

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第33卷 第9期 Vol.33 No.9 2013

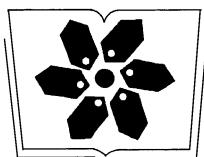
中国生态学学会

中国科学院生态环境研究中心

科学出版社

主办

出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报 (SHENTAI XUEBAO)

第33卷 第9期 2013年5月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 可持续发展研究的学科动向 茶 娜, 邬建国, 于润冰 (2637)
代谢异速生长理论及其在微生物生态学领域的应用 贺纪正, 曹 鹏, 郑袁明 (2645)
植物内生菌促进宿主氮吸收与代谢研究进展 杨 波, 陈 晏, 李 霞, 等 (2656)
中国园林生态学发展综述 于艺婧, 马锦义, 袁韵珏 (2665)

个体与基础生态

- 基于最小限制水分范围评价不同耕作方式对土壤有机碳的影响 陈学文, 王 农, 时秀焕, 等 (2676)
草原土壤有机碳含量的控制因素 陶 贞, 次旦朗杰, 张胜华, 等 (2684)
外源钙离子与南方菟丝子寄生对喜旱莲子草茎形态结构的影响 车秀霞, 陈惠萍, 严巧娣, 等 (2695)
毛竹出笋后快速生长期茎秆色素含量与反射光谱的相关性 刘 琳, 王玉魁, 王星星, 等 (2703)
巴郎山异型柳叶片功能性状及性状间关系对海拔的响应 冯秋红, 程瑞梅, 史作民, 等 (2712)
外源磷或有机质对板蓝根吸收转运砷的影响 高宁大, 耿丽平, 赵全利, 等 (2719)
不同猎物饲喂对南方小花蝽捕食量和喜好性的影响 张昌容, 郅军锐, 莫利锋 (2728)
捕食风险对东方田鼠功能反应格局的作用 陶双伦, 杨锡福, 姚小燕, 等 (2734)
基于线粒体细胞色素 c 氧化酶亚基 I 基因序列的帘蛤科贝类分子系统发育研究
..... 程汉良, 彭永兴, 董志国, 等 (2744)

不同实验生态环境对海刺猬遮蔽行为的影响

常亚青, 李云霞, 罗世滨, 等 (2754)

种群、群落和生态系统

- 基于 RS 与 GIS 的赣江上游流域生态系统服务价值变化 陈美球, 赵宝萍, 罗志军, 等 (2761)
长江口及邻近海域富营养化指标响应变量参照状态的确定 郑丙辉, 朱延忠, 刘录三, 等 (2768)
长江口及邻近海域富营养化指标原因变量参照状态的确定 郑丙辉, 周 娟, 刘录三, 等 (2780)
鸭绿江口及邻近海域生物群落的胁迫响应 宋 伦, 王年斌, 杨国军, 等 (2790)
杭州西溪湿地大型底栖动物群落特征及与环境因子的关系 陆 强, 陈慧丽, 邵晓阳, 等 (2803)
生物土壤结皮对荒漠土壤线虫群落的影响 刘艳梅, 李新荣, 赵 昕, 等 (2816)
大棚模拟条件下角倍蚜春季迁飞数量动态及其与气象因子的关系 李 杨, 杨子祥, 陈晓鸣, 等 (2825)
宁南山区植被恢复对土壤团聚体水稳定及有机碳粒径分布的影响 程 曼, 朱秋莲, 刘 雷, 等 (2835)
1958—2008 年太白山太白红杉林碳循环模拟 李 亮, 何晓军, 胡理乐, 等 (2845)
不同干扰对黄土区典型草原物种多样性和生物量的影响 陈芙蓉, 程积民, 刘 伟, 等 (2856)
乌拉山自然保护区白桦种群的年龄结构和点格局分析 胡尔查, 王晓江, 张文军, 等 (2867)
西南干旱对哀牢山常绿阔叶林凋落物及叶面积指数的影响 杞金华, 章永江, 张一平, 等 (2877)
阿尔泰山小东沟林区乔木物种丰富度空间分布规律 井学辉, 曹 磊, 藏润国 (2886)

景观、区域和全球生态

太湖流域生态风险评价 许 妍,高俊峰,郭建科 (2896)

基于 GIS 的关中-天水经济区土地生态系统固碳释氧价值评价 周自翔,李 璞,冯雪铭 (2907)

资源与产业生态

淹水条件下控释氮肥对污染红壤中重金属有效性的影响 梁佩筠,许 超,吴启堂,等 (2919)

研究简报

高温强光对小麦叶绿体 Deg1 蛋白酶和 D1 蛋白的影响及水杨酸的调节作用 郑静静,赵会杰,胡巍巍,等 (2930)

不同 CO₂ 浓度变化下干旱对冬小麦叶面积指数的影响差异 李小涵,武建军,吕爱锋,等 (2936)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 308 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 32 * 2013-05



封面图说: 肥美的当雄草原——高寒草甸是在寒冷的环境条件下,发育在高原和高山的一种草地类型。其植被组成主要是多年生草本植物,冬季往往有冰雪覆盖,土壤主要为高山草甸土。当雄草原位于藏北高原,藏南与藏北的交界地带,海拔高度为 5200—4300m,受海洋性气候影响,呈现高原亚干旱气候,年平均降水量 293—430mm。主要有小嵩草草甸、藏北嵩草草甸和沼泽草甸等,覆盖度为 60%—90%,其中小嵩草草甸分布面积最大,连片分布于广阔的高原面上。高寒草甸草层低,草质良好,是畜牧业优良的夏季牧场。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201201310127

李杨, 杨子祥, 陈晓鸣, 刘平, 唐翊峰. 大棚模拟条件下角倍蚜春季迁飞数量动态及其与气象因子的关系. 生态学报, 2013, 33(9): 2825-2834.
Li Y, Yang Z X, Chen X M, Liu P, Tang Y F. Associations between weather factors and the spring migration of the horned gall aphid, *Schlechtendalia chinensis*. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(9): 2825-2834.

大棚模拟条件下角倍蚜春季迁飞数量动态 及其与气象因子的关系

李 杨, 杨子祥*, 陈晓鸣, 刘 平, 唐翊峰

(中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 国家林业局资源昆虫培育与利用重点实验室, 昆明 650224)

摘要: 2009—2011年, 在四川峨眉对大棚模拟条件下角倍蚜春季的迁飞数量及其与气象因子的关系进行观察分析, 结果表明春迁蚜的迁飞活动与天气条件密切相关, 在迁飞期内, 当日平均气温 $\geq 9^{\circ}\text{C}$ 、最高气温 $\geq 13^{\circ}\text{C}$ 、平均相对湿度 $\leq 80\%$, 春迁蚜开始迁飞; 当日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 、最高气温 $\geq 22^{\circ}\text{C}$ 、日照时数 $\geq 7\text{ h}$ 、平均相对湿度 $\leq 65\%$, 春迁蚜大量迁飞。在迁飞初期和中期, 春迁蚜迁飞数随气温升高而增加。当天气条件适宜时, 春迁蚜日迁飞数量的变化为单峰型, 前期和末期低、中期高; 当迁飞期内遭遇激烈降温, 日迁飞数量波动较大, 呈双峰或多峰型, 同时迁飞期延长、迁飞率和单位面积迁飞量下降。相关分析与主成分分析结果: 春迁蚜日迁飞数与平均气温、日最高气温和日照时数呈极显著正相关($P<0.001$), 与平均相对湿度、最小相对湿度呈显著负相关($P<0.05$), 与日最低气温和降水量相关性不显著($P>0.1$); 表明温度和湿度是影响春迁蚜迁飞的关键因子, 日照次之。

关键词: 角倍蚜; 春迁蚜; 迁飞; 数量动态; 气象因子

Associations between weather factors and the spring migration of the horned gall aphid, *Schlechtendalia chinensis*

LI Yang, YANG Zixiang*, CHEN Xiaoming, LIU Ping, TANG Yifeng

Key Laboratory of Cultivation and Utilization of Resource Insects of State Forestry Administration; The Research Institute of Resource Insects, Chinese Academy of Forestry, Kunming 650224, China

Abstract: The Chinese gallnut, an abnormal plant growth formed by larvae of Pemphigidae aphids, is a local specialty of China that is valued as a commercial product for export. *Schlechtendalia chinensis* is the main commercial aphid species that induces formation of horned galls, which constitute approximately 75% of the global Chinese gallnut yield. Like other *Rhus* gall aphids, *S. chinensis* is host species-specific, and can only induce gall formation on its primary host plant, *Rhus chinensis*. The life cycle of *S. chinensis* includes six forms: spring alate migration (sexuparae), sexuales (female and male morphs), fundatrix, apterous virginoparae, alate virginoparae (autumnal alate migration), overwintering nymph; and alternation between *R. chinensis* and certain secondary hosts (mosses). In early spring, alate aphids (sexuparae) migrate from mosses to *R. chinensis* and produce male and female sexuales, which mate in cracks on the bark. Each mating female sexuales produces a fundatrix through ovoviparity. The fundatrix crawls to a tender leaf and inserts her stylets into the upper surface of a leaf-wing or leaflet to feed. This causes a small depression, which soon deepens and finally encloses the fundatrix. The horned gall results from the small globular protuberance appearing on the underside of the leaf-wings, and is usually induced by a single fundatrix. Therefore, the numbers of *S. chinensis* spring migrants can influence the yield of horned galls in a given year. The migratory habits and quantitative dynamics of *S. chinensis* were observed in a plastic green

基金项目: 国家林业公益性行业专项(201204602); 国家林业科技推广项目(2011-15); 云南省科技创新强省项目(2010CA028)

收稿日期: 2012-01-31; **修订日期:** 2012-08-15

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yzx1019@163.com

house from 2009—2010 in Emei mountains, Sichuan province, where the species is naturally distributed. Results show that the migratory behavior of *S. chinensis* is closely related to weather conditions. During the migratory period, spring migration began when daily mean temperature was higher than 9 °C, daily maximum temperature was higher than 13 °C, and mean relative humidity was below 80%. Massive migration occurred when daily mean temperature was higher than 15 °C, daily maximum temperature was higher than 22 °C, daily sunshine was longer than 7 hours, and mean relative humidity was below 65%. The number of migrants increased with increasing daily temperature at early and middle migratory stages. The quantitative dynamics was single peak type, and the number of daily migrants was lower in both early and late migratory stages but higher in the middle migratory stage under suitable weather conditions. The number of daily migrants showed strong fluctuations, which appeared as two or more peaks and a prolonged migratory period. Further, the number of migrants was lower during bad weather conditions. Correlation analysis and principal component analysis showed that the number of daily migrants had high significant positive correlation with daily mean temperature, daily maximum temperature and daily sunshine hours ($P<0.001$), but had significant negative correlation with mean relative humidity and minimum humidity ($P<0.05$). The number of daily migrants had no significant correlation with daily minimum temperature and rainfall ($P>0.1$). Results indicate that the migration of *S. chinensis* is affected by weather conditions, with principle factors being temperature and humidity, followed by sunshine.

Key Words: *Schlechtendalia chinensis*; spring migrant; migration; quantitative dynamic; weather factors

五倍子是瘿绵蚜科的某些蚜虫寄生在盐肤木、青麸杨和红麸杨的树叶上,刺激叶组织细胞增生膨大而形成的各种虫瘿,是我国重要的林特产品和出口创汇商品,在医药、化工、矿冶、食品和电子等行业中用途广泛^[1-2]。角倍蚜(*Schlechtendalia chinensis*)是五倍子的主要生产种,由其在盐肤木(*Rhus chinensis*)上形成的角倍,产量约占五倍子总产量的75%以上,具有重要的经济价值^[3-4]。角倍蚜在我国分布范围广,以贵州、四川、云南、重庆、湖南和湖北为主要分布区^[5-8]。

角倍蚜的生活史包括有翅春迁蚜(性母)、性蚜(♀♂)、干母、无翅干雌、有翅秋迁蚜和越冬若蚜等虫型^[7-8],在盐肤木和藓类上转主寄生,并在盐肤木上形成角状虫瘿(角倍),其中春迁蚜是从藓类向盐肤木迁飞转移扩散的关键虫型,其迁飞的数量直接影响当年角倍的产量^[9]。以藓圃养蚜、收集春迁蚜和挂放性蚜为主的五倍子人工培育技术,已在生产上广泛应用,其中角倍蚜春季的迁飞和收集是五倍子人工培育的关键环节^[5,9]。角倍蚜春季的迁飞主要受温度、水分和湿度的影响^[11-13]。角倍产区春季通常低温多雨,不利于角倍蚜迁飞,造成角倍产量的年际波动较大^[9,12-13]。因此,生产上通常采用收蚜棚来帮助角倍蚜迁飞,以克服不良天气的影响,增加角倍产量。目前采用的“双层塑料薄膜保温收蚜棚”,在一定的程度上可以帮助蚜虫的迁飞,提高迁飞率^[1]。角倍蚜个体很小,自主迁飞能力不强,只能在无风或微风的条件下作短距离低飞^[9-11],其迁飞行为受环境因子及蚜虫生长状态的影响较大,因此较少的观察数量和单一年度的数据难以反映角倍蚜的迁飞规律及其与气象因子的关系。本研究采用塑料大棚模拟条件,在较大面积上连续3a(2009—2011年)对角倍蚜春迁蚜的迁飞习性、数量变化规律及其与气象因子的相关性进行观察分析,旨在揭示影响角倍春迁蚜迁飞的关键气候因子,为五倍子人工培育技术改进和产量提高提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 倍蚜的来源

秋季采集成熟的角倍,收集倍子内的秋迁蚜,转移到侧枝匍灯藓(*Plagiomnium maximoviczii*)上培育,以培育后的越冬若蚜和春迁蚜作为供试虫源。原产地培育地点位于四川省峨眉山市川主乡荷叶村(29°30' N, 103°24' E),海拔1050 m,为角倍蚜核心分布区;全县年均气温17.2 °C,年均降水量1555 mm。异地培育地点为云南昆明资源昆虫所温室(25°03' N, 102°45' E),海拔1940 m,为角倍蚜分布边缘区。

1.1.2 倍蚜的培育与收集

养蚜藓盘:用竹子、铁丝制成 50 cm×50 cm 竹笆,上面覆盖薄土,种植侧枝匍灯藓,制成藓块,用于培育角倍越冬蚜。

收蚜棚:用竹木材料和白色塑料薄膜等搭建高 2 m、宽 1 m,长度依地势而定的棚架。棚架从地面向上用竹木条平铺分为 6 层,棚架上面和前后部覆盖深色材料,左右两侧悬挂收蚜薄膜,用竹片从内部将收蚜薄膜支撑呈弧形,下端反卷成兜状,用于收集角倍春迁蚜^[8]。外面再覆盖一层薄膜,形成封闭式结构,防雨防风。

春迁蚜虫袋:用 80 g 牛皮纸,裁成 10 cm×12 cm 大小,折成三角形纸袋,取玉米苞叶或棕丝团作为填充物,用于盛放春迁蚜,每袋约为 100 头。

1.2 方法

1.2.1 越冬若蚜的培育和虫口数量调查

每年 10 月采集成熟的角倍,收集倍子爆裂后飞出的秋迁蚜,散放于养蚜藓盘上,每平方厘米放 2—3 头。秋迁蚜自然产下若蚜,在藓枝上取食并形成蜡球。养蚜藓盘上方覆盖黑色遮阳网,置于自然条件下培育越冬。翌年 2 月越冬若蚜羽化迁飞前,在藓盘上随机抽取 2 cm×2 cm 的藓块,统计藓枝上的蜡球数量。每次调查 10 个样点,取平均值。

1.2.2 春迁蚜的收集和迁飞数量统计

春季越冬若蚜羽化前,选取越冬若蚜密度基本一致的养蚜藓盘,转移到收蚜棚内。本试验采用长 8 m 的棚架,每个棚内放置藓盘 48 m²。角倍蚜羽化后,从藓盘上向两侧光亮处迁飞,撞到收蚜薄膜后落入下方的兜状收蚜沟内。每天 18:00 收集迁飞的春迁蚜,转移到三角纸袋内,每袋约装 100 头,统计每天迁飞的春迁蚜数量。

春迁蚜羽化和生殖习性的观察:取刚羽化的春迁蚜,单头置于直径为 4 cm 的培养皿内,每隔 2 h 观察 1 次,统计春迁蚜产性蚜的数量,设置 20 个重复。

异地培育:当越冬若蚜在藓枝上寄生并形成蜡球后,取一部分转运到昆明,在室温下培育。翌年春季越冬若蚜羽化前,将养蚜藓盘上的藓块带土切成 10 cm×10 cm 的藓块,置于直径为 15 cm 的培养皿内,室内保湿培养,统计每天羽化迁飞的春迁蚜数量,设置 30 个重复。

1.2.3 气象数据

角倍蚜迁飞期间的天气数据为当地气象站的地面上值数据(台站名:四川乐山、云南昆明;台站号:56386、56778),来源于国家气象信息中心,包括日照时数、平均气温、日最高气温、日最低气温、平均相对湿度、最小相对湿度和降雨量,其中峨眉的气温指标根据试验点和气象站的海拔差异按每升高 100 m 下降 0.6 ℃ 进行校正。

1.3 数据处理

应用 Excel 2003、SPSS 13.0 软件对数据进行统计分析和绘图。为消除年度间的春迁蚜迁飞数量的差异,均换算成单位面积迁飞数和迁飞百分率并与气象因子进行相关分析。

2 结果与分析

2.1 春迁蚜迁飞前藓上越冬若蚜的虫口数量

迁飞前藓上越冬若蚜的虫口数量在年际间有明显差异,2009—2011 年藓盘上的越冬若蚜平均虫口密度分别为 2.26、1.85、1.76 万头/m²。越冬若蚜在藓枝上形成蜡球后,并在蜡球中吸食藓枝汁液越冬。温度、湿度和降水等气象因子不仅直接影响越冬若蚜寄生的成功率,还对藓枝的长势有直接影响,从而影响越冬若蚜的成活率和虫口密度^[9,14]。虽然每年的秋迁蚜接种数量均为 2—3 万头/m²,并采取同样的管理措施,但由于接种时的天气状况、藓枝长势和接种后气象因子的差异等,导致年际间越冬若蚜虫口密度的差异。

2.2 春迁蚜的迁飞习性

越冬若蚜一般在蜡球内羽化,受气象因子的影响较小^[12]。羽化后的有翅春迁蚜在藓枝附近停留或爬行,

待气候条件适宜时迁飞。在自然条件下,春迁蚜通常在阳光充足、气温较高的晴天下午集中迁飞,迁高峰期一般出现在14:00—16:00。如果气候条件不适宜,春迁蚜会在藓枝上产性蚜,失去迁飞能力并很快死亡,造成迁飞失败。刚羽化的春迁蚜一般于2—48 h内产性蚜,平均为11 h。表明春迁蚜最好在羽化的当天迁飞,于次日迁飞时会有部分开始产性蚜,迁飞率(即累计迁飞量占越冬若蚜虫口数量的百分比)下降;在藓上停留的时间越长,迁飞率越低。

2.3 春迁蚜迁飞期和迁飞数量动态

春迁蚜的迁飞期和日迁飞数量在年际间有较大差异。2009年,角倍蚜的迁飞期为3月16—25日,历时10 d,迁飞数量变化趋势为前期和末期低、中期高,呈单峰型,中期连续5 d的日迁飞量在2200头/m²以上、日迁飞百分率大于10%,累计迁飞量为1.72万头/m²、占总迁飞数的79%,其中最多的一天为4833头/m²、占总迁飞量的22%。2010年的迁飞期为3月16日至4月4日,迁飞起始日与2009年一致,但历时较长,为20 d,日迁飞数量变异较大,呈双峰型,其中3月22—26日和3月29—4月3日共10d的迁飞数为0;在发生迁飞的10d中,有5d的日迁飞量在750头/m²以上、日迁飞百分率大于10%,累计迁飞量为0.68万头/m²、占总迁飞数的91%,其中最多的一天为2008头/m²,占总迁飞量的27%。2011年的迁飞起始日较2009和2010年晚了19 d,迁飞期为3月31日至4月18日,历时19 d,日迁飞数量变异较大,呈多峰型,其中4月1日、4月3—5日和7—8日共8d的迁飞数为0;在发生迁飞的11d中,有5d的日迁飞量在578头/m²以上、日迁飞百分率大于10%,累计迁飞量为0.45万头/m²、占总迁飞数的77%,其中最多的一天为1331头/m²,占总迁飞量的23%(图1)。

春迁蚜的累计迁飞量和迁飞率在年际间的变化很大。2009—2011年的累计迁飞量分别为2.15、0.75、0.58万头/m²,迁飞率分别为89%、41%和33%(表1)。综合比较3a的迁飞数据,可以看出:春迁蚜在原产地峨眉的迁飞期一般为3月中旬至4月中旬,迁飞历期为10—20 d,日迁飞量变化很大,每年约有5 d为大量迁飞日(日迁飞数占迁飞总数的10%以上,或日迁飞百分率10%以上)。当气象因子适合迁飞时,迁飞期短,迁飞量、迁飞率高;当气象因子不适于迁飞时,迁飞期延长,迁飞量、迁飞率下降。

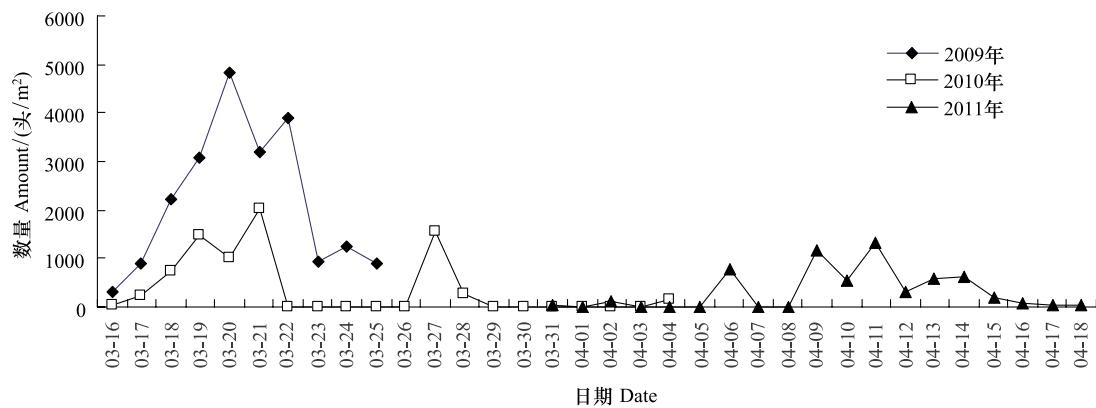


图1 2009—2011年角倍蚜春迁蚜迁飞数量的日变化(四川峨眉)

Fig. 1 The daily quantitative dynamic of *S. chinensis* migrant from 2009 to 2010 in Emei, Sichuan Province

将蚜转移到昆明异地培育时,春迁蚜的迁飞历期和迁飞量与原产地相比差异明显,表现为迁飞起始日提前,迁飞历期缩短,迁飞量和迁飞率提高。2009年的迁飞期为2月22—28日,迁飞起始日比原产地提前了22 d,迁飞历期缩短了4 d,迁飞率提高了5%。2010年的迁飞期为2月24日—3月3日,迁飞起始日比原产地提前了20 d,迁飞历期缩短了12 d,迁飞率提高了50%(表1)。

2.4 春迁蚜日迁飞数量动态与气象因子的相关性分析

角倍蚜春迁蚜的迁飞主要受温度、光照、湿度和降水的影响^[12-13]。对峨眉2009—2011年的春迁蚜日迁飞百分率(Y)与主要气象因子(X_i)进行相关分析,结果表明:春迁蚜日迁飞百分率与日照时数、平均气温和日

表1 不同年度、不同地点角倍蚜春迁飞历期和迁飞数量比较

Table 1 The migratory periods and quantities of *S. chinensis* migrant in different years and locations

年度 Year	越冬若蚜 虫口数量 Amounts of overwinter larva/(万头/m ²)	地点 Location	累计迁飞数 Amounts of migrant /(万头/m ²)	迁飞率 Percent of migrant /%	迁飞历期 Period of migration/d	迁飞期 Date of migration /(month/date- month/date)
2009	2.42	峨眉	2.15	89	10	3-16—3-25
		昆明	2.25	94	6	2-22—2-28
2010	1.85	峨眉	0.75	41	20	3-16—4-3
		昆明	1.68	91	8	2-24—3-3
2011	1.76	峨眉	0.58	33	19	3-31—4-18

最高气温呈极显著正相关($P<0.001$)，与平均相对湿度呈显著负相关($P<0.05$)，与最小相对湿度呈极显著负相关($P<0.01$)，日最低气温和降水量相关性不显著($P>0.1$)。说明日照时数、平均气温、日最高气温、平均相对湿度和最小相对湿度对春迁蚜迁飞数量有显著影响，其中日最高气温的影响最为显著($R<0.586$)，而日最低气温和降水量对春迁蚜的迁飞影响较小，相关关系不显著($P>0.1$)。各气象因子之间也有相关性，温度因子与日照时数呈显著正相关关系、与降水量和湿度因子呈显著负相关关系，而降水量与日照时数、最低气温和最小相对湿度的相关关系不显著(表2)。

表2 角倍蚜春迁飞百分率与气象因子的相关性分析(四川峨眉)

Table 2 Correlation relationship between the daily migratory percentage of *S. chinensis* migrants and weather factors in Emei mountains, Sichuan Province

相关系数 Correlation coefficient	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	Y	P
X_1	1.000	0.445 **	0.680 **	-0.053	-0.103	-0.559 **	-0.722 **	0.499 **	0.000
X_2		1.000	0.932 **	0.828 **	-0.314 *	-0.589 **	-0.597 **	0.500 **	0.000
X_3			1.000	0.583 **	-0.293 *	-0.663 **	-0.768 **	0.586 **	0.000
X_4				1.000	-0.258	-0.319 *	-0.198	0.201	0.166
X_5					1.000	0.384 **	0.228	-0.251	0.082
X_6						1.000	0.892 **	-0.342 *	0.016
X_7							1.000	-0.425 **	0.002
Y								1.000	

* , ** 分别代表 5% 、1% 的显著水平； X_1 : 日照时数(h)； X_2 : 平均气温(℃)； X_3 : 日最高气温(℃)； X_4 : 日最低气温(℃)； X_5 : 降雨量(mm)； X_6 : 平均相对湿度(%)； X_7 : 日最小相对湿度(%)； Y : 春迁蚜日迁飞百分率(%)

2.5 迁飞期内气象因子的主成分分析

为进一步明确影响春迁蚜迁飞的关键因子，采用主成分分析法对 2009—2011 年峨眉春迁蚜迁飞期间的 7 个气象因子：日照时数 X_1 、平均气温 X_2 、日最高气温 X_3 、日最低气温 X_4 、降雨量 X_5 、平均相对湿度 X_6 、日最小相对湿度 X_7 ，进行因子分析。

从表 3 可以看出，第一和第二主成分的累计贡献率为 78.92%，约占总信息量的 80%，因此选择第一和第二主成分。根据各气象因子的主成分荷载(按荷载值大小排列)(表 4)，第一主成分主要与日最高气温、平均气温、最小相对湿度和平均相对湿度相关，称为温湿因子，第二主成分主要与日照时数相关，称为日照因子。第一主成分的贡献率最大，为 59.23%，表明温湿度对春迁蚜迁飞的作用最大。第一主成分中日最高气温的荷载值最大，为 0.95，表明在 7 个气象因子中，日最高气温是主要的影响因素。第二主成分的贡献率为 19.96%，主要由日照时数所决定，荷载值为 0.77。

表3 2009—2011年峨眉春迁蚜迁飞期内日气象因子主成分分析统计量描述

Table 3 The descriptive statistics of weather factors in Emei during the migratory period from 2009 to 2011 by principal component analysis

主成分 Principal component	均值 Mean	标准差 Std. deviation	特征值 Eigenvalue	贡献率 Contribution rate/%	累计贡献率 Accumulative contribution rate/%
Y_1	4.10	4.36	4.15	59.23	59.23
Y_2	12.62	3.47	1.38	19.69	78.92
Y_3	17.57	4.86	0.88	12.56	91.48
Y_4	8.97	2.94	0.45	6.44	97.93
Y_5	1.71	2.66	0.11	1.53	99.45
Y_6	71.43	11.94	0.03	0.50	99.95
Y_7	47.27	14.79	0.00	0.05	100.00

表4 2009—2011年峨眉春迁蚜迁飞期内日气象因子主成分荷载表

Table 4 Weight value of weather factors in Emei during the migratory period from 2009 to 2011

日气象因子 Daily weather factor	第一主成分 First principal component		第二主成分 Second principal component	
X_3	0.95		0.05	
X_2	0.90		0.38	
X_7	-0.87		0.40	
X_6	-0.84		0.22	
X_1	0.68		-0.60	
X_4	0.58		0.77	
X_5	-0.42		-0.27	

2.6 温度对春迁蚜迁飞数量的影响

温度是影响春迁蚜迁飞的主导因素。研究发现春迁蚜在平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 开始迁飞, 平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 大量迁飞, 迁飞数量与气温紧密相关, 在迁飞的初期和盛期, 迁飞数量随气温的升高而增加, 随气温的降低而减少^[12]。对比2009—2011年春迁蚜的迁飞数量与气温的变化动态, 可以看出两者之间关系密切。在原产地峨眉, 2009年的迁飞期内, 日平均气温均 $\geq 11.8^{\circ}\text{C}$ 、日最高气温均 $\geq 20^{\circ}\text{C}$, 且从初期到盛期逐渐升高, 春迁蚜的迁飞数量随气温的升高而增加, 到第5天达到高峰, 以后逐日下降(图1, 图2)。2010年的迁飞期内, 初期到盛期气温稳中有升、末期变化激烈, 从第1天到第7天, 日平均气温从 8.8°C 逐渐升高到 18.1°C 、日最高气温从 15.8°C 升高到 23.6°C , 春迁蚜的迁飞数量随气温的升高而增加; 第8天以后, 日平均气温从 17°C 下降到 5.4°C , 然后回升到 11.5°C 后又下降到 8.7°C , 春迁蚜仅在其中温度较高的3d(3月27、28日和4月4日)迁飞, 其余11d没有迁飞, 日迁飞数量与气温的升降变化一致(图1, 图3)。2011年迁飞期内, 初期和盛期气温变化激烈、末期较为平稳, 春迁蚜日迁飞数量与气温的升降变化一致, 从第1天到第9天, 日平均气温在 $7.8\text{--}12.5^{\circ}\text{C}$ 、最高气温在 $9.6\text{--}17.7^{\circ}\text{C}$ 间变动, 春迁蚜仅在其中气温较高的3d(3月31日、4月2日和6日)有部分迁飞, 其余6d没有迁飞; 第10天以后, 日平均气温从 11.1°C 逐渐上升到 18°C 、最高气温从 17.7°C 上升到 25.4°C , 此时已经到了迁飞末期, 薜上的蚜虫数量已经不多, 虽然每天均有春迁蚜迁飞, 但迁飞量逐日下降(图1, 图4)。

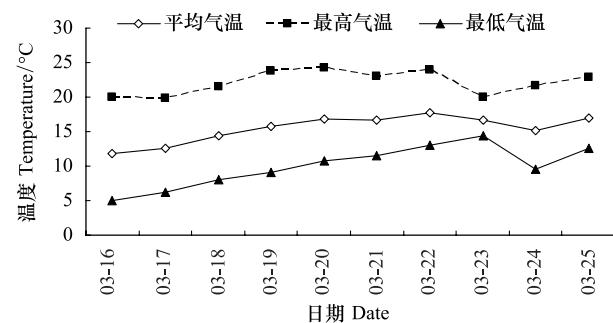


图2 2009年角倍蚜迁飞期间的日平均气温、日最高气温和最低气温(四川峨眉)

Fig. 2 The daily mean temperature, maximum temperature and minimum temperature during the migratory period of *S. chinensis* at 2009 in Emei, Sichuan Province

气温不仅影响日迁飞数,而且与累计迁飞量、迁飞率和迁飞历时关系密切。2009年整个迁飞期气温较高而且稳定,累计迁飞量为2.15万头/m²,迁飞率为89%,迁飞历时为10 d;2010年迁飞初期气温较高而且稳定,但迁飞盛期和末期气温变化激烈,累计迁飞量为0.75万头/m²,迁飞率为41%,迁飞期为20 d;2011年迁飞初期和盛期气温变化激烈,迁飞末期气温较高且稳定,累计迁飞量为0.58万头/m²,迁飞率为33%,迁飞历时为19 d(表1)。可见迁飞期气温的激烈变化导致迁飞量、迁飞率下降,迁飞历时延长。

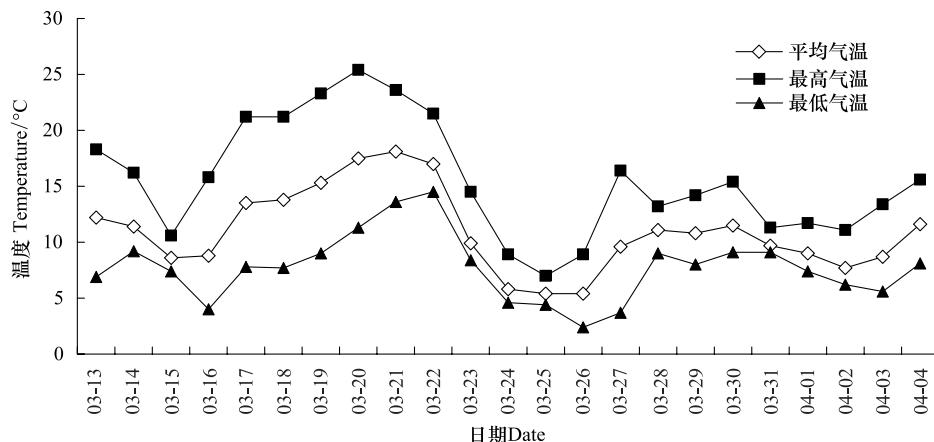


图3 2010年角倍蚜迁飞期间的日平均气温、日最高气温和最低气温(四川峨眉)

Fig. 3 The daily mean temperature, maximum temperature and minimum temperature during the migratory period of *S. chinensis* at 2010 in Emei, Sichuan Province

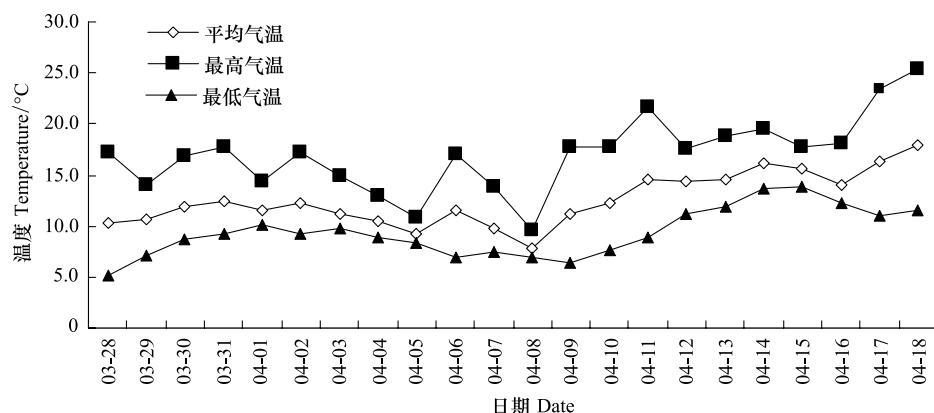


图4 2011年角倍蚜迁飞期间的日平均气温、日最高气温和最低气温(四川峨眉)

Fig. 4 The daily mean temperature, maximum temperature and minimum temperature during the migratory period of *S. chinensis* at 2011 in Emei, Sichuan Province

在昆明异地培育时,2009年的迁飞期内,日平均气温为14.7—16.5 °C、最高气温为22.1—23 °C,气温高且较稳定,春迁蚜迁飞量第1天较低,第2天、第3天迅速达到高峰,第4天后逐渐下降,累计迁飞量为2.25万头/m²,迁飞率为94%,迁飞期为6 d;2010年的迁飞期内,日平均气温从14.2 °C逐渐升高到17.3 °C、最高气温从20.3 °C升高到22.9 °C,春迁蚜迁飞量第1天较低,第2天、第3天迅速达到高峰,第4天后逐渐下降,累计迁飞量为1.68万头/m²,迁飞率为91%,迁飞历时为8 d。与原产地相比,昆明的气温高而且稳定,春迁蚜累计迁飞量和迁飞率明显增加,迁飞期提前、迁飞历时缩短。

2.7 日照时数对春迁蚜迁飞数量的影响

光照是春迁蚜迁飞的诱发因素,只要有一定强度的光照,春迁蚜即可迁飞^[12-13]。在原产地峨眉,2009年的迁飞期内,除3月21日外,日照时数为5.2—10.4 h,平均为8.7 h(图5),春迁蚜的迁飞量为前期低、盛期

高、末期低,且每天均有蚜虫迁飞,在迁飞盛期有1d(3月21日)的日照时数为0,春迁蚜的迁飞量虽略有下降,但仍然达到3200头/m²、占总迁飞量的15%,表明只要环境条件适宜,散射光条件下春迁蚜仍然可以大量迁飞。2010年迁飞期内,初期和盛期日照时数较高而且稳定、末期变化较大,春迁蚜日迁飞量与日照时数的变化动态一致,其中迁飞百分率≥10%有5d,日照时数均≥7.1 h,平均为8.7 h(图5);而迁飞量为0的有11d,平均日照时数仅为0.39 h,并且有8d的日照时数为0。2011年迁飞期内,日照时数波动很大(图5),但仍与日迁飞量的变化相关联,其中日迁飞百分率≥10%有5d,日照时数平均为4.6 h;而迁飞量为0的有6d,日照时数均为0。可见春迁蚜迁飞量与日照时数密切相关。

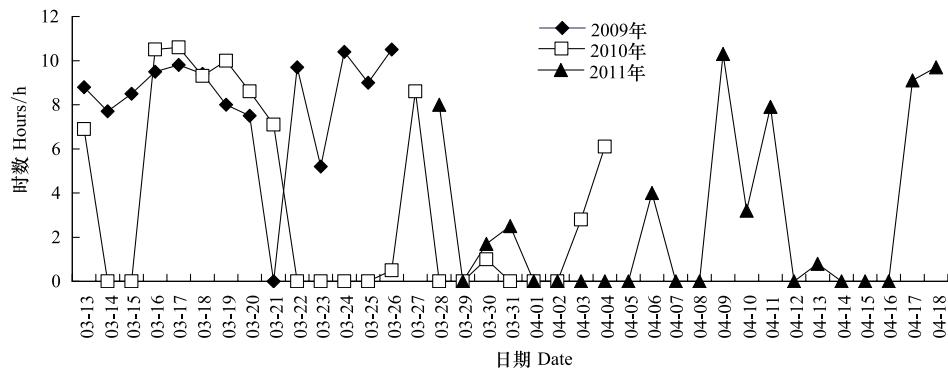


图5 2009—2011年角倍蚜迁飞期间的日照时数变化图(四川峨眉)

Fig. 5 The daily sunshine hours during the migratory period of *S. chinensis* from 2009 to 2010 in Emei, Sichuan Province

在昆明异地培育时,2009年的迁飞期内,日照时数均≥8.3 h,平均为9.6 h,春迁蚜日迁飞量表现为初期和末期低、盛期高;2010年迁飞期内,日照时数均≥9.6 h,平均为10.1 h,春迁蚜日迁飞量表现为初期和末期低、盛期高。与原产地峨眉相比,昆明的日照时数高而且稳定,春迁蚜累计迁飞量、迁飞率增加。

虽然日照时数与春迁蚜迁飞量相关关系极显著,但并不能就此得出日照时数增加会促进春迁蚜迁飞的结论。这是因为气象因子间存在着相互促进与抵消效应^[15],一个因子的变化常常会对其他因子产生影响。在角倍蚜主要分布区,春迁蚜迁飞期通常气温较低,空气湿度大,而日照能使气温迅速升高,尤其是在塑料大棚内,温度升高更为明显,较多的日照时数还常伴随着较低的空气湿度,从而促进了春迁蚜的迁飞。如2009年3月21日的日照时数为0(图5),但气温为11.5—23.1℃,平均气温为16.7℃(图2),仍然有蚜虫大量迁飞,迁飞数为3200头/m²,占总迁飞数的14.9%(图1)。

3 结论和讨论

春迁蚜的迁飞与气象因子密切相关,温度和湿度是影响春迁蚜迁飞活动的主要因子,日照对春迁蚜迁飞有促进作用,是影响春迁蚜迁飞的次要因子。综合分析峨眉2009—2011年春迁蚜的迁飞数据,结果表明:在迁飞期内,当日平均气温≥9℃、最高气温≥13℃,平均相对湿度≤80%,春迁蚜开始迁飞;当日平均气温≥15℃、最高气温≥22℃、温差≥10℃,日照时数≥7 h,平均相对湿度≤65%,春迁蚜大量迁飞。在迁飞的初期和中期,春迁蚜迁飞数量随气温升高而增加。分时段观察结果,角倍蚜春迁蚜通常在每日13:00—16:00集中迁飞,与日最高气温的出现时间一致^[12-13],因此,日最高气温对春迁蚜迁飞的影响有时甚至超过了平均气温的影响,如2010年3月16日,平均气温8.8℃,最低气温4℃,但最高气温为15.8℃(图3),当日有0.5%的蚜虫迁飞;虽然平均气温和最低气温均低于春迁蚜迁飞的起始温度,但最高气温高于迁飞起始温度,所以有春迁蚜迁飞。同样的道理,由于日最低气温一般出现在凌晨,此时春迁蚜不迁飞,而且迁飞期内的日最低气温大多低于迁飞起始温度,因此日最低气温与春迁蚜日迁飞百分率的相关性不显著(表2)。日最高气温还会影响蚜虫迁飞的起始日和结束日,即蚜虫的迁飞历期^[16]。

气温不仅影响春迁蚜的迁飞数量,还直接影响春迁蚜的迁飞起始日和迁飞历期。角倍蚜越冬世代的发育起点温度为-1.4℃,有效积温为15129d℃^[17],因此春迁蚜的迁飞期是由当地冬季的气温决定的。只要达到

要求的积温,无论气候状况如何,越冬若蚜都会羽化^[12]。在原产地峨眉,2009年和2010年的迁飞起始日均为3月16日,而2011年的迁飞起始日为3月31日,较2009年和2010年推迟了15d,主要原因是冬季的气温较前两年偏低。迁飞起始日与前2—3日相比,气温和日照时数均有明显增加(图2—图5)。将蚜转移到昆明异地培育时,2009年春迁蚜迁飞起始日较原产地提前了22 d,2010年提前了20 d,原因是昆明冬季的气温较峨眉高。羽化后的春迁蚜一般当天迁飞,如果气候条件不适合,则停留于薛丛内。春迁蚜羽化后3 h开始产性蚜,产性蚜后则失去迁飞能力,春迁蚜在薛丛内停留时间越长,单位面积迁飞量越少、迁飞率降低。如2009年迁飞期气温高且较稳定,迁飞历时为10 d,迁飞量为2.15万头/m²、迁飞率为89%;而2010和2011年迁飞期气温变化较大,迁飞历时延长了1倍,单位面积迁飞量和迁飞率分别下降了近一半。将养蚜薛块转移到昆明培育时,春迁蚜迁飞历时缩短,单位面积迁飞量和迁飞率显著增加(表1)。空气湿度也是影响春迁蚜迁飞的重要因子,平均相对湿度≥80%,春迁蚜一般不迁飞。采用收蚜棚等封闭式设施收集迁飞的蚜虫时,如果相对湿度过高,加上薛块的水分蒸发,容易在收蚜薄膜的内侧形成水滴,对蚜虫迁飞活动的影响更大。由于春迁蚜的迁飞时间集中在每日12:00—18:00^[12],可以在其他时段打开收蚜棚,加强空气对流,降低棚内的空气湿度,促进蚜虫的迁飞。

日照对春迁蚜迁飞有促进作用。春迁蚜有一定的趋光性,但对光强要求不高,太阳直射光、散射光或灯光均可诱发春迁蚜迁飞^[12]。虽然太阳光照射并不是春迁蚜迁飞的必需因子,但日照却是自然条件下气温升高的主要原因。在春迁蚜羽化的早春季节,地面温度较低,阳光的辐射使地面温度和气温升高,促进了春迁蚜的迁飞,在塑料收蚜棚中更为明显。

降水是春迁蚜迁飞的障碍,雨水不仅会直接冲击薛上的蚜虫,造成损伤,而且还会引起春迁蚜翅的粘连,影响蚜虫的活动和迁飞^[12];同时,降水还会导致地面温度降低和湿度增大,不利于春迁蚜迁飞。因此,避雨是提高春迁蚜迁飞率主要措施。本研究采用了避雨的收蚜棚,因此无法研究降水对角倍蚜自然迁飞的直接影响。

综上所述,春迁蚜迁飞的适宜气候条件是:平均气温≥15 ℃,最高气温≥20 ℃,温差≥10 ℃,日照时数≥7 h,降水量为0或极少,空气湿度≤65%,无风或微风。由于角倍蚜主要分布区春季通常低温多雨,不利于春迁蚜的迁飞,目前五倍子人工培育中普遍采用的“双层塑料薄膜保温收蚜棚”,能有效防止降水和风对蚜虫迁飞的不良影响,并有一定的保温、控温作用,但该棚需要依赖于阳光升温,且升温效果有限,进一步开发控温、保温效果优良、简便实用的收蚜设施,创造适合春迁蚜迁飞的环境条件,是提高迁飞率,实现五倍子高产稳产、集约经营的关键。

References:

- [1] Zhang G X, Zhong T S. Economic Insect Fauna of China. Fasc. 25 Homoptera: Aphidinea, Part I. Beijing: Science Press, 1983: 78-80.
- [2] Zhang Z H. The Processing and Utilization of Chinese Gallnut. Beijing: China Forestry Press, 1987: 1-21.
- [3] Tang J, Cai P H. Studies on the Chinese gall-nuts of Meitan, Kweichow. Acta Entomologica Sinica, 1957, 7(1): 131-140.
- [4] Zhang G X, Qiao G X, Zhong T S, Zhang W Y. Fauna Sinica. Insecta Vol. 14 Homoptera; Mindaridae and Pemphigidae. Beijing: Science Press, 1999: 256-272.
- [5] Lai Y Q. High-Yield Technique of Chinese Gallnut. Beijing: China Forestry Press, 1987: 1-19.
- [6] Li Z G, Yang W Y, Xia D J. Study on Chinese gallnut. Forest Research, 2003, 16(6): 760-767.
- [7] Tang J. The Chinese gallnuts, their multiplication and means for increasing production. Acta Entomologica Sinica, 1976, 19(3): 282-296.
- [8] Tang J. Chinese gallnuts in China. Entomological Knowledge, 1956, 2(3): 113-116.
- [9] Yang Z X. High-Yield Cultivation Technique of Chinese Gallnut. Beijing: China Forestry Press, 2011: 1-16.
- [10] Qiu M S, Zhao Z M, Li L S. Effect of environmental factors on fecundity of fall-migrants and development of sexual females of *Schlechtendalia chinensis* (Bell). Acta Entomologica Sinica, 1999, 42(2): 145-149.
- [11] Qiu M S, Zhao Z M. Studies on migration and fecundity of Chinese horned gall aphid, *Schlechtendalia chinensis* (Bell). Journal of Southwest Agricultural University, 1995, 17(1): 39-41.

- [12] Lai Y Q, Yang S Y, Du Z X, Hu D Q. Observation on the migration of *Schlechtendalia chinensis* (Bell). *Scientia Silvae Sinicae*, 1986, 22(4): 431-436.
- [13] Zhang Y P, Su J R, Chen B S. The migration and fecundity of *Schlechtendalia chinensis* (Bell) migrant. *China Forestry Science and Technology*, 2000, 14(1): 23-24.
- [14] Liu Y D, Chen J, Zhang L J, Cao T. Photosynthetic characteristics of two plagiomnium mosses in summer and winter. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, 12(1): 39-42.
- [15] Lv X, Han S C, Xu J L, Huang H, Wu H, Ou J F, Sun L. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in Guangzhou, Guangdong Province, with analysis of the climate factors. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(4): 1850-1856.
- [16] Thomas G G, Goldwin G K, Tatchell G M. Associations between weather factors and the spring migration of the damson-hop aphid, *Phorodon humuli*. *Annals of Applied Biology*, 1983, 102(1): 7-17.
- [17] Zhang C X, Xu H L, Tang J. The developmental threshold temperature and effective thermal summation of the overwintering generation of *Schlechtendalia chinensis* (Bell). *Entomological Knowledge*, 1997, 34(3): 159-161.

参考文献:

- [1] 张广学, 钟铁森. 中国经济昆虫志, 第25册, 同翅目, 蚜虫类(一). 北京: 科学出版社, 1983: 78-80.
- [2] 张宗和. 五倍子加工及利用. 北京: 中国林业出版社, 1987: 1-21.
- [3] 唐觉, 蔡邦华. 贵州湄潭五倍子的研究. 昆虫学报, 1957, 7(1): 131-140.
- [4] 张广学, 乔格侠, 钟铁森, 等. 中国动物志(昆虫纲14卷). 北京: 科学出版社, 1999: 256-272.
- [5] 赖永祺. 五倍子丰产技术. 北京: 中国林业出版社, 1987: 1-19.
- [6] 李志国, 杨文云, 夏定久. 中国五倍子研究现状. 林业科学, 2003, 16(6): 760-767.
- [7] 唐觉. 五倍子及其繁殖增产的途径. 昆虫学报, 1976, 19(3): 282-296.
- [8] 唐觉. 我国的五倍子. 昆虫知识, 1956, 2(3): 113-116.
- [9] 杨子祥. 五倍子高产培育技术. 北京: 中国林业出版社, 2011: 1-16.
- [10] 邱明生, 赵志模, 李隆术. 环境因子对角倍蚜秋迁蚜生殖和雌性蚜发育的影响. 昆虫学报, 1999, 42(2): 145-149.
- [11] 邱明生, 赵志模. 角倍蚜秋季迁飞和生殖能力的研究. 西南农业大学学报, 1995, 17(1): 39-41.
- [12] 赖永祺, 杨时宇, 杜宗贤, 胡定权. 角倍蚜春季迁飞的观察. 林业科学, 1986, 22(4): 431-436.
- [13] 张燕平, 苏建荣, 陈宝珊. 角倍春迁蚜的迁飞期与生殖. 林业科技开发, 2000, 14(1): 23-24.
- [14] 刘应迪, 陈军, 张丽娟, 曹同. 两种匍灯藓属植物夏季和冬季光合特性的比较研究. 应用生态学报, 2001, 12(1): 39-42.
- [15] 吕娟, 韩诗畴, 徐洁莲, 黄鸿, 吴华, 欧剑锋, 孙力. 广州桔小实蝇(*Bactrocera dorsalis* (Hendel))发生动态及气象因子. 生态学报, 2008, 28(4): 1850-1856.
- [17] 张传溪, 徐厚梁, 唐觉. 角倍蚜越冬世代的发育起点温度和有效积温. 昆虫知识, 1997, 34(3): 159-161.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 9 May, 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Analysis of subject trends in research on sustainable development CHA Na, WU Jianguo, YU Runbing (2637)
Metabolic scaling theory and its application in microbial ecology HE Jizheng, CAO Peng, ZHENG Yuanming (2645)
Research progress on endophyte-promoted plant nitrogen assimilation and metabolism YANG Bo, CHEN Yan, LI Xia, et al (2656)

Review on the development of landscape architecture ecology in China YU Yijing, MA Jinyi, YUAN Yunjue (2665)

Autecology & Fundamentals

- Evaluating tillage practices impacts on soil organic carbon based on least limiting water range CHEN Xuewen, WANG Nong, SHI Xiuhuan, et al (2676)
Controls over soil organic carbon content in grasslands TAO Zhen, CI Dan Langjie, ZHANG Shenghua, et al (2684)
Antagonistic interactive effects of exogenous calcium ions and parasitic *Cuscuta australis* on the morphology and structure of *Alternanthera philoxeroides* stems CHE Xiuxia, CHEN Huijing, YAN Qiaodi, et al (2695)
Correlation between pigment content and reflectance spectrum of *Phyllostachys pubescens* stems during its rapid growth stage LIU Lin, WANG Yukui, WANG Xingxing, et al (2703)
Response of leaf functional traits and the relationships among them to altitude of *Salix dissa* in Balang Mountain FENG Qiuhong, CHENG Ruimei, SHI Zuomin, et al (2712)
Effects of phosphate and organic matter applications on arsenic uptake by and translocation in *Isatis indigotica* GAO Ningda, GENG Liping, ZHAO Quanli, et al (2719)
Effect of different preys on the predation and prey preference of *Orius similis* ZHANG Changrong, ZHI Junrui, MO Lifeng (2728)
Effects of predation risk on the patterns of functional responses in reed vole foraging TAO Shuanglun, YANG Xifu, YAO Xiaoyan, et al (2734)
Phylogenetic analysis of Veneridae (Mollusca: Bivalvia) based on the mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I gene fragment CHENG Hanliang, PENG Yongxing, DONG Zhiguo, et al (2744)
Effects of different ecological environments in the laboratory on the covering behavior of the sea urchin *Glyptocidaris crenularis* CHANG Yaqing, LI Yunxia, LUO Shibin, et al (2754)

Population, Community and Ecosystem

- The ecosystem services value change in the upper reaches of Ganjiang River Based on RS and GIS CHEN Meiqiu, ZHAO Baoping, LUO Zhijun, et al (2761)
The reference condition for Eutrophication Indicator in the Yangtze River Estuary and adjacent waters — response variables ZHENG Binghui, ZHU Yanzhong, LIU Lusan, et al (2768)
The reference condition for eutrophication Indicator in the Yangtze River Estuary and adjacent waters — Causal Variables ZHENG Binghui, ZHOU Juan, LIU Lusan, et al (2780)
The stress response of biological communities in China's Yalu River Estuary and neighboring waters SONG Lun, WANG Nianbin, YANG Guojun, et al (2790)
Ecological characteristics of macrobenthic communities and its relationships with environmental factors in Hangzhou Xixi Wetland LU Qiang, CHEN Huili, SHAO Xiaoyang, et al (2803)
Effects of biological soil crusts on desert soil nematode communities LIU Yanmei, LI Xinrong, ZHAO Xin, et al (2816)
Associations between weather factors and the spring migration of the horned gall aphid, *Schlechtendalia chinensis* LI Yang, YANG Zixiang, CHEN Xiaoming, et al (2825)
Effects of vegetation on soil aggregate stability and organic carbon sequestration in the Ningxia Loess Hilly Region of northwest China CHENG Man, ZHU Qulian, LIU Lei, et al (2835)

Simulation of the carbon cycle of <i>Larix chinensis</i> forest during 1958 and 2008 at Taibai Mountain, China	LI Liang, HE Xiaojun, HU Lile, et al (2845)
Effects of different disturbances on diversity and biomass of communities in the typical steppe of loess region	CHEN Furong, CHENG Jimin, LIU Wei, et al (2856)
Age structure and point pattern of <i>Butula platyphylla</i> in Wulashan Natural Reserve of Inner Mongolia	HU Ercha, WANG Xiaojiang, ZHANG Wenjun, et al (2867)
The impacts of the Southwest China drought on the litterfall and leaf area index of an evergreen broadleaf forest on Ailao Mountain	QI Jinhua, ZHANG Yongjiang, ZHANG Yiping, et al (2877)
Spatial distribution of tree species richness in Xiaodonggou forest region of the Altai Mountains, Northwest China	JING Xuehui, CAO Lei, ZANG Runguo (2886)
Landscape, Regional and Global Ecology	
The ecological risk assessment of Taihu Lake watershed	XU Yan, GAO Junfeng, GUO Jianke (2896)
The value of fixing carbon and releasing oxygen in the Guanzhong-Tianshui economic region using GIS	ZHOU Zixiang, LI Jing, FENG Xueming (2907)
Resource and Industrial Ecology	
Effect of different controlled-release nitrogen fertilizers on availability of heavy metals in contaminated red soils under waterlogged conditions	LIANG Peijun, XU Chao, WU Qitang, et al (2919)
Research Notes	
Effect of heat and high irradiation stress on Deg1 protease and D1 protein in wheat chloroplasts and the regulating role of salicylic acid	ZHENG Jingjing, ZHAO Huijie, HU Weiwei, et al (2930)
The difference of drought impacts on winter wheat leaf area index under different CO ₂ concentration	LI Xiaohan, WU Jianjun, LÜ Aifeng, et al (2936)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于1981年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科研工作者,探索自然奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科研人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大16开本,300页,国内定价90元/册,全年定价2160元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路18号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任编辑 欧阳志云

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生态学报

(SHENTAI XUEBAO)

(半月刊 1981年3月创刊)

第33卷 第9期 (2013年5月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 9 (May, 2013)

编 辑 《生态学报》编辑部
地址:北京海淀区双清路18号
邮政编码:100085
电话:(010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 王如松
主 管 中国科学技术协会
主 办 中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
地址:北京海淀区双清路18号
邮政编码:100085

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂
行 书 学 出 版 社
地址:东黄城根北街16号
邮政编码:100717
电话:(010)64034563

订 购 国外发行
E-mail:journal@cspg.net
全国各地邮局
中国国际图书贸易总公司
地址:北京399信箱
邮政编码:100044

广 告 经 营 许 可 证
京海工商广字第8013号

Edited by Editorial board of
ACTA ECOLOGICA SINICA
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Tel:(010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

Editor-in-chief WANG Rusong
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel:(010)64034563
E-mail:journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China

