

第一章 兵团节水生态农业 发展现状分析

第一节 兵团概况

新疆维吾尔自治区（以下简称“自治区”）地处祖国西北，国土面积占全国的1/6。新疆生产建设兵团（以下简称“兵团”）分布在新疆的天山南北和边境沿线，战略地位极为重要。党中央、国务院十分重视兵团的屯垦戍边事业，以毛泽东同志为首的第一代领导集体高瞻远瞩，从保持边疆地区的长治久安出发，创建了新疆生产建设兵团；以邓小平同志为核心的第二代领导集体，从维护边疆稳定的大局出发，恢复了新疆生产建设兵团；以后的中央各代领导集体，准确把握国际国内形势的发展变化和新疆境内的复杂情况，做出了一系列重大决策，进一步发展壮大新疆生产建设兵团。经过中央几代领导集体对兵团这一组织形式的定性、定位，明确了兵团是党政军企合一的特殊组织，担负着国家赋予的屯垦戍边的职责，自行管理内部的行政、司法事务，在国务院实行计划单列，受中央政府和新疆维吾尔自治区人民政府双重领导。

50多年来，在党中央、国务院的高度重视和关怀支持下，兵团忠实履行屯垦戍边的历史使命，实行劳武结合、寓兵于民的组织形式，充分发挥了“三个队”（生产队、工作队、战斗队）和“四个力量”（经济建设、社会稳定、民族团结、边防巩固的重要力量）的作用。兵团各级党组织和广大职工群众认真落实中央的一系列指示精神，着眼于中央精神与兵团实际的有机结合，以履行好中央赋予的屯垦戍边使命为己任，以“发展壮大兵团，致富职工群众”为工作方针和目标，大力实施西部大开发战略，使兵团的屯垦戍边事业在新的历史条件下取得了新发展。截至2012年底，兵团现有总人口264.86万人，屯垦戍边队伍上百万；土地总面积4246.87千公顷，耕地面积150.94千公顷^①。兵团下辖14个师，

^① 数据来源：《2013年新疆生产建设兵团统计年鉴》。



有 175 个团场分布在祖国 1/6 的广袤土地上,其中有 58 个团场、上千个连队分布在 2019 千米的边境一线。兵团拥有石河子、阿拉尔、五家渠、图木舒克、铁门关、北屯 6 个县级直辖市;有国家级的石河子经济技术开发区和农业高新技术园区;有完善的公检法司监机构和健全的戍边维稳队伍。

第二节 兵团水利基本情况

新疆位于欧亚大陆腹心地区,兵团垦区和农牧团场大多地处河流下游、沙漠边缘、盐碱腹地和边境沿线,气候干旱,降雨稀少,农作物生长必须依靠灌溉。水利是兵团经济乃至屯垦戍边事业发展的生命线。兵团的发展、壮大史,实际上也是一部兴修水利的发展史。兵团人在新疆天山南北和边境沿线,不畏艰难,勇于开拓,在戈壁荒漠上修建水库,整修河流,修渠打井,开荒造田,引水灌溉,在茫茫荒原上建成一个个田陌连片、渠系纵横、林带成网、道路畅通的绿洲垦区。

50 多年来,兵团水利事业取得了长足发展,形成了较大规模。截至 2012 年底,兵团直接和参与开发、利用及管理的河流有 116 条,年均径流量约 300 亿立方米,年平均引水量约 131 亿立方米,其中取用地下水 21.89 亿立方米;灌溉面积 1818.50 万亩。兵团拥有水库 125 座,总库容量 32.79 亿立方米,其中大型水库 11 座,库容量 18.27 亿立方米;中型水库 30 座,库容量 11.94 亿立方米;小型水库 84 座,库容量 2.58 亿立方米。有输水干渠 8593.45 千米,其中,已防渗 6068.6 千米。各类渠道建筑物 103867 座;机电井 15643 眼,其中,已配套 15407 眼。667 公顷以上灌区 83 处,其中,3.33 万公顷以上灌区 7 处;2 万~3 万公顷灌区 6 处。堤防建设长度达 2477.96 千米,保护人口 152.77 万人,保护耕地 42.22 万公顷。在河道上建引水闸 114 座,其中,大型水闸 5 座;中型水闸 26 座;小型水闸 83 座。兵团总灌溉面积 136.06 万公顷,水利工程年供水量 125.59 亿立方米,其中,农业供水 118.62 亿立方米,工业供水 3.58 亿立方米,城乡生活用水 1.45 亿立方米,生态用水 1.32 亿立方米。这些水利基础设施的建设,使亘古生存极地塔克拉玛干和古尔班通古特沙漠及自然环境恶劣的边境沿线诞生了大片绿洲,总面积达 7.45 万平方千米,为兵团经济、社会的发展和屯垦戍边事业的壮大提供了有力的支撑和保障。

在长期的发展过程中,兵团逐步形成了较为完善的水利管理体系。兵团和 13 个农业师设有水利局及 18 个场外水管机构,各团场均设有水管科、所(站),全兵团水利战线现有管理和生产人员 1.6 万余人,管理着自有配套的引、蓄、



输、配等水利工程供水系统,进行着兵团内部水资源的开发、利用、保护和管理等工作。

第三节 兵团节水灌溉建设情况

兵团开发初期,主要是为了解决防冲问题,同时为了减少渠道渗漏,采用砌石和混凝土板结构对纵坡较大的渠道实施衬砌。至 20 世纪 70 年代中期,兵团的灌溉面积得到较大发展,但由于输水渠系以及田间工程标准太低,田间灌水工作粗放落后,造成毛灌溉定额过高,水资源呈现紧张局面。同时,由于大量地表水渗入地下,导致地下水位急剧上升,造成土壤次生盐渍化,使农田减产甚至弃耕。而水资源紧缺地区,水的利用率过低加剧了农田供水困难、作物低产、效益低下。兵团的水利及农业工作者,逐渐认识到上述问题的严重性,开始通过节水灌溉工作提高水的利用率并同时达到改良土壤的目的。主要措施是实施渠道防渗,改进田间灌水技术,而且引进了先进的喷灌及滴灌技术开展试验及推广应用工作,经过努力,渠道防渗工作取得了明显的进展,田间节水灌溉技术也已全面推开,喷灌技术应用也有了一定规模,微灌技术创造了农田大面积应用的世界第一。

在兵团党委的高度重视和领导下,经过兵团广大职工的积极努力,兵团节水灌溉建设取得了令人瞩目的成绩。据兵团节水灌溉建设办公室统计,截至 2012 年 7 月,兵团在农业生产中应用的现代化节水灌溉面积已达 1361 千公顷。节水灌溉的发展对推动兵团农业生产、缓解水资源紧缺局面、改善农业生产条件、促进农业结构调整发挥了重要作用,为兵团的农业生产稳产高产奠定了坚实的基础。目前,兵团已成为我国在大田农业生产中应用微灌节水技术、发展节水农业的最大地区。

第四节 兵团节水生态农业建设的背景

一、缺水严重制约农业的发展

农业是兵团的经济支柱,以农产品为原料的加工业产值占工业总产值的 80%。农业的丰歉直接关系着整个垦区经济的发展和人们的生活水平。20 世纪 90 年代以来,干旱、风沙、盐碱成为农业可持续发展的最大障碍。由于径流时



间上的分配不均，常形成春秋缺水，使得作物在生长的关键期，由于缺水造成作物受旱而大面积减产。在河流来水保证率 75% 的中水偏枯年份，由于汛期推迟，有效灌溉面积占实际灌溉面积的 80%，保证灌溉面积占实际灌溉面积的 72%，于是就有 28% 的灌溉面积作物遭受干旱危害。

因此，解决水资源紧缺，是带有战略意义的重大课题。1995 年确立了“节水、扩灌、增产、增效、改善环境”的高效节水灌溉建设方针，也就是按照节水的要求，建设农业、发展农业。

二、传统灌溉模式是造成土壤盐碱化的主要根源

风沙侵袭和田间以有渗漏的传统沟畦漫、串灌为主及输配水渠道化、径流缺少水库调节的灌溉系统是干旱地区绿洲农业生态恶化的根源。干旱地区必须常年灌溉，渗漏使灌区地下水位日益升高，恶化了耕作层的水文地质环境；含盐的浅层地下水成了耕作层次生盐渍化的盐分供给源，不断在耕作层积累，使得次生盐渍化为主因的中低产田日渐扩大，土壤有机质和肥力不断降低，净产出少。所以，在生态恶化基础上的农业综合（经济、环境、社会）效益低。这是一种低效的、生态恶化的农业。因此，发展田间以膜下滴灌为主、输配水管道化、径流水库化的无渗漏节水灌溉系统；压盐排碱、种树种草、屏障风沙、草田轮作，使灌区地下水位逐渐下降，防止以次生盐渍化为主因的中低产田退化；不断提高土壤有机质和肥力，在生态良化基础上提高农业综合（经济、环境、社会）效益。这是一种高效节水绿洲生态（良化）农业。干旱地区用无渗漏高效节水灌溉系统代替有渗漏低效灌溉系统是一项革命性措施，是新疆干旱地区大开发战略的切入点。

三、水资源利用率低，浪费严重

兵团有效灌溉面积保持在 17 万公顷左右，灌溉定额在 12000 立方米左右，灌溉渠系（引水、干、支、斗农）利用系数为 0.6，田间有效利用系数（沟畦灌为主，漫灌次之）按以色列的计算方法（根毛吸水量/田间灌水量）为 0.5。由此可得，灌溉水的利用系数为 0.3（ 0.6×0.5 ）。如果从水库引水 500 立方米，大体上引水渠（引水口到水库出口）、干渠（水库出口到团场口）、支渠（团场口到斗口）、斗农渠（斗口到毛渠进口）、毛渠（毛渠进口到毛渠出口）、田间各渗漏损失水量 50 立方米，田间植物棵间蒸发 50 立方米，进入根毛有效水量只有 150 立方米。

四、化肥、农药、地膜的污染

化肥污染：据专家估计，粮食的增产约有 40% 依赖于化肥，但随着科学技



术的进步,人们对化肥的认识也随之加深。化肥的施用导致土壤物理性质的改变,使肥力下降,并污染和影响农产品的质量。例如,氮肥在土壤中形成的硝酸盐被植物吸收后进入人体,可以生成致癌物质亚硝胺。化肥被农作物吸收的量很少,大部分随雨渗漏进入河流、湖泊、水库,造成水体的富营养化。又如,磷肥的杂质中含少量的砷、镉等重金属,长期使用会引起土壤重金属污染,大量使用氮肥,造成了氮、磷、钾比例失调,使得土地变坏、板结、地力贫瘠,作物果实品质下降。

农药污染:农药主要的副作用表现在:①利用率低,一般仅为10%,高的也不过30%,大量农药流失到土壤和水源中,污染环境。②残留在水、土壤中的农药污染农畜产品,并通过食物链的富集作用转移到人体,对人体健康造成危害。③对农药管理不善、操作失误容易引发中毒事故。④高毒农药的施用杀死害虫和其他益虫,使害虫产生抗药性,迫使农民加大用药量和次数,日益加重对环境的污染。

地膜污染:地膜栽培是一项新技术,在新疆已大规模使用,而地膜使用后,大多废弃在土壤中。这些废膜不溶解、不腐烂,阻碍水分的输送和植物根系的伸长,可使作物平均减产15%。垦区自1982年开始推广使用塑料地膜植棉,迄今,棉花比例达到80%~90%,其他经济作物也达到一半以上。自推广使用以来,其间没有光解塑料地膜和生物降解膜取代。使用塑料地膜的面积近12万公顷,使用塑料地膜2万吨以上。但是,塑料地膜的回收率没有超过80%,春耕春播时,随处可见耕好的土地上一片白色。据调查,土壤覆膜1年,每公顷耕层平均残膜量为18.39千克;土壤覆膜2年,每公顷耕层平均残膜量为33.56千克;土壤覆膜3~5年,每公顷耕层平均残膜量为102.45千克;连续种植8年以上,每公顷将达507千克。由残膜引发的烂种率高达6.29%,烂芽率达5.9%;并引起棉花现蕾期推迟3~5天,株高降低6.7~12.9厘米。大量的残膜使土壤结构遭到破坏,造成土壤有机质含量急剧下降。石河子垦区60%以上耕地土壤有机质含量从垦区建农场初期的3%~5%下降到现在的1%以下。“白色污染”成了真正的生态灾难,严重影响了土地的透气性,影响到土壤养分的质流和扩散,使作物根系对水分和养分难以吸收和利用。据测算,种10年棉花的土地出苗率下降5%~6%,导致作物产量徘徊不前。

在这些综合因素的作用下,土壤生态环境恶性循环。改革开放以来,虽然在传统灌溉基础上进行了少量节水工程,但远不能满足需要,以土壤生态恶性循环为特征的农业生态恶化趋势,至今没有改变,次生盐渍化面积已达全部耕地面积的53%,中低产田占70%。1995年,石河子垦区新一届党委认识到,二次创业再造辉煌必须增加经济总量,增加经济总量必须增加资源总量,垦区唯一的优势



资源就是光、热、气、土、沙，而水是瓶颈，所以，决定坚持不懈地进行节水生态农业改造，从根本上扭转农业生态恶化趋势。从 1997 年到 2012 年，共投入 1000 多万元进行节水生态农业示范点的建设。取得了突破性进展，实现了预期的试验研究技术路线：滴灌（最节水）—膜下滴灌（压盐）—膜下滴灌为主的高效节水生态农业工程系统—节水生态农业持续发展。这一技术路线能够彻底遏制以传统灌溉技术为主的低效灌溉农业生态恶化的趋势。

第五节 兵团节水生态农业示范区建设的主要生态工程

一、小流域水利工程

小流域水利工程包括地面径流水库工程、输水管道网工程（水库到斗口的干渠、支渠全部管道化）、田间水利工程，包括井、泵站，配水灌溉管网（干管、支管、软管及其终端滴灌带、控制器）。灌溉井 1600 口，单井流量平均 80 立方米/小时，平均每口井灌溉 500 亩左右。膜下滴灌体系网的建设。水利设施中的引水枢纽、水库、输水渠系、地下水提水工程等配套较为健全，基本上构成了引、蓄、输、配比较完整的灌溉体系网。几年来，通过深化改革，加强管理，采取工程措施和非工程措施相结合的方法，因地制宜地发展多种形式的节水灌溉技术，在灌区全面实行“计划用水、节约用水，限额供水、均衡供水”的用水管理办法，并积极修建防渗渠；井灌区大搞机井测试和泵站节能节水技术改造，普遍提高装置效率，与此同时，大面积发展了以渠道防渗和高效节水为主的节水灌溉技术——山区丘陵区推广自压喷灌技术。平原区大力推广膜下滴灌技术和自压微孔灌技术。不但在输配水环节上采取节水措施，而且在水资源配置和田间灌溉管理上也下了功夫。各灌区普遍采用了优化配水、合理调度的运行方案，并结合微机进行水资源统一调配，统一管理。水到田间，借助已取得的农作物需水量，灌溉制度等成果，并与一些先进的农技措施如选育耐旱品种、平整土地、深松耕、地膜覆盖等相结合，一方面推行高效节能的节水灌溉制度，另一方面最大限度地提高土壤的保蓄水能力。

二、高效节水生态特色农业工程

兵团这几年利用节余下来的水资源进行特色农业的开发，在膜下滴灌条件下种植加工番茄、葡萄、线椒，其经济效益是显著的。与常规灌溉相比，加工番茄



和线椒的亩纯收入分别提高 298.50 元和 773.90 元, 分别增长 548.41% 和 130.97%, 葡萄年均纯收入可达 1285.96 元。

三、农田生态工程

(一) 减少土壤污染, 提高农业生产资料利用率

由于新疆经济发展的需求, 化肥及农药还不能完全摒弃。示范农田生态工程主要是减少农药、化肥对土壤的污染, 以不超过土壤生态阈值为限。采用膜下滴灌技术, 将其灌溉和施肥、农药及其他微量元素配置成混合溶液通过封闭管网和灌水器将水、肥、农药直接输送到作物根部附近的土壤中, 而且是水、肥同步, 不会产生任何土、肥流失。水、肥、农药随滴灌水与植株对应释放, 并可根据不同作物在不同生态环节对养分的不同需要而灵活调控, 作物通过扩散、离子交换等形式直接快速地吸收, 避免了沟灌开沟追肥因挥发、深层渗漏造成的肥料损失和农药大面积污染土壤。从而提高水、肥、农药的利用率。同时, 当地面坡度为 6.5% 时, 沟灌土壤中速效氮含量灌后比灌前减少 24.4×10^{-6} 千克。而在常规灌溉种植棉花条件下, 每公顷需投入化肥 900 千克, 油渣 750 千克, 肥料利用率为 30% ~ 40%。膜下滴灌每公顷化肥投入仅为 420 千克, 比常规灌节省 53.3%, 化肥利用率达到 70%, 提高了 30% ~ 40%, 使肥产比由 1:4.2 提高到 1:12.5, 肥产比提高了 3 倍。

(二) 防止水土流失

据兵团农垦科学院测定, 在沟灌情况下, 其地面坡度为 8% 的中壤土上, 灌水沟长度为 100 米时, 沟尾流出的每升水中的泥沙含量为 12.4 克, 灌水沟上游冲深可达 8 ~ 15 厘米, 冲宽 15 ~ 30 厘米, 不仅增大了输水断面, 也破坏了土壤团粒结构, 影响了作物根系的正常生长。膜下滴灌则防止了水土流失。

(三) 改良盐碱地

膜下滴灌可使棉花根系周围形成盐分淡化区, 在湿润峰外围及膜间形成盐分积累区, 有利于幼苗成活和生长。垦区 121 团场家庭农场采用常规灌溉种植棉花, 在土壤含盐总量为 0.8% ~ 2.5% 的情况下, 几乎无法种植或种植后产量很低, 采用膜下滴灌后打破了这一“禁区”, 而且单产很可观。1999 年在含盐量为 2.5% 的荒地 (1997 年喷灌没苗) 上种植 13.3 公顷 (200 亩) 棉花, 采用滴灌技术, 单产皮棉 1050 千克/公顷 (70 千克/亩)。

四、盐碱地的生物改良

(一) 植树造林

盐碱地植树造林除了通常造林所起的作用外, 还能起到生物排水、降低地下



水位、改变农田小气候、控制返盐、促进脱盐等作用。新疆气候干旱，风沙多，盐碱危害普遍，植树造林尤为重要，是改良盐碱土的一项重要措施。

（二）种植苜蓿

广种苜蓿，逐步实现草田轮作，是降低地下水位、改良盐碱土、建立饲料基地、实行农牧结合、巩固和提高土壤肥力、增加农作物产量、搞好多种经营的重要途径。121 团场在重盐碱地上，按照“水稻（1~2 年）→小麦+苜蓿→苜蓿→苜蓿→棉花或玉米（2 年）”的轮作方案种植后，盐碱地面积由原来的 19% 下降到 5%，棉花增产 43%~155.7%，小麦增产 34%~136%。

（三）种碱茅草

碱茅草抗逆性强，具有很强的耐盐性，适应性广。在自然条件下，它喜欢地下水位高的低平洼地或季节性临时积水的环境，生长期 110~130 天。碱茅草茎叶柔软，适应性好，牛、羊、马、驴、兔、鹅和鱼均喜食，是改良盐碱土的先锋植物。

碱茅草地改种小麦、棉花后，增产效果显著。121 团场原有一弃耕地，因土壤盐分过重，农作物不能生长，2000 年 9 月开垦种植碱茅草后，2002 年春改种棉花，获亩产 72.13 千克的产量。

五、林、果业生态工程

若用节余的水种树，营造荒漠绿洲防护林体系，其直接经济效益和间接经济效益也是很可观的。直接经济效益是指提供木材所获得的效益。据测定，10 年生树木平均胸径 20 厘米，保存率按 85% 计，每棵树按 50 元计，即一条 1000 米长的以杨树为主的中心渠道林带，其产值可达 42500 元，平均每年产值可达 4250 元，其经济效益十分可观；速生丰产林 3 米×2 米的行株距，每公顷栽 1650 棵，保存率为 90%，10 年采伐，每公顷产树 1500 棵，每棵出材按 0.2 立方米计算，每公顷出材 300 立方米；平均每公顷每年出木材 30 立方米，按每立方米 300 元计，每年每公顷产值可达 9000 元。此外，防护林的间接经济效益也是十分可观的。防护林的间接经济效益是指防护林改善了生态环境，创造了良好的农田小气候，有利于农作物的生长发育和免遭自然灾害而达到增产所获得的效益。棉花是兵团种植面积最大、经济效益最好的喜温作物，但经常遭受春季晚霜和秋季早霜的危害。防护林能减缓夜间温度的降低，可减轻或防止霜冻的危害。同时，防护林使大风次数减少，风沙对农作物的危害减轻。因此，通过农田防护林体系建设，可提高农作物的单产水平。实践证明，林木覆被率高低与作物单产水平呈正相关。如 121 团滴灌面积已达 0.93 万公顷（14 万亩），每年可节水 2902.2 万立方米。在保障原有种植面积正常灌溉的同时，节约下来的水又为“三北”防护



林、农田防护林、公路绿色通道等公益生态建设提供了水源,保障了绿色走廊的建设。近两年来,该团场建设生态防护林 186.67 立方米(2800 亩),三滩造林 126.67 立方米(1900 亩),植树成活率达 95% 以上。垦区 121 团王智的家庭农场,由于采用了先进的滴灌技术,便利用节余的水种植 1.33 公顷葡萄、30 万株树苗和防护林带。2001 年 4 月迁插的葡萄苗,2002 年已开始结果,每枝产量达 6 千克左右,而在一般灌溉方式下,葡萄嫁接后要等到两年后才进入盛果期(丰产期)。王智农场的实际情况表明,由于采用了新的节水技术,不但使葡萄提前一年进入盛果期,而且还由于随水施肥、施药减少了病虫害,减少了雇工投入等,经济效益极为显著。土地是财富之母,但是,对于干旱地区来讲,水是财富之母,有水才有财。

136 团场地处沙漠前沿,从水源引水到团场耕地,远达 120 千米之遥,沿途渠道蒸发损失很大,该团是全垦区干旱灾害最为严重的团场,故发展牧业种草种树无法实现。然而该团场启动了“万亩滴灌高效节水示范区”后,不仅带动全团滴灌面积达到 0.28 万公顷(4.2 万亩),占全团棉花种植面积的 52%,还进一步加快了全团生态建设的前进步伐。2001 年该团投资 600 万元,在沙漠前沿营造两条 24 千米长的防风固沙基干林,又安装了 28 千米长的滴灌管道深入沙漠地带,使荒漠植被的面积达到 3.27 万公顷(49 万亩),成为全新疆最大的荒漠植被保护区,2016 年又利用节余的水种植芨芨草、苜蓿、葡萄及果树共 400 公顷(6000 亩),为生态重建打下了基础。

六、草业生态工程

单一的大农业结构给兵团经济带来了潜在危机,在滴灌获得成效的基础上,果断、科学地做出“抓住机遇,以畜牧业为突破口,进行大农业结构的合理调整”的决策,提出了畜牧业“双百工程”(存栏牲畜 100 万头,人工饲草基地 100 万亩)建设目标。

据石河子大学动物科学系的研究分析,苜蓿单产(干物质)可达 12000 ~ 18000 千克/公顷,芨芨草单产(干物质)可达 15000 ~ 18000 千克/公顷,其中茎秆 9000 ~ 10005 千克/公顷,叶片 6000 ~ 7200 千克/公顷;据计算,示范区每公顷土地取得产值 762 ~ 1170 元。在绿洲农业与荒漠之间的过渡地带建立起 600 公顷苜蓿,芨芨草规模种植的荒漠高效生态草业建设示范区,每年可产优质苜蓿草粉(蛋白含量 16% ~ 18%) 160 万 ~ 240 万千克,优质苜蓿干草 80 万 ~ 120 万千克,生产优质芨芨草茎秆造纸原料 360 万 ~ 400 万千克,芨芨草叶片制作牛羊颗粒饲料 240 万 ~ 270 万千克。可直接获得产值 617.2 万 ~ 968.0 万元,获间接产值 70.2 万 ~ 86.4 万元,两者之和可达 687.4 万 ~ 1054.4 万元,示范区每公顷



土地就能获得产值 762 ~ 117 元。142 团的结构调整在广度上铺开,产生了极好的调整效应,为生态建设打开了渠道。

石河子现有草场 5.13 万公顷,人均耕地 0.4 公顷(6 亩),为全国人均耕地的 4 倍。50% 的草场因超载、乱垦滥挖而逐渐裸露退化。现已开始着手改良和保持草场,草业发展也有了一席之地,全师 2012 年种植苜蓿 0.45 公顷,青贮玉米 0.11 万公顷,饲用玉米 0.99 公顷,其他牧草 0.03 万公顷。示范区将节约的水用于种植牧草 533.33 公顷(8000 亩),退耕还林 346.67 公顷(5200 亩),生态防护林 166.67 公顷,庄园林 146.67 公顷,在棉花面积高达近 80% 的情况下进行了农业结构调整,既为畜牧业发展奠定了扎实的基础,又改善了生态环境,这在往年由于受水制约的条件下,要发展草、林业是绝对不可能的。

七、畜牧生态工程

兵团畜牧业发展相对滞后,畜牧业总产值只占农业总产值的 11.4%,低于全国的 30% 和全区的 23.5%,仅为种植业的 1/8。发达国家实践证明,一个高效的农业产业体系,在产值构成上,畜牧业产值应大于种植业产值,农产品加工产值应大于种植业产值和畜牧业产值的总和。因此,把发展畜牧业作为农业结构战略性调整的主攻方向,把种植业围绕畜牧业的发展需要来安排,以较快的速度和较高的质量加快种草养畜发展畜牧业。以往畜牧业发展慢的原因之一是,没有建立起稳固的饲草料基地,归根结底是作物与草料争水问题长期得不到解决,但在发展膜下滴灌技术后,可利用节约近 50% 的水,用于发展粮作—经作—饲草的三元结构,为发展畜牧业打下坚实的基础,为农业结构的调整走出可喜的一步。

150 团场近年采用膜下滴灌技术大面积种植作物,从而缓解了长期水资源短缺、草业与种植业争水的矛盾,也为发展畜牧业提供了难得的机遇,该团场从长期实践中深深地体会到,有水就有草,有草就有畜牧业,该团场 2016 年实施以畜牧业为突破口的农业结构调整,其首先启动了万只羔羊育肥基地;其次建设了 500 头澳大利亚优质奶牛基地;最后利用节余水种植了 333.33 公顷(5000 亩)苜蓿、0.07 万公顷(1 万亩)芨芨草和 133.33 公顷(2000 亩)青贮玉米,为畜牧业发展提供了优质饲料。该团目前已引进加拿大良种奶牛 200 头用于发展奶业。

八、节水生态型家庭农场示范工程

此工程建设思路是充分利用农户所经营的各种资源,以家庭为主体进行资源组装生产,使之生态、生产、生活环境得到改善。新疆石河子垦区 121 团是垦区发展滴灌时间最早、现有滴灌规模最大的团场,该团场在滴灌种植棉花的前提



下,已建成节水生态型家庭小农场 71 个、家庭小牧场 255 个和家庭小林场 30 个,“三小场”的面积占全团总面积的 10% 以上,“三小场”已成为团场自营经济的旗舰,2016 年该团场王氏家庭农场滴灌面积 133.33 公顷(2000 亩),棉花大丰收,经估算,2016 年纯收入至少在 50 万元左右。121 团场从滴灌设备安装、使用到灌水、施肥次数、数量的技术指导,从“一膜两管四行”改进为“一膜一管四行”的技术创新,使滴灌投资从每公顷 5535 元(369 元/亩)降到 4050 元(270 元/亩)左右,膜下滴灌技术与机械化栽培技术相结合,实现了一台拖拉机铺滴灌带、铺膜、打洞、点播覆土一次性完成,具有节肥、省工、省力、省机耕费、增产等优点,首先得到了家庭小农场的青睐。家庭农场在团场的指导下,自主对其生产过程进行统筹安排,自主管理,自主选购生产资料和聘用劳务工。过去一个家庭农场,一口井只能种植棉花 18 公顷(270 亩)左右,作物还受旱,每公顷籽棉不超过 3450 千克(230 千克/亩)。安装节水滴灌设施后,单井种植棉花面积扩大到 40 公顷(600 亩),每公顷籽棉产量可提高到 4500 千克(300 千克/亩),年收入 60 万元左右,纯收入 20 多万元。2000 年前安装滴灌的小农场全部还清滴灌投资款,还提高了家庭小农场“两费自理”的比重。142 团创办了 200 个家庭小农场,一次性投资 3900 万元,在 0.71 万公顷耕地上实施节水生态农业的开发与建设。实行规模经营,使土地向种田能手和少数有技术、管理能力强的人集中。根据石河子垦区节水生态农业户建设的 5 条参考标准,全垦区建成节水生态农业户 697 户,占总农户的 31.6%;覆盖农耕地 2.4 万公顷,占农耕地面积的 32.1%,节水生态农业户总收入 7219 万元,人均纯收入 2396 元,比全垦区农业人均纯收入 2195 元增长 9.15%。

从 1996 年建设节水生态农业以来,节水生态农业工程建设总投资 3.36 亿元。建成家家拥有“一片林、一块地、一口井、一套房、一群畜”的庄园式家庭农场。

通过实施 8 大工程,截至 2012 年,森林覆盖率将达到 17.09%,荒漠化治理面积达 10 万公顷,草地“三化”基本得到遏制,城市空气质量在大多数情况下达到国家二级标准。

第六节 节水生态农业发展成就

由于兵团独特的地理、水资源和农业特性,使兵团在节水农业技术的引进、吸收、推广和创新等方面取得了较大的发展。特别是新疆生产建设兵团石河子地区研究提出的棉花膜下滴灌技术,已在新疆推广了 30 万公顷以上,产生了巨大



的节水效益和经济效益，创造了农田面积大规模应用节水技术的世界第一。有关专家对兵团节水农业的膜下滴灌成果进行总结，将其概括为三大“世界之最”：一是建立了世界上规模最大、最先进的节水设备生产企业，实现了所有成型设备和工艺技术的国产化；二是创造了高效节水器材世界最低价格，降低了膜下滴灌技术推广应用的投资成本；三是采用大田膜下滴灌节水模式，创造了农田大面积应用滴灌技术的世界第一。现在看来，经过种植面积的扩大、技术创新的深化和农户亲身的实践，石河子的确在戈壁滩上创造了世界奇迹。

兵团发展节水农业由于水资源紧缺，同时也是建设现代农业本身的需要，是与农业现代化配套的多种措施中的重要组成部分。水土资源的高效利用，经济、生态、社会效益的紧密结合是兵团发展可持续农业所追求的一个目标，而根据水资源状况和作物需水规律所实施的节水灌溉，是达到这一目标的重要一环。为此兵团需要打破传统的农业用水观念，建立起适应现代社会和现代农业发展需求的农业供水体制。从这个意义上说，节水农业就是现代农业，节水灌溉就是科学灌溉。因此，兵团推行节水农业既是解决供水危机的首要途径，又是促进农业可持续发展的关键步骤。

节水农业的规模和特点决定了它对实施区域产生全方位的影响，这种影响涉及内容多、范围广，是一个动态变化的过程。节水农业综合效益是指节水农业实施过程中所产生的直接影响和间接影响的总称。根据效果形态和特征的不同，可将节水农业综合效益分为节水农业经济效益、生态效益、社会效益。从经济角度看，节水农业是一种资金和劳动投入的过程，是典型的经济行为。节水农业经济效益指投资主体进行资金、劳动、技术等节水农业投入所获得的经济收益，它是衡量节水农业投资收益、考察节水农业在微观上的盈利能力、评价节水农业经济合理性的重要指标。节水农业生态效益指节水农业实施过程中对水资源、土壤、植被、大气、生物等环境要素及其生态过程产生诸多直接或间接的积极影响。节水农业社会效益指节水农业技术实施后对社会环境系统的影响及其产生的宏观经济效益，即在获得经济效益、环境效益的基础上，从社会角度出发，节水农业为实现社会发展目标所做出的贡献和产生影响的程度，其本质是在确保现有水资源满足农业基本生产需求的基础上，将节约的水资源向工业生产、居民生活、城市生态环境转移所产生的效益。节水农业具有效益的统一性，追求经济效益是节水农业的中心内容，也是节水农业生命力所在。生态环境是制约节水农业实施的主导因素，追求生态效益是节水农业的基础和前提。节水农业具有较强的公益性，其社会效益是实施节水农业的目标所在。因此，节水农业应追求经济、环境和社会效益的统一，做到经济上有效、生态（环境）上平衡、社会上可行和可接受。



一、经济效益

节水农业对农业的贡献,表现为节水农业实施后增加了灌溉面积,提高了灌溉保证率,提高了农作物产量,从而增加农户收入,促进农村经济发展。实施节水农业,能够按作物不同生长阶段的需水要求适时、适量供水,提高灌溉的均匀度;在总水量及灌溉面积相同的情况下,缩短了灌溉周期,提高了水资源利用率;在保障原有灌溉田块用水需求的前提下,改善处于渠道末端而灌溉困难的田块或荒废田块的灌溉条件,有效扩大了灌溉面积。

新节水技术的采用,使水资源严重短缺的状态得到了相对缓解,使农业产业结构有了调整的空间和基础,使水资源的约束不再绝对地制约着结构的变动。它还促进了农业种植结构由耗水量大的单一粮食作物向节水高效型产业调整,如葡萄、蔬菜、枸杞等优势特色产业快速发展。2012 年兵团完成农业总产值 802.09 亿元,比上年增长 19.92%。有效灌溉面积 106.73 万公顷,高效节水灌溉面积 68.22 万公顷,其中当年新增 2.92 万公顷。

农业生产是兵团的主要经济活动,是兵团经济运行和增长的主要动力之一。考虑到干旱区绿洲资源限制因素尤为突出,因此经济效益主要指以节水效益为代表的资源节约效益和以高产为代表的生产效益。生产效益是指农业生产具体情况,主要的衡量标准是投入和产出方面的指标。由于采取农业节水措施,根据作物需水量适时适量供水,灌水均匀度提高,灌溉周期缩短,灌溉保证率提高,这一般会增加农产品产量,提高产品品质,投入与产出方面的比例也会有影响。各项节水措施产生的经济效益可从节水带来的取水减少、能源的减少、农业产值的变化、单位耗水收益的变化等几方面反映。节水灌溉比常规沟畦灌溉亩利润高出近 2 倍。同时,劳动生产率大大提高,户均纯收入比常规灌溉提高 72.6%,滴灌投资利润率为 77.27%。

(一) 提高农业水资源利用率,减少农业用水量

在农业灌溉中实施节水农业技术,可以减少水分的深层渗漏和无效蒸发损失,达到提高水资源利用率、减少农业用水量、节约灌溉用水的目的。不同的节水农业技术在不同的环节发挥各自的作用。例如,在输配水环节中,采用渠道防渗技术最直接的目的是减少水分渗漏损失,与土渠相比,土料类防渗渠道可减少水分渗漏损失 40%~50%,水泥类与石料类防渗渠道可减少水分渗漏损失 50%~60%,埋铺式膜料类防渗渠道可减少水分渗漏损失 70%~80%,混凝土类防渗渠道可减少水分渗漏损失 60%~70%。在输配水和灌水环节中应用低压管道输水技术,输水利用率可达 95%,比土渠减少输水损失 90%以上,比渠道灌溉省水 30%~40%。在灌水环节中应用田间灌水改进技术,其中采用喷灌技术的灌



溉水利用率达 80% 以上，比地面灌溉省水 30% ~ 50%；而采用微灌技术的灌溉水利用率达 85% ~ 90%，比地面灌溉省水 33% ~ 50%。在农作物对水分的吸收利用环节中采用水稻节水灌溉技术与农艺节水技术，能减少水分无效蒸发，达到用最少的水生产最高产量的优质农产品的目的。

兵团节水农业采用膜下滴灌技术，水利用系数由传统灌溉方式的 0.3 提高到 0.6，亩灌溉定额由 800 立方米降低到 400 立方米。同时，较常规沟畦灌溉缩短灌水周期 5 ~ 10 天。由于节水技术的采用，比常规灌溉节水 50%。综合灌溉技术的发挥，单产提高幅度较大，水产比达到 1 : 1.75，常规沟畦灌溉水产比为 1 : 0.625，膜下滴灌水产比比常规沟畦灌溉高 1.8 倍。以小麦为例，水的生产效率为 1.97 千克/立方米，而常规小麦灌溉水的生产效率仅为 0.76 千克/立方米。

例如，133 团场在大力推广节水滴灌技术以前，棉花亩产量为 250 千克左右，每亩用水定额为 536 立方米，微灌面积大幅增加，占全团耕地面积的一半，当年就收到显著效果，采用膜下滴灌棉花亩产量为 300 ~ 350 千克，从资料中显示，常规灌溉定额为 536 立方米/公顷，滴灌灌溉定额为 428 立方米/公顷；膜下滴灌与常规灌溉定额减少 108 立方米/公顷，平均节水率为 20.15%。团场采用节水技术的一个突出优点是可适时适量灌水。如花龄期后，棉花仍需少量水分、养分补充，因地面灌难以控制水量，8 月中旬后被迫停水以免棉花旺长，影响吐絮和成熟，而滴灌就可以控制灌水量大小、灌水时间和灌水次数，小水量灌溉，以满足后期棉花对水分、养分的需求。

（二）提高土地利用率和肥效

实施节水农业可节约渠道占地，有效提高土地利用率。如渠道衬砌防渗技术中，采用较陡的矩形和 U 形防渗渠道为沟坡，与土渠相比，该渠道断面缩小，渠道口宽变窄，支渠与干渠渠身横向占地宽度一般比衬砌前减少 1 ~ 2 米，可省地 0.2%。低压管道输水技术中，管道均埋于地下，与渠道输水相比，可节约土地 7% ~ 13%。田间灌水改进技术中，采用压力管道输水，可减少农田中渠道、田埂的占地，提高土地利用率达 10% ~ 20%。兵团膜下滴灌系统均采用管道输水，田间不需修斗、农、毛渠及埂子，土地利用率提高 5% ~ 7%，仅这一项可亩增产 25 千克籽棉。家庭农场在常规灌溉条件下，每亩需投入化肥 60 千克，肥料利用率为 30% ~ 40%。采用膜下滴灌技术，化肥在水井处稀释后随滴灌水直接进入农作物根系范围，节省化肥 53.3%，化肥利用率达到 70%，提高了 30 ~ 40 个百分点；肥产比由 1 : 4.2 提高到 1 : 12.5，肥产比提高了 2 倍。

（三）减轻劳动强度，减少管理与运行费用

实施节水农业能减轻农民劳动强度，减少管理与运行费用。如采用渠道防渗技术，可有效防止渠道冲刷、淤积和坍塌，增强渠道稳定性，减轻渠道整坡、修



理和清淤的强度,减少渠闸配套管理人员和维修清理人员,从而降低渠道运行管理维护成本(比土渠管理维护成本减少70%)。低压管道输水的运行费用少,适应性强,受气候、地形、作物分区、灌水时间等因素干扰少,管理方便,且管道埋于地下,不易被破坏,技术也易于被农民掌握与使用。采用膜下滴灌技术,对土地平整程度要求不高,无须开沟、筑畦,在一定程度上降低了灌水劳动强度,与地面灌溉相比,可节省劳动力50%左右。

(四) 减少机械作业量,抑制杂草再生,保护农作物

由于种植技术模式转变,实施膜下滴灌种植后,减少了开沟修毛渠、中耕、机械化打药等机耕作业的环节和次数,农机作业量节省30%(按5个标准亩、6次作业计)。同时,机械伤苗少,可达到满块满苗。2012年,全年精少量播种面积60.77万公顷,机械秸秆回田面积70.92万公顷,机械化肥深施面积82.00万公顷,分别为上年的98.33%、105.08%、106.07%。机械采收棉花面积17.2万公顷,保护性耕作面积2.86万公顷,分别为上年的148.28%、344.58%、440.96%。飞机作业面积23.36万公顷、24.27万公顷,分别为上年的99.56%和96.25%。滴灌是将井水通过管道传输到田间,与沟灌相比,杜绝了地外渠道杂草传播的来源,同时,因地膜覆盖和地表相对干松,可有效抑制杂草滋生,降低劳动力投入。

(五) 增加管理定额,提高劳动生产率,提高农户收入

由于采用膜下滴灌新技术,降低了劳动强度,提高了劳动管理定额,扩大了经营规模,降低了产品成本,使职工收入和家庭农场的总收入水平明显提高。由于节水生态农业模式改变了劳动田管制度,减少了放苗、覆土、锄草、打埂、修毛渠等作业,既减轻了农工的劳动强度,又为充分解放劳动力提供了技术条件,相应地提高了劳动效率和管理定额。传统方式种植棉花,每个劳动力只能管理1.67/公顷(25亩),而节水生态农业模式种植棉花,每个劳动力可管理5.33~8.00公顷(80~120亩),提高3~4倍。通过滴灌技术的实施,每公顷可节省劳动日75~90天,节省劳务50%左右(不含拾花)。与此同时,单井的规模效益也大大提高,常规灌溉每口井(流量为80立方米/小时)只能承担20~26.67公顷(300~400亩)的棉花用水,生产籽棉4.5万千克,而膜下滴灌同一口井可满足46.67~53.33公顷(700~800亩)的棉花用水,生产籽棉24.5万千克,每口井的规模效益提高4倍多。因此,棉花膜下滴灌技术有利于发挥规模经营效益,有效缓解国营农场普遍存在的地多人少的矛盾,使职工增收,企业增效。例如,王新合家庭农场实施膜下滴灌植棉技术后,承包面积由上年的43.3公顷(650亩)增加到63.3公顷(950亩),单产籽棉由上年的4185千克/公顷(279千克/亩)提高到5055千克/公顷(337千克/亩),每公顷效益由上年的5616元



(374 元/亩) 提高到 7512 元 (500 元/亩), 年总收入 47.6 万元, 比上年增加 33.3 万元。张合全家庭农场实施滴灌植棉技术后, 承包面积由上年的 18 公顷 (270 亩) 增加到 36 公顷 (540 亩), 每公顷籽棉产量由 3090 千克 (206 千克/亩) 提高到 4269 千克 (285 千克/亩), 每公顷效益由上年的 2520 元 (168 元/亩) 提高到 5427 元 (362 元/亩), 年总收入 19.5 万元, 比上年增加 15 万元。

二、生态效益

生态效益是指生物种群能量、物质转化效率及维持生态环境稳定的能力, 主要反映在生态质量、环境质量的变动上。农业节水技术的实施, 从一定程度上, 改善水体质量和农田小气候, 防止土壤侵蚀及盐碱化。农业节水技术的实施, 大大提高了农业用水效率, 减少了农田灌溉用水量, 节约的水可用于生态需水方面。同时, 合理的节水技术体系可以通过合理的农作制度、节水措施和农艺技术, 有效地减少水资源浪费, 涵养水源, 防止水土流失, 保护生态环境。并且, 节约的水资源可以进行中低产田改造, 实行退耕还林、还草, 用于区域生态环境建设, 有效地促进地区生态环境改善。

膜下滴灌技术的推广应用, 在改善兵团农业生态条件方面取得了良好的效益。一是降低了对土壤化学投入品的数量, 降低了对土壤的污染; 二是通过膜下滴灌技术的推广, 节水 50% 左右, 节省的水可以用来种树种草, 发展林、草牧业, 形成复合型农业生态系统, 为农业生产和生态建设的良性互动发展提供了保障, 大大缓解了水土不平衡的矛盾。

(一) 对气候环境的影响

节水农业对气候环境会产生一定的影响, 大面积的节水灌溉将造成局部地区空气温度、湿度、水分蒸发量发生改变, 小范围的节水灌溉则对农田小气候产生影响。例如, 输水过程中水分的渗漏损失及农艺节水技术的实施, 导致田块棵间水分蒸发和植株水分蒸腾减少, 区域实际陆面水分蒸发量相应减少, 从而导致了区域雾日的减少和空气相对湿度的减小。采用其他节水农业技术, 如喷灌灌水技术, 可增加近地表的空气湿度, 降低地面温度。采用膜下滴灌技术, 农作物株间昼夜温差可增加 1~3℃, 株间空气湿度减小 1%~5%。

(二) 对区域水文循环的影响

节水农业改变了农田水文循环变化规律, 采用不同的节水农业技术对水文循环的过程有着不同程度的影响, 例如, 渠道防渗、低压管道输水改变了水循环的结构和转化量, 影响了区域地下水的补排关系, 使地下水、土壤水和地表水的转化强度减弱, 地下水水位下降, 不重复的地下水资源量显著增加。采用农艺节水技术, 通过充分利用土壤水, 改变了降雨产流、降雨入渗和地下水补给条件。而



采用膜下滴灌技术,在增温保墒的同时,由于地膜对雨水的阻隔作用,使得降雨入渗减少,一方面不利于充分利用雨水,另一方面也加大了地表径流。大面积的地膜覆盖将影响地区的水循环条件,改变原来的水文特性,甚至使水资源状况发生变化。这些影响通过改变原有水循环过程和降雨产流过程,形成新的水资源循环系统,对区域内的农业生产条件和生态环境产生影响。

(三) 对地表水环境的影响

节水农业对地表水环境的影响包括对水量的影响和对水质的影响两部分。对水量的影响主要表现为水文循环过程中地表径流的变化,对水质的影响主要表现为灌溉回归水的排出所产生的影响。采用不同节水农业技术对地表水水质的影响表现不同,如采用渠道防渗技术可增强径流拦蓄能力,增加蓄水量,对污染物起到稀释作用,同时水体的增加为水体中污染物的氧化、分解、吸附、沉淀和吸收提供了很好的平台,从而进一步改善了水质。采用喷灌技术,可直接把水和肥料送到植物根部,避免水分和肥料在土壤中残留,减轻了地表水的恶化程度。采用膜下滴灌技术,可减少农田的排水量,降低农田肥料流失对水体的污染(研究表明,减少田间水的排出是降低农田氮、磷流失的关键)。

(四) 对地下水环境的影响

节水农业对地下水环境的影响体现在节水农业实施后地下水水位与地下水水质的变化。对地下水水位的影响表现为,在渠灌区,由于减少渗漏量,相应减小了地下水水位的上升幅度;在井灌区,随着地下水开采量的减少,地下水水位得到控制,但同时由于渗漏量的减少,地下水补给减少,可能会产生负面影响。王贵玲(2009)对渠灌区节水农业进行研究发现,若保持现有地下水开采规模不变,10年后研究区地下水水位减缓下降10米,即地下水水位少下降了10米,从而证明节水农业在一定程度上能缓解地下水水位的下降。节水农业对地下水水质的影响表现为由于节水农业技术的实施,减少了化肥、农药的施用及排放,从而减少了污染地下水水质的受污染水体下渗量。如采用膜下滴灌技术系统将节水技术与农艺技术有机地结合起来,使灌水、施肥、用药同步进行,既节约了这些要素的投入,又提高了要素的利用效率,从而减少了化肥和农药在土壤中的残留量,对改良土壤和减少对土壤的负面影响具有很大作用。

(五) 改善土壤环境

节水农业对土壤空气、土壤微生物、土壤盐分、土壤物理性质和结构产生较大影响。如喷灌灌水技术的实施可能会对农田周围生态环境变异、生物多样性、微生物等造成影响;采用膜下滴灌技术,可调节农田土壤水、热、盐及养分状况,改善耕作层土壤环境,提高土壤水分利用率等,膜下滴灌方式改水浇地为水浇作物,在根系发育范围内形成一个低盐区,为作物根系的发育提供一个良好的