

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2021.04.007

蠋蝽成虫对马铃薯甲虫卵和低龄幼虫的捕食能力

刘娟, 廖江花, 李超*, 胡恒志, 韩露露, 刘霞, 牛平
新疆农业大学农学院, 农林有害生物监测与安全防护重点实验室, 新疆乌鲁木齐 830052

摘要:【目的】马铃薯甲虫是我国已公布的全国农业植物检疫性有害生物名单中的害虫,自新疆传入后对我国马铃薯产业造成了巨大的损失,研究蠋蝽成虫对马铃薯甲虫卵和低龄幼虫的捕食能力,可为利用天敌防治马铃薯甲虫提供理论依据。【方法】采用室内饲养观察研究方法,并用 Holling II 型圆盘方程对研究结果进行拟合,计算寻找效应。【结果】蠋蝽成虫能够捕食马铃薯甲虫卵和低龄幼虫,且捕食功能反应均符合 Holling II 型圆盘方程,蠋蝽成虫对马铃薯甲虫卵和低龄幼虫的功能反应方程分别为 $N_a = 0.2862N/(1+0.0198N)$ 和 $N_a = 0.8400N/(1+0.0709N)$;在一定范围内,蠋蝽成虫对马铃薯甲虫卵和低龄幼虫捕食量在理论上随密度的增加而增加,当马铃薯甲虫的卵和低龄幼虫的密度分别达到 20 粒和 20 头时,蠋蝽成虫的捕食量最高;蠋蝽成虫对马铃薯甲虫卵和幼虫的最大日捕食量是 14 粒和 12 头,瞬时攻击率是 0.2862 和 0.8400;蠋蝽对马铃薯甲虫卵的控制能力(4.1299)小于对低龄幼虫的控制能力(9.9526)。【结论】蠋蝽成虫对马铃薯甲虫卵和低龄幼虫有较好的捕食能力,但控制能力不同。

关键词: 蠋蝽; 马铃薯甲虫; 捕食



开放科学标识码
(OSID 码)

Preliminary study on adult *Arma chinensis* (Fallou) preying on *Leptinotarsa decemlineata* (Say) eggs and young instar larvae

LIU Juan, LIAO Jianghua, LI Chao*, HU Hengzhi, HAN Lulu, LIU Xia, NIU Ping

Key Laboratory of the Pest Monitoring and Safety Control on Crop and Forest in Universities of Xinjiang Uygur Autonomous Region, College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China

Abstract: 【Aim】 *Leptinotarsa decemlineata* is a pest in China according to the National List of Agricultural Plant Quarantine Pests. After its introduction in Xinjiang, it caused considerable losses to the country's potato industry. Examining predation of *L. decemlineata* eggs and young instar larvae by adult *Arma chinensis* provides an effective basis for the use of natural enemies to control *L. decemlineata*. 【Method】 The experiment was conducted in growth chambers using an indoor feeding observation method. The experimental results were fitted using the Holling II model pattern, and foraging efficiency was calculated. 【Result】 *Arma chinensis* adults can prey on *L. decemlineata* eggs and young instar larvae, and the predator functional response of *A. chinensis* adults to *L. decemlineata* eggs and young instar larvae approximated the Holling II type. The predator functional response equations of *A. chinensis* adults to *L. decemlineata* eggs and young instar larvae were $N_a = 0.2862N/(1+0.0198N)$ and $N_a = 0.8400N/(1+0.0709N)$, respectively. Within a certain range, predation of *L. decemlineata* eggs and young instar larvae by *A. chinensis* adult increased with increasing density. When the density of *L. decemlineata* eggs and young instar larvae reached 20, respectively, predation by *A. chinensis* adults was at the highest rate. The maximum daily predation numbers of *L. decemlineata* eggs and young instar larvae by *A. chinensis* adults were 14 and 12, respectively, and the attacking efficiency was 0.2862 and 0.8400, respectively. The predation capacity of *A. chinensis* on *L. decemlineata* eggs (4.1299) was lower than that of young instar larvae (9.9526). 【Conclusion】 *A. chinensis* adult is a promising predator of *L. decemlineata* eggs and young instar larvae, however, at different respective control capabilities.

Key words: *Arma chinensis*; *Leptinotarsa decemlineata*; predation

收稿日期(Received): 2021-04-07 接受日期(Accepted): 2021-06-06
基金项目: 博士后基金西部项目(2017M613305XB)
作者简介: 刘娟,女,硕士研究生。研究方向:昆虫生态与害虫综合治理。E-mail: lj961527860@163.com
* 通信作者(Author for correspondence), E-mail: lichao@163.com

马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata* (Say) 隶属鞘翅目 Coleoptera 叶甲科 Chrysomelidae (Khelifi *et al.*, 2015), 是世界公认的对马铃薯具有毁灭性危害的害虫。马铃薯甲虫的成虫和幼虫主要以茄科植物叶片为食, 尤其喜食马铃薯叶片 (Bragard *et al.*, 2020), 通常造成马铃薯减产 30% ~ 50%, 严重时可导致马铃薯绝收。自传入新疆后, 该虫迅速在马铃薯上扩散, 对我国的马铃薯产业产生巨大影响。我国于 2009 年将其列入《全国农业植物检疫性有害生物名单》。目前, 马铃薯甲虫的防治多为化学防治。马铃薯甲虫对各种环境有极强的适应能力 (王玉晗等, 2020), 在防治的 2~4 年后, 马铃薯甲虫已对大部分已注册的化学农药开始产生抗药性 (Alyokhin *et al.*, 2008; Michael *et al.*, 2018)。因此, 防治马铃薯甲虫已不再局限于单一的化学防治, 研究人员开始探索化学防治、生物防治、物理防治、农业防治等相结合的防治方法。

马铃薯甲虫的天敌包括昆虫、两栖动物、蜘蛛、线虫、真菌等 200 多种。其中: 捕食性天敌包括二点益蝽 *Perillus biculatus* (Fab.)、斑腹刺益蝽 *Podisus maculiventris* (Say) (杨帅等, 2016; Casagrande, 1985) 等; 病原微生物包括球孢白僵菌 *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill 和苏云金杆菌 *Bacillus thuringiensis* (张生芳, 1994a, 1994b; Logan *et al.*, 1987; O'Neil & Canas, 2005)。研究人员在中国的马铃薯甲虫适生区调查到 54 种天敌, 多以中华通草蛉 *Chrysoperla sinica* (Tjeder)、蓝蝽 *Zicrona caerulea* (Linn.)、多异瓢虫 *Adonia variegata* (Goeze)、蠋蝽 *Arma chinensis* (Fallou) 等捕食性天敌为主。

蠋蝽隶属于半翅目 Hemiptera 蝽科 Pentatomidae 益蝽亚科 Asopinae, 是一种重要的捕食性天敌, 分布于北京、天津、四川、新疆、云南、浙江等地 (邹德玉等, 2016)。蠋蝽的若虫和成虫可以捕食多种鳞翅目和鞘翅目幼虫。在已知的马铃薯甲虫天敌中, 蠋蝽的人工饲养技术已经取得明显进展, 正进行规模化养殖 (李娇娇等, 2016; 廖平等, 2019; 潘明真等, 2018; 张健等, 2017; Zou *et al.*, 2013)。而蠋蝽防治田间害虫的研究, 也只针对榆紫叶甲 *Ambrostoma quadriimpressum* (Motschulsky) (张晓军等, 2016)、双斑长跗萤叶甲 *Monolepta hieroglyphica* (Motschulsky) (陈静等, 2007)、黄栌胫跳甲 *Ophrida xanthospilota* (Baly.) (陈倩等, 2020)、小菜蛾 *Plutella*

la xylostella (Linn.) (唐艺婷等, 2020a)、斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* (Fabricius) (唐艺婷等, 2020b)、草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (王燕等, 2019) 等捕食功能作用研究, 而有关蠋蝽对马铃薯甲虫的捕食功能作用研究较少, 仅在郭文超等 (2011)、冯丽凯等 (2013) 的研究中提到过蠋蝽捕食马铃薯甲虫, 且在冯丽凯等 (2013) 的研究中, 蠋蝽对马铃薯甲虫卵和低龄幼虫的平均捕食量为 7.3 粒和 15.4 头, 可证明蠋蝽确实为马铃薯甲虫的天敌昆虫。

本研究通过拟合捕食者的捕食功能反应模型及搜寻效应, 在实验室内研究了蠋蝽成虫对马铃薯甲虫卵和低龄幼虫的捕食作用, 以期确定蠋蝽控制马铃薯甲虫的最佳释放比例提供科学依据, 为马铃薯甲虫的有效防控提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

蠋蝽成虫来自湖南省林业科学院, 在新疆农业大学农学院农林有害生物监测与安全防护重点实验室饲养, 先用柞蚕蛹连续饲养 3 代, 然后用印度谷螟 *Plodia interpunctella* (Hübner) 饲养。每个养虫皿中释放 4 头蠋蝽成虫 (2♀+2♂), 置于智能人工培养箱内, 培养箱温度为 (27±1)℃、相对湿度 (70±5)%, 每天更换印度谷螟幼虫和蛹。

柞蚕蛹来自辽宁本溪, 于 4℃ 冰箱冷藏, 以保证饲喂蠋蝽时柞蚕蛹处于活体状态。

印度谷螟幼虫来自新疆农业大学农学院昆虫生态实验室, 于智能人工气候箱内饲养, 饲养温度 (28±1)℃、相对湿度 (50±5)%, 光周期 L:D=16:8。

马铃薯甲虫的卵和低龄幼虫为实验室内人工养殖, 每天更换新鲜的马铃薯叶片, 确保马铃薯甲虫雌成虫的产卵量足够蠋蝽食用。

1.2 试验方法

在直径 9 cm 的一次性培养皿中放入 1 张湿润滤纸, 每个培养皿分别放入 5、10、15、20、25 头马铃薯甲虫卵、低龄幼虫 (1 和 2 龄幼虫), 再分别放入 1 头已饥饿 24 h 的蠋蝽成虫, 24 h 后检查并记录培养皿中的未被捕食的马铃薯甲虫卵数、低龄幼虫数, 同时更换 1 次相同数量的马铃薯甲虫卵、低龄幼虫, 每个处理重复 5 次。

1.3 数据处理

采用 Excel、SPSS 21 软件对所得数据进行统计

分析,用 Sigma Plot 12.0 软件作图。

捕食功能反应用 Holling II 型圆盘方程 (Holling, 1959) 拟合, $N_a = \frac{aTN}{1+aT_hN}$ 。式中, N = 猎物密度; N_a = 被捕食的猎物数量; T = 捕食者可利用发现猎物的时间(本实验 $T=1\text{ d}$); a = 瞬间攻击率; T_h = 对 1 头猎物的处理时间。

将 Holling II 方程线性化后用最小二乘法求解 a 、 T_h 的值(丁岩钦, 1980)。

寻找效应估计公式为 $S = \frac{a}{1+aT_hN}$ 。

2 结果与分析

2.1 蠋蝽成虫对马铃薯甲虫卵、低龄幼虫的捕食功能作用

蠋蝽成虫对马铃薯甲虫卵及低龄幼虫的捕食量如表 1 所示, T 检验表明, 当马铃薯甲虫的卵及低龄幼虫的密度分别为 $5\text{ 粒} \cdot \text{皿}^{-1}$ 、 $5\text{ 头} \cdot \text{皿}^{-1}$ 时, 蠋蝽对卵及低龄幼虫的捕食量有差异, 其他猎物密度下, 捕食量无差异。

Holling II 型圆盘方程拟合结果(表 2) 显示, 蠋

蝽成虫对马铃薯甲虫卵、低龄幼虫的功能反应方程分别为 $N_a = 0.2862N/(1+0.0198N)$ 和 $N_a = 0.8400N/(1+0.0709N)$, 拟合后的功能反应方程中 $1/N$ 与 $1/N_a$ 之间的相关系数 R 值为 0.8670、0.8929, 均大于 $R_{0.05}(0.8114)$, 表明蠋蝽成虫的捕食量与马铃薯甲虫卵、低龄幼虫的密度显著相关。当猎物密度 $N \rightarrow \infty$ 时, N_a 为捕食量上限, 即最大捕食量, 此时, $N_a = 1/T_h$ 。因此, 24 h 内, 1 头蠋蝽成虫捕食马铃薯甲虫卵、低龄幼虫的上限分别为 14 粒和 12 头; 捕食 1 粒马铃薯甲虫卵需要 1.6632 h, 捕食 1 头低龄幼虫需要 1.8457 h; 对马铃薯甲虫卵、低龄幼虫的瞬时攻击率分别为 0.2862、0.8400; 对马铃薯甲虫卵、低龄幼虫的控害效能 a/T_h 值分别为 4.1299、9.9526。

对马铃薯甲虫的卵及低龄幼虫的理论值与实际值进行适合性检验。经卡方适合性检验, χ^2 值均为 0.220, 小于 $\chi^2(0.05, 16) = 2.12$, 理论捕食量与实际捕食量吻合, 说明模型能够反映蠋蝽成虫对马铃薯甲虫低龄幼虫的捕食变化规律(表 3)。其拟合后曲线如图 1。

表 1 蠋蝽成虫对马铃薯甲虫卵及低龄幼虫的捕食量

虫态 Stage	捕食量 Predation number				
	5 头 · 皿 ⁻¹	10 头 · 皿 ⁻¹	15 头 · 皿 ⁻¹	20 头 · 皿 ⁻¹	25 头 · 皿 ⁻¹
卵/粒 Egg	1.20±0.32a	4.16±0.80	3.52±0.71	5.56±1.28	3.41±0.68
低龄幼虫/头 Young instar larvae	2.92±0.34b	6.72±0.51	6.00±0.71	7.20±0.53	5.92±0.52

同列数据后不同字母表示差异显著 ($P<0.05$)。
Data followed by different letters in the same column are significantly different at 0.05 level.

表 2 蠋蝽成虫对马铃薯甲虫卵、低龄幼虫的捕食功能反应及其参数估计

虫态 Stage	功能反应方程 Functional response equation	瞬间攻击率 Attacking efficiency (a)	处置时间 Handling time (T_h/d)	最大日平均 捕食量 Predation number ($1/T_h$)	控害效能 Predation capacity (a/T_h)	相关系数 Correlation (R)
卵 Egg	$N_a = 0.2862N/(1+0.0198N)$	0.2862	0.0693	14.4300	4.1299	0.8670
低龄幼虫 Young instar larvae	$N_a = 0.8400N/(1+0.0709N)$	0.8400	0.0844	12.3305	9.9526	0.8929

表 3 理论捕食量与实际捕食量比较及模型适合度检验

Table 3 Comparison of theoretical predation and actual predation and model fitness test									
虫态 Stage	猎物密度 /(粒 · 皿 ⁻¹) Prey density	实际捕食量/粒 Actual predation	理论捕食量/粒 Theoretical predation	χ^2	虫态 Stage	猎物密度 /(头 · 皿 ⁻¹) Prey density	实际捕食量/头 Actual predation	理论捕食量/头 Theoretical predation	χ^2
卵	5	1.20	1.2857	0.220	低龄幼虫	5	2.92	3.1008	0.220
Egg	10	4.16	2.3589		Young	10	6.72	4.9152	
	15	3.52	3.2683		instar	15	6.00	6.1061	
	20	5.56	4.0487		larvae	20	7.20	6.9479	
	25	2.64	4.7258			25	5.92	7.5744	

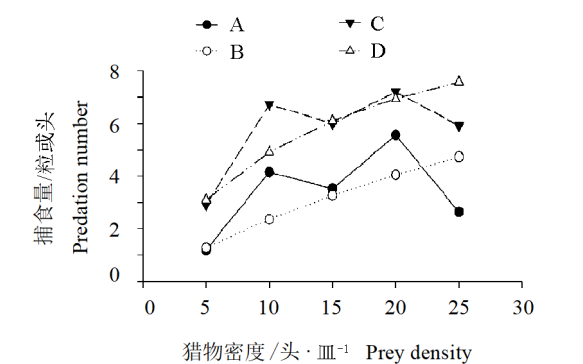


图1 蠋蝽成虫对马铃薯甲虫卵、低龄幼虫的功能反应拟合图

Fig.1 The fitting curve about the function response of *A. chinensis* to *L. decemlineata* eggs and young instar larvae

A: 卵实测值; B: 卵理论值; C: 低龄幼虫实测值; D: 低龄幼虫理论值。

A: Measured value of eggs; B: Theoretical value of eggs;

C: Measured value of young instar larvae;

D: Theoretical value of young instar larvae.

2.2 蠋蝽成虫对马铃薯甲虫卵、低龄幼虫的寻找效应

寻找效应是捕食过程中对寄主攻击的一种行为效应。由图2可知,蠋蝽成虫对马铃薯甲虫卵、低龄幼虫的寻找效应随着猎物密度的增加,均呈规律性下降,对卵的寻找效应变化下降缓慢,对低龄幼虫的寻找效应变化下降快速;在猎物密度相同的条件下,蠋蝽成虫对马铃薯甲虫低龄幼虫的寻找效应高于对卵的寻找效应。

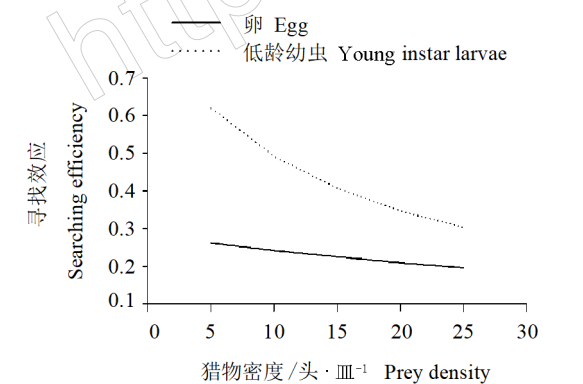


图2 蠋蝽成虫寻找效应与猎物密度的关系

Fig.2 The relationship between the searching efficiency of *A. chinensis* and the density of prey

3 讨论

本试验发现,蠋蝽成虫对马铃薯甲虫卵及低龄幼虫的捕食作用受猎物密度影响,其捕食量随着猎物密度的增加而增加,但其捕食量的增加与马铃薯甲虫卵与低龄幼虫密度的增加不是线性关系,而是呈现一种减速增长,到达一定的密度后不再增长。

蠋蝽成虫捕食马铃薯甲虫卵及低龄幼虫符合Holling II 圆盘方程。

在本试验中,蠋蝽成虫对马铃薯甲虫卵及低龄幼虫具有较强的捕食能力。试验结果显示,蠋蝽成虫对马铃薯甲虫卵及低龄幼虫的日最大捕食量分别为14粒和12头。冯丽凯等(2016)研究显示,苜蓿盲蝽 *Adelphocoris lineolatus* Goeze 对马铃薯甲虫1、2龄幼虫的日最大捕食量分别为11和9头。相比蠋蝽成虫对马铃薯甲虫的捕食能力,苜蓿盲蝽的捕食能力较低。蠋蝽对于马铃薯甲虫的控害能力较大,这对害虫生物防治应用非常有益。寻找效应是捕食过程中对寄主攻击的一种行为效应。蠋蝽成虫对马铃薯甲虫卵、低龄幼虫的寻找效应随着猎物密度的增加,均呈现规律性的下降。

蠋蝽是国内外应用较多的捕食性昆虫,对多种农林害虫具有较强的自然控制作用。根据本研究结果可知,蠋蝽成虫对马铃薯甲虫有一定的捕食能力,理论上可通过释放蠋蝽防治马铃薯甲虫。本研究还分析了蠋蝽捕食能力与马铃薯甲虫卵及低龄幼虫密度关系,为选择合适的蠋蝽释放比例提供理论依据。由于本试验只是在室内对蠋蝽成虫对马铃薯甲虫卵及低龄幼虫的捕食功能进行了初步研究,若处于自然环境条件下,则外界环境也可能影响蠋蝽对猎物的捕食效率。因此,确定蠋蝽对马铃薯甲虫的具体控害效能还需通过田间试验进一步评估。

参考文献

陈静, 张建萍, 张建华, 田永浩, 徐志超, 李广伟, 2007. 蠋蝽对双斑长跗蚱叶甲成虫的捕食功能研究. 昆虫天敌, 29(4): 149-154.

陈倩, 焦进卫, 宁少华, 梁洪柱, 梁晓梅, 2020. 蠋蝽对黄栌胫跳甲的捕食功能反应. 西部林业科学, 49(6): 163-165, 170.

丁岩钦, 1980. 昆虫种群数学生态学原理与应用. 北京: 科学出版社.

冯丽凯, 王佩玲, 舒敏, 郭文超, 王朴, 2013. 马铃薯甲虫捕食性天敌昆虫种类及捕食量初步研究. 环境昆虫学报, 35(03): 334-342.

冯丽凯, 徐强, 舒敏, 郭文超, 王佩玲, 2016. 苜蓿盲蝽成虫对马铃薯甲虫低龄幼虫的捕食功能反应. 石河子大学学报(自然科学版), 34(6): 709-712.

郭文超, 吐尔逊, 许咏梅, 刘建, 许建军, 王佩玲, 何江, 夏

- 正汉, 付文君, 景新跃, 张冬梅, 2011. 马铃薯甲虫持续防控技术研究与应用. 新疆农业科学, 48(2): 197-203.
- 李娇娇, 张长华, 易忠经, 冉贤传, 张礼生, 刘晨曦, 王孟卿, 陈红印, 2016. 三种猎物对蠋蝽生长发育和繁殖的影响. 中国生物防治学报, 32(5): 552-561.
- 廖平, 苗少明, 许若男, 刘晨曦, 陈国康, 王孟卿, 毛建军, 张礼生, 陈红印, 2019. 新型蠋蝽若虫液体人工饲料效果评价. 中国生物防治学报, 35(1): 9-14.
- 潘明真, 张海平, 张长华, 易忠经, 陈红印, 2018. 饲养密度和性比对蠋蝽存活和繁殖生物学特性的影响. 中国生物防治学报, 34(1): 52-58.
- 唐艺婷, 郭义, 潘明真, 毛建军, 陈红印, 2020a. 蠋蝽对小菜蛾幼虫的捕食作用. 植物保护, 46(4): 155-160.
- 唐艺婷, 王孟卿, 李玉艳, 刘晨曦, 毛建军, 2020b. 蠋蝽对斜纹夜蛾幼虫的捕食作用. 中国烟草科学, 41(1): 62-66.
- 王燕, 张红梅, 尹艳琼, 李向永, 赵雪晴, 2019. 蠋蝽成虫对草地贪夜蛾不同龄期幼虫的捕食能力. 植物保护, 45(5): 42-46.
- 王玉晗, 于昕, 石旺鹏, 于艳雪, 2020. 马铃薯甲虫发生及监测技术研究进展. 植物检疫, 34(4): 40-46.
- 杨帅, 付开赞, 胡红英, 郭文超, 李建成, 吐尔逊, 2016. 斑腹刺益蝽人工饲养及其捕食马铃薯甲虫效果初步观察. 农村科技 (1): 36-38.
- 邹德玉, 徐维红, 刘佰明, 白义川, 刘晓琳, 许静杨, 胡霞, 谷希树, 2016. 天敌昆虫蠋蝽的研究进展与展望. 环境昆虫学报, 38(4): 857-865.
- 张健, 周毓麟, 孙守慧, 2017. 利用人工饲料连代饲养蠋蝽若虫效果评价. 中国森林病虫, 36(4): 37-40.
- 张晓军, 张健, 孙守慧, 2016. 蠋蝽对榆紫叶甲的捕食作用. 中国森林病虫, 35(1): 13-15, 30.
- 张生芳, 1994a. 欧洲的马铃薯甲虫食虫天敌. 植物检疫, 8(5): 276-278.
- 张生芳, 1994b. 由美洲引入欧洲的马铃薯甲虫天敌. 植物检疫, 8(6): 342-344.
- ALYOKHIN A, BAKER M, MOTA-SANCHEZ D, DIVEY G, 2008. Colorado potato beetle resistance to insecticides. *American Journal of Potato Research*, 85(6): 395-413.
- BRAGARD C, DEMHNEN S K, DI S F, GONTHIER P, JACQUES M A, JACQUES M J A, JUSTESEN A F, MAGNUSSON C S, MILONAS P, NAVAS C J A, PANELL S, POTTING R, REIGNAULT P L, THULKE H H, VAN D W W, CIVERA A V, YUEN J, ZAPPALA L, KERTESZ V, MAIORANO A, STREISSL F, MAC L A, 2020. Pest categorisation of *Leptinotarsa decemlineata*. *EFSA Journal*, 18(12): 6359.
- CASAGRANDE R A, 1985. The "Iowa" potato beetle, its discovery and spread to potatoes. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 31(2): 27-29.
- HOLLING C S, 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Canadian Entomologist*, 91(7): 385-398.
- KHELIFI M, LADURANTAYE Y D, ALMADY S, BEAUDOIN M P, 2015. Field trials of a mechanical prototype designed to release insect predators to control the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say). *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 58(3): 577-584.
- LOGAN P A, CASAGRANDE R A, HSIAO T H, DRUMMOND F A, 1987. Collections of natural enemies of *Leptinotarsa decemlineata* [Coleoptera: Chrysomelidae] in Mexico, 1980-1985. *Entomophaga*, 32: 249-254.
- MICHAEL S C, SILVIA I R, SEAN D S, 2018. A comparison of resistance to imidacloprid in Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) populations collected in the North-west and Midwest U.S. *American Journal of Potato Research*, 95(5): 495-503.
- O'NEIL R J, CANAS L A, 2005. Foreign exploration for natural enemies of the Colorado potato beetle in Central and South America. *Biological Control*, 33(1): 1-8.
- ZOU D Y, COUDRON T A, LIU C, ZHANG L S, WANG M Q, CHEN H Y, 2013. Nutrigenomics in *Arma chinensis*: transcriptome analysis of *Arma chinensis* fed on artificial diet and Chinese oaksilk moth *Antheraea pernyi* pupae. *PLoS ONE*, 8(4): e60881.

(责任编辑:郭莹)