

凉州区作物水肥一体化技术应用的适宜区域评价

徐喜俊, 王 祎

(武威市凉州区农业技术推广中心, 甘肃 武威 733000)

摘要: 运用农业生产相关数据, 链接研究区测土配方项目成果工作空间数据库, 选定肥、水为评价因子, 构建评价层次模型, 拟合隶属函数, 对凉州区水肥一体化适宜性区域进行评价研究。结果表明, 高度适宜区域、适宜区域、勉强适宜区域对应的 *IFI* 得分区间分别为 0.760 0~1.000 0、0.700 2~0.760 0、0~0.700 2, 总的评价面积为 146 732.80 hm²。其中高度适宜等级面积 29 495.88 hm², 占耕地面积的 20.1%; 适宜等级面积 103 158.92 hm², 占耕地面积 70.3%; 勉强适宜等级面积 14 078.00 hm², 占耕地面积 9.6%。表明区内耕地地力平衡, 农田管理水平高, 土壤水分供应有保障, 水肥一体化适宜区域面积大, 占总评价耕地面积的 90.4%, 可大力示范推广水肥一体化技术。

关键词: 水肥一体化; 适宜性; 区域评价; 凉州区

中图分类号: S147.2; S275.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)09-0051-05

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2021.09.012

Evaluation of Suitable Region for Application of Water and Fertilizer Integrated Technology for Crops in Liangzhou District

XU Xijun WANG Yi

(Liangzhou District Agricultural and Technology Extension Center, Wuwei Gansu 733000, China)

Abstract: By using the related data of agricultural production, linking the workspace database of soil testing formula project results in the research area, selecting fertilizer and water as evaluation factors, constructing the evaluation hierarchy model, fitting the membership function, evaluating the suitability area of water and fertilizer integration in Liangzhou District. The results showed that the *IFI* score ranges of highly suitable area, suitable area and barely suitable area were 0.760 0~1.000 0, 0.700 2~0.760 0 and 0 ~ 0.700 2, respectively, and the total evaluation area was 146 732.80 hm². Among them, the area of highly suitable grade was 29 495.88 hm², accounting for 20.1% of the arable land; the suitable grade area was 103 158.92 hm², accounting for 70.3%; the area of barely suitable grade was 14 078.00 hm², accounting for 9.6%. It indicated that the cultivated land fertility was balanced, the management level of farmland was high, the supply of soil water was guaranteed, the integration of water and fertilizer was suitable for large area, accounting for 90.4% of the total cultivated land area, and the technology could be vigorously demonstrated and promoted.

Key words: Integration of water and fertilizer; Suitability; Regional evaluation; Liangzhou district

水肥一体化即在农作物生长发育期间, 通过管网系统同时将水分、肥料元素按照适宜比例输送至作物吸收, 特点是投入的水肥同步管理与高效利用, 能够有效减轻地下水

体等环境的污染与破坏, 为近年农业农村部大力提倡推广的农业技术之一。

王立革等^[1]黄瓜上应用水肥一体化技术, 较之常规技术可提高表层土壤 C/N 比以

收稿日期: 2021-07-08; 修订日期: 2021-07-28

作者简介: 徐喜俊(1970—), 男, 甘肃武威人, 高级农艺师, 主要从事农业技术推广工作。联系电话: (0)18909350289。

及增产；不同滴灌水肥一体化处理对柑橘产量影响显著^[2]。同时有研究表明，水肥一体技术同时达到养分和水分在时空上的耦合，可以按照作物的生育长势和需水需肥规律控制肥水配比，一定程度上改善农业生产中水肥供应不协调的弊端，极大地提高水肥利用率^[3-6]。

我国自 20 世纪 70 年代初便起步发展水肥一体化滴灌技术^[4-5]，但起步缓慢，推广较迟，仅局限于干旱、半干旱地区^[6-8]。尹剑等^[9]对关中地区农业节水分区进行了研究，何英等^[10]根据地力情况建立农业节水区划的分区指标体系并且分区。徐万林等^[11]在河西绿洲灌区研究了基于种植结构优化的农业节水潜力概念和计算方法。我们运用凉州区县域耕地资源管理信息系统(CLRMIS4.0)和 ARCGIS10.2 软件，结合农业生产实际，在水和肥两个方面分层选定评价因子，综合农田管理、立地条件，对凉州区水肥一体化应用适宜性进行了评价，以期在武威市凉州区大规模实施水肥一体化技术提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

凉州区位于甘肃河西绿洲走廊东端的武威市中部，属于石羊河流域的灌溉农业区。地势西南高而东北低，平均海拔 1 632 m，气候属冷温带干旱区，是典型的大陆性气候，日照充足，温差大，无霜期 156 d，气候干旱、蒸发量大、降水稀少、水资源短

缺^[12-16]。近年来大力提倡农业节水，目前已大面积推广各类滴灌技术，包括滴灌(含膜下滴灌)、微喷灌(含伸缩式)、渗灌、自动测墒灌溉、自动养分检测施肥及其自动控制等水肥一体化技术。2020 年重点在玉米、设施蔬菜、特色林果、马铃薯、中药材、高原有机蔬菜等高效经济作物上推广应用喷灌、滴灌、膜下滴灌水肥一体化技术 1.375 万 hm²。

1.2 数据来源

应用数据资料有凉州区的行政、气候、土壤、地貌、土地利用、测土配方等方面的数据，具体见表 1，来源于凉州区测土配方项目建立的凉州区工作空间。

1.3 层次分析建模

综合考虑研究区的自然地理环境，结合水肥一体化应用实况，水分层面以农田管理和立地条件为准则，肥力方面以土壤养分和理化性状为准则，选定共 8 个分区评价因子，即灌溉模数(农田水利建设条件之一，与灌水时间成反比)、耕层厚度(直接反映土壤理化性状以及含水量)、地貌类型(地块所在陆地表面形态特征的归类，侵蚀和堆积不同所在耕地土壤的含水量不同)、海拔(降水量和降水日数随山地海拔增加而增加)、有效磷(决定施肥使用磷肥的数量)、全氮(耕地土壤中所有氮素的总量)、pH(应用作物对土壤环境酸碱度适宜程度不一样以及肥力元素的有效性不同)、有机质(调解土壤的水热状况，促进土壤结构形成，含量越高

表 1 研究应用数据

属性数据	空间数据
凉州区行政情况数据	凉州区土地利用现状
凉州区气候数据	凉州区土壤
凉州区土壤类型数据	凉州区行政区划
凉州区地貌类型属性数据	凉州区地貌类型分区
凉州区测土配方项目采样点数据	凉州区灌溉分区
凉州区耕地土壤典型剖面情况	凉州区测土配方施肥分区
凉州区土地利用现状数据	凉州区高程模型

土壤的肥力和缓冲性能越高), 构造本研究水肥一体化应用适宜性评价层次模型(图1)。

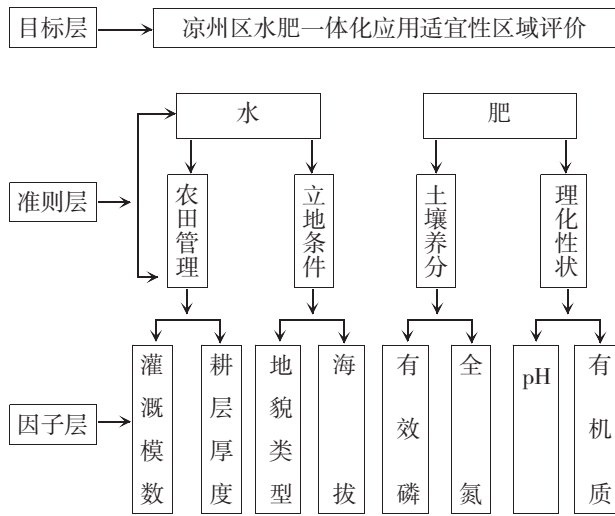


图 1 层析模型构造示意

1.4 隶属函数

在县域耕地资源信息管理系统软件中, 根据模糊数学的理论, 用特尔斐法对一组实测值评估出相应的一组隶属度, 拟合水肥一体化应用评价的各个因子函数关系。地貌类型为概念型函数($y=a$), 对应函数值取人工打分均值, 即冲积洪积地貌(细土平原)为 0.99, 低山丘陵地貌为 0.60, 风积平原沙漠地貌为 0.58, 砾漠戈壁为 0.55, 山前洪积冲积地貌(倾斜平原)为 0.75。其余 7 个因子均为数值型函数, 其中海拔和 pH 拟合为负直线型函数, 有机质、全氮、有效磷拟合为戒上型函数, 耕层厚度和灌溉模数拟合为正直线型函数(表 2)。

1.5 评价分区

在系统中采用累积曲线分级法对凉州区所有耕地进行作物水肥一体化应用适宜性评价计算, 现采用加法模型计算凉州区耕地进行作物水肥一体化应用适宜性评价的综合指数。加法模型是将所有参评因素的单因素评价指数相加得到适宜性区域综合指数, 其函数关系如下式,

$$IFI = \sum F_i C_i, \quad (i=1, 2, 3, \dots, n)$$

式中 IFI 为适宜性区域综合指数, F_i 为第 i 个因素评语(隶属度); C_i 为第 i 个因素组合权重, 即为该参评因素对凉州区耕地进行作物水肥一体化应用适宜性的贡献率, 采用层析分析法结合专家评估法求得。

2 结果与分析

2.1 适宜性分区

在研究建立的模型下, 凉州区种植业水肥一体化技术应用适宜区域可分为高度适宜区域、适宜区域、勉强适宜区域等, 对应的 IFI 得分区间分别为 0.760 0~1.000 0、0.700 2~0.760 0、0~0.700 2; 从表 3 可以看出, 总的评价面积为 146 732.80 hm^2 , 其中高度适宜等级面积 29 495.88 hm^2 , 占耕地面积的 20.10%; 适宜等级面积 103 158.92 hm^2 , 占耕地面积 70.30%; 勉强适宜等级面积 14 078.00 hm^2 , 占耕地面积 9.59%。研究区农作物水肥一体化应用高度适宜区域和适宜区域占总耕地面积的 90%以上。

从 GIS 评价系统中将评价结果适宜性

表 2 数值型因子隶属函数情况

因子	函数类型	函数式	a	b	c	u1	u2
海拔	负直线型	$y=b-a*u$	0.000 438	1.554 296		1 265.516 000	3 548.621 004
pH	负直线型	$y=b-a*u$	0.513 881	4.852 238		7.500 000	9.442 337
有机质	戒上型	$y=1/(1+a*(u-c)^2)$	0.001 720		33.817 803	-38.520 000	33.81 7803
全氮	戒上型	$y=1/(1+a*(u-c)^2)$	0.094 060		3.173 105	-6.610 000	3.173 105
有效磷	戒上型	$y=1/(1+a*(u-c)^2)$	0.001 769		32.963 312	-38.370 000	32.963 312
耕层厚度	正直线型	$y=b+a*u$	0.025 143	0.182 500		-7.258 481	32.514 019
灌溉模数	正直线型	$y=b+a*u$	0.000 592	0.618 308		-1 044.439 000	644.750 000

表 3 凉州区种植业水肥一体化技术应用适宜区域分布统计结果

灌区名称	高度适宜区域		适宜区域		勉强适宜区域		总面积 /hm ²
	面积 /hm ²	占比 /%	面积 /hm ²	占比 /%	面积 /hm ²	占比 /%	
黄羊灌区	346.05	1.46	17 871.80	75.36	5 496.99	23.18	23 714.84
金塔灌区	949.18	14.83	4 660.20	72.82	790.51	12.35	6 399.89
金羊灌区	4 730.64	30.48	10 614.35	68.38	177.11	1.14	15 522.10
清源灌区	4 455.85	17.37	18 483.83	72.04	2 717.02	10.59	25 656.69
西营灌区	1 520.29	6.03	21 914.34	86.89	1 785.44	7.08	25 220.06
永昌灌区	13 137.59	71.54	5 214.42	28.40	11.27	0.06	18 363.28
杂木灌区	3 328.60	15.75	16 295.35	77.09	1 512.90	7.16	21 136.86
张义灌区	1 027.68	9.59	8 104.65	75.61	1 586.76	14.80	10 719.08
合 计	29 495.88	20.10	103 158.92	70.30	14 078.00	9.59	146 732.80

图中的属性数据导出,可以得到凉州区种植业水肥一体化技术应用适宜区域分布统计结果,可以看出凉州区共有 8 个灌区,其中高度适宜区域面积由大到小灌区依次为永昌灌区、金羊灌区、清源灌区、杂木灌区、西营灌区、张义灌区、金塔灌区、黄羊灌区,面积分别为 13 137.59、4 730.64、4 455.85、3 328.60、1 520.29、1 027.68、949.18、346.05 hm²。适宜区域面积最大的是西营灌区(21 914.34 hm²),较大的是清源灌区(184 83.83 hm²)和黄羊灌区(17 871.80 hm²),较小的是永昌灌区(5 214.42 hm²),最小的是金塔灌区(4 660.20 hm²)。勉强适宜区域总体占比很小,面积最大的是黄羊灌区(5 496.99 hm²),较大的是清源灌区(2 717.02 hm²),最小的永昌灌区仅为 11.27 hm²。

2.2 评价结果调查验证

按照区域评价结果,在适宜区内随机选择黄羊镇、武南镇、清源镇等 3 个地方进行调查比较。其中黄羊镇以黄羊灌区在玉米上应用水肥一体化技术为例,滴灌水肥一体化技术共滴灌 10 次,共用水量为 4 950 m³/hm²,较常规灌溉节水 5 550 m³/hm²,节

水 52.8%,应用水肥一体化技术经济效益突出。武南镇以马兴河园区水肥一体化日光温室番茄为例,使用水肥一体化技术时,共施肥 5 次,其中底施 1 次,追肥 4 次,共施用 N 240 kg/hm²、P₂O₅ 60 kg/hm²、K₂O 30 kg/hm²,用工 120 d/hm²;常规施肥时共施肥 5 次,共施用 N 600 kg/hm²、P₂O₅ 120 kg/hm²、K₂O 75 kg/hm²,用工 420 d/hm²;水肥一体化技术与常规施肥相比较,二者农家肥用量虽然均为 45 000 kg/hm²,但化肥用量(纯养分)减少 465 kg/hm²,节肥幅度 58%。使用水肥一体化技术室内湿度为 65%~85%,常规灌溉温室内湿度 69%~88%,温室内湿度降低 3%~9%;常规灌溉平均用药量 75 kg/hm²,投资 3 000 元/hm²;水肥一体化技术共防治病虫害平均用药量 60 kg/hm²,投资 2 400 元/hm²,水肥一体化比常规灌溉共减少喷药 3 次,节省用药 15 kg/hm²,节药率为 20.0%,应用水肥一体化技术效益突出。清源镇以 666.67 hm²滴灌酿酒葡萄为例,使用水肥一体化技术时,滴头间距 0.5 m,滴头流量 2.1 L/h,生育期灌水 6 次,每次灌水为 300 m³/hm²,酿酒葡萄年灌溉定额由 6 000 m³/hm²降低到 3 600

m³/hm², 较常规灌溉节水 2 400 m³/hm², 节水幅度 40.0%; 增产 1 500 kg/hm² 以上, 节省劳动工 45 d/hm²。通过以上的对比验证, 适宜区域与研究评价结果高度符合, 表明评价方法合理。

3 结论与讨论

本研究在利用地理信息系统软件与县域耕地资源管理系统(CLRMIS)相结合的基础上, 利用耕地作物生长适宜性的系统模块对凉州区水肥一体化应用适宜性进行了评价。结果表明, 凉州区水肥一体化应用高度适宜区域和适宜区域占了总评价耕地面积的 90.4%。随机选择黄羊镇、武南镇、清源镇 3 个地方进行调查对比, 结果表明区域评价划分基本准确。但该评价结果没有考虑道路建设、水利渠系建设、包含的高标准农田面积、平田整地、有机质提升、地域经济等因素, 有待于进一步研究。

凉州区的水肥一体化技术在区域间推广不均衡, 目前主要应用在设施农业中的日光温室和大田酿酒葡萄、大田玉米上, 而相对灌水量大的大田作物、高原夏菜、马铃薯等类作物几乎没有涉及, 应用作物相对较为局限。

参考文献:

- [1] 王立革, 郭 珺, 韩 雄, 等. 不同灌溉方式下秸秆还田对设施土壤碳、氮及蔬菜产量的影响[J]. 生态科学, 2018, 37(4): 45-51.
- [2] 陈昱辛, 崔宁博, 杨永刚, 等. 滴灌水肥一体化对柑橘光合生长及产量的影响[J]. 中国农村水利水电, 2018(11): 9-14.
- [3] M J, S J, U S. Effect of drip fertigation and polythene mulching on growth and productivity of coconut (*Cocos nucifera* L.), water, nutrient use efficiency and economic benefits[J]. Agricultural Water Management, 2017, 182: 87-93.
- [4] 王艳丽, 李 虎, 孙 媛, 等. 水肥一体化条件下设施菜地的 N₂O 排放[J]. 生态学报, 2016, 36(7): 2005-2014.
- [5] 张林森, 李雪薇, 王晓琳, 等. 根际注射施肥对黄土高原苹果氮素吸收利用及产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(2): 421-430.
- [6] 吴晓红, 曾路生, 李俊良, 等. 膜下滴灌不同施肥处理对马铃薯产量和品质及肥料利用率的影响[J]. 华北农学报, 2016, 31(5): 193-198.
- [7] 杨培丽, 范琪祺, 唐志鹏, 等. 柑橘水肥一体化对产量和效益的影响[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(14): 4266-4268.
- [8] 奚玉银, 任全军, 付永斌. 水肥一体化、农机一体化技术在冀西北的应用[J]. 中国生态农业学报, 2014, 22(11): 1363.
- [9] 尹 剑, 王会肖, 王艳阳, 等. 关中地区农业节水分区研究[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(9): 1173-1179.
- [10] 何 英, 郭玉川, 姜卉芳. 基于模糊—动态聚类法的新疆节水区划探讨[J]. 节水灌溉, 2009(2): 5-10.
- [11] 徐万林, 粟晓玲. 基于作物种植结构优化的农业节水潜力分析—以武威市凉州区为例[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(5): 161-165.
- [12] 王 祎, 李怀德, 黄成奎. 春小麦甘育 3 号在凉州区基于 GIS 的适宜性评价[J]. 甘肃农业科技, 2019(4): 14-18.
- [13] 袁政祥, 王 祎. 基于 GIS 的凉州区耕层土壤主要养分时空变化研究[J]. 甘肃农业科技, 2013(4): 28-30.
- [14] 袁政祥, 王 祎, 蔡立群. 基于 GIS 的凉州区耕地生产潜力评价[J]. 甘肃农业科技, 2013(4): 3-5.
- [15] 贾晓娟, 韩 梅, 袁政祥, 等. 基于模糊数学法的凉州区高原夏菜种植适宜性评价[J]. 甘肃农业科技, 2015(9): 12-15.
- [16] 王吉彪, 韩 梅, 袁政祥, 等. 基于 GIS 的凉州灌区节水效率分区研究[J]. 甘肃农业科技, 2014(5): 33-36.

(本文责编: 郑立龙)