

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 3 期
Vol.31 No.3
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 3 期 2011 年 2 月 (半月刊)

目 次

景观生态学原理在城市土地利用分类中的应用	李伟峰, 欧阳志云, 肖 焱 (593)
中国特有濒危植物夏蜡梅的交配系统	赵宏波, 周莉花, 郝日明, 等 (602)
昆仑山北坡不同海拔塔里木沙拐枣的光合生理生态特性	朱军涛, 李向义, 张希明, 等 (611)
天山云杉天然林不同林层的空间格局和空间关联性	李明辉, 何风华, 潘存德 (620)
大气 CO ₂ 浓度升高对 B 型烟粉虱大小、酶活及其寄主的选择性影响	王学霞, 王国红, 戈 峰 (629)
桃小食心虫越冬幼虫过冷却能力及体内生化物质动态	王 鹏, 凌 飞, 于 毅, 等 (638)
象山港不同养殖类型海域大型底栖动物群落比较研究	廖一波, 寿 鹿, 曾江宁, 等 (646)
北部湾宝刀鱼的摄食生态	颜云榕, 杨厚超, 卢伙胜, 等 (654)
黄河三角洲自然保护区东方白鹤的巢址利用	段玉宝, 田秀华, 朱书玉, 等 (666)
贺兰山野化牦牛冬春季食性	姚志诚, 刘振生, 王兆铨, 等 (673)
杉木生长及土壤特性对土壤呼吸速率的影响	王 丹, 王 兵, 戴 伟, 等 (680)
中国干旱半干旱区潜在植被演替	李 飞, 赵 军, 赵传燕, 等 (689)
夜间增温和施肥对川西亚高山针叶林两种树苗根际效应的影响	卫云燕, 尹华军, 刘 庆, 等 (698)
洱海流域 44 种湿地植物的氮磷含量特征	鲁 静, 周虹霞, 田广宇, 等 (709)
杠柳幼苗对不同强度干旱胁迫的生长与生理响应	安玉艳, 梁宗锁, 郝文芳 (716)
柠条细根的空间分布特征及其季节动态	史建伟, 王孟本, 陈建文, 等 (726)
NaCl 和 Na ₂ SO ₄ 胁迫下两种刺槐叶肉细胞叶绿体超微结构	孟凡娟, 庞洪影, 王建中, 等 (734)
设施番茄果实生长与环境因子的关系	程智慧, 陈学进, 赖琳玲, 等 (742)
嫁接茄子根系分泌物变化及其对黄萎菌的影响	周宝利, 刘 娜, 叶雪凌, 等 (749)
华北地区冬小麦干旱风险区划	吴东丽, 王春乙, 薛红喜, 等 (760)
干旱胁迫条件下冷型小麦灌浆结实期的农田热量平衡	严菊芳, 张嵩午, 刘党校 (770)
秸秆不同还田量对宁南旱区土壤水分、玉米生长及光合特性的影响	高 飞, 贾志宽, 路文涛, 等 (777)
盐胁迫下不同基因型冬小麦渗透及离子的毒害效应	徐 猛, 马巧荣, 张继涛, 等 (784)
阿魏酸、对羟基苯甲酸及其混合液对土壤氮及相关微生物的影响	母 容, 潘开文, 王进闯, 等 (793)
岷江上游油松与云杉人工林土壤微生物生物量及其影响因素	江元明, 庞学勇, 包维楷 (801)
荒漠沙蒿根围 AM 真菌和 DSE 的空间分布	贺学礼, 王银银, 赵丽莉, 等 (812)
百菌清对落叶松人工防护林土壤微生物群落的影响	邵元元, 王志英, 邹 莉, 等 (819)
居住区植物绿量与其气温调控效应的关系	李英汉, 王俊坚, 李贵才, 等 (830)
近 33 年白洋淀景观动态变化	庄长伟, 欧阳志云, 徐卫华, 等 (839)
舟山群岛旅游交通生态足迹评估	肖建红, 于庆东, 刘 康, 等 (849)
¹⁵ N 交叉标记有机与无机肥料氮的转化与残留	彭佩钦, 仇少君, 侯红波, 等 (858)
沉积物老化过程中 DOC 含量变化对菲吸附-解吸的影响	焦立新, 孟 伟, 郑丙辉, 等 (866)
湖南石门、冷水江、浏阳 3 个矿区的苧麻重金属含量及累积特征	余 玮, 揭雨成, 邢虎成, 等 (874)
问题讨论	
近 55a 来河西走廊荒漠绿洲区季节变化特征及其对胡杨年生长期的影响	刘普幸, 张克新 (882)
利用 HYSPLIT 模型分析麦蚜远距离迁飞前向轨迹	郁振兴, 武予清, 蒋月丽, 等 (889)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 302 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-02

桃小食心虫越冬幼虫过冷却能力 及体内生化物质动态

王 鹏^{1,2}, 凌 飞¹, 于 毅², 张安盛², 门兴元², 李丽莉^{2,*}, 许永玉^{1,*}

(1. 山东农业大学植物保护学院, 泰安 271018; 2. 山东省农科院植保所, 济南 250100)

摘要:为研究桃小食心虫 *Carpocapsa niponensis* Walsingham 自然种群过冷却能力的变化动态,从生理生化水平上探讨桃小食心虫幼虫耐寒机制,测定了桃小食心虫幼虫在越冬前后不同月份的过冷却点、体内含水量、脂肪、蛋白和糖原的含量。结果表明:桃小食心虫越冬幼虫的过冷却点(super-cooling point, SCP)和结冰点(freezing point, FP)随越冬期温度降低而逐渐降低,并在冬季过后随温度升高而逐渐升高,其中在3月份时最低,分别为 -14.89°C 和 -9.95°C ,显著低于其它月份。幼虫体内含水量、总蛋白含量、糖原含量在越冬前后变化趋势与SCP变化相似并且各自又有不同的特点,但在2月份时都达最低,分别为44.83%、 $32.44\mu\text{g}/\text{mg}$ 、 $1.95\mu\text{g}/\text{mg}$ 。幼虫体内的总脂肪含量由越冬初期(2008-10)的29.04%逐渐降低至越冬后期(2009-06)的15.56%。结果说明桃小食心虫幼虫越冬过程中体内水分、总蛋白、糖原等生化物质含量的变化与其抗寒能力存在一定的联系,显示了其对冬季温度变化的生态适应。

关键词:桃小食心虫;过冷却点;含水量;脂肪含量;蛋白含量;糖原含量

The dynamics of super-cooling ability and biochemical substances in the overwintering *Carpocapsa niponensis* Walsingham (Lepidoptera: Carposinidae) larvae

WANG Peng^{1,2}, LING Fei¹, YU Yi², ZHANG Ansheng², MEN Xingyuan², LI Lili^{2,*}, XU Yongyu^{1,*}

1 College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China

2 Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China

Abstract: The peach fruit moth, *Carpocapsa niponensis* Walsingham, is one of the key insect pests on fruit trees, such as apple, peach and hawthorn. Its damages have been growing up in recent years because of the effects of fruit cultivation model, the adjustment of planting structure and global warming. Under natural conditions the moth develops one to two generations in Shandong province and overwinters as cocooned larvae for nearly eight months in the upper layer of soil. In the present study, experiments were carried out to examine the larval super-cooling capacity, the content of water, fat, protein and glycogen in the body during the overwintering period. Results showed that the super-cooling ability of larvae was gradually strengthened with the dropping of winter temperature, and weakened with the increasing of the temperature after winter. The super-cooling point (SCP) and freezing point (FP) of the larvae in March dropped to the lowest, -14.89°C and -9.95°C , respectively, significantly lower than those in other months, while there was no significant difference between the pre- and late-overwintering months. The dynamics of water, protein and glycogen content in the body were similar to that of SCP although they had their own characters during overwintering. The content of water, protein and glycogen reached to the lowest in February, 44.83%, $32.44\mu\text{g}/\text{mg}$ and $1.95\mu\text{g}/\text{mg}$, respectively. The fat content in the body decreased from 29.04% in October to 15.56% in June during the overwintering. The fat and glycogen content in pre-overwintering months were remarkably higher than those in mid- and late-overwintering months. Though there is no

基金项目:农业公益性行业科研专项(2000803006);山东省利用全球环境基金赠款项目(TF090802)

收稿日期:2009-12-14; **修订日期:**2010-06-09

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xuyy@sdaa.edu.cn

statistically significant correlation between the larval SCP and the content of total fat, total protein, glycogen or water in the body, their similar changing trends during the overwintering still indicate a quite close relationship between the larval SCP and the total content of the three biochemical substances or water content. Our study reflects that the overwintering larvae of *C. niponensis* can adjust their behavior and physiology so as to adapt to disadvantageous conditions in winter. The dynamic variation of the larval super-cooling ability is influenced by the dynamic variation of the content of biochemical substances in the body during overwintering. As a result the larvae make ecological adaptation to the stress of low temperature in winter.

Key Words: *Carposina niponensis*; super-cooling point; water content; fat content; protein content; glycogen content

昆虫是变温动物,外界温度波动会引起包括新陈代谢在内的一系列生理生化反应,而冬季低温通常直接影响越冬昆虫的存活、发育、繁殖和种群扩散等^[1-2]。温度对昆虫的生长发育、行为及进化途径都会产生很大影响^[3],尤其冬季低温(包括低温强度和持续时间)会造成昆虫大量死亡,因此耐寒能力的强弱已成为昆虫种群生存和延续的重要前提,影响着来年其在田间的分布、数量和发生动态^[4-6]。暴露于低温下的越冬昆虫耐寒机制常分为不耐结冰或结冰敏感型和耐受结冰型两类;前者指昆虫依赖较高的过冷却点(super-cooling point, SCP)促使胞外结冰而存活。后者通过季节性积累耐寒物质等措施来降低 SCP,从而提高低温下的存活能力^[7-8]。在许多昆虫的耐寒性研究中,过冷却点(super-cooling point, SCP)常用来作为衡量其耐寒性强弱的重要指标,昆虫过冷却点愈低,抗寒力愈强,反之则弱。同时某些生化物质的增加或减少又会影响其着过冷却点的高低。目前许多研究报道了越冬昆虫耐寒性与体内水、脂肪、甘油、蛋白质、氨基酸、脂肪酸和总糖类耐耐寒性物质^[9-12]变化的关系,如水稻二化螟(*Chilo suppressalis* (Walker))越冬幼虫^[13-14]、中华通草蛉(*Chrysoperla sinica*)成虫^[15]、异色瓢虫(*Harmonia axyridis*)成虫^[16]等。

桃小食心虫(*Carposina niponensis* Walsingham)属鳞翅目,果蛀蛾科,在国内 24 个省市均有分布^[17],是多种果树上的重要害虫,是我国为害面积最大、最普遍的食心类害虫。近年来,随着果树栽培模式、种植结构的调整及全球气候变暖等因素的影响,桃小食心虫为害大幅回升,加之一些高毒农药在果树上禁用,致使该虫为害逐年加重。越冬幼虫能否顺利越冬是影响翌年种群数量大小的一个重要因素。目前,有关桃小食心虫越冬幼虫抗寒性的系统研究未见报道。

本文主要研究了桃小食心虫自然种群幼虫在越冬前后不同月份的过冷却点、体内水分、总脂肪及总蛋白和糖原含量的变化动态,从生理生态和生化的角度探讨了其抗寒机理,以期为该虫的预测预报和综合治理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

2008 年 10 月于莱芜高庄(36°12'N, 117°40'E)大量收集山楂内脱果末龄幼虫,后埋于室外土层 3—10 cm 处自然结茧越冬。于 2008 年 10 月、11 月、12 月(越冬前期)和 2009 年 1 月、2 月、3 月(越冬中期)、4 月、5 月、6 月(越冬后期)下旬取健康结圆茧的滞育幼虫作为试虫。

1.2 试验方法

1.2.1 桃小食心虫越冬幼虫在不同月份的过冷却点和结冰点的测定

采用热电偶方法进行过冷却点的测定,仪器主要由低温恒温槽(DCW-3506 型,宁波市海曙天恒仪器厂)和数据采集器(Temp32 型,中国农业科学院农业气象研究所)组成。测定时将热敏电阻的测温探头固定在虫体腹部,然后置于低温槽内,槽内以 1℃/min 的速率降温。虫体的温度变化经数据采集器采集后输入计算机,自动记录测试数据,并绘出温度变化曲线图。虫体温度随着环境温度以 1℃/min 的非线性速率降温,读出幼虫的过冷却点值和结冰点(freezing point, FP)值。在不同月份(2008-10-24, 2008-11-24, 2008-12-24, 2009-1-25, 2009-2-24, 2009-3-24, 2009-4-24, 2009-5-24, 2009-6-24)选取健康的幼虫各 32—48 头进行测定,获得 SCP 和 FP。

1.2.2 桃小食心虫越冬幼虫在不同月份的体内含水量测定

将测定完过冷却点的幼虫在电子天平上称量单头鲜重,然后置于 60℃ 恒温培养箱中烘至恒重,称量单头虫体干重后计算含水量。

1.2.3 桃小食心虫越冬幼虫在不同月份体内总脂肪含量测定^[18]

取烘至恒重(DW)的单头幼虫,加入 2mL 氯仿和甲醇的混合液(氯仿:甲醇=2:1),研磨匀浆,离心 10min (2600 × g),移去上层清液。残渣再加入 2mL 氯仿和甲醇的混合液,重复离心 1 次。剩余残渣,在 60℃ 的恒温培养箱中烘烤 72h 至恒重(LDW)。按下式计算脂肪重和脂肪含量:

$$\text{脂肪重} = \text{DW} - \text{LDW}$$

$$\text{脂肪含量} = [\text{DW} - \text{LDW} / M] \times 100$$

式中, M 为试验用幼虫的鲜重(g)。

1.2.4 桃小食心虫越冬幼虫在不同月份体内蛋白质和糖原的提取和测定^[19-21]

每次取单头桃小食心虫测定其体内蛋白质和糖原含量,每个处理重复测定 4 次。桃小食心虫体内蛋白质和糖原提取:将幼虫置于一个标有 Tube A 的 10mL 的离心管中,在 100℃ 下加热 1h;冷却后,加入 100μL 饱和 Na_2SO_4 和 200μL 甲醇,用玻璃棒将其捣碎;先用 100μL 水冲洗玻璃棒,再用 3mL 甲醇:氯仿(体积分数,1:1)冲洗;在形成分层后加入 300μL 甲醇,并将内容物混合均匀;在 2500r/min 下离心 5 min,将上清液移走;将 Tube A(含有糖类和蛋白质)置于冰上以便为进一步抽提做准备。糖原和蛋白质的进一步分离:将 1mL 含有饱和 Na_2SO_4 的 66% 的乙醇加入 Tube A,混合均匀;在 2500 r/min 下离心 5 min,然后用 0.5mL 含有饱和 Na_2SO_4 的 66% 的乙醇对 Tube A 中的内容物再抽提;将 Tube A 在 55℃ 下温浴 5 min 以便移除乙醇,并加入 0.5mL 30% 的 KOH,在 100℃ 下加热混合物 20min;冷却后,加入 1mL 95% 的乙醇,混匀后在 3000r/min 下离心 15min。将上清液移入 Tube B(含有待测的蛋白质);用 0.5mL 水和 1mL 95% 的乙醇对 Tube A 中的沉淀再抽提,将上清液移走,向 Tube A 中加入 2mL 蒸馏水并混合均匀以使其中的糖原颗粒溶解;加热至 90℃(含有待测的糖原);加热后将样品在冰浴中冷冻避光保存 2 min,所有样品都应当避光保存。

(1) 桃小食心虫越冬幼虫在不同月份体内总蛋白含量测定

采用 Bradford 法,Bradford 工作液可与蛋白液起反应,反应后溶液呈深蓝色,于 595nm 处有最大吸收值,测定其吸光值,根据标准曲线计算蛋白质的含量。

(2) 桃小食心虫越冬幼虫在不同月份体内糖原含量测定

采用蒽酮比色法,蒽酮可与游离糖或多糖起反应,反应后溶液呈蓝绿色,于 620nm 处有最大吸收值,测定其吸光值,根据标准曲线计算糖的含量。

1.3 数据分析

采用 SPSS13.0 for windows 软件分析进行组间均值数据的 One-Way ANOVA 方差分析。

2 结果与分析

2.1 桃小食心虫越冬幼虫在不同月份过冷却点和结冰点的变化动态

桃小食心虫越冬幼虫的 SCP 和 FP(图 1)呈现出明显的季节性变化,即与越冬前后气温的降低和升高变化趋势相似,并呈现出一定的滞后性。其中越冬中期(2009-03)时的 SCP 和 FP 达到最低,分别为 -14.89℃ 和 -9.95℃,显著低于其它时期的,而越冬前期和越冬后期的 SCP 和 FP 没有显著差异($df=8,99, F=6.46, P<0.05$; $df=8,99, F=7.122, P<0.05$)。

2.2 桃小食心虫越冬幼虫在不同月份体内含水量的变化动态

桃小食心虫越冬幼虫体内含水量(图 3)也呈现出明显的季节性变化,即与越冬前后气温的降低和升高变化趋势相似。幼虫体内含水量由 10 月份的 49.95%,一直降低至 2 月份最低的 44.83%,而后又开始增加,至 6 月份达到最高的 62.11%。其中越冬中期(2009-01,2009-02)幼虫体内含水量显著低于越冬后期,但与其他月份无显著差异($F=10.663, df=8,99, P<0.05$),而越冬后期幼虫体内含水量显著高于越冬其他月份

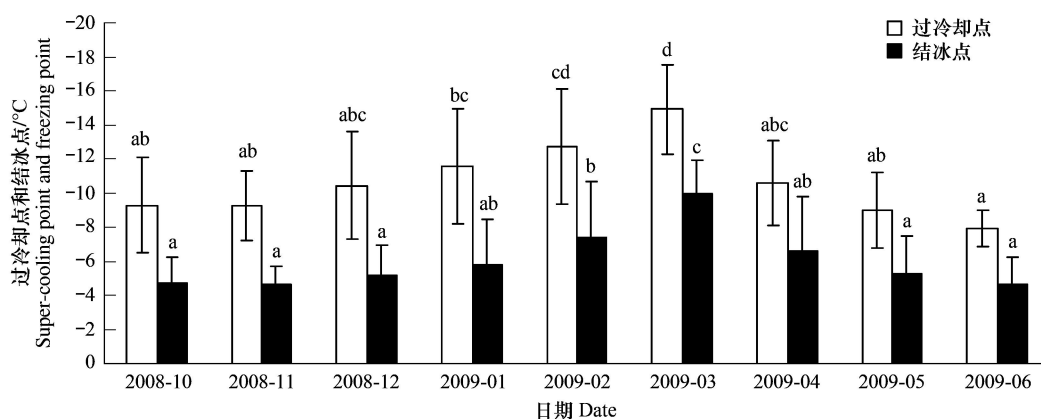


图1 桃小食心虫越冬幼虫在不同月份过冷却点和结冰点的变化动态(均值±标准误)

Fig.1 The dynamic changes of SCP and FP of the overwintering *Carposina niponensis* larvae in the different months (average ± SE)

数据为平均值±标准误,各月份 SCP 和 FP 间差异分别用 One-ANOVA/Turkey's HSD 分析,柱上带有相同字母的分别表示在 0.05 水平上差异不显著

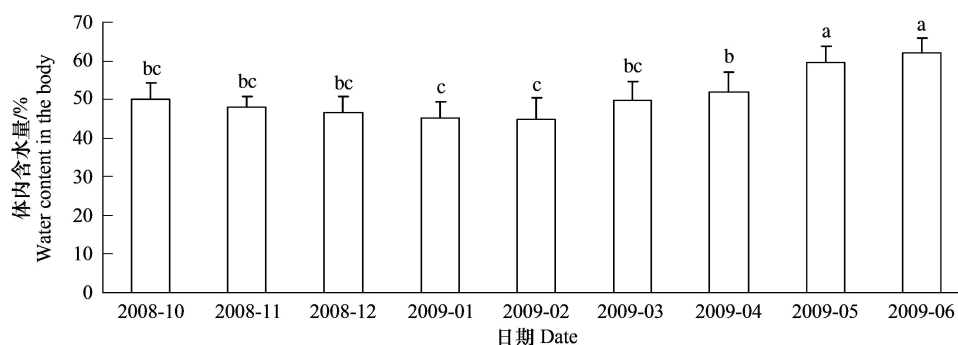


图2 桃小食心虫越冬幼虫不同月份体内含水量变化动态(均值±标准误)

Fig.2 The dynamic changes of the water content in the body of the overwintering *Carposina niponensis* larvae in the different months (average ± SE)

数据为平均值±标准误,各月份 SCP 和 FP 间差异分别用 One-ANOVA/Turkey's HSD 分析,柱上带有相同字母的分别表示在 0.05 水平上差异不显著

(2009-05, 2009-06), ($F=7.82$, $df=8,99$, $P<0.05$)。

2.3 桃小食心虫越冬幼虫在不同月份体内总脂肪含量变化动态

由图3可以看出:桃小食心虫越冬幼虫体内总脂肪含量在整个越冬过程中逐渐降低。其中在越冬前期(2008-10)最高,为29.04%,在越冬后期(2009-6)达到最低,为15.56%。越冬中、后期幼虫体内总脂肪含量显著低于越冬前期($F=8.92$, $df=8,27$, $P<0.05$)。

2.4 桃小食心虫越冬幼虫在不同月份体内总蛋白含量变化动态

由图4可以看出:桃小食心虫越冬幼虫体内总蛋白含量也呈现出明显的季节性变化,即与越冬前后气温的降低和升高变化趋势相似。幼虫体内总蛋白含量在越冬开始(2008-10)时为47.34μg/mg,后逐渐降低,在越冬中期(2009-02)达到最低(32.44μg/mg)后开始逐渐升高,至6月份时达到最高,为68.11μg/mg。在越冬前期末(2008-12)和越冬中期(2009-01, 2009-02)幼虫体内总蛋白含量显著低于其他时期($F=27.512$, $df=8,27$, $P<0.05$)。越冬后期幼虫体内总蛋白含量显著高于其越冬前、中期($F=29.418$, $df=8,27$, $P<0.05$)。

2.5 桃小食心虫越冬幼虫在不同月份体内糖原含量变化动态

由图5可以看出:桃小食心虫幼虫体内糖原含量呈现出明显的季节性变化,即与越冬前后气温的降低和

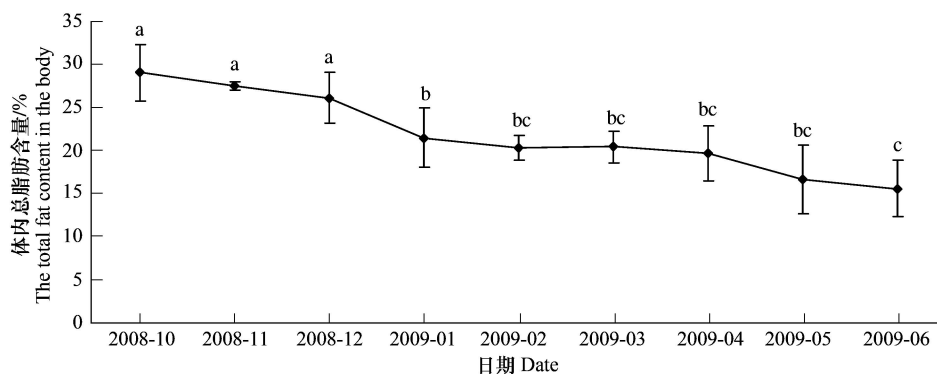


图3 桃小食心虫幼虫不同月份体内总脂肪含量的变化动态(均值±标准误)

Fig. 3 The dynamic changes of the total fat content in the body of the overwintering *Carposina niponensis* larvae in the different months (average ± SE)

数据为平均值±标准误,各月份 SCP 和 FP 间差异分别用 One-ANOVA/Turkey's HSD 分析,柱上带有相同字母的分别表示在 0.05 水平上差异不显著

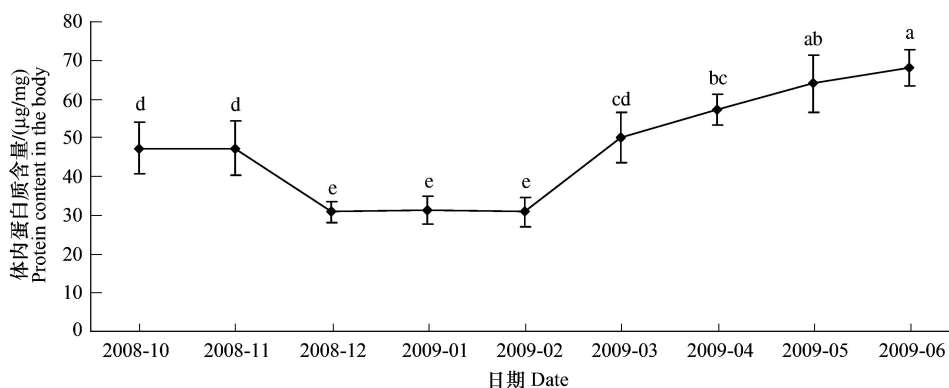


图4 桃小食心虫越冬幼虫不同月份体内总蛋白含量的变化动态(均值±标准误)

Fig. 4 The dynamic changes of the total protein in the body of the overwintering *Carposina niponensis* larvae in the different months (average ± SE)

数据为平均值±标准误,各月份 SCP 和 FP 间差异分别用 One-ANOVA/Turkey's HSD 分析,柱上带有相同字母的分别表示在 0.05 水平上差异不显著

升高变化趋势相似。体内总糖含量在越冬前期(2008-10)为最高的 14.81 μg/mg,后逐渐降低,至 2 月份达到最低,为 1.95 μg/mg;越冬后期幼虫体内总糖含量开始逐渐升高,至 6 月份达到 6.13 μg/mg。越冬中期和后期幼虫体内总糖含量间无显著性差异,但均显著低于越冬前期($F = 26.173, df = 8, 27, P < 0.05$)。

2.6 桃小食心虫越冬幼虫过冷却能力与体内生化物质含量关系分析

相关关系分析结果表明,桃小食心虫越冬幼虫的 SCP 和体内总脂肪、总蛋白、糖原和水的含量间不存在显著的相关关系。但从图 6 可以看出,桃小食心虫越冬幼虫体内总脂肪、总蛋白、糖原和水的含量变化与幼虫 SCP 的变化趋势具有一定的相似性,说明 3 种生化物质的总含量和含水量与 SCP 间存在明显的内在联系。

3 讨论

3.1 本文首次研究了桃小食心虫的过冷却能力,发现其幼虫 SCP 在整个越冬期内的变化显著,随着气温的降低而降低,升高而升高。山东地区 2008—2009 年中最冷的 2 月份均温约为 -3°C ,极端低温约为 -12.5°C ,该虫最低 SCP 出现在 3 月份约为 -15°C ,表明其过冷却能力可以适应当地冬季的低温胁迫,并表现出一定的滞后性。桃小食心虫体内水分含量的变化趋势还表明了其为增强抗寒能力而采取的适应措施,而过冷却点的降低则是一种应对越冬气温变化的积极应答机制。越冬后期随着环境温度的升高水分含量升高,而过冷却点

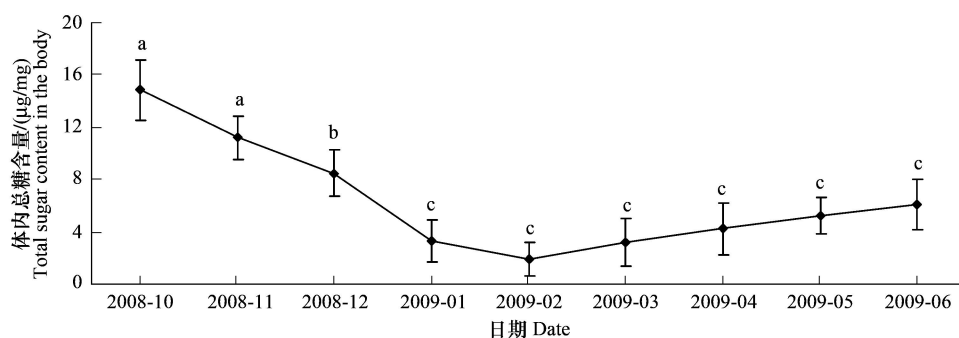


图5 桃小食心虫越冬幼虫在不同月份体内糖原含量的变化动态(均值±标准误)

Fig. 5 The dynamic changes of the glycogen in the body of the overwintering *Carposina niponensis* larvae in the different months (average ± SE)

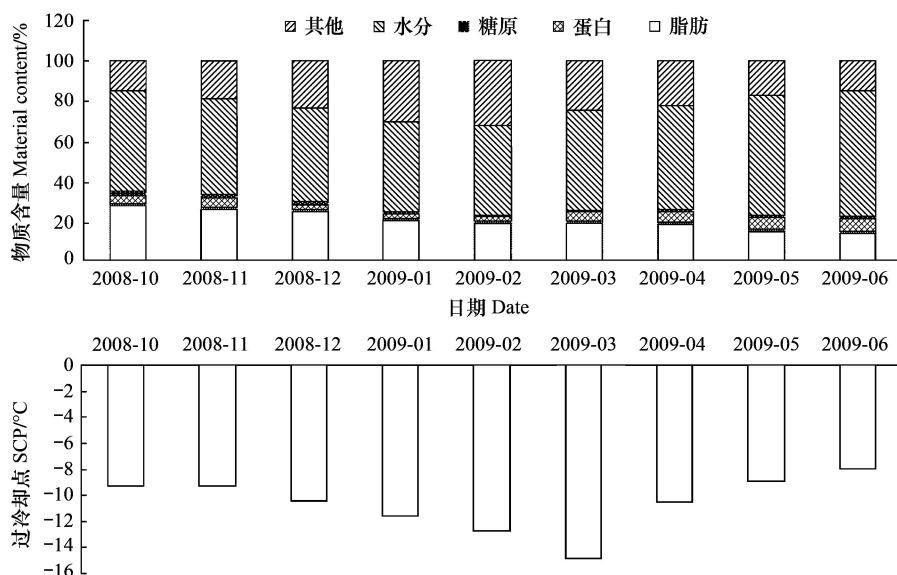


图6 桃小食心虫越冬幼虫在不同月份过冷却点与体内生化物质含量的对应关系

Fig. 6 The dynamic changes of the Material in the body of the overwintering *Carposina niponensis* larvae in the different months

也升高。昆虫的抗寒性不仅与生态适应性有关,而且在虫体内发生着复杂的生理生化反应。体内多种物质相互转化,相互影响,综合作用于昆虫,以增强其抗寒能力^[22]。进入越冬期虫体内糖原、蛋白质含量先下降后升高,而总脂肪含量一直降低。随着幼虫脱果入土,不再从山楂中吸取营养物质,虫体代谢发生了变化,脂肪、糖和蛋白质等物质的一部分转化为与新陈代谢相关的物质或储藏物质,加之入土过程中,需要消耗大量的糖类,蛋白质和脂肪等物质供活动和吐丝结茧等的需要,另一方面还要维持生命体征,提高耐寒能力,从而使幼虫总脂肪、糖和蛋白质含量明显降低。在进入土壤越冬后期,糖原和蛋白质的随着气温和体内含水量的升高随之回升,以增加体内生化物质的活性,为出土做好准备。生化物质含量的变化一方面反映了冬季低温和春季幼虫活动对物质代谢的影响,另一方面也表明桃小食心虫滞育期间,化学物质含量随外界环境条件的变化处于动态变化之中。桃小食心虫幼虫体内含水量,总蛋白和糖原三种生化物质的总含量与 SCP 变化趋势一致,即随气温的降低而降低,升高而升高,也反映了该虫的过冷却能力的变化。

3.2 本研究中的桃小食心虫过冷却能力的变化对当地的低温胁迫适应的现象与李有志等对甘薯天蛾,强承魁等^[13]对水稻二化螟研究结果一致,体内含水量的季节性变化与 SCP 有一定关系已经在某些种类的昆虫(甲虫、蛾子和跳虫)中证实^[23]。糖原变化与韩瑞东等^[24]证实的赤松毛虫越冬幼虫的糖原含量在整个越冬期

是先降低后升高的结论一致^[25]。蛋白质的变化同于强承魁等^[13]证实的水稻二化螟越冬幼虫蛋白质含量的变化趋势。桃小食心虫幼虫总脂肪含量在越冬开始就达到最高,在整个越冬的过程中逐渐降低与赵静等^[16]证实的异色瓢虫,张月亮等^[26]证实的桃小食心虫越冬过程中脂肪含量的变化趋势相同。

3.3 昆虫的抗寒性与其过冷却点有着密切关系。一般情况下过冷却点低,抗寒能力较强。但抗寒能力的强弱,不仅由过冷却点决定,同时还有其他因素的影响。如越冬虫态、龄期、场所、时间等都有着密切关系,也是昆虫长期适应生活环境的结果。因此,本试验测定的桃小食心虫幼虫从滞育开始到滞育结束的越冬的抗寒性,是一般条件下的抗寒能力,而对极端低温以及不同变温幅度的抵抗性,尚未进行研究。

本文的上述分析仅从过冷却能力和体内生化物质变化的角度初步探讨了其抗寒机理,对于桃小食心虫其他内含成分指标在抗寒过程中的作用及其生理变化,以及抗寒性机制与遗传基因的关系等问题,如幼虫在抗寒的过程中是否体内也构成一个抗寒物质系统,如欧桦小蠹(*Scolytus ratzeburgi*)幼虫体内的甘油+山梨醇+葡萄糖+海藻糖系统和桑尺蠖(*Phthonandria atrilineata*)幼虫体内的小分子糖类+氨基酸+糖蛋白系统,则有待进一步研究,深入研究桃小食心虫的抗寒性与上述因素的关系,具有重要的理论意义和实用价值,以期为该虫的预测预报和综合治理提供科学依据。

桃小食心虫属兼性滞育型害虫,光照和温度条件对其发育影响较大,国内学者报道过光照和温度对该虫滞育影响,经过冬季短光照的诱导发生滞育现象。在很多昆虫中,比如飞蝗 *Locusta migratoria*、甘蓝夜蛾 *Mamestra brassicae*、亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* 和中华通草蛉 *Chrysopa erlasinica*,滞育与耐寒性之间有着密不可分的关系,桃小食心虫通过滞育来增强其耐寒性也是有可能的。

References:

- [1] Jing X H, Kang L. Research progress in insect cold hardiness. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22 (12): 2202-2207.
- [2] Jing X H, Kang L. Overview and evaluation of research methodology for insect cold hardiness. *Entomological Knowledge*, 2004, 41 (1): 7-10.
- [3] Lee R E, Denlinger D L. *Insects at Low Temperature*. New York: Chapman and Hall, 1991: 513.
- [4] Bale J S. Insects at low temperatures from molecular biology to distributions and abundance. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 2002, 357: 849-862.
- [5] Goto M, Sekine Y, Oota H. Relationships between cold hardiness and diapause, and between glycerol and free acid contents in overwintering larvae of the oriental corn borer, *Ostrinia furnacalis*. *Journal of Insect Physiology*, 2001, 47: 157-165.
- [6] McDonald J R, Head J, Bale J S. Cold tolerance, overwintering and establishment potential of *Thrips palmi* Physiological. *Entomology*, 2000, 25: 159-166.
- [7] Li Q, Wang S Z, Feng C H, Zhang M, Jiang F, Yang G, Luo L M. The physiological and biochemical indexes of the cold-hardiness of *Locusta migratoria tibetensis* Chen. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28 (3): 1314-1320.
- [8] Ma Y L, Hou F, Ma J. Seasonal changes in cold tolerance of desert beetle *Anatolica polita borealis* (Coleoptera: Tenebrionidae) and their physiological mechanisms. *Acta Entomologica Sinica*, 2009, 52 (4): 372-378.
- [9] Jing X H, Kang L. Seasonal changes in the Cold Tolerance of eggs of the migratory locust, *Locusta migratoria* L. (Orthoptera: Acrididae). *Environmental Entomology*, 2004, 33 (2): 113-118.
- [10] Ma R Y, Hao S G, Tian J, Sun J H, Kang L. Seasonal variation in cold-hardiness of the Japanese pine sawyer *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae). *Environmental Entomology*, 2006, 35 (4): 881-886.
- [11] Chen Y J, Sun X G, Zhang W G, Mu Z G, Guo G Z. Relation between variation of water, fat, glycerol in vivo of overwintering *Diaphania pyralis* Walker Larvae and Cold-hardiness. *Silkworm Science*, 2005, 31 (1): 22-25.
- [12] Zhang Y M. Study on changes of main biochemical composition fat, glycogen and so on in diapause pupa of *Heliothis armigera* hubner. *Journal of Shandong Agricultural University*, 1994, 25 (2): 147-150.
- [13] Qiang C k, Du Y Z, Yu L Y, Cui Y D, Lu M X, Zheng F S. Dynamic changes of cold-resistant substances of overwintering *Chilo suppressalis* (Walker) larvae. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19 (3): 599-605.
- [14] Tsumuki H, Kanehisa K. Carbohydrate content and oxygen up take in larvae of rice stem borer *Chilo suppressalis* Walker. *Berichte des Ohara Instituts fur land wirts chaftliche Biologie Okayama Universitat*, 1978, 17: 95-110.
- [15] Guo H B, Xu Y Y, Ju Z, Li M G. Seasonal changes of cold hardiness of the green lacewing, *Chrysoperla sinica* (Tjeder) (Neuroptera:

- Chrysopidae). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26 (10):3238-3244.
- [16] Zhao J, Yu L Y, Li M, Zheng F Q, Zhang F, Xu Y Y. Seasonal variation in cold tolerance of the multicolored ladybeetle, *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) adults. *Acta Entomologica Sinica*, 2008, 51 (12):1271-1278.
- [17] Zhang Y L, Mu W, Zhao D, Wei G, Pan J J. Effects of illumination and cold storage on development and reproduction of *Carposina niponensis*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17 (7):1348-1350.
- [18] Colinet H, Vernon P, Hance T. Does thermal-related plasticity in size and fat reserves influence super-cooling abilities and cold-tolerance in *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphidinae) mummies?. *Journal of Thermal Biology*, 2007, 32 (27):374-382.
- [19] Song N, Luo M H. The effects of different sugar diets on the metabolite concentrations in *Campoletis chorideae* uchida (Ichneumonidae: Hymenoptera). *Acta Agriculturae Boreali- Occidentalis Sinica*, 2007, 16 (6):242-245.
- [20] Song N, Luo M H, Liu P, Duan J W. Effects of honey feeding on carbohydrate, lipid and protein metabolism in *Campoletis chlorideae*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2008, 45 (2):204-210.
- [21] Feng H. *The Method of Insect Biochemistry Analysis*. Beijing: China Agricultural Science Press, 1984.
- [22] Sun X G, Guo H L. Study on cold hardiness of overwintering larvae, *Phthorandria atrilineata* butler. *Silkworm Science*, 2000, 26 (3):129-133.
- [23] Worland M R. The relationship between water content and cold tolerance in the Arctic collembolan *Onychiurus arcticus* (Collembola: Onychiuridae). *European Journal of Entomology*, 1996, 93: 341-348.
- [24] Han R D, Sun X G, Xu Y Y, Zhang W G. The biochemical mechanism of cold-hardiness in overwintering larva of *Dendrolimus spectabilis* Butler (Lepidoptera: Lasiocampidae). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25 (6):1352-1356.
- [25] Wu J X, Yuan F, Su L. Change of carbohydrate contents in larvae of the wheat midge, *Sitodiplosis mosellana* (Gehin) during mature and diapause stage. *Acta Entomologica Sinica*, 2004, 47 (2):178-183.
- [26] Zhang Y L, Mu W, Chen Z L, Han Z R, Ma C, Zhan R H. Susceptibility and related physiological and biochemical mechanisms of *Carposina niponensis* Walsingham larvae on six insecticides before and after overwintering. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18 (8):1913-1916.

参考文献:

- [1] 景晓红, 康乐. 昆虫耐寒性研究. *生态学报*, 2002, 22 (12): 2202-2207.
- [2] 景晓红, 康乐. 昆虫耐寒性的测定与评价方法. *昆虫知识*, 2004, 41 (1): 7-10.
- [7] 李庆, 王思忠, 封传红, 张敏, 蒋凡, 杨刚, 罗林明. 西藏飞蝗耐寒性理化指标. *生态学报*, 2008, 28 (3): 1314-1320.
- [8] 马延龙, 候凤, 马纪. 荒漠昆虫光滑鳖甲的耐寒性季节变化及其生理机制. *昆虫学报*, 2009, 52 (4): 372-37.
- [11] 陈永杰, 孙绪良, 张卫光, 牟志刚, 郭光智. 桑螟越冬幼虫体内水分、脂肪、甘油的变化与抗寒性的关系. *蚕业科学*, 2005, 31 (1): 22-25.
- [12] 张韵梅. 棉铃虫蛹在滞育中脂肪、糖原等生化成分含量变化的研究. *山东农业大学学报*, 1994, 25 (2): 147-150.
- [13] 强承魁, 杜予州, 于玲雅, 崔亚东, 陆明星, 郑福山. 水稻二化螟越冬幼虫耐寒性物质的动态变化. *应用生态学报*, 2008, 19 (3): 599-605.
- [15] 郭海波, 许永玉, 鞠珍, 李明贵. 中华通草蛉成虫抗寒能力季节性变化. *生态学报*, 2006, 26 (10): 3238-3244.
- [16] 赵 静, 于令媛, 李 敏, 郑方强, 张帆, 许永玉. 异色瓢虫成虫耐寒能力的季节性变化研究. *昆虫学报*, 2008, 51 (12): 1271-1278.
- [17] 张月亮, 慕卫, 赵德, 魏光, 潘金菊. 光照时间和冷藏对桃小食心虫生长发育和繁殖的影响. *应用生态学报*, 2006, 17 (7): 1348-1350.
- [19] 宋南, 罗梅浩. 不同食料对棉铃虫齿唇姬蜂体内主要代谢物质的影响. *西北农业学报*, 2007, 16 (6): 242-245.
- [20] 宋南, 罗梅浩, 刘鹏, 段继伟. 取食蜂蜜对棉铃虫齿唇姬蜂体内主要代谢物质的影响. *昆虫知识*, 2008, 45 (2): 204-210.
- [21] 冯慧. *昆虫生物化学分析方法*. 北京: 中国农业科学出版社, 1984.
- [22] 孙绪良, 郭慧玲. 桑尺蠖越冬幼虫的耐寒性研究. *蚕业科学*, 2000, 26 (3): 129-133.
- [24] 韩瑞东, 孙绪良, 许永玉, 张卫光. 赤松毛虫越冬幼虫生化物质变化与抗寒性的关系. *生态学报*, 2005, 25 (6): 1352-1356.
- [25] 仵均祥, 袁锋, 苏丽. 麦红吸浆虫幼虫滞育期间糖类物质变化. *昆虫学报*, 2004, 47 (2): 178-183.
- [26] 张月亮, 慕卫, 陈召亮, 韩志任, 马超, 翟茹环. 桃小食心虫幼虫越冬前后对几种杀虫剂敏感性的差异. *应用生态学报*, 2007, 18 (8): 1913-1916.

CONTENTS

Applying landscape ecological concepts in urban land use classification	LI Weifeng, OUYANG Zhiyun, XIAO Yi (593)
Mating system of <i>Sinocalycanthus chinensis</i> (Cheng et S. Y. Chang) Cheng et S. Y. Chang, an endangered, indigenous species in China	ZHAO Hongbo, ZHOU Lihua, HAO Riming, et al (602)
Photosynthetically and ecophysiological characteristics of <i>Calligonum roborowasikii</i> in different altitudes on the northern slope of Kunlun Mountain	ZHU Juntao, LI Xiangyi, ZHANG Ximing, et al (611)
Spatial distribution pattern of different strata and spatial associations of different strata in the Schrenk Spruce Forest, northwest China	LI Minghui, HE Fenghua, PAN Cunde (620)
Effect of elevated CO ₂ on the body size, enzyme activity and host selection behavior of <i>Bemisia tabaci</i> biotype B	WANG Xuexia, WANG Guohong, GE Feng (629)
The dynamics of super-cooling ability and biochemical substances in the overwintering <i>Carposina niponensis</i> Walsingham (Lepidoptera: Carposinidae) larvae	WANG Peng, LING Fei, YU Yi, et al (638)
A comparative study of macrobenthic community under different mariculture types in Xiangshan Bay, China	LIAO Yibo, SHOU Lu, ZENG Jiangning, et al (646)
Feeding ecology of dorab wolf-herring, <i>Chirocentrus dorab</i> from the Beibu Gulf	YAN Yunrong, YANG Houchao, LU Huosheng, et al (654)
Make use of nest-site of oriental white stork in the Yellow River Estuary Nature Reserve	DUAN Yubao, TIAN Xiuhua, ZHU Shuyu, et al (666)
Winter and spring diet composition of feral yak in Helan Mountains, China	YAO Zhicheng, LIU Zhensheng, WANG Zhaoding, et al (673)
Effects of tree growth and soil properties on soil respiration rate in Chinese fir plantations	WANG Dan, WANG Bing, DAI Wei, et al (680)
Succession of potential vegetation in arid and semi-arid area of China	LI Fei, ZHAO Jun, ZHAO Chuanyan, ZHANG Xiaoqiang (689)
Responses on rhizosphere effect of two subalpine coniferous species to night-time warming and nitrogen fertilization in western Sichuan, China	WEI Yunyan, YIN Huaqun, LIU Qing, et al (698)
Nitrogen and phosphorus contents in 44 wetland species from the Lake Erhai Basin	LU Jing, ZHOU Hongxia, TIAN Guangyu, et al (709)
Growth and physiological responses of the <i>Periploca sepium</i> Bunge seedlings to drought stress	AN Yuyan, LIANG Zongsuo, HAO Wenfang (716)
The spatial distribution and seasonal dynamics of fine roots in a mature <i>Caragana korshinskii</i> plantation	SHI Jianwei, WANG Mengben, CHEN Jianwen, et al (726)
The ultrastructure of chloroplast in mesophyll cell on two robinias under NaCl and Na ₂ SO ₄ stress	MENG Fanjuan, PANG Hongying, WANG Jianzhong, et al (734)
Relationship between tomato fruit growth and environmental factors under protected facility cultivation	CHENG Zhihui, CHEN Xuejin, LAI Linling, et al (742)
Effect of grafting eggplant on root exudates and disease resistance under <i>Verticillium dahliae</i> stress	ZHOU Baoli, LIU Na, YE Xueling, et al (749)
The drought risk zoning of winter wheat in North China	WU Dongli, WANG Chunyi, XUE Hongxi, et al (760)
Heat balance of cold type wheat field at grain-filling stage under drought stress condition	YAN Jufang, ZHANG Songwu, LIU Dangxiao (770)
Effects of different straw returning treatments on soil water, maize growth and photosynthetic characteristics in the semi-arid area of Southern Ningxia	GAO Fei, JIA Zhikuan, LU Wentao, et al (777)
Osmotic and ionic stress effects of high NaCl concentration on seedlings of four wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) genotypes	XU Meng, MA Qiaorong, ZHANG Jitao, et al (784)
Effects of ferulic acid, p-hydroxybenzoic acid and their mixture on mineral nitrogen and relative microbial function groups in forest soils	MU Rong, PAN Kaiwen, WANG Jinchuang, et al (793)
Soil microbial biomass and the influencing factors under <i>Pinus tabulaeformis</i> and <i>Picea asperata</i> plantations in the upper Min-jiang River	JIANG Yuanming, PANG Xueyong, BAO Weikai (801)
Spatial distribution of arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate endophytes in the rhizosphere of <i>Artemisia sphaerocephala</i> from Inner Mongolia desert	HE Xueli, WANG Yinyin, ZHAO Lili, et al (812)
Effect of chlorothalonil on soil microbial communities of <i>Larix</i> artificial shelter-forest	SHAO Yuanyuan, WANG Zhiying, ZOU Li, et al (819)
Research of the vegetation's cooling effect in city's residential quarter	LI Yinghan, WANG Junjian, LI Guicai, et al (830)
Landscape dynamics of Baiyangdian Lake from 1974 to 2007	ZHUANG Changwei, OUYANG Zhiyun, XU Weihua, et al (839)
Evaluation of tourism transport ecological footprint in Zhoushan islands	XIAO Jianhong, YU Qingdong, LIU Kang, et al (849)
Nitrogen transformation and its residue in pot experiments amended with organic and inorganic ¹⁵ N cross labeled fertilizers	PENG Peiqin, QIU Shaojun, HOU Hongbo, et al (858)
Effects of dissolve organic carbon (DOC) contents on sorption and desorption of phenanthrene on sediments during ageing	JIAO Lixin, MENG Wei, ZHENG Binghui, et al (866)
Heavy metal concentrations and bioaccumulation of ramie (<i>Boehmeria nivea</i>) growing on 3 mining areas in Shimen, Lengshuijiang and Liuyang of Hunan Province	SHE Wei, JIE Yucheng, XING Hucheng, et al (874)
Discussion	
Climate characteristic of seasonal variation and its influence on annual growth period of <i>populus euphratica</i> Oliv in Hexi Corridor in recent 55 years	LIU Puxing, ZHANG Kexin (882)
Forward trajectory analysis of wheat aphids during long-distance migration using HYSPLIT model	YU Zhenxing, WU Yuqing, JIANG Yueli, et al (889)

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 3 期 (2011 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 3 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		

