



我国棉田杂草研究现状与发展趋势

马小艳, 马艳*, 彭军, 奚建平, 马亚杰, 李希凤

(中国农业科学院棉花研究所 / 农业部棉花遗传改良重点实验室,
河南 安阳 455000)

摘要: 概述了目前我国在棉田杂草发生种类、分布规律、种群动态、危害情况以及防除技术等方面的研究进展和现状, 对我国棉田杂草研究中存在的突出问题进行了总结归纳, 并对我国棉田杂草研究的发展趋势进行了展望, 提出了加强杂草基础理论研究, 加快棉田除草剂创制, 增强杂草抗药性监测和治理, 推动生物除草剂和转基因抗除草剂棉花研究的建议。

关键词: 棉田杂草; 化学除草; 生物除草; 抗除草剂棉花

中图分类号: S451.223 **文献标识码:** A

文章编号: 1002-7807(2010)04-0372-09

Current Situation and Developing Tendency of the Weed Researches in Cotton Field of China

MA Xiao-yan, MA Yan*, PENG Jun, XI Jian-ping, MA Ya-jie, LI Xi-feng

(Cotton Research Institute, CAAS / Key Laboratory of Cotton Genetic Improvement, Ministry of Agriculture, Anyang, Henan 455000, China)

Abstract: The recent development and current status of research on the cotton weed in China were summarized, including the weed occurrence, distribution rule, population dynamics, weed damage and control techniques. Although the research on basic theory and chemical management technologies of cotton weed in China has got a faster development, problems of frequent herbicide injury, dominant weed population changes, lag in control techniques and deficiencies of transgenic resistant herbicide cotton still exist. Therefore, the study on basic theory should be strengthened. On the basis of chemical control, we should speed up the creation of novel chemical herbicide, strengthen the monitoring and management of herbicide resistant weeds, and carry out further research on biological weed control and herbicide resistant cotton.

Key words: cotton weed; chemical herbicide; bio-herbicide; herbicide resistant cotton

棉花是我国重要的经济作物, 常年种植面积 500 万 hm^2 , 占经济作物总面积的 26%, 是国民经济的重要支柱产业。然而, 我国棉田杂草危害较重, 常年造成损失在 14%~16%, 严重制约了棉花的优质、高效生产。近年来, 国内外学者在棉田杂草的生物学特性、群落生态学、防除技术以及转基因抗除草剂棉花等方面开展了大量的研究工作。本文旨在通过归纳总结当前我国棉田杂草的研究进展, 把握国内外杂草研究的方向, 提出今后研究工作的重点内容, 为推动和促进我国棉

田杂草科学的健康、有序发展提供科学依据。

1 棉田杂草发生分布规律

1.1 棉田杂草种类

我国棉花产地分布广泛, 按照自然气候、地理状况和种植历史, 划分为三大棉区——长江流域棉区、黄河流域棉区和西北内陆棉区。这三大棉区自南向北分布, 热量、降雨量等自然条件存在规律性的变化, 因而导致了各棉区杂草种类及数量的差异。

收稿日期: 2009-09-28 **作者简介:** 马小艳(1981-), 女, 博士, harmani@126.com; * 通讯作者, mayan@cricaas.com.cn.

基金项目: 转基因生物新品种培育重大专项(编号: 2008ZX08011-002); 中央级公益性科研院所基本科研业务专项基金(编号: SJB0905)

长江流域棉区地处亚热带,气候温和,雨量充沛,以千金子、空心莲子草、牛繁缕等喜温喜湿型杂草为主,杂草生长旺盛。调查结果表明,赣北棉区棉田杂草 14 科 35 种,其中禾本科 11 种、莎草科 1 种、阔叶杂草 23 种^[1]。黄河流域棉区,气温比长江流域低,降雨量也少,棉田杂草以喜凉耐旱型为主,其中主要有马唐、牛筋草、马齿苋、田旋花等。关中棉区杂草 25 科 58 种,主要发生的有 17 科 38 种,其中禾本科占 66.6%^[2]。而西北内陆棉区属于大陆性气候,昼夜温差大,且降雨量少,棉田多是扁秆蔗草、芦苇、灰绿藜等耐旱耐盐的杂草^[3]。塔里木大学植物科技学院的调查表明,新疆南部棉区共有杂草 42 种,分属 16 科,其中禾本科、莎草科、阔叶杂草分别占 16.7%、2.4%、80.9%^[4]。尽管不同棉区杂草的种类存在较大差异,但是发生优势度较大的杂草大致相同,以马唐、牛筋草、鳢肠、旱稗、马齿苋、反枝苋、香附子分布最广,危害最大,其中马唐发生率高达 60%~95%,发生密度一般为 20~80 株·m²。以马唐为优势种混生牛筋草、千金子、旱稗等的杂草群落分布型,造成棉花减产的面积约占全国棉田总面积的 1/4^[5]。

1.2 棉田杂草消长规律

长江流域棉区,田间杂草大致有 3 个出苗高峰,第一个高峰期在 5 月中旬左右,持续 10~15 d,以马唐、旱稗、狗尾草、苍耳等为主,但出草量较少;第二个高峰期在 6 月中下旬,持续约 20 d,由于正值梅雨季节,杂草发生量大,主要为牛筋草、马唐、鳢肠、苘麻等;第三个高峰期在 7 月下旬至 8 月初,持续 10 d 左右,杂草发生量较少,且以牛筋草为主。黄河流域棉区,田间杂草存在 2 个发生高峰,第一个在 5 月中下旬,以狗尾草、马唐、藜等为主;至 7 月份,香附子等杂草大量出土,形成第二个出草高峰。西北内陆棉区,第一个出草高峰在棉花播种后到 5 月下旬,其间出土杂草占棉花全生育期杂草总数的 55%左右;在 7 月上旬至 8 月上旬出现第二个出草高峰,杂草出土数量约占总量的 30%左右^[3]。对新疆南部棉区的调查表明,危害棉花蕾期的杂草主要有禾本科的稗草、芦苇、马唐、狗尾草,以及菊科、十字花科、莎草科、苋科、藜科的十余种杂草。这些杂草出苗早且集中,与棉苗争夺空间和水肥,棉花受害后形

成“高脚苗”而推迟发育进程。而在花铃期,旋花科的田旋花对棉田造成严重的危害。该草再生能力极强,缠绕在棉株上,严重时可使棉株缠连郁闭,影响棉花产量和品质,并给棉花采摘带来困难,成为棉田的主要恶性杂草^[4]。

1.3 棉田杂草群落结构

由于受自然环境的影响,我国各棉区的耕作制度、轮作换茬、种植方式存在明显的差异。在各大棉区中,除了露地直播棉田外,还包括营养钵育苗、地膜覆盖、移栽棉田。不但有一熟棉田,还有麦棉套作、油棉套作、蒜棉套作、瓜棉套作等多种套种方式。不同的种植方式导致棉田杂草群落结构也不相同。尤其是水旱轮作对土壤的性质、水分含量等生态因子产生较大的影响,因而对棉田杂草的发生及消长影响最大。强胜等^[6]连续 5 年对江苏省主棉区水旱轮作及早连作两种栽培制度下的棉田杂草种群密度及草害优势度级数进行了定田调查,从时间和空间上研究了棉田杂草群落演替趋势及草害发生规律。结果表明,水旱轮作棉田中多为喜湿性杂草,但随着棉花种植年数的增加,旱生性杂草优势度逐渐增加。而旱连作棉田多为旱生性杂草,年际间杂草群落变化较小。就江苏省各棉区的总体情况来看,旱连作棉田杂草的危害程度略高于水旱轮作棉田^[7]。

对于地膜覆盖棉田来说,由于覆膜后膜内耕作层的土温高、底墒好,有利于杂草的萌发,因而导致杂草出苗早、发生期长,并且禾本科和阔叶杂草发生的优势度存在明显的时间差异^[8]。但是地膜覆盖能显著减少棉田杂草总的发生量^[9],并且对棉田杂草鲜重的抑制效果明显高于对杂草数量的抑制效果^[10]。

除了耕作制度和种植方式的影响外,棉田杂草的种类和数量也随土壤类型、栽培的棉花品种、施用的除草剂种类等多种因素的变化而变化。值得一提的是,随着转基因抗虫棉品种进入生产性应用,其生态安全性引起了人们的极大关注。目前人们侧重于评价转基因抗虫棉对棉田昆虫群落的影响^[11-12],而针对转基因抗虫棉对棉田杂草群落影响的研究尚不多见^[13]。柏立新等^[14]应用群落生态学方法研究了 4 种转 Bt 基因保铃棉对棉田杂草群落组成及其多样性的影响。结果表

明,转基因抗虫保铃棉品系棉田杂草群落稳定性与对照常规棉品种相当,无明显的新恶性杂草产生的风险。

2 棉田杂草的危害

2.1 争地争光争养分

我国棉田遭受杂草危害十分严重,每年危害面积约占棉花种植总面积的67%。杂草的危害主要表现在与作物的营养和生长竞争上,争光、争水、争肥、争空间,影响作物的正常生长。棉田杂草多数为C₄植物,而棉花为C₃植物。与C₃植物相比,C₄植物能够更加充分地利用光能、CO₂和水进行有机物的生产,因此杂草比棉花表现出更强的竞争能力。据湖南省农业科学院测定,在同等条件下,棉花与杂草等干物质内,杂草含N、P、K分别为3.30%、0.36%、4.28%,而棉花分别为2.06%、0.26%、3.58%,杂草吸收的养分多于棉花。田旋花、菎草等缠绕性杂草可部分或全部覆盖于棉花上,造成棉花缺少光照,影响光合作用。

2.2 降低作物产量

杂草对棉花产量的危害程度与多种因素有关,包括杂草的种类、密度以及棉花与杂草共生时间长短和共生的不同生育阶段等。李红阳等^[15]通过田间试验,测定了杂草对转基因抗虫棉的危害损失。结果表明,杂草密度显著影响转基因抗虫棉的果枝数和结铃数,杂草密度越高,果枝数和结铃数下降幅度越大。棉花苗期到蕾期气温高,杂草盛发,棉株矮小,杂草对棉花的危害最重。据世界各地就杂草竞争对棉花生长和产量的影响等多方面研究的统计表明,棉花早期受杂草竞争危害的损失可高达75%。棉花蕾期,杂草丛生,棉田通风透光条件差,田间相对湿度较高,导致蕾铃大量脱落。上海农科院的测定结果表明,当棉田有马唐20株·m²、千金子20株·m²时,棉花减产分别高达81.8%和83.0%^[16]。据美国农业部统计,农业中,病、虫、杂草造成的损失,杂草占42%,远远高于病(27%)、虫(28%)所造成的损失^[16]。而我国棉田每年因杂草危害损失皮棉约25.5万t,平均减产14.8%,严重地块可达50%^[17]。

2.3 传播病虫害

杂草的发生不仅直接影响棉花生长,同时也

为许多棉花病虫害提供栖息环境,加重了病虫害的发生与传播,使棉花生产遭受损失。比如小地老虎早春迁飞后,先在田旋花、野油菜、刺儿菜和野豌豆等杂草上产卵孵化,幼虫取食到二、三龄时,转而危害小麦和棉花;棉蚜先在多年生的刺儿菜、苦苣菜及越年生的芥菜、夏至草等杂草上寄生越冬,当棉花出苗后再迁移到棉苗上为害;小藜和苜蓿菜是地老虎的越冬场所等^[17]。

2.4 增加生产成本

受我国棉农耕作方式的影响,长期以来棉田杂草的防除主要依靠人工除草,棉花从出苗到封行前一般要进行中耕除草4~5次,主要集中在每年的5月中下旬到7月中下旬。此时,田间温、湿度条件比较适宜杂草生长,杂草发生越重,花费在防除上的用工量就越多。随着农业机械程度的提高和高效安全除草剂的使用,棉田杂草防除的劳动强度有所下降,但每年除草剂的生产量和使用量仍相当惊人,这无疑增加了棉花的生产成本。

3 棉田杂草的防治

目前,我国在棉田杂草防除中主要采取6种方法:人工防除、农业防除、化学防除、物理防除、生物生态防除和植物检疫等^[18]。这里只概述2种应用前景广阔、技术先进的防除方法——化学防除和生物防除。

3.1 棉田杂草的化学防除

3.1.1 棉田化学除草的发展历程。纵观当今世界农药的发展趋势,化学除草剂是农药研究和开发中最为活跃、最为迅猛的一支。我国化学除草起步较晚。1956年开始进行农田化学除草试验,主要对少数除草剂品种进行小面积多点试验和小范围示范,以筛选出适用于棉田的除草剂品种及相应的使用技术。20世纪70年代中期以后,棉田化学除草进入示范推广阶段,伏草隆、敌草隆、除草剂一号、扑草净及除草醚等化学除草剂开始在棉田大面积使用。后来在棉田推广氟乐灵防除一年生禾本科杂草取得成功,化学除草面积才逐年扩大。至20世纪80年代中期,棉田化学除草面积已发展到棉田总面积的10%左右。随后,又开始在棉田推广使用乙草胺、异丙甲草胺、地乐胺、

敌草隆、二甲戊灵等土壤处理除草剂和精吡氟禾草灵、氟吡甲禾灵、啶禾灵、烯禾啶等茎叶处理除草剂防除禾本科杂草。此外,还运用草甘膦等内吸传导型除草剂防除狗牙根、香附子、双穗雀稗、狗尾草、马齿苋、小飞蓬等单子叶与双子叶杂草,运用克无踪等触杀型除草剂进行行间定向喷雾防除多种杂草^[9]。

目前,在我国登记生产的化学除草剂达 100 多个品种,占农药总数的 20%,再加上国外进口,市面上现有的除草剂种类逐年上升^[9]。我国各级科研、推广单位已经对 70 余种除草剂在不同条件下直接进行了棉田应用研究,主要针对不同耕作方式棉田进行新型除草剂的筛选,验证不同类型除草剂的田间防效及对作物的安全性等^[20]。但截至目前,与麦田、稻田化学除草相比,棉田化学除草面积仍然较小,使用的除草剂种类也较少。

3.1.2 棉田常用除草剂。由于棉花属于双子叶作物,对多种除草剂比较敏感,除草剂的选择和使用技术要求也比较严格。目前应用广泛、防效较好的棉田除草剂主要有播前、播后苗前或移栽前土壤处理剂——甲草胺、乙草胺、氟乐灵、乙氧氟草醚、异丙甲草胺、二甲戊灵、扑草净、敌草隆等;苗后茎叶处理剂——稀禾啶、精吡氟禾草灵、草甘膦、百草枯、氟吡甲禾灵、啶禾灵、噻草硫醚等。以上均为单剂,棉田优秀混剂有棉草宁(有效成分为乙草胺、恶草灵)、棉草灵(有效成分为丁草胺、恶草灵)、壮苗除草灵(有效成分为乙草胺、多效唑)、旱草灵(有效成分为乙草胺、乙氧氟草醚)等。且多种药剂具有较好的互补效力,可以在田间直接混用。比如,敌草隆与除草醚、地乐胺与甲草胺、氟乐灵与扑草净、氟乐灵与敌草隆、甲草胺与绿麦隆、绿麦隆与除草醚等^[18-21]。

3.1.3 化学防除技术。使用化学除草剂防治棉田杂草技术要求较高,使用不当不但起不到应有的除草效果,还会对棉花或下茬作物造成药害。因此,在选择除草剂的时候,首先应该综合考虑棉花品种、杂草群落组成、棉花生育期、栽培制度、耕作方式、除草剂杀草谱及药效持续时间等因素;其次注意使用的时期、剂量及方法,根据土壤类型及天气情况正确地使用除草剂;最后应注重具有不同杀草谱、作用机理互补的除草剂的合理

混用,以扩大杀草谱,延长持效期,增强除草活性和提高防除效果。同时,可以避免因长期使用单一的除草剂使杂草产生抗药性^[22]。

虽然化学除草剂的广泛应用大大提高了棉花的生产效率,成为棉田生产必不可少的技术要素,但也给人类的生存环境带来了一些负面影响,主要表现在长残留除草剂对后茬敏感作物的危害,以及对土壤和地下水的污染。由于施药不当或蒸发作用导致化学除草剂进入大气,造成大气污染;除草剂生产、运输、使用过程中产生的废水、包装物等处理不当造成的水源污染等^[21-23]。因此,在应用化学除草剂时,不仅要考虑其除草效果,同时也应该考虑其对作物和生态环境的影响。因地制宜,合理地使用化学除草剂在棉花生产中起着至关重要的作用。

3.2 棉田杂草的生物防除

由于生物除草具有经济安全、效果持久、不污染环境、投资少等优点,生物除草剂的研究和开发受到了各国的广泛关注。生物除草包括植物源除草、动物源除草和微生物源除草。植物源除草主要是利用植物相克原理,采取轮作的方式,或者寻找、培育抗草除草的作物,充分利用作物本身的抗草除草特性进行草害防治^[24]。动物源除草主要是利用植食性昆虫食性的差异达到除草的目的。我国在昆虫除草方面取得了一定的成果。例如,通过对空心莲子草叶甲食性的一系列测试证明,空心莲子草叶甲专一性取食空心莲子草,安全性较高,可以有效地控制多年生恶性杂草空心莲子草^[25]。但是,目前国内仅有极少数将昆虫用于棉田杂草防治的报道。新疆兵团农二师三十团利用尖翅小卷蛾防治扁秆蔗草,新疆兵团农二师农业科学研究所利用喜食扁蓄的角胫叶甲防治扁蓄等。但是昆虫生活史的特殊性,大大限制了昆虫除草剂的使用和除草效果。

比昆虫除草应用更广、效果更突出的是微生物源除草^[26]。目前,我国杂草科学工作者已筛选出了一批具有一定除草潜力的微生物菌株。山东省农业科学研究院筛选和应用一种专性寄生于菟丝子的真菌——胶孢炭疽菌制成“鲁保一号”菌剂,效果显著^[27]。南京农业大学从紫茎泽兰植株上分离、筛选出链格孢菌,其产生的杀草毒素

AAC-Toxin 对紫茎泽兰和检测的其它 25 种杂草都具有很强的致病性^[28]。并且成功开发了一种环保、高效的防除禾本科恶性杂草的生物除草剂敌散克(Disancu),已经获得了高达 90%的田间试验效果。中国农业大学从稗草病株中分离出 13 个菌种,其中尖角突脐孢和弯孢菌种的除稗效果达 80%左右,而对水稻等大部分作物安全^[29]。当前尚未商业化但很有应用前景,尤其是应用在棉田杂草防除上的病原真菌有:炭疽菌防治刺黄花稔,凋萎病真菌防除有距单花葵,决明链格孢菌针对性地防除决明,砖红镰刀菌防除苘麻等^[30]。

4 棉田杂草研究存在的主要问题

近几十年来,虽然我国棉田杂草的基础理论和防除技术研究得到了较快的发展,但仍存在许多不容忽视的问题,主要表现在以下几方面。

4.1 除草剂使用技术不当,药害频繁发生

由于除草剂所作用的靶标杂草与作物都是植物,生理机能类似,因此除草剂比杀虫剂和杀菌剂更易对作物造成药害,其田间使用技术要求更高。然而,我国棉田分布范围广,不同棉区杂草的种类和消长规律存在一定的差异,目前尚未制定出系统完整的棉田除草剂安全使用技术标准^[31]。另一方面,除草剂的品种日新月异,其特性和用途千差万别,农民对日益增多的除草剂性能和使用方法都不甚了解,再加上农民的施药技术手段落后,导致生产中因选错除草剂品种、使用剂量过高、盲目混用农药、施用时期和方法不当、长残留除草剂大量应用、随意使用喷雾器及喷雾器清洗不干净等等,对作物造成药害的事件频繁发生,轻者减产,重者绝收,严重影响了我国的农业生产^[32]。虽然国内已经开展了常用除草剂的药害及预防技术研究,但仍处于基础理论研究和室内及田间试验阶段^[33],目前尚未进入实际生产应用阶段。对农民的技术培训和指导也相对较少,且多集中在粮食作物的研究上,针对棉田除草剂药害的研究少见报道。

4.2 种群演替加快,防除技术滞后

不同除草剂由于作用方式不同,其杀草谱存在较大差别。例如,氟乐灵仅对一年生禾本科杂草和部分小粒种子的阔叶杂草有效;生长调节类

除草剂(2,4-D)可选择性地杀灭阔叶杂草。因此,长期在同一地区重复使用一种或少数几种除草剂,致使一些非靶标杂草上升为新的优势杂草种群,导致棉田原有杂草群落结构发生改变。研究表明,随着氟乐灵、地乐胺等除草剂在棉田的连年使用,马唐、牛筋草等禾本科杂草得到了有效的控制,但是阔叶杂草婆婆纳、反枝苋成为新的严重危害棉田的杂草群落^[34]。棉田常年使用乙草胺、啶禾灵等防除单子叶杂草,使得杂草群落中单子叶杂草的种群优势度降低,而双子叶杂草种群优势度明显上升^[2]。农田杂草群落改变和群落演替加速,导致难治杂草种类增多,农田杂草危害加剧,防治难度加大。

4.3 转基因抗除草剂棉花研究滞后

相对于转基因抗虫棉来说,我国转基因抗除草剂棉花的开发与应用起步较晚。目前,国内仅有少量关于抗除草剂棉花的研究报道。中国科学院棉花研究所,通过构建含有从高抗草甘膦的棉花突变株中克隆的 *epsps* 基因的植物表达载体,经农杆菌介导法转化初步验证了该基因的功能,为进一步在棉花中转化奠定了基础^[35];浙江大学农业与生物技术学院通过愈伤组织诱导及抗性愈伤组织再生等手段,获得了非转基因抗草甘膦的棉花突变体^[36];中山大学生物防治国家重点实验室及河南师范大学生命科学学院等单位将抗草甘膦突变基因 *aroAM12* 导入到棉花中,获得了抗草甘膦的再生植株,并通过 Southern 及 Western 试验验证了该基因的导入和表达状况,结果表明,转化株对草甘膦具有很高的抗性^[37]。但是,目前国内抗除草剂棉花植株的获得尚停留在实验室研究阶段,进一步的遗传转化、生产释放和推广应用还需要一段研究过程。

5 棉田杂草研究的发展趋势

5.1 注重基础理论研究

基础理论是杂草科学发展的动力和源泉,在建立完善的棉田杂草综合防除体系之前,必须具备科学严密的基础理论。杂草种类繁多,且其生长受到多种因素的影响,因此杂草生物学和生态学、生理生化及遗传学将始终是人们研究的重点,包括杂草种群生态和群落动态、杂草种

子库的建立、杂草的时空消长规律、杂草的生活史、杂草与作物间的相互作用、杂草调查以及建立杂草长期监测和预警系统等。长期监测主要棉区的杂草类型及优势种,建立对棉田杂草的综合认识,对有效地开展杂草防除具有重要的意义。目前,国内杂草的基础理论研究主要集中在水稻、玉米、小麦、油菜等粮食作物上,而针对棉田杂草的研究相对缺乏。

5.2 加快新型化学除草剂的创制

化学除草作为棉花现代化栽培体系的重要组成部分,在棉田杂草防除中具有不可替代的作用。虽然我国已成为世界除草剂主要生产和出口国之一,但我国除草剂的研发还存在较多问题。其中,最突出的是老品种占主导地位,而作用机理新颖、选择性高、易降解、对作物安全的新型化学除草剂品种开发缓慢。其次,在生产上可供选择的除草剂品种较单一,杀草谱较窄。我国现有的棉田除草剂主要用于防除一年生禾本科杂草及部分阔叶杂草,而针对棉田多年生阔叶杂草和莎草的除草剂品种相对较少。因此,研发、筛选高效安全的除草剂是推动棉田化学除草技术发展的基础。可喜的是,我国在新品种的研制创新方面已经取得突破性进展,中国科学院上海有机化学研究所初步研究结果表明,嘧啶羟酰胺缩合酯类新化合物 SIOC-H-057 能有效防除棉田阔叶杂草和莎草,对禾本科杂草也有一定抑制作用,在棉田的开发前景广阔^[38]。

与此同时,除草剂安全剂的研究使用也备受关注。安全剂可以通过调节作物中酶的活性,改善作物对除草剂的耐力,从而在不影响除草剂对靶标杂草活性的前提下有选择地保护作物免遭除草剂药害^[39]。目前,国际上已商业化的除草剂安全剂有 20 余种,但适用于棉田除草剂的安全剂尚未问世^[40]。作为全球用量最大的除草剂,草甘膦在棉田杂草的防除中也起着非常重要的作用,但尚未开发出成熟的抗草甘膦药害的安全剂。因此,研究草甘膦等常用除草剂的安全剂具有十分迫切和重要的意义。

5.3 加强杂草抗药性的监测和治理

由于长期重复使用同型除草剂,导致具有抗性的杂草生物型不断出现,降低了化学除草剂的

防除效果,增加了杂草防除的难度。最新的国际抗性杂草调查结果显示,在 53 个国家发现了 194 种杂草(114 种双子叶和 80 种单子叶杂草)的 341 种抗性生物型,而我国也已在水稻、小麦和玉米田中发现 8 种杂草的 9 种抗性生物型^[41]。虽然至今在我国还未有棉田抗性杂草的报道,但由于我国棉田普遍重复使用单一禾本科杂草靶标除草剂,增加了这类杂草的选择压力,加快了除草剂靶标基因突变,提高了敏感杂草转变为抗药性杂草的风险。目前,全球最主要的 10 种抗性杂草中有 5 种是我国棉田常见的杂草,因此,棉田杂草的抗性风险问题应该引起人们的高度重视。

研究杂草的抗药性水平及抗药性产生的机制,将有助于人们更为有效地防止抗性杂草的产生。中国农业科学院植物保护研究所研究了稗草、日本看麦娘、播娘蒿等杂草对丁草胺、甲磺隆、氯磺隆、苯磺隆等的抗药性,调查了十几个省份 100 多个播娘蒿种群的抗药性水平,并且从分子水平上明确了播娘蒿对苯磺隆产生抗药性的机制^[42];南京农业大学通过室内生测和野外田间试验,发现了我国抗草甘膦小飞蓬和野芥菜种群,发展了抗 ACC 酶靶标除草剂的检测方法,并且研究了江苏、安徽两省 11 个油菜田日本看麦娘种群对高效氟吡甲禾灵的抗药性及对其它药剂的交互抗性水平^[43];山东农业大学运用单剂量甄别技术对采自山东、河南、安徽等地 10 个猪殃殃生物型对苯磺隆的抗药性水平进行了检测^[44];吉林省农业科学院和延边大学调查了吉林省各主要水稻产区抗性杂草雨久花的发生和分布状况,并对延边地区雨久花抗磺酰脲类除草剂的机理进行了初步的研究^[45]。这些研究思路和方法都可借鉴用于今后棉田杂草抗药性的研究。

5.4 推进生物除草技术的研究

相对于病虫的生物防治,杂草的生物防除存在一定的难度。由于其极大的局限性,生物除草剂也难与人工合成的化学除草剂进行竞争。但由于生物除草剂具备对环境友好,使用中在作物体内及土壤中无残留等优点,以及人们对环境问题的关注程度日益提高,为生物除草剂研究的深入开展注入了无限的动力。随着在世界范围内对杂草天敌资源调查的广泛开展,人们将更深刻地了

解天敌生物对杂草侵染和控制的机理,将有更多的材料可供选择,用于发展高效、对环境安全的生物除草剂。我国经济的飞速发展,以及在农业上实施的可持续发展战略,给我国生物除草剂的研究和发展提供了契机。

5.5 促进转基因抗除草剂棉花的研发与应用

生物技术的快速发展,尤其是转基因技术的应用,为现代农业的发展注入了新的活力。其中,转基因抗除草剂作物因其具有易管理、除草效果明显、安全性高和保护环境等优点,引起了人们的普遍关注。自1995年和1997年美国率先开始种植转基因抗溴苯腈和抗草甘膦棉花以来,抗除草剂棉花在美国的种植面积占棉花总种植面积从1995年的0.1%增加到2009年的94.8%^[46]。尽管我国转基因抗除草剂作物研究的总体水平与发达国家还存在较大差距,但经过多年研究和努力,目前已经分离和鉴定了3个拥有自主知识产权的草甘膦高抗基因,并已经获得一批稳定表达的单抗除草剂和具有抗虫抗除草剂复合性状的转基因棉花新材料。随着农业现代化水平的提高,农村劳动力大量城市化转移,棉花生产对抗除草剂品种的需求越来越强烈。转基因抗除草剂棉花势必将成为我国继抗虫棉之后有望推广的另一类转基因棉花产业化品种。

参考文献:

- [1] 王荣龙,刘定忠,陶碧庆,等. 赣北棉区棉田杂草调查初报[J]. 江西棉花, 2000, 22(1): 23-25.
WANG Rong-long, Liu Ding-zhong, Tao Bi-qing, et al. Primary report of cotton field weed investigation in north of Jiangxi cotton region[J]. Jiangxi Cotton, 2000, 22(1): 23-25.
- [2] 刘生荣. 关中棉区棉田杂草分布及化学除草技术[J]. 陕西农业科学, 2004(5): 96-97.
LIU Sheng-rong. Distribution and chemical control techniques of cotton field weeds in cotton cultivated areas of Guanzhong Shaanxi [J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2004(5): 96-97.
- [3] 张朝贤,朱文达,曲哲,等. 棉田和油菜田杂草化学防除[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
ZHANG Chao-xian, Zhu Wen-da, Qu Zhe, et al. Chemical weeding in cotton and rapeseed field [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004.
- [4] 冯宏祖,王兰. 新疆南部棉区棉田杂草调查[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(7): 2819-2820, 2986.
FENG Hong-zu, Wang Lan. Weed survey in cotton field in Southern Xinjiang[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008, 36(7): 2819-2820, 2986.
- [5] 张泽溥. 我国棉田杂草种类、分布及防除[J]. 杂草科学, 1994(3): 7-9.
ZHANG Ze-bo. Weed species, distribution and control in cotton field of China[J]. Weed Science, 1994(3): 7-9.
- [6] 强胜,沈俊明,张成群,等. 种植制度对江苏省棉田杂草群落影响的研究[J]. 植物生态学报, 2003, 27(2): 278-282.
QIANG Sheng, Shen Jun-ming, Zhang Cheng-qun, et al. The influence of cropping systems on weed communities in the cotton fields of Jiangsu Province [J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2003, 27(2): 278-282.
- [7] 强胜,魏守辉,胡金良. 江苏省主棉区棉田杂草草害发生规律的研究[J]. 南京农业大学学报, 2000, 23(2): 18-22.
QIANG Sheng, Wei Shou-hui, Hu Jin-liang. Study on weed infestation in main cotton regions of Jiangsu Province [J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2000, 23(2): 18-22.
- [8] 李秀钰,邓传松. 淮北沿海棉区杂草发生情况及化除配套技术[J]. 中国棉花, 2003, 30(1): 38.
LI Xiu-yu, Deng Chuan-song. Occurrence of weeds and chemical control technology in cotton regions in the Area North of the Huaihe River[J]. China Cotton, 2003, 30(1): 38.
- [9] 吴建荣,唐维林,石学旭,等. 江苏淮北棉区棉田杂草发生种类分布及其消长规律研究[J]. 江苏农业科学, 1998(5): 35-37.
WU Jian-rong, Tang Wei-lin, Shi Xue-xu, et al. Occurrence, distribution and growth and decline of weeds in cotton field in the north area of Huaihe River of Jiangsu Province [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 1998(5): 35-37.
- [10] 樊翠芹,王贵启,李秉华,等. 地膜覆盖对棉花田杂草发生规律的影响 [C]// 第九届全国杂草科学大会论文摘要集. 西宁: 中国植物保护学会杂草学分会, 2009: 9.
FAN Cui-qin, Wang Gui-qi, Li Bing-hua, et al. Effects of film mulching on occurrence principle of weeds in cotton field[C]// The 9th National Weed Science Conference. Xi'ning: Weed Science Society of China, CSPP, 2009: 9.
- [11] 崔金杰,夏敬源. 转Bt基因棉田昆虫群落多样性及其影响因素研究[J]. 生态学报, 2000, 20(5): 824-829.
CUI Jin-jie, Xia Jing-yuan. Studies on the components of diversity of the community in transgenic Bt cotton[J]. Acta Ecologica Sinica, 2000, 20(5): 824-829.
- [12] 崔金杰,夏敬源,雒珺瑜,等. 转双价基因棉田昆虫群落的多样性研究[J]. 河南农业大学学报, 2005, 39(2): 151-154.
CUI Jin-jie, Xia Jing-yuan, Luo Jun-yu, et al. Studies on the diversity of insect community in the transgenic Cry1Ac plus CpTI cotton field[J]. Journal of Henan Agricultural University, 2005, 39(2): 151-154.

- [13] 孙 强,沈恩庭. 抗虫棉对棉田杂草和农业昆虫种群数量的影响[J]. 安徽农学通报, 2001, 7(3): 45-47.
SUN Qiang, Shen En-ting. Effects of pest-resistant cotton on species community of weeds and agricultural pests[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2001, 7(3): 45-47.
- [14] 柏立新,张龙娃,陈小波,等. 转 Bt 基因保铃棉对棉田杂草群落组成与多样性的影响 [J]. 植物生态学报, 2003, 27(5): 610-616.
BO Li-xin, Zhang Long-wa, Chen Xiao-bo, et al. Composition and diversity of the weed community in transgenic Bt cotton (four bollguard strains) fields[J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2003, 27(5): 610-616.
- [15] 李红阳,李慈厚,周加春,等. 盐城棉区抗虫棉棉田杂草的种类及危害[J]. 江西棉花, 2007, 29(2): 15-17.
LI Hong-yang, Li Ci-hou, Zhou Jia-chun, et al. Kinds and harm of zoophobous cotton field weeds Yancheng cotton area [J]. Jiangxi Cottons, 2007, 29(2): 15-17.
- [16] 刘生荣,刘党培. 地膜棉化学除草防效及效益[J]. 陕西农业科学, 1997(5): 26-27.
LIU Sheng-rong, Liu Dang-pei. Chemical weed control in plastic-mulched cotton field[J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 1997(5): 26-27.
- [17] 崔金杰,简桂良,马 艳. 棉花病虫草害防治技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008: 133.
CUI Jin-jie, Jian Gui-liang, Ma Yan. Control techniques of pests, diseases and weeds in cotton field [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2008: 133.
- [18] 彭 军,马 艳. 棉田杂草发生危害及防除技术概述[J]. 中国棉花, 2008, 35(10): 7-9.
PENG Jun, Ma Yan. Review of weed occurrence and control techniques in cotton field[J]. China Cotton, 2008, 35(10): 7-9.
- [19] 高孝华,李风云,曲耀训,等. 棉田化学除草剂主要种类特性及应用[J]. 中国棉花, 2008, 35(4): 22.
GAO Xiao-hua, Li Feng-yun, Qu Yao-xun, et al. Characteristics and application of main chemical herbicide in cotton field [J]. China Cotton, 2008, 35(4): 22.
- [20] 官守学,李洪林,徐从辉. 赣北棉区移栽棉田免中耕化学除草技术[J]. 江西棉花, 2008, 30(3): 60.
GUAN Shou-xue, Li Hong-lin, Xu Cong-hui. Chemical weeding techniques in transplanted cotton field in north Jiangxi cotton regions[J]. Jiangxi Cottons, 2008, 30(3): 60.
- [21] 刘生荣,张俊杰,李葆来,等. 我国棉田化学除草应用研究现状及展望[J]. 西北农业学报, 2003, 12(3): 106-110.
LIU Sheng-rong, Zhang Jun-jie, Li Bao-lai, et al. Status and perspectives on the applied researches of herbicides in cotton field of China[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2003, 12(3): 106-110.
- [22] 樊翠芹,王贵启,王恒亮,等. 乙草胺·扑草净悬浮剂在棉花田的除草效果及安全性评价[J]. 河北农业科学, 2008, 12(5): 33-35, 53.
FAN Cui-qin, Wang Gui-qi, Wang Heng-liang, et al. Study on control effect of Acetochlor·Prometryne SC on cotton field weed and its safety evaluation[J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2008, 12(5): 33-35, 53.
- [23] 李淑梅. 化学除草剂对土壤动物影响的研究进展[J]. 农业与技术, 2007, 27(5): 95-96.
LI Shu-mei. Research progresses of the effect of chemical herbicide on soil animals[J]. Agriculture and Technology, 2007, 27(5): 95-96.
- [24] 何 军,马志卿,张 兴. 植物源农药概述[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2006, 34(9): 79-85.
HE Jun, Ma Zhi-qing, Zhang Xing. Review of botanical pesticide [J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2006, 34(9): 79-85.
- [25] 吴珍泉,蔡元呈,郭振铎,等. 空心莲子草叶甲寄主专一性测验[J]. 华东昆虫学报, 1994, 3(2): 98-100.
WU Zhen-quan, Cai Yuan-cheng, Guo Zhen-xian, et al. Test on host specificity of alligatorweed flea beetle *Agasicles hygrophila* Selman and Vogt[J]. Entomological Journal of East China, 1994, 3(2): 98-100.
- [26] 孙 巍,张 蕾,吴 迪,等. 微生物除草剂的研究进展与展望[J]. 微生物学杂志, 2006, 26(2): 88-91.
SUN Wei, Zhang Lei, Wu Di, et al. Progress of research and perspectives on microbial herbicide [J]. Journal of Microbiology, 2006, 26(2): 88-91.
- [27] 高昭远,干静娥. 菟丝子的生物防除——“鲁保一号”的研究进展[J]. 生物防治通报, 1992, 8(4): 173-175.
GAO Zhao-yuan, Gan Jing-e. Research progresses on *Colletotrichum gloeosporioides* Penz f.sp. *Cuscutae*, a mycoherbicide of *Cuscuta Chinensis* Lam[J]. Chinese Journal of Biological Control, 1992, 8(4): 173-175.
- [28] CHEN Shi-guo, Xu Xiao-ming, Dai Xin-bin, et al. Identification of tenuazonic acid as a novel type of natural photosystem II inhibitor binding in QB-site of *Chlamydomonas reinhardtii* [J]. *Biochimica et Biophysica Acta*, 2007, 1767(4): 306-318.
- [29] 陈 勇,倪汉文. 中国稗草病原真菌对稗草及水稻的致病性[J]. 中国生物防治, 1999, 15(2): 73-76.
CHEN Yong, Ni Han-wen. Pathogenicity of indigenous fungi to *Echinochloa crusgalli* and rice[J]. Chinese Journal of Biological Control, 1999, 15(2): 73-76.
- [30] 朱 秦,强 胜. 真菌除草剂的剂型及应用研究现状[J]. 农药, 2004, 43(8): 337-341.
ZHU Qin, Qiang Sheng. The present status of formulation and application of mycoherbicide[J]. Agrochemicals, 2004, 43(8): 337-341.
- [31] 张兴华,李 捷. 江西省棉田除草剂安全使用技术标准及制

- 定初探[J]. 杂草科学, 2008(4): 70-72.
- ZHANG Xing-hua, Li Jie. Technique standard and establishment of making use of herbicides in cotton field in Jiangxi Province[J]. Weed Science, 2008(4): 70-72.
- [32] 金宗亭, 曹忠新, 冯爱丽, 等. 棉花常见除草剂药害的产生及补救措施[J]. 中国棉花, 2005, 32(1): 33-34.
- JIN Zong-ting, Cao Zhong-xin, Feng Ai-li, et al. Occurrence and remedial measures for crop injury by herbicides commonly used in cotton field[J]. China Cotton, 2005, 32(1): 33-34.
- [33] 丁伟, 白鹤, 程苗, 等. 咪唑乙烟酸降解菌的分离、鉴定及其降解特性研究[J]. 环境科学, 2008, 29(5): 1359-1362.
- DING Wei, Bai He, Cheng Zhuo, et al. Isolation and identification of imazethapyr degradable bacteria and its degradation characteristics[J]. Chinese Journal of Environmental Science, 2008, 29(5): 1359-1362.
- [34] 吴建荣, 吉荣龙, 崔必波, 等. 除草剂对棉田杂草群落结构的影响[J]. 江苏农业学报, 2001, 17(1): 28-33.
- WU Jian-rong, Ji Rong-long, Cui Bi-bo, et al. Effects of herbicides on weed community structures in cotton fields[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2001, 17(1): 28-33.
- [35] 楚宗艳, 王坤波, 宋国立, 等. 棉花抗草甘膦基因表达载体的构建及其初步验证[J]. 中国棉花, 2008, 35(6): 21-22.
- CHU Zong-yan, Wang Kun-bo, Song Guo-li, et al. Construction and preliminary verification of gene expression vector of glyphosate resistant cotton[J]. China Cotton, 2008, 35(6): 21-22.
- [36] 祝水金, 汪静儿, 俞志华, 等. 棉花抗草甘膦突变体筛选及其在杂种优势利用中的应用[J]. 棉花学报, 2003, 15(4): 227-230.
- ZHU Shui-jin, Wang Jing-er, Yu Zhi-hua, et al. A cotton mutant resist to glyphosate and its utilization in cotton heterosis [J]. Cotton Science, 2003, 15(4): 227-230.
- [37] 谢龙旭, 李云锋, 徐培林. 根瘤农杆菌介导的转 aroAM12 基因棉花植株的草甘膦抗性[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2004, 30(2): 173-178.
- XIE Long-xu, Li Yun-feng, Xu Pei-lin. Glyphosate-resistant cotton (*Gossypium hirsutum* L.) transformed with aroAM12 gene via *Agrobacterium tumefaciens*[J]. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology, 2004, 30(2): 173-178.
- [38] 唐庆红, 陈杰. 棉花田除草活性化合物 SIOC-H-057 生物活性评价[C]// 第九届全国杂草科学大会论文摘要集. 西宁: 中国植物保护学会杂草学分会, 2009:54.
- TANG Qing-hong, Chen Jie. Bioactivity assessment on the novel herbicidal compound SIOC-H-057 in Cotton [C]//The 9th National Weed Science Conference. Xi'ning: Weed Science Society of China, CSPP, 2009: 54.
- [39] 叶非, 徐伟钧. 除草剂安全剂的生理生化作用机制研究进展[J]. 植物保护学报, 2008, 35(4): 367-372.
- YE Fei, Xu Wei-jun. Advances in the studies on physiological mechanism of safenor[J]. Journal of Plant Protection, 2008, 35(4): 367-372.
- [40] 毕洪梅, 张金艳, 叶非, 等. 除草剂安全剂的研究发展现状及商业前景[J]. 世界农药, 2007, 29(2): 13-14.
- BI Hong-mei, Zhang Jin-yan, Ye Fei, et al. Herbicides security agents research and development status and business prospects [J]. World Pesticides, 2007, 29(2): 13-14.
- [41] Herbicide Resistance Action Committee (HRAC), the North American Herbicide Resistance Action Committee (NAHRAC), the Weed Science Society of America (WSSA). International survey of herbicide resistant weeds [DB/OL]. (2009-12-09). <http://www.weedscience.org/In.asp>.
- [42] 崔海兰, 张朝贤, 隋标峰, 等. 197 位脯氨酸突变导致播娘蒿对苯磺隆产生抗药性[C]// 第九届全国杂草科学大会论文摘要集. 西宁: 中国植物保护学会杂草学分会, 2009:113-114.
- CUI Hai-lan, Zhang Chao-xian, Sui Biao-feng, et al. Resistance of *Descurainia Sophia* to Tribenuron-methyl induced by praline 197 mutation [C]//The 9th National Weed Science Conference. Xi'ning: Weed Science Society of China, CSPP, 2009: 113-114.
- [43] 杨彩宏, 董立尧, 李俊, 等. 油菜田日本看麦娘对高效氟吡甲禾灵抗药性的研究[J]. 中国农业科学, 2007, 40(12): 2759-2765.
- YANG Cai-hong, Dong Li-yao, Li Jun, et al. Study on resistance of *Alopecurus japonicus* Steud. populations to haloxy fop-R-methyl in oilseed rape fields[J]. Scientia Agriculturae Sinica, 2007, 40(12): 2759-2765.
- [44] 彭学岗, 王金信, 吴翠霞, 等. 麦田猪殃殃对苯磺隆抗药性的快速检测[J]. 农药学报, 2008, 10(3): 311-314.
- PENG Xue-gang, Wang Jin-xin, Wu Cui-xia, et al. A quick-test for detection of herbicide resistance to tribenuron-methyl in *Galium aparine* [J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2008, 10(3): 311-314.
- [45] 吴明根, 曹凤秋, 刘亮. 磺酰脲类除草剂对抗、感性雨久花乙酰乳酸合成酶活性的影响[J]. 植物保护学报, 2007, 34(5): 545-548.
- WU Ming-gen, Cao Feng-qiu, Liu Liang. Effect of sulfonylurea herbicides on the acetolactate synthases activity between resistant and susceptible biotypes of *Monochoria korsakowii* [J]. Journal of Plant Protection, 2007, 34(5): 545-548.
- [46] USDA-AMS. Cotton varieties planted-United States 2009 Crop [EB/OL]. (2009-12-09). <http://www.ams.usda.gov/cotton/>.