

重庆市松墨天牛的形态变异与环境因素的关系^{*}

袁 媛^{1,2}, 冉春燕³, 陈 斌¹

(1. 重庆师范大学 昆虫与分子生物学研究所 媒介昆虫重庆市重点实验室, 重庆 401331;

2. 重庆传媒职业学院, 重庆 铜梁 402560; 3. 重庆巴蜀小学, 重庆 400015)

摘要:【目的】考察重庆市不同地理种群松墨天牛(*Monochamus alternatus*)的形态变异与环境因素的关系。【方法】对采自重庆市12个区县的107头松墨天牛的体长、体宽、前胸背板长、前胸背板宽、前胸背板斑纹等形态学特征进行了观察和测量,根据标本采集地的地理位置和气候要素数据将重庆市松墨天牛分为6个自然地理种群,考察了上述形态特征在种群内和种群间的变异及相关性,并分析了形态变异与环境因素间的相关性。【结果】松墨天牛个体在种群内和种群间的变异系数均较低,西北种群形态与其他5个种群形态差异较大,6个地理种群的个体形态差异不明显。松墨天牛形态特征与经纬度、海拔、气候要素相关分析结果表明,体长、体宽与经度、海拔、纬度、年平均降水量呈正相关关系,与年平均气温呈负相关关系。【结论】重庆市松墨天牛地理种群间尚未出现明显的分化差异,形态差异主要由环境因素的变化引起。

关键词: 松墨天牛; 形态变异; 环境因素; 相关性分析; 重庆

中图分类号: Q968.2

文献标志码: A

文章编号: 1672-6693(2022)02-0038-08

松墨天牛(*Monochamus alternatus*)又名松褐天牛,为鞘翅目(Coleoptera)天牛科(Cerambycidae)沟胫天牛亚科(Lamiinae)墨天牛属(*Monochamus*)昆虫,广泛分布于中国、朝鲜、老挝、越南、日本等国家,是针叶林中常见的蛀干害虫,也是亚洲地区松材线虫病(Pine wilt disease)的主要传播媒介^[1-2]。由松墨天牛传播的松材线虫病被誉为松树的“癌症”和“瘟疫”,曾给日本林业造成了毁灭性的打击^[3],也给中国林业造成了重大的经济损失^[4-5]。由于松墨天牛可以通过木制包装板材远距离传播^[6],因此携带有松材线虫和松墨天牛的木制包装板材的调运常常是造成松材线虫大范围散布的一个主要原因^[7]。在对森林破坏较大的钻蛀天牛中,目前有较多研究的是取食杉木的粗鞘双条杉天牛(*Semanotus bifaeiatus sinoauster*)^[8]、破坏杨树为主的光肩星天牛(*Anoplophora glabripennis*)^[9]和钻蛀松木的松墨天牛,它们对中国林业构成了巨大危害。

重庆地处长江上游和三峡库区腹心地带,是长江中上游的生态屏障。做好重庆市松林松材线虫病防治工作,对重庆市乃至长江中上游生态环境保护有着重要意义。据有关报道,在2020年重庆市开展的松材线虫病疫木集中除治清理行动中,有关部门就清理了重庆全市38个区县(含万盛经开区、重庆高新区)20余万公顷的松林区^[10]。要有效控制松林松材线虫病在重庆市松林区的蔓延和发展,其中关键的措施在于对当地松墨天牛进行有效治理。然而重庆市境内地形地貌较为复杂,不同地理区域海拔和气候相差较大,因此要做好上述工作,需特别注意重庆市不同地理区域松墨天牛的形态变化及与环境因素的关系。只有正确鉴定重庆市境内不同地理种群松墨天牛并掌握该物种对环境的适应及相关生物学特性,才能为重庆市松墨天牛的有效治理提供科学的依据。目前,大部分有关研究主要集中在天牛的防治方法^[11-12]、种群动态^[13-15]、发育^[16-20]、生物学特性^[21]等方面,而将天牛形态变异与环境因素建立直接联系的研究较少。为此,本研究在参考刘昭阳^[9]有关中国光肩星天牛种群表型多样性与环境因素的相关关系研究基础上,对重庆市松墨天牛形态变异与环境因素的关系进行了考察,以便为相关部门开展有关松墨天牛的防治工作提供基础资料。

^{*} 收稿日期:2021-04-19 修回日期:2021-08-05 网络出版时间:2022-03-28 17:56

资助项目:生态环境部“生物多样性保护重大工程”项目(No. 82382);国家科技基础性工作专项重点项目(No. 2015FY210300);国家自然科学基金(No. 31872262)

第一作者简介:袁媛,女,研究方向为昆虫分类学和生物地理学,E-mail:1309890294@qq.com;通信作者:陈斌,男,教授,博士,E-mail:bin.chen@cqu.edu.cn

网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20220328.1155.011.html

1 材料与方法

1.1 松墨天牛标本及环境因素

为避免研究用松墨天牛标本的遗传同质性,仅选取采集记录完整且采集信息(包括采集人)有差异的个体用于研究。研究用松墨天牛标本共 107 头,其中 81 头来自重庆师范大学生命科学学院昆虫标本馆,26 头来自西南大学生命科学学院昆虫标本馆。所有标本均采集自重庆市下辖区县,其中 7,4,12,4,10,8,6,8,18,13,12 和 5 头标本分别来自城口、巫山、巫溪、云阳、石柱、长寿、涪陵、南岸、北碚、綦江、永川和璧山。结合上述区县的地理位置和气候要素差异(表 1),将上述区县的松墨天牛分为 6 个自然地理种群,分别称为东北种群、东南种群、中部种群、中心城区种群、西南种群和西北种群。重庆市地势南北高、中间低且从南北向长江河谷倾斜,地形状态则以山地、丘陵为主。东北种群所在的重庆市东北部分布有大巴山山脉,内有大巴山国家级自然保护区,当地的中低山区有农业耕地覆盖,全年日照时数为重庆市之首;东南种群所在的重庆市东南部分布有武陵山山脉,并有大量喀斯特地貌集中分布;西北种群和中部种群所在区域以丘陵、低山为主,当地全年日照时数比重庆市其他区域更低;中心城区种群和西南种群生活的区域建设用地较多,相较于重庆市东北部的自然环境条件而言,此处人为因素影响更多,交通和经济活动更加频繁,使得当地生长季的积温高于重庆市其他区域。

表 1 松墨天牛不同地理种群采集地的经纬度、海拔和气候要素
Tab. 1 The latitude-longitude, altitude, and climatic elements of sample sites on
different geographic populations of *M. alternatus*

种群	标本数/头	采集地所在区县	经度	纬度	海拔/m	年平均气温/℃	年平均降水量/mm
东北种群	27	城口	东经 108.987°	北纬 31.878°	1 236.182	12.270	1 199.020
		巫山	东经 109.707°	北纬 31.487°	1 476.483	12.650	1 122.050
		巫溪	东经 109.294°	北纬 31.579°	1 210.670	12.560	1 175.330
		云阳	东经 108.874°	北纬 31.336°	823.665	13.120	1 278.420
东南种群	10	石柱	东经 108.268°	北纬 30.240°	849.140	14.810	1 387.290
中部种群	14	长寿	东经 107.932°	北纬 30.136°	670.975	18.070	1 218.430
		涪陵	东经 107.788°	北纬 29.984°	698.356	17.980	1 110.570
中心城区种群	26	南岸	东经 106.550°	北纬 29.653°	355.561	18.290	1 094.443
		北碚	东经 106.410°	北纬 29.827°	324.439	18.310	1 084.217
西南种群	13	綦江	东经 106.840°	北纬 29.240°	519.130	17.430	1 118.500
西北种群	17	永川	东经 106.105°	北纬 29.413°	331.000	18.435	1 080.130
		璧山	东经 106.290°	北纬 29.780°	330.000	18.125	1 079.870

1.2 形态学特征及其变异观测

对所有松墨天牛标本进行外部形态观测,并进行分类鉴定。从鉴定松墨天牛的主要外部形态特征中特别选取体长、体宽、前胸背板长、前胸背板宽和前胸背板斑纹类型共 5 个形态学特征^[22],使用购自基恩士(中国)有限公司的 VHX-5000 型基恩士超景深三维数码显微镜对标本观察、测量和拍照。在本研究中,体长指背面观头部中隆线最前突处到鞘翅端部(包括缘角或逢角的刺)间的长度;体宽指鞘翅肩宽;前胸背板长指前胸背板前缘到后缘之间的长度;前胸背板宽指前胸背板两侧刺突之间的长度(图 1a)。测量并记录每个个体的上述 4 个形态学指标,测量结果以 μm 为单位进行记录,测量时显微镜放大倍率为 5 倍。前胸背板斑纹类型分为 4 种:前胸背板无斑纹、前胸背板斑纹两边断裂(图 1b)、前胸背板斑纹一边断裂(图 1c)和前胸背板斑纹连续(图 1d)。

1.3 统计分析

使用 SPSS 25.0 软件进行如下统计分析,当 $p<0.05$ 时,统计结果被视为具有统计学意义。

1) 根据观测结果,分别计算 6 个地理种群松墨天牛的体长、体宽、前胸背板长和前胸背板的基本统计量(包括最大值、最小值、平均值、标准差和变异系数),以描述不同地理种群松墨天牛的外部形态差异,并运用方差分析考察不同地理种群松墨天牛的遗传变异。同时,对不同地理种群松墨天牛的 4 种不同前胸背板斑纹类型个体

数及它们在种群内所占比例进行统计。

2) 运用 Q 型聚类, 基于欧式距离测量, 以组间聚类法进行聚类分析^[23]。以种群为基本单位, 根据种群间的亲疏程度进行聚类, 进而判别不同地理种群松墨天牛的相似度。

3) 通过 Pearson 相关性分析考察不同地理种群松墨天牛形态特征与经度、纬度、海拔、年平均气温和年平均降水量等因素的关系。

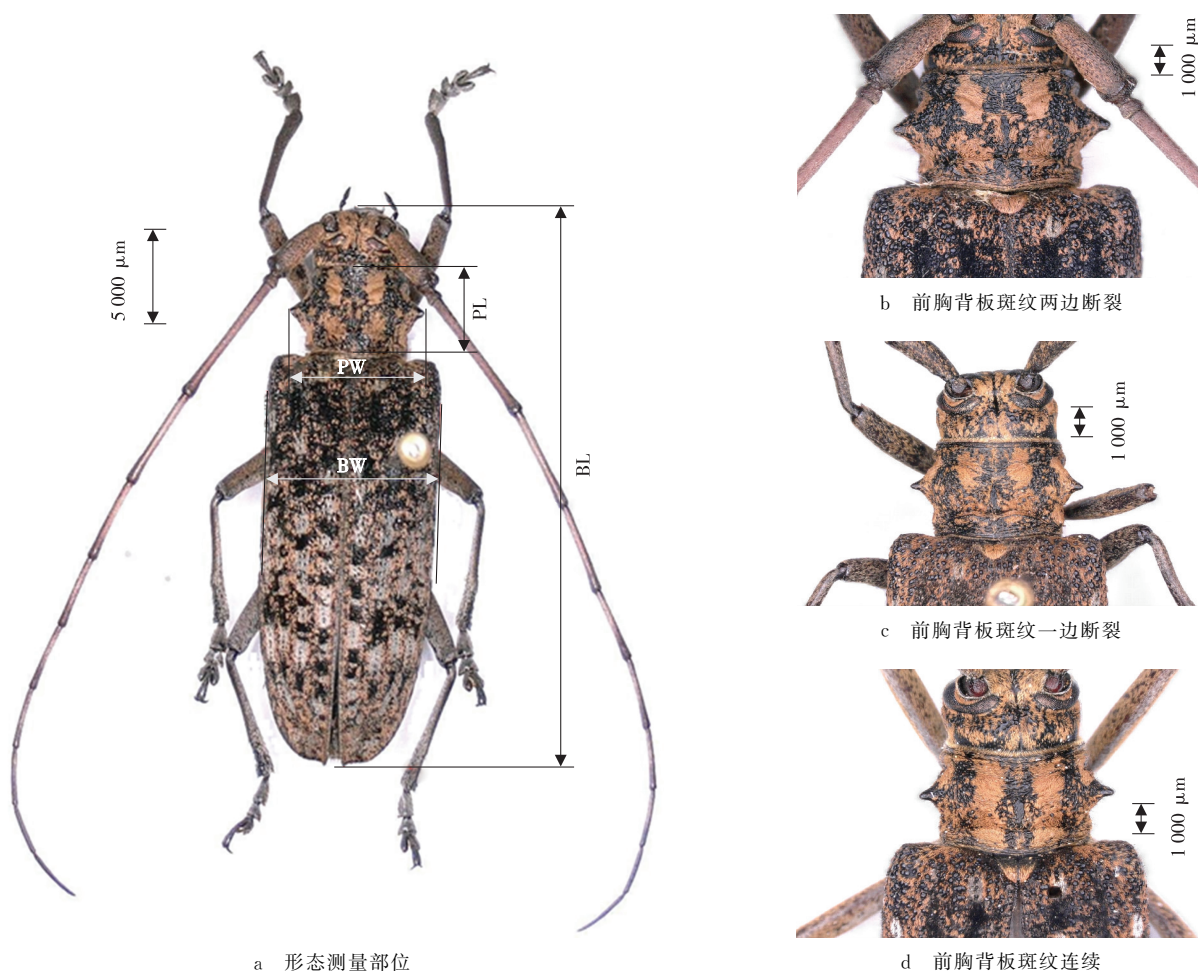
2 结果与分析

2.1 松墨天牛形态变异

2.1.1 鉴定特征 107 头松墨天牛标本的体长为 (20.710 ± 2.891) mm (范围: 12.735~30.214 mm); 体宽为 (6.505 ± 0.667) mm (范围: 4.835~8.702 mm)。前胸背板斑纹呈橙黄色至赤褐色。触角为栗色, 雄虫触角长度约为体长 1 倍多, 雌虫触角长度约为体长的 1/3。前胸宽大于前胸长, 多皱纹, 侧刺突较大。前胸背板 2 条较宽的橙黄色纵纹与 3 条黑色绒纹相间, 小盾片密被橙黄色绒毛。

2.1.2 测量数据的个体形态变异 本研究考察的 4 个形态特征中, 变异最大的是雌性松墨天牛的前胸背板长, 为 14.179%; 变异最小的是雄性松墨天牛的前胸背板长, 为 5.491%。体长变异系数为 13.961%, 与体宽、前胸背板宽的变异系数相接近(表 2)。

2.1.3 测量数据的种群形态变异 重庆市 6 个松墨天牛地理种群中, 西南种群 4 个形态特征的变异系数都明显较低, 形态相对保守; 其他 5 个地理种群的变异程度较为接近(表 3)。



注: BL——体长; BW——体宽; PL——前胸背板长; PW——前胸背板宽

图 1 松墨天牛成虫形态特征及测量部位

Fig. 1 Morphology characteristics and measurement location of *M. alternatus* adults

表 2 松墨天牛 4 个形态特征的变异

Tab. 2 Variation of 4 morphological characteristics of *M. alternatus*

形态特征	最小值/ μm	最大值/ μm	平均值/ μm	标准差/ μm	变异系数/%
体长	12 735.000	30 214.000	20 710.766	2 891.446	13.961
体宽	4 835.000	8 702.000	6 505.252	666.626	10.247
前胸背板宽	3 927.000	7 930.000	5 637.888	769.318	13.648
前胸背板长(雌性)	2 406.000	4 676.000	3 666.299	519.858	14.179
前胸背板长(雄性)	3 251.000	4 306.000	3 848.825	211.289	5.491

表 3 重庆市 6 个松墨天牛地理种群形态变异系数

Tab. 3 Variation coefficient of geographic population morphology of 6 geographic populations of *M. alternatus* in Chongqing

种群	变异系数/%				种群	变异系数/%			
	体长	体宽	前胸背板长	前胸背板宽		体长	体宽	前胸背板长	前胸背板宽
东北种群	15.301	10.924	12.410	15.352	中心城区种群	14.270	10.270	11.628	12.616
东南种群	9.276	9.521	12.660	10.644	西南种群	3.628	5.367	8.889	7.320
中部种群	13.102	13.361	11.197	14.990	西北种群	14.820	8.016	11.644	15.663

2.1.4 前胸斑纹的形态变异 表 4 显示,除东南种群松墨天牛的前胸背板斑纹连续个体数占比最高外,其他 5 个地理种群松墨天牛均是前胸背板斑纹两边断裂的个体数占比较大。

2.2 松墨天牛的种群形态变异

2.2.1 形态特征的种群间变异 单因素方差分析结果显示(表 5):6 个松墨天牛地理种群的体长存在统计学意义上的差异($p<0.05$),而它们的体宽和前胸背板宽则无统计学意义上的差异。将雌雄样本的前胸背板长分别进行分析,可以发现 6 个松墨天牛地理种群的该特征在雌性样本中无统计学意义上的差异,而在雄性样本中则有统计学意义上的差异($p<0.05$)。

表 4 重庆市 6 个松墨天牛地理种群前胸背板斑纹类型统计

Tab. 4 Statistics of 6 geographic populations of *M. alternatus* in Chongqing

前胸背板斑纹类型	不同前胸背板斑纹类型个体数占比/%					
	东北种群	东南种群	中部种群	中心城区种群	西南种群	西北种群
连续	37.037	50.000	21.429	30.769	23.077	41.176
两边断裂	62.963	40.000	79.571	69.231	69.231	58.824
一边断裂					7.692	
无斑纹		10.000				

表 5 重庆市 6 个松墨天牛地理种群形态特征方差分析结果

Tab. 5 Results of ANOVA on morphological characteristics of 6 geographic populations of *M. alternatus* in Chongqing μm

种群	体长	体宽	前胸背板长	前胸背板宽
东北种群	21 744.190	6 613.330	3 739.560	5 818.810
东南种群	20 963.300	6 596.000	3 536.900	5 485.500
中部种群	21 700.860	6 803.500	3 976.710	5 697.430
中心城区种群	20 485.380	6 414.000	3 763.810	5 474.650
西南种群	20 427.620	6 505.000	3 621.080	5 464.230
西北种群	18 666.760	6 174.350	3 683.000	5 767.290
<i>F</i> 值	3.060	1.733	0.623(雌性),2.536(雄性)	0.851
<i>p</i> 值	0.013	0.134	0.683(雌性),0.047(雄性)	0.517

2.2.2 种群聚类分析结果 在进行聚类分析前,首先对 6 个地理种群松墨天牛的体长、体宽、前胸背板长和前胸背板宽的平均值进行标准化处理,然后运用 Q 型聚类进行聚类分析,所得结果如图 2 所示:东南种群与西南种群的欧式距离最小,它们个体形态最为相似;西北种群与其他 5 个地理种群的欧式距离最大,说明前者与其他地理种群个体形态差异最大。结合图 2 与 6 个地理种群分布位置(表 1)可以发现,分布地越接近的种群,个体形态越相似,这也说明松墨天牛的个体形态变化与它所处的空间位置有较强的关联。

2.3 松墨天牛形态变异与环境因素的关系

从表 6 可以看出,松墨天牛的体长、体宽与经度、纬度、海拔和年平均降水量呈正相关关系,与年平均气温呈负相关关系,且体长、体宽与经度、海拔的正相关关系在 $p<0.05$ 水平上有统计学意义,体宽与年平均降水量相关性在 $p<0.05$ 水平上有统计学意义。此外,前胸背板长、前胸背板宽与 5 种地理、气候要素之间的相关性没有统计学意义。

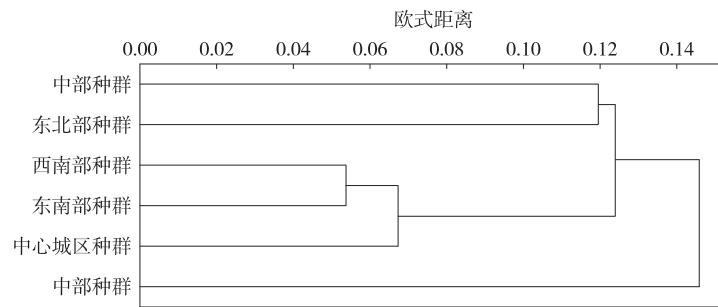


图 2 重庆市松墨天牛 6 个地理种群的聚类分析结果

Fig. 2 Clustering analysis result of 6 geographic populations of *M. alternatus* in Chongqing

表 6 形态特征与经纬度、海拔、气候要素的相关系数

Tab. 6 Correlation coefficient between morphological characteristics and latitude-longitude, altitude, and climatic elements

形态特征	经度	纬度	海拔	年平均气温	年平均降水量
体长	0.886 *	0.771	0.886 *	-0.771	0.714
体宽	0.829 *	0.600	0.829 *	-0.771	0.829 *
前胸背板长	-0.086	0.029	0.086	0.200	-0.143
前胸背板宽	0.314	0.771	0.314	-0.486	0.029

注: * 表示在 $p<0.05$ (双尾)水平上具有统计学意义

3 讨论

过去关于天牛和环境因子关系的研究多集中于探究天牛种群的发生、个体发育与生物因子之间关系,例如邵立超^[8]探讨了粗鞘双条杉天牛与环境因子之间的关系,结果表明该物种所处的生态环境较为复杂,且昆虫种类繁多,天敌昆虫有更多的中间寄主,林间生物之间形成了相互制约的食物链的关系。松墨天牛的天敌在自然界中广泛存在,其中捕食性天敌有中华毛郭公(*Trichodes sinae*)、眼纹斑叩甲(*Cryptalaus larvatus*)、莱氏猛叩甲(*Tetrigus lewisi*)、花绒寄甲(*Dastarcus helophoroides*)、白蚁(Termitidae)、树蜂(Siricidae)等^[16]。因此生态环境的复杂程度与松墨天牛的种群变化有直接联系。根据近期王立超等人^[24]的报道可知,松墨天牛取食能力与环境温度以及自身体型大小(个体质量)相关:松墨天牛的取食能力在 35℃下较在其他温度下更强;松墨天牛体质量越大,取食能力越强。同时,他们的研究还指出松墨天牛的产卵数量与体质量、树皮厚度以及树干直径相关:松墨天牛体质量越大、树皮越薄、树干直径越大,它的产卵数量就越多。温度是气候要素中对昆虫生长发育速率影响最为明显的因素,在一定温度范围内,昆虫的发育速率随温度的升高而加快,发育历期也会随之缩短^[12]。

与前人研究不同的是,本研究重点探讨了环境因子中的气候要素以及地理位置对松墨天牛形态变异产生的影响。本研究发现,从重庆市 12 个区县采集到的 107 头松墨天牛标本的 4 个形态特征表现出很小的差异,其中,

以雄性成虫的前胸背板长变异最小,总体变异系数也不高。重庆市6个松墨天牛地理种群间形态特征差异不明显,它们不存在明显的遗传特征差异。虽然这6个松墨天牛地理种群所处位置的地形条件等有较大差异,聚类分析结果也显示西北种群与其他5个地理种群个体形态差异较大,但总体上看各种群的形态差异依然不大。然而重庆市松墨天牛还是有一定的形态变异由环境因子变化所引起,松墨天牛以形态变化适应着环境的改变。本研究发现,随着海拔的增大,松墨天牛表现出体长、体宽的增加,海拔与松墨天牛体型呈统计学意义上的正相关关系($p < 0.05$),这一结论与刘昭阳^[9]研究光肩星天牛与环境因子相关性分析得出的结论相似。松墨天牛样本采集地最高海拔为东北部城口县东安镇,1 785 m,最低为东南部石柱县万朝镇、中部涪陵、中心城区北碚,约为310 m,海拔高差1 475 m,高海拔地区往往比低海拔地区具有更大的风,温度更低,松墨天牛通过增大自身体长、体宽,减少风力、温度对它生长的影响,是自然选择和适应环境的表现;经度通过当地的地形、大气环流等影响降水,松墨天牛体长、体宽与经度相关性具有统计学意义($p < 0.05$),这与年均降水对松墨天牛的体长、体宽均具有统计学意义上的正相关($p < 0.05$)相符,进一步证明了环境变化引起松墨天牛一定的形态变异。

形态学特征受遗传因子和环境因子共同影响^[25],本研究结果初步表明重庆市松墨天牛不存在明显的种群遗传差异,均为种内遗传;各种群的形态差异主要由环境因素的变化引起。目前对重庆市松墨天牛的种群遗传学研究尚未开展,而遗传因子的状况更能准确解释重庆市松墨天牛地理种群遗传与变异程度和差异。在进一步的工作中,形态学研究方面的工作可以通过增加松墨天牛采样数量、选取更多采集地并提取更多形态特征来加以完善;同时,可在形态学探究结果的基础上开展分子遗传学方面的研究,从而更好地为重庆松墨天牛的物种差异、种群鉴定和防治工作提供更加丰富的参考资料。

致谢: 特别感谢西南大学陶建平教授的指导,对重庆师范大学闫振天老师、西南大学李竹老师以及重庆师范大学谭春燕、陆欢欢、熊昊洋同学的帮助表示感谢。

参考文献:

- [1] 徐福元,杨宝君,葛明宏. 松材线虫病媒介昆虫的调查[J]. 森林病虫通讯,1993(2):20-21.
XU F Y, YANG B J, GE M H. Investigation of pine wilt disease vector insects[J]. Forest Pest and Disease, 1993(2):20-21.
- [2] ENDA N, MAMIYA Y. Transmission of *Bursaphelenchus lignicolus* (Nematoda: Aphelenchoididae) by *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae)[J]. Nematologica, 1972, 18(2):159-162.
- [3] SHIBATA E. Seasonal flight of the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae), in a pine forest in central Japan[M]. Kyoto: Shokado Shoten, 1999.
- [4] 李成, 刘波. 我国松材线虫病的发生与防治技术研究进展[J]. 吉林林业科技, 2021, 50(2):39-41.
LI C, LIU B. The research progress of pine wilt disease occurrence and prevention technology in China[J]. Journal of Jilin Forestry Science and Technology, 2021, 50(2):39-41.
- [5] 张心团, 赵和平, 樊美珍, 等. 松墨天牛生物学特性的研究进展(综述)[J]. 安徽农业大学学报, 2004, 31(2):156-157.
ZHANG X T, ZHAO H P, FAN M Z, et al. Research on biological characters of *Monochamus alternatus* hope[J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2004, 31(2):156-157.
- [6] HAACK R A. Exotic bark- and wood-boring Coleoptera in the United States: recent establishments and interceptions[J]. Canadian Journal of Forest Research, 2006, 36(2):269-288.
- [7] 孙捷, 杨寿运, 崔春亮, 等. 基于分子证据探讨松材线虫在中国的传播途径[J]. 南京农业大学学报, 2008, 31(2):55-60.
SUN J, YANG S Y, CUI C L, et al. Possible transmission routes of *Bursaphelenchus xylophilus* in China based on molecular data[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2008, 31(2):55-60.
- [8] 邵立超. 粗鞘双条杉天牛发生与生态环境关系的初步研究[J]. 林业科学, 1982, 18(4):435-440.
SHAO L C. Preliminary study on occurrence of *Semanotus biffaeiatus sinoauster* and its ecological environment[J]. Scientia Silvae Sinicae, 1982, 18(4):435-440.
- [9] 刘昭阳. 中国光肩星天牛种群表型多样性及遗传变异研究[D]. 北京:北京林业大学, 2016.
LIU Z Y. Phenotypic diversity and genetic variation of Asian long-horned beetle, *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) in China[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2016.
- [10] 重庆森林病虫防治检疫站. 抓细抓实松材线虫病疫木集中除治清理 重庆全面完成“百日大会战”工作任务[EB/OL](2021-02-23)[2021-04-16]. http://lyj.cq.gov.cn/zwxw_237/lydt/202102/t20210223_8922264.html.
Chongqing Forest Pest Control and Quarantine Station. Focus on clearing up pine wilt disease-affected wood, and Chongqing

- fully completes the task of "hundred-day battle"[EB/OL](2021-02-23)[2021-04-16]. http://lyj.cq.gov.cn/zwxx_237/lydt/202102/t20210223_8922264.html.
- [11] 贺然,崔夏,应玥,等.防治松褐天牛成虫的白僵菌菌株室内筛选和鉴定[J].林业科学,2020,56(10):129-134.
HE R, CUI X, YING Y, et al. Screening and Identification of *Beauveria bassiana* strains for biocontrol of *Monochamus alternatus* adults (Coleoptera:Cerambycidae)[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2020, 56(10): 129-134.
- [12] 张灿锋,李骄,李泽舟.重庆市飞机喷洒两种氯氰菊酯剂型防治松墨天牛试验[J].陕西林业科技,2020,48(3):36-38.
ZHANG C F, LI J, LI Z Z. Experiment on air-spray of two kinds of millirod suspending agents to control of *Monochamus alternatus* in Chongqing[J]. Shaanxi Forest Science and Technology, 2020, 48(3): 36-38.
- [13] 陈顺立,杜瑞卿,高宛莉,等.影响武夷山景区松墨天牛种群动态变化的因素分析[J].昆虫学报,2010,53(4):427-435.
CHEN S L, DU R Q, GAO W L, et al. Analysis of the factors influencing population dynamics of *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera:Cerambycidae) in Wuyishan scenic spot[J]. Acta Entomologica Sinica, 2010, 53(4): 427-435.
- [14] 涂业苟,李翼,喻爱林,等.松褐天牛成虫对不同寄主植物的选择性[J].中国植保导刊,2019,39(5):50-52.
TU Y G, LI Y, YU A L, et al. Feeding and oviposition preferences of *Monochamus alternatus* adults among different host plants[J]. China Plant Protection, 2019, 39(5): 50-52.
- [15] 黄文玲.利用诱捕法监测松墨天牛种群动态及气象因子的影响[J].中国森林病虫,2020,39(6):23-27.
HUANG W L. Monitoring population dynamics of *Monochamus alternatus* and the effect of climate factors using pheromone trapping method[J]. Forest Pest and Disease, 2020, 39(6): 23-27.
- [16] 杨洪,王进军.重庆松墨天牛发生规律研究[J].中国森林病虫,2010,29(2):15-17.
YANG H, WANG J J. Occurrence regularity of *Monochamus alternatus* in Chongqing[J]. Forest Pest and Disease, 2010, 29(2): 15-17.
- [17] 徐正红,易光华,周仁东,等.十堰市松墨天牛生物学特性及发生规律研究[J].湖北林业科技,2021,50(3):29-34.
XU Z H, YI G H, ZHOU R D, et al. Study on biological characteristics and occurrence regulation of *Monochamus alternatus* in ShiYan[J]. Hubei Forestry Science and Technology, 2021, 50(3): 29-34.
- [18] 蔡华,张彦龙,唐艳龙,等.余庆县松褐天牛成虫羽化规律与气温、降水量的关系[J].河北林业科技,2016(2):9-11.
CAI H, ZHANG Y L, TANG Y L, et al. Relationship between the adult emergence regular of *Monochamus alternatus* Hope and temperature, precipitation in Yuqing county[J]. The Journal of Hebei Forestry Science and Technology, 2016(2): 9-11.
- [19] 李源,金胜利,何骏,等.不同海拔高度松褐天牛羽化规律观察初报[J].安徽林业科技,2021,47(2):23-26.
LI Y, JIN S L, HE J, et al. Preliminary observation report on the eclosion regularities of *Monochamus alternatus* at different altitudes[J]. Anhui Forestry Science and Technology, 2021, 47(2): 23-26.
- [20] 黄丹,李桂珍,王荣蛟,等.攀枝花市松墨天牛生活史研究[J].四川农业科技,2021(1):40-42.
HUANG D, LI G Z, WANG R J, et al. Lifecycle of *Monochamus alternatus* in Panzhihua[J]. Sichuan Agricultural Science and Technology, 2021(1): 40-42.
- [21] 黄长文,彭琼,卢宗荣,等.不同海拔高度松墨天牛生物学特性研究[J].湖北林业科技,2020,49(4):45-48.
HUANG C W, PENG Q, LU Z R, et al. Study on the biological characteristics of *Monochamus alternatus* at different altitudes [J]. Hubei Forestry Science and Technology, 2020, 49(4): 45-48.
- [22] 陈斌.黄斑星天牛和光肩星天牛的数值分类研究:鞘翅目:天牛科[J].昆虫学报,1989,32(3):341-349.
CHEN B. A numerical taxonomic study of *Anoplophora nobilis* (Ganglbauer) and *A. glabripennis* (Motschulsky) (Coleoptera:Cerambycidae)[J]. Acta Entomologica Sinica, 1989, 32(3): 341-349.
- [23] 薛薇.基于SPSS的数据分析[M].第3版.北京:中国人民大学出版社,2014.
XUE W. Data analysis based on SPSS[M]. 3rd edition. Beijing: China Renmin University Press, 2014.
- [24] 王立超,陈凤毛,董晓燕,等.松墨天牛取食和产卵特性研究[J/OL].南京林业大学学报(自然科学版). (2021-07-30)[2021-08-05]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1161.s.20210729.1545.002.html>.
WANG L C, CHEN F M, DONG X Y, et al. Study on the feeding and oviposition characteristics of *Monochamus alternatus* [J/OL]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition). (2021-07-30)[2021-08-05]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1161.s.20210729.1545.002.html>.
- [25] 付达英,芮荣菊,胡劭骥,等.云南省6个松墨天牛种群形态差异分析[J].四川动物,2010,29(1):87-90.
FU D Y, RUI R J, HU S J, et al. Analysis of the morphological differences on six populations of *Monochamus alternatus* Hope from Yunnan[J]. Sichuan Journal of Zoology, 2010, 29(1): 87-90.

Animal Sciences

Morphological Variations and Their Relationships with Environmental Factors of *Monochamus alternatus* in Chongqing

YUAN Huan^{1,2}, RAN Chunyan³, CHEN Bin¹

(1. Chongqing Key Laboratory of Vector Insects, Institute of Entomology and Molecular Biology, Chongqing Normal University, Chongqing 401331; 2. Chongqing Vocational College of Media, Tongliang Chongqing 402560; 3. Chongqing Bashu Primary School, Chongqing 400015, China)

Abstract: [Purposes]To investigate the morphological variation of *Monochamus alternatus* population in different geographic populations of Chongqing and their relationship with environmental factors. [Methods]Observation of 107 morphological characteristics of individual *M. alternatus* collected from 12 districts and counties in Chongqing was performed on individual body length, body width, pronotum length, pronotum width, and pronotum streak. According to geographical information and climatic elements of these specimen collection sites, *M. alternatus* in Chongqing was divided into 6 natural geographic populations. The variation and correlation of morphological measurement within and between populations, and the correlation between morphological variation and environmental factors was also analyzed. [Findings]The individual morphological variation and the coefficient of variation among populations of *M. alternatus* are low. The population's morphology of the northwestern region of Chongqing is different from the other five populations. The accuracy of the comprehensive discriminant function is low. The difference is not obvious. Correlation analysis between the morphological characteristics of *M. alternatus* and the climatic elements showed that the body length and width of *M. alternatus* were significantly positively correlated with longitude, altitude, latitude, and average annual precipitation, and significantly negatively correlated with the average annual temperature. [Conclusions]The *M. alternatus* in Chongqing has not differentiated into obvious geographical differences. The morphological differences are caused by changes in environmental factors.

Keywords: *Monochamus alternatus*; morphological variation; environmental factor; correlation analysis; Chongqing

(责任编辑 方 兴)