

立足国情,积极发展节水农业

To Develop the Water – Saving Agriculture Based on National Conditions

康绍忠 马孝义

(西北农业大学农业水土工程研究所 陕西杨陵 712100)

一、发展节水农业是保证我国农业可持续发展和食物安全的必然选择

水资源短缺是一个全球性问题,早在1972年联合国召开的“人类环境”会议和1979年召开的“水”的大会上就向全世界发出警告“水不久将成为一项严重的社会危机,石油危机之后的下一个危机便是水”。人们越来越深刻地认识到,水不仅是农业的命脉,也是经济发展的命脉、人类生存的命脉。1992年100多个国家元首和政府首脑通过的《二十一世纪议程》提出:“水不仅是地球上的一切生命所必需,而且对一切社会经济部门具有生死攸关的重要意义”。1998年召开的世界水问题部长级会议上法国总统希拉克更是尖锐指出:“人类本世纪为能源而战,而下世纪将为水而战”。水的重要性已形成国际共识。对我国而言,水对农业和整个国民经济的发展更具有特别重要的意义,主要表现为:

人均水资源不足世界平均水平的 1/4, 属世界

上 13 个贫水国之一,居世界 109 位。

水资源地区分布不均, 81%的水资源集中在长江流域及其以南地区, 占我国耕地 64.1%的北方地区, 人均水资源 519m³, 仅分别为全国和世界平均水平的 1/5 和 1/20, 且降雨、径流年内年际变差很大, 水资源中大量为洪水, 难以充分利用, 枯水季节的缺水问题十分突出。联合国粮农组织已经指出我国北方、印度南方和墨西哥水问题的严重性。

由于我国人均耕地仅为世界平均水平的 1/3, 为解决吃饭问题, 农业复种指数很高, 对灌溉和水的依赖性很高。

水资源开发率已经很高, 黄河、淮河、海河已经超过 50% 以上, 超过国际上一般认为达到严重水荒的极限值 50%, 进一步开发的难度很大。

水环境问题严重, 主要为地下水位漏斗大量出现, 黄河干流长时间高频率断流。要解决这些问题, 又将加剧农业水危机。

我国农业用水比重仍很大, 达 74.3%, 远高于发达国家 50% 的水平, 随着我国下世纪初经济起飞, 农业用水将进一步被工业和城市生活用水所挤占。

杂交种及其配套栽培技术, 以及平衡施肥、节水灌溉、机械化育苗、移栽、耕作、收获、碎秆还田等配套技术。

(3) 西南春玉米区 以抗逆高产育种为主要目标, 发展适于不同海拔和地区的优质杂交种(包括筛选抗病、耐病资源, 培育抗多种病虫害的新杂交种/组合, 单产潜力 1 000 公斤/亩的耐干旱、耐贫瘠、耐酸性土壤、高蛋白质的玉米品种), 研究旱坡地、干旱地玉米综合栽培技术(包括地膜覆盖、平衡施肥、土壤培肥蓄水等), 提高玉米产量潜力, 以优质蛋白玉米为突破口解决粮食—饲料、水稻—玉米双丰收和当地人民脱贫致富的问题。

(4) 西北春玉米区 是我国潜在的超高产玉米新区, 应研究开发利用水资源、发展节水技术, 研究培育超高产的玉米新品种/组合(单产潜力 1 200 公斤/亩以上), 研究以节水技术、旱作农业为核心的玉米超高产配套栽培技术体系, 使该区成为我国重要的玉米生产基地之一。

4. 棉花

(1) 长江流域棉区 主攻均衡高产。开发抗红铃虫和黄萎病、早熟的新品种及其配套栽培、保健技术。实现高产棉区棉花大面积单产 150 公斤/亩左

右, 浅山、丘陵、岗地棉区平均单产达到 100 公斤/亩左右。

(2) 黄河流域棉区 主攻大面积均衡增产(即低产到中产、中产到高产)。选育抗黄萎病、棉铃虫、棉蚜、抗耐盐碱、早熟(生育期 100 天)、适应性好、均衡增产的品种(超高产 125~150 公斤/亩)。研究与开发粮棉双高产的栽培技术模式、全程耕作机械化技术、棉铃虫和黄萎病中长期预测预报及综合防治技术。实现优质棉基地县平均单产 80~90 公斤/亩、高产县 90~100 公斤/亩的目标。

(3) 西北内陆棉区 主攻大面积均衡高产和超高产。选育早熟、紧凑株型、抗棉蚜、枯萎病、黄萎病、均衡高产的新品种。实现高产田大面积单产达 200 公斤/亩、平均单产 100 公斤/亩的县达 15 个以上(面积达 800 万亩以上)的目标。选育超高产(200~240 公斤/亩), 优质(纤维长度、强度、细度和成熟度相协调), 抗黄萎病、枯萎病、棉红铃虫、棉蚜, 早熟(生育期 100 天), 株型紧凑, 低酚的新品种。研究解决地膜覆盖条件下超高产栽培适宜的化学调控、灌溉、氮磷配方施用、全程机械化、以生物防治为主的综合防治、人工防雹等技术。

(略去主要参考文献) (责任编辑 肖庆山)

全国水资源总量中国际河流有 7 000 亿 m^3 ，流域面积占国土面积 30%，国际河流的开发利用将会遇到新的挑战。

因此，面对 2030 年人口高峰期 16 亿人的吃饭问题，水危机形势将日趋严重。对此，国外的许多学者从不同动机出发指出：中国的供水危机将直接威胁世界粮食安全。另一方面，我国农业用水浪费十分严重，灌溉水的利用率只有 40% 左右，每方水的粮食生产效率只有 1 公斤左右，因此大力发展节水农业是解决我国 21 世纪粮食问题和保证国民经济可持续发展的必然选择。

二、节水农业的主要技术和管理措施体系

发展节水农业应着眼于从水源到农作物用水的五大环节，即水源、输配水、灌水、保水、用水和相应管水措施。水源主要是指地表水、地下水、天然降水等，要尽可能利用当地一切可以利用的水源，特别是对雨水的集蓄；输配水过程主要涉及输水配水系统的形式以及配水、量水建筑物、输配水系统的工作方式；灌水过程主要是各种灌水方法，包括地面沟畦灌溉、喷微渗灌；保水主要是采用覆盖、土壤培肥、抗旱剂等提高作物的水分利用效率；用水主要是指根据作物需水规律和作物节水的机制，尽量减少作物水分消耗，提高水的生产效率，这五大环节中均有一定的水量损失和节水潜力。因此节水农业的主要任务是尽量减少这五大环节中的水量损失，提高水的利用率和生产效率。这些措施的实现都必须通过有效的管理措施，即“管水”来实现，节水农业的技术和管理措施体系如图 1 所示。

三、对我国发展节水农业几个问题的思考

1. 立足国情，发展节水农业

采用何种技术战略发展节水农业，是一个国家节水农业能否快速发展的关键。在国外，以色列、沙特阿拉伯、阿曼等国，灌溉规模小、水源短缺、经济实力强，所以实行以喷滴灌为主的技术战略。而埃及、印度、巴基斯坦等国灌溉面积大，以地表水灌溉为主，国力有限，则主要以灌区更新改造，发展地面灌溉为主。美国、前苏联灌溉面积大，经济技术实力雄厚，因此既注重改造原有地面灌溉系统，又大力发展喷滴灌，同时结合农业措施和管理措施，走综合发展节水高效农业的道路。我国人口多、耕地少、水资源能源少，农业人口比重大，目前每公顷年均水利投资只有 150 元左右。这就决定了我国发展节水农业，是一个长期的过程和艰巨的任务，不能急于求成，必须立足国情，走适合我国国情的节水农业发展道路。

走中国式发展节水农业道路，必须充分注意节水农业的地域性和阶段性特点。我国地域辽阔，各地的自然、农业、社会、经济条件差别很大，这就决定了我国发展节水农业必须以不同模式，按不同的层次，分不同阶段进行，不能全国一个模式，齐步

走。东部发达地区、城郊地区可以搞较高标准和较高投入的喷滴灌和设施农业，西部地区、山区、经济欠发达地区、旱地则可以发展投入较少、标准较低的节水农业。不能脱离实际，要求西部地区同东部地区采用同一模式达到同样的节水标准。

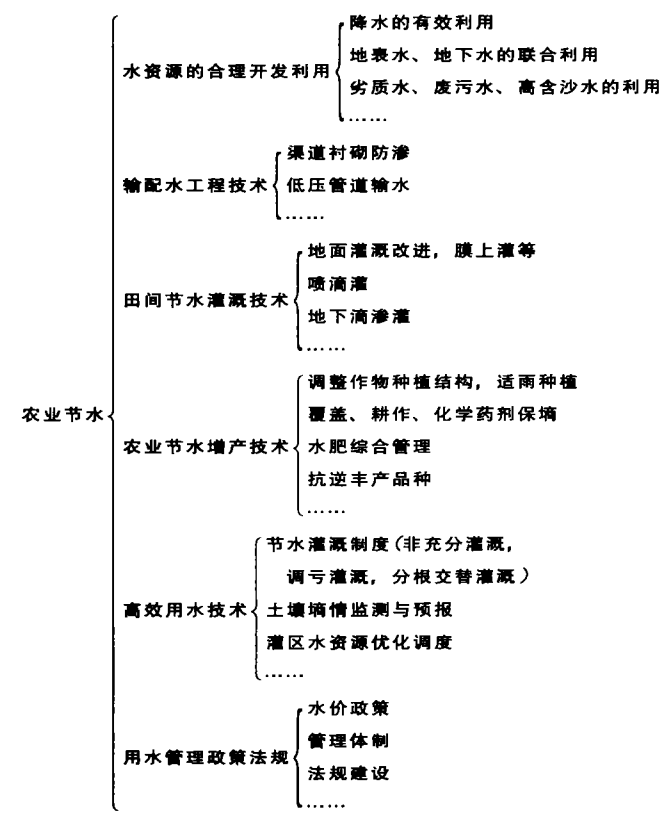


图 1 节水农业的技术与管理措施体系

走中国式发展节水农业道路，必须根据我国人多地少、农业精耕细作的特点，充分挖掘利用具有我国特色的节水技术，如抗旱坐水种、膜上灌、长畦分段灌、小管出流、果树土渗灌、点浇点灌等。这些技术虽然有许多不足，但在许多地方有投入产出比高、适合我国经济不发达的特点，必须充分开发利用。

2. 必须把推广渠道防渗、管道输水、改进地面灌溉和加强灌区地表地下水资源的优化调度为中心的灌区工程技术改造作为近期发展节水农业的主攻方向

在节水农业的主要环节中，输配水环节的主要技术如砼渠道防渗、管道输水等技术相对成熟，需要攻克的难点，如高含沙渠道输水、高寒地区防渗防冻害等技术相对较少，且近期研究解决的前景乐观，同时节水潜力最大。只要加大投入，将渠系水和管道水利用系数分别从 0.5、0.8 提高到 0.7、0.9，将可年节水 1 000 亿 m^3 左右。

地面灌溉将在相当长的时间仍然是我国主要灌水方式。这方面我国已有很多成熟技术和经验，如灌区的“三改一平”，即长畦改短畦、宽畦改窄畦、大畦改小畦和平整土地，投资小而见效快，可以大幅度提高田间水的利用率，我国已有许多特色灌水技术，如膜上灌、果树土渗灌、穴灌、抗旱坐水种、小

管出流、小孔出流,也具有成本低、适合国情的优点。只要进行扎实工作将地面灌溉的田间水利用系数由 0.75 提高到 0.85,可节约 300~500 亿 m^3 左右的水。

灌区各种水资源优化调度具有巨大的节水潜力。发达国家都十分重视灌区水资源的现代化管理工作,如美国的许多灌区都利用卫星遥感技术估算作物灌水量,通过计算机优化调度、自动遥控闸门,不仅节省人力,而且达到优化配置灌区水资源、防止灌区泄水损失的目的。我国的灌区节水管理方面已有许多先进实用成果,如土壤墒情、作物旱情和水源水情实时监测与预报,利用非充分灌溉原理和系统科学实现灌区地表、地下水资源的优化调度、灌区动态配水、渠系水量流量调控,以及各种简便、价廉、准确、适应性广的量水设备等,要加强这些技术的组装集成和推广。

因此,应把渠道防渗、管道输水和改进地面灌溉等灌区工程改造及水资源优化调度作为我国发展农业节水主攻方向,研究和开发适合我国国情的低成本输配水技术和灌水技术,特别是加强对已有成熟技术的集成、组装、配套,并进行大面积推广。

3. 最大限度地开发当地地表、地下水资源,充分发挥雨水、微咸水、废污水、高含沙水在农业发展中的作用,做好水源建设工作

当地水资源是指当地的降水、地表径流、土壤水、地下水。由于长距离引水和跨流域调水需耗费大量投资,水价昂贵,用于农田灌溉,农民将难以负担。据测算,南水北调中线引水至北京的供水水价在还贷期为 4 元/ m^3 ,还贷后为 1.5 元/ m^3 。因此,在可能条件下应尽量依靠当地水资源解决农业用水问题。据测算,在黄淮海平原的黄河以北农业用水量为 550~650 mm/a ;黄河以南地区为 650~750 mm/a 。这些地区在作物全年产量达到 6 000~6 750 kg/hm^2 时,缺水量仅 50~100 mm/a ,仅需引水灌溉定额 750~1 500 m^3/hm^2 ,而河南、山东个别灌区毛灌溉定额分别达 10 500~12 000 m^3/hm^2 、22 500 m^3/hm^2 。宁夏、内蒙河套灌区、旱作区的农业用水量约为 500 mm ,水稻区约为 600~650 mm ,当地年降雨量 150~200 mm ,旱作区年缺水量 300~350 mm ,水稻区年缺水 450 mm ,自区外引水的毛灌溉定额为,旱作区 4 500~5 250 m^3/hm^2 ,水稻区 6 750 m^3/hm^2 ,而现在这些灌区毛灌溉定额 12 000~15 000 m^3/hm^2 ,灌溉用水量过大。因此必须通过合理调控地下水位,开展井渠双灌,增加降雨入渗,减少无效蒸发,充分利用当地水资源,这样不仅可以大大减小引水量,促进全流域农业可持续发展,而且可以防止洪涝灾害和土壤盐渍化。

我国旱地占总耕地的一半以上,这些旱地中北方干旱半干旱地区占一半多,而西北黄土高原又占干旱半干旱地区旱地的一半左右,占当地总耕地的 80% 以上,这些地区由于其降雨少且暴雨多、地形起伏、地表地下水资源匮乏、经济欠发达,建设大型骨干水利工程难度很大,解决旱区缺水矛盾是这些地区农业发展的突出问题,搞好雨水利用具有十分重要的意义,因此在这些地区应通过“坡改梯、缓改平、荒沟改坝地、宜垦荒地改耕地”的农地改造和土壤深松、培肥地力、强化土壤等就地入渗,蓄积雨

水;通过发展“隔坡梯田”、“地膜垄沟覆盖”、“大垄沟耕作”等,实现雨水叠加利用,并采用旱地塑膜覆盖实现微地形聚水。通过沟谷、水窖蓄水,发展集雨补灌。

我国干旱半干旱地区河流含沙量大,特别是黄河中下游地区的河流含沙量最高达 1 500 kg/m^3 ,不少水利设施因水源含沙量高而无法灌溉,据陕西省泾、洛、渭灌区统计,每年因此停灌 20 天左右,而高含沙出现的时间一般为夏秋作物的需水关键期,常因停灌而导致作物减产。同时我国在高含沙输水、井河水掺混后输水、引水治沙等方面已有许多宝贵经验。因此要加大高含沙水流引用,用水用沙结合,这样既可缓解黄河流域严重缺水矛盾,又可改土增肥。

我国北方缺水地区咸水资源十分丰富。据测算,华北平原咸水面积就占其总面积的 51.5%,而且其矿化度小于 5 g/L 的淡咸水占总咸水面积的 60%,以年补给量 100 mm 计,可开采量达 36.3 亿 m^3 。同时西北内陆河区、内蒙河套、宁夏、陇中黄土高原等地也有大量的咸水资源。目前,先进国家十分重视咸水资源的利用,以色列的咸水利用量已占到总咸水量的 82%,而且在沙漠地区利用咸水灌溉生长的西红柿,在国际上竞争力很强。国内外研究表明,咸水利用的理论极限值在 15~20 g/L 左右,实际允许值 5~6 g/L ,只要灌溉定额得当,多年使用不会造成作物减产和土壤盐化,还会使作物增产。因此适当开发 2~5 g/L 的淡咸水灌溉,采用咸淡交替灌溉,具有巨大潜力。

目前我国污水排放量已达 350 亿 m^3 ,而且随着我国工业和城市用水量增加,污水利用潜力很大。我国利用污水灌溉已有 40 多年历史,现在已达到 333.6 万 hm^2 。研究污水净化、利用污水灌溉值得重视。

4. 必须做到水利措施与农业措施有机结合,形成一套综合农业节水技术体系

农业措施和工程措施相结合,发挥综合优势,达到节水、高产、高效是当前世界各国研究的热点。在这些领域我国已取得了一定成效,如水肥合理配置、以肥调水、蓄水耕作、秸秆、地膜覆盖、化学药剂保墒、适雨种植、抗旱作物品种选育等。但在农业、水利两方面的适用技术如何有机结合,形成有机的统一体,提高水的利用率和利用效率方面,研究得还不够深入、系统,远远满足不了节水农业发展的需要。因此必须打破专业界限,联合攻关,使田间“水—土—植—气”四位一体,维持良好的土壤水、肥、气、热、盐状况,做到蓄水、增水、保水、高效用水“四水”结合,最大限度提高各种农业水资源的利用率和利用效率。

5. 制定有利于激励发展节水高效农业的投入政策,建立地区之间农业用水相互占用补偿制度,建立工业占用农业用水的补偿制度,建立节水型灌溉管理体制,完善节水法制,实施依法用水和管水

国际上公认,节水农业的 50% 潜力在节水管理方面,因此加强灌溉水管理是发展节水农业的关键。目前我国灌溉水管理的核心问题是水价低,没有强制性的节水法规,没有解决好发展节水农业的利益机制。由于水价低,节水工程建设投入较大,农

民节水积极性不高。灌区节水也没有奖励,对大多数河流中上游灌区,节水还要减少水费收入,灌区节水积极性也有差异。河流的上下游地区由于其地理位置、社会经济条件的差异,发展节水农业积极性也有差别。因此必须适当提高水费,制定激励发展节水农业的投入政策,形成国家、集体、个人“三位一体”的共同投入、自我积累、自我发展、自我更新的发展节水农业新机制,以增强农民的节水意识和增加节水工程的投入。必须制定鼓励管理机构节水的政策,对灌区考核要由水费收入转向水费收入与灌区用水效率相结合,灌区事业费及各种工程更新改造费要与节水管理水平挂钩,节约用水奖励,超额用水处罚。必须逐步建立地区之间农业用水相互占用的补偿制度,通过利益机制调动各个地区的节水积极性,促进全流域水资源的高效利用。必须建立工业占用农业用水的补偿制度,以工补农,拓宽农业节水工程建设的奖金来源,促进其进入良性发展的轨道。必须加强水污染法规建设,实施依法用水、管水、防治农业用水污染。还必须总结和推广“用水者协会”、“抗旱服务队”、“股份合作制”及民办水利等适于我国国情的管理模式。

6. 积极进行节水灌溉设备的引进、消化、吸收和产业化开发

虽然从总体上看,我国相当长的时间内仍以渠道防渗、管道输水和地面灌溉为主,先进喷滴灌的比例不大,但由于灌溉规模大,喷滴灌面积却不小,严重缺水地区、东部发达地区、城郊地区先进节水灌溉设备的用量很大,市场前景广阔,而我国节水灌溉设备生产规模小而分散,专业化程度低,技术装备落后,缺乏行业龙头企业,在国外节水灌溉设备的大举进入面前,无招架之力。因此,必须以国家节水灌溉工程技术研究中心和农业高效用水科技产业示范工程建设为契机,通过引进、消化、吸收国外先进技术,加强自主开发,科工贸、产学研一体化,组装集成现有成熟技术,尽快形成我国节水农业设备生产的自有成套技术,实现节水农业设备生产从作坊式生产向产业化的跨越,树立一批节水农业的龙头企业和名牌产品,占领国内市场并逐步进入国际市场。

7. 抓好利用生物技术提高作物水分利用效率和现代信息技术在节水农业中应用等方面的技术创新,为未来的节水农业发展提供技术储备

提高作物的水分利用效率环节是目前研究中最为薄弱,且最具潜力的研究领域,抓好这一方面的技术创新,具有广阔前景,目前在这一方面已有苗头的技术有调亏灌溉、控制性分根交替灌溉、生物育种等。

调亏灌溉是在作物生长发育的某些时期有目的地主动施加一定程度有益的缺水,使作物经历有益的亏水锻炼后,达到节水增产,改善农产品品质,并实现矮化密植、减少剪枝等工作量的目的。它不仅适用于果树等经济作物,也适用于大田作物。在此方面还需研究不同农作物、养分水平下的最佳调亏阶段、调亏指标等。加强这方面的研究与推广,将使灌溉水的生产效率达到 $1.5 \sim 2.0 \text{kg/m}^3$ 以上。

控制性分根交替灌溉是指人为控制或保持根区土壤的某些区域干燥,让其产生水分胁迫信号

(ABA)传递至叶气孔,形成最优气孔开度,减少作物奢侈的蒸腾耗水,而使另一部分根系区湿润,维持作物正常吸水,保证作物产量,并通过对不同区域根系进行交替干旱锻炼和其存在的补偿生长功能来刺激根系的生长,提高根系对水分和养分的利用率,最终达到以不牺牲作物的产量而大量节水的目的。这种新型节水技术自我们提出以来,在甘肃民勤沙漠绿洲试验,在保持高产条件下,比常规地面节水技术节水 33.3%,效果显著,而且不加大投入,易推广。目前还需研究其最佳田间灌水方案,并逐步推广,这将可节水 30% 以上,水分利用效率提高 40 ~ 50%。

基因工程用于抗旱品种选育具有巨大的研究前景。90 年代初,基因工程的三项关键技术,即 DNA 重组技术、基因转化技术和植物再生技术已经达到可以应用的水平。目前已初步完成小麦、水稻、玉米等作物染色体基因图的绘制。今后利用生物工程技术破译抗旱/抗逆基因组成和结构,进行编码合成和培养转基因作物,选育抗旱、耐瘠薄、抗病虫害、优质、丰产达到相对统一并能大幅度提高水分利用效率的作物品种,具有很大的潜力。

随着现代信息技术的飞速发展和软硬件价格下降,信息技术已开始广泛地用于农业生产之中。目前发达国家已开展精准农业的研究。它是根据田间水肥等生产要素的巨大差异性,利用全球卫星定位系统(GPS)和地理信息系统(GIS)、遥感技术(RS)和计算机控制系统,精细准确地调整灌水施肥和作物管理的技术,可最大限度地优化各项农业投入,充分挖掘隐含的增产潜力。未来的精准灌溉将作为精准农业的重要内容,成为 21 世纪节水农业的重要内容。虽然目前看来这还是一件十分遥远的事情,但在信息技术日新月异的发展面前,我们应“未雨绸缪”,开展前期关键性的基础研究。

另外机械、化工、塑料、气象等相关领域的技术,如水源、旱情预测预报,开发新型节水机械、低成本防渗塑膜、保水抑蒸新材料、集雨农业中的爆破成窖等,都已显示出其在节水农业中的巨大作用,因此必须打破行业界限,多学科联合攻关,推动我国节水农业的发展。

8. 节水农业要与发展优质高效农业、增加农民收入、改善区域环境统筹考虑,做到经济效益、社会效益和生态效益的高度统一,促进农业可持续发展

要由单纯发展节水农业转变为节水农业与区域水资源持续利用、可持续农业发展、农民脱贫致富、农村经济发展统一考虑,实现资源利用由低效向高效、粮食由低产向高产、生态环境由恶性循环到良性循环、农村经济由贫困向富裕的转化。要通过发展集雨灌溉,发展高产值的庭院经济,提高投入产出比,促进农民脱贫致富。要搞好水土资源的优化配置和环境保护,加强绿洲地区农田防护林网建设和水土保持,保护水土环境。要加强水环境监测,保护灌溉水质,加强劣质水、废污水和微咸水的改造利用以及地下水环境保护,维持灌溉水源的永续利用。对内陆河流域不仅要考虑上游灌区节水,还应充分满足流域下游的生态用水要求。在有盐碱地区不能仅考虑节水标准,盲目追求采用先进的节水技术和降低灌溉定额,还必须考虑冲洗压盐的最

生物工程对农药工业的挑战

Challenges to the Pesticide Industry From Bioengineering

姚建仁 邵向东 郑永权

(农业部农药化学及农药使用技术重点开放实验室, 中国农科院植物保护研究所 北京 100094)

本世纪末, 生物技术突飞猛进, 使生命科学成为当代科学发展史上的又一次革命。典型的事例如英国克隆羊多莉的诞生、美国抗虫棉的问世。以下仅就生物技术的进步可能对农药工业构成的影响作一讨论。

一、国外转基因植物研究的进展

近年来, 伴随生物技术的进步, 国际上提出了“分子农业”(Molecular Farming 或 Molecular Agriculture)的新概念。其内容包括: 动物、植物、微生物基因工程。基因工程育种克服了常规育种基因源仅限于种内和种间, 难以实现远缘物种之间的基因转移和重组的不足, 拓展了基因来源。基因工程育种可以从动物、植物、微生物中获得基因, 又可在三者之间相互转移。这样就越出了基因在物种间的隔离, 提供了依人们意志获得生物性状的可能。例如, 抗虫植物所用的 Bt 基因来自苏云金芽孢杆菌; 抗大麦黄矮病毒基因来自病毒外壳蛋白或复制酶基因; 抗细菌的抗菌肽基因来自昆虫。鉴于新基因分离与克隆技术已经成熟, 通过基因的表达与调控, 可以准确地选择生物特性目标。这就是基因工程迅速发展的理论基础。

1983 年第一批转基因植物(烟草、马铃薯)问世, 1986 年首批转基因植物(抗虫、抗除草剂)被批准进行环境释放试验, 1994 年首批转基因植物(延熟番茄和抗除草剂棉花等)获得批准商品化生产。1996 年美国批准的商品化转基因植物达 21 种、加拿大 18 种、澳大利亚 14 种、日本 7 种。至 1998 年 6

月国外批准商品化应用各类转基因植物产品(品牌)已近 90 种, 仅美国和加拿大就超过了 50 种。目前大约有 30 个国家或地区批准了 40 多种 3 000 多例转基因植物进行环境释放或示范推广, 涉及到 35 科, 120 个植物品种。1996 年美国转基因植物试种面积 750 万亩, 1997 年种植 18 000 万亩。据统计, 在美国玉米、大豆和棉花田种植的转基因作物品种已分别占各种作物总种植面积的 25% ~ 33.3%。

表 1 转基因技术培育的抗除草剂作物

除草剂	作物
磺酰脲类	油菜、水稻、亚麻、棉花、蕃茄、甘蔗、莴苣、甜瓜、杨木等
咪唑啉酮类	烟草、玉米
草甘膦	番茄、油菜、大豆、杨树
磺草灵	番茄
莠去津	大豆
草铵膦	玉米、小麦、水稻、棉花、马铃薯、番茄、甜菜、大豆、苜蓿等
溴苯腈	油菜、棉花、马铃薯、番茄
2,4-D	棉花
氰氨化钙	烟草
茅草枯	烟草
禾稀定	玉米

1997 年经济合作与发展组织(OECD)的统计结果表明, 在申请环境释放试验的报告中, 98.25% 为

少用水要求, 促进农业的可持续发展。

主要参考文献

[1] 石元春、刘昌明、龚元石主编. 节水农业利用基础研究. 北京: 中国农业出版社, 1995
[2] 张蔚榛. 有关水资源合理利用和农田水利科学研究的几个意见. 中国农村水利水电, 1997(增刊)7 ~ 13
[3] 冯广志. 关于中国农村水利现代化若干问题的思考.

中国农村水利水电, 1997(增刊)14 ~ 17
[4] 雷志栋、谢森传、杨诗秀. 十年内农田水利事业若干重大课题的建议. 中国农村水利水电, 1997(增刊)30 ~ 31
[5] 李英能. 我国节水农业发展模式研究. 节水灌溉, 1998(2): 7 ~ 12

(责任编辑 孙立明)