

果树食心虫人工饲养技术研究综述

王艳蓉¹, 仵均祥¹, 杜志辉²

(1. 西北农林科技大学 植物保护学院 应用昆虫学重点实验室, 陕西 杨凌 712100 2 西北农林科技大学 园艺学院 陕西 杨凌 712100)

摘 要:在系统查阅国内外有关果树食心虫人工饲养技术研究成果的基础上, 结合近年来在梨小食心虫饲养方面的经验, 从果树食心虫初始虫源的获得、饲养方法、注意事项等方面, 较系统地阐述了果树主要食心虫的人工饲养技术, 并对其研究方向做了初探。

关键词:果树食心虫; 人工饲料; 饲养技术

中图分类号:S 436.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1001—0009(2010)23—0191—05

通过室内人工饲养获得大量试虫是深入开展害虫生物学、生态学、农药毒理学等学科研究和进行杀虫剂药效评价的先决条件。许多农业害虫人工饲养的实践经验表明, 与从自然界中采集试虫或使用天然寄主饲养试虫比较, 采用人工饲料饲养试虫既不受寄主发育状况、生长季节的限制, 又可以降低饲养成本, 有效控制试虫的发育整齐度。鉴于此, 如何通过人工饲养途径获得大量发育整齐一致的试虫, 一直是从事农业昆虫学研究人员深入开展研究工作首先必须解决的问题。多年来, 国内外在这方面做了大量的工作, 并取得了显著的成绩。

我国北方果树主要包括苹果、梨、桃、大枣等, 食心虫种类达 10 余种, 其中以桃小食心虫、梨小食心虫、桃蛀螟、苹果蠹蛾等危害最为严重, 是果树生产中的主要食心虫种类^[1-4]。北方果树食心虫发生规律因种类和地区而异, 年发生少则 1~2 代, 多则 3~4 代, 但由于其具有钻蛀危害的习性, 危害初期常常不易发现, 从自然条件下获得大量发育整齐一致的虫源难度较大, 往往难以满足科学研究对试虫的需要。多年来, 国内外学者在常见食心虫种类的人工饲养方面做了大量的工作。其中桃小食心虫主要分布于我国及东亚各国, 关于人工饲养技术的研究主要局限于包括我国在内的少数东亚国家; 而梨小食心虫、桃蛀螟和苹果蠹蛾则是世界性害虫, 许多国家和地区对其人工饲养技术都做了较多的研究。

第一作者简介:王艳蓉(1985-), 女, 山西五台人, 在读硕士, 现主要从事害虫综合治理研究工作。E-mail: wangyanrong111111@163.com.

通讯作者:仵均祥(1961-), 男, 陕西凤翔人, 教授, 博士生导师, 现主要从事害虫综合治理研究工作。E-mail: junxw@nwsuaf.edu.cn.

基金项目:农业部公益性行业科研专项资助项目(200803006)。

收稿日期:2010-09-06

1 初始虫源的获得

1.1 诱捕成虫

桃蛀螟成虫具有较强的趋光性, 在桃蛀螟成虫发生期, 利用黑光灯或其它光源进行诱捕获得成虫, 作为初始饲养的虫源。利用灯光诱捕时, 应勤换灯下的捕虫袋, 由于袋中诱到的昆虫乱飞引起互相碰撞, 如不及时换袋, 会给桃蛀螟的生活力带来一定影响。

1.2 剥捡幼虫

选择食心虫危害较重的果园, 脱果前, 在果园捡拾或采摘被食心虫危害的果实, 打包后带回实验室, 从中剥出幼虫, 这是获得大量食心虫幼虫的最佳途径之一^[56]。

1.3 捡拾幼虫

在果实采摘期, 由于尚未脱果的食心虫幼虫仍在果内危害, 它们随果实采收而被携带, 所以可在烂果堆周围发现大量的脱果幼虫, 捡拾饲养即可。

1.4 购买试虫

国内许多单位长期或阶段性地饲养有大量食心虫。在试验过程中可以根据各单位的具体情况, 咨询相关的研究机构并向这些研究机构购买所需试虫。

2 饲养方法

2.1 饲料配方

2.1.1 幼虫饲料配方 在桃小食心虫的人工饲料方面, 国内外均开展了相关研究。川岛浩三利用蚕用人工饲料, 添加粉碎的苹果或苹果汁液饲养桃小食心虫, 获得了成熟的幼虫、蛹和成虫, 但用这种饲料饲养的幼虫个体较小, 平均体重明显小于用苹果饲养的幼虫; 幼虫发育历期也较苹果饲养的延长 2 d 以上^[7]。王玉英等对桃小食心虫人工合成饲料的研究表明, 连续饲养 19 代后与自然条件下的个体在生物学特性方面无显著差异, 而且比苹果饲养的成本降低 91.67%^[8]。但利用人工合成饲料饲养的桃小食心虫幼虫的脱出率较低, 这对于大量

饲养来说是一个不利因素,因此需要进一步改进。姜元振等先后配制了9种配方和多种配制比例的饲料组合,最后筛选出了一种效果较好的桃小食心虫人工合成饲料(85-A)^[9]。饲养结果表明,利用该人工合成饲料饲养的幼虫健壮,成虫产卵量高,且饲料成本低,适于人工大量饲养和繁殖。关于梨小食心虫人工饲料的研究,国外已有相关报道。Peterson、Garman、Daniel等均报道了用未成熟的苹果饲养梨小食心虫的具体过程^[10-12]。但是若想满足实验室大量用虫,就需要贮存大量未成熟的苹果同时还要保证其不变质,这是一件非常困难的事情。早在1945年,Dickson等报道可在幼虫饲养过程中,通过调节温度和光周期来控制梨小食心虫的滞育,为实验室人工饲养梨小食心虫奠定了重要的基础^[13]。同时,一种理想的人工合成饲料在饲养过程中也是十分必要的,这样的人工合成饲料尤其是进行田间释放时,其优点便会更加突出地体现出来^[14-15]。Matsumoto用以酵母和桃树叶为主要成分的饲料配方饲养梨小食心虫,在无菌条件下将其从卵一直饲养到成虫^[16]。数据显示在人工合成的饲料上饲养梨小食心虫与在未成熟的苹果上饲养相比,其繁殖率非常低,而且幼虫发育成熟需要更长的时间。Tzanakakis等人则以紫花苜蓿、胡萝卜、苹果汁、花生和酵母为配方尝试饲养梨小食心虫^[17]。Laing等以胡萝卜为饲料对其进行饲养^[18]。但经过几年试验,直到1982年,Szöcs等认为这些饲料由于缺乏梨小食心虫生活的一些必需成分,在室内仍然不能进行大量饲养^[19]。Yokoyama年报道了一种以利马豆为主要成分的人工饲料配方,对梨小食心虫的人工饲料做了进一步的完善^[20]。并认为以利马豆为主要成分的人工饲料与传统的用苹果饲料饲养梨小食心虫相比有许多优点:卵的孵化率提高,成虫个体大,雌虫蛹的重量比较大等。有关苹果蠹蛾的人工饲养,早在20世纪30年代就有相关报道。过去实验室提供的苹果蠹蛾主要是基于实地采集或是老熟幼虫的冷藏处理^[21]。但这种方法不能提供连续世代的试虫。Theron以玉米粉为原料成功地饲养了苹果蠹蛾,这是继Ripley等饲养了“苹果蠹蛾”(鉴定错误,实际并非苹果蠹蛾)后首次在人工饲料上饲养苹果蠹蛾获得成功的例子^[22]。但是,仍然无法满足试验需求,而且没有克服滞育的问题。Dickson通过控制光周期解决了苹果蠹蛾的滞育问题^[23]。Dickson等报道了在未成熟的苹果上连续饲养苹果蠹蛾并获得成功^[24]。Coutin在含有苹果粉、苹果种子和梨种子的凝胶中饲养苹果蠹蛾,使苹果蠹蛾人工饲料的成分开始逐渐地丰富起来^[25]。在此之前,关于苹果蠹蛾的人工饲养主要是以贮藏谷物为饲料成分。Coutin报道称采用这种饲料饲

养苹果蠹蛾时,1龄幼虫发育并不理想,并认为这主要归咎于饲料中维生素缺乏。Redfern也曾报道了一种苹果蠹蛾的人工合成饲料^[26]。Hamilton等和Dickson等提出的苹果蠹蛾人工饲料及饲养方法进行了改进,建立了苹果蠹蛾人工大量饲养的方法^[27]。Rock在弗吉尼亚理工学院也对苹果蠹蛾的人工饲料及饲养方法进行了研究^[28]。这些以琼脂为主要基质的人工合成饲料价格相对较高,促使研究者努力探索一种较为便宜的粘结剂。Brinton报道了一种用于大规模饲养苹果蠹蛾不加琼脂的人工饲料^[29]。Navon等改进了前人的饲料配方,用藻酸钠(Sodium alginate)代替琼脂,使饲料价格可以降低大约80%,这是人工饲料应用方面的一个新的发展方向^[30]。Hathaway等对Redfern、Howell、Brinton、Navon的4个人工饲料配方及其饲养效果从卵的孵化率、成虫羽化率以及雌蛾产卵率等方面进行了比较,Howell的配方是其中表现较好的^[31]。Laing等为了进行苹果蠹蛾颗粒体病毒的生物测定,另外又研制了2种人工饲料配方^[32]。

2.1.2 成虫补充营养配方 成虫羽化后需补充营养卵巢才能发育成熟^[33]。这主要是因为成虫取食的碳水化合物可转化成糖原,成为卵黄的组成部分;糖原亦可储存在脂肪体中,通过水解而被利用^[34-35];同时,成虫取食还有利于成虫个体体重的维持,并提供代谢能量,而不用消耗供卵发生所需的资源^[36];试验过程中,一般以3%蔗糖水、10%蜂蜜水、10%糖醋液、10%白糖水或红糖水作为成虫的补充营养,它们可显著增加成虫的产卵量。

2.2 饲养容器

2.2.1 卵 果树食心虫卵的饲养分2种情况:一种是用人工饲料饲养,可将卵接入装有人工饲料的试管、保鲜盒或其它玻璃容器中;另一种是用苹果饲养,这种情况下通常将卵置于放有苹果的保鲜盒中,也可放于玻璃容器中。实际饲养过程中可根据试验所需选用不同规格大小的容器。

2.2.2 幼虫 果树食心虫幼虫的饲养容器可选用指形管、保鲜盒、塑料瓶、玻璃瓶及罐头瓶等^[37-38]。饲养前应先将饲养容器洗净、烘干(100~120℃,30 min),再用灭菌的脱脂棉将指形管封口。对于开口较大的塑料容器可用打孔器在酒精灯上烧热后将塑料盖烫出直径适宜的孔洞,再用电烙铁烫熔塑料盖的内表面,将金属网粘牢在其上便可,或用胶布将60目的纱布粘在塑料盖的内表面。

2.2.3 蛹 梨小食心虫的蛹通常置于铺有灭菌沙的保鲜盒或玻璃瓶等容器中,并利用蘸水的脱脂棉保持湿

度。脱脂棉的含水量以捏住不滴水为宜。

2.2.4 成虫 成虫羽化后,按一定的雌雄比放入玻璃容器中(根据试验的具体要求,设定雌雄比和容器大小),让其交尾。玻璃容器的底部平铺滤纸条或硫酸纸 2~3 片(根据容器的大小适当改变产卵纸的长宽和数量),根据不同食心虫的产卵习性,决定是否用刀片刮毛产卵纸。玻璃容器内放一湿棉球,相对湿度保持在 80%~90%。每天更换 1 次产卵纸,将产卵纸集中放在培养皿内(或放入放有苹果的硬质塑料盒中),皿内放 1 湿棉球,有助于卵的发育。卵经 5~6 d,变黑孵化。

2.3 饲养条件

2.3.1 虫口密度 利用昆虫具有聚集取食的习性,用较少的饲料和较小的空间获得最多的昆虫生物量,是人工饲养昆虫过程中所追求的经济目标之一。不过所谓高密度也是相对的,无论哪种昆虫的饲养密度都应有一个限度,因为过分拥挤会产生各种不利因素,最终将影响饲养产量。Brown 曾报道,随着虫口密度的增加,滞育率将会增加^[39]。因此,在果树食心虫人工饲养过程中,应根据试验对其质量的要求选择不同的虫口密度。蛹期的虫口密度较幼虫期可大一些,但也不可太大,因为一旦虫口密度太大,蛹羽化为成虫时若转移不及时就会使成虫间的摩擦增加而损坏鳞粉。所以在饲养过程中应结合饲养容器的大小,选择适宜的虫口密度。同样,将新羽化的成虫放入成虫饲养容器内,每容器也不宜放得太多,如果放得太多成虫之间活动时容易发生碰撞,使鳞粉脱落,影响成虫寿命。一般雄虫较雌虫多 2~3 头会有较高的交配和产卵率^[40]。此外,除了饲养容器中的密度要控制外,整个养虫室的饲养数量也要有所控制,在饲养量较大的情况下,要经常注意通风。

2.3.2 滞育的诱导与解除 桃小食心虫属兼性滞育型害虫,光照和温度条件对其发育影响较大,国内学者曾报道过光照和温度对该虫滞育及趋光性的影响^[41-43],且日照时数是引起滞育的主导生态因子^[44]。因此,在桃小食心虫人工饲养过程中,就必须考虑桃小食心虫的滞育问题,同时,阻止幼虫的滞育是缩短饲养周期和加快连续饲养速度的必要条件。只有给予其适当的光照和温湿度条件,才能连续继代饲养,获得大量试虫。在桃小食心虫的人工饲养过程中,张月亮等^[9]研究表明,在温度(25±1)℃、相对湿度约 60%~70%及光照 15 h 左右幼虫的滞育率最低,这与王玉英等^[8]的报道基本一致。光照时间过长或过短幼虫的滞育率均显著增加,不利于室内连续饲养的进行。Chaudhry 较系统地研究了梨小食心虫在定温、定湿条件下的发育情况,结果表明在相对湿度 70%的条件下,随着温度的升高,卵、幼虫、蛹的

发育历期逐渐缩短^[45]。随后,张星政又研究了梨小食心虫各代发生与温度、日照的关系,并且计算出各代卵、幼虫、蛹的积温、日照时数,所得出的各个虫态积温可用于梨小食心虫种群动态的测报^[41]。Yokoyama 在温度 26.8℃,相对湿度 60%和光周期 16 :8(L :D)h 的条件下,在实验室用人工饲料饲养梨小食心虫获得了成功^[29]。Vetter^[37]报道了有关梨小食心虫的大量饲养技术,试验条件为温度(25±1)℃,相对湿度(50±5)%,光周期 16 :8(L :D)h,并取得良好效果。苹果蠹蛾是短日照昆虫,光周期是直接引起老熟幼虫滞育的主要因素。苹果蠹蛾不同虫态或生理状态对低温的抗性不同,卵和非滞育性幼虫对低温较敏感^[46],而滞育幼虫则有较强的抗低温能力,其过冷却点可达-27℃^[47]。所以,若需人工饲养,必须首先打破滞育状态,使滞育幼虫正常化蛹。有关苹果蠹蛾生长发育的最适条件,早在 1973 年, Hathaway 就进行了相关研究。并且在温度为(27±4)℃、相对湿度为 50%~70%以及光周期 16 :8(L :D)h 条件下大量饲养苹果蠹蛾获得成功^[48]。

3 注意事项

在室内饲养果树食心虫,其饲养环境、试验用具及饲养过程中选用的人工饲料,都必须经常保持清洁,进行必要的消毒灭菌。饲养过程中,如果实验室环境污染,清洁工作没有做好,常会招致虫体被微生物寄生,而引起实验室试虫大量死亡。所以清洁与消毒是一项非常重要的工作。

3.1 消毒

利用人工饲料大量饲养繁殖果树食心虫的场所,除了保证供给适宜的温度、湿度和光照条件之外,还应特别注意减少杂菌的污染。尤其饲养幼虫的器皿、用具,须经过严格灭菌,以防污染。

3.1.1 卵环和卵卡的消毒 在超净工作台上,把冷却的饲料切成小块,大小依饲养盒而定,将其移入已灭菌的试管、饲养盒或玻璃容器中,用脱脂棉封口或盖严盖子备用。接卵时,选取即将孵化的卵纸,浸入 2%甲醛液中泡 8~10 min,再移入 5%漂白粉溶液中漂洗少许时间,然后将卵卡放入盛有无菌水的器皿里,转移清洗 2 次,洗净其上的消毒液,最后取出卵卡放在灭菌的干滤纸上,吸去多余水分后即可接卵。吸水纸的灭菌一般用烘箱加温至 160℃,保持 2 h 干热灭菌。

3.1.2 幼虫饲养器皿的消毒 一般是将幼虫饲养容器用去污粉或烧碱洗刷干净并晾干,如果是玻璃容器则直接用高压灭菌锅进行灭菌;若是塑料容器则使用 5%甲醛液灭菌,再用蒸馏水冲净晾干,然后把塑料盒放入一个大型塑料袋中,每袋根据塑料盒的大小放入数量适宜

的盒子。袋中放置一玻璃皿,盛少许加有少量高锰酸钾的3%甲醛原液,使之加速挥发,最后扎紧袋口,在25℃左右室温条件下熏蒸灭菌1昼夜,即可达到杀菌的目的。

3.1.3 幼虫人工饲料的消毒 使用人工饲料饲养果树食心虫的过程中,对于可进行高压灭菌的饲料成分要严格地进行消毒,并在饲料中加入一些霉菌抑制剂如对羟基苯甲酸甲酯、苯甲酸钠和山梨酸等防腐剂。

3.1.4 虫体消毒 若虫体附着有微生物等杂菌时,可选用1.5%的福尔马林水溶液在幼虫体外洗涤消毒,消毒后再用蒸馏水清洗干净。

3.1.5 成虫饲养过程的消毒 如果饲养成虫的器皿是木制的,则可用2%漂白粉水悬液喷洗或擦拭。此外,使用1.5%的福尔马林溶液对饲养器皿进行消毒,也有良好的效果,但不可用于金属器皿消毒。

3.2 环境卫生

良好的环境卫生,能够显著降低果树食心虫生长环境中的病原微生物数量,为食心虫健康生长提供环境保证。

3.2.1 实验室环境卫生 每天保持实验室干净、卫生,及时清理垃圾;注意通风换气,排除有害气体,使室内空气新鲜。同时,可定期用紫外灯进行消毒杀菌。

3.2.2 人工气候箱卫生 定期清理人工气候箱的内部环境,擦拭其内部的箱壁,同时清洗每一层的搁架。如有异味可将箱门打开进行通风。

4 讨论

从果树食心虫人工饲养技术的研究进展可看出,果树食心虫人工饲养技术已日趋成熟,但大部分试验数据都不太理想,甚至出现幼虫期过长,成活率过低的现象。因此,有关果树食心虫人工饲养技术的进一步探讨,对于害虫预测预报将具有重要的理论意义和应用价值。同时,由于人工饲料具有受外界条件干扰小、易获得等特点。因此,将成为饲料发展的主导方向。未来应瞄准全龄人工饲料,优化人工饲料配方和加工工艺,对饲养过程中的消毒防病等技术体系进行规范化,重视提高人工饲料的利用效率。开发低成本人工饲料,因为人工饲料成本偏高是当前制约人工饲料实用化的主要因素之一。要通过改进人工饲料的配方,寻找人工饲料中各种成分的廉价替代品,使人工饲料成本大幅度降低,为全龄人工饲料饲养果树食心虫提供必要条件。

参考文献

[1] Choi K H, Lee S W, Lee D H, et al. Recent occurrence status of two major fruit moths, oriental fruit moth and peach fruit moth in apple orchards [J]. Korean J. Appl. Entomol., 2008, 47: 17-22.
[2] Lee S W, Hyun J S, Park J S. Studies on the developments of the over-

wintering peach fruit moth *Carpocapsa niponensis* Walsingham [J]. Korean J. Plant Prot., 1984, 23: 42-48.
[3] Lee S C, Jang H I. Studies on ecology of pear pests and integrated pest management programs in pear (in Korean with an English abstract) [J]. Final Research Report of RDA Project, Suwon, 1998: 71.
[4] Vickers R A, Rothschild G H L. Use of sex pheromones for control of codling moth [M]. World Crop Pests. Vol. 5, Tortricid Pests: Their Biology, Natural Enemies and Control. Elsevier, Amsterdam, 1991: 339-354.
[5] Valeur P G, Lofstedt C. Behaviour of male oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* in overlapping sex pheromone plumes in a wind tunnel [J]. Entomologia Experimentalis et applicata, 1996, 79: 51-59.
[6] 张月亮, 慕卫, 赵德, 等. 光照时间和冷藏对桃小食心虫生长发育和繁殖的影响 [J]. 应用生态学报, 2006, 17(7): 1348-1350.
[7] Kawashima K. Rearing of the peach fruit moth on artificial diet [J]. Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology, 1987, 31(3): 257-260.
[8] 王玉英. 桃小食心虫人工合成饲料及饲养技术研究 [J]. 植物保护学报, 1986, 13(2): 85-89.
[9] 姜元振, 朴春树. 桃小食心虫的人工合成饲料及其饲养方法 [J]. 昆虫学报, 1993, 35(1): 119-132.
[10] Peterson A. A biological study of *Trichogramma minutum* Riley as an egg parasite of the oriental fruit moth [J]. USDA Tech. Bull., 1930: 215.
[11] Gamian P. Notes on breeding *Macrocentrus ancylovorus* from reared hosts [J]. J. Econ. Entomol., 1933, 26(2): 330-334.
[12] Daniel D M, Cox J, Crawford A. Biological control of the oriental fruit moth [J]. New York State Agr. Exp. Sta. Bull. 1933, 635: 27.
[13] Dickson R C, Sanders E. Factors inducing diapause in the oriental fruit moth [J]. Jour. Econ. Ent., 1945, 38: 605-606.
[14] George J A. Effects of gamma radiation on fertility, mating and longevity of males of the oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) [J]. Can. Entomol., 1967, 99(8): 850-857.
[15] Phillips J H H, George J A. Oriental fruit moth, new approaches to its control [J]. Can. Agr., 1967, 12(4): 30-32.
[16] Matsumoto Y. An aseptic rearing of the oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* Busck on synthetic food media [J]. Ber. Ohara Inst. Landwirtschaft. Biol. Okayama Univ., 1954, 10: 66-71.
[17] Tzanakakis M E, Phillips J H H. Artificial diets for larvae of oriental fruit moth [J]. J. Econ. Entomol., 1969, 62: 879-882.
[18] Laing D R, Hagen K S. A xenic partially synthetic diet for the oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* (Lepidoptera: Olethreutidae) [J]. Can. Entomol., 1970, 102: 250-252.
[19] Szöcs G, Toth M. Rearing of the oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* Busck on simple semisynthetic diets [J]. Acta. Phytopathol. Acad. Sci. Hung., 1982, 17: 295-299.
[20] Yokoyama V Y, Miller G T, Harvey J M. Development of oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) on a laboratory diet [J]. J. Econ. Entomol., 1987, 80: 272-276.
[21] Farrar M D, Flint W P. Rearing codling moth larvae throughout the year (*Carpocapsa pomonella*) [J]. Jour. Econ. Ent., 1930, 23: 4-41.
[22] Theron P P A. Studies on the provision of hosts for the mass-rearing of codling moth parasites [J]. Union So. Africa. Sci. Bul., 1947, 262: 1-45.
[23] Dickson R C. Factors governing the induction of diapause in the oriental fruit moth. Ann [J]. Ent. Soc. Amer., 1949, 42(4): 37-511.
[24] Dickson R C, Barnes M M, Tuzon C L. Continuous rearing of the cod-

ling moth [J]. J. Econ. Entomol., 1952, 45: 66-68.

[25] Coutin R. Alimentation des larves de *Laspeyresia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) sur milieux artificiels [J]. C. R. Seances Soc. Biol. 1952, 146: 516-520.

[26] Redfern R E. Concentrate medium for rearing the codling moth [J]. J. Econ. Entomol. 1964, 57(4): 607-608.

[27] Hamilton D W, Hathaway D O. Insect Colonization and Mass Production [M]. Academic Press, Inc., New York, 1966: 339-354.

[28] Rock G C. Aseptic rearing of the codling moth on synthetic diets: ascorbic acid and fatty acid requirements [J]. J. Econ. Entomol. 1967, 60(4): 1002-1005.

[29] Brinton F E, Proverbs M D, Carty B E. Artificial diet for mass production of the codling moth, *Carpocapsa pomonella* (L.) (Lepidoptera: Olethreutidae) [J]. Can. Entomol. 1969, 101(6): 577-584.

[30] Navon A, Moore I. Artificial rearing of the codling moth (*Carpocapsa pomonella* L.) on calcium alginate gells. Entomophaga [J]. 1971, 16: 381-87.

[31] Hathaway D O, Clift A E, Butt B A. Development and fecundity of codling moths reared on artificial diets or immature apples [J]. J. Econ. Ent., 1971, 64: 1088-1090.

[32] Laing D R, Jaques R P. Techniques for rearing larval and bioassaying Granulosis virus [J]. J. Econ. Entomol. 1980, 73(6): 851-853.

[33] Boggs C L. Reproductive strategies of female butterflies: variation in and constraints on fecundity [J]. Ecol. Entomol., 1986, 11: 7-15.

[34] Murphy D D, Alan E L, Paul R E. Role of adult feeding in egg production and population dynamics of the checkerspot butterfly *Euphydryas editha* [J]. Oecologia. 1983, 56: 257-263.

[35] Miller W E. Spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae): role of adult imbibing in reproducing [J]. Environ. Entomol., 1987, 16: 1291-1295.

[36] Leahy T C, Andow D A. Egg weight, fecundity and longevity are increased by adult feeding in *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae) [J]. Ann. Entomol. Soc. Am., 1994, 87(3): 342-349.

[37] Vetter R S, Esposito R M, Baker T C. Mass rearing of the oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) [J]. J. Econ. Entomol., 1989, 82(6):

1825-1829.

[38] Yokoyama V Y, Miller G T, Harvey J M. Development of oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) on a laboratory diet [J]. J. Econ. Entomol. 1987, 80: 272-276.

[39] Brown F F, Proverbs M D, Carty B E. Artificial diet for mass production of the codling moth, *Carpocapsa pomonella* (Lepidoptera: Olethreutidae) [J]. Can. Entomol., 1969, 101: 577-584.

[40] 张领耘, 张乃鑫. 桃小食心虫 (*Carpocapsa niponensis* Walsingham) 成虫交配及产卵习性观察 [J]. 昆虫知识, 1964(6): 271-273.

[41] 黄可训, 王宜智. 光周期和温度对桃小食心虫滞育的影响 [J]. 昆虫学报, 1976, 19(2): 149-155.

[42] 李秉钧, 吴维均, 黄可训. 光照及温度对桃小食心虫 (*Carpocapsa niponensis* Walsingham) 滞育影响的初步研究 [J]. 昆虫学报, 1963, 12(4): 423-429.

[43] Chaudhry G U. The development and fecundity of the oriental fruit moth, *Grapholitha* (Cydia) *moesta* (Buck) under controlled temperatures and humidities [J]. Bull. Entomol. Res., 1956, 46: 869-898.

[44] 张星政. 梨小食心虫研究初报 [J]. 植物保护学报, 1980, 7(4): 254-256.

[45] 侯无危, 马幼飞, 高慰曾, 等. 桃小食心虫蛾的趋光性 [J]. 昆虫学报, 1994, 37(2): 165-170.

[46] Newcomer E J. Effect of cold storage on eggs and young larvae of codling moth [J]. J. Econ. Entomol. 1936, 29(5): 1123-1125.

[47] Hagley E C. Effect of low temperature on mortality of hibernating codling moth larvae and fecundity of surviving adults [J]. Canada Entomol. 1977, 109: 123-127.

[48] Hathaway D O, Lydin L V, Butt B A, et al. Monitoring mass rearing of the codling moth [J]. J. Econ. Entomol. 1973, 66: 390-393.

(致谢: 论文撰写过程中, 承蒙中国农业大学农学与生物技术学院高灵旺教授和葛宁宁帮助查找并复印大量资料, 特此致谢!)

Preliminary Study in Rearing Technology on the Fruit Borers

WANG Yan-rong¹, WU Jun-xiang¹, DU Zhi-hui²

(1. Key Laboratory of Applied Entomology, Northwest Agriculture and Forestry University, College of Plant Protection, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. College of Horticulture Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: Based on a systematic looking into the domestic and foreign references about rearing technique of fruit borers and combined with our experience in rearing oriental fruit moth in recent years, this article systematically and comprehensively expounded the rearing techniques about the fruit borers from these aspects such as source of insects, rearing methods, notes and so on. At the same time, future research direction on rearing techniques of fruit borers was discussed.

Key words: fruit borer; artificial diet; rearing technology