

王楠,张相锋,焦子伟. 国内外有机农业病虫害防治技术研究进展[J]. 江苏农业科学,2019,47(22):37-42.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.22.007

# 国内外有机农业病虫害防治技术研究进展

王楠,张相锋,焦子伟

(伊犁师范学院生物与地理科学学院,新疆伊宁 835000)

**摘要:**近年来随着农业生态环境进一步恶化,国内外有机农业得到了快速发展,其病虫害的防治也是有机农业生产中的重要难点与关键控制点,基于国内外对病虫害综合防治的最新研究进展,从农业生产系统角度出发,介绍国内外在病虫害防治控制上采用的法规治理如制定法规标准、检验检疫和追溯管理等,农业防治如种苗处理技术、肥水管理、合理耕作等,物理机械防治如大田有机农作物防治、温室有机果蔬作物防治、物理植保技术防治等,生物防治如天敌防治、植物源性农药防治、微生物源性农药防治、动物源性杀虫剂防治、矿物类药剂防治以及其他防治措施等防治病虫害技术方法与措施,并对今后有机农业病虫害的综合防治提出合理化建议与对策。

**关键词:**有机农业;生态环境;病虫害;综合防治;研究进展;绿色防控技术

**中图分类号:**S435 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)22-0037-06

有机农业根据当地社会经济发展和自然资源等情况,遵循自然规律,注重土壤质量和系统内营养物质循环,严禁化学投入品的使用,合理使用有机认证的农药和肥料,促进其健康生产<sup>[1]</sup>。近年来,全球范围内有机农业得到了广泛的研究和发展,截至目前拥有有机农业认证的国家增加至 179 个,世界有机农业的土地上升至总耕地面积的 1.1%<sup>[2]</sup>。从 2000 年至 2010 年世界有机农业市场增长了 10 倍,截止到 2010 年

底,全球有机农业的市场规模达 590 亿美元,且主要分布在北美和欧洲<sup>[3]</sup>。国内有机作物产量总体呈现增长,2015 年有机种植产量达 573 万 t<sup>[4-6]</sup>。病虫害的防治是有机农业生产中的重要难点与关键节点,如防治不当会造成农作物减产和品质下降,甚至绝产,带来严重的经济损失。国外有机农业的有害生物管理在深入掌握有害生物及与之相关的有益生物的生物学特性,及它们在农业环境中的相互作用和生活周期中的薄弱环节等基础上,针对不同作物种类、有害生物种类及危害程度,并结合不同的生境条件采取一系列科学合理的防治技术,实现其高产、高效和优质<sup>[7]</sup>。欧盟有机农业植物保护一直遵循全程监控、综合治理、善待环境、规范操作等理念<sup>[8]</sup>。国内有机农业病虫害防治与国外一致,重点是健身栽培,增强其内在的抗逆能力,并采用农业防治、物理机械防治、生物防治等技术措施,控制有害生物的危害在其经济损害水平之下,

收稿日期:2018-11-04

基金项目:新疆维吾尔自治区自然科学基金(编号:2015211C293);

新疆维吾尔自治区科技支疆项目(编号:2017E0239)。

作者简介:王楠(1992—),女,新疆伊犁人,硕士,讲师,从事有机农业、农业生态研究工作。E-mail:zoe\_ylsy@163.com。

通信作者:焦子伟,博士,教授,研究方向为微生物生态及绿色有机有害生物综合防治研究与示范。E-mail:741285332@qq.com。

Environmental Management,2011,92(10):2786-2793.

[59] Mejúre M, Bülow L. Metal-binding proteins and peptides in bioremediation and phytoremediation of heavy metals[J]. Trends in Biotechnology,2001,19(2):67-73.

[60] Sriprang R, Murooka Y. Accumulation and detoxification of metals by plants and microbes [M]//Environmental Bioremediation Technologies. Berlin Heidelberg:Springer,2007:77-100.

[61] Fosso-Kankeu E, Mulaba-Bafubandi A F. Implication of plants and microbial metalloproteins in the bioremediation of polluted waters:a review[J]. Physics and Chemistry of the Earth,2014(2):242-252.

[62] Beveridge T J. Role of cellular design in bacterial metal accumulation and mineralization [J]. Annual Review of Microbiology,1989,43(1):147-171.

[63] Tunali S, Cabuk A, Akar T. Removal of lead and copper ions from aqueous solutions by bacterial strain isolated from soil[J]. Chemical Engineering Journal,2006,115(3):203-211.

[64] Boulton C A, Ratledge C. The physiology of hydrocarbon-utilization microorganisms [M]. Ellis Horwood, Chichester: Fermentation and

Enzyme Technology,1984:11-77.

[65] Kamath R, Rentz J A, Schnoor J L, et al. Phytoremediation of hydrocarbon-contaminated soils: principles and applications [M]. Elsevier, Amsterdam: Surface Science and Catalysis,2004:447-478.

[66] Al-Baldawi I A, Abdullah S, Anuar N, et al. Bioaugmentation for the enhancement of hydrocarbon phytoremediation by rhizobacteria consortium in pilot horizontal subsurface flow constructed wetlands [J]. International Journal of Environmental Science and Technology,2017,14(1):75-84.

[67] Zhang X C, Zhang W, Xue L, et al. Bioremediation of bacteria pollution using the marine sponge *Hymeniacidon perlevis* in the intensive mariculture water system of turbot *S. cophthalmus maximus* [J]. Biotechnology and Bioengineering,2010,105(1):59-68.

[68] 张喜勤,徐锐贤,许金玉,等. 水蚤净化富营养化湖水试验研究[J]. 水资源保护,1998(4):32-36.

[69] 项黎新,邵健忠. 三角帆蚌对水体 Cr、Pb 和 Cd 的净化与吸收[J]. 浙江大学学报(理学版),2002,29(5):569-572.

[70] 徐永健,卢光明,葛奇伟. 双齿围沙蚕对围塘养殖沉积物氮磷含量的影响[J]. 水产学报,2011,35(1):88-95.

促进植株持续健康生长,以达到安全有效、科学合理、经济可行、产量稳定、品质优良和生态良好<sup>[9]</sup>。本文结合国内外有机农业病虫害综合防治技术最新研究进展,并归纳总结,更好地了解与掌握有机农业病虫害防治技术,以期后续有机农业中有害生物尤其是病虫害防治的研究与示范应用奠定基础。

## 1 有机农业法规治理

### 1.1 有机农业制定法规和标准

随着有机农业在全球的发展,全球颁布有机农业标准的国家已增至 84 个,另外还有 24 个国家正起草有机农业相关法规<sup>[10]</sup>,这对有机农业的持续管理起到了至关重要的作用。2012 年 2 月欧盟有机产品认证和美国达成了有机标准互认协议,但要在各国制定这样共同的制度或模式,还需要做很多工作<sup>[11]</sup>。欧洲有机管理走在世界前列,1991 年欧洲议会颁布了《有机农业和有机农产品与有机食品标志法案》(以下简称欧洲有机法案),其承接了由 100 多个国家的 740 个团体组成的国际有机农业联盟的基本指导原则。有机农业植物保护按照《欧洲有机法案》要求进行,农药使用必须符合《善待环境的农业生产操作程序法案》和欧盟成员国关于农药管理使用的相关法律<sup>[8]</sup>;尽管有机生产具有通用规则及将植物保护产品投放市场的统一原则,但在不同成员国中可用于有机作物保护的合法产品的可获得性差异很大<sup>[12]</sup>。

我国 1999 年制定了《有机食品生产和加工技术规范》并于 2001 年底颁布实施。2001 年 6 月国家环保总局正式发布了《有机食品认证管理办法》;2003 年 8 月中国认证机构国家认可委员会发布《有机产品生产与加工认证规范》并实施;2004 年 11 月国家质检总局发布《有机产品认证管理办法》,并于 2005 年 4 月 1 日起施行;2005 年 1 月我国发布了 GB/T 19630《有机产品》并于 4 月实施,2011 年又对该标准进行了修订,并加以实施。这些法规的制定较好地规范和管理了我有机食品行业,使其健康有序地向前发展<sup>[13]</sup>。

### 1.2 植物检疫

植物检疫基于相关法律和法规,禁止或限制感染危险性有害生物的植物及植物产品在国际间或国内地区间调运,防止其人为传播,保护区域农业生产和生态安全。植物检疫是防治外来有害生物入侵和传播的重要措施之一<sup>[14]</sup>。国内外相继加强了植物检疫工作,制定了各自国家检疫性有害生物名录,采取合理措施并利用其调控和保护手段,防止人为传播有害生物,预防外来有害生物,严格法制管理和注重可持续发展<sup>[14-16]</sup>。

### 1.3 追溯管理

欧盟有机农业植物保护采取了可回溯追踪管理控制,建立监控体系,对有机农业生产者每年至少进行 1 次全面检查,监控是否按《欧洲有机法案》进行操作,并出具检查报告。该法案中规定了最低要求和监控措施,要求生产者有机农业生产中必须建立可回溯追踪的质量管理体系,建立有机农产品编码系统,确保避免对有机农产品的混淆和污染<sup>[17]</sup>。随着互联网、计算机相关技术等在现代农业中的应用,有害生物信息化管理技术如全球卫星定位系统技术、害虫数据库、专家系统的建立与使用,为农业生产提出合理的治理方案并及时预测与防治,促进有害生物管理工作定量化、模型化和信息化发

展,更加精准高效<sup>[18]</sup>。此外,在有机农业中运用计算机模型预测各项农业改进措施如轮作系统,能降低成本,在短时间内得到某些农业改进措施的效益。如计算机模型 BNANAD 被用于预先评估农场水平下各项农业改进措施,在特定环境条件背景下对农田生态系统以及农场的经济效益,该模型可比较不同的农业管理措施,确定哪些更适合于农民的需求和农场的发展<sup>[19]</sup>。

## 2 农业防治

农业防治措施是指农作物在栽培过程中利用种子处理、轮作、间作套种、施肥灌水 and 适时采收等技术措施,改变农田生态环境,控制病虫害的发生与危害,促进农作物的健康生长<sup>[20]</sup>。

### 2.1 种苗处理技术

选择适应当地土壤和气候且对病虫害抗逆性强的作物种类及品种,还要考虑作物的多样性。精选饱满、均匀、无病虫的优良种子,减少病虫寄主和减轻病虫害<sup>[21]</sup>。英国东茂林试验站报道 6 年生金冠、桔苹等 4 个苹果品种无病毒树的产量分别较对照品种高 28.0%~28.9%,果实横径在 60 mm 以上的比对照多 29.4%~53.3%<sup>[22]</sup>。此外,也可采用抗病性较强的种苗,如黑籽南瓜苗和野茄子苗等作为砧木进行嫁接育苗,增强植物抗逆性<sup>[9]</sup>。

种子处理如晒种,可有效杀灭种子表面的病菌。浸种如冷水浸种、温汤浸种、冷水与温汤结合浸种等可杀死黏附在种子或种块表面及其中的害虫和病菌<sup>[21]</sup>。研究表明,干热消毒法可防治葫芦科和茄科种子的传染性病毒,如番茄、青椒的烟草花叶病毒经 70 ℃干热处理 72 h 后可抑制其发作;70 ℃干热消毒 48 h 可完全抑制黄瓜黑星病、西瓜炭疽病的发生;此外,干热消毒法对黄瓜细菌性角斑病也有防治效果<sup>[21]</sup>。德国研究表明,可使用植物化感物质 vitacat 稀释液浸种或含有 vitacat 物质的包衣剂处理种子均能提高其活力和发芽率,增强其抗虫、抗病能力<sup>[23]</sup>。

### 2.2 有机农业肥水管理

2.2.1 肥料管理 有机农业禁用化肥,在其生产中可采用有机肥、绿肥和堆肥,以及秸秆还田、天然矿石肥等施肥方式<sup>[24]</sup>。在有机农业生产中须要施用大量的有机肥,关于有机肥的应用也已有一定的研究<sup>[25-26]</sup>。王利利等研究表明,当有机肥的碳氮比为 15:1 和 10:1 时,土壤氮素有较高的生物活性,可作为有机农业施肥依据<sup>[27]</sup>。碳氮比较高时,土壤微生物量碳虽高,但土壤氮素活性低,可能会受到氮素供应不足的制约<sup>[28]</sup>。生物肥料含有固氮菌、解磷解钾菌、固氮解磷解钾菌,能够增加土壤中的有效养分,高效无毒无污染,并可与有机肥料作为底肥共同施用<sup>[29]</sup>。绿肥可直接或异地翻压或堆沤后施用到田中,如秸秆还田;也可与经济作物的轮作或间作套种,增加土壤养分<sup>[30]</sup>。在对小麦有机栽培和传统农业下的栽培对比发现,在有机条件下栽培的小麦对氮素的吸收量与传统农业相似,但对铁和硒元素的吸收量显著高于传统农业,使得小麦受真菌病害影响较轻<sup>[31]</sup>。

2.2.2 灌水处理 科学合理灌水控制温湿度是防治病虫害的主要措施之一。喷灌和滴灌等灌溉方式可降低田间湿度,节省用水,创造不利于病虫害发生的环境条件<sup>[32]</sup>。推广普及

地膜栽培、高垄栽培和膜下灌溉技术,防止大水漫灌;浇水后及时通风排湿,降低温室内土壤和空气湿度,可减少植物病虫害的发生<sup>[9]</sup>。

### 2.3 合理耕作

**2.3.1 合理轮作** 合理轮作可改变农田生态,增加生物多样性,是有机农业生产中控制病虫害的主要手段<sup>[33]</sup>。已有研究表明,轮作周期可以影响土传病原菌,易感植物品种之间的种植间距越大越能够降低病害感染程度<sup>[34]</sup>。轮作也可改善土壤肥力,促进植物生长健康抵抗病虫害的侵扰。研究表明,土壤有机质的增加可改善作物对欧洲玉米螟的易感性<sup>[35]</sup>。

**2.3.2 间(混)作套种** 间(混)作和套种可以增加作物、害虫和天敌的多样性,以害繁益、以益控害<sup>[36-37]</sup>。间作套种结果表明,小白菜与非十字花科植物间作套种可以明显提高捕食性和寄生性天敌的数量和物种丰富度,同时间作对天敌的影响大于对植食性害虫<sup>[38]</sup>。茼蒿或芹菜同瓜类间作可以避免或减少黄守瓜的危害;粮棉套种防治棉蚜的为害;棉田套种玉米、高粱等诱集棉铃虫产卵的作物,有利于集中诱杀和保护天敌。青椒或番茄与玉米套种可以明显降低青椒、番茄上蚜虫的数量;绿豆与黑豆套种或混种有利于防治叶螨<sup>[21]</sup>。间作套种时农田布局应该合理化,选择间作或轮作的植物应基于该作物的主要病害习性,不宜选择过多的寄主同时栽培,防止棉铃虫因在不同寄主发生阶段各不相同,发育进度不一,出现世代重叠,增加防治的难度<sup>[39]</sup>。

**2.3.3 其他措施** 研究表明,有机农业系统中的步甲、蜘蛛、蚯蚓、鸟类等的数量和种类均高于传统农业,且细菌、真菌等土壤微生物的活性也高于传统农业,这取决于有机农业系统中的植被种类多样性<sup>[40]</sup>。不同的插秧方式会影响水稻的产量和病虫害的发生,如早育免耕抛栽、盘育免耕抛栽以及油林免耕套播等方式,与传统的栽培方式相比,不仅能减轻病虫害发生,还能获得更高的产量<sup>[41]</sup>。此外,可以通过采取远离作物病虫害的区域种植或调整播种时间等措施,避免病虫害的发生与作物生长同步,以减少其对作物的危害<sup>[20]</sup>。种植前整理田块,除去枯枝烂叶、杂草,以清除藏匿的病患及其休眠体,避开传染源;提早或推迟种植日期,以回避某些害虫发生高峰期<sup>[42-43]</sup>。研究表明,通过推迟播种期、植物行间覆盖、中耕及清除残余枝叶等措施可降低黄瓜叶甲对黄瓜的危害<sup>[44]</sup>。使用诱集作物种植方式可降低棉花棉铃象 30% 的防治成本<sup>[45]</sup>。稻田养鸭、养鱼、养虾、养蟹等种植方式就是利用动物的复杂食性达到对稻田害虫的防治,此外还有农田养鸡或牧区放羊等养殖方式,也能起到防治有害生物的作用效果<sup>[37,46-47]</sup>。

## 3 物理机械防治

### 3.1 大田有机农作物防治

物理机械防治技术如人工捕杀、频振式杀虫灯诱杀、黄板诱杀等被广泛应用于有机农业生产实践中<sup>[9,13,48]</sup>。国外研究表明,可以在有机农场进行人工捕虫,设置昆虫陷阱或使用物理制剂,如在田间撒硅藻土粉刺破软体动物表皮而杀死害虫,施用休眠油使多种害虫的卵窒息等手段防治害虫;此外还可采用原子能辐射等先进手段直接消灭某些害虫,或释放不育雄虫干扰害虫的交配,从而达到害虫的控制目的<sup>[49-50]</sup>。杜相革等在研究中采用糖醋液(红糖 6 份、醋 3 份、酒 1 份、水 10

份)诱杀多种鳞翅目害虫,使用红薯发酵液等防治有趋化性的害虫<sup>[48]</sup>。李清河研究表明,在田间适量种植十字花科植物可以诱集菜粉蝶和小菜蛾,种植芥菜可以诱集黄曲跳甲,半枯萎杨树枝能够诱集棉铃虫等,并集中回收消灭;此外,在冬季清理核桃园枯枝落叶并集中烧毁可以处理其潜藏的病虫害<sup>[51]</sup>。朱守卫等报道实施套袋可以使苹果病果率减少 86%,虫果率减少 97% 以上,且可以提高果实的外观质量<sup>[52]</sup>。

### 3.2 温室有机果蔬作物防治

国外研究表明,利用高温或蒸汽处理温室土壤可以有效控制许多土传性植物病害;可在温室蔬菜作物行间种植排斥跳甲、黄瓜叶甲、以及胡萝卜、洋葱等根蛆成虫的作物;在温室中可以使用防虫网阻隔蚜虫、蓟马、螨类及其他害虫进入并危害作物<sup>[53]</sup>。此外,温室中还可以使用黄板减小白粉虱、潜叶蝇、蚜虫和蓟马等害虫的种群密度,降低其危害<sup>[54-55]</sup>。温室中使用紫外吸收型塑料薄膜能够干扰银叶粉虱的行为并减少其危害<sup>[56]</sup>。国内研究也表明,在有机设施农业生产中可以采用防虫网封闭、银灰色遮阳网遮阳、频振式杀虫灯诱杀鳞翅目等成虫、黄板诱蚜、蓝板驱蚜、静电除雾系统、放蜂或人工授粉等措施达到防病防虫的目的,采用高温闷棚、硫磺熏蒸等方式,降低病虫害的发生与危害<sup>[57]</sup>。

### 3.3 物理植保技术防治

物理植保技术是一类采用物理防治植物病虫害方法的技术总称,尤其是近年来在有机农业病虫害防治中扮演越来越重要的角色<sup>[58]</sup>。在日本和马来西亚等国家有研究表明,物理植保液在防治蚜虫、螨虫和蚱壳虫等害虫方面效果较好,已经被广泛应用于有机农业生产中,我国台湾也在推进此项技术,大陆目前只有在烟草领域开始进行试验示范<sup>[59]</sup>。周为华等研究表明,物理植保液 500 倍稀释液对烟草白粉病防治效果显著,安全性较好<sup>[60]</sup>。张相锋等研究表明,物理植保液 300 ~ 800 倍稀释液对瓜蚜的防治效果良好,防效达 90% 以上,且对环境友好、无污染残留<sup>[61]</sup>。

## 4 生物防治

### 4.1 天敌防治

天敌的保护和利用是生物防治的核心,天敌包括捕食性天敌和寄生性天敌等 2 种,捕食性天敌如草蛉、步甲、小花蝽、瓢虫、食蚜蝇等,寄生性天敌有寄生蜂、赤眼蜂、寄生蝇等,均能够有效控制农业害虫,达到以虫治虫的目的<sup>[62]</sup>。增加天敌可以保护农田生态环境,通过人工繁殖饲养昆虫天敌可使害虫受到控制,如繁殖赤眼蜂防治玉米螟、平腹小蜂防治荔枝蜡象、金小蜂防治红铃虫、蚜茧蜂防治白粉虱、斯氏线虫防治亚洲玉米螟等<sup>[16]</sup>。信息物质的利用如在田间喷洒天敌昆虫的行为物质招引天敌;施放性外激素诱杀或干扰害虫成虫交配等<sup>[37]</sup>。据冯建国等报道,在梨小食心虫成虫产卵期施放赤眼蜂,放蜂区桃梢被害率为 0.24%,对照区为 1.34%,被害率减少 82.1%<sup>[63]</sup>。在棉花生产中许多捕食蜂、草蛉、蜘蛛、寄生蝇、寄生蜂、昆虫病毒、寄生性真菌和细菌等对棉铃虫、烟青虫、甜菜夜蛾、蚜虫、蓟马等具有较强的控制能力<sup>[45]</sup>。

### 4.2 植物源性农药防治

国外施用植物源杀虫剂如鱼藤酮、除虫菊素、杀虫皂、沙巴草、糠树、苦木、洋艾等,均具有速效性、降解快,且对环境无

污染等优点<sup>[50]</sup>。目前我国登记的植物源杀虫剂包括烟碱、苦参碱、鱼藤酮、除虫菊酯、木烟碱、百部碱、楝素、回蒿素、藜芦碱等 14 种,速效性好、降解快且对环境无污染,可用于稻、麦、棉、蔬菜、果树等作物的虫害如蚜虫、小菜蛾、萝卜蚜、果树尺蠖、卷叶蛾等的防治,还可防治蚊、蝇、虱、蚤等卫生害虫<sup>[64]</sup>。此外,苦皮藤素对小菜蛾、菜青虫、稻飞虱、尺蠖、绿豆象、天牛等都有良好的防效,且对环境无污染,对天敌和土壤微生物低毒<sup>[65]</sup>。焦子伟等报道,采用 1.5% 天然除虫菊水乳剂 400 ~ 500 倍液、5% 鱼藤酮水乳剂 400 ~ 500 倍液、0.6% 苦参碱水剂 400 ~ 500 倍液等可有效防治有机番茄的白粉虱、蚜虫、棉铃虫等虫害;采用 1.1% 儿茶素 2 号可湿性粉剂 400 ~ 600 倍液可以防治有机番茄的早疫病、晚疫病、叶霉病等<sup>[57]</sup>。张相锋等报道,0.5% 大黄素甲醚水剂 300 ~ 500 倍液、0.28% 黄芩苷黄酮水剂 300 ~ 400 倍液等可以防治有机草莓白粉病等<sup>[66]</sup>。尼日利亚小规模农场利用印度楝粉剂和种子油能有效减少花生田中赤拟谷盗和象鼻虫的数量,该粉剂以 30 ~ 50 g/hm<sup>2</sup> 的施用量用于珍珠粟、高粱以及棉花田中,对蝗虫等农业害虫有防治效果<sup>[67]</sup>。

#### 4.3 微生物源性农药防治

昆虫病原微生物主要有细菌、真菌、病毒、微孢子原虫和线虫等,均可制成生物制剂进行防治,无污染,且可达到控制害虫的效果<sup>[68]</sup>。细菌是目前应用最广的微生物源杀虫剂,如苏云金芽孢杆菌制剂对食叶性的鳞翅目害虫、部分双翅目、膜翅目、鞘翅目害虫均有防治效果,目前已应用于对松毛虫、菜青虫、稻苞虫、毒蛾、玉米螟等多种害虫的防治中;用于防治害虫的真菌病原菌有白僵菌、绿僵菌、拟青霉菌、赤座霉菌、多毛菌、虫霉菌等;防治害虫的病毒如核型多角体病毒,可用于防治甘蓝尺蠖、棉铃虫、烟草青虫、玉米螟等,胞质型多角体病毒防治南方枯叶蛾、黄地老虎和麦穗夜蛾,颗粒体病毒可以用于防治菜粉蝶等<sup>[69-70]</sup>。采用 100 ~ 150 g/667 m<sup>2</sup> 2 亿活孢子/g 木霉菌可湿性粉剂可以防治有机番茄的灰霉病等<sup>[57]</sup>。王以燕等报道苏云金芽孢杆菌防治林木松毛虫、茶毛虫、柳毒蛾等;球孢白僵菌可以防治杨树的光肩星天牛、杨小舟蛾、马尾松松褐天牛、松毛虫、美国白蛾等<sup>[71]</sup>;金龟子绿僵菌和球孢白僵防治蝗虫效果显著。微孢子原虫如蝗虫微孢子虫、变型微孢子虫对鳞翅目害虫有很好的防治效果,此外还有玉米螟微孢子虫可用于抑制玉米螟的发生<sup>[72]</sup>。经研究报道,利用昆虫病原线虫可以防治土栖类害虫、钻柱性害虫、鳞翅目害虫、跳甲类蔬菜昆虫等<sup>[73]</sup>。

#### 4.4 动物源性杀虫剂防治

昆虫信息素可干扰昆虫的化学通讯,选择性的控制昆虫,利用昆虫信息素可对有害昆虫进行检测、诱捕、迷向和干扰交配等;已有 11 种昆虫性引诱剂在美国被用来防治棉田中的鳞翅目和鞘翅目害虫;埃及大面积使用昆虫性信息素防治红铃虫<sup>[74]</sup>。利用昆虫信息素防治害虫的方法有大量诱捕法、交配干扰法和其他生物农药组合使用技术。2009 年,梨小食心虫和苹果蠹蛾在全球的迷向法防治中,防治面积共计 70 万 hm<sup>2</sup>。我国 2003 年开始利用小蠹类引诱剂及其诱捕器在东北地区进行森林害虫的防治,且效果显著<sup>[75]</sup>。

#### 4.5 矿物类药剂防治

源于矿物的无机化合物和石油类农药如硫悬浮剂、可湿

性硫和石硫合剂等硫制剂防治螨类;波尔多液防治多种由真菌和细菌引起的病害如细菌性角斑病、炭疽病、晚疫病、软腐病及真菌引起的霜霉病等;机油乳剂、柴油乳剂等矿物油可用于防治柑桔红蜘蛛、粉虱、蚜虫、介壳虫等<sup>[76]</sup>。适期喷布 3° ~ 5°Be 石硫合剂在果树休眠期、萌芽前、生长期等可以消灭缩叶病的越冬菌源以及桃球坚蚧、苹果全爪螨等的越冬卵,防治桃下心瘿螨以及桃等多种果树的细菌性穿孔病和白粉病等,且可防治山楂叶螨和苹果全爪螨<sup>[77]</sup>。研究表明,采用 50% 硫磺悬浮剂 800 ~ 1 000 倍液喷雾或硫磺熏蒸可以防治红蜘蛛<sup>[57,66]</sup>。韩盛等报道,77% 氢氧化铜干悬浮剂、37.5% 氢氧化铜悬浮剂、波尔多液对加工番茄细菌性斑点病的防效分别为 73.11%、67.43%、64.78%<sup>[78]</sup>。席运官等采用 1.0% 石灰水浸种催芽使有机水稻秧苗期的恶苗病发病率低于 1%<sup>[79]</sup>。

#### 4.6 其他防治措施

植物保护剂为从异源植物次生化合物或模拟合成的化合物制成适于应用的制剂,其对成虫选择寄主产生驱避作用,干扰成虫产卵、幼虫,导致幼虫特别是初孵幼虫中毒死亡<sup>[80]</sup>。马樱丹的叶片提取物对亚洲玉米螟的幼虫有触杀和胃毒作用,且对三龄幼虫有拒食作用<sup>[81]</sup>;其枝叶的乙醇提取物还对瓜蚜、烟粉虱、豌豆夹蚜、小菜蛾、美洲斑潜蝇等都有抑制作用<sup>[82]</sup>。大部分的天然虫药如肥皂水、乙醇、胡椒、蒜头、辣椒、茴香姜混合物、鱼藤、面粉液等均可用来防治特定害虫种类<sup>[21]</sup>。目前德国研发的植物化感物质 Vitacat 已被证明施用到植物上可以诱导植物自身产生抗性。现已在国内外广泛用于大田、经济作物、蔬菜、果树、蘑菇、海藻、高尔夫球场、园林苗木和花卉等<sup>[83]</sup>。

### 5 今后发展建议

截至目前,国内有机农业发展与国外相比,其生产、加工能力与技术还相对薄弱,种养业生态链还未形成整体协调发展,生物农药开发和技术支撑、社会化服务及其网络体系建设也须进一步健全<sup>[84-86]</sup>。针对有机农业今后的发展提出以下建议。

一是进一步促进世界各国有机标准的相互认可与统一,从源头上加以对有机农业有害生物尤其是病虫害进行综合治理。近年来随着世界贸易的增长,越来越多的国家开始遭受其他国家技术性贸易壁垒的障碍,有机产品贸易也不例外,国内外有机互认程度低,并且存在多重认证、提高技术标准等问题<sup>[11]</sup>。因此,有必要进一步研究与探讨世界各国有机农业标准互认的可行性,推动相互认可与协调统一,强化植物保护综合防治策略,促进有机农业持续健康发展。

二是进一步加强有机农业病虫害防治的机制性研究。在已有的基础上,结合本地区域特色和资源优势,立足健身栽培,从农业生态系统出发,重点强化农业防治和物理机械防治技术与试验,探索出新方法和新举措,形成新技术、新产品应用于有机农业防治,从根本上长期控制有机农业病虫害的发生流行与危害。此外,还要注重与加强生物农药的作用机制以及剂型和助剂的研究,建立科学鉴定、检测技术和评价方法,促进产品深度开发与利用,加快生物农药登记与审批时间,提高产品质量,促进生物农药行业的发展。

三是进一步加强有机农业病虫害防治技术示范与应用。结合实际,因地制宜,对已有成熟的有机农业病虫害综合防治

技术进行集成与配套,制定标准,强化贯标与服务,推动标准化、规模化和有效化防治,实现经济与环保双赢。

## 参考文献:

- [1] IFOAM. Consolidated annual report of IFOAM – organics international [R/OL]. <https://www.ifoam.bio/en/our-library/annual-reports>, 2016.
- [2] Helga W, Lernoynd J, Kilcher L. The world of organic agriculture [R/OL]. <https://www.organic-world.net/yearbook/yearbook-2017.html>, 2017.
- [3] Sahota A. The international market for organic and fair trade food and drink [M] // Wright S, McCrea D. The handbook of organic and fair trade food marketing, 2008: 1–28.
- [4] 国家认证认可监督管理委员会, 中国农业大学. 中国有机产业与有机产品认证发展(2015) [M]. 北京: 中国质检出版社, 中国标准出版社, 2016: 132.
- [5] 国家认证认可监督管理委员会, 中国农业大学. 中国有机产品认证与产业发展 [M]. 北京: 中国质检出版社, 中国标准出版社, 2017: 254.
- [6] 吴文良, 乔玉辉. 中国有机农业发展与展望 [J]. 农学学报, 2018, 8(1): 193–196.
- [7] 蔡青年, 孙晓明, 孟凡乔, 等. 国外有机农业中有害生物综合管理技术 [J]. 世界农业, 2008(2): 54–57.
- [8] 刘波, 冒乃和, 陆萍. 欧盟有机农业植物保护的观念和技术措施 [J]. 植物保护, 2004, 30(1): 73–75.
- [9] 焦子伟, 孟凡乔, 罗新湖, 等. 我国有机设施农业有害生物综合调控技术 [J]. 农业工程技术: 温室园艺, 2011(10): 56–57.
- [10] Beate H, Schmid O, Apo – Bitantem G. Standards and regulations: overview [G] // Helga W, Lukas K. The World of Organic Agriculture – Statistics and Emerging Trends 2012. Research Institute of Organic Agriculture, Frick, and International Federation of Organic Agriculture Movements, 2012: 127–136.
- [11] 乔玉辉, 王茂华, 徐娜, 等. 国际有机农业标准比较及有机认证互认潜力分析 [J]. 生态经济, 2013(3): 51–52.
- [12] Matyiaszczyk E, 杨田甜, 申继忠. 欧盟有机农业中的植物保护措施 [J]. 中国农药, 2018(6): 19–23.
- [13] 吴文良, 孟凡乔, 郭岩彬, 等. 绿色食品和有机产品产业化开发——以新疆伊犁河流域为例 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2012.
- [14] 梁忆冰. 植物检疫对外来有害生物入侵的防御作用 [J]. 植物保护, 2002, 28(2): 45–47.
- [15] 赵朔, 吴杰, 丁建云. 植物检疫对我国农业产业的影响与对策思考 [J]. 中国植保导刊, 2012, 32(3): 58–60.
- [16] 陈炳旭, 梁广文. 有机农业生产中的害虫种群生态控制技术 [J]. 广东农业科学, 2006(12): 49–51.
- [17] 刘波, 冒乃和. 病虫害综合治理是德国植物保护的基本策略 [J]. 生物学通报, 2003, 38(4): 10–11.
- [18] 戈峰, 苏建伟. 21世纪害虫管理的一些特征展望 [J]. 昆虫知识, 2002, 39(4): 246.
- [19] Blazy J M, Tixier P, Thomas A A, et al. BANAD: A farm model for ex ante assessment of agro – ecological innovations and its application to banana farms in Guadeloupe [J]. Agricultural Systems, 2010, 103(4): 221–232.
- [20] 侯建文, 赵烨烽. 有机农业技术中的病虫害防治 [J]. 南京农专学报, 1999(4): 37–41.
- [21] 丁俊杰, 黄瑞斌, 孙好亮. 有机农业生产病虫害防治关键技术 [J]. 麦类文摘·种业导报, 2007(9): 22–24.
- [22] 王国平, 刘福昌. 果树无病毒苗木繁育与栽培 [M]. 北京: 金盾出版社, 2002: 120–146.
- [23] 王章陵, 刘社民, 门鹏飞. 德国有机农业中对植物化感技术的应用 [J]. 陕西农业科学, 2009, 55(6): 193–194, 203.
- [24] 朱守卫, 戴华国, 韩驰, 等. 谈生产无公害果品的技术环节 [J]. 落叶果树, 2003, 35(5): 21–23.
- [25] 王文杰, 朱丹决, 王华森. 不同有机肥施入量对有机蔬菜产量的影响研究 [J]. 北方园艺, 2010(17): 29–30.
- [26] 宋东涛. 三种有机肥在土壤中的转化及对有机蔬菜生长效应的影响 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2008.
- [27] 王利利, 董民, 张璐, 等. 不同碳氮比有机肥对有机农业土壤微生物生物量的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(9): 1073–1077.
- [28] Salamanca E F, Raubuch M, Joergensen R G. Relationships between soil microbial indices in secondary tropical forest soils [J]. Applied Soil Ecology, 2002, 21(3): 211–219.
- [29] 汪华源. 生物肥料研究进展及其文献研究 [J]. 农业图书情报学刊, 2003(5): 127–130.
- [30] 李子双, 廉晓娟, 王薇, 等. 我国绿肥的研究进展 [J]. 草业科学, 2013, 30(7): 1135–1140.
- [31] L – Baeckström G, Lundegårdh B, Hanell U. The interactions between nitrogen dose, year and stage of ripeness on nitrogen and trace element concentrations and seed – borne pathogens in organic and conventional wheat [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2006, 86(15): 2560–2578.
- [32] Brown M. Crop rotations in vegetable production [J]. The Cultivar, 1993, 11(2): 1–2.
- [33] Watson C, Atkinson D A, Gosling P, et al. Managing soil fertility in organic farming systems [J]. Soil Use and Management, 2010, 18(S1): 239–247.
- [34] Clark M S, Ferris H, Klonsky K, et al. Agronomic, economic, and environmental comparison of pest management in conventional and alternative tomato and corn systems in northern California [J]. Agriculture Ecosystems and Environment, 1998, 68(1/2): 51–71.
- [35] Phelan P L, Mason J F, Stinner B R. Soil fertility management and host preference b European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hubner), On *Zea mays* L.: A comparison of organic and conventional farming [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 1995(56): 1–8.
- [36] 陆萍, 冒乃和, 刘波. 有机农业植物保护的核心技术和措施 [J]. 中国植保导刊, 2004, 24(4): 36–39.
- [37] 郑运章. 有机农业中的病虫害防治技术 [J]. 安徽农业科学, 2002, 30(3): 408–409.
- [38] 蔡鸿娇. 间作套种对小白菜田间节肢动物群落及主要害虫的影响 [D]. 福州: 福建农林大学, 2007.
- [39] 赵冰梅, 李贤超, 王俊刚. 2011年新疆兵团棉花病虫害发生特点及原因分析 [J]. 中国棉花, 2012, 39(3): 9–11.
- [40] 王长永, 王光, 万树文, 等. 有机农业与常规农业对农田生物多样性影响的比较研究进展 [J]. 生态与农村环境学报, 2007, 23(1): 75–80.
- [41] 张舒, 张巧玲, 陈小山, 等. 不同栽培方式对水稻主要病虫害发生的影响 [J]. 华中农业大学学报, 2009, 28(4): 426–430.
- [42] 孙鸿良. 生态农业的理论与方法 [M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2007.

- 版社,1992.
- [43] Petrzalka P, Hatfield J L. Making sustainable agriculture the new conventional agriculture: social change and sustainability [J]. Sustainable Agriculture Systems, 1994(1): 262–283.
- [44] Bellows B C, Diver S. Cucumber beetles: organic and biorational IPM[J/OL]. National Sustainable Agriculture Information Service. <http://www.attra.ncat.org>, 2002.
- [45] Guerena M, Sullivan P. Organic cotton production[J/OL]. National Sustainable Agriculture Information Service. <http://www.attra.ncat.org>, 2003.
- [46] 章家恩, 陆敬雄, 张光辉, 等. 鸭稻共作生态农业模式的功能与效益分析[J]. 生态科学, 2002, 21(1): 6–10.
- [47] 王明友, 龚宝梅, 张莉, 等. 种养复合——有机生态型稻鸭共作技术示范[J]. 农业装备技术, 2003, 29(2): 23–24.
- [48] 杜相革, 王慧敏, 王瑞刚. 有机农业原理和种植技术[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002.
- [49] Rouxmichollet D, Czarnes S, Adam B, et al. Effects of steam disinfection on community structure, abundance and activity of heterotrophic, denitrifying and nitrifying bacteria in an organic farming soil[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2008, 40(7): 1836–1845.
- [50] 席运官. 国外有机农业病虫害防治[J]. 农村生态环境, 1996, 12(1): 51–53, 61.
- [51] 李清河. 林业管理与病虫害预测预报防治术标准实物全书[M]. 香港: 天马出版有限公司, 2004.
- [52] 朱守卫, 张中栋, 李影丽, 等. 潜潜防治桃潜叶蛾试验[J]. 山西果树, 2002(2): 29–29.
- [53] Dufour R. Biointensive integrated pest management [J/OL]. USAID. <http://www.attra.ncat.org>, 2001.
- [54] Greer L, Diver S. Integrated pest management for greenhouse crops [J/OL]. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas. <http://www.attra.ncat.org>, 2000.
- [55] Gill S. Pest control: whitefly control for cut flower growers[J]. The Cut Flower Quarterly, 2000, 12(1): 26–30.
- [56] Costa H S, Robb K L. Effects of ultraviolet – absorbing greenhouse plastic films on flight behavior of *Bemisia argentifolii* and *Frankliniella occidentalis* [J]. Journal of Economic Entomology, 1999, 92(3): 557–562.
- [57] 焦子伟, 孙清花, 张娜, 等. 新疆伊犁温室有机番茄病虫害发生及综合防治[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(10): 77–80.
- [58] 刘滨疆. 物理植保技术的发展趋势[J]. 农业工程, 2015, 5(增刊1): 11–14.
- [59] 周强, 郑永军, 杜文亮, 等. 探索物理植保新领域提供绿色农业新技术[J]. 农业工程, 2012, 2(增刊1): 16–19.
- [60] 周为华, 张宸, 韩孟材, 等. 物理植保液对烟草白粉病防治效果研究[J]. 中国农业信息, 2016(15): 140–142.
- [61] 张相锋, 孙清花, 吕永明, 等. 物理植保液对伊犁州温室有机草莓瓜蚜田间防效研究[J]. 现代农业科技, 2017(22): 82–84.
- [62] 杨朗, 陈恩海, 梁广文. 害虫生物防治在害虫生态控制中的作用[J]. 中南林学院学报, 2003, 23(4): 111–115, 119.
- [63] 冯建国, 陶训, 于毅, 等. 苹果园的污染和病虫害无公害防治技术研究[J]. 中国果树, 2000(2): 9–13.
- [64] 李克江. 京郊露地有机蔬菜主要病虫害防治技术研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2007.
- [65] 陈惠, 葛红, 高小红. 苦皮藤素在有机农业上的应用前景[J]. 现代农业科技, 2012(22): 141, 143.
- [66] 张相锋, 王楠, 焦子伟, 等. 新疆伊犁温室有机草莓—平菇立体栽培模式下有害生物发生及综合防治[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(14): 93–97.
- [67] Akpa A D. Current trends in the use of traditional and organic methods for the control of crop pests and diseases in Nigeria[J]. Tropical Pest Management, 1991, 37(4): 329–333.
- [68] 胡明峻. 微生物治虫研究和应用[J]. 河北农业科学, 1992(2): 22–25.
- [69] 居乃璇. 农业害虫的微生物防治[J]. 微生物学通报, 1977(4): 43–46.
- [70] 卜立英, 罗英, 郭佩联, 等. 棉铃虫成虫吸食核多角体病毒毒液对后代影响的初步观察[J]. 昆虫天敌, 1979(2): 64–67.
- [71] 王以燕, 袁善奎, 吴厚斌, 等. 我国生物源及矿物源农药应用发展现状[J]. 农药, 2012, 51(5): 313–316, 322.
- [72] 王丽英, 严毓骅. 微孢子虫在害虫防治中的应用和研究[J]. 生物防治通报, 1988, 4(1): 33–37.
- [73] 吴文丹, 尹姣, 曹雅忠, 等. 我国昆虫病原线虫的研究与应用现状[J]. 中国生物防治学报, 2014, 30(6): 817–822.
- [74] 张开心. 昆虫信息素及其类似物干扰昆虫化学通讯的进展[C]//中国植物保护学会. 植保科技创新与农业精准扶贫——中国植物保护学会2016年学术年会论文集. 北京, 2016: 3.
- [75] 赵丽萍. 动物源农药的发展概况[J]. 新疆农垦科技, 2013, 36(9): 20–21.
- [76] 王铁柱. 波尔多液在有机蔬菜生产中的运用[J]. 北京农业, 2006(4): 14.
- [77] 陈体先. 矿物源农药在北方落叶果树病虫害防治中的应用[J]. 烟台果树, 2017(1): 35–38.
- [78] 韩盛, 杨渡, 徐万里, 等. 8种生物源和矿物源农药防治加工番茄细菌性斑点病试验[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(11): 2258–2261.
- [79] 席运官, 钦佩, 宗良纲. 有机水稻病虫草防治技术与经济效益分析[J]. 南京农业大学学报, 2004, 27(3): 46–49.
- [80] 庞雄飞, 张茂新, 侯有明, 等. 植物保护剂防治害虫效果的评价方法[J]. 应用生态学报, 2000, 11(1): 108–110.
- [81] 申翠翠, 罗兰, 袁忠林. 马缨丹提取物对亚洲玉米螟的活性研究[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2014, 31(1): 21–26.
- [82] 任立云, 曾玲, 张茂新. 马缨丹提取物对美洲斑潜蝇成虫的驱避作用[J]. 华南农业大学学报, 2005, 26(1): 53–55, 59.
- [83] 王章陵. 德国有机农业中现代技术的应用[J]. 河北农业科学, 2009, 13(9): 160–162.
- [84] Seufert V, Ramankutty N. Many shades of gray – the context – dependent performance of organic agriculture [J]. Science Advances, 2017, 3(3): e1602638.
- [85] 袁善奎, 王以燕, 农向群, 等. 我国生物农药发展的新契机[J]. 农药, 2015, 54(8): 547–550.
- [86] 农业部种植业管理司. 农业部关于印发《到2020年化肥使用量零增长行动方案》和《到2020年农药使用量零增长行动方案》的通知[EB/OL]. (2015–03–18)[2018–10–18]. [http://juban.moa.gov.cn/zwillm/tzgg/tz/201503/t20150318\\_4444765.htm](http://juban.moa.gov.cn/zwillm/tzgg/tz/201503/t20150318_4444765.htm).