

文章编号:1001-7380(2018)06-0034-05

老山国家森林公园蝴蝶物种调查及分析

钟华瀚,胡润涛,袁李飞,陈鑫,石心怡,周延*

(南京林业大学南方现代林业协同创新中心,生物与环境学院,江苏 南京 210037)

摘要:于2017年6—10月,2018年3—10月调查老山国家森林公园蝴蝶多样性,共采集到蝴蝶标本200余份,隶属7科35属,较2004年调查结果新增蝴蝶14种和减少35种,表明单次监测不能全面反映森林公园蝴蝶多样性,需对其进行长期监测。2次调查表明老山国家森林公园共有蝴蝶8科53属85种。老山地区新发现蝴蝶的主要原因为植被演替和气候变暖导致的蝴蝶分布区域向北扩散。提出老山国家森林公园蝴蝶保护建议。

关键词:老山国家森林公园;蝴蝶;调查;标本;植被演替

中图分类号:Q969.437.8;Q969.438.1;S759.93

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2018.06.009

Analysis on the alternation of butterfly diversity in Laoshan National Forest Park

Zhao Huahan, Hu Runtao, Yuan Lifei, Chen Xin, Shi Xinyi, Zhou Yan*

(Co-Innovation Center for Sustainable Forestry in Southern China, College of Biology and the Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037)

Abstract: Butterfly in Laoshan National Forest Park was investigated from June to October, 2017 and March to October, 2018. More than 200 butterfly specimens were collected, belonging to 35 genera and 7 families. Compared with the survey results in 2004, 14 species were added and 35 species were reduced, which indicated that one-time survey could not fully reflect the butterfly diversity in forest parks, and long-term monitoring should be needed. Two surveys showed that there were 85 species of butterflies belonging to 53 genera and 8 families in Laoshan National Forest Park. The main reasons for the new distribution records of butterflies in Laoshan are the northward spread of butterfly distribution caused by vegetation succession and climate warming. This study also provides clues for conserving butterflies in Laoshan National Forest Park.

Key words: Laoshan National Forest Park; Butterfly; Investigation; Specimen; Vegetation succession

蝴蝶是节肢动物门昆虫纲鳞翅目锤角亚目动物的统称。蝴蝶在陆地生态系统中具有非常重要的作用,蝴蝶成虫可以为显花植物授粉,有利于显花植物的繁殖和生存;蝴蝶幼虫是食物链中的重要环节,它在取食植物的同时,也为其他昆虫、两栖类和鸟类提供食物,是陆地生态系统的重要组成部分^[1]。

蝴蝶属于全变态昆虫,其卵期和成虫期对环境的要求存在差异,作为变温动物,其活动以及繁殖

会受到环境变化的影响,如植被类型、地表温度、光照时间等,对环境的敏感性较高,因此蝴蝶被公认为是对全球气候变化最敏感的指示物种之一^[1]。加之蝴蝶种类繁多,估计全球蝴蝶物种总数约为16 000—20 000种,我国已知蝴蝶种数约为2 000种^[2]。蝴蝶物种多样性差异可反映环境时空动态,对其进行较大时间尺度上的观测还可以揭示局部地区气候变化的规律^[2]。森林生态系统是蝴蝶重要的栖息地之一,目前我国已建立森林公园3 505

收稿日期:2018-11-18;修回日期:2018-11-26

基金项目:南京林业大学大学生创新训练计划项目“南京老山国家森林公园蝶类种类分布及季节性变化”(2017NFUSPITP405);江苏高校优势学科建设工程项目(PAPD)

作者简介:钟华瀚(1997-),男,广东广州人,大学本科。主要从事动物生态学研究。

* **通信作者:**周延(1982-),男,湖南衡阳人,讲师,博士。主要从事动物生态学和种群生态学研究。E-mail:zhouyan.eco@foxmail.com。

个,截止至2017年底有国家级森林公园881个^[3],对森林公园蝴蝶物种多样性进行长期监测有利于揭示物种多样性变化规律,在物种水平上加强栖息地管理水平。不过目前对蝴蝶物种多样性的监测工作在时间和空间尺度上大多缺乏连续性,无法对单一地区进行跨时间尺度的对比^[2]。在过去100 a(1906—2005年)中,全球平均地表气温升高了0.74℃^[4],了解蝴蝶如何响应以气候变暖为主的环境变化需要长期监测。老山国家森林公园(下称“老山”)位于南京市浦口区,蝴蝶物种丰富,其蝴蝶资源调查开展较早^[5],但监测工作未能持续。本研究通过再次调查老山国家森林公园的蝴蝶物种丰度,并与之前调查结果进行对比,揭示在环境变化背景下蝴蝶物种多样性变化特征和驱动因素。

1 生境概况

1.1 地理概况

老山横贯江苏省南京市浦口区,国家森林公园依托1991年成立的老山林场建成,素有“南京绿肺”“江北明珠”的美称。老山东起浦口高新区,南邻长江,北枕滁河,西达安徽和县,总面积80 km²,森林覆盖率超过80%^[6]。老山属亚热带季风气候区,四季分明,年平均气温15.3℃,积温4 900℃,雨量充沛,年降水量约1 043.8 mm^[7]。

1.2 植被分布

该区植被80%以上起源于以松、杉、麻栎等为主的人工林,但随着森林管理方法的日渐完善,目前该区的植被主体为以麻栎林、白栎-短柄枹栎林等为主的次生林以及占小部分以马尾松林、黑松林、刺槐林、杜仲林为主的人工植被。随着群落演替与人为干扰的减少,老山国家森林公园植被总体上正在由针叶林向阔叶林方向演替发展,最终将可能成为林下含常绿成分的落叶阔叶林^[8]。

2 研究方法

2.1 调查时间

老山国家森林公园的蝴蝶成虫期约为每年3—10月,本次调查时间为2017年6—10月,2018年3—10月。调查期间每周1采样1次。由于蝴蝶成虫飞行受环境温度影响,每天在蝴蝶活动较频繁的时间即8:00—12:00进行调查,在不同季节,根据实际温度进行调整,如夏季气温较高不利于蝴蝶飞行,调查时间提前1 h。

2.2 调查方法

采用网捕法对老山国家森林公园的蝶类资源进行全面调查。根据该地区的自然环境和植被类型等特征,分为5条样线,覆盖了常绿阔叶林、人工针叶林、灌木林以及草本植物等植被类型。在每次调查过程中以3 km/h的速度沿样线前进,用捕虫网捕捉采集线路2侧目视范围内的蝴蝶个体(无法捕捉到的记录其大小、颜色、飞行高度、周围环境等有助于鉴定的特征)。为避免对老山国家森林公园中的蝴蝶资源造成破坏,确定某种蝴蝶已经被捕捉过后,不再对其进行捕捉。

2.3 物种鉴定

将采集的蝴蝶个体存放在三角袋中带回室内,制成针插标本,参考周尧《中国蝶类志》^[9]等有关专著进行分类鉴定。

3 结果与分析

调查共采集蝴蝶标本200份余,经鉴定共计50种(见表1),分别隶属于7科35属,包括凤蝶科6属14种,占28%;绢蝶科1属1种,占2%;粉蝶科4属6种,占12%;眼蝶科6属7种,占14%;喙蝶科1属1种,占2%;蛱蝶科13属17种,占34%,是老山国家森林公园最大的蝴蝶类群;灰蝶科4属4种,占8%。其中中华虎凤蝶作为中国特有种,被《国家重点保护野生动物》列为国家二级保护动物;冰清绢蝶被列入“国家保护的有益的或者具有重要经济、科学研究价值的陆生野生动物名录”。

与2004年调查结果相比,本次调查结果新增了8种凤蝶、3种眼蝶、2种蛱蝶和1种灰蝶(见表2);2004年调查结果中有5种粉蝶、7种眼蝶、6种蛱蝶、9种灰蝶和8种弄蝶本次调查未记录到。

4 讨论

4.1 物种多样性变化分析

在一定空间尺度内,蝴蝶物种丰度受多项环境因素影响,如环境温度、植被状况变化时,蝴蝶物种多样性增加或减少^[9]。由于大部分蝴蝶物种飞行较迅速,在不同生境间移动速度较快^[9],在地形较复杂、景观多样性较高的保护区或森林公园内,需要进行多年调查才能完善蝴蝶名录^[10]。本次调查和2004年的调查虽然在调查力度和调查覆盖范围等方面存在差异,但均属于抽样调查,不能完全覆盖老山所有蝴蝶适宜栖息地,导致本次调查和2004年的

表 1 老山国家森林公园蝴蝶名录

科 (Family)	属 (Genus)	种 (Species)		数据来源	
		学名	拉丁名	野外调查	文献记载
凤蝶科	麝凤蝶属 <i>Byasa</i>	麝凤蝶	<i>Byasa alcinous</i>	●	●
		长尾麝凤蝶	<i>B. impediens</i>	●	●
		灰绒麝凤蝶	<i>B. menci</i>	●	
	凤蝶属 <i>Byasa</i>	碧凤蝶	<i>Princeps bianor</i>	●	●
		柑橘凤蝶	<i>Sinoprinceps xuthus</i>	●	●
		玉带凤蝶	<i>Menelaides polytes</i>	●	
		美姝凤蝶	<i>M. macilentus</i>	●	
	青凤蝶属 <i>Graphium</i>	蓝凤蝶	<i>M. protenor</i>	●	●
		黎氏青凤蝶	<i>Graphium leechi</i>	●	
		碎斑青凤蝶	<i>G. chironides</i>	●	
		青凤蝶	<i>G. sarpedon</i>	●	
	丝带凤蝶属 <i>Sericanus</i>	丝带凤蝶	<i>Sericanus montelus</i>	●	●
	虎凤蝶属 <i>Luehdorfia</i>	中华虎凤蝶	<i>Luehdorfia chinensis</i>	●	
绢蝶科	珠凤蝶属 <i>Pachliopta</i>	红珠凤蝶	<i>Pachliopta aristolochiae</i>	●	
	绢蝶属 <i>Parnassius</i>	冰清绢蝶	<i>Parnassius glacialis</i>	●	●
	方粉蝶属 <i>Dercas</i>	黑角方粉蝶	<i>Dercas lycorias</i>		●
	黄粉蝶属 <i>Eurema</i>	尖角黄粉蝶	<i>Eurema laeta</i>	●	●
		宽边黄粉蝶	<i>E. hecabe</i>		●
		槲黄粉蝶	<i>E. blanda</i>		●
	豆粉蝶属 <i>Colias</i>	斑缘豆粉蝶	<i>Colias erate</i>	●	●
	襟粉蝶属 <i>Anthocharis</i>	橙翅襟粉蝶	<i>Anthocharis bambusarum</i>	●	●
	粉蝶属 <i>Pieris</i>	菜粉蝶	<i>Pieris rapae</i>	●	●
		东方菜粉蝶	<i>P. canidia</i>	●	●
		暗脉菜粉蝶	<i>P. napi</i>		●
		黑纹粉蝶	<i>melete</i>	●	●
	云粉蝶属 <i>Pontia</i>	云粉蝶	<i>Pontia daplidice</i>		●
眼蝶科	黛眼蝶属 <i>Lethe</i>	曲纹黛眼蝶	<i>Lethe chandica</i>	●	
	荫眼蝶属 <i>Neope</i>	蒙链荫眼蝶	<i>Neope muirheadi</i>	●	●
	眉眼蝶属 <i>Mycalesis</i>	小眉眼蝶	<i>Mycalesis mineus</i>	●	●
		稻眉眼蝶	<i>M. gotama</i> Moore		●
	白眼蝶属 <i>Melanargia</i>	黑纱白眼蝶	<i>Melanargia lugens</i>	●	●
		华北白眼蝶	<i>M. epimede</i>		●
	矍眼蝶属 <i>Ypthima</i>	矍眼蝶	<i>Ypthima balda</i>		●
		中华矍眼蝶	<i>Y. chinensis</i>		●
		东亚矍眼蝶	<i>Y. motschulskyi</i>		●
		卓矍眼蝶	<i>Y. zodia</i>		●
		幽矍眼蝶	<i>Y. conjuncta</i>		●
		乱云矍眼蝶	<i>Y. megalomma</i>	●	●
		密纹矍眼蝶	<i>Y. multistriata</i>	●	
	眼蝶属 <i>Palaeonympha</i>	古眼蝶	<i>Palaeonympha opalina</i>	●	
喙蝶科	喙蝶属 <i>Libythea</i>	朴喙蝶	<i>Libythea celtis</i>	●	●
蛱蝶科	斐豹蛱蝶属 <i>Argyreus</i>	斐豹蛱蝶	<i>Argyreus hyperbius</i>	●	●
	老豹蛱蝶属 <i>Argyronome</i>	老豹蛱蝶	<i>Argyronome laodice</i>	●	●
	豹蛱蝶属 <i>Argynnis</i>	绿豹蛱蝶	<i>Argynnis paphia</i>		●

续表 1					
科 (Family)	属 (Genus)	种 (Species)		数据来源	
		学名	拉丁名	野外调查	文献记载
	青豹蛱蝶属 <i>Damora</i>	青豹蛱蝶	<i>Damora sagana</i>	●	●
	福蛱蝶属 <i>Fabriciana</i>	灿福蛱蝶	<i>Fabriciana adippe</i>	●	
	琉璃蛱蝶属 <i>Kaniska</i>	琉璃蛱蝶	<i>Kaniska canace</i>	●	●
	钩蛱蝶属 <i>Polygonia</i>	白钩蛱蝶	<i>Polygonia c-album</i>	●	●
		黄钩蛱蝶	<i>P. c-aureum</i>	●	●
	红蛱蝶属 <i>Vanessa</i>	大红蛱蝶	<i>Vanessa indica</i>	●	●
		小红蛱蝶	<i>V. cardui</i>	●	●
	眼蛱蝶属 <i>Junonia</i>	翠蓝眼蛱蝶	<i>Junonia orithya</i>		●
		美眼蛱蝶	<i>J. almana</i>		●
	蜘蛱蝶属 <i>Araschnia</i>	曲纹蜘蛱蝶	<i>Araschnia doris</i>	●	●
	线蛱蝶属 <i>Limenitis</i>	扬眉线蛱蝶	<i>Limenitis helmanni</i>		●
		残锖线蛱蝶	<i>L. sulphitia</i>	●	●
	环蛱蝶属 <i>Neptis</i>	小环蛱蝶	<i>Neptis sappho</i>	●	●
		中环蛱蝶	<i>N. hylas</i>	●	●
	闪蛱蝶属 <i>Apatura</i>	柳紫闪蛱蝶	<i>Apatura ilia</i>		●
	脉蛱蝶属 <i>Hestina</i>	黑脉蛱蝶	<i>Hestina assimilis</i>	●	●
		拟斑脉蛱蝶	<i>H. persimilis</i>	●	
	猫蛱蝶属 <i>Timelaea</i>	猫蛱蝶	<i>Timelaea maculata</i>	●	●
	尾蛱蝶属 <i>Polyura</i>	二尾蛱蝶	<i>Polyura narcaea</i>	●	●
	斑蛱蝶属 <i>Hypolimnas</i>	幻紫斑蛱蝶	<i>Hypolimnas bolina</i>		●
灰蝶科	蚜灰蝶属 <i>Taraka</i>	蚜灰蝶	<i>Taraka hamada</i>	●	●
	燕灰蝶属 <i>Rapala</i>	蓝燕灰蝶	<i>Rapala caerulea</i>		●
		燕灰蝶	<i>R. varuna</i>		●
	银灰蝶属 <i>Curetis</i>	尖翅银灰蝶	<i>Curetis acuta</i>		●
	洒灰蝶属 <i>Satyrium</i>	优秀洒灰蝶	<i>Satyrium eximium</i>	●	
	灰蝶属 <i>Lycaena</i>	红灰蝶	<i>Lycaena phlaeas</i>	●	●
	亮灰蝶属 <i>Lampides</i>	亮灰蝶	<i>Lampides boeticus</i>		●
	酢浆灰蝶属 <i>Pseudozizeeria</i>	酢浆灰蝶	<i>Pseudozizeeria maha</i>	●	●
	蓝灰蝶属 <i>Everes</i>	蓝灰蝶	<i>Everes argiades</i>		●
	毛眼灰蝶属 <i>Zizina</i>	毛眼灰蝶	<i>Zizina otis</i>		●
	玄灰蝶属 <i>Tongeia</i>	玄灰蝶	<i>Tongeia fischeri</i>		●
	琉璃灰蝶属 <i>Celastrina</i>	琉璃灰蝶	<i>Celastrina argiola</i>		●
		大紫琉璃灰蝶	<i>C. oreas</i>		●
弄蝶科	黑弄蝶属 <i>Daimio</i>	黑弄蝶	<i>Daimio tethys</i>		●
	锓弄蝶属 <i>Aeromachs</i>	河伯锓弄蝶	<i>Aeromachus inachus</i>		●
	稻弄蝶属 <i>Parnara</i>	直纹稻弄蝶	<i>Parnara guttata</i>		●
		么纹稻弄蝶	<i>P. bada</i>		●
		曲纹稻弄蝶	<i>P. ganga</i>		●
	黄斑弄蝶属 <i>Ampittia</i>	小黄斑弄蝶	<i>Ampittia nana</i>		●
	谷弄蝶属 <i>Pelopidas</i>	南亚谷弄蝶	<i>Pelopidas agna</i>		●
		隐纹孔弄蝶	<i>P. mathias</i>		●

调查结果有一定差异,有些在老山地区分布的蝴蝶只被调查到 1 次或者 2 次。如中华虎凤蝶在长江中

下游流域和秦岭呈连续分布状态,南京市及周边区域均有分布。老山作为中华虎凤蝶适宜栖息地,

表 2 新增蝴蝶种类及其主要寄主植物、主要分布地

科	种	主要寄主植物	江苏省及国内主要分布
凤蝶科	灰绒磨凤蝶	马兜铃科(棉毛马兜铃)、防己科	江苏(南京、宜兴、连云港、镇江)、中国东南部
	玉带凤蝶	芸香科(柑橘)、枸杞	江苏(南京、镇江、扬州、连云港)、河南、安徽等
	美姝凤蝶	芸香科(柑橘属、芸香)	江苏(连云港、南京、镇江)、河南、陕西、等
	黎氏青凤蝶	木兰科(鹅掌楸)	浙江、江西、四川等
	碎斑青凤蝶	木兰科(深山含笑)	浙江、福建、广东等
	青凤蝶	樟、楠、肉桂、油	江苏(宜兴、镇江、南京、连云港)、安徽、浙江、河南、湖南等
	中华虎凤蝶	杜衡、细辛	江苏(南京、连云港)、安徽、浙江、湖南、陕西等
	红珠凤蝶	马兜铃科	江苏(南京、宜兴、连云港)、江西、浙江、河南等
眼蝶科	曲纹黛眼蝶	竹	江苏(宜兴、南京)、浙江、福建、台湾、印度等
	密纹矍眼蝶	禾本科	台湾
	古眼蝶	芒、求米草、淡竹	江苏、浙江、河南
蛱蝶科	灿福蛱蝶	堇菜科	江苏(南京)、河南、陕西、日本等
	拟斑脉蛱蝶	榆科	河北、山西、河南、福建等
灰蝶科	优秀洒灰蝶	蔷薇科(苹果)	江苏(连云港宿城)、浙江、河南、江西、福建等

在之前的监测中未有发现记录,本次调查结果为首
次报道。近年来老山国家森林公园对中华虎凤蝶
在低海拔地区的寄主植物——杜衡进行了有效保
护^[11],使老山的中华虎凤蝶种群得到了有效保护,
也增加了中华虎凤蝶被调查到的概率。因此,综合
多次调查方能较好地反映老山蝴蝶物种多样性,本
次调查和 2004 年调查表明老山现有蝴蝶 85 种,隶
属于 8 科 53 属。

也有一些蝴蝶物种近十年间扩散到老山地区
并迅速增长。本研究中,老山蝴蝶较 2004 年调查结
果新增了 14 种(见表 2),其中碎斑青凤蝶在我国东
南沿海地区呈连续分布,过去在江苏省无分布记
录^[12]。碎斑青凤蝶主要宿主植物为木兰科植物,近
年来木兰科植物作为园林绿化植物,在我国东南地
区得到广泛种植^[13-14],增加了碎斑青凤蝶的适宜栖
息地面积。近年来,老山地区阔叶林所占的比例逐
年上升,正逐渐向稳定复杂的地带性植被发展。而
林分垂直结构逐渐复杂,有利于多种蝶类栖息繁
衍^[8]。本次调查记录到之前未在老山地区分布的
拟斑脉蛱蝶和黎氏青凤蝶。

密纹矍眼蝶之前仅在台湾有分布记录^[9,15],目
前在我国东南地区有大量的采集记录。其分布范
围向北扩散一定程度上受气候变暖影响,其卵、幼
虫发育可耐受更高纬度地区温度,后续还需进一
步调查其生活史状况及宿主植物分布特征以厘清其
物种扩散原因。

4.2 老山蝴蝶保护建议

保护老山蝴蝶多样性,需建立长期的蝴蝶观测

体系,定期调查老山国家森林公园范围内的蝴蝶资
源,以确保充分了解老山内所拥有的蝶类资源及其
分布状况,阐明老山蝴蝶的重点分布区域,更好地
设计出更有针对性的保护措施。需加强对珍稀濒
危蝴蝶的保护。结合现有设施条件,广泛合作,建
立中国虎凤蝶的繁育基地,开展人工饲养或抚育,
并详细研究中华虎凤蝶等珍稀濒危蝴蝶的生活史
和生态学特征,充分了解其生活史不同阶段的资源
需求,在其分布重点区域,人工栽种杜衡等寄主植
物,从而有效提升其种群数量。

加强宣传教育力度,大力开展保护蝴蝶的宣传
教育活动,从根本上减少威胁蝴蝶的人类活动。并
适度开发和利用蝴蝶资源,对某些种群数量较大且
具有观赏价值的蝴蝶,如碧凤蝶、柑橘凤蝶等,可以
人工饲养繁殖,用于科研、教学等。

参考文献:

[1] 赵彩云,李俊生,罗建武,等.蝴蝶对全球气候变化响应的研究
综述[J].生态学报,2010,30(4):1050-1057.
[2] 马方舟,徐海根,陈萌萌,等.全国蝴蝶多样性观测网络(China
BON-Butterflies)建设进展[J].生态与农村环境学报,2018,34
(1):27-36.
[3] 中国林业网. <http://www.forestry.gov.cn/sites/slgy/slgy/>.
[4] 戈 峰.应对全球气候变化的昆虫学研究[J].应用昆虫学报,
2011,48(5):1117-1122.
[5] 李朝晖,张海兵,秦晓静,等.江苏老山山地蝶类生态分布与区
系分析[J].南京晓庄学院学报,2004,20(4):5-8,113.
[6] 徐 慧.南京老山国家森林公园 4 种林分类型土壤的抗侵蚀性
能评价[J].浙江林业科技,2017,37(3):17-22.

- [5] BRITO K C T D, LEMOS C T D, ROCHA J A V, et al. Comparative genotoxicity of airborne particulate matter (PM_{2.5}) using *Salmonella*, plants and mammalian cells [J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2013, 94: 14-20.
- [6] 张维康.北京市主要树种滞纳空气颗粒物功能研究[D].北京:北京林业大学,2016.
- [7] 郭伟,申屠雅瑾,郑述强,等.城市绿地滞尘作用机理和规律的研究进展[J].*生态环境学报*,2010,19(6):1465-1470.
- [8] 俞学如.南京市主要绿化树种叶面滞尘特征及其与叶面结构的关系[D].南京:南京林业大学,2008.
- [9] 石辉,王会霞,李秧秧,等.女贞和珊瑚树叶片表面特征的AFM观察[J].*生态学报*,2011,31(5):1471-1477.
- [10] 张维康,王兵,牛香.北京市不同污染地区园林植物对空气颗粒物的滞纳能力[J].*环境科学*,2015,36(7):2381-2388.
- [11] 季静,王罡,杜希龙,等.京津冀地区植物对灰在空气中PM_{2.5}等细颗粒物吸附能力分析[J].*中国科学:生命科学*,2013,43:694-699.
- [12] 王兵,张维康,牛香,等.北京10个常绿树种颗粒物吸附能力研究[J].*环境科学*,2015,36(2):408-414.
- [13] 刘玲,方炎明,王顺昌,等.7种树木的叶片微形态与空气悬浮颗粒吸附及重金属累积特征[J].*环境科学*,2013,34(6):2361-2367.
- [14] 王亚超.城市植物叶面尘理化特性及源解析研究[D].南京:南京林业大学,2007.
- [15] 刘萌萌.林带对阻滞吸附PM_{2.5}等颗粒物的影响研究[D].北京:北京林业大学,2014.
- [16] 柴一新,祝宁,韩焕金.城市绿化树种的滞尘效应—以哈尔滨市为例[J].*应用生态学报*,2002,13(9):1121-1126.

(上接第18页)

- [19] 李效文,贾黎明,李广德,等.北京低山桃针叶树混交风景林景观质量评价及经营技术[J].*南京林业大学学报(自然科学版)*,2010,34(4):107-111.
- [20] 董建文,章志都,许贤书,等.福建省山地坡面风景游憩林美景度综合评价及构建技术[J].*东北林业大学学报*,2010,38(4):45-48.
- [21] 杨鑫霞,亢新刚,杜志,等.基于SBE法的长白山森林景观美学评价[J].*西北农林科技大学学报(自然科学版)*,2012,40

(6): 86-90.

- [22] 张前进,吴泽民,周文.城市景观生态林景观美景度评价[J].*安徽农业大学学报*,2014,41(2):188-192.
- [23] 陈鑫峰.京西山区森林景观评价和风景游憩林营建研究—兼论太行山区的森林游憩业建设[D].北京:北京林业大学,2000.
- [24] 张喆,郗光发,王成,等.多尺度植物色彩表征及其与人体响应的关系[J].*生态学报*,2017,37(15):5070-5079.

(上接第21页)

等性状上明显优于其他种源。同一种源内品种间各性状上差异不明显。

(2) 太子参引种试验结果表明,广德种源广4品种较适于泗阳林下栽培,可作为泗阳引种的主要栽培品种。

(3) 选择太子参广德种源优良品种广德4号为泗阳杨树林地复合经营主要栽培种,以优质种根作为栽培材料,是提高杨树林地太子参产量的关键。

(4) 不同的杨树林立地和不同林龄的杨树林对林下太子参栽培产量有直接影响。选择沙壤土或

壤土、造林密度在270—405株/hm²、造林第4a的杨树林下栽培太子参效果较好。土壤条件、播种量与太子参产量的相互影响关系比较复杂,这还需在今后进一步试验研究。

(5) 杨树林地太子参最佳栽培时间为9月下旬,过早、过迟都影响太子参的产量。

(6) 垄状栽植、地膜覆盖均有利于提高杨树林地太子参的产量,林地复合经营效果得到有效提高。垄状栽培有利于排水,特别是在雨季,不会因积水导致太子参烂根,从而严重影响产量,但作垄成本相对要高,春季容易造成干旱。

(上接第38页)

- [7] 凌云,张光富,王锐.南京老山国家森林公园朴树种群动态[J].*生态与农村环境学报*,2011,27(2):28-34.
- [8] 黄健.南京老山地区植物区系与植物资源研究[D].南京:南京林业大学,2013.
- [9] 周尧.中国蝶类志[M].郑州:河南科学技术出版社,1995.
- [10] 叶璇,刘萍,赵雪丽,等.石门国家森林公园森林蓄积量和物种多样性动态变化[J].*林业与环境科学*,2018,34(5):53-57.
- [11] 袁德成,买国庆,薛大勇,等.中华虎凤蝶栖息地、生物学和保

护现状[J].*生物多样性*,1998,6(2):105-115.

- [12] 李朝晖,陈建秀,黄诚,等.江苏省蝶类名录及分布研究[J].*南京林业大学学报(自然科学版)*,2004,28(4):73-78.
- [13] 许东新,庄炳莉,薛建辉,等.南京地区5个常绿阔叶树种的抗寒性评价[J].*南京林业大学学报(自然科学版)*,2010,34(3):72-76.
- [14] 谢晓金,郝日明.南京地区引种的24种常绿阔叶树种耐寒性比较[J].*浙江林学院学报*,2006,23(3):285-289.
- [15] CASD. <http://www.zoology.csdb.cn/>.