

异色瓢虫对胡萝卜微管蚜防治潜能评价

张晓曼, 奚一名, 王 甦, 罗 晨*, 张 帆

(北京市农林科学院植物保护环境保护研究所, 北京 100097)

摘要: 为明确异色瓢虫对胡萝卜微管蚜的防治效果潜能, 本试验以芹菜为寄主植物, 研究了异色瓢虫 4 龄幼虫对胡萝卜微管蚜捕食功能反应和不同益害比的控害效果。结果表明胡萝卜微管蚜密度为 40、80、120 (头) 时, 异色瓢虫的捕食量成增大趋势且各组之间有显著性差异, 当胡萝卜微管蚜的密度为 160、200、240 (头) 时瓢虫的捕食量各组间无显著性差异。4 龄异色瓢虫幼虫的取食量受胡萝卜微管蚜密度影响显著, 且捕食功能反应符合 Holling-II 型反应模型。4 龄异色瓢虫幼虫的瞬时攻击率 a' 为 1.1862, 取食 1 头胡萝卜微管蚜所需时间 (即处置时间 Th) 为 0.004, 4 龄异色瓢虫幼虫对胡萝卜微管蚜的最大捕食量为 210.9 头, 瓢虫对蚜虫的搜索效应 $S=1+0.00474 N$ 。益害比试验中得出 4 龄异色瓢虫幼虫对胡萝卜微管蚜捕食量符合二次回归方程, 二次回归方程显示当胡萝卜微管蚜密度均为 500 时, 随着异色瓢虫数量的增加, 其捕食量成先增大后减少趋势, 根据公式其最大捕食量为 186.26, 最佳益害比例为 1:83。本试验对利用异色瓢虫防治胡萝卜微管蚜具有一定的指导意义, 以期为无公害芹菜种植提供有效的生物防治对策。

关键词: 异色瓢虫; 胡萝卜微管蚜; 功能反应; 益害比; 捕食量

中图分类号: S476.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9261(2015)03-0317-05

Assessment of Potential Control of *Semiaphis heraclei* by *Harmonia axyridis*

ZHANG Xiaoman, XI Yiming, WANG Su, LUO Chen*, ZHANG Fan

(Institute of Plant and Environment Protection, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

Abstract: To establish the potential control of *Semiaphis heraclei* (Takahashi) by *Harmonia axyridis* (Pallas), we evaluated predatory function in and control efficacy of *H. axyridis*, using celery *Apium graveolens* cv. Ventura as host plant and *S. heraclei* as prey. When aphid densities were set a 40, 80 and 120, predation by *H. axyridis* increased significantly with prey density. When prey densities were 160, 200 and 240, numbers of preys predated by the ladybirds were not significantly different between prey density groups. Prey density showed significant impact on predation by the ladybird 4th larvae, which could be fitted with Holling-II model. The instant attack parameter (a') of the ladybird 4th larvae was 1.1862, the disposal time was 0.004, and the Na max was 210.9. The search effect of ladybird could be described by $S=1+0.00474 N$. Predation of the prey by the ladybird 4th larvae fitted well with quadratic regression equation, which showed an increase and then a decrease in predation with the increase of ladybird, when the density of aphids was set at 500. The equation also indicated a Na max of 186.26 and an optimum beneficial/pest ratio of 1:83. The results may be significant for biocontrol of *S. heraclei* using *Harmonias axyridis* in organic cultivation of celery.

Key words: *Harmonia axyridis*; *Semiaphis heraclei*; function response; ratios of beneficial to harmful; predacious number

收稿日期: 2014-08-05

基金项目: 国家“973”计划(2013CB127600); 现代农业产业技术体系(BLVT-13)

作者简介: 张晓曼, 女, 硕士, E-mail: Zhangxiaoman456@126.com; *通信作者, 博士, 研究员, E-mail: Luo chen@baafs.net.cn.

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2015.03.004

芹菜 *Apium graveolens* cv. Ventura 是北京地区重要的叶类蔬菜,随着设施农业的发展,芹菜上的病虫害日渐增多,尤其在一些无公害种植园区,蚜虫常年发生不间断。芹菜上蚜虫主要有柳二尾蚜 *Cavariella salicicola* (Matsumura)、桃蚜 *Myzus persicae* (Sulzer)、胡萝卜微管蚜 *Semiaphis heraclei* (Takahashi) 和甘蓝蚜 *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) 等^[1],其中胡萝卜微管蚜的为害近几年成上升趋势。胡萝卜微管蚜在我国南北各个地方均有分布,给生产带来重大损失,常群聚在蔬菜的叶背、嫩叶、幼茎、花苞及生长点等处,吸取汁液和养分,致使叶片卷曲、嫩叶皱褶畸形,为害严重时,植株生长发育迟缓、甚至停滞。近年来随着人们对绿色农业及食品安全问题的关注,蔬菜生产中农药过量施用所造成的衍生问题成为现在植保工作关注的热点^[2,3]。芹菜作为叶菜类的蔬菜,农药残留更易对人体健康造成威胁。利用蚜虫的捕食性天敌,如瓢虫、草蛉等,能够减少环境污染和提高蔬菜品质,为生产安全无污染的蔬菜提供有力措施^[4]。

蚜虫的主要天敌有异色瓢虫 *Harmonia axyridis* (Pallas)、龟纹瓢虫 *Propylea japonica* (Thunberg)、十三星瓢虫 *Hippodamia tredecimpunctata* (Linnaeus)、七星瓢虫 *Coccinella septempunctata*、小花蝽 *Orius strigicollis* (Poppius) 和大草蛉 *Chrysopa pallens* (Rambur) 等^[5-12],其中异色瓢虫为生物防治中研究和应用利用最多的捕食性天敌。关于异色瓢虫对不同种蚜虫的捕食功能反应有较多研究,如在对异色瓢虫对桃粉大尾蚜 *Hyalopterus pruni* (Geoffroy) 及桃一点斑叶蝉 *Typhlocyba sudra* 的室内捕食研究发现其对桃粉大尾蚜有很好的捕食效果^[13];在室内异色瓢虫对枸杞蚜虫 *Aphis* sp. 有较好的捕食功能,在田间亦有较好的防治效果^[7];异色瓢虫对苹果瘤蚜 *Myzus malisuctus* 的捕食选择性略大于绣线菊蚜 *Aphis citricola* Van der Goot^[14];另外,异色瓢虫对毛白杨上的白毛蚜 *Chaitophorus populiabae* (Boyer de Fonscolombe) 亦有很好的防治效果^[15]。异色瓢虫还能有效控制果园内的多种蚜虫^[5]和园林绿化植物木槿上的木槿蚜虫 *Hibiscus syriacus* L.^[16]。在加拿大东南部及美国东北部地区,异色瓢虫可用于对美洲山红松及核桃上的害虫进行有效防治^[6],在美国南部地区异色瓢虫已成为棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 的主要天敌^[17]。

尽管异色瓢虫对多种蚜虫均有很好的防治效果^[6],但对防治芹菜上胡萝卜微管蚜的工作尚未见相关报道。为明确异色瓢虫对芹菜胡萝卜微管蚜的防治潜能,本试验选取异色瓢虫 4 龄幼虫,考查其对不同密度下的胡萝卜微管蚜的取食能力变化,并通过拟合 Holling-II 功能反应模型,明确异色瓢虫每天的最大捕食量和不同密度下的胡萝卜微管蚜的平均捕食量及搜寻效率和瞬时攻击率。在益害比试验中,通过回归分析中的曲线估计,明确了益害比符合二次回归方程,同时得出了在此二次回归方程中的最大捕食量。本试验结果将对生产上利用异色瓢虫防治胡萝卜微管蚜提供指导意义,以期芹菜的无公害种植提供有效的生物防治对策。

1 材料与方法

1.1 试验材料

芹菜文图拉品种 *Apium graveolens* cv. Ventura, 购自北京北农种业有限公司,营养钵育苗后定植在口径 10 cm 的塑料钵内,胡萝卜微管蚜采自北京市农林科学院植物保护环境保护研究所韩村河实验基地,室内以芹菜为寄主植物续代 7 代;异色瓢虫采自王家园苹果园实验室内以豌豆修尾蚜 *Megoura japonica* (Matsumura) 为捕食对象,蚕豆 *Vicia faba* L. 为寄主植物,连续饲养 5 代,试验时所用蚜虫均为 3~4 龄胡萝卜微管蚜。试验昆虫均在北京市农林科学院温室内饲养。

1.2 试验方法

1.2.1 捕食功能反应 胡萝卜微管蚜设置 6 个密度梯度分别为 40、80、120、160、200、240 (头)。将胡萝卜微管蚜按照上述密度设置分别接入直径为 9 cm 的培养皿中,内放入新鲜的芹菜叶片,引入饥饿 24 h 的单头异色瓢虫 4 龄幼虫,放到已装有不同密度蚜虫的培养皿中。以封口膜 (Parafilm, USA) 封口,并用昆虫针扎取通风孔若干。1 个培养皿为 1 个重复,同时设置一组不引入瓢虫的不同密度的胡萝卜微管蚜作为对照,24 h 后记录胡萝卜微管蚜的剩余数量及其自然死亡率,每处理重复 5 次。

1.2.2 不同益害比的控害调查 将单株芹菜苗放入养虫笼内 (40 cm×30 cm×60 cm),待芹菜生长至 30~35 cm 高时,于其上接种胡萝卜微管蚜 500 头/株。后将经饥饿 24 h 处理的异色瓢虫 4 龄幼虫,按照瓢虫与

胡萝卜微管蚜的比例为 2:500、3:500、4:500、5:500、6:500、7:500、8:500 共 7 个处理, 放入已引入胡萝卜微管蚜的养虫笼中, 24 h 后分别记录蚜虫的剩余数量。每处理重复 5 次。

1.3 试验条件

以上各组处理均在光照培养箱内 (Sanyo ML2-351) 进行试验, 温度 $(23 \pm 1) ^\circ\text{C}$ 、RH 70%~75%、光周期 14L:10D, 光照强度 3500 Lx 左右。

1.4 数据统计与分析

数据分析采用 SPSS 17.0 数据处理系统中的单因素实验统计, 计算各个密度下异色瓢虫 4 龄幼虫对胡萝卜微管蚜取食量平均值及标准误, 并以胡萝卜微管蚜的密度为独立变量, 对不同密度下瓢虫的取食量进行单因素方差分析。

异色瓢虫捕食量拟合 Holling-II 型功能反应模型^[18], $Na = a'NT / (1 + a'T_hN)$, 式中 Na 为被捕食的猎物数量; a' 为搜寻效率; N 为猎物密度; T 为捕食者总利用时间 (在此为 1 d); T_h 为捕食 1 头猎物所花时间 (即平均处理时间)。即 $1/N_a = (1/a'T) \times (1/N) + T_h/T$

Holling II 模型中将胡萝卜微管蚜密度及瓢虫取食量进行倒数转换, 利用直线方程拟合功能反应方程式, 得出各个参数后计算各个密度下的理论值, 利用卡方检验对方程的拟合度进行比较。并利用公式求出搜索效应 $S = 1 + a'T_hN$, 瓢虫与胡萝卜微管蚜益害比采用回归分析中的曲线估计, 以瓢虫的数量作为独立变量, 以在此比例下取食胡萝卜微管蚜的个数为因变量, 进行回归分析。

2 结果与分析

2.1 异色瓢虫对胡萝卜微管蚜的捕食功能反应

异色瓢虫对不同密度的胡萝卜微管蚜的实际捕食量随着胡萝卜微管蚜密度的增大而捕食量先变大后呈平稳趋势。当胡萝卜微管蚜密度为 40、80、120 头时, 异色瓢虫的捕食量呈增大趋势且各组之间有显著性差异, ($P=0.001$)。当胡萝卜微管蚜的密度为 160、200、240 头时瓢虫的捕食量各组间无显著性差异 ($P>0.05$) (图 1)。功能反应从结果可知为 Holling-II 捕食功能反应型, T 为 24 h, 即 T 可视为 1, 异色瓢虫 4 龄幼虫对不同胡萝卜微管蚜捕食数量 (Na) 与胡萝卜微管蚜投放密度 (N) 利用最小乘法拟合得到异色瓢虫 4 龄幼虫对胡萝卜微管蚜的捕食功能反应直线回归方程为 $1/N_a = 0.843/N + 0.004$, 则功能反应捕食数量 $N_a = 1.1862N / (1 + 0.004N)$ 。瓢虫对胡萝卜微管蚜的搜索效应即 $S = 1 + 0.00474N$ 。

线性相关系数 $r=0.961$, 表明异色瓢虫 4 龄幼虫的捕食量与胡萝卜微管蚜密度成显著相关性。卡方检验结果表明, 所得功能反应方程在各猎物密度下的理论取食量与实际观测结果没有显著差异 (图 2) ($\chi^2 = 6.19$, $P=0.288$)。异色瓢虫 4 龄幼虫的瞬时攻击率 a' 为 1.1862, 取食 1 头胡萝卜微管蚜所需时间 (T_h) 为 0.004, 从功能反应的公式可知单头异色瓢虫 4 龄幼虫 24 h 内的捕食胡萝卜微管蚜的最大捕食量为 210.9

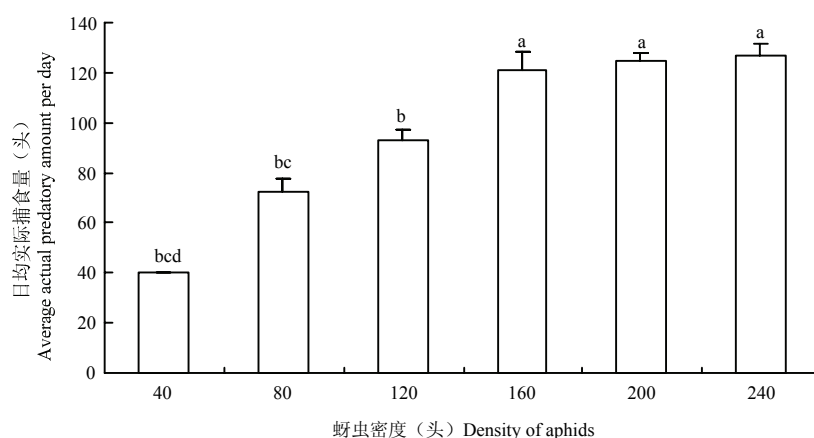


图 1 异色瓢虫 4 龄幼虫对不同密度胡萝卜微管蚜 24 h 的实际捕食量

Fig. 1 Practical predatory of fourth instars *H. axyridis* on aphids of different densities

头。不同的胡萝卜微管蚜密度,瓢虫对胡萝卜微管蚜的搜索效应在 1.02 左右上下浮动(图 2 中理论捕食量曲线上的误差线)。

2.2 不同益害比的控害效果

相同密度的胡萝卜微管蚜随着捕食性天敌异色瓢虫数量的增多,捕食胡萝卜微管蚜量增多,当异色瓢虫 4 龄幼虫与胡萝卜微管蚜的数量比大于 5:500 时,其捕食量无明显变化,根据不同益害比的实测值,利用 SPSS 中的回归方程曲线估计得出二次回归方程式为 $y = -14x^2 + 186.3x - 115.96$, 其中 x 为一定胡萝卜微管蚜数量下的异色瓢虫 4 龄幼虫头数, y 为取食胡萝卜微管蚜头数。实际观测值中当异色瓢虫 4 龄幼虫与胡萝卜微管蚜的比例小于 4:500 时随着比例的增加,瓢虫取食量增加,比例大于 4:500 随着比例的增加瓢虫的取食量增加不显著;二次回归方程显示相同密度的胡萝卜微管蚜随着异色瓢虫数量的增多,对胡萝卜微管蚜的捕食量呈先增大后减少的趋势,当捕食效率达到 6:500 时为最大,理论取食数量为 497.84,即最佳益害比为 1:83。当瓢虫与胡萝卜微管蚜之比大于 6:500 时,随着异色瓢虫数量的增多其捕食量下降(图 3),瓢虫的最大理论捕食量公式得其最大捕食量 $y = 186.26$ 。

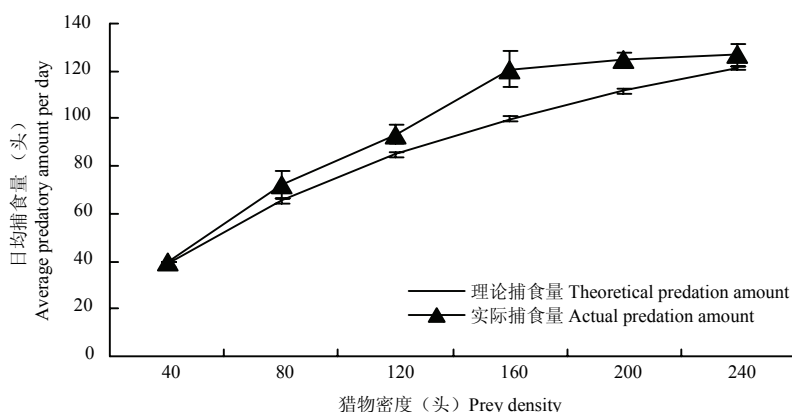


图 2 异色瓢虫 4 龄幼虫对不同密度胡萝卜微管蚜捕食量的实测值与理论值比较曲线

Fig. 2 The compare of practical and theoretical predatory curve of fourth instars *H. axyridis* on aphids of different densities

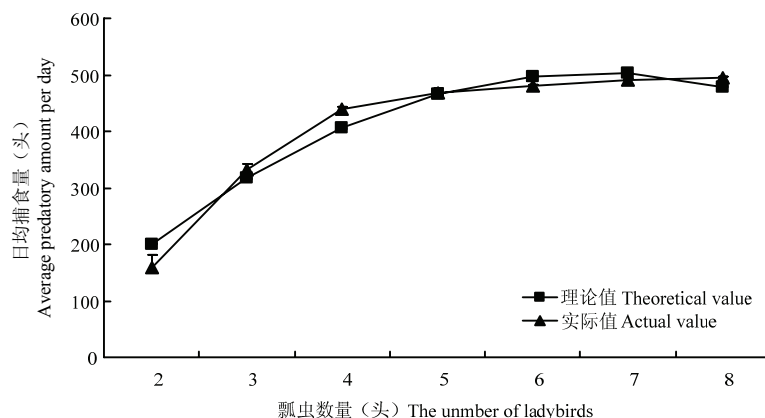


图 3 异色瓢虫 4 龄幼虫与胡萝卜微管蚜益害比与瓢虫捕食量的关系曲线

Fig. 3 Relation curve of predation number of ladybird with the beneficial to harm number ratio of fourth instars *H. axyridis* and *S. heraclei*

3 讨论

胡萝卜微管蚜为芹菜上的主要害虫,目前对胡萝卜微管蚜的研究主要关于灰毡毛忍冬植物上胡萝卜微管蚜的分布及^[19]及优势天敌的筛选^[20],在对八斑和瓢虫 *Harmonia octomaculata* (Fabricius)、粗网巧瓢虫 *Denopie chinensis* (Weise)、六斑月瓢虫 *Menochilus sexmaculata* (Fabricius)、红星盘瓢虫 *Phrynocaria congener*

(Billberg)、龟纹瓢虫、狭臀瓢虫 *Coccinella transversalis* (Fabricius) 等 6 种瓢虫对胡萝卜微管蚜的捕食功能反应发现粗网巧瓢虫成虫对胡萝卜微管蚜的控制效果最好。芹菜上胡萝卜微管蚜的研究相对较少, 仅有芹菜上蚜虫的发生种类及发生规律报道^[1], 并未有相关防治研究。

异色瓢虫是包括蚜虫在内的多种农作物害虫的主要捕食性天敌, 是一种具有生物学优势并值得开发利用的天敌^[5,12]。我们对异色瓢虫 4 龄幼虫捕食胡萝卜微管蚜的效果进行了评估, 研究结果表明异色瓢虫对胡萝卜微管蚜捕食功能反应符合 Holling-II 型功能反应模型, 理论值中, 异色瓢虫 4 龄幼虫对胡萝卜微管蚜的捕食量随着胡萝卜微管蚜密度的增加, 其捕食量增加。单头异色瓢虫 4 龄幼虫对胡萝卜微管蚜的最大理论捕食量为 210.9 头, 大于其对枸杞蚜虫^[11]及绣线菊蚜和苹瘤蚜^[14]的最大捕食量。同时, 也大于其他 6 种瓢虫对胡萝卜微管蚜的最大捕食量^[20]。异色瓢虫对胡萝卜微管蚜的瞬时攻击率 $a'=1.1862$, 大于其他 6 种瓢虫对胡萝卜微管蚜的瞬时攻击率(八斑和瓢虫: 1.0612、粗网巧瓢虫: 0.9736、狭臀瓢虫: 1.0595、红星瓢虫: 1.0839、龟纹瓢虫: 1.1731 和六斑月瓢虫: 1.0596)^[20]。可见, 异色瓢虫相对于其他 6 种瓢虫, 为控制胡萝卜微管蚜的最有效天敌。益害比试验表明异色瓢虫 4 龄幼虫对胡萝卜微管蚜的取食曲线符合二次回归方程, 在猎物数量不变的情况下, 随着异色瓢虫 4 龄幼虫数量的增加, 其捕食量呈先增加后减少趋势, 这可能是异色瓢虫种内竞争的结果。笼内试验表明异色瓢虫 4 龄幼虫捕食胡萝卜微管蚜的最佳比例为 1:83 (图 3 中曲线中理论值的最高点即 6:497.84), 此时异色瓢虫 4 龄幼虫能在最短的时间内对胡萝卜微管蚜进行有效防治。

由于田间空间增大, 也增加了异色瓢虫对猎物的寻找难度, 所以我们的结果不一定适宜田间应用, 田间中的应用有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 王凤葵. 陕西芹菜蚜虫的发生和防治[J]. 植物保护, 1986, 12(1): 26-27.
- [2] Lehotay S J, Mastovska K, Yun S. Evaluation of two fast and easy methods for pesticide residue analysis in fatty food matrixes[J]. Journal of AOAC International, 2005, 88: 630-638.
- [3] 张正尧, 苗春雨, 鹿尘. 周口市蔬菜中有机磷农药残留量调查[J]. 预防医学情报杂志, 2006, 22(4): 480-490.
- [4] 万方浩, 叶正楚, 郭建英, 等. 我国生物防治研究的进展及展望[J]. 昆虫知识, 2000, 37(2): 65-74.
- [5] 马菲, 杨瑞生, 高德三. 果园蚜虫的发生及应用异色瓢虫控蚜[J]. 辽宁农业科学, 2005, 2: 37-39.
- [6] Koch R L. The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*. A review of its biology, uses in biological control, and non-target impacts[J]. Journal of Insect Science, 2003, 3: 1-16.
- [7] 关晓庆. 异色瓢虫对枸杞蚜虫的捕食功能反应及选择[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(12): 2442-2445.
- [8] 李书文, 尚素琴, 张新虎. 十三星瓢虫和龟纹瓢虫对萝卜蚜的捕食反应[J]. 甘肃农业大学学报, 2012, 47(6): 97-100.
- [9] 杨慧玲. 七星瓢虫对松大蚜和棉蚜的选择效应[J]. 东北林业大学学报, 2010, 38(8): 149-150.
- [10] 崔素贞. 小花蝽生物学特性及其对主要棉虫控制作用的研究[J]. 棉花学报, 1994, 6: 78-83.
- [11] 孙丽娟, 衣维贤, 赵川德, 等. 大草蛉对 3 种蚜虫的捕食能力研究[J]. 植物保护, 2013, 39(5): 153-157.
- [12] 王魁, 张润志, 张帆. 异色瓢虫生物生态学研究进展[J]. 应用生态学报, 2007, 18(9): 2117-2126.
- [13] 杨春材, 赵益勤, 程德兵, 等. 异色瓢虫对桃粉大尾蚜、桃一点斑叶蝉捕食选择性研究[J]. 应用生态学报, 1996, 7: 57-61.
- [14] 孙丽娟, 衣维贤, 顾耘, 等. 异色瓢虫对两种苹果蚜虫的捕食作用[J]. 西北农业学报, 2012, 21(7): 39-43.
- [15] 李照会, 郑方强, 叶保华, 等. 异色瓢虫对白毛蚜捕食作用的研究[J]. 昆虫学报, 1993, 36(4): 438-443.
- [16] 王金凤, 李素艳. 木槿蚜虫的克星——红点唇瓢虫、异色瓢虫、红环瓢虫和七星瓢虫[J]. 河北林业科技, 1999, 12(4): 24-25.
- [17] Wells M L, Mc Pherson R M, Ruberson J R, et al. Coccinellids in cotton: population response to pesticide application and feeding response to cotton aphids (Homoptera: Aphididae)[J]. Environmental Entomology, 2001, 30: 785-793.
- [18] Holling C S. Some characteristics of simple types of population and parasitism[J]. The Canadian Entomologist, 1959, 91: 385-398.
- [19] 张应, 崔广林, 李隆云. 胡萝卜微管蚜在灰毡毛忍冬上的空间分布格局[J]. 植物保护, 2012, 38(6): 77-79.
- [20] 欧善生, 简峰, 苏桂花, 等. 6 种瓢虫对胡萝卜微管蚜捕食功能反应的测试[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(27): 16622-16645.