

陕西关中地区农业水土资源时空匹配格局研究

侯 薇¹, 刘小学², 魏晓妹¹

(1. 西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 陕西省地下水管理监测局, 西安 710003)

摘 要: 为了分析关中地区农业水土资源的时空匹配情况, 应用农业水土资源匹配系数, 评价了关中地区及所辖 5 个地级市的农业水土资源匹配程度。结果表明: 关中地区水资源短缺、人水矛盾和人地矛盾突出; 农业水土资源匹配格局的时间变化不明显, 而空间匹配存在明显的差异, 宝鸡市和西安市的匹配程度优于其他市区, 咸阳市的匹配程度最差。因此, 应该通过跨流域调水工程、提高有效灌溉面积、改进农业结构等措施, 提高关中地区农业水土资源的匹配程度。

关键词: 关中地区; 农业水土资源; 匹配格局; 时空差异

中图分类号: F301.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2012)01-0134-05

Study on Spatial—Temporal Match Pattern of Agricultural Water-land Resources in Guanzhong Area

HOU Wei¹, LIU Xiao-xue², WEI Xiao-mei¹

(1. College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Shaanxi Groundwater Management & Monitoring Bureau, Xi'an 710003, China)

Abstract: In order to analyze the spatial-temporal match pattern of agricultural water-land resources in Guanzhong area, agricultural water-land resources match coefficient was used to evaluate the match degree of agricultural water-land resources of Guanzhong area and the five prefecture-scale regions in this area. Results showed that water resources were short with significant human-water and human-land conflict. In addition, temporal variation of agricultural water-land resources match was not evident, spatial match, however, existed great variation. Baoji City and Xi'an City had a higher match degree than other cities, and Xianyang City had the lowest match degree. Consequently, agricultural water-land resources match degree in Guanzhong area may be improved by introduction of inter-basin water transfer projects and increasing water-land utilization and strengthening water-land resources protection practices.

Key words: Guanzhong area; agricultural water-land resources; match pattern; spatial-temporal variation

水土资源是社会经济发展的物质基础和战略资源。随着城市化、工农业现代化进程的不断加快, 水土资源短缺、质量退化等问题已成为制约地区社会经济可持续发展的瓶颈。对于农业生产来说, 水土资源是农业生产的核心要素, 二者在时间和空间上的匹配程度直接影响区域农业可持续发展^[1]。近十几年来, 受气候变化和人类活动的影响, 尤其是城市化进程的快速发展, 使得陕西关中地区水土资源的数量和质量发生了明显的变化, 同时, 农业水土资源被挤占的态势明显。因此研究该区农业水土资源匹配状况对农

业水土资源的高效利用和保障粮食安全具有重要参考价值。

1 关中地区概况

关中地区位于陕西省中部, 西起宝鸡, 东到潼关, 南界秦岭, 北接渭河北山, 所辖行政区包括西安、铜川、宝鸡、咸阳、渭南 5 市和杨凌农业高新技术产业示范区, 共 54 个县(市、区), 总面积 55 384 km², 约占陕西省总面积的 26.7%。该区地势平坦, 气候温暖, 土壤肥沃、灌溉农业发展历史悠久, 是陕西省人口密集、

收稿日期: 2011-07-08

修回日期: 2011-08-05

资助项目: 国家自然科学基金项目(50879071)

作者简介: 侯薇(1987—), 女, 陕西咸阳市人, 在读研究生, 研究方向为水资源规划与保护。E-mail: houwei170@yahoo.com.cn

通信作者: 魏晓妹(1955—), 女, 甘肃甘谷人, 教授, 博导, 主要从事水文水资源教学与科研工作。E-mail: weixiaomei@163.com

工农业发达的区域和主要的粮棉油果生产基地。截至 2008 年底,全区人口 2 357.57 万人,占全省总人口的近 63%,人口密度为 425 人/km²,是全省和全国的 2.3 倍和 3 倍;全区耕地面积 151.529 万 hm²,占陕西省耕地面积的 53%;全区 GDP 占陕西省的 63%;粮食总产量占陕西省粮食产量的 73%;农林牧渔业总产值占全省的 57.9%^[2]。

2 水土资源量及利用特征分析

关中地区为半湿润易旱区,水土资源关系密切,水资源的丰枯程度决定着土地利用的方向和格局,进而影响耕地资源的效率和效益,而土地资源的利用结构又影响着水资源的开发利用模式。按照关中地区的行政区划,依据陕西水资源公报(1994—2008 年)、《陕西统计年鉴》(1994—2008 年)、陕西省土地利用详查变更数据等资料,通过对各市水土资源的数量及利用特征进行分析,以掌握水土资源及利用动态,从而为农业水土资源时空匹配格局的研究提供依据。

2.1 水资源量及利用特征

2.1.1 水资源量分析 关中地区水资源主要来自于天然降水,年降雨量 500~700 mm,多年平均降水量为 670.6 mm。关中地区属于温带季风性气候,降雨量年内分配很不均匀,7—9 月占全年降雨量的 60%~70%,11—12 月降雨仅占全年降雨量的 5%~8%。水资源的空间分布也不均匀,渭河以北耕地和人口占

全区 25%和 41%,自产地表水资源占有量为 70%,而渭河以南耕地和人口占全区 75%和 59%,自产地表水资源占有量仅为 30%。

关中地区年平均(1994—2008 年)水资源总量为 63.68 亿 m³,其中地表水资源量为 48.52 亿 m³,地下水资源量为 37.02 亿 m³,地表与地下水资源重复计算量为 21.86 亿 m³。可见,关中地区水资源以地表水为主,约占水资源总量的 76%,关中地区及各市水资源总量、人均水资源量和单位面积耕地占有水资源量如表 1 所示。由表 1 可以看出,关中地区人均水资源占有量为 270 m³/人,相当于全国平均水平(2 300 m³/人)的 12%,耕地占有水量为 4 202 m³/hm²,相当于全国平均水平(23 715 m³/hm²)的 18%。按照国际人均水资源量标准,关中地区属于水资源严重匮乏区,其中宝鸡市属于重度缺水地区(≤1 000 m³/人),关中其余 4 个市均属于极度缺水地区(≤500 m³/人)。

关中地区水资源空间分布与社会经济发展不协调。西安市作为关中地区经济政治中心,国民生产总值和人口分别占到全区的 51.1%和 35.6%,水资源却只有全区的 32%,人均水资源占有量仅为全国的 1/6。咸阳市和渭南市的粮食产量占到全区的 25%和 27%,水资源分布却仅为 10%和 17%。

关中地区降水的显著季节性变化、水资源短缺、水资源分布与社会经济发展不平衡,这些水资源总量及其分布特征势必制约关中地区农业的发展,影响关中地区农业水土资源的匹配格局。

表 1 关中地区水资源量计算

市区名称	西安	铜川	宝鸡	咸阳	渭南	关中
面积/km ²	9983	3882	18172	10213	13134	55384
地表水/亿 m ³	16.87	1.66	20.00	3.36	6.63	48.52
地下水/亿 m ³	11.19	0.83	12.03	4.79	8.18	37.02
重复计算量/亿 m ³	7.43	0.77	8.01	2.00	3.65	21.86
水资源总量/亿 m ³	20.63	1.72	24.01	6.16	11.15	63.68
水资源总量占全区/%	32	3	38	10	17	—
人均水资源量(m ³ /人)	246	205	638	119	205	270
耕地占有水量/(m ³ ·hm ⁻²)	7919	2768	7768	1700	2148	4202

注:由于杨凌区面积较小,并且示范区成立之前隶属咸阳市,为保证资料一致性,故本文将杨凌区相关数据并入咸阳市进行分析计算。

2.1.2 水资源利用特征分析 关中地区多年平均用水量为 47.57 亿 m³(1994—2008 年),西安、铜川、宝鸡、咸阳、渭南分别为 18.06 亿 m³、0.71 亿 m³、6.86 亿 m³、10.41 亿 m³、11.52 亿 m³。关中地区以农业用水为主,占到总用水量的 62%;农田灌溉用水量 16 911 m³/hm²,高于全国农田灌溉用水量 7 152 m³/hm² 的 2 倍;工业用水量比重为 21%;生活用水量比重仅为 17%;人均用水量为 201 m³/人,不到全国人均用水量(425 m³/人)的一半。

根据表 2 所列关中地区各部门用水比重及年均增长量数据及区域经济发展状况、经济构成特点等,分析关中地区水资源利用特征为:在 1994—2008 年,关中地区农业用水比重呈逐渐下降趋势,农业用水量在 1994—2003 年持续下降后有回升的趋势。1994—2004 年,关中地区工业用水比重逐渐上升,工业用水量在 1994—2003 年增长之后又逐渐减小。1994—2008 年关中地区生活用水比重和生活用水量都呈增大趋势。

表 2 关中地区各部门用水比重及年均增长量表

年份	农业用水		工业用水		生活用水	
	增长量/亿 m ³	比重/%	增长量/亿 m ³	比重/%	增长量/亿 m ³	比重/%
1994—1998	—0.825	68.4	0.020	19.1	0.020	12.6
1999—2003	—1.348	65.4	0.155	20.2	0.032	14.4
2004—2008	1.293	60.0	—0.110	21.8	0.173	18.2

2.2 土地资源及利用特征

2006 年关中土地总面积 554.771 万 hm²,其中耕地 175.785 万 hm²,园地 30.294 万 hm²,林地 202.747 万 hm²,牧草地 26.121 万 hm²,其他农用地 13.984 万 hm²,居民工矿用地 42.255 万 hm²,交通用地 3.044 万 hm²,水利设施用地 1.236 万 hm²,未利用地 59.304 万 hm²。关中地区土地利用具有以农林业用地为主的结构特点,林地、耕地比重分别高出全国 12% 和 18%,其余土地类型所占比例均低于全国平均水平。关中地区耕地耕层深厚,耕性优良,土地平坦,一等耕地占 52.2%,远高于全国 41.32% 的平均水平^[3]。但关中地区区域经济发展迅速、人口集中、用地矛盾突出,1994—2003 年关中地区耕地面积 10

a 累计减少 25.6 万 hm²,人均耕地面积减少了 27%,西安、铜川、宝鸡、咸阳、渭南市的耕地面积分别以 0.43 万 hm²/a、0.14 万 hm²/a、0.71 万 hm²/a、0.91 万 hm²/a、0.66 万 hm²/a 的速度收缩。2004—2008 年关中地区耕地面积虽然整体还是呈下降趋势,但耕地面积不断减少的局面得到了有效控制甚至出现了回升。

由表 3 可看出,生态退耕、农业结构调整、建设占用是关中地区耕地减少的最主要原因,且关中各市耕地减少去向有很大差异。西安市耕地主要转变为建设用地。宝鸡市耕地面积绝大多数是生态退耕造成的。咸阳市、铜川市耕地面积主要因农业结构调整和建设用地而减少。渭南市耕地面积主要因农业生态退耕和建设用地而减少。

表 3 2004—2006 年关中地区耕地减少去向比例

年份	地区	耕地减少总面积/万 hm ²	生态退耕/%	农业结构调整/%	灾毁/%	建设占用/%	其他/%
2004	西安	1.074	30.2	24.0	1.5	40.1	4.2
	铜川市	0.182	37.2	60.5	0.6	1.4	0.3
	宝鸡市	0.166	73.1	8.1	0.2	18.1	0.4
	咸阳市	0.522	4.5	83.0	0.7	9.7	2.0
	渭南市	0.099	25.2	4.0	11.3	59.2	0.3
	关中	2.042	27.5	40.1	1.6	28.0	2.8
2005	西安	2.48	7.5	4.4	10.9	73.6	3.7
	铜川市	0.289	27.0	68.7	0.0	4.0	0.3
	宝鸡市	0.585	93.7	2.4	0.0	3.8	0.1
	咸阳市	0.537	18.0	39.0	5.0	36.2	1.9
	渭南市	0.159	59.7	3.4	5.2	29.4	2.3
	关中	1.818	46.0	24.1	3.4	25.1	1.3
2006	西安市	0.358	4.2	8.3	0.0	87.1	0.3
	铜川市	0.059	0.8	19.7	0.0	79.2	0.3
	宝鸡市	0.312	88.0	1.8	0.0	10.2	0.0
	咸阳市	1.679	2.2	85.6	0.0	5.9	6.3
	渭南市	0.379	82.2	3.3	0.0	14.5	0.0
	关中	2.786	22.9	53.7	0.0	19.5	3.8

3 农业水土资源时空匹配格局研究

由以上对陕西关中地区的水土资源量及利用特征分析可以看出,农业作为该区水土资源占有量最多的行业,其时空匹配格局的研究对该区水土资源的有效利用具有重要作用。

目前我国水土资源匹配格局的研究以水资源的空间分布为主,将水土资源结合的较少,对于农业水土资源匹配格局的研究更少。吴宇哲等^[4]将区域基尼系数引入水土资源匹配的研究,通过基尼曲线和系数对我国水土资源整体匹配状况进行了分析,结果表明我国水土资源匹配程度处于世界平均水平;刘洋、

姜宁等^[5-6]分别将基尼系数应用于辽宁省及黑龙江省的水资源空间匹配研究;刘彦随等^[7]以中国东北地区为例,构建区域农业水土资源匹配系数模型,以市域为单位对东北地区农业水土资源匹配程度作出了定量评价。本文以农业水土资源匹配系数为评价指标,通过对陕西省关中地区农业水土资源时空匹配程度的定量评价,研究农业水土资源的匹配格局。

3.1 研究思路与方法

农业水土资源匹配系数反映特定区域可供农业利用的水资源和耕地资源时空适宜匹配的量比关系,揭示区域农业水资源与耕地资源在时空上的相互满足程度,一般采用单位面积耕地可拥有的水资源量来表示。农业水土资源匹配系数由区域水资源量、耕地资源量以及水资源的时空分布和利用特征决定,其值越大,表明农业水资源能够满足耕地资源的程度越高,该区域的农业资源形势是水多地少;其值越小,农业水资源能够满足耕地资源的程度越低,该区域的农业资源形势是地多水少。农业水土资源匹配系数模型如下:

(1)以市域为基本单位的农业水土资源匹配系数计算模型^[7]:

$$R_{i,k}=W_{i,k}\overline{\alpha_{i,k}}/L_{i,k} \tag{1}$$

式中: $R_{i,k}$ —— i 市 k 年农业水土资源匹配系数; $W_{i,k}$ —— i 市 k 年的水资源总量(10^8m^3); $\overline{\alpha_{i,k}}$ —— i 市 k 年以前连续 t 年(包括 k 年)的农业用水比重平均值,根据关中地区各市农业用水比重的变化规律,本模型中取 $t=6$; $L_{i,k}$ —— i 市 k 年耕地面积(万 hm^2)。

(2)区域农业水土资源匹配系数计算模型^[8]:

$$R_k=\sum_{i=1}^n(R_{i,k})/n \tag{2}$$

式中: R_k ——区域 k 年水土资源匹配系数; $R_{i,k}$ —— i 市 k 年农业水土资源匹配系数; n ——区域内市区的数量。区域农业水土资源匹配系数为该区各市农业水土资源匹配系数的平均值,用以衡量区域农业水土资源的总体匹配程度。

3.2 计算结果与分析

根据以上评价模型及陕西水资源公报(1994—2008年)、《陕西统计年鉴》(1994—2008年)、陕西省土地利用详查变更数据等资料,计算得关中地区农业水土资源匹配系数结果如表4所示。同理,根据2003—2008年《中国水资源公报》和《中国统计年鉴》(2009年)的资料,计算出2008年全国农业水土资源匹配系数为1.42。

参考相关研究成果及表4计算结果所显示的关中地区各市(区) R 值积聚与离散的分布特点,将关中

地区农业水土资源匹配系数划分为3个等级:匹配程度较差($0\leq R\leq 0.3$);匹配程度一般($0.3\leq R\leq 0.5$);匹配程度较好($0.5\leq R\leq 1.04$),用以定量评价农业水土资源的匹配程度。

表 4 关中地区农业水土资源匹配系数 R 计算结果

年份	西安	铜川	宝鸡	咸阳	渭南	关中
1999	0.39	0.08	0.51	0.11	0.20	0.26
2000	0.42	0.09	0.41	0.09	0.17	0.23
2001	0.25	0.11	0.44	0.08	0.13	0.20
2002	0.23	0.11	0.54	0.09	0.13	0.22
2003	0.67	0.17	1.04	0.21	0.27	0.47
2004	0.33	0.11	0.37	0.10	0.14	0.21
2005	0.58	0.10	0.73	0.09	0.16	0.33
2006	0.32	0.16	0.55	0.11	0.14	0.26
2007	0.42	0.15	0.62	0.16	0.16	0.30
2008	0.32	0.12	0.50	0.10	0.13	0.23

根据表4所列数据及上述农业水土资源匹配系数等级评价标准,对关中地区农业水土资源匹配格局分析认为:

(1)区域农业水土资源的匹配程度。关中地区1999—2008年的农业水土资源匹配系数均为0.21~0.47,远低于2008年的全国平均值(1.42),表明关中地区农业水土资源匹配程度较差,并长期落后于全国平均水平。

(2)农业水土资源匹配格局的时间变化。对比关中地区1999—2008年农业水土资源匹配系数与水资源总量的变化趋势(图1)可以看出,农业水土资源匹配系数的年际波动范围较小,并且与水资源的丰枯变化规律一致,水资源量对农业水土资源匹配格局的制约作用非常明显。另外,关中地区的水资源主要来自天然降水,水资源季节变化明显,6—9月的降水量占全年降水量的60%左右,冬季12月至翌年2月降水量稀少^[9],这又使农业水资源的供给与农作物的需水不同步,进一步加大了区域农业水土资源的匹配难度。

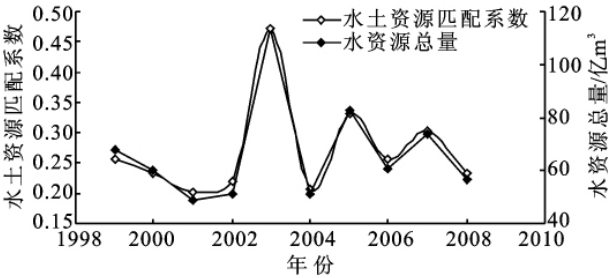


图 1 关中地区农业水土资源匹配系数与水资源总量变化趋势对比

(3)农业水土资源匹配格局的空间变化。在GIS技术支持下,对2008年关中地区市域尺度水土资源匹配格局进行空间分析,见图2。

分析图2可看出,关中地区的水资源空间分布不

平衡,水资源量大体上呈现从南向北,从西向东递减的趋势,而耕地资源的空间分布呈东多西少,北多南少的局面,农业水土资源空间匹配存在明显的错位现

象。因此,农业水土资源匹配系数区域差异明显,匹配格局为西部匹配程度优于东部,南部匹配程度优于北部。

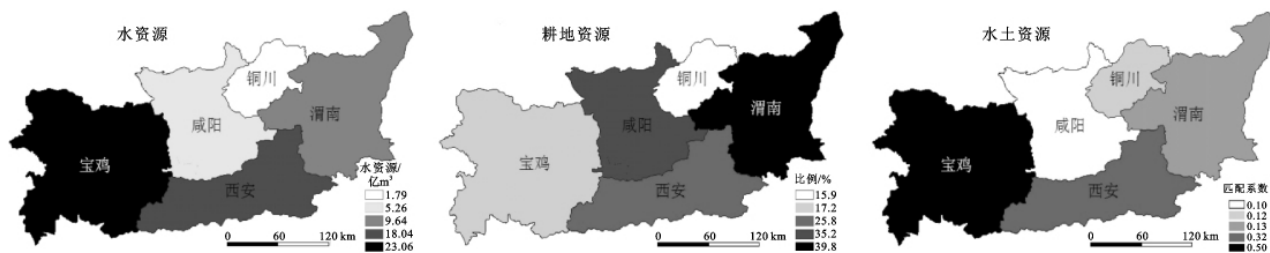


图 2 2008 年关中地区水资源、耕地资源以及水土资源匹配格局的空间分布

从市域上来看,宝鸡市和西安市的水资源最为丰富,占到全区水资源的 70%,而土地垦殖率分别为 17%和 25%,宝鸡市和西安市的匹配程度明显优于其他市区;咸阳市、渭南市、铜川市的匹配水平相当,水资源量仅为全区的 10%和 17%,土地垦殖率却达到 35%和 40%,咸阳市的匹配程度最差,渭南市和铜川市略优于咸阳市。

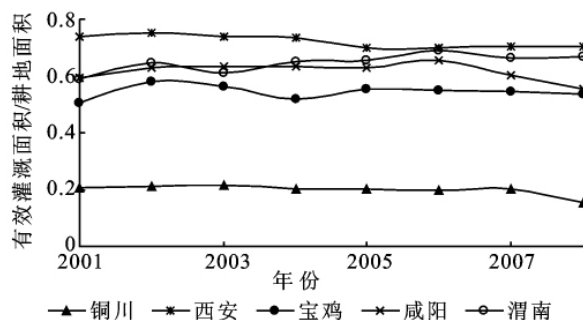


图 3 2001—2008 年关中地区有效灌溉面积比例

4 农业水土资源时空匹配差异性原因及对策

(1) 关中地区农业水土资源时空匹配差异性主要是由水资源的时空分布特点所决定的。关中地区降水季节性明显,水资源严重短缺制约社会经济发展,水资源分布与社会经济发展格局不协调。长期以来关中地区的诸多水资源问题无论依靠节水技术还是水资源联合调度,关中地区境内自产水资源都很难解决水资源短缺的问题。因此,要解决关中地区农业水土资源匹配的矛盾,必须考虑外流域调水。从 20 世纪 90 年代开始,引陕南的水接济关中(引汉江或引嘉陵江济渭河等)的省内南水北调工程,已成为陕西省重点考虑的跨流域调水工程。此外,改造现有供水工程,提高工程调蓄能力以及雨水集流等措施可以有效地缓解汛期水资源流失。

(2) 有效灌溉面积比例不够高导致农业水资源利

用效率偏低。2001—2008 年,关中地区有效灌溉面积占耕地面积之比如图 3 所示。可以看出,关中各市有效灌溉面积呈下降趋势或者增幅很小,铜川市的有效灌溉面积比例仅为 20%左右。增加有效灌溉面积有利于农业水资源的高效利用,有助于提高农业水土资源匹配程度。

(3) 农业结构不合理,第一产业现代化滞后。农业结构调整可以影响耕地面积变化、提高耕地的利用效率、加速实现农业产业化,有利于提高农业水土资源匹配程度。关中地区正在不断加大农业结构调整的力度,尤其是咸阳市和铜川市。与此同时还可以加强农业内部种植结构的调整,压缩粮食作物和高耗水作物的种植比例,进一步提高对耕地及农业水土资源的利用效率。

参考文献:

- [1] 张晶,封志明,杨艳昭. 宁夏平原县域农业水土资源平衡研究[J]. 干旱区资源与环境,2007,21(2):60-65.
- [2] 陕西省统计局. 陕西统计年鉴[M]. 西安:中国统计出版社,2009.
- [3] 岳冬菊,蔡平. 关中地区农业土地资源持续利用研究[J]. 咸阳师范学院学报,2002,17(4):49-65.
- [4] 吴宇哲,鲍海君. 基尼系数及其在区域水土资源匹配分析中的应用[J]. 水土保持学报,2003,17(5):123-125.
- [5] 刘洋,金凤君,甘红. 区域水资源空间匹配分析[J]. 辽宁工程技术大学学报,2005,24(5):657-660.
- [6] 姜宁,付强. 基于基尼系数的黑龙江省水资源空间匹配分析[J]. 东北农业大学学报,2010,41(5):56-60.
- [7] 刘彦随,甘红,张富刚. 中国东北地区农业水土资源匹配格局[J]. 地理学报,2006,61(8):847-854.
- [8] 张孝存,张妍,张红侠. 商洛地区农业水土资源时空匹配研究[J]. 安徽农业科学,2007,35(32):10418-10420.
- [9] 侯琳. 关中地区水资源承载力测评与时空差异分析[D]. 西安:陕西师范大学,2009.