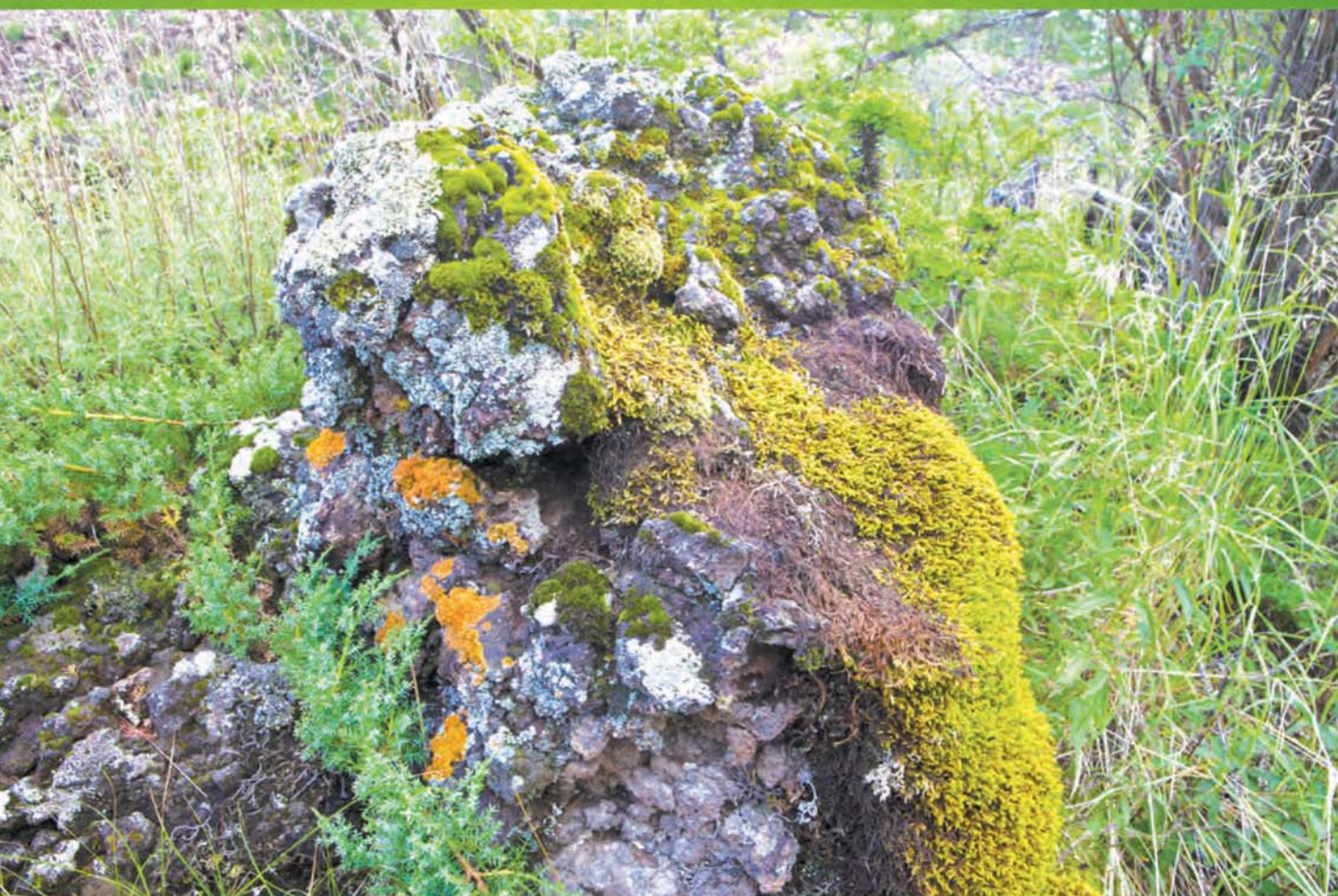


ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

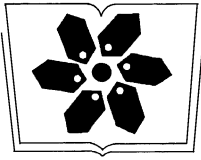
## Acta Ecologica Sinica



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部分布特征.....	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)
<b>专论与综述</b>	
生态补偿效率研究综述.....	赵雪雁 (1960)
<b>研究简报</b>	
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/stxb201102260222

李志毅, 隋贺, 徐艳博, 韩兰芝, 陈法军. 转 *Cry1Ab* 和 *Cry1Ac* 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. 生态学报, 2012, 32(6): 1783-1789.

Li Z Y, Sui H, Xu Y B, Han L Z, Chen F J. 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. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(6): 1783-1789.

## 转 *Cry1Ab* 和 *Cry1Ac* 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<sup>1</sup>, 隋 贺<sup>1</sup>, 徐艳博<sup>1</sup>, 韩兰芝<sup>2</sup>, 陈法军<sup>1,\*</sup>

(1. 南京农业大学植物保护学院昆虫系, 昆虫信息生态研究室, 南京 210095;

2. 中国农业科学院植物保护研究所, 水稻害虫研究组, 北京 100094)

**摘要:**以 *Bt* 水稻华恢 1 号 (*Cry1Ac* 和 *Cry1Ab* 融合基因; 简称 HH1) 及其对照亲本明恢 63 (简称 MH63) 稻田靶标害虫二化螟 *Chilo suppressalis* 和次靶标害虫大螟 *Sesamia inferens* 为研究对象, 研究了转基因抗虫水稻大田螟虫发生规律及其靶标和次靶标害虫致害力差异。结果表明, *Bt* 水稻及其对照亲本上二化螟或大螟的卵块数量差异不显著, 同时, 对照亲本上二化螟与大螟的落卵量差异不显著, 但 *Bt* 水稻上二化螟的落卵量显著大于大螟。与对照亲本相比, *Bt* 水稻上二化螟幼虫发生量显著降低, 降幅高达 84.9%—100%, 但大螟发生量差异不显著; 此外, 对照亲本上二化螟幼虫发生量显著高于大螟, 但 *Bt* 水稻上两者差异不显著。同时, *Bt* 水稻上二化螟导致的枯心/白穗率和受害丛率都显著低于其在对照亲本上的致害程度, 降幅分别为 30.8%—98.3% 和 11.4%—96.6%, 而大螟差异不显著。可见, *Bt* 水稻对靶标害虫二化螟具有较高抗性, 而对次靶标害虫大螟的抗性不明显。另一方面, *Bt* 水稻和对照亲本上二化螟导致的枯心/白穗率和受害丛率都显著高于大螟。可见, 二化螟仍是当前非转基因水稻上的主要害虫, 而 *Bt* 水稻对二化螟幼虫发生的显著抑制作用以及对大螟幼虫发生的不显著影响, 使得其大面积商业化种植下靶标害虫二化螟和次靶标害虫大螟间的竞争替代成为可能。

**关键词:** *Bt* 水稻; 靶标/次靶标抗性; 二化螟; 大螟; 种群发生; 生态风险

## 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<sup>1</sup>, SUI He<sup>1</sup>, XU Yanbo<sup>1</sup>, HAN Lanzhi<sup>2</sup>, CHEN Fajun<sup>1,\*</sup>

1 Department of Entomology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

2 Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China

**Abstract:** The approval of transgenic *Bacillus thuringiensis* rice (ab., *Bt* rice) with double-stacked traits (including a rice restorer line of cv. *Bt* Huahui-1 and a hybrid rice line of cv. *Bt* Shanyou-63, both expressing a fused *Cry1Ab+Cry1Ac* gene) by China's Ministry of Agriculture (MOA) on 27 November 2009 was a momentous day for biotech crops worldwide. To date, some experiments have been carried out in labs or under controlled environmental conditions, which indicate that *Bt* rice can perform remarkably well against two targeted lepidopteran pests (e.g., the stem borer, *Chilo suppressalis*, and

**基金项目:**转基因生物新品种培育重大专项课题(2009ZX08011-007B; 2009ZX08012-005B 和 2011ZX08012-005); 教育部霍英东基金(122033); 博士点基金(20070307002)

收稿日期: 2011-02-26; 修订日期: 2011-05-30

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: fajunchen@njau.edu.cn

leaf-folder, *Cnaphalocrocis medinalis*), and simultaneously offers: 1) the potential to generate economic benefits due to yield increases, and 2) overall decreases in insecticide use in China. In this study, the field experiments were conducted in order to examine the population dynamics and damage characteristics of two stem borers (i. e., target pest, *C. suppressalis* and a sub-target pest, *Sesamia inferens*) feeding on the *Bt* rice with a fused *Cry1Ab+Cry1Ac* gene (cv., *Bt* Huahui-1) and its parent line of nontransgenic rice (cv., Minghui-63). The results indicate that no significant differences were found in the number of egg masses per 100 plants for *C. suppressalis* or *S. inferens* occurring on *Bt* rice in contrast to nontransgenic rice. In addition, no significant differences in egg mass densities between *C. suppressalis* and *S. inferens* were found when fed on nontransgenic rice, whereas a significant increase in egg mass were observed for *C. suppressalis* relative to *S. inferens* fed on *Bt* rice. Compared with nontransgenic rice, *Bt* rice significantly reduced the population density (i. e., individuals per 100 plants; 84.9%—100%) of *C. suppressalis* larvae, while the transgenicity did not significantly influence the population abundance for *S. inferens*. Moreover, *C. suppressalis* had significantly higher larval abundances than *S. inferens* when they fed on nontransgenic rice, while no significant differences were observed when fed on *Bt* rice. Simultaneously, significantly lower percentages of dead heart or white head plants (30.8%—98.3%), and damaged plants (11.4%—96.6%) resulted from *C. suppressalis*, while no significant differences were detected in the damage percentages for *S. inferens*, as they fed on the *Bt* rice relative to the nontransgenic rice cultivar. Therefore, *Bt* rice appears to have a higher resistance to the targeted pest, *C. suppressalis*, while lower resistance was observed for the sub-target pest, *S. inferens*. Furthermore, significantly higher damage percentages were caused by *C. suppressalis* relative to *S. inferens*, regardless of the transgenicity of the rice cultivar. Thus, the stem borer, *C. suppressalis*, remains the key insect pest in the paddyfield. While it is presumed, owing to the significant inhibition of *Bt* rice on the occurrence of *C. suppressalis* relative to *S. inferens* under the commercialization usage of *Bt* rice, the inter-species competition and population succession may be occurring between the target and sub-target pests of stem borers. Furthermore, additional field research work needs to be conducted, especially during the rice growing season when high densities of *C. suppressalis* and *S. inferens* are both available on *Bt* rice to assess ecological risks of the inter-species competition and population successions between the target and sub-target insect pests.

**Key Words:** *Bt* rice; target/non-target resistance; *Chilo suppressalis*; *Sesamia inferens*; population dynamics; ecological risk

水稻是世界上主要的粮食作物之一,尤其对广大发展中国家而言<sup>[1]</sup>。而长期以来,螟虫一直是我国水稻生产上的常发性害虫,尤其自 20 世纪 90 年代以来,其种群发生量持续上升,为害不断加剧,对水稻生产构成了严重威胁。其中,优势种二化螟 *Chilo suppressalis* 年发生面积在 1666.7 万  $\text{hm}^2$  以上,大螟 *Sesamia inferens* 的年发生面积亦超过 166.7 万  $\text{hm}^2$ <sup>[2]</sup>。由于水稻螟虫具有钻蛀为害习性,给防治带来极大困难<sup>[3]</sup>。过去对螟虫的控制主要依赖化学农药,进而导致严重的害虫抗药性问题<sup>[4-5]</sup>。此外,长期使用化学农药还会带来农药残留和环境污染等问题<sup>[6]</sup>。为了改变水稻依赖化学防治这一现状,进行抗虫品种选育是一条简便、经济、安全、有效的途径<sup>[7]</sup>。近年来,随着转基因技术的快速发展,多种转基因作物相继培育成功,其中 *Bt* 抗虫育种取得了极大成功,如 *Bt* 抗虫棉花、水稻、烟草、玉米、大豆和甜菜等。

目前,我国转基因抗虫水稻(如转 *Cry1Ab/Cry1Ac* 融合基因型恢复系华恢 1 号和同样转 *Cry1Ab/Cry1Ac* 融合基因杂交系 *Bt* 汕优 63) 已获取安全证书,向商业化种植迈出了一大步,这也成为了引发国内外广泛关注的热点问题<sup>[8]</sup>。目前,我国产业化前景较好的抗虫水稻主要以转 *Cry1A* 基因为主。研究表明,*Cry1A* 蛋白对螟蛾科害虫如二化螟、三化螟和稻纵卷叶螟均具有较好防效,控制效率均在 90% 以上<sup>[9-14]</sup>,但对大螟的防效较低,晚稻上的控制效率仅为 44%—64%<sup>[15]</sup>。此外,转基因水稻稻茬残存螟虫中,大螟所占比例明显上升,导致转基因稻田存在主要害虫种群竞争演替的生态风险<sup>[15]</sup>。这在商业化种植历史已达 10 余年的 *Bt* 棉花上得以

证实,即 *Bt* 棉花的种植有效地控制了大田棉铃虫和棉红铃虫的暴发为害<sup>[16]</sup>。但对 *Bt* 毒素耐受性较高的次靶标害虫甜菜夜蛾的种群数量却呈上升趋势<sup>[17]</sup>,上升为棉田的主要害虫<sup>[18-20]</sup>。*Bt* 抗虫水稻的种植是否也会引起田间不同螟虫种群间的竞争演替?进而面临次要害虫上升为主要害虫的生态风险?这是 *Bt* 抗虫水稻大面积商业化推广种植前,其生态风险评价中亟待明确的重要问题之一。本文通过 *Bt* 抗虫水稻华恢 1 号的大田试验,开展主要靶标害虫二化螟和次靶标害虫大螟的种群动态调查和致害力差异比较研究,为进一步明确 *Bt* 抗虫水稻种植下大田螟虫的种群发生规律及其种间竞争演替提供试验依据,同时服务于转基因抗虫水稻的生态安全评价和生态风险评估。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试转基因水稻

试验所用转基因水稻为华恢 1 号(*Cry1Ac* 和 *CryAb* 融合基因型,简称 HH1),及其对照亲本水稻明恢 63 (简称 MH63)。两种水稻种子均由华中农业大学提供。

### 1.2 试验地布局

试验地设在广西兴安县湘漓镇——中国农业科学院植物保护研究所野外观测基地。*Bt* 水稻 HH1 与其对照亲本 MH63 播种小区间隔交替排列,每个品种各设置 3 个重复,共计 6 个小区,每个小区面积为 5 m×20 m,小区间设置 1 m 空白隔离带,以防止不同品种水稻间螟虫幼虫的转株为害。

### 1.3 试验地农事管理:

2010 年 5 月 23 日秧田育秧,6 月 28 日大田移栽插秧,秧苗定植尺寸行间距为 18 cm×18 cm。水稻插秧时,按每 666.7m<sup>2</sup> 5 kg 尿素和 5 kg N:P:K(18:15:12)复合肥的标准撒施基肥,并在大田插秧后,按照每 666.7m<sup>2</sup> 65% 五氯酚钠粉剂 200 g 拌土 15 kg 的标准均匀撒施于水田表面,用于防治福寿螺对秧苗的为害。此外,水稻整个生育期内不施用农药,以确保稻田昆虫自然消长。自 7 月 7 日起,每隔 4 d 人工补水 1 次。7 月 15 日,按每 666.7m<sup>2</sup> 10 kg 尿素和 10kg N:P:K(18:15:12)复合肥的标准追肥一次,并于水稻分蘖前期集中人工除草一次,其它的农事操作均同当地常规田。

### 1.4 二化螟和大螟发生与为害调查

为了明确 *Bt* 水稻种植对靶标害虫二化螟和次靶标害虫大螟的种群发生规律及两种螟虫对水稻的致害力差异,于 7 月 29 日—9 月 30 日,每 7 d 调查一次,每品种各 3 个小区,每小区按“双平行线”取样法随机抽检 50 丛水稻进行调查,分别记录二化螟和大螟的落卵量和幼虫量,后转化为百丛落卵量和百丛幼虫量,用来作为表示两种螟虫发生量差异的指标;另外,详细记录二化螟和大螟分别导致的水稻枯心数(包含前期的枯鞘数)、白穗数(包含孕穗期的枯孕穗数)、受害丛数(若被调查的稻丛有其中一个分蘖为枯心或者白穗,则此丛即算为受害丛)及总分蘖数,最终转化为枯心/白穗率(在抽穗前和抽穗后分别用枯心率和白穗率来表示水稻的受害程度)、受害丛率,用以上两个指标来表示两种螟虫对水稻的致害力差异。

### 1.6 统计分析

数据分析采用 SAS6.12 统计软件(SAS Institute, USA, 1996)进行。采用 Excel 2003 软件计算枯心/白穗率和受害丛率,计算方法根据中华人民共和国国家标准——水稻二化螟测报调查规范(GB/T15792—1995)进行:枯心/白穗率=(枯心数或白穗数/总分蘖数)×100%,受害丛率=(有枯心或白穗丛数/调查丛数)×100%。其中,二化螟和大螟的种群发生动态(包括百丛落卵量和百丛虫量)及其致害力指标(即枯心白穗率和受害丛率)采用成对 *T* 检验(Paired-*T* test)进行统计分析( $P < 0.05$ )。数据分析前,分别对绝对值和百分比数据进行对数转换和反正弦平方根转化,以符合正态分布假设。

## 2 结果

### 2.1 *Bt* 水稻及其对照亲本上二化螟和大螟的落卵量

图 1 显示,*Bt* 水稻及其对照亲本上二化螟和大螟的卵块数量均不大(≤2 块/百丛),*Bt* 水稻 HH1 上大螟的落卵量甚至为零。成对 *T* 检验表明,大螟和二化螟在 *Bt* 水稻及其对照亲本上的卵块数量差异不显著,且对

照亲本上二化螟与大螟的落卵量差异不显著,但 *Bt* 水稻 HH1 上二化螟的卵块数量显著高于大螟的卵块数 ( $P < 0.05$ ; 图 1)。

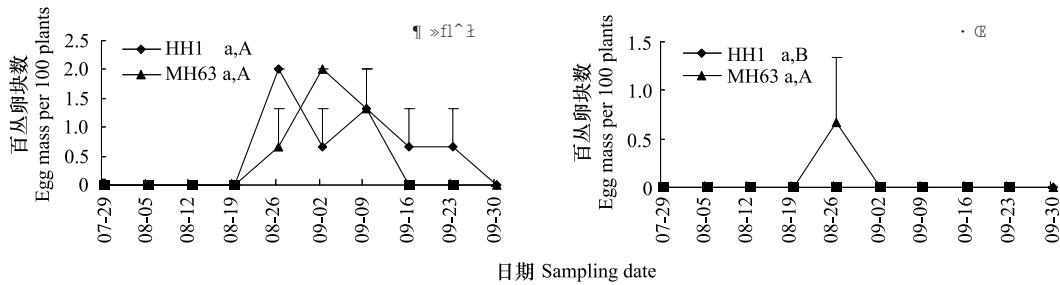


图 1 *Bt* 水稻 (Cry1Ab 和 Cry1Ac 融合基因型; 华恢 1 号) 及其对照亲本 (明恢 63) 上二化螟和大螟的落卵量

Fig. 1 The egg masses of stem borers *Chilo suppressalis* and *Sesamia inferens* fed *Bt* rice (cv. HH1 with fused *Cry1Ab* and *Cry1Ac*) and nontransgenic rice (cv. MH63, the parent line)

不同小写字母表示在 *Bt* 水稻及其对照亲本上二化螟或大螟的落卵量差异显著; 不同大写字母表示同一水稻品种上, 大螟和二化螟的落卵量差异显著; 成对 *T* 检验,  $P < 0.05$

## 2.2 *Bt* 水稻及其对照亲本上二化螟和大螟幼虫发生量

图 2 显示, *Bt* 水稻及其亲本上二化螟和大螟的幼虫发生量存在极大差异, 且两者之间存在近 2 个数量级 ( $\times 100$ ) 的差异; 其中, *Bt* 水稻及其亲本上二化螟和大螟的高峰期虫量分别为百丛 43 头和 287 头, 0 头和 3.3 头。与对照亲本相比, *Bt* 水稻上二化螟种群发生量显著降低 ( $P < 0.05$ ; 图 2), 降幅高达 84.9%—100%, 而大螟发生量差异不显著 ( $P > 0.05$ ; 图 2)。此外, 对照亲本水稻上二化螟种群发生量显著高于大螟种群 ( $P < 0.05$ ), 而 *Bt* 水稻上两者种群发生量都很小, 且差异不显著 ( $P > 0.05$ ; 图 2)。

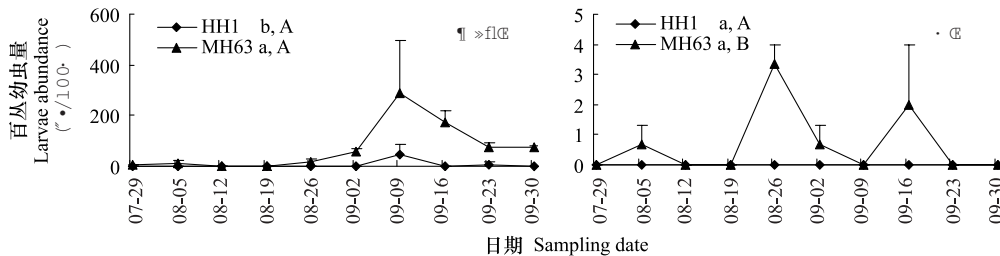


图 2 *Bt* 水稻 (Cry1Ab 和 Cry1Ac 融合基因型; 华恢 1 号) 及其对照亲本 (明恢 63) 上二化螟和大螟的幼虫发生量

Fig. 2 Population dynamics of the larvae of stem borers *C. suppressalis* and *S. inferens* fed *Bt* rice (cv. HH1 with fused *Cry1Ab* and *Cry1Ac*) and nontransgenic rice (cv. MH63, the parent line)

不同小写字母表示二化螟或大螟在 *Bt* 水稻及其对照亲本上的虫量差异显著; 不同大写字母表示同一水稻品种上, 大螟和二化螟的虫量差异显著; 成对 *T* 检验,  $P < 0.05$

## 2.3 *Bt* 水稻及其对照亲本上二化螟和大螟导致的枯心/白穗率和受害丛率差异分析

*Bt* 水稻及其对照亲本上二化螟导致的枯心/白穗率和受害丛率都显著高于大螟的危害 ( $P < 0.05$ ), 且在 *Bt* 水稻上二化螟导致的枯心/白穗率和受害丛率都显著低于其在对照亲本水稻上的危害程度 ( $P < 0.05$ ), 降幅分别为 30.8%—98.3% 和 11.4%—96.6%, 但在 *Bt* 水稻及其对照亲本上大螟的危害程度间差异不显著 ( $P > 0.05$ ) (图 3)。

## 3 讨论

转基因抗虫水稻对农田生态系统中生物群落多样性和稳定性的影响是其生态安全性评价的重要内容, 以往研究多集中于对非靶标害虫、天敌及其生物多样性等方面<sup>[21-23]</sup>。有关转基因抗虫水稻引起的鳞翅目害虫种群演替方面却少有报道。本研究结果表明, 在产卵选择性方面, 对于靶标害虫二化螟和次靶标害虫大螟来说, 在 *Bt* 水稻及其对照亲本上的落卵量都不大 ( $\leq 2$  块/百丛), 且落卵量差异不显著; 而在 *Bt* 水稻上二化螟



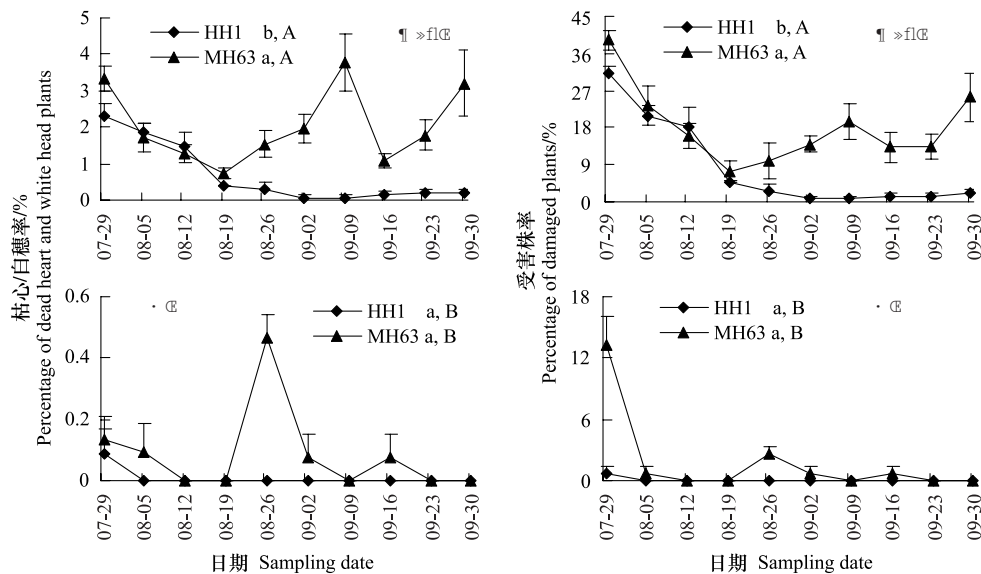


图3 *Bt* 水稻(*Cry1Ab* 和 *Cry1Ac* 融合基因型; 华恢1号)及其对照亲本(明恢63)上二化螟和大螟发生导致的枯心/白穗率和受害率

Fig. 3 Percentage of dead heart or white head plants, and percentage of damaged plants by stem borers *C. suppressalis* and *S. inferens* fed *Bt* rice (cv. HH1 with fused *Cry1Ab* and *Cry1Ac*) and nontransgenic rice (cv. MH63, the parent line)

不同小写字母表示在 *Bt* 水稻及其对照亲本上二化螟或大螟导致的枯心/白穗率或受害率差异显著; 不同大写字母表示同一水稻品种上, 大螟和二化螟导致的枯心/白穗率或受害率差异显著; 成对 *T* 检验,  $P < 0.05$

的落卵量显著大于大螟, 这与本年度二化螟为田间优势种群有关。在我国主要水稻螟虫种类中二化螟和三化螟属螟蛾科, 为优势种; 大螟属夜蛾科, 发生相对较轻, 为次要害虫<sup>[15]</sup>。此外, 田间二化螟和大螟的幼虫发生量之间存在极大差异, 二化螟的百丛虫量高出大螟近两个数量级( $\times 100$ )。在对照亲本水稻上, 二化螟的幼虫发生量显著高于大螟的发生量, 也说明了二化螟是当前稻田的优势种群。在 *Bt* 水稻对两种螟虫的致死作用上来看, 与对照亲本水稻相比, *Bt* 水稻上二化螟的幼虫发生量显著降低, 而大螟的发生量没有显著差异, 且在 *Bt* 水稻上二化螟的幼虫量较低且与大螟差异不显著。此外, 在两种螟虫的田间致害力方面, *Bt* 水稻上二化螟导致的枯心/白穗率和受害率都显著低于其在对照亲本水稻上的致害程度, 而大螟的致害性差异不显著。从而说明, *Bt* 水稻对靶标害虫二化螟具有较高抗性, 这与已有的研究结果相一致<sup>[11-15]</sup>; 同时, *Bt* 水稻对次靶标害虫大螟的抗性相对较差, 这也与已有的研究结果相吻合<sup>[9-10, 15]</sup>。进而说明, *Bt* 水稻极大地降低了二化螟种群的优势度。为将来高虫口密度下大螟在 *Bt* 水稻上暴发危害、进而演变为优势虫群创造了可能, 进而导致 *Bt* 水稻大面积商业化推广种植下大田螟虫的竞争演替及次要害虫上升为主要害虫的生态风险, 这与高玉林等<sup>[15]</sup>的研究推测相一致。之前的研究表明, 无论是室内离体稻株上试虫的存活情况还是田间自然种群的防治效果, 转基因水稻对大螟的抗性均明显弱于对二化螟的防治效果<sup>[24-25]</sup>。两种螟虫对转基因抗虫水稻所表达的杀虫蛋白敏感性不同应该是其内在主要原因。

转基因作物的生态风险研究是其大规模商业化推广前所必须开展的一项重要研究, 也是一项长期生态科学研究工作<sup>[26-27]</sup>。虽然需要在其大面积商品化生产之前通过室内或田间小范围的模拟试验获得大量相关的资料, 评价其生态风险, 但对该问题的真正解答还需要在其商业化生产后进行持续有效的监管和监测, 采取合理对策, 以确保将转基因作物对生态系统的潜在负面影 响降至最低。眼下, 国内转基因水稻的产业化似已成为必然的发展态势。就转基因抗虫水稻对田间螟虫类群的影响而言, 除了在生产性试验及随后的商品化应用过程中进一步监测、研究和评价其种群暴发危害规律及其致害性差异之外, 还要探明螟虫对转基因抗虫水稻的抗性发展规律及其生态和遗传因子, 最终明确转基因抗虫水稻种植下靶标害虫二化螟和次靶标大螟之间的竞争演替, 进而构建两者的种群演替模型, 并据此系统评价转基因抗虫水稻所面临的次要害虫上升为主要害虫问题, 以指导生产转基因抗虫育种, 如筛选对不同螟虫的高效杀虫蛋白基因或培育多抗的新型转基因

抗虫水稻;同时,生产中应积极协调转基因抗虫水稻与化学农药等害虫防治措施优势互补关系,将转基因抗虫水稻作为一种简便、经济、有效、安全、持续的害虫防治手段,并纳入到害虫综合防治体系中,这亦是转基因抗虫水稻产业化过程中值得探索的重要课题。

#### References:

- [ 1 ] Wang Z H, Shu Q Y, Xia Y W. Advances in the study on the improvement of rice through gene engineering. *Biotechnology Information*, 1999, 15 (2): 5-8.
- [ 2 ] Fu Q, Huang S W. *Rice Diseases and Insect Pests Diagnosis and Treatment of Diseases and Insect Pests of Rice Color Pictures*. Beijing: Jindun Publishing House, 2005: 75-81.
- [ 3 ] Sun J Z, Du Z W. The structure and dynamics in space, number and time of damaged rice in paddy fields infested by striped rice borer *Chilo suppressalis* Walker. *Acta Entomologica Sinica*, 1992, 35(2): 187-194.
- [ 4 ] Jiang X H, Zhang Q H, Hu S M, Xie S J, Xu X G. The status of pesticide resistance of rice stalk borer in Zhejiang Province and their management tactics. *Plant Protection Technology and Extension*, 2001, 21(3): 27-29.
- [ 5 ] Cao M Z, Shen J L, Zhang S M, Zhou W J, Zhang J Z, Lu M. Detection and management of insecticide resistance of *Chilo suppressalis* in Jiangsu Province in 2002. *Plant Protection*, 2003, 29(5): 34-37.
- [ 6 ] Zhong W K, Hao J, Fan Y B, Wang M J. Development in pesticide residues analysis of food. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 2000, 28(7): 904-910.
- [ 7 ] Huang J K, Hu R F, Rozelle S, Pray C. Insect-resistant GM rice in farmers' fields; assessing productivity and health effects in China. *Science*, 2005, 308(5722): 688-690.
- [ 8 ] Han L Z, Wu K M, Peng Y F, Guo Y Y. Research advances in ecological safety of insect-resistant transgenic rice. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 2006, 12(3): 431-436.
- [ 9 ] Fiuza L M, Nielsen-Leroux C, Goze E, Frutos R, Charles J F. Binding of *Bacillus thuringiensis* Cry1 toxins to the midgut brush border membrane vesicles of *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Pyralidae): evidence of shared binding sites. *Applied and Environmental Microbiology*, 1996, 62(5): 1544-1549.
- [ 10 ] Lee M K, Aguda R M, Cohen M B, Gould F L, Dean D H. Determination of receptor binding properties of *Bacillus thuringiensis*  $\delta$ -endotoxins to rice stem borer midguts. *Applied and Environmental Microbiology*, 1997, 63: 1453-1459.
- [ 11 ] Han L Z, Wu K M, Peng Y F, Wang F, Guo Y Y. Evaluation of transgenic rice expressing *Cry1Ac* and *CpTI* against *Chilo suppressalis* and intrapopulation variation in susceptibility to *Cry1Ac*. *Environmental Entomology*, 2006, 35(5): 1453-1459.
- [ 12 ] Han L Z, Wu K M, Peng Y F, Wang F, Guo Y Y. Efficacy of transgenic rice expressing *Cry1Ac* and *CpTI* against the rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée). *Journal of Invertebrate Pathology*, 2007, 96(1): 71-79.
- [ 13 ] Li D H, Fu Q, Wang F, Yao Q, Lai F X, Wu J C, Zhang Z T. Resistance of transgenic rice containing both *sek* and *cry1Ac* genes against *Chilo suppressalis* and *Cnaphalocrocis medinalis*. *Chinese Journal of Rice Science*, 2004, 18(1): 43-47.
- [ 14 ] Tu J, Zhang G A, Datta K, Xu C G, He Y Q, Zhang Q F, Khush G S, Datta S K. Field performance of transgenic elite commercial hybrid rice expressing *Bacillus thuringiensis*  $\delta$ -endotoxin. *Nature Biotechnology*, 2000, 18(10): 1101-1104.
- [ 15 ] Gao Y L, Fu Q, Wang F, Lai F X, Luo J, Peng Y F, Zhang Z T. Effects of transgenic rice harboring *cry1Ac* and *CpTI* genes on survival of *Chilo suppressalis* and *Sesamia inferens* and field composition of rice stemborers. *Chinese Journal of Rice Science*, 2006, 20(5): 543-548.
- [ 16 ] Wu K M, Lu Y H, Feng H Q, Jiang Y Y, Zhao J Z. Suppression of cotton bollworm in multiple crops in China in areas with *Bt* toxin-containing cotton. *Science*, 2008, 321(5896): 1676-1678.
- [ 17 ] Tabashnik B E, Gassmann A J, Crowder D W, Carrière Y. Insect resistance to *Bt* crops: evidence versus theory. *Nature Biotechnology*, 2008, 26(2): 199-202.
- [ 18 ] Wang Y Q, Jin H F, Li S Y. Preliminary observation of serious damage of resistant cotton created by beet armyworm. *China Cotton*, 2002, 29(10): 27-28.
- [ 19 ] Wang Y Q. American cotton beet armyworm occurrence and management. *Plant Protection Technology and Extension*, 2000, 21(1): 44-45.
- [ 20 ] Zhang B W, Li K Q, Zhu S H, Hu A L, Luo D R, Wang J. Investigation on occurring characteristics of pests after transgenic Bt cotton planted in a large area in Anqing. *Plant Protection Technology and Extension*, 2002, 22(12): 10-12.
- [ 21 ] Liu Z C, Ye G Y, Hu C, Datta S K. Effects of Bt transgenic rice on population dynamics of main non-target insect pests and dominant spider species in rice paddies. *Acta Phytologica Sinica*, 2002, 29(2): 138-144.
- [ 22 ] Fu Q, Wang F, Li D H, Yao Q, Lai F X, Zhang Z T. Effects of insect-resistant transgenic rice lines MSA and MSB on non-target pests



*Nilaparvata lugens* and *Sogatella fucifera*. *Acta Entomologica Sinica*, 2003, 46(6): 697-704.

- [23] Chen M, Ye G Y, Hu C, Tu J, Datta S K. Effect of transgenic *Bt* rice on dispersal of planthoppers and leafhoppers as well as their egg parasitic wasps. *Journal of Zhejiang University: Agriculture and Life Sciences*, 2003, 29(1): 29-33.
- [24] Han L Z, Liu P L, Wu K M, Peng Y F, Wang F. Population dynamics of *Sesamia inferens* on transgenic rice expressing *Cry1Ac* and *CpTI* in southern China. *Environmental Entomology*, 2008, 37(5): 1361-1370.
- [25] Han L Z, Hou M L, Wu K M, Peng Y F, Wang F. Lethal and sub-lethal effects of transgenic rice containing *cry1Ac* and *CpTI* genes on the pink stem borer. *Scientia Agricultura Sinica*, 2009, 42(2): 523-531.
- [26] Snow A A, Andow D A, Gepts P, Hallerman E M, Power A, Tiedje J M, Wolfenbarger L L. Genetically engineered organisms and the environment: current status and recommendations. *Ecological Applications*, 2005, 15(2): 377-404.
- [27] Andow D A, Zwahlen C. Assessing environmental risks of transgenic plants. *Ecology Letters*, 2006, 9(2): 196-214.

#### 参考文献:

- [1] 王忠华, 舒庆尧, 夏英武. 基因工程在水稻改良方面的研究进展. *生物技术通报*, 1999, 15(2): 5-8.
- [2] 傅强, 黄世文. 水稻病虫害诊断与防治原色图谱. 北京: 金盾出版社, 2005: 75-81.
- [3] 孙建中, 杜正文. 二化螟与水稻被害株的空间、数量、时间结构及其动态. *昆虫学报*, 1992, 35(2): 187-194.
- [4] 蒋学辉, 章强华, 胡仕孟, 谢士杰, 徐喜刚. 浙江省水稻二化螟抗药性现状与治理对策. *植保技术与推广*, 2001, 21(3): 27-29.
- [5] 曹明章, 沈晋良, 张绍明, 周威君, 张金振, 吕梅. 2002 年江苏省二化螟抗药性检测及治理. *植物保护*, 2003, 29(5): 34-37.
- [6] 仲维科, 郝骥, 樊耀波, 王敏健. 食品农药残留分析进展. *分析化学*, 2000, 28(7): 904-910.
- [8] 韩兰芝, 吴孔明, 彭于发, 郭予元. 转基因抗虫水稻生态安全性研究进展. *应用与环境生物学报*, 2006, 12(3): 431-436.
- [13] 李冬虎, 傅强, 王锋, 姚青, 赖凤香, 吴进才, 张志涛. 转 *scK/cry1Ac* 双基因抗虫水稻对二化螟和稻纵卷叶螟的抗虫效果. *中国水稻科学*, 2004, 18(1): 43-47.
- [15] 高玉林, 傅强, 王锋, 赖凤香, 罗举, 彭于发, 张志涛. 转 *cry1Ac* 和 *CpTI* 双基因抗虫水稻对二化螟和大螟的致死效应及田间螟虫构成的影响. *中国水稻科学*, 2006, 20(5): 543-548.
- [18] 王万群, 晋汉凤, 李尚义. 抗虫棉遭遇甜菜夜蛾严重危害的初步观察. *中国棉花*, 2002, 29(10): 27-28.
- [19] 王艳青. 美国棉田甜菜夜蛾的发生及其治理. *植保技术与推广*, 2000, 21(1): 44-45.
- [20] 章炳旺, 李恺求, 朱世华, 胡爱林, 罗定荣, 王俊. 转 *Bt* 基因棉在安庆市大面积种植后害虫发生特点调查. *植保技术与推广*, 2002, 22(12): 10-12.
- [21] 刘志诚, 叶恭银, 胡萃, Datta S K. *Bt* 水稻对主要非靶标害虫和蜘蛛优势种田间种群动态的影响. *植物保护学报*, 2002, 29(2): 138-144.
- [22] 傅强, 王锋, 李冬虎, 姚青, 赖凤香, 张志涛. 转基因抗虫水稻 *MSA* 和 *MSB* 对非靶标害虫褐飞虱和白背飞虱的影响. *昆虫学报*, 2003, 46(6): 697-704.
- [23] 陈茂, 叶恭银, 胡萃, Tu J, Datta S K. *Bt* 水稻对飞虱和叶蝉及其卵寄生蜂扩散规律的影响. *浙江大学学报: 农业与生命科学版*, 2003, 29(1): 29-33.
- [25] 韩兰芝, 侯茂林, 吴孔明, 彭于发, 王锋. 转 *cry1Ac+CpTI* 基因水稻对大螟的致死和亚致死效应. *中国农业科学*, 2009, 42(2): 523-531.

# 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)
- N<sub>2</sub>O 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 NO<sub>3</sub>-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

<b>编 辑</b>	《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	<b>Edited by</b>	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
<b>主 编</b>	冯宗炜	<b>Editor-in-chief</b>	FENG Zong-Wei
<b>主 管</b>	中国科学技术协会	<b>Supervised by</b>	China Association for Science and Technology
<b>主 办</b>	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	<b>Sponsored by</b>	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
<b>出 版</b>	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717	<b>Published by</b>	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 1000717, China
<b>印 刷</b>	北京北林印刷厂	<b>Printed by</b>	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
<b>发 行</b>	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	<b>Distributed by</b>	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 1000717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
<b>订 购</b>	全国各地邮局	<b>Domestic</b>	All Local Post Offices in China
<b>国外发行</b>	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	<b>Foreign</b>	China International Book Trading Corporation Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China
<b>广告经营 许 可 证</b>	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