

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

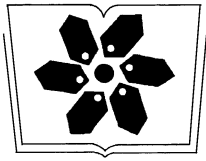
(Shengtai Xuebao)

第 31 卷 第 1 期
Vol.31 No.1
2011



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 31 卷 第 1 期 2011 年 1 月 (半月刊)

目 次

青藏高原东缘林线杜鹃-岷江冷杉原始林的空间格局	缪 宁, 刘世荣, 史作民, 等 (1)
季风常绿阔叶林不同恢复阶段藤本植物的物种多样性比较	李帅锋, 苏建荣, 刘万德, 等 (10)
越冬和复苏时期太湖水体蓝藻群落结构的时空变化	顾婷婷, 孔繁翔, 谭 啸, 等 (21)
海南新村湾海草床主要鱼类及大型无脊椎动物的食源	樊敏玲, 黄小平, 张大文, 等 (31)
广西涠洲岛造礁珊瑚种群结构的空间分布	梁 文, 张春华, 叶祖超, 等 (39)
宽窄行栽植模式下三倍体毛白杨根系分布特征及其与根系吸水的关系	席本野, 王 烨, 贾黎明, 等 (47)
干旱河谷-山地森林交错带土壤水分与养分特征	刘 彬, 罗承德, 张 健, 等 (58)
信号分子水杨酸减缓干旱胁迫对紫御谷光合和膜脂过氧化的副效应	易小林, 杨丙贤, 宗学凤, 等 (67)
UV-B 辐射对南方红豆杉生活史型和紫杉烷类含量的影响	于景华, 李德文, 庞海河, 等 (75)
模拟氮沉降对石栎和苦槠幼苗土壤呼吸的影响	李 凯, 江 洪, 由美娜, 等 (82)
环渤海湾地区连作苹果园土壤中酚酸类物质变化	孙海兵, 毛志泉, 朱树华 (90)
不同施肥方法对马来沉香和土沉香苗期根系生长的影响	王 冉, 李吉跃, 张方秋, 等 (98)
秋华柳和枫杨幼苗对镉的积累和耐受性	贾中民, 魏 虹, 孙晓灿, 等 (107)
祁连山北坡退化林地植被群落的自然恢复过程及土壤特征变化	赵成章, 石福习, 董小刚, 等 (115)
中国北方农牧交错带 C3 草本植物 $\delta^{13}\text{C}$ 与温度的关系及其对水分利用效率的指示	刘贤赵, 王国安, 李嘉竹, 等 (123)
不同退耕模式细根(草根)分解过程中 C 动态及土壤活性有机碳的变化	荣 丽, 李守剑, 李贤伟, 等 (137)
黑龙江省完达山东部林区东北虎猎物生物量	周绍春, 张明海, 孙海义 (145)
生态保护项目对大熊猫栖息地的影响	张玉波, 王梦君, 李俊清 (154)
石灰和 EM 处理条件下土壤动物群落在落叶分解中的变化	高梅香, 张雪萍 (164)
基于 EPG 的麦长管蚜、麦二叉蚜和禾谷缢管蚜取食行为比较	苗 进, 武予清, 郁振兴, 等 (175)
对映-贝壳杉烷型二萜类化合物对土壤纤毛虫群落的毒性效应	宁应之, 杜海峰, 王红军 (183)
红脂大小蠹种群空间格局地统计学分析及抽样技术	潘 杰, 王 涛, 宗世祥, 等 (195)
山西不同生态型大豆种质资源蛋白亚基的变异	王燕平, 李贵全, 郭数进, 等 (203)
施肥和覆膜垄沟种植对旱地小麦产量及水氮利用的影响	李廷亮, 谢英荷, 任苗苗, 等 (212)
近 40a 甘肃省气候生产潜力时空变化特征	罗永忠, 成自勇, 郭小芹 (221)
基于 GIS 的农村住区生态重要性空间评价及其分区管制——以兴国县长冈乡为例	谢花林, 李秀彬 (230)
农户收入差异对生活用能及生态环境的影响——以江汉平原为例	杨 振 (239)
河北省耕地生态经济系统能值指标空间分布差异及其动因	王 千, 金晓斌, 周寅康, 等 (247)
土地利用对石漠化地区土壤团聚体有机碳分布及保护的影响	罗友进, 魏朝富, 李 渝, 等 (257)
专论与综述	
景观格局-土壤侵蚀研究中景观指数的意义解释及局限性	刘 宇, 吕一河, 傅伯杰 (267)
美国煤矿废弃地的生态修复	张成梁, B. Larry Li (276)
农田土壤食物网管理的原理与方法	陈云峰, 胡 诚, 李双来, 等 (286)
学术信息与动态	
旱地、荒漠和荒漠化: 探寻恢复之路 —— 第三届国际荒漠化会议述评	吕一河, 傅伯杰 (293)

基于 EPG 的麦长管蚜、麦二叉蚜和 禾谷缢管蚜取食行为比较

苗 进, 武予清*, 郁振兴, 段 云, 蒋月丽, 李国平

(河南省农业科学研究院植物保护研究所, 郑州 450002)

摘要:麦长管蚜 *Sitobion avenae* (Fabricius), 麦二叉蚜 *Schizaphis graminum* (Rondani) 和禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus) 虽然都取食小麦, 但其取食部位、传毒能力均有差异。利用 EPG 研究了 3 种麦蚜在同一寄主植物上的取食行为, 结果显示: (1) 禾谷缢管蚜在取食过程中 G 波出现的时间最早, G 波总的持续时间和每次刺探 G 波的平均持续时间都明显长于麦长管蚜和麦二叉蚜。麦长管蚜第 1 次 E1 波的时间、E1 波总的持续时间和每次刺探 E1 波的平均持续时间都明显比麦二叉蚜和禾谷缢管蚜要长。麦二叉蚜 E2 波总的持续时间和每次刺探 E2 波的平均持续时间都明显长于麦长管蚜和禾谷缢管蚜。表明 3 种蚜虫各自拥有不同取食策略。禾谷缢管蚜比其它两种蚜虫需要更多的水分和无机盐, 麦长管蚜通过分泌大量唾液增大对食物的利用率, 麦二叉蚜通过增加韧皮部取食时间以满足对营养的需要。 (2) 刺探过程中麦二叉蚜 pd 波出现的次数为 (51.97 ± 7.82) 次, 高于麦长管蚜的 (44.73 ± 4.52) 次和禾谷缢管蚜的 (32.99 ± 4.22) 次。麦二叉蚜 pd 波 II-2 和 II-3 亚波的时间最长, 禾谷缢管蚜最短, 三者之间差异达显著水平。表明与其它两种麦蚜相比, 麦二叉蚜在取食过程中口针与细胞间的接触频率更高, 与细胞内获毒和传毒相关的 II-3 波和 II-2 波持续时间更长, 增加了获毒和传毒的几率, 是其传毒能力最强的机理。

关键词:麦长管蚜; 麦二叉蚜; 禾谷缢管蚜; EPG; 取食策略; 传毒

Comparative of feeding behaviors of *Sitobion avenae*, *Sitobion graminum* and *Rhopalosiphum padi* (Homoptera: Aphididae) using electrical penetration graph (EPG)

MIAO Jin, WU Yuqing*, YU Zhenxing, DUAN Yun, JIANG Yueli, LI Guoping

Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China

Abstract: Wheat is the most widely cultivated crop in the world. Yet, its yield and quality are severely affected by fungal and insect pests. Among the insect pests of wheat, cereal aphids frequently cause significant damage. The species of aphids commonly infesting cereals in China are the grain aphids, *Sitobion avenae*, *Sitobion graminum* and *Rhopalosiphum padi*. They can substantially reduce cereal yield and quality because of their capacity for extremely rapid population growth. Moreover, injury by those cereal aphids is both direct, through injection of chemical substances in saliva and mechanical damage, as well as indirect, through the effect of honeydew and pathogenic fungi. In addition, they are all a vector of barley yellow dwarf virus. However, the three species of wheat aphids have different feeding sites and virus transmission ability. The objective of the study was to study the potential mechanism of separation in ecologic niche and virus transmission ability by analysing the feeding behaviors of three species aphids. Their feeding behaviors on one wheat variety (ZhengMai 9023) were comparatively tested using electrical penetration graph (EPG) and an image analysis system. The EPG technique was used because it provides continuous information on feeding/probing events. The main results are shown as follows: (1) The xylem ingestion (waveform G) of *R. padi* occurred earliest ($98.11 \pm 27.26\text{min}$) among the three species of wheat aphids ($P < 0.05$), and both total duration of waveform G ($94.37 \pm 22.42\text{min}$) along with its average

基金项目: 国家现代农业产业技术体系 (nycyt-03); 农业公益性行业科研专项 (200803002-06)

收稿日期: 2010-04-08; 修订日期: 2010-06-13

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yuqingwu36@hotmail.com

duration per probe (45.62 ± 18.82) min were all significantly longer than those of *S. avenae* and *S. graminum* ($P < 0.05$). Total duration of salivation into sieve elements (waveform E1) and its duration per probe of *S. avenae* ((33.23 ± 6.17) min and (7.62 ± 1.72) min, respectively) were all the longest among the three aphid species ($P < 0.05$). However, the total duration of phloem ingestion (waveform E2) of *S. graminum* (159.71 ± 13.53) min and its duration per probe (84.32 ± 16.85) min were significantly longer than those of the other two aphid species ($P < 0.05$). The results demonstrated that each of three aphid species has different feeding strategies. *R. padi* needs more water and inorganic salt than the other two species since it spends more time during xylem ingestion. *S. avenae* maybe increases food utilization by secreting more saliva, while *S. graminum* gains enough food by increasing phloem feeding time. (2) Waveform pd is related to a short intracellular puncture during the pathway, and it can be separated into three sub-patterns, pd I, pd II and pd III. Sub-phases of pd II were considered in connection with transmitting and obtaining the virus. The number of pd waveforms during 5h of EPG recording for *S. avenae*, *S. graminum* and *R. padi* were 44.73 ± 4.52 , 51.97 ± 7.82 and 32.99 ± 4.22 , respectively. The mean time per pd II-2 and pd II-3 waveform of *S. graminum* were the longest ((2.27 ± 0.14) sec and (2.36 ± 0.12) sec, respectively) among the three species. Hence, the probability of virus transmission and acquisition of *S. graminum* was the highest, which may be the main reason why *S. graminum* is the strongest virus vector among these three aphid species.

Key Words: *Sitobion avenae*; *Sitobion graminum*; *Rhopalosiphum padi*; EPG; feeding strategies; virus transmission

刺探电位图谱(electrical penetration graph, EPG)是一种用来记录刺吸式口器昆虫口针在寄主组织中的刺探行为的技术。EPG可以准确地记录刺吸式口器昆虫口针在寄主组织中的刺探行为和位置,使昆虫口针在叶片内的活动转化成一种看得见的信号^[1]。根据昆虫的取食情况可以分析植物不同的组织对昆虫的影响,结合其他实验技术,它可以和昆虫口针在特定植物层次的刺探行为联系起来,帮助认识植物与刺吸式昆虫之间相互作用的机制^[2]。目前,EPG技术已成功地对多种刺吸式昆虫的取食行为进行了研究,如甘蓝蚜 *Brevicoryne brassicae*^[3]、棉蚜 *Aphis gossypii*^[4]、蚕豆蚜 *Aphis fabae*^[5-6]、烟粉虱 *Bemisia tabaci*^[7]、假眼小绿叶蝉 *Empoasca vitis*^[8-9]等。蚜虫在寄主植物上取食时共产生7种波形,其中NP波为非刺探波形。C波(包括A波、B波、C波)为刺探波,表示蚜虫的口针位于表皮与微管束之间,反映的是胞外电势水平^[10-12]。pd波反映了口针刺破细胞膜时所测的膜内外电位差,分3个亚波段:pd-I, pd-II, pd-III^[13]。E波反映了口针刺探韧皮部筛管的过程,可分为E1、E2两个亚波,E1为主动分泌水溶性唾液到筛管中,E2为筛管中被动吸收的过程^[11,14]。F波是口针在细胞膜外胞间或细胞壁内的机械穿刺受阻的波形,与抗性关系密切^[10-12]。G波是昆虫在木质部主动吸食波形,与维持蚜虫体内水分平衡相关^[15]。

麦蚜是我国主要的小麦害虫之一,除吸食小麦汁液外,还传播病毒造成小麦黄矮病,致使小麦叶色变黄,植株矮化,分蘖减少,严重威胁小麦的安全生产^[16]。麦蚜分布范围广,在我国各麦区均有发生,主要包括麦长管蚜 *Sitobion avenae* (Fabricius),麦二叉蚜 *Schizaphis graminum* (Rondani)和禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus)。麦长管蚜喜光照,多分布在小麦植株上部叶片正面;麦二叉蚜畏光耐干旱,多分布在植株的中下部叶片;禾谷缢管蚜畏光喜湿,多在植株的茎秆和叶鞘部取食。利用EPG技术分析3种麦蚜在同一寄主植物上的取食行为,有助于揭示其生态位分离的机理。同时,三种麦蚜均能传播小麦黄矮病毒,但它们的传毒能力有所差异,麦二叉蚜是黄矮病毒的主要传播者^[17]。近年来利用EPG技术研究表明,蚜虫的成功传毒与电位落差(potential drop, pd)波关系密切^[18]。通过EPG直接研究3种麦蚜在同一寄主植物上取食过程中pd波的差异,将有助于揭示麦蚜传毒的行为机理。

1 材料与方法

1.1 供试小麦培养

供试小麦品种郑麦9023是河南省小麦主栽品种,由河南省农科院小麦研究中心提供。小麦种子种在

6cm×8cm×10 cm 的塑料花盆中,用沙:腐殖质:黑壤土 = 1:3:3 作为培养基,放入光照培养箱内培养。培养条件维持在温度(白天 20℃,夜晚 18℃)、光照(L:D = 16 h:8 h)、相对湿度(70±10)%。根据麦苗生长的需求定量浇水。当麦苗生长至 20 日龄时用于本实验。

1.2 供试虫源

麦长管蚜、麦二叉蚜和禾谷缢管蚜由中国农业科学院植物保护研究所提供。以郑麦 9023 为食料饲养在温度(白天 20℃,夜晚 18℃)、光照(L:D = 16 h:8 h)、相对湿度(70±10)% 的光照培养箱内。饲养超过 5 代以后,取大小和日龄基本一致的无翅成蚜用于实验。

1.3 EPG 的转换、记录与分析

全部试验在约 25℃ 的室温下进行。采用 DC-EPG Giga-8 刺探电位仪(荷兰瓦赫宁根大学制造),选择大小较一致的无翅成蚜与小麦苗分别连入生物电流放大器的昆虫电极和植物电极。昆虫电极是一段长 2—3 cm,直径 15μm 的金丝,末端用水溶性导电银胶粘在蚜虫前胸背板上,植物电极插在小麦生长的土壤中。3 种麦蚜在同一试验条件下进行,每只蚜虫接在小麦从上数第 3 片叶子的背面,1 头成虫和 1 株植物只用于 1 次记录。整个记录系统置于法拉第金属屏蔽罩中以防止外源噪声影响记录。受试麦蚜饥饿 1h 后,每天 9:00 开始 EPG 记录,连续记录 5h,每种蚜虫成功记录 15 次以上。EPG 记录信号通过 A/D 卡(D-710 型,Dataq Instruments, Inc)和 WinDaq Lite Acquisition 软件(Dataq Instruments, Inc)记录到电脑硬盘中。EPG 波型使用 WinDaqWaveform Browser 软件(Dataq Instruments, Inc)进行分析。

1.4 数据处理

将连续记录的 EPG 按不同的行为波形进行分类统计,用 Excel 表中 AVERAGE 函数求平均数,STDEVP 函数求标准方差。SPSS13.0 软件进行差异性比较,各处理间的显著性差异均设为 $P < 0.05$ 水平。

2 结果与分析

2.1 韧皮部取食之前的刺探行为比较

5h 的监测过程中,禾谷缢管蚜的非刺探时间最长,麦长管蚜次之,麦二叉蚜最短并与禾谷缢管蚜之间差异显著($P < 0.05$)。从接触叶面到开始刺探所需时间禾谷缢管蚜也明显长于麦长管蚜和麦二叉蚜($P < 0.05$)。第一次刺探的持续时间麦长管蚜明显比麦二叉蚜和禾谷缢管蚜的持续时间长($P < 0.05$)。3 种麦蚜在取食时 F 波的持续时间麦长管蚜 > 禾谷缢管蚜 > 麦二叉蚜,三者间差异显著($P < 0.05$),说明麦长管蚜在刺探过程中口针遇到的机械阻力最大。禾谷缢管蚜在取食过程中 G 波出现的时间最早,第 1 次 G 波的持续时间、G 波总的持续时间和每次刺探 G 波的平均持续时间都明显长于麦长管蚜和麦二叉蚜($P < 0.05$) (表 1)。

2.2 韧皮部取食的刺探行为比较

表 1 显示,麦长管蚜第 1 次 E1 波的时间、E1 波总的持续时间和每次刺探 E1 波的平均持续时间都明显比麦二叉蚜和禾谷缢管蚜要长($P < 0.05$),说明麦长管蚜在韧皮部取食之前需要向韧皮部筛管内分泌更多的水溶性唾液。韧皮部被动取食波 E2 出现的时间 3 种蚜虫间差异不显著,但 E2 波总的持续时间和每次刺探 E2 波的平均持续时间麦二叉蚜明显长于麦长管蚜和禾谷缢管蚜($P < 0.05$)。麦二叉蚜在韧皮部刺探的时间 E 波(E1 + E2)达到了(163.11±13.69)min,占到总时间的(54.33±4.56)%,长于麦长管蚜和禾谷缢管蚜,与禾谷缢管蚜的差异达到了显著水平($P < 0.05$),每次刺探 E 波的平均持续时间麦二叉蚜也明显长于禾谷缢管蚜($P < 0.05$),而与麦长管蚜差异不显著。

2.3 不同时段 3 种蚜虫刺探行为比较

不同时段 3 种蚜虫各波形所占比例存在着明显的差异(图 1)。实验的第 1 小时,麦长管蚜和麦二叉蚜非刺探行为的 NP 波所占比例分别为 30.5% 和 25.6%,明显高于禾谷缢管蚜的 16.6% ($P < 0.05$)。C 波所占比例麦二叉蚜达 66.8%,明显高于麦长管蚜的 28.8% 和禾谷缢管蚜的 36.2% ($P < 0.05$)。E 波所占比例禾谷缢管蚜为 12.6%,显著高于麦长管蚜和麦二叉蚜($P < 0.05$)。禾谷缢管蚜 G 波所占比例为 31.9%,显著高于

麦长管蚜和麦二叉蚜 ($P < 0.05$)。F 波所占比例麦长管蚜为 30.9%, 显著高于麦长管蚜和麦二叉蚜 ($P < 0.05$)。结果表明, 禾谷缢管蚜接触到寄主植物后能够很快进入到木质部和韧皮部取食阶段, 麦二叉蚜需要对寄主植物进行长时间的刺探以寻找最佳的取食位置, 而麦长管蚜则在早期的刺探过程中需要较长时间克服口针刺探遇到的机械阻力。

表 1 3 种麦蚜的 EPG 参数 (总记录时间为 5h)

Table 1 The EPG parameters of three wheat aphids (Total recording time 5h)

EPG 参数 EPG parameters	麦长管蚜 <i>Sitobion avenae</i> ($n = 17$)	麦二叉蚜 <i>Schizaphis graminum</i> ($n = 15$)	禾谷缢管蚜 <i>Rhopalosiphum padi</i> ($n = 18$)
1 总的刺探次数 No. of probes/(n)	4.93 ± 0.77a	3.26 ± 0.38a	3.83 ± 0.53a
2 到达韧皮部前的刺探次数 No. of probes before phloem/(n)	2.29 ± 0.45a	1.74 ± 0.30a	1.75 ± 0.57a
3 第 1 次刺探出现时间 Time to 1st probe/min	5.36 ± 1.26b	5.92 ± 1.18b	12.15 ± 3.08a
4 第 1 次刺探时间 Duration of 1st probe/min	34.18 ± 17.47b	94.67 ± 23.52a	71.29 ± 31.23a
5 C 波时间 Duration of total C/min	73.32 ± 10.69a	92.21 ± 10.16a	70.32 ± 13.02a
6 F 波时间 Duration of total F/min	27.57 ± 7.42a	3.28 ± 1.19c	11.69 ± 3.16b
7 G 波时间 Duration of total G/min	39.98 ± 10.59b	26.53 ± 6.58b	94.37 ± 22.42a
8 E1 波时间 Duration of total E1/min	33.23 ± 6.17a	3.41 ± 1.05b	14.16 ± 5.32b
9 E2 波时间 Duration of total E2/min	100.63 ± 18.69b	159.71 ± 13.53a	82.36 ± 21.07b
10 E 波 (E1 + E2) 时间 Duration of total E (E1 + E2)/min	133.86 ± 16.55ab	163.11 ± 13.69a	96.53 ± 22.03b
11 单次刺探 C 波平均持续时间/min Average time of C per probe	25.57 ± 4.82a	33.98 ± 3.48a	27.20 ± 8.44a
12 单次刺探 G 波平均持续时间/min Average time of G per probe	10.23 ± 3.79b	9.23 ± 2.40b	45.62 ± 18.82a
13 单次刺探 E1 波平均持续时间/min Average time of E1 per probe	7.62 ± 1.72a	1.51 ± 0.54b	3.87 ± 1.22b
14 单次刺探 E2 波平均持续时间/min Average time of E2 per probe	28.97 ± 8.44b	84.32 ± 16.85a	28.97 ± 8.37b
15 单次刺探 E 波 (E1 + E2) 平均持续时间 (min) Average time of E per probe	36.59 ± 8.16b	85.83 ± 17.03a	32.85 ± 8.41b
16 NP 波时间/min Duration of NP	23.04 ± 4.37ab	14.89 ± 3.11b	27.35 ± 3.65a
17 Pd 波时间/min Duration of pd Pd 波的数目 No. of pd	4.16 ± 0.69a 44.73 ± 4.52ab	5.50 ± 0.60a 51.97 ± 7.82a	2.84 ± 0.35b 32.99 ± 4.22b
18 每个 Pd 平均持续时间 means Average time of per pd/s	5.58 ± 0.09b	6.35 ± 0.25a	4.51 ± 0.14c
19 第 1 次 G 波出现的时间 Time to 1st G/min	141.19 ± 33.97b	143.08 ± 29.53b	98.11 ± 27.26a
20 第 1 次 G 波持续时间 Duration of 1st G/min	28.47 ± 9.51b	26.53 ± 6.58b	66.81 ± 19.48a
21 第 1 次 E1 波出现的时间 Time to 1st E1/min	102.82 ± 17.63	109.28 ± 12.61	138.72 ± 29.93
22 第 1 次 E1 波持续时间 Duration of 1st E1/min	15.29 ± 2.76a	2.25 ± 1.06b	1.47 ± 0.49b
23 第 1 次 E2 波出现的时间 Time to 1st E2/min	150.77 ± 21.67	113.14 ± 12.22	145.66 ± 29.63
24 第 1 次 E2 波持续时间 Time of 1st E2/min	89.00 ± 19.94a	90.59 ± 18.59a	35.69 ± 16.78b
25 持续韧皮部取食 ($E > 10\text{min}$) 时间 Sum $E > 10\text{min}/\text{min}$	132.02 ± 16.82ab	161.63 ± 13.69a	91.69 ± 21.46b
26 韧皮部取食占总时间的 % Percentage of E	44.54 ± 5.57% ab	54.33 ± 4.56% a	33.28 ± 6.94% b

同一行内不同字母表示差异性显著 ($P < 0.05$)

第 2 小时, 禾谷缢管蚜和麦二叉蚜 E 波所占比例明显高于麦长管蚜 ($P < 0.05$)。禾谷缢管蚜和麦长管蚜 G 波和 F 波所占比例则显著高于麦二叉蚜 ($P < 0.05$)。

第 3 小时, 麦长管蚜 C 波所占比例明显高于麦二叉蚜和禾谷缢管蚜 ($P < 0.05$)。E 波所占比例麦二叉蚜最高为 59.8%, 禾谷缢管蚜次之为 32.1%, 麦长管蚜最低为 16.6%, 三者差异达到显著水平 ($P < 0.05$)。G 波所占比例禾谷缢管蚜显著高于麦长管蚜和麦二叉蚜 ($P < 0.05$)。

第 4 小时, 麦长管蚜 C 波所占比例明显高于麦二叉蚜和禾谷缢管蚜 ($P < 0.05$)。G 波所占比例禾谷缢管

蚜显著高于麦长管蚜和麦二叉蚜($P < 0.05$)。

第 5 小时,禾谷缢管蚜 NP 波和 G 波所占比例显著高于麦长管蚜和麦二叉蚜($P < 0.05$)。E 波所占比例禾谷缢管蚜则显著高于麦长管蚜和麦二叉蚜($P < 0.05$)。

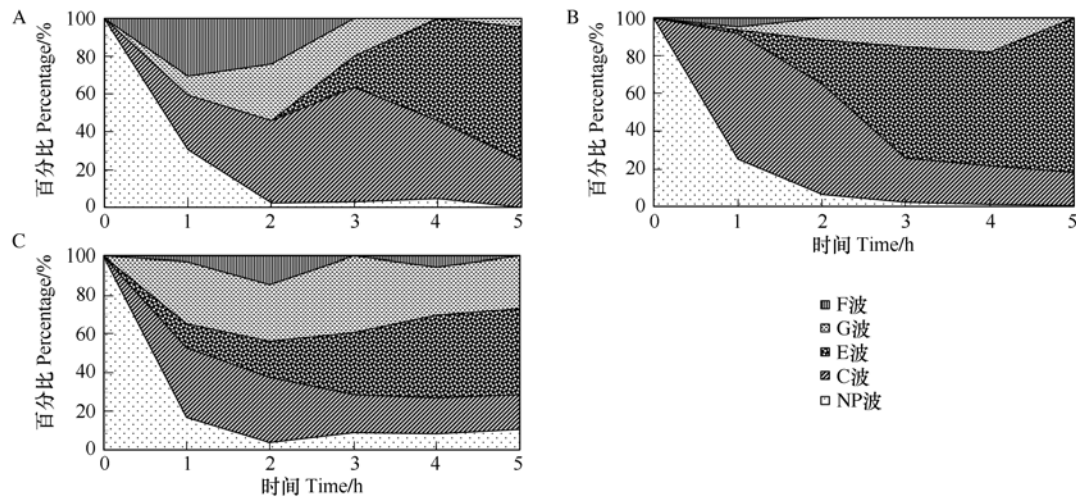


图 1 3 种蚜虫不同时段各 EPG 波形占总时间的 %

Fig. 1 EPG recorded probing behaviour of three aphids, shown as percentage of stylet activities during the 5h experiment. A: *Sitobion avenae*; B: *Schizaphis graminum*; C: *Rhopalosiphum padi*

A: 麦长管蚜; B: 麦二叉蚜; C: 禾谷缢管蚜

2.4 3 种蚜虫 pd 波的比较

蚜虫的 pd 波由 pd-I、pd-II 和 pd-III 三部分构成, 其中 pd-II 又可分为 II-1、II-2 和 II-3 3 种亚波(图 2)。刺探过程麦二叉蚜 pd 波出现的次数为(51.97 ± 7.82)次, 高于麦长管蚜的(44.73 ± 4.52)次和禾谷缢管蚜的(32.99 ± 4.22)次, 麦二叉蚜与禾谷缢管蚜间差异达到显著水平($P < 0.05$)。Pd 波总时间麦二叉蚜和麦长管蚜分别为(5.50 ± 0.60)min 和 (4.16 ± 0.69)min 明显高于禾谷缢管蚜的 (2.84 ± 0.35)min ($P < 0.05$) (表 1)。3 种麦蚜之间 pd-II 的 3 个亚波持续时间也存在明显差异(表 2)。麦二叉蚜和麦长管蚜亚波 II-1 的时间显著长于禾谷缢管蚜($P < 0.05$); 麦二叉蚜亚波 II-2 的时间最长, 禾谷缢管蚜最短, 三者之间差异达显著水平 ($P < 0.05$); 亚波 II-3 的时间麦二叉蚜显著长于禾谷缢管蚜($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 3 种麦蚜生态位分离与取食行为的关系

蚜虫降落到寄主植物表面后, 首先会对寄主植物的表面物质进行识别, 以判断是否要进行下一步刺探^[19]。EPG 实验中“从接触叶面到开始刺探时间”正是表明这一过程的参数。结果显示, 与另外两种麦蚜相比, 禾谷缢管蚜需要更长的时间对寄主植物的表面物质进行识别。

蚜虫除在韧皮部被动取食植物的营养物质外, 还会在木质部主动取食水分和无机盐^[15], 3 种麦蚜中禾谷

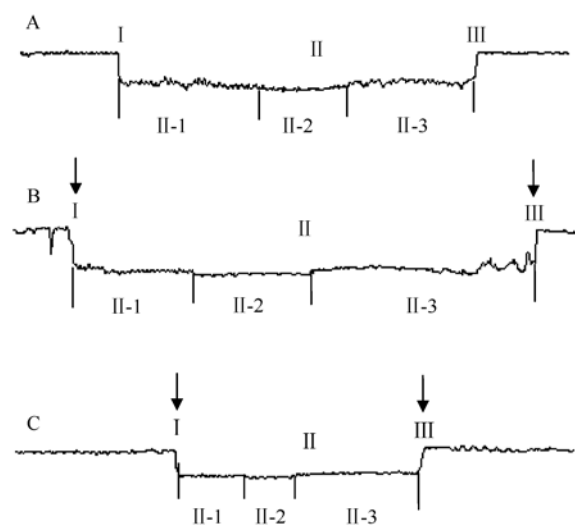


图 2 3 种麦蚜的 pd 波

Fig 2 The pd waveform patterns produced by *Sitobion avenae* (A), *Schizaphis graminum* (B) and *Rhopalosiphum padi* (C) on wheat plant

A: 麦长管蚜; B: 麦二叉蚜; C: 禾谷缢管蚜

缢管蚜木质部取食波(G波)出现的最早,时间最长,各时段G波所占比例都最高,表明禾谷缢管蚜比其它两种蚜虫需要补充更多的水分。胡想顺等^[20]在研究不同小麦品种对禾谷缢管蚜取食影响时也发现,禾谷缢管蚜会花费更多的时间在小麦的木质部主动摄取汁液。这可能与禾谷缢管蚜畏光喜湿,不耐干旱,多在植株的茎秆和叶鞘部取食的习性有关。因为,干旱会造成植株体内水分减少,从而增大禾谷缢管蚜补充水分的难度,不利于其生存,而植株茎秆和叶鞘部的木质部比上部叶片更发达,在植株茎秆和叶鞘部取食口针能更容易达到木质部。蚜虫在寄主韧皮部取食的E波分为E1和E2两个亚波,其中E1反应的是蚜虫向韧皮部筛管内分泌水溶性唾液。在蚜虫唾液中含有蛋白酶、淀粉酶和蔗糖酶等多种消化酶,它们能够对食物进行初步消化,有助于提高蚜虫对食物的利用率^[21-23]。3种蚜虫中,麦长管蚜E1波的时间最长,而E2波的时间相对较短,说明麦长管蚜对食物的利用率可能高于麦二叉蚜和禾谷缢管蚜。麦二叉蚜E1波的时间很短,但韧皮部被动取食波(E2波)持续时间最长。以上的结果反映出,3种蚜虫各自拥有不同取食策略以满足自身对营养的需求。同时,研究也表明蚜虫在逆境下会对自身的取食策略进行调整^[20, 24]。

表2 3种麦蚜pdⅡ各亚波的持续时间

Table 2 Duration of Sub-phases of pdⅡ waveforms of three wheat aphids

pdⅡ亚波 Sub-phases of pdⅡ	麦长管蚜 <i>Sitobion avenae</i>	麦二叉蚜 <i>Schizaphis graminum</i>	禾谷缢管蚜 <i>Rhopalosiphum padi</i>
Ⅱ-1	2.14 ± 0.07a	2.22 ± 0.08a	1.69 ± 0.12b
Ⅱ-2	1.43 ± 0.16b	2.27 ± 0.14a	0.98 ± 0.06c
Ⅱ-3	2.01 ± 0.16ab	2.36 ± 0.12a	1.84 ± 0.13b

同一行内不同字母表示差异性显著 ($P < 0.05$)

昆虫的取食行为是昆虫在寄主植物上所进行的摄取食物以及与此相关的一系列活动,一般同种昆虫个体的取食行为既表现出种群的相似性又表现出种所特有的固定模式^[25]。虽然3种蚜虫都以小麦作为寄主植物,但在生活习性上存在一定的差异,自然状态下取食寄主部位不尽相同,表明三者之间存在一定的生态位分化。应用EPG技术研究3种麦蚜在小麦同一部位的取食行为,能够模拟在种间竞争强度较大的情况下,3种蚜虫取食行为的差异。结果表明,3种麦蚜通过不同的取食策略来减小了种间竞争的压力,进而促进了生态位的分化,这是与寄主植物长期协同进化的结果,同时也是种间竞争的结果。

3.2 3种麦蚜传毒能力与取食行为的关系

蚜虫传播植物病毒病是通过胞内膜穿刺还是通过胞外细胞间隙的穿刺而得以实现,过去一直存在争论^[26-27]。对于非持久性传毒方式的行为机理也一直有“口针带毒假说”^[28]和“吸入-排出假说”^[29]之争。后来的研究表明,蚜虫传播植物病毒病与其取食过程中口针刺破细胞膜的行为相关^[30]。Powell使用EPG技术初步分析了桃蚜 *Myzus persicae* 传播马铃薯Y病毒和甜菜花叶病毒的试探性取食行为,发现电位落差(potential drop, pd)波的出现对桃蚜的成功传毒具有重要意义^[18]。蚜虫的获毒发生在pd波的Ⅱ-3阶段,而Ⅱ-2的持续时间是与蚜虫传毒相关的一个行为指标^[31-34]。有研究表明在美国不同种的蚜虫传播大麦黄矮病毒的能力差别很大^[35],在我国以麦二叉蚜的传播能力最强^[17, 36]。EPG的结果表明,在取食过程中麦二叉蚜pd波出现的频率最高,麦长管蚜次之,禾谷缢管蚜最低,就传毒几率而言麦二叉蚜 > 麦长管蚜 > 禾谷缢管蚜。pd波各亚波持续时间上,麦二叉蚜的pdⅡ-2和pdⅡ-3的时间也是最长的,麦长管蚜次之,禾谷缢管蚜最短,据此可以推断麦二叉蚜获毒和传毒的能力都是最强的,禾谷缢管蚜最弱。

References:

- [1] Tjallingii W F. Electronic recording of penetration behaviour by aphids. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1978, (24): 521-530.
- [2] Xue K, Deng S, Wang R J, Yan F M, Xu C R. The relationship between the feeding behaviors of cotton aphids and the Bt cotton surface characteristics. *Science in China Series C: Life Sciences*, 2008, 38 (2): 188-198.
- [3] Yan F M. Role of glucosinolates in the host plant part preferences by the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae*. *Acta Entomologica Sinica*, 2000,

- 43 (3): 297-304.
- [4] Wang Y M, Zhang P F, Chen J Q. Host p reference biotypes of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover and the behavioral mechanism in their formation. *Acta Entomologica Sinica*, 2004, 47 (6): 760-767.
- [5] Tosh C R, Walters K F A, Douglas A E. On the mechanistic basis of plant affiliation in the black bean aphid (*Aphis fabae*) species complex. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2001, 99 (1): 121-125.
- [6] Tosh C R, Powell G, Hardie J. Maternal reproductive decisions are independent of feeding in the black bean aphid, *Aphis fabae*. *Journal of Insect Physiology*, 2002, 48 (6): 619-629.
- [7] Yue M, Luo C, Guo X J, Zhang Z L. Probing and feeding behaviors of the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) B biotype on three host plants. *Acta Entomologica Sinica*, 2006, 49 (4): 625-629.
- [8] Miao J, Han B Y. Probing behavior of the tea green leafhopper on different tea plant cultivars. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(10): 3973-3982.
- [9] Miao J, Han B Y. DC-EPG analysis on effect of tea plant induced by methyl salicylate against feeding of tea green leafhopper. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2008, 35(2): 143-147.
- [10] Tjallingii W F. Electronic recording of penetration behavior by aphids. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1978, 24: 721-730.
- [11] Tjallingii W F. Electrical nature of record signals during styled penetration by aphids. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1985, 38: 177-186.
- [12] Tjallingii W F. Salivary secretions by aphids interacting with proteins of phloem wound responses. *Journal of Experimental Botany*, 2006, 57: 739-745.
- [13] Urbanska A, Tjallingii W F, Dixon A F G, Leszczynski B. Phenol oxidising enzymes in the grain aphid's saliva. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1998, 86(2): 197-203.
- [14] Prado E, Tjallingii W F. Aphid activities during sieve element punctures. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1994, 72: 157-165.
- [15] Spiller N J, Koenders L, Tjallingii W F. Xylem ingestion by aphids-a strategy for maintaining water balance. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1990, 55: 101-104.
- [16] Lu Y H, Yang T, Gao X W. Establishment of baseline susceptibility data to various insecticides for aphids *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus) and *Sitobion avenae* (Fabricius) (Homoptera: Aphididae) by the method of residual film in glass tube. *Acta Entomologica Sinica*, 2009, 52 (1): 52-58
- [17] Zhang Q F. Transmission of barley yellow dwarf virus strains from Northwestern China by four aphid species. *Plant Disease*, 1983, 67 (8): 895-899
- [18] Powell G. Cell membrane punctures during epidermal penetrations by aphids: consequences for the transmission of two potyvirus. *Annal Applied Biology*, 1991, 119: 313-321
- [19] Liu X D, Zhang X X, Zhai B P. Host biotypes and their formation causes in aphids. *Acta Entomologica Sinica*, 2004, 47 (4): 499-506
- [20] Hu X S, Zhang H Y, Hu Z Q, Li D H, Zhang Y H. Comparison of *Rhopalosiphum padi* feeding behavior on seedlings of three wheat varieties. *Acta Entomologica Sinica*, 2007, 50(11): 1105-1110
- [21] Ma R Z, Reese J C, Black W C, Bramel-Cox P. Chlorophyll loss in a greenbug-susceptible sorghum due to pectinases and pectin fragments. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 1998, 71: 51-60.
- [22] Urbanska A, Tjallingii W F, Dixon A F G, Leszczynski B. Phenol oxidising enzymes in the grain aphid's saliva. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1998, 86: 197-203
- [23] Miles P W. Aphid saliva. *Biological Reviews*, 1999, 74: 41-85.
- [24] Hu X S, Zhao H Y, Hu Z Q, Li D H, Zhang Y H. EPG Comparison of *Sitobion avenae* (Fab.) Feeding Behaviors on Three Wheat Varieties. *Scientia Agricultura Sinica*, 2008, 41(7): 1989-1994
- [25] Hsiao T H. Feeding behavior. Kerkut F A, Gilbert L I eds. *Comprehensive Insect Physiology Biochemistry and Pharmacology*, Vol. 9. New York: Pergamon Press, 1985: 471-512.
- [26] López-Abella D, Bradley R H. Aphids may not acquire and transmit stylet-borne viruses while probing intercellularly. *Virology*, 1969, 39: 338-342
- [27] Yoshii H. Transmission of turnip mosaic virus by *Myzus persicae* (Sulz.): mode of stylet insertion and infection site of the virus. *Annal Phytopathology Social Japan*, 1966, 32: 46-51
- [28] Kennedy J S, Day M F, Eastop V F. A Conspectus of Aphids as Vectors of Plant Viruses. London: Commonwealth Institute of Entomology, 1962.
- [29] Harris K F. An ingestion-egestion hypothesis of noncirculative virus transmission // Harris K F, Maramorosch K, eds. *Aphids as Virus Vectors*. New York: Academic Press, 1977: 165-220.
- [30] Powell G, Harrington R, Spiller N J. Stylet activities and potato virus Y vector efficiencies by the aphids *Brachycaudus helichrysi* and *Drepanosiphum platanoidis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1992, 62: 293-300.

- [31] Powell G, Pirone J, Hardie J. Aphid stylet activities during potyvirus acquisition from plants and an in vitro system that correlate with subsequent transmission. *European Journal of Plant Pathology*, 1995, 101: 411-420.
- [32] Fernandez-Calvino L, Lopez-Abella D, Lopez-Moya J J, Fereres A. Comparison of Potato Virus Y and Plum Pox Virus Transmission by two aphid species in relation to their probing behavior. *Phytoparasitica*, 2006, 34: 315-324.
- [33] Zhang P F, Chen J Q, Zhang X, Wang B, Jiang Q F. The feeding behavior and the acquisition of CMV by the cotton aphid *Aphis gossypii*. *Acta Entomologica Sinica*, 2001, 44 (4): 395-401.
- [34] Wang B, Chen J Q, Zhang P F, Ma L, Wang Y M. Effects of post-acquisition fast on cucumber mosaic virus transmission by the cotton aphid, *Aphis gossypii*. *Acta Entomologica Sinica*, 2003, 46 (3): 259-266.
- [35] Rochow W F, Brakke M K. Purification of barley yellow dwarf virus. *Virology*, 1964, 24: 310-322.
- [36] Hu L, Xie F Q, Xiang J Y, Cao H. Analysis of Transmission Capabilities of Barley Yellow Dwarf Virus (BYDV) by *Schizaphis graminum* and *Rhopalosiphum padi* in Northwest China. *Journal of Triticeae Crops*, 2009, 29 (4): 721-724.

参考文献:

- [2] 薛堃, 邓素, 王戎疆, 闫凤鸣, 许崇任. 转 Bt 基因棉叶片表面特性与棉蚜取食行为的关系: 非靶效应的个案研究. *中国科学 C 辑: 生命科学*, 2008, 38 (2): 188-198.
- [3] 阎凤鸣. 芥子油苷在甘蓝蚜寄主部位选择行为中的作用. *昆虫学报*, 2000, 43 (3): 297-304.
- [4] 王咏妙, 张鹏飞, 陈建群. 棉蚜寄主专化型及其形成的行为机理. *昆虫学报*, 2004, 47 (6): 760-767.
- [7] 岳梅, 罗晨, 郭晓军, 张芝利. B 型烟粉虱在甘蓝、西葫芦和辣椒上的刺吸取食行为. *昆虫学报*, 2006, 49 (4): 625-629.
- [8] 苗进, 韩宝瑜. 假眼小绿叶蝉 (*Empoasca vitis* Gothe) 在不同品种茶树上的取食行为. *生态学报*, 2007, 27 (10): 3973-3982.
- [9] 苗进, 韩宝瑜. 应用 DC-EPG 分析 MeSA 诱导茶树抗性. *植物保护学报*, 2008, 35 (2): 143-147.
- [16] 鲁艳辉, 杨婷, 高希武. 禾谷缢管蚜和麦长管蚜玻璃管药膜法敏感毒力基线的建立. *昆虫学报*, 2009, 52 (1): 52-58.
- [19] 刘向东, 张孝羲, 翟保平. 蚜虫寄主专化型及其成因. *昆虫学报*, 2004, 47 (4): 499-506.
- [20] 胡想顺, 赵惠燕, 胡祖庆, 李东鸿, 张宇红. 禾谷缢管蚜在三个小麦品种上取食行为的 EPG 比较. *昆虫学报*, 2007, 50 (11): 1105-1110.
- [24] 胡想顺, 赵惠燕, 胡祖庆, 李东鸿, 张宇红. 麦长管蚜在 3 个小麦品种上取食行为的 EPG 比较. *中国农业科学*, 2008, 41 (7): 1989-1994.
- [33] 张鹏飞, 陈建群, 张闲, 王斌, 蒋群峰. 棉蚜获得黄瓜花叶病毒的行为与取食过程的关系. *昆虫学报*, 2001, 44 (4): 395-401.
- [34] 王斌, 陈建群, 张鹏飞, 马亮, 王咏妙. 棉蚜获毒后禁食对其保持并传播黄瓜花叶病毒的影响. *昆虫学报*, 2003, 46 (3): 259-266.
- [36] 胡亮, 谢芳芹, 相建业, 曹海. 中国西北地区麦二叉蚜与禾谷缢管蚜对小麦黄矮病传毒能力的分析. *麦类作物学报*, 2009, 29 (4): 721-724.

CONTENTS

Spatial pattern analysis of a <i>Rhododendron-Abies</i> virginal forest near timberline on the eastern edge of Qinghai-Tibetan Plateau, China	MIAO Ning, LIU Shirong, SHI Zuomin, et al (1)
Changes of liana species diversity in different restoration stages of monsoonal broad-leaved evergreen forest	LI Shuaifeng, SU Jianrong, LIU Wande, et al (10)
Investigation on spatio-temporal pattern of cyanobacterial community structure by T-RFLP during overwinter and recruitment period in Taihu Lake	GU Tingting, KONG Fanxiang, TAN Xiao, et al (21)
Food sources of fish and macro-invertebrates in a tropical seagrass bed at Xincun Bay, Southern China	FAN Minling, HUANG Xiaoping, ZHANG Dawen, et al (31)
Spatial pattern of Scleractinian coral Population Structure in Weizhou Island, Beihai, Guangxi	LIANG Wen, ZHANG Chunhua, YE Zuchao, et al (39)
Property of root distribution of triploid <i>Populus tomentosa</i> and its relation to root water uptake under the wide-and-narrow row spacing scheme	XI Benye, WANG Ye, JIA Liming, et al (47)
Soil nutritional properties and moisture gradient of the ecotone between dry valley and montane forest of the Minjiang River	LIU Bin, LUO Chengde, ZHANG Jian, et al (58)
Signal chemical salicylic acid mitigates the negative effects of drought on photosynthesis and membrane lipid peroxidation of purple majesty	YI Xiaolin, YANG Bingxian, ZONG Xuefeng, et al (67)
Effects of supplementary UV-B radiation on life cycle forms and the accumulation of taxanes of <i>Taxus chinensis</i> var. <i>mairei</i>	YU Jinghua, LI Dewen, PANG Haihe, et al (75)
Effect of simulated nitrogen deposition on the soil respiration of <i>Lithocarpus glabra</i> and <i>Castanopsis sclerophylla</i>	LI Kai, JIANG Hong, YOU Meina, et al (82)
Changes of phenolic acids in the soil of replanted apple orchards surrounding Bohai Gulf	SUN Haibing, MAO Zhiqian, ZHU Shuhua (90)
Growing dynamic root system of <i>Aquilaria malaccensis</i> and <i>Aquilaria sinensis</i> seedlings in response to different fertilizing methods	WANG Ran, LI Jiyue, ZHANG Fangqiu, et al (98)
Accumulation and tolerance of <i>Salix variegata</i> and <i>Pterocarya stenoptera</i> seedlings to cadmium	JIA Zhongmin, WEI Hong, SUN Xiaocan, et al (107)
Dynamics of vegetation structure and soil properties in the natural restoration process of degraded woodland on the northern slope of Qilian Mountains, northwestern China	ZHAO Chengzhang, SHI Fuxi, DONG Xiaogang, et al (115)
Relationship between temperature and $\delta^{13}\text{C}$ values of C3 herbaceous plants and its implications of WUE in farming-pastoral zone in North China	LIU Xianzhao, WANG Guoan, LI Jiazhu, et al (123)
Carbon dynamics of fine root (grass root) decomposition and active soil organic carbon in various models of land use conversion from agricultural lands into forest lands	RONG Li, LI Shoujian, LI Xianwei, et al (137)
Prey biomass of the Amur tiger (<i>Panthera tigris altaica</i>) in the eastern Wanda Mountains of Heilongjiang Province, China	ZHOU Shaochun, ZHANG Minghai, SUN Haiyi (145)
The impact of conservation projects on giant Panda Habitat	ZHANG Yubo, WANG Mengjun, LI Junqing (154)
Fluctuation of soil fauna community during defoliation decomposition under lime and EM treatment	GAO Meixiang, ZHANG Xueping (164)
Comparative of feeding behaviors of <i>Sitobion avenae</i> , <i>Sitobion graminum</i> and <i>Rhopalosiphum padi</i> (Homoptera: Aphididae) using electrical penetration graph (EPG)	MIAO Jin, WU Yuqing, YU Zhenxing, et al (175)
Toxic effects of <i>ent</i> -kaurane diterpenoids on soil ciliate communities	NING Yingzhi, DU Haifeng, WANG Hongjun (183)
Geostatistical analysis and sampling technique on spatial distribution pattern of <i>Dendroctonus valens</i> population	PAN Jie, WANG Tao, ZONG Shixiang, et al (195)
Variation analysis of protein subunits of soybean germplasms of different eco-types in Shanxi	WANG Yanping, LI Guiquan, GUO Shujin, et al (203)
Effects of fertilization and plastic film mulched ridge-furrow cultivation on yield and water and nitrogen utilization of winter wheat on dryland	LI Tingliang, XIE Yinghe, REN Miaomiao, et al (212)
The changing characteristics of potential climate productivity in Gansu Province during nearly 40 years	LUO Yongzhong, CHENG Ziyong, GUO Xiaoqin (221)
Spatial assessment and zoning regulations of ecological importance based on GIS for rural habitation in Changgang Town, Xinguo county	XIE Hualin, LI Xiubin (230)
Influences of rural households' income differences on living energy consumption and eco-environment: a case study of Jiangnan Plain, China	YANG Zhen (239)
Spatial differences and its driving factors of emergy indices on cultivated land eco-economic system in Hebei Province	WANG Qian, JIN Xiaobin, ZHOU Yinkang, et al (247)
Effects of land use on distribution and protection of organic carbon in soil aggregates in karst rocky desertification area	LUO Youjin, WEI Chaofu, LI Yu, et al (257)
Review and Monograph	
Implication and limitation of landscape metrics in delineating relationship between landscape pattern and soil erosion	LIU Yu, LÜ Yihe, FU Bojie (267)
Ecological reclamation and restoration of abandoned coal mine in the United States	ZHANG Chengliang, B. Larry Li (276)
Managing farmland soil food web: principles and methods	CHEN Yunfeng, HU Cheng, LI Shuanglai, et al (286)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 31 卷 第 1 期 (2011 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 1 2011

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		

