



刘 慇, 段春华, 亓玉昆, 刘焕秀, 康 智, 陈汝敏, 武海卫. 松针鞘瘿蚊在黑松冠层的空间分布特征与脱瘿节律研究 [J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (3): 752–757.

松针鞘瘿蚊在黑松冠层的空间分布特征 与脱瘿节律研究

刘 慇¹, 段春华¹, 亓玉昆¹, 刘焕秀¹, 康 智¹, 陈汝敏², 武海卫^{1*}

(1. 山东省林业科学研究院, 济南 250014; 2. 黄岛区自然资源局, 山东青岛 266555)

摘要: 为掌握松针鞘瘿蚊 *Thecodiplosis japonensis* 幼虫在黑松冠层的分布特征和脱瘿节律, 本文采用标准株调查法, 调查了松针鞘瘿蚊幼虫在冠层不同方位的虫口密度。采用陷阱法, 调查了不同时期越冬幼虫的下树数量。结果表明, 在黑松树冠的顶梢、上层、中层、下层, 松针受害率分别为 67.42%、68.59%、52.22% 和 38.41%; 松针鞘瘿蚊虫口数量分别为 53.40、58.17、57.93 和 47.69 头/枝。在东、西、南、北、顶梢 5 个方向, 松针受害率分别为 49.19%、53.10%、45.76%、57.72% 和 67.42%; 松针鞘瘿蚊虫口数量分别为 64.54、51.92、52.61、53.99 和 53.40 头/枝。12 月下旬和翌年 4 月上旬是松针鞘瘿蚊越冬幼虫的脱瘿高峰期, 脱瘿幼虫的比例达到瘿内全部幼虫的 90% 以上。研究结果明确了松针鞘瘿蚊在树冠的分布特征和脱瘿规律, 可为制定精准防治措施提供数据支持。

关键词: 松针鞘瘿蚊; 入侵害虫; 空间分布; 虫瘿; 致瘿昆虫; 脱瘿

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2021) 03-0752-06

Spatial distribution characteristic of *Thecodiplosis japonensis* in the canopy of *Pinus thunbergii* and the time rhythm of larvae disengaging from galls

LIU Yin¹, DUAN Chun-Hua¹, QI Yu-Kun¹, LIU Huan-Xiu¹, KANG Zhi¹, CHEN Ru-Min², WU Hai-Wei^{1*} (1. Shandong Academy of Forestry, Jinan 250014, China; 2. Huangdao District Natural Resources Bureau, Qingdao 266555, Shandong Province, China)

Abstract: In order to grasp the distribution characteristics of *Thecodiplosis japonensis* larvae in the canopy of *Pinus thunbergii* and the time rhythm that they disengage from galls, the population density of *T. japonensis* larvae at different positions in the canopy of *P. thunbergii* were investigated through the investigation of sample trees and the number of overwintering larvae in different periods was investigated by using trap method. The results showed that in the top, upper, middle and lower parts of the canopy of *P. thunbergii*, the damage rates of pine needles were 67.42%, 68.59%, 52.22% and 38.41% respectively, and the number of *T. japonensis* larvae in each shoots were 53.40, 58.17, 57.93 and 47.69 respectively. In the five directions of East, West, South, North and top, the damage rates of pine needles were 49.19%, 53.10%, 45.76%, 57.72% and 67.42% respectively, and the number of *T. japonensis* larvae in each shoots were 64.54, 51.92, 52.61, 53.99 and 53.40, respectively. More than 90% of all larvae leaved the galls and dropped to the soil at two peak periods, late December and early April of the

基金项目: 国家重点研发计划资助 (2018YFC1200400)

作者简介: 刘 慇, 女, 本科, 高级工程师, 主要从事林业外来有害生物防控技术研究, E-mail: liuyin7904@126.com

* 通信作者 Author for correspondence: 武海卫, 男, 博士, 高级工程师, 主要从事林业外来有害生物防控技术研究, E-mail: haiweiw@126.com

收稿日期 Received: 2020-04-09; 接受日期 Accepted: 2020-09-04

following year. The results could provide reference for the prevention and control of *Thecodiplosis japonensis* larvae.

Key words: *Thecodiplosis japonensis*; invasive pest; spatial distribution; galls; gall-forming insects; disengaging from galls

松针鞘瘿蚊 *Thecodiplosis japonensis* Uchida & Inouye 属双翅目 Diptera 瘿蚊科 Cecidomyiidae, 原分布于日本, 主要危害赤松 *Pinus densiflora*、黑松 *P. thunbergii* (Ko, 1985; Sone, 1986)。上世纪 20 年代末, 该虫传入韩国并以每年 2.4 ~ 2.5 km 的速度扩散。至上世纪 60 年代, 几乎在韩国所有地方均可发现该虫的危害, 成为韩国松树上最主要的有害生物之一 (骆有庆, 1990)。2012 年在中国黄岛首次发现该虫的危害, 2016 年经北京林业大学专家鉴定, 确认为外来入侵物种 (焦继鹏等, 2017)。

松针鞘瘿蚊 1 年发生 1 代, 以 3 龄老熟幼虫在土中越冬。越冬幼虫 5 月初化蛹, 5 月下旬开始羽化。羽化出的成虫将卵产在当年生枝条上的针叶束中部, 幼虫孵化后转移至针叶鞘内危害形成膨大的虫瘿 (Chung *et al.*, 1997b), 每个虫瘿内平均有幼虫 2 ~ 4 头, 最多 27 头 (Sone, 1987)。虫瘿内老熟幼虫在 11 月底开始脱离虫瘿进入地面枯枝落叶层或土壤表土中越冬。为明确该虫在我国新入侵地寄主黑松冠层的发生危害特征和老熟幼虫的脱瘿节律, 本研究系统调查松针鞘瘿蚊幼虫在冠层的不同层次、不同方位的虫口密度及不同时间脱瘿的幼虫数量, 以期为该虫的抽样调查和防治提供数据支撑。

1 研究方法

1.1 试验地概况

试验地位于山东省青岛市黄岛区 (35°58'14"N, 120°11'28"E), 黑松纯林, 平均树高 6.5 m, 平均胸径 12 cm, 株行距 3 × 4 m。林下植被主要有鬼针草 *Bidens pilosa*、白茅 *Imperata cylindrica*、葎草 *Humulus scandens* 等。年平均气温 12.5℃, 年平均降雨量 750 mm。调查期间未采取任何管护措施。

1.2 调查方法

1.2.1 冠层幼虫发生与危害的调查

在松针鞘瘿蚊幼虫发生期 (2019 年 8 月下旬), 在试验地设置 30 m × 30 m 的调查样地, 样地内按照对角线取样法选定 5 株黑松标准株,

在每株树的上、中、下三层的东、西、南、北 4 个方向和顶梢随机剪取 1 根 10 cm 长的当年生枝条, 在室内统计每个枝条上虫瘿数量和瘿内松针鞘瘿蚊的幼虫数量。

1.2.2 幼虫脱瘿节律的调查

选择受害严重的地块, 在地面上设置 30 个陷阱装置 (h = 12 cm, φ = 25 cm)。将陷阱装置埋在土壤浅层, 装置上沿与林地表层平齐。陷阱内装满除害处理的有机复合基质 (腐叶土: 园土: 黄沙 = 2: 1: 1) 收集下树的越冬幼虫。陷阱内的土壤基质每隔 15 ~ 20 d 更换一次, 带回实验室分离基质内收集的幼虫数量。试验自 2018 年 12 月开始, 至 2019 年 5 月上旬止。

1.3 数据处理

利用 SPSS 20.0 进行全部数据的处理。采用单因素方差分析统计松针受害率和虫口密度在不同方位的显著性差异。采用 Pearson 指数分析黑松全冠松针受害率与不同取样水平下松针受害率的相关性。

2 结果与分析

2.1 松针鞘瘿蚊在黑松冠层的垂直分布

在黑松树冠的顶梢、上层、中层、下层, 受松针鞘瘿蚊危害的松针比例分别为 67.42% ± 2.05%、68.59% ± 6.99%、52.22% ± 6.57% 和 38.41% ± 5.67%; 虫口数量分别为 53.40 ± 11.31、58.17 ± 9.79、57.93 ± 9.12 和 47.69 ± 11.98 头/枝。单因素方差分析表明, 松针受害率在黑松树冠的不同层次存在显著差异 ($F_{3,16} = 6.35$, $P = 0.01$), 而虫口数量差异不显著 ($F_{3,16} = 0.22$, $P = 0.89$)。

2.2 松针鞘瘿蚊在黑松冠层的水平分布

在黑松树冠的东、西、南、北、顶梢 5 个方向, 受松针鞘瘿蚊危害的松针比例分别为 49.19% ± 5.18%、53.10% ± 5.84%、45.76% ± 8.72%、57.72% ± 6.50% 和 67.42% ± 2.05%; 虫口数量分别为 64.54 ± 10.91、51.92 ± 9.15、52.61 ±

7.59、 53.99 ± 12.04 和 53.40 ± 11.31 头/枝 (图2)。结果表明, 树冠不同方向的松针受害率和虫口数

量差异都不显著 (松针受害率: $F_{4,20} = 1.94$, $P = 0.14$; 虫口数量: $F_{4,20} = 0.26$, $P = 0.90$)。

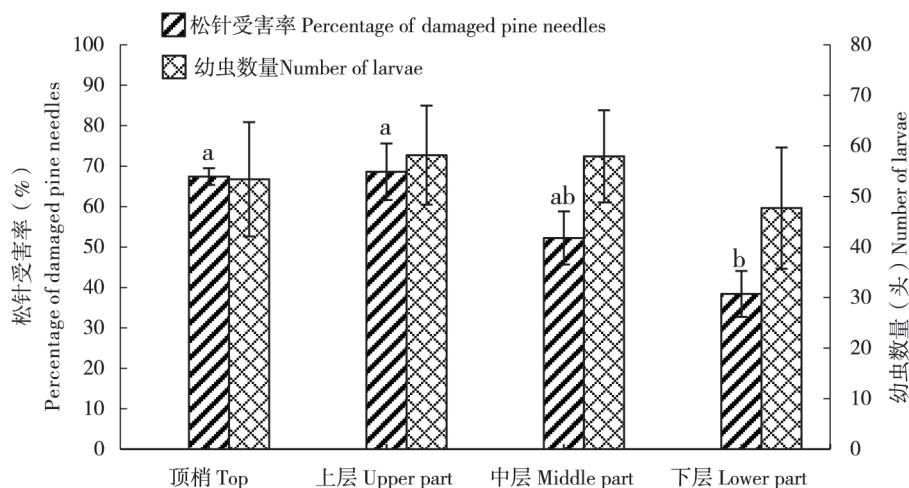


图1 黑松冠层垂直方向松针受害率和虫口数量

Fig. 1 Damage rate of pine needles and larvae number in the vertical direction of the *Pinus thunbergii* canopy

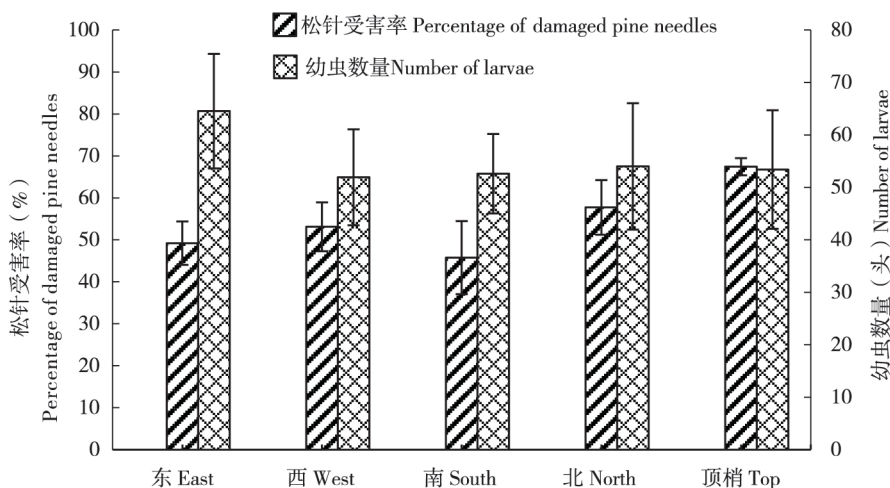


图2 黑松冠层不同水平方向松针受害率和虫口数量

Fig. 2 Damage rate of pine needles and larvae number in the horizontal direction of the *Pinus thunbergii* canopy

2.3 松针鞘瘿蚊在黑松冠层不同方位的发生危害特征

统计在不同方位上的松针受害率和虫口数量, 结果表明: 黑松树冠上层东部 (东上) 松针受害率显著高于中层南部和下层各个方向的松针受害率, 下层南部 (南下) 松针受害率显著低于中层北向和上层各个方向的松针受害率 ($F_{12,46} = 2.72$, $P = 0.00$)。而不同方位上受害松针的虫口数量没有显著差异 ($F_{12,46} = 0.31$, $P = 0.98$)。

2.4 黑松全冠松针受害率与不同取样水平下松针受害率的关系

Pearson 相关性分析结果表明, 黑松全冠松针

受害率与树冠上层的松针受害率在 $P = 0.1$ 水平上显著相关 ($R = 0.976$), 与树冠中层和南向的松针在 $P = 0.5$ 水平上显著相关 ($R_{\text{中层}} = 0.958$; $R_{\text{南向}} = 0.925$)。

2.5 松针鞘瘿蚊的脱瘿节律

松针鞘瘿蚊越冬幼虫的脱瘿有明显的两个高峰期, 分别出现在 12 月下旬和翌年 4 月上旬。12 月底之前脱瘿幼虫的比例达到瘿内全部幼虫的 80% 以上。1~2 月仅有 3.82% 的个体脱瘿入土, 约有 16.04% 的个体在 3 月以后脱瘿入土。

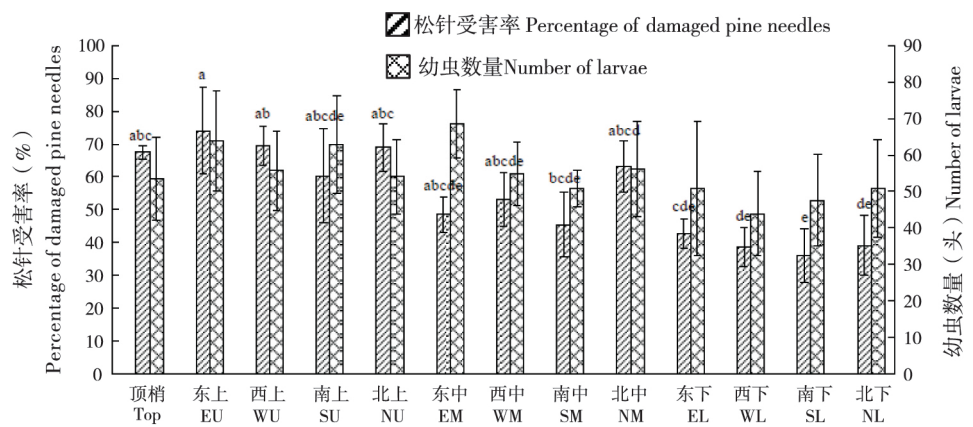


图3 黑松冠层不同方位的发生与为害

Fig. 3 Occurrence and hazards of *Thecodiplosis japonensis* larvae in different orientations of the *Pinus thunbergii* canopy

注：东上，上层东向；西上，上层西向；南上，上层南向；北上，上层北向；东中，中层东向；西中，中层西向；南中，中层南向；北中，中层北向；东下，下层东向；西下，下层西向；南下，下层南向；北下，下层北向。Note: EU , east of upper part; WU , west of upper part; SU , south of upper part; NU , north of upper part; EM , east of middle part; WM , west of middle part; SM , south of middle part; NM , north of middle part; EL , east of lower part; WL , west of lower part; SL , south of lower part; NL , north of lower part.

表1 黑松全冠松针受害率与不同方位松针受害率的相关性

Table 1 Correlation index between the damage rate of black pine needles and that at different orientations

方位 Orientations	方向 Directions				层次 Layers		
	东 East	西 West	南 South	北 North	上 Upper	中 Middle	下 Lower
Pearson 相关性指数	0.777	0.878	0.925*	0.867	0.976**	0.958*	0.753
Pearson correlation index							

注：* 表示在 0.01 水平上显著相关；** 表示在 0.05 水平上显著相关。Note: * Indicated a significant correlation at 0.01 level; ** indicated a significant correlation at 0.05 level.

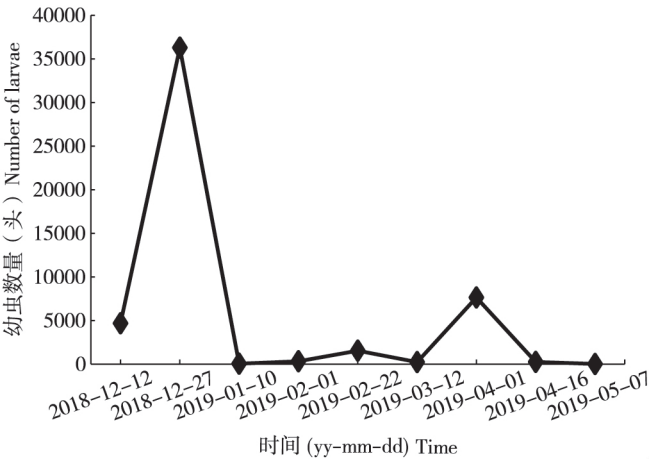


图4 松针鞘瘿蚊越冬幼虫脱瘿动态

Fig. 4 Time rhythm of *Thecodiplosis japonensis* larvae disengaging from galls

3 结论与讨论

资料表明，致瘿昆虫种类不同，其在寄主植物冠层危害时对方位的选择性也不尽相同。有的种类对水平方位和垂直方位都有选择性，如栗瘿蜂 *Dryocosmus kuriphilus* 虫瘿数量在树冠南向最多，北方向最少；下层分布最多，上层最少（卜玉强等，2009；张志英，2018）。梨瘿华蛾 *Sinitinea pyrigolla* 以南方位虫瘿密度大，从树冠的上、中、下三层看，尤其以上层虫瘿密度大（师光禄等，1996）。有的种类仅在垂直分布上有差异而在水平分布上没有显著差异，如龙眼叶瘿蚊 *Asphondylia* sp. 虫瘿密度在植株中层及下层的虫瘿密度显著高于上层（胡菡青等，2010），荔枝瘿螨 *Eriophyes litchii* 种群密度以东南向为多（徐金汉和李心忠，

1996), 而它们的种群数量在植株的东、南、西、北等水平方位无显著差异。也有种类在水平方位和垂直方位上的分布均没有选择性, 如藏青杨的一种蚜虫虫瘿 (唐晓琴等, 2017)。除此之外, 即使同一种类, 发生世代不同, 其在树冠不同方位的选择性也有不同, 如栋空腔瘿蜂 *Trichagalma acutissimae* 有性世代虫瘿密度在栓皮栋树冠的下层最高, 无性世代虫瘿密度在树冠的上层最高 (王景顺等, 2016)。本研究的调查结果表明, 松针鞘瘿蚊对黑松树冠不同层次的当年生松针也表现出一定的选择性, 自树冠的下部到上部, 受害松针的百分比显著增加。这与 Chung 等 (1997a) 在韩国的调查结果相类似。本研究的调查结果进一步表明, 在水平方向上这种选择差异性是不显著的。

隐蔽性害虫因其在一定生活史阶段有寄主植物或其它介质的庇护, 从而对该虫的防治造成不利影响。掌握其脱离庇护的时期是制定精准防治措施和保证防治效果的基础。比如针对松墨天牛的防治, 通常选择在其羽化期集中喷雾防治 (王曦茁等, 2018); 针对日本松干蚧的防治, 通常在其显露期施药才有效果 (宋兴安等, 2014)。作为隐蔽性害虫中的重要类群, 掌握致害害虫的脱瘿节律是脱瘿期害虫防治的关键节点, 对于指导害虫防治具有重要意义。和杏瘿蚊 *Janetiella* sp.、荔枝叶瘿蚊 *Mayetiola* sp. 等相似 (沈金发, 2006; 杨吉祥等, 2011), 松针鞘瘿蚊也是以老熟幼虫下树越冬。调查结果表明, 12 月下旬和翌年 4 月上旬是松针鞘瘿蚊越冬幼虫的脱瘿高峰期, 脱瘿幼虫的比例达到瘿内全部幼虫的 90% 以上, 抓住这一时期制定针对幼虫的防治措施, 将会大大降低翌年的种群数量。

对于乔木冠层危害的害虫种群的调查, 通常采用标准株方位取样法, 即将树冠划分为上、中、下三层和东、西、南、北 4 个方位来取样。这种方式取样均匀, 基本可以反映全株的受害情况。杨牡丹等 (1990) 在查清日本松干蚧的在枝条不同部位的种群密度基础上, 基于相关分析的结果, 认为可以用 4 年生树干部上的平均虫口密度来表示整株树上的虫口密度。本研究也采用相同的方法, 发现黑松全冠松针受害率与树冠上层、树冠中层和南向的松针受害率都显著相关。在对调查结果要求不是特别准确的情况下, 不妨采用树冠

中层、上层 4 个方向或树冠南向的上中下三层取样数据代替全株的受害程度, 这可以显著减少工作量。作者在试验地还发现松针鞘瘿蚊还可危害赤松和油松 *Pinus tabulaeformis* 等零星分布的树种, 该虫在这两个树种冠层的分布特征尚需进一步调查研究。

本文依据松针鞘瘿蚊脱瘿进入地面枯枝落叶层或表土层越冬的习性, 自制了越冬幼虫收集的陷阱装置, 该装置内土壤基质已做消毒处理, 避免了病原菌对收集幼虫的侵染, 另外该装置四周为铁皮构造, 与周围土壤形成物理阻隔, 有效阻止了周边越冬幼虫向陷阱内的转移, 可保证获取数据的准确性。该装置尚未设置阻止捕食性天敌侵入的构造, 需要进一步改进。

参考文献 (References)

- Bu YQ, Guo SJ, Li WQ, *et al.* A study on the spatial distribution patterns of *Dryocomus kuriphilus* galls in chestnut plantation [J]. *Northern Horticulture*, 2009, 11: 40–44. [玉强, 郭素娟, 李文泉, 等. 栗瘿蜂虫瘿在板栗林内空间分布格局研究 [J]. 北方园艺, 2009, 11: 40–44]
- Chung YJ, Lee JH, Lee BY. Distribution of pine needle gall midge, *Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye (Diptera: Cecidomyiidae), infestations on Japanese red pine, *Pinus densiflora* S. et Z [J]. *Korean Journal of Applied Entomology*, 1997a, 36 (2): 150–155.
- Chung YJ, Lee JH, Lee BY. Effects of pine needle gall midge, *Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye (Diptera: Cecidomyiidae), infestation on the shoot and needle growth of *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc [J]. *FRI Journal of Forest Science (Seoul)*, 1997b, 56: 21–29.
- Hu HQ, Pan SL, Chen J, *et al.* Spatial distribution and theoretical sampling of galls induced by longan leaf-gall midge, *Asphondylia* sp. [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2010, 25 (6): 731–735. [胡茜青, 潘少霖, 陈瑾, 等. 龙眼叶瘿蚊虫瘿空间分布型及理论抽样数研究 [J]. 福建农业学报, 2010, 25 (6): 731–735]
- Jiao JP, Wu HW, Ren LL, *et al.* Reports on the discovery and preliminary studies of the invasive species *Thecodiplosis japonensis* (Uchida & Inouye) in Huangdao area of Shandong Province [J]. *Journal of Applied Entomology*, 2017, 54 (6): 915–923. [焦继鹏, 武海卫, 任利利, 等. 入侵种松针鞘瘿蚊在山东省黄岛区的发现与初步研究 [J]. 应用昆虫学报, 2017, 54 (6): 915–923]
- Ko JH. Biological control of pine gall midge in Korea. In: Ko JH, La YJ, eds. *Proceedings of the Joint Conference of IUFRO Working Parties on Forest Gall Midges and Rusts of Pines* [C]. Seoul,

- 1985: 35–47.
- Liang JJ, Wu HW, Huang HH, *et al.* Spatial distribution of *Brontispa longissima* (Gestro) larvae and its sampling techniques [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2010, 32 (1): 20–24. [梁俊杰, 武海卫, 黄焕华, 等. 椰心叶甲幼虫空间分布及其抽样技术研究 [J]. 环境昆虫学报, 2010, 32 (1): 20–24]
- Luo YQ. Brief introduction of main forest diseases and insect pests in South Korea [J]. *Forest Pest and Disease*, 1993, 4: 39–42. [骆有庆. 韩国主要森林病虫害简介 [J]. 森林病虫通讯, 1993, 4: 39–42]
- Shen JF. Occurrence of *Mayetiola* sp. and integrated control technology [J]. *Jiangxi Plant Protection*, 2006, 1: 40–41. [沈金发. 荔枝叶瘿蚊的发生与综合防治技术 [J]. 江西植保, 2006, 1: 40–41]
- Shi GL, Liu XQ, Guo YR, *et al.* Studies on the varieties, hosts and distribution of powdery mildew in shanxi province [J]. *Journal of Shanxi Agricultural University*, 1996, 4: 19–22. [师光禄, 刘贤谦, 郭跃荣, 等. 梨瘿华蛾 *Sinitinea pyrigolla* Yang 空间分布型及垂直分布研究 [J]. 山西农业大学学报, 1996, 4: 19–22]
- Sone K. Impact of the pine needle gall midge, *Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye (Diptera: Cecidomyiidae) on the growth of pine trees [J]. *Journal of the Japanese Forestry Society*, 1986, 68 (7): 278–283.
- Sone K. Population dynamics of the pine needle gall midge, *Thecodiplosis japonensis* Uchida et Inouye (Diptera, Cecidomyiidae) [J]. *Journal of Applied Entomology*, 1987, 103 (4): 386–402.
- Song XA, Xu P, Hui SH, *et al.* Hazards and chemical control experiments of *Matsucoccus matsumurae* Kuwana in Rizhao coastal protection forest [J]. *Shandong Forestry Science and Technology*, 2004, 4: 17–18. [宋兴安, 徐萍, 惠生华, 等. 日照沿海防护林日本松干蚧的危害与化防试验 [J]. 山东林业科技, 2004, 4: 17–18]
- Tang XQ, Lu J. Spatial distribution pattern of galls in *Populus szechuanica* var. *tibetica* [J]. *Henan Agricultural Sciences*, 2017, 46 (4): 89–94. [唐晓琴, 卢杰. 藏青杨虫瘿的空间分布格局 [J]. 河南农业科学, 2017, 46 (4): 89–94]
- Wang JS, Zhang KP, Wang XH, *et al.* Spatial distribution of gall wasp *Trichagalma glabrosa* on cork oak *Quercus variabilis* [J]. *Journal of Henan Agricultural University*, 2016, 50 (1): 56–59. [王景顺, 张坤朋, 王相宏, 等. 栎空腔瘿蜂虫瘿在栓皮栎上的空间分布 [J]. 河南农业大学学报, 2016, 50 (1): 56–59]
- Wang XZ, Cao YF, Wang LF, *et al.* Current status of pine wilt disease and its control status [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2018, 40 (2): 256–267. [王曦茁, 曹业凡, 汪来发, 等. 松材线虫病发生及防控现状 [J]. 环境昆虫学报, 2018, 40 (2): 256–267]
- Yang JX, Wang XY, Li YX, *et al.* Research of *Janetiella* sp. a new injurious insect of apricot tree [J]. *Chinese Horticultural Abstracts*, 2011, 27 (11): 4–7. [杨吉祥, 王小银, 李永霞, 等. 杏树新害虫——杏瘿蚊生物学特性研究 [J]. 中国园艺文摘, 2011, 27 (11): 4–7]
- Yang MD, Hu HL, Qiu XJ, *et al.* Distribution and growth and decline law of *Matsucoccus matsumurae* Kuwana in Zhejiang [J]. *Zhejiang Forestry Science and Technology*, 1990, 6: 1–8. [杨牡丹, 胡鹤龄, 裘学军, 等. 日本松干蚧在浙江的分布及消长规律 [J]. 浙江林业科技, 1990, 6: 1–8]
- Zhang ZY. Occurrence regularity and pollution-free control of *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatus [J]. *Southern Horticulture*, 2018, 29 (5): 21–23. [张志英. 锥栗栗瘿蜂发生规律及无公害防治试验 [J]. 南方园艺, 2018, 29 (5): 21–23]