding PH. Occurrence regularity and control technology of pear psylla [J]. *Journal of Fruit Resources*, 2019, 6: 93–94. [丁排红. 梨木虱的发生规律及防治技术 [J]. 山西果树, 2019, 6: 93–94]
- Dong JL, Li Q, Qiu FC. Occurrence of pear psylla in pear orchard and pollution – free control [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2011, 10: 164, 167. [董九岭, 李强, 仇服春. 梨园梨木虱的发生及无公害防治 [J]. 现代农业科技, 2011, 10: 164, 167]
- Dong MY, Li JM, Wang LX, et al. Analysis of the characteristics and causes of climate growth season changes in North China from 1960 to 2017 [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39 (12): 1990–2000. [董满宇, 李洁敏, 王磊鑫, 等. 1960~2017年华北地区气候生长季变化特征及成因分析 [J]. 地理科学, 2019, 39 (12): 1990–2000]
- Ge Y, Zhang L, Qin Z, et al. Different predation capacities and mechanisms of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) on two morphotypes of pear psylla *Cacopsylla chinensis* (Hemiptera: Psyllidae) [J]. *PLoS ONE*, 2019, 14 (4): e0215834.
- He GH. Evaluation of Spatial Optimization of Land and Water Resources in Northern China and Its Ecological Effects [D]. Beijing: China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2019. [何国华. 我国北方地区水土资源空间优化及其生态效应系统评价 [D]. 北京: 中国水利水电科学研究院博士论文, 2019]
- Lin Y. Ecosystem and agricultural production and environmental protection [J]. *Journal of Nanchang University (Natural Science)*, 1979, 1: 1–18. [林英. 生态系统与农业生产及环境保护 [J]. 南昌大学学报 (理科版), 1979, 1: 1–18]
- Liu YJ, Zhang TT, Bai SX, et al. Growth and development of *Aethis lepigone* (Lepidoptera: Noctuidae) under different combinations of alternating temperatures [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2014, 57 (10): 1198–1205. [刘玉娟, 张天涛, 白树雄, 等. 不同变温组合条件下二点委夜蛾的生长发育 [J]. 昆虫学报, 2014, 57 (10): 1198–1205]
- Shen YP, Wang GY. The latest scientific main points of the IPCC working group I fifth assessment report on global climate change cognition IPCC [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2013, 35 (5): 1068–1076. [沈永平, 王国亚. 第一工作组第五次评估报告对全球气候变化认知的最新科学要点 [J]. 冰川冻土, 2013, 35 (5): 1068–1076]
- Sun YC, Guo HJ, Ge F. Progress in research on the responses of insects to global climate change [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2017, 54 (4): 539–552. [孙玉诚, 郭慧娟, 戈峰. 昆虫对全球气候变化的响应与适应性 [J]. 应用昆虫学报, 2017, 54 (4): 539–552]
- Wang ZX, Chen YL. Effects of environmental temperature and humidity on *Chorthippus dubius* body temperature and water content [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 1989, 32 (3): 278–285. [王智翔, 陈永林. 环境温湿度对狭翅雏蝗体温与含水量的影响 [J]. 昆虫学报, 1989, 32 (3): 278–285]
- Wolfe J, Bryant G, Koster KL. What is ‘unfreezable water’, how unfreezable is it, and how much is there? [J]. *Cryo Letters*, 2002, 23 (3): 157–166.
- Yang JK, Li FS. A study on pear psyllas – seven new species (Homoptera: Psyllidae) [J]. *Entomotaxonomia*, 1981, 3 (1): 35–47. [杨集昆, 李法圣. 梨木虱考一记七新种 (同翅目: 木虱科) [J]. 昆虫分类学报, 1981, 3 (1): 35–47]
- Zhao LL, Zhang WZ, Hu ZL, et al. An investigation on the occurrence regularity of pear psylla in Taigu county [J]. *Deciduous Fruits*, 2019, 51 (6): 46–48. [赵龙龙, 张未仲, 胡增丽, 等. 山西省太谷县梨木虱发生规律的调查 [J]. 落叶果树, 2019, 51 (6): 46–48]
- Zhao LL, Zhang WZ, Hu ZL, et al. Oviposition characteristics of winter – type pear psylla on different sites of pear tree [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (4): 201–204. [赵龙龙, 张未仲, 胡增丽, 等. 冬型中国梨木虱在梨树不同部位的产卵特点 [J]. 植物保护, 2019, 45 (4): 201–204]