引用格式:张梦圆, 刘文超. 农业生产中的雇工约束、技术采纳与产出效率[J]. 技术经济, 2025, 44(9): 14-29.

Zhang Mengyuan, Liu Wenchao. Labor constraints, technology adoption, and output efficiency in agricultural production[J]. Journal of Technology Economics, 2025, 44(9): 14-29.

农业生产中的雇工约束、技术采纳与产出效率

张梦圆, 刘文超

(河北农业大学经济管理学院, 保定 071000)

摘 要: 为探究设施蔬菜生产在雇工约束条件下的产出效率问题,在河北省 1147 个设施蔬菜种植户样本的基础上,构建了雇工约束及其分维度对蔬菜生产影响的分析框架。结果表明,雇工约束是农户面临的关键障碍,供给不足、成本高昂及监督困难均抑制了蔬菜产出效率;不同规模设施蔬菜种植户受雇工约束的影响程度呈现差异,中等规模农户因资源有限,灵活性不足,调整刚性较大的特点使其对雇工约束最为敏感。进一步分析发现,劳动节约型技术的采纳可以有效缓解雇工约束对蔬菜产出的负面影响,且大规模农户在劳动节约型技术采纳上的调节效应更为显著。本文提供了中等规模农户在设施蔬菜生产中面临的挑战的经验证据,并强调在设施农业现代化进程中,必须重视农村劳动力配置的结构性问题,制定差异化管理策略以满足农业雇工的多元需求。

关键词: 设施蔬菜; 雇工约束; 技术采纳; 产出效率; Bartik 工具变量

中图分类号: F324.1 **文献标志码**: A **文章编号**: 1002-980X(2025)09-0013-16

DOI:10.12404/j.issn.1002-980X.J24093001

一、引言

粮食安全问题始终是治国安邦的头等大事。中国改革开放以来,城乡居民收入持续上升,饮食偏好和消费习惯经历了根本性转变,从仅仅追求主食充足的时代,过渡到减少主食摄入、增加肉蛋奶及蔬菜水果消费的“品质饮食”阶段。近年来城乡居民蔬菜摄入量持续增长,在膳食结构中比重显著上升①,全国 14 亿人口日均消耗粮食 70 万吨、油 9.8 万吨、蔬菜 192 万吨、肉类 23 万吨,其中蔬菜消耗位居首位②。设施蔬菜因其可以周年生产,极大地丰富了市场供应,满足了人们对新鲜蔬菜的日常需求,同时也促进了农业的多样化和现代化发展。中国农村劳动力价格自 2004 年以来呈现出年均两位数的增长速度,农业成本“地板”抬升挤压效应愈发明显[1]。2017 年中央一号文件③强调农业目前面临的主要挑战已从供给不足转向结构失衡,具体表现为农产品供需不匹配、农业生产要素配置不当及要素成本激增等问题,其中劳动力成本快速上升尤为突出。2024 年全国农产品成本收益资料汇编显示,蔬菜近 10 年雇工成本平均上涨幅度为 42.6%,雇工费用涨幅为 53.4%[2]。设施蔬菜种植由于其特殊的生产需求,与传统的农业生产方式有所不同。相较于大田作物,设施蔬菜生产对劳动力的依赖程度更高,在面对雇工问题时显得更为敏感。

设施蔬菜劳动力供应紧张的情况屡屡发生,当前 70%设施蔬菜种植户面临生产过程中的“雇工约束”,主要表现为雇工供给不足、雇工价格攀升、雇工监管困难。理论上这不仅会影响设施蔬菜的适时管理,导致蔬菜生长周期受阻、产量下降,还会威胁到农业生产的可持续性。当前,国内外关于农业雇工的研究主要沿

收稿日期: 2024-09-30

基金项目: 河北省社会科学基金“河北省县域特色农业产业集群雇工约束与破解路径研究”(HB24YJ012)

作者简介: 张梦圆(1996—),河北农业大学经济管理学院博士研究生,研究方向:劳动力流动与农村可持续发展;(通信作者)刘文超(1977—),博士,河北农业大学经济管理学院教授,博士研究生导师,研究方向:劳动经济学、理论经济学。

① 2014—2022 年,蔬菜人均年消费量由 96.90 千克增加到 108.20 千克,年均增长 1.23%,呈现明显上升趋势(https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202409/content_6974074.htm)。中国的食物消费比例正从传统的 8∶1∶1 的粮食、蔬菜、肉食向城市上层阶级的 4∶3∶3 转变。

② 数据来源:中华人民共和国农业农村部(https://www.moa.gov.cn:10443/ztzl/ymksn/jjrbbd/202409/t20240912_6462416.htm)。

③ 参见《中共中央、国务院关于深入推进农业供给侧结构性改革加快培育农业农村发展新动能的若干意见》。

着三个方向进行：一是在社会学领域，用社会学方法，研究农业雇佣生产与经济政策[3-4]、农业雇工的流动[5]、农业雇工的福利与生存[6-7]等议题。二是将历史学方法和经济学方法相结合，研究中国农业雇佣生产演变的历史规律[8-9]。三是在经济学领域集中研究农业雇佣生产的产生、发展、影响因素等问题[10-11]。

随着国家对“三农”问题的愈发重视，学者们就农地生产背后的驱动因素进行了广泛而深入的探讨。研究主要沿着两个方向进行：一是从传统生产要素视角，分析现行的土地流转政策、资本下乡、劳动力转移、企业家才能等方面对蔬菜生产的影响。二是从现代生产要素视角，分析技术、信息、制度、资源对农户蔬菜生产的影响。其中，劳动力结构调整对农业生产的影响一直是学者们关注的热点[12-13]。①从劳动力供给角度出发，劳动力外出务工带来的农村劳动力流失及劳动力结构变化会对降低粮食产量，对农业生产造成不利影响[14]。同时，农村劳动力外流导致雇工市场的供需失衡，进一步加剧了农业雇工的困难。作为现代农业用工体系的重要组成部分，农业雇工“困境”日益引起学者们的广泛关注[15]。雇工的劳动效率、工作态度及稳定性不仅关乎着短期的蔬菜产量，更牵涉劳动力市场的长期平衡及行业的持续发展，是提升设施农业管理效率和竞争力的关键因素[16]。研究表明，雇工固有的素质水平、雇工成本上升及雇工的机会主义行为引起的交易成本增加[17]势必会制约农业生产。②从其他生产要素的“交互效应”和“相加效应”角度出发，在农业劳动力稀缺的背景下，机械化的使用对农业生产至关重要。目前，大多数针对这一影响的研究仍然是从机械对劳动力替代理论出发的[18-19]。为探究农业机械化对劳动力替代的影响方向及大小，众多学者对其进行了深入研究，比如通过研究尼日利亚农场的机械使用现状[20]，发现采用机械化作业的成本将比人工成本便宜 21.3%~53.8%，农业机械的使用能有效降低农业生产成本。劳动力成本变化对农业机械化的促进作用主要表现为小农户对农业机械市场服务需求的增加[21]。然而，上述研究隐含的前提条件是：农户是理性的经济行为主体，作物机械化水平达到较高层次，资本与劳动之间的替代弹性较大，并且已经形成了相对成熟的服务外包市场。

这些假设条件意味着农户能够根据市场条件灵活调整生产要素的使用，以实现成本最小化和效益最大化。但实际情况可能更为复杂，面对“雇工难题”和“雇工成本攀升”的挑战，大田作物种植者既可通过使用机械设备减少对人工的依赖、亦可考虑将生产性服务外包出去等方式应对。然而，设施农业的机械化率从 2014 年的 30%上涨到 2022 年的 44.5%，设施蔬菜生产机械化难度较高④，且服务外包市场发展缓慢。一方面，蔬菜机械作为农机领域的细分市场，目前在关键技术方面，未能实现重大突破。农业生产的各个环节农机装备发展不平衡⑤，虽在耕作、植保、灌溉等环节实现了部分机械化，但在整枝、蘸花、采收等精细化作业上，人工操作依旧占据主导。另一方面，设施蔬菜种植户的专业化水平不高，限制了对专业化服务的需求，形成恶性循环，既抑制了服务市场的成长，也阻碍了专业化服务供给的涌现，导致服务外包市场发育迟缓。对于蔬菜生产来说，农户面临雇工约束是否会对其产出效率造成影响？在机械化程度较高的生产环节，采纳先进技术能否有效减轻对雇工的依赖，从而缓解雇工约束？如果不能，那么农户会如何调整自身行为应对这一挑战？鉴于此，为了回答上述问题：首先，对“雇工约束”、劳动节约型技术采纳及蔬菜产出效率之间的逻辑机理进行了理论分析；其次，利用河北省设施蔬菜种植户的调查数据，实证探索雇工约束及其分维度对蔬菜产出效率的影响程度；最后，依据推测引入技术采纳机制变量，探究存在“雇工约束”情况下，不同规模种植户劳动节约型技术采纳对蔬菜生产的调节效应。为解决设施农业中存在的“雇工约束”，应对农村劳动力市场供求失衡和国家粮食安全问题提供新的破解思路。

二、分析框架与研究假说

“雇工供给约束”“雇工价格约束”及“雇工监管约束”分别从数量、成本和效率三个维度影响设施蔬菜种植户的决策，进而成为影响种植户蔬菜产出效率的三个重要因素，雇工约束影响农户蔬菜生产的逻辑框架如图 1 所示。

④ 资料来源：《中国农业机械工业年鉴》。设施农业的机械化率从 2014 年的 30%，上涨到 2021 年的 42.05%。虽然有所上涨，但是与粮食作物相比还是有差距，2022 年设施农业的机械化率为 44.5%，仅仅是全国农作物耕种收综合机械化率的一半。

⑤ 资料来源：《中国农业机械工业年鉴》。耕整地环节机械化水平为 87%；种植（定值）环节仅为 27%；采运环节为 16%；灌溉施肥环节为 68%；环境调控环节为 39%。

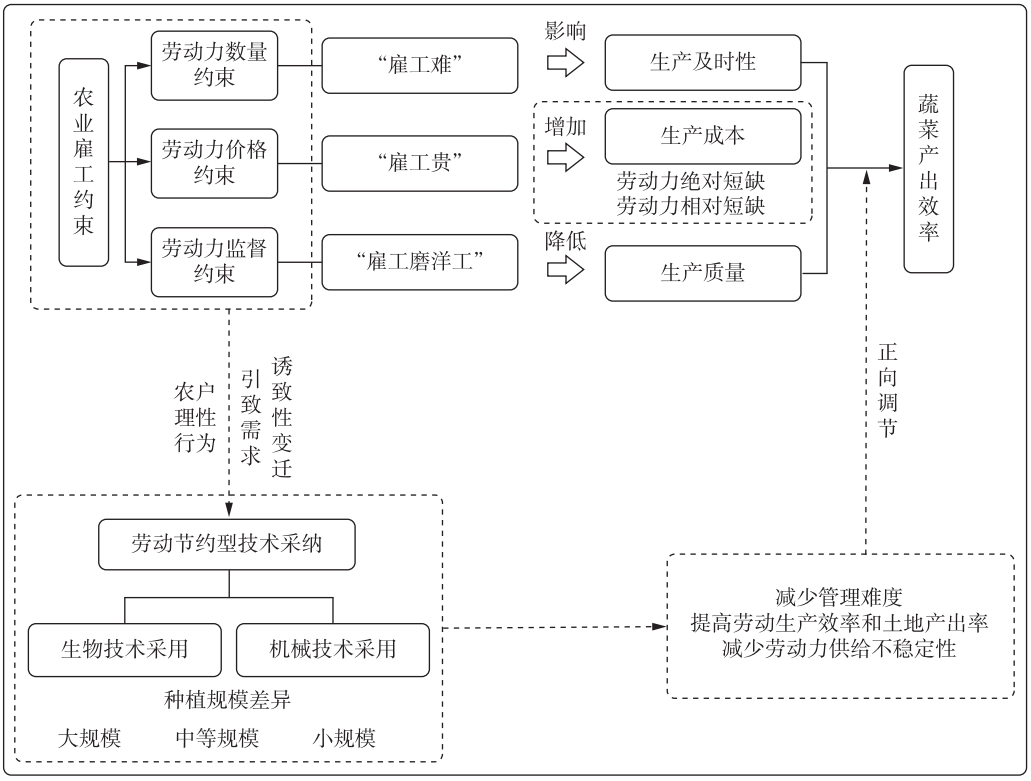


图1　雇工约束影响农户蔬菜生产的逻辑框架图

（一）雇工约束对农户蔬菜产出效率的直接影响

按照生产要素理论框架，土地、资本和劳动力是农业生产过程中的三大核心要素，劳动力投入对农业生产至关重要，其数量、质量、价格的动态变化直接影响着农作物生产的稳定性与可持续性。农业劳动力的逆向化转移、劳动力搜寻成本与交易成本的增加以及农业雇工中的“磨洋工”和“搭便车”的现象[22]都对农作物产量产生了不利影响。首先，劳动力转移加剧“雇工难”，使得农业生产及时性受损，管理精细度下降。城镇化进程的加快使得第二、三产业成为就业的主要渠道，吸引了大量农村青壮年劳动力转移到城市，导致农业领域，尤其是设施蔬菜种植，面临“雇工难”的挑战。一方面，农忙时期，由于劳动力供给不足，农户无法在最佳窗口内完成播种、移栽、整枝、收货等关键生产活动，进而错过最佳管理时间，造成农时延误，农时延误直接影响农作物生长周期，最终导致产量下降。另一方面，劳动力的减少迫使农户从精耕细作转向粗放式经营，管理精细度的下降直接影响了作物的生长条件和产量稳定性。其次，劳动力成本上升导致“雇工贵”，农业生产成本增加，利润空间压缩。劳动力的减少和价格上涨增加了蔬菜生产的雇工成本，压缩了农户的利润空间。这种经济压力导致农户减少关键生产资料的投入，降低种植密度，虽然这些举措能在短期内降低成本，但从长远来看却导致蔬菜产量和品质的下滑[23]。最后，农业雇工的“磨洋工”行为，使得管理难度增加，劳动质量与生产效率下降。农业雇佣关系的本质是“委托-代理”关系，雇工的“机会主义”和“磨洋工”行为降低了劳动的积极性，雇主为了确保雇工的工作质量和效率，需要投入更多的时间和精力进行监督和管理，这不仅增加了监管成本，也加大了雇主的管理负担，同时也阻碍了生产流程的顺利实施。

基于以上分析，提出研究假说1：

雇工约束的增加会导致蔬菜单产下降，设施蔬菜产出降低（H1）。

（二）技术采纳在雇工约束与农户蔬菜生产中的调节效应

技术进步理论表明，技术发展有助于减少对劳动力的依赖，提高生产效率。劳动节约型技术是指在蔬菜种植生产过程中，能够有效降低劳动强度、减少劳动力投入的一系列技术手段。其主要涵盖以下几个方面：①机械技术的应用。从微观层面看，种植户选择机械替代劳动力主要有两个原因：一是提高生产

效率，缓解雇工约束对产量的负向影响，即追求利润最大化的物质享受驱使下的理性行为。二是追求自由和舒适，农户更倾向于使用机械替代人工，即追求自由、不受束缚的精神享受驱使下的理性行为[24]。设施蔬菜种植中劳动节约型技术的应用如播种机、旋耕机、自动放风机等，不仅能够降低生产过程中的劳动强度，还能优化资源配置，提升劳动生产率和土地产出率；此外，自动化灌溉系统和智能温室控制系统的应用减少了无效劳动，缩短了劳作时间，有效缓解了农村劳动力弱化对蔬菜生产的不利影响[25]。②生物技术的应用。农作物施肥方式正逐渐朝轻简化方向发展，作为农业机械技术的补充，同样可以降低劳动强度、提高生产效率。水肥一体化技术的使用大大节约了劳动时间，与传统“大水大肥”方式相比，不再需要农民单独开展灌溉、施肥这两步工序，只需操控开关即可。而新型肥料产品既能够满足作物的生理营养需要，还可以节约人工、培肥地力、降低环境污染等[26]。③授粉技术的改善。蜜蜂授粉技术不仅可以促进设施栽培中座果率的提升，提高农产品的品质，还能提高授粉效率，节省人工成本，同时避免了人工激素授粉可能带来的畸形果和化学激素残留问题，使农作物更加符合绿色、生态、安全的种植要求。

基于以上分析，提出研究假说 2：

在蔬菜种植生产过程中，种植户采用劳动节约型技术，可降低劳动强度和劳动力投入，有助于减轻雇工约束对蔬菜种植的负向影响，即劳动节约型技术的采用对雇工约束与蔬菜产出关系具有正向调节作用（H2）。

（三）劳动节约型技术调节效应发挥作用大小异质性假说

技术采纳调节效应的大小受到农户经营规模的约束。一般而言，大规模农户更倾向于机械替代劳动力，而小规模农户采纳劳动节约型技术的概率较低[27]。劳动节约型技术采纳的规模异质性主要体现在大规模农户和小规模农户在采纳技术时，所体验到的经济效益和激励作用的差异。大规模农户面临的土地资源相对充裕，劳动力的总需求量通常较大，雇工成本在其整体生产成本中占比较高，因此，当劳动节约型技术能够显著降低劳动投入时，替代效应尤为明显。这些农户在技术采纳时能够显著降低劳动成本，并提高生产效率，从而使得单位成本大幅下降，因此，有动力通过采纳劳动节约型技术来应对“雇工约束”。对于小规模农户，虽然劳动节约型技术同样可以降低雇工成本，但由于其劳动成本在整体生产成本中的占比相对较小，收入效应较小，替代效应的总体影响较为有限。此外，小规模农户的生产规模较小，技术采纳带来的成本节约绝对金额也较弱，这减少了他们采纳技术的激励。

基于以上分析，提出研究假说 3：

劳动节约型技术调节效应发挥作用的大小具有规模异质性。大规模农户由于资源和收入优势，更倾向于采纳劳动节约型技术，而小规模农户则可能因为成本和规模的限制而较少采纳这类技术（H3）。

三、数据来源、模型设定与变量选择

（一）数据来源

本文所用样本来自课题组在 2023—2024 年对河北省蔬菜产业重点县设施蔬菜种植户的微观调查。主要基于如下考量：河北省作为研究地域具有显著的典型性和代表性特征——它不仅是全国蔬菜产量排名第四的省份，拥有 57 个农业农村部认定的蔬菜产业重点县（区），同时作为环绕京津区域的关键蔬菜供应基地，其设施蔬菜栽培面积达到 24.13 万公顷⑥，“雇工约束”问题表现得尤为紧迫，劳动力素质参差不齐、季节性短缺、雇工成本攀升及监管机制不完善等问题具有典型性与代表性。

调查采用多阶段抽样方法进行。第一，在全面考虑地域分布的基础上，选取河北省的 8 个地级市作为样本城市；第二，在每个城市根据经济发展状况和地理位置进行分层抽样，选出 26 个样本县；第三，遵循相同的原则，在每个样本县中挑选样本乡镇。此次调查共抽取河北省 26 个县，63 个乡（镇）1191 户农户。剔除了无效样本和缺失数据后，最终获得了 1147 个种植户样本（表 1），问卷有效率为 96.30%。问卷内容主要包括设施蔬菜种植户的个体禀赋特征、土地经营类型与种植情况、雇工情况等。

⑥ 资料来源：河北省农业农村厅（https://mp.weixin.qq.com/s/abEVCG-kY18_HHNFgZw_Ag）。

对受访者基本特征进行分析(表2),发现种植户年龄在51岁之上的最多,占样本总量的51.53%;学历以初中为主,占53.62%;76.11%的受访者家庭种植设施大棚的劳动力人数在2人及以下;家庭人均月收入超过5000的种植户数量最多,占总样本的40.98%;种植规模在0.33公顷以下的种植户最多,占样本量的43.59%;37.82%的农户农时延误天数超过5天;设施黄瓜和设施西红柿种植户的平均单产分别为5510千克和6396千克;采用4~6个劳动节约型技术的农户最多,占总样本的64.43%;大多数农户劳动节约型技术的采用年限为3~6年,占总样本的93.03%。总体来看,河北省设施蔬菜种植户的基本特征主要表现为以中老年群体为主、家庭劳动力数量较少、文化水平偏低、收入水平较高且种植大棚规模较小,平均农时延误天数为3.82天,劳动节约型技术采纳年限和采纳程度均不高。

表1 样本分布情况

抽样层级	保定	邯郸	衡水	石家庄	唐山	沧州	廊坊	邢台
县(区)	3	3	3	2	2	2	2	3
乡(镇)	5	6	6	5	7	4	5	5
村	7	9	9	6	8	8	6	7
样本量	155	176	201	114	152	128	109	112

表2 设施蔬菜种植户基本情况

指标	类别	频数	频率(%)	指标	类别	频数	频率(%)
年龄	35岁及以下	88	7.67	家庭劳动力数量	2人及以下	873	76.11
	36岁~50岁	468	40.8		3~5人	258	22.49
	51岁及以上	591	51.53		6人及以上	16	1.39
文化程度	小学及以下	336	29.29	家庭人均月收入	≤3000元	333	29.99
	初中	576	53.62		3000~5000元	344	29.03
	高中(中专)	206	15.96		>5000元	470	40.98
	大专及以上	29	1.13				
大棚种植规模	≤0.33公顷	500	43.59	延迟程度	1~2天	368	32.08
	0.33~0.67公顷	303	26.42		3~4天	345	30.08
	0.67~1公顷	139	12.12		5~6天	318	27.72
	1~1.33公顷	82	7.15		7~8天	116	10.11
	>1.33公顷	123	10.72				
设施黄瓜平均产量	≤4500千克	108	9.42	设施西红柿平均产量	≤6000千克	389	33.91
	4500~5500千克	427	37.23		6000~7000千克	489	42.63
	>5500千克	612	53.36		7000千克	269	23.45
劳动节约型技术采纳年限	1~3年	30	2.62	劳动节约型技术采纳程度	1~3个	225	19.62
	3~6年	1067	93.03		4~6个	739	64.43
	6年以上	50	4.36		6个以上	183	15.95

(二)变量选择

1.被解释变量

本文主要关心的是雇工约束对设施蔬菜产出的影响。如果想要剔除市场价格波动的影响,而专注于生产过程本身,那么亩均产量就是一个合理的衡量标准。它反映了在一定技术水平下,单位土地面积上所能达到的最大生产潜力。参考徐志刚等[17]有关粮食生产的研究,使用设施黄瓜与设施西红柿的亩均产量作为核心被解释变量,从产量角度对设施蔬菜产出效率高低进行探讨。选择设施黄瓜和设施西红柿作为研究对象,主要原因在于其在设施蔬菜种植中具有广泛的种植普遍性和代表性,同时市场需求稳定且经济价值高,能够有效减少市场价格波动的干扰,使研究更集中于生产过程本身。这两种蔬菜的种植模式和劳动力需求差异,为研究提供了丰富的样本和数据,有助于深入理解不同雇工约束维度下的生产效率问题。考虑到被解释变量与其他变量之间取值差异较大,为保证平稳性,实证中对其取自然对数。

2.解释变量

本文关注的核心自变量为雇工约束。在农业生产过程中,由于雇工数量不足、雇工成本上升、管理与监督

困难等因素，导致农户在农业生产环节雇佣劳动力方面面临着一系列限制和约束。参考杨柳和万江红[16]，王颜齐[27]等相关研究，将雇工约束概括为三个方面，一是雇工数量约束。指的是农户在农业生产中能够雇佣的劳动力数量受到限制。选择“农忙时需要的劳动力数量与可获得劳动力数量的差额”作为表征。原因在于其可以实际反映劳动力短缺程度，量化劳动力供需矛盾。农忙季节是农业生产中最需要劳动力的时候，如果在这个时间段雇佣劳动力遇到困难，如延迟或排队，这直接反映了劳动力市场的紧张状况，即存在雇工数量约束。差额较大表明劳动力供不应求，农户在这段时间内难以及时雇佣到所需劳动力，会导致农事活动延误，直接影响作物的种植、管理和收获。二是雇工价格约束。指的是农户雇佣劳动力的成本受到限制。如果劳动力价格上涨，农户可能会减少雇佣数量或者寻找替代方案。雇工成本的上升主要是由于劳动力价格的增加。劳动力价格可以从宏观和微观两个角度来理解。在宏观层面，劳动力价格通常用农村居民的人均工资性收入来衡量，但这主要反映了整个农业行业的劳动力成本。已有研究运用“外出务工人员的工资”来反映微观层面的劳动力价格。本文主要关注农村劳动力市场供需不平衡导致的雇工成本上升，因此，选用“单位时间雇工工资的上涨幅度”作为表征。原因在于工资上涨幅度直接反映了劳动力价格的变化，是雇工成本上升最直观的指标。这一指标能够直接反映农户在雇工方面的经济压力和成本负担。三是雇工监督约束。雇工追求个体效用最大化与雇主追求利润最大化的目标不一致，这可能导致道德风险问题。雇主期望雇工能更加努力工作，而雇工则倾向于减少劳动强度以获取更多个人效用。雇工的道德风险在农业劳动中表现为磨洋工、偷懒、偷工减料等机会主义行为。因此，本文运用“种植户对雇工存在磨洋工行为认同度评价”来衡量雇工监督约束。

3. 调节变量

本文选取劳动节约型技术采纳作为调节变量。根据技术进步对生产要素作用效果的不同，农业技术可以划分为“劳动节约型”和“土地节约型”两大类。本文参考 Bhargava[28] 等相关研究将劳动节约型技术定义为那些能够在蔬菜生产过程中减少用工量、节省劳作体能的技术，具体包括劳动节约型机械技术及劳动节约型施肥技术两类⑦。主要选取“农户劳动节约型技术采纳程度”来衡量其技术采纳行为。通过“劳动节约型技术采纳个数”来测度。

4. 其他控制变量

已有诸多文献证实了农户成员的个体特征、家庭特征及外部环境特征对作物生产具有重要影响。借鉴已有研究成果[29-30]，本文把可能影响农户设施蔬菜产量的控制变量分为三类：一是反映受访者农户个人特征的变量，包括性别、年龄、受教育程度、健康状况以及务农经验；二是反映农户家庭特征的变量，包括户主身份、经营主体类型、家庭农地质量、地块细碎化程度、用钱压力及务农人口数；三是反映外部环境特征的变量，比如农村土地租金水平、2023 年是否受灾、是否获得政府补贴。具体的变量定义和描述性统计见表 3。

（三）模型设定

1. 基准回归模型

结合本文在理论框架部分的数理推导结果可以发现，雇工数量约束、雇工成本约束以及雇工监督约束均会影响设施蔬菜种植户的蔬菜生产。为验证上述假说 H1，基于以上分析框架，采用普通最小二乘回归（ordinary least squares，OLS）模型，探讨雇工约束对设施蔬菜种植户产量的影响。具体的计量经济模型形式如式（1）所示。

$$\ln Q_i = \beta_0 + \beta_1 E_i + \sum \beta_2 X + D_1 + \varepsilon_1 \quad (1)$$

其中：Q_i 为因变量，表示种植户 i 设施蔬菜的亩均产量；E_i 为自变量，代表种植户 i 所面临的农业雇工约束（$i=1$、2、3），E_1 = 雇工数量约束，E_2 = 雇工成本约束，E_3 = 雇工监督约束；X 为影响蔬菜产量水平的其他控制变量，包括农户特征、家庭特征、农地质量、土地租金水平、受灾程度及政府补贴等方面；D_1 为时间（地区）虚拟变量；β_0 为截距项；β_1、β_2 为各变量对应的参数；ε_1 为随机扰动项。

⑦ 机械技术和施肥技术并不互相排斥，而是相互融合，这两种技术体现了现代化农业发展的两条道路。劳动节约型施肥技术具体包括环境调控环节、耕整地环节以及植株管理环节技术设备的使用。劳动节约型施肥技术具体包括采纳水肥一体化技术和施用新型肥料产品，包括生物菌肥、生物农药、水溶肥。

表3　变量含义及描述性统计

变量		变量含义与赋值	最大值	最小值	均值	标准差
被解释变量	蔬菜产出效率（取对数）	设施西红柿单位面积平均产量 设施黄瓜单位面积平均产量	9.476 9.616	9.052 9.260	9.299 9.452	0.127 0.101
解释变量	雇工数量约束	农忙时需要的劳动力数量与可获得劳动力数量的差额	10.000	1.000	4.322	2.065
	雇工价格约束	单位时间内雇工工资的上涨幅度	51.000	5.000	19.555	7.586
	雇工监督约束	对雇工存在磨洋工的行为的认同度（完全不同意=1；比较不同意=2；中立=3；比较同意=4；完全同意=5）	5.000	1.000	3.321	1.158
调节变量	技术采纳	劳动节约型技术采纳程度	9.000	1.000	4.891	1.707
控制变量	性别	男性 = 1；女性 = 0	2.000	1.000	1.242	0.428
	年龄	户主实际年龄	80.000	27.000	50.323	10.532
	文化程度	户主的受教育程度（小学及以下=1；初中=2；高中/中专=3；大专/大学以上=4）	4.000	1.000	1.896	0.711
	健康状况	相对于同龄人，户主主观判断的身体状况（很好=1；好=2；一般=3；差=4；很差=5）	5.000	1.000	1.813	0.891
	务农经验	实际种植年限	45.000	5.000	14.710	5.339
	户主身份	村干部=1；党员=2；退伍军人=3；转业干部=4；退休工人=5；普通村民=6	6.000	1.000	5.307	1.655
	家庭务农人口数	实际家庭参与劳作的数量	6.000	1.000	2.149	0.933
	经营主体类型	企业=1；种植户=2；家庭农场=3；合作社基地=4	4.000	1.000	2.195	0.544
	家庭用钱压力	是=1；否=2	2.000	1.000	1.182	0.386
	农地质量	很差=1；比较差=2；一般=3；比较好=4；很好=5	5.000	2.000	3.761	0.775
	土地租金水平	本村土地流转交易价格	2000.000	400.000	798.788	225.289
	受灾程度	2023年是否受灾：是=1；否=2	2.000	1.000	1.934	0.247
	政府补贴	是=1；否=2	2.000	1.000	1.995	0.065

2. 技术采纳的调节效应检验

为检验农户技术采纳是否能作为调节变量改变雇工约束对蔬菜产量的影响，本文借鉴温忠麟和江艇[31-32]等的方法采用交互项的方式构建调节效应模型。具体模型如式（2）所示。

$$Q_i = \tau_0 + \tau_1 E_i + \tau_2 T + \tau_3 E \times T + \sum \tau_4 X + D_i + \varepsilon_5 \quad (2)$$

其中：T 为调节变量，表示设施蔬菜种植户劳动节约型技术的采纳程度和劳动节约型技术的采纳年限；$E\times T$ 为种植户雇工约束与技术采用的交互项，当 $\tau_1<0$ 时，说明雇工约束上升会使得产量下降，但如果 $\tau_3>0$，说明调节变量具有抑制作用，即雇工约束对产量的负面影响随着劳动节约型技术采纳的增大而减弱；τ_1、τ_2、τ_3、τ_4 为各变量待估计参数；τ_0 为常数项；ε_5 为随机扰动项。

四、实证结果分析

（一）基本回归结果

1. 雇工约束对设施蔬菜产出的影响

表4展示了运用Stata 17.0软件估计的雇工约束对农户设施蔬菜生产的影响效应。将设施黄瓜与设施西红柿的亩均产量的对数作为因变量，雇工数量约束、雇工成本约束与雇工监督约束作为自变量。其中，（1）列~（3）列为雇工约束对设施西红柿生产的影响，（4）列~（6）列为雇工约束对设施黄瓜生产的影响。（3）列和（6）列同时加入了雇工数量约束、雇工成本约束与雇工监督约束，结果显示，三类不同维度的雇工约束对设施西红柿、设施黄瓜的单产均产生了显著的负向影响。

具体来看，依据式（1），雇工约束对设施西红柿与设施黄瓜的影响程度从大到小分别如下：雇工成本约束（$\alpha=-0.029$；$\alpha=-0.021$）>雇工监督约束（$\alpha=-0.020$；$\alpha=-0.016$）>雇工数量约束（$\alpha=-0.007$；$\alpha=-0.006$）。雇工成本约束对设施蔬菜生产的影响最大，因为它直接关系到生产成本和种植户的经济可行性。西红柿和黄瓜生产过程中需要大量的人工操作，如播种、移栽、定值、整枝、授粉、施肥、喷药等。人工成本通常是蔬菜种植中的主要成本之一。当雇工价格上升时，产量的增加可能无法弥补成本的上涨，为了控制成本，种植户会减少雇佣的工人数量，这直接导致劳动力不足，进而影响到蔬菜生长的质量和产量。监督约束次之，蔬菜生产中劳动

表 4　雇工约束对设施蔬菜产出的基本回归分析结果

解释变量	设施西红柿			设施黄瓜		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
雇工成本约束	−0.047***	−0.031***	−0.029***	−0.037***	−0.023***	−0.021***
	(0.033)	(0.020)	(0.013)	(0.001)	(0.001)	(0.084)
雇工数量约束		−0.009***	−0.007***		−0.008***	−0.006***
		(0.006)	(0.004)		(0.001)	(0.006)
雇工监督约束			−0.020***			−0.016***
			(0.009)			(0.010)
性别	0.004*	0.002	0.002	0.004*	0.002	0.002
	(0.033)	(0.032)	(0.028)	(0.002)	(0.031)	(0.030)
年龄	0.001	0.001***	0.001***	0.001	0.001***	0.001***
	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)
文化程度	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002
	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.001)	(0.002)
户主身份	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)
经营主体类型	−0.012***	−0.010***	−0.008***	−0.007***	−0.005***	−0.004***
	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)
健康状况	0.015***	0.011	0.010***	0.015***	0.011	0.010***
	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.001)	(0.002)
家庭用钱压力	0.020***	0.017***	0.015***	0.019***	0.016***	0.015***
	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)
土地租金水平	0.001	0.001	−0.001	−0.001	−0.001	−0.001
	(0.000)	(0.001)	(0.001)	(0.000)	(0.001)	(0.001)
政府补贴	0.037***	0.033***	0.035***	0.032**	0.028***	0.030***
	(0.014)	(0.013)	(0.013)	(0.013)	(0.011)	(0.013)
务农经验	0.001***	0.001***	−0.001***	0.002***	−0.001***	−0.001***
	(0.000)	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)
农地质量	0.010***	0.009***	0.007***	0.008***	0.007***	0.006***
	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.008)	(0.001)	(0.001)
受灾程度	0.003	0.001	−0.001	0.004	0.002	0.001
	(0.004)	(0.003)	(0.003)	(0.003)	(0.003)	(0.003)
规模	0.001	0.002***	0.002***	0.001*	0.003***	0.002***
	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)
家庭务农劳动力	0.001	0.003***	0.003***	0.001	0.002***	0.002***
	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)
常数项	9.316***	9.446***	9.464***	9.426***	9.546***	9.561***
	(0.033)	(0.030)	(0.030)	(0.029)	(0.026)	(0.025)

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5% 和 1% 的水平上显著；括号中为稳健标准误。

质量的监督存在难度，特别是在个体农户分散经营的背景下，雇工在蔬菜管理环节可能会出现疏忽大意或偷懒行为。监督约束意味着农户难以确保每个雇工都能按照最优的工作效率和质量进行作业，监督不足则可能导致资源浪费和生产损失，进一步导致生产效率低下，影响蔬菜产量。供给约束虽然也重要，但其影响相对较小。在供给约束的情况下，尽管雇工供给不足会对蔬菜生产产生一定影响，但农户们往往能够通过多种方式来应对这一挑战。例如，他们可以延长家庭自有劳动力的工作时间，以弥补外部劳动力的不足。这意味着家庭成员需要牺牲个人时间，甚至在必要时牺牲休息和娱乐活动时间，以确保生产任务的完成。以上实证结果证明了研究假说 H1。

这与笔者调研时采访的种植户情况相符，所采访的一位种植户表示，在西红柿和黄瓜的收获季节，由于人手不足，他和家人每天从早到晚忙碌都在大棚里，每天超过 12 小时，有时候甚至需要连续在大棚里待 15

个小时,从清晨一直忙碌到深夜。“那段时间,我们每天天不亮就起床,带着头灯开始工作,一直忙到深夜。有时候连吃饭的时间都没有,只能简单地吃点干粮,继续干活”。在当前农村劳动力供给短缺的情况下,农户面临雇佣成本的上升,产出水平的下降。尤其是在设施蔬菜生产中,管理成本的上升和劳动强度的加大,会导致农户过度依赖家庭劳动力,甚至以牺牲健康为代价,带来长期的劳动力过度消耗,影响农户的生产效率和生活质量。以上分析结果揭示了农户在雇工短缺背景下的艰难选择,他们不得不依赖家庭成员的高强度劳动来维持生产,这种情况的长期化不仅损害了家庭成员的健康,影响农业生产的可持续性,还可能带来农村劳动力的流失,加剧农业生产的劳动力瓶颈。因此,研究结果呼吁关注农业劳动力市场的健康发展,通过提供建立劳务专业合作社、优化劳动力市场结构和构建专业劳务品牌等措施,来缓解农村劳动力市场供需失衡,提高设施蔬菜的生产质量。

2. 控制变量对设施蔬菜产出的影响

户主的健康状况、务农经验、经营主体类型、农地质量、政府补贴程度确实会影响农户的种植规模决策。在个体特征中,农户的健康状况和务农经验是决定其管理能力和生产质量的重要因素。健康状况较好的农户能够投入更多精力和时间来进行种植工作,减少因劳动力不足而导致的生产延误或质量问题;而务农经验丰富的农户能够更好地应对生产中可能出现的挑战,合理调配资源、优化生产过程,从而提高产量。这表明,提高农户的健康水平和提供农业培训,能够显著提升农业生产质量。在家庭和农地层面,高质量的土地能够为蔬菜生长提供有利的自然条件,进而提高作物的生长速度和产量。而大型经营主体由于资金和资源的优势,能够进行规模化生产,减少成本、提高质量。通过引导农户采用现代化的经营模式,推动农业生产规模化、集约化,不仅能提升单产,还能提高农业生产的竞争力。在外部环境特征中,政府补贴对蔬菜生产有显著正向影响。一方面,补贴可以降低生产成本,激发种植积极性,促使种植规模扩大。另一方面,资金和政策支持有助于新技术、新设备引入,改善生产条件。例如,补贴可使农户购置先进的灌溉设备或高效的农药喷洒设备,提高生产效率和质量,进而增加产量。以上分析结果对于指导农户合理安排生产、政府制定精准补贴政策及优化资源配置具有重要现实意义。

(二)内生性问题与稳健性检验

1. 内生性处理

表4的基本回归结果可能存在内生性问题。一是,可能存在同时影响雇工约束和农户蔬菜产出的第三方因素,如气候变化、自然灾害等,这些遗漏变量可能扭曲估计结果。二是,可能存在蔬菜生产对雇工约束的反向影响,这体现在蔬菜产出率和劳动力市场之间的动态相互作用。种植户会根据产量的变化和经济效益的考量来调整雇工数量,以适应市场的变化和维持自身的经济效益。总体来说,蔬菜生产与雇工约束之间存在复杂的互动关系。蔬菜产量的变化不仅受雇工数量和质量的影响,同时也会影响雇工市场的供需状况,进而影响雇工的数量和结构。使得式(1)存在一定的由反向因果造成的内生性问题,这会导致OLS回归估计系数的不一致性,既可能高估也可能低估真实的因果效应。

为了克服因反向因果造成的内生性问题,本文参照Godsimth[33]采用份额移动法方法构造Bartik工具变量并进行估计。其基本思路是,用分析单元初始的份额构成和总体的数值或增长率来模拟出历年的估计值,该估计值和实际值高度相关,但是与其他的残差项不相关。使用城市层面近三年农、林、牧、渔业平均工资增长率,再以2022年农户家庭基本劳动力人数作为权重构造出加权农村劳动力工资增长率($Growth_Bartik$),以此作为工具变量,通过捕捉各城市层面的劳动力市场变化来估计对农户蔬菜生产的影响,同时避免了直接使用农户雇工工资可能产生的内生性问题。该变量反映了地区劳动力市场变化对农户家庭的影响。具体地,份额移动法构造的工具变量如式(3)所示。

$$Growth_Bartik_{c,t} = Labour_{k,c} \times Ratio_{k,c} \tag{3}$$

其中:对于任意种植户k,$Labour_k$为种植户k家庭劳动力人数;$Ratio_{k,c}$为农户k所在城市c近三年农、林、牧、渔业平均工资的增长率。Bartik工具变量仅通过初始家庭劳动力人数与外生变量交乘得到。该变量不会与其他影响蔬菜产量的残差项相关。同时,该变量显然与雇工约束高度相关。因此,Bartik工具变量可以比较好地解决由于遗漏变量、反向因果等原因导致的内生性问题,得到一致性的估计结果。

表 5 汇报了使用 Bartik 工具变量进行系数估计后的结果。表 5 的结构与表 4 一样。将设施黄瓜与设施西红柿的亩均产量的对数作为因变量，雇工数量约束、雇工成本约束与雇工监督约束作为自变量，并用构造的城市层面的 Bartik 变量 *Growth_Bartik* 做工具变量。两阶段回归的第一阶段系数显著为正，从 *F* 值可以看出工具变量与内生解释变量之间有较强的关联，是一个有效的工具变量。两阶段最小二乘法（two-stage least squares，2SLS）估计结果均显示出显著的抑制作用，且所有工具变量均通过检验，表明不同维度的雇工约束对农户蔬菜生产的负向抑制作用仍然稳健。总体来说，与基准回归结果相比，使用工具变量法估计的雇工约束对农户蔬菜生产的影响效应无论在估计系数的数值上还是在显著性水平上均有所提高。

表 5　工具变量 2SLS 回归结果

变量	设施西红柿			设施黄瓜		
	（1）	（2）	（3）	（4）	（5）	（6）
雇工成本约束	−0.543***			−0.785***		
	（0.124）			（0.103）		
雇工供给约束		−0.115***			−0.155***	
		（0.029）			（0.020）	
雇工监督约束			−1.074***			−1.358***
			（0.263）			（0.198）
控制变量	是	是	是	是	是	是
Growth_Bartik	是	是	是	是	是	是
样本量	1147	1147	1147	1147	1147	1147
adj. R^2	0.553	0.607	0.571	0.661	0.634	0.589
第一阶段 *F* 值	41.61	43.53	21.32	105.142	128.204	69.566
Kleibergen-Paap rk Wald *F*	42.06	51.84	19.48	107.701	140.443	66.381
AR	11.95	11.95	11.95	49.38	49.38	49.38
Kleibergen-Paap rk LM	40.82	50.146	18.21	81.676	113.000	56.041
P	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5%和 1%的水平上显著；括号中为稳健标准误。表 5 中报告了工具变量的识别不足 Kleibergen-Paap rk LM、弱识别 Kleibergen-Paap rk Wald *F* 及弱稳健性推断 *AR* 的统计量，检验结果表明工具变量是有效的。

2. 稳健性检验

为检验前文基准回归结果的可靠性，除引入选定控制变量和工具变量进行回归外，本研究进一步采用以下方式进行稳健性检验：第一，增减控制变量。考虑到设施农业生产支持政策也会对农户的产出水平带来影响，当前实施的蔬菜生产支持政策主要包括大棚建设贷款、大棚保险、大棚补贴和基层农业技术推广服务等，进一步将其作为控制变量纳入基准回归模型。第二，数据缩尾处理。为降低极端数值对实证结果的干扰，对数据进行双侧 1%缩尾处理，将处于（1%，99%）范围之外的观察值分别替换为 1%分位和 99%分位的数值，并对处理后的新样本重新回归。第三，更换估计方法。基于基准回归模型，为进一步验证回归结果的科学性和稳健性，本文采用扩展回归模型（extended regression model）重新估计。稳健性检验结果见表 6。

表 6　稳健性检验

变量	增减控制量		数据缩尾处理		更换估计方法	
	（1）	（2）	（3）	（4）	（5）	（6）
雇工成本约束	−0.029***	−0.021***	−0.029***	−0.021***	−0.034***	−0.022***
	（0.033）	（0.033）	（0.031）	（0.033）	（0.002）	（0.002）
雇工数量约束	−0.004***	−0.003***	−0.004***	−0.003***	−0.007***	−0.007***
	（0.007）	（0.007）	（0.007）	（0.007）	（0.001）	（0.001）
雇工监督约束	−0.024***	−0.022***	−0.022***	−0.020***	−0.020***	−0.017***
	（0.040）	（0.040）	（0.038）	（0.040）	（0.002）	（0.002）
控制变量	是	是	是	是	是	是
样本量	1147	1147	1143	1143	1147	1147

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著；括号中为稳健标准误。

表6列出了在增减控制变量、缩尾处理和更换估计方法的稳健性检验结果，核心解释变量雇工约束的系数仍显著为负，估计结果与前文结论保持一致。本文还进一步被解释变量滞后一期，甄别雇工约束的滞后效应等一系列稳健性检验，结果均表明本文基准结论稳健。

（三）群体异质性分析

以上从全样本层面检验了雇工约束对农户蔬菜生产的影响，即同质性处理效应，尚未考虑其影响的异质性。农户是高度异质性群体，在经营目标和资源禀赋方面不尽相同，这种主体异质性往往会导致行为差异[34]。为进一步细化雇工约束对不同农户设施蔬菜生产的影响差异，本文结合设施蔬菜的生产实际，根据种植规模对蔬菜种植户进行分类。表7的回归结果表明，不同规模种植户对雇工约束的敏感程度和反应各有差异。雇工约束对不同规模设施蔬菜种植户的影响程度依次为：中等规模农户>小规模农户>大规模农户。

表7 雇工约束对不同规模农户蔬菜生产的差异性影响

变量	种植面积<0.333公顷		种植面积>0.333~0.667公顷		种植面积>1公顷	
	设施西红柿	设施黄瓜	设施西红柿	设施黄瓜	设施西红柿	设施黄瓜
	（1）	（2）	（3）	（4）	（5）	（6）
雇工数量约束	−0.007***	−0.004**	−0.008*	−0.009	−0.003	−0.001
	（0.209）	（0.061）	（0.291）	（0.002）	（0.002）	（0.002）
雇工价格约束	−0.011	−0.010	−0.016***	−0.014***	−0.008***	−0.006***
	（0.033）	（0.033）	（0.031）	（0.033）	（0.002）	（0.002）
雇工监督约束	−0.006	−0.007*	−0.010*	−0.012	−0.009***	−0.010***
	（0.015）	（0.016）	（0.015）	（0.015）	（0.016）	（0.015）
控制变量	是	是	是	是	是	是
常数项	5.165***	2.956***	2.565***	2.534***	5.165***	2.956***
	（0.103）	（0.762）	（0.791）	（0.801）	（0.103）	（0.762）
样本量	500	500	442	442	205	205

注：*、**、***分别表示在10%、5%、1%的水平上显著；括号中为稳健标准误。

从不同雇工约束维度来看，不同规模农户在面对雇工约束时各有侧重点：小规模农户关注雇工数量的可获得性，中等规模农户敏感于雇工成本的变动，而大规模农户则更注重雇工监管的效率和效果。首先，小规模农户劳动力需求弹性较小，替代弹性较低。在进行生产活动时往往更加依赖家庭成员的劳动力，当家庭劳动力不足时，往往对雇佣外部劳动力的需求更加迫切。由于规模小，小规模农户难以通过技术采纳来减少对劳动力的依赖，因此劳动力供给的短缺会直接导致产量下降。其次，中等规模农户需要较多的外部劳动力。随着雇工成本的上升，他们的生产成本也会显著增加，这会直接压缩其利润空间。由于中等规模农户可能没有大规模农户那样的资本储备和成本分摊能力，无法通过提高产品售价来完全转嫁成本上升，从而面临更大的经济压力，对于雇工成本上升的反应更为强烈。最后，大规模农户通常拥有更多的土地和更高的产量目标，这就要求他们雇佣更多的劳动力来完成种植、管理、收获等一系列蔬菜生产活动。随着雇佣劳动力数量的增加，监管复杂性也随之增加。

从表7中可以发现，不同维度雇工约束的影响系数对中等规模农户产出影响最大。这与一般预期不符，按照常规逻辑，大规模农户由于雇佣更多的工人，应当是受雇工约束影响最大的群体。然而，实证结果却表明中等规模农户在雇工数量上虽不及大规模农户，但其受到的影响却更为严重。中等规模农户在农业产业中占据重要地位，他们的生产质量和发展状况直接影响着农业产业的升级和竞争力提升。解决雇工约束问题有助于促进中等规模农户的发展壮大，推动农业产业的规模化和现代化进程。这可能与技术采纳的调节效应在不同规模农户之间的差异有关。为深入探讨这一作用机制，有必要分析技术采纳如何在不同规模种植户中发挥不同的作用。

（四）作用机制检验

本文在分析框架中提到，农户劳动节约型技术采纳行为在雇工约束对设施蔬菜种植户生产的影响中具有调节效应，且调节效应在一定程度上取决于农户的蔬菜种植规模大小，即雇工约束对设施蔬菜生产的影

响会随着农户劳动节约型技术采纳的不同而存在差异。为此，分别引入雇工约束与劳动节约型技术采纳程度的交互项以检验技术采纳在雇工约束对不同规模下设施蔬菜种植户产出水平影响中的调节作用。为避免交互项与构建变量之间的相关性而产生的共线性问题，本文先对雇工约束变量和技术采纳变量做中心化处理，随后将中心化后的变量引入模型。

从表 8~表 10 可以看出，劳动节约型技术的采纳均能显著缓解雇工约束给设施蔬菜种植户带来的影响，假说 H2 得到验证。这与张瑞娟和高鸣[27]的研究相一致，大规模农户在采纳新技术方面的概率显著高于小农户，这与他们拥有更大的土地经营规模、更好的金融保险和信息获取渠道有关。

按照劳动节约型技术采纳程度的调节效应大小排序为：大规模农户>中等规模农户>小规模农户，假说 H3 得到验证。对于大规模农户而言，劳动节约型技术的采纳能够显著缓解雇工约束带来的影响。表 8 结果显示，在控制其他变量后，雇工数量约束、雇工价格约束、雇工监督约束与劳动节约型技术采纳程度交互项分别在 10%、10%、5%的显著水平上对大规模农户设施西红柿产出效率有正向影响；在 10%、5%、1%的显著水平上对大规模农户设施黄瓜产出效率有正向影响。这表明劳动节约型技术的采纳程度在雇工约束对农户蔬菜生产的影响中发挥着重要的调节作用。结合表 7 的(5)列、(6)列可以看出，雇工约束对大规模农户蔬菜产量影响较小的原因在于大规模农户劳动节约型技术采纳的调节效应最强。大规模农户更能通过劳动节约型技术的采纳来缓解这一约束。大规模农户通常拥有充足的资源和资金，能够承担较高的技术投资成本，并且通过规模经济分摊这些成本，从而在长期内实现生产水平的提升。因此，当面临雇工约束时，大规模农户更注重通过高效的管理和技术更新来优化劳动力使用，确保生产过程的稳定性与产品质量。借助先进的技术和管理手段，大规模农户能够有效调节劳动力短缺带来的挑战，保持蔬菜生产的高效性与稳定性。对于小规模农户而言，劳动节约型技术的采纳虽然有助于缓解雇工约束，但其调节效应相对较弱。这主要是因为小规模农户的土地和种植结构可能不适合大型机械操作，导致技术难以实施。此外，即使有适用于小规模农户的机械，操作和维护也需要专业技能，而小农户可能缺乏这些技能。在经济上，机械替代劳动力的成本可能高于实际收益，使技术采纳缺乏经济性。此外，小规模农户往往难以获得足够的资金和信贷支持，也难以承担技术替代带来的风险。因此，在这些条件下，技术采纳对小规模农户生产水平的提升效果不如大规模农户明显。

根据表 9 的检验结果，雇工数量约束、雇工价格约束与劳动节约型技术采纳程度交互项分别在 1%和 5%的显著水平上对小规模农户设施西红柿产出效率有正向影响；在 1%和 10%的显著水平上对小规模农户设施黄瓜产出效率有正向影响。但是劳动节约型技术的采纳程度并没有减轻雇工监督约束对两类蔬菜生产的影响。结合表 7 的(1)列、(2)列可以看出，雇工约束对小规模农户蔬菜产出效率的影响程度高于大规模农户，低于中等规模农户。小规模农户通常资金和资源有限，主要依赖家庭成员提供劳动力，这在一定程度上缓解了对外部劳动力的依赖。小规模农户可以更容易地调整生产规模和种类，以适应劳动力市场的变化。例如，当劳动力短缺时，他们可以选择种植需要较少劳动力的作物或缩减种植规模。小规模农户在劳动节约型技术采纳上的调节效应相对较弱，高昂的技术投资成本对于小规模农户来说是一个难以逾越的障碍。小规模农户往往缺乏市场接入能力和风险承受能力，使得他们在面对雇工约束时，更倾向于通过传统方式解决问题，而不是采纳成本较高的新技术。因此，小规模农户在技术采纳上显得更为保守和谨慎。

对于中等规模农户而言，劳动节约型技术的采纳虽然能够缓解雇工约束，但其调节效应不如大规模农户显著。从表 10 看出，雇工数量约束、雇工价格约束、雇工监督约束与劳动节约型技术采纳程度交互项分别在 10%、1%、10%的显著水平上对中等规模农户设施西红柿产出效率有正向影响；在 10%、1%、10%的显著水平上对中等规模农户设施黄瓜产出效率有正向影响。结合表 7 的(3)列、(4)列可以看出，雇工约束对中等规模农户蔬菜生产的影响程度最大。中等规模农户的生产规模决定了其对劳动力的需求量较大，但又未达到大规模农户所具备的规模经济效应。因此，当劳动力供给短缺时，生产质量会显著下降，这使得雇工约束的影响尤为突出。尽管中等规模农户有意通过技术采纳来替代部分劳动力，但由于资金和资源相对有限，虽然比小规模农户更具备一定的技术和管理能力，但与大规模农户相比，仍存在显著差距。在技术采纳方面，中等规模农户面临较高的投资门槛，并且技术适应性不足。由于新技术采纳所需的成本较高且技术

的适应周期长,中等规模农户往往难以通过技术手段完全替代劳动力。尤其是在劳动力成本和数量受限的情况下,无法有效缓解生产过程中的雇工压力。与小规模农户不同,中等规模农户虽具备一定的技术积累和管理经验,但由于缺乏足够的资本和灵活的生产结构,无法像大规模农户一样通过技术和资本的投入来快速应对劳动力短缺问题。此外,中等规模农户的生产结构较为固定,短期内调整生产规模较为困难,这导致他们在面临雇工困难、雇工成本上涨以及雇工监督问题时,难以迅速适应新技术或调整生产结构,仍维持原有的生产规模,这种刚性较大的特点使得他们在一段时间内产出率相对较低。

表 8　大规模农户劳动节约型技术采纳程度的调节效应检验结果

变量	设施西红柿			设施黄瓜		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
雇工数量约束	-0.049*** (0.123)			-0.040*** (0.124)		
雇工价格约束		-0.017*** (0.120)			-0.014*** (0.122)	
雇工监督约束			-0.035*** (0.119)			-0.042*** (0.119)
采纳程度	0.003** (0.103)	0.001* (0.102)	-0.002 (0.104)	0.001 (0.105)	0.003** (0.103)	-0.001 (0.104)
雇工数量约束×采纳程度	0.014* (0.133)			0.018* (0.134)		
雇工价格约束×采纳程度		0.017* (0.124)			0.012** (0.122)	
雇工监督约束×采纳程度			0.021** (0.121)			0.013*** (0.122)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	2.155*** (0.633)	2.134*** (0.675)	3.098*** (0.725)	2.035*** (0.604)	3.114*** (0.711)	3.263*** (0.748)
样本量	500	500	500	500	500	500

注:*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著;括号中为稳健标准误。

表 9　小规模农户劳动节约型技术采纳程度的调节效应检验结果

变量	设施西红柿			设施黄瓜		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
雇工数量约束	-0.049*** (0.119)			-0.040*** (0.104)		
雇工价格约束		-0.017*** (0.137)			-0.014*** (0.130)	
雇工监督约束			-0.005*** (0.026)			-0.042*** (0.024)
采纳程度	0.001 (0.009)	0.001** (0.102)	-0.002 (0.103)	-0.001 (0.100)	0.004** (0.104)	-0.001 (0.102)
雇工数量约束×采纳程度	0.007*** (0.127)			0.008*** (0.125)		
雇工价格约束×采纳程度		0.006** (0.123)			0.004* (0.124)	
雇工监督约束×采纳程度			0.001 (0.122)			0.002 (0.124)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	2.373*** (0.779)	2.755*** (0.863)	2.967*** (0.825)	2.815*** (0.704)	2.997*** (0.817)	2.963*** (0.841)
样本量	205	205	205	205	205	205

注:*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著;括号中为稳健标准误。

表 10　中等规模农户劳动节约型技术采纳程度的调节效应检验结果

变量	设施西红柿			设施黄瓜		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
雇工数量约束	−0.049*** (0.124)			−0.040*** (0.124)		
雇工价格约束		−0.017*** (0.124)			−0.014*** (0.124)	
雇工监督约束			−0.005*** (0.124)			−0.042*** (0.124)
采纳程度	−0.001 (0.122)	0.001 (0.120)	0.002** (0.074)	−0.001 (0.118)	0.003** (0.121)	0.001* (0.076)
雇工数量约束×采纳程度	0.009* (0.128)			0.008* (0.127)		
雇工价格约束×采纳程度		0.010*** (0.123)			0.011*** (0.123)	
雇工监督约束×采纳程度			0.007* (0.125)			0.006* (0.126)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	3.373*** (0.814)	3.755*** (0.822)	3.967*** (0.823)	3.815*** (0.870)	3.997*** (0.862)	3.963*** (0.837)
样本量	442	442	442	442	442	442

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著；括号中为稳健标准误。

五、研究结论与政策启示

本文基于河北省 26 个县 1147 个设施蔬菜种植户的微观调查数据，深入探讨了“雇工约束”与蔬菜产出效率之间的内在逻辑，并通过 OLS 和调节效应模型，实证分析雇工约束的不同维度对蔬菜产出率的影响及其作用机制，进一步检验了劳动节约型技术采纳程度在其中的调节效应，揭示了农户规模异质性对这一影响的作用差异。研究结果表明：

(1)三类不同维度的雇工约束对设施蔬菜生产均产生了显著的负向影响，经工具变量法检验后依然成立。雇工价格约束对设施蔬菜产出率的影响最大，它直接关系到生产成本和投入决策；监督约束次之，劳动质量监控的困难可能导致生产水平低下；雇工数量约束的影响相对较小，但这并不意味着它可被忽视，生产者虽可通过多种方式来适应劳动力市场的变化，如调整种植计划、优化劳动分工等，但这些调整往往需要综合考虑多种因素，且面临一定的局限性。

(2)群体异质性分析表明，种植规模会导致影响效应分化，这一发现为理解不同规模种植户的发展差异提供了新思路。雇工约束对不同规模设施蔬菜种植户的影响程度依次为：中等规模农户>小规模农户>大规模农户。大规模农户拥有更多资源和更强的技术采纳能力，可以灵活调整生产方式，采用先进的技术来替代劳动力，从而最大限度地减轻雇工约束的影响。例如，投资引进智能化的种植设备和精准农业技术，实现自动化灌溉、施肥和采摘，不仅提高了生产质量，还降低了对人工的依赖。中等规模农户资源有限，灵活性不足，因此在面对雇工约束时受影响最大，难以像大规模农户那样轻松应对。小规模农户虽规模较小，但具有灵活性和适应性，更倾向于采用家庭式劳作或邻里互助的方式来缓解雇工约束。同时也会根据自身实际情况选择一些简易、低成本的技术手段，虽然技术采纳程度有限，但这种贴近生活实际的应对方式也能在一定程度上减轻雇工约束带来的负面影响。

(3)作用机制分析表明，劳动节约型技术采纳程度在雇工约束对设施蔬菜生产的影响中均存在正向调节作用。这一作用机制的揭示为解决雇工约束问题提供了新的方向指引，即采纳劳动节约型技术年限越长，程度越高，越会减轻雇工约束对设施蔬菜产出率的抑制作用。按照调节效应大小排序为：大规模农户>中等规模农户>小规模农户。大规模农户在这一过程中展现出强大的优势，他们能够利用自身资源和规模优势，更深入地推广和应用劳动节约型技术，形成技术与规模的协同效应。中等规模农户虽然在资源和技

术应用上不如大规模农户,但也能在一定程度上受益于劳动节约型技术的采纳,通过逐步改进生产方式来缓解雇工约束。小规模农户由于受到资金、技术获取渠道和土地规模等因素的限制,劳动节约型技术的调节效应相对较弱,但仍为他们在雇工约束下维持生产提供了一种积极的应对策略,为未来进一步提升小规模农户的生产质量和应对雇工约束能力提供了研究和实践的切入点。

综上,基于上述研究结论,提出以下建议以缓解雇工约束对农户蔬菜生产造成的影响,并促进设施蔬菜产业的健康发展。

第一,应对雇工价格约束,提高农村劳动力市场透明度。①发组织及政府推动,建立劳动力市场信息服务平台,汇集雇工的市场行情、价格动态、雇佣供求信息。通过增加劳动力市场的透明度,帮助农户找到合适的劳动力,并根据市场波动做出及时调整,从而减少"雇工贵"带来的生产成本压力。②完善劳动力市场雇工评价体系。通过建立劳动力互评机制,提高雇工的工作质量和效率,确保农户能够获得更高性价比的劳动力。

第二,应对雇工数量约束,进行劳动力配置和生产方式优化。①优化生产计划和劳动力分工。建议农户根据劳动力的可获得性灵活调整种植计划,合理安排作物种植周期,减少对短期大量劳动力的依赖。此外,通过劳动分工,明确每个劳动力的工作任务和工作量,提高劳动效率。②推广合作社模式。通过加强农业合作社的建设,使中小规模农户能够共同分担劳动力任务,提升劳动力资源的利用率,并在人员短缺时实现劳动力的共享,缓解数量不足的困境。

第三,加强劳动质量监督,提升生产质量。①推动智能化监控系统应用。例如,通过物联网技术实时监控作业情况和劳动质量,确保雇工的工作质量符合标准。智能化监控系统不仅可以减少人工监督的成本,还能提高劳动质量管理的精确度,降低监督难度。②设立专项培训。定期组织雇工参加专业技能培训,提高其劳动质量和操作技能,以应对监督约束带来的负面影响。

第四,为了有效应对不同规模农户面临的挑战,制定差异化的政策支持策略。①对于小规模农户,重点在于普及和培训劳动节约型技术,提供低成本、易操作的技术工具,如小型节水灌溉系统和简易温室,帮助其通过技术替代缓解劳动力短缺问题。同时,为其提供低利率贷款来缓解资金压力,特别是要将低成本的劳动节约型技术作为补贴支持重点方向。②对于中等规模农户,除了提供定期的技术培训和咨询服务外,还应组建技术推广团队,深入田间地头为其提供实地指导,还可建立与科研机构、农业技术公司合作的技术服务网络,为其提供免费技术咨询和实地服务,助力解决技术难题、提高生产质量。③对于大规模农户,除了持续加大技术支持和信贷服务力度外,还要加强劳动节约型技术的推广应用。一方面,设立技术培训中心,定期组织讲座和示范的方式提升农户技术采纳水平;另一方面,鼓励科研机构和农业企业研发适用于不同规模农户的低成本劳动节约型技术,如小型机械、简易自动化设备等,提升技术采纳的可行性,降低技术引进的经济压力。

参考文献

[1] 杨进, 钟甫宁, 陈志钢, 等. 农村劳动力价格、人口结构变化对粮食种植结构的影响[J]. 管理世界, 2016, 32(1): 78-87.
[2] 国家发展计划委员会. 全国农产品成本收益资料汇编[M]. 北京: 中国统计出版社, 2024.
[3] Al-BAZZ S A, BELAND D, LANE G L, et al. Food security of temporary foreign farm workers under the seasonal agricultural worker program in Canada and the United States: A sco review[J]. Advances in Nutrition, 2022, 13(5): 1603-1627.
[4] RYE J F, SCOTT S. International labour migration and food production in rural Europe: A review of the evidence[J]. Sociologia Ruralis, 2018, 58(4): 928-952.
[5] GORNY A, KACZMARCZYK P. A known but uncertain path: The role of foreign labour in Polish agriculture[J]. Journal of Rural Studies, 2018, 64(1): 177-188.
[6] RODRIGUEZ G L A, MATEOS J T, PEREZ U I, et al. Challenges faced by migrant seasonal agricultural farm workers for food accessibility in Spain: A qualitative study[J]. Global Public Health, 2024, 19(1): 277-283.
[7] CAXAJ C S, SHKOPI E, NARANJO C T, et al. Health, social and legal supports for migrant agricultural workers in France, Italy, Spain, Germany, Canada, Australia and New Zealand: A scoping review[J]. Frontiers in Public Health, 2023, 11(3): 118-129.
[8] 王颜齐, 毕欣宁, 李玉琴. 土地规模化流转背景下农业雇工受雇现状及问题分析[J]. 农业经济与管理, 2017(6): 36-42.
[9] 尹秋玲. 市场理性: 现代农业雇工组织的运作逻辑——武汉远郊H村劳工队研究[J]. 岭南学刊, 2020(6): 43-49.
[10] 卢克玲. 农业雇工合作与村庄秩序再生产——基于豫南白村的经验[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2022, 22(3): 84-95.
[11] 孙枭雄. 关系劳动: 农业生产中的用工秩序——以胶东瓜果产业为例[J]. 农业经济问题, 2023(4): 41-51.

[12] 米巧，杜逍颖，贾娟娟. 新质农业劳动力培育对农作物生产的影响——以棉花生产为例[J]. 财经科学，2024(8)：135-148.
[13] 赵小松，郭阳，徐志刚. 零散用工与农地流转——基于非农劳动力市场供需结构匹配的视角[J]. 南京农业大学学报(社会科学版)，2024，24(5)：108-120.
[14] 马晓河，杨祥雪. 城乡二元结构转换过程中的农业劳动力转移——基于刘易斯第二转折点的验证[J]. 农业经济问题，2023(1)：4-17.
[15] 陈航英. 现代农业产业发展的用工困境及其人力基础[J]. 中国农业大学学报(社会科学版)，2024，41(1)：33-47.
[16] 杨柳，万江红. 家庭农场的雇佣合约：结构、特征及其治理[J]. 南京农业大学学报(社会科学版)，2019，19(4)：106-116.
[17] 徐志刚，章丹，程宝栋. 中国粮食安全保障的农地规模经营逻辑——基于农户与地块双重规模经济的分析视角[J]. 管理世界，2024，40(5)：106-122.
[18] 魏佳朔，高鸣. 农业劳动力老龄化对种粮农户技术采纳的影响:以保护性耕作和优质种子为例[J]. 中国软科学，2023(12)：49-58.
[19] 孔祥智，张琛，张效榕. 要素禀赋变化与农业资本有机构成提高——对1978年以来中国农业发展路径的解释[J]. 管理世界，2018，34(10)：147-160.
[20] JAKADA Z A，IFYALEM K J. Effect of mechanized farming and the use of hired labour on rice farming in Kura Town，Kano State，Nigeria[J]. SVU-International Journal of Agricultural Sciences，2023，5(2)：10-18.
[21] 赵立娟，史俊宏，薛凤蕊，等. 农业生产托管可否助力农民共同富裕？——基于家庭收入和幸福感的研究视角[J]. 技术经济，2024，43(7)：28-39.
[21] 陈向武. 人力资本、技术差距与全要素生产率[J]. 技术经济，2020，39(6)：99-108.
[22] 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，2015，36(5)：64-70.
[23] 梁伟. 农民理性扩张与小农经济再认识[J]. 现代经济探讨，2023(1)：114-122.
[24] 张琳，李全新. 设施蔬菜绿色生产技术采纳影响因素与经济效益研究——以河北省定兴县为例[J]. 中国农业资源与区划，2023，44(3)：96-108.
[25] 赵晓颖，郑军，张明月. 茶农生物农药属性偏好及支付意愿研究——基于选择实验的实证分析[J]. 技术经济，2020，39(4)：103-111.
[26] 张瑞娟，高鸣. 新技术采纳行为与技术效率差异——基于小农户与种粮大户的比较[J]. 中国农村经济，2018(5)：84-97.
[27] 王颜齐，郭翔宇. 种植户农业雇佣生产行为选择及其影响效应分析——基于黑龙江和内蒙古大豆种植户的面板数据[J]. 中国农村经济，2018(4)：106-120.
[28] BHARGAVA，ANIL K. Do labor market interventions incentivize technology adoption? Unexpected impacts of the world's largest rural poverty program [J]. Economic Development and Cultural Change，2023，71(2)：567-620.
[29] 章德宾，项朝阳，康国光. 黄淮海设施蔬菜主产区农户决策效率研究[J]. 中国农村观察，2018(2)：88-96.
[30] 韩旭东，王若男，崔梦怡，等. 中国规模农户设施农业经营状况及影响因素[J]. 资源科学，2020，42(4)：749-762.
[31] 温忠麟，叶宝娟. 中介效应分析：方法和模型发展[J]. 心理科学进展，2014，22(5)：731-745.
[32] 江艇. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. 中国工业经济，2022(5)：100-120.
[33] GOLDSIMTH P，SORKIN I，SWIFT H. Bartik instruments：What，when，why，and how[J]. American Economic Review，2020，110(8)：2586-2624.
[34] 李家辉，陆迁. 加入合作社对农户土地转入行为的影响[J]. 资源科学，2022，44(6)：1181-1195.

Labor Constraints，Technology Adoption，and Output Efficiency in Agricultural Production

Zhang Mengyuan，Liu Wenchao

(College of Economics and Management，Hebei Agricultural University，Baoding 071000，China)

Abstract：Based on 1147 facility vegetable farmers in Hebei Province，an analytical framework was constructed to examine the effects of labor constraints and their dimensions on vegetable production. The results showed that labor constraints were key obstacles faced by farmers，and insufficient supply，high costs，and supervision difficulties all reduced vegetable output quality. The degree of impact varied across farm scales，with medium-scale farmers being most sensitive to labor constraints due to limited resources，insufficient flexibility，and high adjustment rigidity. Further analysis indicated that the adoption of labor-saving technologies effectively alleviated the negative effects of labor constraints on vegetable output，with large-scale farmers showing a more significant moderating effect in technology adoption. Empirical evidence was provided for the challenges faced by medium-scale farmers in facility vegetable production，highlighting the need to address structural issues in rural labor allocation and to formulate differentiated management strategies to meet diverse demands for agricultural labor in the process of facility agriculture modernization.

Keywords：facility vegetables；hired labor constraints；technology adoption；output efficiency；Bartik instrumental variables