

农业水价政策对农户种植结构的影响*

——以新疆地区为例

董小菁 纪月清 钟甫宁

摘要：为了缓解用水危机，提高用水效率，中国正在推进农业水价综合改革，试图建立以水权交易为核心的水价制度。本文根据作物的亩均灌溉用水量将作物划分为高耗水作物和低耗水作物，利用新疆天山北麓5县（含2个团场和3个县）的农户调查数据，对比分析实施统一水价、阶梯水价、水权交易水价3种水价政策区域内农户的种植结构，探索农民在不同水价政策下的种植决策，并进一步验证价格信号对农户种植选择的影响。研究发现，由于水费收取方式和水价不同，实施不同的水价政策对农户的种植结构产生了不同的影响。与其他水价政策相比，水权交易水价更能促使农户选择更为节水的作物。不同水价政策下水的定价是影响农户选择种植结构的关键要素，当农户灌溉用水的机会成本增加时，他们会增加低耗水作物的种植比例。每亩低价水定额对农户选择种植低耗水作物有非线性的影响，当每亩低价水定额超过一定数量时，定额进一步增加会导致农户减少种植低耗水作物。

关键词：农业水价综合改革 阶梯水价 水权交易 种植结构

中图分类号：F301.4 **文献标识码：**A

一、引言

中国水资源不仅短缺，而且利用结构不合理。中国人均水资源量仅为世界人均水平的1/4，年平均缺水量为536亿立方米^①，全国近2/3的城市处于不同程度的缺水状态^②。农业是中国第一用水大户，但用水效率一直不高。2017年全国用水总量为6043.4亿立方米，农业用水占了62.32%，却仅贡献7.9%

*本文研究得到国家社会科学基金重大招标项目“完善国家粮食安全保障体系研究”（项目编号：14ZDA038）、国家自然科学基金面上项目“细碎化产权VS整片化土地利用：评承包地确权颁证对农户农地利用集体布局、投资与流转的影响”（项目编号：71773050）的资助。感谢匿名审稿专家和编辑部老师提出的宝贵意见和修改建议，但文责自负。本文通讯作者：钟甫宁。

^①参见《让农业“水龙头”发挥更大效应》，《经济日报》，2018年7月23日第5版。

^②参见《全国2/3城市缺水，水兴则邦兴》，《人民日报》，2011年7月10日第1版。

的 GDP^①。提高农业用水效率、降低农业用水总量是缓解中国水资源短缺压力的重中之重。

为了应对水资源短缺问题，国务院于 2012 年发布了《关于实行最严格水资源管理制度的意见》，确立了水资源开发利用控制、用水效率控制和水功能区限制纳污“三条红线”。2015 年中央“一号文件”提出推进农业水价综合改革。2016 年《国务院办公厅关于推进农业水价综合改革的意见》进一步明确，利用 10 年左右时间建立健全农业水价形成机制。2018 年国家发展和改革委员会发布《关于加大力度推进农业水价综合改革工作的通知》，把农业水价综合改革视为农业节水工作的“牛鼻子”。实行水权交易水价是农业水价综合改革的目標^②，具体措施为：在分配水权的基础上，农户可以低价或无偿获得水权定额，用水量低于水权定额时可以获得补贴、奖励或出售节约的水量，用水量超过水权定额时则需要加价或按市价购买^③。中央政府一直强调增加农民收入和保障粮食安全的重要性，所以，通常认为，实施农业水价综合改革除了要实现节水目标外，还要保证农民收入和农产品供给不会大幅度降低^④，进而不影响社会稳定和国家粮食安全（钟甫宁，2016），在长期内可通过节水技术（品种、设备、基础设施）的研发与推广来实现，但在短时期内比较好的方式是通过调整作物种植结构降低农业灌溉用水量。不同的水价政策下，作物之间因用水成本存在差异，种植面积变化幅度不同（易福金等，2019），从而影响农户的种植结构。

关于水价政策对农业生产的影响，国内外学者开展过诸多研究。早期研究主要测算灌溉用水的需求价格弹性，量化水价对灌溉农业发展、灌溉技术选择的影响（例如 Nieswiadomy, 1988; Ogg and Gollehon, 1989）。对于灌溉用水需求价格弹性的测度，并没有统一的方法和结论。部分学者认为当水的定价较低时（Schaible, 1997; Moore et al., 1994a），或者当水的配给定量时（Moore and Dinar, 1995），用水需求缺乏弹性，水价变动对分配效果也没有影响。部分学者通过测定认为，水的需求价格弹性为负值，水价提高会导致农户减少灌溉用水量（Nieswiadomy, 1988; Schoengold et al., 2006）。关于水价对作物种植结构的影响，有学者提出，农户的用水需求可以划分为不同作物的用水需求，而作物的用水需求可划分为土地分配的需求及短期用水的需求，而对水价变动的反应主要是土地在作物之间的重新分配（Moore et al., 1994b）。一些学者认为，水价对农户的作物选择的影响并不显著，轮作或者农产品的价格比水价的影响更为显著（Yu et al., 2006; 廖永松，2009），而有些学者持有不同观点，认为水价变动会影响农户的作物选择，并且会产生作物之间的替代效应（Moore et al., 1994b; Calatrava and Garrido 2001; Singh, 2008; 刘莹等，2015）。现有的文献往往通过验证水价（实际实施的或者推

^①数据来源：国家统计局，2018：《中国统计年鉴 2017》，北京：中国统计出版社。

^②2015 年中央“一号文件”第 25 条中指出：“推进农业水价综合改革，积极推广水价改革和水权交易的成功经验，建立农业灌溉用水总量控制和定额管理制度，加强农业用水计量，合理调整农业水价，建立精准补贴机制”。

^③参见《自治区人民政府发布〈新疆维吾尔自治区农业水价综合改革实施方案〉（新疆维吾尔自治区水权改革和水市场建设指导意见）（试行）》，<http://www.xjslt.gov.cn/2017/03/17/slyw/49419.html>。

^④参见《水利部关于印发〈深化农田水利改革的指导意见〉的通知》（http://www.mwr.gov.cn/zw/tzgg/tzgs/201802/t20180227_1031508.html）和《关于认真落实 2019 年度粮食安全省长责任制的通知》（<http://www.eshian.com/laws/45069.html>）。

算出的)对单一作物种植选择的影响来说明水价变动对作物种植结构的影响,忽略了不同作物之间的对比分析,并且缺乏对背后原因的深入探讨,缺乏对农户用水的边际收益与边际成本之间关系的分析。本文试图弥补已有研究的不足,以不同水价政策区域的农民种植选择行为作为研究对象,关注不同水价政策对农户种植结构的影响差异,并探讨水价变动对农户种植结构的影响机制。

作为全国首批农业水价综合改革的试点地区,新疆推行的是“分配水权、水权交易”的水权交易水价政策。良好的灌溉用水计量设施及终端用水管理有助于农业水价政策的推行。新疆的水利管理部门在支渠口装设了测量水量的设施,并在基层设立水管站。水管站专门负责管理农业灌溉用水,包括输送并监控灌溉用水、传达当年水费收取标准、核算农户用水量、收缴水费、检修灌溉设施等。农业灌溉用水相对精确的测量,也有助于计量收费政策的实施。此外,由于新疆的气候特殊,年蒸发量是年降雨量的10倍以上(张红丽等,2003),种植业基本上需要依靠灌溉才能发展^①。因此,选择新疆作为研究对象是合适的,研究结果对以农业为主的缺水地区实施水价改革具有借鉴意义。

由于保障农民收入和农产品供给的重要性,不可能要求农业用水的经济效率与工业和生活用水的经济效率相同。不同的水价政策下,农户用水的边际成本不同。如果实施的是阶梯式水价,还需保证农民能够使用一定数量的低价水,相当于是对农民的一种补贴,可能会引导农民做出不同的决策。即使是在同一水价政策下,由于农民的异质性以及不同作物水资源利用效率的差异性,农民也可能做出不同的反应。本文利用新疆不同水价政策实施区域的实地调查数据,依据作物亩均用水量将作物划分为高耗水作物和低耗水作物,首先通过比较统一水价、阶梯水价、水权交易水价3种政策下农户的种植结构,探寻不同农业水价政策在实现既定目标上的差异,其次探索在实施阶梯型定价政策(阶梯水价、未建立卖水机制的水权交易水价^②)区域中水价对农户种植结构决策的影响,以验证价格信号对农户在不同作物之间分配土地的作用,为水利部门进一步在其他地区推行水权改革、制定水价提供参考。

二、分析框架与计量模型

(一) 水价影响农户作物选择的分析框架

1. 不同水价政策下农户的灌溉用水成本。新疆现行的农业水价政策主要有3种,即统一水价、阶梯水价和水权交易水价,对农业灌溉用水均实施计量收费,且对总量没有设定上限。统一水价是对农业灌溉用水按照统一的价格收取水费。阶梯水价是对农业灌溉用水实行分类计量收费和超定额累进加

^①与新疆相比,在其他地区的灌溉农业中,除了依靠灌溉,降雨可以发挥部分作用,所以作物的实际用水量包括灌溉用水和降雨,但是降雨部分不能精确核算,所以通过调查得出的作物用水量数据并不准确。而新疆地区的降雨量较少、蒸发量较大,相对于蒸发量,降雨量几乎不能发挥作用,再加上灌溉用水量可以较精准地核算,所以在新疆地区开展科学调查得出的农户作物用水量数据比较贴近作物的实际用水量。

^②绝大部分地区在实施水权交易水价政策的过程中只是调整了水价,还未真正实施水权交易,这是因为水权分配及水权交易平台建设存在难度,为了准确起见,本文中將这种情形下的水价称为“未建立卖水机制的水权交易水价”,并将已经建立起水权交易平台地区实行的水价称为“实际水权交易水价”。

价，以每亩土地为单位设置低价水用水定额，灌溉用水量在定额内实行低水价，超过定额的部分收取高额水价。水权交易水价是依据分配的农业初始水权，灌溉用水量在水权证定额内实行低水价，超过水权证定额的部分收取高额水价，农民可以出售水权证定额的结余水权。与阶梯水价相比，实行实际水权交易水价地区的农民可以通过出售结余水权获得卖水收益。

如果用 p_w 表示实行统一水价政策下的水价， p_{w_0} 表示实行水权交易水价政策下水权证定额内的水价，以及实行阶梯水价政策下低价水定额内的水价， p_{w_1} 表示实行水权交易水价政策下超出水权证定额的水价，以及实行阶梯水价政策下超出低价水定额的水价^①， w_0 表示实行水权交易水价政策下水权证上每亩的用水定额，以及实行阶梯水价政策下每亩的低价水用水定额^②， w 表示农户每亩实际的农业灌溉用水量， R 表示水权改革地区农户出售结余水权的收益，那么，在实行统一水价政策的地区，农户每亩的灌溉用水成本 c_w 可以表示为：

$$c_w = p_w \times w \quad (1)$$

从 (1) 式可得，统一水价政策下农户灌溉用水的边际成本为 p_w 。

在实行阶梯水价的地区，当农户每亩的实际灌溉用水量未超过每亩低价水用水定额时，即 $w \leq w_0$ 时，农户每亩的灌溉用水成本 c_w 可以表示为：

$$c_w = p_{w_0} \times w \quad (2)$$

当农户每亩的实际灌溉用水量超过了每亩低价水用水定额时，即 $w > w_0$ 时，农户每亩的灌溉用水成本 c_w 可以表示为：

$$c_w = p_{w_0} \times w_0 + p_{w_1} \times (w - w_0) \quad (3)$$

因此，在实行阶梯水价的地区，当农户每亩的用水量未超过低价水用水定额时，农户灌溉用水的边际成本是低价水价格 p_{w_0} ；当农户每亩的用水量超过低价水用水定额时，农户灌溉用水的边际成本为高价水价格 p_{w_1} 。

在实行水权交易水价的地区，假设只考虑农户与其他用水主体之间的水交易，那么农户卖水的市场交易价格与政府规定的超出水权证定额外的水价是一致的，即农户的单位卖水收益为 p_{w_1} 。

当农户每亩的实际灌溉用水量未超过水权证的用水定额时，即 $w \leq w_0$ 时，农户每亩的灌溉用水卖水净收益为：

$$R = (p_{w_1} - p_{w_0}) \times (w_0 - w) \quad (4)$$

农户每亩的农业灌溉用水成本为：

$$c_w = p_{w_0} \times w - R = p_{w_0} \times w_0 + p_{w_1} \times (w - w_0) \quad (5)$$

当农户每亩的实际灌溉用水量超过水权证的用水定额时，即 $w > w_0$ 时，农户每亩的农业灌溉用水成本为：

^①后文中，为了简单起见，把 p_{w_0} 表示的水价称为“低价水价格”，把 p_{w_1} 表示的水价称为“高价水价格”。

^②需要说明的是，水权交易水价政策下水权证上每亩的用水定额和阶梯水价政策下每亩低价水定额均不区分作物。

$$c_w = p_{w_0} \times w_0 + p_{w_1} \times (w - w_0) \quad (6)$$

可见，无论农户的灌溉用水量是否超过水权定额，水权交易水价下农户的成本模型都是相同的。(5)式和(6)式成本模型可以转换为以下形式：

$$c_w = p_{w_1} \times w - (p_{w_1} - p_{w_0}) \times w_0 \quad (7)$$

从(7)式可以看出，在水权交易水价下，农户灌溉用水的边际成本是高价水价格 p_{w_1} ； $(p_{w_1} - p_{w_0}) \times w_0$ 是水权定额的市场销售收益与低价购买水权定额的成本之差，可视作政府的定额补贴，即农户无论是否种植、种植何种作物、灌溉多少水量，都可以得到的净收益。

2.水价、定价方式对农户种植结构的影响。①水价的影响。如果把水价看作农户灌溉用水的边际成本，那么可以把其他一切影响农户生产决策的因素简单地看作影响灌溉用水边际收益的因素，例如，农产品的市场价格直接影响农民决策，生产技术、土地规模、家庭人力资本的数量与质量，以及其他要素的价格都会影响灌溉用水的生产效率和边际收益。在技术一定的条件下，用水边际成本增加对农民的短期影响可能主要表现为调整种植结构，长期影响则包括节水技术的创新和推广。从用水的边际成本看，统一水价政策下的边际成本是水的直接定价，而水权交易水价政策下的边际成本是高价水价格，阶梯水价政策下的边际成本取决于用水量是否超过低价水用水定额，在定额内的边际成本是低价水价格，超过定额的边际成本则是高价水价格。低价水用水定额是保障农民收入和农产品供应的基础，而让农民面临更高的用水边际成本（水价）则是引导他们优化农业生产结构、采纳节水技术、提高用水效率的“牛鼻子”。当水价上升时，农户有可能选择种植低耗水作物替代高耗水作物。这是因为，水价上升会降低生产利润，高耗水作物的生产利润下降得更多，两害相权取其轻，农民会转向种植亩均耗水量少、相对更有利可图的作物。

②定价方式的影响。根据(7)式可知，水权交易水价下农户用水的边际成本始终不变，与统一水价下的情形相同，但水权交易水价下对农户有定额补贴。即使统一水价政策下水的定价等于水权交易水价政策下的高价水价格，即两种水价政策下水的边际成本相同，它们对农业生产的影响也可能有差别。这是因为水权交易水价政策下的定额补贴^①可能通过缓解农户的流动性约束，对其作物种植结构产生额外影响。这种额外影响可能表现为有利于农户进行更换品种的投资，从而促进他们种植低耗水作物，也有可能表现为有利于农户负担高额水价或进行节水技术投资，从而使他们维持种植高耗水作物。

阶梯水价对农户作物种植结构的影响更为复杂。如果每亩耕地上的低价水定额非常大，以至于每种作物的用水量都不会超过这一限额（在现实中并不存在），那么只有低价水的价格水平影响农户的

^①水权交易水价政策下，无论农户的用水量是否超过定额，都可以获得定额补贴。具体而言，当农户的用水量超过定额时，定额内的用水价格是低价水价格，因此用水成本低于统一水价下的成本；当农户的用水量低于定额时，还能出售节余水权获得收益。

作物结构；相反，如果定额非常低，以至于每种作物的用水量都会超过这一限额，那么与实行水权交易水价的情形一样，只有高价水价格是有效的价格信号，而高价水与低价水之间的差价与定额的大小关系到定额种植补贴的多少。如果低价水定额仅对部分作物形成约束，那么高价水与低价水之间的差价以及定额的大小均会对农户的作物种植结构产生直接影响。背后的均衡机制是：首先，农户会分别按照低价水和高价水的价格水平选择最优的作物类型，分别对应特定的高耗水作物和低耗水作物。其次，农户对两种作物进行组合，形成特定的种植结构。例如，为了简单起见，假定只有两种作物，一种是高耗水的水稻，另一种是耗水相对较少的玉米。当高价水与低价水之间的价差足够大时，如果按照低价水价格，农民会选择种植水稻；如果按照高价水价格，农民会选择种植玉米。然而，每亩耕地上的低价水定额不足以生产水稻，但超过了生产玉米所需。这时，均衡的种植结构应该是刚好用完低价水定额。这是因为，当农户每亩的用水量低于定额时，边际成本是低价水价格，他们倾向于种植水稻替换玉米，以增加总用水量；反之，当每亩的用水量高于定额时，边际成本是高价水价格，他们倾向于种植玉米替换水稻，以减少总用水量。既然均衡条件是刚好把定额用完，这就意味着均衡条件是两种作物加权平均的亩均用水量等于每亩耕地上的低价水定额^①。因此，当每亩耕地上的低价水定额提高时，农户会增加高耗水作物的种植比例，从而提高亩均用水量；当定额量降低时，农户会增加低耗水作物的种植比例。

从（3）式、（5）式和（6）式可以看出，可以将水权交易水价看作一种特殊的阶梯水价，特殊之处在于低价水定额为零^②。根据上述“低价水定额降低会增加低耗水作物种植比例”的结论，如果阶梯水价和水权交易水价中的水价和定额均相同，那么，水权交易水价政策仍比阶梯水价政策更有利于促进低耗水作物的种植。

3. 调查区域水价政策的执行状况及相关研究假说。根据 2018 年研究团队在新疆地区开展的调查，实施统一水价政策地区的水价介于实施阶梯水价、水权交易水价地区的低价水价格与高价水价格之间，即高于其他两种水价政策下的低价水价格，但低于其高价水价格。与实行阶梯水价的地区相比，实行水权交易水价地区的低价水价格更低，高价水价格更高。相对于统一水价，阶梯水价和水权交易水价中的低价水政策可以降低农户的用水总成本，从而保证农民收入和农产品供应的稳定，而高价水政策可以鼓励农民节约用水、改善种植结构，从而提高灌溉用水的经济效率。

根据调查，阶梯水价政策下虽然会设置一定的低价水定额，但是为了激励农户节水，每亩耕地上的低价水定额往往低于大部分作物甚至所有常见作物的亩均需水量。不同地区的低价水定额虽有所差别，最低为每亩 300 立方米，最高达到每亩 425 立方米，但即使是最高定额也低于常见作物的亩均用水量。当然，不排除有些农民因面临的低价水定额较高或者因采用节水技术、土壤及气候条件好而用

^①理论上，均衡条件是两者完全相等，但实际调查中发现会表现为两者相当，例如当降水量低于或高于预期时，一块地上难以同时种植两种作物，使得实际用水量稍高于或稍低于定额量。

^②尽管水权定额大于 0，但在水权定额内用水的成本（5）式与在水权定额外用水的成本（6）式相同，也与阶梯水价下用水量高于低价水定额的成本（3）式相同。

水较少，使得作物的用水量低于定额，但大多数农户会用到高价水，高价水价格是真正起作用的价格信号。也有部分农户通过种植耗水量较低的作物来降低加权的亩均用水量，从而使得每亩的用水量与定额相当。

结合被调查地区的水价政策实施情况及水价和定价方式对农户作物选择的影响，可以推测，相比实行统一水价的地区，在实行阶梯水价和水权交易水价政策的地区，高价水是最主要的价格信号，也正是由于其价格水平更高，可以更好地实现政策目标。而相比实行阶梯水价的地区，实行水权交易水价地区的高价水价格更高，并且在定价方式上等同于低价水定额为零的阶梯水价。可见，与统一水价相比，阶梯水价和水权交易水价均可能会促使农户选择更为节水的作物。据此，本文提出以下假说：

H1：农业水价政策会影响农户的作物选择，相较于实行阶梯水价的地区，在实行统一水价的地区，农户种植低耗水作物的可能性更小；而在实行水权交易水价的地区，农户种植低耗水作物的可能性更大。

H2：在实行阶梯水价和水权交易水价的地区，高价水的价格越高，农户种植低耗水作物的可能性越大。

根据(7)式可知，水权定额仅仅起到定额补贴或减少总用水成本的作用（不影响用水的边际成本），定额增加会通过缓解农户的流动性约束对其作物种植结构产生影响。在阶梯水价中，当低价水定额低于所有作物的亩均用水量时，其作用与水权定额相同（(3)式与(7)式相同）；当低价水定额达到一定水平，以至于全部种植低耗水作物的用水量不再超过定额时，低价水定额增加还具有促进农户选择种植高耗水作物替代低耗水作物从而充分利用定额的作用。据此，本文提出以下假说：

H3：当每亩耕地上的低价水定额处于较高水平时，定额增加对农户选择种植低耗水作物的负向作用较大。

在下面的实证模型中，笔者将通过加入低价水定额的平方项检验定额的非线性影响。

（二）计量模型

本文根据作物的亩均用水量将作物划分为高耗水作物和低耗水作物。新疆由于长期缺水，且对灌溉用水实行按方收费，滴灌技术与地膜覆盖技术相结合的“膜下滴灌技术”得到推广。实地调查中发现，样本区域内除了种树苗的农户外，其他农户均采用了膜下滴灌技术。鉴于本文在后文实证分析中选择的低耗水作物为玉米和番茄，且种植这两种作物的农户在灌溉技术的采纳上没有区别，笔者没有将灌溉技术变量纳入模型。本文研究以家庭为单位，选择农户的低耗水作物种植面积占家庭土地经营面积的比例作为被解释变量，构建农户的种植结构模型。

1.不同水价政策对农户种植结构影响模型。为了对比不同水价政策对农户种植结构的影响，本文选择统一水价政策、阶梯水价政策、水权交易水价政策作为关键解释变量，分析不同的水价政策对农户种植选择的影响。农业生产经验丰富的农户可能会选择种植用水量较大但收益较高的作物，因此在模型中加入了户主年龄阶段变量。生产不同的农产品对劳动力的需求不同，因此，在模型中也加入了家庭农业劳动力数量变量。农户家庭的土地经营面积越大，作物选择可能就越多样化，所以模型中加入了家庭土地经营面积这个变量。土地的保墒能力、灌溉条件也会影响农户的作物种植选择，因此在模型中加入了农户不同土壤类型（沙土、壤土、黏土）地块面积占比、不同用水特征（较多、中等、

较少)地块面积占比、不同灌溉用水来源(地表水、地下水)地块面积占比变量。此外,影响农户灌溉用水边际收益的因素可能也会对农户的作物选择产生影响,但考虑到研究区域是一个统一的市场,产品价格可视作常数,所以模型中没有纳入产品价格变量。鉴于新疆的农业劳动力市场比较完善,农业劳动力供给充裕,劳动力的价格也可视作常数。基于以上,本文构建的不同水价政策对农户种植结构影响的模型形式如下:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 Z_i + \gamma X_i + \mu_i \quad (8)$$

(8)式中, Y_i 表示第 i 个农户的低耗水作物种植面积占家庭土地经营面积的比例; Z_i 表示不同的水价政策,包括统一水价、阶梯水价、水权交易水价; X_i 表示农户的土地与家庭特征,包括土壤类型(沙土地块面积占比、壤土地块面积占比、黏土地块面积占比)、土地保墒性能(用水较多地块面积占比、用水中等地块面积占比、用水较少地块面积占比)、灌溉水源(地表水灌溉面积占比、地下水灌溉面积占比),以及户主年龄阶段、家庭农业劳动力数量、家庭土地经营面积; μ_i 是随机扰动项。

2.水价对农户种植结构影响模型。为了进一步验证价格信号对农户种植结构的影响,并排除政策因素的影响,笔者选择实行阶梯水价的地区和未建立卖水机制的水权交易水价地区^①(农户没有卖水通道,可以看作是水费收取方式一致但水的定价不同的阶梯水价)的农户作为研究对象。由于高价水价格决定了农户灌溉用水的边际成本,而每亩耕地上的低价水定额作为一种特殊形式的补贴,通过影响农户的预算约束影响他们的种植决策,所以本文选择高价水价格和每亩低价水定额作为关键解释变量,分析水价对农户种植决策的影响。为了刻画每亩低价水定额对农户低耗水作物种植比例的非线性影响,模型中加入了每亩低价水定额的平方项。基于以上,本文构建的水价对农户种植结构影响的模型形式如下:

$$Y_i = \alpha_0 + \alpha_1 P_i + \lambda_1 W_i + \lambda_2 W_i^2 + \gamma X_i + \mu_i \quad (9)$$

(9)式中, P_i 表示高价水价格; W_i 表示每亩低价水定额;其他变量的含义同(8)式。 λ_1 反映了每亩低价水定额对农户种植低耗水作物比例的影响, λ_2 衡量了每亩低价水定额对农户种植低耗水作物比例的非线性影响,如果 $\lambda_1 > 0$, 且 $\lambda_2 < 0$, 且变量的一次项和二次项都显著,则意味着每亩低价水定额与农户的低耗水作物种植比例呈现“倒U型”的曲线关系。

三、数据来源及描述性分析

(一) 数据来源

本文的研究数据来自于南京农业大学和石河子大学于2018年9月份在新疆天山农业带的新疆生

^①在实际调查中发现,研究区域中仅有玛纳斯县塔西河村于2014年发生过水权交易,此后再未发生过水权交易,而其他样本村从未进行过水权交易,并且村干部均否定存在水权交易平台,所以可以认为在当前实行水权交易水价政策的研究区域,农户均没有卖水通道,也正如前文提到的,可将这些地区实行的水权交易水价称为“未建立卖水机制的水权交易水价”。

产建设兵团第八师^①和昌吉回族自治州开展的农户联合调查项目。调查团队在第八师选取了两个团场（141 团场和 142 团场）的 7 个连队^②，在昌吉回族自治州选取了 3 个县（玛纳斯县、呼图壁县、昌吉市）的 17 个村。调查选择采用多阶段随机抽样原则，共调查了 5 县（包括 2 个团场和 3 个县）的 401 个农户样本。本文按照水价政策的实际实施情况^③，以村（连队）为单位划分为 3 类政策区域。其中，实施统一水价、阶梯水价、水权交易水价政策的样本村数均为 8 个，样本农户的具体分布情况及水价政策实施情况见表 1。

调查问卷包括农户问卷和村（连队）级管水员问卷。其中，农户问卷的内容除了包括农户的家庭情况，还包括分地块和作物的农业生产情况等。分地块和作物的农业生产情况具体又包括地块面积、地块土壤类型、地块的耗水情况、地块上的作物类型、灌溉方式、每亩的灌溉用水费用、灌溉用水收费方式、水价、地块的生产成本、地块的农业收入等。村级问卷的内容包括村（连队）的基本情况、所属水管站情况、水费及灌溉服务费等收取情况等。

表 1 样本农户的地区分布及水价政策实施情况

样本地区	样本县(团场)名称	样本村(连队)数(个)	实行不同水价政策的村(连队)数(个)			样本农户	
			统一水价	阶梯水价	水权交易水价	户数(户)	比例(%)
新疆生产建设兵团第八师	141 团场	3	0	3	0	46	11.47
	142 团场	4	4	0	0	79	19.70
昌吉回族自治州	玛纳斯县	10	2	2	6	151	37.66
	呼图壁县	5	2	2	1	93	23.19
	昌吉直属市	2	0	1	1	32	7.98
合计	—	24	8	8	8	401	100.00

（二）农作物的耗水量分析

根据调查数据，笔者计算出了不同作物的每亩用水量。作物的每亩用水量是根据农户每亩的灌溉费用和水费收取方式计算得到的。具体来说，在实行统一水价政策的地区，通过用作物每亩的灌溉费用除以单位水价计算出作物的每亩用水量。在实行阶梯式收费（包括阶梯水价和水权交易水价）的地区，分为两种情况：一是对于每亩用水量超过低价水定额的农户，用超出低价水定额部分的灌溉费用除以高价水价格，再加上低价水定额，即可得出作物的每亩用水量。二是对于每亩用水量未超出低价水定额的农户，用每亩的灌溉费用除以低价水价格，即为作物的每亩用水量。样本农户的农作物结构

^①从 2018 年开始，新疆兵团各师市取消了“五统一”，即不再统一种植计划、农资采购、产品收购、农机作业、产品销售。

^②新疆兵团的组织形式分为兵团、师、团场、连队 4 级。其中，团场编以数字番号，一般统称为“农牧团场”，行政级别为县处级。

^③昌吉回族自治州的呼图壁县是 2014 年农业水价综合改革水权交易水价的首批改革试点县，但是在改革的实施过程中，每个村推行的情况并不相同，本文对政策区域的划分以实际调查情况为准。

及计算出的作物每亩用水量见表2。

表2 样本农户的农作物结构及作物用水量

农作物种类	农户的 种植面积（亩）	种植面积占 农户作物总面积的比例（%）	每亩用水量 （立方米）	每亩水费 （元/亩）
棉花	29024	67.1	584	156
玉米	6668	15.4	533	118
番茄	2300	5.3	510	115
葡萄	2012	4.7	453	124
树苗	1512	3.5	701	220
其他	1726	4.0	—	—
合计	43241	100.0	—	—

注：表中数据均为3个政策区域样本数据的算术平均数。

表2的统计数据表明，棉花、玉米、番茄、葡萄和树苗这5种作物的种植面积之和约占样本农户作物总面积的96%，其中棉花面积所占的比例最大。在后文的实证分析中，笔者以棉花为标准，将棉花以及亩均用水量高于棉花的作物定义为高耗水作物，将亩均用水量低于棉花的作物定义为低耗水作物，并据此分析农户的种植选择行为。

（三）不同水价政策的对比分析

表3列出了3种不同农业水价政策下的水价水平，以及阶梯水价和水权交易水价政策下的每亩低价水定额。从表3的数据可以看出，实行统一水价政策地区的平均水价比实行阶梯水价地区的低价水价格高0.092元/立方米，比实行水权交易水价地区的低价水价格高0.137元/立方米，比实行阶梯水价地区的高价水价格低0.135元/立方米，比实行水权交易水价地区的高价水价格低0.264元/立方米。由此可见，与阶梯水价和水权交易水价相比，统一水价政策下农民用水的边际成本较低。与实行阶梯水价的地区相比，实行水权交易水价地区的低价水价格低0.045元/立方米，高价水价格高0.129元/立方米。并且，水权交易水价政策与阶梯水价政策相比，农户可以出售水权定额内剩余的灌溉用水，因而农民有更大的动机节约用水。由此可见，与阶梯水价相比，水权交易水价政策下农民用水的边际成本较高。从表3中还可以看出，与实行阶梯水价的地区相比，实行水权交易水价地区的平均每亩低价水定额高出37立方米。可见，实行水权交易水价政策虽然提高了农户灌溉用水的边际成本，但是也增加了对农户的用水补贴。

表3 样本地区不同水价政策下的水价水平及每亩低价水定额

	水价政策		
	统一水价	阶梯水价	水权交易水价
样本农户数（户）	79	141	181
低价水平均价格（元/立方米）	0.250	0.158	0.113
高价水平均价格（元/立方米）	0.250	0.385	0.514
平均每亩低价水定额（立方米/亩）	—	356.000	393.000

(四) 变量的描述性统计分析

变量的含义及其描述性统计见表 4。对调查数据的分析结果显示, 在农户的种植面积中, 低耗水作物的比例约为 18%。对比表 4 中的每亩低价水定额与表 2 中的作物亩均用水量可以看出, 阶梯水价和水权交易水价政策下作物每亩低价水定额相对较低, 说明农户在实际中大多数都会用到高价水。户主为青年和中年的农户多于户主为中年的农户。新疆农户家庭的土地经营面积存在较大差异, 可能存在较多的土地流转。沙土地块和黏土地块的面积占比大于壤土地块的面积占比, 用水量较多和中等的地块面积占比大于用水量较少的地块面积占比, 说明新疆土地的保墒能力较差。使用地表水灌溉的地块面积占比大于使用地下水灌溉的地块面积占比, 这可能与调查区域临近天山有关, 可以使用天山融雪来浇灌土地。

表 4 变量的含义及其描述性统计

变量	变量含义与赋值	平均值	标准差	最小值	最大值
低耗水作物种植比例	农户的低耗水作物种植面积占家庭土地经营面积的比例 (%)	18.398	33.999	0	100
水价政策					
是否实行统一水价	是=1, 否=0	0.150	0.358	0	1
是否实行阶梯水价	是=1, 否=0	0.342	0.475	0	1
是否实行水权交易	是=1, 否=0	0.508	0.500	0	1
水价					
高价水价格	元/立方米	0.408	0.146	0.115	0.500
每亩低价水定额	立方米	379.248	40.266	300	447
户主年龄阶段					
青年	大于 16 周岁 (含 16 周岁) 但小于 44 周岁: 是=1, 否=0	0.340	0.474	0	1
中年	大于 44 周岁 (含 44 周岁) 但小于 60 周岁: 是=1, 否=0	0.584	0.493	0	1
老年	大于 60 周岁 (含 60 周岁): 是=1, 否=0	0.076	0.265	0	1
家庭农业劳动力数量	家庭中 16 周岁以上且在 2018 年从事农业生产的人数 (人)	1.951	0.751	0	5
家庭土地经营面积	农户家庭的土地经营面积 (亩)	143.897	133.965	1	932
土壤类型					
沙土地块面积占比	农户的沙土地块面积与家庭土地经营面积之比	0.380	0.405	0	1
壤土地块面积占比	农户的壤土地块面积与家庭土地经营面积之比	0.097	0.270	0	1
黏土地块面积占比	农户的黏土地块面积与家庭土地经营面积之比	0.524	0.423	0	1
土地保墒性能 ^a					
用水较多地块面积占比	农户用水较多的地块面积与家庭土地经营面积之比	0.269	0.406	0	1
用水中等地块面积占比	农户用水中等的地块面积与家庭土地经营面积之比	0.673	0.430	0	1

农业水价政策对农户种植结构的影响

用水较少地块面积占比	农户用水较少的地块面积与家庭土地经营面积之比	0.057	0.203	0	1
灌溉水源		0.270	0.406	0	1
地表水灌溉面积占比	农户用地表水灌溉的地块面积与家庭土地经营面积之比	0.652	0.381	0	1
地下水灌溉面积占比	农户用地下水灌溉的地块面积与家庭土地经营面积之比	0.348	0.381	0	1

注：除了高价水价格和每亩低价水定额变量的观测值个数为 322 以外，其他变量的观测值个数均为 401。^a保墒性能是指相比本村其他地块，用相同方式种植相同作物时，该块地需水量的相对多少。

四、实证结果与分析

表 5 报告了农户低耗水作物种植比例影响因素的模型回归结果。本文对模型分别进行了异方差、遗漏变量及多重共线性检验，检验结果显示通过了所有这些检验，表明模型结果具有稳健性。从各个回归的结果看，模型整体在 1% 的统计水平上显著，主要变量的显著性和系数符号符合预期。

回归 1 和回归 2 分别为 3 种水价政策和水的定价对农户种植结构影响的模型回归结果，被解释变量均为农户的低耗水作物种植比例，区别在于回归 1 的关键解释变量为 3 种不同的水价政策，包括统一水价、阶梯水价和水权交易水价，而回归 2 的关键解释变量为高价水价格、每亩低价水定额及其平方项。

回归 1 的结果显示，与实行阶梯水价政策相比，实行统一水价政策和实行水权交易水价政策对农户的种植结构均有显著影响，但方向相反。具体而言，是否实行统一水价变量在 10% 的统计水平上显著，且系数为负，说明相比于阶梯水价，在其他条件不变的情况下，实行统一水价政策使得农户种植低耗水作物的比例降低，降低约 5 个百分点；是否实行水权交易水价变量在 1% 的统计水平上显著，但系数为正，说明相比于阶梯水价，在其他条件不变的情况下，实行水权交易水价政策使得农户种植低耗水作物的比例增加，增加约 22 个百分点。假说 H1 得到了验证。

回归 2 的结果表明，在阶梯水价和水权交易水价政策下，高价水价格提高会增加农户种植低耗水作物的比例。如果高价水价格增加 0.1 元/立方米，农户种植低耗水作物的比例增加约 8%。假说 H2 得到了验证。与阶梯水价政策相比，水权交易水价政策下高价水价格更高，因此也更能促进农户增加低耗水作物的种植比例，由此可以推测，提高高价水价格是水权交易水价政策促使农户增加低耗水作物种植比例的关键因素。

每亩低价水定额变量的一次项和平方项虽然均在 1% 的统计水平上显著，但一次项的系数为正，平方项的系数为负，说明每亩低价水定额与农户的低耗水作物种植比例呈现非线性的关系。每亩低价水定额在样本区间内与农户的低耗水作物种植比例是否表现出“倒 U”型关系，还需要通过计算对称轴 $(-\lambda_1/\lambda_2^2)$ 来判断。通过计算可知，对称轴落在每亩低价水定额的样本区间内，这意味着，当每亩低价水定额达到较高水平时，如果继续增加定额数量，在达到一定程度后（定额超过约 386 立方米），农户会降低低耗水作物的种植比例。这一结果验证了假说 H3。

受篇幅所限，控制变量的估计结果不展开讨论。

表 5 水价政策对农户种植结构影响的回归结果

	被解释变量：低耗水作物种植比例			
	回归 1		回归 2	
	系数	稳健标准误	系数	稳健标准误
水价政策（参照组：是否实行阶梯水价）				
是否实行统一水价	-5.257*	2.773		
是否实行水权交易水价	21.958***	3.460		
高价水价格			79.398***	16.756
每亩低价水定额			1.931***	0.513
每亩低价水定额的平方项			-0.002***	0.001
户主年龄阶段（参照组：青年）				
中年	-8.421**	3.386	-7.523*	4.010
老年	-9.592*	5.053	-6.531	5.655
家庭农业劳动力数量	6.608***	1.437	7.510***	1.845
家庭土地经营面积	-0.007	0.011	-0.030***	0.011
土壤类型				
壤土地块面积占比	-11.704**	5.401	-6.179	6.902
黏土地块面积占比	-10.491**	4.205	-10.258**	4.664
土地保墒性能				
用水较多地块面积占比	15.165***	4.292	21.724***	5.722
用水中等地块面积占比	17.371***	3.919	19.415***	4.884
灌溉水源				
地下水灌溉面积占比	2.009	3.631	4.552	4.972
常数项	-7.663	5.047	-403.595***	91.567
观测值		401		322
p 值		0.0000		0.0000
R ²		0.2151		0.2146

注：***、**、*分别代表在 1%、5%、10%的统计水平上显著。

五、结论与政策启示

本文利用新疆 5 县（含 2 个团场和 3 个县）的调查数据，检验了不同的水价政策对农户种植结构的影响，并进一步揭示了水价水平对农户种植选择的影响机制。研究发现，不同的农业水价政策对农户的种植结构会产生不同的影响。相较于阶梯水价，实行统一水价政策更容易促使农户降低低耗水作物的种植比例，而实行水权交易水价政策更容易促使农户增加低耗水作物的种植，从而实现农业水价政策的目标。不同的农业水价政策通过不同的定价使农户面临不同的边际用水成本，从而对农户的种植结构产生不同的影响。当农户灌溉用水的高价水价格上升时，农民用水的边际成本增加，农户种植

低耗水作物的可能性变大。在水权交易水价政策下，由于设置了较高的高价水价格和较低的低价水价格，农民倾向于选择种植更节水的作物，从而节约了农业用水。每亩低价水定额的设置作为对农户的一种补贴，与他们种植低耗水作物的比例呈现出非线性的关系。当定额较少时，随着定额数量的增加，农户会增加低耗水作物的种植比例；当定额的数量超过一定数值时，随着定额数量的增加，农户反而会降低低耗水作物的种植比例。

从本文的研究结论可以得出以下两点关于推行农业水价综合改革的政策启示：第一，从保障农民收入稳定和粮食安全的角度考虑，政府在提高农业灌溉用水的边际价格时，还需降低低价水的价格以及增加每亩低价水定额，从而补偿因水价上升而减少的农民收入，并稳定农业生产。第二，从影响灌溉用水边际收益的角度考虑，农产品的市场价格波动和农业生产技术的进步也会影响农户的种植决策，当其出现较大的变化时，政府需及时调整水价才能实现政策目标。

在水资源日益短缺的背景下，农业水价综合改革在全国开始推行，农业灌溉水价将进一步提高。灌溉水价变动会对农业生产产生较大影响，尤其是在干旱缺水、以灌溉农业为主的地区。本文通过探索水价改革对农户种植结构的影响，以求为水资源管理部门制定相关政策提供科学依据。当然，受限于调查区域，本文研究结果的适用性可能存在一定的局限性，但是对于实施按方收费水价政策的地区具有一定的借鉴意义。在未来可获得其他水价政策数据后，尤其是获得按亩收费的水价政策及其影响的数据以后，就可以进一步研究按亩收费地区的农户种植选择行为，更全面地分析水价改革的影响。

参考文献

1. 廖永松, 2009: 《灌溉水价改革对灌溉用水、粮食生产和农民收入的影响分析》, 《中国农村经济》第 1 期。
2. 刘莹、黄季焜、王金霞, 2015: 《水价政策对灌溉用水及种植收入的影响》, 《经济学季刊》第 4 期。
3. 易福金、肖蓉、王金霞, 2019: 《计量水价、定额管理还是按亩收费? ——海河流域农业用水政策探究》, 《中国农村观察》第 1 期。
4. 钟甫宁, 2016: 《正确认识粮食安全和农业劳动力成本问题》, 《农业经济问题》第 1 期。
5. 张红丽, 陈旭东, 雷海章, 2003: 《新疆干旱地区推广节水灌溉技术制度分析》, 《中国农村经济》第 8 期。
6. Calatrava, J., and A. Garrido, 2001, *Agricultural Subsidies, Water Pricing and Farmers' Responses: Implications for Water Policy and CAP Reform*, Dordrecht: Springer Netherlands.
7. Nieswiadomy, L. M., 1988, "Input Substitution in Irrigated Agriculture in the High Plains of Texas, 1970-80", *Western Journal of Agricultural Economics*, 13(1): 63-70.
8. Moore, R. M., N. R. Gollehon, and M. B. Carey, 1994a, "Alternative Models of Input Allocation in Multicrop Systems: Irrigation Water in the Central Plains, United States", *Agricultural Economics*, 2(11): 143-158.
9. Moore, R. M., N. R. Gollehon, and M. B. Carey, 1994b, "Multicrop Production Decisions in Western Irrigated Agriculture: The Role of Water Price", *American Journal of Agricultural Economics*, 4(76): 859-874.
10. Moore, R. M., and A. Dinar, 1995, "Water and Land as Quantity-Rationed Inputs in California Agriculture: Empirical Tests and Water Policy Implications", *Land Economics*, 71(4): 445-461.

11. Schoengold, K., D. L. Sunding, and G. Moreno, 2006, "Price Elasticity Reconsidered: Panel Estimation of an Agricultural Water Demand Function", *Water Resources Research*, 9(42): 1-10.
12. Singh, K., 2008, "Rational Pricing of Water as an Instrument of Improving Water Use Efficiency in the Agricultural Sector: A Case Study in Gujarat, India", *International Journal of Water Resources Development*, 4(23): 679-690.
13. Ogg, C.W., and N. R. Gollehon, 1989, "Western Irrigation Response to Pumping Costs: A Water Demand Analysis Using Climatic Regions", *Water Resources Research*, 5(25): 767-73.
14. Schaible, G. D., 1997, "Water Conservation Policy Analysis: An Interregional, Multi-output, Primal-dual Optimization Approach", *American Journal of Agricultural Economics*, 79(1): 163-177.
15. Yu, Y., J. D. Mullen, and G. Hoogenboom, 2006, "Effect of Water Price on the Multicrop Production Decision: Applying Fixed Allocatable Input Model in Georgia", Southern Agricultural Economics Association Working Paper 35479, <https://ideas.repec.org/p/ags/saeaso/35479.html>.

(作者单位: 南京农业大学经济管理学院)

(责任编辑: 张丽娟)

The Impact of Agricultural Water Pricing Reform on Farmers' Planting Structure: A Case Study from Xinjiang, China

Dong Xiaojing Ji Yueqing Zhong Funing

Abstract: Based on the survey data collected from farmers in 5 counties in Xinjiang, this article investigates the effects of water pricing policies (i.e., uniform pricing, tiered pricing, and water rights trading pricing) on farmers' planting structures. According to the irrigation water consumption per unit, the crops in this study are divided into high-water-consumption and low-water-consumption crops. The results show that the changes in agricultural planting structure are mainly caused by the different water pricing policies. Compared with other policies, water rights trading pricing can stimulate farmers to choose more water-saving crops. When the opportunity cost of irrigation water increases, farmers will increase the proportion of low-water-consumption crops. The low-price water quota per mu has a non-linear effect on farmers' choice of planting low-water-consumption crops. When the low-price water quota per mu exceeds a certain amount, a further increase in the quota will lead farmers to reduce the cultivation of low-water-consuming crops.

Key Words: Agricultural Water Pricing Reform; Tiered Pricing; Water Rights Trading; Agricultural Planting Structure