

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第33卷 第14期 Vol.33 No.14 **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

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 14 期 2013 年 7 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

石鸡属鸟类研究现状..... 宋 森,刘迺发 (4215)

个体与基础生态

不同降水及氮添加对浙江古田山 4 种树木幼苗光合生理生态特征与生物量的影响.....
..... 闫 慧,吴 茜,丁 佳,等 (4226)

低温胁迫时间对 4 种幼苗生理生化及光合特性的影响..... 邵怡若,许建新,薛 立,等 (4237)

不同施氮处理玉米根茬在土壤中矿化分解特性..... 蔡 苗,董燕婕,李佰军,等 (4248)

不同生育期花生渗透调节物质含量和抗氧化酶活性对土壤水分的响应.....
..... 张智猛,宋文武,丁 红,等 (4257)

天山中部天山云杉林土壤种子库年际变化..... 李华东,潘存德,王 兵,等 (4266)

不同作物两苗同穴互作育苗的生理生态效应..... 李伶俐,郭红霞,黄耿华,等 (4278)

镁、锰、活性炭和石灰及其交互作用对小麦镉吸收的影响..... 周相玉,冯文强,秦鱼生,等 (4289)

CO₂ 浓度升高对毛竹器官矿质离子吸收、运输和分配的影响 庄明浩,陈双林,李迎春,等 (4297)

pH 值和 Fe、Cd 处理对水稻根际及根表 Fe、Cd 吸附行为的影响 刘丹青,陈 雪,杨亚洲,等 (4306)

弱光胁迫对不同耐荫型玉米果穗发育及内源激素含量的影响..... 周卫霞,李潮海,刘天学,等 (4315)

玉米花生间作对玉米光合特性及产量形成的影响..... 焦念元,宁堂原,杨萌珂,等 (4324)

不同林龄胡杨克隆繁殖根系分布特征及其构型..... 黄晶晶,井家林,曹德昌,等 (4331)

植被年际变化对蒸散发影响的模拟研究..... 陈 浩,曾晓东 (4343)

蝇蛹金小蜂的交配行为及雄蜂交配次数对雌蜂繁殖的影响..... 孙 芳,陈中正,段毕升,等 (4354)

西藏飞蝗虫粪粗提物的成分分析及其活性测定..... 王海建,李彝利,李 庆,等 (4361)

不同水稻品种对稻纵卷叶螟生长发育、存活、生殖及飞行能力的影响..... 李 霞,徐秀秀,韩兰芝,等 (4370)

种群、群落和生态系统

基于 *mtCOII* 基因对山东省越冬代亚洲玉米螟不同种群的遗传结构分析
..... 李丽莉,于 毅,国 栋,等 (4377)

太湖湿地昆虫群落结构及多样性..... 韩争伟,马 玲,曹传旺,等 (4387)

西江下游浮游植物群落周年变化模式..... 王 超,赖子尼,李新辉,等 (4398)

环境和扩散对草地群落构建的影响..... 王 丹,王孝安,郭 华,等 (4409)

黄土高原不同侵蚀类型区生物结皮中蓝藻的多样性..... 杨丽娜,赵允格,明 姣,等 (4416)

景观、区域和全球生态

基于景观安全格局的建设用地管制分区..... 王思易,欧名豪 (4425)

黑河中游湿地景观破碎化过程及其驱动力分析..... 赵锐锋,姜朋辉,赵海莉,等 (4436)

2000—2010 年青海湖流域草地退化状况时空分析 骆成凤,许长军,游浩妍,等 (4450)

基于“源”“汇”景观指数的定西关川河流域土壤水蚀研究 李海防,卫 伟,陈 瑾,等 (4460)

农业景观格局与麦蚜密度对其初寄生蜂与重寄生蜂种群及寄生率的影响 ... 关晓庆,刘军和,赵紫华 (4468)

CO₂ 浓度和降水协同作用对短花针茅生长的影响..... 石耀辉,周广胜,蒋延玲,等 (4478)

资源与产业生态

城市土地利用的生态服务功效评价方法——以常州市为例..... 阳文锐,李 锋,王如松,等 (4486)

城市居民食物磷素消费变化及其环境负荷——以厦门市为例..... 王慧娜,赵小锋,唐立娜,等 (4495)

研究简报

间套作种植提升农田生态系统服务功能..... 苏本营,陈圣宾,李永庚,等 (4505)

矿区生态产业评价指标体系 王广成,王欢欢,谭玲玲 (4515)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 308 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 32 * 2013-07



封面图说: 古田山常绿阔叶林景观——亚热带常绿阔叶林是我国独特的植被类型,生物多样性仅次于热带雨林。古田山地处中亚热带东部,浙、赣、皖三省交界处,由于其特殊复杂的地理环境位置,分布着典型的中亚热带常绿阔叶林,是生物繁衍栖息的理想场所,生物多样性十分突出。中国科学院在这里建立了古田山森林生物多样性与气候变化研究站,主要定位于研究和探索中国亚热带森林植物群落物种共存机制,阐释生物多样性对森林生态系统功能的影响,以及监测气候变化对于亚热带森林及其碳库和碳通量的影响。

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/stxb201204130529

李霞, 徐秀秀, 韩兰芝, 王沫, 侯茂林. 不同水稻品种对稻纵卷叶螟生长发育、存活、生殖及飞行能力的影响. 生态学报, 2013, 33(14): 4370-4376.
Li X, Xu X X, Han L Z, Wang M, Hou M L. Effects of different rice varieties on larval development, survival, adult reproduction, and flight capacity of *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée). Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(14): 4370-4376.

不同水稻品种对稻纵卷叶螟生长发育、存活、 生殖及飞行能力的影响

李 霞^{1,2}, 徐秀秀¹, 韩兰芝^{1,*}, 王 沫², 侯茂林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. 华中农业大学植物科学技术学院, 武汉 430070)

摘要: 系统研究了稻纵卷叶螟在 6 种不同水稻品种 (常规粳稻武育梗 3 号, 杂交粳稻宁梗 1 号, 常规籼稻 TN1, 杂交籼稻汕优 63, 超级杂交籼稻两优培九, 超级杂交籼稻甬优 9 号) 上取食后的发育历期、存活率、卵巢发育进度、繁殖力和飞行能力。结果表明, 武育梗 3 号和宁梗 1 号能显著延长稻纵卷叶螟未成熟期的发育历期, 降低其存活率, 延缓卵巢发育进度, 降低成虫繁殖率, 并提高成虫的飞行能力; 不同水稻品种间的影响存在显著差异, 其影响从大到小排列为杂交粳稻 > 常规粳稻 > 常规籼稻 > 杂交籼稻 > 超级杂交稻。这说明, 幼虫期营养对稻纵卷叶螟的生长发育、存活、生殖和飞行能力具有显著影响。

关键词: 稻纵卷叶螟; 生长发育; 存活; 生殖; 飞行能力

Effects of different rice varieties on larval development, survival, adult reproduction, and flight capacity of *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée)

LI Xia^{1,2}, XU Xiuxiu¹, HAN Lanzhi^{1,*}, WANG Mo², HOU Maolin¹

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 College of Plant Science & Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

Abstract: The rice leafroller, *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée), is an important rice pest in the main rice-growing areas of China. In recent years, it has caused substantial damage and seriously threatened rice production. *C. medinalis* is a seasonal and long-distance migratory species; its flight behavior is probably affected by many environmental factors, such as food quality during the larval stage, population density, photoperiod, and weather. Deterioration or shortage of food during the larval stage not only influences the development of *C. medinalis* but can also cause reproductive diapause to induce its migration. To determine how larval host quality affected development, survival, reproduction, and flight ability, we investigated larval survival, adult ovarian development, fecundity, and flight capacity of *C. medinalis* feeding on six different varieties of rice. The varieties were Wuyujing 3 (japonica rice), Ningjing 1 (hybrid japonica), TN1 (indica), Shanyou 63 (hybrid indica), Liangyoupei 9 (super hybrid indica), and Yongyou 9 (super hybrid indica × japonica). These six varieties were the major ones cultivated in different rice-growing areas of China. Development, survival, and fecundity of *C. medinalis* on the different rice varieties were observed by determining semi-natural population life tables on each variety. Ovary development and the flight abilities of adults feeding on different rice hosts were investigated by dissecting the female ovaries and by tethered flight tests, respectively. The results showed that *C. medinalis* exhibited

基金项目: 农业公益性行业科研专项 (200903051)

收稿日期: 2012-04-13; 修订日期: 2012-08-29

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

significantly lower survival in the immature stage and significantly lower adult fecundity when larvae fed on Wuyujing 3 and Ningjing 1 than when they ate Yongyou 9 or Liangyoupei 9. Similarly, the larval and pupal developmental stages of *C. medinalis* larvae that used Wuyujing 3 and Ningjing 1 as hosts were significantly longer compared to those that developed on Yongyou 9 and Liangyoupei 9. Furthermore, the average ovary developmental grades of *C. medinalis* from Wuyujing 3 and Ningjing 1 were significantly lower than those from Yongyou 9 and Liangyoupei 9 in both mated and virgin moths. Conversely, both mated and unmated 3 and 4 day old adults had significantly higher flight abilities when they had fed on Ningjing 1 as larvae than those that had fed on other rice varieties. The results indicated that the different rice varieties significantly influenced the survival, development, reproduction, and flight abilities of *C. medinalis*. The rice varieties could be ranked in order of their negative influence on *C. medinalis* as follows: Ningjing 1 > Wuyujing 3 > TN1 > Shanyou 63 > Yongyou 9 > Liangyoupei 9. This paper discusses probable explanations for the observed differences in development, survival, fecundity, and flight abilities of *C. medinalis*. Leaf morphological characters, high cellular contents of silicon, and the thickness of the wax layer may be the major reason for the decline in fitness of *C. medinalis* feeding on japonica rice varieties. In addition, a shortage of some amino acids and low levels of juvenile hormone resulting from low-nutrient or deteriorated hosts may inhibit ovary development and contribute to the migration of *C. medinalis*. These results could provide the foundation for *C. medinalis* population forecasting and the development of sustainable management tactics.

Key Words: *Cnaphalocrocis medinalis*; development; survival; reproduction; flight

稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) 是水稻上的一种重要害虫,在我国主要稻区暴发为害,给水稻生产造成严重威胁。已明确稻纵卷叶螟是一种远距离、季节性往返迁飞的害虫,其迁飞的生态机制主要与环境因素诱导有关^[1-2]。诱导昆虫迁飞的环境因子主要有光周期、温度、湿度、食物、种群密度和气象条件等^[3]。其中幼虫期食料条件的恶化或不足不但影响昆虫的生长发育,而且易引起生殖滞育,促使昆虫迁飞^[2-3]。如马利筋长蝽 *Oncopeltus fasciatus* Dallas 在美洲春夏季由南向北迁飞主要由食料条件的恶化造成的^[4];棉红蝽 *Dysdercus cingulatus* Fabricius 的迁飞则认为是食物条件的恶化或饥饿的出现而促使其转化为迁飞型^[5];褐飞虱 *Nilaparvata lugens* Stål 长翅型的分化也是由于水稻生育期营养条件的恶化及密度效应引起的^[6]。关于稻纵卷叶螟的迁飞机制不少报道认为,春夏季北迁由逐渐上升的高温引起,秋季南迁主要由光周期缩短和温度降低所致;整个幼虫期均取食水稻叶片发育而来的成虫的卵巢发育进度显著快于幼虫期既取食叶鞘又取食叶片的个体^[1],且取食孕穗-抽穗期的水稻叶片能显著延缓稻纵卷叶螟的卵巢发育进度^[7]。但幼虫期取食不同水稻品种对稻纵卷叶螟卵巢发育进度及其飞行能力的影响还鲜有报道。我国有六大水稻种植区,每一水稻种植区的主栽品种均不相同^[8],特别是近几年高产、优质超级稻的广泛推广,是否对稻纵卷叶螟的发生规律和迁飞行为产生影响,目前还未有报道。基于此,本文系统开展了稻纵卷叶螟幼虫期取食不同品种水稻对其生长发育、存活、生殖及飞行能力的影响,以期为稻纵卷叶螟种群的预测预报及综合防治提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试水稻品种

共选用不同水稻种植区的 6 个主栽品种,分别为:常规粳稻武育粳 3 号、常规籼稻 TN1、杂交粳稻宁粳 1 号、杂交籼稻汕优 63、超级杂交籼稻两优培九和超级杂交籼稻稻甬优 9 号。将水稻种子分别播种于土壤条件一致的苗圃中,为有持续的秧苗供试,每 15 d 分批育秧 1 次,待秧苗 15—20 d 后,分别将不同品种的秧苗移栽到各自的塑料桶中(直径 45 cm×高 40 cm),每桶 4 穴,每穴 2 株,所有水稻品种的水肥管理措施均保持一致,待秧苗长到分蘖拔节期时供试。试验在广西桂林市兴安县试验站完成。

1.2 供试虫源

于 2011 年 7 月成虫盛发时,在广西桂林市兴安县试验站稻田内用捕虫网捕捉成虫,然后将其置于放有不

同水稻品种的交配笼(每笼只放 1 个品种的水稻苗,且为分蘖期)中集体交配,产卵后,将带有卵粒的水稻叶片取下,置于铺有湿滤纸的培养皿中保湿,待虫卵孵化后供试。所有试虫均在养虫室内饲养,饲养条件均保持在 $(26\pm 1)^{\circ}\text{C}$,RH 70%左右,光周期为 L:D=16:8。

1.3 不同水稻品种对稻纵卷叶螟未成熟期生长发育和存活的影响

在排除天敌情况下,组建不同水稻品种稻纵卷叶螟半自然种群生命表。每一水稻品种 4 次重复,每 2 桶作为 1 个重复,每重复接变黑的卵粒约 200 粒,即每桶稻苗接卵约 100 粒,接卵后,罩一直径 45 cm $\times$ 100 cm 的 80 目网罩防止幼虫逃逸或其他昆虫和天敌进入。每隔 2—3 d 调查不同水稻品种上幼虫的存活情况,直至化蛹。幼虫化蛹后,将包有蛹的稻叶取下,剥开,并称重,然后将其置于塑料盒内观察蛹的存活及成虫的羽化情况。为避免频繁剥查幼虫而影响其存活,稻纵卷叶螟历期观察另行试验。取同一批次的稻纵卷叶螟卵 200—300 粒,待虫卵孵化后,将初孵幼虫单头接到铺有水稻叶片和湿滤纸的小培养皿中(直径约 5 cm)用于虫态历期观察,每天调查稻纵卷叶螟幼虫或蛹的发育情况,如稻叶发黄要及时更换水稻叶片。每一水稻品种 3 次重复,每次重复约 50—60 头初孵幼虫供试。

1.4 不同水稻品种对稻纵卷叶螟成虫卵巢发育的影响

将在同一水稻品种上化蛹并羽化的成虫分为两组:交配和未交配。将同一天羽化的成虫置于塑料罩内集体交配作为交配组,每个塑料罩内放 5 对成虫;将同一天羽化的雌蛾置于相同大小的塑料罩内(直径 9 cm,高 21 cm),每个塑料罩内放 10 头雌蛾作为未交配组。两处理的每一塑料罩均用培养皿加滤纸在底部保湿,顶部封保鲜膜并扎孔透气,每天饲以 10% 蜂蜜水。分别取 3 和 4 日龄的 30 头左右的雌蛾进行卵巢解剖,观察其交配和卵巢发育级别,卵巢发育分级的判定方法参照张孝羲等^[9]的方法。为便于比较,本研究采用平均卵巢发育级别参数对不同处理的卵巢发育进行比较^[7]:

$$\text{平均卵巢发育级别} \quad \bar{X} = \frac{N_1 \times 1 + N_2 \times 2 + N_3 \times 3 + N_4 \times 4 + N_5 \times 5}{N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5}$$

式中, N_1, N_2, N_3, N_4, N_5 分别代表卵巢级别为 1 级、2 级、3 级、4 级和 5 级雌蛾的个数。

1.5 不同水稻品种对稻纵卷叶螟成虫繁殖力的影响

将在同一水稻品种上化蛹并同天羽化的成虫配对,放在塑料罩内(每罩 5 对,罩的尺寸和保湿方法均同 1.4)交配并产卵,并饲以 10% 的蜂蜜水;集体交配 2 d 后(稻纵卷叶螟单对交配率太低,为提高交配率,先集体交配),再单对配对置于塑料罩内交配,每天检查成虫的产卵和存活情况。

1.6 不同水稻品种对稻纵卷叶螟飞行能力的影响

将在每一水稻品种上化蛹并羽化的成虫平均分为交配和未交配组,分别取交配和未交配的 3、4 日龄的雌蛾各 30 头进行吊飞。

吊飞测试采用佳多科工贸有限公司生产的 24 通道昆虫飞行磨采集系统,该系统由电脑控制,能同时测定 24 头供试昆虫的飞行参数,包括飞行速度、飞行时间及飞行距离,同时数据采集系统能对测试数据进行初步的分析处理。测试前,先将蛾子用乙醚轻度麻醉,然后用毛笔除去前胸背板处的鳞毛,用 502 胶(苏州国宏胶粘剂有限公司)直接粘于直径为 1 mm 塑料胶管上,再将塑料胶管插在飞行磨吊臂上,使昆虫飞行的切线方向与吊臂垂直。吊飞测试时间为每日 18:00 至翌日 6:00。吊飞时,室内保持完全黑暗,测试温度为 $(24\pm 1)^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 70%—80%,各处理的测试环境条件均保持一致。

1.7 统计分析

应用 Excel 软件统计分析不同水稻品种上各虫态的存活、发育历期、成虫卵巢发育级别、产卵及平均飞行能力。成虫的平均飞行能力需先进行对数转换,正态检验后,再用邓肯氏新复极差法(Duncan)对不同处理的差异进行显著性检验。同一日龄交配和未交配组的卵巢发育级别的显著性比较采用 t 测验。正态检验、 t 测验、方差分析及显著性检验均用 SAS 软件完成^[10]。

2 结果分析

2.1 不同水稻品种对稻纵卷叶螟未成熟期生长发育的影响

稻纵卷叶螟取食不同品种的水稻后,预蛹的存活率在品种间没有显著差异($P>0.05$),但卵、幼虫和蛹的存活率在品种间存在显著差异($P<0.05$),均以两优培九上的存活率最高,其次为汕优 63 和甬优 9 号。宁粳 1 号和武育粳 3 号上卵、幼虫和蛹的存活率均显著低于其它四个品种,表现出较强的抗虫性(表 1)。

表 1 不同水稻品种饲养条件下稻纵卷叶螟各虫态的存活率

Table 1 Survival rates of *C. medinalis* feeding on different rice varieties

品种 Varieties	卵 Egg/%	幼虫 Larvae/%	预蛹 Prepupa/%	蛹 Pupa/%
武育粳 3 号 Wuyujing 3	69.4±1.2b	29.5±1.3c	88.1±2.8a	80.8±1.1c
TN1	71.4±1.4ab	34.9±0.8b	85.9±1.8a	87.8±2.0b
宁粳 1 号 Ningjing 1	68.8±1.0b	31.7±1.1bc	85.6±1.2a	64.4±1.3d
汕优 63 Shanyou 63	70.4±1.6ab	39.2±1.3a	88.3±2.0a	94.3±1.1a
两优培九 Liangyoupei 9	73.9±1.0a	42.3±1.9a	90.7±1.5a	94.6±1.6a
甬优 9 号 Yongyou 9	71.3±0.8ab	39.4±1.8a	89.9±1.9a	89.7±1.6b

表中数据为平均值±标准误,同一列数据后有不同字母表示经 Duncan 多重比较后差异显著($P\leq 0.05$),同下表 2—6

幼虫取食不同品种的水稻后,蛹历期差异不显著($P>0.05$),但幼虫历期、蛹重和性比在水稻品种间差异显著($P<0.01$)。其中幼虫历期以宁粳 1 号的最长,达 15.7 d,其次为武育粳 3 号和 TN1,幼虫在甬优 9 号和两优培九上的发育速率显著快于其它品种($P<0.01$)。蛹重以取食甬优 9 号的最高,达 22.40 mg,而宁粳 1 号上的最低,为 20.50 mg,显著低于其它品种($P<0.05$)。性比在不同水稻品种间也存在显著差异($P<0.01$),以甬优 9 号和两优培九处理最高,而宁粳 1 号最低为 0.8(表 2)。

表 2 不同水稻品种饲养条件下稻纵卷叶螟各虫态历期

Table 2 The developmental durations of *C. medinalis* larvae and pupae feeding on different rice varieties

品种 Varieties	幼虫历期/d Larval stage	蛹历期/d Pupal stage	蛹重/mg Pupal weight	性比(♀/♂) Sex ratio
武育粳 3 号	15.1±0.7b	5.6±0.2a	20.73±0.45bc	1.0±0.10b
TN1	15.0±0.7b	5.0±0.2a	21.70±0.54abc	1.0±0.0b
宁粳 1 号	15.7±0.6a	5.3±0.3a	20.45±0.42c	0.8±0.0c
汕优 63	14.9±0.7b	5.5±0.2a	22.00±0.57ab	1.1±0.0b
两优培九	14.0±0.5c	5.5±0.2a	22.27±0.25a	1.4±0.1a
甬优 9 号	14.2±0.4c	5.0±0.2a	22.40±0.51a	1.6±0.0a

2.2 不同水稻品种对稻纵卷叶螟成虫卵巢发育的影响

对 3、4 日龄交配组和未交配组的雌蛾进行卵巢解剖,发现在甬优 9 号和汕优 63 上取食、化蛹并羽化的雌蛾的平均卵巢发育级别显著高于武育粳 3 号和宁粳 1 号($P<0.01$),而两优培九和汕优 63 与其它品种间没有显著差异($P>0.05$)。同一日龄交配组与未交配组的卵巢发育级别差异不显著($P>0.05$),说明交配对卵巢发育无显著影响(表 3)。

2.3 不同水稻品种对稻纵卷叶螟成虫繁殖力的影响

稻纵卷叶螟取食不同水稻品种后,其产卵前期、产卵期、产卵量和雌虫寿命在不同处理间均存在显著差异。取食甬优 9 号的稻纵卷叶螟的产卵前期显著短于宁粳 1 号和武育粳 3 号($P<0.05$);取食甬优 9 号和汕优 63 的成虫产卵期和产卵量均显著高于宁粳 1 号($P<0.01$);同样,取食甬优 9 号的雌蛾寿命也最长,显著长于 TN1、武育粳 3 号和宁粳 1 号($P<0.05$),但与汕优 63 和两优培九处理差异不显著(表 4)。

表 3 不同水稻品种上稻纵卷叶螟交配与未交配雌蛾的卵巢发育进度

Table 3 Ovarian development of mated and virgin *C. medinalis* adults feeding on different rice varieties

品种 Varieties	3 日龄 The 3 rd age		4 日龄 The 4 th age	
	交配 Mated	未交配组 Virgin	交配 Mated	未交配组 Virgin
武育梗 3 号	1.9±0.1b	1.8±0.1b	2.6±0.1b	2.6±0.1bc
TN1	2.2±0.1ab	2.0±0.1ab	2.9±0.1ab	2.8±0.1ab
宁梗 1 号	1.9±0.1b	1.8±0.1b	2.6±0.1b	2.5±0.1c
汕优 63	2.3±0.1a	2.2±0.1a	3.0±0.1a	2.9±0.1a
两优培九	2.2±0.1ab	2.2±0.1a	3.0±0.1ab	2.9±0.1a
甬优 9 号	2.4±0.1a	2.3±0.1a	3.2±0.1a	3.1±0.1a

表 4 不同水稻品种饲养条件下稻纵卷叶螟成虫的繁殖力及寿命

Table 4 Fecundity and longevity of *C. medinalis* adult feeding on different rice varieties

品种 Varieties	产卵前期 Preoviposition	产卵期 Oviposition period	产卵量 Total eggs	雌虫寿命 Female longevity
武育梗 3 号	5.2±0.4a	4.4±0.5bc	112.4±10.3b	9.8±0.5b
TN1	4.4±0.4ab	4.8±0.5bc	129.4±12.4ab	9.8±0.4b
宁梗 1 号	5.5±0.4a	3.9±0.6c	108.9±7.3b	9.2±0.4b
汕优 63	4.5±0.3ab	5.8±0.5ab	147.6±8.4a	10.5±0.4ab
两优培九	4.8±0.5ab	5.3±0.7abc	139.7±10.6ab	10.4±0.4ab
甬优 9 号	3.9±0.2b	6.9±0.4a	159.8±10.7a	11.3±0.4a

2.4 不同水稻品种对稻纵卷叶螟飞行能力的影响

对 3、4 日龄交配和未交配组的雌蛾进行吊飞测试,发现未交配组在不同水稻品种间稻纵卷叶螟的平均飞行速度和平均飞行距离存在显著差异($P<0.01$),但平均飞行时间差异不显著($P>0.05$)。幼虫期取食宁梗 1 号的稻纵卷叶螟 3、4 日龄成虫的平均飞行速度和平均飞行距离显著高于汕优 63、两优培九和甬优 9 号(表 5 和 6)。交配组在不同水稻品种间稻纵卷叶螟的平均飞行时间和平均飞行距离差异不显著($P>0.05$),但其平均飞行速度差异显著($P<0.01$),幼虫期取食宁梗 1 号的稻纵卷叶螟 3、4 日龄成虫的平均飞行速度显著高于 TN1、两优培九、甬优 9 号和汕优 63,表现较强的飞行能力(表 5 和 6)。

表 5 不同水稻品种上,3 日龄稻纵卷叶螟交配与未交配雌蛾的飞行能力

Table 5 Flight capacity of mated and virgin *C. medinalis* female moths feeding on different rice varieties at the 3rd age

品种 Varieties	3 日龄交配蛾 Mated moths at the 3 rd age			3 日龄未交配蛾 Virgin moths at the 3 rd age		
	平均飞行速度 Mean flight speed/(km/h)	平均飞行时间 Mean flight duration/h	平均飞行距离 Flight distance /km	平均飞行速度 Mean flight speed/(km/h)	平均飞行时间 Mean flight duration/h	平均飞行距离 Flight distance /km
武育梗 3 号	3.83±0.13ab	9.97±0.14a	38.13±0.29ab	4.26±0.17ab	10.13±0.10a	43.01±0.20a
TN1	3.43±0.18bc	9.63±0.20a	32.87±0.37ab	3.80±0.19bc	9.95±0.12a	37.55±0.29ab
宁梗 1 号	4.00±0.15a	9.88±0.13a	39.30±0.28a	4.52±0.16a	9.87±0.17a	44.39±0.27a
汕优 63	3.11±0.08c	9.63±0.18a	29.86±0.26b	3.44±0.17c	10.02±0.10a	34.28±0.19b
两优培九	3.46±0.18bc	9.36±0.29a	32.12±0.43ab	3.67±0.20c	9.85±0.11a	35.89±0.31b
甬优 9 号	3.37±0.17bc	8.99±0.27a	30.15±0.40ab	3.58±0.13c	9.31±0.11a	33.26±0.25b

3 讨论

本研究表明,不同水稻品种对稻纵卷叶螟的生长发育、存活、生殖和飞行具有显著影响。感虫品种甬优 9 号和汕优 63 等能显著提高稻纵卷叶螟未成熟期的发育速率、增加存活、促进成虫的卵巢发育、提高产卵量并抑制飞行;与之相反的是,抗虫品种宁梗 1 号和武育梗 3 号等能显著延缓稻纵卷叶螟未成熟期的发育速率,降低其存活、抑制雌蛾卵巢发育、降低产卵量并诱导成虫飞行。

表 6 不同水稻品种上,4 日龄稻纵卷叶螟交配与未交配雌蛾的飞行能力

Table 6 Flight capacity of mated and virgin *C. medinalis* female moths feeding on different rice varieties at the 4th age

品种 Varieties	4 日龄交配蛾 Mated moths at the 3 rd age			4 日龄未交配蛾 Virgin moths at the 3 rd age		
	平均飞行速度 Mean flight speed/(km/h)	平均飞行时间 Mean flight duration/h	平均飞行距离 Flight distance /km	平均飞行速度 Mean flight speed/(km/h)	平均飞行时间 Mean flight duration/h	平均飞行距离 Flight distance /km
武育梗 3 号	3.17±0.16ab	6.50±0.33a	20.29±0.30ab	3.59±0.10ab	7.36±0.27a	26.31±0.29ab
TN1	3.03±0.15abc	6.74±0.19a	20.28±0.29ab	3.32±0.15bc	7.09±0.22a	23.52±0.32abc
宁梗 1 号	3.42±0.17a	6.61±0.30a	22.41±0.35a	3.70±0.13a	7.69±0.22a	28.32±0.27a
汕优 63	2.81±0.09bc	6.34±0.18a	17.77±0.18bc	3.13±0.11c	6.97±0.22a	21.74±0.23bc
两优培九	2.92±0.15bc	6.57±0.15a	19.07±0.22abc	3.27±0.12bc	7.26±0.22a	23.62±0.21abc
甬优 9 号	2.69±0.11c	6.04±0.21a	16.17±0.24c	3.07±0.10c	6.78±0.22a	20.68±0.23c

造成该现象的原因可能与水稻品种的形态特征和营养成分有关,宁梗 1 号和武育梗 3 号叶片窄而长,挺举,不利于稻纵卷叶螟卷叶的形成,而且这两个品种叶片的蜡质和表面硅含量均显著高于甬优 9 号等感虫品种,增强了其抗性^[11]。除物理抗性外,一些生理生化指标如氨基酸含量、保护酶活性也是影响其抗性的关键因素^[11-12]。类似研究表明,同一品种不同生育期水稻对稻纵卷叶螟的蛹重、产卵前期、产卵期、成虫寿命及繁殖力也有显著影响,并发现水稻叶片的氮素含量主要影响幼虫消化食物的转化率,含硅量则影响幼虫取食行为,进而对其生长、发育和繁殖产生影响^[13]。还有研究发现,不同水稻品种能严重影响稻纵卷叶螟的雌雄配比,进一步推测该现象的产生可能与品种间氨基酸的含量有关,抗虫性强的品种通常具有较高的谷氨酸和较低的酪氨酸含量^[14]。本研究中宁梗 1 号和武育梗 3 是通过何种生理生化指标影响稻纵卷叶螟的生长发育,还需进一步研究。

幼虫期食料条件对成虫卵巢发育有一定影响。张孝羲等^[1]在人工模拟条件下设置两组食料饲喂稻纵卷叶螟,结果发现取食抽穗期的卵巢发育慢于取食分蘖期的处理。吴进才^[7]在人工模拟条件下比较了 1—4 龄幼虫取食叶鞘后改食叶片与整个幼虫期均喂食叶片的雌成虫的卵巢发育情况,发现前者卵巢发育级别显著迟于后者。本研究对幼虫期在不同水稻品种上饲养的稻纵卷叶螟雌蛾进行卵巢解剖,也发现取食武育梗 3 号和宁梗 1 号叶片发育而来的雌蛾卵巢发育进度显著迟于甬优九号和汕优 63,这可能与食物组分中缺少某种关键营养成分,进而引起卵巢发育的停滞有关^[3]。总体来说,鳞翅目昆虫主要在幼虫阶段积累卵巢发育和产卵所需的氮和其它营养物质^[15]。如用同位素示踪法可以看到天蛾 *Amphion floridensis* 卵发育所必需的氨基酸全部来自幼虫期食料^[16];幼虫期的营养不足将妨碍初羽化雌蚊体内保幼激素含量达到早期峰值和促咽侧体素的释放,从而阻止 20-羟基蜕皮酮(20-hydroxyecdysone)刺激卵巢的发育^[17-18]。

营养或食料条件恶化对昆虫的飞行具有一定的诱导作用,如稻叶老化后,稻水象甲 *Lissorhoptus oryophilus* Kuschel 取食杂草或无效分蘖,飞行肌日渐发达,脂肪体充满体腔,飞行肌发育完成后,绝大部分成虫迁飞到山上或寄主条件较好的田块^[19]。吴进才^[7]研究表明,秋季回迁期间食料的季节性改变对成虫迁飞具有显著影响。本研究也发现抗虫水稻品种更有利于昆虫起飞,表现为拥有更强的飞行速度和飞行距离。这可能是因为食料条件的不适宜或匮乏产生的饥饿信号抑制咽侧体分泌保幼激素,使卵巢发育停滞而诱导起飞^[2]。褐飞虱在羽化后取食 24 h 再饥饿,则卵巢均停止发育在 1 级末或 2 级初而起飞,而此时体内脂肪含量最高,具备远距离飞行所需要的能源物质^[2]。在本研究中稻纵卷叶螟可能也是通过生殖滞育的方式,积累远距离飞行所需要的能源物质-脂肪^[20],进而通过迁飞避开不良环境而到达适宜的栖息地。但有关迁飞过程中飞行与生殖是如何转换的?激素是如何对其进行调控的?需进一步研究。

References:

- [1] Zhang X X, Geng J G, Zhou W J. A study on ecological mechanism of the migration of rice leaf roller, *Cnaphalocrocis medinalis* (Güenée). Journal of Nanjing Agricultural University, 1981, (4): 40-51.

- [2] Zhang X X. Type and mechanism of physiology and ecology of insect migration. *Entomological Knowledge*, 1980, 17(5): 236-239.
- [3] Chen R C, Ding J H, Tan H Q, Hu G W. *Migrant Insect*. Beijing: Agricultural Press, 1989: 124-127.
- [4] Dingle H. Migration and diapauses in tropical temperate and island milkweed bugs // Dingle H, ed. *The Evolution of Insect Migration and Diapauses*. New York: Springer-Verlag, 1978: 254-276.
- [5] Dingle H, Arora G. Experimental studies of migration in bugs of the genus *Dysdercus*. *Oecologia*, 1973, 12(2): 119-140.
- [6] Cheng X N, Chen R C, Xi X, Yang L M, Zhu Z L, Wu J C, Qian R G, Yang J S. Studies on the migrations of brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stål. *Acta Entomologica Sinica*, 1979, 22(1): 1-20.
- [7] Wu J C. Effect of changing photoperiod, temperature, and food quality on the migration of rice leaf roller, *Cnaphalocrocis medinalis* (Güenée). *Acta Entomologica Sinica*, 1985, 28(4): 398-405.
- [8] Huang S W. *Key Technical Analysis of Main Rice Plant Diseases and Pest Control*. Beijing: Jindun Press, 2010: 20-55.
- [9] Zhang X X, Lu Z Q, Geng J G. Application of female dissection of the rice leaf folder on insect forecasting. *Entomological Knowledge*, 1979, 16(3): 97-99.
- [10] SAS Institute. *JMP® Statistics and Graphics Guide*. Version 4. Cary, NC, USA, 2000.
- [11] Wang Q Q, Xu L, Wu J C. Physical and biochemical mechanisms of resistance of different rice varieties to the rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Acta Entomologica Sinica*, 2008, 51(12): 1265-1270.
- [12] Xu L, Wang F, Wu J C, Wang Q X. Life-table parameters of a semi-natural population of *Cnaphalocrocis medinalis* (Güenée) on different rice varieties and changes in sugar content in rice plants after insect infestation. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(11): 4547-4554.
- [13] Dan J G, Chen C M. The effects of feeding condition on the growth, development, and reproduction of rice leaf roller. *Acta Phytophylaciaca Sinica*, 1990, 17(3): 190-199.
- [14] Xue J J, Liu Q X. Screening tests for the resistance of rice varieties to leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* Güenée. *Acta Phytophylaciaca Sinica*, 1987, 14(1): 21-27.
- [15] Wheeler D. The role of nourishment in oogenesis. *Annual Review of Entomology*, 1996, 41(1): 407-431.
- [16] Obrien D M, Fogel M L, Boggs C L. Renewable and nonrenewable resources: amino acid turnover and allocation to reproduction in Lepidoptera. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2002, 99(7): 4413-4418.
- [17] Feinsod F M, Spielman A. Nutrient-mediated juvenile hormone secretion in mosquitoes. *Journal of Insect Physiology*, 1980, 26(2): 113-117.
- [18] Lorenz M W. Oogenesis-flight syndrome in crickets: age-dependent egg production, flight performance, and biochemical composition of the flight muscles in adult female *Gryllus bimaculatus*. *Journal of Insect Physiology*, 2007, 53(8): 819-832.
- [19] Zhai B P, Cheng J A, Huang E Y, Shang H W, Zheng X H, Wu J, Lv X J. The oogenesis-flight syndrome of rice water weevil, *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(2): 243-249.
- [20] Zhang X X, Zhou W J, Geng J G, Su Q L, Zhu Y C, Tang J Y. Studies on the energy source of flight and migration of the rice leaf roller, *Cnaphalocrocis medinalis* Güenée. *Acta Phytophylaciaca Sinica*, 1983, 10(3): 153-159.

参考文献:

- [1] 张孝羲, 耿济国, 周威国. 稻纵卷叶螟迁飞的生态机制研究. *南京农业大学学报*, 1981, (4): 40-51.
- [2] 张孝羲. 昆虫迁飞的类型及生理、生态机制. *昆虫知识*, 1980, 17(5): 236-239.
- [3] 陈若簏, 丁锦华, 谈涵秋, 胡国文. 迁飞昆虫学. 北京: 中国农业出版社, 1989: 124-127.
- [6] 程遐年, 陈若簏, 习学, 杨联民, 朱子龙, 吴进才, 钱仁贵, 杨金生. 稻褐飞虱迁飞规律的研究. *昆虫学报*, 1979, 22(1): 1-20.
- [7] 吴进才. 光照、温度及食物的变化对稻纵卷叶螟迁飞的效应. *昆虫学报*, 1985, 28(4): 398-405.
- [8] 黄世文. 水稻主要病虫害防控关键技术解析. 北京: 金盾出版社, 2010: 20-55.
- [9] 张孝羲, 陆自强, 耿济国. 稻纵卷叶螟雌蛾解剖在测报上的应用. *昆虫知识*, 1979, 16(3): 97-99.
- [11] 王元祥, 许璐, 吴进才. 水稻品种对稻纵卷叶螟抗性的物理及生化机制. *昆虫学报*, 2008, 51(12): 1265-1270.
- [12] 许璐, 王芳, 吴进才, 王元翔. 稻纵卷叶螟 (*Cnaphalocrocis medinalis* (Güenée)) 在水稻品种上的半自然种群生命表参数及对植株含糖量的影响. *生态学报*, 2007, 27(11): 4547-4554.
- [13] 但建国, 陈常铭. 食料条件对稻纵卷叶螟生长发育和繁殖的影响. *植物保护学报*, 1990, 17(3): 190-199.
- [14] 薛俊杰, 刘芹轩. 水稻品种对稻纵卷叶螟的抗性鉴定. *植物保护学报*, 1987, 14(1): 21-27.
- [19] 翟保平, 程家安, 黄恩友, 商晗武, 郑雪浩, 吴建, 吕旭剑. 稻水象甲的卵子发生-飞行共轭. *生态学报*, 1999, 19(2): 243-249.
- [20] 张孝羲, 周威国, 耿济国, 苏庆玲, 朱玉成, 汤金仪. 稻纵卷叶螟成虫迁飞与能源物质的研究. *植物保护学报*, 1983, 10(3): 153-159.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 14 Jul. ,2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

A review of the researches on *Alectoris* partridge SONG Sen, LIU Naifa (4215)

Autecology & Fundamentals

Effects of precipitation and nitrogen addition on photosynthetically eco-physiological characteristics and biomass of four tree seedlings in Gutian Mountain, Zhejiang Province, China YAN Hui, WU Qian, DING Jia, et al (4226)

Effects of low temperature stress on physiological-biochemical indexes and photosynthetic characteristics of seedlings of four plant species SHAO Yiruo, XU Jianxin, XUE Li, et al (4237)

Decomposition characteristics of maize roots derived from different nitrogen fertilization fields under laboratory soil incubation conditions CAI Miao, DONG Yanjie, LI Baijun, et al (4248)

The responses of leaf osmoregulation substance and protective enzyme activity of different peanut cultivars to non-sufficient irrigation ZHANG Zhimeng, SONG Wenwu, DING Hong, et al (4257)

Interannual variation of soil seed bank in *Picea schrenkiana* forest in the central part of the Tianshan Mountains LI Huadong, PAN Cunde, WANG Bing, et al (4266)

Physiological & ecological effects of companion-planted grow seedlings of two crops in the same hole LI Lingli, GUO Hongxia, HUANG Genghua, et al (4278)

Effects of magnesium, manganese, activated carbon and lime and their interactions on cadmium uptake by wheat ZHOU Xiangyu, FENG Wenqiang, QIN Yusheng, et al (4289)

Effects of increased concentrations of gas CO₂ on mineral ion uptake, transportation and distribution in *Phyllostachys edulis* ZHUANG Minghao, CHEN Shuanglin, LI Yingchun, et al (4297)

Effects of pH, Fe and Cd concentrations on the Fe and Cd adsorption in the rhizosphere and on the root surfaces of rice LIU Danqing, CHEN Xue, YANG Yazhou, et al (4306)

Effects of low-light stress on maize ear development and endogenous hormones content of two maize hybrids (*Zea mays* L.) with different shade-tolerance ZHOU Weixia, LI Chaohai, LIU Tianxue, et al (4315)

Effects of maize || peanut intercropping on photosynthetic characters and yield forming of intercropped maize JIAO Nianyuan, NING Tangyuan, YANG Mengke, et al (4324)

Cloning root system distribution and architecture of different forest age *Populus euphratica* in Ejina Oasis HUANG Jingjing, JING Jialin, CAO Dechang, et al (4331)

Impact of vegetation interannual variability on evapotranspiration CHEN Hao, ZENG Xiaodong (4343)

Mating behavior of *Pachycrepoides vindemmiae* and the effects of male mating times on the production of females SUN Fang, CHEN Zhongzheng, DUAN Bisheng, et al (4354)

Component analysis and bioactivity determination of fecal extract of *Locusta migratoria tibetensis* (Chen) WANG Haijian, LI Yili, LI Qing, et al (4361)

Effects of different rice varieties on larval development, survival, adult reproduction, and flight capacity of *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) LI Xia, XU Xiuxiu, HAN Lanzhi, et al (4370)

Population, Community and Ecosystem

Genetic structure of the overwintering Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenée) collections in Shandong of China based on *mtCOII* gene sequences LI Lili, YU Yi, GUO Dong, TAO Yunli, et al (4377)

The structure and diversity of insect community in Taihu Wetland HAN Zhengwei, MA Ling, CAO Chuanwang, et al (4387)

Annual variation pattern of phytoplankton community at the downstream of Xijiang River WANG Chao, LAI Zini, LI Xinhui, et al (4398)

Effect of species dispersal and environmental factors on species assemblages in grassland communities WANG Dan, WANG Xiao'an, GUO Hua, et al (4409)

- Cyanobacteria diversity in biological soil crusts from different erosion regions on the Loess Plateau: a preliminary result YANG Lina, ZHAO Yunge, MING Jiao, et al (4416)
- Landscape, Regional and Global Ecology**
- Zoning for regulating of construction land based on landscape security pattern WANG Siyi, OU Minghao (4425)
- Fragmentation process of wetlands landscape in the middle reaches of the Heihe River and its driving forces analysis ZHAO Ruifeng, JIANG Penghui, ZHAO Haili, et al (4436)
- Analysis on grassland degradation in Qinghai Lake Basin during 2000—2010 LUO Chengfeng, XU Changjun, YOU Haoyan, et al (4450)
- Research on soil erosion based on Location-weighted landscape index (LWLI) in Guanchuanhe River basin, Dingxi, Gansu Province LI Haifang, WEI Wei, CHEN Jin, et al (4460)
- Effects of host density on parasitoids and hyper-parasitoids of cereal aphids in different agricultural landscapes GUAN Xiaoqing, LIU Junhe, ZHAO Zihua (4468)
- Effects of interactive CO₂ concentration and precipitation on growth characteristics of *Stipa breviflora* SHI Yaohui, ZHOU Guangsheng, JIANG Yanling, et al (4478)
- Resource and Industrial Ecology**
- Eco-service efficiency assessment method of urban land use: a case study of Changzhou City, China YANG Wenrui, LI Feng, WANG Rusong, et al (4486)
- Changes in phosphorus consumption and its environmental loads from food by residents in Xiamen City WANG Huina, ZHAO Xiaofeng, TANG Lina, et al (4495)
- Research Notes**
- Intercropping enhances the farmland ecosystem services SU Benying, CHEN Shengbin, LI Yonggeng, et al (4505)
- Assessment indicator system of eco-industry in mining area WANG Guangcheng, WANG Huanhuan, TAN Lingling (4515)

《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工作者,探索生态学奥秘,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

本期责任副主编 骆世明

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 33 卷 第 14 期 (2013 年 7 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 14 (July, 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	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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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:100717	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 90.00 元