

# 生物除草剂新发展及其在大豆田除草上的应用

刘爱群<sup>1</sup>, 刘伟婷<sup>1</sup>, 张敬涛<sup>2</sup>, 宋洁<sup>3</sup>, 许艳丽<sup>3</sup>

(1. 黑龙江省农业科学院, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 黑龙江省农业科学院 佳木斯分院, 黑龙江 佳木斯 154000; 3. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所, 黑龙江 哈尔滨 150081)

**摘要:** 草害是造成作物减产的主要因素之一, 近年来化学除草剂的大量使用引发了诸多环境问题。随着农业可持续发展战略的实施和深入, 生物除草剂的研发和应用逐渐成为杂草防除的热点。文章在概述了生物除草剂的定义、分类以及生物除草剂控制杂草原理的基础上, 探讨、分析了国内外大豆田应用天然植物提取物、真菌、化感物质和覆盖作物作为生物除草剂的现状, 展望了在免耕系统彻底改变了杂草治理理念新变化下大豆田生物除草剂应用的前景。

**关键词:** 生物除草剂; 分类; 免耕; 应用

**中图分类号:** S482.4

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-9841(2013)05-0703-05

## A Review of Bio-herbicide and Application on Weeds Controlling in Soybean Field

LIU Ai-qun<sup>1</sup>, LIU Wei-ting<sup>1</sup>, ZHANG Jing-tao<sup>2</sup>, SONG Jie<sup>3</sup>, XU Yan-li<sup>3</sup>

(1. Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 2. Jiamusi Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi 154000, China; 3. Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150081, China)

**Abstract:** Weed is one of the major causes in crop yield reduction. The massive use of herbicide over the year has brought various environmental problems. With the implementation and in-depth of the strategy for sustainable development of agriculture, development and application of bio-herbicide has become a focus on weed control. Definition and classifications of bio-herbicide and its weed controlling principles were outlined in this paper, based on which the presence of bio-herbicide application, including natural plants abstracts, fungus, allelopathins and cover crops in soybean field in China and abroad were discussed and analyzed. The prospects for bio-herbicide application in soybean field under novel weeds control conception in no-tillage system were previewed.

**Key words:** Bio-herbicide; Classification; No-tillage; Application

全世界广泛分布的杂草有 30 000 多种, 每年约有 1 800 种对作物造成不同程度的危害。每年因杂草危害造成的农作物减产高达 9.7%<sup>[1]</sup>。自 20 世纪 70 年代已形成 30 余个 20 个作用靶标, 近 300 个化学除草剂品种的杂草化学防除产品技术体系<sup>[2]</sup>。除草剂的市场规模已达 150 亿美元<sup>[3]</sup>。但化学除草剂的大量使用导致环境恶化、抗性演化风险增加等, 从而迫使人们选择绿色除草剂, 特别是生物除草剂, 因其是利用天然存在的杂草控制物, 而不是人工合成的化学制剂来控制杂草, 所以对环境影响较小、作用更加温和。20 世纪 80 年代以来, 全世界已经成功开发的生物除草剂有 20 余个品种, 其中商业化的品种有 7 个, 成功商业化的有 2 个<sup>[3]</sup>。

### 1 生物除草剂的定义、分类和除草原理

#### 1.1 生物除草剂的定义

生物除草剂作为生物农药的一个分支有着不

同的定义: Ash 将生物除草剂定义为基于微生物的杂草管理农药<sup>[4]</sup>; 张旭臣认为生物除草剂是指在人的控制下施用杀灭杂草的人工培养繁殖的大剂量生物制剂<sup>[5]</sup>; 加拿大滑铁卢大学刘中大认为具有化感功能, 能杀死或抑制杂草生长的覆盖作物亦属于生物除草剂。耕作制度的发展对杂草管理系统产生了重大影响, 免耕系统改变了杂草治理理念, 覆盖作物降低了杂草成活率<sup>[6]</sup>, 改善了土壤理化和生物特性, 有助于保护土壤中有益的昆虫种群<sup>[7-8]</sup>。因此, 从广义上讲, 更倾向于生物除草剂化合物可以是来自于微生物, 如真菌、细菌、原生动物、植物毒性的残余物, 或来自其它植物物种的提取物或单一化合物<sup>[9]</sup>, 还应包含覆盖作物。

#### 1.2 生物除草剂的分类

按照生物除草剂有效成分是否通过直接或间接加工可分为“覆盖作物”和加工型除草剂。

1.2.1 “覆盖作物” “覆盖作物”在此特指在生长期能释放活性物质, 有效地抑制杂草生长发育或杀

收稿日期: 2013-07-24

第一作者简介: 刘爱群 (1955-), 男, 研究员, 从事管理工作。E-mail: haasfal@aliyun.com。

死杂草种子,即具有异株相克功能的作物,或在收获期后其残留以一定比例覆盖耕地表面,可依靠阳光遮挡方式,阻断地表杂草种子萌发的作物<sup>[10]</sup>。国内外常用于生产中的“覆盖作物”有黑麦、毛苕子等。

**1.2.2 加工型生物除草剂** 加工型生物除草剂主要包括微生物除草剂和植物除草剂。微生物除草剂是一类以微生物活体及其代谢产物为主加工而成的除草剂,因其对环境无污染而成为研究热点<sup>[11]</sup>。国内外已经登记、商业化或较大规模应用的主要微生物除草剂有:鲁保一号<sup>[12]</sup>、Devine 制剂、Collego 制剂和 Velgo、Biolaphos 制剂<sup>[13]</sup>、Biochon、BioMal、Camperico、Casst<sup>[14]</sup>。植物除草剂是利用能对植物的生长发育和代谢均有影响的植物间的异株相克物质。植物中的他感作用化合物是异株相克作用的基础<sup>[15]</sup>,以醌酚类、生物碱类、肉桂酸类、香豆素类、噻吩类、类黄酮类、萜烯类、氨基酸类等有效成分加工而成的除草剂<sup>[16]</sup>。化学他感作用是植物分泌物之间的相互生化干扰<sup>[17]</sup>。

### 1.3 生物除草剂除草机理

**1.3.1 “覆盖作物”除草原理** 因为土壤中一直有作物生长,所以不论是正在生长的覆盖作物或是覆盖作物残余还是经济作物都与杂草竞争。两年生杂草一般在秋冬季节生长,开花,然后早春打籽儿,因此,可以利用冬季覆盖作物进行很好的控制;一年生杂草早春或春季中期发芽,这时覆盖作物已经种植,阻碍杂草获取水分和阳光。有些覆盖作物,如黑麦可通过化感作用抑制杂草生长,许多一年生杂草种子都小,更易受化感作用影响<sup>[18]</sup>。

**1.3.2 微生物除草剂除草机理** 真菌通过影响植物的生物量和繁殖力来达到控制效果<sup>[19]</sup>,真菌的代谢产物(毒素)在寄主体内减弱植物的生化和物理防御能力,有利于植物病原菌的侵染,增强杂草生防菌的控制效果<sup>[20]</sup>。细菌除草剂通常是直接将细菌菌体制成活菌剂对杂草进行防治,其具体的作用机理比较复杂;放线菌除草剂的作用机理相对来说比较多样,如抗生作用、竞争作用、溶菌作用、蛋白酶作用等。但是由于作物田的条件很复杂,所以实际上可能是2种或者更多种机制同时发挥作用<sup>[11]</sup>。例如:能杀死紫茎泽兰幼苗的细交链格孢菌酮酸(Tenuazonic acid, TeA)能够完全抑制光系统II电子传递活性,使紫茎泽兰叶片光合放氧速度受到抑制并降低叶片表观量子的效率<sup>[21]</sup>。Hydantocidin 是吸水链霉菌的代谢物,必须被磷酸化以后才能作为腺苷酸琥珀酸酯合成酶的抑制剂发挥作用,从而表现为一种强烈的腺苷酸琥珀酸酯合成酶抑制剂<sup>[22]</sup>。小

核盘菌(*Sclerotinia minor* Jagger)是核盘菌属真菌,可以使藜、蒲公英等多数常见阔叶杂草感病,其致病机理是乙二酸通过酸化作用削弱寄主杂草组织,同时结合寄主细胞壁中的钙离子,形成乙二酸钙晶体,刺破细胞壁,最后在多聚半乳糖醛酸酶作用下,使细胞瓦解<sup>[23]</sup>。

**1.3.3 植物除草剂机理** 植物利用异株相克生物质影响目标杂草的生长发育和代谢产物,从而达到抑制或杀死杂草的目的。例如,由天花菜类植物(红千层)分离产物提取的纤精酮化合物发展形成的三酮类除草剂(异噁草松除外)都是白化型除草剂。研究发现对羟苯基丙酮酸双加氧酶(HPPD)催化生物体内对羟苯基丙酮酸与O<sub>2</sub>作用形成尿黑酸的反应,是植物体中质体醌和生育酚生物合成途径的关键酶。当其活性受抑制时,植物体中作为类胡萝卜素生物合成途径中最终电子受体和光合链电子传递体的质体醌的生物合成受阻,进而导致类胡萝卜素合成减少,光合链电子传递受阻,致使植物体出现白化症状<sup>[24]</sup>。苦楝树皮高浓度(0.25 g·mL<sup>-1</sup>)提取物对菟丝子有较强的伤害作用,伤害率均达48%以上,最高为70%。具体表现在生长受阻、吸器数和缠绕圈数减少、出现萎蔫和枯死现象,而高浓度苦楝树皮浸提物对寄主大豆幼苗的伤害率仅为7%<sup>[25]</sup>。

## 2 生物除草剂在大豆田除草上的应用

### 2.1 加工型生物除草剂的应用

国内外在大豆田应用的已经登记注册的或有较大面积应用的除草剂有鲁保一号,20世纪60年代,山东省农业科学院植保所从感病的大豆菟丝子(*Cuscuta australis*)上分离得到胶孢炭疽菌菟丝子专化型(*Colletotrichum gloeosporioides* Penz. Sacc. F. sp. *cuscutae*),并将其商品化,用于防治大豆田菟丝子,直接防效可达70%~90%<sup>[13]</sup>。Collego 获登记,它是美国阿肯色大学和 Upjohn 公司开发的一种合萌盘长孢状刺盘孢合萌专化型(*Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *aeschynomene*),用于防除水稻及大豆田中的弗吉尼亚合萌(*Aeschynomene virginica*)。它的应用、贮藏和施用方式与一般田间茎叶处理除草剂类似。1982~1991年,每年美国稻田施用 Collego 的面积为5 000~10 000 hm<sup>2</sup><sup>[13]</sup>。商业化生物除草剂开始在生产中应用。例如, SarritorTM: *Sclerotinia minor* IMI 344141 已经应用于蒲公英和阔叶杂草<sup>[3]</sup>。

生物除草剂与化学除草剂草甘膦混用可提高杂草防除效果,并可减少草甘膦使用量。例如:单

独使用  $10.0 \times 10^6$  孢子  $\cdot \text{mL}^{-1}$  的大豆炭疽病菌 *C. truncatum*, 大麻田蓍杂草控制率可达 93%; 单独使用草甘膦  $1.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 大麻田蓍杂草控制率可达 100%; 而使用草甘膦  $0.25 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  和  $5.0 \times 10^6$  孢子  $\cdot \text{mL}^{-1}$  可控制 70% 杂草<sup>[26]</sup>。密苏里州、俄亥俄州和伊利诺伊州的研究人员最近的研究中提到一般大田剂量的草甘膦(孟山都公司圣路易斯, 农达 original Max 除草剂)对大豆田的水麻控制效果较差, 仅在伊利诺伊州大约有 3/4 的普通水麻对乙酰乳酸合成酶抑制剂型除草剂有抗性<sup>[27-29]</sup>。因此在伊利诺伊州西部的 3 个地点连续 2 a 在大豆田进行球壳孢属 (*Microsporaopsis amaranthi*) 和拟茎点 *P. amaranthicola* 作为控制水麻和藜的生物除草剂试验。将生物除草剂与卵磷脂和蔬菜油混合分别在 2008 年和 2009 年施用 187 和  $374 \text{ L} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 分别只用 *M. amaranthi* 和 *P. amaranthicola* 悬浮液处理孢子和 2 种有机体的混合物与草甘膦(农达 original Max 除草剂)混合处理大豆, 并在处理后 7 和 14 d 对生物除草剂有效性进行评估, 包括病害的严重程度, 控制杂草的百分比和杂草生物量减少情况, 结果表明使用 1 种或 2 种真菌生物制剂时杂草生物量显著减少<sup>[30]</sup>。2009 年大豆田施用草甘膦后再施用 *M. amaranthi* 比单独施用草甘膦对杂草控制效果要好得多, 旱作杂草控制量提高 44%, 灌溉田杂草控制量提高 39%<sup>[30]</sup>。

## 2.2 免耕在除草上的应用

2.2.1 大豆免耕系统 耕作方式有 3 种类型: 常规耕作、少耕和免耕。免耕 (no-tillage) 是一种不翻动表土并全年在土壤表面留下足以保护土壤的作物残茬的耕作方式。其类型包括不耕、条耕、根茬覆盖及其他不翻动表土的耕作措施。1984 年土壤保护局再次修改免耕的定义: 任何收获后用残茬覆盖至少 30% 土壤表面以减少水蚀的耕作和种植制度即为免耕。或者当主要考虑风蚀时, 任何风蚀在土壤表面留下至少  $1\ 121 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  的小块残茬以减少风蚀的耕作制度为免耕。免耕措施包括 3 种类型, 一种是覆盖耕作: 播种前翻动土壤, 使用的耕作机具包括深松机、中耕机、圆盘耙、平耙、切茬机, 采用药物或中耕除草。一种是垄耕: 除施肥外, 从收获到播种不翻动土壤, 种子播在垄台的种床上, 用平耙、圆盘开沟机、小犁或清垄机开床, 残茬留于垄间表面, 采用药物或中耕除草, 中耕时重新成垄。还有一种是不耕: 除施肥外, 从收获到播种不翻动土壤, 种子播在窄种床上, 以小犁、清垄机、圆盘开沟机、内向铲或施肥机开床, 主要以药物控制杂草, 非紧急时不中耕除草<sup>[31]</sup>。

2.2.2 免耕系统的杂草治理 免耕系统主要靠生物技术品种、配合使用草甘膦和覆盖作物进行杂草治理。草甘膦易被土壤吸收, 经过 47 d 的半生命周期后可在土壤中失去活性, 草甘膦的使用取代了翻耕作业和非草甘膦除草剂的使用。遭遇了“黑风暴”的美国在免耕技术方面处于领先地位。美国于 20 世纪 90 年代中期以后 92% 的大豆品种为转基因抗草甘膦 (GR) 大豆品种。1995 ~ 2006 年, 用于大豆的非草甘膦除草剂减少了 1 760 万 kg, 即 83.5%, 而美国的大豆农田总面积增加了 46%。2009 年开始, 草甘膦, 即 Liberty 或 Ignite 商业化, 并开发出“Liberty Link”大豆(德国拜耳公司)<sup>[32]</sup>。在不断提升主要依赖 GR 品种配合使用草甘膦进行杂草治理的体系效率时, 在免耕时使用覆盖作物残渣作为覆盖作物抑制杂草管理系统伴随辊轧机和新型辊轧机的横空出世而在美国东部风生水起, 解决了割草机不能将覆盖作物残渣均匀分布的问题。在横跨美国东部典型的覆盖种植实践中, 不施氮肥的情况下谷物黑麦成熟时通常会产生约  $4\ 000 \sim 6\ 000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  的生物量水平, 当管理达到最佳水平时可高达  $10\ 000 \sim 12\ 000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。对一系列黑麦覆盖物的研究表明, 只有当其生物量超过  $8\ 000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  干重并且厚度超过 10 cm 时可有效抑制 75% 以上一年生杂草<sup>[10]</sup>。根据刘中大介绍和资料证明加拿大的模式与美国模式不同点为: 大豆品种主要是非抗除草剂转基因品种。

2.2.3 大豆免耕技术规模与发展趋势 2002 年, 美国、澳大利亚、巴西、阿根廷等国家保护性耕作面积均占到本国耕地面积的 60% 以上<sup>[31]</sup>。在美国免耕措施主要在大豆、玉米及小品种作物上采用, 1996 年 45% 以上的玉米和大豆采用了免耕法; 在双季作物中, 近 70% 的大豆、46% 的玉米及 37% 的高粱均采用免耕法。到 2009 年, 美国大豆保护性耕作面积达到 65% 以上。

在美国, 尽管免耕方式的面积在增加, 覆盖耕作最主要的仍是免耕类型。1998 年 53% 的免耕面积是覆盖耕作, 占全国耕地面积的 19.7%; 不耕方式占免耕面积的 44%, 占全国耕地面积的 16.3%; 垄耕只占全国耕地的 3.2%。相对覆盖耕作而言, 近几年免耕面积变化不大。美国免耕技术主要分布在美国中西部的 12 个州, 即伊利诺伊州、印第安纳州、艾奥瓦州、堪萨斯州、密歇根州、明尼苏达州、密苏里州、内布拉斯加州、俄亥俄州、威斯康星州、南达科他州和北达科他州<sup>[31]</sup>。

在我国于 2002 年启动“保护性耕作示范工程”项目, 逐渐研制出相应的配套农机具, 当年北方 8

省市 38 个县成为首批保护性耕作示范县,至 2005 年底,共建立了 100 个保护性耕作示范县,涉及山西、河北、内蒙古、辽宁、陕西、甘肃等 13 个省、市、自治区。实施面积愈 53.3 万  $\text{hm}^2$ ,加上各省级项目县,保护性耕作技术在我国的应用面积已超过 160 万  $\text{hm}^2$ 。目前,全国保护性耕作面积超过 666.67 万  $\text{hm}^2$ ,10 a 内保护性耕作面积增加 100 倍<sup>[33]</sup>。

### 3 生物除草剂应用前景展望

随着科学技术水平的进步,并结合免耕栽培技术,开展具有我国特色的生物除草剂研发、商业化应用体系将成为未来一段时间内的研究热点。在黄淮海、东北和南方山地 3 个大豆种植区可以试验示范并逐步普及免耕技术,通过引进约翰迪尔 1590 型、1830 型、1835 型免耕播种机、辊压机,利用小麦大豆轮作、玉米大豆轮作体系中前茬小麦和玉米秸秆作为覆盖物,并辅之以生物除草剂抑制杂草生长。因此充分挖掘使用生物除草剂和杂草管理系统,对综合治理大豆田杂草,形成栽培制度、机械、覆盖作物和生物除草剂加添加剂综合使用的杂草管理体系具有广阔的应用前景。在引进国外生物除草剂的同时,应加大我国生物除草剂基础性研究,引进与原始创新相结合,构建以创新驱动发展战略为主导的中国生物除草剂研发、应用和杂草管理创新体系。

### 参考文献

- [1] 生物除草剂 [EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/5446712.htm>. (Bioherbicide [EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/5446712.htm>.)
- [2] Pesticides: topical & chemical fact sheets [EB/OL]. [2010-03-02]. <http://www.epa.gov/pesticides/index.htm>.
- [3] 强胜,陈世国. 生物除草剂研发现状及其面临的机遇与挑战 [J]. 杂草科学, 2011, 29 (1): 1-6. (Qiang S, Chen S G. Current status of bioherbicide research and development and its opportunities and challenges [J]. Weed Science, 2011, 29 (1): 1-6.)
- [4] Ash G J. The science, art and business of successful bioherbicides [J]. Biological Control, 2010, 52: 230-240.
- [5] 张旭臣. 浅谈生物源除草剂的研究概况 [J]. 安徽农学通报, 2009, 15 (13): 150-151. (Zhang X C. A brief of research presence of bioherbicide [J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2009, 15 (13): 150-151.)
- [6] Pitelli R. Plantas daninhas no sistema plantio direto de culturas anuais. R. Plantio Direto [J]. 1998 (4): 13-18.
- [7] Babujia L C, Hungria M, Franchini J C, et al. Microbial biomass and activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2010, 42 (12): 2174-2181.
- [8] Rafael Vivian, André Reis, Pablo A, et al. Weed management in soybean-Issues and practices [EB/OL]. <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>.
- [9] Bioherbicide [EB/OL]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Bioherbicide>.
- [10] Steven B M, Matthew R R, John R T, et al. Overcoming weed management challenges in cover crop-based organicrotational no-till soybean production in the Eastern United States [J]. Weed Technology, 2013, 27: 193-203.
- [11] 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. (Zeng M, Zhang Y, Peng Z K, et al. Research situation of microbial herbicides [J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2013, 25 (2): 40-43.)
- [12] 高昭远, 干静娥. 菟丝子的生物防治 - “鲁保一号”的研究进展 [J]. 生物防治通报, 1992, 8 (4): 173-175. (Gao Z Y, Gan J E. Biological control of dodder - a review on research progress of the bioherbicide “Lu Bao No. 1” [J]. Chinese Journal of Biological Control, 1992, 8 (4): 173-175.)
- [13] 中国农业百科全书编辑部. 中国农业百科全书·农药卷 [M]. 北京: 农业出版社, 1993: 41-42. (Editorial Office of Chinese Agriculture Encyclopedia. Chinese Agriculture Encyclopedia·Pesticide [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1993: 41-42.)
- [14] 苏少泉. 生物除草剂研究与开发 [J]. 农药, 2004, 43 (3): 97-100. (Su S Q. Research and development of bioherbicides [J]. Chinese Journal of Pesticides, 2004, 43 (3): 97-100.)
- [15] 李效飞, 冯化成. 治理杂草的天然化合物 [J]. 世界农药, 2000, 22 (3): 20-24. (Li X F, Feng H C. Natural compounds for weed control [J]. World Pesticide, 2000, 22 (3): 20-24.)
- [16] 由振国. 天然杂草化合物的开发与利用 [J]. 杂草学报, 1993, 7 (2): 40-48. (You Z G. Development and utilization of natural compounds for weed control [J]. Journal of Weed Science, 1993, 7 (2): 40-48.)
- [17] 叶光禄. 我国杂草生物防治的研究进展 [J]. 台湾农业探索, 2013 (1): 81-84. (Ye G L. Research progress of weed biological control in China [J]. Taiwan Agricultural Research, 2013 (1): 81-84.)
- [18] Jeff M. Organic no-till farming [M]. ACRES U. S. A. 2011: 3-9.
- [19] 张希福, 熊建伟, 尹键. 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): 8-15. (Zhang X F, Xiong J W, Yin J. Current status and prospect of biological control of weeds with plant pathogens [J]. Journal of Henan Vocation-Technical Teachers College, 1997, 25 (4): 8-15.)
- [20] 张红玉. 植物病原真菌毒素中除草剂活性物质的筛选 [J]. 河北农业大学学报, 2009, 26 (10): 160-164. (Zhang H Y. Screening of herbicide active substances in plant pathogenic mycotoxins [J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2009, 26 (10): 160-164.)
- [21] Chen S G, Xu X M, Dai X B, et al. Identification of tenuazonic acid as novel type of natural photosystem II inhibitor binding in Q(B)-site of Chlamydomonas reinhardtii [J]. Biochimica et Biophysica Acta-Bioenergetics, 2007, 1767: 306-318.
- [22] Soledade M, Pedras C. The destruxins: synthesis, biosynthesis, biotransformation, and biological activity [J]. Phytochemistry, 2002, 59: 579-596.
- [23] 孙婷, 刘凤民, 许修宏. 小核盘菌生物除草剂固体发酵研究 [J]. 东北农业大学学报, 2006, 37 (4): 496-499. (Sun T, Liu F

- M, Xu X H. Study on solid fermentation of bioherbicidal *Sclerotinia minor* [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2006, 37 (4): 496-499. )
- [24] 段又生. 新农药的创制—源自大自然的启示(美国生物农药登记概况) [J]. 中国农药, 2012(9): 21-34. (Duan Y S. Novel pesticide — an inspiration from nature (bioherbicide listed in America) [J]. China Agrochemicals, 2012(9): 21-34. )
- [25] 万静, 许军, 杨明艳, 等. 三种植物提取物对菟丝子及大豆生长发育和宿主保护酶活性的影响 [J]. 基因组学与应用生物学, 2012, 31(1): 63-69. (Wan J, Xu J, Yang M Y, et al. Effects of three plant extracts on growth and development of dodder and soybean and on protective enzymes of host [J]. Genomics and Applied Biology, 2012, 31(1): 63-69.
- [26] Douglas B C, Robert E H, Mark A W. Interaction of a bioherbicide and glyphosate for controlling hemp sesbania in glyphosate-resistant soybean [J]. Weed Biology and Management, 2008, 8: 18-24.
- [27] Hager A. Identification of an Illinois waterhemp population not controlled with glyphosate. The Bulletin, 2007, 15(2). <http://bulletin.ipm.illinois.edu/contents.php?id=91>.
- [28] Hager A G, Wax L M, Bollero G A, et al. Common waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*) management with soil-applied herbicides in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) [J]. Crop Protection, 2002, 21: 277-283.
- [29] Hager A G, Wax L M, Simmons F W, et al. Waterhemp management in agronomic crops [M]. College of Agricultural, Consumer, and Environmental Sciences, University of Illinois, Urbana, 1997, Bull, X855: 4-5.
- [30] Ortiz-Ribbing L M, Glassman K R, Roskamp G K, et al. Performance of two bioherbicide fungi for waterhemp and pigweed control in pumpkin and soybean [J]. Plant Disease, 2011, 95 (4): 469-477.
- [31] Profitable midwest no-till soybean production [M]. North Central Region Extension Publication, 1996: 580.
- [32] 美国大豆生产: 传统方法、生物技术以及有机大豆可持续生产体系比较 [EB/OL]. <http://www.soyconnection.com>. (American Soybean Production: Comparison of conventional, biotechnology and sustainable organic soybean production system [EB/OL]. <http://www.soyconnection.com>.)
- [33] 我国保护性耕作技术应用超亿亩 [J]. 中国科技信息, 2013 (3): 9. (Application of conservation tillage technology exceeded 6.6 million ha [J]. China Science and Technology Information, 2013(3): 9. )

## 欢迎订阅 2014 年《中国农业科学》中、英文版

《中国农业科学》中、英文版由农业部主管、中国农业科学院主办。主要刊登农牧业基础科学和应用基础科学研究论文、综述、简报等。设有作物遗传育种·种质资源·分子遗传学;耕作栽培·生理生化·农业信息技术;植物保护;土壤肥料·节水灌溉·农业生态环境;园艺;贮藏·保鲜·加工;畜牧·资源昆虫;兽医;农业经济与管理等栏目。读者对象是国内外农业科研(所)、农业大专院校的科研、教学及管理人员。

《中国农业科学》中文版为半月刊, 影响因子、总被引频次连续多年居全国农业科技期刊最前列或前列位次。为北京大学图书馆 1992~2011 年连续 6 次遴选的核心期刊, 位居《中文核心期刊要目总览》“农业综合类核心期刊表”的首位。1999~2008、2013~2014 年获“国家自然科学基金重点学术期刊专项基金”资助; 1999 年获“首届国家期刊奖”, 2003、2005 年获“第二、三届国家期刊奖提名奖”; 2002~2012 年先后 10 次被中信所授予“百种中国杰出学术期刊”称号; 2009 年获中国期刊协会/中国出版科学研究院“新中国 60 年有影响力的期刊”称号; 2010 年荣获“第二届中国出版政府奖期刊提名奖”。2012 年获清华大学图书馆等“2012 中国最具国际影响力学术期刊”称号; 2013 年获新闻出版广电总局“百强科技期刊”称号。

《中国农业科学》中文版大 16 开, 每月 1、16 日出版, 国内外公开发售。每期 208 页, 定价 49.50 元, 全年定价 1 188.00 元。国内连续出版物号: CN11-1328/S, 国际标准连续出版物号: ISSN 0578-1752, 邮发代号: 2-138, 国外代号: BM43。

《中国农业科学》英文版(Agricultural Sciences in China), 2002 年创刊, 月刊, 2012 年更名为《农业科学学报》(Journal of Integrative Agriculture, JIA)。2006 年 1 月起与国际著名出版集团 Elsevier 合作, 全文数据在 ScienceDirect 平台面向世界发行。2009 年被 SCI 收录, 2012 年 JCR 影响因子为 0.527。

JIA 大 16 开, 每月 20 日出版, 国内外公开发售。每期 160 页, 国内订价 80.00 元, 全年 960.00 元。国内标准连续出版物号: CN 10-1039/S, 国际标准连续出版物号: ISSN 2095-3119, 邮发代号: 2-851, 国外代号: 1591M。

《中国农业科学》中、英文版均可通过全国各地邮局订阅, 也可向编辑部直接订购。

邮编: 100081; 地址: 北京 中关村南大街 12 号《中国农业科学》编辑部

电话: 010-82109808, 82106280, 82106281, 82106283; 传真: 010-82106247

网址: [www.ChinaAgriSci.com](http://www.ChinaAgriSci.com); E-mail: [zgnykx@caas.cn](mailto:zgnykx@caas.cn)

联系人: 林鉴非