

异色瓢虫规模化生产技术及瓢虫工厂的建立^{*}

王红托¹ 张伟东² 陈新中³ 郑建峰³ 苗麟¹ 秦启联^{1**}

(1. 中国科学院动物研究所 农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室 北京 100101;

2 沈阳军区老莱农副业基地 讷河 161346; 3. 河南省济源白云实业有限公司

中国科学院动物研究所生物农药中试基地 济源 459002)

摘 要 异色瓢虫 *Harmonia axyridis* (Pallas) 是一种重要的捕食性天敌, 工厂化人工饲养异色瓢虫是利用其进行蚜虫等小型害虫生物防治的有效手段。本文报道了在河南省济源白云实业有限公司建立的基于甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* (Hübner) 低龄幼虫的工厂化生产的技术流程。利用这一技术, 可以大量、稳定地生产异色瓢虫各虫态个体, 基本实现了异色瓢虫的工厂化生产。文中还探讨了异色瓢虫产业化进程中存在的问题, 期望瓢虫天敌产业化和商业化能够有所突破。

关键词 异色瓢虫, 规模化生产, 饲料, 甜菜夜蛾

Mass rearing the multicolored Asian lady beetle on beet armyworm larvae

WANG Hong-Tuo¹ ZHANG Wei-Dong² CHEN Xin-Zhong³ ZHENG Jian-Feng³
MIAO Lin¹ QIN Qi-Lian^{1**}

(1. State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2 Laolai Agriculture and Sideline Base of Shenyang Military Area Command in Nehe City of Heilongjiang Province, Nehe 161346, China; 3. Henan Jiyuan Baiyun Industry Co., Ltd., Pilot-Scale Base of Bio-pesticides, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Jiyuan 459002, China)

Abstract The multicolored Asian lady beetle *Harmonia axyridis* (Pallas) is an important natural enemy of many Hemipteran, Lepidopteran and Coleopteran insect pests. Mass rearing and industrialization of this species for field release as part of IPM programs is a promising way to control aphid infestations. A pilot facility to produce these beetles on an industrial scale by feeding them exclusively on larvae of the beet armyworm *Spodoptera exigua* (Hübner) has been established at the Henan Jiyuan Baiyun Industry Co., Ltd., the Pilot-Scale Base of Bio-pesticides, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, in Henan Province. We here describe the methods used to rear lady beetles at this facility and discuss the problems and obstacles that need overcoming in order to improve the production and commercialization of lady beetles as biocontrol agents.

Key words *Harmonia axyridis*, mass rearing, industrialization, *Spodoptera exigua*

异色瓢虫 *Harmonia axyridis* (Pallas) 是食性庞杂的捕食性天敌, 其猎物涵盖半翅目、鞘翅目、鳞翅目、蜚蠊目等重要农林害虫 (Evans, 2009), 是田间害虫, 特别是蚜虫类小型害虫的重要的自然控制因子。同时, 由于其食性广、食量大、分布范围广, 以及对害虫控制作用强等特点, 作为生物防治

的天敌控制因子, 具有很强的产业化应用前景 (王小艺和沈佐锐, 2002)。因而大量的研究集中在异色瓢虫的人工饲养上 (Ferran *et al.*, 1997; 邹运鼎, 2000; 郭建英和万方浩, 2001), 试图通过田间释放工厂化生产的异色瓢虫, 作为害虫生物防治的手段。人工饲养异色瓢虫首要解决的问题是具

* 资助项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 (200803002、201103022)、中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KSCX2-YW-N-081)。

** 通讯作者, E-mail: qinql@ioz.ac.cn

收稿日期: 2011-10-22, 接受日期: 2011-12-10

有规模化特征(数量大、成本低、来源稳定)的饲料。虽然蚜虫是异色瓢虫的天然猎物,非常适合用于饲养异色瓢虫,然而对于大规模生产来说,大量、稳定地提供蚜虫本身就是一个难于解决的问题。寻找其它合适的替代饲料是问题的关键。郭建英和万方浩(2001)用米蛾卵、赤眼蜂蛹、桃蚜3种饲料饲养异色瓢虫,比较了不同饲料对异色瓢虫发育和生殖力的影响,认为已经商业化生产的赤眼蜂蛹可以作为在天然饲料(蚜虫)不足时的替代补充。其它关于替代饲料和人工饲料的研究还有很多(沈志成和胡萃,1992;曹爱华和张良武,1994; Ferran *et al.*, 1997),但是目前没有一个可以用于异色瓢虫的产业化生产。

许多鳞翅目昆虫的卵和低龄幼虫是瓢虫(包括异色瓢虫)的天然猎物(Evans, 2009),可以作为规模化生产异色瓢虫的饲料来源。2004年,中国科学院动物研究所与河南济源白云实业有限公司合作,建立了生物农药中试基地,进行病毒生物农药的产业化开发和生产,突破了病毒生物农药鳞翅目昆虫宿主规模化生产的技术瓶颈(秦启联, 2009)。这一技术突破为异色瓢虫的规模化生产提供了大量、稳定、低成本的饲料来源,本文报道了基于甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* (Hübner) 低龄幼虫的异色瓢虫规模化生产的技术流程。

1 材料与方法

1.1 甜菜夜蛾幼虫的饲养

在直径10 cm的塑料养虫皿中放入10 g左右的甜菜夜蛾人工饲料,同时放入将要孵化的甜菜夜蛾卵200~300粒,皿口加盖纸巾后盖上皿盖,在26℃,光周期L:D=16:8的条件下饲养。待幼虫生长至2龄或3龄时(约4~5 d),即可以用于3~4龄异色瓢虫幼虫和成虫的饲养。

1.2 异色瓢虫成虫的饲养

每200~300头异色瓢虫成虫放入一个玻璃缸(30 cm×40 cm×45 cm)(图1:A)中,在24℃、L:D=16:8光周期、70%相对湿度,放入足量的2~3龄甜菜夜蛾幼虫饲养。添加甜菜夜蛾幼虫时,将塑料养虫皿和其中的甜菜夜蛾饲料一起放入。玻璃缸顶部盖上玻璃板,防止异色瓢虫和甜菜夜蛾逃逸。随着食物的消耗,及时补充甜菜夜蛾幼虫。

1.3 异色瓢虫产卵

异色瓢虫喜好在洁净、隐蔽的场所产卵。为了适应规模化生产的要求,并结合异色瓢虫产卵喜好,作者专门设计了80孔的塑料方格盒(图1:B,C),提供其产卵。根据雌虫产卵的情况,在玻璃缸中放入一定量的塑料方格盒,雌虫多将卵产在塑料方格盒的小方格中。不定期取出产有卵块的塑料方格盒,保证其中的多个卵块是在较短的时间段中产出的,便于整齐孵化和幼虫的饲养管理。

1.4 幼虫饲养

把卵块已经孵化(或者将要孵化)、初孵幼虫扩散前的塑料方格盒放入饲养幼虫的塑料保鲜盒(容积5 600 mL,侧面打上400~500个直径1~2 mm的小孔用于通气)(图1:D)中,同时以1:20的比例放入初孵甜菜夜蛾。每个保鲜盒大约放入200~300头初孵异色瓢虫幼虫。添加甜菜夜蛾时,将塑料养虫皿与其中的甜菜夜蛾、人工饲料,以及加盖的纸巾一起放入塑料保鲜盒中。随着食物的消耗,并根据瓢虫生长的大小,及时补充1龄、2龄或3龄的甜菜夜蛾幼虫。幼虫饲养的温度、光照、湿度条件与成虫的相同。

1.5 蛹的保存

老熟幼虫一般在纸巾、塑料保鲜盒内壁、塑料方格盒、塑料养虫皿等器具上化蛹。待大部分幼虫化蛹后,清理塑料保鲜盒,用镊子夹住蛹的基部,轻轻取下,放入塑料养虫皿中待其羽化。羽化的成虫部分留作种虫,其它的作为商品虫储存或直接销售。

1.6 储存

新羽化的成虫在饲养条件下喂养7 d左右,此时大部分成虫已经交配并度过产卵前期。把成虫收集进700 mL的带盖塑料碗中,碗盖打孔通气,碗内放入约200头成虫,并放入适量的2龄甜菜夜蛾及其人工饲料,在10℃冷库中保藏。

2 结果与分析

2.1 成虫产卵

在提供充足饲料(2~3龄甜菜夜蛾)的情况下,成虫羽化后取食活跃,每天取食约20头2龄甜菜夜蛾。6~7 d后开始交配产卵,初期卵块较小,有10~20粒。产卵10 d左右进入产卵高峰

期,一般卵块有卵 40 粒。此产卵高峰期可持续 10 ~ 15 d,随后卵块的卵粒数下降。整个产卵期可持续 40 ~ 50 d。成虫饲养、卵块,以及卵孵化的情况见图 1(A ~ C)。

2.2 幼虫的生长

卵块产下 3 d 左右开始孵化。由于初孵异色瓢虫体型较小,捕食能力弱,所以给初孵异色瓢虫幼虫提供初孵的甜菜夜蛾,同时提供甜菜夜蛾的人工饲料,其结果是随着瓢虫幼虫的长大,甜菜夜蛾幼虫也在生长,也就是间接地用甜菜夜蛾人工饲料饲养了瓢虫。第 1 次添加饲料时,初孵异色瓢虫和初孵甜菜夜蛾的数量比控制在 1:20 左右,这样可以维持 3 d 不用补充饲料。3 d 后瓢虫到达 2 龄,此时提供 1 龄末期或 2 龄初期的甜菜夜蛾,5 d 后提供 2 ~ 3 龄甜菜夜蛾(图 1:D)。整个幼虫生长期 9 ~ 10 d。

在食料充足的情况下,很少见到瓢虫有自残现象。各龄瓢虫幼虫捕食甜菜夜蛾都非常活跃,至少说明甜菜夜蛾幼虫完全能够满足其营养需求,是一种比较正常的猎物与捕食者之间的关系(图 1:E)。一个 5 600 mL 的塑料保鲜盒起始放入 200 ~ 300 头初孵异色瓢虫幼虫,除了多次添加带有甜菜夜蛾幼虫的养虫皿外,不进行其它操作,也不更换保鲜盒,经过 10 d 的幼虫期后,大部分保鲜盒中可收获异色瓢虫蛹 100 ~ 150 头,化蛹率在 50% 左右(图 1:F)。

2.3 一些与产业化相关的数据

瓢虫工厂是在一定生产规模的基础建立的,具有较强的产业化生产特征,生产技术和流程还在不断完善中,同时许多生产数据同企业的其它商业行为紧密相关,比如生产的甜菜夜蛾同时又要用于甜菜夜蛾核型多角体病毒的扩增,相关的试验数据和参数不易获得,多数情况下只能得到总体的、近似的、能够表明一定趋势的数据。本文在此处引用了一小部分生产上的记录,试图提供一些具有参考价值的数据(表 1)。

表 1 的数据解读如下:以 2011 年 8 月 25 日的数据为例,当天有 145.6 g 的甜菜夜蛾蛹用于保种,其羽化后陆续产下的卵,孵化后可能用于 10 ~ 30 d 后瓢虫的饲养,而 6.60 g 的甜菜夜蛾卵可能是 8 月 25 日之前 10 ~ 15 d 留种的甜菜夜蛾蛹产下的后代。后面的 2 个数据也以此类推。所以表

1 只能反映出生产上的总体数据和趋势,据此作者近似得出,每保种 1 g 甜菜夜蛾的蛹可以生产 1.81 头瓢虫的蛹(147.73/81.64),或者 1 g 甜菜夜蛾的卵可以生产 23.46 头瓢虫的蛹(147.73/6.30);1 个瓢虫卵块可以产出 9.55 头瓢虫蛹(147.73/15.47),1 g 甜菜夜蛾的蛹可以产出 77 mg 的卵(6.30/81.64)。

2.4 储存

在成虫羽化饲喂一段时间后(7 d),在 8 ~ 10℃ 冷库中,期间不添加饲料,30 d 后存活率为 50% 左右,如果同样条件下,在冷藏 15 d 后添加一次甜菜夜蛾幼虫,存活率可达到 75% ~ 85%。

2.5 连续饲养结果

基于甜菜夜蛾低龄幼虫的异色瓢虫规模化养殖从 2008 年秋开始,在室内持续用甜菜夜蛾幼虫传代,其生长、繁殖状态良好,至今为止没有发现适合度下降的现象。当然,进一步的评价还需要通过精细的实验来验证。

上述提供的是一个产业化特征比较鲜明的瓢虫生产流程,各个生产环节都必须紧密相扣。瓢虫生产能力决定于前期用于保种产卵的甜菜夜蛾蛹的留种量。在瓢虫产卵高峰期,每天可以收获数百个卵块,可达到万粒以上,实际操作时,常常根据甜菜夜蛾的数量,舍去部分卵块,以保证孵化的幼虫有充足的饲料生长发育。

3 讨论

本文报道了利用甜菜夜蛾低龄幼虫作为饲料进行异色瓢虫规模化生产成功的例子,初步实现了“瓢虫工厂”的建立。由于甜菜夜蛾可以周年在室内大量生产,因而异色瓢虫的生产不受地域和季节限制,同时整个生产流程简便易行,具有产业化的特征,可以进行异色瓢虫的大规模生产。然而其中还有很多技术问题和商品属性问题需要解决和完善,只有这样,异色瓢虫这个重要的生物防治因子才能真正进入市场,应用于生物防治的实践。

3.1 成本问题

从已经获得实验数据来看,从商业化的角度考虑,异色瓢虫蛹(成虫)的生产成本偏高。虽然整个生产流程比较简便,节省人工,但保种甜菜夜蛾的产卵量过低,降低成本的关键应该在提高甜菜夜蛾繁殖率上(增大产卵量)。在不同龄期瓢虫

表 1 甜菜夜蛾和异色瓢虫生产记录 (2011 年)

Table 1 Records of *Spodoptera exigua* and *Harmonia axyridis* production (2011)

记录日期 (日 / 月)	保种甜菜夜蛾 蛹重 (g)	收集的甜菜夜蛾 卵重 (g)	收获的异色瓢虫卵 块数 (块)	收获的异色瓢虫 蛹数 (头)
Date of recording (day / month)	Weight of <i>S. exigua</i> pupae for reproduction (g)	Weight of <i>S. exigua</i> eggs for <i>H. axyridis</i> rearing (g)	Egg batches of <i>H. axyridis</i>	Number of <i>H. axyridis</i> pupae
8 / 24	*	5. 58	18	174
8 / 25	145. 60	6. 60	17	200
8 / 26	*	4. 88	19	166
8 / 27	124. 40	7. 59	30	*
8 / 28	98. 58	7. 58	16	323
8 / 29	*	7. 44	11	241
8 / 30	109. 70	8. 06	18	162
8 / 31	192. 50	7. 00	16	239
9 / 1	*	4. 33	15	179
9 / 2	128. 20	4. 63	8	64
9 / 3	*	10. 12	8	71
9 / 4	143. 70	11. 19	8	163
9 / 5	183. 10	7. 11	6	*
9 / 6	*	4. 78	14	236
9 / 7	155. 00	3. 89	8	63
9 / 8	*	4. 67	8	102
9 / 9	173. 40	7. 93	9	72
9 / 10	*	7. 75	16	97
9 / 11	173. 10	5. 34	16	100
9 / 12	166. 30	5. 43	19	205
9 / 13	149. 00	5. 32	23	86
9 / 14	*	6. 00	24	160
9 / 15	58. 90	6. 33	19	164
9 / 16	80. 00	6. 82	23	143
9 / 17	87. 80	7. 83	21	176
9 / 18	60. 10	6. 99	21	176
9 / 19	*	4. 24	*	177
9 / 20	77. 30	4. 52	17	163
9 / 21	65. 30	4. 72	18	166
9 / 22	77. 20	4. 22	18	164
平均	81. 64	6. 30	15. 47	147. 73

注:* 表示当天没有进行该项操作,即当天没有用于保种的甜菜夜蛾蛹,或者当天没有收获到瓢虫卵或蛹。
The asterisk indicates no respective record in the recording date.

幼虫与喂饲甜菜夜蛾幼虫龄期的搭配上还有优化的空间,即在保证捕食量的基础上,尽量提高提供食物的生物量(提供相对较高龄期的甜菜夜蛾幼虫)。

3.2 饲料的选择

在开始选择异色瓢虫食物时,作者测试了甜菜夜蛾、斜纹夜蛾 *Spodoptera litura*、棉铃虫 *Helicoverpa armigera*、小菜蛾 *Plutella xylostella* 4 种已经规模化养殖的鳞翅目幼虫的饲养效果,发现棉铃虫具有较强的钻蛀性和攻击性,人工饲料表面的虫子可以被异色瓢虫捕食,而钻入饲料里面,



图1 异色瓢虫规模化生产情况

Fig.1 Photograph description of *Harmonia axyridis* mass rearing

A. 用玻璃缸饲养成虫 the adults reared in glass vat; B. 塑料方格盒中的卵块 80-grid plastic box applied for egg laying; C. 塑料方格盒中初孵的幼虫 the neonate larvae in the 80-grid plastic boxes; D. 幼虫饲养 the larvae reared in 5 600 mL plastic crispers; E. 异色瓢虫幼虫捕食甜菜夜蛾幼虫 the larvae of the ladybird beetle were preying the larvae of the beet armyworm; F. 蛹 pupae.

或者长大了的棉铃虫不仅不能被瓢虫捕食,有时反过来会杀死瓢虫幼虫;斜纹夜蛾低龄幼虫活动性非常弱,一般不离开饲料表面,影响了随机搜索猎物的瓢虫幼虫捕食效率,也不宜作为规模化饲养的饲料;小菜蛾不仅体型较小,饲养成本高,而且幼虫非常活跃,一定程度上影响了瓢虫的捕食。只有甜菜夜蛾的低龄幼虫一般在饲料表面取食,活动性适中,具有一定的假死性。实践表明,甜菜

夜蛾幼虫在瓢虫饲养器皿中分布比较均匀,对瓢虫没有攻击性,易于被瓢虫搜索到,对瓢虫的适口性好。所以最终选择了甜菜夜蛾低龄(1~3龄)幼虫作为规模化生产异色瓢虫的蚜虫替代饲料。事实证明,甜菜夜蛾是非常优异的替代蚜虫的异色瓢虫的饲料。

3.3 商品化问题

目前在河南省济源白云实业有限公司生产的异色瓢虫主要提供给科研单位用于实验研究,特别是大量提供给公益性行业(农业)科研专项“作物蚜虫综合防控技术研究和示范推广(201103022)”项目组内部的科研单位,而真正作为商品进入市场的瓢虫非常少。关键因素是异色瓢虫蛹(成虫)的生产成本偏高,以及生产一线的实际应用也需要实践与探索。因此,异色瓢虫的真正商品化还有很长的路要走。

3.4 田间释放的虫态

经过初步研究和实际田间释放实验,作者认为异色瓢虫最适合田间释放的虫态是蛹或者成虫。卵(初孵幼虫)和幼虫活动范围有限,人工释放的劳动强度大。如果考虑到有可能借助器具,用机械投放(比如飞机投放等),那么卵或者幼虫可以成为田间释放的虫态。然而还有一个重要的问题需要考虑,就是蚂蚁对瓢虫卵和幼虫的攻击。作者在辽宁省岫岩县大豆田释放瓢虫卵和蛹,用于防治大豆蚜,发现田间的蚂蚁对瓢虫干扰非常大,很多幼虫刚被接入大豆植株,马上就遭到蚂蚁的攻击,或者被咬死,或者被驱赶。释放蛹和成虫可能是比较合适的选择,只要处理得当,蛹在田间羽化后会自行扩散,成虫的释放也比较简便、省工,同时其对蚂蚁攻击的抵抗力也较强。

3.5 其它问题

储存在瓢虫的商业化应用中也是一个重要的问题,已有的研究表明,异色瓢虫的储存以冷藏成虫为好(马春森等,1997;杨俊成和沈佐锐,2000;滕树兵和徐志强,2005)。作者的研究也表明在低温下能储存一定的时间,能否获得更长的储存期得到理想的货架期使之真正成为商品有待于我们进一步的研究。

在瓢虫天敌规模化生产和应用的产业链中还有许多问题需要解决,比如运输、质量标准的制定和执行等等,在此不一一赘述。只有在这些问题都得到妥善解决后,瓢虫天敌的产业化和商品化的道路才能健康、顺利地走下去,为生态效益和环境效益做出贡献。

参考文献(References)

- Evans EW, 2009. Lady beetles as predators of insects other than Hemiptera. *Biol. Control*, 51 (2): 255—267.
- Ferran A, Gambier J, Parent S, Legendre K, Tourniere R, Giuge L, 1997. The effect of rearing the ladybird *Harmonia axyridis* on *Ephestia kuehniella* eggs on the response of its larvae to aphid tracks. *J. Insect Behav.*, 10: 129—144.
- 曹爱华,张良武,1994. 用赤眼蜂蛹饲养瓢虫的初步试验. 昆虫天敌,16(1):1—5.
- 郭建英,万方浩,2001. 三种饲料对异色瓢虫和龟纹瓢虫的饲喂效果. 中国生物防治,17(3):116—120.
- 马春森,何玉容,张国红,陈玉文,1997. 温湿度对越冬异色瓢虫(*Hamonia axyridis*)存活的影响. 生态学报,17(1):23—28.
- 秦启联,2009. 病毒生物农药技术的产业化前景//中国科学院编著. 2009 高技术发展报告. 北京:科学出版社. 146—152.
- 沈志成,胡萃,1992. 取食雄蜂蛹对龟纹瓢虫和异色瓢虫卵黄原蛋白发生的影响. 昆虫学报,35(3):273—278.
- 滕树兵,徐志强,2005. 人工扩繁代异色瓢虫卵和成虫最适冷藏条件的探讨. 昆虫知识,42(2):180—183.
- 王小艺,沈佐锐,2002. 异色瓢虫的应用研究概况. 昆虫知识,39(4):255—261.
- 杨俊成,沈佐锐,2000. 冷藏条件对瓢虫存活的影响. 昆虫学报,(增刊):211—214.
- 邹运鼎,2000. 集中瓢虫的生活史及人工饲养. 生物学通报,35(6):10—12.