

典型大型灌区水土资源生产力现状 及匹配格局研究

姚怀柱¹, 曲绅豪², 彭亚敏¹, 陈 于¹

(1. 江苏省农村水利科技发展中心, 江苏 南京 210029; 2. 河海大学 农业科学与工程学院, 江苏 南京 211100)

摘要:客观评价灌区农业水土资源匹配现状是灌区可持续发展的前提。以江苏典型大型灌区为研究对象,通过计算水土资源匹配系数分析典型灌区水土资源匹配现状,计算耕地生产力和农田灌溉水生产力分析典型大型灌区水土资源生产力水平,并通过计算水土资源匹配系数和生产力的基尼系数,分析灌区水土资源空间匹配格局。结果表明,灌区水土资源匹配系数差异显著,其中高邮、沿运、涟西以及周桥灌区的水土资源匹配程度很好,显著高于江苏省水土资源平均配置系数。各典型大型灌区水土资源生产力水平虽差异显著,但总体高于江苏省水土资源平均生产力。灌区水土资源匹配的基尼系数为0.22,作为一个整体水土资源是均衡的,优于同期全国和全球范围内的水土资源匹配格局,耕地生产力和农田灌溉水生产力的基尼系数都为0.46,各大型灌区水土资源生产力空间分布有一定差异。

关键词:农业水土资源; 耕地生产力; 农田灌溉水生产力; 基尼系数

中图分类号:TV211.1

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2023)04-0033-0005

Research on current situation and matching pattern of soil and water resources productivity in typical large irrigated areas

YAO Huaizhu¹, QU Shenhao², PENG Yamin¹, CHEN Yu¹

(1. Jiangsu rural water conservancy science and Technology Development Center, Nanjing 210029, China;

2. College of Agricultural Science and Engineering, HoHai University, Nanjing 211100, China)

Abstract: Objective evaluation of agricultural water and soil resources matching is the premise of sustainable development in irrigated areas. Taking typical large irrigation area in Jiangsu province as the research object, through calculating coefficient of water and soil resources matching analysis of current typical irrigation water and soil resources matching, cultivated land productivity and large scale irrigation farmland irrigation water productivity are calculated, typical water and soil resource productivity level is analyzed, the water and soil resources matching coefficient and productivity Gini coefficient are calculated to analyze irrigation area water and soil resources space matching pattern. The results show that the matching coefficient of water and soil resources in each irrigation area is significantly different. The matching degree of water and soil resources in Gaoyou irrigation area, Yanyun irrigation area, Lianxi irrigation area and Zhouqiao irrigation area is very good, which is significantly higher than the average allocation of water and soil resources of Jiangsu. Although there are significant differences among typical large-scale irrigation areas, the productivity of soil and water resources is higher than the average productivity of Jiangsu

收稿日期: 2023-02-09

基金项目: 江苏省水利科技项目(2021054); 宿迁市重点研发计划项目(S202101)

作者简介: 姚怀柱(1979—), 男, 高级工程师, 本科, 主要从事农村水利科研工作。Email: 493318937@qq.com

Province. The Gini coefficient of water and soil resources matching in irrigated areas is 0.22, which is balanced as a whole and better than the matching pattern of water and soil resources in the whole country and the whole world at the same time. The Gini coefficient of farmland productivity and farmland irrigation water productivity are both 0.46. The spatial distribution of water and soil resources productivity in various large irrigated areas is different.

Key words: agricultural water and soil resources; cultivated land productivity; farmland irrigation water productivity; the Gini coefficient

土地资源和水资源是农业生产核心要素,两者分布不匹配严重影响区域农业可持续发展^[1]。水土资源匹配^[2]情况一直是研究热点。庞晓菲等^[3]采用基尼系数和水土资源匹配系数分析了广西壮族自治区2005—2020年间14个地级市水土资源时空特征;王妍等^[4]利用北京市2009—2015年间水资源、耕地资源以及农业状况信息对16个市辖区水土资源匹配情况及农业经济进行评价。基于水土资源匹配状况分析开展耕地和农业用水量生产力研究,对于水土资源可持续利用具有重要意义。胡砚霞等^[5]对汉江流域耕地生产力的占补平衡状况及区域差异进行了探讨;吴凯等^[6]研究了黄淮海平原引黄灌溉水时空分布以及对农业增产效益。目前,相关研究大多集中在省市级尺度缺少对灌区或粮食主产区这类特定区域的水土资源匹配情况研究。江苏省作为全国重要产粮地区,粮食总产量已连续7 a超过3 500万t,约占全国粮食总产量的5.4%,灌区作为粮食主产区,其水土资源匹配及生产力水平对于保障国家粮食安全尤为重要。

本研究以江苏省大型灌区为研究对象,通过计算水土资源匹配系数分析典型灌区水土资源匹配现状,通过计算耕地和农田灌溉水生产力,分析典型灌区水土资源生产力水平,计算基尼系数评估灌区水土资源匹配及生产力空间匹配格局,以期灌区农业水土资源利用和经济发展提供参考。

1 技术路线

1.1 研究区概况

以江苏省20个典型大型灌区为例开展本研究。江苏省平原辽阔,水网密布,湖泊众多,属东亚季风气候区,光热充沛、雨热同季、雨量充沛,全省年降水量为715~1 280 mm。江苏省典型大型灌区分布情况见图1。

1.2 数据来源

本研究所用的耕地面积、农业灌溉用水量和粮

食产量数据来源于《江苏省“十四五”大型灌区续建配套与现代化改造规划》。

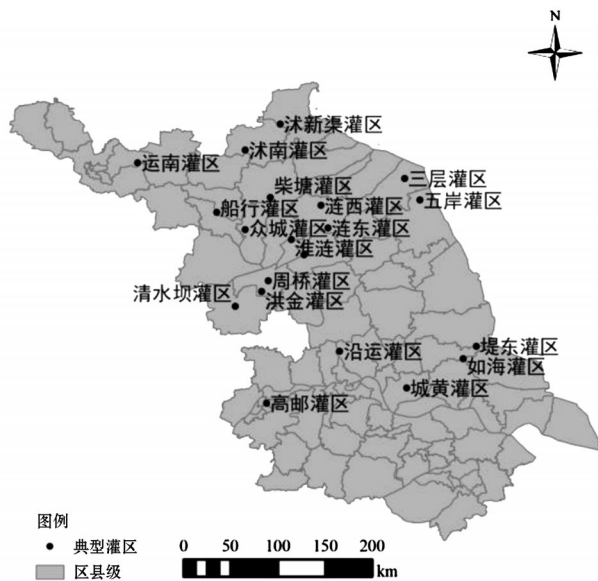


图1 江苏省典型大型灌区分布

1.3 研究方法

农业水土资源匹配系数:指单位面积耕地拥有的农田灌溉用水量,该值越大,农田灌溉用水越丰富,越有利于农业种植结构的调整,其计算公式为

$$M_{ws} = \frac{W}{S} \quad (1)$$

式中: M_{ws} 为农业水土资源匹配系数, m^3/hm^2 ; W 为农田灌溉用水量, m^3 ; S 为耕地面积, hm^2 。

农田灌溉水生产力:单位体积农田灌溉用水量的粮食产量,反映当前农业种植结构和节水灌溉技术水平下的农业用水生产力,其计算公式为

$$M_w = \frac{Y}{W} \quad (2)$$

式中: M_w 为农田灌溉水生产力, kg/m^3 ; Y 为粮食产量, kg 。

耕地生产力:单位面积耕地的粮食产量,反映耕地的经济生产力。在保障粮食安全的前提下,通过优化作物种植结构,促进农业经济发展,其计算

公式为

$$M_s = \frac{Y}{S} \quad (3)$$

式中, M_s 为耕地生产力, kg/hm^2 。

基尼系数:以农田灌溉用水量、耕地面积或粮食产量的累计比例为横纵坐标,按照大小排序构建洛伦兹曲线,基于洛伦兹曲线与 45° 线构成面积的2倍计算基尼系数,通过对应点处的斜率与 45° 线斜率的比较,描述水土资源的匹配状况^[7]。将基尼系数分级^[8]: $G \in [0, 0.2]$ 表示高度匹配; $G \in (0.2, 0.3]$ 表示相对匹配; $G \in (0.3, 0.4]$ 表示一般; $G \in (0.4, 0.5]$ 表示差距较大; $G \in (0.5, 1.0]$ 表示差距悬殊。

2 数据分析

2.1 水土资源匹配现状

典型大型灌区农业水土资源匹配系数如图2所示。20个典型灌区水土资源匹配系数差异显著,与江苏省农业水土资源匹配系数($0.71 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$)相比较,可以发现高邮灌区、沿运灌区、涟西灌区以及周桥灌区的水土资源匹配程度较好,显著高于江苏省平均水平。

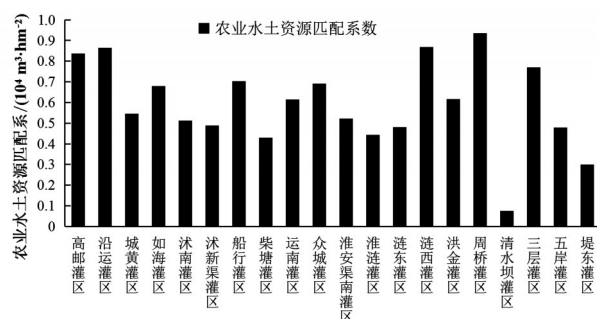


图2 典型大型灌区农业水土资源匹配情况

2.2 水土资源生产力现状

各灌区耕地生产力和农田灌溉水生产力计算结果见表1。同时与江苏省平均耕地生产力($0.91 \text{ kg}/\text{hm}^2$)和农田灌溉水生产力($1.28 \text{ kg}/\text{m}^3$)进行比较发现,各典型大型灌区水土资源生产力水平虽差异显著,但总体上是高于江苏省水土资源平均生产力,其中高邮灌区水土资源生产力显著高于其他灌区,清水坝灌区农田灌溉水生产力最高,周桥灌区和三层灌区的耕地生产力以及农田灌溉水生产力均略低于江苏省水土资源平均水平。

2.3 水土资源配置及生产力的空间特征

图3是典型大型灌区水土资源匹配的基尼系数计算结果,洛伦兹曲线与 45° 线构成的面积 $A=0.11$,得出基尼系数0.22,表明20个典型大型灌区作为整体其水土资源高度匹配,显著优于我国($G=0.57$)和全球($G=0.59$)范围内的水土资源匹配情况^[9]。同时可以看出,各大型灌区水土资源分布不均衡,如周桥灌区所在点位切线斜率为0.59(<1),表明过多的农业灌溉用水量服务着当地的耕地资源;城黄灌区切线斜率为1.00,即农田灌溉水资源恰好能服务当地耕地资源,水土资源配置良好;而堤东灌区切线斜率为1.83,显著大于1,说明堤东灌区的农田灌溉水资源缺失,无法充足匹配当地的耕地资源。

典型大型灌区水土资源生产力的基尼系数计算结果见图4,耕地生产力和农田灌溉水生产力的基尼系数均为0.46,空间尺度上各大型灌区水土资源生产力差异显著。从耕地生产力方面,清水坝灌区点处切线斜率为1.02,说明该灌区耕地生产力良好,耕地资源等比产生相应粮食,而高邮灌区耕地

表1 典型大型灌区水土资源生产力

灌区名称	耕地生产力/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	农田灌溉水生产力/ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	灌区名称	耕地生产力/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	农田灌溉水生产力/ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
高邮灌区	11.87	14.19	淮安渠南灌区	1.17	2.24
沿运灌区	1.24	1.44	淮涟灌区	0.78	1.76
城黄灌区	0.83	1.52	涟东灌区	0.91	1.89
如海灌区	0.99	1.46	涟西灌区	0.96	1.11
沐南灌区	1.18	2.30	洪金灌区	0.92	1.49
沐新渠灌区	1.22	2.49	周桥灌区	0.81	0.87
船行灌区	0.90	1.27	清水坝灌区	1.59	21.20
柴塘灌区	1.38	3.21	三层灌区	0.62	0.80
运南灌区	1.63	2.65	五岸灌区	0.97	2.04
众城灌区	1.46	2.11	堤东灌区	0.55	1.83

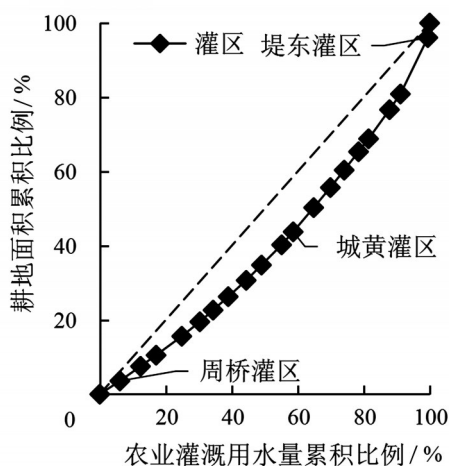
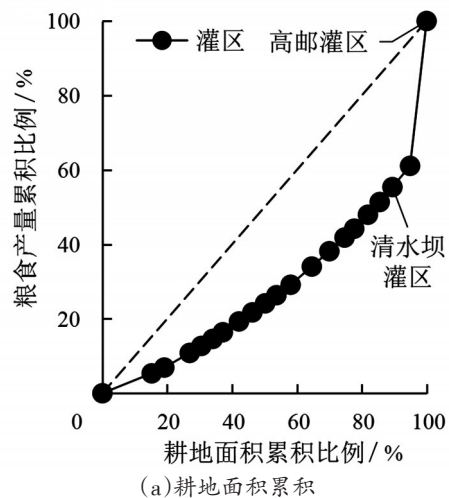
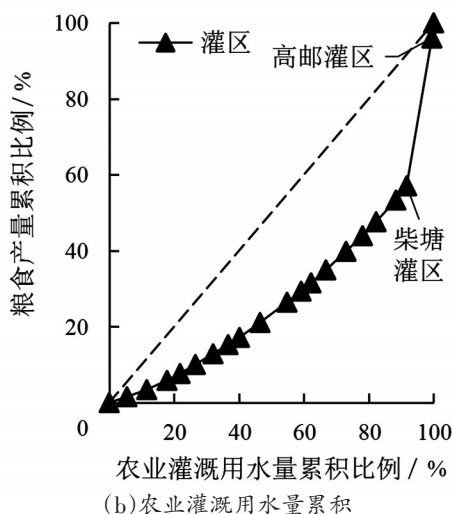


图3 江苏省典型大型灌区水土资源匹配基尼系数



(a) 耕地面积累积



(b) 农业灌溉用水量累积

图4 江苏省典型大型灌区水土资源生产力基尼系数

生产力切线斜率为7.63,显著大于1,说明高邮灌区耕地生产力优异,占用较少耕地资源却能产出更多粮食。根据图4可以发现,柴塘灌区点处切线斜率为1.13,说明该灌区的灌溉用水量恰好满足粮食生

产需求,而高邮灌区点处切线斜率为5.00,显著大于1,说明高邮灌区的农业灌溉水生产力较高。综上所述,江苏省各典型灌区在农业水土资源生产力基尼系数图中切线斜率由小到大,水土资源生产力水平差异显著。

3 相关观念与建议

江苏省大中型灌区是我国东部粮食重要产区,灌区经过20 a的配套和节水改造建设,基础设施得到明显改善,特别是在丰水地区探索节水之路取得了显著成效。但由于区域气候、地力等条件的差异,灌区农业水土资源分配不均,也影响了区域间的经济发展。本文希望在陈述各灌区水土资源匹配现状的基础上,通过计算生产力和分析空间匹配特征,结合其他学者对各灌区工程建设、运行管理等研究,为灌区水土资源的优化调控和管理、提高粮食生产力提供建议。高邮灌区作为现代化灌区的典范,工程建设程度和管理调度水平均处于优秀水平,综合运用工程改造、调度运行、管理管护等措施,不断推进灌区现代化建设。沿运灌区在2015年后针对南水北调与灌区用水矛盾问题加快灌区工程加固改造,完善定额用水管理制度及灌区管理体制,从而提高现代化管理水平^[10]。尽管这些灌区水土资源配置优异,但其水土资源生产力差异显著,这与各灌区的建设管理息息相关。高邮灌区经过一系列信息化建设,能够与省级相关部门通过水利专网实现数据信息互联互通,整个灌区水位、降雨、闸位信息通过无线网络传输至信息中心,从而实现灌区的信息化管理,进而提升灌区的水土资源生产力。也有学者从改善灌区薄弱环节方面提出了他们的观点。张建等^[11]认为,灌区农业面源污染较严重,水生态建设滞后影响农作物和水生物生长,会抑制灌区水土资源生产力,因此灌区加大面源污染治理力度很重要,提高灌区生态化是现代化灌区建设应有之意。清水坝灌区水土资源匹配系数显著低于其他灌区,但通过建设配套与节水改造工程,不断完善灌区经营管理体制,制定用水和配水计划,使灌区有限的水土资源充分发挥^[12]。堤东灌区地处沿海地区,沿海开发需要消耗大量淡水资源,同时堤东灌区可抽取的淡水资源总量被严格限定,盈余部分还需要供滩涂围垦开发所用,使灌区淡水供给矛盾更加突出^[13]。邵润泽等^[14]对沐南灌区水土资源现状和存在的问题进行研究,发现沐南灌区存在用水方式粗放、灌区配套设施不足、农业水资

源利用率低、灌溉回归水影响下游河道水质等问题。对于江苏省大型灌区如何可持续发展,蒋晓红等^[15]提出持续加大灌区续建与节水改造力度,加大信息化、自动化的投入力度,降低管理成本;开展灌区灌溉配水方案研究,优化渠系配水方案;同时推进渠道的现代化改造,根据各地区情况制定相应的发展模式,不断落实“人水和谐”^[16]的治水理念。综上所述,针对灌区水土资源差异显著的问题,如何因地制宜、科学筹划是新时期江苏省大型灌区增产增收的关键。要加强对灌区水土资源利用现状的调查、分析和评价,为优化灌区水土资源的匹配和提升灌区水土资源的利用效率提供科学依据,为灌区节水节地和保障粮食安全提供技术支持。

4 结 语

本研究分析了江苏省典型大型灌区农业水土资源匹配现状及生产力特征,并计算水土资源空间特征,主要结论如下:

(1)各典型大型灌区水土资源匹配系数差异显著,其中高邮、沿运、涟西和周桥等灌区水土资源匹配程度较好,显著高于江苏省水土资源平均匹配系数。

(2)各典型大型灌区水土资源生产力水平差异显著,总体上是高于江苏省水土资源平均生产力,其中高邮灌区水土资源生产力显著高于其他灌区。

(3)典型大型灌区水土资源匹配的基尼系数为0.22,作为一个整体水土资源是均衡的,优于同期全国和全球范围内的水土资源匹配格局,耕地生产力和农田灌溉水生产力的基尼系数都为0.46,空间尺度上灌区水土资源生产力差异显著。

参考文献:

[1] 杨宏轶,赵华甫. 耕地结构变化下水土资源匹配时空特

征效应分析——以黑龙江省为例[J]. 自然资源学报, 2022, 37(9): 2247–2263.

[2] 李东林,左其亭,张伟,等. 基于 Nerlove 方法的塔里木河流域农业水资源配置模型[J]. 水资源保护, 2021, 37(2): 75–80.

[3] 庞晓菲,陆汝成,林晓楠. 广西水土资源利用时空分异及匹配特征[J]. 南方自然资源, 2022(7): 46–50.

[4] 王妍,雷晓辉,张玉,等. 北京市水土资源匹配时空模式研究[J]. 中国农学通报, 2021, 37(35): 73–77.

[5] 胡砚霞,王长青. 汉江流域耕地生产力变化趋势与持续性分析[J]. 长江流域资源与环境, 2022, 31(6): 1249–1261.

[6] 吴凯,唐登银,谢贤群. 黄淮海平原水量变化对农业生产力的影响及对策[J]. 中国生态农业学报, 2001(1): 50–52.

[7] 陶国芳,蒋兆恒,秦丽杰. 基于基尼系数的通化地区水土资源匹配分析[J]. 中国农业资源与区划, 2012, 33(4): 67–71.

[8] 李文静,许文强,包安明,等. 阿姆河流域耕地变化及水土匹配特征分析[J]. 水资源保护, 2021, 37(3): 80–86.

[9] 吴宇哲,鲍海君. 区域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.

[10] 樊旭,徐惠亮,周洁. 京杭运河扬州段沿运灌区用水情况分析及管理建议[J]. 中国水利, 2015(2): 24–26.

[11] 张建,袁秀伟,李晓罡,等. 周桥灌区生态建设实践经验、问题及对策探讨[J]. 治淮, 2018(11): 59–61.

[12] 单陆丹,陈洁茹,沈芝莹. 江苏盱眙清水坝灌区管理现状分析及改革措施[J]. 水利技术监督, 2019(1): 75–77.

[13] 刘德斌. 滩涂围垦对江苏堤东灌区运行的影响及应对措施[J]. 现代农业科技, 2014(15): 233–238.

[14] 邵润泽,舒飞,李丽娜. 连云港市东海县沐南灌区用水现状及存在问题[J]. 江苏水利, 2020(5): 56–58.

[15] 蒋晓红,孙晨,吉凤鸣. 江苏省大型灌区生态建设探索及实践[J]. 江苏水利, 2020(8): 29–32.

[16] 左其亭. 人水关系学的基本原理及理论体系架构[J]. 水资源保护, 2022, 38(1): 1–6.