

常向阳,魏昭颖.设施蔬菜水肥一体化技术的化肥利用效率及农户采纳行为——以山东省潍坊市为例[J].江苏农业科学,2017,45(9):324-327.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.09.084

# 设施蔬菜水肥一体化技术的化肥利用效率 及农户采纳行为 ——以山东省潍坊市为例

常向阳,魏昭颖

(南京农业大学经济管理学院,江苏南京 210095)

**摘要:**当前农业生产中化肥利用效率低下,水肥一体化技术作为一项资源节约型技术,近年来受到国家重视。以设施蔬菜为研究对象,以山东省潍坊市为例,基于随机前沿生产函数,采用单要素测算方法,研究了设施蔬菜中水肥一体化技术的化肥利用效率与该技术被采纳的影响因素。结果表明,农户技术效率平均值为 0.71,化肥利用效率大大低于技术效率,平均值仅为 0.21,水肥一体化技术采纳户相对于未采纳户技术效率和化肥利用效率都有明显提升,化肥利用效率提高更为显著,平均值提高到 0.42;设施蔬菜种植收入占农户农业收入的比例对技术采纳有关键的正向影响。因此应从专职设施蔬菜种植户开始,加大水肥一体化技术推广力度,并发挥好各类农业生产组织的引导作用。

**关键词:**设施蔬菜;水肥一体化技术;化肥利用效率;采纳

**中图分类号:** F323.3    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1002-1302(2017)09-0324-04

农业生产中水资源以及化肥的大量使用对我国农业的发展起到了极大的推动作用。我国水资源严重紧缺,每年农业灌溉用水缺口超过 300 亿  $\text{m}^3$ ,因缺水约有 667 万  $\text{hm}^2$  农田得不到灌溉。2014 年主要粮食作物化肥利用率只有 35.2%<sup>[1]</sup>。2000—2014 年,农业用水量一直占用水总量的 60% 以上。1978 年我国化肥施用量仅 884 万 t,至 2014 年已达到 5 996 万 t,并且呈逐年增长趋势<sup>[2]</sup>。长期的农业生产过程中,化肥过量施用、水资源浪费等问题日趋严重。近年来,农业生产要素过量使用问题逐渐受到国家和社会的关注。2014 年中央一号文件《关于全面深化农村改革加快推进农业现代化的若干意见》,提出建立农业可持续发展长效机制。化肥过量施用的问题在设施农业中尤为突出。此外,由于近年来一些地区连续干旱,资源的高效利用成为农业持续发展的重要保障,因此要素节约技术推广十分重要。水肥一体化技术是指利用管道灌溉系统,将肥料溶解在水中,同时进行灌溉与施肥,适时、适量地满足农作物对水分和养分的需求,实现水肥同步管理和高效利用的节水农业技术<sup>[3]</sup>。2016 年农业部印发了《推进水肥一体化实施方案(2016—2020 年)》,以加快推广水肥一体化技术建设,并制定了新增推广面积、节水节肥的具体目标,旨在建立资源节约的农业可持续发展体系。

近年来,国内学者对农户的可持续发展农业技术采纳的研究主要集中在保护性耕作技术、测土配方技术、绿色农药等

方面。在农户技术采纳行为的影响因素研究中,国外学者从农户视角开展的农业技术选择影响因素的研究较多。Schultz 认为,制度是影响农户接受新技术速度的重要解释变量。Rogers 认为,农户采纳新技术行为的时间分布符合“S”曲线,在不同阶段具有不同的采纳行为决策<sup>[4]</sup>。国内学者从 20 世纪 80 年代中期开始对农户技术选择进行定性研究,主要是运用理论分析与对比分析。目前国内关于农户技术选择的研究集中在定量方面。实证方面的研究主要分为 2 种,一种是从采纳结果的角度来分析采纳行为,另一种是从农户采纳创新的速度与强度角度去探讨。但是目前国内的技术采纳和效率研究主要集中在粮食作物,并且对于水肥一体化技术的经济学研究还较少。今后 5~10 年,设施农业将迎来高速发展期。山东省潍坊市是我国最大的大棚蔬菜生产与交易基地<sup>[5]</sup>。本研究在传统设施农业发展较为成熟的状态下,分析潍坊市设施蔬菜中番茄的水肥一体化技术的化肥利用效率与该技术被采纳的影响因素,旨在探讨该项技术的当前采纳现状与效率,并为该项节水节肥技术的农业推广提供政策参考。

## 1 模型构建与数据来源

### 1.1 化肥利用效率的模型构建

采用 Reinhard 等的单要素效率测算方法<sup>[6-7]</sup>和 Battese 等的随机前沿生产函数模型<sup>[8]</sup>来评估化肥利用效率及技术效率,化肥的利用效率以技术效率为基础,假设  $Y_i$  是第  $i$  个农户的农业产出,那么随机前沿生产函数(SFA)模型可以表示为:

$$Y_i = f(X_{ij}, F_i; \beta) \exp(v_i - \mu_i) \quad (1)$$

式中: $i=1,2,3,\dots,N$ ,表示第  $i$  个农户; $X_{ij}$  表示第  $i$  个农户除化肥投入量之外的第  $j$  种投入要素; $F_i$  表示化肥施用量; $\beta$  为待估参数; $v_i \sim N(0, \sigma_v^2)$ ,  $v_i$  是随机误差项,反映不可控因素

收稿日期:2016-11-05

基金项目:国家社会科学基金重大项目(编号:11&ZD046);江苏省高校哲学社会科学研究重点项目(编号:2012ZDIXM019);江苏省高校优势学科建设工程。

作者简介:常向阳(1964—),女,甘肃酒泉人,博士,教授,研究方向为农业技术经济。

通信作者:魏昭颖,硕士研究生。E-mail:weizysd@163.com。

对产量的随机影响; $\mu_i$  服从半正态分布,并且独立于  $X_{ij}$  和  $v_i$ , 当  $\mu_i=0$  时,生产技术有效。所以第  $i$  个农户的生产技术效率水平( $TE_i$ )表示为:

$$TE_i = \frac{Y_i}{\hat{Y}_i} = \frac{Y_i}{f(X_{ij}, F_i; \beta) \exp(v_i)} = \exp(-\mu_i)。(2)$$

农户的生产技术效率衡量的是现有产出与实际产出之间的差距,也就是在现有技术水平下能够达到的最大产出能力。本研究的  $f(\cdot)$  采用对数形式的 C-D 函数,具体模型如下:

$$\ln Y_i = \beta_0 + \sum_j \beta_j \ln X_{ij} + \beta_f \ln F_i + v_i - \mu_i。(3)$$

式中: $Y_i$  为第  $i$  个农户蔬菜总产值; $j=1,2,3,\cdots,N$ ,包括种子、农膜、农药、化肥、水电、机械和人工投入费。通过极大似然估计法对参数进行估计<sup>[9]</sup>,假设  $\sigma^2 = \sigma_\mu^2 + \sigma_v^2, \gamma = \sigma_\mu^2 / \sigma^2$ , 则化肥利用效率( $FE_i$ )如下:

$$FE_i = \exp(-\mu_i / \beta_f)。(4)$$

1.2 技术选择的影响因素模型

农户农业技术的采纳属于离散选择问题,因变量是二分类变量,因此该部分选择概率模型 Logistic 模型。模型设定如下:

$$P = F(y=1|X) = 1 / (1 + e^{-\gamma})。(5)$$

式中: $y$  代表农户水肥一体化技术的采纳行为,当农户选择该技术时, $y=1$ ,反之  $y=0$ ;  $P$  表示农户选择该技术的概率;  $X_i(i=1,2,\cdots,n)$  为自变量中影响农户采纳技术的因素。 $\gamma$

是变量  $X_i(i=1,2,\cdots,n)$  的线性组合,即:

$$y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \cdots + b_i X_i。(6)$$

式中: $b_i(i=1,2,\cdots,n)$  为第  $i$  个解释变量的回归系数。对  $p/(1-p)$  进行对数变换,得到 Logistic 模型的表达式为:

$$\ln \frac{p}{1-p} = \beta_0 + \sum_{j=1}^m \beta_j X_{ij}。(7)$$

式中: $\beta_0$  为常数项; $\beta_j$  为各自变量系数,反映自变量对因变量的影响方向及影响程度。

1.3 数据来源

数据来自于本课题组 2016 年 4 月对山东省潍坊市农户的实地调研。具体调研地点为潍坊市寿光市稻田镇、纪台镇,每镇随机选择 5 村,共调研 285 份,剔除数据缺失及本研究关键变量的错误信息数据,最终获得有效问卷 260 份,问卷有效率 91.2%。

2 实证分析及其结果

2.1 变量说明及描述性分析

在测度化肥利用效率时,投入产出模型中变量依次为种子、农膜、农药、化肥、水电、机械、人工成本。本研究中人工成本仅包括雇工成本。在生产函数和技术采纳影响因素模型中,具体变量设置如表 1。

表 1 变量设置情况

函数类型	变量类型		变量	描述
生产函数	因变量 自变量		产值	元/hm <sup>2</sup>
			种子投入	元/hm <sup>2</sup>
			农膜投入	元/hm <sup>2</sup>
			农药投入	元/hm <sup>2</sup>
			化肥投入	元/hm <sup>2</sup>
			水电投入	元/hm <sup>2</sup>
			机械投入	元/hm <sup>2</sup>
			人工投入	元/hm <sup>2</sup>
影响因素模型	因变量 自变量	农户特征	是否采纳水肥一体化技术	采纳 = 1, 未采纳 = 0
			户主年龄	连续变量( 岁)
			受教育程度	实际受教育年限( 年)
			家庭劳动力人口数	连续变量( 个)
			是否担任过村干部	是 = 1, 否 = 0
			风险认知	风险偏好 = 1, 风险厌恶 = 0
		种植特征	设施蔬菜收入占家庭农业收入的比例	( 0, 1 ]
			家庭现有耕地面积	连续变量( hm <sup>2</sup> )
			设施大棚建设成本	连续变量( 元)
			技术获得情况	每年参加农业培训的次数
		外部环境特征	是否加入农业生产组织	是 = 1, 否 = 0

在所调查的 260 个样本中,采用水肥一体化技术与尚未采用该技术的农户分别为 129、131 户。表 2 为各变量描述性统计,所调研样本中绝大多数是夫妻两人进行农业生产,占 81.2%。58.5% 的农户农业劳动的全部收入来自种植设施蔬菜,90.8% 的农户农业收入的 80% 及以上来自设施蔬菜收入。样本中种植面积平均为 0.35 hm<sup>2</sup>,29.6% 的农户从未参加过相关技术培训。加入农业生产组织如合作社的占 53.1%,通过测试样本中风险规避型的农户占 69.2%。在农业生产投入产出方面,产值的平均值为 558 270 元/hm<sup>2</sup>。种子费用平均为 28 020 元/hm<sup>2</sup>;农膜投入平均为 37 305 元/hm<sup>2</sup>;农药投入平均为 26 685 元/hm<sup>2</sup>;化肥投入平

均为 98 685 元/hm<sup>2</sup>,最小值为 4 500 元/hm<sup>2</sup>,最大值为 225 000 元/hm<sup>2</sup>;水电费用平均为 8 880 元/hm<sup>2</sup>;机械投入平均为 7 860 元/hm<sup>2</sup>;人工投入平均为 9 120 元/hm<sup>2</sup>。

2.2 随机前沿生产函数估计结果

表 3 给出了随机前沿生产函数的估计结果。技术无效率的方差占总方差的比例  $\gamma$  值为 0.901 8,并且在 1% 水平上显著,因此存在显著的技术无效率,农户距离生产前沿面的差距主要来自技术无效率,有 90% 的因素可以通过技术效率的损失来解释。投入要素中有显著影响的种子、农膜、化肥的产出弹性分别为 0.307 1、-0.136 9、0.165 6,表明种子、农膜、化肥的投入每增加 1%,设施蔬菜产值将分别变动 0.31%、

表 2 各变量描述性统计

变量	均值	最大值	最小值
产值(元/hm <sup>2</sup> )	558 270	900 000	150 000
种子投入(元/hm <sup>2</sup> )	28 020	60 000	7 500
农膜投入(元/hm <sup>2</sup> )	37 305	120 000	12 000
农药投入(元/hm <sup>2</sup> )	26 685	150 000	2 250
化肥投入(元/hm <sup>2</sup> )	98 685	225 000	4 500
水电投入(元/hm <sup>2</sup> )	8 880	30 000	1 500
机械投入(元/hm <sup>2</sup> )	7 860	45 000	0
人工投入(元/hm <sup>2</sup> )	9 120	75 000	0
是否采纳水肥一体化技术	0.50	1	0
户主年龄(岁)	47	63	22
受教育程度	7.75	13	1
家庭劳动力人口数(人)	2.19	5	1
是否担任过村干部	0.34	1	0
风险认知	0.31	1	0
设施蔬菜收入占家庭农业收入的比例	0.91	1	0
家庭现有耕地面积(hm <sup>2</sup> )	0.35	1.33	0.07
设施大棚建设总成本(万元)	11.61	40	1.5

-0.14%、0.17%，其中农膜的弹性为负，表明投入量过大，边际报酬为负。

从整个样本的技术效率及化肥利用效率可以看出，技术效率高于 50% 的农户占 91.15%，样本中技术效率的平均值为 71%，最大值是 96%，最小值为 26%。化肥利用效率大大低于技术效率，平均值为 21%，其中最大值为 77%，最小值为

表 3 随机前沿生产函数参数估计结果

解释变量	参数	参数估计值	标准差	t 值
C	$\beta_0$	0.841 4	0.548 6	15.34
$\ln X_S$	$\beta_1$	0.307 1 ***	0.061 0	5.03
$\ln X_A$	$\beta_2$	-0.136 9 **	0.051 1	-2.48
$\ln X_C$	$\beta_3$	-0.022 2	0.029 1	-0.76
$\ln X_F$	$\beta_4$	0.165 6 ***	0.058 2	2.84
$\ln X_W$	$\beta_5$	-0.029 8	0.050 3	-0.59
$\ln X_M$	$\beta_6$	0.018 1	0.014 1	1.28
$\ln X_L$	$\beta_7$	-0.000 03	0.006 5	0.00
	$\sigma^2$	0.278 8	0.041 8	6.66
	$\gamma$	0.901 8 ***	0.051 4	17.55

注： $X_S$  表示种子费用， $X_A$  表示农膜投入， $X_C$  表示农药投入， $X_F$  表示化肥投入， $X_W$  表示水电费用， $X_M$  表示机械投入， $X_L$  表示人工投入；“\*”“\*\*”“\*\*\*”分别表示在 10%、5%、1% 水平上显著。

0。表明农户可以在维持现有产出和其他投入的条件下，减少 79% 的化肥投入，即表明当前依旧存在肥料过量的问题。

如表 4 所示，水肥一体化采纳组与未采纳组的技术效率平均值分别为 77%、71%，化肥利用效率平均值分别为 42%、15%。可以看出，采纳水肥一体化技术的农户相对于没有采纳的农户而言，技术效率和化肥利用效率都有所提高，并且化肥利用效率显著高于整体的效率值，该项技术的采用有利于化肥利用效率的提高。

表 4 采纳户与未采纳户技术效率及化肥利用效率的频数分布

效率区间	采纳户				未采纳户			
	技术效率频数 (户)	比例 (%)	化肥利用效率频数 (户)	比例 (%)	技术效率频数 (户)	比例 (%)	化肥利用效率频数 (户)	比例 (%)
[0,10%]	0	0	16	12.40	0	0	56	42.75
(10%,20%]	0	0	20	15.50	0	0	35	26.72
(20%,30%]	1	0.77	18	13.95	1	0.76	23	17.56
(30%,40%]	0	0	3	2.33	2	1.53	12	9.16
(40%,50%]	9	6.98	19	14.73	10	7.63	2	1.53
(50%,60%]	6	4.65	19	14.73	13	9.92	3	2.29
(60%,70%]	22	17.05	11	8.53	22	16.79	0	0
(70%,80%]	19	14.73	10	7.75	43	32.82	0	0
(80%,90%]	45	34.88	11	8.53	37	28.24	0	0
(90%,100%]	27	20.93	2	1.55	3	2.29	0	0

2.3 技术选择的影响因素 Logistic 模型结果

表 5 给出了各变量对种植户采纳水肥一体化技术与否的影响方向与程度。

模型的  $\chi^2$  检验十分显著，从模型拟合整体来看，结果理想。从具体的解释变量来看：(1) 设施蔬菜种植收入占农户农业收入的比例是影响农户采纳水肥一体化技术的重要因素。当农户农业收入的大部分来自于设施蔬菜种植时，设施蔬菜的收益对家庭收入的影响越大，因此农户对于设施蔬菜的投入与质量保障的力度会增大，当水肥一体化技术能够为设施农业生产带来收益时，收入占比越大的农户便更倾向于采纳该项技术。(2) 是否担任过村干部、是否参加农业组织、农户风险偏好程度是影响农户采纳水肥一体化技术的重要因素。是否担任过村干部的变量系数为 1.351，表明对技术采纳有正向影响，作为村干部能够更早、更直接地接触新技术。

参加农业组织例如合作社的农户更倾向于采纳该项技术，因为在农业组织中可以及时有效地得到相关技术信息和指导，并且统销的农产品可能存在质量要求，以及合作组织具有更强的议价能力，因此参与农业生产组织的农户采纳水肥一体化技术的概率更大。风险偏好程度体现在农户接纳新事物的程度，风险偏好型相对于风险规避型更能接受新的技术。(3) 受教育程度、家庭劳动人口数、参加培训次数是影响农户采纳水肥一体化技术的重要因素。模型结果显示，受教育程度每提高 1%，农户该项技术的采纳率提高 0.244，受教育程度高的农户能够自主把握农业生产的整体状况，并且能够长远考虑农业生产的收益以及对于土地和环境的影响，因此能够较早、较准确地选择技术。家庭劳动人口数对技术采纳的影响系数为负，即家庭劳动人口数每增加 1%，技术采纳率下降 0.579，因为家庭劳动人口数的增加会降低农户对于节省

表 5 水肥一体化技术采纳影响因素分析结果

解释变量	系数	标准误	Z 统计值	概率值
农户年龄	-0.076 ***	-0.027	-2.82	0.005
受教育程度	0.244 **	-0.107	2.29	0.022
家庭劳动力数	-0.579 *	-0.323	-1.79	0.073
是否担任过村干部	1.351 ***	-0.398	3.39	0.001
设施蔬菜占农业收入比	5.823 ***	-1.431	4.07	0.000
种植面积	-0.007	-0.074	-0.09	0.926
设施建设成本	0.082 ***	-0.030	2.74	0.006
参加培训的次数	0.410 **	-0.192	2.13	0.033
是否参加农业组织	1.247 ***	-0.346	3.60	0.000
风险偏好程度	1.967 ***	-0.429	4.58	0.000
常数	-5.399 **	-2.113	-2.56	0.011
LR $\chi^2$ (10)	145.12			
Prob > $\chi^2$	0.000 0			
Pseudo $R^2$	0.402 6			
样本数	260			

注:“\*”“\*\*”“\*\*\*”分别表示在 10%、5%、1% 水平上显著。

人工技术的需求,而水肥一体化技术省时省力的效果相对明显。参加培训的次数每提高 1%,水肥一体化技术的采纳率提高 0.41,参加培训会增加对技术的了解,并且给予培训的平台可以增加农户之间的交流,更容易看到技术带来的效果,加之对技术有了一定的把握,农户采纳该技术的可能性会增加。(4)农户年龄和设施建设成本对农户采纳水肥一体化技术有影响。农户年龄越大,采纳该项技术的可能性越小,随着农户年龄增大,对于新事物的接受程度有所下降,并且存在一定的风险规避。设施蔬菜的种植设备如大棚的投入每增加 1%,该项技术的采纳率增加 0.082,由于固定资产投入越大,农户其他投入就会相应被均摊,投入越大,对于产出的预期便会越大。(5)种植面积对农户采纳水肥一体化影响不显著。可能由于设施大棚的建设规格标准,种植面积大意味着拥有的大棚数量多,无法在所有耕地上通用一项设备,因此对收益的影响具有不确定性。

### 3 结论

本研究首先基于经济学投入产出的视角,利用随机前沿生产函数测算了寿光市 260 个设施蔬菜种植户的水肥一体化技术的效率和化肥利用效率,之后借助 Logistic 模型分析了农户采纳水肥一体化技术的影响因素。研究表明:(1)作为设施蔬菜种植重要地区,寿光市种植设施蔬菜的技术效率和化肥利用效率均值分别为 0.71、0.21,相对较低。但有 85.4% 的农户技术效率高于 0.50,最高为 0.96。化肥利用效率显著低于技术效率,有较大提升空间;(2)水肥一体化技术采纳户的技术效率和化肥利用效率高于未采纳该技术的种植户,其中化肥利用效率分别为 0.42、0.15,提高更为明显;(3)对于采纳水肥一体化技术的影响因素,设施蔬菜种植收入占农业收入的比例是影响水肥一体化技术采纳的重要因素,所占比例越大,水肥一体化技术采纳率越高。担任过村干部、参加农业组织以及风险偏好型的农民,越能够采纳该技术。受教育程度和参加培训次数是影响农户采纳水肥一体化技术的重要因素,并对该技术的采纳具有正向影响。家庭劳动人口数、农户年龄对农户采纳水肥一体化技术有负向影响,

即家庭劳动人口数越多、年龄越大,越不会采纳该技术。设施建设成本对技术采纳为正向影响,而种植面积对农户采纳水肥一体化的影响不显著。

### 4 政策建议

#### 4.1 加大水肥一体化技术的推广力度

本研究发现,水肥一体化技术能够有效地提高化肥利用效率,在农业实践中也发现有节省人工、减少棚内湿度及病虫害的作用,应该加大该技术推广力度,相关农业推广部门应做到职责细分。通过建立水肥一体化技术示范区及示范户等形式切实推广。

#### 4.2 从专职设施蔬菜种植户入手以点带面展开宣传

在农民信息来源相对封闭的情况下,政府应加大宣传力度,鉴于设施蔬菜种植收入占农业收入比例对水肥一体化技术的正向影响,可以从大规模种植户入手,以点带面,提高技术宣传的效率和针对性。

#### 4.3 完善农户农业技术的培训体系

水肥一体化技术的实施需要正确的使用方式才能达到预期效果,因此需要完善政府主导、社会参与的培训体系,培训内容注重理论与实践相结合,以切实提高农民利益为目的,针对不同类型的农户需求开展不同形式的培训,以乡镇为单位,落实到村,增强不同地区间的交流与合作。充分调动农业院校与研究机构的专业能力。

#### 4.4 发挥各类农业生产组织的引导作用

通过扶持设施蔬菜专业合作社和种植大户的形式,提高农民的议价能力,降低水肥一体化技术设备的成本,并引导农业合作组织规范和使用水肥一体化技术,提供组织平台,有利于农户更好地交流和技术落实。

### 参考文献:

- [1]农业部关于印发《推进水肥一体化实施方案(2016—2020 年)》的通知[Z]. 中华人民共和国农业部,2016.
- [2]中华人民共和国统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2015:400.
- [3]佚名. 农业部发布《水肥一体化技术指导意见》[J]. 中国农技推广,2013(3):20-22.
- [4]Rogers E M. Diffusion of innovation[M]. 4th ed. The Free Press, 1995,51(6):866-879.
- [5]张震,刘学瑜. 我国设施农业发展现状与对策[J]. 农业经济问题,2015(5):64-70.
- [6]Reinhard S, Lovell C A, Thijssen G. Econometric estimation of technical and environmental efficiency: an application to Dutch dairy farms[J]. American Journal of Agricultural Economics, 1999, 81(1): 44-60.
- [7]耿献辉,张晓恒,宋玉兰. 农业灌溉用水效率及其影响因素实证分析——基于随机前沿生产函数和新疆棉农调研数据[J]. 自然资源学报,2014,29(6):934-943.
- [8]Battese G E, Coelli T J. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data[J]. Empirical Economics, 1995, 20(2):325-332.
- [9]李静,李晶瑜. 中国粮食生产的化肥利用效率及决定因素研究[J]. 农业现代化研究,2011(5):565-568.