

doi: 10.3969/j.issn.1674-0858.2016.02.12

# 泰安市异色瓢虫色斑型和性比变化

宫庆涛<sup>1</sup>, 耿军<sup>2</sup>, 张坤鹏<sup>1</sup>, 武海斌<sup>1</sup>, 刘晓<sup>2</sup>, 孙瑞红<sup>1\*</sup>

(1. 山东省果树研究所, 山东泰安 271000; 2. 山东省农业科学院淄博分院, 山东淄博 255000)

**摘要:** 昆虫色斑型与基因型的关联性以及与环境适应性的关系, 是昆虫学的研究热点之一。异色瓢虫 *Harmonia axyridis* Pallas 作为一种重要的昆虫色斑多型性资源, 受到广泛重视。本文于 2012–2015 年通过调查统计泰安市异色瓢虫不同时期鞘翅底色、不同位置斑点、联斑、二窗型和四窗型、性比等指标的变化特点, 并进行了多项式拟合、 $\chi^2$  (卡方) 检验和相关性分析, 明确了异色瓢虫色斑型和性比的周年变化特点及其与月平均气温的关系。结果表明, 浅色型异色瓢虫中, 浅色型、不同位置斑点和联斑数量比例均随月份先降后升, 与月平均温度显著负相关, 均在夏季出现最低值。深色型中, 深色型数量比例随月份先升后降, 与月平均温度显著正相关; 其中的二窗型数量比例在夏季和冬季上升, 春季和秋季下降, 四窗型则相反, 但均于月平均气温相关性不显著, 相关系数分别为  $-0.09$  和  $0.09$ 。异色瓢虫种群、浅色型和深色型均表现为偏雌现象, 在夏季更为明显, 且与月平均气温显著正相关, 相关系数分别为  $0.79$ 、 $0.90$  和  $0.66$ 。 $\chi^2$  检验可知, 异色瓢虫浅色型和深色型数量、不同位置斑点数量、联斑数量、二窗型和四窗型数量以及种群、浅色型和深色型雌雄数量均与月份显著关联。综合分析可知, 异色瓢虫浅色型中各指标受月平均气温影响均较大。除数量比例和性比受温度影响较大外, 深色型中二窗型和四窗型比例变化较小。异色瓢虫各指标均月份显著关联。

**关键词:** 异色瓢虫; 色斑型; 性比; 月平均气温; 雌雄

中图分类号: Q966; S476

文献标志码: A

文章编号: 1674-0858 (2016) 02-0313-11

## Phenotypes and sex ratio changes of *Harmonia axyridis* (Pallas) in Taian

GONG Qing-Tao<sup>1</sup>, GENG Jun<sup>2</sup>, ZHANG Kun-Peng<sup>1</sup>, WU Hai-Bin<sup>1</sup>, LIU Xiao<sup>2</sup>, SUN Rui-Hong<sup>1\*</sup>

(1. Shandong Institute of Pomology, Taian 271000, Shandong Province, China; 2. Zibo Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Zibo 250100, Shandong Province, China)

**Abstract:** Relevance between phenotypes and genotypes of the insects and the correlation of its relationship with environmental adaptability is one of the hot research topic of entomology. *Harmonia axyridis* (Pallas) as a kind of important phenotype polymorphism resource, has been earned widespread respect. Through investigating the index changes of elytra color, different location spots, connected spots, conspicua and spectabilis, and sex ratio in different periods of 2012–2015 in Taian, and carried on the polynomial fitting, chi-square test and correlation analysis, we defined annual characteristics of phenotypes and sex ratio changes of *H. axyridis* and its relationship with the monthly average temperature. The main results were as follows, in the light color type, the quantity proportion of light color type, different location spots and connected spots decreased first and then rose with the passage of month, and showed significant negative correlation with monthly average temperature, the lowest appeared in the summer. In the dark color type, the quantity proportion of dark color type rose first and then decreased with the passage of month, and

基金项目: 山东省农业科学院地科技合作引导计划项目 (2015YDZH53); 泰安市科技发展计划 (201540701); 山东省自然科学基金项目 (ZR2015YL058)

作者简介: 宫庆涛, 男, 1984 年生, 汉族, 山东东平人, 助理研究员, 主要从事农业害虫综合防控技术研究, E-mail: gongzheng.1984@163.com

\* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: sruihong@126.com

收稿日期 Received: 2016-02-19; 接受日期 Accepted: 2016-03-19

showed significant positive correlation with monthly average temperature; the quantity proportion of conspicua rose in summer and winter, and decreased in spring and autumn, spectabilis was opposite, but they have no significant correlation with monthly average temperature, the correlation coefficient were  $-0.09$  and  $0.09$ , respectively. The population, light and dark color type of *H. axyridis* all showed female-biased phenomenon, and more obvious in the summer, the sex ratio showed significant positive correlation with monthly average temperature, the correlation coefficient was  $0.79$ ,  $0.90$  and  $0.66$ , respectively. By chi-square test, we can know that the number of light and dark color type, different location spots and connected spots on light color type, conspicua and spectabilis, male and female number of population and light and dark color type are significant correlation with the month. Comprehensive analysis showed that, each index of light color type were greatly influenced by monthly average temperature. But in addition to quantity proportion and sex ratio were greatly influenced by monthly average temperature, the proportion of conspicua and spectabilis have smaller changed in the dark color type. Each index of *H. axyridis* are significant correlation with the month.

Key words: *Harmonia axyridis*; phenotypes; sex ratio; monthly average temperature; female and male

异色瓢虫 *Harmonia axyridis* Pallas, 又称为亚洲瓢虫, 属鞘翅目 Coleoptera 瓢甲科 Coccinellidae。广泛分布于东亚地区, 是一种捕食性天敌昆虫, 对蚜虫、粉虱、木虱、蚧壳虫、螨类以及某些鳞翅目、鞘翅目害虫的卵和低龄幼虫等具有很好的控制能力 (杜文梅等, 2010; 宫庆涛等, 2013; 张坤鹏等, 2014; Vilcinskis *et al.*, 2015)。异色瓢虫生态适应能力极强, 在森林、农田、草原等各种生态系统都大量存在 (郭红双, 2015), 应用异色瓢虫开展田间尤其是设施栽培作物的绿色生态防控前景广阔 (李金瑞, 2015)。调查研究自然状态下异色瓢虫不同时期变化规律及田间实际生存状态, 可以为人工繁殖和释放该瓢虫提供依据。目前, 异色瓢虫色斑型调查多集中于东北地区 (罗希成, 1960; 袁荣才等, 1994; 刘建武, 2006; 吴庆禹, 2007; 杨柳, 2007; 辛海泉, 2009; 杜文梅等, 2010; Li *et al.*, 2011)、华北地区 (吴矩文等, 1987; 荆英等, 2001; 姜文虎等, 2007) 和华东地区 (宫庆涛等, 2013, 2014; 徐青叶等, 2014)。由于异色瓢虫在 6 月中下旬随蚜虫数量减少而虫口下降, 7 月至 9 月因夏季高温进入非群集性越冬状态, 难以采集到足够数量进行统计学分析 (何继龙等, 1994)。因此, 以上调查研究主要针对越冬代色斑类型, 缺少对异色瓢虫的周年系统调查。

昆虫的多型现象是昆虫学研究的热点之一, 它包括遗传多型性和非遗传多型性。遗传多型性表现为个体间基因型差异, 非遗传多型性是相同基因通过外在因素诱导所产生的差异 (Mousseau

*et al.*, 1991)。Dobzhansky (1933) 和庚镇城等 (1980) 不同地区异色瓢虫基因频率与表型频率呈现明显的倾群现象。Coderre 等 (2003) 认为倾群现象是异色瓢虫为了适应不同时期不同环境所采取的策略。Komai 等 (1951) 和庚镇城等 (1980) 也认为鞘翅色斑类型频率的地理变异可能与气候条件有着密切的关系。但这种现象是由年总体温度累积效应引起的, 还是由每年的某个月份或时段的温度指标影响尚无定论 (辛海泉, 2009)。

泰安市位于山东省中部丘陵地区, 该地区异色瓢虫的色斑变化在山东省具有较强的代表性。本研究于 2012–2015 年进行, 通过调查分析不同时期鞘翅底色、不同位置斑点、联斑、二窗型和四窗型等数目比列和性比等指标的变化特点, 并对相应指标进行了多项式拟合和  $\chi^2$  检验, 明确了异色瓢虫色斑类型和性别比例的周年月份变化特点。然后对以上指标与泰安市月平均气温进行了相关性分析, 为今后开展绿色防控、分子生物学和遗传学以及气候环境等因素对异色瓢虫种群影响等方面的研究提供基础信息。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试虫源

2012–2015 年, 在泰安市泰山区、岱岳区、肥城市等地韭菜田、玉米田、马铃薯田、桃树苗圃以及异色瓢虫聚集越冬地点, 通过徒手捕捉法进行试虫采集, 共采集试虫 10744 头, 采集信息见表 1。

表 1 异色瓢虫调查信息表

Table 1 Survey in formation table of the *Harmonia axyridis*

时间 年份 Year	Time 日期 (mm-dd)	地点 Location	纬度和海拔 ( $^{\circ}$ m)	采集地作物及生长期 Crops and growth period in collecting place		周边作物情况 Crops situation in surrounding place	害虫种类 Pest species	数目(头) Number
				生长期 Growth period	成熟期 Mature period			
2012	11-02	肥城市王庄镇 Wangzhuang' Feicheng	35°53'N; 116°28'E; 106	-	-	韭菜、白菜、萝卜 Chinese chive' Chinese cabbage' Radish	-	1320
	6-08	肥城市王庄镇 Wangzhuang' Feicheng	35°53'N; 116°28'E; 106	韭菜, 生长期 Chinese chive' Growth period	-	马铃薯 Potato	蚜虫 Aphid	1347
2013	9-27	肥城市王庄镇 Wang zhuang' Feicheng	35°53'N; 116°28'E; 106	玉米, 成熟期 Corn' Mature period	-	花生、白菜、韭菜 Peanut' Chinese cabbage' Chinese chive	蚜虫 Aphid	1060
	11-28	肥城市王庄镇 Wangzhuang' Feicheng	35°53'N; 116°28'E; 106	-	-	韭菜、白菜、萝卜 Chinese chive' Chinese cabbage' Radish	-	1052
4-10	4-10	岱岳区粥店办事处 Zhoudian' Daiyue	36°22'N; 116°52'E; 246	桃树, 盛花期 Peach' Full-bloom period	-	杏树、樱桃、花椒 Apricot' Cherry' Chinese prickly ash	蚜虫、介壳虫 Aphid' Scale insect	456
	4-18	肥城市王庄镇 Wangzhuang' Feicheng	35°53'N; 116°28'E; 106	马铃薯, 苗期 Potato' Seedling period	-	菠菜、韭菜、西红柿、甘蓝 Spinach' Chinese chive' Tomato' Cabbage	蚜虫 Aphid	649
2014	6-09	泰山区省庄镇 Shengzhuang' Taishan	36°10'N; 117°09'E; 232	桃苗, 幼果期 Peach' Fruitlet period	-	小麦、桃苗、紫叶李 Wheat' Peach' Purple-leaf plum	蚜虫、叶螨 Aphid' Tetranychid	215
	6-16	肥城市王庄镇 Wangzhuang' Feicheng	35°53'N; 116°28'E; 106	玉米, 扬花期 Corn' Flowering period	-	马铃薯、韭菜、甘蓝、茄子 Potato' Chinese chive' Cabbage' Eggplant	蚜虫 Aphid	530
2015	11-11	肥城市王庄镇 Wangzhuang' Feicheng	35°53'N; 116°28'E; 106	-	-	韭菜、白菜、萝卜 Chinese chive' Chinese cabbage' Radish	-	1237
	3-20	肥城市孙伯镇 Sunbo' Feicheng	35°59'N; 116°44'E; 124	-	-	白菜、马铃薯、萝卜、小麦 Chinese cabbage' Potato' Radish' Wheat	-	1084
	11-17	肥城市王庄镇 Wangzhuang' Feicheng	35°53'N; 116°28'E; 106	-	-	韭菜、白菜、萝卜 Chinese chive' Chinese cabbage' Radish	-	1813

注: 3 月和 11 月异色瓢虫均在越冬地点采集, 作物及害虫信息无法调查, 以“-”表示。Note: *Harmonia axyridis* (Pallas) was collected at overwintering field in March and November. “-” indicate the crops and pest information can't investigate.

## 1.2 试验方法

将采集到的试虫装入塑料瓶内,放入  $-20^{\circ}\text{C}$  冰箱中处理 30 min。首先按鞘翅底色分类,然后按色斑数目和特点确定类型,并分别记录该类型的数目及雌雄情况。异色瓢虫分类参照 Mader (1937)、朱培尧 (1987) 和袁荣才等 (1994) 等建立的编号方法对斑点位置进行编号和命名。雌雄成虫区分参照安瑞军等 (1998) 描述,腹部末端照片在 Nikon SMZ1000 体视显微镜下拍摄。本文月平均气温由该月每日平均气温累加后除以当月天数得到。

## 1.3 数据统计及分析

本文表格、散点图、 $\chi^2$  检验等均利用 Office 2013 软件完成。采用统计软件 SPSS 18.0 进行差异显著性分析,雌雄成虫腹部末端照片处理用 Adobe Photoshop CS3 软件完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 浅色型和深色型异色瓢虫数量比例变化

通过对不同月份浅色型和深色型异色瓢虫数量比例进行多项式拟合发现,浅色型比例变化符合方程:  $y = 0.5363x^2 - 8.0690x + 91.9298$  ( $R^2 = 0.6086$ ),深色型比例变化符合方程:  $y = -0.5363x^2 + 8.0690x + 8.0702$  ( $R^2 = 0.6086$ )。从拟合曲线的趋势可以看出,见图 1,浅色型异色瓢虫数量比例随月份增加呈现先降后升的趋势,且在 7-8 月份出现最小值,而深色型变化与浅色型相反。通过  $\chi^2$

检验发现,  $\chi^2 = 66.124 > \chi^2_{(0.05, 4)} = 9.488$ ,  $P = 1.49\text{E} - 13 < 0.05$ ,说明异色瓢虫的浅色型和深色型数量变化与月份有显著关联。相关性分析发现(见表 2),浅色型异色瓢虫数量比例与月平均气温呈显著负相关,相关系数为  $-0.71$ ;深色型与月平均气温呈显著正相关,相关系数  $0.71$ 。总之,异色瓢虫浅色型比例在夏秋两季较春冬有所降低,而深色型则有所升高,其比例与月平均气温显著相关。

### 2.2 浅色型异色瓢虫不同位置斑点数量比例变化

通过对不同月份的浅色型异色瓢虫不同位置斑点数量比例变化进行多项式拟合发现,见图 2 和表 3,浅色型不同位置斑点数量比例均随月份增加呈现先降后升的趋势。极差分析发现,异色瓢虫不同位置斑点数量比例变化范围由大到小依次为:  $2 > 8 > 6 > 4 > 9 > 7 > 5 > 1/2 > 1 > 3$ 。通过  $\chi^2$  检验发现,  $\chi^2 = 131.959 > \chi^2_{(0.05, 36)} = 50.998$ ,  $P = 7.09\text{E} - 13 < 0.05$ ,说明异色瓢虫不同位置斑点数量变化与月份有显著关联。相关性分析发现,见表 4,不同位置斑点数量比例变化与月平均气温相关性由大到小依次为:  $3 > 7 > 6 > 9 > 5 = 8 > 4 > 2 > 1 > 1/2$ ,除斑点 1、1/2 与月平均气温显著相关外,其与各斑点均达到极显著相关水平。分析不同位置斑点数量比例之间的相关性可知,除斑点 1 和 1/2 相关性不显著外,其余斑点均达到显著相关水平,且随着斑点位置编号的增大,相关性越强,其中,斑点 4 和 5、5 和 8、5 和 9、6 和 7、8 和 9 相关系数均达到 1.00。

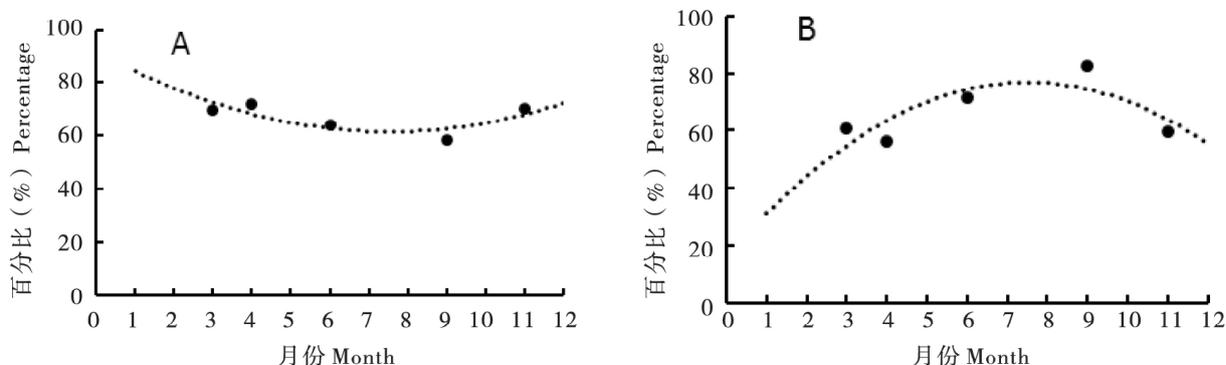


图 1 浅色型和深色型异色瓢虫数量比例变化

Fig. 1 Proportion changes of light and dark color type of *Harmonia axyridis* (Pallas)

注: A, 浅色型; B, 深色型; •, 实际值; ..... , 模拟值。Note: A, Light color type; B, Dark color type; •, Actual value; ..... Analog value.

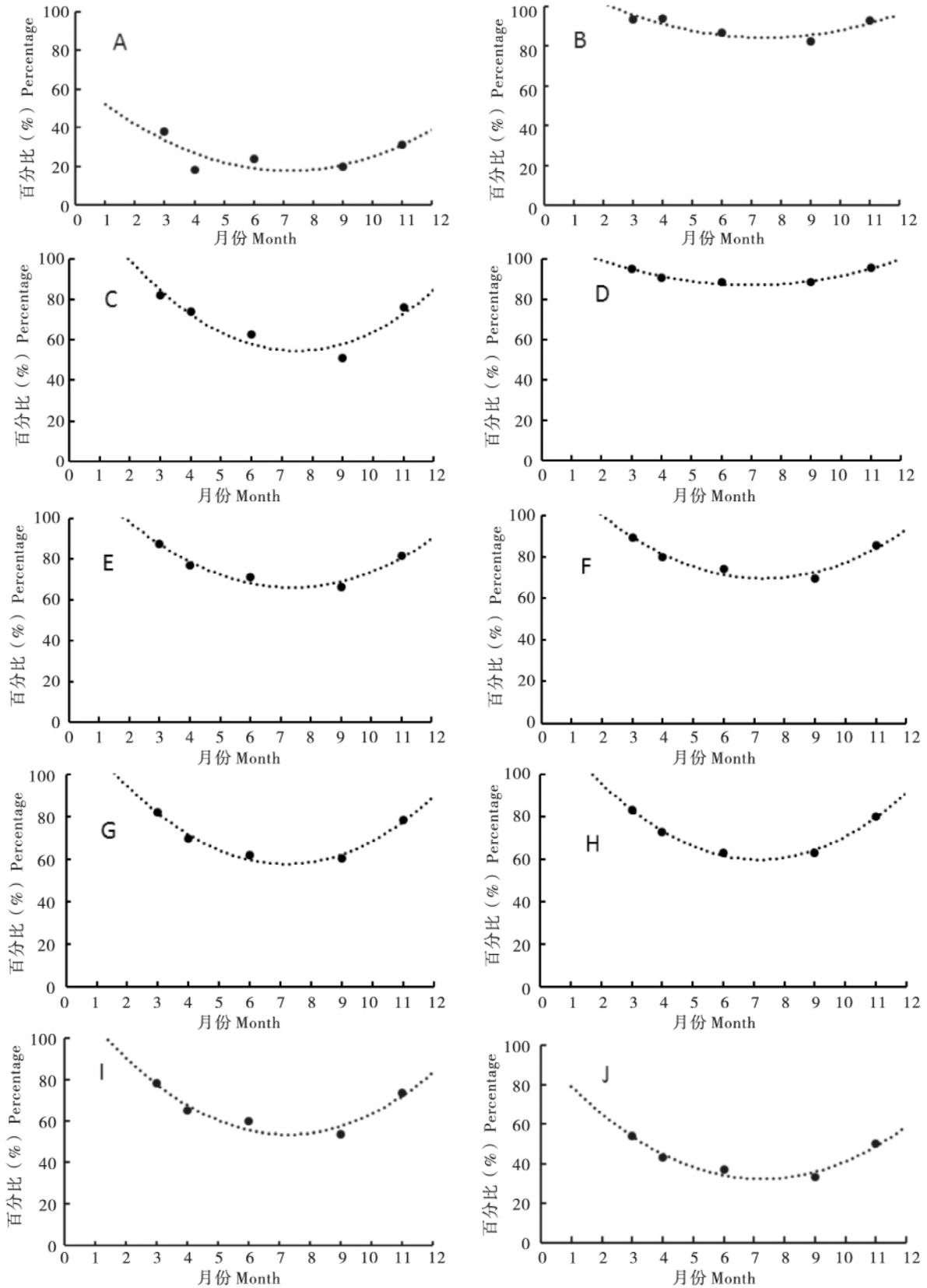


图2 浅色型异色瓢虫不同位置斑点数量比例变化

Fig. 2 Proportion changes of different location spots on light color type of *Harmonia axyridis*

注: A ,1/2; B ,1; C ,2; D ,3; E ,4; F ,5; G ,6; H ,7; I ,8; J ,9; • ,实际值; .....模拟值; Note: • , Actual value; .....Analog value.

表 2 浅色型和深色型异色瓢虫数量比例与月平均气温的相关系数  
**Table 2 Correlation coefficient of the proportion of light and dark color type of *Harmonia axyridis* with monthly average temperature**

项目 Item	浅色型 Light color type	深色型 Dark color type	月平均气温 (°C) Monthly average temperature
浅色型 Light color type	1.00		
深色型 Dark color type	-1.00**	1.00	
月平均气温 (°C) Monthly average temperature	-0.71*	0.71*	1.00

注 “\*” 在 0.05 水平上差异显著, “\*\*” 在 0.01 水平差异显著。下表同。Note “\*” and “\*\*” indicate significant difference at 0.05 and 0.01 level respectively. The same below.

表 3 浅色型异色瓢虫不同位置斑点数量比例拟合方程和极差  
**Table 3 Fitted equation and range of the proportion changes of different location spots on light color type of *Harmonia axyridis***

色斑位置 Spot location	拟合方程 ( $y = ax^2 + bx + c$ ) Fitted equation	$R^2$	极差 Range
1/2	$0.9032x^2 - 12.9490x + 64.2200$	0.5767	19.62
1	$0.5780x^2 - 8.6409x + 116.5200$	0.7522	11.33
2	$1.4842x^2 - 22.2240x + 137.8400$	0.8530	30.74
3	$0.4989x^2 - 6.9372x + 111.1500$	0.9603	7.10
4	$1.1163x^2 - 16.4710x + 126.7700$	0.9270	21.52
5	$1.0851x^2 - 15.8670x + 127.5000$	0.9237	19.98
6	$1.3565x^2 - 19.4820x + 127.7600$	0.9678	21.56
7	$1.3354x^2 - 19.1580x + 128.5800$	0.9893	20.17
8	$1.3315x^2 - 19.3450x + 123.8900$	0.8953	24.55
9	$1.1940x^2 - 17.3350x + 95.2050$	0.9260	21.25

表 4 浅色型异色瓢虫不同位置斑点数量比例与月平均气温的相关系数  
**Table 4 Correlation coefficient of proportion of different location spots on light color type with monthly average temperature**

项目 Item	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	月平均气温 (°C) Monthly average temperature
1/2	1.00										
1	0.49	1.00									
2	0.69*	0.97**	1.00								
3	0.83**	0.77*	0.85**	1.00							
4	0.83**	0.89**	0.97**	0.92**	1.00						
5	0.83**	0.89**	0.97**	0.94**	1.00**	1.00					
6	0.84**	0.84**	0.92**	0.98**	0.98**	0.99**	1.00				
7	0.79*	0.86**	0.92**	0.97**	0.97**	0.98**	1.00**	1.00			
8	0.87**	0.86**	0.95**	0.95**	0.99**	1.00**	0.99**	0.97**	1.00		
9	0.85**	0.87**	0.95**	0.96**	0.99**	1.00**	0.99**	0.98**	1.00**	1.00	
月平均气温 (°C) Monthly average temperature	-0.70*	-0.79*	-0.81**	-0.97**	-0.87**	-0.89**	-0.95**	-0.96**	-0.89**	-0.91**	1.00

### 2.3 浅色型异色瓢虫联斑数量比例变化

浅色型异色瓢虫联斑个体数量比例是指联斑个体数量占浅色型总量的比值。通过对不同月份浅色型联斑个体数量比例变化进行多项式拟合发现, 浅色型联斑个体数量变化符合方程:  $y = 0.1897x^2 - 3.0506x + 16.4390$  ( $R^2 = 0.9090$ ), 从拟合曲线的趋势可以看出 (见图 3), 浅色型异色瓢虫联斑个体数量比例随月份增加呈现先降后升的趋势, 在 7-8 月份出现最小值。通过  $\chi^2$  检验发现,  $\chi^2 = +\infty > \chi^2_{(0.05 \text{ } \beta)} = 9.488$ ,  $P = 1.78E - 251 < 0.05$ , 说明异色瓢虫联斑数量与月份有显著关联。相关性分析可知浅色型联斑个体数量比例与月平均气温呈显著负相关, 相关系数为  $-0.62$ 。表明异色瓢虫浅色型联斑个体数量比例在夏秋两季较春冬有所降低, 其比例与月平均气温显著相关。

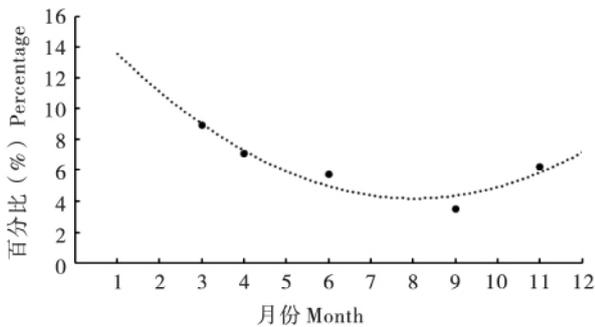


图3 浅色型异色瓢虫联斑数量比例变化  
Fig.3 Proportion changes of connected spots on light color type of *Harmonia axyridis*

注: ●, 实际值; …… , 模拟值; Note: ●, Actual value; …… , Analog value.

### 2.4 异色瓢虫二窗型和四窗型数量比例变化

深色型异色瓢虫根据窗口数目可分为二窗型和四窗型。通过对不同月份二窗型和四窗型数量比例变化进行多项式拟合发现, 二窗型符合方程:  $y = -0.2191x^3 + 4.6896x^2 - 30.6510x + 108.3200$  ( $R^2 = 0.8101$ ), 四窗型符合方程:  $y = 0.2191x^3 - 4.6896x^2 + 30.6510x - 8.3235$  ( $R^2 = 0.8101$ ), 从拟合曲线的趋势可以看出 (见图 4), 二窗型数量比例变化随月份的增加呈现先降后升再降的趋势,

四窗型则相反。通过  $\chi^2$  检验发现,  $\chi^2 = 63.862 > \chi^2_{(0.05 \text{ } \beta)} = 9.488$ ,  $P = 4.47E - 13 < 0.05$ , 说明异色瓢虫的浅色型和深色型数量变化与月份有显著关联。相关性分析发现 (见表 5), 二窗型数量比例与月平均气温呈负相关且不显著, 相关系数为  $-0.09$ ; 四窗型数量比例与月平均气温呈正相关且不显著, 相关系数为  $0.09$ 。总体而言, 二窗型数量比例在春季有所下降, 夏季上升, 秋季下降; 四窗型则相反。

### 2.5 异色瓢虫性比变化

异色瓢虫雌雄区别 (见图 5), 雌成虫第五、六腹板后缘凸出, 雄成虫则内凹。通过对不同月份异色瓢虫种群、浅色型和深色型性比 ( $\text{♀} : \text{♂}$ ) 进行多项式拟合发现, 异色瓢虫种群性比符合方程:  $y = 0.0133x^4 - 0.2787x^3 + 2.1811x^2 - 5.7237x + 5.6394$  ( $R^2 = 1.0000$ ); 浅色型性比符合方程:  $y = 0.0092x^4 - 0.2315x^3 + 1.1816x^2 - 4.5053x + 4.1198$  ( $R^2 = 1.0000$ ); 深色型性比符合方程:  $y = 0.0191x^4 - 0.4844x^3 + 4.0656x^2 - 12.8250x + 14.9580$  ( $R^2 = 1.0000$ )。从拟合曲线的趋势可以看出 (见图 6), 异色瓢虫种群、浅色型和深色型性比变化规律相似, 均呈“W”型曲线变化, 即随月份的增加呈现“降-升-降-升”的趋势。分别对异色瓢虫种群、浅色型和深色型列联表  $\chi^2$  检验可知,  $\chi^2_{\text{种群}} = 110.854 > \chi^2_{(0.05 \text{ } \beta)} = 9.488$ ,  $P_{\text{种群}} = 4.78E - 23 < 0.05$ ;  $\chi^2_{\text{浅色型}} = 79.508 > \chi^2_{(0.05 \text{ } \beta)} = 9.488$ ,  $P_{\text{浅色型}} = 2.21E - 16 < 0.05$ ;  $\chi^2_{\text{深色型}} = 57.296 > \chi^2_{(0.05 \text{ } \beta)} = 9.488$ ,  $P_{\text{深色型}} = 1.07E - 11 < 0.05$ ; 说明异色瓢虫种群、浅色型和深色型性别变化与不同月份均显著关联。相关性分析发现 (见表 6), 异色瓢虫种群和深色型性比与月平均气温均呈显著正相关, 相关系数分别为  $0.79$  和  $0.66$ ; 浅色型性比与月平均气温呈极显著正相关, 相关系数达  $0.90$ 。上述结果表明, 异色瓢虫种群、浅色型和深色型性比变化规律基本一致, 在夏季雌虫数量最多, 其他季节雌虫数量相对减少, 其中浅色型性比变化受温度影响大于种群和深色型。

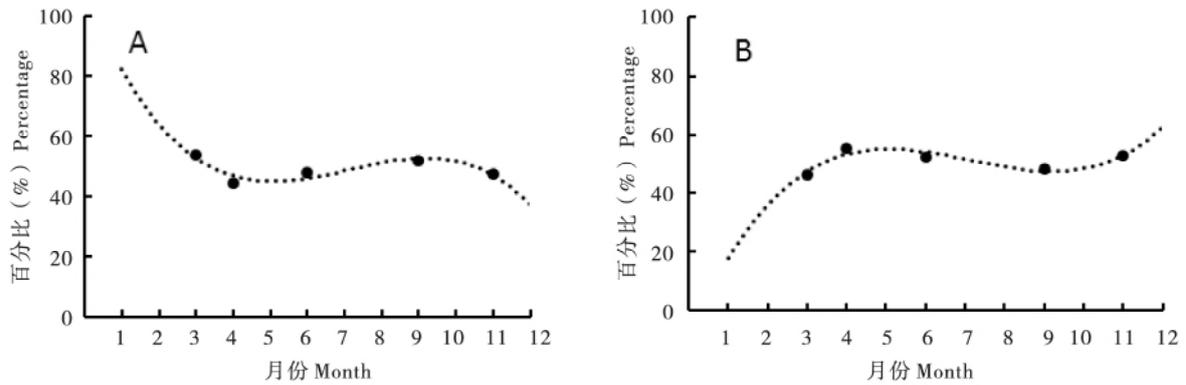


图4 二窗型和四窗型数量比例变化

Fig. 4 Proportion changes of conspicuous and spectabilis

注: A, 二窗型; B, 四窗型; •, 实际值; ·····, 模拟值。Note: A, Conspicua; B, Spectabilis; •, Actual value; ·····, Analog value.

表5 二窗型和四窗型数量比例与月平均气温的相关系数

Table 5 Correlation coefficient of the proportion of conspicuous and spectabilis with monthly average temperature

项目 Item	二窗型 Conspicua	四窗型 Spectabilis	月平均气温 (°C) Monthly average temperature
二窗型 Conspicua	1.00		
四窗型 Spectabilis	-1.00**	1.00	
月平均气温 (°C) Monthly average temperature	-0.09	0.09	1.00

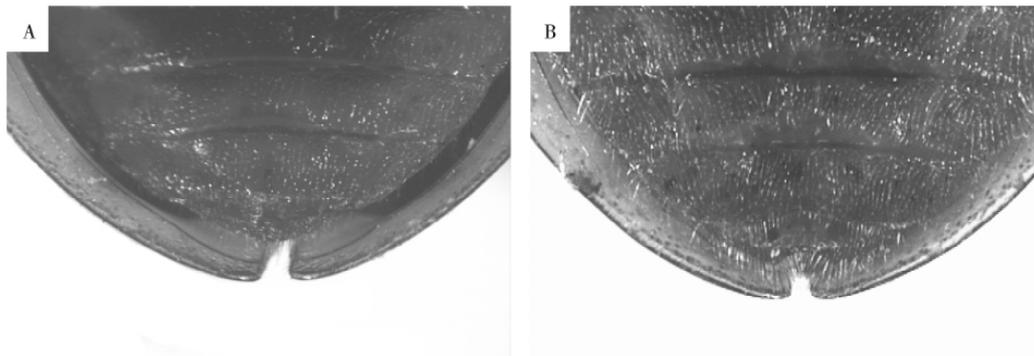


图5 异色瓢虫雌雄成虫区别

Fig. 5 Difference between female and male adults of *Harmonia axyridis*

注: A, 雌成虫; B, 雄成虫。Note: A, Female; B, Male.

表6 异色瓢虫种群及不同色斑型性比与月平均气温的相关系数

Table 6 Correlation coefficient of sex ratio of *Harmonia axyridis* population and different phenotypes with monthly average temperature

项目 Item	种群 Population	浅色型 Light color type	深色型 Dark color type	月平均气温 (°C) Monthly average temperature
种群 Population	1.00			
浅色型 Light color type	0.97**	1.00		
深色型 Dark color type	0.98**	0.90**	1.00	
月平均气温 (°C) Monthly average temperature	0.79*	0.90**	0.66*	1.00

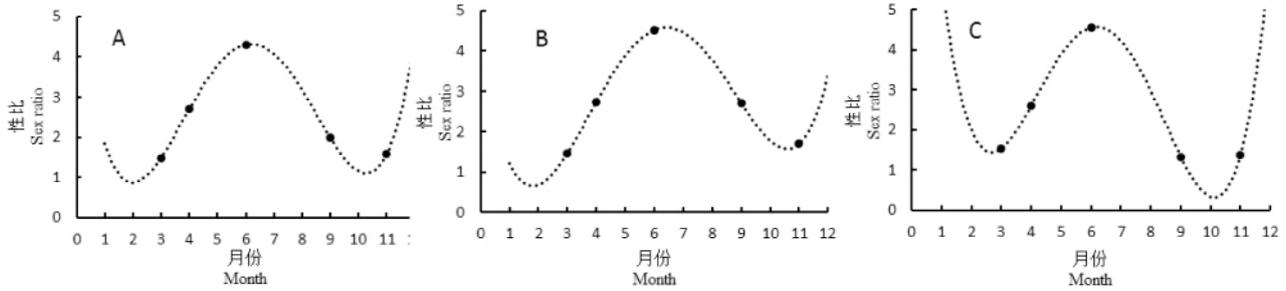


图6 异色瓢虫性比变化

Fig. 6 Sex ratio changes of *Harmonia axyridis*

注: A, 种群; B, 浅色型; C, 深色型; •, 实际值; ·····, 模拟值。Note: A, Population; B, Light color type; C, Dark color type; •, Actual value; ·····, Analog value.

### 3 结论与讨论

目前, 异色瓢虫色斑型和性比季节性变化问题, 多集中于对该现象描述性记录上, 无相关数据支撑 (庚镇城等, 1980)。本文通过对 2012 – 2015 年不同月份异色瓢虫色斑型及性比变化的系统调查, 利用多项式拟合、 $\chi^2$  检验、极差分析和相关性分析方法, 明确了异色瓢虫色斑型和性比的季节性变化规律及其与月平均气温的关系。

比较调查结果可知, 浅色型和深色型数量变化与月平均气温显著相关, 且浅色型呈负相关, 深色型呈正相关, 呈现明显的季节性变化特点, 这与庚镇城等 (1980) 报道结果一致。辛海泉 (2009) 认为年平均气温对异色瓢虫也具有显著影响。综合研究说明, 月平均气温和年平均气温均对异色瓢虫色斑变化有较大影响, 该种变化可能是其适应外界环境的一种变异现象。赵静等 (2015) 研究浅色型和深色型过冷却点发现, 浅色型过冷却点低于深色型是造成越冬期间浅色型数量上升的原因之一。Osawa (1992) 认为浅色型和深色型数量变化可能与雌性交配倾向有关, 雌性在春季多选择浅色型雄性交配, 而在夏季多选择深色型。庚镇城等 (1980) 和王良衍 (1983) 认为是背景保护色导致天敌捕食和寄生差异导致的。郭长飞等 (2016) 通过研究各瓢虫种群间的系统进化关系, 推测形成不同色斑的关键影响因素很有可能是遗传基因之外的其它因素。异色瓢虫色斑季节性变化可能是环境因素 (如: 温度、光照、湿度等)、人为因素 (如: 工业污染、农药施用等) 和自身内在因素 (如: 基因调控、偏好选择等) 造成的, 这种变化可能是其为适应在不同时

期的不同因素所采取的策略 (杨柳, 2007), 但具体是哪一种因素对该变化起主导作用以及各因素作用大小尚无定论, 有待于进一步研究。

除此之外, 浅色型不同位置斑点数量和联斑数量比例变化趋势与浅色型数量的变化趋势相似, 即随着月平均温度的升高, 斑点和联斑的数量降低, 且均达到显著相关水平。深色型中二窗型数量比例与月平均气温呈负相关且不显著, 四窗型呈正相关, 相关系数分别为  $-0.09$  和  $0.09$ , 但通过  $\chi^2$  检验发现二窗型和四窗型数量与月份显著关联, 说明浅色型中各色斑变型的比例受温度影响变化较大, 而深色型中二窗和四窗型的比例变化较小, 可能存在温度以外其它因素影响其数量比例的变化。

异色瓢虫性比表现为偏雌现象, 尤其是在夏季最明显, 其次是冬季, 说明雌成虫可能在抗高温和低温方面优于雄成虫。通过相关性分析发现, 种群和深色型性比与月平均气温显著相关, 而浅色型达到极显著水平。说明浅色型雌雄比例受温度影响更大。本结果与 Heimpel (2000) 报道的亚洲种群性比基本在 1:1 的结论不同, 而与庚镇城等 (1980) 和王良衍 (1983) 调查结果一致。胡楷 (1979) 调查也发现野外种群存在“单生雌”母系遗传现象, 导致性比与理论预期偏离。是否还存在其它因素影响性比变化, 尤待今后深入研究。

目前, 随着我国设施农业和土地流转集约化农业发展, 生物防治前景广阔。异色瓢虫作为一种重要的天敌资源, 已在许多国家大面积用于害虫生物防治。我国是农业大国且富有异色瓢虫资源, 在异色瓢虫的开发利用方面具有明显的优势和较大的空间 (王延鹏, 2007)。研究自然状态下

异色瓢虫变化规律和影响因素, 以及其在田间不同时期实际生存状态, 可为人工繁殖和成功释放该瓢虫进行生物防治提供参考。

### 参考文献 (References)

- An RJ, Zhang LS, Zhang DM, *et al.* Study on the bionomics of *Harmonia axyridis* (Pallas) [J]. *Journal of Zhelinu Animal Husbandry College*, 1998, 8 (2): 49–51. [安瑞军, 张礼生, 张冬梅, 等. 异色瓢虫 *Harmonia axyridis* (Pallas) 生物学初步研究 [J]. 哲里木畜牧学院学报, 1998, 8 (2): 49–51]
- Coderre D, Soares AO, Schander H. Effect of temperature and intraspecific allometry on predation by two phenotypes of *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) [J]. *Environmental Entomology*, 2003, 32 (5): 939–944.
- Dobzhansky TG. Geographical variation in lady-beetles [J]. *American Naturalist*, 1933, 67 (709): 97–126.
- Du WM, Chen LL, Ruan CC, *et al.* Investigations of the color variations of *Harmonia axyridis* (Pallas) in Changchun [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2010, 26 (4): 258–266. [杜文梅, 陈丽玲, 阮长春, 等. 长春市异色瓢虫色斑类型调查与研究 [J]. 中国农学通报, 2010, 26 (4): 258–266]
- Geng ZC, Tan JZ. Several genetic problems of *Harmonia axyridis* [J]. *Chinese Journal of Nature*, 1980, 3 (7): 512–518. [庚镇城, 谈家桢. 异色瓢虫的几个遗传问题 [J]. 自然杂志, 1980, 3 (7): 512–518]
- Gong QT, Zhang KP, Wu HB, *et al.* Investigation on color variations of *Harmonia axyridis* (Pallas) in Taian city [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2013, 45 (11): 95–99, 102. [宫庆涛, 张坤鹏, 武海斌, 等. 泰安市异色瓢虫色斑类型调查与研究 [J]. 山东农业科学, 2013, 45 (11): 95–99, 102]
- Gong QT, Zhang KP, Wu HB, *et al.* Variation and diversity analysis of spots on *Harmonia axyridis* wings in summer and autumn in Taian city [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2014, 46 (4): 87–91. [宫庆涛, 张坤鹏, 武海斌, 等. 泰安市夏秋两季异色瓢虫色斑类型变化及多样性分析 [J]. 山东农业科学, 2014, 46 (4): 87–91]
- Guo CF, Xu WM, He Z, *et al.* Color variations of *Harmonia axyridis* and phylogenetic analysis of 19-spot *H. axyridis* based on their *COI* genes [J]. *Journal of Plant Protection*, 2016, 43 (1): 155–161. [郭长飞, 许炜明, 何瞻, 等. 异色瓢虫色斑多样性调查及各地十九斑变型 *COI* 基因系统进化分析 [J]. 植物保护学报, 2016, 43 (1): 155–161]
- Guo HS. Genetic Diversity and Cold Hardiness of Multiple Elytral Color Morphs of the Overwintering *Harmonia axyridis* (Pallas) [D]. Master Degree Thesis of Hangzhou Normal University, 2015. [郭红双. 异色瓢虫越冬代不同斑型的遗传多样性和耐寒性研究 [D]. 杭州师范大学硕士学位论文, 2015]
- He JL, Ma EP, Shen YC, *et al.* Observations of the biological characteristics of *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) [J]. *Journal of Shanghai Agricultural College*, 1994, 12 (2): 119–124. [何继龙, 马恩沛, 沈允昌, 等. 异色瓢虫生物学特性观察 [J]. 上海农学院学报, 1994, 12 (2): 119–124]
- Heimpel GE, Lundgren JG. Sexual ratios of commercially reared biological control agents [J]. *Biological Control*, 2000, 19: 77–93.
- Hu K. Maternally inherited “sonless” abnormal sex-ratio condition in the lady-beetle (*Harmonia axyridis*) [J]. *Acta Genetica Sinica*, 1979, 6 (1): 73. [胡楷. 异色瓢虫“单生雌”性比异常的母系遗传 [J]. 遗传学报, 1979, 6 (1): 73]
- Jin Y, Zhang YJ, Ma RY. Studies on the type of spot in the wings of *Harmonia axyridis* (Pallas) in Shanxi province [J]. *Journal of Shanxi Agricultural University*, 2001, 21 (3): 230–232. [荆英, 张永杰, 马瑞燕. 山西省异色瓢虫色斑类型考察 [J]. 山西农业大学学报, 2001, 21 (3): 230–232]
- Jiang WH, Pan XH, Liu JX, *et al.* Studies on the type of spot in the wings of *Harmonia axyridis* (Pallas) in Baoding [J]. *Hebei Journal of Forestry and Orchard Research*, 2007, 22 (2): 198–202. [姜文虎, 潘秀华, 刘军侠, 等. 保定市异色瓢虫色斑类型调查研究 [J]. 河北林果研究, 2007, 22 (2): 198–202]
- Komai T, Chino M, Hosino Y. Contributions to the evolutionary genetics of the lady beetle, *Harmonia* [J]. *I. Genetics*, 1951, 35 (4): 382–391.
- Li JR. Study on Artificial Diets for Rearing Larvae of *Harmonia axyridis* (Pallas) [D]. Master Degree Thesis of Huazhong Agricultural University, 2015. [李金瑞. 异色瓢虫幼虫人工饲料的研究 [D]. 华中农业大学硕士学位论文, 2015]
- Liu JW. The Research on Morphological Variety of Different Phenotype *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) in the Area of Maoershan [D]. Master Degree Thesis of Northeast Forestry University, 2015. [刘建武. 帽儿山地区不同色斑类型异色瓢虫形态多样性研究 [D]. 东北林业大学硕士学位论文, 2015]
- Luo XC. Stretch mark and color variations of *Harmonia axyridis* (Pallas) [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 1960, 5: 157–158. [罗希成. 异色瓢虫的色斑及斑纹 [J]. 昆虫知识, 1960, 5: 157–158]
- Mousseau TA, Dingle H. Maternal effects in insect life histories [J]. *Annual Review of Entomology*, 1991, 36: 511–534.
- Mader L. Evidenz der palaearktischen coccinelliden und ihrer aberrationen in wort und bild [J]. *I. Theil.*, 1937, 338.
- Osawa N, Nishida T. Seasonal variation in elytral colour polymorphism in *Harmonia axyridis* (the ladybird beetle): The role of non-random mating [J]. *Heredity*, 1992, 69: 297–307.
- Vilcinskas A, Schmidtberg H, Estoup A, *et al.* Evolutionary ecology of microsporidia associated with the invasive ladybird *Harmonia axyridis* [J]. *Insect Science*, 2015, 22 (2): 313–324.
- Wang LY. Biology and population growth of *Harmonia axyridis* [J]. *Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology*, 1983, 4: 20–26. [王良衍. 异色瓢虫生物学及其种群消长的研究 [J]. 浙江林业科技, 1983, 4: 20–26]
- Wang YP, Lv F, Wang ZP. Progress of *Harmonia axyridis* (Pallas) utilization [J]. *Entomological Journal of East China*, 2007, 16 (4): 310–314. [王延鹏, 吕飞, 王振鹏. 异色瓢虫开发利

- 用研究进展 [J]. 华东昆虫学报, 2007, 16 (4): 310-314]
- Wu QY. The Genetic Diversity Research of Different Splash Stain of *Harmonia axyridis* [D]. Doctor Degree Thesis of Northeast Forestry University, 2007. [吴庆禹. 异色瓢虫不同色斑类型遗传多样性研究 [D]. 东北林业大学博士学位论文, 2007]
- Wu JW, Wang J, Shi BC, et al. Studies on the type of spot in the wings of *Harmonia axyridis* (Pallas) in Beijing [J]. *Plant Protection*, 1987, 13 (3): 16-18. [吴矩文, 王军, 石宝才, 等. 北京异色瓢虫色斑类型考察 [J]. 植物保护, 1987, 13 (3): 16-18]
- Xin HQ. Population Genetics Analysis on Elytra Color Polymorphism of *Harmonia axyridis* in Jilin [D]. Master Degree Thesis of Northeast Normal University, 2009. [辛海泉. 吉林省部分地区异色瓢虫鞘翅色斑多态的群体遗传学分析 [D]. 东北师范大学硕士学位论文, 2009]
- Xu QY, Lin QQ, Jin S, et al. On the elytra colored speck diversity of *Harmonia axyridis* (Pallas) and *Propylea japonica* (Thunberg) in Daming mountain [J]. *Journal of Hangzhou Normal University (Natural Science)*, 2014, 13 (2): 159-163. [徐青叶, 林青青, 金上, 等. 临安大明山异色瓢虫及龟纹瓢虫鞘翅色斑多样性分析 [J]. 杭州师范大学学报 (自然科学版), 2014, 13 (2): 159-163]
- Yang L. Analysis of Population Genetics in Elytra Colour Polymorphism of the Ladybird Beetle, *Harmonia axyridis* [D]. Master Degree Thesis of Northeast Normal University, 2007. [杨柳. 异色瓢虫鞘翅色斑的群体遗传学分析 [D]. 东北师范大学硕士学位论文, 2007]
- Yuan RC, Zhang FM, Wen GZ, et al. Investigation and research on color variations of *Harmonia axyridis* (Pallas) in Changbai mountains [J]. *Jilin Agricultural Sciences*, 1994, 4: 45-54. [袁荣才, 张富满, 文贵柱, 等. 长白山异色瓢虫色型的考察与研究 [J]. 吉林农业科学, 1994, 4: 45-54]
- Zhang KP, Gong QT, Wu HB, et al. Safety comparison of eleven acaricides to *Harmonia axyridis* [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2014, 36 (5): 768-774. [张坤鹏, 宫庆涛, 武海斌, 等. 11种杀螨剂对异色瓢虫的安全性比较 [J]. 环境昆虫学报, 2014, 36 (5): 768-774]
- Zhao J, Xiao D, Li XL, et al. Cold tolerance of different adult elytral color morphs in *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2015, 52 (2): 428-433. [赵静, 肖达, 李晓莉, 等. 异色瓢虫不同色斑型成虫的耐寒性研究 [J]. 应用昆虫学报, 2015, 52 (2): 428-433]
- Zhu PY. Common variants identification of *Harmonia axyridis* [J]. *Jiangxi Plant Protection*, 1987, 1: 26. [朱培尧. 异色瓢虫常见变种的识别 [J]. 江西植保, 1987, 1: 26]