

DOI:10.13718/j.cnki.zwys.2021.05.010

异色瓢虫不同地理种群对拉萨设施 蔬菜桃蚜的捕食功能研究^①

张欢欢, 旺珍, 尼玛玉珍, 杨杰

西藏自治区农牧科学院 蔬菜研究所, 拉萨 850032

摘要: 为明确异色瓢虫对桃蚜的捕食潜能及不同地理种群异色瓢虫捕食能力的差异, 本研究以辣椒为寄主植物, 研究了异色瓢虫各龄幼虫和成虫对桃蚜的捕食功能反应、异色瓢虫 4 龄幼虫在不同益害比下的捕食作用及不同地理种群异色瓢虫 4 龄幼虫的捕食能力。结果表明, 异色瓢虫各虫态对桃蚜的捕食功能反应符合 Holling II 反应模型, 对桃蚜的捕食量有明显差异, 在相同桃蚜密度下, 日最大捕食量按从高到低依次为 4 龄幼虫 (250.00 头)、雌成虫 (166.67 头)、雄成虫 (142.88 头)、3 龄幼虫 (62.50 头)、2 龄幼虫 (13.33 头)、1 龄幼虫 (3.77 头)。当桃蚜密度均为 500 头时, 随着异色瓢虫数量的增加, 其捕食量呈现先增大后减少的趋势。当瓢虫与桃蚜数量之比为 6 : 500 时, 其最大日捕食量为 443.10 头, 最佳益害比例为 1 : 83。通过比较 3 个不同地理种群的 4 龄异色瓢虫日均捕食量, 发现林芝 4 龄异色瓢虫在不同蚜虫密度下显著高于沈阳和福建 4 龄幼虫, 而福建和沈阳 4 龄幼虫之间差异不明显。

关键词: 异色瓢虫; 桃蚜; 捕食功能反应; 设施蔬菜

中图分类号: S476+.2 文献标志码: A 文章编号: 1007-1067(2021)05-0053-06

Control Potential of Different Geographic Populations of *Harmonia axyridis* on *Myzus persicae* in Greenhouses of Lhasa

ZHANG Huanhuan, WANG Zhen, NIMA Yuzhen, YANG Jie

Institute of Vegetable, Xizang Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Lhasa 850032, China

Abstract: To clarify the predation potential of *Harmonia axyridis* on *Myzus persicae* and the difference in predation ability of different *H. axyridis* geographic populations, this research, with pepper as the host, evaluated the predation functional responses of each instar larvae and adults of *H. axyridis* on *M. persicae*,

① 收稿日期: 2021-07-15

基金项目: 西藏自治区自然科学基金项目(XZ 2019ZR); 西藏自治区重点研发及转化计划项目(XZ-2019-NK-NS-009)。

作者简介: 张欢欢, 硕士, 主要从事病虫害生物防治方面的研究。E-mail: 1349282933@qq.com

共同第一作者: 旺珍, 本科, 主要从事于病虫害防治工作。E-mail: 506997568@qq.com

通信作者: 杨杰, 主要从事植物保护研究。E-mail: yangjie5251@126.com

共同通信作者: 尼玛玉珍, 助理研究员, 主要从事植物保护病虫害防治研究。E-mail: 2303388920@qq.com

the predatory capacity 4-instar larvae with different ratios of *H. axyridis* to *M. persicae*, and compared the predatory capacity of different geographic populations of *H. axyridis*. The results indicated that the predation functional responses of *H. axyridis* could be described by the HollingII model, and the predatory capacities varied conspicuously in different instars and geographic populations. Under the same density of *M. persicae*, the maximum daily predatory number of *H. axyridis* was ranked as following: 4-instar larvae (250.00), female adults (166.67), male adults (142.88), 3-instar larvae (62.50), 2-instar larvae (13.33) and 1-instar larvae (3.77). When density of *M. persicae* was 500, with the increase of the number of *H. axyridis*, its predatory capacity first increased and then decreased. Based on quadratic regression, when the ratio of *H. axyridis* to *M. persicae* was 6 : 500, the maximum predatory number was 443.10, the best ratio was 1 : 83. In a comparison of the 4-instar larvae of the three origin locations studied, Linzi 4-instar larvae were found to have significantly higher average daily predatory number than those originating from Shenyang or Fujian, however, there was no significant differences between Fujian and Shenyang 4-instar larvae.

Key words: Asian ladybird (*Harmonia axyridis*); peach aphid (*Myzus persicae*); preying functional response; facility vegetable

西藏因特殊的地理环境气候,为了响应国家保障重要农产品有效供给的总体要求,近年来大力推广设施蔬菜种植.由于设施蔬菜温室大棚内环境特殊,为小型害虫提供了冬季越冬和繁殖的场所,导致小型害虫发生时期提前,为害猖獗^[1].设施蔬菜温室大棚因其封闭、可控的环境,有利于生物防治技术的落实^[2].桃蚜 *Myzus persicae* 作为辣椒上的主要害虫,其生活周期短,繁殖量大,刺吸植物汁液的同时还可传播多种植物病毒,严重为害寄主植物^[3].桃蚜是限制拉萨设施蔬菜辣椒生产的主要害虫,目前的防治措施仍以化学防治为主,大量使用化学农药严重影响了其防治效果和拉萨市的生态文明建设.西藏天敌昆虫资源丰富,其中蚜虫的主要优势天敌有横斑瓢虫 *Coccinella transversoguttata*、异色瓢虫 *Harmonia axyridis*、七星瓢虫 *Coccinella septempunctata*、二星瓢虫 *Adalia bipunctata*、多异瓢虫 *Hippodamia variegata*、烟蚜茧蜂 *Aphidius gifuensis*、中华草蛉 *Chrysopa sinica* 等^[4].其中异色瓢虫因其捕食性广、适应性强、产卵量高、成虫寿命长等优点,被作为一种重要的生防天敌,在全世界农业生产中广泛应用^[5].Yang 等^[6-11]通过大量研究发现天敌昆虫对桃蚜均有较好的防治效果.但是,目前西藏只对七星瓢虫的捕食功能做过相关研究^[12],缺少对西藏其他优势天敌控害潜能的系统研究.为探究异色瓢虫对拉萨设施蔬菜上桃蚜的捕食功能和防控潜力,本试验选取了不同地理种群的异色瓢虫,在实验室内和温室大棚不同条件下研究了异色瓢虫各龄期幼虫和成虫对桃蚜的捕食功能反应,调查了不同益害比的控害效果,评价了不同地理种群异色瓢虫捕食能力,旨在更好地保护和利用天敌资源,同时为西藏设施蔬菜应用异色瓢虫进行生物防治提供参考.

1 材料和方法

1.1 供试虫源

不同地理种群的异色瓢虫于2020年6—10月分别采集或购买自西藏林芝市滨河大道雪松(西藏)、辽宁省沈阳市沈河区沈阳农业大学试验田(沈阳)和福建艳璇生物防治技术有限公司(福建),在室内以桃蚜为猎物饲养3代后供试.

桃蚜采自西藏农牧科学院原种场温室大棚,带回实验室备用.将异色瓢虫成虫置于养虫笼(25 cm×25 cm×25 cm)内,提供桃蚜为食物,并放入若干褶皱的牛皮纸(3 cm×5 cm)用于搜集卵块.卵孵化后,用小毛笔将幼虫轻置于圆形塑料盒(直径15 cm,高7.5 cm)内,塑料盒用纱布封口,每盒放入10~15头,每天定时更换新鲜蚜虫.异色瓢虫成虫和幼虫均在人工气候箱内饲养,温度为(25±2)℃,相对湿度为(65±5)%,光照强度为1 500 Lx,光周期为16L:8D.

1.2 试验方法

1.2.1 异色瓢虫对桃蚜的捕食功能反应

取大小一致的辣椒叶片置于培养皿(直径 9 cm),辣椒叶片末端用湿润棉球保湿,用毛刷接入体型一致不同数量的 3~4 龄桃蚜,然后分别接入 1 头饥饿 24 h 的不同龄期的异色瓢虫.桃蚜密度设置 6 个处理,每处理重复 5 次.异色瓢虫幼虫或成虫对桃蚜的捕食密度分别为:1 龄幼虫设置 5,10,15,20,25,30 头蚜虫/皿,2 龄幼虫设置 10,20,30,40,50,60 头蚜虫/皿,3 龄幼虫设置 20,40,60,80,100,120 头蚜虫/皿,4 龄幼虫和雌、雄成虫设置 40,80,120,160,200,240 头蚜虫/皿.不接入瓢虫的培养皿作为空白对照用以矫正数据.将培养皿置于人工气候箱内(条件同 1.1),1 d 后统计培养皿内蚜虫数量.

1.2.2 不同益害比的控害效果

因考虑异色瓢虫在光照强度较高的拉萨温室大棚内实际控害能力,试验在西藏农牧科学院原种场温室大棚内进行.待辣椒苗长至 40 cm 左右高时用罩笼(直径 50 cm,高 60 cm)罩住,每笼罩 1 株长势一致的辣椒苗,按 500 头/株接种大小一致的 3~4 龄桃蚜.随后按照异色瓢虫、蚜虫比例 2:500,3:500,4:500,5:500,6:500,7:500,8:500,接入提前饥饿处理 24 h 后的异色瓢虫 4 龄幼虫;设不接入瓢虫的罩笼作为空白对照,24 h 后分别记录剩余蚜虫数量,每处理重复 5 次.

1.2.3 不同地域异色瓢虫的捕食能力比较

按照 1.2.1 方法接入桃蚜的培养皿,再分别接入饥饿处理 24 h 后的 3 种不同地域异色瓢虫 4 龄幼虫,置于人工气候箱内,以不接入瓢虫的培养皿作为空白对照,24 h 后记录培养皿内蚜虫数量.

1.3 数据分析

以桃蚜密度为独立变量,用单因素方差分析计算不同密度下瓢虫的取食量.以瓢虫的数量为独立变量,被取食的桃蚜数量为因变量,对益害比试验进行回归分析.数据分析采用 SPSS 19.0 软件.

各龄期异色瓢虫对不同密度桃蚜的捕食关系采用 Holling II 圆盘方程 $Na = aNT / (1 + aTh N)$ 拟合试验数据^[13].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 为捕食者利用的时间(在此为 1 d), Th 为捕食 1 头猎物所花时间(即平均处理时间).

2 结果与分析

2.1 西藏本土异色瓢虫对桃蚜的捕食功能

试验结果看出,不同虫态的异色瓢虫对桃蚜的平均日捕食量随桃蚜的密度升高而逐渐增加,当桃蚜密度增加到一定水平时,异色瓢虫的平均日捕食量趋于平稳.这表明各虫态异色瓢虫对桃蚜的捕食功能反应属于 Holling II 类型.不同虫态异色瓢虫捕食量差异较大,对桃蚜的平均日捕食量从高到低依次为 4 龄幼虫、雌成虫、雄成虫、3 龄幼虫、2 龄幼虫、1 龄幼虫,说明室内试验条件下西藏本土异色瓢虫 4 龄幼虫对桃蚜的控制能力最强(表 1).

表 1 西藏本土异色瓢虫各龄幼虫及成虫对桃蚜的日捕食量

虫态	不同蚜虫密度的捕食量/头					
1 龄幼虫	1.00±0.71c	1.60±0.89bc	2.20±0.45ab	2.80±1.09a	3.00±1.00a	3.20±0.84a
2 龄幼虫	5.40±1.14b	6.40±1.52b	9.40±2.41a	10.60±2.61a	11.00±3.54a	11.40±1.67a
3 龄幼虫	16.40±1.95c	22.60±2.70c	33.00±4.18b	40.40±5.98a	41.20±9.86a	42.20±4.60a
4 龄幼虫	32.80±3.49d	61.00±7.91c	83.00±7.07b	101.00±8.03a	102.00±8.15a	103.80±6.22a
雌成虫	32.80±3.90d	48.00±7.81c	77.20±12.77b	89.20±6.18a	90.20±2.77a	89.00±3.94a
雄成虫	27.00±2.45e	43.60±3.44d	58.40±3.65c	71.40±5.68b	76.40±4.77ab	78.80±6.61a

注:同行的不同小写字母表示差异有统计学意义($p<0.05$).

捕食功能反应参数能反映捕食者对猎物的控制强弱, 其中能够较全面评价捕食功能作用的参数为 a/Th 值. 试验结果看出, 搜寻效率 (a) 较强的为林芝 2 龄、3 龄、4 龄幼虫和成虫, 而林芝 1 龄幼虫和沈阳、福建 4 龄幼虫较弱; 日最大捕食量 ($1/Th$) 按从高到低依次为林芝 4 龄幼虫 (250.000 头)、沈阳 4 龄幼虫 (200.000 头)、林芝雌成虫 (166.667 头)、林芝雄成虫 (142.857 头)、福建 4 龄幼虫 (125.000 头)、林芝 3 龄幼虫 (62.500 头)、林芝 2 龄幼虫 (13.333 头)、林芝 1 龄幼虫 (3.774 头); a/Th 值按从高到低依次为林芝 4 龄幼虫 (238.550)、林芝雌成虫 (165.344)、林芝雄成虫 (118.161)、沈阳 4 龄幼虫 (107.585)、福建 4 龄幼虫 (73.790)、林芝 3 龄幼虫 (66.138)、林芝 2 龄幼虫 (10.565)、林芝 1 龄幼虫 (1.091)(表 2).

表 2 异色瓢虫各龄幼虫及成虫对桃蚜的捕食功能反应

供试虫态	Holling II 圆盘方程	R^2	F	a	Th	a/Th	$1/Th$	aTh
林芝 1 龄幼虫	$Na = 0.289N / (0.077N + 1)$	0.690	13.800	0.289	0.265	1.091	3.774	0.077
林芝 2 龄幼虫	$Na = 0.792N / (0.059N + 1)$	0.725	15.264	0.792	0.075	10.565	13.333	0.059
林芝 3 龄幼虫	$Na = 1.058N / (0.017N + 1)$	0.932	25.198	1.058	0.016	66.138	62.500	0.017
林芝 4 龄幼虫	$Na = 0.954N / (0.004N + 1)$	0.974	27.515	0.954	0.004	238.550	250.000	0.004
沈阳 4 龄幼虫	$Na = 0.538N / (0.003N + 1)$	0.899	23.459	0.538	0.005	107.585	200.000	0.003
福建 4 龄幼虫	$Na = 0.590N / (0.005N + 1)$	0.914	24.216	0.590	0.008	73.790	125.000	0.005
林芝雌成虫	$Na = 0.992N / (0.006N + 1)$	0.947	26.025	0.992	0.006	165.344	166.667	0.006
林芝雄成虫	$Na = 0.827N / (0.006N + 1)$	0.982	27.941	0.827	0.007	118.161	142.857	0.006

2.2 不同益害比的控害效果

试验结果看出, 随着天敌异色瓢虫数量的增多, 捕食桃蚜的数量增加, 当异色瓢虫与桃蚜的比例大于 5 : 500 时, 随着瓢虫数量增加, 捕食量缓慢减少. 利用 SPSS 19.0 中的回归方程曲线得出二次回归方程式为 $y = -18.84x^2 + 190.69x - 22.80$, 其中 x 为一定桃蚜数量下的异色瓢虫 4 龄幼虫数量, y 为取食桃蚜头数. 由回归方程可知, 随着异色瓢虫数量增加, 对桃蚜的捕食量呈先增大后减少的趋势, 当瓢虫和蚜虫的比例为 6 : 500 时最大, 其理论取食量为 443.10 头, 即最佳益害比为 1 : 83. 当异色瓢虫 4 龄幼虫与桃蚜数量之比大于 6 : 500 时, 其捕食量随着瓢虫数量的增多而下降(图 1).

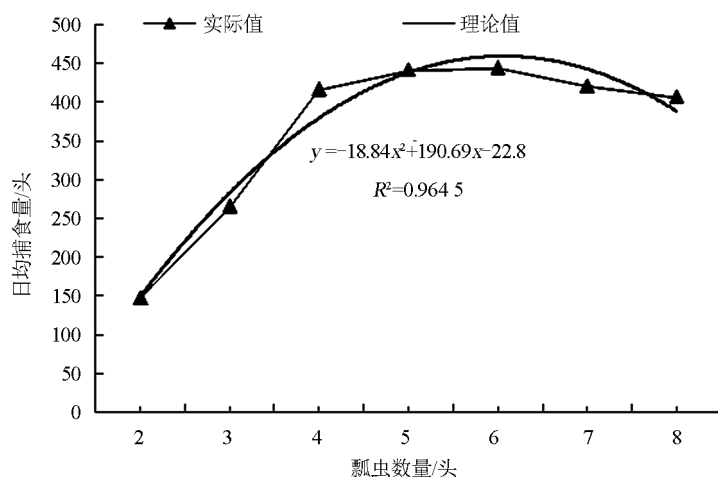


图 1 异色瓢虫 4 龄幼虫与桃蚜益害比与瓢虫捕食量的关系曲线

2.3 不同地理种群 4 龄异色瓢虫的捕食能力比较

试验结果看出, 不同地域的异色瓢虫 4 龄幼虫对桃蚜的平均日捕食量随蚜虫的密度升高而增加, 当桃

蚜密度增加到 160 头时, 3 个地方的异色瓢虫的捕食量趋于平稳, 单日捕食量不会随猎物密度升高而增加. 3 个不同地方的 4 龄异色瓢虫日均捕食量比较结果显示, 林芝 4 龄异色瓢虫显著高于沈阳和福建 4 龄幼虫, 而福建和沈阳 4 龄幼虫之间差异不明显. 当蚜虫数量为 120 头时, 沈阳 4 龄异色瓢虫幼虫日均捕食量与福建 4 龄异色瓢虫一致(图 2).

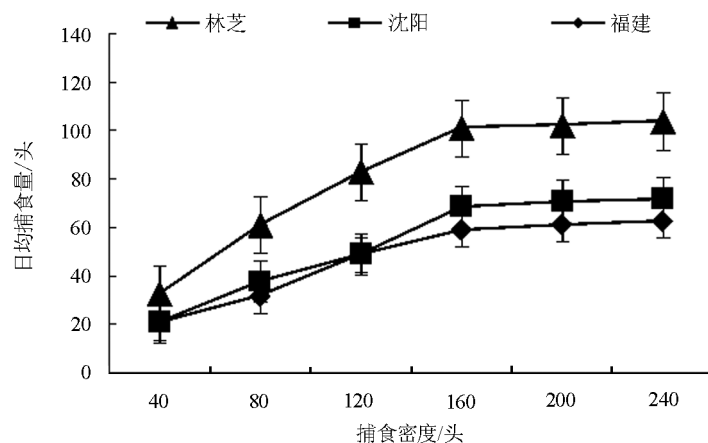


图 2 不同地理种群异色瓢虫 4 龄幼虫捕食量比较

3 结论与讨论

异色瓢虫因其适应性强、食性广、捕食能力强等优点被广泛用于生物防治, 尤其对蚜虫有较强的控制能力. 捕食功能反应能够较好地描述在不同的猎物密度下捕食者对猎物的有效捕获率, 从捕食者与猎物之间的作用机制提高生物防治的效率^[14].

本研究结果表明, 异色瓢虫对桃蚜有较强的捕食作用, 在不同的蚜虫密度范围内, 异色瓢虫各虫态对桃蚜的捕食作用随桃蚜的密度增加而逐渐增大, 当桃蚜密度增加到一定数量时, 异色瓢虫的捕食量逐渐趋于平稳, 表明异色瓢虫各龄幼虫和成虫对桃蚜的捕食功能反应均符合 Holling II 模型, 这与王媛等^[15]研究的不同龄期异色瓢虫对烟蚜的捕食潜能, 喻会平等^[16]研究的异色瓢虫对不同蚜虫的捕食功能反应结果一致. 在不同益害比试验中发现随着异色瓢虫数量与蚜虫比例增加, 对桃蚜的捕食量先增大后缓慢减少, 当其比例达到 6 : 500 时, 理论取食数量为 443.10, 得到最佳益害比为 1 : 83, 这与张晓曼等^[17]对异色瓢虫捕食胡萝卜微管蚜的研究结果一致. 因此在拉萨温室释放异色瓢虫控制辣椒桃蚜时, 可以按照 4 龄异色瓢虫与桃蚜比例为 1 : 83 进行释放. 对 3 个不同地域异色瓢虫 4 龄幼虫捕食桃蚜能力的研究发现, 林芝 4 龄异色瓢虫在不同蚜虫密度下显著高于沈阳和福建 4 龄幼虫, 而福建和沈阳 4 龄幼虫之间差异不明显. 这可能是因为地域适应性有关, 林芝的异色瓢虫相对更能适应高原气候, 而沈阳和福建的异色瓢虫适应高原气候较差, 相关机理有待进一步研究.

异色瓢虫作为优势天敌, 对蚜虫等害虫具有较强的控制能力, 在被作为生物防治天敌引入到美洲和欧洲等地后, 虽然对当地蚜害控制发挥了重要作用, 但同时因威胁本土瓢虫而被视为外来入侵生物^[18]. 笔者通过查阅文献和实地采集目前没有在拉萨发现异色瓢虫, 对于异色瓢虫是否对横斑瓢虫和二星瓢虫等拉萨优势天敌有集团内捕食现象, 对拉萨生物多样性及生态系统是否有潜在威胁还需进一步研究.

参考文献:

- [1] 陈 俐, 吕克非. 拉萨市设施蔬菜病虫害发生情况与绿色防控技术研究 [J]. 西藏科技, 2011(11): 6-8.
- [2] 李英梅, 谭 巧, 张 锋, 等. 异色瓢虫对设施栽培桃树桃蚜的捕食功能反应研究 [J]. 环境昆虫学报, 2015, 37(5): 1081-1084.

- [3] 马宝旭, 巫鹏翔, 徐 婧, 等. 异色瓢虫对枸杞木虱捕食功能及田间捕食效果 [J]. 环境昆虫学报, 2018, 40(1): 70-81.
- [4] 王 甦, 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.
- [5] 王保海, 潘朝晖, 张登峰. 青藏高原天敌昆虫 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2011.
- [6] KOCHR 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): 1-16.
- [7] 李新兵, 韩世鹏, 梁 超, 等. 异色瓢虫成虫对胡萝卜微管蚜的捕食作用 [J]. 中国植保导刊, 2019, 39(2): 61-63.
- [8] 王海诺, 耿 硕, 羿超群, 等. 异色瓢虫成虫对豌豆修尾蚜的捕食作用 [J]. 湖北农业科学, 2020, 59(10): 81-83.
- [9] 孔 琳, 李玉艳, 王孟卿, 等. 多异瓢虫和异色瓢虫对草地贪夜蛾低龄幼虫的捕食能力评价 [J]. 中国生物防治学报, 2019, 35(5): 709-714.
- [10] 南俊科, 宋丽文, 左彤彤, 等. 丽草蛉和异色瓢虫对美国白蛾的捕食作用研究 [J]. 沈阳农业大学学报, 2019, 50(2): 161-166.
- [11] 巫鹏翔, 马宝旭, 徐 婧, 等. 异色瓢虫成虫对枸杞木虱的捕食作用 [J]. 植物保护学报, 2017, 44(4): 582-588.
- [12] 臧建成, 洪大伟, 相 栋, 等. 西藏林芝七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* 对不同蚜虫的捕食功能反应 [J]. 高原农业, 2019, 3(1): 59-64.
- [13] HOLLING C S. Some Characteristics of Simple Types of Predation and Parasitism [J]. The Canadian Entomologist, 1959, 91(7): 385-398.
- [14] 杜 浩, 高旭辉, 刘 坤, 等. 异色瓢虫对梨瘿蚊幼虫的捕食功能反应及捕食偏好 [J]. 中国生物防治学报, 2017, 33(6): 811-816.
- [15] 王 媛, 陈 越, 张拯研, 等. 不同龄期异色瓢虫对烟蚜的捕食潜能研究 [J]. 环境昆虫学报, 2015, 37(5): 1075-1080.
- [16] 喻会平, 王 召, 龙贵云, 等. 不同虫态异色瓢虫对 3 种蚜虫的捕食功能反应 [J]. 江苏农业科学, 2018, 46(18): 86-90.
- [17] 张晓曼, 奚一名, 王 甦, 等. 异色瓢虫对胡萝卜微管蚜防治潜能评价 [J]. 中国生物防治学报, 2015, 31(3): 317-321.
- [18] ROY H E, BROWN P M J. Ten Years of Invasion: *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) in Britain [J]. Ecological Entomology, 2015, 40(4): 336-348.