

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2021.01.004

七星瓢虫基础研究现状

段宇杰¹, 何恒果^{1*}, 蒲德强², 杨 慧¹, 陈 琪¹, 陆秋成¹

¹西华师范大学生命科学学院, 四川 南充 637002;

²四川省农业科学院植物保护研究所, 四川 成都 610066

摘要: 七星瓢虫对蚜虫等农林业中的重要害虫有较强的控制作用, 利用七星瓢虫进行控害的生物防治技术正在逐步推广。本文就七星瓢虫的生物学特性、捕食、对农药的反应以及人工饲养等方面进行综述: 七星瓢虫幼虫随龄期增长逐渐出现黄斑, 温湿度对生长发育影响较大, 以成虫越冬, 有滞育现象。七星瓢虫捕食性强, 捕食对象较多, 包括多种蚜虫、木虱、蚱虫、粉虱、蓟马、网蝥等, 其捕食功能反应模型主要为Holling II型, 捕食效应受温度、光周期及其猎物密度与自身密度影响。七星瓢虫对农药有一定的选择性, 农药对七星瓢虫捕食行为及其生长发育有一定的影响, 并会导致其抗药性的产生。目前, 七星瓢虫的饲养以昆虫材料为主, 辅以人工饲料, 采用低温储存, 以卵卡作为商品出售。七星瓢虫的基础研究可为今后大规模运用于田间提供参考。

关键词: 七星瓢虫; 生物学特性; 捕食功能; 亚致死效应; 人工饲养



开放科学标识码
(OSID 码)

Basic research status of *Coccinella septempunctata*

DUAN Yujie¹, HE Hengguo^{1*}, PU Deqiang², YANG Hui¹, CHEN Qi¹, LU Qiucheng¹

¹College of Life Sciences, China West Normal University, Nanchong, Sichuan 637002, China;

²Institute of Plant Protection, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu, Sichuan 610066, China

Abstract: *Coccinella septempunctata* has a strong control effect on aphids and other important pests in agriculture and forestry. The biological control technology of *C. septempunctata* has already been used in the field. In this paper, the biological characteristics, predation, response to pesticides and artificial rearing of *C. septempunctata* were reviewed. The larvae of *C. septempunctata* gradually appeared macular with the growth of instar, temperature and humidity had great influence on its growth and development. It overwinters as adults and exhibits diapause. *C. septempunctata* is highly predatory and eats many prey, including aphids, psylla, scale insects, white flies, thrips, net bugs, etc. Its predatory functional response model is mainly Holling II, and its predation effect is affected by temperature, photoperiod, prey density and its own density. *C. septempunctata* has certain selectivity to pesticides. Its predatory behavior, growth and development are affected by pesticides, causing the development of pesticide resistance. At present, *C. septempunctata* is mainly raised with insect materials, supplemented by artificial feed, stored at low temperature, and sold with egg cards. The basic research on the application of *C. septempunctata* would provide a reference for large-scale application in the field in the future.

Key words: *Coccinella septempunctata*; biological characteristics; predation function; sublethal effect; artificial feeding

七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* L. 属于鞘翅目 Coleoptera 瓢虫科 Coccinellidae 瓢虫属 *Coccinella*, 其幼虫和成虫均具有捕食性, 是蚜虫、粉虱、叶蝉、木虱等重要害虫的优势性天敌昆虫, 特别对蚜虫的捕食能力非常强(程英, 2018; 程英等, 2006; 郭在彬等, 2016; Saeed *et al.*, 2015)。七星瓢虫因其生态的灵活性和可塑性, 广泛分布于全球各类农业和自然栖息地, 这些特性使七星瓢虫成为害虫综合管理(integrated pest management, IPM)策略中一个重要的生物防治媒介(蒋建功, 2019; Bozsik,

收稿日期(Received): 2020-09-03 接受日期(Accepted): 2020-11-07
基金项目: 四川省教育厅重点项目(17ZA0388); 西华师范大学英才基金项目(17YC327)
作者简介: 段宇杰, 女, 硕士研究生。研究方向: 害虫生物防治。E-mail: 791009196@qq.com
* 通信作者(Author for correspondence), E-mail: hengguohe@163.com

2006; Hodek & Michaud, 2008; Stark *et al.*, 2007; Volkl *et al.*, 2007)。由于七星瓢虫具有饲养简易和繁殖高效等优点,现已实现人工大量生产和销售,这也使它成为杀虫剂登记试验中评估药剂对非靶标生物影响的理想模式物种(周宇航等, 2017; Bianchi & Werf, 2003)。

1 生物学特性

1.1 形态特征

七星瓢虫幼虫共有4个龄期,随龄期增加逐渐出现黄色斑点。1龄体长1.8~2.0 mm,身体全黑色;2龄体长3.0~4.0 mm,头部和足全黑色,体灰黑色,前胸左右后侧角黄色斑;3龄体长6.0~6.5 mm,体灰黑色,头、足、胸部背板及腹末臀板黑色,前胸背板前侧角和后侧角有黄色斑;4龄体长9.0~10.0 mm,体灰黑色,前胸背板前侧角和后侧角有橘黄色斑(常剑等, 2011)。成虫体长5.3~6.9 mm,体宽4.1~5.5 mm,体周缘呈卵圆形,背面拱起稍明显,体背面光滑无毛;雌雄腹部末端腹板第5节和第6节后缘形态不同,雄性较内凹,雌性较平截,雌性一般会比雄性大(郭在彬等, 2016)。

1.2 生长发育和繁殖

七星瓢虫属于完全变态类昆虫,一生经历4个虫期:卵、幼虫、蛹、成虫。温度在一定范围内影响七星瓢虫的发育速率和繁殖,产卵期和繁殖力在30℃达最大值,在20℃时最低,在最适温区(20~30℃)范围内随温度升高发育速度加快,繁殖力增加(Srivastava & Omkar, 2003)。在室外遮阳自然变温条件下的七星瓢虫各虫态平均历期分别为:卵期2~3.3 d,幼虫期8.8~9.8 d,蛹期2.9~3.6 d,自卵至成虫羽化13.9~14.9 d(马野萍等, 1999)。在温度20℃左右、光周期16 L:8 D条件下,七星瓢虫幼虫期为9.8~12.4 d,蛹期为4.9~5.0 d;在室内可常年饲养,1年可饲养13代,多于田间发生代数(金剑雪等, 2010, 2014)。在常温下,七星瓢虫每卵块卵粒数在30~70粒,最多者达120粒,平均为40粒,每个雌成虫在养殖期内产卵量约为480粒(马野萍等, 1999)。每一雌虫总产卵粒数最多达938粒,平均为548粒,产卵间隔期最长为3 d,多数1 d,卵孵化率为70%~80%(常剑等, 2011)。七星瓢虫一旦雌雄成虫交配后,即使雄虫死亡,雌虫仍可持续产卵。当温度在25℃左右,湿度在73%~83%之间,湿度越低,七星瓢虫产卵时间越短(王小华, 2006;

徐焕禄和路绍杰, 2000)。在室内条件下七星瓢虫在红色环境中产卵量显著提高(肖达等, 2017)。

1.3 越冬与滞育

1.3.1 越冬 七星瓢虫以成虫越冬,多选择较干燥、温暖的枯枝落叶下、杂草基部近地面的土块下、土缝中、树皮裂缝处潜伏。进入越冬场所的早晚,视当时温度而定,一般在10月中旬开始陆续进入越冬场所,若遇温度回暖,又爬出越冬场所活动(程英, 2018)。在自然条件下越冬的七星瓢虫成虫成活率较低,只有25%左右(程英等, 2006)。七星瓢虫于3月底—4月初大量出蛰,出蛰后的七星瓢虫迅速在林木、杂草和作物之间活动,特别是带蚜虫的作物与开花果木上,4月中、下旬取食花粉、花蜜的瓢虫很多(马野萍等, 1999)。越冬后的雌成虫春季不经交配即可正常产卵、孵化。经解剖越冬雌成虫,镜检证实冬前已交配,带精越冬(刘贺昌等, 1994)。

1.3.2 滞育 七星瓢虫在生长发育过程中存在滞育现象。进入滞育的七星瓢虫雌虫停止产卵,解剖形态学上表现为卵巢不发育,不产生卵细胞(王伟等, 2013);滞育解除后的个体寿命比正常个体缩短,产卵期、产卵量均下降(Sakurai *et al.*, 1986)。滞育期间七星瓢虫能量消耗减少,活动能力减弱,抗逆性增加,从外表来看,鞘翅颜色略浅,呈现黄色(王伟, 2012; Katsoyannos *et al.*, 1997; Sakurai *et al.*, 1986)。七星瓢虫滞育属糖原积累型,其蛋白含量显著降低,糖脂含量显著升高,滞育个体过冷却点大幅下降,耐寒性显著提升(任小云等, 2015)。

滞育诱导与温度、光周期及其互作相关,在一定的温度条件下,短光照引发滞育,长光照阻止滞育。七星瓢虫雌虫的滞育持续时间与滞育诱导的光照时长呈负相关(王伟, 2012)。光周期还能对滞育的解除起到活化剂的作用,通过长日照能促进低温下滞育的七星瓢虫雌虫产卵(王伟等, 2011, 2012)。地理环境的差异造成七星瓢虫滞育的多样性,如日本札幌种群属于冬季滞育,而日本本州岛种群却属于夏季滞育,希腊种群发生夏滞育(齐晓阳, 2014)。

滞育是多种因子调控的结果。韩艳华等(2018)推测 *Cs FadΔ11* 基因参与七星瓢虫脂积累调控,并进一步影响七星瓢虫滞育;刘梦姚等(2019)推测保幼激素环氧水解酶 *Csjheh* 在七星瓢

虫滞育过程中通过调节保幼激素滴度从而参与调控其滞育过程。

2 捕食

2.1 觅食行为

七星瓢虫的觅食行为能直接影响其对害虫的控制效应,在农林业中的投放具有重要意义。其成虫的捕食行为以积极搜索式为主,偶见坐等猎食式的捕食策略,捕食包括 7 部分:搜寻、捕食、嚼食、梳理、静止、展翅和排泄(王进忠等,2000)。七星瓢虫搜捕猎物时在垂直方向上存在趋光性和趋地性正负转换的行为;在水平方向上存在广域搜索和区域集中搜索的转换行为,这些转换行为帮助七星瓢虫更好地搜寻猎物(王根,1991)。趋性反应结果表明,七星瓢虫主要依赖桃蚜释放的嗅觉信息搜索桃蚜,而视觉信息基本不起作用(王珏等,2013)。七星瓢虫成虫对烟蚜成蚜气味的趋向作用强于寄生蚜和僵蚜(徐继伟等,2018)。杨雪娇等(2020)对七星瓢虫触角转录组及嗅觉相关基因分析表明,七星瓢虫在捕食过程中触角有更强的代谢能力,对糖及苦味化合物有更灵敏的嗅觉,对其他昆虫(尤其捕食对象)有更快速的响应。

七星瓢虫有吃卵和互相捕食的习性。七星瓢虫初孵幼虫吞食身边的卵壳和未孵化的卵粒,3~4 h 后,分散吞食蚜虫(常剑等,2011)。3~4 龄幼虫有自残行为,成虫有取食卵块的习性(赵静等,2016)。七星瓢虫取食卵块的行为不仅表现在同种之间,也取食其他种类瓢虫卵块,但偏好同种产下的卵块(Khan & Yoldas,2018b)。猎物充足时,七星瓢虫对同种或其他瓢虫卵块的取食行为减少(杨帆等,2016)。实验表明,将七星瓢虫和狭臀瓢虫 *Coccinella transversalis* Fabricius 组合饲养时,会产生拮抗作用,导致七星瓢虫对豌豆蚜的取食量降低(Kumar & Omkar,2015)。

2.2 捕食对象及其捕食功能反应

七星瓢虫捕食对象广泛,捕食对象多达 38 种,可捕食农林业中多种蚜虫(才旺计美,1999;陈志杰等,1993;任向辉等,2014;史磊和颜金龙,2013;王进忠等,1999;颜金龙,1992;臧建成等,2019;朱建国等,1993;Michaud,2000;Khan & Yoldas,2018a)、蠕须盾蚧 *Kuwanaspis vermiformis* (Takahashi)(叶清福,2012)、柑橘木虱 *Diaphorina citri* Kuwayama(何国玮,2019)、烟蓟马 *Thrips tabaci* Lin-

deman 和白粉虱 *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Deelgeorgidis *et al.*, 2005)、狭冠网蝽 *Stephanitis anagustata* Bu. sp. nov(刘锦乾等,2006)、玉米三点斑叶蝉 *Zygina salina* Mit(于江南等,2002)、草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)(孔琳等,2019)等,其中以捕食蚜虫为主(程英等,2018;庞虹,1996)。七星瓢虫的捕食功能反应模型主要为 Holling II 型,极少部分为其他模型(曹毅等,2003;董应才等,1992;古丽加马丽·吐尔汗等,2011;刘乾等,2009;任向辉等,2014)。饥饿不能改变七星瓢虫雌雄成虫捕食作用的功能反应类型,雌、雄成虫在各种饥饿条件下的捕食量差异均不显著(邹运鼎等,1999)。

2.3 影响捕食的因素

2.3.1 温度和光周期的影响 温度对七星瓢虫的捕食功能反应有明显影响,该影响随着瓢虫的成长而减弱,瞬时攻击效率与温度之间有显著的正相关关系,在二、三龄幼虫时显著,四龄幼虫及成虫则不显著(李定旭,1991)。在 10~30 ℃ 范围内,随着温度的升高,七星瓢虫对大豆蚜的捕食量增加,而在 30~39 ℃ 范围内,捕食量随温度升高而降低(王海建等,2013)。七星瓢虫对豌豆蚜 *Acyrtosiphon pisum* Harris 的捕食作用和发育速率在 25 ℃ 时最高,随着日长的增加,捕食作用进一步增强;最佳温度加快了幼虫的活动和代谢成本;温度较低时,减少了捕食者对猎物的消耗(Omkar & Kumar,2016),该结果与 Katsarou *et al.* (2005) 和 Manrique *et al.* (2012) 的发现相吻合。与最佳温度(25 ℃)相比,高温饲养可能消耗和利用更少的猎物生物量,较高的温度(30 和 35 ℃)可能通过诱导热应激而降低捕食者和猎物的活动(Khan & Khan,2010;Sentis *et al.*,2012;Yu *et al.*,2014)。七星瓢虫在 16 L : 8 D 时具有较高的消耗率、转化效率和幼虫的生长速率,表明长期的长日照条件下可能促进其觅食和较高的猎物利用(Berkvens *et al.*,2008;Omkar & Pathak,2006)。

2.3.2 猎物密度效应和自身密度效应 七星瓢虫的捕食受到猎物密度和自身密度的制约,其搜寻效应随猎物密度的增加逐渐降低,捕食率提高,而随着自身密度的增加则捕食率下降,如七星瓢虫对蠕须盾蚧(叶清福,2012)、烟蚜 *Myzus persicae* (Sulzer)(胡进锋等,2017)、核桃黑斑蚜 *Chromaphis*

juglandicola Kaltentbch(刘思琪等,2020)及草地贪夜蛾(孔琳等,2019)的捕食均表现为这种现象。在多种猎物混合种群下,该现象仍然存在(朱建国等,1993)。

3 对农药的反应

3.1 农药对七星瓢虫的亚致死效应

当害虫大发生时,需使用化学农药来进行有效控害,但化学农药会对捕食性天敌的生存造成影响(杨慧等,2020)。七星瓢虫不是农药的直接对象,不会被直接杀灭,而是产生亚致死效应,造成其生态行为、生长发育与繁殖力的改变,抗药性的发展等。有研究表明,20%康福多、3%莫比郎乳油和40%氧乐果乳油会抑制七星瓢虫的搜索行为,但氯氰菊酯则明显有利于七星瓢虫寻找猎物(宋旭明等,2012)。与溴氰虫酰胺对比,七星瓢虫在氯虫苯甲酰胺的暴露下可能发展得更快,并且具有更大的捕食潜力,在IPM框架中,氯虫苯甲酰胺可以与瓢虫组合使用(Jiang *et al.*, 2020)。感染了吡虫啉的七星瓢虫的生殖率较低,初代幼虫发育速度减慢;瓢虫的增长率表明,暴露于亚致死浓度吡虫啉的七星瓢虫的内在增长率和净繁殖率较低(Xiao *et al.*, 2016)。噻虫嗪 $0.1 \times LC_{10}$ ($0.053 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 和 LC_{10} ($0.53 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 剂量能显著降低七星瓢虫成虫羽化、繁殖力和亲本世代的生育能力(Jiang *et al.*, 2019)。研究证实,非杀虫剂类农药同样会对天敌昆虫产生负面影响,主要表现为七星瓢虫的捕食速率下降,还可能导致七星瓢虫感觉器官的敏感性降低,对外界刺激的反应速度变慢(徐锐等,2008; Gu *et al.*, 1991; Umoru *et al.*, 1996)。

3.2 对农药的选择性与抗药性

七星瓢虫对农药具有一定的选择性,主要与七星瓢虫的发育阶段、杀虫(菌)剂的使用浓度、农药种类以及农药施用时的气候条件等有关。1.8%阿维菌素乳油对七星瓢虫幼虫有一定的杀伤作用,在药后2~7 d内表现明显(仇贵生等,2008)。在田间施用超过 $2.5 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-1}$ 的噻虫胺会损害七星瓢虫(Jiang *et al.*, 2018)。除虫菊素、高效氯氟氰菊酯、阿维菌素3种杀虫剂对七星瓢虫的毒性大小为高效氯氟氰菊酯>阿维菌素>除虫菊素,而3种不同剂型的阿维菌素对七星瓢虫幼虫的毒性大小顺序为5%阿维菌素微囊悬浮剂>5%阿维菌素乳油>5%阿

维菌素水乳剂(袁文悦,2020)。氟啶虫酰胺和联苯菊酯及其复配剂对七星瓢虫的急性毒性测试结果显示,除了10%氟啶虫酰胺水分散粒剂外,10%联苯菊酯水乳剂和20%氟啶虫酰胺·联苯菊酯悬浮剂对七星瓢虫均有一定毒性,并且在农田内的风险是不可接受的(周知恩等,2020)。24%溴虫腈·甲维盐悬浮剂对七星瓢虫2龄幼虫为高风险性,37%联苯·噻虫胺悬浮剂、45%吡虫·虫螨腈悬浮剂和20%甲维盐·茚虫威悬浮剂对七星瓢虫2龄幼虫为极高风险,应避免使用高风险性化学药剂(郭志芯等,2019)。总体来看,七星瓢虫对杀菌剂比对杀虫剂的选择性要强;对杀螨剂亦比对其他种类的杀虫剂的选择性要强;对植物及矿物性农药比对化学合成农药的选择性要强(王春良等,2003)。因此,在联合防治过程中,要避免或者减少使用选择性弱的农药。

昆虫长期接触杀虫剂后一般都会产生抗药性。七星瓢虫对不同杀虫剂的抗性为:蛹>成虫>幼虫;除某些昆虫生长调节剂外,大部分杀虫剂对七星瓢虫的卵没有影响;就同一种农药而言,随着使用浓度的增加,七星瓢虫对农药的抗性递减(王春良等,2003)。贾海民等(1999)认为,一般有机磷类、菊酯类及其他常规杀虫剂,对瓢虫的3个虫态均具有较强的杀伤力,从瓢虫3个虫态的耐药力来看,蛹和成虫的耐药力相对较高,而幼虫对药剂则较敏感。金剑雪等(2014)研究发现,七星瓢虫对吡虫啉的抗药性会造成幼虫整个发育历期延长,会对4龄老熟幼虫体重、蛹重、雄成虫体重产生一定程度的影响。抗吡虫啉的七星瓢虫对猎物的控制作用有一定程度的减弱(金剑雪等,2012)。七星瓢虫对吡虫啉产生抗性后,其羧酸酯酶的量有显著增加;而抗性七星瓢虫乙酰胆碱酯酶活力无明显的变化,酶源蛋白量的变化不显著(金剑雪等,2013)。杨雨环等(2014)初步推测,酸性磷酸酯酶与七星瓢虫对吡虫啉抗药性的产生有关。

4 人工饲养

4.1 人工饲养方式及其饲料配方

随着绿色植保的发展要求,害虫生物防治的应用越来越广泛,天敌昆虫的需求量逐步扩大(孙毅和万方浩,2000)。单靠七星瓢虫田间自由繁殖达不到防治害虫的目的,因此,有必要进行人工饲养以达到一定规模,适时补充于田间。

常规的人工饲养还是以蚜虫(李笑甜等,2014;金剑雪等,2010;王小强等,2019)、赤眼蜂蛹(曹爱华和张良武,1994;孙毅等,2001)等昆虫材料为主。周宇航等(2017)在室内采用透明塑料箱培育蚕豆苗繁殖蚜虫后,再将七星瓢虫放入塑料箱繁殖,节约蚜虫并且保持了蚜虫的鲜活。在七星瓢虫规模化饲养中,当密度为 25~45 头时,应避免 1~2 龄阶段在小于 500 mL 条件下饲养(王小强等,2019)。七星瓢虫的人工饲养除了用昆虫材料外,也有添加人工饲料或纯人工饲料饲养的方式。应用人工饲料有利于促进昆虫的规模化饲养和工厂化生产,是实现生物防治的重要途径(程英等,2018;曾凡荣,2018;Singh *et al.*,2014;Zou *et al.*,2013)。陈志辉和钦俊德(1982)以鲜猪肝为饲料基础,研究饲料中含水量的影响,结果表明,饲料中 75%含水量最适合七星瓢虫取食生长发育。人工饲料作为一种方便易得的食物可在蚜虫不足时作为替代品用于贮藏前的营养补充,该技术将有效提高产品的货架期及降低生产成本(孙元星等,2020)。

4.2 贮藏与运输

在农业生产中,高品质的商品化天敌是实现生物防治的重要途径,而低温贮藏是延长天敌昆虫产品货架期最有效的方法(Rathee & Ram,2018)。贮藏前补充营养是调节昆虫低温耐受力的一个重要途径,但不同食物会造成机体抗寒物质、抗氧化剂及能量储备量的不同(Colinet & Boivin,2011;Liu *et al.*,2007)。有关七星瓢虫低温贮藏的研究多见于卵期,王春良等(2002)的研究表明,在 10 °C 下,七星瓢虫卵的有效贮藏期为 1 周;肖达等(2019)以七星瓢虫卵的孵化率为评价指标进行探究,认为 11 °C 贮藏 10 d 为七星瓢虫卵的适宜低温贮藏条件。有研究表明,瓢虫成虫期是耐寒能力最强的阶段(Hodek *et al.*,1973)。Hamalainen (1977)对休眠成虫低温贮藏进行过相关报道。孙元星等(2020)研究表明,室内饲养的七星瓢虫成虫可在 6 °C 下贮藏 60 d 左右,低温贮藏后的成虫仍具有较高的存活率及生殖力,成虫在贮藏前取食人工饲料的耐低温能力没有取食豌豆蚜的强,但仍可贮藏 60 d 左右。

低温贮藏是天敌昆虫商品化生产、运输和释放应用的重要环节,11 °C 贮藏 10 d 使七星瓢虫卵的贮藏期增加近 2 倍的时间,有效提高了卵的运输时

间和距离(肖达等,2019)。挂放七星瓢虫卵卡作为其利用的一种简便方式被广泛应用于实践中,在蚜虫始发期挂放七星瓢虫卵卡,其防效可达 90% 以上(李育静,2013)。

5 展望

我国是农业大国,为了农业更好地发展,就要做好病虫害绿色防控工作(宁艳民和贺彦彬,2019)。目前害虫的防治主要依赖于化学杀虫剂,大量使用化学杀虫剂一方面导致了害虫抗药性的发展,一方面对天敌昆虫造成亚致死效应,使用生物防治和化学药剂相结合是目前病虫害综合治理(IPM)的最佳策略,注重研究杀虫剂对七星瓢虫的亚致死效应,可以更好地协调化学与生物防治(Skouras *et al.*,2019;Torres & Bueno,2018)。由于目前利用七星瓢虫进行生物防治的技术仍处于初步阶段,在农业上的应用远远低于农药。七星瓢虫室外防控虫害的研究还有很大的空间,同时,七星瓢虫的猎物种类还需要进一步研究补充。

参考文献

- 才旺计美, 1999. 七星瓢虫对苹果绵蚜的捕食功能反应. 西藏科技 (5): 3-5.
- 曹爱华, 张良武, 1994. 用赤眼蜂饲养捕食性瓢虫初步试验. 昆虫天敌, 16(1): 1-5.
- 曹毅, 崔志新, 陈文胜, 2003. 七星瓢虫对百合桃蚜的捕食功能反应. 佛山科学技术学院学报(自然科学版), 21(2): 74-76.
- 常剑, 林莉, 胡保文, 温丽娜, 何成兴, 吴文伟, 田育天, 杨继周, 张如阳, 杨明, 郭志祥, 浦恩堂, 2011. 七星瓢虫实验种群的生物学特性研究. 动物学研究, 32(Z): 56-60.
- 陈志辉, 钦俊德, 1982. 七星瓢虫代饲料中水分的营养效应. 昆虫学报, 25(2): 141-146.
- 陈志杰, 仵光俊, 张美荣, 张淑莲, 1993. 主要天敌对花生蚜虫捕食作用的研究. 中国油料 (2): 27-30, 84.
- 程英, 2018. 七星瓢虫人工饲料的优化和评价. 博士学位论文. 贵阳: 贵州大学.
- 程英, 鄧军锐, 周宇航, 李凤良, 金剑雪, 李文红, 2018. 非昆虫源人工饲料饲养的七星瓢虫对豆蚜的捕食功能. 中国生物防治学报, 34(2): 209-213.
- 程英, 李忠英, 李凤良, 2006. 七星瓢虫的研究进展. 贵州农业科学, 34(5): 117-119.
- 董应才, 汪世泽, 张怡, 1992. 七星瓢虫幼虫对两种麦蚜的功能反应. 昆虫知识, 29(4): 219-222.

- 古丽加马丽·吐尔汗,于江南,陈金霞,海如拉,2011.七星瓢虫和多异瓢虫对桃粉蚜的捕食功能反应研究.新疆农业大学学报,34(1):40-42.
- 郭在彬,崔建新,李闪闪,李广帅,邓静,田橙,2016.七星瓢虫成虫形态学研究.河南林业科技,36(2):1-5.
- 郭志芯,蒋红云,张兰,毛连纲,张燕宁,2019.四种杀虫剂对七星瓢虫和松毛虫赤眼蜂的负效应.中国生物防治学报,35(4):542-547.
- 韩艳华,刘梦姚,高飞,王曼姿,张洪志,孔琳,陈红印,张礼生,2018.滞育七星瓢虫酰基辅酶A Δ 11去饱和酶基因的克隆及表达分析.中国生物防治学报,34(5):676-685.
- 何国玮,2019.赣州柑橘木虱天敌昆虫资源调查及天敌捕食功能研究.硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学.
- 胡进锋,林伟,陈志厚,徐茜,林勇,2017.七星瓢虫与异色瓢虫对烟蚜的捕食功能反应及寻找效应.安徽农业科学,45(28):151-153.
- 贾海民,高占林,潘文亮,党志红,1999.20种杀虫剂对七星瓢虫不同虫态的毒力测定.昆虫天敌,21(4):160-163.
- 蒋建功,2019.烯啶虫胺和噻虫嗪种子处理防治棉花苗期蚜虫及对棉田非靶标昆虫的影响.硕士学位论文.泰安:山东农业大学.
- 金剑雪,程英,李凤良,李忠英,陈祥盛,2010.蚕豆蚜饲养七星瓢虫的方法研究.贵州农业科学,38(4):121-124.
- 金剑雪,李凤良,程英,2013.七星瓢虫抗药性与羧酸酯酶及乙酰胆碱酯酶的关系.西南农业学报,26(4):1490-1492.
- 金剑雪,李凤良,程英,李文红,2014.七星瓢虫的抗药性选育及其生物学特性研究.中国生物防治学报,30(1):45-50.
- 金剑雪,李凤良,程英,李忠英,2011.七星瓢虫对豆蚜的功能反应.植物保护,37(4):68-71.
- 金剑雪,李凤良,程英,秦冠男,2012.抗吡虫啉七星瓢虫对蚜虫捕食的功能性反应.贵州农业科学,40(11):117-119,123.
- 孔琳,李玉艳,王孟卿,刘晨曦,毛建军,陈红印,张礼生,2019.七星瓢虫对草地贪夜蛾低龄幼虫的捕食能力评价.中国生物防治学报,35(5):715-720.
- 李定旭,1991.温度对七星瓢虫功能反应的影响.昆虫天敌,13(3):130-132,112.
- 李笑甜,姜娜,路桂玲,张翌楠,2014.捕食性天敌昆虫七星瓢虫人工繁殖技术研究.中小企业管理与科技(5):195-197.
- 李育静,2013.西宁地区七星瓢虫防治温室蚜虫试验效果初报.农业科技通讯(12):149-151.
- 刘贺昌,秦兰平,沈焕明,1994.七星瓢虫雌成虫带精越冬及去雄饲养的研究.河北农业技术师范学院学报,4(12):33-35.
- 刘锦乾,李玉英,张海江,齐跃强,2006.七星瓢虫成虫对狭冠网蝽的捕食功能反应研究.西北农林科技大学学报(自然科学版),34(3):111-114.
- 刘梦姚,王娟,王曼姿,高飞,张洪志,李玉艳,臧连生,张礼生,2019.七星瓢虫保幼激素环氧水解酶基因克隆及表达分析.植物保护,45(6):156-162.
- 刘乾,刘长仲,孙鹭,窦晓青,2009.七星瓢虫和多异瓢虫对三叶草彩斑蚜的功能反应研究.植物保护,35(2):78-81.
- 刘思琪,王强,高桂珍,2020.异色瓢虫和七星瓢虫对核桃黑斑蚜捕食能力比较.中国农学通报,36(17):118-122.
- 马野萍,孙洪波,王瑞霞,郭天凤,魏娟,1999.七星瓢虫生物学特性及人工饲养的初部研究.新疆农业大学学报,22(4):331-335.
- 宁艳民,贺彦彬,2019.农作物病虫害绿色防控技术的集成与应用.现代园艺(20):60-61.
- 庞虹,1996.捕食性瓢虫的利用.昆虫天敌,18(S4):32-38,44.
- 齐晓阳,2014.诱导七星瓢虫和异色瓢虫滞育的温光条件比较//陈万权.2014年中国植物保护学会学术年会论文集.北京:中国农业科学技术出版社:542.
- 仇贵生,张怀江,闫文涛,张平,郑运城,刘池林,2008.阿维菌素对苹果绣线菊蚜的防治作用及对果园天敌的影响.环境昆虫学报,30(2):141-146.
- 任向辉,杨萌,程辉,邓方超,2014.3种瓢虫对月季长管蚜与麦长管蚜的捕食功能反应.农业灾害研究,4(7):16-17,56.
- 任向辉,杨萌,李鹏,陈燕飞,汪治鹏,刘婉婉,白钰,刘迎春,陈丹丹,2015.3种瓢虫对野生型桃蚜和桃粉蚜的捕食功能反应.中国园艺文摘,31(9):49-50,53.
- 任小云,张礼生,齐晓阳,安涛,韩艳华,陈红印,2015.滞育七星瓢虫的代谢适应与抗寒性评价.环境昆虫学报,37(6):1195-1202.
- 史磊,颜金龙,2013.七星瓢虫三四龄幼虫捕食四种蚜虫功能反应初步研究.山东农业科学,45(4):90-92.
- 宋旭明,张悦,曲爱军,2012.四种杀虫剂影响七星瓢虫搜索烟蚜行为的研究.中国烟草学报,18(3):71-73.
- 孙毅,万方浩,2000.七星瓢虫规模化饲养的质量控制.中国生物防治,16(1):8-11.
- 孙毅,万方浩,姬金红,刘建峰,2001.利用人工卵赤眼蜂蛹规模化饲养七星瓢虫的可行性研究.植物保护学报,28(2):139-145.
- 孙元星,郝亚楠,李明凌,2020.贮藏前补充人工饲料对七星瓢虫低温耐受力的影响.中国生物防治学报,36(5):1-8.
- 王春良,靳力,李秋波,2002.越冬代七星瓢虫产卵规律及其卵短期贮存试验.宁夏农林科技(1):34-35.

- 王春良, 靳力, 李秋波, ELENA BRATU, 2003. 七星瓢虫对农药的选择性研究. 宁夏农林科技 (3): 23-25.
- 王根, 1991. 捕食性瓢虫的觅食行为. 昆虫知识, 28(5): 316-319.
- 王海建, 蒋春先, 陈瑶, 李庆, 杨文钰, 徐翔, 杨群芳, 蒋素蓉, 2013. 七星瓢虫对大豆蚜的捕食功能反应研究. 大豆科学, 32(3): 389-392.
- 王进忠, 王熠, 孙淑玲, 2000. 七星瓢虫成虫觅食行为的观察. 昆虫知识, 37(4): 195-197.
- 王珏, 李为争, 庄丽, 柴晓乐, 游秀峰, 原国辉, 2013. 感觉器官致残处理对七星瓢虫捕食桃蚜功能反应的影响. 河南农业大学学报, 47(5): 567-575.
- 王伟, 2012. 七星瓢虫滞育调控的温光周期效应及滞育后生物学研究. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院.
- 王伟, 张礼生, 陈红印, 李玉艳, 张洁, 2011. 瓢虫滞育的研究进展. 植物保护, 37(5): 27-33.
- 王伟, 张礼生, 陈红印, 王娟, 张洁, 刘遥, 2013. 北京地区七星瓢虫滞育诱导的温光效应. 中国生物防治学报, 29(1): 24-30.
- 王小华, 2006. 七星瓢虫生活习性观察研究. 安徽林业 (4): 47.
- 王小强, 曹馨月, 郑珍蕾, 蒲德强, 李跃建, 房超, 蔡鹏, 2019. 密度对七星瓢虫不同虫态生存的影响. 中国农学通报, 35(32): 121-125.
- 肖达, 杜晓艳, 陈旭, 薛丽, 张帆, 王甦, 2019. 七星瓢虫卵的低温贮藏条件研究. 环境昆虫学报, 41(2): 288-294.
- 肖达, 郭晓军, 张帆, 唐硕, 刘昊, 张黎霞, 王甦, 2017. 环境颜色对七星瓢虫产卵的影响. 中国生物防治学报, 33(1): 44-48.
- 徐焕禄, 路绍杰, 2000. 七星瓢虫的生活习性观察. 山西果树 (3): 27-28.
- 徐继伟, 肖志新, 李丽, 黄德安, 曹艳飞, 陈斌, 李正跃, 2018. 七星瓢虫和异色瓢虫对烟蚜及被寄生蚜的取食选择与气味反应. 南方农业学报, 49(8): 1548-1554.
- 徐锐, 吴迪, 杨松, 刘霞, 黄忆, 周玖玄, 况荣平, 2008. 亚致死剂量百草枯对七星瓢虫捕食及限域搜索行为的影响. 云南大学学报(自然科学版), 30(2): 191-197.
- 颜金龙, 1992. 七星瓢虫捕食棉蚜和麦长管蚜及油菜蚜功能反应的研究. 河北农业科学 (4): 15-18.
- 杨帆, 陆宴辉, 徐建祥, 2016. 棉蚜密度对瓢虫集团内捕食作用的影响. 中国生物防治学报, 32(3): 299-304.
- 杨慧, 蒋皓天, 何恒果, 2020. 农药对捕食性天敌的影响研究进展. 生物安全学报, 29(1): 1-7.
- 杨雪娇, 张蔓, 江宇航, 唐启河, 张棋麟, 林连兵, 陈均远, 2020. 七星瓢虫触角转录组及嗅觉相关基因分析. 昆虫学报, 63(6): 717-726.
- 杨雨环, 金剑雪, 程英, 李凤良, 李文红, 2014. 七星瓢虫抗药性与其酯酶及酸性磷酸酯酶的相关性. 西南农业学报, 27(5): 1953-1956.
- 叶清福, 2012. 七星瓢虫成虫对蠕须盾蚧的捕食功能反应. 河北林业科技 (4): 1-3.
- 于江南, 张黎, 阿孜古丽, 古丽克孜, 2002. 几种瓢虫对玉米三点斑叶蝉捕食效应的研究. 新疆农业大学学报, 25(2): 36-37.
- 袁文悦, 2020. 三种杀虫剂对七星瓢虫的急性毒性评价. 世界农药, 42(8): 51-54.
- 臧建成, 洪大伟, 相栋, 江昌柱, 2019. 西藏林芝七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* 对不同蚜虫的捕食功能反应. 高原农业, 3(1): 59-64.
- 曾凡荣, 2018. 昆虫人工饲料研究. 中国生物防治学报, 34(2): 184-197.
- 赵静, 肖达, 张帆, 王甦, 2016. 三种捕食性瓢虫成虫对卵的种内自残及其集团内捕食作用. 环境昆虫学报, 38(2): 299-304.
- 周宇航, 程英, 金剑雪, 李文红, 李凤良, 2017. 七星瓢虫规模化生产与释放的应用效果. 西南农业学报, 30(3): 602-605.
- 朱建国, 况荣平, 杨学均, 赵祖航, 1993. 猎物条件对七星瓢虫 (*Coccinella septempunctata* L.) 捕食作用的影响. 昆虫天敌, 15(3): 116-123.
- 邹运鼎, 陈高潮, 孟庆雷, 王公明, 耿继光, 1999. 饥饿对七星瓢虫捕食作用的影响. 生态学报, 19(1): 3-5.
- 周知恩, 林涛, 曾兆华, 游泳, 田厚军, 魏辉, 2020. 氟啶虫酰胺和联苯菊酯及其复配剂对非靶标节肢动物的风险评估. 福建农业学报, 35(4): 366-371.
- BERKVEN N, BONTE J, BERKVEN D, TIRRY L, CLERCQ P, 2008. Influence of diet and photoperiod on development and reproduction of European populations of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). *BioControl*, 53(1): 211-221.
- BIANCHI F J J A, WERF W V D, 2003. The effect of the area and configuration of hibernation sites on the control of aphids by *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) in agricultural landscapes: a simulation study. *Environmental Entomology*, 32: 1290-1304.
- BOZSIK A, 2006. Susceptibility of adult *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) to insecticides with different modes of action. *Pest Management Science*, 62(7): 651-654.
- COLINET H, BOIVIN G, 2011. Insect parasitoids cold storage: a comprehensive review of factors of variability and consequences. *Biological Control*, 58(2): 83-95.
- DELIGEORGIDIS P N, IPSILANDIS C G, VAIPOULOU M,

- KALTSOUDAS G, SIDIROPOULOS G, 2005. Predatory effect of *Coccinella septempunctata* on *Thrips tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum*. *Journal of Applied Entomology*, 129 (5): 246–249.
- GU D J, YU M G, HOU R H, 1991. The effects of sublethal doses of insecticides on the foraging behavior of parasitoid, *Diaeretiella rapae* (Hym.: Braconidae). *Acta Ecologica Sinica*, 11(4): 324–329.
- HAMALAINEN M, 1977. Storing dormant *Coccinella septempunctata* and *Adalia bipunctata* (Col.: Coccinellidae) adults in the laboratory. *Annales Agriculturae Fenniae*, 16: 184–187.
- HODEK I, MICHAUD J P, 2008. Why is *Coccinella septempunctata* so successful? (A point-of-view). *European Journal of Entomology*, 105(1): 1–12.
- HODEK I, RUZICKA Z, SEHNAL F, 1973. Termination of diapause by juvenoids in two species of ladybirds (Coccinellidae). *Experientia*, 29: 1146–1147.
- JIANG J G, WANG Y, MU W, ZHANG Z Q, 2020. Sublethal effects of anthranilic diamide insecticides on the demographic fitness and consumption rates of the *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Aphis craccivora*. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(4): 4178–4189.
- JIANG J G, ZHANG Z Q, YU X, YU C H, LIU F, MU W, 2019. Sublethal and transgenerational effects of thiamethoxam on the demographic fitness and predation performance of the seven-spot ladybeetle *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae). *Chemosphere*, 216: 168–178.
- JIANG J G, ZHANG Z Q, YU X, MA D C, YU C H, LIU F, MU W, 2018. Influence of lethal and sublethal exposure to clothianidin on the seven-spotted lady beetle, *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 161: 208–213.
- KATSAROU I, MARGARITOPOULOS J T, TSITSIPIS J A, PERDIKIS D C, ZARPAS K D, 2005. Effect of temperature on development, growth and feeding of *Coccinella septempunctata* and *Hippodamia convergens* reared on the tobacco aphid, *Myzus persicae nicotianae*. *Biological Control*, 50: 565–588.
- KATSOYANNOS P, KONTODIMAS D C, STATHAS G J, 1997. Summer diapause and winter quiescence of *Coccinella septempunctata* (Col. Coccinellidae) in central Greece. *Entomophaga*, 42(4): 483–491.
- KHAN M H, YOLDAS Z, 2018a. Assessment of the functional response parameters of *Coccinella septempunctata* to varying densities of *Acyrtosiphon pisum*. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 21: 1165–1170.
- KHAN M H, YOLDAS Z, 2018b. Intraguild predation between two aphidophagous coccinellids, *Hippodamia variegata* (G.) and *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae): the role of prey abundance. *Biological Control*, 126: 7–14.
- KHAN M R, KHAN M R, 2010. The relationship between temperature and the functional response of *Coccinella septempunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae). *Pakistan Journal of Zoology*, 42(4): 461–466.
- KUMAR B, OMKAR, 2015. Temperature and photoperiod influence prey consumption and utilization by two sympatric *Coccinella* species (Coleoptera: Coccinellidae) in conspecific and heterospecific combinations. *Acta Entomologica Sinica*, 58(3): 297–307.
- LIU Z D, GONG P Y, WU K J, WEI W, SUN J H, LI D M, 2007. Effects of larval host plants on over-wintering preparedness and survival of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Insect Physiology*, 53(10): 1016–1026.
- MANRIQUE V, MANCERO-CASTILLO D A, CAVE R D, NGUYEN R, 2012. Effect of temperature on the development and consumption of *Phaenochilus kashaya* (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of the cycad aulacaspis scale, *Aulacaspis yasumatsui*. *Biocontrol Science and Technology*, 22(11): 1245–1253.
- MICHAUD J P, 2000. Development and reproduction of ladybeetles (Coleoptera: Coccinellidae) on the citrus aphids *Aphis spiraecola* Patch and *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae). *Biological Control*, 18: 287–297.
- OMKAR, KUMAR B, 2016. Effects of temperature and photoperiod on predation attributes and development of two *Coccinella* species (Coleoptera: Coccinellidae). *Acta Entomologica Sinica*, 59(1): 64–76.
- OMKAR, PATHAK S, 2006. Effects of different photoperiods and wavelengths of light on life-history traits of an aphidophagous ladybird, *Coelophora saucia* (Mulsant). *Journal of Applied Entomology*, 130(1): 45–50.
- RATHEE M, RAM P, 2018. Impact of cold storage on the performance of entomophagous insects: an overview. *Phytoparasitica*, 46: 421–449.
- SAEED R, RAZAQ M, HARDY I C, 2015. The importance of alternative host plants as reservoirs of the cotton leaf hopper, *Amrasca devastans*, and its natural enemies. *Journal of Pest Science*, 88: 517–531.
- SAKURAI H, HIRANO T, TAKEDA S, 1986. Physiological distinction between aestivation and hibernation in the lady beetle,

- Coccinella septempunctata* Bruckii (Coleoptera: Coccinellidae). *Applied Entomology & Zoology*, 21(3): 424–429.
- SENTIS A, HEMPTINNE J L, BRODEUR J, 2012. Using functional response modeling to investigate the effect of temperature on predator feeding rate and energetic efficiency. *Oecologia*, 169: 1117–1125.
- SINGH S P, SINGH Y P, KUMAR S, TOMAR B S, 2014. Development of artificial diets for rearing of adult lady bird beetle *Coccinella septempunctata* in laboratory. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 84(11): 1358–1362.
- SKOURAS P J, STATHAS G J, DEMOPOULOS V, LOULOUD-AKIS G, MARGARITOPOULOS J T, 2019. The effect of five insecticides on the predators *Coccinella septempunctata* and *Hippodamia variegata*. *Phytoparasitica*, 47(2): 197–205.
- SRIVASTAVA S, OMKAR, 2003. Influence of temperature on certain biological attributes of a ladybeetle *Coccinella septempunctata* L. *Entomologia Sinica* (3): 183–191.
- STARK J D, VARGAS R, BANKS J E, 2007. Incorporating ecologically relevant measures of pesticide effect for estimating the compatibility of pesticides and biocontrol agents. *Journal of Economic Entomology*, 100: 1027–1032.
- TORRES J B, BUENO A D F, 2018. Conservation biological control using selective insecticides — A valuable tool for IPM. *Biological Control*, 126: 53–64.
- UMORU P A, POWELL W, CLARK S J, 1996. Effect of pirimicarb on the foraging behavior of *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae) on host-free and infested oilseed rape plants. *Bulletin of Entomological Research*, 86(2): 193–201.
- VOLKL W, MACKAUER M, PELL J K, BRODEUR J, 2007. Predators, parasitoids and pathogens // VAN EMDEN H F, HARRINGTON R. *Aphids as crop pests*. CABI, Cambridge (MA): 187–233.
- YU C, FU M, LIN R, ZHANG Y, YONG Q L, JIANG H, BROCK T C M, 2014. Toxic effects of hexaflumuron on the development of *Coccinella septempunctata*. *Environmental Science and Pollution Research*, 21: 1418–1424.
- ZOU D Y, WU H H, COUDRON T A, ZHANG L S, WANG M Q, LIU C X, CHEN H Y, 2013. A meridic diet for continuous rearing of *Arma chinensis* (Hemiptera: Pentatomidae: Asopinae). *Biological Control*, 67(3): 491–497.

(责任编辑:郭莹)

(上接第 2 页)

References

- BAKER R, CAFFIER D, CHOISEUL J W, CLERCQ P D, DORMANNSNÉ-SIMON E D, GEROWITT B, KARADJOVA O, LÖVEI G L, LANSINK A O, MAKOWSKI D, MANCEAU C, PERDIKIS D, PUGLIA A P, SCHANS J, SCHRADER G, ROBERT S, STRÖMBERG A, TIILIKALA K, VAN LANTEREN J C, VLOUTOGLOU I, 2007. Opinion of the Scientific Panel on Plant Health on the pest risk assessment made by Poland on *Ambrosia* spp. *The EFSA Journal*, 528: 1–33.
- BROOKS D R, HOBERG E P, BOEGER W A, GARDNER S L, GALBREATH K E, HERCZEG D, MEJÍA-MADRID H H, RÁCZ S E, DURSAHINHAN A T, 2014. Finding them before they find us: informatics, parasites, and environments in accelerating climate change. *Comparative Parasitology*, 81: 155–164.
- DURANT, S, FAUNCE T, 2018. Analysis of Australia's new biosecurity legislation. *American Journal of Law and Medicine*, 25: 647–654.
- EGEVANG C, STENHOUSE I J, PHILLIPS R A, PETERSEN A, FOX J W, SILK J R D, 2010. Tracking of Arctic terns *Sterna paradisaea* reveals longest animal migration. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107: 2078–2081.
- HULME P E, 2020. One biosecurity: a unified concept to integrate human, animal, plant, and environmental health. *Emerging Topics in Life Sciences*, 4: 539–549.
- KOCH A, BRIERLEY C, MASLIN M M, LEWIS S L, 2019. Earth system impacts of the European arrival and Great Dying in the Americas after 1492. *Quaternary Science Reviews*, 207: 13–36.
- LEE J E, CHOWN S L, 2009. Breaching the dispersal barrier to invasion: quantification and management. *Ecological Applications*, 19: 1944–1959.
- MONATH T P, KAHN L H, KAPLAN B, 2010. Introduction: One Health perspective. *Institute for Laboratory Animal Research Journal*, 51: 193–198.
- VITOUSEK P M, D'ANTONIO C M, LOOPE L L, REJMANEK M, WESTBROOKS R, 1997. Introduced species: a significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Ecology*, 21: 1–16.