

焦子伟,张相锋,尚天翠,等.国内外有机农业杂草控制技术研究进展[J].江苏农业科学,2016,44(1):1-7.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.01.001

# 国内外有机农业杂草控制技术研究进展

焦子伟,张相锋,尚天翠,努尔买买提,吾尔恩

(伊犁师范学院化学与生物科学学院,新疆伊宁 835000)

**摘要:**由于有机农业耕作系统禁止使用化学合成的除草剂,加上有机农田的杂草种群数量与种类相对较多,其对有机农业产量的影响将更严重。结合国内外杂草发生与防治研究的最新进展,分析并明确了影响有机农田杂草发生的制约因素。从生产系统角度出发,介绍了国内外在有机杂草控制上采用的农业防治方法,如耕作控草、栽培管理控草等;物理机械防治方法,如人工除草、机械除草、物理除草和堆肥除草等;生物防治方法,如以虫治草、利用动物取食与植物竞争控草、微生物除草剂防治等;以及生态防治方法,如作物他感作用、以草治草、作物间竞争治草等控制杂草技术措施与手段。并对今后有机农业杂草生态学、生物学等基础性研究、监测评价、控制技术开发与应用,以及标准化、规模化经济、生态防治提出了合理化建议。

**关键词:**有机农业;杂草;综合防治;研究进展

**中图分类号:**S451.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)01-0001-06

有机农业生产中禁止使用化学除草剂控制杂草,在生产过程中不使用化肥、杀虫剂、除草剂和生长调节剂等化学投入品,而主要依赖动物粪肥和绿肥保持土壤肥力,并利用对环境无害的方法控制杂草等有害生物<sup>[1-2]</sup>。近年来,有机农业种植已在130多个国家得到了应用,有机农业种植面积逐年扩大并得到了较快发展<sup>[3-4]</sup>。相应的有机农田杂草综合控制研究与应用技术也日趋成熟与完善,在有机农田杂草控制上,从生产系统角度出发,采用的农业防治方法有合理轮作、间套作等,物理机械防治方法有人工除草、机械除草等,生物防治方法有微生物除草等,生态防治方法有植物他感作用等,可以控制杂草危害在经济允许的水平以下<sup>[5-7]</sup>。本研究结合国内外对有机农田杂草影响的制约因素及控制技术研究与应用已有成果进行综合分析归纳,尤其对我国在有机农业杂草控制上具有良好的借鉴与推动作用。

## 1 国内外杂草发生与危害

杂草是农业生产中的重要问题之一,是影响作物产量的最直接因素之一,世界每年因杂草危害造成的农作物平均减产9.7%,其中粮食作物减产10.4%。我国农田有1 290多种杂草,分属105科560属<sup>[8]</sup>,常年受杂草危害的土地面积超过0.74亿hm<sup>2</sup>,每年直接经济损失达900多亿元<sup>[9]</sup>。现代农业生产中趋向于采用化学除草等措施进行杂草控制与管理<sup>[10]</sup>。据不完全统计,1998—2003年,世界除草剂年产值保持在160亿美元,2000年除草剂使用量近5万t;我国每年化学除草面积约0.4亿hm<sup>2</sup>。化学合成的除草剂对环境和人类身心健康均

造成了极大威胁,也使有些生物灭绝或濒临灭绝<sup>[11]</sup>。

农田杂草作为农田生态系统的组成部分,是长期适应气候、土壤等因素及与作物竞争等的结果<sup>[12]</sup>。杂草通常是有机农业生产中一个主要威胁,对于提升持续有机植物产量也是一个重要制约瓶颈<sup>[13-14]</sup>。相关研究表明,有机农业利于农田杂草生长,与常规农田相比,有机农田杂草种类及数量相对较高<sup>[15]</sup>。也有研究表明,有机农田中的杂草密度、生物量或地面覆盖物通常高于常规田系统<sup>[16-18]</sup>。此外,有机农业也会增加农田杂草群落的丰富度,并对一些濒危、稀有杂草种类起到保护作用,从而丰富与实现杂草群落的生态功能<sup>[19-21]</sup>。全球范围内杂草危害大约可降低潜在作物产量的34%<sup>[22]</sup>,而在有机农业耕作系统下,禁止使用农业化学品,加上有机农田的杂草种群数量与种类相对较多,其产量降低是更严重的<sup>[23-24]</sup>。

## 2 不同因素对有机农田杂草的影响

### 2.1 气候因素

农田杂草发生受水分、温度、光照、地形等非生物因子的影响,这些非生物因子构成不同地区的区域气候,决定了在该气候区域下杂草群落的类型<sup>[10]</sup>。有机农业产量深受与杂草竞争的营养资源如光、营养物和水等因素的影响<sup>[17,25-26]</sup>,杂草可能由于光截获作用与经济作物竞争<sup>[27]</sup>。我国因复杂的气候和地形而具有丰富多彩的陆生、水生植物区系和植被类型<sup>[28-29]</sup>。罗振堂等研究表明,高寒天然草地中牧草的生物量与降水量有着密切的关系,降水量为主要限制因子,而当降水充足时,温度则成为十分重要的限制因子<sup>[30]</sup>;此外,温度对高寒天然草地中牧草的各个生育期也有显著的影响<sup>[31]</sup>。

### 2.2 施肥因素

不同施肥条件下会使有机农田土壤中的养分因子有所变化,对杂草造成环境选择压力,不同种类杂草对这一选择压力作出了不同反应,致使杂草发生状况产生变化。杂草发生的不同,会改变杂草-杂草、杂草-作物之间的竞争关系,进而改变杂草群落结构<sup>[32]</sup>。不同的施肥措施会显著影响农田养分状

收稿日期:2015-01-09

基金项目:新疆维吾尔自治区优秀青年科技创新人才培养项目(编号:2014721002);伊犁师范学院院级项目(编号:2013YLSYZD001)。

作者简介:焦子伟(1973—),男,新疆伊宁人,博士,副教授,主要从事微生物生态及绿色有机农业有害生物综合防控技术与示范。

E-mail:741285332@qq.com。

况以及杂草之间的养分分配<sup>[33]</sup>;另外,在不同施肥模式下作物长势不同,导致农田小气候差异显著,影响作物与杂草、杂草与杂草之间的竞争关系,导致杂草群落演变<sup>[34-35]</sup>。秸秆还田、绿肥种植和有机肥施用明显改善土壤养分、土壤物理结构和农田小气候,并对农田杂草群落产生明显影响<sup>[36-38]</sup>。

### 2.3 耕作因素

英国<sup>[39]</sup>、丹麦<sup>[40]</sup>、瑞典<sup>[19]</sup>、芬兰<sup>[41]</sup>、澳大利亚<sup>[42]</sup>和德国<sup>[43-44]</sup>等均有学者研究表明,传统农业转向有机农业耕作管理时,有机农田的杂草物种多样性增加。一些学者认为,保护性耕作方式中的秸秆覆盖技术对杂草有一定的控制作用,且控草作用与覆盖量有关<sup>[45-47]</sup>;也有学者认为,保护性耕作制度与传统耕作模式相比不利于对杂草的控制,实行保护性耕作可使农田杂草数量增多,造成杂草发育参差不齐,发生程度加重,从而增加了防除难度,使杂草群落演替加快、恶性杂草发生趋于严重<sup>[48-49]</sup>。相关研究表明,少耕、免耕与常规耕作农田的杂草种类相比,免耕方式中多年生杂草如加拿大蓟、苦苣菜的数量较多<sup>[50]</sup>。

### 2.4 外来物种入侵因素

Lin等通过对世界上91个经济体的生物多样性水平、入侵种数量和经济发展水平的分析表明,外来入侵种数量与各经济体的经济发展水平呈正相关<sup>[51]</sup>。我国已查明外来入侵种共计529种,物种数最多的类群为陆生植物、陆生无脊椎动物和微生物<sup>[52-53]</sup>。最近研究发现,我国外来陆生草本植物总数达800种,其中65%物种的入侵性尚不明确<sup>[54]</sup>。生物入侵已对我国土著生态系统的生物多样性和生态系统服务功能等造成了严重影响,打破了生态系统已有平衡<sup>[55]</sup>,如加拿大一枝黄花的外入侵导致上海地区多种土著物种的局部消失<sup>[56]</sup>;互花米草入侵崇明东滩盐沼湿地后降低了土著植物芦苇、海三棱藨草的丰度<sup>[57]</sup>,甚至造成局部海三棱藨草的灭绝<sup>[58]</sup>。

### 2.5 除草剂因素

施用除草剂如微生物除草剂可以减少有机农田杂草的种类,抑制杂草生物量的增长<sup>[59]</sup>。有机农田中使用微生物除草剂来控制杂草,其作用方式是孢子、菌丝等直接穿透寄主表皮,进入寄主组织,产生毒素,使杂草发病并逐步蔓延,影响杂草植株正常的生理状况,导致杂草死亡,从而控制杂草的种群数量<sup>[60]</sup>。陈乾锦等研究表明,随着除草剂的连年使用,烟田杂草群落结构发生变化,原以茵陈蒿为主的杂草群落,演变为以马唐、稗草、胜红蓟、两栖蓼和茵陈蒿为主的单、双子叶混生杂草群落,并且马唐、稗草的发生量逐年增加<sup>[61]</sup>。

### 2.6 其他影响因素

王勇等研究表明,土壤水分、人迹出没程度、交通影响程度、土壤翻耕程度是影响杂草生态分布的主要影响因素<sup>[62]</sup>。此外,含沙量、坡度等也会对杂草的生态分布造成影响<sup>[63]</sup>。在欧洲、加拿大、澳大利亚的研究结果表明,有机种植的谷物对杂草的竞争能力取决于覆盖能力,如不同品种的种植密度、行距及形态学方面的特性<sup>[64-68]</sup>。侯红乾等研究表明,低密度播种与正常密度播种相比会显著增加杂草生物量,平均增幅达82.9%,可见合理改变作物种植密度可进行杂草控制<sup>[69]</sup>。

## 3 有机农业杂草防治技术进展

### 3.1 农业防治

3.1.1 耕作治草 (1)免耕控草。免耕使新鲜的种子暴露在有机农田的土壤表面,满足不了发芽条件,致使种子的数量降低<sup>[70]</sup>。陈庆华等报道,四川省小麦田采用翻耕处理杂草数量最多,免耕覆盖稻草处理杂草最少,生物量较小,基本不构成危害<sup>[71]</sup>。韩惠芳等研究表明,免耕和秸秆还田影响田间杂草的生物量和生物多样性<sup>[72-73]</sup>。玉米免耕田覆盖麦秸的杂草数量比免耕不覆盖麦秸的显著降低<sup>[74]</sup>。方日尧等也研究表明,免耕条件下杂草的种类和数量最多,秸秆深松覆盖、高留茬深松覆盖是控制冬小麦田间杂草的一种有效措施<sup>[49]</sup>。Mirsky等在美国东部基于有机轮作免耕大豆田生产中,采用谷物黑麦作为覆盖物有效控制杂草的发生与危害<sup>[75]</sup>。

(2)轮作治草。合理的作物轮作可以维持杂草群落和杂草种子库的生物多样性与稳定性,兼顾杂草控制和杂草生物多样性保护的平衡,实现农田经济效益和生态效益的有机统一<sup>[76]</sup>。国外通常进行有机作物轮作,与连作小麦田比较,冬小麦一季免耕或冬小麦一向日葵免耕轮换,2年后杂草数量分别减少99.7%、99.8%<sup>[77]</sup>。王淑彬等采用轮作措施,在水稻中可以使杂草的覆盖率下降80%,在玉米中使杂草的覆盖率下降24%<sup>[78]</sup>。

(3)间(套)作控草。目前国外较好的间作方式有有机小麦/大豆模式<sup>[77]</sup>、有机玉米/大豆模式<sup>[79]</sup>,在免耕条件下均能控制杂草的危害。Amossé等研究表明,在有机粮谷生产中套种豆科牧草可有效控制杂草的发生,且在有机粮谷品种和不同豆料牧草套种期间不同豆科牧草种类对杂草的影响显著不同<sup>[80]</sup>。我国采用麦稻套作、麦豆套作、粮棉套作、棉瓜套作或葡萄园里种紫罗兰、玫瑰园里种百合、月季园里种大蒜等间作或套作模式,促进有机作物群体优势抑草或利用植物间互补的优势,提高对杂草的竞争能力<sup>[11]</sup>。

(4)覆盖治草。黑麦被广泛地用作覆盖作物,有效控制杂草达30~60 d<sup>[77]</sup>,不影响大种子有机作物如玉米、黄瓜、豌豆等的生长发育<sup>[81]</sup>;黑麦覆盖分别能减少豚草、藜、普通马齿苋数量达43%、95%、100%<sup>[82]</sup>。刘凤生采用塑料布、报纸、煤渣、粗有机材料如树叶、稻草、稻壳、花生壳、棉籽壳、木屑等覆盖有机农田杂草均有良好的效果;对旋花类杂草通常采用黑色塑料膜覆盖等措施遮蔽阳光,以抑制杂草的生长,一般3~4年消灭旋花类的杂草<sup>[83]</sup>。徐秀娟等研究表明,也可采用麦糠、麦秧、烂树叶覆盖地面,以及用黑白相间的地膜或无药无色增温地膜防除有机花生田杂草均有良好的效果<sup>[84]</sup>。

3.1.2 栽培控草 (1)品种控草。相关研究表明,有机冬小麦田不同品种类型决定对杂草的竞争能力和杂草的侵扰水平,古老的Smuga、spelt小麦品种对杂草有最强的竞争能力,现代普通小麦品种Kobra、Bogatka对杂草竞争影响最弱<sup>[85]</sup>。刘雪等提出,禁止杂草种子入侵有机农田,不使用含有杂草种子的优良作物种子、肥料、灌水和机械等,可有效防止田间杂草产生种子,杜绝可营养繁殖的多年生杂草在田间扩散和传播<sup>[11]</sup>。杨继芝等也报道,随着玉米密度的增加,杂草的总数量和鲜质量减少;半紧凑型品种对杂草数量和生物量的抑制作用大于紧凑型品种,且对玉米产量也有相关的影响<sup>[86]</sup>。

(2)管理治草。合理的农田管理可有效降低杂草对作物的危害<sup>[87]</sup>,如增大播种率、缩小作物行距、对难萌发作物改直播为移栽等,可使作物迅速占领生长空间,减少杂草对营养、

水分、光线的获取,抑制杂草的生长<sup>[88]</sup>。席运官采用深水控草和养鸭除草等措施,使有机水稻田中杂草最少的地块除草用工时间仅为完全人工除草地块的 9.3%,防除效果良好<sup>[89]</sup>。博文静等研究发现,有机玉米田中施用蚯蚓处理过的牛粪田块的杂草总生物量和牛筋草生物量最高,物种丰富度和生物多样性指数较低,优势集中度指数较高<sup>[90]</sup>。免耕秸秆覆盖处理的杂草总密度、总生物量和生物多样性与免耕不覆盖处理的相比显著降低。也有研究表明,施用经蚯蚓处理过的牛粪可显著增加红车轴草和黄瓜幼苗的生物量积累<sup>[91]</sup>。李昌新等也研究表明,秸秆还田、有机肥施用对冬闲田冬春季杂草群落的调控效应显著,能显著降低稻田杂草密度、生物量和生物多样性,而且效应的强弱与施用时期和方式密切相关<sup>[92]</sup>。

### 3.2 物理机械防治

3.2.1 人工除草 人工除草主要是采用手工拔草或锄、犁耙等除草,包括手工拔草和使用简单农具除草,除草效果好,但方法比较落后,工作效率低,不能大面积及时防除,但仍是目前有机农业中主要除草的方式之一。Zaller 报道,人工拔除有机农业生产中的多年生杂草如酸模属杂草、田蓟等是比较有效的方法<sup>[93]</sup>。重复的行间锄草也可以控制田蓟、苦苣菜等杂草的危害<sup>[94-95]</sup>。

3.2.2 机械除草 机械除草通常采用中耕兼有除草效果的耕翻机械,如电耕犁、机耕犁和旋耕机等。机械除草在不同年度和杂草生长不同时期,使用圆盘犁和不伤根部的清扫犁等除草效果也很好<sup>[96]</sup>。耕犁除草由表土翻耕清除已萌芽的杂草,同时将土中杂草种子翻至土表,促使发芽后再次翻犁以清除。机械中耕除草比人工中耕除草先进、针对性强、干净彻底,且技术简单,不但可防除杂草,而且给有机作物提供了良好生长条件。Mirsky 等报道,在有机谷物生产中进行杂草管理通常采用全倒置的铧式犁或圆盘犁、齿除草机或旋转锄进行耕作或行间耕作<sup>[75]</sup>。

3.2.3 物理除草 现阶段国内外常用的热除草技术有火焰除草、热水除草、红外线除草等,已经应用于有机农业的生产。火焰除草是利用燃烧液化石油气的燃烧器进行火焰除草,也是主要的商业化热处理技术;热水除草如泡沫除草系统能生成泡沫添加在热水中用以控制杂草<sup>[97]</sup>;红外辐射除草器强热使植物细胞中的水分沸腾,导致细胞破裂。相对于火焰除草,在出苗前的杂草控制方面,红外辐射除草存在很大的潜力。随着有机农作物的推广以及有机农产品市场的扩大,热除草的成本相比除草剂除草将降低。随着火焰除草、红外辐射除草、蒸汽除草和泡沫除草技术的成熟,以及激光、微波辐射等技术的广泛应用,能耗在一定程度上降低,热除草技术将会有全新的发展<sup>[98]</sup>。席运官也报道,利用太阳能除草和透镜聚光照射等方法,可有效控制有机农田杂草发生与危害<sup>[88]</sup>。

3.2.4 堆肥控草 堆肥既可杀死动物粪便中的杂草种子、减少有机农田的杂草种类与数量、避免大量作物残体翻入土壤中产生毒素的潜在危害,也可提高土壤肥力、改善土壤结构、增加土壤微生物活力,从而提高作物对杂草的竞争能力及对病虫害的抵抗能力<sup>[88]</sup>。

### 3.3 生物防治

3.3.1 以虫治草 近年来,杂草生物防除的成功主要靠应用寄主专一性的植食性昆虫或天敌,以虫治草,对草原及水生生

态系统的入侵杂草种类特别有用。美国用引入的仙人掌蛾防除多刺仙人掌,并利用 2 种欧洲象甲取食麝香飞廉头状花序均取得良好的效果<sup>[99]</sup>。美国西部及加拿大采用 1 种甲虫控制黑点金丝桃<sup>[100]</sup>。南美采用虱甲虫控制水花生,在赞比亚、巴比亚新几内亚采用蝗虫成功控制槐叶萍<sup>[101]</sup>。我国采用空心莲子草叶甲防治池塘内空心莲子草获得较好的效果<sup>[99]</sup>。在农田杂草中香附子、扁秆藨草、鸭跖草、槐叶萍应用天敌昆虫防除也已取得成功经验或表现出诱人前景<sup>[102-103]</sup>。

3.3.2 利用动物取食、植物竞争控草 脊椎动物如牛、羊等在休闲地、有机种植园放牧吃草,可抑制某些生物杂草种类的生长。在棉田或其他作物田中应用鹅取食禾草,稻田养鱼和稻田养鸭被应用于防除水生杂草<sup>[99]</sup>。我国草鱼适用于广泛范围的水生环境控制杂草,但在水温低于 20℃ 时对水生杂草的取食量下降。此外在水田中放养红萍、绿萍等杂草,通过遮光和降温等措施可抑制低龄稗草<sup>[101]</sup>。有些植物或其残留的化感物质也能使某些杂草数量减少,如小麦植株、根系、颖壳、秸秆部分都含有特异性物质抑制杂草白茅生长。据刘迎等报道,Pawlowski 等提到,2000 年美国约有 20% 耕地将收获后的秸秆留在表土层,研究发现收获后的小麦、大麦、燕麦的残体对于第 2 年的杂草生长均有抑制作用<sup>[104]</sup>。

3.3.3 微生物除草剂防治 截至目前,国内外已报道的商品化或接近商品化的微生物除草剂有 20 余种,已开发的具有开发潜力的杂草病原菌有 60 多种,可用作除草剂的植物毒素有 30 多种<sup>[105]</sup>。真菌除草剂是一类防治杂草的真菌性植物病原生物制剂,因其具有对目标杂草专一性强、选择性高、对环境安全无残留等优点而引起了人们的广泛关注。已开发的真菌除草剂有鲁保一号<sup>[106]</sup>、Devine<sup>[107]</sup>、Collego<sup>[108-109]</sup>、BioMal<sup>[110]</sup>等。澳大利亚从欧洲引入锈菌防除麦田中的粉苞苣灯心草<sup>[111]</sup>。鲁保一号在适宜的施用条件下菌剂的孢子可萌发感染大豆菟丝子,引起菟丝子发病死亡,防除效果达到 80%<sup>[112]</sup>。张希福等对河南北部地区杂草植物的病原菌资源进行了调查研究,共鉴定出 19 种杂草上的病原菌 30 种,其中蟋蟀草枯菌对危害棉花、花生等作物的恶性杂草蟋蟀草的致病力强,田间防效可达 86.4%<sup>[113]</sup>。但在实际研究中存在许多问题,如目的菌筛选困难、制剂难度大、寄主单一限制、批量化生产困难、气候等外界环境因素的影响等,其推广和大规模生产存在困难;此外,产品安全问题也值得关注<sup>[114-115]</sup>。

### 3.4 生态防治

3.4.1 作物他感作用治草 国外对植物化感作用抑制杂草的研究较多,有些作物本身对杂草就有化感作用,如大麦、小麦、向日葵、芝麻、高粱、黑麦等,其叶或根系分泌出化感物质如萜类物质、阿魏酸和咖啡酸等酚类物质,抑制草本植物种子的发芽和幼苗生长<sup>[116-118]</sup>。Schulz 等研究表明,黑麦的化感作用产生植物性毒素——苯并噁嗪酮用于杂草控制及有机农业生产<sup>[119]</sup>;也有研究表明,黑麦及其枯落物释放的化感物质会聚集在土壤表层,可有效抑制杂草尤其是一年生阔叶草的发芽和生长<sup>[120]</sup>,且根据土壤以及当地气候情况,黑麦抑制杂草的作用可以持续 30~70 d<sup>[117]</sup>。

3.4.2 以草治草 不同的杂草之间有较强的化感作用,如胜红蓟、三叶鬼针草、加拿大飞蓬等会对农田杂草群落的组成造成较大的影响<sup>[116]</sup>。与一年生牧草相比,多年生牧草作物如

紫花苜蓿控制多种杂草如野燕麦、野糜子等更加有效。加拿大85%的农民认为,在作物轮作中加入紫花苜蓿可以减少杂草问题<sup>[121]</sup>。在作物种植前或在作物田间混种、间(套)种利用的草本植物,改裸地栽培为草地栽培或被地栽培,可控制作物生长前期到中期田间不出现大片空白裸地或被杂草所侵占,从而提高单位面积的利用率,减轻杂草危害<sup>[11]</sup>。

3.4.3 作物间竞争治草 选择与杂草竞争力强、生长快速进而形成天蓬的作物如高大的品种罗德尼燕麦,与短茎作物相比,该品种对杂草的竞争力非常强,可抑制杂草的生长。加拿大的农业专家根据多年的实践经验表明,作物与杂草的竞争力排序为秋黑麦>冬黑麦>冬麦>大麦>春黑麦>硬质小麦>燕麦>豌豆>土豆>大豆>胡麻>干豆,适时选择种植的作物类型有效控制杂草<sup>[121]</sup>。我国北方春大豆或江淮流域的夏大豆,选用优良品种,适墒早播,培育壮苗,促进早发,可提高其个体、群体的竞争能力,有效地扼制杂草的发生和生长,减轻大豆作物生长压力,从而提高大豆产量<sup>[11]</sup>。

#### 4 展望

相对于国外而言,目前国内对于有机农业的一些研究都是偏重于理论性的<sup>[11,15,122-123]</sup>,或是关于有机农业经济产业方面<sup>[124-125]</sup>。关于有机农业对杂草群落带来的影响以及有机农业中农田杂草管理的研究相对较少,有待于进一步加强。

进一步加强基础性研究。一是在已有的基础上着重开展有机农田下杂草行为学、生态学、生物学方面,以及主要杂草种的群体动态、有害杂草的生态影响、加强杂草与作物竞争等方面的研究。二是开展有机农田杂草发生与危害监测、评价方法,针对主要杂草种类提出基础性监测技术和监视性监测技术,建立有机农田中杂草预测与综合治理的评价体系。

进一步加强杂草控制技术研究。应结合实际,因地制宜,开展有机农田杂草综合控制技术,包括生态调控技术、天敌培育和释放技术、物理机械防治技术、农业防治技术、植物源、微生物源除草剂使用等技术开发与应用,尤其是应做好应用型开发,加强微生物除草剂基础、除草机理研究,菌与菌、菌与代谢物混用扩大除草谱,加快研制新剂型品种、发酵技术,强化预防为主、人工除草、物理机械除草和生物除草等相结合,综合调控,健康栽培,使有害杂草控制在经济危害水平以下。

进一步因地制宜对有机农田杂草控制技术进行集成与配套,制定综合控制技术规程,编写简单、实用的有机田杂草控制的“傻瓜”式关键技术,强化服务与指导,推动标准化、规模化与集约化防治,充分发挥辐射带动作用,使大面积经济、生态防治成为现实。

#### 参考文献:

- [1] 胡康宁,马明霞,王金辉. 有机农业与常规农业的比较[J]. 绿色视野,2009,2(4):38-39.
- [2] 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):160-162,169.
- [3] Willer H. Organic agriculture worldwide - current statistics[R]//IFOAM. World of Organic Agriculture - Statistics and Emerging Trends,2008.
- [4] Patil B, Reddy V C, Ramachandra T V, et al. Weed management in

- irrigated organic finger millet[J]. Indian Journal of Weed Science, 2013,45(2):143-145.
- [5] 魏守辉,强 胜,马 波,等. 不同作物轮作制度对土壤杂草种子库特征的影响[J]. 生态学杂志,2005,24(4):385-389.
- [6] Turner R J, Davies G, Moore H, et al. Organic weed management: a review of the current UK farmer perspective[J]. Crop Protection, 2007,26(3):377-382.
- [7] Hiltbrunner J, Jeanneret P, Liedgens M, et al. Response of weed communities to legume living mulches in winter wheat[J]. Journal of Agronomy and Crop Science,2007,193(2):93-102.
- [8] 李扬汉. 中国杂草志[M]. 北京:中国农业出版社,1998.
- [9] 王忠武. 农田杂草抗性研究进展[J]. 杂粮作物,2006,26(2):130-132.
- [10] 李清西,钱学聪,康克功,等. 植物保护[M]. 北京:中国农业出版社,2002.
- [11] 刘 雪,孟繁锡. 浅谈有机农业生产中的杂草控制措施[J]. 现代化农业,2005(10):7-9.
- [12] 席运官,钦 佩. 有机农业生态工程[M]. 北京:化学工业出版社,2002.
- [13] Bärberi P. Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? [J]. Weed Research,2002,42(3):177-193.
- [14] Kruidhof H M, Bastiaans L, Kropff M J. Ecological weed management by cover cropping: effects on weed growth in autumn and weed establishment in spring[J]. Weed Research,2008,48(6):492-502.
- [15] 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.
- [16] Cavigelli M A, Teasdale J R, Conklin A E. Long-term agronomic performance of organic and conventional field crops in the mid-Atlantic region[J]. Agronomy Journal,2008,24(2):102-119.
- [17] Ryan M R, Smith R G, Mortensen D A, et al. Weed-crop competition relationships differ between organic and conventional cropping systems[J]. Weed Research,2009,49(6):572-580.
- [18] Teasdale J R, Cavigelli M A. Subplots facilitate assessment of corn yield losses from weed competition in a long-term systems experiment[J]. Agronomy for Sustainable Development,2010,30(2):445-453.
- [19] Rydberg N T, Milberg P A. Survey of weeds in organic farming in Sweden[J]. Biological Agriculture & Horticulture,2000,18(2):175-185.
- [20] Hyvönen T, Ketoja E, Salonen J, et al. Weed species diversity and community composition in organic and conventional cropping of spring cereals[J]. Agriculture Ecosystems & Environment,2003,97(1):131-149.
- [21] Romero A, Chamorro L, Sans F X. Weed diversity in crop edges and inner fields of organic and conventional dryland winter cereal crops in NE Spain[J]. Agriculture Ecosystems & Environment,2008,124(1/2):97-104.
- [22] Oerke E C. Crop losses to pests [J]. Journal of Agricultural Science,2006,144(1):31-43.
- [23] Nikolić L, Džigurski D, Ljevačić - Masić B, et al. Weeds of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in organic agriculture[J]. Bulgarian Journal of Agricultural Science,2011,17(6):736-743.

- [24] Baral K R. Weeds management in organic farming through conservation agriculture practices [J]. the Journal of Agriculture & Environment, 2012, 13: 60–66.
- [25] Cavigelli M A, Teasdale J R, Conklin A E, et al. Long-term agonomic performance of organic and conventional field crops in the mid-Atlantic region [J]. Renewable Agriculture & Food Systems, 2009, 24(2): 102–119.
- [26] Gherekhloo J, Noroozi S, Mazaheri D, et al. Multispecies weed competition and their economic threshold on the wheat crop [J]. Planta Daninha, 2010, 28(2): 239–246.
- [27] Corre-Hellou G, Dibet A, Hauggaard-Nielsen H, et al. The competitive ability of pea-barley intercrops against weeds and the interactions with crop productivity and soil N availability [J]. Field Crops Research, 2011, 122(3): 264–272.
- [28] 张渝文. 中国水田杂草植物区系的研究 [J]. 西南农业大学学报: 自然科学版, 2005, 27(3): 309–311.
- [29] 于树华, 毛汝兵, 唐维, 等. 中国种子植物杂草分布区类型分析 [J]. 西南农业学报, 2008, 21(4): 1189–1192.
- [30] 罗振堂, 蒯尚玛, 余登金. 高寒天然草地牧草产量动态变化的影响因子分析 [J]. 贵州农业科学, 2010, 38(1): 134–137.
- [31] 蒯尚玛, 郭连云. 高寒地区天然草地牧草生育期与主要气象因子的关系 [J]. 甘肃畜牧兽医, 2010, 40(1): 10–13.
- [32] 董明. 新疆新源有机大豆农田杂草群落动态研究 [D]. 北京: 中国农业大学, 2010.
- [33] 古巧珍, 杨学云, 孙本华, 等. 不同施肥条件下黄土麦地杂草生物多样性 [J]. 应用生态学报, 2007, 18(5): 1038–1042.
- [34] 张磊, 欧阳竹, 董玉红, 等. 农田生态系统杂草的养分和水分效应研究 [J]. 水土保持学报, 2005, 19(2): 69–72, 113.
- [35] Colbach N, Dürr C, Chauvel B, et al. Effect of environmental conditions on *Alopecurus myosuroides* germination. II. Effect of moisture conditions and storage length [J]. Weed Research, 2002, 42(3): 222–230.
- [36] 胡实, 彭娜, 谢小立, 等. 农田秸秆覆盖保墒研究 [J]. 中国农业气象, 2007, 28(1): 49–53.
- [37] 郭宪, 金玉美, 连海明, 等. 麦秸覆盖对杂草萌发及玉米产量的影响 [J]. 安徽农业科学, 2007, 35(9): 2584, 2596.
- [38] 黄治平, 徐斌, 涂德洛. 连续施用猪粪菜地土壤基质化研究 [J]. 安徽农业大学学报, 2007, 34(2): 262–264.
- [39] Moreby S J, Aebischer N J, Southway S E, et al. A comparison of the flora and arthropod fauna of organically and conventionally grown winter wheat in southern England [J]. Annals of Applied Biology, 1994, 125(1): 13–27.
- [40] Hald A B. Weed vegetation (wild flora) of long established organic versus conventional cereal fields in Denmark [J]. Annals of Applied Biology, 1999, 14: 307–314.
- [41] Salonen J, Hyvönen T, Jalli H. Weeds in spring cereal fields in Finland—a third survey [J]. Agricultural & Food Science in Finland, 2001, 10(4): 347–364.
- [42] Plakholm G. Unkrauterhebungen in biologisch und konventionell bewirtschafteten Getreideäckern Oberösterreichs [D]. Vienna, Austria: Universitaet für Bodenkultur, 1989.
- [43] Van Elsen T. Species diversity as a task for organic agriculture in Europe [J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2000, 77(1/2): 101–109.
- [44] Friebe B, Köpke U. Effects of farming systems on biodiversity [C]. Barcelona, Spain: Biodiversity and Land Use: The Role of Organic Farming, 1996: 11–21.
- [45] More M J, Swanton C J. Effect of cover crop mulches on weed emergence, weed biomass, and soybean (*Glycine infix*) development [J]. Weed Technology, 1994, 8(4): 512–518.
- [46] 马永清, 韩庆华. 不同玉米品种对麦秸覆盖引起的生化他感作用的差异性分析 [J]. 生态农业研究, 1993(4): 65–69.
- [47] 李香菊, 王贵启, 李秉华, 等. 麦秸覆盖与除草剂相结合对免耕玉米田杂草的控制效果研究 [J]. 华北农学报, 2003, 18(增刊1): 99–102.
- [48] 马旭明, 路战远, 张德健, 等. 保护性耕作条件下小麦、玉米、大豆田间杂草防治存在的问题及对策研究 [J]. 农村牧区机械化, 2004(4): 6–7.
- [49] 方日尧, 赵慧清, 方娟. 不同保护性耕作下冬小麦田杂草孽生情况调查研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(5): 90–93, 104.
- [50] Thomas A G, Derksen D A, Blackshaw R E, et al. A multistudy approach to understanding weed population shifts in medium- to long-term tillage systems [J]. Weed Science, 2004, 52(5): 874–880.
- [51] Lin W, Cheng X, Xu R. Impact of different economic factors on biological invasions on the global scale [J]. PloS One, 2011, 6(4): 1525–1539.
- [52] 万方浩, 郭建英, 张峰. 中国生物入侵研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [53] 徐海根, 强胜. 中国外来入侵生物 [M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [54] Yang B, Zhuoga Y, Pan X Y, et al. Alien terrestrial herbs in China: diversity and ecological insights [J]. Biodiversity Science, 2010, 18(6): 660–666.
- [55] 鞠瑞亭, 李慧, 石正人, 等. 近十年中国生物入侵研究进展 [J]. 生物多样性, 2012, 20(5): 581–611.
- [56] 李博, 徐炳声, 陈家宽. 从上海外来杂草区系剖析植物入侵的一般特征 [J]. 生物多样性, 2001, 9(4): 446–457.
- [57] Wang R, Wang Y Z. Invasion dynamics and potential spread of the invasive alien plant species *Ageratina adenophora* (Asteraceae) in China [J]. Diversity & Distributions, 2006, 12(4): 397–408.
- [58] Chen Z Y, Li B, Zhong Y, et al. Local competitive effects of introduced *Spartina alterniflora* on *Scirpus mariqueter* at Dongtan of Chongming Island, the Yangtze River estuary and their potential ecological consequences [J]. Hydrobiologia, 2004, 528(1/2/3): 99–106.
- [59] 刘方明, 梁文举, 闻大中. 耕作方法和除草剂对玉米田杂草群落的影响 [J]. 应用生态学报, 2005, 16(10): 1879–1882.
- [60] 魏海燕, 蔡磊明, 赵玉艳, 等. 我国微生物农药的应用现状 [J]. 干旱环境监测, 2008, 22(4): 236–242.
- [61] 陈乾锦, 杨建全, 陈家骅, 等. 化学除草对烟田杂草群落结构的影响 [J]. 烟草科技, 2001(2): 34–36.
- [62] 王勇, 胡天印, 郭水良. 上海地区早春非耕地杂草分布与环境因子关系的统计生态学研究 [J]. 生物数学学报, 2008, 23(3): 525–533.
- [63] 李娜, 胡天印, 郭水良. 浙中地区外来杂草分布与环境因子间关系的典范对应分析 [J]. 杂草科学, 2007(4): 10–15.
- [64] Christensen S. Weed suppression ability of spring barley varieties [J]. Weed Research, 2006, 35(4): 241–247.
- [65] Eisele J A, Köpke U. Choice of cultivars in organic farming: new cri-

- teria for winter wheat ideotypes. 1. Light conditions in stands of winter wheat affected by morphological features of different varieties [J]. Pflanzenbauwissenschaften, 1997, 1: 19–24.
- [66] Hoad S, Topp C, Davies K. Selection of cereals for weed suppression in organic agriculture: a method based on cultivar sensitivity to weed growth [J]. Euphytica, 2008, 163(3): 355–366.
- [67] Lemerle D, Verbeek B, Cousens R D, et al. The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weeds [J]. Weed Research, 1996, 36(6): 505–513.
- [68] O'Donovan J T, Blackshaw R E, Harker K N, et al. Integrated approaches to managing weeds in spring-sown crops in western Canada [J]. Crop Protection, 2007, 26(3): 390–398.
- [69] 侯红乾, 李世清, 南维鸽. 冬小麦播种密度和施肥方式对麦田杂草群落组成及生长的影响 [J]. 西北植物学报, 2007, 27(9): 1849–1854.
- [70] Melander B, Rasmussen K. Reducing intrarow weed numbers in row crops by means of a biennial cultivation system [J]. Weed Research, 2000, 40(2): 205–218.
- [71] 陈庆华, 周小刚, 郑仕军, 等. 四川省小麦田不同耕作方式下杂草的发生规律及防治 [J]. 杂草科学, 2013, 31(3): 12–15.
- [72] 韩惠芳, 宁堂原, 田慎重, 等. 土壤耕作及秸秆还田对夏玉米田杂草生物多样性的影响 [J]. 生态学报, 2010, 30(5): 1140–1147.
- [73] 田欣欣, 薄存瑶, 李 丽, 等. 耕作措施对冬小麦田杂草生物多样性及产量的影响 [J]. 生态学报, 2011, 31(10): 2768–2775.
- [74] 樊翠芹, 王贵启, 李秉华, 等. 不同耕作方式对玉米田杂草发生规律及产量的影响 [J]. 中国农学通报, 2009, 25(10): 207–211.
- [75] Mirsky S B, Ryan M R, Teasdale J R, et al. Overcoming weed management challenges in cover crop-based organic rotational no-till soybean production in the eastern United States [J]. Weed Technology, 2013, 27(1): 193–203.
- [76] 程传鹏, 潘俊峰, 万开元, 等. 轮作对农田杂草的影响研究进展 [J]. 中国农学通报, 2013, 29(30): 1–9.
- [77] Sullivan P. Principles of sustainable weed management for croplands [Z]. 2003.
- [78] 王淑彬, 黄国勤, 刘隆旺. 稻田水旱轮作(第二年度)对农田杂草的影响 [J]. 江西农业大学学报, 2002, 24(1): 20–23.
- [79] 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.
- [80] Amossé C, Jeuffroy M H, Celette F, et al. Relay-intercropped forage legumes help to control weeds in organic grain production Europe [J]. European Journal of Agronomy, 2013, 49(4): 158–167.
- [81] Putnam A R, DeFrank J, Barnes J P. Exploitation of allelopathy for weed control in annual and perennial cropping systems [J]. Journal of Chemical Ecology, 1983, 9(8): 1001–1010.
- [82] Worsham A D. Allelopathic cover crops to reduce herbicide input [C]. San Antonio, Texas, USA: Proceedings of the Southern Weed Science Society, 1991: 58–69.
- [83] 刘凤生. 有机蔬菜栽培的杂草防治法 [J]. 上海蔬菜, 2001(3): 38.
- [84] 徐秀娟, 赵志强, 卢 钰, 等. 有机食品花生田除草技术研究 [J]. 杂草科学, 2007(1): 34–36.
- [85] Szweczyk B F. The influence of morphological features of spelt wheat (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) and common wheat (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*) varieties on the competitiveness against weeds in organic farming system [J]. Journal of Food Agriculture & Environment, 2013, 11(1): 416–421.
- [86] 杨继芝, 龚国淑, 张 敏, 等. 密度和品种对玉米田杂草及玉米产量的影响 [J]. 生态环境学报, 2011, 20(增刊1): 1037–1041.
- [87] 戴晓琴, 欧阳竹, 李运生. 耕作措施和施肥方式对麦田杂草密度和生物量的影响 [J]. 生态学杂志, 2011, 30(2): 234–240.
- [88] 席运官. 有机农业生产中杂草综合防治方法探讨 [J]. 环境导报, 1999(6): 31–33.
- [89] 席运官, 钦 佩, 宗良纲. 有机水稻病虫害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.
- [90] 博文静, 郭立月, 李 静, 等. 不同耕作与施肥方式对有机玉米田杂草群落和作物产量的影响 [J]. 植物学报, 2012, 47(6): 637–644.
- [91] Súnz M J, Taboada-Castro M T, Vilariño A. Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes [J]. Plant Soil, 1998, 205(1): 85–92.
- [92] 李昌新, 赵 锋, 芮雯奕, 等. 长期秸秆还田和有机肥施用对双季稻田冬春季杂草群落的影响 [J]. 草业学报, 2009, 18(3): 142–147.
- [93] Zaller J G. Ecology and non-chemical control of *Rumex crispus* and *R. obtusifolius* (Polygonaceae): a review [J]. Weed Research, 2004, 44(6): 414–432.
- [94] Graglia E, Melander B, Jensen R K. Mechanical and cultural strategies to control *Cirsium arvense* in organic arable cropping systems [J]. Weed Research, 2006, 46(4): 304–312.
- [95] Vanhala P, Lötjönen T, Hurme T, et al. Managing *sonchus arvensis* using mechanical and cultural methods [J]. Agricultural and Food Science, 2006, 15(4): 444–458.
- [96] Sullivan P. Field bindweed control alternatives [EB/OL]. [2014-12-19]. <http://www.attra.ncat.org>.
- [97] Astatiek T, Rifail M N, Havard P. Effectiveness of hot water, infrared and open flame thermal units for controlling weeds [J]. Biological Agriculture & Horticulture, 2007, 25(1): 1–12.
- [98] 陈树人, 栗移新, 潘雷. 热除草技术现状和展望 [J]. 安徽农业科学, 2007, 35(33): 10695–10697.
- [99] 马晓渊. 加强杂草生物防除的研究和应用 [J]. 杂草科学, 2007(3): 1–6.
- [100] Aldrich R J. Biotic agents in weed management [M]. Breton Publishers: Weed-Crop Ecology, 1984: 245–264.
- [101] Koch W. Biological control [M]. Universität of Hohenheim, Stuttgart Germany: Principles of weed management (manuscript of a course), 1989: 60–65.
- [102] 强 胜. 生物防治 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 144–156.
- [103] 邓 欣, 万年峰, 朱亚芳, 等. 杂草生物防治现状与评估 [J]. 杂草科学, 2006(1): 15–17.
- [104] 刘 迎, 王金信, 李浙江, 等. 植物化感作用在农田杂草防除中的应用 [J]. 农药市场信息, 2006(3): 12–13.
- [105] 曾 秘, 张 亚, 彭争科, 等. 微生物除草剂的研究现状 [J]. 江西农业学报, 2013, 25(2): 40–43, 46.
- [106] 刘志海, 朱全让. 鲁保一号菌 [M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1980: 1–179.
- [107] Kenney D S. Devine—the way it was developed—an industrialist's view [J]. Weedence, 1986, 34(1): 15–16.

李 舒,赵思健,张 峭. 智慧农险——农业保险信息化发展的展望[J]. 江苏农业科学,2016,44(1):7-12.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.01.002

# 智慧农险——农业保险信息化发展的展望

李 舒<sup>1</sup>, 赵思健<sup>2</sup>, 张 峭<sup>2</sup>

(1. 内蒙古农业大学经济管理学院, 内蒙古呼和浩特 010019;

2. 中国农业科学院农业信息研究所/农业部智能化农业预警技术重点开放实验室, 北京 100081)

**摘要:**为了提升农业保险的管理水平、促进农业保险信息化发展,提出农业保险信息化发展的展望——智慧农险。文章基于信息技术的视角,介绍智慧农险的概念与特征,构建智慧农险的总体框架,就建设智慧农险的关键技术进行详细阐述,并对智慧农险的未来发展提出展望。

**关键词:**智慧农险;物联网;移动互联;“3S”技术;大数据;云计算;数据挖掘;总体框架

**中图分类号:** F840.66 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)01-0007-06

农业保险作为防范农业生产风险和市场风险的重要手段之一,在稳定农民收入和促进农业持续健康发展方面起到了积极作用<sup>[1-2]</sup>。虽然中国的农业保险起步较晚,2007 年政策性农业保险在全国 6 个省区才开始试点开展,但到了 2013 年,我国农业保险保费收入 306.6 亿元,向 3 177 万受灾农户支付赔款共 208.6 亿元,承保主要农作物突破 0.667 亿 hm<sup>2</sup>,占全国主要农作物播种面积的 42%。

为了更好地经营管理农业保险,各家从事农业保险的保险公司相继建立农业保险管理信息平台,通过信息化管理实现农业保险经营主体的管理,使承保理赔过程更为公开、公平、公正,政府补贴财政资金得到有效利用,促进了农业保险的稳健持续发展。但目前,农业保险管理信息化平台多集中在保险核心业务系统,仅仅是对农业保险的基本业务办理起支持作用。随着农业保险飞速发展,保险公司暴露出管理成本较高、管理服务水平较低、出现大量的道德风险行为等突出问题,这不仅需要在管理制度层面上给予改善,还对农业保险管理信息化提出了更高的要求。

近年来,随着物联网、移动无线网络、云计算等信息技术的发展及应用,信息化发展趋势走向智慧化,智慧城市、智慧旅游、智慧图书馆等新的构想纷纷提出,其核心就是运用物联网、云计算等新的信息技术,建立协同处理和智能控制的

收稿日期:2015-02-04

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2014BAL07B03-02);北京市科技计划(编号:Z141100002314007)。

作者简介:李 舒(1989—),女,硕士研究生,主要从事农业保险方面的研究。E-mail:s19891008@sina.com。

通信作者:赵思健(1977—),男,博士,副研究员,主要从事农业风险管理及农业保险研究。E-mail:zhaosijian@caas.cn。

- [108] Ridings O W H. Biological control of strangervine in citrus: a researcher's view[J]. Weed Science, 1986, 34(1): 31-32.
- [109] 耿锐梅. 稻田微生物除草剂孢子生产和制剂加工技术的研究[D]. 北京:中国农业科学院, 2008.
- [110] Mortensen K. The potential of an endemic fungus, *Colletotrichum loeosporioides*, for biological control of round-leaved mallow (*Malva pusilla*) and velvet leaf (*Abutilon theophrastis*) [J]. Weed Science, 1998, 36(4): 473-478.
- [111] 沈寅初, 张一宾. 生物农药[M]. 台北:五南图书出版股份有限公司, 2003.
- [112] 高昭远, 干静娥. 大豆菟丝子的生物防除——鲁保一号的应用技术[J]. 中国农学通报, 1993, 9(2): 52-53.
- [113] 张希福, 熊建伟, 尹 健. 杂草生物防治的现状与展望[J]. 河南职业技术学院学报, 1997, 25(4): 8-14, 41.
- [114] 杨文权, 慕小倩, 安德荣. 微生物除草剂开发的限制因素和对策[J]. 农药, 2003, 42(8): 8-9.
- [115] 叶 非, 冯 理. 微生物除草剂的研究与应用进展[J]. 东北农业大学学报, 2010, 41(4): 139-143.
- [116] Einhellig F A, Rasmussen J A. Prior cropping with grain sorghum inhibits weeds[J]. Journal of Chemical Ecology, 1989, 15(3): 951-960.

- [117] 彭少麟, 邵 华. 化感作用的研究意义及发展前景[J]. 应用生态学报, 2001, 12(5): 780-786.
- [118] 赵 强, 董晓宁, 井伟龙, 等. 利用化感物质防除杂草研究进展[J]. 通化师范学院学报, 2012, 32(8): 19-20.
- [119] Schulz M, Marocco A, Tabaglio V, et al. Benzoxazinoids in rye allelopathy—from discovery to application in sustainable weed control and organic farming[J]. Journal of Chemical Ecology, 2013, 39(2): 154-174.
- [120] Blackshaw R E, Harker K N, O'donovan J T, et al. Ongoing development of integrated weed management systems on the Canadian prairies[J]. Weed Science, 2008, 56(1): 146-150.
- [121] 范树阳. 加拿大有机农业中的杂草管理[J]. 内蒙古环境保护, 2004, 16(2): 36-41.
- [122] 李现华, 张树礼, 尚学燕, 等. 发展有机农业与生物多样性保护[J]. 内蒙古环境保护, 2005, 5(2): 11-15.
- [123] 谢 标, 王晓蓉, 丁竹红. 有机农业的环境效益评估[J]. 水土保持通报, 2002, 22(2): 71-74.
- [124] 尹世久, 吴林海. 全球有机农业对生产者收入的影响研究[J]. 南京农业大学学报:社会科学版, 2008, 8(3): 8-14.
- [125] 彭志勇. 论有机农业的兴起对我国农产品出口的影响[J]. 经济问题探索, 2006(5): 14-18.