应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2023, 60(1): 264–274. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2023.029

酒泉市不同生境人工引进大斑啄木鸟控制光肩星天牛效果比较*

魏秀红[1**] 王立祥[2] 马寿鹏[1] 李 燕[1] 齐丽君[1***]

（1. 酒泉市林果服务中心，酒泉 735000；2. 甘肃农业大学植物保护学院，兰州 730070）

摘 要 **【目的】** 明确大斑啄木鸟 *Dendrocopos major*（GSW）有效防治光肩星天牛 *Anoplophora glabripennis*（ALB），为甘肃省河西走廊利用大斑啄木鸟控制光肩星天牛灾害提供理论依据。**【方法】** 2018-2021 年，在酒泉市肃州区调查了西汉酒泉胜迹（城市园林）、清水镇梧桐苑（乡村沿路小游园）、三合林场（人工纯林）、西峰试验站（农田防护林）4 种不同生境下大斑啄木鸟对光肩星天牛的控制效果，统计了光肩星天牛虫口减退率和有虫株率，并采用样线法调查了大斑啄木鸟的单位面积（6.67 hm^2）发现次数和啄痕数量。**【结果】** 不同生境下 4 块对照样地的光肩星天牛有虫株率上升或保持在 60%左右；而 4 块试验样地光肩星天牛有虫株率则大幅度下降，校正虫口减退率均呈稳定增长；且 4 种生境下大斑啄木鸟的单位面积发现次数和啄痕数量也均呈上升趋势。其中三合林场试验样地虫口减退率增幅最大，由 2018 年的 1.13%上升到 2021 年的 6.97%；西汉酒泉胜迹、梧桐苑、三合林场和西峰试验站试验样地的光肩星天牛有虫株率降幅分别为 40%、35%、30%和 22%。截止 2021 年，三合林场啄痕总数量最高（189 个），西峰试验站最低（29 个）。4 年间，不同试验样地大斑啄木鸟啄痕数均逐年增加，啄痕年增长率除西汉酒泉胜迹呈持续增加外，其余 3 个样地均在 2018 年出现峰值，此后年增长率减缓。西汉酒泉胜迹、梧桐苑和西峰试验站单位面积啄木鸟出现次数与有虫株率呈显著负相关，梧桐苑单位面积啄木鸟出现次数与校正虫口减退率呈显著正相关。**【结论】** 本研究进一步证实了人工引进大斑啄木鸟能有效控制光肩星天牛灾害，且生境条件是影响大斑啄木鸟控制光肩星天牛效果的主要因素。在河西走廊光肩星天牛发生区可营造适宜的啄木鸟生境，人工招引并保护大斑啄木鸟，进而控制光肩星天牛等蛀干类害虫。

关键词 光肩星天牛；生境；大斑啄木鸟；招引保护；生物防治

The effect of introducing the great spotted woodpecker, *Dendrocopos major*, to different habitats in Jiuquan to control *Anoplophora glabripennis*

WEI Xiu-Hong[1**] WANG Li-Xiang[2] MA Shou-Peng[1] LI Yan[1] QI Li-Jun[1***]

(1. Jiuquan Forest and Fruit Service Center, Jiuquan 735000, China;

2. College of Plant Protection, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract **[Objectives]** To determine whether the great spotted woodpecker *Dendrocopos major* (GSW), an important predator of stem boring pests, can be used as a biological control for the longhorn beetle, *Anoplophora glabripennis* (ALB), in the Hexi Corridor of Gansu province. **[Methods]** Control of ALB by the GSW was monitored in 4 different habitats in Suzhou District, Jiuquan City from 2018 to 2021. The rate of decline of the ALB population and the proportion of infested plants were counted, and transects were used to count the number of GSW and GSW peck marks per unit area (6.67 hm^2). **[Results]** The ALB population declined in control plots in all four habitats. In test plots, the proportion of insect-infested plants decreased significantly, and the corrected rate of insect population decline steadily accelerated. There was an upward

*资助项目 Supported projects：2019 年甘肃省林业和草原科技计划项目（2019kj002）；2020 年度甘肃省林业和草原科技计划项目（2020kj001）

**第一作者 First author，E-mail：458416915@qq.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：1207635396@qq.com

收稿日期 Received：2022-03-08；接受日期 Accepted：2022-09-09

trend in the number of GSW found per unit area and the number of peck marks in the 4 habitats. Over the past 4 years, the number of peck marks in experimental plots has increased yearly. With the exception of Jiuquan park, the number of peck marks has continued to increase annually. The rate of increase in peck marks in the other three plots peaked in 2018, and has since slowed down. The frequency of GSW per unit area in the West Han Dynasty Jiuquan scenic spot, Wutong garden and Xifeng experimental station is significantly, negatively correlated with the proportion of insect-infested plants. **[Conclusion]** Introducing the GSW can effectively control ALB and habitat quality appears to be the main factor affecting the success of such biological control. If suitable GSW habitat can be created in the Hexi Corridor, then effective biological control of stem-boring pests such as the ALB is feasible.

Key words *Anoplophora glabripennis* (ALB); habitat; *Dendrocopos major*; attraction and protection; biological control

光肩星天牛 *Anoplophora glabripennis*（Motschulsky）是我国重要的林木蛀干害虫，在以杨树为主体的速生用材林和防护林中严重成灾，特别是在三北防护林体系中，光肩星天牛的危害问题越来越突出，其中以陕西、甘肃、宁夏、山西、内蒙古等省和自治区最为严重（陈世骧等，1959；黄竞芳等，1992；萧刚柔，1992；骆有庆和刘志柏，1993；高瑞桐和李国宏，2001）。近年来，该虫急剧向我国西北、东北的纵深地区扩散并造成危害（王志刚等，2018）。目前，光肩星天牛在甘肃省河西走廊地区（连接内陆和新疆及中亚的咽喉要道）猖獗为害，对祁连山生态环境安全造成极大威胁（许士文等，2019）。河西走廊地区的光肩星天牛灾害呈现出边治理、边传播、边扩散的态势，每年花费巨大的人力、物力和财力进行化学防治，效果依然不理想。按照生态文明建设和林业发展的总体要求，以及森林健康经营的发展趋势，利用生物防治手段控制森林害虫，实现有虫不成灾是经济、有效和可持续的防控措施（张仲信，1992；高瑞桐等，1994；李刚和张剑英，2000；杨奋勇等，2006）。

食虫鸟类是生态系统中的重要组成部分。大多数食虫鸟类在食物链中都是次级消费者，其食虫作用往往因鸟的个体大小、数量多少、环境条件和居留期长短等不同而异。啄木鸟素有“森林医生”之美誉，除取食叶部和枝梢害虫以外，蛀干害虫是其主要的食物来源，因此啄木鸟在蛀干害虫的自然控制方面具有十分重要的价值（胡加付，2008）。目前，利用人工鸟巢招引保护啄木鸟已有报道（郑丽颖等，2011），酒泉市 2017 年人工引进大斑啄木鸟 *Dendrocopos major*（Linnaeus）获得成功，并取得大斑啄木鸟控制对当地的光肩星天牛初步成效（魏秀红等，2022）。大斑啄木鸟在啄食天牛幼虫、吉丁幼虫、白杨透翅蛾 *Parathrene tabaniformis*（Rottenberg）幼虫及象甲类等害虫时，会留下明显的痕迹，如啄破树皮和木质部有啄虫孔等。根据这些痕迹并结合观察和解剖，可确定该鸟的食虫种类及除虫作用（万涛，2010）。目前，有关大斑啄木鸟防治光肩星天牛机制的研究报道相对较少，本文在比较不同生境下大斑啄木鸟防治光肩星天牛效果的基础上，重点分析了招引保护大斑啄木鸟的生态环境条件，为更好地保护与利用啄木鸟控制光肩星天牛的危害提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验地概况

甘肃省酒泉市肃州区位于东经 98°20′-99°18′，北纬 39°10′-39°59′，地处河西走廊中段，祁连山北麓，平坦开阔，地势西南部高而东北部低，平均海拔 1 360 m。该区域年平均气温 8.5 ℃，相对湿度为 46%，年平均日照时数 3 050.8 h，降水量 85.3 mm，全年气候干燥、降水稀少，是典型的大陆性干旱气候（邹佳辉和刘艳楠，2021；邹佳辉和魏秀红，2021）。林地是啄木鸟取食、栖息的主要环境。本研究将林地类型作为生境分类的依据，选择 4 种不同生境类型的样地，分别为西汉酒泉胜迹（城市园林）、清水镇梧桐苑（乡村沿路小游园）、三合林场（人工纯林）和西峰试验站（农田防护林），光肩星天牛发生均在

10 年以上，为害程度均在中、重度以上，大斑啄木鸟均为外地引种放飞或由放飞点迁飞，试验地生境概况见表 1。林地面积计算方法为：林带面积（hm^2）=[（林带行数 - 1）×行距（m）+4]×林带长度（m）÷10 000；散生木面积（hm^2）=散生木株数/110；片林面积=片林所占实际面积；人为干扰强度：与居民点距离 1 km 以内为重度干扰地区；离居民点距离 1~ 2 km 为中度干扰地区；离居民点距离为 2 km 以上为轻度干扰地区（杨敏等，2008）。在样地内调查大斑啄木鸟对光肩星天牛控制效果，同时对不同生境下大斑啄木鸟招引数量及大斑啄木鸟啄痕情况进行调查。为保证各试验样地之间没有互相干扰，试验样地的间距均在 1.5 km 以上。

表 1　试验地生境概况

Table 1　Habitat overview of the experimental site

试验点 Experimental plots	生境类型 Habitat type	林分（树种组成） Stand (composition of tree species)	斑块面积（hm^2） Plaque area (hm^2)	水源类型及稳定性 Water source type and stability	人为干扰强度 Intensity of human interference	危害程度 Damage degree	啄木鸟引进、发现情况 Introduction and discovery of woodpeckers
西汉酒泉胜迹 West Han Dynasty Jiuquan scenic spot	城市园林 Urban landscape	混交林，树木平均胸径 30 cm 以上 Mixed forest, the average diameter of trees is more than 30 cm	20.00	有 2 人工湖，相距 700 m，稳定 There are 2 artificial lakes, 700 meters apart, stable	重度 Heavy	中、重度 Moderate to severe	已成功引进 2 只大斑啄木鸟 Successfully introduced two GSW
梧桐苑 Wutong garden	乡村小游园 Country garden	柳树纯林，树木平均胸径 20 cm Willow pure forest, the average diameter of trees is 20 cm	2.67	农田水渠,不稳定 Farmland aqueduct, unstable	中度 Moderate	中、重度 Moderate to severe	已成功引进 3 只大斑啄木鸟 Successfully introduced three GSW
三合林场 Sanhe forest farm	人工纯林 Pure artificial forest	二白杨纯林，树木平均胸径 20 cm the average diameter of the trees is 20 cm	33.33	人工饮水池,稳定 Artificial drinking pool, stable	轻度 Mild	中、重度 Moderate to severe	未引进大斑啄木鸟，于 2018 年首次发现 No imported GSW, first discovered in 2018
西峰试验站 Xifeng experimental station	农田防护林 Farmland shelterbelt	混交林，树木平均胸径 25 cm 左右 Mixed forest, the average diameter of trees is more than 30 cm	3.33	有农田水渠、人工湖，稳定 There are farmland canals, artificial lakes, stable	中度 Moderate	中、重度 Moderate to severe	未引进大斑啄木鸟，于 2018 年首次发现 No imported GSW, first discovered in 2018

1.2　不同生境下大斑啄木鸟对光肩星天牛虫口减退率和有虫株率的影响

2018-2021 年，在供试的 4 块试验样地内，分别设置 30 m×30 m 的样点各 6 个（处理组 3 个，对照组 3 个），所设样点基本涵盖了试验样地的所有立地条件。每年 6-8 月调查所选样方内样树距地面 3 m 的树干范围内光肩星天牛刻槽数量、成虫羽化孔数量和树下死亡成虫数量，并计算虫口减退率。在各试验样地中选择有天牛危害但未发现大斑啄木鸟鸟巢、啄痕和活动踪迹的区域设置对照样点，逐年统计试验样点和对照样点的有虫株数，计算有虫株率。

虫口减退率（%）=

$$\frac{\text{前次调查所得数}-\text{本次调查所得数}}{\text{前次调查所得数}}\times 100\%,$$

校正虫口减退率（%）=

$$\frac{\text{防治区虫口减退率}-\text{对照区虫口减退率}}{1-\text{对照区虫口减退率}}\times 100\%,$$

有虫株率（%）=有虫株数/调查总数×100%。

1.3　不同生境下大斑啄木鸟招引数量及啄痕数量的调查

为明确不同生境下大斑啄木鸟数量及其啄痕数对光肩星天牛防治效果的影响，采取人工观测和访问信息收集 2 种调查方法，从 2018 年开始，每年的 4 月、7 月、10 月和 12 月，每月调查 3 次，选择啄木鸟活跃时间，按照事先设计的样线进行人工踏查。以发现大斑啄木鸟踪迹（如发现啄木鸟身影和排泄物）或听到大斑啄木鸟敲击树干的声音为准，统计每次调查中大斑啄木鸟出现的次数，并进行记录，计算啄木鸟在单位面积上（每 6.67 hm^2 林地）出现次数，各月调查的结果以 3 次调查的平均值为准。通过单位面积大斑啄木鸟出现次数的多少反映各样地大斑啄木鸟数量。自 2018 年开始，每年 11 月底前按照设计样线调查各样地的啄痕数量并进行标记，计算各样地每年新增啄痕数量和啄痕年增长率。

1.4　数据处理与统计

采用 SPSS 24.0 软件对各样地调查获得的数据进行分析，首先对同一样地不同调查年份间的校正虫口减退率、有虫株率、单位面积发现啄木鸟次数进行两两差异分析，比较每个样地各年数据的变化情况；然后对不同样地校正虫口减退率、有虫株率、单位面积发现啄木鸟次数进行组间差异分析；使用皮尔逊相关性分析对各样地校正虫口减退率、有虫株率、单位面积发现啄木鸟次数进行相关性分析。试验结果采用 Prism 9.0 做图。

2　结果与分析

2.1　大斑啄木鸟对光肩星天牛有虫株率的影响

各样地不同年份的有虫株率组间差异显著（$P<0.05$），表明 4 个样地不同年份的有虫株率虽有下降，但下降不显著（图 1：A-D）。对照样地的光肩星天牛有虫株率在 50%-70%，其中三合林场和西峰试验站对照样地有虫株率呈现上升趋势，分别由 2018 年的 59.0%和 60.7%，增长到 2021 年的 64.7%和 64.3%。而招引保护大斑啄木鸟的 4 块试验样地，光肩星天牛有虫株率均

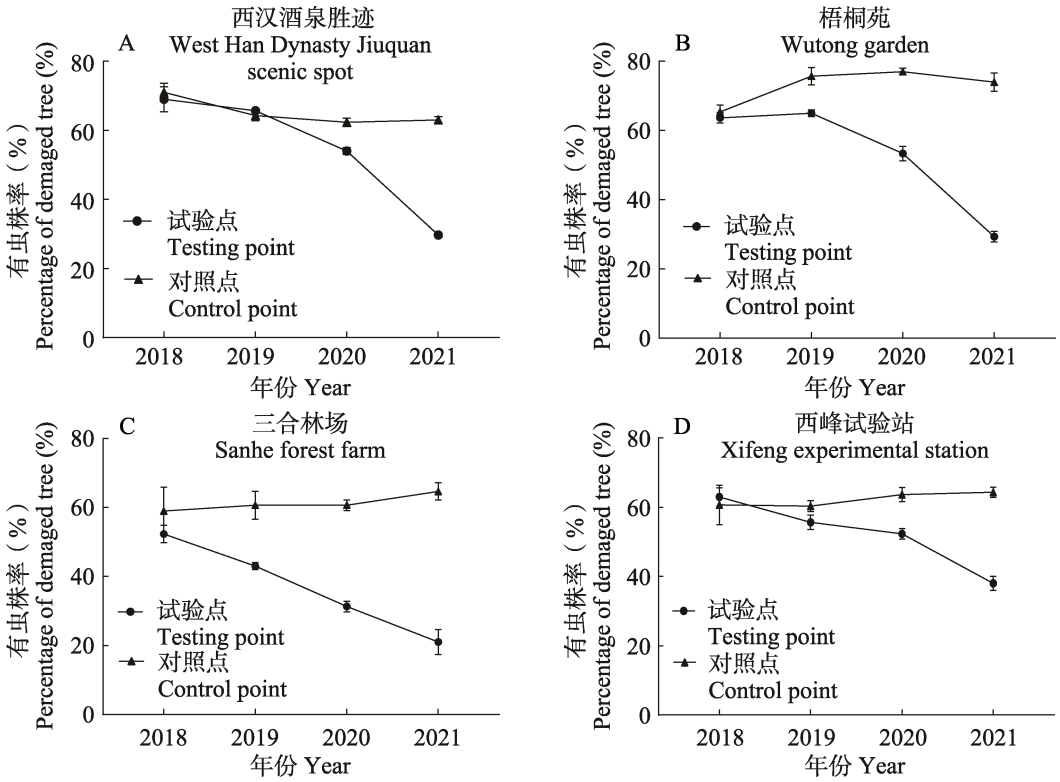

图 1　不同招引样地（A-D）与对照样地的有虫株率对比

Fig. 1　Comparison of percentage of damaged tree in different attracting plots (A-D) and the corresponding plots

有大幅度下降，其中西汉酒泉胜迹样地有虫株率降幅最大，为 39.3%；梧桐苑次之，为 34.4%；三合林场第三，为 31.3%；西峰试验站降幅最小，为 25%。这说明大斑啄木鸟能够有效地减少样地内有虫株数，对光肩星天牛为害的树木起到明显保护作用。

对 2018-2021 年间各样地每年的有虫株率进行多重比较，2018 年 4 个样地对照组有虫株率间差异不显著（F=3.792，P=0.058>0.05）（图 2：A）。试验组有虫株率差异显著（F=20.403，P=0.000< 0.01），西汉酒泉胜迹有虫株率显著高于其他 3 个样地，梧桐苑有虫株率显著低于西汉酒泉胜迹，高于三合林场和西峰试验站，三合林场、西峰试验站之间有虫株率无显著差异，但这 2 个样地有虫株率显著低于其他 2 个样地（图 2：A）；2019 年 4 个样地对照组有虫株率间差异显著（F=22.051，P=0.000<0.01），其中三合林场对照组有虫株率显著低于其他 3 个样地，其他 3 个样地之间有虫株率差异不显著（图 2：B）。试验组间有虫株率差异显著（F=201.867，P=0.000<0.01），试验组西汉酒泉胜迹有虫株率显著高于梧桐苑和西峰试验站，和三合林场差异

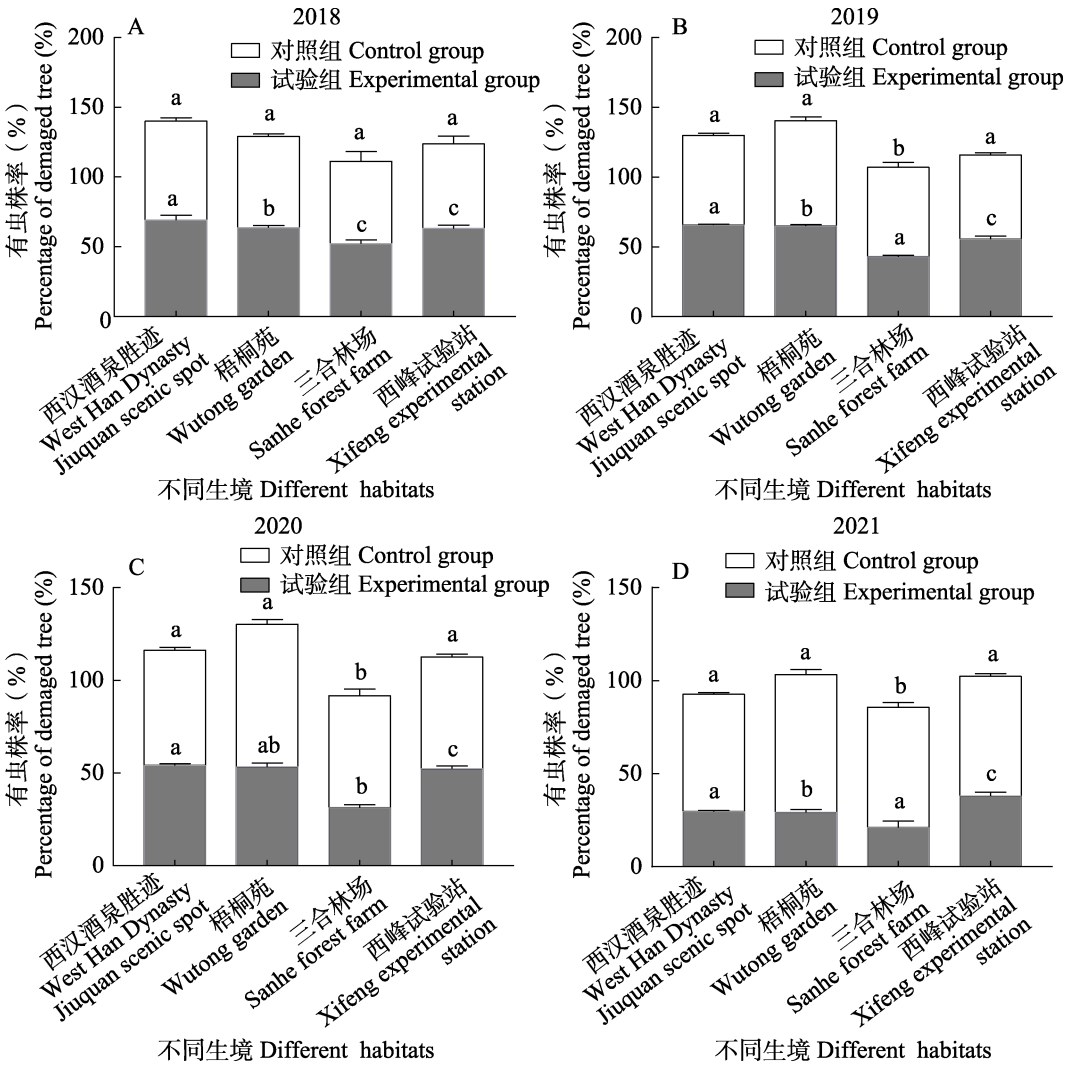

图 2 各年份不同生境下招引样地（A-D）与对照样地的有虫株率

Fig. 2 Comparison of percentage of damaged tree in different experimental group (A-D) **and the control group in different habitats during four years**

数据为平均值 ± 标准误，柱上标有不同小写字母表示具有显著差异（P< 0.05，Tukey 检验.）。图 3，图 4 同。

Data are the mean ± SE, and histograms with different lowercases letters indicate significant differences (P< 0.05, Tukey test for multiple comparisons). The same as Fig. 3 and Fig. 4.

不显著，梧桐苑的有虫株率和其他 3 个样地之间存在显著差异，西峰试验站和其他 3 个样地之间存在显著差异（图 2：B）；2020 年 4 个样地对照组有虫株率间差异显著（F=111.238, P=0.000<0.01)，西峰试验站和其他 3 个样地之间对照组的有虫株率存在显著差异（图 2：C），试验组有虫株率间存在显著差异（F=144.3, P=0.000<0.01），西汉酒泉胜迹和梧桐苑之间有虫株率差异不显著，和三合林场、西峰试验站之间存在显著差异，梧桐苑和西峰试验站的有虫株率差异不显著，和另外 2 个样地差异显著，三合林场和梧桐苑的有虫株率差异不显著，和其他 2 个样地存在显著差异，西峰试验站的有虫株率和其他 3 个样地之间均存在显著差异（图 2：C）；2021 年 4 个样地对照组有虫株率间差异显著（F=18.373，P=0.001<0.01），其中三合林场对照组有虫株率和其他 3 个样地之间差异显著，其他 3 个样地之间有虫株率差异不显著(图 2：D)，试验组有虫株率间差异显著（F=29.407，P=0.000< 0.01），试验组西汉酒泉胜迹有虫株率显著高于梧桐苑和西峰试验站，和三合林场差异不显著，梧桐苑的有虫株率和其他 3 个样地之间存在显著差异，西峰试验站的有虫株率和其他 3 个样地之间存在显著差异（图 2：D）。综上所述，2018-2021 年各年份，每个样地的有虫株率均存在显著差异（图 2：A-D）。

2.2　大斑啄木鸟对光肩星天牛虫口减退率的影响

在不同生境下，4 块试验样地的光肩星天牛校正虫口减退率呈逐年上升趋势（图 3），方差齐性检验结果表明，2018 年(F=5.547，P=0.024）和 2019 年（F=7.786，P=0.009）4 个样地虫口减退率之间存在显著差异，而 2021 年与 2020 年样地虫口减退率之间没有显著差异（F=0.499，P=0.693）。其中三合林场试验点校正虫口减退率增幅最大，从 2018 年的 4.35%上升到 2021 年的 14.31%，其余 3 个样地校正虫口减退率均有不同程度的增长，从高到低分别为西峰试验站（由 2018 年的 6.93%上升到 2021 年的 13.85 %）、西汉酒泉胜迹（由 2018 年的 7.01%到 2021 年的 12.77%）和梧桐苑（由 2018 年 7.51%的上升到 2021 年的 13.14%）（图 3）。4 个样地 2021 年校正虫口减退率差异不显著(F=0.339，P=0.798）（图 4）。表明这 4 块样地的光肩星天牛校正虫口减退率均呈现出先增加，后趋于稳定的状态，虫口密度持续下降，这说明大斑啄木鸟对 4 块试验样地的光肩星天牛均具有稳定、持久的控制作用。

2.3　不同生境下大斑啄木鸟单位面积出现次数调查

在 2018-2021 年间，4 块样地大斑啄木鸟的单位面积出现次数均呈上升趋势（图 5：A-D），西汉酒泉胜迹和梧桐苑不同年份单位面积出现啄木鸟次数存在显著差异（西汉酒泉胜迹：F=25.076，P<0.05；梧桐苑：F=3.078，P=0.037）；

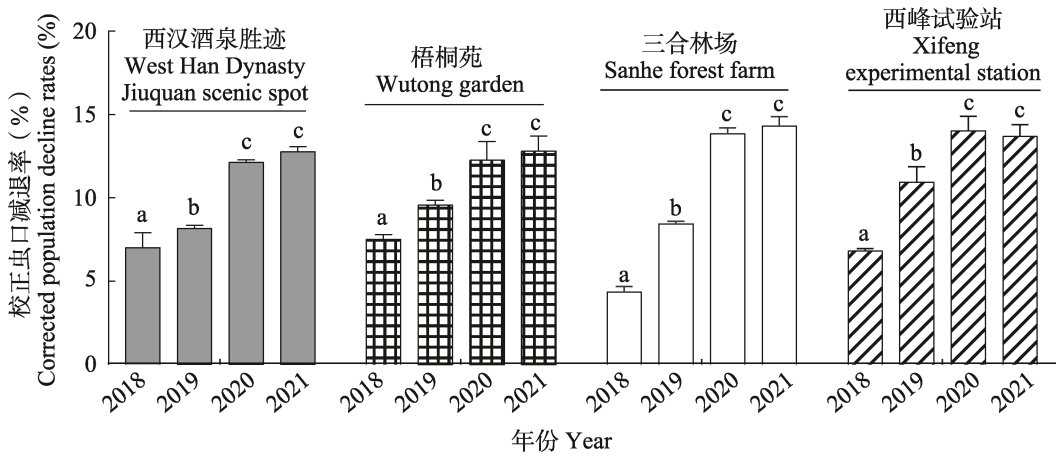

图 3　不同生境下招引大斑啄木鸟后光肩星天牛校正虫口减退率

Fig. 3　Changes of the corrected population decline rates in different habitats after large spotted woodpeckers were introduced

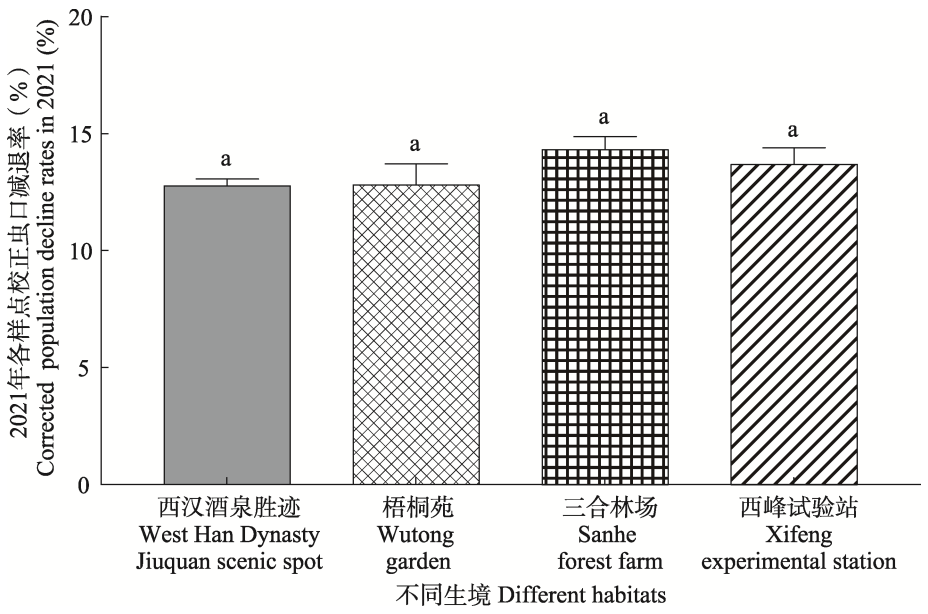

图 4　2021 年不同生境下招引大斑啄木鸟后光肩星天牛校正虫口减退率

Fig. 4　Comparison of corrected population decline rates of *Anoplophora glabripennis* after great spotted woodpecker in different habitats in 2021

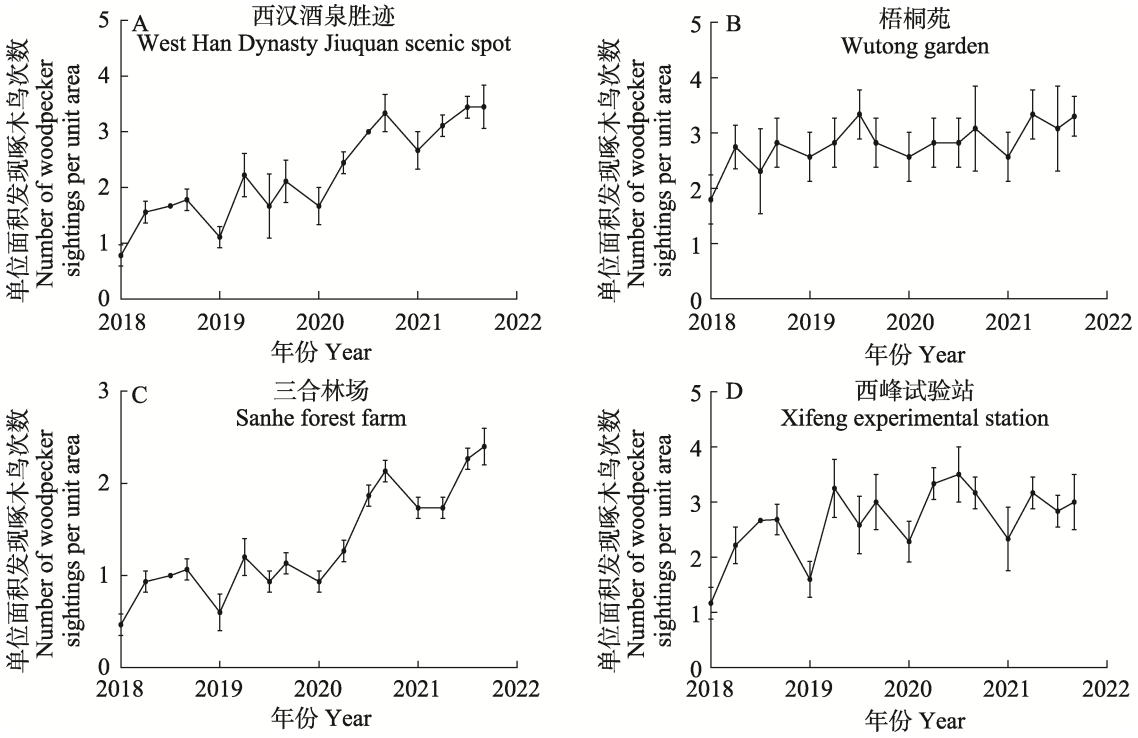

图 5　不同生境下大斑啄木鸟单位面积出现次数

Fig. 5　Occurrence frequency of woodpeckers per unit area of woodpecker in different habitats

西峰试验站单位面积发现啄木鸟次数虽然有上升，但差异不显著（F=0.703，P=0.555>0.05）；对三合林场各年份单位面积发现啄木鸟次数进行 U 检验，结果表明，2018 年与 2019 年单位面积啄木鸟发现次数差异不显著（U=18.5，P=0.41），2019 年与 2020 年单位面积啄木鸟发现次数差异显著（U=18.5，P=0.007），2020 年与 2021 年单位面积啄木鸟发现次数差异显著

（U=35.0，P=0.033）。西汉酒泉胜迹和三合林场大斑啄木鸟单位面积出现次数增长较快，分别由 2018 年的 1.45 次和 0.87 次，增长为 2021 年的 3.17 次和 2.03 次；梧桐苑和西峰试验站大斑啄木鸟单位面积出现次数增长较为缓慢，分别由 2018 年的 2.42 次和 1.79 次，增长至 2021 年的 2.80 次和 2.09 次。相比较而言，每年 4 月调查到的大斑啄木鸟出现次数均有下降，7 月份明显上升，10-12 月较为稳定。截至 2021 年 12 月，西汉酒泉胜迹招引到的啄木鸟单位面积出现最高次数为 3.56 次（2021 年 12 月），西峰试验站次之，为 3.5 次（2021 年 10 月），第三是梧桐苑，为 3.34 次（2021 年 7 月），三合林场最低，为 2.4 次（2021 年 12 月）。

2.4　不同生境下大斑啄木鸟啄痕数量调查

在 2018-2021 年 4 年间，不同试验样地大斑啄木鸟啄痕均有所增加（图 6），相比而言，三合林场的啄痕年增长量（由 2018 年的 30 个增长为 2021 年的 189 个）高于西汉酒泉胜迹（由 2018 年的 12 个增长为 2021 年的 72 个）、梧桐苑（由 2018 年的 2 个增长为 2021 年的 25 个）和西峰试验站（由 2018 年的 3 个增长为 2021 年的 29 个）（图 6：A）。西汉酒泉胜迹啄木鸟啄痕数年增长率呈逐年增加趋势（2018-2021 年分别为 0、33.33%、47.05%、52.78%）；其余 3 个样地大斑啄木鸟的啄痕数量年增长率均在 2019 年最高（梧桐苑 71.42%、三合林场 61.54%，西峰试验站 66.67%），2020 年和 2021 年的增长率相比 2019 年有所下降（图 6：B）。

2.5　相关性分析

对 4 个样地的有虫株率、单位面积发现啄木鸟次数和校正虫口减退率进行 Pearson 相关性分析（表 2），结果表明：西汉酒泉胜迹、梧桐苑、西峰试验站单位面积啄木鸟发现次数与有虫株

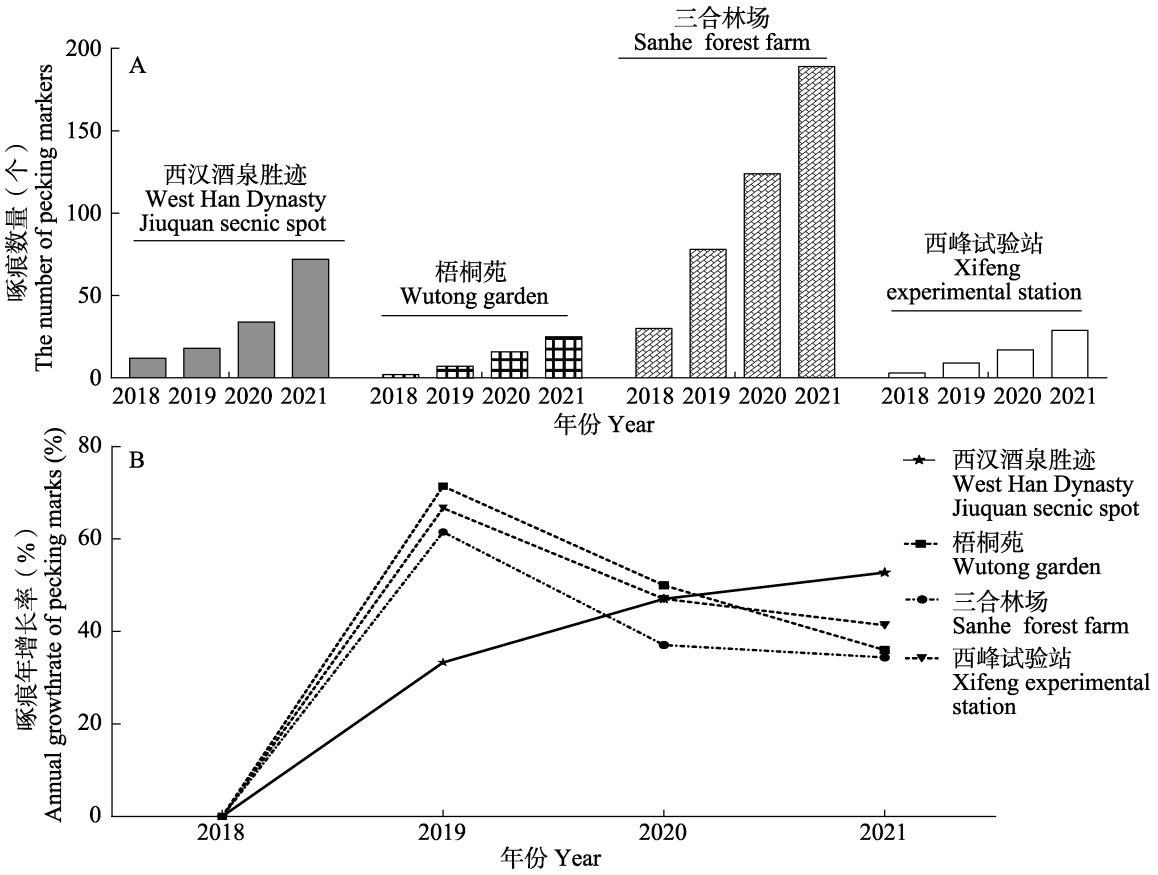

图 6　大斑啄木鸟在不同生境下啄痕数量（A）及啄痕年增长率变化（B）

Fig. 6　The number (A) and annual growth rate (B) of pecking marks of woodpecker in different habitats

表 2　各样地有虫株率、单位面积大斑啄木鸟发现次数及校正虫口减退率相关性分析

Table 2　Correlation analysis of plant rate, number of sightings per unit area and corrected population decline rate of various spot insects

相关系数（*R*）Correlation coefficient (*R*)	西汉酒泉胜迹 West Han Dynasty Jiuquan scenic spot			三合林场 Sanhe forest farm			梧桐苑 Wutong garden			西峰试验站 Xifeng experimental station		
	有虫株率 Percentage of damaged tree	单位面积啄木鸟发现次数 Occurrence frequency of woodpeckers per unit area	校正虫口减退率 Corrected population decline rates	有虫株率 Percentage of damaged tree	单位面积啄木鸟发现次数 Occurrence frequency of woodpeckers per unit area	校正虫口减退率 Corrected population decline rates	有虫株率 Percentage of damaged tree	单位面积啄木鸟发现次数 Occurrence frequency of woodpeckers per unit area	校正虫口减退率 Corrected population decline rates	有虫株率 Percentage of damaged tree	单位面积啄木鸟发现次数 Occurrence frequency of woodpeckers per unit area	校正虫口减退率 Corrected population decline rates
有虫株率 Percentage of damaged tree	1	- 0.999**	- 0.882	1	- 0.947	- 0.776	1	- 0.997**	- 0.952*	1	- 0.982*	- 0.737
单位面积啄木鸟发现次数 Occurrence frequency of woodpeckers per unit area	- 0.999**	1	0.867	- 0.947	1	0.936	- 0.997**	1	0.951	- 0.982*	1	0.845
校正虫口减退率 Corrected population decline rates	- 0.882	0.867	1	- 0.776	0.936	1	- 0.952*	0.951	1	- 0.737	0.845	1

*表示差异显著（$P<0.05$），**表示差异极显著（$P<0.01$）。* indicates significant differences ($P<0.05$), ** indicates extremely significant differences ($P<0.01$).

率的呈显著负相关（$P<0.05$），其中西汉酒泉胜迹和梧桐苑呈极显著相关性（$P<0.01$）；三合林场有虫株率、单位面积发现啄木鸟次数与校正虫口减退率三者之间的相关性不显著（$R=-0.947$，$P=0.053$）；梧桐苑单位面积发现啄木鸟次数与校正虫口减退率呈显著正相关（$R=0.952$，$P=0.048$）。

3　结论与讨论

本研究进一步证实了人工引进大斑啄木鸟能有效控制光肩星天牛。4 种生境下人工引进的大斑啄木鸟控制光肩星天牛的效果有所不同，不同生境下天牛幼虫数量、枯立木数量、人工鸟巢或斑块面积大小可能是影响大斑啄木鸟控制天牛效果的主要因素（胡加付，2008）。在河西走廊光肩星天牛发生区域可营造适宜啄木鸟生存的生境，人工招引并保护大斑啄木鸟，进而控制光肩星天牛等蛀干类害虫。

天牛的危害常在林间造成较多的心腐木与枯立木，而这一条件恰能满足大斑啄木鸟的营巢定居需求（Bütler and Schlaepfer，2004）。且在光肩星天牛虫口密度较大的情况下，也可为大斑啄木鸟提供较丰富的食物来源。因此，大斑啄木鸟在天牛危害较重地区的频繁活动（出现次数和啄痕的逐年增多），可能印证了益鸟对天牛的控制作用。为明确大斑啄木鸟有效控制光肩星天牛的原因，本研究对不同生境条件下的大斑啄木鸟出现次数、啄痕数量及光肩星天牛虫口数量进行持续监测，结果发现，不同生境下光肩星天牛虫口数量的连续下降与大斑啄木鸟单位面积中的活动痕迹增加（发现次数和啄痕数量）呈正相关趋势，而 4 种生境类型的样地均可为大斑啄木鸟生存繁衍提供适宜条件。4 块样地内大斑啄木鸟单位面积出现次数年内出现波动，每年 4 月下降，推测与大斑啄木鸟迁徙求偶有关。而 7 月份出现次数明显上升，推测与雏鸟出窝活动有关，与大斑啄木鸟 4-6 月产卵孵化的特性一致。西汉酒泉胜迹的啄木鸟单位面积发现的最高次数出现于 2021 年 12 月，后趋于稳定。我们推测，这一现象的出现可能与该试验地的环境因素有关（水源充足稳定、树种组成丰富、天牛幼虫等食物资源充裕）。三合林场大斑啄木鸟啄痕年增长量高于其他 3 处试验地，且 2021 年 12 月单位面积发现次数明显高于梧桐苑和西汉酒泉胜迹，或因三合林场为纯杨树过熟片林，斑块面积相对较大，且枯立木较多、光肩星天牛虫口密度大、远离人为干扰，进而为大斑啄木鸟的取食提供了便利（胡加付，2008）。因此推测，不同生境中天牛幼虫数量、枯立木数量及人工鸟巢、斑块面积大小等因素可能是影响大斑啄木鸟控制天牛效果的主要因素，而人为干扰等因素对啄木鸟的影响不明显。

通过虫口减退率和有虫株率可定量地描述大斑啄木鸟对光肩星天牛的防效（李刚和张剑英，2000；杨奋勇等，2006）。在 4 种不同生境条件下，对照样地虫口减退率均呈现出一定趋势的负增长，有虫株率逐年增加，这表明在无大斑啄木鸟控制的自然条件下光肩星天牛虫口密度逐年增加；而在试验观察期间，样地内的光肩星天牛虫口减退率均呈现正增长趋势，试验样地有虫株率明显下降，表明 4 种生境条件下招引保护大斑啄木鸟控制光肩星天牛效果明显。样地内单位面积啄木鸟出现次数与试验样地校正虫口减退率变化呈正相关，而与试验样地有虫株率的变化呈负相关，进一步说明大斑啄木鸟可以控制光肩星天牛虫口密度，且控制效果持久稳定，符合生态文明建设和绿色发展的要求。而到一定时期（2021 年）随着啄木鸟出现次数的增加和光肩星天牛虫口密度的下降，啄痕增长率降低，虫口减退率增长亦趋缓。这说明虫鸟相互作用趋于平衡，且啄木鸟控制光肩星天牛存在长期性和慢效性（朱元龙，2002）。本研究表明，酒泉市不同生境引进的大斑啄木鸟对光肩星天牛均有一定控制作用，控制效果持久稳定。但本文对大斑啄木鸟与光肩星天牛种群动态研究时间较短，应进一步研究大斑啄木鸟和光肩星天牛种群间的长期动态变化。

参考文献 (References)

Büetler, R, Schlaepfer R, 2004. Dead wood in managed forests: How much is enough? *Schweizerische Zeitschriftfür Forstwesen*,

155 (2): 31–37.

Chen SX, Xie YZ, Deng GF, 1959. Chinese Economic Entomology. Book 1. Coleoptera Cerambycidae. Beijing: Science Press. 76. [陈世骧, 谢蕴贞, 邓国藩, 1959. 中国经济昆虫志. 第一册. 鞘翅目天牛科. 北京: 科学出版社. 76.]

Gao RT, Li GH, 2001. Review and prospect of research on *Anoplophora glabripennis* in China. *Entomological Knowledge*, 38(4): 252–257. [高瑞桐, 李国宏, 2001. 我国光肩星天牛研究回顾及发展趋势. 昆虫知识, 38(4): 252–257.]

Gao RT, Lu YN, Liu CY, 1994. Predation of woodpecker on some pests in poplar plantation. *Forest Research*, 10(5): 585–588. [高瑞桐, 卢永农, 刘传银, 1994. 啄木鸟在杨树人工林内对几种昆虫捕食作用的研究. 林业科学研究, 10(5): 585–588.]

Hu JF, 2008. Biological control of Asian longhorned beetle with great spotted woodpecker in groforestry system. Doctor dissertation. Beijing: Beijing Forestry University. [胡加付, 2008. 农田林网中大斑啄木鸟对光肩星天牛控制作用的研究. 博士学位论文. 北京: 北京林业大学.]

Huang JF, Luo YQ, Zhou ZY, 1992. New progress in *Anoplophora glabripennis*(Motsch) study in China. *Shaanxi Forest Science and Technology*, 1992(2): 57–62. [黄竞芳, 骆有庆, 周章义, 1992. 中国光肩星天牛研究的新进展. 陕西林业科技, 1992 (2): 57–62.]

Li G, Zhang JY, 2000. Primary study on controlling *Anoplophora glabripennis* Motsch with woodpecker. *Inner Mongolia Forestry Investigation and Design*, 23(4): 3.. [李刚, 张剑英, 2000. 关于啄木鸟控制光肩星天牛的初步探讨研究. 内蒙古林业调查设计, 23(4): 3.]

Luo YQ, Liu ZB, 1993. Preliminary studies on the growth-loss of young poplar stands caused by *Anoplophora glabripennis* Motsch. *Journal of Beijing Forestry University*, 15(3): 75–87. [骆有庆, 刘志柏, 1993. 光肩星天牛对小美旱杨幼林生长量危害损失的初步研究. 北京林业大学学报, 15(3): 75–87.]

Wan T, 2010. Conserving *Picoides major* with artificial nests for controlling *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae). Doctor dissertation. Beijing: Beijing Forestry University. [万涛, 2010. 招引保护大斑啄木鸟自然控制光肩星天牛研究. 博士学位论文. 北京: 北京林业大学.]

Wang ZG, Su Z, Liu MH, Zhao YM, Zhang G, Cui ZR, Dan HL, Chen XM, 2018. Comparision of the resistant characteristics of *Populus alba* var. *pyramidalis* and *Populus deltoides* cl.Beikang to damages against *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae). *Scientia Silvae Sinicae*, 54(9): 89–96. [王志刚, 苏智, 刘明虎, 赵英铭, 张格, 崔振荣, 淡慧丽, 陈星明, 2018. 新疆杨与北抗杨抗光肩星天牛特性的比较. 林业科学, 54(9): 89–96]

Wei XH, Zhou AH, Wang L, Ma SP, 2022. Effect of artificial introduction of woodpecker on prevention and control of *Anoplophora nobilis* in Jiuquan city. *Forest Science and Technology*, 2022(2): 94–95. [魏秀红, 周爱华, 王龙, 马寿鹏, 2022. 酒泉市人工引进啄木鸟防控黄斑星天牛效果. 林业科技通讯, 2022(2): 94–95.]

Xiao GR, 1992. Chinese Forest Insects. (2nd edition) (Updated version). Beijing: China Forestry Publishing House.455–459. [萧刚柔, 1992. 中国森林昆虫(2 版)(增订本). 北京: 中国林业出版社. 455–459.]

Xu SW, Jiang Y, Zhang YN, 2019. Effect survey of releasing dastarcus helophoroides to prevent *Anoplophora glabripennis* from Damaging *P. gansuensis* in Gansu. *Journal of Beijing Vocational College of Agricullure*, 33(4):5. [许士文, 姜嫄, 张翌楠, 2019. 花绒寄甲防治甘肃省二白杨光肩星天牛试验研究. 北京农业职业学院学报, 33(4): 5.]

Yang FY, Su M, Hao YF, Qi Z, Xu SL, Liu XF, 2006. Bionomics of *Dendrocopos Major* and the application of the bird in the control of *Anoplophora glabripennis*. *Forest Pest and Disease*, 25(3): 31–32. [杨奋勇, 苏梅, 郝永峰, 奇志, 许胜利, 刘秀峰, 2006. 大斑啄木鸟生物学特性及控制光肩星天牛危害初探. 中国森林病虫, 25(3): 31–32.]

Yang M, Wu QM, Qi R, Kong WY, 2008. Influence of human interference on bird community sturcture in zhalong wetland in spring. *Chinese Journal of Wildlife*, 29(3): 3. [杨敏, 吴庆明, 齐锐, 孔维尧, 2008. 春季人为干扰活动对扎龙湿地鸟类群落结构影响的初步研究. 野生动物, 29(3): 3.]

Zhang ZX, 1992. Control of poplar stem borers with woodpeckers. *Forest Pest and Disease*,1992(4): 33. [张仲信, 1992. 利用啄木鸟防治杨树蛀干害虫. 中国森林病虫, 1992(4): 33.]

Zheng LY, Wen JB, Xu ZC, Luo YQ, 2011. Primary study on the attraction of *Picoides major* in Wulat front banner, Inner Mongolia. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 39(13): 7811–7813. [郑丽颖, 温俊宝, 许志春, 骆有庆, 2011. 内蒙古乌拉特前旗招引大斑啄木鸟研究. 安徽农业科学, 39(13): 7811–7813.]

Zhu YL, 2002. A forestry investigation on the natural control of *Anoplophora nobilis* Ganglbauer by woodpecker. *Journal of Northwest Forestry College*, 17(3): 72–74. [朱元龙, 2002. 啄木鸟对黄斑星天牛自然控制作用的林间调查. 西北林学院学报, 17(3): 72–74.]

Zou JH, Liu YN, 2021. Investigation and evaluation of woodpecker's proposed land diversion. *Practical Forestry Technology*, 2021(9): 52–55. [邹佳辉, 刘艳楠, 2021. 啄木鸟拟调引地调查评估分析. 林业科技通讯, 2021 (9): 52–55.]

Zou JH, Wei XH, 2021. Adaptability survey of artificially introduced woodpecker in Jiuquan city. *Protection Forest Science and Technology*, 2021(5): 3. [邹佳辉, 魏秀红, 2021. 酒泉市人工引进啄木鸟适应性调查. 防护林科技, 2021(5): 3.]