

地下水灌溉服务市场对农业用水生产率的影响

王金霞^{1 2} ,张丽娟^{1 2}

(1. 中国科学院农业政策研究中心 ,北京 100101 ; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所 ,北京 100101)

摘要 :基于 2001 年和 2004 年在河北省和河南省的实地调查 ,定量分析地下水灌溉服务市场对农业用水生产率的影响。研究表明 ,地下水灌溉服务市场有利于提高作物单位用水的生产率(产出能力和经济价值)。因而 ,有效地促进地下水灌溉服务市场可以在一定程度上提高水资源的管理水平 ,缓解水资源短缺的矛盾。

关键词 :地下水灌溉服务市场 ;农业用水生产率 ;小麦单位用水产量 ;小麦单位用水产值

中图分类号 :S273.4 S274 文献标识码 :A 文章编号 :1006-7647(2009)02-0019-04

Impact of groundwater irrigation service market on agricultural water use productivity//WANG Jin-xia^{1 2} , ZHANG Li-juan^{1 2} 1. Center for Chinese Agricultural Policy , CAS , Beijing 100101 China ; 2. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research , CAS , Beijing 100101 , China)

Abstract :Based on a field survey in Hebei and Henan provinces in 2001 and 2004 , the impact of the groundwater irrigation service market on agricultural water use productivity is analyzed quantitatively. The results show that the groundwater irrigation service market helps improve crop water use productivity (productive ability and economic value). Therefore , the effective promotion of groundwater irrigation service markets can improve water management to some degree and relieve the problem of water scarcity.

Key words :groundwater irrigation service market ; agricultural water use productivity ; wheat unit water use yield ; wheat unit water use output value

1 研究背景

自从 20 世纪 70 年代以来 ,地下水在我国(尤其是北方地区)农业生产中发挥着越来越重要的作用。从 1970 年到 2004 年 ,我国机井的数量从 63 万眼增加到了近 476 万眼 ,增长了近 7 倍^[1]。随着机井数量的增加 ,地下水灌溉面积的比例也从 1970 年的 30% 提高到了 2004 年的 68%^[2]。然而 ,地下水资源的大量开采导致地下水位下降、地面沉降、海水入侵、地下水污染加重等一系列生态环境问题。这些问题的出现 ,加剧了我国水资源短缺的严峻形势。

随着地下水灌溉的发展 ,个体产权的机井逐渐成为机井管理的主导方式^[3] ,从而也促进了地下水灌溉服务市场的发育^[4]。在个体产权机井管理的情况下 ,并不是每个农户都能打得起井或者都有必要自己去打井。为了得到足够的灌溉量 ,提高农业生产力 ,那些没有井的农户就自发地向有井的农户买水。由此在用地下水灌溉的地区就逐渐发展起了地

下水灌溉服务市场(或简称地下水市场)。地下水市场是一种本土的、社区(或村级)的非正规的水交易市场 ,通过该市场 ,有井的农户按照某种价格向同村或邻村的其他农户提供灌溉服务。值得注意的是 ,由于地下水的所有权归国家 ,而我国目前对水资源的使用权没有明晰 ,尽管一般水权交易的主体应该是使用权的交易 ,但笔者认为目前我国地下水市场的交易只是对灌溉服务的交易 ,并不是真正意义上的水权交易。研究表明 ,我国北方有地下水市场的乡村已经从 1995 年的 9% 提高到了 2004 年的 44%。我国地下水市场的发展程度基本上相当于地下水市场十分活跃的南亚国家^[5]。

尽管地下水市场的发展引起了人们的高度关注 ,但是很难找到有关地下水市场对农业用水生产率影响的研究报道。即使能找到一些单独研究地下水市场对用水量或作物单产影响的文献^[6] ,也几乎都是针对南亚国家的研究(这些国家所谓的地下水市场也是地下水灌溉服务市场) ,这些研究主要都采

用定性分析的方法。我国对地下水市场的关注较晚,相关的研究近几年才刚刚开始,对地下水市场及其影响方面的研究远少于南亚的一些国家。既然地下水市场已经在我国很多地区逐渐活跃起来,了解地下水市场的影响对提高我国地下水资源的管理水平就具有十分重要的意义。那么,地下水市场对农业用水生产率(或农业用水的产出能力和经济价值)的影响究竟如何?更具体地说,如果无井的农户从地下水市场买水灌溉,而不是靠自有或集体机井灌溉的话,其单位用水的农业产量和产值会提高还是降低?本文的研究目的就是为了回答这个问题,并据此提出相关的政策建议。

2 数据来源

研究数据来源于笔者分别在 2001 年和 2004 年冬开展的两轮有关中国北方水资源管理制度的实地调查。该调查覆盖了北方黄河流域的上游宁夏回族自治区和下游河南省,另外还包括了海河流域最重要的河北省。调查采用分层随机抽样的方法,首先根据省内所有县的地理分布和灌区的渠道系统特征,将其分为上、中、下游 3 个地区,在 3 个地区内随机抽取样本村,样本村内随机抽取样本农户、机井和渠道管理者。共抽取了 14 个县的 80 个样本村、338 个农户、110 眼机井的管理者和 68 条渠道的管理者进行调查。

该研究只是用了该调查的一部分内容和样本。原因在于宁夏回族自治区的样本村中几乎没有地下水灌溉,所以分析中没有包括该区的调查资料。另外,河北省和河南省的部分乡村中也没有地下水灌溉,所以最终只用了河北省和河南省的部分样本村和样本农户的数据(28 个村中 54 个农户的 70 块小麦地)进行实证分析。

调查内容不仅包括样本村的社会经济和资源特征、机井产权制度和管理以及相关的政策,而且包括地下水市场的运转及其对作物用水、单产以及农户收入影响等方面的相关信息。在样本区内小麦是主要农作物,因此以小麦为对象来分析地下水市场对用水生产率的影响。

3 描述性统计分析

调查表明,华北地区的农户目前主要通过 3 种方式来获取地下水灌溉:一种是从集体机井获得,另一种是自己(或与其他几个农户合伙)出钱打井来获取,第 3 种就是从地下水市场购买获得。目前这 3 种方式对满足农业生产的灌溉需求都发挥着十分重要的作用。2004 年,47% 农户的灌溉是通过集体

机井获取的,30% 的农户是用自己的机井来灌溉的。与这 2 种方式相比,通过地下水市场获取地下水灌溉的农户比例相对低一些,但仍然很重要,占到了 23%。

随着地下水市场成为农户获取地下水进行灌溉的重要方式,了解其对作物用水生产率的影响就成为一项具有重要政策含义的内容。“用水生产率”在很多研究中通常被定义为每单位用水量的产量^[7],或每单位用水量的产值^[8]。本文中,笔者用 2 项指标来度量用水生产率:一项是单位用水量的作物产量(kg/m^3),另一项是单位用水的作物产值或经济价值($\text{元}/\text{m}^3$)。值得注意的是笔者所研究的“用水生产率”和人们经常提到的“水生产率”或“水分生产率”是有一定区别的。这里的“用水生产率”是指作物在一定用水量下(包括田间等损失的水量,以及作物生长发育实际消耗的水量或通称的作物蒸散发量)的产出能力(和经济价值),而“水生产率”或“水分生产率”是指作物在一定耗水量(仅仅包括作物蒸散发量)下的产出能力(和经济价值)。可见,笔者所述的用水生产率是指田间的生产率。

根据调查数据,计算了 3 种地下水灌溉获取方式下的单位用水量的作物产出和产值。调查发现,农民主要是通过 3 种方式来获取灌溉用水。如果农民有自己打的机井,就可以用自己的机井灌溉。如果自己没有机井,可以通过地下水市场从其他农民那里买水,也可以从村集体管理的机井买水。分析结果表明,相比之下从地下水市场买水可能会提高作物的用水生产率。例如,从单位用水的产量来看,买水农户每方水的小麦产量是 1.89 kg,比用自有机井和集体机井灌溉农户的产量分别高 22% 和 17% (见表 1)。同样,地下水市场也可以提高小麦单位用水的产值或经济价值。如果从地下水市场买水,农户每方水可以获得 1.25 元的收益,比用自有机井灌溉的农户多获 0.29 元的收益,比用集体机井灌溉的农户多获 0.26 元的收益。

表 1 不同地下水灌溉获取方式下小麦的用水生产率

样本组	地块数/块	地下水灌溉获取方式	小麦单位用水量/($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	小麦单位用水产值/($\text{元}\cdot\text{m}^{-3}$)
第 1 组	30	从地下水市场买水	1.89	1.25
第 2 组	41	自己的机井	1.55	0.96
第 3 组	69	集体的机井	1.61	0.99

注:资料来源于中国科学院农业政策研究中心 2001 年和 2004 年对河北省和河南省的调查。

4 计量模型与模拟结果

4.1 计量模型

为了更准确地分析地下水市场与用水生产率之

间的内在关系 ,建立了计量模型。模型建立中引入了许多在其他研究中所关注的因素^[9-10]。所建模型如下 :

$$P_{ijk} = a + bM_{ijk} + cZ_{ijk} + dD_{ijk} + e_{ijk} \quad (1)$$

式中 : P_{ijk} 为 k 村第 j 个农户在第 i 个地块上每方用水的小麦产量或产值 ; a, b, c, d 为待估参数 ; M_{ijk} 为 k 村第 j 个农户为第 i 个地块灌溉从地下水市场买水的虚变量 ; Z_{ijk} 为 k 村第 j 个农户关于第 i 个地块影响用水生产率的控制变量 ; D_{ijk} 为 k 村第 j 个农户关于第 i 个地块的反映地区差异的地区虚变量 ; e_{ijk} 为随机误差项。

模型等号的右边是反映用水生产率的因素 ,其中最令人感兴趣的变量 M_{ijk} 。如果农户通过从地下水市场买水来灌溉该地块 ,则 $M_{ijk} = 1$,否则 $M_{ijk} = 0$ 。模型中包括的影响用水生产率的控制因素 ,首先可能是影响用水生产率的化肥投入量 ,用该地块每公顷所需化肥投入(金额)来表示。其次是反映生产环境的变量 ,用乡村地下水灌溉面积比例和水短缺程度虚变量(当本村水资源短缺状况非常严重或比较严重时 ,该变量为 1 ;否则为零)来表示。农户特征和地块特征也可能影响作物的用水生产率。其中 ,反映农户特征的变量用户主的年龄和受教育程度(受教育年限)表示 ;反映地块特征的变量用地块面积和地块的土壤类型(壤土、黏土或沙土)来表示。在不同灌溉技术下 ,作物的用水生产率也可能不同。为了控制灌溉技术的影响 ,模型中考虑了是否采用节水技术的虚变量(当该地块采用了某一种节水技术如喷灌、滴灌、微灌、畦灌和沟灌等时 ,该变量为 1 ,否则为零)。另一类控制变量是反映生产受灾情况的 ,用旱灾、洪灾等自然灾害导致的作物减产比例来表示。除了以上这些变量外 ,为了控制地区差异对用水生产率的影响 ,模型中还包括了反映地区差异的地区虚变量。

4.2 估计结果

在利用调查数据对模型进行回归时 ,所得结果良好(表 2)。估计出的大部分控制变量系数的符号与理论预期基本吻合 ,并且一些变量的系数统计检验十分显著。例如 ,其他条件保持不变时 ,当农户采用节水灌溉方式而不再是大水漫灌时 ,每方用水的小麦产量和产值都会显著增加。

分析结果表明 ,地下水市场可以显著地提高农业用水的生产率。计量估计的结果显示 ,从地下水市场买水灌溉虚变量的系数为正 ,而且在 1% 的水平上显著。由于比较的基础是有井的农户和用集体机井灌溉的农户 ,说明在其他条件保持不变的情况下从地下水市场买水灌溉的农户每方水可以获取更

表 2 地下水市场对用水生产率影响的回归分析结果

自变量	因变量	
	小麦单位 用水量	小麦单位 产值
管理制度		
是否从地下水市场 买水灌溉(1 = 是 2 = 否)	0.459 (2.82) ^①	0.392 (3.32) ^①
生产要素投入		
化肥(元/ hm ²)(取对数)	- 0.058 (0.38)	0.016 (0.15)
生产环境		
村地下水灌溉面积比例(%)	0.095 (0.28)	0.190 (0.76)
村水资源是否短缺 (1 = 是 2 = 否)	- 0.138 (1.04)	- 0.223 (2.31) ^②
农户基本特征		
户主年龄(a)	- 0.060 (1.13)	- 0.071 (1.84) ^③
户主年龄的平方	0.001 (1.17)	0.001 (1.96) ^②
户主受教育年限(a)	0.030 (1.24)	0.019 (1.09)
地块面积(hm ²)	- 0.583 (1.05)	- 0.150 (0.37)
地块基本特征		
壤土(1 = 是 0 = 否)	0.086 (0.52)	0.141 (1.17)
黏土(1 = 是 0 = 否)	0.016 (0.10)	0.109 (0.97)
灌溉技术		
是否采用节水技术 (1 = 是 0 = 否)	0.282 (1.73) ^③	0.260 (2.21) ^②
生产受灾		
灾害导致的减产幅度(%)	- 0.002 (0.45)	- 0.002 (0.55)
县虚变量常数项	2.860 (1.87) ^③	1.855 (1.68) ^③

注 :括号中数值是 z 统计值的绝对值 ;① ,②和③分别代表 1% , 5% 和 10% 的显著性水平。用于统计小麦单位用水量 and 单位用水产值的样本数均为 140 相应的 χ^2 检验值分别是 24.29 和 36.88。高的小麦产量和产值。与利用自有机井和集体机井灌溉的农户相比 ,利用地下水市场灌溉的农户的小麦每方水产量可以提高 0.459 kg ,产值可以提高 0.392 元。定量分析的结果与定性分析的结果是一致的。由此可见 ,通过发展地下水市场 ,农业用水的生产率可以显著提高 ,表现为作物单位用水的产出能力和经济价值的显著提升。

笔者认为 ,从地下水市场买水农户的用水生产率较高原因在于从地下水市场买水农户的灌溉成本较高 ,从而使得他们有减少用水和提高用水生产率的动力。调查结果也表明 ,与用自有机井灌溉和用集体机井灌溉的农户相比 ,从地下水市场买水农户的灌溉成本更高。买水农户的灌溉成本是 0.39 元/ m³ ,是用自己机井灌溉和用集体机井农户灌溉成本的 2 倍多。因此 ,从地下水市场买水的农户会更积极地减少水的浪费 ,提高水资源利用的经济价值。例如会在灌溉的时候一直在田间看护 ,防止跑水 ;再如地一浇好就及时关水 ,不会再出现集体管理情况下常出现的“有人开闸 ,无人关闸”的现象。

5 结 语

随着水资源短缺程度的加剧及地下水灌溉的发展,日益活跃的地下水灌溉服务市场也逐渐引起了人们的关注。但是关于地下水灌溉服务市场对农业用水生产率的影响却知之甚少。我国对地下水市场的关注较晚,相关的研究近几年才刚刚开始,对地下水市场及其影响方面的研究远少于南亚的一些国家。既然地下水市场已经在我国很多地区逐渐活跃起来,了解地下水市场的影响对提高我国的地下水资源的管理水平就具有十分重要的意义。该研究基于2001年和2004年在河北省和河南省的实地调查数据,定量研究地下水市场对农业用水生产率的影响。研究结果表明,地下水市场有利于提高作物单位用水的生产率(产出能力和经济价值)。具体而言,与有井的农户和从集体机井灌溉的农户相比,从地下水市场买水灌溉的农户会提高小麦单方水的产量和产值。

自从20世纪初以来,通过水市场来优化配置水资源和提高水资源利用的经济价值以缓解水资源短缺矛盾的呼声越来越高。但是,国内人们所关注的主要是异地间、跨流域及跨行业的地表水资源的水权交易,对社区或地区内部农户之间买卖灌溉水的行为缺乏了解。既然地下水市场可以显著地提高作物单位用水的产出能力和经济价值,地下水市场就有可能成为地下水资源管理的一种途径。但是,南亚国家的一些研究表明,为了获取卖水的最大收益,卖水农民可能会加大对地下水资源的开发利用,而且会有更多的农民参与到打井和卖水的活动中,从而导致地下水位的加速下降。由此可见,虽然地下水市场是农民自发形成的一种非正规市场,但政府部门在对其有一定了解的基础上,应该及早制定和实施相应的政策法规来明确地下水的用水权利,规范卖水者的行为和水市场的运作方式,引导其向良性和有利于缓解水资源短缺的方向发展。尽管该项研究所得的结果表明地下水市场是提供灌溉的一种有效的方式(尤其是提高买水者的用水生产率),但是为了促进地下水资源的长期可持续利用,仍有必要对其产生的环境(如地下水位)、社会及经济等方面的影响开展进一步的研究。

参考文献：

[1] 中华人民共和国水利部.水利统计年鉴[R].北京:水利部规划计划司,2004:27.
[2] WANG Jin-xia , HUANG Ji-kun , BLANKE A , et al. The

development , challenges and management of groundwater in rural China[C]//GIORDANO M , VILLHOLTH K G. The agricultural groundwater revolution : opportunities and threats to development. Trowbridge ,UK :Cromwell Press ,2007 :37-62.

[3] WANG Jin-xia , HUANG Ji-kun , ROZELLE S , et al. Agriculture and groundwater development in northern China : trends , institutional responses , and policy options[J]. Water Policy ,2007 ,9(S1) :61-74.
[4] ZHANG Li-juan , WANG Jin-xia , HUANG Ji-kun , et al. Development of groundwater markets in China : a glimpse into progress to date[J]. World Development ,2008 ,36(4) :706-726.
[5] SHAH T , SINGH O P , MUKHERJI A. Some aspects of South Asia 's groundwater irrigation economy : analyses from a survey in India , Pakistan , Nepal Terai and Bangladesh [J]. Hydrogeology Journal ,2006 ,14 :286-309.
[6] SHAH T , BALLABH V. Water markets in north bihar : six village studies in muzaffarpur district[J]. Economic and Political Weekly ,1997 ,32(52) :A183-A190.
[7] BELDER P , SPIERTZ J H J , BOUMAN B A M , et al. Nitrogen economy and water productivity of lowland rice under water-saving irrigation[J]. Field Crops Research ,2004 ,93(2/3) :169-185.
[8] SAKTHIVADIVEL R , De FRAITURE C , MOLDEN D D , et al. Indicators of land and water productivity in irrigated agriculture[J]. Water Resources Development ,1999 ,15(1/2) :161-179.
[9] BLUEMILINA B , YANG H , PAHL-WOSTL C. Making water productivity operational—a concept of agricultural water productivity exemplified at a wheat-maize cropping pattern in the North China plain[J]. Agricultural Water Management ,2007 ,91 :11-23.
[10] 冯民权,全国强,杜茂林.提高毛水生产率研究[J].灌溉排水学报,2005,24(4):77-80.

(收稿日期:2008-08-11 编辑:高建群)

· 简讯 ·

2008 年度河海大学获 2 项国家科学技术进步奖

2009 年 1 月 9 日上午,国家科学技术奖励大会在北京人民大会堂举行,大会颁发了 2008 年度国家科学技术进步奖。其中获奖项目有特等奖 1 项、一等奖 12 项、二等奖 169 项。河海大学刘汉龙教授主持完成的“冲击爆炸作用下重要目标毁伤效应及防护技术研究”和周志芳教授参与完成的“润扬长江公路大桥建设关键技术研究”2 项科技成果获国家科学技术进步二等奖。

(本刊编辑部供稿)