

有机果园食心虫的综合防治

赵金良^{1,2}, 张彦周¹, 李捷³, 蒋国芳², 朱朝东¹

(1.中国科学院动物研究所, 北京 100080 2.南京师范大学, 江苏 南京 210000;

3.山西省农业科学院植物保护研究所, 山西 太原 030032)

摘要:食心虫对梨、苹果等果树具有严重的危害性,是害虫综合治理(IPM)的重要防治对象。根据前人对食心虫的各种防治策略及其分别取得的效果,强调了综合防治的策略,并依次对其中的农业防治、物理防治和生物防治方法作出分类综述。

关键词:有机果园;食心虫;综合防治

中图分类号:S433.4 文献标识码:A 文章编号:1002-2481(2010)05-0039-05

IPM Measures of Fruit Borer in Organic Orchard

ZHAO Jin-liang^{1,2}, ZHANG Yan-zhou¹, LI Jie³, JIANG Guo-fang², ZHU Chao-dong¹

(1. Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China 2. Nanjing Normal University, Nanjing

210000, China 3. Institute of Plant Protection, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030032, China)

Abstract: Fruit-borer could cause serious damage to different trees like pear and apple, which is the important prevention and control target of IPM. This mini-review gave a brief introduction on the methods including the agricultural control, physical control and biological control and proposes integrated control for better management of fruit-borers.

Key words: Organic orchard; Fruit borer; Integrated pest management(IPM)

有机食品是根据有机农业种植生产技术规范、有机食品加工技术标准生产和加工出来的,经有机食品验证组织确定的一切食品^[1]。随着人们生活水平的不断提高,人们对有机食品的需求量也随之增加,水果类在有机食品中占有重要一席。在没有传统化学防治的前提下,如何有效防治虫害是有机果园能否良性发展的首要问题。

食心虫是果树害虫中的主要类群,其种类较多,有桃小食心虫(*Carposina niponensis* Walsingham)、梨小食心虫(*Grapholitha molesta* Busck)、李小食心虫(*Grapholitha funebrana*)和梨大食心虫(*Nephopteryx pirivorella*)等,其中,以桃小食心虫和梨小食心虫的为害最为严重。本文总结了前人对食心虫的防治策略及取得的成果,结合农民的生产实践和3年来笔者在果园中的观测研究,以桃小食心虫和梨小食心虫为例,对有机果园食心虫的综合防治措施进行综述。

桃小食心虫属于鳞翅目(Lepidoptera)果蛀蛾

科(Carposinidae),在我国北纬31°以北地区普遍发生。它主要为害苹果、梨、枣、山楂、桃、李、杏等果树^[2],使果实失去食用价值,造成严重的经济损失^[3]。其中,山楂被害果实多呈畸形“猴头”果,果肉被食空,果内充满虫粪,使果实失去商品价值,这是山楂高产优质的主要限制因素^[4]。

梨小食心虫属于鳞翅目(Lepidoptera)卷蛾科(Tortricidae),在世界桃、李等种植区均有发生。它是多种果树上钻蛀果实的一大害虫,尤以苹果、梨的果实受害严重,急需积极防治^[5]。在我国的华北、华中、华南、东北均有发生,一般在桃、梨混栽区发生较多。梨小食心虫是梨树的主要害虫,为害甚大,果树虫食率达80%~90%,失去经济价值,丰产不丰收,影响经济收入。梨小食心虫为害的寄主有2类:一类为新梢,有桃、樱桃、杏、李和海棠等;另一类为果实,有梨、苹果、桃、李、杏等^[6]。

由于桃小食心虫和梨小食心虫世代重叠现

收稿日期:2010-02-16

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项项目(200803006) 国家自然科学基金委特殊学科点项目(J0930004) 山西省留学回国人员基金资助项目(2009-96)

作者简介:赵金良(1984-)男,山东临沂人,在读硕士,研究方向:农业生物防治。朱朝东为通讯作者。

象明显,防治较为困难,如果仅用一两种防治手段,很难控制全年都不发生暴发。笔者根据食心虫的生物学习性,在生产中采用综合防治的方法(IPM),即坚持农业防治和生物防治相结合的方法,已取得保果治虫的良好效果。

传统防治方法主要应用广谱杀虫剂。考虑到安全及其对环境的影响,人工合成的杀虫剂可促进害虫综合治理(IPM)的发展和应用;天敌的应用在IPM中也起到了关键作用。前人已经讨论过许多关于果园IPM的方法,包括化学和生物防治的结合;天敌的相互作用;增加或者保护天敌种群数量的果园生态工程^[7];利用人工合成的性信息素弥散到大气中,可阻断鳞翅目昆虫嗅觉联络和寻找配偶的行为^[8]。本文分别对农业防治、物理防治和生物防治的有效方法作出分类论述。

1 农业防治

具有操作简便,成本低廉,无污染,无农药残留等优点,得到广泛应用。效果较为显著的农业防治措施有套袋、刮皮和剪梢,除此之外还有园地选择、清园、人工摘拣虫果、扣瓦片法或地面覆膜、绑草把诱集越冬幼虫等。

农业防治一般在每年4月以前,结合防治其他病虫害进行树干刮皮,彻底消灭树干上及根茎部的越冬幼虫。果实套袋阻隔梨小食心虫的产卵危害,摘除被害果实,及时捡净落地虫果并处理掉^[9];以扣瓦片法或地面覆膜法消灭根部害虫;在树干或者大树枝上绑草把诱集越冬幼虫。

1.1 套袋

在幼果期对果实进行套袋,既可提高果实的外观品质,又可有效阻止梨小食心虫产卵于果面,从而防止其为害果实^[10],是防止病、虫、鸟害和提高果实品质的有效措施。套袋应在定果后、生理落果基本停止时进行,先套坐果可靠、易感病的品种和大树,后套落果多的品种和小树^[11-12]。在落花后35d套袋,9月末10月初去袋,果在袋内100余天,可有效防止桃小食心虫为害^[13]。经过多年的研究观察发现,双层袋的防虫效果最好,是预防多种食心虫害必不可少的措施之一;但是去袋时间应根据具体品种而定,一般采摘前20d左右去袋较好,这样既能保证果面充分着色,又不至于使果遭受虫害。

1.2 刮皮

对树龄较大的果树于冬前刮粗、翘皮并集中

烧掉,以消灭树皮下越冬的幼虫^[10]。苹果小食心虫、梨小食心虫、梨星毛虫、柳毒蛾、枣黏虫、红蜘蛛等常隐蔽在树干粗皮、翘皮或裂缝内越冬,应在冬春用刀刮除粗皮、翘皮和有虫老皮,然后涂白进行防止。在早春越冬幼虫出土前,将树根茎基部土壤扒开13~16cm,刮除贴附表皮的越冬茧^[14]。刮皮应注意刮皮时间、部位、方法、工具的消毒及刮皮后的处理^[15]。刮皮可以大大减少来年害虫虫口基数。

1.3 剪梢

幼虫刚蛀入新梢,在转梢之前,及时发现,彻底剪除虫梢并烧掉,这在第1代幼虫蛀梢期尤为重要^[9]。4—6月份剪除桃、李、杏、樱桃等被害新梢并集中烧掉,还可以在冬季、早春结合修剪剪除虫枝、枯枝和虫瘿,带出园外集中烧掉^[16],这可压低后期世代的虫口基数^[17]。

1.4 园地选择

建园时应选择土层深厚、疏松、肥沃、排灌方便的向阳缓坡地为好,平地应高垄深沟栽植。为避免梨小食心虫辗转猖獗为害,要合理布局,严禁桃、梨混栽,如2种果树同时栽在一个果园里,应尽可能设立隔离带^[11]。

1.5 清园

对冬季清除不彻底的果园要进行彻底清除,铲除园内杂草。桃小食心虫等害虫多钻进地缝、杂草内产卵或以蛹、幼虫形式越冬,所以可以在土壤封冻前或早春土壤解冻后深翻林地,翻松树盘,将树盘周围的落叶、残枝、杂草深埋或带出园外烧毁^[16]。在晚秋幼虫脱果入土做茧越冬后,把距树干约80cm的表土铲起撒于田间并把贴于根茎上的虫茧一起铲下,使虫茧暴露于地表^[14],这样虫茧或被霜雪低温冻伤、冻死,或被鸟雀啄食^[10]。还可在春季解冻后至幼虫出土前,在树干根茎附近挖越冬茧,尤其要注意地下根皮裂缝处。经多年观察发现,该方法虽然费时,但对减少害虫虫口基数效果较好,值得推广。

1.6 人工摘拣虫果

从7月开始到采收完毕,随时摘拣虫果。采收后要进行彻底清园,以铲除虫源,控制梨小食心虫的发生。幼虫脱果前,摘除被害果,每隔10d摘拣1次,并注意搞好园外防治。如在果品采收时,在堆果场、果品集中站、包装厂、酿酒厂等集中堆果的地方,事先将地面压实铺沙,然后堆果,可将幼虫诱集到沙土中集中消灭^[13]。

1.7 扣瓦片法或地面覆膜

在上一年食心虫为害严重的树下,于5月中下旬对树干周围半径1 m以内的地面覆盖地膜,可有效控制越冬幼虫出土、化蛹和羽化^[18];也可在4月末对果树盘下进行培土,将树基部1.5 m范围内盖土8~10 cm厚,把羽化的成虫闷死,6月上旬结合锄草将培土撤除,以免树根向上生长^[5]。

1.8 绑草把诱集越冬幼虫

在树干上绑草环或麻袋片诱集越冬幼虫,或于树干涂白灰破坏幼虫越冬场所^[9]。每年9月初,将草围绕于大枝或树干等处,以诱越冬幼虫潜伏,待第2年初春将草把等聚集在一起,加以焚毁或深埋。该方法应大面积施行,效果方能显著^[6]。同时,一定要掌握好绑草把的时间,时间晚了,越冬幼虫可能已下树去寻找越冬场所。通过近2年的观察,该方法在北京昌平有机果园效果不理想,诱到的昆虫中,蜘蛛等天敌占绝大多数。

2 物理防治

具有操作简便,大量诱杀等优点,可以推广应用,能有效杀灭食心虫成虫。最有效的杀虫方法有糖醋液、食心虫性诱剂及黑光灯诱杀。食心虫成虫对糖醋液、性外激素和黑光灯有强烈的趋性^[20],所以在各世代成虫发生期,利用食心虫“性诱剂”或“糖醋液”诱杀成虫,可压低虫源^[9]。根据许多害虫具有趋光性的特点,在果园设置黑光灯,可诱杀多种害虫,如梨小食心虫、李小食心虫和桃蛀螟等。

2.1 糖醋液诱杀法

在生长季节利用糖醋液诱杀成虫,或干扰其交配繁殖活动,效果明显。具体方法:用糖5份、酒5份、醋20份、水80份配成糖醋诱杀液,并加入少量洗衣粉或洗洁精。然后将其倒在盆中,盆口径最好为8~10 cm,用绳固定盆,下午日落前将其挂出(雨天不挂),挂于离地面1.5~2.0 m的树枝上方,早晨取回。每天记录园内每盆食心虫成虫数,并将食心虫成虫捞出^[6]。诱剂每隔4~5 d加半量,10 d换1次,如遇天气炎热、蒸发量大时,应随时补充诱剂^[17]。用糖醋液盆诱蛾测报虫情从4月上旬开始,把30个糖醋液盆分散于666.7 m²果园里^[21]。若不作调查用时,诱盆可一直挂在外面的,雨天再取回。该方法经济实用,效果较好。

2.2 性诱剂诱杀法

利用性诱剂对害虫进行预测预报和防治,可

以解决无趋光性害虫的预测预报和防治,有效地保护和利用天敌,是无公害果品生产中一项较好的措施^[22]。利用食心虫性诱剂可诱杀雄成虫,减少雌雄交配的机会,导致雌虫产下不育卵,从而达到杀虫、治虫的目的^[17]。

利用诱捕器防治梨小食心虫是一项有效的新技术,效果明显,无毒,无污染,不伤天敌。通过2年的诱捕试验发现,诱捕区虫果率为1.6%,而化学药剂防治区为4.3%。利用诱捕器防治梨小食心虫的费用要比用化学药剂防治降低52%^[23]。除此之外,选择15亿~30亿条/hm²的斯氏线虫,也可以防治桃小食心虫越冬出土幼虫^[24]。笔者经过多年的研究观察比较得知,诱捕器可以有效地减少食心虫成虫数量。该措施已被广泛应用于果园中,效果较好的食心虫性诱剂有梨小食心虫、苹小食心虫和桃小食心虫性诱剂等。其相对经济实惠,效果好,无污染,简单易掌握,是一项值得推广使用的措施。

2.3 黑光灯诱杀法

4月下旬开始,在果园内安装高压电网灭虫灯和黑光灯,灯架下放一个大口盛水容器。黑光灯诱捕时间为日落后至第2日日出前,早晨清理和消灭灯架下的成虫^[25]。可以在果园中间和周围安装几个黑光灯,或每天诱杀,或隔天诱杀。试验结果表明,该方法不但可以诱杀大量食心虫成虫(如桃小食心虫和梨小食心虫等),还可以大量诱杀其他蛾类等昆虫,效果很明显,值得推广应用。

3 生物防治

可保护并利用自然天敌。在果园种植豆科作物或牧草,不仅可改善和提高果园土壤肥力,而且还可为天敌提供活动、繁殖的良好场所^[11]。如果自然寄生天敌或者捕食者种群没有移居到大田或者果园中,或者移居的季节太晚,则不能对害虫进行有效防治^[26-27]。这时向果园内释放人工繁殖的天敌昆虫,从而补充天敌昆虫的数量,方能取得理想的防治效果。我国自1972年以来,就利用赤眼卵蜂大面积防治苹果小卷叶蛾和梨小食心虫,已获得了成功。同时,赤眼蜂还可寄生在刺蛾、桃天蛾、苹果枯叶蛾等的卵中,使这些害虫也得到了兼治^[24]。

3.1 天敌防治

在园中释放梨小食心虫的天敌——松毛虫赤眼蜂(*Trichogramma dendrolimi* Matsumura)。赤

眼蜂产卵于梨小食心虫卵内,因此应掌握在成虫发生盛期之后 3 d 释放^[10]。释放松毛虫赤眼蜂可有效地防治梨小食心虫第 1-2 代卵。在卵发生初期,每 5 d 放蜂 1 次,共 5 次,每公顷每次放蜂量为 37.5 万头左右^[19]。

运用一种天敌来防治多种害虫,与引进不同的天敌分别防治对应的害虫相比,易造成食物网简单化^[28]。因此,需要保护增殖天敌,来控制食心虫的为害。桃小食心虫的天敌很多,蚂蚁、步甲、蜘蛛是地面捕食其幼虫的最好天敌;花螬、草蛉、啮虫、瓢虫在树上捕食其卵粒。食心虫幼虫或蛹的寄生蜂有:甲腹茧蜂(*Chelonus* sp)、中国齿腿姬蜂(*Pristomerus chinensis* Ashmead)、长距茧蜂(*Macrocentrus anoylivorus*)和梨小食心虫白茧蜂(*Phanerotoma planifrons*)等。

3.2 生物农药防治法

生物源农药是指利用生物活体或生物代谢产物对害虫、病菌、杂草、线虫、鼠类等有害生物进行防治的一类农药制剂,或者是通过仿生合成的具有特异作用的农药制剂^[29]。生物农药的显著效果已在生产实践中得到很好的验证,如苏云金杆菌对梨小食心虫具有很强的杀伤力^[11];在果园梨小食心虫越冬幼虫孵化期和第一代脱果期,采用白僵菌(1.75 kg/hm²)和对硫磺做胶露剂(0.2 kg/hm²)混合液各喷洒地面 2 次^[19];在虫害高峰期,全园喷施蔬果净可湿性粉剂和绿保威乳油等生物药剂,浓度分别为 1 000, 1 500, 2 000 倍^[25]等。笔者经过多年试验得出,白僵菌与对硫磺做胶露剂混合液混用防治食心虫,效果明显。生物源农药绝大多数毒性较低,属低等毒性农药(极个别的,如烟碱为中等毒性),对天敌昆虫安全。其残留普遍较低,对环境及产品不会造成污染;应用范围广,使用方便,是生产绿色食品的首选农药^[24]。

3.3 干扰交配

干扰交配,俗称“迷向法”。鳞翅目昆虫多数以性信息素来联络交配行为的,人工释放性信息素使雄蛾丧失寻找雌蛾的定向能力,致使田间雌雄间的交配几率大大减少,从而使下一代虫口基数急剧下降。基于该原理的迷向防治法,已经运用到了不同植物多种害虫的防治上^[30-31]。则可直接使用人工合成的目标昆虫性信息素,也可采用目标昆虫性信息素类似物,还可采用目标昆虫性信息素的抑制剂来干扰交配^[32]。

现在已对几种性信息素的组成成分进行了标记,还有许多正在研究中^[33]。目前应用的迷向法防治措施主要有迷向丝和性信息素微胶囊。

3.3.1 迷向丝 选用 375 根/hm² 的密度处理最好,20 d 后的迷向率为 96.78%,处理时每棵树缠 1 根迷向丝,隔行处理。应用迷向丝防治食心虫时,如果处理密度太小,起不到迷向和控制作用;密度过大,则防治成本增加,会造成浪费^[34]。

3.3.2 性信息素微胶囊 可喷施的梨小食心虫性信息素微胶囊应用在澳大利亚桃园和梨园中,对梨小食心虫进行大面积干扰交配试验表明,剂量为 37.1 g/hm² 时,可使梨小食心虫迷向率达到 96%~99%^[35]。对害虫防治具有专一性强、无污染以及保护天敌等优点,使其成为一种较理想的应用剂型且具有很好的应用前景。可以预期,随着更多主要害虫性信息素的鉴定、合成以及微胶囊应用研究的不断深入和发展,昆虫性信息素微胶囊将在农林等害虫的综合治理中发挥越来越大的作用,并会带来极大的经济和社会效益^[36]。

迷向防治技术应用最广,效果很好,所用的交配干扰剂结构简单、合成方便、价格便宜,适于大规模使用^[37]。

4 讨论及展望

食心虫成虫昼伏夜出,常常产卵于萼洼部位,幼虫在果内取食为害,老熟后又入土做茧越冬。其整个生活史习性隐蔽,给防治工作带来很大困难^[38]。食心虫的寄主植物较复杂,其不同寄主上为害的成虫发生期、幼虫蛀果期及在果内的生活时间甚至发生的世代数不尽相同。除此之外,它的生长发育及发生还受自然环境条件的影响。因此,在进行防治时一定要结合当地的自然环境条件和天气情况,具体分析其发生规律,然后进行综合防治^[19],方能取得理想的效果。在充分做好农业防治和物理防治的前提下,要加大生物防治的力度。

农业防治方面要充分做好果实套袋、树干刮皮和虫梢剪除工作,其他的防治措施可以有选择地运用。物理防治方面,要做好性诱剂、糖醋液和黑光灯诱杀防治工作,这三者同等重要,也可以根据果园的实际情况选择一两项进行应用。生物防治方面,首先要做好生物源农药的防治;其次有条件的地区,可以通过释放人工繁殖的天敌进行生物防治;最后,还可以运用迷向防治措施来

进行防治,但要注意,该方法尽量不要与性诱剂诱杀同时使用,以免减弱二者的效果。

在进行生物防治时还存在一些困难,首先,食心虫卵、幼虫、蛹等阶段的天敌种类不明确,基础生物学资料还非常匮乏;其次,目前对果树天敌优势种的鉴定、人工扩繁应用等方面的研究几乎空白;第三,生物防治项目还缺乏经济分析(经济分析的基本标准就是生物防治项目必须考虑什么时候效益大于成本),这对生物防治决策的制定过程很重要^[9]。现在能大规模应用的、效果较好的天敌种类还不多,为了防止因单一天敌造成食物链的简单化,还需继续寻找扩繁新的天敌种类用于生物防治。通过在北京昌平苹果园中连续3年的研究发现,食心虫类害虫天敌种类远多于现有报道种类,形态学鉴别需要专门的分类学专家长期的经验积累。有些天敌种类,外形上非常相似,但是生物学习性及基因却有着相当大的差异,这些差异直接影响生物防治的效果。因此,利用形态学、分子条形码技术等手段准确鉴定物种是利用天敌的关键前提,对各种天敌进行长期生物学监测和生态学效应研究是下一步工作的重点。对于生物源农药来说,现在可用的种类不多,有些效果还不明显,进一步开发、改进生物源农药的种类和药效是当务之急。

参考文献:

- [1] 李博,柏连成.有机食品与绿色食品的启示[J].生态经济,2000(9):22-25.
- [2] 叶桂孝.桃小食心虫的生物学特性观察与防治[J].福建果树,1999(4):28.
- [3] 林雅珍,刘晓春,邵永生.赤峰市红山区桃小食心虫发生规律及防治[J].内蒙古农业科技,2002(2):29.
- [4] 高九思,黄蓓蓓,王永志,等.山楂园桃小食心虫发生危害规律及防治技术研究[J].现代农业科技,2007(9):75-76.
- [5] 赵连吉,邹文权,刘超,等.梨小食心虫生物学特性及防治[J].吉林林业科技,1998,132(1):23.
- [6] 张继军,李金锁.梨小食心虫的防治[J].中国林副特产,2004,68(1):47.
- [7] Lacey L A, Unruh T R. Biological Control of Codling Moth (*Cydia Pomonella* Lepidoptera: Tortricidae) and its Role in Integrated Pest Management with Emphasis on Entomopathogens [J]. Monograph, 2005, 12(1):33-60.
- [8] Witzgall P, Stelinski L, Gut L et al. Codling Moth Management and Chemical Ecology [J]. Annual Review of Entomology, 2008, 53:503-522.
- [9] 张广玲,王颖.梨小食心虫的发生规律及防治措施[J].安徽农业,2004(7):20.
- [10] 焦瑞莲,郭霞.无公害果园防治梨小食心虫技术[J].果树花卉,2004(6):20.
- [11] 李红松,黄婕.南方桃树主要病虫害发生与综合防治[J].广西植保,2007,20(4):26-29.
- [12] 魏建梅,范崇辉,齐秀东,等.陕西关中地区红富士苹果适宜双层纸袋的筛选研究[J].华北农学报,2006,21(4):133-134.
- [13] 焦瑞莲.无公害果园防治梨小食心虫技术[J].中国农村科技,2004(7):23.
- [14] 张耀芳.桃小食心虫的发生危害及防治对策[J].山西果树,2004(6):49-50.
- [15] 杨淑玺.梨树刮皮打药[J].新农业,2006(12):40.
- [16] 孙海云.早春须防果园病虫害[J].河北农业,2007(2):31.
- [17] 刘红敏,汪新娥,胡肆珍.梨小食心虫的发生与防治[J].河南农业科学,2005(1):74-75.
- [18] 高红艳,王凌羲.枣桃树小食心虫防治技术[J].新疆林业,2007(3):23.
- [19] 曹仲根,马宇,李文华,等.枇杷梨小食心虫防治技术[J].陕西林业科技,2004(2):21-23.
- [20] 吴宝荣,汪荣灶.不同诱剂对梨小食心虫的引诱效果[J].现代园艺,2006(9):31.
- [21] 周润清,刘磊,刘凤章,等.梨小食心虫的发生与防治[J].落叶果树,2007(2):44.
- [22] 邹明江,郭丽萍,杨寿光,等.苹果园性诱剂使用技术[J].林木果树,2007(4):10.
- [23] 任学平,白海燕,刘晓华,等.利用诱捕器防治梨小食心虫[J].北方果树,2003(3):35.
- [24] 王克.生产绿色食品水果病虫害综合防治对策[J].北方果树,2006(7):49-52.
- [25] 王兴平.应用新技术对梨小食心虫开展综合推广防治研究[J].甘肃科技,2006,22(5):199-201.
- [26] Obrycki J J, Lewis L C, Orr D B. Augmentative releases of entomophagous species in annual cropping systems[J]. Biological Control, 1997, 10:30-36.
- [27] Timothy Colliera, Robert Van Steenwyk. A critical evaluation of augmentative biological control [J]. Biological Control, 2004, 31:245-256.
- [28] Gerben J, Messelink, Roos van Maanen et al. Biological control of thrips and whiteflies by a shared predator: Two pests are better than one[J]. Biological Control, 2008, 44:372-379.
- [29] 李锐,李生才.生物农药及其发展对策[J].山西农业科学,2008,36(7):74-76.
- [30] Chang Yeol Yang, Kyeung Sik Han, Jin Kyo Jung et al. Control of the Oriental Fruit Moth *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) by Mating Disruption with Sex Pheromone in Pear Orchards [J]. J Asia-Pacific Entomol, 2003, 6(1):97-104.
- [31] Cardé R T, Minks A K. Control of moth pests by mating disruption: successes and constraints [J]. Annu Rev Entomol, 1995, 40:559-585.
- [32] 吴英杰,刘金龙.昆虫性信息素在害虫防治中的应用[J].

(下转第67页)

图4中底板同调整方案(图2),然后在抬高底板之处,从桩号0+47到0+99将左岸边墙取直,边墙仍按1:0.3作成斜墙。

3.2.2 水面线图 调整方案 设计流量下的水面线如图5所示。

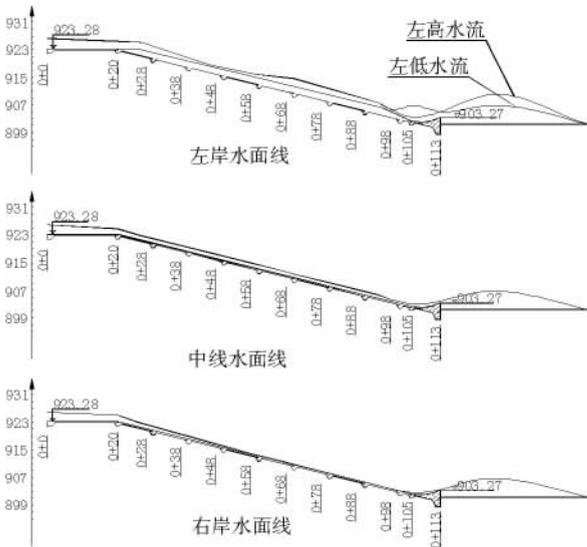


图5 调整方案II设计流量时水面线

3.2.3 调整方案 流速分布 调整方案 流速分布如表3所示。

表3 调整方案 设计流量下各测量断面流速 m/s

测点位置	桩号		
		0+20	0+63
左岸	5.67	15.17	17.02
中线	6.25	15.61	16.31
右岸	6.51	11.11	

测点位置	桩号		
		0+99	挑流段中
左岸	19.52	17.78	16.59
中线	17.29	15.82	11.69
右岸			4.94

4 结论与讨论

通过以上3种试验方案的水面线示意图比较可以看出,为了调整弯道水流偏斜而对左岸底板作出的修改,调整方案对水流偏斜的调整效果较好,并且左岸边墙从桩号0+47到0+99将取直后节约工程量,减少了工程投资。经模型试验,在设计流量下,弯道及挑流段中水流为急流,符合实际水流流态^[3]。

水在流动的时候,受边界条件的影响很大。边界条件的微小变化,就可能引起水流形态的巨大变化。有弯形渠道必定会出现弯道水流。经模型试验所得结果可知,其凹凸两岸水深超高过大,在左岸靠近挑流段附近区域甚至出现无水流情况。左岸、中线、右岸水面线相差很大,水流不稳定,为此对原设计方案进行了调整。最后得出调整方案相对较好,其在保证过流能力、流态等相同的情况下,能较好地解决弯道水流偏斜的问题。

明渠弯道水流是工程实际中经常碰到的一种水流形式。确定渠道设计方案时,应对水流特性、工程量和工程造价等进行优化选择,在保证安全和合理的水流衔接的前提下,应力求减少工程量和降低工程造价。

参考文献:

- [1] 赵兴华. 晋中市水资源优化配置研究[J]. 山西农业科学, 2007, 35(7): 87-89.
- [2] 吴持恭. 水力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1998.
- [3] 高伟, 杨中华. 弯道水流特性和数值模拟方法研究进展[J]. 水电能源科学, 2009, 27(1): 112-115.
- [4] 李炜. 水力计算手册[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
- [5] 武汉水利电力学院, 华东水利学院. 水力学[M]. 北京: 人民教育出版社, 1981.

(上接第43页)

山西农业科学, 2009, 37(8): 60-62.

- [33] Ridgway R L, Silverstein R M, Inscoc M N et al. Behavior-Modifying Chemicals for Insect Management [M]. New York: Dekker, 1990: 761.
- [34] 何超. 花蕾. 梨小食心虫 *Grapholita molesta* 性诱干扰及无害化防治技术研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2008.
- [35] Il'ichev A L, Stelinski L I, Willams DG et al. Econ[J]. Entomol, 2006, 99(6): 2048-2054.

- [36] 陈增良, 张钟宁. 昆虫性信息素微胶囊的研究进展[J]. 昆虫知识, 2008, 45(3): 362-367.
- [37] 薛艳花, 陆俊娇. 昆虫性信息素生物学研究与应用进展[J]. 山西农业科学, 2009, 37(4): 80-83.
- [38] 李朝荣. 桃小食心虫防治技术研究[J]. 云南农业大学学报, 1989, 4(1): 43-46.
- [39] Karen Jetter. Economic framework for decision making in biological control [J]. Biological Control, 2005, 35: 348-357.