

## 湖北省农业水土空间协调水平研究

刘逸竹<sup>1</sup>, 李 晴<sup>2</sup>

(1. 湖北省国土资源研究院, 武汉, 430070; 2. 华中师范大学城市与环境学院, 湖北武汉, 430070)

**摘要:**【目的】耕地、水资源以及他们在空间上的协调水平对农业管理和政策制定有重要意义。【方法】文章在地级行政区尺度上,以“十三五”为基准年份,针对湖北省选取水土资源匹配系数(R)、Gini系数和主要作物灌溉需求量,从定性和定量的角度对讨论了该省耕地和水资源协调水平。【结果/结论】湖北省耕地和水资源在空间上协调水平较高,但省内相对干旱地区一些需水量大的作物在早年仍然存在缺水的风险。整体上,湖北省农业供水能够保障国家粮食战略需求,但也需要注意协调农业和其他耗水产业。同时,该文考虑到所用指标可能会由于其在描述动态变化和尺度效应上的局限,导致其在目前极端气候越来越频繁的趋势中参考价值打折,且认为这一缺陷可以通过在测度中综合考虑气象和作物信息来改善。

**关键词:** 水; 耕地; 空间协调; 湖北省

DOI: 10.12105/j.issn.1672-0423.20200305

### 0 引言

随着全球人口的扩张,世界面临着比以往更为严峻的水和耕地资源危机。有限的水资源不仅要满足农业生产,还需要综合考虑和平衡工业生产和生活等的需要。因此,了解水和耕地资源在空间分布上的均衡水平,有利于水的分配管理和合理调整耕地结构,达到节约资源集约利用的目的<sup>[1]</sup>。

当前,中国农业已逐步嵌入全球贸易之中。由于不少农产品已成为商业和政治资本,中国将粮食自主纳入了国家战略。但中国的水和耕地资源在空间上分布并不均衡——伴随着北粮南运,北方的水资源缺乏问题也越发突出。从水资源的角度来看,习近平总书记早在 2019 年提出“以水定城,以水定地,以水定人,以水定产”,落实在国土空间规划中,水资源指标成为计算城市或耕地扩张极限,为城市建设提供资源利用合理化建议的重要依据。因此,水和耕地资源在空间分布上的协调水平,是事关粮食安全、自然资源利用和城市发展等重大战略的必要参考。在过去 20 年中,不少研究者在不同区域及不同尺度上对这一问题进行了讨论。

吴宇哲等<sup>[2]</sup>利用 Gini 系数描述我国的水—土空间分布状态时,发现我国在 21 世

收稿日期: 2020-04-30

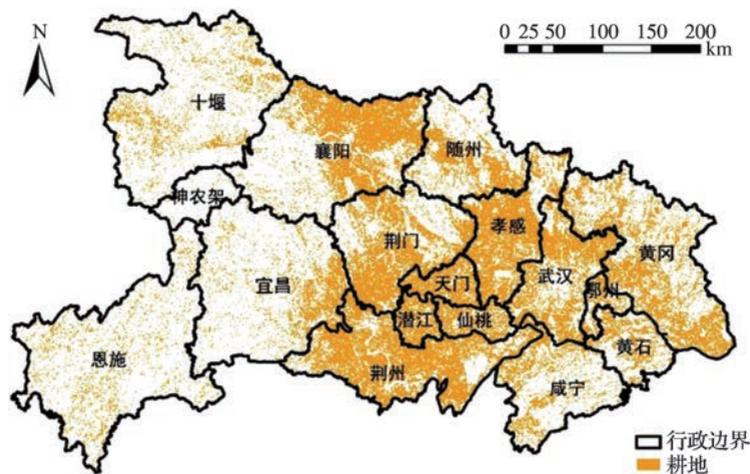
第一作者简介: 刘逸竹(1989—), 博士、工程师。研究方向: 土地资源管理及国土空间规划。Email: liuyizhu1989@qq.com

纪前水资源与土地资源在空间上非常不平衡。孙侦等<sup>[3]</sup>采用了与吴等相同的方法，认为这一形势在将后备耕地资源纳入计算范畴后更为严峻。陈紫璇等<sup>[4]</sup>在 Gini 系数的基础上，以遥感影像和作物用水需求数据作为支撑，针对不同省份的问题给出了建议。相比全国尺度，区域和局地尺度研究更多地讨论了水土资源平衡水平的时序变化，被讨论过的区域主要有河南省、四川省、陕西省、甘肃省、山西省和安徽省等省份<sup>[5-11]</sup>，以及一些对水土资源调配需求较高的区域，如黄河三角洲、东北地区、西北地区和关中平原等<sup>[12-16]</sup>。

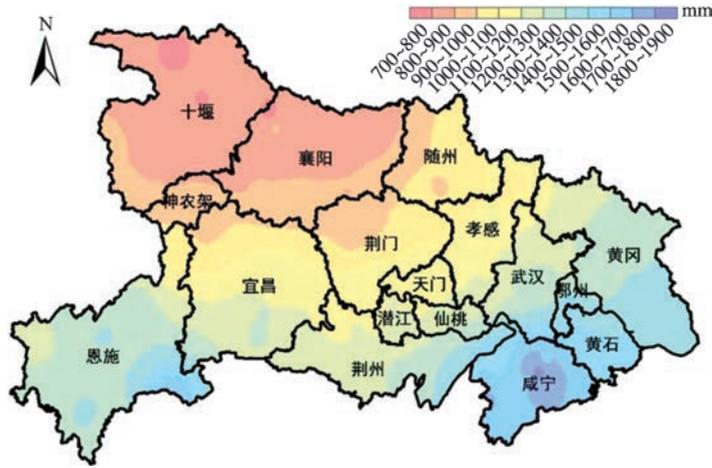
水是湖北省的主要农业资源之一，高效合理分配和利用水资源是湖北省保障粮食供应、落实各类各级生产生态规划的重要基础环节；湖北省同时还是全国主要粮食产区——江汉平原所在地。然而，虽然国土空间规划中有关“资源环境承载力和国土空间开发适宜性评价”研究较多，但是针对湖北省的耕地—水资源空间协调水平的讨论还是空白。因此文章在总结前人研究方法的基础上，以湖北省为研究区域，在市级行政区层面上讨论了该省农业用水和耕地的协调水平，以期为农业生产和水资源管理等相关领域研究和政策制定提供参考。

### 1 研究区概况

湖北省位于中国中部，下辖 17 个市州共 103 个县级行政区。截止目前，共有超过 63 万  $\text{hm}^2$  耕地，主要分布在该省中部和东部。雨热同期的优势使得该省拥有多元种植方式。但是该省仍然需要灌溉用水，原因在于省内降水空间差异显著（700 mm ~ 1 900 mm），刚好包含了国内水稻灌溉区和补充灌溉区的分界线（1 000 mm ~ 1 200 mm），一般认为补充灌溉区在降水平年就需灌溉来补充自然降水的不足，而水稻灌溉区对灌溉的需求则主要来自水稻等淹水作物<sup>[17-18]</sup>。



2020年6月



注：数据来源为中国科学院资源环境数据云平台（RESDC，<http://www.resdc.cn>），2020年土地利用数据产品和多年平均年降水数据差值产品

图1 研究区耕地和多年平均年降水分布

Fig.1 Croplands and average annual precipitation of multi-years in study area

## 2 研究方法 with 数据

### 2.1 研究方法

总结以往研究可知，常有3种方式用于评价水和耕地资源的空间匹配水平。（1）水土资源匹配系数；（2）Gini系数；（3）利用作物需水、蒸散发与降水，对灌溉满足水平进行定量计算。以下对3种方法进行简要介绍。

刘彦随等<sup>[12]</sup>于2006年提出水土资源匹配系数（R），用于测算特定区域农业生产可供水资源和耕地时空适宜匹配的量比关系，用单位面积耕地可以获取的水资源总量表示（式1）。这一测度方式被用于揭示一定空间内水和耕地在时间空间上的分布均衡状况，该系数越高，水—耕地在空间分布上就越协调。

$$R=W*\alpha/L \tag{1}$$

式（1）中，R为水土资源匹配系数，W为研究基本单元内水资源总量（108 m<sup>3</sup>），α为当年农业用水占总水资源供应量的比例，L为当地耕地面积（104 hm<sup>2</sup>）。

Gini是经济学上的经典指标，通过在X-Y轴上建立地区人口—收入的数量关系并与理想水平（线性相关）对比，来衡量人口和收入均衡水平。2003年，吴宇哲等<sup>[2]</sup>在他们的研究中首次引入该系数，将人口和收入分别用水资源量和耕地面积替代，用于评价本研究中，人口和收入分别由耕地面积和水资源总量替代。具体计算方式分为3步：（1）计算区域内每个研究基本单元内水资源和耕地资源占研究区对应总资源的相对值（%），然后进行排序；（2）按照排序对相对值进行累加，两个变量的累加值分别作为X-Y空间轴上的值，进行绘图；（3）将曲线与X=Y直线的合围面积，除以前述合围面积与X=Y线下面积之和，得到研究区的Gini系数。高的Gini系数意味着一些耕地面积大的地区能获得的水资源越少，即耕地和水资源的空间分布水平越不均衡。Gini系数的国际分级标准如下：<0.2，非常

均衡；0.2~0.3，均衡；0.3~0.4，一般；0.4~0.5，较差；>0.5 很差。

R 和 Gini 系数主要从定性层面表征了水资源和耕地在空间上的供应和匹配情况，而利用作物蒸散发等参量则从空间和作物角度提供了具体作物的用水需求。具体计算公式为式（2）~（3）。研究湖北省各主要农作物的灌溉用水需求 IR 与前述水土资源匹配系数（R）进行比较，就可以了解作物的缺水严重程度。

$$ET_c = K_c \times ET_0 \tag{2}$$

$$IR = ET_c - P_e \tag{3}$$

式（2）~（3）中， $ET_c$  为作物需水量（mm）， $ET_0$  为参照蒸发量（mm）， $K_c$  为作物系数。IR 为作物净灌溉需水量（mm）， $P_e$  为作物生育期的有效降雨量（mm）。

### 2.2 研究数据

因截止研究完成，2017 年度的数据都未能发布，以往的研究也表明耕地和水资源的平衡状况不会在中短期内有明显变化，为保证研究在时间节点上的相对完整，研究选择了 2011—2015 年（“十三五时期”）作为研究时段。所需数据包括 2011—2015 年间湖北省及市级行政区年度耕地面积、水资源供应和消耗量、蒸散以及降水。数据的收集和基本情况如下所述。

（1）耕地面积。源自自然资源部门年度土地变更调查结果。

（2）湖北省及下辖市州水资源相关数据。来自于 2011—2015 年度《湖北省水资源公报》，具体包含有湖北省及下辖市州水资源总量、水资源供应量和农业用水总量。计算 R 时采用的农业用水占比为各级行政单位年度农业用水总量和水资源供应量的比值。

（3）主要作物灌溉需水和蒸散发等。研究获取了刘钰等<sup>[19]</sup>研究中获取的位于湖北省荆州市、荆门市和恩施土家族苗族自治州（以下简称恩施州）3 个观测点位  $ET_c$  和 IR 的 3 组数据（表 1）。从农业区划的角度出发，研究着重通过荆州和荆门观测点数据来阐述湖北省的情况，因为荆州和荆门所处的江汉平原是湖北乃至全国粮食主产区，两地的种植结构和农业管理上也更为相似，具有代表性。

表 1 湖北省观测点主要农作物的蒸发量和净灌溉需水量  
Table 1 IR and  $ET_c$  of main crops in Hubei province

作物	恩施州			荆州市			荆门市		
	IR	$ET_c$	IR/ $ET_c$	IR	$ET_c$	IR/ $ET_c$	IR	$ET_c$	IR/ $ET_c$
中季稻	0.13	0.50	26.12	0.22	0.56	38.96	0.26	0.59	43.88
棉花	0.10	0.37	27.09	0.16	0.42	38.11	0.18	0.42	42.57
土豆	0.10	0.38	26.07	0.16	0.43	37.29	0.18	0.43	41.57
果树	0.07	0.35	19.81	0.13	0.42	30.88	0.16	0.44	36.14
春玉米	0.08	0.33	24.57	0.13	0.37	34.97	0.16	0.40	39.51
向日葵	0.07	0.35	20.05	0.12	0.38	31.40	0.15	0.40	37.57
小麦	0.04	0.27	14.84	0.11	0.36	30.44	0.15	0.38	39.06
花生	0.08	0.29	27.23	0.13	0.34	37.80	0.15	0.36	41.86
夏玉米	0.08	0.26	30.49	0.13	0.31	41.98	0.14	0.30	46.20
大豆	0.08	0.26	30.21	0.13	0.31	41.45	0.14	0.31	45.58
谷子	0.07	0.31	22.28	0.11	0.34	32.65	0.13	0.35	37.50
芝麻	0.08	0.28	28.67	0.12	0.30	39.84	0.13	0.29	44.13

2020年6月

续表

作物	恩施州			荆州市			荆门市		
	IR	ETc	IR/ETc	IR	ETc	IR/ETc	IR	ETc	IR/ETc
高粱	0.05	0.27	18.51	0.10	0.34	29.38	0.12	0.34	35.64
葡萄	0.04	0.25	16.06	0.08	0.30	26.80	0.10	0.31	32.25
瓜类	0.02	0.16	12.42	0.06	0.24	25.33	0.08	0.25	31.82

注：表中 IR 和 ETc 的单位为 “ $10^4\text{m}^3/\text{hm}^2$ ”；IR/ETc 的单位为 “%”

### 3 研究结果

#### 3.1 研究区耕地和农业用水概况

图 2 展示了研究基准年内湖北省和省内各市州的水资源总量、供水量和农业用水量总量。从水资源总量来看，基准年份内水资源总量总体逐年增加，2015 年比 2011 年增加了约 1/3。但农业用水量总量（ $2.88 \sim 3.11 \times 10^8 \text{ m}^3$ ）及其在供水总量中的占比（46.95%~52.34%）波动并不大。图 2 还展示了各个市州耕地和灌溉耕地的面积，他们在 2011—2015 年间缓慢稳定地减少，至 2015 年对比 2011 年分别减少了 0.88% 和 1.61%。相反地，雨养耕地在逐步增加——意味着耕地的减少完全是因为灌溉耕地减少，雨养耕地的增加减缓了耕地总面积的降低。

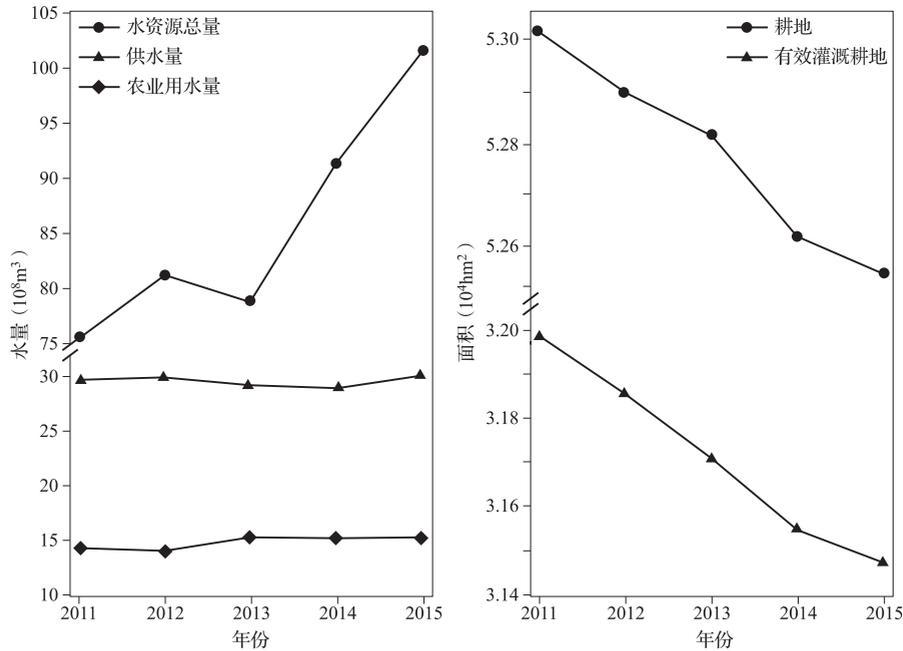


图 2 2011—2015 年湖北省水资源总量和耕地面积

Fig.2 Amount of water and cropland during 2011 and 2015 in Hubei

在此前提下可以推知，在研究年限期间，湖北省的可供农业使用的水资源总量整体向好，这与省级 R 的际年变化一致（图 3）。如果仅考虑灌溉耕地，R 会比图 3 结果增加约 40%。

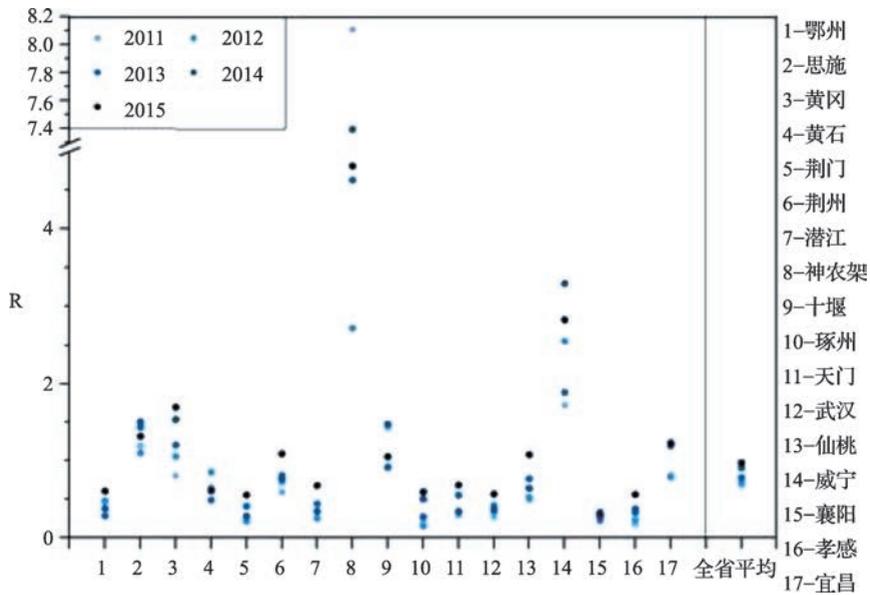


图 3 水土资源匹配系数 ( R ) 计算结果  
Fig.3 R of water and croplands in cities of Hubei

### 3.2 市级行政区耕地和农业用水情况

市级行政区农业供水状况不如湖北省的整体情况乐观。由于各地耕地在研究区间内变化趋势与整个省份一致，因此 R 的变化也主要是由于水资源总量的变化导致的。图 3 展示了 2011—2015 年各市级行政区 R 的情况。总体上，R 位于前列的都是山地城市，如神农架、咸宁市、恩施州、黄冈市和十堰市；位于湖北省中部江汉平原粮食主产区的城市 R 却常常达不到全省平均水平。此外，各地 R 变化在时间序列上并未表现出相对一致性，这意味着湖北省在同一年份内，省内不同城市农业供水不足和过量同时存在。这一点与《中国气象灾害大典》中对湖北省旱涝灾害发生特点的描述是一致的。

即便如此，Gini 系数仍然提示，2011—2015 年湖北省在市级尺度上水资源和耕地资源的空间分布是均衡的（图 4）。首先，所有研究年份的 Gini 系数都小于 0.2；其次，各个拟合曲线的相关系数都接近 1，意味着拟合曲线可以很好地解释原始数据。虽然 R 提示各个城市单位耕地可获取水资源量的水平差异明显，但由于山地城市耕地和水资源总量占省内比重都较小，对 Gini 系数影响十分有限。

### 3.3 定量评价

从表 1 所列  $ET_c$  和 IR 大小排序来看，3 个观测点左右作物的蒸散发和灌溉需水量排序都是一致的，一季稻、棉花和土豆是灌溉需水最多的 3 种作物。

很明显，各类作物在荆州和荆门的  $ET_c$  表现极为相似，加上两地的  $ET_c$  和  $K_c$  参数基本一致，我们可以认为同一作物在两地 IR 的差异主要源于自然降水。对比荆州，江汉平原北部的荆门降水明显更少，作为补充降水和湖北省南北的过渡带的典型（图 1），其 IR 明显高于前者。而多年省内观测数据表明，相对干旱的地区往往需要面对更为频繁和剧烈的降水变化，这也就使湖北省北部农业用水面临了更多的不确定性。

2020年6月

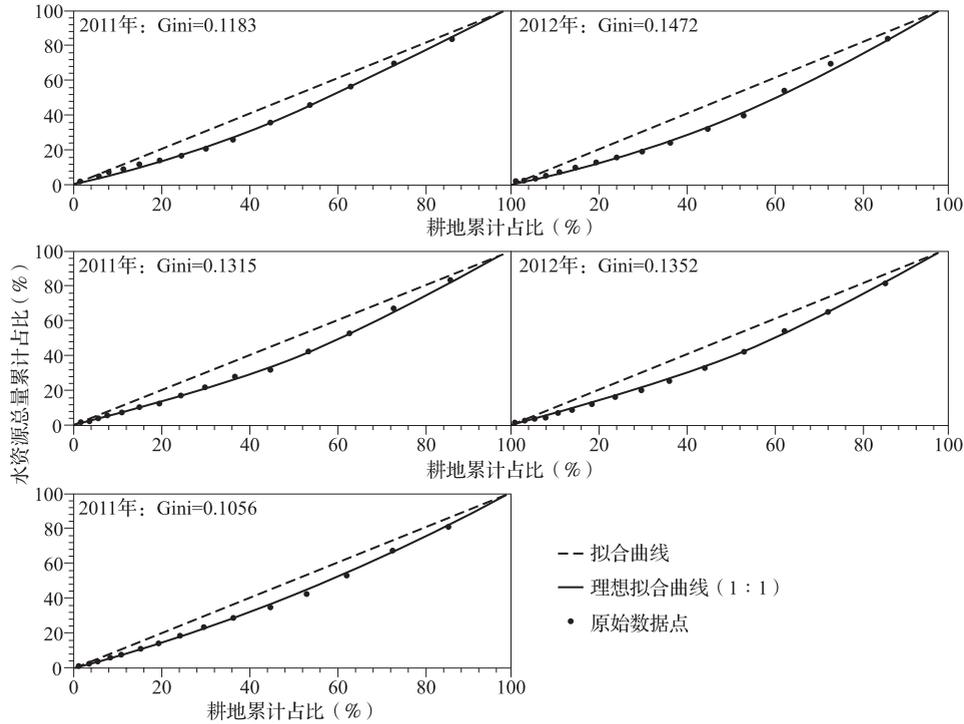


图4 2011—2015年湖北省水土资源空间匹配状况 (Gini系数)

Fig.4 Gini of Hubei during year 2011 and 2015 on water and cropland

IR 与 R 的差值表征了农业供水对作物灌溉需求的满足水平。鄂州市、随州市、天门市、武汉市、襄阳市和孝感市的 IR 与 R 差值在部分年份与荆门市都表现相当，这些地区在需要补充灌溉的都是作物清单中需水量较大的作物。以观测点为分野，上述城市可以分为两组：(1) 与荆门市年降水相当或更少的城市，除荆门市外包括随州市、天门市、襄阳市和孝感市，这些城市在平年也需要对需水量大的作物进行补充灌溉；(2) 相对湿润的江汉平原腹地城市如潜江市、天门市和鄂州市，灌溉只需要在枯水年份进行 (表 2)。

表 2 不同类型年份需要灌溉的典型作物

Table 2 Typical irrigation-need crops in general and dry years

城市	平年	典型灌溉作物	城市	枯水年	典型灌溉作物
襄阳市	2014	中季稻, 棉花, 土豆, 果树	潜江市	2014	中季稻, 棉花, 土豆, 果树
随州市	2015	中季稻	天门市	2011	中季稻, 棉花, 土豆

此外，恩施州观测点的数据提示，当地在研究期间并没有出现农业用水短缺的情况。由于该地与湖北腹地差异较大的气候条件，恩施州在农业区划上属于另外的种植区，更倾向选择当地作物来适应山地地理条件和气候<sup>[20-22]</sup>，仅就研究目前所用数据和结果难以界定哪个因素对恩施州的高水土资源空间匹配水平贡献更大。

#### 4 讨论与结论

降水平年，湖北省的灌溉需求可以被很好满足。MI、Gini 系数和 IR 的结果都表明，



湖北省整体不缺灌溉用水，因此我们认为湖北省在正常年份的农业用水需求可以得到很好满足。湖北省耕地和水资源的匹配水平也远优于全国平均水平<sup>[4]</sup>，因此该文认为湖北省在耕地类型和种植结构调整上，相比其他省份有更大的调整空间。湖北省可以将更多精力放在水资源的宏观调配上。该研究中数据和方法的不足，以及其他从更为全面的角度揭示了湖北省面临的水资源问题的研究，将在下文中详细说明。

#### 4.1 讨论

总水资源量、耕地面积和 MI 的波动形势表明，在市级尺度上湖北省耕地和水资源的匹配水平很高。不过利用 MI 评价水和耕地资源的匹配水平，是建立在二者都均匀分布的假设基础上的，调水需要考虑距离，降水在空间上也是非均质的。因此我们认为选取 MI 作为参考需要选取合适的尺度，来降低研究基本单元内水资源调配和降水差异的影响。

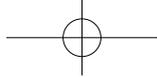
Gini 系数计算建立在 MI 的基础上，因此 Gini 系数也会出现与 MI 相似的弊端。吴宇哲等<sup>[2]</sup>在他们的研究中指出，遥感影像和动态网格可能是改善该问题的途径，但他的建议在后来的同类研究中并未被尝试。此外，Gini 系数明显受相关参量的主要占有者影响更多，而且各个数据点有联动，这会导致研究者在选取不同研究区时，同一地点的结果不尽相同。杜军凯等<sup>[23]</sup>认为，由于流域内各地水资源的内在联系，比行政单元更适合作为研究单元来进行水资源；孙侦等<sup>[3]</sup>在流域尺度上获取的水土空间分布评价结果并不理想，但他们采用的“耕地”包含了可以耕种但非现状耕地的区域，因此和其他以流域为单位进行的研究难以平行比较。

此外，Gini 系数无法评估动态过程，利用多年均值或长时间序列数据是解决这一问题的常用方法。然而近 20 年来，极端和突发气候事件以及人工对自然气象的干预越来越频繁<sup>[24]</sup>，对于整体水资源充足，但是旱涝灾害频繁的湖北省而言，合理分配灌溉和雨养农业的空间和规模，以及在时间空间上的水资源调蓄问题应当有更深入的讨论。

该文作物用水需求数据结果也支持了上述判断：湖北省仍然需要调度水资源来满足相对干旱年份或地区的灌溉需求。这一点与湖北省多年气象观测结果的也一致<sup>[25]</sup>——不利因素往往要比有利因素更能影响到农业生产，而湖北省除了高发的旱灾和水灾，干旱地区的降水波动幅度往往更剧烈，全球气候变化已经对省内气候产生了明显影响。

就灌溉而言，该研究并未仔细考察水资源在空间上的具体分布和转移情况。例如在丘陵和山地，往往需要水利工程实现水资源的调配和提升，自然资源管理者需要对这些耗费周到考虑，结合当地自然地理和社会经济条件，通过整合灌溉耕地位置和面积，优化供水模式，使灌溉的经济效益最优。部分学者提出仅讨论“蓝水”和“绿水”对水资源管理是远远不够的。由于区域间的经贸交往越来越频繁，用于描述粮食运输或土地流转中水资源消耗的“虚拟水”开始走入相关学者视野。韩雪<sup>[26]</sup>针对长江中下游流域的水稻、小麦、玉米和大豆等进行了虚拟水的计算，认为在 1999—2010 年间，研究区域内虚拟水保持着流失状态。但李红伟<sup>[27]</sup>经过更为细致讨论认为，湖北省在跨省虚拟水流动中并非主要参与者，维持了水资源出入的相对平衡。近年来，“北粮南运”现象越发蓬勃，而“南水北调”等大型水利工程也在空间格局上重塑了水的分布形式。他们对水和耕地资源的匹配水平的影响，应予以讨论。

在农业系统外，水资源的主要消耗者还有畜牧业、工业生产和生态等，有研究显



2020年6月

示湖北省实际面临着整体水资源短缺和污染问题。最少在 2013 年前, 省内畜牧业用水量激增和效率低下<sup>[28]</sup>, 同时由于城市扩张迅速, 污水排放问题也一直得不到实质性解决, 导致可供生活用水减少<sup>[29]</sup>。就各州市来看, 潜江市、天门市、荆门市和十堰市在“十一五”期间就已暴露出严重的水资源问题<sup>[30]</sup>, 嵇莹等<sup>[31]</sup>利用 MI 的研究虽然得到了与该研究类似的结果, 但是他们同时也指出湖北省内部分城市存在严重水资源利用效率低下的问题。

在更大尺度上, 湖北省坐拥大江大河和有利的地理位置, 使得湖北省在中央政府宏观水利政策中的地位举足轻重, 如“南水北调”、三峡大坝等战略性水利工程, 使得人工对自然水资源的宏观调控调配成为可能。2014 年年底, 南水北调中线工程竣工并投入使用, 该工程对湖北省水资源时空分布的影响还需要长期的观察和总结。

## 4.2 结论

该研究对 2011—2015 年湖北省水和耕地资源在空间分布上的均衡水平进行了讨论。MI 表明, 湖北省总体农田供水状况优于全国平均水平, 但在市级尺度上展现了明显的年际变化。江汉平原和湖北省北部城市的 MI 通常低于等于全省平均水平, 而位于山区的城市由于耕地面积在全省占比很小导致了高水平的 MI。这就使得虽然 MI 不均衡, 但 Gini 系数仍然提示在市级尺度上, 湖北省内水与耕地在空间上是相当均衡的。从定量角度出发, 该研究主要讨论了以荆州市和荆门市为代表的江汉平原的作物需求满足状况, 结果提示湖北省需要在正常年份关注叫干旱地区的用水需求, 并同时在水枯时关注水稻等高耗水作物产区。

研究认为湖北省在农业用水的结构调整上拥有较大的弹性空间。同时, 该文也注意到了由于自然降水变化导致的水资源总量波动, 因此湖北应更多关注综合性的水资源利用战略, 尤其是在全球变化和在水资源短缺背景下的三产用水分配、用水效率和水污染等。该文还关注到研究尺度等对 MI 和 Gini 等的影响, 以及 Gini 系数在描述动态变化上的不足, 并提出在未来的研究中, 采用长时间观察数据来尝试弥补这一缺陷。

## 参考文献

- [1] 刘彦随, 吴传钧. 中国水土资源态势与可持续食物安全. 自然资源学报, 2002(3): 270-275.
- [2] 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. 水土保持学报, 2003(5): 123-125.
- [3] 孙侦, 贾绍凤, 严家宝, 等. 中国水土资源本底匹配状况研究. 自然资源学报, 2018, 33(12): 2057-2066.
- [4] 陈紫璇, 陈云浩, 雷添杰. 中国耕地变化及耕地与水资源的匹配研究. 水利水电技术, 2019, 50(2): 69-78.
- [5] 王亚迪, 左其亭, 刘欢, 等. 河南省水土资源匹配特征及均衡性分析. 人民黄河, 2018, 40(4): 55-59, 64.
- [6] 文倩, 孟天醒, 隗雨早. 河南省农业水土资源时空分析与匹配格局. 水土保持研究, 2017, 24(5): 233-239.
- [7] 黄克威, 袁鹏, 刘刚. 基于 DEA 的四川省水土资源匹配研究. 中国农村水利水电, 2015(10): 58-61, 65.
- [8] 侯薇, 刘小学, 魏晓妹. 陕西关中地区农业水土资源时空匹配格局研究. 水土保持研究, 2012, 19(1): 134-138.
- [9] 梁变变, 石培基, 王伟, 等. 甘肃省农业水土资源时空匹配格局. 资源开发与市场, 2016, 32(12): 1461-1465.
- [10] 孙晶华, 张吴平, 吴亚楠, 等. 山西省农业水土资源时空匹配及短缺分析. 山西农业科学, 2017, 45(3): 443-447, 464.
- [11] 杨齐祺, 杨悉廉, 乔传泰斗, 等. 基尼系数视野下的安徽省水土资源匹配分析. 中国农学通报, 2016, 32(20): 72-76.
- [12] 王薇, 吕宁江, 王昕, 等. 黄河三角洲水土资源空间匹配格局探析. 水资源与水工程学报, 2014, 25(2): 66-70.
- [13] 刘彦随, 甘红, 张富刚. 中国东北地区农业水土资源匹配格局. 地理学报, 2006(8): 847-854.
- [14] 周浩, 雷国平, 张博, 等. 1990—2013 年挠力河流域耕地变化下水土资源平衡效应分析. 农业工程学报, 2015, 31(1): 272-280.
- [15] 郑久瑜, 赵西宁, 操信春, 等. 河套灌区农业水土资源时空匹配格局研究. 水土保持研究, 2015, 22(3): 132-136.
- [16] 耿庆玲. 西北旱区农业水土资源利用分区及其匹配特征研究. 北京: 中国科学院研究生院(教育部水土保持与生态环境研究中心), 2014.

- [ 17 ] 高占义. 中国的灌溉发展及其作用. 水利经济, 2006(1): 36-39, 82.
- [ 18 ] 董婷婷. 中国水浇地和旱地的遥感分类及其景观格局研究. 北京: 中国科学院遥感应用研究所, 2009.
- [ 19 ] 刘钰, 汪林, 倪广恒, 等. 中国主要作物灌溉需水量空间分布特征. 农业工程学报, 2009, 25(12): 6-12.
- [ 20 ] 佚名. 全国县级种植业区划工作要点. 中国农业资源与区划, 1983(6): 20-30.
- [ 21 ] 湖北省农业科学院农业现代化所作物品种资源研究室, 湖北省农作物品种资源研究. 作物品种资源, 1985(1): 16-19.
- [ 22 ] 曾菊新. 湖北主要农作物种植的地域差异及类型分析. 华中师范大学学报(自然科学版), 1989(4): 101-107.
- [ 23 ] 杜军凯, 李晓星, 贾仰文, 等. 基于基尼系数法的全国十大水资源一级区水资源与经济社会要素时空匹配分析. 水利科技与经济, 2018, 24(6): 1-8.
- [ 24 ] 唐国平, FischG. 气候变化对中国农业生产的影响. 地理学报, 2000(2): 129-138.
- [ 25 ] 冯明, 刘可群, 毛飞. 湖北省气候变化与主要农业气象灾害的响应. 中国农业科学, 2007(8): 1646-1653.
- [ 26 ] 韩雪. 我国主要农产品虚拟水流动格局形成机理与维持机制. 沈阳: 辽宁师范大学, 2013.
- [ 27 ] 李红伟. 中国省际间农产品虚拟水流动格局形成机理与维持机制. 沈阳: 辽宁师范大学, 2012.
- [ 28 ] 虞祎, 张晖, 胡浩. 基于水足迹理论的中国畜牧业水资源承载力研究. 资源科学, 2012, 34(3): 394-400.
- [ 29 ] 赵慧, 地方治水. 困局待破. 决策探索, 2017, 6: 34-35.
- [ 30 ] 曾浩, 张中旺, 孙小舟, 等. 湖北汉江流域水资源承载力研究. 南水北调与水利科技, 2013, 11(4): 22-25, 30.
- [ 31 ] 嵇莹, 杨倩, 林爱文, 等. 江汉平原水土资源结构与产能时空分异特征. 水土保持通报, 2016, 36(2): 320-325.

## Study on spatial matching of cultivated land with water resource in Hubei province

Liu Yizhu<sup>1</sup>, Li Qing<sup>2</sup>

( 1. Hubei Research Institute of Land Resource, Wuhan, 430070, China; 2. The College of Urban & Environmental Sciences, Central China Normal University, Hubei Wuhan, 430070, China )

**Abstract:** [ **Purpose** ] Spatial homogeneous level of water vs cropland is very important for agricultural and resource management and policy making. Hubei Province, which locates in the very central of China and plays an important role on water conservation and food production of the country, hasn't been studied on the topic. [ **Method** ] .In order to give advises on provincial resource management and planning businesses, R, Gini efficiency and meteorological observation data during "the 13<sup>th</sup> Five Year" ( 2011—2015 ) were used for discussing the spatial concordance between water and croplands from qualitative and quantitative aspect, respectively. [ **Result/Conclusion** ] .The results suggested that Hubei Province is definitely perform well on its spatial concordance between water and cropland.the total volumes of the province and the cities it belongs to were enough for agricultural use.However, crops with high irrigation need were still call for more attention as well as the locations with relatively low precipitation, especially in dry years. The study also noticed the shortages of the method used in this study, such as ( 1 ) scale effect, the scales of study area and basic unit both effect the result of R and Gini, ( 2 ) describing dynamic trend, and ( 3 ) giving suggestion in the text of climate change with more frequent extreme and sudden weathers. Meanwhile, we deem that agricultural water management shouldn't be considered out of the comprehensive context of macro-control on actual or virtual flows.Understanding the effects results from great water projects, the allocation plan on sharing with other water consuming industrials, high efficiency use and problems on water are all calling for further discussion.

**Key words:** water, cropland, spatial concordance, Hubei province