



张婷, 唐光辉, 贺虹, 等. 黄帝陵古柏林地表昆虫多样性研究 [J]. 环境昆虫学报, 2017, 39 (1): 160 - 166.

黄帝陵古柏林地表昆虫多样性研究

张婷¹, 唐光辉¹, 贺虹^{1*}, 李小军², 刘伟²

(1. 西北农林科技大学林学院, 陕西杨凌 712100; 2. 陕西省黄帝陵管理局, 陕西黄陵 727300)

摘要: 通过巴氏罐诱集法对黄帝陵 4 个不同类型侧柏林地及 1 个对照样地进行了地表昆虫多样性研究, 从 5 个样地共采集到地表昆虫 1816 头, 隶属 7 目 29 科, 以鞘翅目 (占 59.65%) 和膜翅目 (占 26.1%) 昆虫数量最多, 其中步甲科 (占 33.75%)、蚁科 (占 25.98%)、金龟科 (占 14.88%) 是优势类群。在科级水平上, 物种数和 Shannon-Wiener 多样指数由高到低的顺序均依次为样地 V (梨园村古柏林) > 样地 I (侧柏幼树林) > 样地 III (侧柏中龄林) > 样地 II (侧柏古树林) > 样地 IV (古柏-油松混交林)。样地间的植被覆盖率、坡向、人为管理措施等是影响该地域地表昆虫多样性的主要因素。

关键词: 地表昆虫; 昆虫多样性; 古柏林地; 黄帝陵

中图分类号: Q968.1; S433

文献标志码: A

文章编号: 1674-0858 (2017) 01-0160-07

Diversity of litter-layer insect of *Platycladus orientalis* forest in Huangdi Mausoleum

ZHANG Ting¹, TANG Guang-Hui¹, HE Hong^{1*}, LI Xiao-Jun², LIU Wei² (1. College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling 712100, Shaanxi Province, China; 2. Huangling Administration, Huangling 727300, Shaanxi Province, China)

Abstract: Litter-layer insect communities in 4 different kinds of *Platycladus orientalis* forest in Huangdi Mausoleum and one control sampling area were investigated by means of pitfall traps. 1816 specimens were collected in five sampling areas, which belonged to 7 orders and 29 families. In these specimens, Coleoptera (accounting for 59.65%) and Hymenoptera (accounting for 26.1%) were the most abundant groups. Carabidae (accounting for 33.75%), Formicidae (accounting for 25.98%) and Scarabaeidae (accounting for 14.88%) were dominant groups. On family level, the species richness and Shannon-Wiener index were the highest in sampling area V (old cypress forest in Liyuan village), followed by sampling area I (young cypress forest), sampling area III (middle age cypress forest), sampling area II (old cypress forest) and sampling area IV (mixed old cypress and Chinese-pine forest). Insect diversity level is closely related to the factors such as vegetation coverage, slope aspect and management measures, etc.

Key words: Litter-layer insect; insect biodiversity; ancient *Platycladus orientalis* forest; Huangdi Mausoleum

基金项目: 林业公益性行业科研专项 (201404302-4); 杨凌示范区农业科技创新项目 (2015NY-32)

作者简介: 张婷, 女, 1991 年生, 陕西人, 硕士, 研究方向为森林昆虫学, E-mail: 18700809458@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: hehong@nwsuaf.edu.cn

收稿日期 Received: 2016-01-27; 接受日期 Accepted: 2016-03-17

黄帝陵位于陕西省延安市黄陵县桥山,是中华民族始祖黄帝轩辕氏陵墓的所在地,也是全世界炎黄子孙每年清明节公祭华夏始祖的中心。

侧柏 *Platycladus orientalis* 是黄帝陵景区主要的树种,最为著名的轩辕手植柏至今已有五千年的树龄。此外,景区内还有 8 万多棵古柏,其中上千年的古柏就有 3 万多株,形成我国覆盖面积最大、保存最为完整的古柏林,是黄帝陵最有价值的自然景观与历史遗存。基于黄帝陵古柏承载的特殊人文历史自然景观,古柏林的保护成为非常重要的历史责任。长期以来,许多学者围绕黄帝陵古柏林开展了相关研究,包括濒危古柏保护和复壮技术(王勋陵等,2004;杨玲等,2014);古柏病虫害的发生及防治(刘铭汤和施德祥,1995;李小军等,2012);鸟类调查(梁刚和方荣盛,1997);人为扰动对黄帝陵侧柏生理生态学特性的影响(李方民和王勋陵,2003),以及古柏林的健康评价和林下天然更新(杨玲等,2014,2015)等。但是,随着旅游业的发展,古柏生境遭到严重的人为干扰,加上植被单一,生境碎片化严重,从而造成古柏树势衰弱、病虫害频发。

昆虫是地球上种类和数量最多的动物类群,昆虫多样性作为生态系统多样性的重要组成部分,是现代生态学和环境科学等领域研究的热点之一。昆虫已成为重要的生物指示物种用于生态恢复和环境监测,尤其地表昆虫的种类组成和多样性水平与生境土壤理化性质、地表植被和林木健康生长状况等关系密切(Komonen *et al.*, 2015)。因此,为了黄帝陵古柏林生境的健康评估和物种多样性保护,从生态系统角度加强古柏生境建设,提高古柏自身的病虫害抵御能力,本研究主要对黄帝陵四种不同类型的侧柏林地表昆虫的组成和多样性水平进行了调查研究,旨在为加强黄帝陵生物多样性和古柏生境保护提供基础信息。

1 研究区域和研究方法

1.1 研究区域概况

黄帝陵位于陕西省延安市黄陵县城西北的桥山上,处于北纬 35°35′、东经 109°15′。该地属暖温带半湿润气候类型,年平均气温 9.4℃,年平均降水量 630 mm,海拔 800–980 m。

1.2 样地设置和取样方法

1.2.1 样地设置

在黄帝陵景区内根据地形和林分类型共设置

4 个样地,分别为:样地 I 为侧柏幼树林,样地 II 为侧柏古树林,样地 III 为侧柏中龄林,样地 IV 为古柏-油松混交林。此外,在距离黄帝陵最近的梨园村古柏林内设置样地 V 作为对照,该地距离黄帝陵 15 km,比较偏僻,人为干扰少,与黄帝陵频繁的人为管理形成对比,因此选择该地作为研究黄帝陵景区内地表昆虫多样性的对照。各样地生境特征见表 1。

样地 I 是位于黄帝陵景区山脚的侧柏幼树林,海拔 852 m,侧柏林位于阳坡但坡度较小。地表植被覆盖率 80%,主要植被有:野棉花 *Anemone vitifolia*、老鹤草 *Geraniumwil fordii maxim*、酸模 *Rumex acetosa*、大车前 *Plantago major*、小车前 *Plantago minuta*、苍草 *Achillea sibirica*、白蒿 *Herba artimisiae Sieversiana*、狗尾草 *Setairaviridis beauw*、透骨草 *Phryma leptostachya*、赤雹 *Thladiantha dubia*、蓼科植物 *Polygonaceae*、多年生蒿类 *Artemisia*、菊科 *Asteraceae* 等。

样地 II 是位于黄帝陵景区山腰位置的古侧柏林,海拔 919 m,古柏林位于阴坡且坡度较大,约 40°左右。地表植被较稀疏,植被覆盖率约 40%,主要植被有:蛇莓 *Duchesnea indica Fock*、葎草 *Humulus japonicus*、狗尾草、透骨草、苦苣菜 *Sonchus oleraceus*、蒲公英 *Herba taraxac* 等。

样地 III 是位于黄帝陵景区山腰位置的侧柏中龄林,海拔 911 m,侧柏林位于阴坡,坡度约 27°。由于样地位于侧柏林的低洼处,距离人行道路较远,因此植被较为茂盛,植被覆盖率约 95%,主要有:野棉花、老鹤草、酸模、早熟禾 *Poa annua*、蛇莓、蒲公英、葎草、拉拉藤 *Galium aparine*、野豌豆 *Vicia sepium*、蟹甲草 *Parasenecio forrestii*、苍草、白蒿、狗尾草、透骨草、赤雹、多年生蒿类、菊科等。

样地 IV 是位于黄帝陵景区山上的古柏-油松混交林,处于黄帝陵景区海拔最高位置,海拔 981 m,位于阴坡但坡度较小,约为 16°。地表草本植被稀疏,覆盖率约 55%,主要植被有:野棉花、老鹤草、水芹菜 *Oenanthe javanica*、赤雹、菊科、大车前、蛇莓等。

样地 V 是位于距离黄帝陵 15 km 的梨园村古柏林,海拔 883 m,位于阳面地势较平坦。由于人为干扰较少,所以地表植被茂盛,覆盖率约 90%。地表植被与黄帝陵基本一致,主要为灌木和草本植物,包括:蔷薇科 *Rosaceae*、狗尾草、野棉花、

早熟禾、多年生蒿类、菊科等。各样地特征见表 1。

1.2.2 取样方法

主要采用巴氏罐诱捕法 (Barratt *et al.*, 2015), 在直径 7.5 cm、高 9 cm、体积 450 mL 的一次性塑料水杯中加入糖醋引诱液 60 mL, 将杯子埋入地下, 杯口与地表齐平, 诱液的质量比为糖:醋:酒精:水 = 1:2:2:20。为了防止雨水溢满

造成标本流失, 在杯口 2 cm 处打孔若干。每样地设 3 个 10 m × 10 m 样方, 每样方设 9 个陷阱 (3 × 3 排列), 各样地均间隔 500 m 以上。于 2015 年 7 月中旬设置诱捕器, 每间隔 15 d 进行一次收集, 分别于 7 月末和 8 月中收集昆虫两次, 捕获昆虫用尼龙网过滤后用 75% 酒精杀死固定, 带回实验室进行数量统计和分类鉴定。

表 1 研究样地生境特征

Table 1 Habitat feature of sampling areas

样地 Sampling areas	海拔高度 (m) Altitude	坡向 Aspect	坡度 (°) Slope	地表植被覆盖率 (%) Vegetation coverage
I 侧柏幼树林	852	阳坡	平坦无坡度	80
II 侧柏古树林	919	阴坡	40°	40
III 侧柏中龄林	911	阳坡	27°	95
IV 古柏 - 油松混交林	981	阴坡	16°	55
V 侧柏古树林 (梨园村)	883	阳坡	15°	90

1.3 数据分析

多样性分析主要采用物种数 (S)、Shannon-Wiener 多样性指数 (H')、Pielou 均匀度指数 (J) 和 Simpson 优势度指数 (C) 进行分析, 采用 Jaccard 相似性系数 (q) 分析各样地物种相似性。

(1) 物种数 (S): 以物种数来反映样地中的物种丰富度;

(2) Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 评价群落的物种多样性;

$$H' = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

(3) Pielou 均匀度指数 (J);

$$J = H' / \ln S$$

(4) Simpson 优势度指数 (C);

$$C = \sum_{i=1}^n p_i^2$$

以上各式中, p_i 是群落中第 i 个物种的个体数量占群落中总个体数的比例; S 为观察到物种数。

(5) Jaccard 相似性系数 (q); $q = c / (a + b - c)$

其中, c 为两个群落共有的类群数, a 和 b 分别为群落 A 和群落 B 的类群数。根据相似性系数原理, 判断相似性程度。当 q 为 0 - 0.25 时, 为极不相似; 当 q 为 0.25 - 0.5 时, 为中等不相似; q 为 0.5 - 0.75 时, 为中等相似; q 大于 0.75 时, 为极相似。

2 结果与分析

2.1 各样地昆虫类群及数量分布

本研究共捕获到昆虫标本 1816 头, 分别隶属于 7 目 29 科 (表 2)。鞘翅目和膜翅目的数量最多, 是古柏林地表昆虫的主要组成部分, 分别占总个体数的 59.65% 和 26.1%。鞘翅目昆虫包括 10 科, 其中步甲科和金龟科的数量最多, 分别占总个体数的 33.75% 和 14.88%; 其次为葬甲科、叩头甲科、象甲科和虎甲科分别占总个体数的 3.01%、2.47%、2.05% 和 1.72%。膜翅目昆虫包括 3 个科, 蚊科为优势类群, 占总个体数的 25.98%。双翅目昆虫占总个体数的 6.39%, 包括 5 个科, 其中麻蝇科和实蝇科数量较多, 各占总个体数的 1.87% 和 3.03%。直翅目昆虫占 4.89%, 其中螞蟓科数量较多, 占总个体数的 4.4%。其它昆虫类群的数量较少, 占总个体数的比例均低于 1%。

从各个样地捕获的昆虫数量看, 5 个样地中捕获的昆虫数量相差较大, 其中样地 V (梨园村) 的昆虫数量远远高于黄帝陵景区内的 4 个样地。但是在黄帝陵景区内的 4 个样地中捕获的数量不存在显著性差异 ($P > 0.05$), 其中样地 I 和样地

表 2 不同样地地表昆虫的组成和个体数

Table 2 Composition and individual numbers of litter-layer insects in different sampling areas

昆虫类群 Insect groups	样地个体数 Individual numbers in sampling areas						频度 (%) Frequency	总频度 (%) Total frequency	
	I	II	III	IV	V	合计			
	步甲科 Carabidae	170	24	144	80	210			628
金龟科 Scarabaeidae	79	23	30	36	109	277	14.88		
葬甲科 Silphidae	43	-	10	-	3	56	3.01		
叩头甲科 Elateridae	7	7	-	10	22	46	2.47		
鞘翅目 Coleoptera	象甲科 Curculionidae	18	1	2	13	-	34	2.05	59.65
虎甲科 Cicindelidae	6	1	14	2	9	32	1.72		
鳃金龟科 Melolonthidae	12	-	-	1	4	17	0.91		
拟步甲科 Tenebrionidae	-	5	2	2	-	8	0.43		
天牛科 Cerambycidae	2	-	1	-	1	4	0.22		
锹甲科 Lucanidae	1	-	3	-	-	4	0.21		
蚁科 Formicidae	2	28	96	-	346	472	25.98		
膜翅目 Hymenoptera	胡蜂科 Vespidae	-	-	-	-	1	1	0.06	
小蜂科 Chalcididae	-	1	-	1	-	1	0.06		
实蝇科 Tephritidae	12	1	24	5	11	53	3.03		
双翅目 Diptera	麻蝇科 Sarcophagidae	-	-	-	15	19	34	1.87	6.39
蝇科 Muscidae	13	-	-	-	4	17	0.94		
丽蝇科 Calliphoridae	-	-	-	-	8	8	0.44		
食蚜蝇 Syrphidae	-	-	-	-	2	2	0.11		
蠹斯科 Tettigoniidae	1	4	19	21	37	82	4.40		
直翅目 Orthoptera	蚱科 Tetrigoidea	-	-	5	-	-	5	0.27	4.89
蚤螋科 Tridactylidae	-	-	-	-	2	2	0.11		
蝗科 Locustidae	1	-	-	-	1	2	0.11		
土螬科 Cydnidae	6	-	-	4	1	11	0.61		
半翅目 Hemiptera	猎蝽科 Reduviidae	1	-	1	-	-	2	0.11	0.84
龟蝽科 Plataspidae	1	-	-	-	-	1	0.06		
盾蝽科 Scutelleridae	-	1	-	-	-	1	0.06		
革翅目 Dermaptera	球蝮科 Labiduridae	-	-	2	5	0	7	0.39	0.56
蠊蝮科 Forficulidae	-	1	1	0	1	3	0.17		
蜚蠊目 Blattodea	地鳖科 Polyphagidae	-	3	-	1	-	4	0.22	0.22
7 目	29 科	375	100	354	196	791	1816		

Ⅲ捕获的昆虫数量略高于样地Ⅱ和样地Ⅳ，这可能与样地所处的坡向和植被覆盖率有关。从表1可以看出，样地Ⅰ和样地Ⅲ位于阳坡，地表植被覆盖率为80%和95%；而样地Ⅱ和样地Ⅳ位于阴坡，植被覆盖率仅为40%和55%，因此，阳坡温暖，植被丰富，更有利于昆虫栖息和活动。

鞘翅目和膜翅目昆虫作为黄帝陵地表昆虫的优势类群，其数量在各样地中的分布存在明显差异 ($P < 0.01$)。在鞘翅目昆虫中，优势类群步甲科和金龟科在5个样地中均有分布，但在样地Ⅴ（梨园村）中数量远大于其他样地；在膜翅目昆虫中，蚁科昆虫在4个样地中有分布，尤其在样地Ⅴ（梨园村）中数量最多。这应该与各昆虫类群的栖息、取食习性，以及样地的生境特征等密切相关。

2.2 各样地昆虫群落多样性指数和相似性分析

多样性分析结果表明（表3）：在5个样地中，样地Ⅴ（梨园村）的物种数 ($S = 31$) 和 Shannon-Wiener 多样性指数 ($H' = 1.92$) 均高于其他4个样地。多样指数由高到低的顺序为样地Ⅴ > 样地Ⅰ > 样地Ⅲ > 样地Ⅱ > 样地Ⅳ。样地Ⅰ、样地Ⅲ和样地Ⅴ的 Pielou 均匀性指数 (J) 较为接近，分别为 0.53、0.53 和 0.56，而样地Ⅱ和样地Ⅳ的 Pielou 均匀性指数较低，为 0.33 和 0.32。样地Ⅴ的 Simpson 优势度指数最高 ($C = 0.391$)，其它4个样地的较低。

此外，各样地昆虫群落组成的相似性系数处于均在 0.25 - 0.5（表4），为中等不相似，说明5个样地地表昆虫群落结构差异较大，这主要是与各样地的植被覆盖率、坡向等因素有关。

表3 不同样地地表昆虫多样性指数比较

Table 3 Comparison of litter-layer insect diversity indexes in different sampling areas

样地 Sampling areas	物种数 (S) Species numbers	Shannon-Wiener 指数 (H') Shannon-Wiener index	Pielou 均匀性指数 (J) Pielou evenness index	Simpson 优势度指数 (C) Simpson dominance index
I	25	1.73	0.53	0.059
II	20	0.99	0.33	0.013
III	22	1.64	0.53	0.039
IV	18	0.92	0.32	0.018
V	31	1.92	0.56	0.391

表4 不同样地地表昆虫群落的相似性系数 (q 值)

Table 4 Similarity coefficient (q) of the litter-layer insect in different sampling areas

	样地 Sampling areas				
	I	II	III	IV	V
I	1	0.25	0.41	0.31	0.46
II			0.48	0.35	0.33
III				0.38	0.42
IV					0.39
V					1

3 结论与讨论

黄帝陵景区树种单一，95%以上的树种为侧柏，并且林下灌木层和草本层植物种类也比较简单。此外，景区为了安全管理，每年夏季都会对

林下植被割灌和除草，冬季进行枯枝落叶清理，再加上春秋季节病虫害的化学防治和游人踩踏造成的土壤板结，这些人为的活动和管理措施都直接影响和干扰昆虫正常的生命活动，从而又间接影响了地表昆虫的分布及其多样性水平。本次调查研究共获得地表昆虫标本 1816 头，隶属于 7 目 29 科，景区内的样地无论是从采集的昆虫种类，还是从昆虫数量看，都要低于对照样地。从整体采集的昆虫种类和数量看，鞘翅目和膜翅目的昆虫数量最多，分别占总个体数的 59.65% 和 26.1%，两者合计占采集昆虫总数的 85%。鞘翅目是昆虫纲中乃至动物界种类最多分布最广的第一大目，其生态适应性较广，食性复杂，能够在各种环境中生存，尤其是一些步甲科和金龟子科昆虫主要在地表活动和取食，是地表昆虫的优势类群。此外，膜翅目中的蚁科昆虫也主要是在土壤中筑巢、在地表取食和活动，况且其为社会性昆虫，不仅种类繁多，而且种群数量庞大，对环

境的适应能力非常强。因此,这可能是这两类昆虫在本次研究中占优势的主要原因。

昆虫与植物在长期的生长进化过程中互利共生,关系密切。植物为昆虫提供了多样的栖息环境和食物,而昆虫也为植物授粉、搬运植物种子和果实,收集营养物质,同时也为植物的生长提供保护(钦俊德,1987)。许多研究表明植物的丰富度、组成、盖度、高度等都会对昆虫的多样性产生直接影响(Root,1973; Strong *et al.*,1984; Poyry *et al.*,2006)。尤其地表昆虫主要在林木下层和土壤中取食、筑巢,它们的活动不仅影响植被的分布、土壤质地,而且它们对于生境的变化亦十分敏感。从本研究的结果可以看出,对对照样地 V (梨园村)的地表昆虫的物种数、Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀性指数和 Simpson 优势度指数均是 5 个样地中最高的。这主要是因为该地远离景区,处于偏僻的农村,人烟稀少,林下灌木茂盛,自然生长,无人管护,因此地表昆虫多样性较高。景区内的 4 个样地相比较,发现样地 I 和样地 III 捕获的昆虫数量、多样性指数、均匀度指数和优势度指数均高于样地 II 和样地 IV,这应该是与样地的植被覆盖率以及所处坡向有关。从 4 个样地的生境特征可以看出(表 1),样地 I 和样地 III 位于阳坡,地表植被覆盖率为 80% 和 95%;而样地 II 和样地 IV 位于阴坡,植被覆盖率仅为 40% 和 55%。阳坡温暖,植被丰富,为昆虫的栖息和活动提供了较为理想的场所。因此,本研究的结果进一步证明了生长状态较好、覆盖率高的植被群落中昆虫多样性较丰富。

人为干扰是黄帝陵昆虫多样性较低的另一主要原因。黄帝陵是国家级的风景名胜保护区,景区林地长期受到专人看护,但人为的过度干预和管理如杀虫剂的使用、割灌除草等对景区生态环境造成扰动。加之景区内客流量大,游客随意进入林地踩踏造成土壤板结,干扰地表昆虫正常的取食和筑巢活动。此外,过度的人为干扰也会导致植被群落受到影响,如多样性减少、森林生态功能下降,从而影响当地的昆虫多样性(苏志刚等,2013; 杨立军等,2014)。本研究中对对照样地 V 地处偏僻,人为干扰少所以昆虫多样性指数高于其他样地。在黄帝陵的 4 个样地中,样地 III 距离人行道路较远,受到人为干扰少,因此其采集到的昆虫数量和多样性指数也较高,仅次于样地 I。

因此,提高黄帝陵生物多样性应主要采取以下两方面的措施。首先,增加植物多样性,保护植被群落生境。引进更多的树种和灌木植物增加森林群落结构稳定,适当减少灌木和草本层割灌,稳定地表昆虫生存环境。其次,减少人为干扰。看护人员应采取更加合理的管护措施,如降低农药使用剂量和浓度,同时建设围栏阻止游客进入林地踩踏。这些措施都会增加地表昆虫的多样性,有利于加强古柏群森林结构稳定性,增强古柏树势、延长古柏寿命,使古柏持续发挥环境、文化和经济效益。让更多的子孙后代能瞻仰黄帝陵古柏群的风采,感受中华民族的悠久历史和文化,寄托对先祖的敬仰之情。

参考文献 (References)

- Barratt BIP, Dickinson KJM, Freeman C, *et al.* Biodiversity of Coleoptera and other invertebrates in urban gardens: A case study in a New Zealand city [J]. *Insect Conservation and Diversity*, 2015, 8 (5): 393-492.
- Komonen A, Overmark E, Hytonen J, *et al.* Tree species influences diversity of ground-dwelling insects in afforested fields [J]. *Forest Ecology and Management*, 2015, 349: 12-19.
- Li FM, Wang XL, Yue M, *et al.* Effects of the action of human being on physiologic and ecological characteristics of *Platycladus orientalis* in Huangdi tomb [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2003, 23 (2): 239-241. [李方民, 王勋陵, 岳明, 等. 人为扰动对黄帝陵侧柏生理生态学特性的影响 [J]. 西北植物学报, 2003, 23 (2): 239-241]
- Li XJ, Sun YK, Lin LH. *Poecilocoris lewisi* distant: Damage status and its control techniques [J]. *Shanxi Forest Science and Technology*, 2012, 1: 67-70. [李小军, 孙永康, 林华龙. 黄帝陵古柏金绿宽盾蝽为害及防治技术初报 [J]. 陕西林业科技, 2012, 1: 67-70]
- Liang G, Fang RS. A study of birds in Huangdi tomb conservation area [J]. *Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition)*, 1997, 25 (Suppl.): 17-21. [梁刚, 方荣盛. 黄帝陵保护区鸟类研究 [J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 1997, 25 (增刊): 17-21]
- Liu MT, Shi DX. A preliminary study on structure of insect population of antique *Platycladus orientalis* in Huangdi tomb [J]. *Journal of Northwest Forestry College*, 1995, 10 (1): 109-112. [刘铭汤, 施德祥. 黄帝陵古柏昆虫种群结构研究初报 [J]. 西北林学院学报, 1995, 10 (1): 109-112]
- Poyry J, Luoto M, Paukkunen J, *et al.* Different responses of plants and herbivore insects to a gradient of vegetation height: An indicator of the vertebrate grazing intensity and successional age [J]. *Oikos*, 2006, 115 (3): 401-412.
- Qin JD, Wang CZ. The relation of interaction between insects and plants to evolution [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2001, 44 (3):

- 360–365. [钦俊德, 王琛柱. 论植物和昆虫相互进化和关系 [J]. 昆虫学报, 2001, 44 (3): 360–365]
- Root RB. Organization of a plant–arthropod association in simple and diverse habitats: The fauna of collards (*Brassica oleracea*) [J]. *Ecological Monographs*, 1974, 43 (1): 95–124.
- Strong DR, Lawton JH, Southwood SR. *Insects on Plants: Community Patterns and Mechanisms* [M]. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1984.
- Su ZG, Fang Y, Sun G, *et al.* Soil insect community structure and relationship with artificial disturbance intensity in the Nanhu Park of Changchun [J]. *Northern Horticulture*, 2013, 5: 118–120. [苏志刚, 房岩, 孙刚, 等. 长春南湖公园土壤昆虫群落结构及其与人为干扰强度的关系 [J]. 北方园艺, 2013, 5: 118–120]
- Wang XL, Li KJ, Li FM, *et al.* An exploration on declension cause of old–age cypress in the Huangdi Mausoleum and its solutions to protection and rejuvenation [J]. *Science & Technology Review*, 2004, 22 (10): 59–60. [王勋陵, 李克家, 李方民, 等. 黄帝陵古柏衰退探因及保护, 复壮对策 [J]. 科技导报, 2004, 22 (10): 59–60]
- Yang L, Kang YX, Li XJ, *et al.* Natural regeneration of ancient *Platyclaus orientalis* in the Mausoleum of the Yellow Emperor [J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2015, 30 (1): 82–86. [杨玲, 康永祥, 李小军, 等. 黄帝陵古柏群林下天然更新研究 [J]. 西北林学院学报, 2015, 30 (1): 82–86]
- Yang L, Kang YX, Li XJ, *et al.* The protection and regeneration technology of ancient *Platyclaus orientalis* in the Mausoleum of the Yellow Emperor [J]. *Practical Forestry Technology*, 2014, 147 (3): 64–67. [杨玲, 康永祥, 李小军, 等. 黄帝陵古柏保护与复壮技术研究 [J]. 林业实用技术, 2014, 147 (3): 64–67]
- Yang LJ, Zhang DD. Diversity of moth communities and variation along artificial disturbance gradient in Mount Jinggangshan National Nature Reserve, China [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2014, 36 (5): 679–686. [杨立军, 张丹丹. 井冈山自然保护区蛾类多样性及人为干扰的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2014, 36 (5): 679–686]