

美国的灌溉排水事业及其行动计划

马承新

1 美国灌溉排水的现状

美国是世界上农业最发达的国家之一,同我国一样,灌溉在美国的农业生产中担负着重要角色。20世纪90年代美国灌溉用水的消耗估计为每天近5亿 m^3 ,大约相当于美国各类淡水消耗总量的40%。全美国280000个农场的农作物和草场的灌溉面积为0.23亿 hm^2 左右,占美国农业种植面积的16%。这16%的灌溉农作物,生产的农产品的销售额占全美国农业销售额的48%。

据美国农业部1997年典型年统计,美国西部地区的灌溉面积约为0.15亿 hm^2 ,灌溉作物平均的每公顷销售额为2100美元每亩。东部地区的灌溉面积较少,只有0.07亿 hm^2 左右,占全国种植面积的4%,但灌溉农作物的销售额每公顷高达4200美元。所以这4%的灌溉面积的农作物总销售额占到了全国灌溉作物总销售额的15%。灌溉农业的示范效益已经使美国的灌溉走出了传统的西部地区。

排水在美国湿润的南部和中西部地区的农业生产中同样扮演重要角色。排水使这些广大的区域成为高效产区,同时从根本上消除了蚊子、扁虱以及具有入侵性杂草的繁衍和生殖,显著地改善了农业区域的生存条件。1985年美国的排水面积不足0.47亿 hm^2 (110百万英亩),约70%的是农作物,12%的是牧场,16%的是林地,其他的占2%。1985年美国农场排水设施的总价值超过400亿美元,其中大约36%(150亿美元)为公共排水设施,64%为农场排水设施。

在过去的20多年中,灌溉回归水对环境水质量的明显影响,已经为美国专家认识到,并且已经受到联邦部门的关注。他们在干旱区域的排水中,发现了诸如硒、铅、砷等有毒微量元素,这些微量元素和其他田间残余的化学物质,通过排水进入小溪、河流和湖泊。因此,美国已经出现了关于控制灌溉与排水对环境潜在有害影响的法规。

2 美国灌溉和排水面临的挑战

在美国,随着水的需求压力与需求竞争的日益加

剧,水资源的管理、配置、评价的改变将不可避免,供水成本也将随之不断增加,美国全国范围内的灌溉排水事业必将适应这种状况改变。作为最大的用水户,美国的灌溉正面临提高供水和土地利用效率的强大压力。另外,现有的大面积灌溉土地的生产能力正面临土壤盐碱化、水土流失的威胁,同时大面积的灌溉和排水对环境水质也将产生重要影响。

从积极的方面考虑,美国正积极改进灌溉与排水技术,以应付以上挑战,同时对灌溉技术和管理技术以及作物品种进行改进,以维持这种竞争。美国专家认为,经济上的利益可以通过统一的作物生产和统一的投入来获得,包括水的投入。美国在发展灌溉与排水中把经济、社会和文化因素一并加以考虑。同时,顾及环境等多种因素,限制大规模的水利开发项目,提高水和土地的使用效率和效益。

美国学者认为,美国现行的规范管理灌溉的法律与制度,在对水的高效、灵活和资金投入不断增加的形势下,已经变得不合时宜。

1996年在“灌溉新时代”和“灌溉农业的未来”两份报告中,陈述了开发适应水资源平等竞争时代的制度与政策:(1)在灌溉农业运行区推进持续的确定性的结构调整政策。(2)建立具有市场性动力和动机的相应政策,依靠这种政策来创造一种使每一个种植者都能以最好的方式来适应局部的或区域性的特殊环境的平等领域。(3)建立促进高效水市场发展,包括以合理的方式保护相关者的政策,使销售者和购买者从水资源在自愿基础上的再分配中获益。(4)建立周期性修订影响现行美国灌溉农业相关法律、规章、制度的政策。(5)建立支持和负担公共或私人应用和基础领域开展使广大的种植业者获得基本利益的研究。

3 美国灌溉排水的行动计划

当前,水资源利用的竞争和保护环境的政策在美国全国范围内影响灌溉与排水事业。所以美国从20世纪90年代起就着手开发与完善灌溉排水技术、管理技术和有利于环境可持续发展并具有经济实用性

的、综合性的农作物体系,保证灌溉排水与环境协调发展。1998年美国在科罗拉多州举办了一个“灌溉排水与环境协调发展研讨会”,正式确立了八个灌溉排水方面的努力方向:(1)经济型灌溉作物的生产;(2)精准灌溉农业;(3)水资源的节约性保护与管理;(4)潮湿地区的灌溉与排水;(5)废水再利用;(6)灌溉土地的水土保持;(7)盐碱化和微量有害元素的管理;(8)排水的管理。

3.1 经济作物灌溉系统研究

经济作物是美国农业生产的重要组成部分。灌溉是确保经济作物既高产又高效的重要措施。美国本土生产的水果和蔬菜85%是借助灌溉进行的,有相当一部分完全依靠灌溉。灌溉经济作物的单位产值相当于非灌溉经济作物单位产值的230%,所以,美国当前对经济作物的灌溉研究的重点,是如何降低经济作物的生产成本。围绕这一重点,美国确定的基本研究思路是“任何的研究都必须关注作物和作物的生产过程”。对经济作物灌溉的研究主要目标是开发水、病害、营养管理的实践经验和相应的技术,来改善灌溉排水的收益,同时保护环境。实现这一目标的基本途径,是确定具有改善水、病害与营养管理特征的作物品种和具有提高灌溉作物价值的灌溉区,开发应用新的或改进的水与化学物质(主要是化肥、农药等)供应系统,包括水、病害、营养管理,以适应综合作物生产系统、生产者、社区及社会环境的需要。

3.2 精确灌溉农业

精确农业或精确灌溉或定点精确管理的概念是20世纪90年代初期,由美国的私人农业综合企业提出来的,90年代后期被联邦政府相关部门认可,并转化为联邦研究项目。

精确灌溉技术,集供水管理和遥感技术于一体,使灌溉供水在任何时间、任何地点都更加富有效率。精确农业是一个完整的系统,需要从供水、化肥、耕作、病害控制等多个方面,来开发精确灌溉系统和管理策略。所以,美国确定了三个目标,一是利用多学科综合技术,来确认时间和空间因素对产量的影响;二是利用遥感技术、设备土壤测量技术,与工业领域进行合作,开发新的方法,来评估土壤、水和作物参数;三是改进或创新土壤、水和作物的取样方法和数据分析过程;四是与工业领域合作,创造和生产新的技术和设备,并将这些技术和设备投入生产实践中,实现作物生产全过程的定位管理。最终通过推行精确灌溉技术,改善灌溉作物产品并提高环境质量。

3.3 水资源的节约性保护管理

考虑农业、草皮和风景区用水,灌溉是美国最大的用水户,灌溉供水占美国总用水量的40%。进入20世纪80年代以来,美国城市和环境用水需求不断增长,对灌溉可用水量构成威胁,迫使农业减少对水的需求。由于进一步开发水资源对环境将造成不利影响,同时开发的成本也不断提高。所以美国认为,水资

源的节约,对于帮助社会解决这种相互冲突的需求来说,是一条最基本的途径。

美国实现灌溉水节约的途径有三:一是定量供水。二是减少蒸发、蒸腾。三是更加有效地利用大气降水。除了农业灌溉之外,城市、娱乐草坪、草业也不断增加灌溉,并将其作为管理策略的一部分。水和化肥的投入,经常大大超过理想需求量,同时较传统农业而言,相应带来严重环境问题。

基于以上概念,美国正着力在以下几方面进行努力:

3.3.1 研制与开发良好的传感器和测量仪器,改进土壤水测量技术,依靠气象资料测算蒸腾量,确定种植模型。改善灌溉系统设计和运行管理,以便更好地定量控制不同用水户的用水需求。在广泛的范围内,与灌溉生产企业合作,继续开发和完善的灌溉方法和设备,这被称为“灌溉水的节约技术”

3.3.2 研究农业栽培与管理种植业、草业和风景区的经验,改进灌溉系统运行与管理的方法,减少不必要的水损失,高效利用降水,使有限的灌溉水的回报率最优。这被称为“提高水的利用率”。

3.3.3 开发完善农业操作技术,包括改进作物品种,改进耕作技术和土壤管理技术,优选作物品种等,开发田间、水工程和流域控制蒸腾的技术,减少水的无效消耗,同时还要减少灌溉水对水质和环境的不利影响。这被称为“农业水节约和环境质量控制”。

3.4 潮湿地区的灌溉与排水

潮湿地区的灌溉是对降雨的一种补充,灌溉的效益取决于季节降雨,灌溉的边际回报以及灌溉与排水的综合成本,包括常规灌溉的水供应或地下水位管理系统(灌溉与排水两用系统)。在大多数情况下,美国的灌溉者必须进行水的供应开发,而这种开发由于地表水和地下水的日益增长的竞争,正变得越来越困难。水的供应发生了由非常充足到非常缺乏的变化,这与地区和干旱的程度有关。因此,为了高效利用有限的水资源,美国已经着手制定科学的决策与战略管理计划。同时正积极进行研究创造更合适的方法,改善灌溉与排水的时间,提高灌溉与排水的效益,来减少湿润地区发展农业的风险。

3.5 废水再利用

由于水资源的日趋紧张,水资源在美国的很多领域都被同等程度地限制使用。开发利用新水源,特别是利用废水和污水,是当前一个热门话题。但是,目前美国农业灌溉中废水利用量并不高,所以,美国联邦机构为缓解水的供需矛盾,将废水再利用列入重点研究项目。确定了三个研究目标:一是为灌溉利用各种各样的废水滤定最好的方法(废水再利用管理);二是克服特殊气候和土壤对废水在灌溉中的再利用的限制(废水再利用的局限性);三是建立废水再利用标准。美国已在10多个州开展了相应的研究。应用废水灌溉系统的前提是:不危及公众健康和环境。(下转35页)

生,为保证下游城市的生活和工业以及黄河自身的生态用水,国家对沿黄各灌区采取限引措施。上级每年分配给东明县的引黄量为 1.3 亿 m^3 ,2001 年引黄 1.9 亿 m^3 ,2002 年引黄 1.4 亿 m^3 。而全县农业灌溉用水量就需 3~4 亿 m^3 。因此,引黄远不能满足灌溉用水需求。要解决这一矛盾,就要充分挖掘当地水资源潜力,重点是加大地下水资源的开发力度。根据东明县地下水埋深浅,易采易补,成本低,便于成片开发的实际情况,大力发展机井建设。同时,要建立多元化、多层次、多渠道的投融资机制,在积极争取上级建设资金的同时,地方财政和群众也要积极投入,充分调动各个层次的积极性,加快机井建设步伐。

3.3 大力发展节水灌溉

东明县的农业灌溉用水占全县总用水量的 30% 以上,因此,农业发展的根本出路在于节水。一是搞好干、支渠道防渗,提高水的利用系数;二是改进田间配

水方式,采用土地平整、沟畦改造等节水措施,坚决杜绝大水漫灌;三是逐步推行微灌和喷灌等先进节水灌溉技术。目前,根据群众的经济承受能力,应大力推广经济实用的“小白龙”节水灌溉技术,东明县在这方面已作了有益的尝试,现已发展“小白龙”灌溉面积 7000 hm^2 。

3.1 调整种植业结构,减少需水量

农业的发展要因地制宜,量水而行,不宜盲目扩大灌溉面积。根据当地的土壤情况和水利条件,要宜藕则藕,宜豆则豆,不能搞一刀切。积极推广高效耐旱作物,以减少对水资源的需求量。

3.5 改变现行水价政策,提高群众的水商品意识

加强用水计量工作,按实际用水多少征收水费,促进群众节约用水。利用经济杠杆,达到水资源优化配置的目的。

(作者单位:东明县水务局)

(上接 33 页)

3.6 灌溉土地的侵蚀

灌溉农业充分地减少了为生产足够的食物和纤维产品而对土地的需求。灌溉区域通常易产生流失,如果流失不能得到控制的话,灌溉土地的生产能力将很快下降。美国学者认为,低劣的灌溉行为导致径流和土壤侵蚀,从而引起农业对不定区域地表水的污染。目前的降雨侵蚀和渗透理论与模型并不能很好地适合灌溉实践。关于灌溉和风蚀、降雨的相互作用目前各国研究的也不多。有些灌溉系统可以策略地应用于防止风蚀。

基于以上认识美国自 20 世纪 90 年代末,联邦政府开始支持以下相关研究:即加强节约措施研究,开发新的或改善现有的技术,来防止和减少灌溉侵蚀。扩大风蚀研究的范围,以便更好地理解在风蚀参数情况下,灌溉和风蚀的相互关系。

通过以上研究,对灌溉土地的侵蚀作出评估;建立侵蚀模型和决策支持系统,设计和评估在灌溉土地上减少侵蚀的管理战略。降低农业成本,改善生产能力,减少非定点污染和其他的环境方面的消极影响。建立能够为子子孙孙保持土壤资源的灌溉农业。

3.7 灌溉水中盐分和微量元素的管理

盐碱化与灌溉相伴,是灌溉过程中需要长期关注的一个问题。世界范围内,灌溉已经使大面积的可耕种的土地产生盐碱,并丧失生产能力。为了控制或避免这种情况发生,美国科学家确立了四大目标:一是盐分和微量元素的管理措施。开发对灌溉水中的盐分和微量元素进行管理的方法,最大限度地来消除灌溉水中的盐分对土壤和地下水的不良影响,提高水资源循环利用效率,减少对作物生产能力和环境的不利冲击;二是盐分和微量元素的处理方法。开发更适合农业使用的设备,来减少伴随灌溉而来的盐分和微量元素的集中;三是开发对盐分进行科学监测和评估

的技术与设备,来准确预报不同盐分度对作物、土壤和土壤含水层的影响;四是建立综合的盐分和有毒离子模型和决策支持系统,利用模型和决策支持系统来更加精确地预报植物—水—土壤系统中盐分、有毒离子和其他化学物质的影响,开展与环境相互作用等方面的健全的理论,为灌溉农业的可持续发展提供基础服务。

3.8 排水管理

美国开展排水研究有三大目标:一是研究开发排水设计和管理措施,促进作物高效利用浅层地下水,同时减少农业化学物品的使用量(作物生产的排水管理实践);二是在干旱和半干旱地区开发和利用控制排水系统,来减少排水中盐分和微量元素对环境的影响(半干旱地区的排水设计);三是在湿润地区开发和利用控制排水和水位管理系统,来减少洪水和排水中的营养物质(湿润地区的排水系统设计与管理)。

围绕上述目标,在干旱、半干旱和湿润地区的不同土壤、不同作物上选择有代表性的土地,在不同气候条件下开展田间研究。利用现有的或新近的研究成果和数据,完善排水模型和决策支持系统。开发研制预报器,对水土运移、水位变化以及农业化学物质、盐、微量元素的转移和田间变化、作物反映等进行准确预报。开展对作物反映机理,盐分和微量元素的转移和农业化学物质等的田间和实验室研究,并利用研究成果来研究开发新的模型,利用这种模型来设计、运行和管理排水系统,确保排水对环境的影响最少,保证排水事业的可持续发展。

参考材料:

1. A New Era for Irrigation - the Water Science and Technology Board of the National Research Council;
2. Future of Irrigated Agriculture - the Council for Agricultural Science and Technology.

(作者:武汉大学博士研究生)