

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第8期 Vol.32 No.8 **2012**

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

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 8 期

2012 年 4 月 (半月刊)

目 次

东北地区 5 种阔叶树苗木对火烧的生理响应.....	王 荣, 胡海清 (2303)
梭梭木虱发生规律及其影响因素.....	李粉莲, 吴雪海, 王佩玲, 等 (2311)
基于遥感降尺度估算中国森林生物量的空间分布.....	刘双娜, 周 涛, 舒 阳, 等 (2320)
流域景观格局与河流水质的多变量相关分析.....	赵 鹏, 夏北成, 秦建桥, 等 (2331)
内蒙古达赉湖地区赤狐生境选择及生境景观特征分析.....	张洪海, 李成涛, 窦华山, 等 (2342)
雅鲁藏布江流域底栖动物多样性及生态评价.....	徐梦珍, 王兆印, 潘保柱, 等 (2351)
用组合模型综合比较的方法分析气候变化对朱鹮潜在生境的影响.....	翟天庆, 李欣海 (2361)
2010 年牧区 2 代草地螟成虫迁飞的虫源分析	张 丽, 张云慧, 曾 娟, 等 (2371)
基于细胞色素 b 基因的中国岩羊不同地理种群遗传差异分析.....	李楠楠, 刘振生, 王正寰, 等 (2381)
喀斯特峰丛洼地不同退耕还林还草模式的土壤微生物特性.....	鹿士杨, 彭晚霞, 宋同清, 等 (2390)
永定河沿河沙地杨树人工林生态系统呼吸特征.....	方显瑞, 张志强, 查同刚, 等 (2400)
基于湿地植物光谱的水体总氮估测.....	刘 克, 赵文吉, 郭逍宇, 等 (2410)
背瘤丽蚌 F 型线粒体基因组全序列分析	陈 玲, 汪桂玲, 李家乐 (2420)
流域“源-汇”景观格局变化及其对磷污染负荷的影响——以天津于桥水库流域为例	李崇巍, 胡 婕, 王 飒, 等 (2430)
线虫群落对抚顺煤矸石山周边土壤可溶性盐污染的响应.....	张伟东, 吕 莹, 肖 莹, 等 (2439)
地上竞争对林下红松生物量分配的影响.....	汪金松, 范秀华, 范 娟, 等 (2447)
湿地松和马尾松人工林土壤甲烷代谢微生物群落的结构特征.....	王 芸, 郑 华, 陈法霖, 等 (2458)
马尾松和杉木树干韧皮部水溶性糖 $\delta^{13}\text{C}$ 值对气象因子的响应	卢钰茜, 王振兴, 郑怀舟, 等 (2466)
沙坡头人工植被演替过程的土壤呼吸特征.....	高艳红, 刘立超, 贾荣亮, 等 (2474)
豫西刺槐能源林的热值动态.....	谭晓红, 刘诗琦, 马履一, 等 (2483)
铁皮石斛种子的室内共生萌发	吴慧凤, 宋希强, 刘红霞 (2491)
红光与远红光比值对温室切花菊形态指标、叶面积及干物质分配的影响	杨再强, 张继波, 李永秀, 等 (2498)
扑草净对远志幼苗根系活力及氧化胁迫的影响.....	温银元, 郭平毅, 尹美强, 等 (2506)
地表臭氧浓度增加和 UV-B 辐射增强及其复合处理对大豆光合特性的影响	郑有飞, 徐卫民, 吴荣军, 等 (2515)
AMF 对喀斯特土壤枯落物分解和对宿主植物的养分传递	何跃军, 钟章成, 董 鸣 (2525)
传统豆酱发酵过程中细菌多样性动态.....	葛菁萍, 柴洋洋, 陈 丽, 等 (2532)
定位施肥对紫色菜园土磷素状况的影响.....	孙倩倩, 王正银, 赵 欢, 等 (2539)
基于生态需水保障的农业生态补偿标准.....	庞爱萍, 孙 涛 (2550)
保障粮食安全造成的生态价值损失评估模型及应用.....	芦蔚叶, 姜志德, 张应龙, 等 (2561)
专论与综述	
疏浚泥用于滨海湿地生态工程现状及在我国应用潜力.....	黄华梅, 高 杨, 王银霞, 等 (2571)
问题讨论	
厌氧氨氧化菌群体感应系统研究.....	丁 爽, 郑 平, 张 萌, 等 (2581)
基于形态结构特征的洞庭湖湖泊健康评价.....	帅 红, 李景保, 夏北成, 等 (2588)
研究简报	
黄土高原不同树种枯落叶混合分解效应.....	刘增文, 杜良贞, 张晓曦, 等 (2596)
不同经营类型毛竹林土壤活性有机碳的差异.....	马少杰, 李正才, 王 斌, 等 (2603)
干旱对辣椒光合作用及相关生理特性的影响	欧立军, 陈 波, 邹学校 (2612)
硅和干旱胁迫对水稻叶片光合特性和矿质养分吸收的影响	陈 伟, 蔡昆争, 陈基宁 (2620)



封面图说: 红树林粗大的气生根——红树林是热带、亚热带海湾及河口泥滩上特有的常绿灌木或乔木群落。由于海水环境条件特殊,红树林植物具有一系列特殊的生态和生理特征。其中之一就是气根,红树从根部长出许多指状的气生根露出海滩地面,以便在退潮时甚至潮水淹没时用以通气,故称呼吸根。在中国,红树林主要分布在海南、广西、广东和福建省沿海,它一般分布于高潮线与低潮线之间的潮间带,往往潮差越大,红树的呼吸根就长得越高越粗大。

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

DOI: 10.5846/stxb201101140073

张丽, 张云慧, 曾娟, 姜玉英, 程登发. 2010 年牧区 2 代草地螟成虫迁飞的虫源分析. 生态学报, 2012, 32(8): 2371-2380.

Zhang L., Zhang Y. H., Zeng J., Jiang Y. Y., Cheng D. F. Analysis of the sources of second generation meadow moth populations that immigrated into Chinese pastoral areas in 2010. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(8): 2371-2380.

2010 年牧区 2 代草地螟成虫迁飞的虫源分析

张 丽¹, 张云慧¹, 曾 娟², 姜玉英², 程登发^{1,*}

(1. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193; 2. 全国农业技术推广服务中心, 北京 100026)

摘要:草地螟(*Loxostege sticticalis* L.) 是危害我国北方农牧区的重要迁飞性害虫, 明确其迁飞、扩散规律以及与境外虫源交流情况, 对早期预警和有效防治具有重要意义。2010 年 6 月 1 日至 9 月 17 日, 利用垂直监测昆虫雷达的观测资料, 结合探照灯和地面灯诱虫情、迁飞高峰期雌虫卵巢解剖、区域大气环流形势和迁飞轨迹分析, 在内蒙古锡林浩特西郊研究了牧区 2 代草地螟的迁飞过程, 结果表明: 2010 年牧区 2 代草地螟迁飞高峰期出现在 2010 年 8 月 8 日至 8 月 21 日, 高峰日为 8 月 11 日, 高峰日探照灯诱虫量达 9167 头, 卵巢发育级别以 1—2 级为主, 高峰日雷达回波主要集中在 300—400 m。轨迹分析显示: 迁飞高峰期 8 月 8 日、8 月 10—12 日牧区草地螟迁飞虫源主要来自蒙古共和国东南部及中蒙边境地区, 由蒙古气旋西南侧的西北气流输送进入我国内蒙古锡林郭勒盟, 再随西南气流迁入呼伦贝尔草原。

关键词:草地螟; 垂直监测昆虫雷达; 迁飞; 大气环流; 轨迹分析

Analysis of the sources of second generation meadow moth populations that immigrated into Chinese pastoral areas in 2010

ZHANG Li¹, ZHANG Yunhui¹, ZENG Juan², JIANG Yuying², CHENG Dengfa^{1,*}

1 State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China

2 National Agro-Technical Extension and Service Centre, Beijing 100026, China

Abstract: The meadow moth (*Loxostege sticticalis* L.), in the family Crambidae, is a worldwide pest that is mainly distributed in arid areas of the northern temperate regions. It is one of the most serious migratory pests in the northern farming and pastoral areas of China. Ascertaining its patterns of migration and population expansion and tracking the routes by which it enters China from neighboring nations could provide a scientific basis for forecasting the moth's movements and effectively controlling this economically damaging pest. In this investigation, we carried out a long-term monitoring of the pest around the western suburbs of Xilinhot City, Inner Mongolian Autonomous Region of China, between 1 June and 17 September in 2010. The study included: the use of a vertical-looking radar (VLR) combined with a searchlight, light-trapping on the ground, assessing the ovarian developmental status of female moths captured at the light traps at different periods, estimating the source areas of the second generation of meadow moth by backward calculating their trajectory, and analyzing how the atmospheric circulation patterns influenced their migrations. The stage of ovarian development was used to determine whether the moths were local or immigrants and to determine whether they were capable of emigrating. We estimated the source areas of the second generation meadow moth's populations to determine where the pest came from. By analyzing the atmospheric circulation patterns influencing the moth migrations, we can predict whether the populations in the source area have suitable conditions to migrate to the monitoring area. The results showed that there was a migration

基金项目: 公益性行业科研专项(201003079); 国家自然科学基金项目(30771385)

收稿日期: 2011-01-14; 修订日期: 2011-12-13

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: dfcheng@ippcaas.cn

peak of the second generation meadow moth from 8 August to 21 August into the Inner Mongolian pastoral areas, and the date of greatest migration was on 11 August. The search light trapped 9,167 individual meadow moths on this day, and the ovaries of the female meadow moths were mainly in developmental stage I or II, typical of migratory insects. The VLR echoes of the pest populations mainly appeared at a height of 300 - 400m. The trajectory analysis of the migrations for 12 hours showed that the migrating meadow moths during this migration peak came from the southeast of Mongolia and from the border region between China and Mongolia. The pest populations were conveyed from the source areas to the Xilinguole pastoral areas by air currents from the north-west that prevailed on the south-west side of a Mongolian cyclone, and the moths ultimately immigrated into the Hulunbeier Steppe due to an airstream from the south-west. Usually, atmospheric weather patterns control the flight of the meadow moth; areas of precipitation or subsidence are very favorable for the moths dropping to the ground. As long as there is airflow from southern Mongolia to the pastoral areas of China, meadow moths will be able to migrate into China, although their destinations will depend on variations in the direction of the weather currents. In this study, we showed that the atmospheric conditions were extremely favorable for meadow moths to migrate from Mongolia and land in China and are the predominant cause of this migration. The movement of meadow moths into the pastoral regions of China could be disastrous.

Key Words: meadow moth; vertical-looking insect radar; migration; atmospheric circulation; trajectory analysis

草地螟(*Loxostege sticticalis* L.)属鳞翅目(Lepidoptera)螟蛾科(Pyralidae),是一种世界性害虫,主要分布在欧亚大陆和北美洲,在我国主要发生在华北、西北及东北地区。建国以来,在我国曾多次大规模暴发,造成重大危害。

20 世纪 80 年代,国内通过大规模越冬调查、海上航捕等方法,综合各草地螟测报站的观察记载资料对草地螟的迁飞规律进行了相关研究,在迁飞规律、迁飞路线、虫源地等方面取得了一定的进展^[1-3]。在草地螟的迁飞行为参数方面,陈瑞鹿等^[4]利用我国第一台扫描昆虫雷达,在山西应县和吉林省公主岭地区对草地螟的迁飞高度、时间以及与气流的关系进行了详细的研究。进入 21 世纪,随着监测工具和分析软件的更新,对草地螟迁飞行为的研究又取得了新的突破,封洪强等利用扫描昆虫雷达对草地螟的迁飞定向行为进行了相关研究^[5]。2004 年中国农业科学院植物保护研究所成功组建了我国第一台垂直监测昆虫雷达,该雷达实现了数据采集的自动化^[6-7],2005 年张云慧等^[8-9]使用该雷达和相关辅助设备对草地螟的季节性迁飞活动进行了观测,侧重对其飞行高度、飞行时间、雷达回波强度进行了监测,根据雷达监测到的草地螟飞行高度分析了相应高度的空中盛行风场,并对草地螟迁飞的虫源进行了分析。

草地螟种群主要是在农牧交错区进行繁殖,只有当种群增大到一定程度时,才会大量迁入农田为害农作物^[10]。陈晓等通过分析迁入峰期的天气学背景和风场的时空分布^[11-12],对东北地区大发生的草地螟虫源进行了分析,认为只有少部分来自以往认为的“主要发生基地”,其主要虫源来自蒙古共和国东部及中蒙边境地区。黄绍哲^[13]分析了我国 2008 年一代成虫和二代幼虫特大发生的虫源,认为其主要来自俄罗斯东西伯利亚地区和蒙古国。锡林浩特与草地螟的常发区蒙古国接壤,弄清该地区草地螟虫源及迁飞轨迹,进一步明确我国与蒙古国的虫源交流情况,对做好草地螟的预测预报具有重要的意义。

本研究针对 2010 年 8 月份牧区 2 代草地螟迁飞的过程,应用垂直昆虫雷达的监测结果,通过逆推轨迹计算,结合灯诱虫情数据和区域大气环流形势对草地螟种群的迁飞动态及空中迁飞行为进行了客观分析,旨在探明其迁飞、扩散规律及与境外虫源交流情况,为草地螟迁入和为害的早期预警提供决策依据。

1 材料与方法

1.1 试验时间、地点

本研究于 2010 年 6 月 1 日至 2010 年 9 月 17 日在内蒙古锡林浩特市西郊的“农业部锡林浩特草原有害生物防治重点野外科学观测试验站”进行,该地处北纬 43°57'01"、东经 116°00'12",平均海拔高度 988 m,年

均降水量为 261 mm,属中温带半干旱季风气候,冬季寒冷干燥,夏季温和湿润。该地区周围地势开阔,主要生长各种牧草,以藜科、豆科、禾本科等草本植物为主,雷达置于试验站内空地上,1000 m 内无障碍物。

1.2 虫情资料

1.2.1 空中虫情信息采集

夜间空中昆虫种群的动态是利用垂直监测昆虫雷达以 2000 m 距离档自动观测记录的资料整理获得的,垂直监测昆虫雷达波长为 3.2 cm,峰值功率 10 kW,发射频率 9410 MHz,具直径 1.5 m 的旋转抛物面天线。信号采集由计算机实时程序控制,回波信号在计算机显示器上实时显示并定时存储为图像和数据文件,包括目标物体的高度、数量、时间,以后可通过非实时程序查看分析,各高度段的统计信息以文本格式保存,详细参数见张云慧等^[8]。

自 2010 年 6 月 1 日至 9 月 17 日,除降雨和机械故障外,雷达观测点地面诱虫灯、高空探照灯、垂直监测昆虫雷达系统每日日落开,日出关;每天早晨收集诱虫灯内诱集到的草地螟,先从形态学上分辨雌雄,计算雌雄性比,随机挑选 50 头雌虫做卵巢解剖,记录卵巢发育进度。昆虫迁飞高峰期,每晚 22:00、0:00、2:00 对高空探照灯内诱集到的昆虫进行定时取样,对比雷达回波变化,用于确定迁飞动态;同时与诱集近地面昆虫的地面灯进行数量对比,用于区别迁入种群和当地种群。

1.2.2 地面虫情资料的采集

雷达观测点设置了地面灯诱虫器采集观测地面虫情资料,采用佳多 PS-15 II 型杀虫灯。PS-15 II 型杀虫灯光源为 20 W 黑光灯管,晚上天黑自动开灯,早上天亮自动关灯。利用昆虫的趋光、趋波的特性,引诱成虫扑灯,灯外配以频振式高压电网触杀,使昆虫落入灯下的接虫袋内,虫体保存完好,便于解剖。

草地螟雌虫卵巢发育进度检查标准参照文献^[14]。

诱虫灯内的虫情数据和雷达采集数据用非实时程序输出后,采用 SPSS16.0 软件进行统计分析。

1.3 大气背景分析

大气背景场资料采用 NCEP 和 NCAR 联合提供的气象再分析数据(全球每 6 h 1 次,26 个高度层,水平分辨率 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$,GRIB 格式),在 GrADS 气象专业绘图软件中成图。时次选前一晚北京时间 20:00,高度选 925 hPa(约海拔 750 m),参量选风场 u 分量、 v 分量,数据合成后形成风场矢量图,从图上可以分析出草地螟盛行迁飞高度上迁飞高峰期的空中水平流场。电子地图资料从国家基础地理信息中心网(<http://nfgis.nsd.gov.cn>)下载。降水和气压数据从中国气象科学数据共享服务网(<http://cdc.cma.gov.cn/>)下载,用 ArcGIS 9.0 软件成图。

1.4 轨迹分析

轨迹分析数据是从 <http://www.arl.noaa.gov> 网站免费下载 NCEP 的 GDAS 网格数据,网格大小约为 110 km $\times$ 110 km。轨迹分析采用 NOAA 空气资源实验室和澳大利亚气象局联合研发的 HYSPLIT_4 软件系统,对迁入和迁出事件进行回推和顺推,把 GDAS 网格数据导入软件系统,轨迹点坐标以文本格式保存,然后利用 ArcMap 输出分析结果。

1.4.1 轨迹回推

草地螟是夜间迁飞昆虫,多在日落前后起飞,日出前后降落^[4],所以,理论上,轨迹回推应以 1 h 为间隔,以日出后半小时为起始时间,以日落前半小时为终止时间,逆推计算迁飞轨迹,以确保在时间段上覆盖生理上可迁飞的时段。但实际操作时,可根据迁入区虫量分布、集中迁入时段而作适当调整。本文选择监测点当日雷达回波点较多的时刻为回推起始时间,从各次迁入峰发生时段分析后确定起始时间分别为 23:00、01:00、03:00、05:00,分别以 4、6、8、10 h 的迁飞历时对草地螟的迁飞轨迹进行回推分析。

1.4.2 轨迹顺推

草地螟具有再迁飞行为,若考虑草地螟迁飞到监测点时不是一个夜晚,则应降落在监测点附近,经当地植保站调查在监测高峰期间附近未见大量草地螟,所以顺推时只考虑其迁来时是夜晚的情况,假设有以下几种

情况:①到达监测点之前已经迁飞一整个夜晚,则以当地日落前半小时为起始时间,日出后半小时为终止时间,进行 11 h 顺推分析。②到达监测点时已经飞了一段时间,但并不在监测点降落,继续迁飞,则也同样取监测点雷达回波较多的时刻作为迁出起始时间(23:00、01:00、03:00),以日出后半小时为终止时间,分别进行 7、5、3 h 时长的顺推轨迹分析(日落前半小时至到达监测点的时间,加上迁出至日出降落的时间为一整个夜晚)。

轨迹回推和顺推均以雷达观测点锡林浩特为起点,若无特殊说明,回推和顺推均为 3 个夜晚,第 1 个夜晚时间长度见上述,第 2 个和第 3 个夜晚均以日落前半小时为起飞时间,日出后半小时为降落时间,日出和日落时刻采用软件计算^[15]。

2 结果与分析

2.1 灯下虫情信息

分析雷达监测点探照灯和地面诱虫灯下的草地螟诱测情况,从 7 月 18 日至 8 月 7 日,日诱虫量只有零星几头。8 月 8 日开始,探照灯下诱虫器内草地螟开始突增,当日诱虫 1087 头,占诱虫量的 78%;8 月 11 日多达 9167 头(图 1)。8 月 8 日至 8 月 13 日,草地螟雌雄性比基本 >1 ,雌蛾卵巢以 1—2 级为主(图 2),大部分未交配,卵巢发育平稳,具有典型迁飞昆虫的生理特征。8 月 11 日后,草地螟数量开始减少,到 8 月 14 日突减到 129 头;随后探照灯内诱虫数量显示 8 月 15 日至 8 月 18 日诱蛾数量有所回升,单日维持在 330 至 1000 头,从 8 月 14 日至 8 月 18 日期间,雌雄性比基本 >1 ,雌蛾卵巢发育级别逐步增高(图 2),部分交配,部分成虫降落滞留在当地。8 月 19 日探照灯诱虫器只诱集到 20 头草地螟,8 月 20 日又突增到 2200 头,之后开始逐渐减

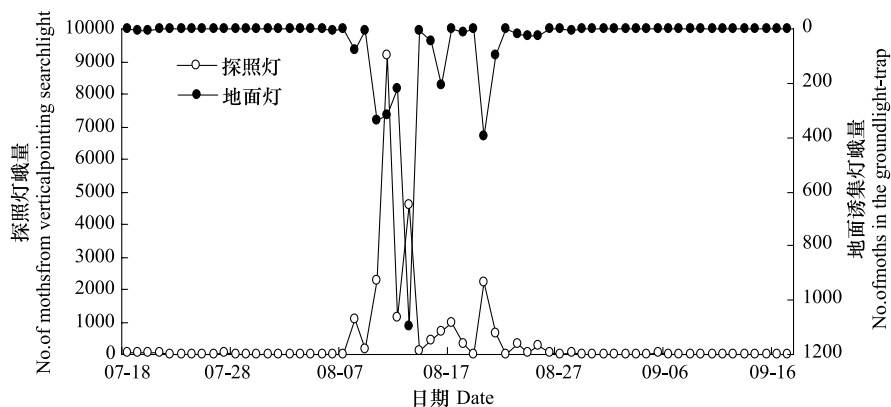


图 1 探照灯和地面诱虫灯诱集草地螟日变化趋势(锡林浩特,2010)

Fig. 1 Daily density of meadow moth collected by the searchlight trap and in the ground light-trap (Xilinhaote, 2010)

少,到 8 月 29 日探照灯诱虫灯下已无草地螟,8 月 19 日至此期间草地螟雌雄性比基本 $=1$,雌蛾卵巢发育以 3—4 级为主(图 2),分析原因是因为草地螟迁飞高峰期过后,在当地部分滞留,继续发育。

2.2 雷达观测结果

雷达回波显示从 8 月 8 日至 8 月 13 日监测到在高空有大量的密集型回波,8 月 14 日受对流天气影响,当地降雨,回波强度减少随后回波逐渐增加,20 日雷达回波又突然增多。8 月 8 日探照灯诱虫显示草地螟诱虫百分比达到 78%,且当日诱虫器内显示并无其他迁飞性昆虫,雷达回波显示只有 400 m 高度回波较多(图 3)。8 月 11 日雷达回波强度最大(图 4),回波点主要

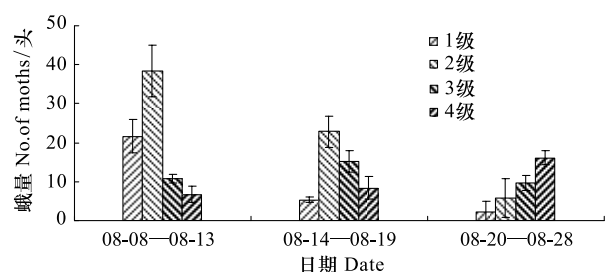


图 2 2010 年探照灯下草地螟不同时期卵巢发育级别[0.05 水平](锡林浩特,2010)

Fig. 2 Ovarian development status of female moths captured from the searchlight trap at different periods [level 5%] (Xilinhaote, 2010)

集中在 400 m 高度,其中,21:00 左右达到一个高峰,此种状态持续到 23:00 左右;23:30 至 1:30 回波强度又一次增大,其中,0:00 前后达到一次新的高峰,诱虫灯取样显示在 20:00—22:00 期间诱集到草地螟的同时,也诱集到大量步甲,影响了回波强度,但是 0:00 前后探照灯边上观察到大量草地螟,诱虫灯取样显示可判定 23:30—1:30 雷达回波监测到目标主要是草地螟。

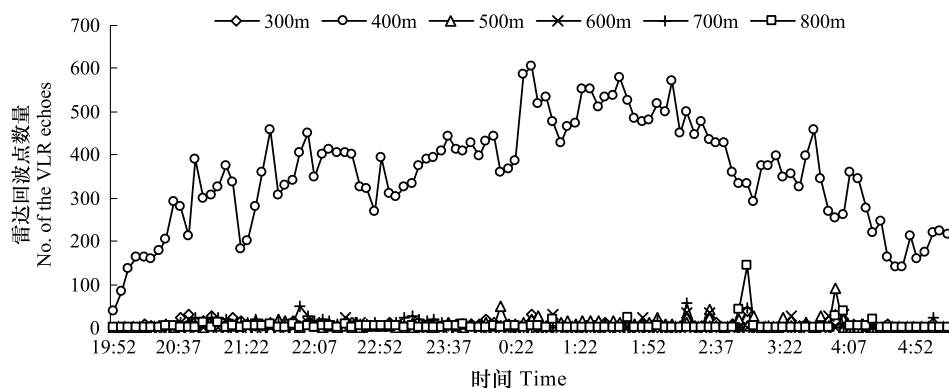


图 3 8 月 8 日草地螟雷达回波点显示结果 (锡林浩特,2010)

Fig. 3 The spatio-temporal changes of the VLR echoes at 8Aug. (Xilinhaote,2010)

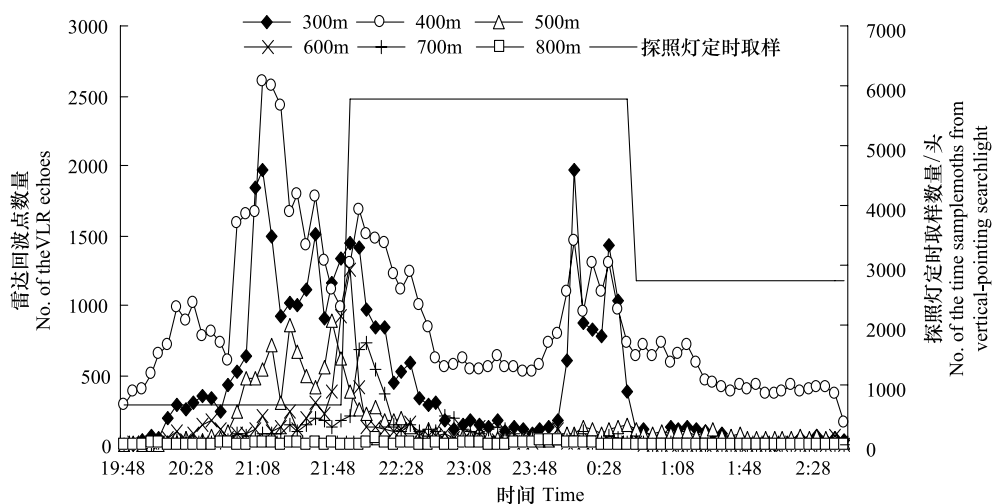


图 4 草地螟迁飞高峰期雷达回波与探照灯诱虫定时取样结果(8 月 11 日) (锡林浩特,2010)

Fig. 4 The spatio-temporal changes of the VLR echoes and time sample from the vertical-pointing searchlight through the night during the peak migration period of meadow moth (11 Aug.) (Xilinhaote,2010)

2.3 草地螟迁飞轨迹分析

自江淮地区 7 月上旬出梅后,副高北跳(图 5),其脊线稳定在 25—30°N,北界位于 35—40°N 之间,其西北侧盛行西南气流,对北方牧区上空的大气流场起着举足轻重的作用。8 月 7 日 14:00(北京时间 BST)草地螟迁飞盛行高度 925 hPa 上的风场显示:一个锋面气旋盘踞在蒙古人民共和国中部(蒙古气旋),其中心位于(52°N,110°E)附近(图 6)。冷锋在(43°N,108°E)→(43°N,115°E)一线(图 7)。冷锋前侧从地面到对流层中低层盛行较一致的西南气流,而后侧则以西北气流为主,因此,后侧的流场对草地螟种群从蒙古虫源地起飞后向东南方的锡林郭勒降虫区输送极为有利,当西北气流与冷锋东南侧的西南气流在锡林郭勒地区辐合后合股向东北方向运行,途径兴安盟,流向虫源输送的终点站——呼伦贝尔草原及紧邻的蒙古国东北部地区(锋面气旋涡旋区)。锋面往往是带来降水的重要天气系统,查阅实况天气资料(图 8)和降水记录可以发现:8 月 7 日 20:00 至 8 日 20:00 间的 24 h 内,沿锡林郭勒盟和蒙古国边境地区有一明显的降水带,这对草地螟

在这一地区的降落起到了显著的动力胁迫作用。8月8日轨迹回推显示,8日早晨诱集到的大量草地螟的虫源地在蒙古国南部(图9)。8月8日20:00时,925 hPa等压面上水平流场(图10)显示锡林郭勒牧区上空草地螟迁飞区内西北气流占主导地位,冷锋主体已到达我国境内并继续向东移动,这一天夜间探照灯诱虫器内草地螟突增,雷达回波同期增多。8月12日02:00 925 hPa风场显示(图10):蒙古共和国中部已有一反气旋生成并向东南方向移动,其南侧外围靠近雷达监测区域附近盛行偏北气流,雷达监测区域南侧盛行西南气流,这种流场结构对草地螟的迁出十分不利。因此,11日夜间诱集到大量草地螟。对这一晚的草地螟进行轨迹顺推表明(图11):部分草地螟迁出后均降落在附近,12日借助西南气流(图10)迁向兴安盟方向,13日继续借助合适气流(图10)迁向呼伦贝尔草原。图11所示的8月11日的轨迹表明:10日夜间和11日夜间迁入锡林郭勒地区的虫源主要来自蒙古南部,迁向兴安盟方向后,又随西南气流迁向呼伦贝尔草原,这与大气流场的路径完全吻合。

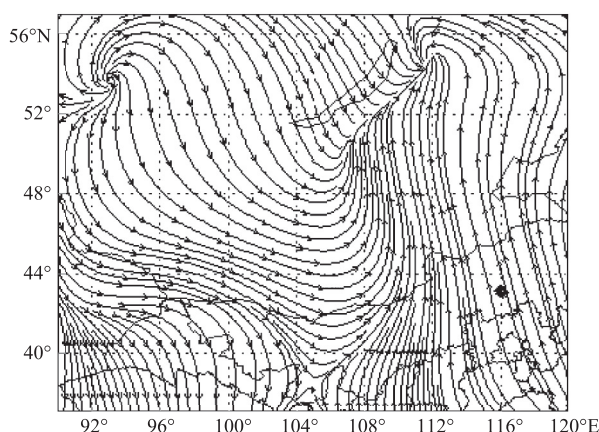


图6 2010年8月7日20:00(BST) 925 hPa风场(锡林浩特)

Fig. 6 Wind field on 925 hPa on 20:00 (BST) on 7 Aug. in 2010 (Xilinhaote)

图中黑点为雷达观测点

3 讨论

3.1 雷达回波的目标确认问题

探照灯可以对空中500 m高度的昆虫具有明显的诱集作用,迁飞昆虫在大量降落后,在地面活动时才能被地面诱虫灯诱集到^[16]。本次试验观测草地螟地面灯诱高峰日比探照灯诱集高峰日晚两日,高峰期雌雄性比先大于1,后又接近1,迁飞高峰期间雌虫卵巢发育级别主要集中在1—2级,具有典型的迁飞昆虫生理特征。8月11日晚间20:00—22:00时间段探照灯诱虫器内步甲诱虫率达75%,影响了雷达回波强度,排除此段影响,探照灯下定时取样与雷达回波变化趋势基本一致,判定8月8日至8月21日的雷达回波突增主要是



图5 西太平洋副热带高压北进示意图

Fig.5 Picture of Western Pacific Subtropical High Pressure movements

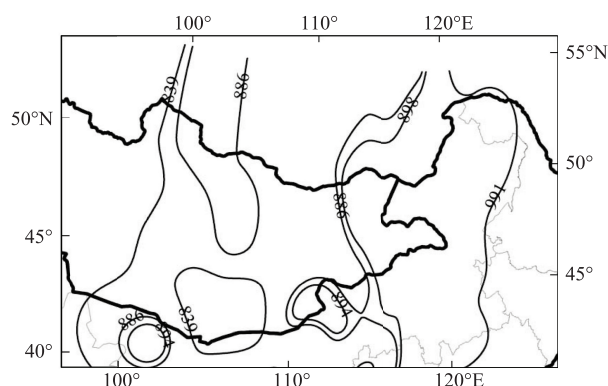


图7 2010年8月7日20:00(BST)至8日20:00(BST)海平面平均气压气压场

Fig.7 Sea level pressure at 20:00 (BST), 7th to 20:00 (BST), 8th, Aug. in 2010

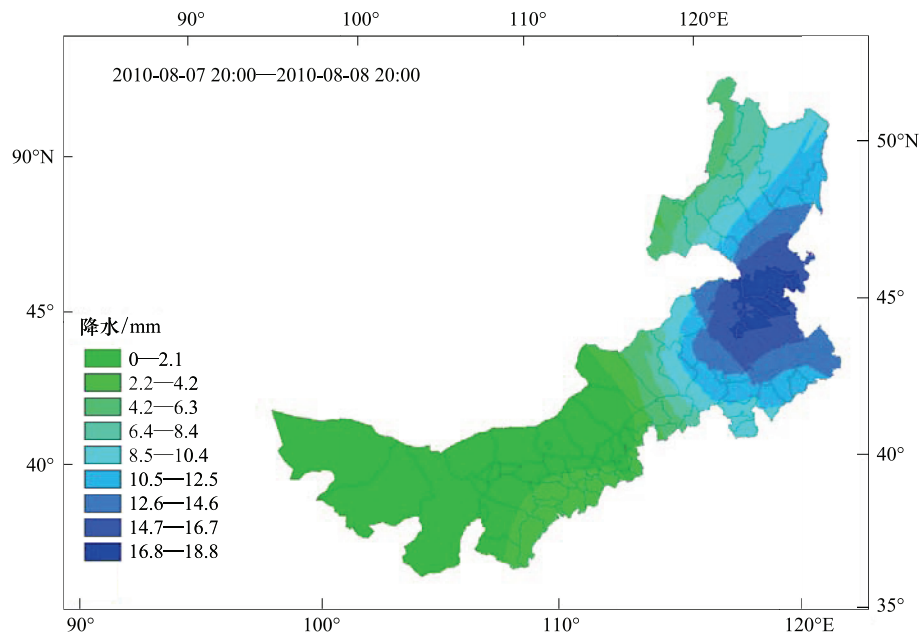


图 8 2010 年 8 月 7 日 20:00 (北京时间)至 8 日 20:00 (BST) 内蒙古降水量分布

Fig. 8 Precipitation distribution in Innermongolia from 20:00 (BST), 7th to 20:00 (BST), 8th, Aug. in 2010

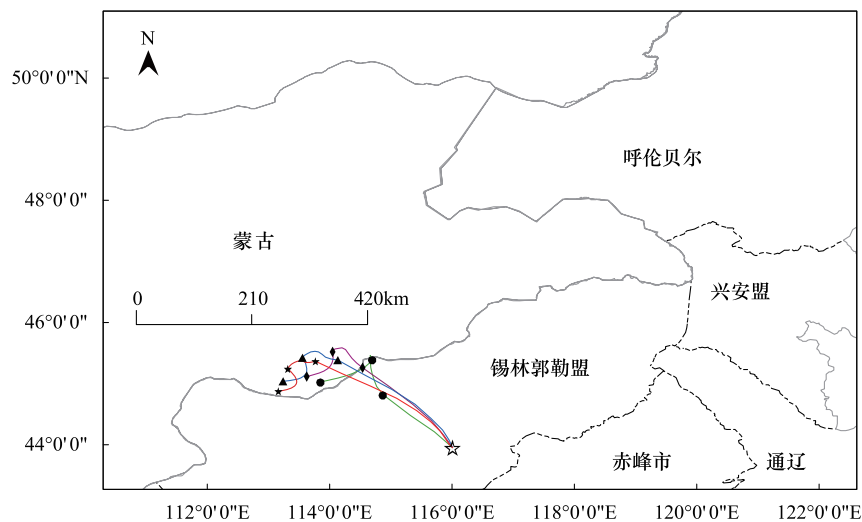


图 9 2010 年 8 月 8 日草地螟回推轨迹(锡林浩特)

Fig. 9 Backward trajectories for meadow moths on 8th, Aug. in 2010 (Xilinhaote)

☆雷达观测点; ●4h 轨迹落点; ◆6h 轨迹落点; ▲8h 轨迹落点; ★10h 轨迹落点

由于草地螟迁飞所引起。

3.2 我国牧区草地螟与境外虫源交流问题

国内对草地螟的虫源和迁飞路径一直存在着争议^[1,12]。已经有很多研究^[11-13]认为我国草地螟大发生虫源与俄罗斯亚洲部分、蒙古国等境外虫源具有密切的关系。但这些研究都缺乏实时监测动态数据支撑,也没有高空诱集数据来确认其迁飞事件的发生。另外,在我国,对草地螟的种群监测主要集中在农区,而草地螟在大面积的草原地区亦有广泛的分布,且缺少调查,对其发生研究较少,预测预报基础薄弱,只有 20 世纪 80 年代在呼伦贝尔盟^[17]有过少量研究,屈西峰等^[10]年曾对牧区草地螟的暴发周期特点及其原因进行过研究,认

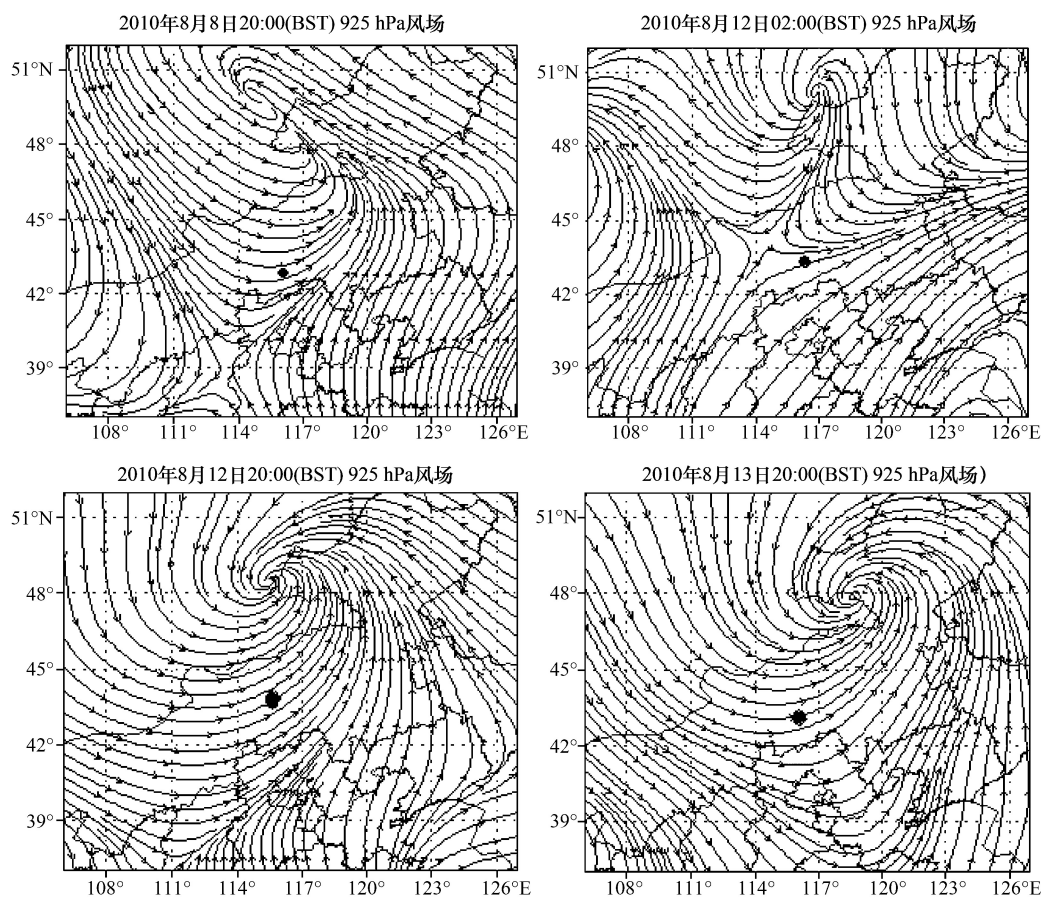


图 10 草地螟迁飞高峰期 925 hPa 风场 (锡林浩特, 2010)

Fig. 10 Wind field on 925 hPa during the peak migration period of meadow moth (Xilinhaote, 2010)

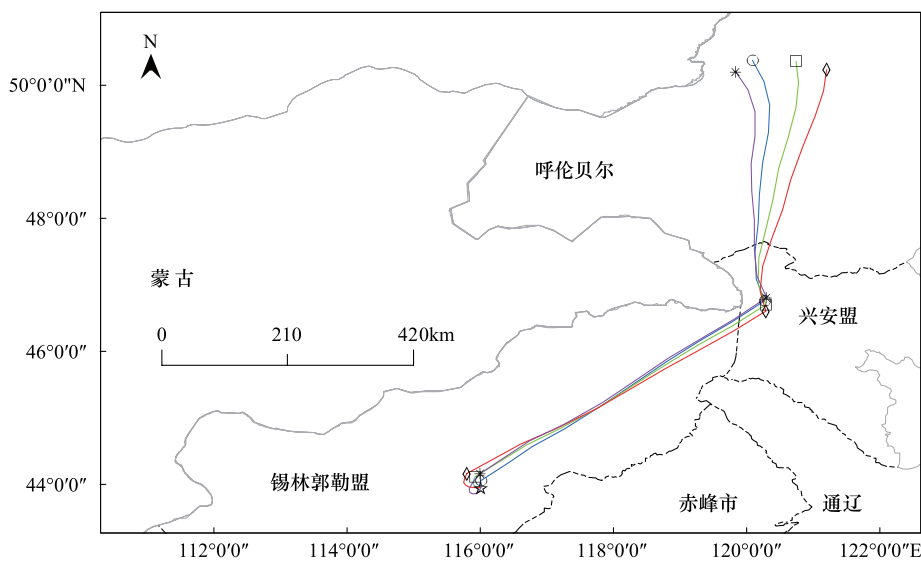


图 11 2010 年 8 月 11 日草地螟顺推轨迹 (锡林浩特)

Fig. 11 The forward trajectory for meadow moths on 11, Aug. In 2010 (Xilinhaote)

☆ 雷达观测点; ○ 3h 轨迹落点; □ 5h 轨迹落点; ◇ 7h 轨迹落点; * 11h 轨迹落点

为在整个草地螟发生周期内,内蒙古牧区扮演着重要角色,所有草地螟暴发的地区都在内蒙古及其周边省份。

本研究在典型的内蒙草原进行,对草地螟的迁飞事件进行了实时监测,并有高空和地面数据相结合进行辅助研究,进一步证实了蒙古国与我国牧区的草地螟大发生存在紧密的虫源关系,不仅能为揭示牧区草地螟的虫源、迁飞规律提供帮助,而且提高整个草地螟发生区的监测预警技术具有重要的意义。

3.3 大气环流背景与草地螟迁飞的关系问题

8 月初,东亚地区的西太平洋副热带高压脊线已经过第三次北跳,其 500 hPa 的 120°E 副高脊线已跨过 30°N,其西北侧盛行西南气流,北侧盛行偏西气流,由于副高是温压同相(高温高压)的深厚天气系统,当其控制或影响某一地区时,从地面到高空,系统会越来越强,它与西风带天气系统的对抗实力也随高度上升而加强。当西风带有冷高压闭合系统或开放式脊移近时会与副高交绥的地区形成切变线,当有气旋(即低压闭合系统)、锋面、槽或锋面气旋移近时,会出现其前部西南或偏南气流与副高西北侧的西南气流辐合的现象(如本文中分析的个例那样)。无论在切变线还是辐合带控制或影响的区域都会出现明显的降水或垂直气流(这些控制或影响区的对流中层以上为上升气流,对流下层为下沉气流,对草地螟飞行高度来说,通常为下沉气流所控制)。无疑,这些降水区或下沉气流区对降虫是十分有利的。而对于草地螟的虫源输送来说,只要从蒙古南部到我国牧区有输入气流即可,输入气流的方向因地区而异。实际上,前述冷高压或脊移近或经过虫源区时,由于其前部往往盛行西北、偏北或偏西气流,会将虫源带入我国牧区;而气旋、锋面、槽或锋面气旋移近或经过虫源区时,气旋的西南侧和西侧、锋面的北侧、槽后、锋面气旋的后侧均盛行西北或偏北气流,会将虫源带入我国牧区。因此,这些大气背景对境外草地螟的迁入和降落都十分有利,可以说它们是蒙古草地螟迁入我国并导致灾变的重要引导性氛围。

致谢:感谢河南农业大学植物保护学院职晓玲、西南大学杨龙显及中国农业科学院植物保护研究所郭道磊对本试验的帮助。

References:

- [1] National Cooperated Research Group of Meadow Moth. Studies on the occurrence, forecast and control of meadow moth. Pest Forecasting, 1987, (Suppl): 1-9.
- [2] Yang S Q, Ma G C. The discussion on migratory path of meadow moth. Pest Forecasting, 1987, (Suppl): 122-128.
- [3] Zhang S K, Liu M F, Li Q R, Li J Q. Studies on the occurrence regulation, forecast and integrated control of meadow moth in Shanxi province. Pest Forecasting, 1987, (Suppl): 82-97.
- [4] Chen R L, Bao X Z, Wang S Y, Sun Y J, Li L Q, Liu J R. An observation on the migration of meadow moth by radar. Acta Phytopylacica Sinica, 1992, 19(2): 171-174.
- [5] Feng H Q. Community Aloft and Radar Observation of Seasonal Migration of Insects in Northern China [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2003.
- [6] Cheng D F, Feng H Q, Wu K M. Scanning Entomological Radar and Radar Observation for Insect Migration. Beijing: Science Press, 2005: 12-15.
- [7] Zhang Y H, Chen L, Cheng D F, Zhang Y J, Jiang Y Y, Jiang J W. Radar observation and population analysis on the migration of the clover cutworm, *Scotogramma trifolii* Rottemberg (Lepidoptera: Pyralidae). Acta Entomologica Sinica, 2007, 50(5): 494-500.
- [8] Zhang Y H. Radar Observation and Population Analysis of Migratory Insects in North and Northeast of China [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2008.
- [9] Zhang Y H, Chen L, Cheng D F, Jiang Y Y, Lü Y. The migratory behaviour and population source of the first generation of the meadow moth, *Loxostege sticticalis* L. (Lepidoptera: Pyralidae) in 2007. Acta Entomologica Sinica, 2008, 51(7): 720-727.
- [10] Qu X F, Shao Z R, Wang J Q. Analysis of periodic outbreak of meadow moth in agricultural and pastoral area of north China. Entomological Knowledge, 1999, 36(1): 11-14.
- [11] Chen X, Chen J G, Xue Y, Hao L P, Zhang Y, Zhao K J. Immigration of the 1999 outbreak populations of the meadow moth, *Loxostege sticticalis* L. (Lepidoptera: Pyralidae) into the northeastern part of China. Acta Entomologica Sinica, 2004, 47(5): 599-606.
- [12] Chen X, Zhai B P, Gong R J, Yin M H, Zhang Y, Zhao K J. The source area of spring populations of meadow moth, *Loxostege sticticalis* L. (Lepidoptera: Pyralidae) in northeastern China. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(4): 1521-1535.
- [13] Huang S Z. Study on Spatiotemporal Population Dynamics of *Loxostege sticticalis* (Lepidoptera: Pyralidae) in China [D]. Beijing: Chinese

Academy of Agricultural Sciences, 2010.

- [14] Sun Y J, Chen R L, Wang X Y, Bao X Z. Morphological observation on the development of female reproductive system in meadow moth (*Loxostege sticticalis* L.). *Acta Entomologica Sinica*, 1991, 34(2): 248-250.
- [15] Zhai B P. Computing the day length for programming insect behavior. *Entomological Knowledge*, 2004, 41(2): 178-184.
- [16] Feng H Q, Wu K M, Cheng D F, Guo Y Y. Spring migration and summer dispersal of *Loxostege sticticalis* (Lepidoptera: Pyralidae) and other insects observed with radar in northern China. *Environmental Entomology*, 2004, 33(5): 1253-1265.
- [17] Hulunbeier Cooperated Research Group of Meadow Moth. Studies on the occurrence regulation, forecast and control of meadow moth. *Pest Forecasting*, 1987, (Suppl): 70-82.

参考文献:

- [1] 全国草地螟科研协作组. 草地螟 (*Loxostege sticticalis* Linnaeus) 发生及测报和防治的研究. *病虫测报*, 1987, (增刊): 1-9.
- [2] 杨素钦, 马桂椿. 草地螟迁飞路径的探讨. *病虫测报*, 1987, (增刊): 122-128.
- [3] 张树坤, 刘梅凤, 李齐仁, 李吉庆. 山西省草地螟发生规律、预测预报及其综合治理的研究. *中国植保导刊*, 1987, (增刊): 82-97.
- [4] 陈瑞鹿, 暴祥致, 王素云, 孙雅杰, 李立群, 刘继荣. 草地螟迁飞活动的雷达观测. *植物保护学报*, 1992, 19(2): 171-174.
- [5] 封洪强. 华北地区空中昆虫群落及昆虫季节性迁移的雷达观测 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2003.
- [6] 程登发, 封洪强, 吴孔明. 扫描昆虫雷达与昆虫迁飞监测. 北京: 科学出版社, 2005: 12-15.
- [7] 张云慧, 陈林, 程登发, 张跃进, 姜玉英, 蒋金炜. 旋幽夜蛾迁飞的雷达观测和虫源分析. *昆虫学报*, 2007, 50(5): 494-500.
- [8] 张云慧. 东北与华北地区迁飞昆虫的垂直昆虫雷达监测与虫源分析 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2008.
- [9] 张云慧, 陈林, 程登发, 姜玉英, 吕英. 草地螟 2007 年越冬代成虫迁飞行为研究与虫源分析. *昆虫学报*, 2008, 51(7): 720-727.
- [10] 屈西锋, 邵振润, 王建强. 我国北方农牧区草地螟暴发周期特点及原因剖析. *昆虫知识*, 1999, 36(1): 11-14.
- [11] 陈晓, 陈继光, 薛玉, 郝丽萍, 张友, 赵奎军. 东北地区草地螟 1999 年大发生的虫源分析. *昆虫学报*, 2004, 47(5): 599-606.
- [12] 陈晓, 翟保平, 宫瑞杰, 尹明浩, 张友, 赵奎军. 东北地区草地螟 (*Loxostege sticticalis*) 越冬代成虫虫源地轨迹分析. *生态学报*, 2008, 28(4): 1521-1535.
- [13] 黄绍哲. 我国草地螟 (*Loxostege sticticalis*) 种群时空动态规律研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2010.
- [14] 孙雅杰, 陈瑞鹿, 王素云, 暴祥致. 草地螟雌蛾生殖系统发育的形态变化. *昆虫学报*, 1991, 34(2): 248-250.
- [15] 翟保平. 昆虫行为研究中日长的计算. *昆虫知识*, 2004, 41(2): 178-184.
- [17] 呼伦贝尔盟草地螟科研协作组. 草地螟发生规律及预测和防治研究. *病虫测报*, 1987, (增刊): 70-82.

CONTENTS

Physiological responses of five deciduous broad-leaved tree seedlings in the Northeast Area of China to burning	WANG Rong, HU Haiqing (2303)
The occurrence regularity of psyllid in <i>Haloxylon</i> spp and its influencing factors	LI Fenlian, WU Xuehai, WANG Peiling, et al (2311)
The estimating of the spatial distribution of forest biomass in China based on remote sensing and downscaling techniques	LIU Shuangna, ZHOU Tao, SHU Yang, et al (2320)
Multivariate correlation analysis between landscape pattern and water quality	ZHAO Peng, XIA Beicheng, QIN Jianqiao, et al (2331)
Red fox habitat selection and landscape feature analysis in the Dalai Lake Natural Reserve in Inner Mongolia	ZHANG Honghai, LI Chengtao, DOU Huashan, et al (2342)
Research on assemblage characteristics of macroinvertebrates in the Yalu Tsangpo River Basin	XU Mengzhen, WANG Zhaoyin, PAN Baozhu, et al (2351)
Climate change induced potential range shift of the crested ibis based on ensemble models	ZHAI Tianqing, LI Xinhai (2361)
Analysis of the sources of second generation meadow moth populations that immigrated into Chinese pastoral areas in 2010	ZHANG Li, ZHANG Yunhui, ZENG Juan, et al (2371)
Genetic diversity based on cytochrome <i>b</i> gene analysis of different geographic populations of blue sheep in China	LI Nannan, LIU Zhensheng, WANG Zhenghuan, et al (2381)
Soil microbial properties under different grain-for-green patterns in depressions between karst hills	LU Shiyang, PENG Wanxia, SONG Tongqing, et al (2390)
Ecosystem and soil respiration of a poplar plantation on a sandy floodplain in Northern China	FANG Xianrui, ZHANG Zhiqiang, ZHA Tonggang, et al (2400)
Estimating total nitrogen content in water body based on reflectance from wetland vegetation	LIU Ke, ZHAO Wenji, GUO Xiaoyu, et al (2410)
Analysis on complete F type of mitochondrial genome in <i>Lamprotula lei</i>	CHEN Ling, WANG Guiling, LI Jiale (2420)
The source-sink landscape pattern change and its effect on phosphorus pollution in Yuqiao watershed	LI Chongwei, HU Jie, WANG Sa, et al (2430)
Responses of soil nematode communities to soluble salt contamination around Gangue hill in Fushun	ZHANG Weidong, LV Ying, XIAO Ying, et al (2439)
Effect of aboveground competition on biomass partitioning of understory Korean pine (<i>Pinus koraiensis</i>)	WANG Jinsong, FAN Xiuhua, FAN Juan, et al (2447)
Research of methane metabolic microbial community in soils of slash pine plantation and Masson pine plantation	WANG Yun, ZHENG Hua, CHEN Falin, et al (2458)
$\delta^{13}\text{C}$ values of stem phloem water soluble sugars of <i>Pinus massoniana</i> and <i>Cunninghamia lanceolata</i> response to meteorological factors	LU Yuxi, WANG Zhenxing, ZHENG Huaizhou, et al (2466)
Soil respiration patterns during restoration of vegetation in the Shapotou area, Northern China	GAO Yanhong, LIU Lichao, JIA Rongliang, et al (2474)
Dynamics of caloric value of <i>Robinia pseudoacacia</i> L. energy forest in the west of Henan Province	TAN Xiaohong, LIU Shiqi, MA Luyi, et al (2483)
<i>Ex-situ</i> symbiotic seed germination of <i>Dendrobium catenatum</i>	WU Huifeng, SONG Xiqiang, LIU Hongxia (2491)
Effects of red/far red ratio on morphological index, leaf area and dry matter partitioning of cut chrysanthemum flower	YANG Zaiqiang, ZHANG Jibo, LI Yongxiu, et al (2498)
Effect of prometryne on root activity and oxidative stress of <i>Polygala tenuifolia</i> Willd. seedling roots	WEN Yinyuan, GUO Pingyi, YIN Meiqiang, et al (2506)
Combined effects of elevated O_3 concentration and UV-B radiation on photosynthetic characteristics of soybean	ZHENG Youfei, XU Weimin, WU Rongjun, et al (2515)
Nutrients transfer for host plant and litter decomposition by AMF in Karst soil	HE Yuejun, ZHONG Zhangcheng, DONG Ming (2525)
The dynamics of bacteria community diversity during the fermentation process of traditional soybean paste	GE Jingping, CHAI Yangyang, CHEN Li, et al (2532)
Effect of site-specific fertilization on soil phosphorus in purple garden soil	SUN Qianqian, WANG Zhengyin, ZHAO Huan, et al (2539)
A method of determining standards for ecological compensation in agricultural areas, giving priority to environmental flows in water allocation	PANG Aiping, SUN Tao (2550)
The loss of ecosystem services value caused by food security assessment model and its application	LU Weiye, JIANG Zhide, ZHANG Yinglong, et al (2561)
Review and Monograph	
Review of the current situation of coastal ecological engineering using dredged marine sediments and prospects for potential application in China	HUANG Huamei, GAO Yang, WANG Yinxia, et al (2571)
Discussion	
Quorum sensing in anaerobic ammonium oxidation bacteria	DING Shuang, ZHENG Ping, ZHANG Meng, et al (2581)
Health evaluation of Dongting Lake based on morphological characters	SHUAI Hong, LI Jingbao, XIA Beicheng, et al (2588)
Scientific Note	
Effects of mix-leaf litter decomposition of different trees in the Loess Plateau	LIU Zengwen, DU Liangzhen, ZHANG Xiaoxi, et al (2596)
Changes in soil active organic carbon under different management types of bamboo stands	MA Shaojie, LI Zhengcai, WANG Bin, et al (2603)
Effects of drought stress on photosynthesis and associated physiological characters of pepper	OU Lijun, CHEN Bo, ZOU Xuexiao (2612)
Effects of silicon application and drought stress on photosynthetic traits and mineral nutrient absorption of rice leaves	CHEN Wei, CAI Kunzheng, CHEN Jining (2620)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究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;新书评介和学术、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,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 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

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 8 期 (2012 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 8 2012

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	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
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
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	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100071	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元