

广西智慧农业的福利效应：作用机制与实证检验

席玮, 韦爱举

桂林信息科技学院, 广西 桂林 541004

摘 要：提升农民福利水平是发展农业的重要目标。基于广西各城市 2003—2021 年面板数据，分析广西智慧农业发展情况，探究智慧农业发展对农民福利水平的影响效应与作用机制。结果显示：智慧农业发展指数对广西农民福利水平具有显著的正向影响，异质性分析发现，智慧农业发展对低教育组和欠发达地区农民福利水平的影响更为显著。机制分析表明，智慧农业能够通过提升农业机械化水平和农业劳动生产效率来促进农民福利水平提升。

关 键 词：智慧农业；广西；福利效应

the Welfare Effect of Smart Agriculture in Guangxi: Mechanism of Action and Empirical Test

Xi Wei, Wei Aiju

Institute of Information Technology of Guet, Guilin, Guangxi 541004

Abstract：Improving farmers' welfare level is an important goal of developing agriculture. Based on the panel data of cities in Guangxi from 2003 to 2021, the paper analyzed the development of smart agriculture in Guangxi, and explored the effect and mechanism of smart agriculture development on farmers' welfare level. The results showed that the smart agriculture development index had a significant positive impact on the welfare level of farmers in Guangxi, and the heterogeneity analysis found that the smart agriculture development had a more significant impact on the welfare level of farmers in the low education group and the less developed areas. Mechanism analysis shows that smart agriculture can improve the welfare level of farmers by improving the level of agricultural mechanization and agricultural labor production efficiency.

Keywords：smart agriculture; Guangxi; welfare effect

引言

农业是区域经济发展的坚实根基，是国家稳定发展的重要保障。农民收入问题一直以来是国家重点关注的内容，提高农民收入，提升农民福利水平是实现农业农村发展的关键，然而，目前中国农业发展面临大而不强的问题，且过度的施用化肥使得农业污染，严重阻碍了农业的可持续发展，对农民福利水平产生了负面影响。智慧农业的出现能够有效解决农业生产资源浪费与过度使用等问题，为农业发展带来了新机遇。许多学者从信息技术视角阐述了智慧农业的含义，认为智慧农业是通过将信息技术及大数据平台引入农业发展中，实现农业现代化的重要方法^{[1][2]}（汪懋华，2019；Jayaraman，2016）。发展智慧农业有利于农业高质量发展^[3]（赵春江，2021），是促进农业产业链发展及农业智能化发展的重要手段^[4]（刘丽伟等，2016）。广西作为西部地区重要的农业大省，农业是其经济发展的重要支柱产业。为积极响应政府号召，截至2020年，广西共实施智慧农业、数字农业项目465项，广西农业信息化水平不断攀升，农业数字化水平不断提升。智慧农业的发展促进了广西经济增长，那么其是否能够提升广西当地农户的福利水平？研究此问题对于广西智慧农业发展战略的进一步实施以及提升农民生活水平具有一定的实践意义。基于此，本文选取广西为研究样本，探索广西智慧农业发展对当地农民福利水平的影响具有一定的实践意义。

一、理论分析与研究假说

（一）智慧农业影响农民福利水平的理论分析

自2018年数字乡村战略提出以来，信息和数字技术逐渐走进

乡村，传统的农业生产模式发生了变革，影响着农民的生活。具体来看，首先，智慧农业通过引入现代信息技术^[5]（殷浩栋等，2021），有利于农业产业结构升级，通过智慧化生产使得农业发展模式得以创新。其次，通过引入智能化设备，能够更加精准地

基金项目：广西高校中青年教师科研基础能力提升项目《乡村振兴背景下广西智慧农业发展研究》（2021KY1637）；广西高校中青年教师科研基础能力提升项目《几类传染病模型的动力学分析与最优控制》（2021KY1653）；《几类传染病模型的建立与研究》（XJ202083）。

作者简介：

席玮（1994—），桂林信息科技学院专任教师。研究方向：区域与产业发展，农业经济。

韦爱举（1991—），桂林信息科技学院讲师。研究方向：微分方程与动力系统。

进行农业生产^[6]（陈媛媛等，2021），降低农药和化肥的施用量，减少农业生产成本。最后，智慧农业的发展，带来的农业生产自动化，减轻了农民的劳动强度，改善了农民的生产条件，从而促进其福利水平的提升。本文依此提出研究假说 H1。

H1：智慧农业发展能够显著提升农村居民的福利水平。

（二）智慧农业影响农民福利水平的作用机制分析

智慧农业通过引入先进智能化装备，促进了农业的机械化生产，增加了农产品产量且提高了农产品质量，进而提升了农村居民福利水平。首先，智慧农业发展提供了机械化服务平台^[7]（罗浩轩，2024），使农村居民可以更加便捷地获取机械生产等方面的信息，有效破解了传统农业生产的难题。其次，智慧农业建设使要素资源可以突破时空地域限制进行有效配置，为农民就近提供工作岗位，提高当地农民的收入。最后，先进机械的应用为农村农业发展规划提供了新思路，通过智能化工具的评估，优化种植结构，促进农产品销售，进而提升农村居民的福利水平。综上所述，本文提出研究假说 H2：

H2：智慧农业通过提高农业机械化水平与农业生产效率，进而提升农民福利水平。

二、数据、变量与模型

（一）数据来源

本文所使用的数据来源于《广西统计年鉴》《中国农村统计年鉴》和《中国城市统计年鉴》。其中，申请专利数来源于《中国城市统计年鉴》，粮食综合生产能力、播种面积、耕地面积和农药化肥施用量来源于《中国农村统计年鉴》，其余数据均来源于《广西统计年鉴》。

（二）变量说明

1.被解释变量。农民福利水平。关于农民福利水平的指标，学术界通常采用消费支出和收入这两类指标来衡量，本文主要借鉴杨志海（2019）的研究，选用农民家庭人均纯收入来衡量其福利水平。

2.解释变量。本文的解释变量为智慧农业发展水平。智慧农业涉及多个方面，本文参考耿鹏鹏等^[8]（2020）的研究，并结合广西智慧农业的具体特征，将智慧农业分为数字网络设施、农业发展状况、智慧农业发展环境和智慧农业发展农机处几个部分，建立较为科学的智慧农业发展指标体系，并运用熵值法测算出综合指数来衡量广西智慧农业发展水平。

3.控制变量。借鉴文献研究成果，本文选取其他可能影响农村居民福利水平的变量作为控制变量，包括农户化肥使用量、农民用电量、农业从业人员占比等。

4.机制变量。本文的机制变量有两个，一是农业机械化水平，用人均农机总动力来衡量；二是农业劳动生产效率，用农业有形总产值与农业劳动之比来衡量。

（三）模型设定

本文的被解释变量农民福利水平是连续变量，本文运用 OLS 模型估计智慧农业发展对农民福利水平的影响。OLS 模型设定

如下：

$$BL_{ijt}} = c_0 + c_1IA_{ijt} + c_{2n}Z_{ijt} + \varepsilon_{ijt}$$

公式（1）中， BL_{ijt} 表示第 j 个市 t 年份 i 个体的农民福利水平。 IA_{ijt} 为核心解释变量，表示第 j 个市 t 年份的智慧农业发展水平， Z_{ijt} 表示一系列控制变量， c_0 表示常数项， c_1 和 c_{2n} 表示待估计系数。 ε_{ijt} 表示随机扰动项。

为了检验智慧农业发展对农民福利水平的作用机制，本文采用如下中介效应模型：

$$M_{ijt} = a_0 + a_1IA_{ijt} + a_{2n}Z_{ijt} + \mu_{ijt}$$

$$BL_{ijt} = b_0 + c'IA_{ijt} + b_1M_{ijt} + b_{2n}Z_{ijt} + \tau_{ijt}$$

公式（2）和公式（3）中， M_{ijt} 表示中介变量，包括“农业机械化水平”和“农业生产效率”两个变量，其余字母是估计系数和随机扰动项。

三、实证检验结果与分析

（一）基准回归

通过 Hasuman 检验，本文适用于固定效应模型。表 1 汇报了广西智慧农业对农民福利水平的基准回归结果。表 1（1）的结果反映了广西智慧农业对农民福利水平的直接影响，核心解释变量智慧农业发展指数（ $Rural_{it}$ ）的系数显著为正，且 $Rural_{it}$ 每提高 1 个单位，农民福利水平（ $UREI_{it}$ ）会上升 30.9615 个单位，表明随着广西智慧农业的不断发展，能够有效地提升广西农村居民的福利水平。从加入控制变量后的固定效应结果看，广西智慧农业发展对农民福利水平的结果依旧显著为正，表明广西智慧农业对当地农民福利水平的促进作用在控制其他因素后依然成立。

表 1 广西智慧农业对农民福利的基准回归结果

	农民福利水平			
	(1)	(2)	(3)	(4)
智慧农业发展指数	30.9615***	37.8770***	6.5955***	2.2187**
	(1.5214)	(1.3918)	(1.5834)	(1.0598)
常数项	26.5194***	25.3302**	22.5772***	8.0805***
	(0.3408)	(0.2995)	(0.4163)	1.1955
控制变量	不控制	不控制	不控制	已控制
时间固定效应	不控制	不控制	已控制	已控制
地区固定效应	不控制	已控制	已控制	已控制
观测值	266	266	266	266
R^2	0.6092	0.7469	0.9342	0.9759

注：***、**和 * 分别代表在 1%、5% 和 10% 的统计水平上显著。

（二）稳健性检验

一是替换被解释变量。农民的消费水平在某种程度上可以反映其福利水平，本文采用农民的人均消费支出来替换被解释变量进来稳健性检验，进行模型（1）的回归，结果如表 2 列（1）所示。二是调整样本区间，由于智慧农业的发展在 2006 年之前相对

较少，因此对2006—2021年样本进行回归，结果见表2（2）。三是缩尾处理，为排除控制变量的异常值，对其进行1%分位数的双边缩尾处理后再回归，结果见表2（3）。

表2 稳健性检验：替换核心变量与数据集约束

被解释变量	农民福利水平		
	(1)	(2)	(3)
	替换被解释变量	调整分析样本数据	前后缩尾1%的样本
智慧农业发展指数	4.0467*** (0.7415)	2.4915** (1.2593)	4.0111** (1.8407)
控制变量	已控制	已控制	已控制
时间固定效应	已控制	已控制	已控制
地区固定效应	已控制	已控制	已控制
观测值	266	266	266
R^2	0.9637	0.9633	0.9504

注：***、**和*分别代表在1%、5%和10%的统计水平上显著。

（三）异质性分析

为加深对广西智慧农业与当地农民福利水平之间关系的认识和理解，探析智慧农业发展对不同群体特征的农村居民的福利水平的异质性影响，下文将从受教育程度和居住地两个视角分别分析智慧农业发展对哪类农村居民群体的福利水平的影响效应更大。

1.教育异质性。受教育程度差异可以反映农村居民人力资本水平差异，其也是影响农村居民收入的重要因素之一。本文借鉴张勋^[9]等（2019）的研究，按照受教育年限的中位数将样本分为低教育组和高教育组两组，分别考察智慧农业发展对不同人力资本水平的农村居民福利水平的影响，结果如表3第（1）和（2）列所示。可以看出，智慧农业发展对低教育组别的农村居民福利水平在1%的统计水平上具有显著的正向影响，而智慧农业发展对高教育组农村居民的福利水平的影响较小，并且未通过显著性检验。上述结果表明智慧农业发展更有利于受教育程度较低的农村居民福利水平的提升。可能的原因有两个方面，一是，受教育程度越高地区的农民，其非农行业转移率越高，其本身的收入水平较高，因此智慧农业的发展更大可能的是为受教育程度较低地区的农民提供更多的就业岗位，对其福利水平影响的边际效应更大。二是，受教育程度低的地区本身经济发展较为落后，智慧农业的发展能够显著改善当地的基础设施建设，改变落后的生产方式，促进农业产业动能提升，从而提高农民福利水平。

2.地区异质性。考虑到地理位置不同，经济的发展水平不同，按照广西省内GDP的情况，将样本分为较发达地区和欠发达地区两组^[10](孙继国等，2020)。分别考察智慧农业发展对不同区域的农村居民福利水平的影响，结果如表3第（3）和（4）所示。可以看出，智慧农业发展对欠发达地区组别的农村居民福利水平在1%的统计水平上具有显著的正向影响，而智慧农业发展对较发达地区组农村居民的福利水平的影响较小，并且未通过显著性检验。上述结果表明智慧农业发展更有利于欠发达地区的农村居

民福利水平的提升。可能的原因在于欠发达地区农业生产条件和资源配置较差，而随着智慧农业的发展，智能技术和先进装备的引进能够有效解决欠发达地区存在的生产效率低下，农产品生产非标准化等问题，进而更有利于提升欠发达地区农村居民的福利水平。

表3 智慧农业对不同类型农民福利水平的异质性影响

	(1)	(2)	(3)	(4)
	高教育	低教育	较发达地区	欠发达地区
智慧农业发展指数	3.2228 (2.2117)	14.1915*** (3.4715)	1.0902 (3.0983)	10.7972*** (3.1152)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制
时间固定效应	已控制	已控制	已控制	已控制
地区固定效应	133	已控制	已控制	已控制
观测值	11354	133	57	209
R^2	0.8974	0.9614	0.9889	0.9761

注：***、**和*分别代表在1%、5%和10%的统计水平上显著；括号内为聚类稳健标准值。

（四）机制检验

1.提高机械化水平机制检验。首先，本文利用公式（2）实证检验了广西智慧农业发展对当地区农民福利水平的影响，回归结果如表4第（1）—（2）列所示。具体来看，由表4第（1）列可知，广西智慧农业发展对农村居民福利水平提升具有显著的正向影响，表明智慧农业发展有助于提高当地农民的生活水平。由表4第（2）列可知，在加入机械化水平变量后，广西智慧农业发展对当地农民福利水平依然有显著促进作用，且与表1第（4）列，控制样本相同情况下的基准回归系数相比，加入机械化水平变量后，智慧农业发展对农民福利水平的估计系数变小，说明智慧农业发展通过提升机械化水平，提升了当地农民的福利水平。

2.提高劳动生产率机制检验。首先，本文利用公式（2）实证检验了广西智慧农业发展对当地区农民福利水平的影响，回归结果如表4第（3）—（4）列所示。具体来看，由表4第（1）列可知，广西智慧农业发展对农村居民福利水平提升具有显著的正向影响，表明智慧农业发展有助于提高当地农民的生活水平。由表4第（3）列可知，在加入农业生产效率变量后，广西智慧农业发展对当地农民福利水平依然有显著促进作用，说明智慧农业发展通过提升农民劳动生产率，提升了当地农民的福利水平。假说H2得到验证。

表4 广西智慧农业福利效应的机制检验结果

	机械化水平	农民福利水平	劳动生产率	农民福利水平
	(1)	(2)	(3)	(4)
智慧农业发展指数	4.0792* (2.1790)	1.9017* (1.0565)	0.5981*** (0.1895)	3.0439*** (0.9847)
机械化水平		0.0777** (0.0318)		

	机械化水平	农民福利水平	劳动生产率	农民福利水平
农业生产效率				7.2865***
				(0.3355)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制
时间固定效应	已控制	已控制	已控制	已控制
地区固定效应	已控制	已控制	已控制	已控制
观测值	266	266	266	266
R^2	0.6308	0.9766	0.9088	0.9788

四、结论与启示

本文使用广西各城市2003—2021年智慧农业发展水平和农民福利水平的面板数据，运用 OLS 模型和中介效应模型等方法分析了智慧农业发展对农民福利水平的影响及其作用机制。结果表明：（1）智慧农业发展能够显著促进农民福利水平的提升，在经过内生性处理和稳健性检验之后，智慧农业依然能够显著提升农

民福利水平。（2）智慧农业发展对不同群体特征的农村居民福利水平具有异质性影响。（3）智慧农业主要通过引进先进设备和技术，提升农业机械化水平和农业劳动生产率来提升农村居民福利水平。

广西作为我国西南地区的重要省份，拥有得天独厚的农业资源和自然资源，近年来，国家大力推动农业智慧化发展，广西智慧农业也得到了一定的发展。结合广西智慧农业发展的实际情况，基于本文的研究结论，可以得到以下政策启示：首先，继续引进智慧农业的相关技术，利用物联网和大数据等智慧农业相关技术，加快农业现代化发展进程，推进农业精准化生产，提高农业生产效率。其次，鼓励和支持有条件的农户进行规模化和集约化经营，培养其对于智慧农业相关技术的操作能力，提高其农业生产效率。再次，完善农产品质量安全追溯系统，农民福利水平的提升离不开农产品销售，利用信息技术能够对农产品生产、加工、销售等过程进行监管，提升消费者对农产品的信任度，促进农产品销售。最后，要强化政策支持和资金投入，鼓励智慧农业发展，通过政策引导为广西智慧农业发展引进资金支持，为农民参与智慧农业提供资金保障，降低农民的投资风险。

参考文献

[1] 汪懋华. 助力乡村振兴推进“智慧农业”创新发展[J]. 智慧农业, 2019,1(1): 前插1.

[2] Jayaraman P P, Yavari A, Georgakopoulos D, et al. Internet of things platform for smart farming: Experiences and lessons learnt [J]. Sensors, 2016, 16(11): 1884.

[3] 赵春江. 智慧农业的发展现状与未来展望 [J]. 华南农业大学学报, 2021, 42(06): 1-7.

[4] 刘丽伟, 高中理. 美国发展“智慧农业”促进农业产业链变革的做法及启示 [J]. 经济纵横, 2016, (12): 120-124.

[5] 殷浩栋, 霍鹏, 肖荣美, 等. 智慧农业发展的底层逻辑、现实约束与突破路径 [J]. 改革, 2021, (11): 95-103.

[6] 陈媛媛, 游炯, 幸泽峰, 等. 世界主要国家精准农业发展概况及对中国的建议 [J]. 农业工程学报, 2021, 37(11): 315-324.

[7] 杨志海. 生产环节外包改善了农户福利吗?——来自长江流域水稻种植农户的证据 [J]. 中国农村经济, 2019, (04): 73-91.

[8] 耿鹏鹏, 杜文忠. 基于“智慧”过程模型的广西智慧农业发展状态测度分析 [J]. 科技管理研究, 2020, 40(19): 94-102.

[9] 张勋, 万广华, 张佳佳等. 数字经济、普惠金融与包容性增长 [J]. 经济研究, 2019, 54(08): 71-86.

[10] 孙继国, 韩开颜, 胡金焱. 数字金融是否减缓了相对贫困?——基于 CHFS 数据的实证研究 [J]. 财经论丛, 2020, (12): 50-60.