

甘肃省农业用水效率控制红线研究

凡炳文, 陈 文

(甘肃省水文水资源局, 甘肃 兰州 730000)

摘 要:以甘肃省及地级行政区2009年农业用水量数据为基础,选取反映农业用水效率的6项指标,分析了农业用水效率现状,为确定控制红线提供依据。分析表明:全省去变异农业用水效率为0.97,农田亩均灌溉用水量为 562 m^3 ,灌溉水有效利用系数为0.51;总体表现为用水效率较低,地区间差异较大。运用数理统计的趋势分析方法,对农田亩均灌溉用水量和灌溉水有效利用系数红线控制指标进行了分析预测,并考虑综合因素的影响,提出了甘肃省及地级行政区农业用水效率控制红线。结果显示:2015年全省农田亩均灌溉用水量控制红线为 492 m^3 ,各地区间在 $143\sim 691\text{ m}^3$,河西5市仍是全省最高的地区;全省灌溉水有效利用系数控制红线为0.54,各地区间在0.43~0.65;农业用水效率将逐渐提高。

关键词:农业用水;用水效率;控制红线;甘肃省

中图分类号: S273 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)03-0101-06

甘肃水资源量位居全国32个省(直辖市、自治区)的第29位,人均水资源量仅为全国人均占有量的1/2,单位面积占有量约为全国的1/4,居全国的第22位,是全国严重缺水的地区之一^[1]。随着经济社会快速发展对水的需求不断增长和水资源开发利用程度不断加大,水资源供需矛盾十分突出。面对日趋紧张的水资源供需矛盾,建设节水型社会,实行总量控制与效率控制管理相结合,坚决遏制用水浪费,提高水资源利用效率和效益,已成为全民的共同认识,也是解决甘肃干旱缺水问题最根本、最有效的战略举措。农业用水在甘肃的用水中一直占着80%以上的份额,对于保障粮食安全及提高人们生活水平起到了重要的支撑作用。但是,农业用水所占比例过高、用水效率不高的现状进一步加剧了供需矛盾,严重制约着区域经济社会的协调发展。

目前国内关于农业水资源利用效率评估方面进行了广泛而深入地研究^[2-4],对甘肃区域的研究主要集中在河西走廊地区农业发展的水资源承载力以及农业结构优化等方面^[5-8],在全面评估农业水资源利用效率的基础上提出红线控制指标的研究较少。因此,开展甘肃省及其地级行政区农业用水效率的现状分析和预测,对区域农业用水效率现状进行排序定位,有助于人们对现状用水水平的准确认识,对促进农业节约用水具有重要的现实意义;开展用水效率红线控制指标研究,为合理制定区域控制红线提供理论依据,对实行最严格水资源管理和落

实“三条红线”以及缓解水资源压力具有重要的促进作用。

1 指标体系与研究方法

1.1 资料来源

《甘肃省国民经济与社会发展统计公报》及《甘肃年鉴》:主要获取甘肃省及地级行政区的人口、耕地面积、灌溉面积、农业产值和产量等社会经济指标。

《甘肃省水资源公报》:从中获取全省及地级行政区的水资源量、降水量、节水灌溉面积、总用水量、农田灌溉用水量等相关数据。

1.2 指标体系

有关农业用水的评估指标较多,遵循合理性、可比性、动态性、可获得性和量化等原则,从中选取6个具有一定代表性的指标,形成农业用水效率评估指标基本集,并将亩均灌溉用水量(每 667 m^2 面积的灌溉水量,下同)纳入红线控制监督考核体系,灌溉水有效利用系数纳入监测评价体系。农业用水效率评估指标及红线控制指标体系见表1。

1.3 研究方法

(1)趋势分析法:通过对农业万元产值用水量与农业总产值、农业用水量随时间变化、亩均灌溉用水量、灌溉水有效利用系数近几年的变化趋势分析,为确定红线控制指标值提供技术依据。

收稿日期:2011-12-20

基金项目:国家自然科学基金项目(40971119)

作者简介:凡炳文(1964—),男,甘肃静宁人,高级工程师,主要从事水文水资源评价与研究工作。E-mail:gsawflw@126.com。

表 1 甘肃省农业用水效率评估指标体系

Table 1 Evaluation index system of agricultural water use efficiency in Gansu Province

目标层 Target layer	指标层 Index layer	描述指标 Indicator description	计算公式 Calculation formula	单位 Unit
甘肃省及 地级行政 区农业用 水效率 Agricultural water use efficiency in Gansu Province and its administrative regions	红线控 制指标 Red line control index	亩均灌溉用水量 Average irrigation water consumption per mu of farmland	灌溉用水量/农田实灌面积 Irrigation requirement/irrigation area of farmland	$\text{m}^3/667\text{m}^2$
		灌溉水有效利用系数 Effective utilization coefficients in irrigation water	田间用水量/渠首取水 Amount of water in field/ amount of water in canal head	
		水分生产率 Water productivity	粮食总产量/($I + P + \Delta W$) Total grain output /($I + P + \Delta W$)	kg/m^3
	效率评 估指标 Efficiency evaluation index	农业用水比例 Agricultural water ratio	农业用水量/总用水量 Amount of water used for agriculture /total water consumption	%
		去变异农业用水效率 Agricultural water use efficiency by elimi- nating variation	$ET_0/(I + P)$	
		万元农业产值用水量 Water consumption for 10 000 yuan agricul- tural output value	农业用水量/农业产值 Amount of water used for agriculture/agri- cultural output value	$\text{m}^3/\text{万元}$ $\text{m}^3/10^4\text{yuan}$

(2) 农业用水效率评估方法:农业用水效率的评估方法很多,本文采用文献[4]中去变异农业用水效率计算的方法,即:

$$U = ET_0/ET$$

$$ET = (I + P) - (\Delta W + R + S)$$

式中, U 为去变异农业用水效率,其值越大,用水效率越高; ET_0 为参考作物需水量,也即参考作物蒸散量; ET 表示农业总用水量; I 为灌溉用水量; P 表示有效降水量; ΔW 表示土壤储水量的消耗量; R 表示地表径流量; S 表示渗漏到深层的水量。单位为 mm。

在以年为计算单位,一般认为某一区域内土壤含水量变化很小, $\Delta W \approx 0$ 。在农业生产区,一般地形比较平坦且土层较深,在以区域为研究单元时,可以认为没有径流和深层下渗^[4],上式可简化为:

$$U = ET_0/(I + P)$$

(3) 灌溉水有效利用系数计算方法:目前甘肃省大多数灌区仅有渠系水利用系数资料,因此,将根据部分灌区和其他省份灌区试验测算的结果,结合各灌区气候地理条件、作物种植结构、灌溉方式和技术、土壤组成以及工程设施等具体条件,分析选用田间水利用系数。在已知灌区田间水利用系数、渠系水利用系数的前提下,区域灌溉水有效利用系数平均值参照文献[9]中公式计算,这里不再赘述。

2 分析与结果

2.1 农业用水效率现状分析

以 2009 年甘肃省及地级行政区耕地面积、实灌

面积、节灌面积、粮食产量、农业产值、灌溉用水量、降水量基础数据为依据,参照文献[4]中甘肃各地区的作物蒸散量,农业用水效率评估指标计算结果列于表 2。

2.1.1 农业及用水量基本情况 2000 年以来,甘肃省相继实施了节水型社会建设试点、灌区续建配套与节水改造项目、农业综合开发水利骨干工程建设、牧区节水灌溉示范项目等,灌溉条件明显改善,节灌意识不断增强,水的利用效率逐年提高。在保障粮食稳产增产的同时,农业用水增加态势得到控制并呈现逐年下降趋势,农业节水取得了一定成效。

2009 年全省耕地 447.37 万 hm^2 ,其中有效灌溉面积 126.42 万 hm^2 ,农田实灌面积 105.96 万 hm^2 。农田灌溉用水量 89.3807 亿 m^3 ,为全省各行业用水大户,占到全省总用水量的 74.1%;全省节水灌溉面积达到 82.06 万 hm^2 ,占实际灌溉面积的 77.4%,节水型社会建设成效显著;粮食产量稳中有升,达到了 953.03 万 t。

从地区分布来看,河西地区农田灌溉用水最多,占到全省灌溉总用水的 69.6%,也是地下水利用量最大的地区,占到全省地下水利用量的 81.8%;黄河流域占全省的 28.6%;长江流域占全省的 1.8%。

2.1.2 农田亩均灌溉用水量 2009 年全省平均农田亩均灌溉用水量 562 m^3 ,比上年 578 m^3 有所降低,但仍高出全国平均水平 128 m^3 。从各地区来看(表 2),因气候条件、地形地势、作物组成、种植结构和水资源条件等因素的影响,各地区间差异较大。

河西各地是全省用水量最高的地区,达 $676 \text{ m}^3/667\text{m}^2$,高出全省平均值 100 m^3 以上;黄河流域为 $427 \text{ m}^3/667\text{m}^2$,略低于 $434 \text{ m}^3/667\text{m}^2$ 的全国平均水平;长江流域为 $223 \text{ m}^3/667\text{m}^2$,每 667m^2 平均用水量相对较少。嘉峪关市农田亩均用水量最高,达 762 m^3 ;甘南州最低,为 186 m^3 。

表 2 2009 年甘肃省地级行政区农业用水效率评估指标计算结果

Table 2 Results of calculation with evaluation indicator of agricultural water use efficiency in administrative regions of Gansu in 2009

地级行政区 Administrative region	亩均用水量 Farmland average per water consumption ($\text{m}^3/667\text{m}^2$)	水分生产率 Water productivity (kg/m^3)	农业用 水比例 Agricultural water ratio (%)	去变异农业 用水效率 Agricultural water use efficiency by eliminating variation	万元农业产 值用水量 Water consumption for 10 000 yuan agricultural output value ($\text{m}^3/10^4\text{yuan}$)	灌溉水有效 利用系数 Effective utilization coefficients in irrigation water
酒泉 Jiuquan	701	0.17	83.4	1.06	3918	0.52
嘉峪关 Jiayuguan	762	0.16	25.5	0.92	1355	0.53
张掖 Zhangye	661	0.40	86.0	0.90	3457	0.49
金昌 Jinchang	716	0.46	76.9	0.74	3245	0.50
武威 Wuwei	655	0.41	87.8	0.91	2727	0.50
兰州 Lanzhou	468	0.31	38.2	0.99	1524	0.50
白银 Baiyin	469	0.43	82.9	1.09	2050	0.61
临夏 Linxia	438	0.46	76.3	0.79	1345	0.46
定西 Dingxi	441	0.41	74.0	0.88	676	0.40
天水 Tianshui	479	0.38	62.6	0.79	426	0.44
平凉 Pingliang	391	0.50	56.7	0.99	364	0.46
庆阳 Qingyang	194	0.40	41.2	1.42	162	0.47
甘南 Gannan	186	0.17	44.0	1.04	379	0.47
陇南 Longnan	223	0.29	66.0	1.01	424	0.49
全省 Average	562	0.37	74.1	0.97	1610	0.51

2.1.3 水分生产率 水分生产率有多种含义,广义的水分生产率指单位水资源量在一定的作物品种和耕作栽培条件下所获得的产量或产值,是衡量农业生产水平和农业用水科学性与合理性的综合指标^[10]。水资源量包括从地面进入该区域的总水量、总降水量和土壤蓄水变量。降水利用率越高,水分生产率越高;同时,区域内水的重复利用率越高,水分生产率越高。基于以上概念,计算得出甘肃省地级行政区农业总水分生产率(表 2)。

计算结果表明,2009 年甘肃各地区水分生产率为 $0.16 \sim 0.50 \text{ kg}/\text{m}^3$,全省均值为 $0.37 \text{ kg}/\text{m}^3$,总体水平较低,地区间差异较大。全国平均每立方米灌溉水粮食产量约为 1 kg ,而世界上先进水平的国家(如以色列)平均单方灌溉水粮食产量达到 $2.5 \sim 3.0 \text{ kg}$,全省水分生产率不到全国平均水平的 $1/2$,远远低于发达国家的水平,说明甘肃省农业用水效率低下,发展节水农业仍具有巨大的潜力。各地区按水分生产率大小可将其划分为三种类型:第一类型水分生产率 $\leq 0.20 \text{ kg}/\text{m}^3$,主要分布在降水量最为稀少的嘉峪关和酒泉以及农业最不发达的甘南地区;第二类型介于 $0.20 \sim 0.40 \text{ kg}/\text{m}^3$,主要分布在张掖、庆阳、天水、兰州、陇南地区;第三种类型介于

$0.40 \sim 0.50 \text{ kg}/\text{m}^3$,分布在平凉、金昌、临夏、白银、威武和定西地区。平凉市水分生产率最高,为 $0.50 \text{ kg}/\text{m}^3$,嘉峪关市最低,仅为 $0.16 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。

2.1.4 农业用水比例 2009 年全省农业用水比例为 74.1% ,为全省各行业用水大户。从各地区来看(表 2),酒泉、张掖、武威、白银农田灌溉用水量占当地总用水量的比例超过 80% ,其中武威最高,达到了 87.8% ,比全省平均水平高出 13.7 个百分点;金昌、临夏、定西等 6 个地区在 $50\% \sim 80\%$ 之间;兰州、庆阳、甘南 3 个地区在 $30\% \sim 50\%$ 之间,嘉峪关农业用水所占比例最少,仅为 25.5% 。可以看出,大部分地区农业用水比例偏高。

2.1.5 去变异农业用水效率 甘肃省 2009 年农业用水效率为 0.97 。从 14 个地级行政区计算结果排序来看(图 1),农业用水效率大于 1.0 的共有 5 个地区,按大小顺序分别为:庆阳、白银、酒泉、甘南和陇南,其中庆阳市 1.42 为全省最高;在 $0.75 \sim 1.0$ 之间的共有 8 个地区,按大小顺序分别为:兰州、平凉、嘉峪关、武威、张掖、定西、临夏和天水地区;金昌市 0.74 为全省最低。可以看出,全省农业水资源利用效率没有明显的区域分布特征。

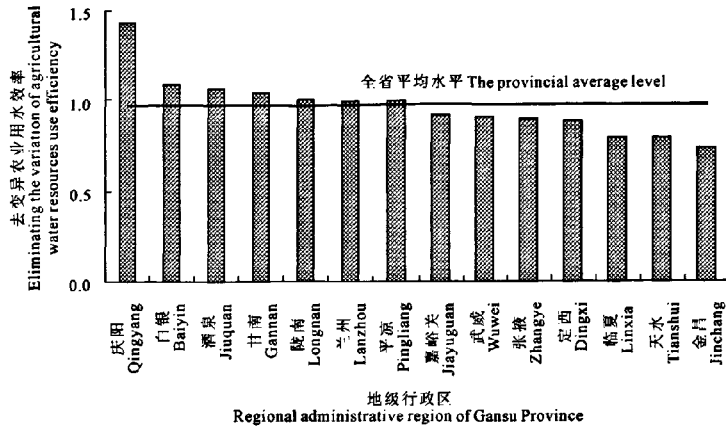


图 1 2009 年甘肃省地级行政区农业用水效率排序

Fig.1 Sorting of agricultural water use efficiency in administrative regions of Gansu Province in 2009

2.1.6 万元农业产值用水量 2009 年甘肃省万元农业产值用水量 $1\ 610\ \text{m}^3$, 各地区间相差悬殊, 酒泉市万元农业产值用水量 $3\ 918\ \text{m}^3$ 为全省最大, 庆阳市 $162\ \text{m}^3$ 为全省最小, 最大是最小地区的 24.2 倍。其地域分布与亩均用水量的分布基本一致, 总体表现出从东到西增大的地域分布特征。反映出万元农业产值用水量与当地的自然资源条件密切相关, 降水稀少, 灌溉用水量较多的地区其万元农业产值用水量较大, 进一步说明了要降低万元农业产值用水量, 必须加大农业种植结构的优化调整。

2.1.7 灌溉水有效利用系数 以全省 2009 年 23 处大型灌区、57 处重点中型灌区、120 处一般中型灌区基础资料为依据, 计算各地区及全省平均农业灌溉水有效利用系数, 计算结果见表 2。

从计算结果来看, 全省 2009 年灌溉水有效利用系数为 0.51, 高于全国 0.49 的平均水平。从各地区来看, 白银市由于景电灌区(景泰县受益区)、靖会灌区工程设施相对完好, 渠系水量损失小, 灌溉水有效利用系数 0.61 为全省最高地区; 河西及兰州市地区, 经过灌区续建配套和节水改造, 改善了灌溉条件, 灌溉效率明显提高, 灌溉水有效利用系数在 0.49~0.53 之间, 高于全国平均水平; 其余地区由于受水资源条件、灌溉条件及技术等因素的影响, 灌溉水利用效率相对较低, 有效利用系数在 0.40~0.49 之间, 其中定西市由于灌溉条件较差, 管理水平相对较低, 是全省灌溉水有效利用系数最低的地区。从不同规模灌区来看, 全省大型、重点中型、一般中型灌区灌溉水有效利用系数平均值分别为 0.51、0.52 和 0.47, 从工程建设角度看, 达到节水灌溉工程标准时大、中、小型和纯井灌区的灌溉水有效利用系

数应该分别达到 0.50、0.60、0.70 和 0.80^[11], 反映出中型灌区与达到节水灌溉的能力要求还有一定差距, 尤其一般中型灌区差距较大。

2.2 农业用水效率控制指标预测分析

2.2.1 亩均灌溉用水量预测分析 近年来, 甘肃省大力推进节水型社会建设, 着力提高农业用水效率, 对许多灌区进行了灌区续建配套和节水改造工程项目, 供水能力和用水结构发生了一定变化。1999—2009 年全省亩均用水量年均递减幅度为 $6.6\ \text{m}^3$, 大于全国年平均递减 $5.0\ \text{m}^3$ 的幅度, 说明全省近年来农业节水灌溉和种植结构调整初见成效。

从各地区亩均灌溉用水量变化来看, 地区间差异较大, 但总体呈现下降趋势。嘉峪关市的变化最为剧烈, 2005—2008 年保持在 $1\ 247 \sim 1\ 327\ \text{m}^3/667\ \text{m}^2$ 的水平, 2009 年比上年递减了 42.6%, 由 $1\ 327\ \text{m}^3/667\ \text{m}^2$ 降到了 $762\ \text{m}^3/667\ \text{m}^2$, 经分析主要是 2009 年嘉峪关市大力推广灌区农田节水技能, 发展节水高效农业, 亩均用水量下降明显, 基本接近河西其他地区的水平。2005 年以来, 金昌、武威、白银等 7 个地区亩均用水量年平均递减率处于 10.5%~25.8% 之间; 酒泉、张掖、兰州等 5 个地区基本保持在稳定状态; 庆阳市 2005—2008 年处于下降趋势, 年平均递减 $6.3\ \text{m}^3$, 2009 年由上年的 $119\ \text{m}^3/667\ \text{m}^2$ 上升到了 $194\ \text{m}^3/667\ \text{m}^2$, 呈增大态势, 这可能与种植结构调整或当年降水量分布不均匀有关。

从 1999—2009 年全省亩均灌溉用水量随时间的变化看, 总体呈现出下降的趋势, 且具有较强的非平稳性, 因此, 运用差分自回归滑动平均模型 (ARIMA), 对全省亩均用水量进行分析预测。利用 SPSS 软件建立 ARIMA(2,1,2) 预测模型, 全省亩均用水量

预测结果如图2所示。可以看出,拟合过程的绝对误差介于 $-1\sim 17\text{ m}^3$ 之间,相对误差的平均值仅为0.21%,说明模型具有良好的预测效果,初步预测结果为2015年全省亩均用水量为 546 m^3 。

同理,运用SPSS软件时间序列建模器对各地区亩均用水量建模预测,其预测结果反映了近10 a来各地区亩均用水量的总体变化趋势,但由于亩均用水量受气候地理条件的影响,在时空分布上差异较大,同时还与作物的品种和组成、灌溉方式和技术、管理水平、土壤、水源以及工程设施等具体条件有关,影响因素十分复杂,因此,在建模预测的基础上,重点依据2005—2009年变化趋势并结合各地区实际对预测结果进行分析修正,得出2015年各地区的预测值见表3。

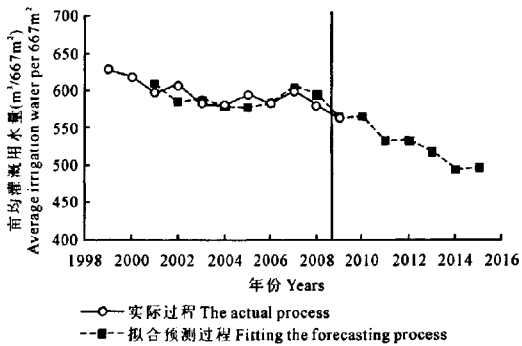


图2 甘肃省亩均用水量变化趋势及预测过程
Fig.2 Change tendency and forecasting process of verage irrigation water amount per 667m² in Gansu Province

表3 甘肃省2015年亩均用水量预测及用水效率红线控制指标
Table 3 Prediction of average water consumption per acre and indicators of red line control of water use efficiency in Gansu Province in 2015

地级行政区 Administrative region	模型类型 Model type	亩均用水量 Average water consumption per 667m ² (m ³ /667m ²)				红线控制指标 Red line control index	
		预测值 Predictive value	LCL	UCL	修正后 预测值 Predictive value after amendment	亩均用水量 Average water consumption per 667m ² (m ³ /667m ²)	灌溉水有效 利用系数 Effective utilization coefficient of irrigation water
酒泉 Jiuquan	ARIMA(2,1,2)	495	369	656	647	661	0.56
嘉峪关 Jiayuguan	指数平滑 Exponential smoothing (brown)	1028	516	1882	677	691	0.56
张掖 Zhangye	指数平滑 Exponential smoothing (brown)	683	469	970	580	592	0.52
金昌 Jinchang	ARIMA(0,1,0)	814	467	1343	650	664	0.53
武威 Wuwei	ARIMA(2,1,2)	619	561	681	572	584	0.53
兰州 Lanzhou	ARIMA(2,1,2)	497	362	673	392	400	0.54
白银 Baiyin	ARIMA(2,1,2)	525	275	943	382	390	0.65
临夏 Linxia	ARIMA(2,1,2)	524	335	797	376	384	0.49
定西 Dingxi	指数平滑 Exponential smoothing (brown)	472	236	867	370	378	0.43
天水 Tianshui	ARIMA(0,1,0)	409	218	715	390	398	0.47
平凉 Pingliang	ARIMA(0,1,0)	450	327	573	335	342	0.49
庆阳 Qingyang	指数平滑 Exponential smoothing (brown)	145	94	217	140	143	0.50
甘南 Gannan	指数平滑 Exponential smoothing (brown)	164	77	317	144	147	0.51
陇南 Longnan	指数平滑 Exponential smoothing (brown)	157	61	349	153	156	0.53
全省 Average	ARIMA(2,1,2)	546	489	608	482	492	0.54

注:LCL和UCL分别为95%置信区间的下限和上限。 Note: LCL and UCL mean lower limit and upper limit of the 95% confidence interval.

从预测结果看出,2015年全省亩均用水量有望下降至 482 m^3 ,由于受气候地理条件等因素的影响,在区域上仍呈现出较大差异。河西地区将会维持在 $572\sim 677\text{ m}^3/667\text{ m}^2$,高出全省平均值 $100\text{ m}^3/667\text{ m}^2$

以上,黄河流域片的大部分地区将维持在 $335\sim 392\text{ m}^3/667\text{ m}^2$,略低于全省平均值 $100\text{ m}^3/667\text{ m}^2$,庆阳市、甘南州、陇南市在 $140\sim 153\text{ m}^3/667\text{ m}^2$ 之间,为全省低值区。

2.2.2 灌溉水有效利用系数预测分析 图 3 给出了甘肃省及全国和西北邻近省份近期灌溉水有效利用系数变化过程,其中 2015 年数据为国家控制指标值。从图中看出,近些年来,随着我省灌区续建配套与节水改造持续稳定投入,节水效益逐步发挥,灌溉水有效利用系数明显提高,全省平均值由 2005 年的 0.47 上升到 2009 年的 0.51,年均增加 1 个百分点,呈现持续上升趋势。与相邻省份比较来看,低于陕西而高于青海和宁夏,按此发展态势与邻近省份变化比较,预计 2015 年全省灌溉水有效利用系数可达到 0.54 以上。

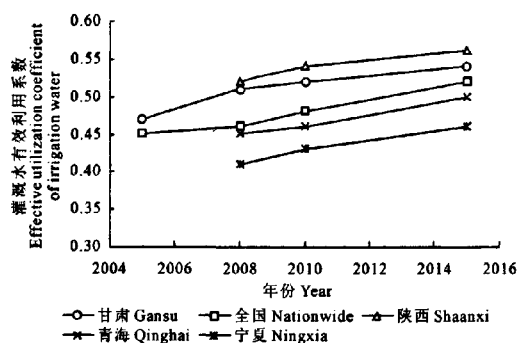


图 3 甘肃省灌溉水有效利用系数变化与预测

Fig.3 Changes and prediction of effective utilization coefficients of irrigation water in Gansu Province

3 农业用水效率红线控制指标确定

3.1 确定原则

(1) 以实行最严格水资源管理制度的要求为依据,统筹考虑区域经济社会发展水平,不同区域水资源利用状况和用水效率差异等因素,提出甘肃省及各地级行政区农业用水效率各项控制指标值。

(2) 指标值的确定以当地水土资源和生产力的发展水平相适应,指标升降幅度基本与全国平均情况保持一致,体现提高用水效率的可实现目标。

(3) 控制指标的取值,尊重现状和发展水平,预测分析值超出国家相应指标类型的按预测分析值控制,未超出国家相应指标类型的以国家指标值控制。

3.2 控制指标确定

按照确定原则和控制指标体系,以用水效率指标预测值为基础,结合与相关规划和成果分析比较结果,考虑综合因素的影响,到 2015 年,全省农田亩均灌溉用水量由 2009 年的 562 m^3 降到 492 m^3 以下(2009 年全国农田亩均灌溉用水量为 434 m^3 ,2015 年降到 370 m^3 以下),农业灌溉水有效利用系数由 2009 年的 0.51 提高到 0.54 以上。将全省农田亩均

灌溉用水量红线控制指标值按照 2015 年预测值相应权重分解到各地级行政区,灌溉水有效利用系数以 2009 年相应权重分解到各地级行政区,其分解结果见表 3。

从分解结果来看,河西地区 5 市农田亩均灌溉用水量在 $584 \sim 691 \text{ m}^3$,仍在全省处于较高位置;黄河流域 8 市州在 $147 \sim 400 \text{ m}^3$,长江流域陇南市为 156 m^3 。各地区灌溉水有效利用系数在 0.43 ~ 0.65。随着节水型社会建设的不断深入和农田水利基础设施改造力度的加大以及种植结构的优化调整,农业用水效率将会逐渐提高,到 2015 年各地区有望实现控制红线目标。

4 结 语

本文是基于实行最严格水资源管理,尊重现状并参照全国平均发展水平提出了全省及地级行政区农业用水效率控制红线指标,要实现控制红线目标,必须以节水型社会建设为契机,全面推进全省农业节水工作,降低农业灌溉用水所占比重。一是要建立与水资源相适应的节水型农业结构;二是要推广农业节水技术,改变灌溉方式;三是要严格落实总量控制、定额管理制度;四是要倡导建立水资源管理市场调节机制;五是大力推进节水型社会建设,坚决遏制用水浪费,着力提高水资源的利益效率和效益。

参 考 文 献:

- [1] 凡炳文,陈文.甘肃省水资源及其演变趋势分析[J].水资源与水工程学报,2006,17(4):78-82.
- [2] 许新宜,刘海军,王红瑞,等.去区域气候变异的农业水资源利用效率研究[J].中国水利,2010,663(21):12-15.
- [3] 刘渝,杜江,张俊彪.湖北省农业水资源利用效率评估[J].中国人口·资源与环境,2007,17(6):60-65.
- [4] 许新宜,王红瑞,刘海军,等.中国水资源利用效率评估报告[M].北京:北京师范大学出版社,2010.
- [5] 周维博.河西走廊灌溉农业发展的水资源承载能力分析[J].自然资源学报,2002,17(5):564-570.
- [6] 赵雪雁.水资源约束下的河西走廊农业结构优化与调整研究[J].干旱区资源与环境,2005,19(4):7-12.
- [7] 翟同亮.基于水资源约束的河西走廊生态农业建设[J].人民黄河,2011,33(3):56-57.
- [8] 吴建民,高焕文.甘肃河西走廊水资源供需分析及耕作节水研究[J].农业工程学报,2006,22(3):36-39.
- [9] 水利部农田灌溉研究所.全国灌溉水有效利用系数测算分析[Z].2008.
- [10] 李远华,赵金河,张思菊,等.水分生产率计算方法及其应用[J].中国水利,2001,(8):65-66.
- [11] 中华人民共和国水利部.GB/T 50363-2006 节水灌溉工程技术规范[S].北京:中国计划出版社,2006.

(英文摘要下转第 113 页)

Analysis of spatial pattern of soil nutrients in the cultivated land of southern Loess Plateau

—A case study in Fuxian of Shaanxi

ZOU Qing¹, ZHAO Ye-ting², CHANG Qing-rui², LI Zhi-peng²

(1. College of Information Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. College of Natural Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: With Fuxian in Shaanxi as the research site, geostatistics combined with geographical information system (GIS) was applied to study the spatial variability and distribution pattern of soil nutrients in the cultivated land of southern Loess Plateau, so as to provide guidance for soil fertilization management and agricultural production. The result showed that there were significant correlations among most soil nutrients. During the past 20 years, the average content of soil organic matter (SOM) and soil available Mn respectively decreased by 19.08% and 5.95%, while all other soil nutrients content increased significantly. Under the average 1 214 m sampling scale, soil organic matter (SOM), available P (AP), available K (AK), Mn and Fe demonstrated moderate spatial dependence, while soil available N demonstrated weak spatial dependence. Soil nutrients content decreased from west to northeast generally, which was affected not only by complex topography and precipitation, but also by fertilization and artificial cultivation management. All in all, soil available K content is abundant, available Mn and Fe are moderate, soil organic matter is widespread shortage in the study area, where 71.16% of cultivated land lacks available P and 88% lacks available N. According to different crops and regions, some measures should be taken in time to increase the content of soil organic matter, available P and available N in Fuxian County.

Keywords: geostatistics; soil nutrients; spatial pattern; Fuxian

(上接第 106 页)

Research on red line of control over agricultural water use efficiency in Gansu Province

FAN Bing-wen, CHEN Wen

(Hydrology and Water Resources Bureau of Gansu Province, Lanzhou, Gansu 730000, China)

Abstract: Based on the data of agricultural water consumption administrative regions in Gansu Province in 2009, 6 indicators reflecting the water use efficiency in agriculture of Gansu Province were selected to analyze the current situation of agricultural water use efficiency to provide the basis for determining the control line. The analysis results showed that: the agricultural water use efficiency was 0.97 by eliminating variation, the amount of irrigation water per mu was 562 m³, and the irrigation water use coefficient was 0.51. In general, the water use efficiency was low and there were large differences among regions. Using trend analysis method of mathematical statistics, the average amount of irrigation water per mu and red line control index of effective utilization coefficients were analyzed and predicted. At the same time, in consideration of the comprehensive factors, the red line of control over agricultural water use efficiency was put forward for administrative regions in the province. The results showed that the red line of control over the average irrigation water in the whole province was 492 m³ per mu in 2015, with a range of difference between 143 ~ 691 m³ among regions, and that of the five regions in Hexi was the highest; The in red line of control over effective utilization coefficients of irrigation water was 0.54, with a range of difference between 0.43 ~ 0.65 among regions; Agricultural water use efficiency will improve gradually.

Keywords: agricultural water; water use efficiency; red line of control; Gansu Province