

雨养型农业区水资源合理开发与可持续利用的几种有效模式

任 焯, 何 倩

(平凉市水土保持科学研究所, 甘肃 平凉 744000)

摘 要: 从平凉城郊发展实际情况出发, 针对水资源开发利用中存在的问题, 提出了雨养型农业区水资源合理开发与可持续利用的新思路, 建立了有利于可持续发展的四种农业用水模式, 并通过试点试验运行, 节水效果显著, 是值得大力推广应用的有效模式。

关键词: 水资源; 可持续利用; 用水模式; 有效利用率; 节水效果

中图分类号: S 273. 1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)02-0098-04

Some Effective Models of Water Resources Reasonable Development and Sustainable Utilization in Rainfed Agriculture Region

REN Ye, HE Qian

(Institution of Soil and Water Conservation in Pingliang City, Pingliang, Gansu 744000, China)

Abstract: In accordance with the existed problems in exploiting water resources, proceeding from the fact of Pingliang city suburb, a new thinking which is reasonable development and sustainable water resources in rainfed agriculture region is put forward and four models of using water in agriculture about reasonable development were established. Through experimenting and employing, the result of saving water is very notable, these models are worth popularizing.

Key words: water resources; sustainable development; the model of using water; the rate of effective utilization; result of saving water

1 研究区域与自然概况

1.1 研究区域

根据原平凉市(现崆峒区)93版市区总体规划, 划定市区用地范围东起十里铺, 西至到崆峒水库, 北至北山根, 南到南山高压线, 总土地面积约为 48 km²。2003 年平凉市城市总体规划修改版, 把城区规划范围扩展为: 东起四十里铺镇东, 西至崆峒山风景名胜区西边沿, 南到峡门乡政府驻地, 北至白庙原北界, 控制面积 250 km²。依此, 我们将原城市规划区线与新城规划线之间的扩展范围部分界定为平凉城郊区域, 作为研究对象, 其总控制面积为 202 km²。本项研究涉及崆峒镇、柳湖乡、峡门乡、白庙乡和四十里铺镇等乡镇的部分区域, 总人口 11.98 万人, 其中农业人口 9.2 万人, 占总人口的 76.8%, 人口密度为 593 人/km²。2003 年人均国民生产总值 4 651 元, 农民人均收入 3 521 元。

1.2 自然概况

1.2.1 地形、地质、地貌

平凉城郊在地质上受贺兰山褶皱带的复合影响, 地形西高东低, 属黄土高原沟壑区较为典型的河谷川台地形, 基本上是泾河的一级、二级阶地, 底部沉积了厚度不同的冲积砂砾卵石层, 是第四系潜水的主要含水层, 厚约 6~8 m, 最厚达 15 m 以上, 地下水埋深一般小于 10 m, 一级阶地埋深在 10~20 m 之间, 二级阶地大于 20 m; 二级阶地有较厚的黄土堆积, 部分地段冲沟发育明显。

1.2.2 气象、水文

平凉城郊地处中纬度内陆, 受大陆性季风气候的影响, 属于半干旱半湿润气候类型。气候特点是, 春夏干旱少雨, 秋季暴雨集中, 冬季多为西北风, 干旱少雨雪。

平凉城郊多年平均降水量 521 mm, 实测最大年降水量 744.5 mm, 最小年降水量 318.5 mm。降水量的年际变化较大, 离差系数 C_v 在 0.21~0.30 之间, 平均 $C_v = 0.25$, $C_v/C_m = 2.5$ 左右。据平凉气象台实测记录, 25 年中最大年和最小年降水量相差 2.34 倍, 40 年中相差 3 倍, 降水在年际间, 约 15 年出现一个干湿周期; 年内分布不均, 多集中在 6~9 月份, 汛期约占全年降水的 68%, 且以暴雨形式集中在 3~5 次降水之中。

表 1 城郊降水量逐月分配情况

月 份	1	2	3	4	5	6
降水量/mm	2.7	3.5	13.7	33.1	46.0	58.5
各月占全年/%	0.5	0.6	2.6	6.4	8.8	11.3
月 份	7	8	9	10	11	12
降水量/mm	114.0	109.5	82.7	41.0	13.4	1.9
各月占全年/%	21.9	21.1	15.9	7.9	2.6	0.4

主导风向为东南风和西北风。多年平均气温 8.6℃, 极端最高气温 37℃, 极端最低气温 -24.3℃, 日照时数 2 424.8 h, 年平均蒸发量 1 468.8 mm, 无霜期 140~162 d。

1.2.3 土壤、植被状况

区域内土壤以黑黄土、黄绵土为主, 泾河一级阶地以黄

1 收稿日期: 2005-04-24

基金项目: 甘肃省水利科研推广项目“城郊水土资源合理开发与可持续利用研究”(编号: 2001-41)

作者简介: 任焯(1956-), 男, 高级工程师, 从事水土资源与生态环境研究工作。

砂土为主。有机质含量为 0.66% ~ 1.2%, 全氮 0.07% ~ 0.12%, 速效磷 9 ~ 25.5 kg/hm²; 土质绵软, 呈粒状或粉粒状结构, pH 值 7.0。林草植被覆盖率为 23.6%。

1.3 平凉城郊水资源概况

1.3.1 地表水资源

平凉城郊的地表径流量主要来源于降水, 其时空分布随降水量大小而变化。平凉城郊地表水资源主要来源于泾河和颀河。地表年径流总量 2.65 亿 m³, 占总量 67.5%, 区域内自产水 0.844 亿 m³, 占总水量 32.5%。泾河发源于六盘山东麓, 由崆峒峡流入平凉城郊境内, 从崆峒峡流入水量 1.448 亿 m³, 灌溉期 3 ~ 7 月平均流量 1.93 ~ 5.43 m³/s, 基流量为 1.05 m³/s。颀河由菟麻湾流入平凉城郊内, 经八里桥汇入泾河干流, 从颀河流入水量 0.345 亿 m³, 灌溉期 3 ~ 7 月平均流量 0.57 ~ 1.93 m³/s。

1.3.2 地下水资源

平凉城郊地下水资源以天然降水补给为主。在泾河河谷川区, 总面积 243.9 km², 多年平均天然补给量为 11.132 万 m³/a, 其中年可开采量 830 万 m³, 平均可开采模数 3.61 万 m³/km²。城郊南部基岩山区的降水入渗系数 0.115, 降水入渗补给模数为 6.27 万 m³/km², 平均可开采模数为 1.73 万 m³/km²。多以泉水形式补给泾河, 形成河川基流, 局部河段有河水与地下水相互转化情形。

1.3.3 可供利用水资源

平凉城郊的地表径流总量为 26 568 万 m³, 其中洪水量为 16 020 万 m³, 占 60.3%, 基流为 10 547 万 m³, 占 39.7%。可供农业灌溉、工业用水及其它利用水资源有: 地表基流量 10 547 万 m³ (其中从宁夏入境的水量为 7 119 万 m³, 自产水量 3 428 万 m³)、崆峒水库调节洪水 2 418 万 m³、地下水资源可开采量约为 1 000 万 m³, 总量约为 13 965 万 m³。

2 平凉城郊水资源开发利用存在的突出问题

2.1 水资源总量贫乏, 季节性分布不均, 均衡调节能力不足

2.1.1 人均水资源贫乏

平凉城郊人均占有水资源量 890 m³, 为全省平均值 1 615 m³ 的 1/2, 是全国平均值 2 731 m³ 的 1/3 还不到, 和全世界 8 500 m³ 相比更是悬殊, 约为 1/10。可见, 平凉城郊人均水资源相对贫乏, 应把开发利用工作的重点转移到注重节约、注重效益上。

2.1.2 季节性分布不均

平凉城郊水资源不但总量贫乏, 且季节性分布不均。第一季度占 3.7%, 第二季度占 26.5%, 第三季度 58.9%, 第四季度 10.9%, 在农作物主要生长期(4 ~ 6 月份), 地表径流量不足年径流总量的 1/5。据统计, 在 75% 保证率条件下, 平凉城郊 4 月份农业灌溉缺水为 413 万 m³, 5 月份缺水 311 万 m³, 6 月份缺水 365 万 m³, 三个月累计缺水达 1 089 万 m³, 季节性缺水程度为 13.76%。应采取补救措施。

2.1.3 均衡调节水资源能力不足

平凉城郊地表径流年总量为 2.65 亿 m³, 水源调节主要依靠崆峒水库, 设计总库容为 2 970 万 m³, 按 $P = 50%$ 调节计算入库径流量为 1.29 亿 m³, 可调节利用率为 48.7%。由于城郊上游控制性调节工程太少, 使汛期 1.36 亿 m³ 洪水资源集中流失, 在时空上不能均匀分布于河流生态系统, 均衡调节水资源能力不足, 造成一方面水资源短缺, 另一方面水资源浪费现象。

2.2 地表水开发利用程度偏高, 农业用水量偏大, 农田灌溉方式落后, 水资源有效利用率不高

2.2.1 地表水资源开发利用程度偏高

根据水资源利用现状调查分析, 平凉城郊可供利用地表水资源总量为 12 965 万 m³, 已开发利用总量为 8 231 万 m³, 开发利用程度为 63.94%, 而且还有持续上升的趋势。因此, 应采取有效措施尽快缩减和限制对地表水资源的开发利用程度。

2.2.2 农业用水比重偏大

在已开发利用的水资源分配中, 农业利用为 6 825 万 m³, 占已开发利用总量的 82.92%, 工业和城镇居民生活利用为 1 166 万 m³, 仅占 14.17%, 生态环境利用为 240 万 m³, 占 2.91%。可见, 水资源利用结构比例失调, 农业利用比重偏大。因此, 应重新调整水资源利用结构, 减少农业利用, 增加工业、城镇利用以及生态利用。

2.2.3 农田灌溉技术落后, 水资源浪费严重

在农业用水中, 农田灌溉仍然采用传统大水漫灌的粗放、落后的技术手段, 其单位灌水量高达 9 490 m³/(hm²·a), 高于全国平均水平数 8 280 m³/(hm²·a)。根据最新农作物合理灌溉定额研究结果表明, 平凉的合理灌溉定额应为 7 500 m³/(hm²·a)。依此推算, 全年农田灌溉水资源浪费率高达 26.53%, 可见, 农业水资源浪费严重, 节水潜力巨大。

2.3 快速发展的城镇化和工业化使水资源污染和浪费并重

2.3.1 城镇化步伐加快, 工业增长迅速, 水资源污染日益严重

随着城郊经济的发展和地改市的实行, 平凉城镇化步伐明显加快, 如崆峒镇、四十里铺镇、峡门乡、柳湖乡等城镇建设日新月异, 工业企业快速发展, 为平凉经济创造了新的增长点。但是, 工业的发展又加重了水资源的污染, 如造纸厂、骨素厂等污染源较大的企业, 排污处理设施陈旧、落后, 使工业废水处理排放不能达标, 或达标排放后又遇到新的污染源而继续污染, 导致水资源环境加速恶化。这种以破坏环境为代价换取经济效益的做法是不可取的, 其教训是沉痛的, 必须尽早制止。

2.3.2 工业、城镇用水量逐年增加, 浪费现象也越来越严重

随着城郊经济的发展, 城镇化进程的加快和城市规模的不断拓展和延伸, 工业用水和城市用水日益增加。据统计, 城郊用水在基期的 2000 年为 1 166 万 t, 到 2001 年为 1 305.9 万 t, 2002 年为 1 462.6 万 t, 2003 年约为 1 500 万 t, 三年用水平均增长率为 12%, 水资源利用增长较快。在水资源利用率增长的同时, 浪费也很大, 据调查统计, 1999 年水资源浪费率为 20.3%。

3 雨养型农业区水资源合理开发与可持续利用的新思路

依据水资源的有限性和供需平衡原则。从时空角度讲, 城郊区域水资源总量是有限的, 对用水需求决不能无限增长, 要控制需求, 全面节水。国内外大量经验表明, 有限的水资源也可以支撑经济与社会可持续发展, 但控制需求的有效途径应该是通过制度(法律、经济、技术等)来实行。

现代水资源配置中的理念是, 在经济与社会合理利用水资源的同时, 还要兼顾生态环境建设用水, 并留有适当余地, 保证水资源的可持续利用。

为了防止盲目扩大经济与社会的水用规模, 应从水资源的配置总量上加以限制。同时, 在经济与社会利用内部, 应逐步有计划、有步骤的减少对农业和农村的配置总量, 增加对工业、城镇的配置总量, 迫使农业大力推行节约用水技术。

3.1 实现由传统农业利用配置逐步向现代农业利用配置的根本性转变

平凉城郊水资源配置总量的 82.9% 用于农业灌溉, 这种配置结构极不合理。而传统农业灌溉的水利用系数也只有 0.3~0.4, 和发达国家的 0.8 相比水资源利用率却很低, 如果能尽快推行现代农业节水技术, 使水资源利用率接近发达国家的水平, 则水资源配置结构将会发生根本性变化, 水资源短缺的问题可以得到缓解。因此, 在稳定农业(特别是粮食)生产总量的前提下, 应逐步适度压缩传统农业灌溉用水量, 科学调配水量, 用于发展现代节水农业。

在平凉城郊, 现代农业灌溉技术已经正在大力推广, 喷灌、滴灌、微灌、限额灌溉等先进技术的发展已经为现代节水农业奠定了基础。因此, 建立和推行高效节约的现代农业用水制度势在必行。

3.2 实现由偏重农业发展利用配置向现代化、工业化、城镇化综合发展利用配置的根本性转变

历史上曾以农业为重点配置水资源的时期被称为生产农业, 或叫吃饭农业。在粮食生产相对过剩的今天, 农业不仅仅是在生产农业, 更应该是效益农业, 这是现代化农业的一个特征。因此, 水资源的配置应向现代化转变。未来农业应主要依靠节水来提高单产, 严格控制传统灌溉农业的用水, 科学调配用水量。在今后几年里, 将传统灌溉农业调整压缩灌水量的一部分用于发展效益高的节水型特色农业和精品农业。

就水资源利用而言, 在等产值条件下, 农业用水量与工业用水量之比为 9:1; 在等水价条件下, 农业用水成本与工业用水成本比为 10:1, 而农业投资收益极小, 工业投资收益远远大于农业。可见, 工业化的发展, 促使水资源的配置发生了结构性的变化, 产生了结构性的效益。因此, 水资源的配置应向工业化转变。新型工业化发展的道路, 应积极寻求科技含量高、经济效益大、资源能耗低、环境污染少、人力资源优势得以充分发挥的项目。本区工业的主要基础是能源、矿产和农牧产品加工业, 这些项目对水资源的浪费和污染都比较严重。因此, 要推行节水、减污的清洁生产技术, 鼓励企业进行水利设施建设和污水处理回用, 加强水污染防治, 提高水资源利用率和效益。

目前, 城镇化的发展及城镇人口逐年增加, 城镇用水总量需求也成倍增加, 用水量呈持续增长趋势; 城镇水务基础设施不足, 供水系统不完善, 水资源浪费严重。在平凉城郊经济发展过程中, 水资源的制约作用越来越受到人们的普遍重视。所以在制定工业发展规划和城镇化建设规划时, 严格遵循工业和城镇的发展与水资源条件相互协调的原则, 充分考虑水资源条件的可能, 对于是否安排那些用水量大的工业项目的问题, 应慎重加以考虑。在原有的耗水工业中, 应根据水资源的条件调整工业布局或产业结构, 采取各种措施, 主要是技术措施降低单位产品耗水量, 发展节水型工业。

城郊水资源短缺和分布不均衡与社会、经济的发展状况不相协调, 必须顺应自然规律, 立足现状, 进行水资源利用的结构性调整。要根据用水高效原则, 重新规划农业、工业和城镇生活用水的比例, 压缩低效的农业用水比重, 提高高效的工业、城镇生活用水比重。合理调水就是使农业用水降到 60% 以下, 使工业、城镇和生态环境用水提高到 40% 以上。今后对发展城镇、工矿等新增加的这部分用水量, 应从现行农业用水中有偿转移。总之, 要从全局出发, 有重点、重效率、因地制宜的做好城镇用水规划, 建立高效、节约、防污的工业和城镇用水制度, 用制度保证工业和城镇的可持续发展。

3.3 实现由单一注重经济与社会利用的水资源配置向生态环境利用、经济与社会利用及可持续发展利用综合协

调配置的根本性转变

过去单一注重经济与社会利用的水资源配置模式, 使经济社会与生态环境之间的水资源利用矛盾越来越突出, 从而制约了经济与社会本身的可持续发展与其生态环境的和谐性。创建一个人与自然和谐发展的水资源配置新模式(即生态环境利用、经济与社会利用及可持续发展利用综合协调)是可持续发展社会的必然选择。

搞好水资源工程建设是可持续发展的前提条件。今后水资源工程建设的主要任务应是: 合理配置、高效利用和生态环境保护。目前, 应把其工作重点放在对水生生态影响较大的流域整治方面, 应大力发展对调整产业结构、改善生态环境有利的水利工程, 如黄土高原水土保持工程, 恢复河川和植被工程, 治污减灾工程, 人畜饮水工程, 中小型集雨节灌扶贫工程等。近期工程建设应对现有和在建工程进行调整、更新、改造和配套完善。

经济与社会利用要充分挖掘各种可利用的水资源潜力, 提高对雨水资源、污水资源的利用效率。废水、污水的利用是缓解城郊水危机的重要途径, 起到增加水资源供给、防止水污染、保护和改善生态环境的三重作用。对雨水资源, 特别是洪水, 可通过工程措施的优化调控, 使其转化为可利用的水资源, 可以有效的增加水资源供给量, 发挥这部分资源效益。

生态环境建设用水, 主要应依靠天然降水, 依靠天然降水的循环利用。对城镇绿化和具有保护价值的局地环境的用水, 应适当考虑并在做出科学的论证之后, 也可进行水资源建设项目。泾河(黄河支流)流域是目前生态危机较严重的地区, 生态系统要同经济与社会系统合理分享水资源。当前应抓紧黄河中上游治理的有利时机, 加大修复生态环境的力度, 重新配置水资源。森林、草原植被恢复主要应该依靠天然降水, 对水资源的配置要求最小不能低于 30%。河流生态环境的用水也要保证, 河流正常水源应保证达到径流量的 50% 以上。目前泾河河流水源已严重不足, 应调剂部分农业水资源用于河流生态环境的恢复与保护。要建立和推行统筹全局、合理安排的生态环境用水制度。

4 雨养型农业区水资源可持续利用的四种有效模式

平凉市属于雨养型农业区, 农作物生长主要依赖于天然降雨, 在河谷川地有一定数量地灌溉农田, 由于长期的农业资源开发, 在有限的水资源中, 农业用水的比重最大, 水资源浪费较多, 节水的潜力巨大, 是水资源可持续利用研究的重点对象。

以平凉城郊为研究对象, 从水资源开发利用的现实和突出问题出发, 通过研究, 提出了农业水资源可持续利用的 4 种用水模式, 即灌区限额灌溉用水模式、雨养型农业区调整作物种植结构适应降雨季节性分布的用水模式、雨养型旱作农业丰产补灌的用水模式、灌区设施园艺农业灌溉的用水模式。通过试验实施及对其结果分析, 产生了较好的节水效果。

4.1 灌区限额灌溉用水模式

限额灌溉是灌区对传统农业粗放的经验性灌水定额进行限制, 推行定量化的合理灌水定额, 达到节约水资源的一种投资少、见效快、效益高的科学管理型用水模式。针对农业水资源浪费严重的问题, 借鉴先进地区的节水经验, 提出限额灌溉模式。

4.1.1 试验区基本情况

四十里铺镇清街村, 全村有 988 户, 总人口 4 072 人, 农业劳动力 2 445 人。该村总土地面积 377.82 hm², 耕地面积为 314.3 hm², 人均占有耕地 0.074 hm², 可灌溉面积 193.3

hm²。试点前大面积农田灌溉仍然采用传统大水漫灌的粗放、落后的技术手段。

4.1.2 模式运行结果或节水效益

通过 5 年的调整和发展,截止试点期末的 2004 年底,共累计完成限额灌溉试验面积 176.4 hm²,试验对比统计总节约水量 266 364 m³,单位面积节水 1 510 m³/hm²。依次推算,如果在平凉城郊全灌区 7 191.78 hm² 灌溉面积中推行限额灌溉制度,年可平均节约水资源 1 086 万 m³。这与平凉城郊历年 4、5、6 三个月累计农业灌溉缺水 1 089 万 m³ 的总量基本持平。也可以这么讲,平凉城郊春、夏季农业灌溉缺水是由灌溉定额不合理造成的,在灌溉面积不再扩大的前提下,季节性缺水问题,可以通过推行限额灌溉制度来解决。

4.2 调整作物种植结构适应降雨季节性分布的用水模式

平凉市的气候条件是雨热同季,根据当地秋季作物生长需水期与年降水量季节分布基本同期且数量相等即同质性的特点,可采用合理调整夏、秋作物种植比例结构的科学方法,修正夏收作物种植面积偏大、秋收作物种植面积较小的传统习惯模式,充分利用大气自然降雨浇灌农田即靠天浇地,是雨养型农业区最有效、最经济的用水方式。针对农作物春夏干旱少雨、秋季多雨的水资源不平衡分布问题,提出雨养型农业区调整作物种植结构适应降雨季节性分布的用水模式。

4.2.1 试验区基本情况

试验区位于平凉城区南部,东到二沟村,西至天门村,南至榆树村,北连城南路,总土地面积约 333.3 hm²,海拔高度 1 415.9 ~ 1 495.6 m。行政区划属于平凉市崆峒区柳湖乡土坝村,包括 4 个自然村,480 户 1 830 人,其中农业劳动力 1 051 人。全村有耕地面积 236.4 hm²,占总土地面积的 70.93%,人均占有耕地 0.13 hm²,80% 的耕地为梯田。2000 年农民人均纯收入为 1 650 元。

4.2.2 模式运行结果或节水效益

通过 5 年的调整和发展,截止试点期末的 2004 年底,共累计完成调整作物种植结构的试验面积 176.4 hm²,使夏、秋作物比例结构从试点前的 8 : 2 调整到试点期末的 6 : 4。试点期间采用这种模式,由于夏收作物种植面积减少,使春季作物受旱面积比试点前降低了 6.5 个百分点。

同样,这种模式推广到年降水量在 400 ~ 600 mm 有灌溉条件的地区,更能充分利用天然降水的巨大调水效能,减少农田灌溉用水,降低农田灌溉成本,实现水资源的节约利用。

4.3 灌区设施园艺农业灌溉的用水模式

采用现代设施农业灌溉,如喷灌、滴灌、微灌等,可提高水资源有效利用率,减少农业用水量及传统农业灌溉面积,降低农业用水比重,是采用现代科技手段节约水资源的一种用水模式。针对平凉城郊农业用水比重偏大,水资源利用结构比例失调问题,应重新调整结构,减少农业利用,增加工业、城镇利用以及生态利用,提出设施园艺农业灌溉的用水模式。

4.3.1 试点基本设施与条件

灌区设施农业节水灌溉模式试点设于四十里铺镇清街村,全村有农 988 户,总人口 4 072 人,农业劳动力 2 445 人,312 国道纵贯穿过,交通方便。2000 年,该村总土地面积 377.82 hm²,其中,总耕地面积为 314.3 hm²,占 83.2%。人均占有耕地 0.074 hm²,人均纯收入 1 302 元。可灌溉面积 193.3 hm²。试点期间建立日光节能温室 160 个,面积 16.9 hm²,全部配备了节水灌溉系统,其中喷灌系统 3.6 hm²,滴灌系统 592.4 hm²,微灌系统 8.1 hm²。

4.3.2 模式运行结果或节水效益

通过 5 年的运行和发展,截止试点期末的 2004 年底,在试验点 193.3 hm² 的可灌溉土地中,已有 16.9 hm² 的土地实现了设施农业节水灌溉,占可灌溉面积的 8.74%。5 年间共累计实施设施农业灌溉总面积为 48.1 hm²。同时,灌溉水资源的利用系数由灌区传统灌溉方式下的 0.43 提高到试点末节水灌溉方式下的 0.65,使水资源有效利用率大大提高。从目前平凉城郊经济水平和今后社会发展对农业生产的需求分析,近 5 年内在灌区推广 8% ~ 9% 的设施节灌面积是能够实现的。如果能在全灌区推广这种用水模式的灌溉面积 647.26 hm²,可减少农业用水量 614 万 m³。用以增加城镇、工业、和生态用水。

4.4 雨养型旱作农业丰产补灌的用水模式

旱作农业丰产补灌模式是通过综合利用干渠引水、降雨径流和地下水,建立提灌、喷灌、滴灌一整套节水灌溉系统,使旱塬土地在每年春夏季干旱少雨时节,采用定额限量补充土壤水分实现农田水利化、灌溉化的水资源高效利用的一种模式,是扩大农业灌溉面积,提高旱地生产率和经济效益的有效手段。

平凉城郊旱塬和阶地无灌溉条件属雨养型旱作农业,每年春夏季干旱少雨,致使农业产量和效益较低。但城郊二、三产业受区域经济影响发展较快,城郊相对边远农村经济收入较高,地理位置靠近河谷川地,地下水资源较丰富且可以开发利用,采用干旱时节节水补充灌溉方法,农作物干旱减产程度就可大大降低。

4.4.1 试点基本设施条件

选择平凉市崆峒区西郊天门村作为试验区域,在地质地貌上属于泾河的一、二级阶地。天门塬农业示范区则属于泾河的二级阶地,基本上为旱塬,不具备自然引水灌溉的条件。试点期间,通过从崆峒总干渠提水,同时,建有机井 4 眼,作为补充灌溉的地下水源。在旱地建立了提灌、喷灌、滴灌系统。旱塬灌溉系统主要配套是:65 m 上水扬程泵房及相关配套设施一处,架设输电线路 1 300 m,上水主管道 1 132 m,西塬支渠长 4 700 m,斗渠长 700 m,并建有一处底面积 5 900 m²、深 4.7 m、总库容 3.25 万 m³ 的蓄水池;为了实现东塬农田灌溉,修建了长 50m 跨野猫沟的倒虹吸一处,东塬支渠长 4 000 m,斗渠长 2 300 m。

4.4.2 模式运行结果或节水效益

通过 5 年的运行和发展,截止试点期末的 2004 年底,采用提灌、喷灌、滴灌等节水技术,提取和利用地下水资源 135 万 m³,实施灌溉面积 737.7 hm²,平均补充灌水标准 1 830 m³/(hm²·a),比平凉合理灌溉定额 7 500 m³/(hm²·a) 标准条件下,增加灌溉面积 557.7 hm²。如果能够全部开发平凉城郊 514 万 m³ 地下水,则可新增加补灌面积 2 850 hm²。因此,开发利用地下水资源进行旱作农业丰产设施节水补充灌溉,也可以缓解地表水资源的短缺矛盾。

上述建立的四种水资源可持续利用模式,通过试验,均产生了较好的节水效果。限额灌溉模式,通过推行量化的合理灌水定额,采取有效措施缩减和限制地表灌溉水资源的开发利用,重新调整水资源利用结构,减少和避免了春季农业灌溉缺水问题;雨养型农业区调整作物种植结构适应降雨季节性分布的用水模式,使夏、秋作物比例结构得到调整,充分利用天然降水的巨大调水效能,减少农田灌溉用水,降低农田灌溉成本,实现了水资源的节约利用;设施园艺农业灌

(下转第 137 页)

4 结 论

(1) 基于对称重法和茎流法测算玉米蒸腾速率结果的分析表明,用 GREENSPAN 茎流法测量作物的蒸腾量是可行的,两者测值的绝对误差和相对误差分别为 0.20~4.56 g/(株·h)和 2.03%~10.42%,证明 GREENSPAN 茎流法所测的作物蒸腾速率的精度是可靠的。

(2) GREENSPAN 茎流法能够较灵敏且较准确地反映

不同天气状况下作物蒸腾速率的变化规律。白天玉米茎流随太阳辐射及天气变化呈规律性变化,晚间有较细微而稳定的茎流,且茎流的启动时间存在一个受天气和太阳辐射变化共同影响的临界值。晴好天气下,玉米茎流的日变化呈单峰曲线,多云或阴天条件下,玉米茎流成不对称的“M”型。

(3) 对气象因子的灰色关联分析表明,晴好天气下,太阳辐射是影响玉米茎流的主要因素;多云或阴天条件下气温和相对湿度成为影响蒸腾速率的主要因子,太阳辐射作用相对降低。

参考文献:

- [1] 孙卫国,申双和. 农田蒸散量计算方法的比较研究[J]. 南京气象学院学报, 2000, 23(1): 101- 105.
- [2] 段爱旺. 一种可以直接测定蒸腾速率的仪器—茎流计[J]. 灌溉排水, 1995, 14(3): 44- 47.
- [3] F P Weibeland, Jade Vos. Transpiration measurements on apple trees with an improved stem heat balance method [J]. Plant and Soil, 1994, 166: 203- 219.
- [4] 刘奉觉,等. 用热脉冲速度仪(HPVR)测定树干液流[J]. 植物生理学通讯, 1993, 29(2): 110- 115.
- [5] 张宁南,徐大平, Morris J. 雷州半岛尾叶桉人工林液流茎流特征的研究[J]. 林业科学研究, 2003, 16(6): 661- 667.
- [6] 王得祥,康博文,姜海龙,赵生惠. 陕北黄土丘陵区主要成林树种耗水量研究[J]. 西北林学院学报, 2004, 19(3): 1- 3.
- [7] 李海涛,陈灵芝. 应用热脉冲技术对棘皮桦和五角枫树干液流的研究[J]. 北京林业大学学报, 1998, 20(1): 1- 6.
- [8] Edwards W R N, N W M Warwick. Transpiration from a kiwi fruit vine as estimated by the heat pulse technique and the Penman- Monteith equation [J]. N. Z. J. Agric. Res. 1984, 27: 537- 543.
- [9] Olbrich BW. The verification of the heat pulse velocity technique for estimating sap flow in Eucalyptus grandis [J]. Can J. For. 1991, 21: 836- 841.
- [10] 张继祥,等. 枣麦复合栽培系统中小麦光合速率与气候生态因素的灰色关联分析[J]. 山东气象, 1997, 17(2): 8- 11.

(上接第 101 页)

溉的用水模式,通过重新调整使 8.74% 的灌溉面积的水资源利用系数由 0.43 提高到 0.65,有效利用率大大提高;雨养型旱作农业丰产补灌的用水模式,利用城郊地下水资源较丰富可进行提灌的有利条件,在干旱时进行旱作农业丰产设

施节水补充灌溉,使旱地作物实现了丰产、优质;总之,各种模式有效地解决了平凉城郊水资源开发利用中存在的突出问题,是雨养型农业区水资源战略性调整和可持续利用的发展方向,可值得大力推广应用。

参考文献:

- [1] 雷敏,等. 西北城市水资源利用的问题诊断与应对措施[J]. 水土保持通报, 2002, 22(1): 26- 28.
- [2] 赵秉栋,等. 黄河流域水资源可持续利用研究[J]. 水土保持研究, 2003, 10(4): 102- 106.
- [3] 任焯,等. 构建黄土高原地区水土资源可持续开发与利用三结构模式[J]. 水土保持研究, 2003, 10(4): 46- 50.
- [4] 宋新山,等. 我国西部地区水资源环境问题及其可持续对策[J]. 水土保持通报, 2000, 20(4): 60.
- [5] 白军红,等. 中国水资源可持续开发利用模型及对策[J]. 水土保持通报, 2000, 20(3): 38- 42.
- [6] 姜文来. 水资源价值论[M]. 北京: 科学出版社, 1998. 185- 189.
- [7] 中国科学院地学部. 中国水问题出路[J]. 地球科学进展, 1998, (4): 33- 54.
- [8] 陈家琦,等. 水资源学概论[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1996. 64- 79.
- [9] 令福定,等. 甘肃省平凉地区水资源调查评价与利用区划[R]. 1987. 87- 98.
- [10] 张正栋. 中国西北地区水资源利用的对策研究[J]. 水土保持研究, 2003, 10(4): 308- 312.

(上接第 107 页)

参考文献:

- [1] Willian F Schilinger. Deep ripping fall- planted wheat after fallow to improve infiltration and reduce erosion[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1997, 53(3): 198- 202.
- [2] 哈斯,陈渭南. 耕作方式对土壤风蚀的影响[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2(1): 11- 18.
- [3] 胡兴波,曹敏建. 不同耕作措施对土壤含水量及玉米出苗率的影响[J]. 玉米科学, 2003, 11(3): 60- 62.
- [4] 陈君达,王兴文,李洪文. 旱作农业保护性耕作体系与免耕播种技术[J]. 北京农业工程大学学报, 1993, 13(1): 27- 33.

(上接第 133 页)

- [2] 唐邦兴,柳素清. 四川省阿坝藏羌自治州泥石流及其防治研究[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1993. 131- 132, 134- 135.
- [3] 四川省地质矿产勘查开发局. 成都水文地质工程地质队. 四川省金川县地质灾害防治规划报告[R]. 2003. 2- 3.
- [4] 四川省地质矿产勘查开发局. 成都水文地质工程地质队. 四川省地质灾害调查与区划报告[R]. 2003. 56- 57.
- [5] 阿坝州国土资源局. 四川省阿坝藏羌自治州地质灾害防治立项申报书[R]. 2004. 31- 32.