



吴钰薇,郑林浩,高鹏,等.异色瓢虫生物生态学及其应用研究进展[J].黑龙江农业科学,2022(10):109-114.

异色瓢虫生物生态学及其应用研究进展

吴钰薇^{1,2},郑林浩^{2,3},高鹏²,石文倩¹,王昱²,康健²,李启云^{1,2},徐文静^{1,2}

(1. 吉林农业大学 植物保护学院,吉林 长春 130118; 2. 吉林省农业科学院 植物保护研究所,吉林 公主岭 136100; 3. 浙江农林大学 现代农学院,浙江 杭州 311300)

摘要:异色瓢虫(*Harmonia axyridis*)是农林业重要的捕食性天敌之一。深入了解异色瓢虫的生物生态学特性,是科学利用其开展生物防治的重要前提。本文总结了国内外异色瓢虫的研究进展,重点关注了异色瓢虫的形态特征、生活史、捕食能力、人工饲养及其应用。分析得出,环境和食物是影响异色瓢虫的生长发育及繁殖的两大因素;此外,异色瓢虫能够捕食除蚜虫外多种鳞翅目昆虫的卵和幼虫。

关键词:异色瓢虫;形态特征;生物生态学;生物防治;人工饲养

化学农药不仅控制了病虫害的发生,还提高了粮食产量,降低了经济损失,但由于过量施用,带来了环境污染、人畜伤亡、食品安全等一系列问题。我国每年因农药中毒的人数已占据世界同类中毒伤亡事故的50%,大量使用高浓度杀虫剂使抗药性害虫从1991年的15种上升至如今800多种,我国至少也有50种抗药性害虫,例如粘虫、甜菜夜蛾、草地贪夜蛾等害虫,并伤害了天敌昆虫,破坏了自然界的生态平衡。随着国家“十三五”规划提出的“双减”政策,生物防治在害虫综合治理中发挥着越来越重的作用^[1]。我国天敌昆虫的种类非常丰富,在农业生产上的应用也越来越频繁,异色瓢虫作为最具开发潜力的一种天敌昆虫越来越受到人们的重视^[2]。

异色瓢虫[*Harmonia axyridis* (Pallas)]属鞘翅目(Coleoptera),瓢甲科(Coccinellidae),具有食量大、耐性强、繁殖力强等特点。主要分布于中国、俄罗斯、蒙古、朝鲜等地,在我国大部分地区均有分布,可捕食农林业中多种蚜虫、某些蚧壳虫、粉虱、木虱、螨类及某些鳞翅目(Lepidoptera)害虫幼虫和卵,是食性庞杂的捕食性天敌,这引起了国内外科研人员的广泛关注。20世纪初异色瓢虫作为天敌昆虫引入北美,随后相继在南美洲、欧洲以及大洋洲等地释放,经过几十年的发展,异

色瓢虫已经遍布全球各个主要农业生产区,并且逐渐替代引入地的捕食性瓢虫成为优势种^[3]。目前,各国学者对异色瓢虫的研究已经取得了一定的进展。本文就异色瓢虫的生物生态学特性、行为特征及应用研究三方面进行综述,重点阐述了异色瓢虫的形态特征、生活史、捕食能力、人工饲养和生物防治,对异色瓢虫的研究进展进行了简单的总结归纳,以期加深对异色瓢虫的认识,为科学饲养异色瓢虫及合理利用异色瓢虫进行害虫防治提供参考。

1 异色瓢虫的生物生态学特性

1.1 异色瓢虫的形态特征

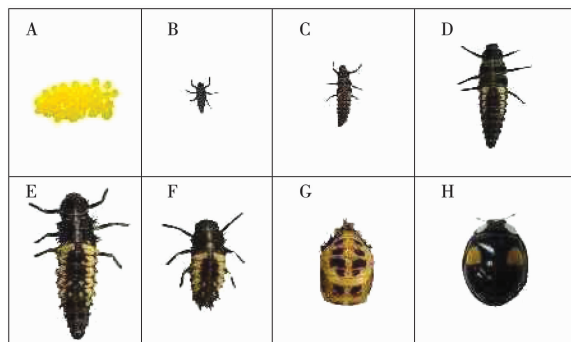
异色瓢虫属于完全变态昆虫,整个发育历期包括,卵期、幼虫期、预蛹期、蛹期和成虫期(图1)。异色瓢虫的卵粒呈枣核型,两头尖,中间鼓,垂直而立,有时排列整齐,偶尔块状^[4],卵粒长1.2 mm左右,颜色呈鹅黄色,接近孵化时卵的颜色变黑;1龄幼虫体长2.0 mm左右,身体呈三角形,体色为黑色;2龄幼虫体长4.0 mm左右,体色为灰黑色,腹部前端背脊有1对黄色凸起;3龄幼虫体长6.0 mm左右,体色为黑色,腹部背脊的1对黄色凸起增加至5对;4龄幼虫体长10.0 mm左右,体色为黑色,腹部背脊除了5对黄色凸起外,在最后两对凸起中间又增加了1个“口”字型黄色凸起;4龄幼虫后期不再取食,身体逐渐变小蜷缩起来,预蛹期为1 d;蛹体长6 mm,宽4 mm左右,体色呈黄褐色,体背有明显黑色板块,大小与成虫相似;异色瓢虫成虫长5.4~8.0 mm,宽3.8~5.2 mm,鞘翅的7/8处有1条显著的横脊,这是异色瓢虫的一个重要特点。

收稿日期:2022-07-21

基金项目:吉林省科技发展计划科技人才项目(20200301028RQ);吉林省农业科技创新工程项目(CXGC2022RCY030)。

第一作者:吴钰薇(1999—),女,硕士研究生,从事害虫综合防治研究。E-mail:1924939655@qq.com。

通信作者:徐文静(1977—),女,硕士,研究员,从事害虫综合防控研究。E-mail:xuwj521@163.com。



A. 卵粒; B. 1 龄幼虫; C. 2 龄幼虫; D. 3 龄幼虫;

E. 4 龄幼虫; F. 预蛹; G. 蛹; H. 成虫。

图 1 异色瓢虫各个历期形态

异色瓢虫雌性个体一般大于雄性个体,雌虫头部唇基边沿处可见明显长椭圆形深斑点,而雄虫头部唇基边沿处无明显黑色斑点^[5],另外雌虫第五腹板后缘弧形内陷,第六腹板后缘半圆形内凹,而雄虫第五腹板外突,第六腹板中部有纵脊,后缘弧形突出^[2]。

1.2 异色瓢虫的色斑类型

我国异色瓢虫色斑类型多达 200 种^[6],遗传学家谈家桢将异色瓢虫分为 95 个变形,根据鞘翅的色斑数量和大小,主要分为 4 种类型^[7]。黄底型(ss):异色瓢虫鞘翅以黄色为底色,镶嵌 0~19 个大小不一的黑色斑点;花斑型(S^*S^*):异色瓢虫鞘翅以黑色为底色,上面有几个橙红色斑块,有的斑块会连接到一起;二窗型(S^*S^*):异色瓢虫鞘翅以黑色为底色,其左右鞘翅中上部分均有 1 个橙红色斑块;四窗型(S^*S^*):异色瓢虫鞘翅以黑色为底色,其左右鞘翅上均有 2 个橙红色斑点,并且上方的斑块大,下方的斑块小。根据调查,在野外,异色瓢虫 99% 属于以上 4 种类型。我国北方异色瓢虫以黄底型为主,黑底形较少,由东北部、北部,过渡到中国南部、西南部,黑底形逐渐上升,黄底型逐渐减少^[8]。同样有研究报道,干燥的环境益于黄底型个体繁衍,而黑底型更适合在湿润的环境中生活^[9]。雄性色斑类型是雌成虫选择交配行为的一个重要因子。在春季,黑底型和非黑底型的雌成虫喜欢与黑底型的雄成虫进行交配,但在夏季喜欢与黄底型的雄成虫进行交配。

1.3 异色瓢虫的生活史

异色瓢虫的发生代数由北向南逐渐增加,在黑龙江省一年发生 2 代,辽宁省一年发生 3 代,山西省一年发生 4 代,上海市一年 5 代,浙江省一

年 6 代,江西省一年发生 8 代,均以成虫越冬^[10]。

异色瓢虫是典型的短日照滞育型昆虫。刘震^[11]发现当温度在 14~16 ℃,光照强度为 4~8 lx,是适合诱导异色瓢虫进入滞育的条件。在野外,当气温低于 10 ℃异色瓢虫开始进入越冬状态。异色瓢虫通常群聚朝阳背风隐蔽处进行越冬^[12],聚集越冬不仅可以降低新陈代谢速率,还可以减少能量损耗,从而增加越冬成活率^[13],待到第二年春季回暖逐渐开始取食、繁殖。

异色瓢虫的发育历期与温度、光照、食物有着紧密的关系。陈洁等^[14]认为在 25 和 30 ℃的条件下异色瓢虫的世代历期最短,Lamana 等^[15]在 30 和 14 ℃的条件下饲养异色瓢虫,成虫前期发育历期分别需要 14.8 和 81.1 d;张伟等^[16]认为与长光照相比在短光照的条件下异色瓢虫成虫前期的发育历期显著缩短,这一结论与 Berkvens 等^[17]和 Reznik 等^[18]的研究结果一致;研究人员用棉蚜、豆蚜和豌豆修尾蚜饲喂异色瓢虫,异色瓢虫全幼虫发育历期分别为 10.25,9.66 和 11.63 d^[19],以粘虫卵粒饲喂异色瓢虫,其全幼虫期发育历期为 10.15 d;万银平^[20]以果蝇幼虫饲喂异色瓢虫的全幼虫发育历期为 15.86 d,张岫等^[21]以人工饲料饲养的全幼虫发育历期为 16.24 d。成虫一般存活 60~90 d,越冬成虫可存活 210~240 d。

1.4 异色瓢虫的捕食能力

异色瓢虫的主要猎物是蚜虫,包括豌豆蚜、豆蚜、烟蚜、桃蚜、大豆蚜^[3]等。有研究报道异色瓢虫除了捕食蚜虫外还可以捕食鳞翅目昆虫的卵和幼虫,例如斜纹夜蛾^[22]、草地贪夜蛾^[23]、甜菜夜蛾^[24]、棉铃虫^[3]、小菜蛾^[3]、粘虫、番茄潜夜蛾^[25]等鳞翅目害虫。

异色瓢虫的幼虫和成虫具有相同的食性,但由于两种虫态营养需求不一样,其捕食量也具有显著差异,其中 4 龄幼虫的日捕食量最大,每天可以捕食 204.75 头豌豆蚜^[26]、33.33 头草地贪夜蛾 2 龄幼虫^[27]。由于不同害虫营养含量的不同导致异色瓢虫对不同害虫具有一定的捕食偏好。周丽君等^[28]研究发现,当草地贪夜蛾和禾谷缢管蚜同时存在时异色瓢虫对禾谷缢管蚜表现出正喜好性,对斜纹夜蛾表现出负喜好性;Zhang 等^[29]研究发现,相较于烟粉虱,异色瓢虫更喜欢取食棉蚜;Canovai 等^[30]同样认为相较于欧洲葡萄小卷蛾,异色瓢虫更喜欢取食黑豆蚜。这说明异色瓢虫有防控鳞翅目害虫的

潜力,但是在田间释放异色瓢虫防控鳞翅目害虫时,应当调查田间蚜虫的危害情况,若蚜虫较多时,异色瓢虫对目标害虫的防控效果将会受到显著影响。

2 异色瓢虫的行为特征

2.1 搜索行为

异色瓢虫对猎物有很强的追踪和捕食能力。在野外,当植物受到侵害时会散发出挥发性物质,这一信息素会吸引瓢虫找到猎物生境,找到生境后,其搜索方式从广域搜索转变到限域搜索^[31],通常通过嗅觉、触觉找到猎物。异色瓢虫还能通过对物理信息的感知来判断猎物的丰富程度,例如异色瓢虫对黄色茎叶的敏感度大于绿色^[32],雌性异色瓢虫在猎物多的植株上搜索,而雄性则相反。

2.2 捕食行为

捕食功能反应是指单个捕食者在单位时间内和给定的不同猎物密度下所能捕食的猎物数量,它是捕食性天敌捕食能力的重要指标之一。昆虫学家 Holling^[33]将功能反应分为Ⅰ型、Ⅱ型和Ⅲ型。Ⅰ型:捕食者的捕食量随猎物密度呈线性增长,直至达到最大值;Ⅱ型:捕食者的捕食量与猎物密度呈负加速曲线直至饱和,然后增速减慢直至饱和;Ⅲ型:捕食者的捕食量随猎物密度增加呈S型曲线达到密度阈值,捕食者的捕食率开始时随猎物密度增加呈正加速趋势,随后是负加速趋势,最后达到饱和状态^[34]。有关异色瓢虫对猎物的捕食功能反应,大多数都符合 Holling Ⅱ型方程。

2.3 自残行为

异色瓢虫有自残行为。非同胞自相残杀比同胞自相残杀发生得更普遍,幼虫自残高峰期发生在孵化后的在3~8 d,即2龄后期至4龄初期^[35],出现这一现象的主要原因是饲养密度过大和饲料不足。在野外,异色瓢虫为了降低自残率会通过产营养卵或者个体迁移,而在人工饲养时可以通过饲喂充足的饲料、对异色瓢虫幼虫进行分离来降低自残率。

2.4 交配产卵

异色瓢虫为多次交配型昆虫,但多次交配对雄性是有利的,却会影响雌性寿命^[36]。雌性异色瓢虫在交配中占据主动权,在春季,雌性异色瓢虫成虫大概率选择非黑底型雄性异色瓢虫成虫进行

交配,而在夏季时却相反。

异色瓢虫交配时间多为17:00—18:00点,交尾后3~5 d开始产卵^[37]。单雌一生产卵16~33次,最多产1 089粒卵,平均561粒^[20]。王小艺等^[12]认为越冬代成虫平均产卵量可达2 800粒。张晓娜^[38]认为20 d雌虫和20 d雄虫交配,雌虫最大平均产卵量可达2 126.30粒。

3 异色瓢虫的应用研究

3.1 人工饲养

异色瓢虫室内人工饲养的关键是长期、稳定的饲料来源。蚜虫是异色瓢虫的主要天然猎物,但持续稳定的提供蚜虫是一个现实问题,于是早在20世纪50年代国内外学者对异色瓢虫的人工饲料展开了研究。人工饲料包括化学规定饲料,昆虫源饲料和非昆虫源饲料。

3.1.1 化学规定饲料 化学规定饲料国内研究较少。杨洪等^[39]以18种氨基酸、蔗糖、胆固醇、10种氨基酸和6种无机盐组成的饲料,该饲料既不能使幼虫完成发育,也不能使成虫产卵,但添加雄蜂蛹粉的可溶性提取物后可促进产卵。沈志成等^[40]用雄蜂蛹饲料饲养异色瓢虫,发现成虫的卵黄蛋白含量少、产卵前期延长,每天在雌成虫背部点滴保幼激素类似物ZR512,卵黄蛋白和产卵量显著提升与对照组(蚜虫)效果相当。

3.1.2 昆虫源饲料 昆虫源饲料主要是指代替饲料。郭建英等^[41]以米蛾卵、赤眼蜂蛹饲喂异色瓢虫发现米蛾卵不能使异色瓢虫完成整个变态发育,而赤眼蜂蛹可以使异色瓢虫完成发育但发育历期显著延长、产卵量显著降低。Specty等^[42]分别用地中海粉螟的卵和豌豆蚜饲养异色瓢虫,发现以地中海粉斑螟卵饲喂的异色瓢虫体内的蛋白质含量和脂肪含量都要低于用豌豆蚜饲养,并且幼虫死亡率、蛹重、产卵量等各项生物学特性也相对较弱。韩瑞兴等^[43]用5 g雄蜂蛹和1 g蜂蜜混合制作的糊状饲料饲养异色瓢虫,饲养效果与用蚜虫饲养效果接近。张帆等^[44]用人工卵赤眼蜂蛹、自然卵赤眼蜂蛹和雄蜂蛹对异色瓢虫进行饲养,发现这3种饲料均可以作为异色瓢虫幼虫的代替饲料,其中人工卵赤眼蜂蛹效果最好,与对照组(豆蚜)差异不显著。卢绍辉等^[45]以家蚕幼虫饲养异色瓢虫,异色瓢虫幼虫发育历期、成虫体重与对照组(蚜虫)无差异,但产卵前期延长、产卵量降低。以粘虫卵粒饲喂异色瓢虫的发育历期与蚜

虫的无显著差异,单雌最高产卵量为 1 585 粒。粘虫卵粒是目前饲养效果最好的昆虫源饲料。

昆虫源饲料和异色瓢虫的天然食物营养元素类似,但会存在异色瓢虫产卵前期延长、产卵量降低等问题,通常会搭配促食饲料:蜂蜜、蔗糖、豆油、玉米油、菜籽油和橄榄油等脂肪源类,对产卵可取得较好效果^[46]。

3.1.3 非昆虫源饲料 非昆虫源饲料是指饲料中没有任何昆虫的成分。Sighinolfi 等^[47]基于猪肝研发了一种人工饲料并饲养异色瓢虫,发现异色瓢虫发育历期延长、羽化率降低、成虫体重变轻、产卵量下降。国内的研究者以蜂蜜和猪肝配制成人工饲料饲养异色瓢虫,发现幼虫历期有所延长、羽化的成虫体重降低,但使用昆虫激素后可促进卵巢发育、产卵前期缩短,产卵量提高^[18]。近年来我国对非昆虫源饲料的报道较少。

综合以上研究,人工饲料仍然存在诸多问题,均无法实现室内大规模人工饲养异色瓢虫,目前蚜虫依然是保证异色瓢虫生长发育及繁殖的最佳饲料。因此,筛选一种能够满足异色瓢虫生长发育及繁殖的代替饲料具有重要的意义,可以为室内大规模饲养异色瓢虫提供借鉴。

3.2 异色瓢虫在生物防治上的应用

异色瓢虫用于害虫生物防治已有 100 多年历史。我国学者也就异色瓢虫在农、林业上的应用展开研究,其中大多数为室内捕食功能研究。研究表明异色瓢虫可以有效地捕食各类蚜虫,并且其捕食功能反应大多为 Holling II 型。除了捕食功能研究外,国内学者也展开了田间释放实验。确定释放异色瓢虫数量的确定目前有两种方式:第一种根据瓢蚜比例释放,孙梅梅等^[48]研究表明,释放异色瓢虫成虫,瓢蚜比为 1:100 时,可以有效地控制甘蓝蚜虫;第二种方式是参考蚜虫的数量以及根据以往释放经验,罗希成等^[49]释放异色瓢虫防治黄瓜上的棉蚜时,每个叶片释放 4 头瓢虫,每个中心虫株释放 20~30 头,蚜虫密度较高时,可增至每株放 30~50 头。袁荣才等^[50]连续 2 年在不额外施用农药的大豆试验田中释放异色瓢虫防治蚜虫,取得了很好的效果;其他研究者在枸杞田^[51]、棉田^[52]、烟田^[53]人工释放异色瓢虫,对枸杞蚜虫、棉蚜、烟蚜有较好的防控效果。另外在温室大棚释放异色瓢虫可以有效地控制草莓蚜虫^[54]、甜椒和圆茄上的桃蚜^[55]。

3.3 杀虫剂对异色瓢虫的影响

王小艺等^[56]测定了 6 种亚致死浓度杀虫剂对异色瓢虫繁殖力的影响,发现这几种杀虫剂会影响异色瓢虫卵的孵化率、卵至蛹期的存活率和幼虫发育历期,其中吡虫啉、鱼藤酮、氰戊菊酯和阿维菌素对异色瓢虫的捕食功能反应和寻找效应产生消极的影响,氰戊菊酯对异色瓢虫的影响最大^[57]。郝小草等^[58]测定了 13 种杀虫剂对异色瓢虫的毒力,结果表明抑太保、卡死克、灭幼脉相对较安全。肖达等^[59]认为杀虫剂的安全性为噻嗪酮>吡虫啉>阿维菌,在害虫综合治理中应尽量选用对异色瓢虫相对安全的昆虫生长调节剂类的噻嗪酮。吴红波等^[60]用 8 种杀虫对异色瓢虫幼虫的毒性(LC₅₀)测试,发现矿物油类药剂最安全,吡虫啉毒性最高。

如今,生物防治的技术未完全成熟,还不能完全放弃化学防治手段^[61]。在进行化学防治时,应尽可能地选择对天敌毒害小的施用时间、农药种类和施药方式以保护天敌昆虫,将生物防治和化学防治手段相结合来达到最佳的防控效果^[62]。

4 展望

随着生态植保、绿色植保的发展,目前已经建立了异色瓢虫的饲养技术,但还有诸多问题需要进一步优化,才能更好地推进异色瓢虫产业的发展。人工饲养中人工饲料是最具有前景的饲料,具有经济、便捷等特点,但幼虫发育历期缓慢、成虫产卵前期延长、产卵量降低、搜索和捕食功能下降等问题仍需要不断地深入研究和探索,以期获得高品质的人工饲料。昆虫源饲料中蚜虫是目前最成熟的饲料,已经在国内建立了成熟的饲养体系,但蚜虫依托于寄主植物存在,耗费大量的空间、人力、物力和财力;研究人员发现异色瓢虫能够捕食多种鳞翅目害虫,且部分鳞翅目害虫能够满足异色瓢虫的生长发育及繁殖,随着鳞翅目害虫规模化饲养技术的不断成熟,鳞翅目害虫有望成为异色瓢虫饲养中最具潜力的昆虫源饲料。

利用异色瓢虫防治害虫的技术主要是防治蚜虫,包括烟蚜、菜蚜、棉蚜、豆蚜等,不仅有保护地菜蚜防治,也有大田作物和果树的蚜虫防治,有效控制了蚜虫的发展和蔓延,对于环境保护和食品安全做出了贡献。在自然环境中异色瓢虫的捕食范围不仅是蚜虫,还包括鳞翅目^[23]、蜉蝣目、双翅目^[20]等害虫,室内研究表明这些害虫也能使异色

瓢虫完成生长发育和繁殖,因此在异色瓢虫的田间防控中应加大其防治害虫的种类,拓宽其防治应用范围,进一步推广异色瓢虫的应用。

在大规模释放异色瓢虫前不仅要考虑其对害虫的防控效果,同时要对其与目标害虫有关联的其它昆虫产生的潜在影响进行评估^[8]。在不破坏生态系统的前提下,异色瓢虫与本地的田间害虫的天敌物种形成合作关系,多种天敌协同作用共同防控田间害虫,从而获得最好的防控效果^[63]。

参考文献:

- [1] 张帆,李姝,肖达,等.中国设施蔬菜害虫天敌昆虫应用研究进展[J].中国农业科学,2015,48(17):3463-3476.
- [2] 李金瑞.异色瓢虫幼虫人工饲料的研究[D].湖北:华中农业大学,2015.
- [3] 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(9):2117-2126.
- [4] 李连枝.异色瓢虫工厂化繁育技术研究[J].山西林业科技,2011,40(1):28-30.
- [5] MCCORNACK B P, KOCH R L, RAGSDALE D W. A simple method for in-field sex determination of the multicolored Asian lady beetle *Harmonia axyridis* [J]. Journal of Insect Science, 2007, 7(1): 1.
- [6] GAUTIER M, YAMAGUCHI J, FOUCAUD J, et al. The genomic basis of color pattern polymorphism in the Harlequin Ladybird[J]. Current Biology, 2018, 28: 3296-3302.
- [7] 陈旭.异色瓢虫鞘翅黑化多型的关联生理特性与分子调控机制[D].长春:吉林农业大学,2020.
- [8] 江永成,朱培尧.异色瓢虫研究综述[J].江西植保,1993(1):30-34.
- [9] TAN C C. Mosaic dominance in the inheritance of color patterns in the lady-bird beetle, *Harmonia axyridis* [J]. Genetics, 1946, 31: 195-210.
- [10] 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(4):310-314.
- [11] 刘震.人工扩繁代异色瓢虫最适冷藏条件研究[D].泰安:山东农业大学,2009.
- [12] 王小艺,沈佐锐.异色瓢虫的应用研究概况[J].昆虫知识,2002(4):255-261.
- [13] 赵静,李晓莉,许永玉,等.异色瓢虫越冬聚集行为对其能量代谢的影响[J].环境昆虫学报,2014,36(6):879-883.
- [14] 陈洁,秦秋菊,孙文琰,等.温度对异色瓢虫实验种群的影响[J].植物保护学报,2008(5):405-409.
- [15] LAMANA M L, MILLER J C. Temperature-dependent development in an oregon population of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) [J]. Environmental Entomology, 1998, 27(4): 1001-1005.
- [16] 张伟,何运转,黎丹,等.光周期和食物对异色瓢虫生长发育的影响[J].河北农业大学学报,2013,36(1):80-84.
- [17] BERKVEN N, JOCHEM B, DIRK B, et al. Influence of diet and photoperiod on development and reproduction of European populations of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) [J]. BioControl, 2008, 53(1): 211-221.
- [18] REZNIK S Y, VAGHINA N P. Photoperiodic control of development and reproduction in *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) [J]. European Journal of Entomology, 2011, 108(3): 358-390.
- [19] 喻会平,王召,龙贵云,等.三种猎物对异色瓢虫生长发育和繁殖的影响[J].植物保护,2018,44(4):105-109.
- [20] 万银平.不同糖源对异色瓢虫增殖和控害的影响[D].秦皇岛:河北科技师范学院,2021.
- [21] 张岫,毛建军,曾凡荣.非昆虫源人工饲料对异色瓢虫生物学特性的影响[J].中国生物防治学报,2015,31(1):35-40.
- [22] YASIR I. 异色瓢虫对斜纹夜蛾与豌豆蚜的捕食潜力及适应性研究[D].武汉:华中农业大学,2021.
- [23] 刘本菊,秦得强,周游,等.异色瓢虫对草地贪夜蛾的捕食行为观察与评价[J].华南农业大学学报,2020,41(1):28-33.
- [24] 王红托,张伟东,陈新中,等.异色瓢虫规模化生产技术与瓢虫工厂的建立[J].应用昆虫学报,2012,49(6):1726-1731.
- [25] 杨桂群,范苇,张倩,等.异色瓢虫和龟纹瓢虫幼虫对番茄潜叶蛾低龄幼虫的捕食功能反应[J].中国生物防治学报,2022,38(4):959-966.
- [26] 崔亚琴,王拓,高洁.异色瓢虫对豌豆蚜的捕食效应[J].山西农业科学,2022,50(1):130-134.
- [27] 赵英杰,符成悦,李维薇,等.异色瓢虫幼虫对草地贪夜蛾卵和低龄幼虫的捕食作用[J].植物保护,2020,46(1):51-54,86.
- [28] 周丽君,杨灯海,胡其磊,等.异色瓢虫对草地贪夜蛾和禾谷缢管蚜的捕食功能反应及捕食选择性研究[J].植物保护,2022,48(2):111-117.
- [29] ZHANG G F, LÖVEI G L, WU X, et al. Presence of native prey does not divert predation on exotic pests by *Harmonia axyridis* in its indigenous range [J]. PloS ONE, 2016, 11(7): e0159048.
- [30] CANOVAI R, BENELLI G, CERAGIOLI T, et al. Prey selection behaviour in the multicoloured Asian ladybird, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) [J]. Applied Entomology and Zoology, 2019, 54(2): 195-196.
- [31] 曲爱军,孙绪良,卢西平,等.异色瓢虫显现变种对寄主的寻找行为研究[J].昆虫天敌,2004(1):12-17.
- [32] MONDOR E B, WARREN J L. Unconditioned and conditioned responses to colour in the predatory coccinellid, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) [J]. European Journal of Entomology, 2000, 97(4): 463-467.
- [33] HOLLING C S. Some characteristics of simple types of predation and parasitism [J]. The Canadian Entomologist, 1959, 91(7): 385-398.
- [34] 孔琳.四种瓢虫对草地贪夜蛾卵和幼虫的捕食功能研究[D].北京:中国农业科学院,2020.
- [35] 孙莉,陈霞,张艳璇,等.异色瓢虫饲养密度对成虫获得率及繁殖的影响[J].中国生物防治学报,2019,35(1):15-19.
- [36] SHOHKO O. Mating behavior and sperm transfer in the ladybird

- beetle, *Harmonia axyridis* Pallas; Coleoptera; Coccinellidae[J]. Applied Entomology and Zoology, 1987, 22(4): 434-442.
- [37] 张永强, 沈平, 常承秀, 等. 临夏地区异色瓢虫生物学特性观察[J]. 甘肃林业科技, 2010, 35(1): 71-73.
- [38] 张晓娜. 异色瓢虫 (*Harmonia axyridis*) 交配日龄及其生殖力研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2011.
- [39] 杨洪, 熊继文, 张帆. 异色瓢虫人工饲料研究进展[J]. 山地农业生物学报, 2003(2): 169-172.
- [40] 沈志成, 胡萃, 龚和. 取食雄蜂蛹粉对龟纹瓢虫和异色瓢虫卵黄发生的影响[J]. 昆虫学报, 1992(3): 273-278.
- [41] 郭建英, 万方浩. 三种饲料对异色瓢虫和龟纹瓢虫的饲喂效果[J]. 中国生物防治, 2001(3): 116-120.
- [42] SPECTY O, FEBVAY G, GRRENIER S, et al. Nutritional plasticity of the predatory ladybeetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae): Comparison between natural and substitution prey[J]. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 2003, 52(2): 81-91.
- [43] 韩瑞兴, 蒋玉才, 徐丽华. 异色瓢虫人工繁殖技术研究初报[J]. 辽宁林业科技, 1979(6): 33-39.
- [44] 张帆, 杨洪, 张君明, 等. 三种代饲料对异色瓢虫饲养效果评价[C]//成卓敏. 农业生物灾害预防与控制研究. 江西: 农业生物灾害预防与控制研究, 2005: 977-978.
- [45] 卢绍辉, 宋宏伟, 梅象信, 等. 利用家蚕幼虫饲养异色瓢虫研究初报[J]. 河南林业科技, 2009, 29(3): 14, 32.
- [46] 吕晓东, 刘随存, 贾荟荣, 等. 异色瓢虫人工饲料研究现状和进展[J]. 山西林业科技, 2015, 44(3): 35-36, 66.
- [47] SIGHINOLFI L, FEBVAY G, DINDO M L, et al. Biological and biochemical characteristics for quality control of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera, Coccinellidae) reared on a liver-based diet[J]. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 2008, 68(1): 26-39.
- [48] 孙梅梅, 柴伟纲, 湛江华, 等. 人工释放异色瓢虫对甘蓝蚜的控制效果[J]. 浙江农业科学, 2015, 56(9): 1452-1453, 1456.
- [49] 罗希成, 李井茹. 人工释放异色瓢虫防治黄瓜蚜虫的初步研究[J]. 昆虫知识, 1965(2): 99.
- [50] 袁荣才, 于明, 文贵柱. 应用异色瓢虫防治蚜虫的研究[J]. 吉林农业科学, 1994(1): 30-32, 57.
- [51] 欧阳浩永, 巫鹏翔, 徐婧, 等. 异色瓢虫对枸杞木虱田间控害作用[J]. 应用昆虫学报, 2017, 54(6): 999-1007.
- [52] 雒珺瑜, 崔金杰, 王春义, 等. 棉田释放异色瓢虫对棉蚜自然种群的控制效果[J]. 中国棉花, 2014, 41(7): 8-11.
- [53] 高强, 王志刚, 张伟娜, 等. 异色瓢虫对烟蚜的防治效果及释放技术[J]. 农业开发与装备, 2018(3): 176-177.
- [54] 王红娟. 利用异色瓢虫防治草莓蚜虫田间效果试验简报[J]. 上海农业科技, 2022(3): 124-126.
- [55] 李姝, 王甦, 赵静, 等. 释放异色瓢虫对北京温室甜椒和圆茄上桃蚜的控害效果[J]. 植物保护学报, 2014, 41(6): 699-704.
- [56] 王小艺, 沈佐锐, 徐文兵, 等. 亚致死剂量杀虫剂对异色瓢虫繁殖力的影响[J]. 应用生态学报, 2003(8): 1354-1358.
- [57] 王小艺, 沈佐锐. 亚致死剂量杀虫剂对异色瓢虫捕食作用的影响[J]. 生态学报, 2002(12): 2278-2284.
- [58] 郝小草, 胡发清, 方昌源. 十三种杀虫剂对异色瓢虫成虫的室内毒力测定[J]. 棉花学报, 1990(1): 91-94.
- [59] 肖达, 郭晓军, 王甦, 等. 三种杀虫剂对几种昆虫天敌的毒力测定[J]. 环境昆虫学报, 2014, 36(6): 951-958.
- [60] 吴红波, 张帆, 王素琴, 等. 几种常用杀虫剂对异色瓢虫的敏感性测定[J]. 中国生物防治, 2007(3): 213-217.
- [61] 吴青雷. 棉蚜、棉铃虫天敌动态与防治措施协调运用[J]. 昆虫天敌, 1986(1): 29-34.
- [62] 姜岩, 修春丽, 王冬梅, 等. 多异瓢虫生物生态学特性及保育利用研究进展[J]. 中国生物防治学报, 2022, 38(1): 50-62.
- [63] 杨帆, 王倩, 陆宴辉, 等. 瓢虫的集团内捕食作用[J]. 中国生物防治学报, 2014, 30(2): 253-259.

Research Progress on Bioecology and Application of *Harmonia axyridis*

WU Yu-wei^{1,2}, ZHENG Lin-hao^{2,3}, GAO Peng², SHI Wen-qian¹, WANG Yu², KANG Jian², LI Qi-yun^{1,2}, XU Wen-jing^{1,2}

(1. College of Plant Protection, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China; 2. Institute of Plant Protection, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling 136100, China; 3. College of Modern Agriculture, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Hangzhou 311300, China)

Abstract: *Harmonia axyridis*, one of the most important predatory natural enemy in agriculture and forestry. Understanding the bioecological characteristics of *H. axyridis* is an important prerequisite for scientific use of it for biological control. This paper summarized the research progress of *H. axyridis*, focusing on its life morphological character, history, predation ability and application. The analysis concluded that environment and food were two major factors affecting the growth and reproduction of *H. axyridis*. In addition, *H. axyridis* can prey on the eggs and larvae of various lepidopteran insects other than aphids.

Keywords: *Harmonia axyridis*; morphological characteristic; bioecology; biological control; artificial feeding