

太白山不同林带叶蝉多样性

曹凤麟¹,王宏健²,夏广东³,魏 琮^{1*}

(1. 西北农林科技大学 教育部植物资源保护与害虫防治重点实验室,陕西 杨陵 712100;
2. 洋县林业局,陕西 洋县 723300; 3. 边防学院,陕西 西安 710108)

摘 要:针对太白山 4 个不同林带的叶蝉进行了物种组成、多样性和丰富度的研究。应用香农-维纳(Shannon-Weaver)多样性指数(H')、辛普森(Simpson)多样性指数(D')和物种均匀度指数(J')对太白山不同林带叶蝉多样性和物种均匀度进行了分析。运用 Jaccard 指数计算了不同林带叶蝉组成的相似性,并利用 SPSS 进行了聚类分析。结果表明,随着海拔高度和林带的变化,叶蝉的分布受到很大影响。在低海拔地带,叶蝉种类、种群数量、生物多样性指数和丰富度指数较高,相反则偏低。太白山南坡的叶蝉丰富度和多样性指数高于同海拔北坡相应林带。在高海拔地带,同坡向连续的林带叶蝉种类组成相似性较高;但在低海拔地带,同一林带的不同坡向上叶蝉种类组成相似性最大。太白山叶蝉以广布种比例最大,东洋种与古北种比例相近。

关键词:太白山;林带;叶蝉;物种组成;多样性

中图分类号:S718.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2016)06-0197-07

Leafhopper (Hemiptera, Cicadellidae) Community Composition and Diversity
in Different Forest Zones of Taibai Mountains

CAO Feng-lin¹, WANG Hong-jian², XIA Guang-dong², WEI Cong^{1*}

(1. Key Laboratory of Plant Protection Resources and Pest Management, Ministry of Education, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Yangxian County Forestry Bureau, Yangxian, Shaanxi 723300, China;
3. Border Defence Academy, Xi'an, Shaanxi 710108, China)

Abstract: A study was conducted to describe the major species composition, diversity and abundance of leafhoppers in four different forest zones of Taibai Mountains. Species diversity and evenness were analyzed using Shannon-Weaver index (H'), Simpson's diversity index (D'), and Jaccard index (J'), respectively. The similarity of species composition of different forest zones was calculated using Jaccard index, and a clustering analysis was conducted using SPSS. The results showed that significant differences in leafhopper distribution existed in different habitats among different altitudes. In forest zones of low altitude, the species diversity, population and abundance were higher than those in higher altitudes. Leafhopper species abundance and biodiversity on the south slope were higher than that of the north slope at the same altitude. In zones of high altitude, the species composition of the successive habitats on the same slope were much similar to each other. But in zones of low altitude, the species composition of deciduous broadleaf forest zones of the south and north slopes exhibited significant similarity. Widely-distributed species of leafhoppers which distributed in Taibai Mountains had the largest proportion. The proportions of the Palearctic species and Oriental species were similar.

Key words: Taibai Mountains; forest zones; leafhopper; species composition; diversity

收稿日期:2016-01-04 修回日期:2016-04-06

作者简介:曹凤麟,男,在读硕士,研究方向:昆虫系统与生物多样性。E-mail:873411977@qq.com

* 通信作者:魏 琮,男,教授,研究方向:昆虫系统学与生物多样性。E-mail:congwei@nwsuaf.edu.cn

对生物多样性研究包括全球生物多样性的现状和分布^[1-2]、生物多样性与生态系统功能的关系^[3-6]、生物多样性存在的主要威胁^[7]、生物多样性的保护措施等方面^[8-9]。在陆地生态系统中,昆虫以其庞大的种群数量和丰富的物种多样性成为最主要的动物类群^[10];通过调查代表性雨林或草原的昆虫物种丰富度、多样性以及寄主特异性,可以推测全球昆虫的总量和多样性^[11-12]。

叶蝉科昆虫广泛分布于草原、森林和农田生态系统中,是重要的植食性害虫。目前有关叶蝉的研究多集中在探讨植物对叶蝉为害的反应机制^[13-14]、叶蝉的防治技术^[15-16]、叶蝉的形态学^[17]、叶蝉的分类学^[18-19];而关于叶蝉物种多样性的研究多局限于果园生态系统中,主要是为经济林木害虫的防治提供信息^[20-21]。

太白山为秦岭山脉的主峰,是中国生物多样性最丰富的地区之一^[22]。复杂的生态环境孕育了太白山丰富的野生动植物资源,其中包括种子植物 1 783种,苔藓植物 325 种,蕨类植物 110 种,哺乳动物 72 种、鸟类 218 种,两栖动物 9 种,爬行动物 10 种,鱼类 6 种,以及 2 000 多种昆虫^[23]。针对太白山的地质、气候、珍稀植物和大型动物都有相关的研

究^[22]。但有关昆虫方面的研究比较有限,已完成的相关研究因受到高海拔地带危险地势、地貌的限制而不够全面^[24-25]。

叶蝉科是昆虫纲中较大的类群之一^[26],几乎存在于各类植物上,其取食行为会对植物造成不同的危害,如汁液损失、叶绿素破坏、叶片卷曲或传播疾病等。但关于叶蝉的生态学研究十分有限。本研究对太白山不同坡向、不同植被带的叶蝉种类进行了系统调查,并利用多样性研究方法对不同植被带的叶蝉种类组成、多样性变化规律进行分析,为了解和保护太白山昆虫多样性、生境多样性提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域

太白山(107°22′—107°51′ E, 33°49′—34°08′ N)位于中国陕西省境内,地处我国南北自然地理天然分界线秦岭山脉的中段,其主峰海拔 3 767.7 m,是秦岭山脉最高峰;海拔 3 000 m 以上保存着完好的第四纪冰川遗迹,具有特殊的地质地貌。高大的山体以及独特的自然环境使得太白山植被带垂直分布非常明显,包括高山灌丛草甸带、亚高山针叶林带、中山针阔叶混交林带、落叶阔叶林带^[27](表 1)。

表 1 太白山不同林带的自然特征

Table 1 Characteristics of the different forest belts in Taibai Mountains

自然特征	高山灌木草甸带	亚高山针叶林带	中山针阔叶混交林带	落叶阔叶林带
海拔范围/m	3 200~3 600	2 700~3 200	2 300~3 000	1 000~2 500
年平均降雨量/mm	750~800	800~900	900~1 000	650~800
年平均温度/℃	-2.1~-4.4	1.8~-2.1	8.7~1.7	12.7~8.7
主要植被	密枝杜鹃 (<i>Rhododendron fastigiatum</i>) 甘青乌头 (<i>Aconitum tanguticum</i>) 秦岭虎耳草 (<i>Saxifraga giraldiana</i>)	太白红杉 (<i>Larix chinensis</i>) 头花杜鹃 (<i>Rhododendron capitatum</i>) 蒿草 (<i>Kobresia bellardii</i>)	巴山冷杉 (<i>Abies fargesii</i>) 红桦 (<i>Betula albosinensis</i>) 野青茅 (<i>Deyeuxia sylvatica</i>)	锐齿槲栎 (<i>Quercus aliena</i>) 乌拉绣线菊 (<i>Spiraea uratensis</i>) 秦岭箭竹 (<i>Fargesia qinlingensis</i>)

1.2 标本采集

2013—2015 年的 6 月下旬、7 月中旬和 8 月上旬,对太白山进行叶蝉标本采集工作。采集路线主要有 4 条:1)厚畛子—铁甲树—老君殿—南天门—玉皇池—拔仙台;2)都督门—老庙子—雷公庙—跑马梁—拔仙台;3)下板寺—上板寺—小文公庙—大文公庙—拔仙台;4)蒿坪寺—大殿—平安寺—明星寺—放羊寺—大文公庙—拔仙台。根据每个植被带的海拔范围在其中平均选取 5 个采集点。每个采集点上采用样线法进行标本采集和抽样调查^[28]。每日 9:00~16:00 进行采集,沿线两侧 2.5 m 内网捕采集叶蝉约 10 min,往返重复 2 次。将采集到的叶蝉标本标注好采集时间、采集地点、海拔高度等信息,带回实验室进行物种鉴定和统计分析。

1.3 数据分析

对各林带叶蝉多样性的描述采用了 3 个指数:香农-维纳(Shannon-Weaver)多样性指数(H)、辛普森(Simpson)多样性指数(D)和物种均匀度指数(J)。选用 Jaccard 指数对不同林带叶蝉组成相似性进行分析。运用 SPSS19.0 对不同生境叶蝉组成的相似性进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 太白山叶蝉种类组成及各林带优势类群

根据调查和标本的鉴定^[29-32],确定分布于太白山的叶蝉共计 34 种,分别隶属于 4 亚科、18 属(表 2)。其中大叶蝉亚科 4 属 8 种,横脊叶蝉亚科 6 属 14 种,角顶叶蝉亚科 6 属 7 种,广头叶蝉亚科 2 属 3 种。

在高山灌丛草甸带中,角顶叶蝉亚科的多样性最为丰富,其中的黑斑拟二叉叶蝉(*Paramacrosteles nigromaculatus*) 个体数占该林带个体总量的 50.5%,成为该林带的优势种。黑斑拟二叉叶蝉在该生境主要发生于 8 月中下旬,主要寄主是甘肃薹草(*Carex kansuensis*) 以及虎耳草属(*Saxifraga*) 草本植物。在亚高山针叶林带中,横脊叶蝉亚科的种数最多,多样性最为丰富。大叶蝉亚科中的白云透大叶蝉(*Nanatka baiyunana*) 以 38.2% 的个体比例成为这一林带的优势种,次优势种是三突头突叶

蝉(*Sorhoanus tritici*)。白云透大叶蝉在该林带主要发生于 8 月上旬,其主要寄主是太白细柄茅(*Ptilagrostis concinna*)、杨叶风毛菊(*Saussurea populifolia*) 等禾本科、菊科草本植物。

在中山针阔叶混交林带中,横脊叶蝉亚科的多样性最为丰富,其中的端黑指腹叶蝉(*Decursusnirvana excels* Melichar) 为优势种(14.3%);次优势种是白云透大叶蝉(*Nanatka baiyunana*)。端黑指腹叶蝉在该林带主要发生 7 月末,主要寄主是合瓣鹿药(*Maianthemum tubiferum*) 等百合科草本植物。

表 2 太白山不同林带中的叶蝉种类及种群数量分析

		高山灌木草甸带		亚高山针叶林带		中山针阔叶混交林带		落叶阔叶林带	
亚科	种	南坡 个体数	北坡 个体数	南坡 个体数	北坡 个体数	南坡 个体数	北坡 个体数	南坡 个体数	北坡 个体数
大叶蝉亚科 (Cicadellinae)	黑背条大叶蝉(<i>Atkinsoniella nigrita</i>)							5	8
	格氏条大叶蝉 (<i>Atkinsoniella graham</i>)							3	7
	大青叶蝉 (<i>Cicadella viridis</i>)							10	9
	宽边大叶蝉 (<i>Kolla dilate</i>)							8	9
	白云透大叶蝉 (<i>Nanatka baiyunana</i>)			57	21	28	21	14	
	栗条透大叶蝉 (<i>Nanatka castenea</i>)			34		11	18		9
	暗褐透大叶蝉 (<i>Nanatka fuscula</i>)				10		35	6	5
	黑条透大叶蝉 (<i>Nanatka nigrilinea</i>)					10			3
横脊叶蝉亚科 (Evacanthinae)	端黑指腹叶蝉 (<i>Decursusnirvana excels</i>)			21	14	26	29	3	4
	白头小板叶蝉 (<i>Oniella albula</i>)					8	10		11
	小板叶蝉 (<i>Oniella</i> sp. 1)								9
	小板叶蝉 (<i>Oniella</i> sp. 2)					12			
	峨嵋斜脊叶蝉 (<i>Bundera emeiana</i>)								2
	黑色冠垠叶蝉 (<i>Boundarus nigronotus</i>)			11		8		2	7
	白脊凸冠叶蝉 (<i>Convexana albicarinata</i>)								7
	黄褐横脊叶蝉 (<i>Evacanthus ochraceus</i>)			10					1
	黄面横脊叶蝉 (<i>Evacanthus interruptus</i>)	25	1	16		7		7	
	黄带横脊叶蝉 (<i>Evacanthus repexus</i>)			10					
	短刺横脊叶蝉 (<i>Evacanthus brachyspinulosus</i>)	2	3	14					
	黑面横脊叶蝉 (<i>Evacanthus heimianus</i>)		11		18		26	6	8
	小字横脊叶蝉 (<i>Evacanthus trimaculatus</i>)								5
	端钩横脊叶蝉 (<i>Evacanthus uncinatus</i>)								12
	双突横脊叶蝉 (<i>Evacanthus ogumae</i>)							13	8
	二点横脊叶蝉 (<i>Evacanthus biguttatus</i>)								3
角顶叶蝉亚科 (Deltocephalinae)	异齿吉岭叶蝉 (<i>Jilinga asymmetrica</i>)	7		16		15			
	平行马氏叶蝉 (<i>Matsumurella parallela</i>)					27		20	
	纹翅叶蝉 (<i>Nakaharanus</i> sp.)			21	17	16			
	凹缘头突叶蝉 (<i>Sorhoanus assimilis</i>)	11		14				2	
	三突头突叶蝉 (<i>Sorhoanus tritici</i>)	34		73		10		6	
	黑斑拟二叉叶蝉 (<i>Paramacrosteles nigromaculatus</i>)	96	6	44	36	26	23	14	
	条沙叶蝉 (<i>Psammotettix striatus</i>)	3							
广头叶蝉亚科 (Macropsinae)	双带广头叶蝉 (<i>Macropsis matsumurana</i>)	1			16				
	凸斑横皱叶蝉 (<i>Oncopsis conreexus</i>)	2		22					
	横皱叶蝉 (<i>Oncopsis</i> sp.)					11	7		

在落叶阔叶林带中,横脊叶蝉亚科的多样性最丰富,该亚科中的双突横脊叶蝉(*Evacanthus ogu-*

mae) 个体数占该林带个体总量的 8.5%,成为该林带的优势种。双突横脊叶蝉在该林带主要发生于 7

月初,主要寄主是峨参(*Anthriscus sylvestris*)、西南唐松草(*Thalictrum fargesii*)等伞形科、毛茛科草本植物。

2.2 太白山叶蝉的物种多样性

落叶阔叶林带的叶蝉种数最多,其物种多样性指数也最高。中山针阔叶混交林带与亚高山针叶林带所拥有的叶蝉种数十分相近,但中山针阔叶混交林带多样性指数以及均匀度却高于亚高山针叶林带。高山灌丛草甸带的叶蝉种数最少,其多样性指数也最低(表 3)。研究结果表明,随着海拔的升高

及植被带的变化,不同林带分布的叶蝉种类有较大差异,而且多样性及均匀度均逐渐减小。相同林带中,除了落叶阔叶林带的北坡物种多样性高于南坡外,其他 3 个林带南坡的物种多样性普遍高于北坡。

利用 Jaccard 指数计算南、北坡各林带间的叶蝉组成相似性系数(表 4)表明,相邻林带间的叶蝉组成相似性大于相隔林带间的相似性。高海拔相邻林带间的叶蝉组成相似性大于低海拔相邻林带间的叶蝉组成相似性。南坡相邻林带间叶蝉组成相似性普遍高于北坡对应林带间叶蝉组成相似性。

表 3 太白山不同林带南北坡叶蝉多样性

Table 3 Diversity of leafhopper in different forest zones in Taibai Mountains

项目	高山灌木草甸带		亚高山针叶林带		中山针阔叶混交林带		落叶阔叶林带	
	南坡	北坡	南坡	北坡	南坡	北坡	南坡	北坡
种数/种	9	4	14	7	14	8	15	19
指数	<i>H</i>	1.416	1.120	1.934	1.406	2.352	1.659	2.831
	<i>D</i>	0.659	0.621	0.796	0.668	0.882	0.774	0.937
	<i>J</i>	0.645	0.808	0.733	0.723	0.891	0.798	0.927

注:*H*,香农-维纳指数(Shannon-Weaver);*D*,辛普森指数(Simpson);*J*,物种均匀度指数。

表 4 太白山不同林带叶蝉组成相似性

Table 4 Similarity of leafhopper species between forest zone on south and north slopes, respectively

	南坡				北坡			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
I								
II	0.389					0.153		
III	0.189	0.299				0.067	0.460	
IV	0.107	0.104	0.232		0.057	0.078	0.065	

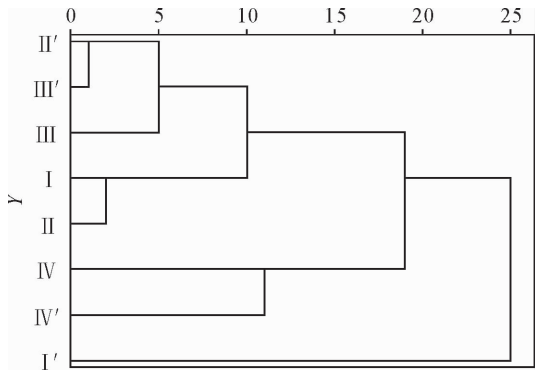
注:I,高山灌木草甸带 II,亚高山针叶林带 III,中山真阔叶混交林带 IV,落叶阔叶林带。

为直观表明不同坡向、不同林带间叶蝉组成的相似性关系,使用层次聚类分析法对叶蝉物种组成的相似性关系进行分析。结果表明,北坡的亚高山针叶林带(Ⅱ′)与中山针阔叶混交林带(Ⅲ′)、南坡的高山灌丛草甸带(Ⅰ)与亚高山针叶林带(Ⅱ)、南坡落叶阔叶林带(Ⅳ)与北坡落叶阔叶林带(Ⅳ′)最为接近,首先聚为一类。北坡的亚高山针叶林带(Ⅱ′)与中山针阔叶混交林带(Ⅲ′)相聚后,又与南坡的中山针阔叶混交林带(Ⅲ)相聚,之后又同南坡的高山灌丛草甸带、亚高山针叶林带(Ⅰ和Ⅱ)相聚,再同南坡、北坡的落叶阔叶林带(Ⅳ和Ⅳ′)相聚。北坡的高山灌丛草甸带(Ⅰ′)与前面形成的大类群最终相聚(图 1)。

2.3 太白山叶蝉区系组成

太白山所分布的叶蝉广布种有 19 种,占总种数的 55.9%。古北种有 7 种,东洋种有 8 种,分别占总种数的 20.6%和 23.5%,比例十分接近。从较大的亚科来看,横脊叶蝉亚科以广布种占优势(50.0%),古北种次之(37.5%),东洋种比例最小(12.5%);而角顶叶蝉亚科以东洋种所占比例最大

(71.4%),古北种比例与广布种比例均为 14.3%(表 5)。结果表明这两大亚科在太白山的区系组成有明显差异;横脊叶蝉亚科更多的是广布种类和古北区种类,角顶叶蝉亚科则以东洋区种类为主。



注:I,南坡高山灌木草甸带;II,南坡亚高山针叶林带;III,南坡中山针阔叶混交林带;IV,南坡落叶阔叶林带;Ⅰ′,北坡高山灌木草甸带;Ⅱ′,北坡亚高山针叶林带;Ⅲ′,北坡中山针阔叶混交林带;Ⅳ′,北坡落叶阔叶林带。

图 1 太白山不同林带叶蝉组成聚类分析图

Fig. 1 Hierarchical cluster analysis for different forest zone in Taibai Mountains

表 5 太白山叶蝉区系组成

Table 5 Fauna composition of leafhoppers in Taibai Mountains

亚科	种数	古北种		东洋种		广布种	
		种数	占本亚科总数 百分比/%	种数	占本亚科总数 百分比/%	种数	占本亚科总数 百分比/%
大叶蝉亚科	8					8	100.0
横脊叶蝉亚科	16	6	37.5	2	12.5	8	50.0
角顶叶蝉亚科	7	1	14.3	5	71.4	1	14.3
广头叶蝉亚科	3			1	33.3	2	66.7

3 结论与讨论

本研究首次阐述了太白山不同林带叶蝉的多样性。随着海拔的升高及植被组成的变化,不同林带分布的叶蝉有较大的差异:在海拔低、植被组成丰富的针阔混交林带,分布的叶蝉种类较多,物种的丰富度和多样性较大;而在高海拔、植被组成简单的林带分布的叶蝉种类趋于减少。太白山南坡叶蝉物种数和、种群数量以及多样性指数超过北坡,这是自然因素和人为因素双重作用的结果。首先,坡向主要影响叶蝉生存环境的地面接收太阳辐射量、光线、温度、热量,进而影响了叶蝉多样性^[33]。其次,植被的多样性对叶蝉的多样性有直接影响。叶蝉是植食性昆虫,植食性昆虫的多样性随着植物多样性的增加而增大,这样能为植食性昆虫提供更多的资源^[34]。植物作为生态系统中的生产者为植食性的初级消费者提供资源,植物的多样性、植物的功能决定着它们为植食性昆虫提供资源的质量,从而决定植食性昆虫的多样性^[35]。太白山不同海拔、不同林带的植被多样性存在较大差别,因此不同林带的叶蝉多样性不同。再者,太白山北坡建立的太白山国家森林公园为人们提供旅游服务,由人类活动带来的生境破坏是不可避免的。旅游设施的修建占用大量的生态林地;人们旅行过程中,不自觉地破坏植被以及产生大量的垃圾,明显破坏了自然生态环境,由此导致叶蝉的物种多样性下降。

有些叶蝉种类只存在于特定的生境,但有些则广泛分布于各种生境中。例如,黑背条大叶蝉(*Atkinsoniella nigrita*)只分布于低海拔生境,条沙叶蝉(*Psammotettix striatus*)只分布于高海拔生境。海拔可能对不同林带叶蝉的多样性产生了重要影响。随海拔的升高植物种类数与植被的多样性逐渐降低^[36],海拔使得植被、小气候、光照等环境因素呈现显著差异,进而导致昆虫分布的差异性^[33]。植被的种类和密度对昆虫分布的影响也是不容忽视的,中低海拔的中山针阔叶混交林带和落叶阔叶林带,下层植被主要是丰富的草本植物,其密度也相对较大;

而高海拔的亚高山针叶林带和高山灌木草甸带的主要下层植被则是灌木植物,其密度也相对减小。小气候、光照、土壤水分、养分都会受到林带结构层次变化的影响,进而或积极或消极地影响下层植被多样性^[37-38]。因此,植被的变化对昆虫的丰富度和多样性具有重要的影响^[39]。黑斑拟二叉叶蝉(*Paramacrosteles nigromaculatus*)、黄面横脊叶蝉(*Evacanthus interruptus*)等物种广泛分布在各种生境中,可能是由于它们有很强的适应性和对寄主植物的高效利用性^[40]。

聚类分析表明,在高海拔同坡向相邻的林带中叶蝉种类组成相似性较高;但在低海拔地带,不同坡向的同一林带叶蝉种类组成相似性最大。此现象可能是由于低海拔的同一林带在南北坡间的自然条件相差较小,使得植被组成变化不大,导致叶蝉种类组成相似性较高;而在高海拔地区,同一坡向的相邻林带植被组成相似性则更高,表明生境的相似程度直接影响了林带间叶蝉组成的相似性。

太白山叶蝉以广布种比例最大,说明许多种类已在长期的进化中适应了多种生态环境,拥有了广阔的分布区;东洋种与古北种比例相近,说明两大区系成分在太白山及秦岭相互渗透,具有交错重叠分布的特点,符合太白山位于两大动物区系分界线的特性。

太白山不同海拔和不同坡向的叶蝉多样性调查为太白山其他昆虫类群多样性研究及生物多样性保护奠定了基础,也为全国的物种多样性研究提供了数据和资料。

参考文献:

[1] GASTON K J. Global patterns in biodiversity [J]. Nature, 2000,405(6783):220-227.

[2] MORA C, TITTENSOR D P, ADL S, *et al.* How many species are there on earth and in the ocean? [J]. PLoS Biology, 2011, 9 (8):1-8.

[3] ENGELHARDT K A M, RITCHIE M E. Effects of macrophyte species richness on wetland ecosystem functioning and services [J]. Nature, 2001, 411(6838):687-689.

[4] HOOPER D U, CHAPIN F S, EWEL J J, *et al.* Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge [J]. *Ecological Monographs*, 2005, 75(1): 3-35.

[5] KREMEN C. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? [J]. *Ecology Letters*, 2005, 8(5): 468-479.

[6] BALVANERA P, PFISTERER A B, BUCHMANN N, *et al.* Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services [J]. *Ecology Letters*, 2006, 9(10): 1146-1156.

[7] PURVIS A, HECTOR A. Getting the measure of biodiversity [J]. *Nature*, 2000, 405(6783): 212-219.

[8] PERFECTO I, VANDERMEER J, HANSON P, *et al.* Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agroecosystem[J]. *Biodiversity and Conservation*, 1997, 6(7): 935-945.

[9] RUNDLÖF M, BENGTTSSON J, SMITH H G. Local and landscape effects of organic farming on butterfly species richness and abundance [J]. *Journal of Applied Ecology*, 2008, 45(3): 813-820.

[10] KREMEN C. Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning[J]. *Conservation Biology*, 1993, 7(4): 796-808.

[11] ERWIN T L. How many species are there? revisited [J]. *Conservation Biology*, 1991, 5(3): 330-333.

[12] STORK N E. Insect diversity: facts, fiction and speculation [J]. *Biological Journal of the Linnean Society*, 1988, 35(4): 321-337.

[13] ALYOKHIN A V, YANG P, MESSING R H. Oviposition of the invasive two-spotted leafhopper on an endemic tree: effects of an alien weed, foliar pubescence, and habitat humidity [J]. *Journal of Insect Science*, 2004, 4(1): 4-13.

[14] RODRIGUEZ-SAONA C R, BYERS J A, SCHIFFHAUER D. Effect of trap color and height on captures of blunt-nosed and sharp-nosed leafhoppers (Hemiptera: Cicadellidae) and non-target arthropods in cranberry bogs [J]. *Crop Protection*, 2012, 40(5): 132-144.

[15] CHASEN E M, DIETRICH C, BACKUS E A, *et al.* Potato leafhopper (Hemiptera: Cicadellidae) ecology and integrated pest management focused on alfalfa [J]. *Journal of Integrated pest Management*, 2014, 5(1): 1-8.

[16] FENG M G, PU X Y, YING S H, *et al.* Field trials of an oil-based emulsifiable formulation of Beauveria bassiana conidia and low application rates of imidacloprid for control of false-eye leafhopper *Empoasca vitis* on tea in southern China [J]. *Crop Protection*, 2004, 23(6): 489-496.

[17] HUMMEL N A, LEAL W S, ZALOM F G. Potentially hygroreceptive sensilla on the anal stylus of the glassy-winged sharpshooter, *Homalodisca vitripennis* [J]. *Journal of Insect Science*, 2008, 8(58): 1-6.

[18] LI H, DAI R H, LI Z Z. First record of the leafhopper genus *Varicopsella* Hamilton, 1980 (Hemiptera: Cicadellidae: Macropsinae) in China, with descriptions of a new subgenus and new species, a checklist, and a key to species [J]. *Journal of Insect Science*, 2014, 14(125): 1-6.

[19] ABDOLLAHI T, JALALIZAND A R, MOZAFFARIAN F, *et al.* A faunistic study on the leafhoppers of northwestern Iran (Hemiptera, Cicadellidae) [J]. *ZooKeys*, 2015, 496: 27-51.

[20] DAKHIL H A, ABOU-FAKHR H E, EL-MOHTAR C, *et al.* Survey of leafhopper species in almond orchards infected with almond witches'-broom phytoplasma in Lebanon [J]. *Journal of Insect Science*, 2011, 11(60): 60.

[21] SAGUEZ J, OLIVIER C, HAMILTON A, *et al.* Diversity and abundance of leafhoppers in Canadian vineyards [J]. *Journal of Insect Science*, 2014, 14(1): 73.

[22] 沈茂才. 中国秦岭生物多样性的研究和保护[M]. 北京: 科学出版社, 2010.

[23] 任毅, 刘明时, 田联会, 等. 太白山自然保护区生物多样性研究与管理[M]. 北京: 中国林业出版社, 2006.

[24] 霍科科, 任国栋. 陕西秦岭太白山北坡食蚜蝇科昆虫区系调查 [J]. *昆虫知识*, 2006, 43(5): 700-705.

HUO K K, REN G D. Faunal study on syrphids of the north slope of Taibai, Qinling Mountains of Shaanxi [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2006, 43(5): 700-705. (in Chinese)

[25] 麻应太, 李春宁, 崔俊. 秦岭牛背梁自然保护区地面昆虫的多样性 [J]. *西北林学院学报*, 2013, 28(3): 142-148.

MA Y T, LI C N, CUI J. The ground insect diversity in Niubeiliang Nature Reserve, Qinling Mountains [J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2013, 28(3): 142-148. (in Chinese)

[26] DIETRICH C H. The role of grasslands in the diversification of leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae): a phylogenetic perspective [C]. Bend, OR: Proceedings of the Fifteenth North American Prairie Conference, 1999: 44-49.

[27] 贺虹, 魏琮, 刘育生. 太白山不同生境蚂蚁的物种多样性研究 [J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2003, 31(3): 141-144.

HE H, WEI C, LIU Y S. The species diversity of ants in different habitats in Mt. Taibai [J]. *Journal of Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry: Natural Science Edition*, 2003, 31(3): 141-144. (in Chinese)

[28] VU L V. Diversity and similarity of butterfly communities in five different habitat types at Tam Dao National Park, Vietnam [J]. *Journal of Zoology*, 2009, 277(4): 15-22.

[29] 张雅林. 中国叶蝉分类研究[M]. 西安: 天则出版社, 1990.

[30] 陈祥盛, 杨琳, 李子忠. 中国竹子叶蝉[M]. 北京: 中国林业出版社, 2012.

[31] WILSON M R, TURNER J A, MCKAMEY S H. Sharpshooter leafhoppers (Hemiptera: Cicadellinae) - an illustrated checklist (part 1: old world Cicadellini) [M]. Dorchester: Dorset Press, 2009.

[32] 戴武. 中国角顶叶蝉亚科分类研究(半翅目: 头喙亚目: 叶蝉科)[D]. 杨陵: 西北农林科技大学, 2005.

[33] 李丽丽, 赵成章, 殷翠琴, 等. 黑河上游天然草地蝗虫物种丰富度与地形关系的 GAM 分析 [J]. *昆虫学报*, 2011, 54(11): 1312-1318.

LI L L, ZHAO C Z, QIN C Q, *et al.* Species richness of grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) on natural grassland in relation with topography in the upper reaches of Heihe River, western China analyzed with generalized additive models

(GAMs) [J]. Acta Entomol. Sin., 2011, 54(11): 1312-1318. (in Chinese)

[34] KNOPS J. M. H., TILMAN D., HADDAD N. M., *et al.* Effects of plant species richness on invasion dynamics, disease outbreaks and insects abundance and diversity [J]. Ecology Letters, 1999(2): 286-293.

[35] HADDAD N. M., TILMAN D., HAARSTAD J., *et al.* Contrasting effects of plant richness and composition on insect communities: a field experiment [J]. The American Naturalist, 2001, 158: 17-35.

[36] 唐志尧, 方精云, 张玲. 秦岭太白山木本植物物种多样性的梯度格局及环境解释[J]. 生物多样性, 2004, 12(1): 115-122

TANG Z. Y., FANG J. Y., ZHANG L. Patterns of woody plant species diversity along environmental gradients on Mt. Taibai, Qinling Mountains [J]. Biodiversity Science, 2004, 12(1): 115-122. (in Chinese)

[37] BARBIER S., GOSSELIN F., BALANDIER P. Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved-a critical review for temperate and boreal forests [J]. Forest Ecol. Manag., 2008, 254(1): 1-15.

[38] DODSON E., PETERSON D., HARROD R. Understory vegetation response to thinning and burning restoration treatments in dry conifer forests of the eastern Cascades, USA [J]. Forest Ecol. Manag., 2008, 255(8): 3130-3140.

[39] TAKI H., INOUE T., TANAKA H., *et al.* Responses of community structure, diversity, and abundance of understory plants and insect assemblages to thinning in plantations [J]. Forest Ecol. Manag., 2010, 259(3): 607-613.

[40] BRANSON D. H. Reproduction and survival in *Melanoplus sanguinipes* (Orthoptera: Acrididae) in response to resource availability and population density: the role of exploitative competition [J]. Canadian Entomologist, 2003, 135(3): 415-426.

(上接第 189 页)

[17] 豆青, 褚洪龙, 王海华, 等. 西北农林科技大学校园大型真菌资源与分布[J]. 西北林学院学报, 2015, 30(6): 174-181.

DOU Q., ZHU H. L., WANG H. H., *et al.* Resource and distribution of macrofungi in the campus of Northwest A&F University[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2015, 30(6): 174-181. (in Chinese)

[18] 吴晓菡, 李文超, 秦路平. 天目山山胡椒不同部位内生真菌组成及多样性分析[J]. 植物资源与环境学报, 2012, 21(2): 107-113.

WU X. H., LI W. C., QIN L. P. Analyses on composition of endophytic fungi in different parts of *Lindera glauca* from Tianmu Mountain[J]. Journal of Plant Resources and Environment, 2012, 21(2): 107-113. (in Chinese)

[19] 马克平. 生物群落多样性[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994: 141-165.

[20] KUMAR D. S. S., HYDE K. D. Biodiversity and tissue recurrence of endophytic fungi in *Tripterygium wilfordii* [J]. Fungal Diversity, 2004, 17(1): 69-90.

[21] 刘爱荣, 张洋, 牛丽红, 等. 海南两种红树林植物内生真菌的多样性分析[J]. 广西植物, 2010, 30(5): 657-660.

LIU A. R., ZHANG Y., NIU L. H., *et al.* Analysis of diversity of endophytic fungi in two mangrove plants in Hainan Province (*Rhizophora stylosa* and *Kandelia candel*) [J]. Guihaia, 2010, 30(5): 657-660. (in Chinese)

[22] 胡克兴, 侯晓强, 郭顺星. 铁皮石斛内生真菌分布[J]. 微生物学通报, 2010, 37(1): 37-42.

HU K. X., HOU X. Q., GUO S. X. Distribution of endophytic fungi in *Dendrobium officinale* [J]. Microbiology China, 2010, 37(1): 37-42. (in Chinese)

[23] 白周艳, 王晓炜, 马荣, 等. 新疆杏树 (*Armeniaca* Mill.) 内生真菌多样性分析[J]. 新疆农业大学学报, 2011, 34(4): 321-327.

BAI Z. Y., WANG X. W., MA R., *et al.* Analysis on diversity of endophytic fungi from apricot (*Armeniaca* Mill.) in Xinjiang [J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2011, 34(4): 321-327. (in Chinese)