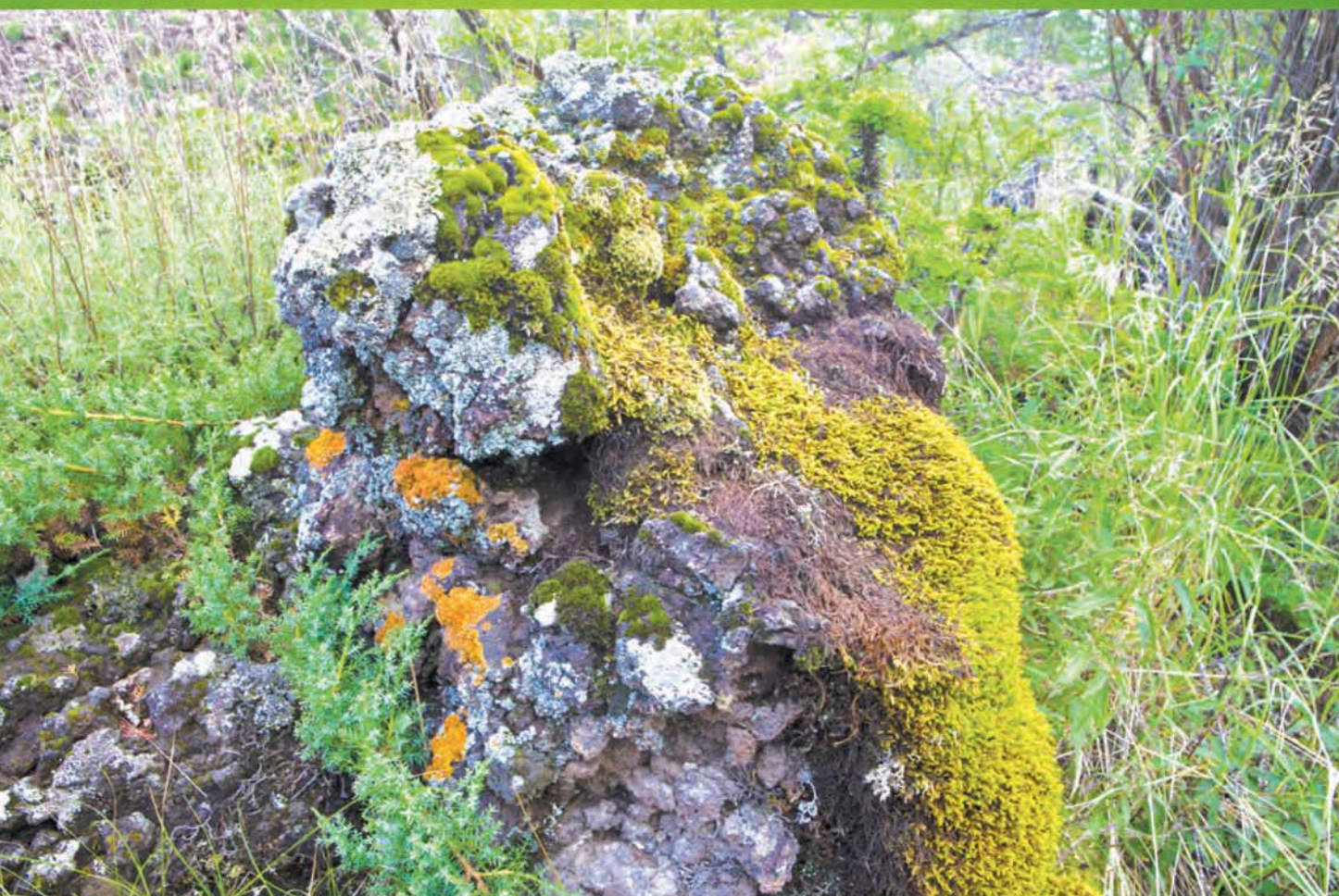


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

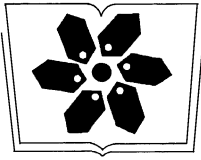
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第6期 Vol.32 No.6 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 6 期 2012 年 3 月 (半月刊)

目 次

高原草被退化程度的遥感定量监测——以甘肃省玛曲县为例.....	周坚华,魏怀东,陈芳,等 (1663)
基于着生藻类的太子河流域水生态系统健康评价.....	殷旭旺,渠晓东,李庆南,等 (1677)
哀牢山常绿阔叶林水源涵养功能及其在应对西南干旱中的作用.....	纪金华,章永江,张一平,等 (1692)
青岛沿岸水体原生生物群落与水质状况的关系.....	杨金鹏,姜勇,胡晓钟 (1703)
增温对青藏高原高寒草甸生态系统固碳通量影响的模拟研究.....	亓伟伟,牛海山,汪诗平,等 (1713)
三峡水库消落带植物叶片光合与营养性状特征.....	揭胜麟,樊大勇,谢宗强,等 (1723)
三峡库区澎溪河鱼类时空分布特征的水声学研究所.....	任玉芹,陈大庆,刘绍平,等 (1734)
强壮前沟藻化感物质分析.....	冀晓青,韩笑天,杨佰娟,等 (1745)
饥饿对中间球海胆 MYP 基因转录表达的影响.....	秦艳杰,孙博林,李霞,等 (1755)
贺兰山牦牛冬春季的生境选择.....	赵宠南,苏云,刘振生,等 (1762)
利用元胞自动机研究一类捕食食饵模型中的斑块扩散现象.....	杨立,李维德 (1773)
转 <i>Cry1Ab</i> 和 <i>Cry1Ac</i> 融合基因型抗虫水稻对田间二化螟和大螟种群发生动态的影响.....	李志毅,隋贺,徐艳博,等 (1783)
光谱和光强度对西花蓟马雌虫趋光行为的影响.....	范凡,任红敏,吕利华,等 (1790)
荧光素对舞毒蛾核型多角体病毒不同地理品系的增效与光保护作用.....	王树娟,段立清,李海平,等 (1796)
不同利用强度下绿洲农田土壤微量元素有效含量特征.....	李海峰,曾凡江,桂东伟,等 (1803)
稻田温室气体排放与土壤微生物菌群的多元回归分析.....	秦晓波,李玉娥,石生伟,等 (1811)
黄土高原典型区域土壤腐殖酸组分割面分布特征.....	党亚爱,李世清,王国栋 (1820)
紫色土菜地生态系统土壤 N_2O 排放及其主要影响因素.....	于亚军,王小国,朱波 (1830)
中国亚热带典型天然次生林土壤微生物碳源代谢功能影响因素.....	王芸,欧阳志云,郑华,等 (1839)
基于 K-均值算法模型的区域土壤数值化分类及预测制图.....	刘鹏飞,宋轩,刘晓冰,等 (1846)
淹水条件下秸秆还田的面源污染物释放特征.....	杨志敏,陈玉成,张赞,等 (1854)
推迟拔节水对小麦氮素积累与分配和硝态氮运移的影响.....	王红光,于振文,张永丽,等 (1861)
江苏省冬小麦渍害的风险区划.....	吴洪颜,高苹,徐为根,等 (1871)
草原植物根系起始吸水层深度测定方法及其在不同群落状态下的表现.....	郭宇然,王炜,梁存柱,等 (1880)
亚热带 6 种树种细根序级结构和形态特征.....	熊德成,黄锦学,杨智杰,等 (1888)
高寒草原植物群落种间关系的数量分析.....	房飞,胡玉昆,张伟,等 (1898)
菊花近缘种属植物幼苗耐阴特性分析及其评价指标的确定.....	孙艳,高海顺,管志勇,等 (1908)
南方菟丝子寄生对喜旱莲子草生长及群落多样性的影响.....	王如魁,管铭,李永慧,等 (1917)
基于 cDNA 克隆的亚热带阔叶林和针叶林生态系统担子菌漆酶基因多样性及其群落结构研究.....	陈香碧,苏以荣,何寻阳,等 (1924)
细柄阿丁枫和米槠细根寿命影响因素.....	黄锦学,凌华,杨智杰,等 (1932)
基于 TM 遥感影像的森林资源线性规划与优化配置研究.....	董斌,陈立平,王萍,等 (1943)
基于 CFD 的城市绿地空间格局热环境效应分析.....	刘艳红,郭晋平,魏清顺 (1951)
专论与综述	
生态补偿效率研究综述.....	赵雪雁 (1960)
研究简报	
黄河三角洲石油生产对东营湿地底栖动物群落结构和水质生物评价的影响.....	陈凯,肖能文,王备新,等 (1970)



封面图说: 植物生命演进石——这不是一块普通的火山岩,而是一块集中展示植物“原生演替”过程最有价值的石头。火山熔岩冷却后的玄武岩是无生命无土壤的真正“裸石”,风力使地衣的孢子传入,在一定温湿度环境下,开始出现了壳状地衣,壳状地衣尸体混合了自然风化的岩石碎屑提供的条件使叶状、枝状地衣能够侵入,接着苔藓侵入,是它们启动了土壤的形成,保持了土壤的湿度,并使营养物质反复循环。于是蕨类定居,草丛长了起来,小灌木出现,直到树木生长,最终形成森林。

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

DOI: 10.5846/stxb201102010155

王树娟, 段立清, 李海平, 马涛, Otvos, I. S., Conder, N. 荧光素对舞毒蛾核型多角体病毒不同地理品系的增效与光保护作用. 生态学报, 2012, 32(6): 1796-1802.

Wang S J, Duan L Q, Li H P, Ma T, Otvos, I. S., Conder, N. The synergistic action and UV protection of optical brightener on three different geographic isolates of Asian Gypsy Moth Nucleopolyhedrovirus (LdMNPV). Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(6): 1796-1802.

荧光素对舞毒蛾核型多角体病毒不同地理品系的增效与光保护作用

王树娟¹, 段立清^{1,*}, 李海平¹, 马涛¹, Otvos, I. S.², Conder, N.²

(1. 内蒙古农业大学农学院, 呼和浩特 010019; 2. 加拿大太平洋森林中心, 维多利亚, 加拿大)

摘要:舞毒蛾 *Lymantria dispar* L. 是源于欧亚大陆的多食性叶部害虫, 取食 300 多种乔灌木, 现已分布于北美、北非, 成为世界性危险害虫之一, 给林业生产带来了巨大损失。舞毒蛾核型多角体病毒 (LdMNPV) 是控制舞毒蛾种群动态的重要生物因素, 可引起舞毒蛾种群急剧下降。在室内采用青杨枝条饲养的方法, 测定了来自中国、北美和日本的 3 个 LdMNPV 品系 (分别为 LdMNPV-H, LdMNPV-D 和 LdMNPV-J) 对危害青杨的亚洲型舞毒蛾幼虫的毒力, 并测定了荧光素 Tinopal LPW 对它们的增效和光保护作用。结果表明 Tinopal LPW 对 LdMNPV 3 个地理品系均有增效和光保护作用, 而且随着 Tinopal LPW 浓度的增加, 增效作用增强, 1% Tinopal LPW 的增效作用最好。添加 1% Tinopal LPW 的 LdMNPV-D 品系、LdMNPV-H 品系和 LdMNPV-J 品系对取食青杨的舞毒蛾幼虫的致死中浓度 (LC_{50}) 分别为 1.0、1.6、17.6 OBs/ μ L, 不添加 1% Tinopal LPW 时, 它们的 LC_{50} 分别为 32.9、39.0、1076.4 OBs/ μ L, 分别降低了 33、24、61 倍。不添加 1% Tinopal LPW 时, D、H 和 J 品系对舞毒蛾二龄幼虫的致 LC_{95} 分别是 2125.5、1275.8、303540.0 OBs/ μ L, 添加 1% Tinopal LPW 后 LC_{95} 分别为 73.0、285.4、2360.8 OBs/ μ L, 分别降低了 26、4.5、128.6 倍。此外, 1% Tinopal LPW 的荧光素使 3 个品系的致死中时间 (LT_{50}) 分别缩短了 2.9d、5.3d、1.2d。LdMNPV-D 和 LdMNPV-H 品系对亚洲型舞毒蛾表现出低致死中浓度、较短的致死中时间和较大的斜率, 二者的毒力较 LdMNPV-J 品系高, 在生产实践中应选择 LdMNPV-D 添加 1% Tinopal LPW。Tinopal LPW 对 LdMNPV-D、LdMNPV-H 和 LdMNPV-J 3 个品系均有光保护作用, 添加 1% Tinopal LPW 后在距离 30W 紫外灯 40cm 下照射 16h 后, 它们毒力保持系数比未添加 Tinopal LPW 分别高 1.8、2.6、1.8 倍。

关键词: 亚洲型舞毒蛾; 核型多角体病毒; 青杨; 毒力; 增效作用; 光保护作用

The synergistic action and UV protection of optical brightener on three different geographic isolates of Asian Gypsy Moth Nucleopolyhedrovirus (LdMNPV)

WANG Shujuan¹, DUAN Liqing^{1,*}, LI Haiping¹, MA Tao¹, Otvos, I. S.², Conder, N.²

1 Agriculture College of Inner Mongolia Agriculture University, Huhhot 010019, China

2 Natural Resources Canada, Canada Forestry Service, Pacific Forestry Centre, 506 West Burnside Road, Victoria, B C, Canada

Abstract: The gypsy moth, *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae), is a polyphagous defoliator of Eurasian origin known to feed on over 300 species of trees and shrubs and distributed in North America and North Africa at present. It's one of the most serious insect pests causing great economic losses on forest production. Gypsy moth nucleopolyhedrovirus (LdMNPV) plays an important regulatory role and is one of the major factors controlling *L. dispar* populations and often causes the population collapse. Three isolates of gypsy moth virus from China (LdMNPV-H), Japan

基金项目: 林业公益性行业项目 (200904029); 加拿大太平洋森林中心项目 (Cn-10-6); 内蒙古农业大学 (NDTD2010-10)

收稿日期: 2011-02-01; 修订日期: 2011-07-04

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: duanlq@yahoo.com.cn

(LdMNPV-J) and the registered strain from North America (LdMNPV-D) were evaluated on the virulence against the 2nd instar Asian gypsy moth larvae fed on poplar at laboratory. Tinopal LPW, a UV protection brightener, was added into the solution of LdMNPV isolates to compare the virulence against the same instar larvae. UV protection of Tinopal LPW was tested using a UV lamplight (30W) radiation. The results showed that Tinopal LPW could enhance the biological activity of the virus, and the higher concentration of Tinopal LPW, the higher activity of the virus. The optimal concentration of Tinopal LPW was 1%. The results also indicated that LdMNPV-D and LdMNPV-H did not differ significantly in LC_{50} when tested against the Asian gypsy moth larvae fed on poplar (*Popul uscathayana*) regardless of adding the brightener of Tinopal LPW. LdMNPV-J and LdMNPV-D differed significantly in LC_{50} , and so did LdMNPV-J and LdMNPV-H. The LC_{50} s of LdMNPV-D, LdMNPV-H and LdMNPV-J with 1% Tinopal LPW were 1.0, 1.6 and 17.6 OBs/ μ L, respectively, whereas those without 1% Tinopal LPW were 32.9, 39.0 and 1076.4 OBs/ μ L, respectively. The LC_{95} s of LdMNPV-D, LdMNPV-H and LdMNPV-J with 1% Tinopal LPW were 73.0, 285.4 and 2360.8 OBs/ μ L, respectively, whereas those without 1% Tinopal LPW were 2125.5, 1275.8 and 303540.0 OBs/ μ L, respectively. The virulence of the three isolates were increased 33, 24 and 61 times by 1% Tinopal LPW in LC_{50} , respectively. In addition, the LT_{50} s of the three isolates with 1% Tinopal LPW were 2.9d, 5.3d and 1.2d shorter than those without 1% Tinopal LPW. LdMNPV-H and LdMNPV-D showed lower LC_{50} , shorter LT_{50} and bigger slopes against Asian gypsy moth, and their virulences were higher than that of LdMNPV-J. LdMNPV-D with 1% Tinopal LPW should be chosen to use in practice. 1% Tinopal LPW had UV radiation protection on the LdMNPV isolates. After 16 hours exposure to a 30W UV lamplight at a distance of 40cm, the virulences of LdMNPV-D, LdMNPV-H and LdMNPV-J with 1% Tinopal LPW were 1.8, 2.6 and 1.8 times higher than those without 1% Tinopal LPW, respectively.

Key Words: Asian gypsy moth; LdMNPV; *Populus cathayana*; virulence; synergistic action; radiation protection

舞毒蛾 *Lymantria dispar* L. 属鳞翅目 Lepidoptera, 毒蛾科 Lymantriidae, 源于欧亚大陆的多食性叶部害虫, 能够取食 300 多种乔灌木^[1]。过去把舞毒蛾分为欧洲品系和亚洲品系, 欧洲品系源于欧洲及南非, 亚洲品系源于中亚及东亚。欧洲品系于 1869 年从欧洲人为带入美国, 目的是想把舞毒蛾与家蚕杂交而提高丝产量, 结果一些个体逃逸到实验室外而扩散, 在美国东北部建立种群^[2]。目前在美国、加拿大东部危害严重, 美国每年用于防治舞毒蛾的费用大约为 1100 万美元^[3]。我国舞毒蛾危害也很严重, 1999 年在陕西省局部地区暴发成灾, 杨和柳树平均虫口 20—50 头/株, 最高可达 7000 头/株^[4]。2002 年内蒙古自治区呼伦贝尔市莫力达瓦旗、大兴安岭森工集团大杨树林业局、吉林省白城等地的天然次生林区相继大面积发生^[5]。2010 年内蒙古鄂尔多斯市准格尔旗舞毒蛾危害沙棘及油松, 乌兰察布市苏木山林场危害落叶松, 严重影响林木生长, 甚至死亡。舞毒蛾正在威胁着我国北方森林生态建设工程。

2007 年美国昆虫学家 Pogue 和 Schaefer 从形态学、生物学及分子学等方面将 *L. dispar* 分为 3 个亚种, 分别是欧洲亚种 *L. dispar dispar* (L.)、亚洲亚种 *L. d. asiatica* (Vnukovskij) 和日本亚种 *L. d. japonica* (Motschulsky)^[6]。亚洲亚种雌虫可以飞、幼虫即危害阔叶树, 也危害针叶树; 欧洲亚种雌虫不能飞、只危害阔叶树。两个亚种的杂交后代雌性能飞^[7-8]。美国以此为由对我国制造贸易壁垒, 欲要求我国北方所有港口附近 20 km 范围内无舞毒蛾任何虫态。所以, 控制舞毒蛾的发生势在必行。

自然界中有许多天敌和病原体可影响舞毒蛾的种群动态, 包括寄生性、捕食性天敌昆虫^[9], 还有许多病原体可引起舞毒蛾的疾病, 其中舞毒蛾核型多角体病毒 (Multi-capsid nucleopolyhedrovirus, LdMNPV) 可引起舞毒蛾种群的流行病^[10]。而且, LdMNPV 分化出不同地理品系, 它们对舞毒蛾幼虫的毒力有显著差异^[11-13]。在对来自北美、中国黑龙江及日本的 3 个地理品系进行了室内毒力测定的基础上, 继续对这 3 个品系进行荧光素增效作用的比较, 目的是选择对舞毒蛾亚洲亚种毒力最强、效果最好的病毒品系。而且, 为了更紧密的结合生产实践, 以青杨为寄主植物, 研究 Tinopal LPW 浓度对 LdMNPV 地理品系的增效作用和光保护作用, 测定 3

个病毒品系对取食青杨的舞毒蛾亚洲亚种二龄幼虫的毒力,筛选出较好病毒品系及 Tinopal LPW 最佳浓度,为生产实践所用。

1 材料与方法

1.1 材料来源

舞毒蛾越冬卵块采自内蒙古自治区乌兰察布市苏木山林场。青杨 *Popul uscathayana* 枝条采自内蒙古农业大学科技园区。LdMNPV 地理品系均由加拿大太平洋森林研究中心 (PFC) 提供,分别为北美品系 (LdMNPV-D)、中国黑龙江品系 (LdMNPV-H) 和日本品系 (LdMNPV-J)。荧光素 Tinopal LPW (SIGMA 公司产品)。

1.2 舞毒蛾幼虫的饲养

将卵在 1% 的 84 消毒液中浸泡 10 s,取出后用蒸馏水冲洗 3 次,晾干后置于底部有滤纸的大培养皿内,每皿约 500 粒,置于人工气候培养箱内 ($T=(25\pm 1)^\circ\text{C}$, $RH=60\%$, $L:D=16:8$ 宁波海曙赛福实验仪器厂生产),待其孵化。将初孵幼虫转入装有饲料 (加拿大太平洋森林研究中心提供) 的养虫杯中进行群体饲养,选用同一天进入二龄的幼虫,饥饿 24 h 后进行生物测定。

1.3 Tinopal LPW 的增效作用测定

荧光素 Tinopal LPW 设 3 个浓度,分别是 0.1%、0.5% 和 1%,LdMNPV 的 3 个地理品系浓度均为 18.5 OBs/ μL ,配制成相应病毒+荧光素的混合液,0—4 °C 冷藏待用,分别以蒸馏水和 0.1%、0.5%、1% 荧光素为对照进行生物测定。

1.4 荧光素 Tinopal LPW 对 LdMNPV 3 个病毒品系毒力影响的测定

基于人工饲料-舞毒蛾-核型多角体病毒体系研究的基础上,在该实验中每个病毒品系设 5 个浓度,蒸馏水为对照。加荧光素的病毒浓度相应降低 100 倍,如表 1。

表 1 LdMNPV 各品系浓度设置

Table 1 The concentrations of LdMNPV isolates for the bioassay

病毒品系 Virus isolates	病毒浓度 Concentrations/(OBs/ μL)				
	1	2	3	4	5
LdMNPV-D	1.85	18.5	185	1850	18500
LdMNPV-D+Tinopal LPW	0.0185	0.185	1.85	18.5	185
LdMNPV-H	1.85	18.5	185	1850	18500
LdMNPV-H+Tinopal LPW	0.0185	0.185	1.85	18.5	185
LdMNPV-J	18.5	185	1850	18500	185000
LdMNPV-J+Tinopal LPW	0.185	1.85	18.5	185	1850

1.5 Tinopal LPW 的紫外线保护作用

舞毒蛾核型多角体病毒的 3 个地理品系浓度均设为 185 OBs/ μL ,分别加入 1% Tinopal LPW,将单独的病毒液和添加 Tinopal LPW 的混合液分别在距离 30 W 紫外灯 40 cm 下照射 4、8、12 h 和 16 h 后,0—4 °C 冷藏待用,以不进行照射处理的相应浓度的病毒液为对照进行生物测定。

1.6 生物测定

采用食料给毒法^[14],将人工饲料切成长约 8 mm,直径约 1 mm 的小段,放置在 24 孔细胞培养板内,每孔一小段人工饲料。用微量移液器 (法国) 吸取病毒液 1 μL 滴注人工饲料段上,接入 1 头饥饿 24 h 的供试幼虫,用封口膜密封后盖好盖,置于气候培养箱中 ($T=(25\pm 1)^\circ\text{C}$, $RH=60\%$, $L:D=16:8$)。取食 24 h 后,将完全食尽饲料段的幼虫转移到青杨枝条上饲养,舍弃未食尽饲料的幼虫。

将新鲜青杨枝条在 1% 的 84 消毒液中浸泡 10 s,用自来水冲洗干净,阴凉通风处晾干,插于盛水的罐头瓶中,接入病毒处理或对照 (未经病毒处理) 的幼虫 1 头,罩上养虫罩,以防逃逸。每天更换 1 次枝条,观察并记录幼虫的死亡情况,直到幼虫化蛹。各处理及对照均设 3 个重复,每个重复 15 头幼虫,增效作用共用幼虫

720 头、紫外线保护作用 1350 头, 毒力测定 1395 头。

1.7 数据处理

用 POLO-PC 软件^[15] 计算 LdMNPV 3 个病毒品系对取食青杨的舞毒蛾幼虫的 LC_{50} 及 LC_{95} 。采用 SPSS 数据处理软件^[16] 对荧光素增效作用、光保护作用方差分析, 并用 Duncan's 进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 Tinopal LPW 浓度对 LdMNPV 地理品系的增效作用的影响

以青杨为寄主植物, LdMNPV 3 个地理品系病毒浓度均为 18.5 OBs/ μ L, Tinopal LPW 浓度分别为 0.1%、0.5% 和 1% 时, 亚洲型舞毒蛾二龄幼虫的死亡率见表 2。

表 2 荧光素浓度对亚洲舞毒蛾二龄幼虫病毒病死亡率的影响

Table 2 The influence of Tinopal LPW concentrations on the morality of the 2nd instar Asian gypsy moth larvel caused by LdMNPV isolates

病毒品系 Strains	病毒浓度 Concentrations /(OBs/ μ L)	平均死亡率 Morality of the 2 nd instar Asian gypsy moth larvae/%			
		0% Tinopal LPW	0.1% Tinopal LPW	0.5% Tinopal LPW	1% Tinopal LPW
CK	0	0a (a)	17.8 \pm 3.9b (a)	20.0 \pm 6.7b (a)	15.6 \pm 7.7b (a)
LdMNPV-D	18.5	40.0 \pm 6.7a (c)	53.3 \pm 11.6ab (c)	62.2 \pm 10.2b (b)	88.9 \pm 3.85c (c)
LdMNPV-H	18.5	33.3 \pm 6.7a (c)	51.1 \pm 7.7b (bc)	66.7 \pm 11.6c (b)	82.2 \pm 3.9d (c)
LdMNPV-J	18.5	22.2 \pm 3.9a (b)	37.8 \pm 3.9b (b)	48.9 \pm 7.7c (b)	66.7 \pm 6.7d (b)

表中数据为 $M\pm SD$, 括号外字母(横向)表示荧光素浓度对病毒品系致病力影响的差异显著性, 括号内字母(纵向)表示病毒品系间在相同荧光素浓度下致病力的差异显著性, $P < 0.05$

以蒸馏水为对照的舞毒蛾幼虫死亡率为 0, 0.1%、0.5% 及 1% Tinopal LPW 可导致 15%—20% 的死亡率(表 2), 而且浓度间无显著差异。不同浓度的 Tinopal LPW 均显著增加了 3 个病毒品系的致病力, 而且存在浓度效应, 即舞毒蛾幼虫的死亡率随着病毒液中 Tinopal LPW 浓度的增加而增加, 当 Tinopal LPW 浓度为 1% 时, 各病毒品系导致的死亡率最高, D、H 和 J 品系导致的死亡率分别为 88.9%、82.2% 和 66.7% (表 2), 比不加荧光素的死亡率分别提高了 2.2、2.5、3.0 倍。添加与不添加 Tinopal LPW, D 和 H 病毒品系对舞毒蛾二龄幼虫的死亡率无显著差异, 但它们与 J 品系有显著差异(表 2)。

2.2 Tinopal LPW 对 LdMNPV 不同地理品系的毒力的影响

添加和不加 Tinopal LPW 的病毒品系对取食青杨的舞毒蛾二龄幼虫的致死中浓度见表 3。

表 3 Tinopal LPW 对 LdMNPV 地理品系对亚洲型舞毒蛾幼虫的毒力的影响

Table 3 The virulence(dose-respond) of LdMNPV isolates with and without 1% Tinopal LPW to the 2nd instar Asian gypsy moth larvae

处理 Treatments	LC_{50} (95% 置信区间) 95% Confidence limits /(OBs/ μ L)	LC_{95} (95% 置信区间) 95% Confidence limits /(OBs/ μ L)	斜率 \pm SE	X^2		df
				实测值 Value	理论值 Theory	
LdMNPV-D	32.9(15.2—62.1)	2125.5(871.8—8519.6)	1.0 \pm 0.1	12.7	22.4	13
LdMNPV-D+1% Tinopal LPW	1.0(0.3—2.2)	73.0(27.4—361.8)	0.9 \pm 0.1	5.4	22.4	13
LdMNPV-H	39.0(16.7—79.7)	1275.8(505.0—5860.7)	1.1 \pm 0.2	7.1	17.0	9
LdMNPV-H+1% Tinopal LPW	1.6(0.4—4.1)	285.4(83.8—2588.3)	0.7 \pm 0.1	3.6	22.4	13
LdMNPV-J	1076.4(383.1—2577.3)	303540.0(81226.9—2671847.1)	0.6 \pm 0.1	8.7	18.3	10
LdMNPV-J+1% Tinopal LPW	17.6(6.3—39.9)	2360.8(767.3—14856.0)	0.8 \pm 0.1	7.0	22.4	13

表中数据统计分析均符合几率值模型(X^2 检验的实测值在 $P < 0.05$ 时均小于理论值), 故用 LeOra Software 计算得添加和不添加 Tinopal LPW 各病毒品系的致死中浓度及其 95% 的置信区间。添加和不添加 1% Tinopal LPW 的病毒品系对亚洲型舞毒蛾二龄幼虫的致死中浓度存在显著差异, 不添加 1% Tinopal LPW 时, D、H 和 J 品系对舞毒蛾二龄幼虫的致死中浓度(LC_{50}) 分别为 32.9、39.0、1076.4 OBs/ μ L, 添加 1% Tinopal LPW 后 LC_{50} 分别为 1.0、1.6、17.6 OBs/ μ L, 分别降低了 33、24、61 倍; 不添加 1% Tinopal LPW 时, D、

H 和 J 品系对舞毒蛾二龄幼虫的 LC_{95} 分别是 2125.5、1275.8、303540.0 OBs/ μ L, 添加 1% Tinopal LPW 后 LC_{95} 分别为 73.0、285.4、2360.8 OBs/ μ L, 分别降低了 26、4.5、128.6 倍。添加与不添加荧光素, D 和 H 品系对取食青杨的舞毒蛾幼虫的毒力无差异(95% 的置信区间有较大重叠度), 但 D 和 J、H 和 J 之间的毒力差异显著(95% 的置信区间无重叠)^[15]。

几率值回归线的斜率大小反应供试昆虫个体对药剂敏感性的差异^[17], 斜率越大说明供试昆虫个体对药剂敏感差异性越小。从表 3 中可见亚洲型舞毒蛾二龄幼虫对 D 和 H 品系敏感差异性较小, 但添加 Tinopal LPW 后, 增加了幼虫对 H 品系的敏感差异性。

添加 1% Tinopal LPW 的 D、H 和 J 品系对舞毒蛾幼虫的致死中时间 LT_{50} 分别为 7.6、8.1、7.7d。比不加 Tinopal LPW 分别缩短了 2.9、5.3、1.2d(表 4)。1% Tinopal LPW 不仅增加了 LdMNPV 的毒力, 也增加了其杀虫速度。

表 4 Tinopal LPW 对 LdMNPV 不同地理品系对亚洲型舞毒蛾幼虫的致死中时间的影响

Table 4 The virulence (time-respond) of LdMNPV isolates with and without 1% Tinopal LPW to the 2nd instar Asian gypsy moth larvae

处理 Treatments	病毒浓度 Virus concentration /(OBs/ μ L)	平均 死亡率/% Average mortalities	LT_{50} (95% 置信区间) 95% confidence limits/d	斜率 \pm SE	χ^2		df
					实测值 Value	理论值 Theory	
LdMNPV-D	185	42.2 \pm 10.2	10.5(9.8—13.7)	4.0 \pm 1.9	3.8	14.1	7
LdMNPV-D+1% Tinopal LPW	1.85	53.3 \pm 6.7	7.6(7.0—8.7)	6.0 \pm 1.8	0.4	15.5	8
LdMNPV-H	185	31.1 \pm 3.9	13.5(10.9—25.5)	3.5 \pm 1.2	0.03	14.1	7
LdMNPV-H+1% Tinopal LPW	1.85	60.0 \pm 6.7	8.1(7.4—10.0)	5.9 \pm 1.7	4.6	14.1	7
LdMNPV-J	18500	53.3 \pm 11.6	8.9(8.0—11.3)	4.8 \pm 2.0	3.7	11.1	5
LdMNPV-J+1% Tinopal LPW	18.5	66.7 \pm 6.7	7.7(7.0—8.8)	4.5 \pm 0.85	3.9	19.7	11

2.3 Tinopal LPW 对 LdNPV 地理品系的光保护作用

设经紫外光照射不同时间后的死亡率除以未经紫外线照射时的死亡率所得的值为致病力保持系数, 那么, 未经紫外光照射的致病力保持系数均为 1, 各处理的致病力保持系数见表 5。从表 5 中可见各品系的致病力保持系数随紫外光照射时间的增加而降低。12 h 后添加和不添加 1% Tinopal LPW 品系间致病力保持系数差异显著, 当紫外光照射 16 h 时, 添加 1% Tinopal LPW 的 LdMNPV D、H 和 J 的致病力保持系数分别是 0.36、0.44、0.53; 未添加 1% Tinopal LPW 的致病力保持系数分别是 0.20、0.17 和 0.29, 添加荧光素比未添加的分别高 1.8、2.6 和 1.8 倍, 说明 Tinopal LPW 对 LdMNPV 有明显的紫外光保护作用。

表 5 Tinopal LPW 对 LdMNPV 不同地理品系紫外线照射后致病力保持系数的影响

Table 5 The influence of Tinopal LPW on the virulence sustainability of LdMNPV isolates suffered from UV radiation

病毒品系 LdMNPV isolates	紫外线照射时间 Time of exposure to UV radiation/h				
	0	4	8	12	16
LdMNPV-D	1a(a)	0.76b(a)	0.57c(a)	0.27d(a)	0.20d(a)
LdMNPV-D+Tinopal LPW	1a(a)	0.68b(a)	0.52c(a)	0.43cd(ab)	0.36d(b)
LdMNPV-H	1a(a)	0.70b(a)	0.57c(a)	0.26d(a)	0.17d(a)
LdMNPV-H+Tinopal LPW	1a(a)	0.74b(a)	0.56c(a)	0.51c(bc)	0.44c(bc)
LdMNPV-J	1a(a)	0.82ab(a)	0.65b(a)	0.59b(bc)	0.29c(ab)
LdMNPV-J+Tinopal LPW	1a(a)	0.76b(a)	0.65bc(a)	0.62bc(c)	0.53c(c)

表中括号外字母表示同一行数据的差异显著性, 括号内字母表示同一列数据的差异显著性, $P < 0.05$

3 结论与讨论

在相同病毒浓度下, 随着 Tinopal LPW 浓度的增加舞毒蛾幼虫的死亡率也升高, 可用 1% 的 Tinopal LPW 作为 LdMNPV 的增效剂。D 和 H 品系对取食青杨的舞毒蛾幼虫的毒力较高(低致死中浓度、致死中时间及较

大斜率), 防治危害杨树上的舞毒蛾可选用这两种品系, 而且加入 1% 的 Tinopal LPW 作为增效剂, 其毒力可增加 24—33 倍。Tinopal LPW 可明显增加 LdMNPV 对紫外线的耐受力, 在 30 W 的紫外灯下 40 cm 处照射 16 h 可保持原有致病力的 36%—53%。

Tinopal LPW 浓度越高, LdMNPV-D 品系对舞毒蛾幼虫的死亡率最高, 这与 Shaprio 等的研究结果一致, 但其增效程度不同^[18]。1% Tinopal LPW 对 D、H 和 J 3 个地理品系的增效程度有一定的差异, 表现在致死中浓度及致死中时间方面。单独的 Tinopal LPW 液可导致舞毒蛾幼虫 15%—20% 的死亡率, 而且与其浓度大小的关系不密切, 该致死机理尚不清楚。杨高鹏等测定舞毒蛾 5 龄幼虫血淋巴酚氧化酶 (PO) 时, 1% Tinopal LPW 较清水对照的 PO 活力显著降低^[19]。1% Tinopal LPW 也降低了舞毒蛾 5 龄幼虫中肠酯酶的活性 (杨高鹏和段立清, 出版中)。有关荧光素对病毒的增效机理研究较少, Sheppard 等认为 Tinopal LPW 对 LdMNPV 的增效作用可能与其使昆虫中肠 pH 值下降有关^[20], 但 Shapiro 等认为中肠 pH 值下降是病毒感染中肠细胞的结果^[21]。Washburn 等则认为 pH 值下降是因为荧光素阻止了被病毒感染中肠上皮细胞的脱落^[22]。Wang 等认为荧光素通过竞争结合到几丁质上, 阻止蛋白质的结合而破坏了围食膜^[23]。Tinopal LPW 的增效机理还需要进一步的研究。

Argauer 等报道了 8 种在结构上属于二苯乙烯类的光保护剂对舞毒蛾多角体病毒的增效作用, 荧光素 (Blankophor BBH, RKH 和 Tinopal LPW) 可降低舞毒蛾核型多角体病毒的 LC_{50} 800—1300 倍^[24], 比本文所得的增效效果更明显, 原因可能是饲养舞毒蛾的方法或舞毒蛾种型的不同, 前者是用人工饲料和舞毒蛾欧洲亚种, 而本研究采用的是青杨和舞毒蛾亚洲亚种, 寄主植物和舞毒蛾种型对 LdMNPV 的毒力影响显著^[11, 25]。荧光素-LdMNPV 地理品系-舞毒蛾种型-寄主植物系统中各因素间的相互作用及其机理还有待深入研究。

致谢: 感谢杨帆、宫玉艳、荆秀霞、双龙、杨高鹏、张晓敏、段文昌、李艳艳、董喆、邢振龙、孙朋凤、盛超等同学在生物测定中给予的帮助。

References:

- [1] Leonard D E. Bioecology of the gypsy moth//Doane C C, McManusz M L, eds. The Gypsy Moth: Research Toward Integrated Pest Management. Technical Bulletin No 1584. Washington DC: USDA Forest Service, 1981: 9-29.
- [2] Liebhold A M, Mastro V C, Schaefer P W. Learning from the legacy of Léopold Trouvelot. Bulletin of the Entomological Society of America, 1989, 35: 20-22.
- [3] Pimentel D, Zuniga R, Morrison D. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive in the United States. Ecological Economics, 2005, 52: 273-288.
- [4] Li W A. The comprehensive treatment of the gypsy moth. Shanxi Forest Science and Technology, 2001, 1(1): 39-41.
- [5] The State Forestry Administration Afforestation Sauce, The State Forestry Administration Terminal of Forest Pest Management. Insect and Express, 2002. 6.
- [6] Pogue M G, Schaefer P W. A Review of Selected Species of *Lymantria* (Hübner [1819]) (Lepidoptera: Noctuidae: Lymantriinae) from Subtropical and Temperate Regions of Asia Including the Description of Three New Species, Some Potentially Invasive to North America. Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team, 2007.
- [7] Reineke A, Zebitz C P W. Flight ability of gypsy moth females (*Lymantria dispar* L.) (Lep., Lymantriidae): a behavioural feature characterizing moths from Asian Journal of Applied Entomology 1998, 122(1/5): 307-310.
- [8] Keena M A, Wallner W E, Grinberg P S, Cardé R T. Female flight propensity and capability in *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) from Russia, North America, and their reciprocal F_1 hybrids. Environmental Entomology, 2001, 30(2): 380-387.
- [9] Yan J J, Yao D F, Liu H P, Li G W. The Chinese gypsy moth parasitoid insects directory. Forest Science and Technology, 1994, (5): 25-27.
- [10] Elkinton J S, Liebhold A M. Population dynamics of gypsy moth in North America. Annual Review Entomology, 1990, 35(1): 571-596.
- [11] Ebling P M, Otvos I S, Conder N. Comparative activity of three isolates of LdMNPV against two strains of *Lymantria dispar*. The Canadian Entomologist, 2004, 136: 737-747.
- [12] Shapiro M, Robertson J L, Injac M G, Katagiri K, Bell R A. Comparative infectivities of gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) nucleopolyhedrosis virus isolates from North America, Europe, and Asia. Journal of Economic Entomology, 1984, 77(1): 153-156.
- [13] Duan L Q, Otvos I S, Xu L B. Comparison of the Activities of three LdMNPV Isolates in the Laboratory Against the Chinese strain of Asian Gypsy

- Moth. The Open Entomology Journal, 2011, 5: 24-30.
- [14] Duan L Q, Otvos I S. Influence of larval age and virus concentration on mortality and sublethal effects of a nucleopolyhedrovirus on the West Spruce Budworm (Lepidoptera: Tortricidae). Environmental Entomology, 2001, 30(1): 136-146.
- [15] LeOra Software. POLO-PC: A User's Guide to Probit or Logit Analysis. Berkeley: LeOra Software, 1994.
- [16] Zhang W T. SPSS11 Statistical Analysis (Advanced Chapter). Beijing: Hope Electronic Press, 2002: 119-123.
- [17] Hughes P R, Wood H A, Burand J P, Grandos R R. Quantification of the dose-mortality response of *Trichoplusia ni*, *Heliothis zea*, and *Spodoptera frugiperda* to nuclear polyhedrosis viruses; applicability of an exponential model. Journal of Invertebrate Pathology, 1984, 43(3): 343-350.
- [18] Shapiro M. Use of optical brighteners as radiation protectants for gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) nuclear polyhedrosis virus. Journal of Economic Entomology, 1992, 85(5): 1682-1686.
- [19] Yang G P, Duan L Q, Gong Y Y, Yang F, Sun Y H. Effect of a fluorescent brightener, host plants and geographic strains of LdNPV on the phenoloxidase activity of gypsy moth larvae. Scientia Silvae Sinicae, 2010, 46(9): 105-109.
- [20] Sheppard C A, Shapiro M. Physiological and nutritional effects of a fluorescent brightener on nuclear polyhedrosis virus-infected *Lymantria dispar* (L.) larvae (Lepidoptera: Lymantriidae). Biological Control, 1994, 4(4): 404-411.
- [21] Shapiro M, Argauer R. Effects of pH, temperature, and ultraviolet radiation on the activity of an optical brightener as a viral enhancer for the Gypsy Moth (Lepidoptera: Lymantriidae) baculovirus. Journal Economic Entomology, 1995, 88(6): 1602-1606.
- [22] Washburn J O, Kirkpatrick B A, Stapleton E H. Evidence that the stilbene-derived optical brightener M2R enhances *Autographa californica* M nucleopolyhedrovirus infection of *Trichoplusia ni* and *Heliothis virescens* by preventing sloughing of infected midgut epithelial cells. Biological Control, 1998, 11(1): 58-69.
- [23] Wang P, Granados R R. Calcofluor disrupts the midgut defense system in insects. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 2000, 30(2): 135-143.
- [24] Argauer R, Shapiro M. Fluorescence and relative activities of stilbene optical brighteners as enhancers for the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) baculovirus. Journal of Economic Entomology, 1997, 90(2): 416-420.
- [25] Zhu L C, Duan L Q, Te M Q, Song G. Virulence comparison among three geographic strains of LdNPV. Forest Pest and Disease, 2008, 27(5): 4-6.

参考文献:

- [4] 李文爱. 舞毒蛾的综合治理. 陕西林业科技, 2001, 1(1): 39-41.
- [5] 国家林业局植树造林司, 国家林业局森林病虫害防治总站. 病虫快讯, 2002. 6.
- [9] 严静君, 姚德富, 刘后平, 李广武. 中国舞毒蛾天敌昆虫名录. 林业科技通讯, 1994, (5): 25-27.
- [16] 张文彤. SPSS11 统计分析教程 (高级篇). 北京: 北京希望电子出版社, 2002: 119-123.
- [19] 杨高鹏, 段立清, 宫玉艳, 杨帆, 孙彦宏. 荧光增白剂、寄主植物、LdNPV 地理品系对舞毒蛾幼虫酚氧化酶的影响. 林业科学, 2010, 46(9): 105-109.
- [25] 朱立春, 段立清, 特木钦, 宋钢. 舞毒蛾核型多角体病毒 3 个地理品系的毒力比较. 中国森林病虫, 2008, 27(5): 4-6.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 6 March, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

- Quantitatively monitoring undergoing degradation of plateau grassland by remote sensing data; a case study in Maqu County, Gansu Province, China ZHOU Jianhua, WEI Huaidong, CHEN Fang, et al (1663)
- Using periphyton assemblages to assess stream conditions of Taizi River Basin, China YIN Xuwang, QU Xiaodong, LI Qingnan, et al (1677)
- Water-holding capacity of an evergreen broadleaf forest in Ailao Mountain and its functions in mitigating the effects of Southwest China drought QI Jinhua, ZHANG Yongjiang, ZHANG Yiping, et al (1692)
- The relationship between protistan community and water quality along the coast of Qingdao YANG Jimpeng, JIANG Yong, HU Xiaozhong (1703)
- Simulation of effects of warming on carbon budget in alpine meadow ecosystem on the Tibetan Plateau QI Weiwei, NIU Haishan, WANG Shiping, et al (1713)
- Features of leaf photosynthesis and leaf nutrient traits in reservoir riparian region of Three Gorges Reservoir, China JIE Shenglin, FAN Dayong, XIE Zongqiang, et al (1723)
- Spatio-temporal distribution of fish in the Pengxi River arm of the Three Gorges reservoir REN Yuqin, CHEN Daqing, LIU Shaoping, et al (1734)
- Analysis on allelochemicals in the cell-free Filtrates of *Amphidinium carterae* JI Xiaoqing, HAN Xiaotian, YANG Baijuan, et al (1745)
- Effect of starvation on expression patterns of the MYP gene in *Strongylocentrotus intermedius* QIN Yanjie, SUN Bolin, LI Xia, et al (1755)
- Habitat selection of feral yak in winter and spring in the Helan Mountains, China ZHAO Chongnan, SU Yun, LIU Zhensheng, et al (1762)
- Using cellular automata to study patchy spread in a predator-prey system YANG Li, LI Weide (1773)
- Effects of insect-resistant transgenic *Bt* rice with a fused *Cry1Ab+Cry1Ac* gene on population dynamics of the stem borers, *Chilo suppressalis* and *Sesamia inferens*, occurring in paddyfield LI Zhiyi, SUI He, XU Yanbo, et al (1783)
- Effect of spectral sensitivity and intensity response on the phototaxis of *Frankliniella Occidentalis* (Pergande) FAN Fan, REN Hongmin, LU Lihua, et al (1790)
- The synergistic action and UV protection of optical brightener on three different geographic isolates of Asian Gypsy Moth Nucleopolyhedrovirus (LdMNPV) WANG Shujuan, DUAN Liqing, LI Haiping, et al (1796)
- The availability of trace elements in an oasis soil under different utilization intensity in an arid area in China LI Haifeng, ZENG Fanjiang, GUI Dongwei, et al (1803)
- Multivariate regression analysis of greenhouse gas emissions associated with activities and populations of soil microbes in a double-rice paddy soil QIN Xiaobo, LI Yu'e, SHI Shengwei, et al (1811)
- Distribution characteristics of humus fraction in soil profile for the typical regions in the Loess Plateau DANG Ya'ai, LI Shiqing, WANG Guodong (1820)
- N₂O emissions from vegetable farmland with purple soil and the main factors influencing these emissions YU Yajun, WANG Xiaoguo, ZHU Bo (1830)
- Relationships between carbon source utilization of soil microbial communities and environmental factors in natural secondary forest in subtropical area, China WANG Yun, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua, et al (1839)
- Numerical soil classification using fuzzy K-means algorithm and predictive soil mapping at regional scale LIU Pengfei, SONG Xuan, LIU Xiaobing, et al (1846)
- Releasing characteristics of nonpoint source pollutants from straws under submerging condition YANG Zhimin, CHEN Yucheng, ZHANG Yun, et al (1854)
- Effects of delayed irrigation at jointing stage on nitrogen accumulation and its allocation, and NO₃-N migration in wheat WANG Hongguang, YU Zhenwen, ZHANG Yongli, et al (1861)
- Risk division on winter wheat suffering from spring wet damages in Jiangsu Province WU Hongyan, GAO Ping, XU Weigen, et al (1871)
- Determination of the initial depth of water uptake by roots of steppe plants in restored and overgrazed communities, Inner Mongolia, China GUO Yuran, WANG Wei, LIANG Cunzhu, et al (1880)
- Fine root architecture and morphology among different branch orders of six subtropical tree species XIONG Decheng, HUANG Jinxue, YANG Zhijie, et al (1888)
- Numerical analysis of inter-specific relationships in Alpine steppe community in Bayanbulak FANG Fei, HU Yukun, ZHANG Wei, et al (1898)
- Analysis of shade-tolerance and determination of evaluation indicators of shade-tolerance in seedlings of *Chrysanthemum grandiflorum* and its closely related genera SUN Yan, GAO Haishun, GUAN Zhiyong, et al (1908)
- Effect of the parasitic *Cuscuta australis* on the community diversity and the growth of *Alternanthera philoxeroides* WANG Rukui, GUAN Ming, LI Yonghui, et al (1917)
- Diversity and community structure of basidiomycete laccase gene from subtropical broad-leaved and coniferous forest ecosystems based on cDNA cloning CHEN Xiangbi, SU Yirong, HE Xunyang, et al (1924)
- Fine root longevity and controlling factors in subtropical *Alingia grilipes* and *Castanopsis carlesii* forests HUANG Jinxue, LING Hua, YANG Zhijie, et al (1932)
- Linear programming and optimal distribution of the forest resources based on TM remote sensing images DONG Bin, CHEN Liping, WANG Ping, et al (1943)
- Urban green space landscape patterns and thermal environment investigations based on computational fluid dynamics LIU Yanhong, GUO Jinping, WEI Qingshun (1951)
- Review and Monograph**
- Review of the ecological compensation efficiency ZHAO Xueyan (1960)
- Scientific Note**
- The effects of petroleum exploitation on water quality bio-assessment and benthic macro-invertebrate communities in the Yellow River Delta wetland, Dongying CHEN Kai, XIAO Nengwen, WANG Beixin, et al (1970)

《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 6 期 (2012 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 6 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

主 编 冯宗炜

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:1000717

印 刷 北京北林印刷厂

发 行 科 学 出 版 社
地址:东黄城根北街 16 号
邮政编码:1000717
电话:(010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

订 购 全国各地邮局

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

广告经营 京海工商广字第 8013 号
许 可 证

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 FENG Zong-Wei

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



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