

节水技术采纳、价值感知对农户收入的影响

董 恺, 穆月英*

(中国农业大学经济管理学院, 北京 100083)



摘要 农业技术的采纳不仅关乎农户的粮食生产能力, 还有可能影响到农户的成本收益乃至家庭收入等方面。基于微观视角, 通过对采纳现代农业节水技术并感知技术价值的农户进行分析, 利用内生转换模型实证分析农户技术采纳、价值感知对农户收入的影响效应和作用机制。主要结论如下: 第一, 农户劳动力投入、技术的认知程度对农户采纳节水技术并感知技术的环境与劳动价值有着显著的正向影响; 第二, 在能否感知到节水技术采纳价值的农户之间, 农户自身的特征对家庭农业与非农收入的影响存在差异; 第三, 农户采纳技术感知环境、劳动价值有利于农户家庭农业与非农收入的增长。据此, 提出纳入农业支持政策, 加大节水技术的推广并完善后续技术支持服务, 增加农村劳动力的人力资本积累, 提出差异化节水技术推广措施的政策建议。

关键词 节水技术采纳; 价值感知; 农业收入; 非农收入

中图分类号: F323.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-3456(2024)01-0100-11

DOI编码: 10.13300/j.cnki.hnwxkb.2024.01.009

运用现代农业生产技术是提升农户家庭收入的重要途径, 2023年中央一号文件提出, 坚持产业需求导向, 构建梯次分明、分工协作、适度竞争的农业科技创新体系, 加快前沿技术突破。当前我国农业生产的主体仍以小规模经营农户为主, 农户的收入增长是关系到国家农业产业、乡村振兴的重要因素。技术的应用不能仅仅停留在技术购买这一层面, 而是根据技术的应用及适用领域开展消化、吸收等工作^[1]。从微观看, 农户采纳农业生产技术并不仅仅取决于经济理性, 其对技术的价值感知等内部心理动机也是决定技术采纳行为以及效果的重要因素^[2]。价值感知指的是农户对技术的可掌握程度、家庭成本收益情况以及环境改善程度等技术的适用性和有用性的价值感知^[3]。如果仅仅关注于农户采纳技术的经济效益, 而忽略农户对农业生产技术的价值感知, 有可能忽略了决定农户采纳技术的行为逻辑关键因素。在现实技术推广中, 单一个体可能无法完全承担采纳技术的经济成本, 以节水技术为代表的部分农业技术, 地区技术推广需要政府补贴分摊成本, 因此农户技术采纳的经济成本较低, 农户在技术采纳之前可能并不充分了解该技术的相关特点。如果技术采纳之后农户无法感知到技术的有效性, 由于农户放弃技术采纳的经济成本较低, 可能会发生农户主动放弃技术的行为, 因此有必要对农户技术采纳的价值感知进行分析。另外值得进一步思考的是, 当农户采用现代农业生产技术之后实际效果如何? 又会对农户的农业收入与非农业收入产生怎样的影响? 本文试图以节水技术为例, 通过微观视角研究采用现代农业生产技术的农户, 利用内生转换模型实证分析农户技术采纳与价值感知对农户收入产生的影响效应和作用机制, 以检验技术采纳是否通过改变价值感知增加农户的农业与非农收入。

对于农业节水技术的采纳, 已有研究针对技术采纳的驱动因素与产生的影响进行了多方面的分析。从技术采纳的驱动因素来看, 农户个人特征会影响到节水技术的采纳, 不仅关乎政府行为^[4]、农户的农业生产能力^[5]。亦有研究认为节水技术采纳会受到社会网络的影响, 具体机制为通过影响推

收稿日期: 2023-04-14

基金项目: 国家社会科学基金重大项目“我国粮食生产的水资源时空匹配及优化路径研究”(18ZDA074)。

*为通讯作者。

户服务与信息获取来实现^[6-7]。影响节水技术采纳的研究中,有研究集中关注于农户节水技术采纳行为分析,认为农户节水灌溉技术采纳行为主要是受灌溉模式、风险认知、部分耕地特征和农户特征等因素的共同影响^[8]。基于农户对技术的认知,有研究分析了技术认知与采用对农户收入的影响并得出结论,农业亩均收入低于平均水平的农户更愿意采用技术,且技术采纳有助于农业亩均收入的增长^[9]。有研究探索影响农户节水抗旱稻技术采纳决策和采用时间的因素,结果表明社会网络、风险偏好对节水抗旱稻技术采纳决策与采用时间均有显著影响,其中社会网络是正向的,风险偏好是负向的^[10]。有研究基于陕西省农户的实地数据分析农业水贫困指数及其各维度对农户节水灌溉技术采纳决策的影响,认为农业水贫困指数对农户节水灌溉技术采纳决策具有显著正向影响^[11]。

针对节水技术采纳的效应,已有研究表明技术的采纳会影响到农户的种植结构乃至家庭收入等方面^[12-13]。有研究从水资源稀缺性角度出发,提出高效灌溉技术可实现单位面积粮食生产节水,但是灌溉面积扩张与种植结构变动会导致灌溉水的回弹效应,若不加以限制,节水效应将被新增用水完全抵消^[14]。也有研究表明,滴灌等高效灌溉技术的采用虽然可以保证粮食生产灌溉用水效率的提高,但是从整体流域来看,其可能并不能实现节水的目的,主要原因在于节水技术会导致下游回归水以及地下水补给的减少^[15]。针对节水技术产生的收入效应方面,已有研究围绕节水技术产生的农业收入效应展开了详细的分析。节水技术的采纳可以提高水分生产率^[16]、减少灌溉时间以及水量^[17-18]。有研究分析干旱风险冲击下农户节水灌溉技术采用对贫困发生率和贫困脆弱性的影响,发现干旱冲击是农户致贫的关键因素,节水灌溉技术显著降低农户贫困发生率和贫困脆弱性,减贫效应显著^[19]。有研究关注于农业技术对农户农业收入的影响,结论表明,当耕地规模越大,技术采纳对农户收入的正向影响越显著^[20]。针对非农收入的研究方面,有研究从劳动力转移的视角出发,认为本地非农就业可以通过采用农业节水技术进而缩小农户收入不平等^[21]。

综上所述,节水技术采纳会受到农户特征的影响,同时节水技术的采纳也会影响到农户的农业生产、家庭收入等方面。但是,节水技术采纳是通过何种机制对农户收入产生影响、技术采纳对农业与非农收入影响是否存在差异以及农户对技术感知的不同是否对家庭收入产生影响差异是一个值得关注的问题。基于此,本文从微观视角出发,利用内生转换模型分析技术采纳与价值感知是否同时影响农户农业与非农收入及其具体机制。

一、理论框架与模型设定

1. 理论分析

农户的收入会受到农户农业生产决策的影响,利润最大化是农户进行农业生产的基本目标,同时为了保持利润最大化的可持续性,农户会兼顾农业生产的环境影响,具有生态理性^[22]。基于此,本文认为农户采纳节水技术能够感知的价值应包括经济价值(非农收入、政策补贴等)与不可观测的生态价值,将其设定为 u ;将除产量变化外的经济价值与不可观测的生态价值设定为 Δu 。农户采纳节水技术会增加短期内农户进行农业生产的可变成本,这包括相关设备的投入、维护等费用,将其设定为 Δc 。在追求利润最大化决策目标的前提下,农户采纳节水技术的感知价值可表示为:

$$u = p_i q_i + \Delta u - \Delta c - c \quad (1)$$

其中, p_i 表示农产品价格, q_i 表示农产品的产量, c 为农户短期内采纳节水技术前后进行农业生产的不变成本。

考虑到节水技术在粮食生产中的推广不仅会影响到农业生产环境、农业收入,也会通过劳动力投入影响非农业收入^[21],同时相关研究表明农户进行生产决策时并不仅仅考虑利润最大化,农户进行农业生产的决策方式取决于多个目标决策同时进行^[23-24]。根据已有研究提出的多目标效用理论与分析思路^[3,25-26],本文将农户效用函数设定为:

$$\begin{aligned} \text{Max} U &= \omega_1 f_1(\cdot) + \omega_2 f_2(\cdot) + \omega_3 f_3(\cdot) \\ \text{s.t. } \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 &= 1 \quad \omega_1 > 0 \quad \omega_2 < 0 \quad \omega_3 < 0 \end{aligned} \quad (2)$$

式中,利润最大化决策目标记为 $f_1(\cdot)$,风险最小化目标记为 $f_2(\cdot)$,家庭劳动力投入最小化目标记为 $f_3(\cdot)$,各决策目标权重为 ω_1 、 ω_2 以及 ω_3 ,其绝对值大小反映的是利润最大化决策、风险最小化目标以及家庭劳动力投入最小化在农户决策中的相对重要性。

就利润最大化目标来说,农产品价格、生产成本是影响农业生产、收入的重要因素。将采纳节水技术前后的农产品价格设定为 p_0 、 p_1 ,采纳节水技术前后的产量设定为 q_0 、 q_1 ,采纳节水技术前后的价值设定为 u_0 、 u_1 。对于粮食作物来说,单个农户的农产品价格波动较小,因此假定农户采纳节水技术与否农产品价格不变,即 $p_0=p_1=p$ 。此时农户采纳技术感知价值的条件为 $u_1 \geq u_0$,即:

$$p(q_1 - q_0) + \Delta u - \Delta c \geq 0 \quad (3)$$

由公式(3)可知,农户利润最大化的决策由农户采纳节水技术前后的产量差异 q_0 、 q_1 ,采纳技术的生态价值 Δu 以及采纳技术的额外成本 Δc 决定,函数表达式可表示为:

$$f_1(\cdot) = f_1(q_0, q_1, \Delta u, \Delta c) \quad (4)$$

对农户个人而言,农户可能无法准确观测采纳技术带来的价值,只能基于自身以及家庭特征感知节水技术的价值。假设农户土地资源禀赋为 g 、受教育程度为 e 以及农户对于技术的认知程度为 d 。从现实来看,采纳节水技术可直接降低农户进行粮食生产时灌溉的经济成本,如果农户进行农业生产的土地规模越大,农户采纳节水技术获得潜在价值越高,农户可能会更倾向于采纳节水技术,提高农户技术价值的感知程度,即 $\partial[\Delta u(g) - \Delta c(g)]/\partial g > 0$ 。与此同时,农户对节水技术的接纳能力也会影响节水技术采纳的效果,节水技术的采纳可能会因技术与当地生产条件不匹配、技术自身效果欠佳导致农户农业生产上的受损。农户的受教育程度越高,农户学习节水技术的成本越低、采纳节水技术的效果更好,可能提高其预期的价值 Δu 或减少其预期技术采纳成本 Δc ,即 $\partial[\Delta u(e) - \Delta c(e)]/\partial e > 0$ 。如果农户对于技术的认知程度 d 在采纳前已处在较高水平,更容易增加农户采纳技术的潜在心理预期价值以及降低预期技术采纳成本,即 $\partial[\Delta u(d) - \Delta c(d)]/\partial d > 0$ 。

由此,可以进一步得出利润最大化的决策目标表达式。

$$\text{Max} f_1(\cdot) = f_1[y_0, y_1, \Delta u(g, e, d), \Delta c(g, e, d)] \quad (5)$$

从风险最小化目标来看,随着自身知识水平提高,对于新事物的接受能力得到提升,部分农户对于技术的认知程度 d 也随之提高。这会降低农户对于技术采纳的风险预期以及提升技术推广的实际效果,提高农户的价值感知程度,即 $\partial f_2(d)/\partial d < 0$ 。基于家庭劳动力投入最小化目标,节水技术的采纳可以同时减少农业生产中劳动力的需求,缩短农业生产时间,例如喷灌、微灌等节水技术能够减少灌溉人工投入。因此,农户对于技术的认知程度 d 越高,农户越能感知到节水技术的劳动节省价值,家庭在农业生产中投入的劳动时间以及采纳技术的学习时间越少,即 $\partial f_3(d)/\partial d < 0$ 。

此时,农户采纳节水技术的风险最小化目标与家庭劳动力投入最小化目标的函数可以表示为:

$$\omega_2 f_2(\cdot) + \omega_3 f_3(\cdot) = \omega_2 f_2(d) + \omega_3 f_3(d) \quad (6)$$

基于此,农户的效用最大化函数可以表示为:

$$\text{Max} U = \omega_1 f_1[q_0, q_1, \Delta u(g, e, d), \Delta c(g, e, d)] + \omega_2 f_2(d) + \omega_3 f_3(d) \quad (7)$$

为了简化分析,将效用函数线性化为:

$$U = p(q_1 - q_0) + \Delta u(d, g, e) - \Delta c(d, g, e) + \omega_2 f_2(d) + \omega_3 f_3(d) \quad (8)$$

此时对 g 、 e 求导可以得到:

$$\frac{\partial U}{\partial g} = \omega_1 \frac{\partial[\Delta u(g) - \Delta c(g)]}{\partial g} \quad (9)$$

$$\frac{\partial U}{\partial e} = \omega_1 \frac{\partial[\Delta u(e) - \Delta c(e)]}{\partial e} \quad (10)$$

正如上文所述, $\partial U/\partial g$ 、 $\partial U/\partial e$ 的取值均大于0,即随着土地资源禀赋以及受教育程度的提升,农户更倾向于采纳节水技术,对技术感知价值程度越高。对 d 求导可得:

$$\frac{\partial U}{\partial d} = \frac{\omega_1 \partial f_1 [\Delta u(d) - \Delta c(d)]}{\partial d} + \frac{\omega_2 \partial f_2(d)}{\partial d} + \frac{\omega_3 \partial f_3(d)}{\partial d} \quad (11)$$

由上文可知, $\partial [\Delta u(d) - \Delta c(d)] / \partial d > 0$ 、 $\partial f_2(d) / \partial d < 0$ 、 $\partial f_3(d) / \partial d < 0$ 、 $\omega_1 > 0$ 、 $\omega_2 < 0$ 以及 $\omega_3 < 0$ 。因此 $\partial U / \partial d$ 的取值也大于 0, 即随着农户对节水技术的认知程度提升, 农户更倾向于采纳节水技术, 对技术感知价值程度越高。

从上述分析可以发现, 在三大决策目标下, 农户的自身与家庭特征会影响到节水技术采纳与价值感知效果。进一步分析可以发现, 由于技术采纳之后, 采纳节水技术的农户会感知到采纳节水技术的潜在环境价值, 农户的粮食生产环境有所改善、粮食生产面临风险冲击的应对能力有所提升, 此时农户的家庭农业收入可能提高。与此同时, 从家庭劳动力投入最小化目标来看, 采纳节水技术的农户非农业收入可能也会受到影响。农户感知到采纳节水技术劳动价值的同时, 技术采纳可以减少农业生产对劳动力的需求, 缩短了农户的农业生产时间。因此农户可以投入更多劳动力于非农生产, 农户的家庭非农收入可能提高。基于此, 本文构建技术采纳、价值感知和农户收入相关理论分析框架, 如图 1 所示。

据此本研究提出如下假说:

H₁: 基于利润最大化目标, 农户的种植规模、家庭劳动力以及户主受教育水平对节水技术采纳并感知环境、劳动价值有着正向影响。

H₂: 基于风险最小化目标, 农户技术的认知程度对采纳节水技术并感知环境、劳动价值有着正向影响。

H₃: 基于利润最大化、家庭劳动力投入最小化目标, 农户采纳节水技术并感知环境、劳动价值对农户的家庭农业收入与非农收入有着正向影响。

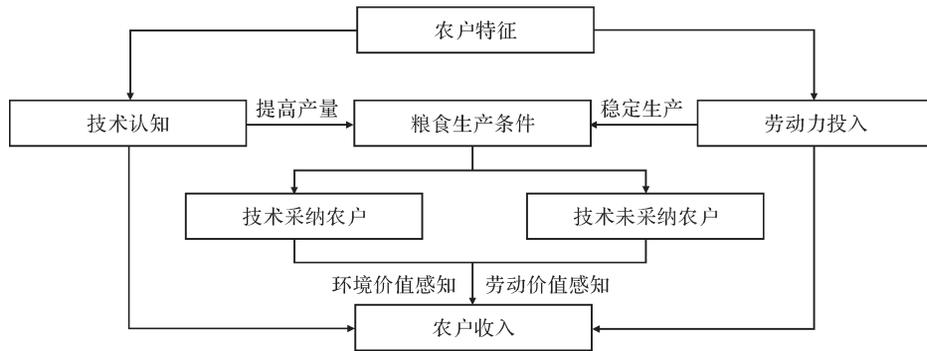


图 1 理论框架

2. 内生转换模型设定

在理论分析的基础上, 构建如下粮食生产条件与农户收入效应的基本模型:

$$y_i = \alpha_i tech_i + \beta x_i + \delta r_i + \mu_i \quad (12)$$

其中 y_i 表示农户家庭人均收入, $tech_i$ 表示农户是否采纳节水技术并感知技术价值, x_i 为农户个人特征(年龄、性别、受教育程度、劳动力、风险偏好等)、家庭特征(家庭劳动力)、生产特征(耕地面积、兼业生产)等变量。 r_i 为其他控制变量(节水技术认知情况等), μ_i 是随机扰动项。

由于实际中农户灌溉技术采用与否的生产决策会受到自身特征、风险厌恶以及生产预期等相关因素的影响, 若直接基于外生性假设对已设定的模型进行回归分析, 估计结果极易因估计样本中存在的“自选择”问题导致“内生性”的存在^[14]。考虑到农户节水技术采纳感知价值组与未感知组之间粮食生产条件存在差异, 本研究采用内生转换模型进行回归分析, 通过对处理组和对照组进行反事实分析, 差异化评价节水技术采纳价值感知组与未感知组农户收入的影响效应。其优势在于可有效解决由不可观测因素带来的样本选择偏误。内生转换模型具体设定如下:

节水技术是否采纳并感知价值的行为方程:

$$tech_i = \gamma z_i + \epsilon_i \quad (13)$$

其中 z_i 表示影响农户节水技术是否采纳并感知技术价值的解释变量, 具体包括农户的个人特征、

生产特征与家庭特征等, ε_i 为随机扰动项; 同时基于保证内生转换模型的可识别性, 引入农户节水技术态度变量作为工具变量, 即农户是否认为节水技术容易掌握。一方面, 认为节水技术容易掌握的农户会主动了解节水技术的特点与作用, 更加倾向于在生产中主动采纳节水技术并感知到技术价值; 另一方面, 农户对节水技术的态度主要代表了农户对于节水技术可掌握程度的评价, 只有当农户认为节水技术容易掌握并且采纳节水技术, 农户节水态度才会有可能与农户收入产生联系, 且如果农户认为节水技术不易掌握, 他们采纳节水技术的可能性较低。基于以上模型设定, 将农户分为感知组 ($tech=1$) 与未感知组 ($tech=0$), 其农户收入影响方程可以分为两个收入效应结果方程:

$$y_{1i} = \beta_1 x_{1i} + \delta_1 r_{1i} + \mu_{1i}, \text{ if } tech = 1 \quad (14)$$

$$y_{2i} = \beta_2 x_{2i} + \delta_2 r_{2i} + \mu_{2i}, \text{ if } tech = 0 \quad (15)$$

其中, y_{1i} 和 y_{2i} 分别表示感知组和未感知组农户的家庭人均收入; 基准模型中 x 的各种解释变量由 x_{1i} 和 x_{2i} 表示; 两组的随机扰动项分别为 μ_{1i} 与 μ_{2i} 。由于分析中可能存在不可观测因素的影响, 导致行为选择方程与结果方程之间的随机扰动项可能存在相关性, 因此需要通过引入逆米尔斯比率 (λ) 对模型进行修正。具体步骤为:

首先, 采用 Probit 模型估计行为选择方程, 将计算得到的逆米尔斯比率 (λ_1, λ_2) 以及协方差 $\sigma_{1\mu} = cov(\mu, \mu_1)$ 和 $\sigma_{2\mu} = cov(\mu, \mu_2)$ 分别引入收入效应方程, 转化得到如下两个方程:

$$y_{1i} = \beta_1 x_{1i} + \delta_1 r_{1i} + \mu_{1i} \lambda_1 + \mu_1, \text{ if } tech = 1 \quad (16)$$

$$y_{2i} = \beta_2 x_{2i} + \delta_2 r_{2i} + \mu_{2i} \lambda_2 + \mu_2, \text{ if } tech = 0 \quad (17)$$

其次, 采用完全信息极大似然估计 (FIML) 同时估计式 (13)、(16) 与 (17), 即可得到无偏一致估计量并提升有效性^[27]。当行为方程与收入效应方程中扰动项的相关系数 ($\rho_{1\mu}, \rho_{2\mu}$) 在统计意义上显著, 则表明农户采纳节水技术并感知技术价值的行为与农户收入相关, 对于样本的选择偏差进行纠正是有必要的。

基于以上分析, 对节水技术采纳感知组与未感知组的家庭人均收入进行反事实分析, 即可得到节水技术采纳并感知技术价值对农户家庭人均收入影响的平均处理效应。

感知组的人均收入条件期望值 (处理组):

$$E[y_{1i}|tech=1] = \beta_1 x_{1i} + \delta_1 r_{1i} + \mu_{1i} \lambda_1, \text{ if } tech = 1 \quad (18)$$

未感知组的人均收入条件期望值 (控制组):

$$E[y_{2i}|tech=0] = \beta_2 x_{2i} + \delta_2 r_{2i} + \mu_{2i} \lambda_2, \text{ if } tech = 0 \quad (19)$$

处理组和控制组的人均收入反事实条件下的期望值分别为:

$$E[y_{2i}|tech=1] = \beta_2 x_{1i} + \delta_2 r_{1i} + \mu_{2i} \lambda_1, \text{ if } tech = 1 \quad (20)$$

$$E[y_{1i}|tech=0] = \beta_1 x_{2i} + \delta_1 r_{2i} + \mu_{1i} \lambda_2, \text{ if } tech = 0 \quad (21)$$

处理组的平均处理效应 (average treatment effect on the treated, ATT), 即感知组农户家庭人均收入的平均处理效应, 可通过公式 (19) 与公式 (21) 得到^[28]:

$$ATT = E[y_{1i}|tech=1] - E[y_{2i}|tech=1] \quad (22)$$

同样地, 对照组的平均处理效应 (average treatment effect on the untreated, ATU), 即未感知组农户家庭人均收入的平均处理效应, 可根据公式 (21) 与公式 (19) 得到:

$$ATU = E[y_{1i}|tech=0] - E[y_{2i}|tech=0] \quad (23)$$

根据计算所得的两个处理效应, 可以分析采纳节水技术并是否感知技术价值的收入效应。

二、数据来源与变量选择

1. 数据来源

本文使用的数据来自课题组于 2021 年 6—7 月在河北、山东和河南三省开展的农户调研。冀鲁豫三省是北方粮食主产区的重要组成部分, 根据相关数据显示, 三省粮食产量占全国总产量的比重达到了 24%, 是国家重要的粮食生产基地。本次调研采用分层抽样与随机抽样相结合的方式对冀鲁

豫三大粮食主产区展开调研。选择冀鲁豫三大粮食主产区作为调研省份,然后在每个省抽取两个产粮大县(区),采用随机抽样方法在每个县抽取2~3个行政村,每个行政村抽取15~20户农户,共涉及三省6县21镇44村。调研采取结构化问卷的方式获取样本数据,调查内容涵盖了粮食种植户家庭基本情况、成本收益情况、各类节水技术认知与采纳情况、水资源认知与利用情况和所在村基本信息等,经过搜集整理之后共获得符合研究所需的样本共579份。

农业生产中采用的技术繁多,本文以农业生产技术中的节水技术为例,分析其在推广运用中的增收效应。节水技术包括滴灌、喷灌等现代技术以及地下管道、渠道防渗等传统技术。

2. 变量定义与描述性统计

参考已有研究^[29],本文被解释变量为农户家庭农业收入与非农收入,其中在分析技术环境价值感知时,被解释变量为农户家庭人均农业收入,农户家庭农业收入来源以种植业为主;分析技术劳动价值感知时,被解释变量为农户家庭人均非农收入,非农收入主要来源为外出务工、非农经营以及财产性收入等。核心解释变量为农户采纳节水技术并感知技术的价值,根据上述理论分析,将核心变量具体分为技术环境价值感知与技术劳动价值感知,即农户采纳节水技术并感知到技术改善生产环境的潜在价值以及农户采纳节水技术感知技术节省农业生产劳动力的价值。在农户技术采纳决策的相关研究中,常用方式是采用虚拟变量进行量化^[30]。本研究中,如果农户采用滴(喷、微)灌、渠道防渗、地下管道以及集雨设施的一种或多种节水灌溉技术,且自身粮食生产环境(粮食生产用水量、粮食生产土壤质量等)得到改善,则将其纳入环境感知组,对变量赋值为1;若未采用技术或采用技术、自身粮食生产环境未得到改善,变量赋值为0;节水技术劳动价值感知指的是农户采用节水技术且感知到劳动力投入因此减少,对变量赋值为1;反之为0。其他相关变量及定义如表1所示。

表1 变量选取及含义

变量类别	变量名称	变量含义
被解释变量	家庭人均农业收入	该年度家庭人均农业收入/元
	家庭人均非农收入	该年度家庭人均非农业收入/元
解释变量	技术环境价值感知	采纳技术并感知技术改善环境的价值=1;否=0
	技术劳动价值感知	采纳技术并感知技术节省劳动的价值=1;否=0
控制变量	年龄	家庭户主年龄
	性别	家庭户主性别:男=1;女=0
	粮食生产劳动力	家庭从事粮食生产的劳动力数
	种植年限	家庭户主种植年限/年
	兼业	家庭成员是否兼业生产:是=1;否=0
	受教育程度	家庭户主受教育年限/年
	耕地面积	家庭耕地规模/亩
	风险偏好	家庭户主风险偏好:风险偏好=1;否=0
	节水技术认知	节水技术认知情况:了解=1;否=0
	节水技术态度	节水技术认知态度:认为节水技术可掌握=1;否=0

分组比较可知,环境价值感知组农户家庭人均农业收入均值为5937.644元、未感知组为5801.678元,说明环境感知组与未感知组家庭人均农业收入存在一定的差距;同理,劳动价值感知组农户家庭人均非农业收入均值为6242.259元、未感知组为4803.815元,说明感知组与未感知组家庭人均非农业收入也存在一定的差距。解释变量则包括农户个人特征(年龄、受教育程度、劳动力、风险厌恶等)、家庭特征(粮食生产劳动力)、生产特征(耕地面积、兼业生产)等,具体变量的描述性统计如表2所示。

三、实证分析

实证分析中,本研究首先运用内生转换模型分析价值感知对农户家庭人均农业收入的影响效

表2 主要变量的描述性统计分析

变量	环境感知组均值	环境未感知组均值	劳动感知组均值	劳动未感知组均值
家庭人均收入	5937.644	5801.678	6242.259	4803.815
年龄	59.271	61.738	61.658	59.469
性别	0.780	0.808	0.817	0.767
粮食生产劳动力	1.996	1.787	1.904	1.829
种植年限	34.839	37.770	35.604	37.898
兼业	0.665	0.606	0.659	0.592
受教育程度	6.585	6.411	6.934	5.865
耕地面积	18.751	20.959	22.219	17.116
风险偏好	0.415	0.309	0.398	0.290
节水技术认知	0.500	0.271	0.530	0.139
节水技术态度	0.754	0.402	0.754	0.261

应,在此基础上构建反事实分析框架,估计价值感知的收入效应。

1. 环境价值感知对农户农业收入的影响效应

表3展示了采纳节水技术感知环境价值的决策方程以及采纳节水技术感知环境价值对农户收入影响效应的内生转换回归估计结果。 ρ_{1t} 结果以及LR检验结果在10%显著性水平上显著不为0,可以说明从模型适用性检验来看,行为决策方程与影响效应方程之间存在相互关联性,对样本选择偏差进行纠正是有必要的,表明本研究采用内生转换模型是合适的。

从行为选择方程的估计结果来看,可以发现,从选择方程来看,劳动力投入对采纳技术感知环境价值存在显著的正向影响,这与假说H_{1a}一致。可能的解释是,从事粮食生产的农户中,如果家庭从事粮食生产的劳动力越多,其更加重视粮食生产方式的改变,更加愿意引入新技术改善粮食生产环境,以提高家庭农业收入。节水技术态度对采纳技术感知环境价值存在显著的正向影响,符合假说H_{1b}的假设。此外,种植年限、耕地面积对采纳技术感知环境价值存在显著的负向影响。可以说明,对于农户采纳节水技术是否感知到环境变化来说,劳动力投入越多、技术认知程度越高、技术推广学习时间越长,越能发挥其增产作用,种植年限越长、耕地面积越多,越会限制其作用。

从影响效应的估计结果来看,兼业生产对两组农户的家庭人均农业收入有着显著的负向影响,说明从事兼业生产对农业收入存在不利影响;耕地面积对两组农户的家庭人均农业收入均有着显著的正向影响,说明粮食生产土地要素投入越多,其家庭农业收入越高。可以说明,当前粮食生产与技术采纳中,耕地面积、劳动力质与量仍是影响粮食生产与农业收入的重要因素。

表3 环境价值感知基准模型回归结果 N=579

变量	(1) 环境感知组	(2) 环境未感知组	(3) 选择方程
年龄	-0.062 (-0.12)	-0.228 (-0.64)	-0.135 (-0.44)
性别	-0.424** (-2.01)	-0.001 (-0.00)	-0.276* (-1.83)
粮食生产劳动力	-0.333** (-2.01)	-0.219 (-1.37)	0.296** (2.49)
种植年限	0.001 (0.01)	0.166 (1.26)	-0.167* (-1.63)
兼业	-0.615*** (-3.49)	-0.572*** (-3.92)	-0.046 (-0.38)
受教育程度	0.030 (1.32)	0.036* (1.87)	-0.009 (-0.58)
耕地面积	0.672*** (7.73)	0.683*** (7.77)	-0.206*** (-3.51)
风险偏好	0.192 (1.11)	-0.062 (-0.38)	0.250** (2.06)
节水技术认知	0.082 (0.48)	0.236 (1.07)	0.155 (1.18)
节水技术态度			0.876*** (6.55)
常数项	7.268*** (3.49)	7.176*** (5.02)	0.798 (0.67)
对数似然值		-1282.968	
ρ_{1t} 或 ρ_{2t}	0.261*	0.044	
LR检验		2.75*	

注:表中家庭人均收入、年龄、劳动力等连续变量均做了对数处理;括号内为对应的z统计量;***、**和*分别表示在1%、5%和10%水平上显著,下表同。

2. 环境价值感知的农业收入效应

基于反事实分析框架,估计农户采纳节水技术并感知环境价值的收入效应,将结果汇总为表4,同时为更形象地描述收入效应,绘制两组农户

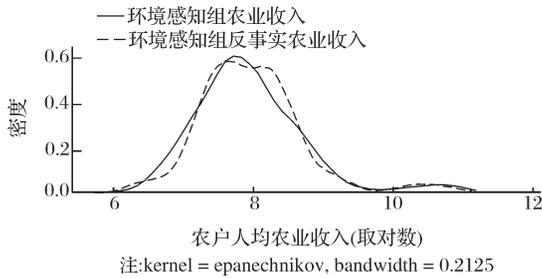


图2 环境感知组与未感知组的家庭人均农业收入概率密度

在事实与反事实情境下的概率密度分布图,如图2。可以看出,对数形式下,农户采纳技术并感知环境价值组家庭人均农业收入在现实与反事实状况下的收入分别为7.983和7.951,即农户家庭人均农业收入的平均处理效应ATT为0.032;同理,环境未感知组的平均处理效应ATU为0.418,这与假说H₃一致。可以说明,如果假设感知组农户无法感知到环境价值,农业收入会有所降低;假设环境未感知组农户能够采纳节水技术并感知环境价值,农业收入会因此提高。

3. 劳动价值感知对农户非农收入的影响效应

基于上文,考虑到采纳节水技术采纳可能会通过影响劳动力投入,改变农户的家庭非农收入,本文进行进一步的分析。表5展示了采纳节水技术感知劳动价值的决策方程以及劳动价值感知对农户非农收入影响效应的内生转换模型回归估计结果。从模型适用性检验来看, ρ_{2t} 和LR检验结果在1%显著性水平上显著不为0,可以说明行为决策方程与影响效应方程之间存在相互关联性,对样本选择偏差进行纠正是有必要的,表明本研究采用内生转换模型是合适的。

从行为选择方程的估计结果来看。可以发现,劳动力投入、受教育程度、技术认知、节水技术态度对采纳节水技术感知劳动价值有着显著的正向作用,耕地面积则有着显著的负向作用,这与前文基本一致。可以说明,从事农业生产的劳动力越多、受教育程度越高、技术认知越高、认为节水技术的可掌握程度越高、在采纳节水技术之后,减少劳动力投入效应越强。耕地面积则反之。

从影响效应估计结果来看,从劳动价值感知组来看,种植年限、兼业生产对家庭非农业收入有着显著的正向作用,劳动力投入则有着显著的负向作用;未感知组中,兼业生产、耕地面积有着显著的正向作用。可以说明,进行兼业生产会显著提高家庭非农业收入,对于采纳节水技术的农户来说,种植年

表4 环境价值感知的农业收入效应

组别	感知环境价值	未感知环境价值	ATT	ATU
环境感知组	7.983	7.951	0.032***	
环境未感知组	8.108	7.690		0.418***

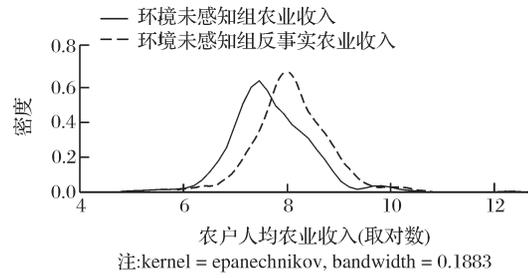


表5 劳动价值感知基准模型回归结果 N=574

变量	(1) 劳动感知组	(2) 劳动未感知组	(3) 选择方程
年龄	-0.832 (-1.23)	-1.165 (-0.95)	0.524 (1.34)
性别	0.362 (0.99)	0.170 (0.38)	-0.103 (-0.70)
粮食生产劳动力	-0.661** (-2.22)	-0.615* (-1.71)	0.238** (1.99)
种植年限	0.542** (2.11)	0.047 (0.16)	-0.034 (-0.33)
兼业	8.494*** (29.02)	9.115*** (24.64)	0.125 (1.02)
受教育程度	-0.019 (-0.49)	-0.068 (-1.41)	0.037** (2.31)
耕地面积	-0.165 (-1.20)	0.517*** (2.72)	-0.147*** (-2.55)
风险偏好	-0.324 (-1.15)	0.240 (0.61)	0.080 (0.65)
节水技术认知	0.194 (0.59)	-2.117*** (-4.32)	0.695*** (5.16)
节水技术态度			0.684*** (6.10)
常数项	2.550 (0.94)	1.790 (0.38)	-2.467* (-1.64)
对数似然值		-1606.982	
ρ_{1t} 或 ρ_{2t}	-0.093	-0.908***	
LR检验		32.69***	

限越长的农户,非农业收入越高。对于未采纳节水技术的农户来说,耕地面积越大,非农业收入越高。

4. 劳动价值感知的非农收入效应

基于反事实分析框架,估计农户采纳节水技术并感知劳动价值的非农收入效应,将结果汇总为表6,同时为更形象地描述收入效应,绘制两组农户在事实与反事实情境下的概率密度分布图,如图3。

可以看出,对数形式下,劳动价值感知组农户家庭人均非农业收入在现实与反事实状况下的收入分别为5.930和1.034,即农户家庭人均农业收入的平均处理效应 ATT 为4.896;同理,未感知组的平均处理效应 ATU 为0.570,符合假说 H_3 的分析。这说明,如果假设感知组农户无法感知到劳动价值,非农业收入会显著降低;假设未感知组农户采纳节水技术并感知到劳动价值,非农业收入会显著提高。

表6 劳动价值感知的非农收入效应

组别	感知劳动价值	未感知劳动价值	ATT	ATU
劳动感知组	5.930	1.034	4.896***	
劳动未感知组	5.614	5.044		0.570***

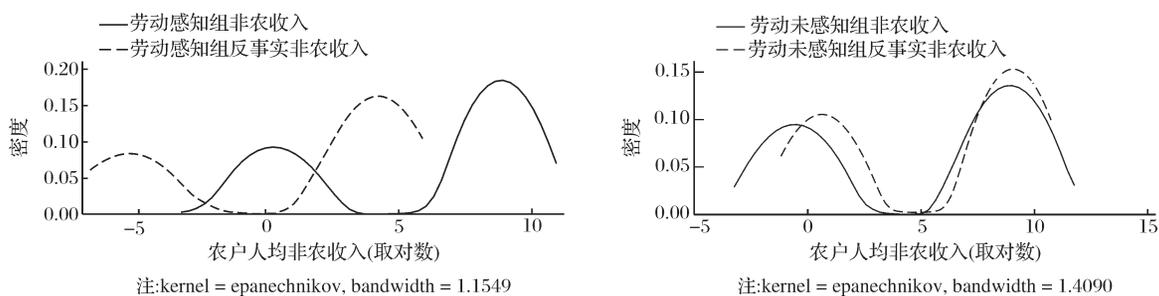


图3 劳动感知组与未感知组的家庭人均非农业收入概率密度

四、结论与政策建议

技术采纳是提升农户家庭收入的主要影响因素,先进农业技术的采用会对农户产生一系列的影响,农业技术的采用不仅关乎农户的粮食生产能力,还会影响农户的成本收益乃至家庭收入等方面。基于微观视角,通过对采纳节水技术并感知技术价值的农户进行分析,利用内生转换模型实证分析技术采纳之后的技术价值感知对农户收入的影响效应和作用机制,以检验技术采纳产生的农业与非农收入效应。主要结论如下:

(1) 农户劳动力投入、技术的认知程度对农户采纳节水技术感知技术的环境与劳动价值有着显著的正向影响。具体来说,劳动力投入越多、技术认知程度越高、技术推广学习时间越长,越能发挥技术的增产作用;种植年限越长、耕地面积越多,越会限制其作用。

(2) 在能否感知技术采纳价值的农户之间,农户特征对家庭农业与非农收入的影响存在差异。受教育程度、兼业生产对两组农户的家庭人均农业收入均有着显著的负向影响、耕地面积对两组农户的家庭人均农业收入均有着显著的正向影响;种植年限、兼业生产对家庭非农业收入有着显著的正向作用,劳动力投入则有着显著的负向作用。

(3) 农户采纳节水技术并感知环境、劳动价值有利于农户家庭农业与非农收入的增长。农户采纳技术并环境、劳动价值感知组家庭人均农业、非农收入在反事实未感知价值状况下均会出现显著下降;未感知组农户家庭收入在反事实感知价值状况下均会显著提升。

基于上述研究结论,得出如下的对策建议:第一,将“藏粮于技”“藏粮于水”进行结合,纳入农业支持政策。研究表明,北方粮食主产区农业节水技术的推广有利于保障农户的种粮收益,因此,在农业支持政策的进一步调整与完善中,应进一步注重主产区粮食生产环境以及相关技术的特点。第二,加大节水技术的推广并完善后续技术支持服务,提高技术覆盖率。应通过资金补助、政策宣传等方式提高节水技术的推广普及,并在此基础上做好技术的后续支持服务,推动农户主动采纳节水技术的主观能动性,让节水技术更好地发挥农业生产的增益效应。第三,增加农村劳动力的人力资本

积累。应根据不同地区农户个人特征的差异因地制宜增加农村劳动力的人力资本积累。例如,在受教育程度较低的地区,借助正规教育提高农户的受教育水平;在受教育程度较高的地区,利用技术推广培训以及专业技术指导等方式,提升农户对节水技术的认知水平,更好地发挥节水技术的增收效应。第四,根据农户以及家庭不同特征,制定差异化节水技术推广措施。根据农户以及家庭不同特征,推动差异化节水技术措施实施落地。应发挥节水技术对于种植规模较大农户在水资源投入以及农业收入方面的积极影响,以及对于小规模农户在劳动力投入以及非农收入方面的积极影响。

参 考 文 献

- [1] 罗雪英,蔡雪雄.日本国家创新体系的构建与启示——基于科技-产业-经济互动关系的分析[J].现代日本经济,2021,40(1):72-82.
- [2] 郭豪杰,张薇,郑兆峰,等.农户亲环境行为动机拥挤效应检验——来自云南省1050份农户调研证据[J].干旱区资源与环境,2021,35(4):38-45.
- [3] 陈宏伟,穆月英.政策激励、价值感知与农户节水技术采纳行为——基于冀鲁豫1188个粮食种植户的实证[J].资源科学,2022,44(6):1196-1211.
- [4] SUÁREZ-VARELA M, MARTÍNEZ-ESPÍNEIRA R, GONZÁLEZ-GÓMEZ F. An analysis of the price escalation of non-linear water tariffs for domestic uses in Spain[J]. Utilities policy, 2015, 34: 82-93.
- [5] 许朗,刘金金.农户节水灌溉技术选择行为的影响因素分析——基于山东省蒙阴县的调查数据[J].中国农村观察,2013(6):45-51,93.
- [6] 乔丹,陆迁,徐涛.社会网络、推广服务与农户节水灌溉技术采用——以甘肃省民勤县为例[J].资源科学,2017,39(3):441-450.
- [7] 乔丹,陆迁,徐涛.社会网络、信息获取与农户节水灌溉技术采用——以甘肃省民勤县为例[J].南京农业大学学报(社会科学版),2017,17(4):147-155,160.
- [8] 李丰.稻农节水灌溉技术采纳行为分析——以干湿交替灌溉技术(AWD)为例[J].农业技术经济,2015(11):53-61.
- [9] 黄腾,赵佳佳,魏娟,等.节水灌溉技术认知、采用强度与收入效应——基于甘肃省微观农户数据的实证分析[J].资源科学,2018,40(2):347-358.
- [10] 毛祥东,陈培哲,张莉侠.社会网络、风险偏好与节水抗旱稻技术采纳行为研究——基于Heckman样本选择模型的实证分析[J].四川农业大学学报,2022,40(4):625-632.
- [11] 张华,王礼力.农业水贫困对农户节水灌溉技术采纳决策的影响[J].干旱区资源与环境,2020,34(12):105-109.
- [12] 钱龙,饶清玲,刘同山.节水灌溉技术采纳对种植结构“非粮化”的影响——基于黄淮海地区的调查[J].农村经济,2022(10):47-55.
- [13] 陈宏伟,穆月英.节水灌溉设施的粮食生产增效机制[J].华南农业大学学报(社会科学版),2021,20(4):76-89.
- [14] 徐依婷,穆月英,侯玲玲.水资源稀缺性、灌溉技术采纳与节水效应[J].农业技术经济,2022(2):47-61.
- [15] WARD F A, PULIDO-VELAZQUEZ M. Water conservation in irrigation can increase water use[J]. Proceedings of the national academy of sciences, 2008, 105(47): 18215-18220.
- [16] 郭亚军,邱丽萍,姚顺波.节水灌溉技术对农户农业收入影响分析[J].经济问题,2022(4):93-100.
- [17] HUANG Q Q, WANG J X, LI Y M. Do water saving technologies save water? Empirical evidence from North China[J]. Journal of environmental economics and management, 2017, 82: 1-16.
- [18] REJESUS R M, PALIS F G, RODRIGUEZ D G P, et al. Impact of the alternate wetting and drying (AWD) water-saving irrigation technique: evidence from rice producers in the Philippines[J]. Food policy, 2011, 36(2): 280-288.
- [19] RAHMAN M R, BULBUL S H. Adoption of water saving irrigation techniques for sustainable rice production in Bangladesh[J]. Environment and ecology research, 2015, 3(1): 1-8.
- [20] 胡伦,陆迁.干旱风险冲击下节水灌溉技术采用的减贫效应——以甘肃省张掖市为例[J].资源科学,2018,40(2):417-426.
- [21] 陈宏伟,穆月英.劳动力转移、技术选择与农户收入不平等[J].财经科学,2020(8):106-117.
- [22] 徐涛,赵敏娟,李二辉,等.技术认知、补贴政策对农户不同节水技术采纳阶段的影响分析[J].资源科学,2018,40(4):809-817.
- [23] ROBISON L J. An appraisal of expected utility hypothesis tests constructed from responses to hypothetical questions and experimental choices[J]. American journal of agricultural economics, 1982, 64(2): 367-375.
- [24] 刘莹,黄季焜.农户多目标种植决策模型与目标权重的估计[J].经济研究,2010,45(1):148-157,160.
- [25] 刘莹,黄季焜,王金霞.水价政策对灌溉用水及种植收入的影响[J].经济学(季刊),2015,14(4):1375-1392.
- [26] 陈雪婷,黄炜虹,齐振宏,等.生态种养模式认知、采纳强度与收入效应——以长江中下游地区稻虾共作模式为例[J].中国农村经济,2020(10):71-90.
- [27] 冯志坚,莫旋.养老保险对乡城流动人口劳动供给的影响——基于内生转换回归模型的分析[J].人口与经济,2019(4):14-29.

- [28] LOKSHIN M, SAJAIA Z. Maximum likelihood estimation of endogenous switching regression models [J]. The stata journal, 2004, 4(3):282-289.
- [29] 段培,刘润,陈绳栋,等.节水灌溉服务支付决策与农户收入——基于新疆生态脆弱区的调查[J].资源科学,2022,44(4):833-846.
- [30] 聂英,董娜,孔祥露.基于Logistic模型的农户节水技术选择行为研究[J].统计与决策,2015(10):92-95.

The Influence of Water-Saving Technologies Adoption and the Value Perception on Farmers' Income

DONG Kai, MU Yueying

Abstract The adoption of agricultural technology not only bears relevance to farmers' grain production capacity but also holds the potential to impact their cost-benefit outcomes and overall household income. From a micro perspective this study conducts an analysis of farmers who have embraced modern agricultural water-saving techniques while perceiving the value of such technology. The empirical investigation employs an endogenous transformation model to explore the impact and mechanism of technology adoption and value perception on farmers' income. The primary findings are as follows. Firstly, there is a significant positive correlation between farmers' labor input and their level of technological awareness concerning the adoption and perception of water-saving techniques. Secondly, among those who perceive the value of water-saving technology adoption, variations exist in the influence of farmers' personal characteristics on household agricultural and non-agricultural income. Thirdly, farmers' positive perception of technology adoption and labor value contributes to the growth of both household agricultural and non-agricultural income. Therefore, the authors propose several policy implications. At first, it is necessary to include agricultural support policies so as to further promote water-saving technologies and improve subsequent technical support services. Then, efforts should be made to bolster the accumulation of human capital among rural labor forces. Moreover, policy measures should be formulated focusing on differentiated water-saving technology promotion.

Key words water-saving technology adoption; value perception; agricultural income; off-farm income

(责任编辑:王 薇)