

三工河流域农户灌溉效率及影响因素

陈大波^{1,2}, 张新焕¹, 杨德刚¹, 肖艳秋^{1,2}, 杨帆^{1,2}, 夏文进^{1,2}

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要:通过三工河流域农户访谈和问卷调查, 基于DEA方法, 从作物类型和地域空间两方面评价了农户灌溉效率, 利用Tobit模型探讨了农户灌溉效率差异产生的影响因素及不同因素对灌溉效率的作用程度。研究结果显示: ①不同作物类型的灌溉效率不同, 平均灌溉效率的大小依次为棉花(0.95)>葡萄(0.89)>葵花(0.88)>打瓜葫芦(0.80)>玉米(0.78)>小麦(0.72)。②不同地域空间的灌溉效率具有差异, 同种作物的平均灌溉效率在兵团与地方间差异显著, 兵团略大于地方; 上、中、下游进行比较, 上游与中下游作物平均灌溉效率差异显著, 下游>中游>上游。③灌溉方式、作物类型、收入、灌水量、水价、灌溉管理、技术培训对灌溉效率影响显著。其中灌溉量与灌溉效率呈负相关; 灌溉方式、灌溉管理规范程度、水价、技术培训、收入与灌溉效率呈正相关; 灌溉效率随种植作物类型和区域不同存在显著变化。最后基于研究结果提出了提高灌溉效率的政策建议。

关键词:农户; 灌溉效率; 影响因素; 三工河流域

1 引言

随着全球气候变暖, 水资源短缺已成为世界普遍关注的问题, 水资源利用效率的相关研究成为学者关注的热点, 如何提升水资源利用效率也成为社会共同探索的问题。在中国干旱半干旱地区, 农业灌溉用水占用水总量的90%^[1]。从干旱区农业用水入手对干旱区农业用水效率进行评价, 并探讨灌溉效率差异的产生机理和影响因素, 对于提高农业用水效率及实现水资源可持续利用和加快干旱区农业和社会经济发展都具有重要的意义。

国际上对水资源利用的相关研究已较为广泛, 在用水效益评价指标体系与评价模型的构建、用水效率的影响因素分析、节水潜力研究、水资源管理机制及水价研究、灌溉质量和尺度研究等方面均已形成大量理论积淀^[2-5]。国内对水资源的相关研究起步较晚, 主要集中于从区域、流域或农田的角度对用水效率、效益和节水潜力等问题进行研究, 构建合适的指标体系, 然后运用层次分析法、主成分分析法、投入产出分析法、网络包络法等方法对水资源利用的综合效益进行评价^[5-9]。水资源利用效

率的研究也日臻成熟, 崔远来等阐述了灌溉效率和水分生产率的区别, 并将农业灌溉用水过程分为4个环节: ①通过渠道或管道将水从水源输送至田间; ②引至田间的灌溉水转化为土壤水; ③作物吸收、利用土壤水; ④作物形成经济产量^[9]。蔡守华等综合分析了用水效率的现有评价指标体系的缺陷, 在渠道水利用效率、渠系水利用效率、田间水利用效率之外增加了一个作物水利用效率^[10]。雷波等认为农业水资源利用效用评价的核心和重点已由经典的效率向用水效益转变为注重效率和效益的结合, 以水资源平衡理论为基础, 由作物和田间等微观尺度向灌区、流域(区域)等宏观尺度转变, 尺度之间转换的效应问题也成为当前研究的重点^[11]。刘渝等运用经济学分析方法, 对影响农业水资源利用效率的技术、制度、管理等相关因素进行了探讨, 认为灌溉节水技术、工程节水技术、水权制度、水价制度、水资源管理体系等因素是影响农业水资源利用效率的主要因素^[12]。李文等利用中国西部12个省区的农业节水数据库, 构建了农业节水绩效模型, 对影响西部地区农业用水的主要因素进行了实证分析^[13]。

收稿日期: 2011-08; 修订日期: 2011-09.

基金项目: 国家自然科学基金项目(40801065); 中国科学院西部行动计划项目(KZCX2-XB3-01)。

作者简介: 陈大波(1987-), 男, 陕西汉中, 硕士生, 主要从事区域规划与可持续发展研究。

E-mail: chendabosui Feng@yahoo.com.cn

通讯作者: 杨德刚(1962-), 男, 新疆阜康人, 研究员, 博士生导师, 主要从事区域发展、干旱区绿洲农业研究。

E-mail: dgyang@ms.xjb.ac.cn

但以上研究缺乏对干旱区用水效率的特征机理和影响因素进行探讨,本文借鉴众多学者的研究,将灌溉效率(即灌溉用水的生产技术效率)定义为将灌溉用水作为单一投入要素,在实际产出和其他投入水平不变的情况下,灌溉水的最低使用量与实际使用量的比值^[14](其中,灌溉水最低使用量是指技术充分有效、不存在任何效率损失情形下的灌溉水量)。以新疆三工河流域为例,从农户视角评价了干旱区绿洲农业的用水效率,深入探讨了灌溉效率的影响因素,为进一步提高干旱区用水效率,促进三工河流域及类似区域的农业水资源高效利用及经济社会可持续发展提供了借鉴意义。

2 研究区概况、研究方法及数据来源和处理

2.1 研究区域概况

三工河流域位于天山北麓中段东部,准噶尔盆地南缘,地理坐标为 $43^{\circ}09' \sim 45^{\circ}29' \text{N}$, $87^{\circ}47' \sim 88^{\circ}17' \text{E}$,行政区属昌吉回族自治州阜康市。该流域地势南高北低,由东南向西北倾斜,流域自西向东有水磨河、三工河和四工河三条河流,流域总面积 1670 km^2 。气候干旱少雨,流域内发育有典型的冲洪积平原型人工绿洲^[15],人工绿洲和半荒漠绿洲相伴,属典型的沙漠绿洲灌溉农业。该流域上部为地方家庭承包经营区(包括城关镇、九运街镇,简称“地方区”),中下部依次为新疆生产建设兵团直属的六运湖农场和222团场。根据流域耕地空间分布规律和研究区实际情况,本文剔除了耕地较少的水磨沟乡不作为调查区,并在研究过程中将流域分为3个研究子区:上游、中游和下游。上游和中游的分界线为地下水渗漏带,中游与下游的分界线为潜水益处带,在行政区间上为研究需要将行政区域分为:地方—兵团混合区(六运湖农场)—兵团地区(222团)(图1)。

2.2 研究方法

(1) 农户调查法。农户调查法是一种揭示社会经济现象及区域发展态势的内在规律与特点的有效方法。它包括问卷调查、农户访谈与实地考察等,可以获得真实可靠的一手资料,为进一

步研究奠定基础^[16-20]。本次调查采取分层抽样,除去耕地面积相对较少的水磨沟乡不作为调查区,其余随机选取城关镇、九运街镇、三工河哈萨克族乡的22个行政村,以及222团8个连队、六运湖农场6个连队。共发放问卷302份,问卷经过核查校正,剔除无效问卷18份,得到有效问卷284份,有效率达94%,涉及711个农户地块。样点分布如图1。调查数据为2010年农户灌溉及相关信息,调查项目包括:农户背景、农户的灌溉情况、农户种田收支情况和政府的政策实施情况。

(2) 数据包络分析(DEA)。为了测算和评价三工河流域农户灌溉效益,本文选择基于投入的DEA模型,它是假设产出和其他投入水平一定的情况下,由灌溉用水最少的农户组成代表生产技术水平充分利用的逐段前沿面,对农户灌溉效率的测算实际上就是度量其用水量与所对应生产前沿面上的生产有效率农户用水量的差异程度。参照 Speelman等^[14]和韩洪云等^[21]的研究,假设为第*i*个农户的灌溉效率得分标量,其由如下线性规划模型确定:

目标函数:

$$WE_k = \text{Min}_{\theta_i} \theta_i^k \quad (1)$$

约束条件:

$$\begin{cases} -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ \theta_i^k x_i^k - x^k \lambda \geq 0, \\ X_i^{n-k} - X^{n-k} \lambda \geq 0, \\ N1\lambda = 1, \\ \lambda \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

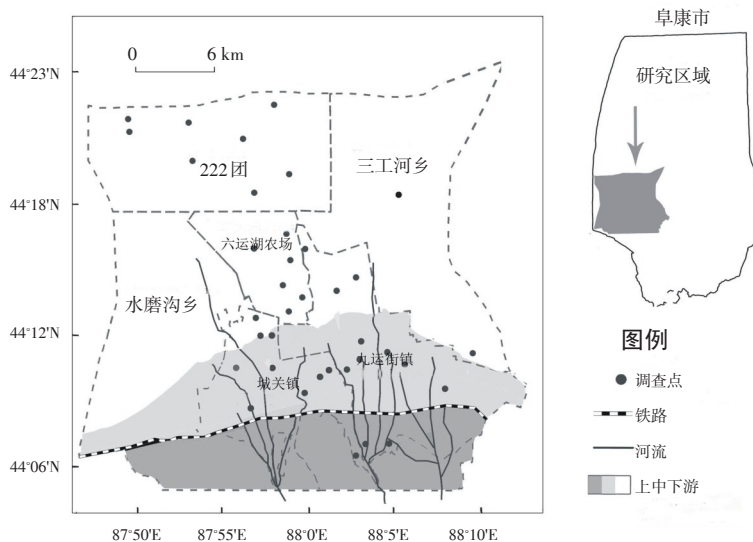


图1 研究区概况及农户调查样点示意图

Fig.1 The sketch map of the study area and household survey samples

式中： θ_i^k 代表第 i 个农户的灌溉效率得分标量； λ 是 $N \times 1$ 阶常数向量； y_i 代表第 i 个农户的 $M \times 1$ 阶产出向量； x_i 代表第 i 个农户的 $K \times 1$ 阶投入向量，水资源包括在内； Y 是 $M \times N$ 阶产出矩阵， X 是 $K \times N$ 阶投入矩阵； $N1$ 是 $N \times 1$ 阶单位向量；第一个约束条件表示到第 i 个农户的产出小于最优生产前沿面上的产出；第二个约束条件中的矩阵和仅指水资源投入，第三个约束条件中的 X_i^{n-k} 和 X^{n-k} 则代表水资源以外的其他农业投入； θ_i 为无量纲项且 $0 < \theta_i \leq 1$ ，当 $\theta_i = 1$ ，表明农户 i 为生产有效点。

(3) Tobit模型。为了探究造成用水效率差异所造成的原因，本文选用Tobit模型进行回归分析来探究造成灌溉效率的差异。其标准Tobit模型^[22-23]如下：

$$Y_i^* = X_i \beta + \epsilon_i \tag{3}$$

$$\begin{cases} Y_i = Y_i^*, & \text{if } Y_i^* > 0 \\ Y_i = 0, & \text{if } Y_i^* \leq 0 \end{cases} \tag{4}$$

式中： Y_i^* 为潜变量； Y_i 为观察到的因变量，即灌水效率； X_i 为自变量向量； β 为相关系数向量； ϵ_i 为独立的且 $\epsilon_i \sim N(0, \sigma)$ ，因此 $Y_i^* \sim N(X_i \beta, \sigma)$ 。

2.3 数据来源及处理

2.3.1 数据来源

如上文所述，基础数据信息来源于问卷调查和农户访谈。另外一部分统计数据来源于阜康市统计年鉴、阜康市水利局统计资料及阜康县志。数据经过消除量纲的影响，通过校正处理确保数据的准确性。

2.3.2 数据处理说明

(1) 农业生产的目的是获得经济效益，本文选取每公顷耕地收益作为产出变量，其投入成本主要包括：种子、化肥、农药、地膜、机械投入、劳动力、水费以及其他管理费用，因此选取每公顷种子成本、化肥投入成本、机械成本、劳动力和其他成本和地膜成本作为投入变量；为最终测定农户灌溉水量的效率，选取每公顷耕地灌溉水的总量(由水费与水价的比值间接得出)作为另一个投入变量。

(2) 由于该流域种植结构的多样化，不同作物在投入和产出水平上存在较大差异，在进行效率测定时，寻找所有作物生产技术水平充分利用的逐段前沿面往往不适合于每种作物，因此以同种作物为单位，测定同种作物不同农户间的灌溉效率。根据

农户调查样本，选取了三工河流域普遍种植的小麦、玉米、葵花、打瓜葫芦、棉花和葡萄6类作物进行研究。因打瓜与葫芦及各种葵花种植习性差不多，故将打瓜与葫芦归为一类，各种葵花归为一类。

3 农户灌溉效率评价结果

本文利用ONFRONT 2.1软件实现结果，从作物类型和地域空间两个方面评价了三工河流域灌溉效率。其结果表现出不同作物类型在同一地区灌溉效率存在差异，而且同种作物在不同区域灌溉效率呈现显著差异。

3.1 不同作物的灌溉效率差异

根据问卷调查和农户调查法获取的作物投入产出的数据，从整个三工河流域评价了小麦、玉米、葵花、打瓜葫芦、棉花和葡萄6类种植作物的灌溉效率(图2)。

(1) 小麦。整个流域平均小麦灌溉效率为0.715。在175个调查样本中有17个农户灌溉值为1，说明这些农户处于农业生产可能集的前沿包络面上，其余90%的农户处于生产相对无效状态。最小灌溉效率为0.42，表明农户在给定生产技术和经营水平下，可减少58%的灌溉用水量。

(2) 玉米。整个流域平均玉米灌溉效率为0.78。在136个调查样本中有39个农户灌溉值为1，说明这28.7%农户处于农业生产可能集的前沿包络面上，其余71.3%的农户处于生产相对无效状态，这种分布相对小麦灌溉效率相对较好。最小灌溉效率为0.40，表明农户在给定生产技术和经营水平下，可减少60%的灌溉用水量。

(3) 葵花类。整个流域平均葵花灌溉效率为0.88。在149个调查样本中有43个农户灌溉值为1，说明这28.9%农户处于农业生产可能集的前沿包络面上，其余71.1%的农户处于生产相对无效状态，这种分布相对小麦和玉米灌溉最优效率数量更多。最小灌溉效率为0.39，表明农户在给定生产技术和经营水平下，可减少61%的灌溉用水量。

(4) 打瓜葫芦。整个流域平均打瓜葫芦灌溉效率为0.80。在53个调查样本中有28个农户灌溉值为1，说明有52.8%农户处于农业生产可能集的前沿包络面上，其灌溉效率较好。最小灌溉效率为0.39，表明农户在给定生产技术和经营水平下，可

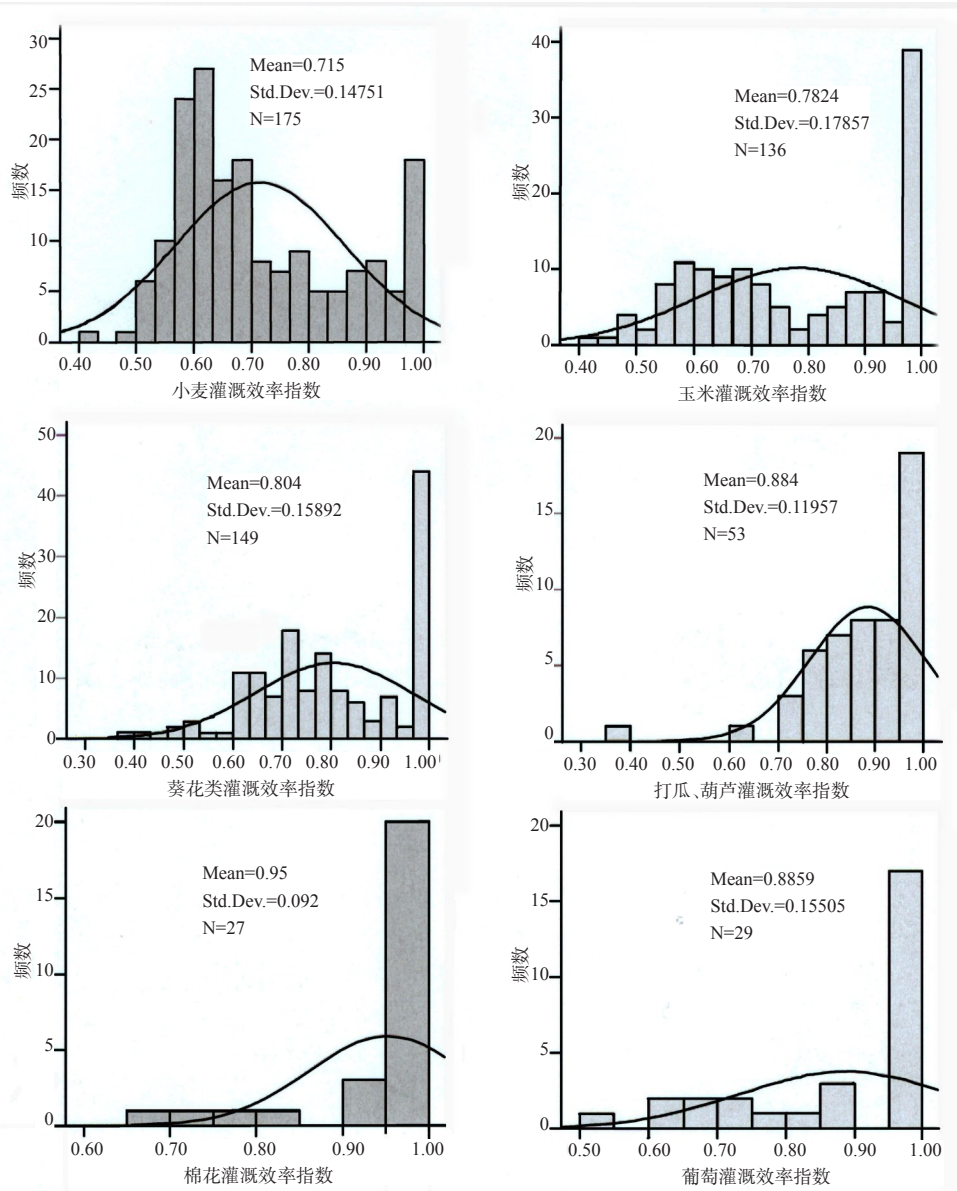


图2 不同作物灌溉效率频数分布
Fig.2 Frequency distribution of different crops' irrigation efficiency

减少61%的灌溉用水量。

(5) 棉花和葡萄。整个三工河流域棉花和葡萄的平均灌溉效率分别为0.95和0.89。由于此次调查的棉花和葡萄样本基本上分布于兵团,则说明兵团这两种作物的平均灌溉效率较好,处于农业生产可能集的前沿包络面上的农户分别占到74%和59%,区域农户需要在给定生产技术和经营水平下,减少灌溉用水量,以促进灌溉效率最优化。

整体而言,三工河流域整体作物灌溉效率较好。但不同作物灌溉效率存在一定的差异,从全流域来看这几种作物的平均灌溉效率比较起来为棉花(0.95)>葡萄(0.89)>葵花(0.88)>打瓜葫芦(0.80)>

玉米(0.78)>小麦(0.72)。

3.2 不同区域的灌溉效率的差异

通过将研究区域分为兵团和地区、以及上、中、下游的地域空间,研究了不同地域空间的同种作物灌溉效率的差异性。由于棉花和葡萄样本基本上分布于兵团,所以在不同区域上的灌溉效率的差异性研究剔除这两类作物,仅选取了小麦、玉米、葵花和打瓜葫芦4种植作作物。研究结果发现:在不同区位由于自然条件和水资源的充裕度不同,不同地区种植的同种作物灌溉效率均呈现显著性差异;不同行政区域由于政策环境不同,同种作物灌溉效率也呈现显著的差异性(表1)。区域灌溉效率差异具体表现如下:

小麦灌溉在兵团与地方平均灌水效率为0.81和0.70,兵团灌

溉效率显著大于地方;上中下游平均灌溉效率分别为0.63、0.72、0.75,呈现明显的梯度变化。

玉米灌溉在兵团与地方平均灌水效率为0.84和0.77,兵团灌溉效率显著大于地方;上中下游平均灌溉效率分别为0.73、0.80、0.79,中游灌溉效率略大于下游,大体相当,上游与中下游灌溉效率差异较为显著。

葵花灌溉在兵团与地方平均灌水效率为0.86和0.90,兵团与地方灌溉效率大体相当;上中下游平均灌溉效率分别为0.54、0.81、0.81,上游与中下游灌溉效率呈显著差异。

打瓜、葫芦灌溉在兵团与地方平均灌水效率为

0.81和0.80;上中下游平均灌溉效率分别为0.87、0.89、0.88,说明玉米灌溉效率在地方与兵团两种行政区划与上、中、下游区位间灌溉效率差异不大。

总之,在地方与兵团间,兵团作物平均灌溉效率大于地方,其中玉米与小麦在兵团地方间差异显著,葵花和打瓜葫芦兵团略大于地方。在上中下游之间,上游与中下游作物平均灌溉效率显著;中游与下游灌溉效率除小麦外大体相当。

4 农户灌溉效率影响因素分析

4.1 因子选择

不同政策状态和农户不同的灌溉决策,形成了不同的灌溉特征差异,进而导致了农户灌溉效率差异的产生。本文基于以上逻辑关系直接选取可能影响农户灌溉效率状态指标,利用Tobit模型探究了影响农户灌溉效率的影响因素和不同因素对灌溉效率的作用程度。在指标选取时,曾考虑涉及气温、降水、地形地貌与土壤条件等因素,但因本文研

究区范围较小,区域内的气温、光照条件差异不大,降水量也基本一致,气温与降水因素可忽略不计;因学科限制,地形地貌与土壤条件等自然因素较难考虑,故本文主要选取社会经济与农户行为的相关因素。选择的影响因素主要包括:①农户政策下的状态指标,包括是否有技术支持、管理是否规范、灌溉方式、灌溉水价;②农户灌溉决策状态指标,包括农户种植作物选择、灌溉次数、灌溉量以及每公顷收入(表2)。

4.2 结果分析

假设Y表示灌溉效率; X_1 因子表示灌溉水价, X_2 因子表示灌溉方式, X_3 因子表示技术培训, X_4 因子表示管理是否规范, X_5 因子表示作物类型, X_6 因子表示灌溉次数, X_7 因子表示水量, X_8 因子表示收入。采用Tobit模型进行分析,结果显示:似然比检验拒绝了原假设,各解释变量估计参数显著不等于0,大部分都在1%的水平显著,且影响方向基本与预期一致(表3)。

在1%的显著水平下,灌溉效率是灌溉方式、作物类型、水量、收入的函数,其回归方程为:

$$Y=0.7180+0.0785X_2+0.0108X_5-0.0016X_7+0.0014X_8$$

在5%显著水平下,灌溉效率函数除以上变量外,水价、灌溉管理是否规范也进入回归方程,方程为:

$$Y=0.7180+0.2754X_1+0.0785X_2+0.0266X_4+0.0108X_5-0.0016X_7+0.0014X_8$$

在10%的显著水平下,技术培训也是灌溉效率函数的影响因子,回归方程为:

$$Y=0.7180+0.2754X_1+0.0785X_2+0.0230X_3+0.0266X_4+0.0108X_5-0.0016X_7+0.0014X_8$$

各因素影响程度具体如下:

(1)灌溉量对灌溉效率的影响在1%的水平下

表1 不同作物不同区域效率统计

Tab.1 Efficiency statistics of different crops in different regions

作物	统计值	地方	兵团	上游	中游	下游	总流域
小麦	最小值	0.42	0.45	0.42	0.51	0.54	0.42
	最大值	1.00	1.00	0.92	1.00	1.00	1.00
	均 值	0.70	0.81	0.63	0.72	0.75	0.72
玉米	最小值	0.57	0.40	0.40	0.47	0.54	0.40
	最大值	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	均 值	0.84	0.77	0.73	0.80	0.79	0.78
葵花	最小值	0.53	0.39	0.46	0.39	0.53	0.39
	最大值	1.00	1.00	0.62	1.00	1.00	1.00
	均 值	0.81	0.80	0.54	0.81	0.81	0.80
打瓜 葫芦	最小值	0.39	0.73	--	0.74	0.39	0.39
	最大值	1.00	1.00	--	1.00	1.00	1.00
	均 值	0.86	0.90	--	0.87	0.89	0.88

表2 影响农户灌溉效率变量描述

Tab.2 Variables description of the effects on irrigation efficiency of farmers

变量	变量描述		均值	标准差	变量类型
政策	灌溉水价	统一为每m ³ 收取的费用/(元/m ³)	0.14	0.06	连续变量
	灌溉方式	传统灌溉=1,滴灌=2	1.17	0.37	连续变量
状态	是否有技术培训	是=1;否=2	1.6	0.49	虚拟变量
	管理是否规范	是=1;否=2	1.5	0.56	虚拟变量
灌溉	作物类型	小麦=1,玉米=2,葵花=3,打瓜=4,棉花=5,葡萄=6	3.47	3.21	虚拟变量
决策	灌溉次数	作物生长期内灌溉次数总和	6.08	2.38	连续变量
状态	水量	每hm ² 作物在生长期的灌水量和/(m ³ ·hm ⁻²)	11573	6649	连续变量
指标	收入	地块产量×单价/地块面积/(元·hm ⁻²)	46440	64665	连续变量

表3 Tobit模型参数估计结果
Tab.3 Parameter estimates of Tobit model

变量	方程系数	标准误	Wald卡方	p-值
常数	0.7108***	0.0435	267.1083	0.0001
水价	0.2754**	0.1102	6.2484	0.0124
灌溉方式	0.0785***	0.0176	19.8825	0.0001
技术培训	0.0230*	0.0126	3.3458	0.0974
管理是否规范	0.0266**	0.0106	6.2617	0.0123
作物类型	0.0181***	0.0046	15.4921	0.0001
灌溉次数	-0.0038	0.0044	0.7243	0.3947
水量	-0.0016***	0.0000	78.7117	0.0001
每hm ² 土地收入	0.0011***	0.0000	42.8720	0.0001
对数似然度L		305.4266		
对数似然度L'		820.9511		
正态分布参数σ		0.1404		

显著。灌溉量的方程系数为-0.0016,说明灌溉量对灌溉效率起副作用,灌水量越大灌溉效率越小,为此可以通过减少用水量,提高水资源利用率来提高农户用水效率。实证调查发现,灌水量从上游到下游依次为18510m³·hm⁻²、12810m³·hm⁻²、9075m³·hm⁻²,由此而带来农户水费负担从上游到下游依次为1629元·hm⁻²、1383元·hm⁻²、1346元·hm⁻²,分别占到了收入的12.7%、7.7%和7.2%,也进一步验证了适当的减少灌溉水量有益于提高灌溉效率,减少农户用水负担,从而提高收益。

(2) 水价、灌溉管理是否公平对灌溉效率的影响在5%的水平下显著,且方程系数均为正。说明在灌溉管理上,管理越规范灌溉效率越高;灌溉水价越高农户节水意识越强,农户灌溉质量越高,灌水效率越高。实证研究表明:在灌溉管理规范的村落,其节水效益明显;在水价方面,由于水资源的富足程度从上游到下游递减,对水价造成了差异(水资源越丰富水价越低,越缺乏水价越高),该流域从上游到下游水价依次为<0.069元·m⁻³、0.069~0.075元·m⁻³、0.13~0.35元·m⁻³,水价的差异也直接导致了水费负担的差异,水价每上涨0.01元·m⁻³,灌水量减少484 m³·hm⁻²。所以在一定程度上提高灌溉水价有益于节水,从而提高灌溉效率。

(3) 灌溉方式和作物类型以及收入对灌溉效率的影响在1%的水平下显著。①不同的灌溉方式对灌溉效率影响显著。滴灌和传统渠灌相比,滴灌的灌溉效率明显高于传统渠灌的灌溉效率。以棉花为例,采用膜下滴灌节水设施前后每公顷耕地灌水量能够减少3285m³·hm⁻²。若水价在0.069~0.35元·

m³之间,带来节水金额为227~1150元·hm⁻²之间,充分说明了灌溉方式越先进,灌溉效率越高。②从作物类型上看,不同的作物类型作物需水函数不一样,灌溉效率也不一样。以小麦和棉花为例,其灌溉需求量分别为5250 m³·hm⁻²和9750 m³·hm⁻²。如果采用同样的水量灌溉,需水量的不同必然导致了灌溉效率的差异;从收入分析可知,灌溉成本是收入的一部分,如果灌溉成本不变,而收入越高,则相对灌溉效率越高。

(4) 技术培训对灌溉效率的影响在10%的水平下显著。说明技术培训能够起到指导农户种植行为以及灌溉行为的作用,可以提高农户灌溉效率。农户问卷调查发现:三工河流域调查农户中有38.8%的农户不同程度的参与了农户浇水技术培训和农业技术培训。参加过培训的农户有37.5%使用了滴灌技术,而未参加培训的农户滴灌技术采用率仅为19.1%,充分说明技术培训有助于滴灌技术的推广,从而提高灌溉效率。

(5) 灌溉次数对灌溉效率影响不显著。灌溉次数虽与灌水量成正相关,但灌溉水量也受水价、灌溉方式各方面的影响,导致灌溉次数不能直接进入模型。

总之,分析的结果说明了农户灌溉效率差异产生的影响因素有灌溉水量、灌溉方式、作物类型、收入、水价、灌溉管理、技术培训等,但这些因素在不同显著水平下对灌溉效率影响显著。这些因素总的来说是影响农户灌水量和农户收入,进而影响灌溉效率。因此,灌溉效率是灌水量和收入的函数,对灌溉效率的影响显著。为此,政府在要想提高区域农户灌溉效率,一方面要考虑促进农户灌溉用水量最小化,另一方面又要注意促进农户经济效益最大化。此外,自然因素对灌溉效率差异也起着间接作用,灌水量的多少和水价高低受水资源禀赋的影响,所以政府要合理调控水资源的配置,使的该地区水资源得以可持续利用。

5 结论与政策建议

5.1 结论

(1) 基于DEA方法,对三工河流域6作物类型的灌溉效率进行测算,得出:①不同作物类型灌溉效率存在显著差异,平均灌溉效率的大小依次为棉花(0.95)>葡萄(0.89)>葵花(0.88)>打瓜葫芦(0.80)>

玉米(0.78)>小麦(0.72);②不同地域空间灌溉效率有差异,同种作物在兵团与地方间存在差异,玉米与小麦在兵团地方间差异显著,葵花和打瓜葫芦兵团略大于地方;在上中下游之间,上游与中下游作物平均灌溉效率差异显著,下游>中游>上游。

(2) 利用Tobit模型,选取可能影响农户灌溉效率8个状态指标,探究农户灌溉效率差异产生的影响因素和不同因素对灌溉效率的作用程度发现:灌溉方式、作物类型、收入、灌水量对灌溉效率的影响在1%的水平下显著,水价、灌溉管理对灌溉效率的影响在5%的水平下显著,技术培训对灌溉效率的影响在10%的水平下显著。具体如下:①灌溉量与灌溉效率呈反相关,即灌溉量越大,灌溉效率越小,反之则越大。②灌溉方式、灌溉管理规范程度、水价、技术培训、收入与灌溉效率呈正相关,在一定条件下这些变量越高,农户灌溉效率越高。③灌溉效率随着种植作物类型和区域不同存在显著变化。总之,分析的结果说明了影响农户灌溉效率的因素很多,但总的说这些因素一方面通过影响农户灌溉水量,一方面通过提高农户收入,促使作物生长在最少灌溉水量下达到产量的最大。

5.2 政策建议

培养农户节水意识,调整水价,推广节水技术,实行重点突出、差异明显的多种政策来降低用水量;以及拓展农户信息渠道,改变农民传统种植观念,大力推进高效作物种植以促进合理种植结构形成是提升农户灌溉效率和增加农民收入的有效途径。根据以上着力点本文提出了以下政策建议:

(1) 加大节水技术推广力度,适当调整水价,提高水资源利用率

水价和灌溉方式的转变在一定程度的提高有益于灌溉效率的提高,而灌溉方式的转变又依赖于节水技术的推广。但依据不同地区的已存在的灌溉效率、水费负担和节水潜力不同,政府需要制定差异化的政策,提高水资源利用率。对于作物灌溉效率最低、水费负担较大的区域,未来节水潜力最大,继续增加农户的水价只会增加农民的经济压力,导致农民增收困难,弃耕现象发生;提高节水设施比例是较好的选择,但根据土地破碎以及平整情况,政府要切实做好耕地环境适宜性评价,对于适宜耕地区域引导农户采用节水设施。对于作物灌溉效率中等、水费负担中等的地区,水费水价调整仍有上升的空间,继续鼓励农户推广节水设施也有

一定空间;政府要积极结合两种政策,以进一步提高灌溉效率。对于灌溉发展水平相对最高,水资源最为短缺的区域,节水设施的发展一定程度上缓解了区域用水压力,但总体节水设施普及率仍有发展的空间,同时节水技术管理不规范成为农户普遍反应的问题,加大政府管理力度可大大提高农户选择节水设施的积极性,同时这一地区的水价应维持不变以保障用水的有序管理。

(2) 调整作物结构,增加水生产力高的作物,提高农民收入

不同的作物类型作物需水函数不一样,灌溉效率则不一样,一般传统粮食作物灌溉效率要低于经济作物,在兵团葡萄的灌溉效率又高于一般经济作物。未来在地方区域发展适当规模的经济作物是不错的选择。在保证粮食供给的情况下,改变农民改变传统种植观念,提升农户种植高效作物的积极性,并通过“公司+农户”订单农业模式拓宽农户销售渠道,引导上中游,尤其是地方农户种植高效作物,扭转农户传统的种植管理方式,发展特色种植,将水资源流向生产力高的作物。最终实现作物种植结构有效调整,促使作物生长在最少灌溉水量下达到产量的最大,从而增加农民的收入,提高灌溉效率。

参考文献

- [1] 南纪琴,王玉宝,尚虎君,等. 黑河中游区域农业用水现状调查与发展对策. 中国农村水利水电, 2010(7): 37-40.
- [2] Green G, Sunding D, Zilberman D, et al. Explaining Irrigation Technology choices: A Microparameter Approach, American Journal of Agricultural Economics, 1996, 78(4): 1064-1072.
- [3] Qiao Guanghua, Zhao Lijuan, Klein K. Water user associations in Inner Mongolia: Factors that influence farmers to join. Agricultural water management, 2009, 96(5): 822-830.
- [4] Caswel M, Zilberman D. The Choices of Irrigation Technologies in California. American Journal of Agricultural Economics, 1985, 67(2): 224-234.
- [5] 雷波,刘钰,许迪,等. 农业水资源利用效用评价研究进展. 水科学进展, 2009, 20(5): 732-738.
- [6] 沈小谊,黄永茂,沈逸轩. 灌区水资源利用系数研究. 中国农村水利水电, 2003(1): 21-24.
- [7] 张垒,闫大顺,洪棉煜. 基于WebGIS的农业水资源管理机制研究. 农业网络信息, 2011(4): 12-14.
- [8] 田娟,郭宗楼,姚水萍. 灌区灌溉管理质量指标的综合

- 因子分析. 水科学进展, 2005, 16(2): 284-288.
- [9] 崔远来, 熊佳. 灌溉水利效率指标研究进展. 水科学进展, 2009, 20(4): 590-598.
- [10] 蔡守华, 张展羽, 张德强. 修正灌溉水利效率指标体系的研究. 水利学报, 2004(5): 111-115.
- [11] 雷波, 杨爽, 高占义, 等. 农业水价改革对农民灌溉决策行为的影响分析. 中国农村水利水电, 2008(5): 108-110.
- [12] 刘渝, 王兆锋, 张俊飏. 农业水资源利用效率的影响因素分析. 经济问题, 2007(6): 75-77.
- [13] 李文, 于法稳. 中国西部地区农业用水绩效影响因素分析. 资源与环境, 2008(6): 60-63.
- [14] Speelman S, Buysse J, Farolfi S, et al. Estimating the impacts of water pricing on smallholder irrigators in North West Province, South Africa. *Agricultural Water Management*, 2009, 96(11): 1560-1566.
- [15] 王玉朝, 赵成义. 三工河流域景观格局的形成与环境差异特征. 水土保持学报, 2001, 15(3): 98-101.
- [16] 冯艳芬, 董玉祥, 王芳. 大城市郊区农户弃耕行为及影响因素分析: 以广州番禺区农户调查为例. 自然资源学报, 2010, 25(5): 722-734.
- [17] 柳长顺, 陈献, 乔建华. 华北地区井灌区农户灌溉用水状况调查研究. 水利发展研究, 2004(10): 38-41.
- [18] 宋文浚. 大同地区井灌区农户灌溉用水状况调查分析. 山西水利科技, 2006(3): 85-86.
- [19] 王晓磊, 李红军. 石家庄井灌区农户灌溉行为调查及节水潜力分析. 节水灌溉, 2008(6): 12-15.
- [20] 蒋晓茹, 李红军, 蔡淑红, 等. 华北平原井灌区农户灌溉行为调查分析. 安徽农学通报, 2009, 15(11): 152-154, 185.
- [21] 韩洪云, 赵连阁. 农户灌溉技术选择行为的经济分析. 中国农村经济, 2000(11): 70-74.
- [22] 涂俊, 吴贵生. 基于 DEA-Tobit 两步法的区域农业创新系统评价及分析. 数量经济技术经济研究, 2006(4): 136-145.
- [23] 王学渊, 赵连阁. 中国农业用水效率及影响因素: 基于 1997-2006 年省区面板数据的 SFA 分析. 农业经济问题, 2008(3): 10-17.

A Study of Farmers' Irrigation Efficiency and Influencing Factors in Sangong River Basin

CHEN Dabo^{1,2}, ZHANG Xinhuan¹, YANG Degang¹, XIAO Yanqiu^{1,2}, YANG Fan^{1,2}, XIA Wenjin^{1,2}

(1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, CAS, Urumqi 830011, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Through farmers' interviews and questionnaires, by using the DEA method, this paper evaluated farmers' irrigation efficiency in the Sangong River Basin from two aspects of the crop type and areal space. By employing the Tobit model, the paper explored the factors that affected farmers' irrigation efficiency and different factors that played a role in determining the irrigation efficiency. The results are shown as follows. (1) There are significant differences among different crop types in irrigation efficiency. And the average irrigation efficiency of six crop types is in the order of cotton (0.95) > grapes (0.89) > sunflower (0.88) > hit melon gourd (0.80) > corn (0.78) > wheat (0.72). (2) Irrigation efficiency is different in different regions. Average irrigation efficiency of the same crop type was significantly different in local and corp's; moreover, from lower to upper reaches, the irrigation efficiency was also significantly different, namely, corps' > local's; lower's > middle's > upper's. (3) Irrigation methods, crop type, per hm² income, irrigation yield, price of water, irrigation management and technical training have significant impacts on the irrigation efficiency. Concrete details, irrigation yield and irrigation efficiency are negatively correlated; while irrigation methods, irrigation management, water price, technical training and per hm² income are positively correlated with irrigation efficiency. In addition, in accordance with different crop types and regions, irrigation efficiency has a significant change. Finally, we put forward some suggestions to raise the irrigation efficiency.

Key words: farmers; irrigation efficiency; factors; Sangong river basin

本文引用格式:

陈大波, 张新焕, 杨德刚, 等. 三工河流域农户灌溉效率及影响因素. 地理科学进展, 2012, 31(4): 468-475.