

生产效率视域下加工番茄生产要素冗余的区域差异及影响因素*

马玉婷¹, 陈彤², 赵向豪³

(1. 新疆农业大学经济管理学院, 乌鲁木齐市, 830052; 2. 新疆农业科学院, 乌鲁木齐市, 830091;
3. 新疆财经大学经济学院, 乌鲁木齐市, 830012)

摘要:新疆是我国番茄制品生产和出口的重要基地, 基于新疆加工番茄主产县域480份农户的调研数据, 采用DEA-BCC模型, 测算新疆加工番茄主产县域的生产效率, 分析加工番茄主产县域的生产要素冗余率, 并利用地理探测器模型, 揭示影响加工番茄生产效率的关键因子。结果表明: 新疆加工番茄主产县域的生产效率存在显著差异, 且生产效率均未达到DEA有效水平; 其次, 加工番茄主产县域的生产要素投入存在不同程度的冗余, 种植面积和农业机械投入冗余属于资源利用强度不足型, 劳动力、化肥及农药投入冗余属于要素投入过度型; 家庭纯收入、户主年龄、户主受教育程度、种植时间和种植面积是生产效率出现县域差异的主要因子, 解释力度介于61.4%~65.2%, 且因子间相互作用的影响力均高于单独作用的影响力, 表明促进县域之间生产要素的合理流动和高效集聚, 发挥主产县域的辐射带动作用, 可以有效提高加工番茄种植户的生产效率。

关键词:加工番茄; 生产效率; 县域差异; 地理探测器模型; 要素投入

中图分类号: S641.2: F223 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-5553 (2023) 04-0222-08

马玉婷, 陈彤, 赵向豪. 生产效率视域下加工番茄生产要素冗余的区域差异及影响因素[J]. 中国农机化学报, 2023, 44(4): 222-229

Ma Yuting, Chen Tong, Zhao Xianghao. Regional differences and influencing factors of redundancy of production factors in processing tomato from the perspective of production efficiency [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2023, 44(4): 222-229

Regional differences and influencing factors of redundancy of production factors in processing tomato from the perspective of production efficiency

Ma Yuting¹, Chen Tong², Zhao Xianghao³

(1. School of Economics and Management, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, 830052, China;
2. Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, 830091, China;
3. School of Economics, Xinjiang University of Finance and Economics, Urumqi, 830012, China)

Abstract: Xinjiang is an important base for production and export of tomato products in China. Based on the survey data of 480 farmers in the main producing counties of processing tomato in Xinjiang, the DEA-BCC model was used to measure the production efficiency of the main producing counties of processing tomato in Xinjiang, analyze the redundancy rate of production factors in the main producing counties of processing tomato in Xinjiang, and the geographical detector model was also used to reveal the key factors affecting the production efficiency of processing tomato. The results showed that there were significant differences in the production efficiency of Xinjiang processing tomato in main producing counties, and the production efficiency did not reach the effective level of DEA. Secondly, the input of essential productive factors in main producing counties of processing tomato had different levels of redundancy, among which the redundancy of planting

收稿日期: 2022年1月25日 修回日期: 2022年2月7日

* 基金项目: 国家自然科学基金重点项目(71933005); 新疆维吾尔自治区“三农”课题研究项目(2020-SNKT-05)

第一作者: 马玉婷, 女, 1996年生, 陕西绥德人, 硕士; 研究方向为农业经济理论与政策。E-mail: 1585045878@qq.com

通讯作者: 陈彤, 男, 1962年生, 陕西咸阳人, 博士, 教授; 研究方向为农业经济理论与政策。E-mail: ctelay2019@163.com

area and agricultural machinery fell within the insufficient intensity of resource utilization, while the redundancy of labor force, fertilizers and pesticides fell within excessive input of productive factors. Net income of farmer families, their age, education level, planting schedule and planting area were the main contributory factors for the county-level difference in productivity, the corresponding level of explanation is 61.4%—65.2%, and all the effect of interaction between the factors was greater than that of individual effect, indicating that reasonable flow and efficient clustering of productive factors between the counties and the radiation function of main producing counties can effectively enhance the productivity of processing tomato growers.

Keywords: processing tomato; production efficiency; county differences; geographic detector model; factor input

0 引言

新疆是我国番茄制品生产和出口的重要基地,自国家提出新丝绸之路经济带倡议以来,新疆番茄制品出口总量和出口总额连年增长,番茄产业在促进新疆经济稳步增长方面具有重要作用。但 2017 年以来,新疆加工番茄单位面积产量和种植面积均出现下降趋势,想要实现加工番茄的稳定生产,需要提高加工番茄的经济效益,除政府实施一些相关保护政策外,提高加工番茄生产效率是亟需解决的问题。因此,在乡村振兴战略和质量兴农战略的背景下,以我国《第十四个五年计划和 2035 年远景目标纲要》为契机,系统分析新疆加工番茄生产效率的县域差异及影响因素,无论是从微观层面上发挥新疆加工番茄主产县域的生产比较优势,有效利用现有的物质资源和劳动力资源,促进加工番茄产出最大化,还是从宏观层面有效挖掘番茄生产潜力,促进番茄产业转型升级都有一定的实践意义。

合理配置资源要素是国内外经济学家研究的热点问题,一直以来各国经济学家都致力于研究要素投入与其产出的合理配置,从而使资源能够得到最优配置。从研究成果来看,大多数研究学者探索生产效率与经济增长之间的内在机理,通过测算农业生产效率,探讨如何转变农业生产方式^[1]。然而转变农业生产方式并不能一味追求技术进步或者较高的生产效率,其根本原因是农业要素投入结构的长期失衡和配置扭曲,限制农业生产效率的提高。伴随着农业生产方式的转变,生产投入要素重新进行组合,在技术进步的作用下,实现要素投入的合理配置,促进生产效率增长,因此优化要素投入结构和提升配置效率是提升生产效率问题的重中之重。相关研究表明,我国农业生产要素呈三种变化趋势,一是劳动力要素呈倒 U 型变化趋势^[2];二是资本要素日益增长所导致农业的资本深化;三是土地要素日益稀缺^[3]。随着我国经济和社会发展,劳动力、资本和土地这三者的组合关系在优化中提升了农业要素配置效率,摆脱经济增长对要素投入的依赖,形成以技术进步和技术改革的有效诱导机制,提

高了我国的农业生产效率。现阶段,以农业生产效率为主题的研究较多,研究趋向于测算农业生产效率^[4-5]、探析农业生产效率的收敛性和农业全要素生产率分解及其变动趋势等研究^[6-9];探究生产效率影响因素的研究主要涉及技术应用、农业结构、土地流转、农业生产规模和生态环境等外部因素^[10-12],而有关内部影响因素的研究较少;运用的研究方法包括随机前沿分析法^[13]、数据包络法^[14]、Malmquist 指数法^[15]、非径向 SBM 模型和非参数的 Malmquist 指数以及结合空间计量等相关方法^[16-18]。

综上所述,学者们基于不同的研究视角和研究方法,分析不同层级的生产效率问题,研究对象多集中在种植业的测算,如水稻、小麦、棉花和甜菜等农产品,加工番茄作为新疆重要的经济作物之一,研究成果中有关生产要素投入与生产效率关系的研究较少,且采用宏观数据可能会导致生产效率的估计值和效率影响因素的可信度降低。鉴于此,本文以新疆加工番茄种植户作为研究对象,借助 DEA—BCC 模型测度新疆加工番茄主产县域的生产效率,利用地理探测器模型探析影响生产效率的主要因素,为新疆加工番茄种植户的生产与发展提出相关建议。

1 研究方法

1.1 DEA—BCC 模型

数据包络分析法是借助多种投入与产出变量进行效率分析的方法,基于相关投入产出数据,利用数学规划模型确定有效的生产前沿面,通过确定决策单元与生产前沿面的有效距离,将多投入产出变量作为决策单元,计算决策单元的综合技术效率,判断效率值是否达到有效水平^[19]。数据包络分析法常用的模型有 CCR 模型与 BCC 模型,前者基于规模报酬不变,测算决策单元的综合技术效率,后者基于规模报酬可变,计算综合技术效率值并进行分解,包括纯技术效率值和规模效率值。研究主要借助 DEA—BCC 模型,以投入为导向测算加工番茄的综合技术效率值及分解值。产出变量是农户种植加工番茄的单位面积产量,投入变量包括土地投入、劳动力投入、化肥及农药等资本投

入,计算公式如式(1)所示。

$$s. t. \begin{cases} Min \theta \\ \sum_j^n \lambda_j X_j + S^- = \theta X_0 \\ \sum_j^n \lambda_j Y_j - S^+ = Y_0 \\ \sum_j^n \lambda_j = 1 \\ S^+ \geq 0, S^- \geq 0, \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots, n \end{cases} \quad (1)$$

式中: θ ——加工番茄的综合技术效率值;

X_0, Y_0 ——决策单元的投入和产出变量;

X_j, Y_j ——第 j 个县域加工番茄的投入和产出数值;

λ_j ——第 j 个决策单元的权重;

S^+, S^- ——松弛量,表示加工番茄未达到 DEA 有效水平需要调整的数值。

1.2 地理探测器模型

地理探测器模型是一种用于探测空间分异性以及揭示其背后驱动力的统计学方法,主要假设是自变量对因变量有较大影响时,自变量和因变量的空间分布也应该是相似的^[20]。地理探测器模型无须设置过多假设条件,且可以让自变量在相同区域内部较好地表达相似性,充分克服空间分异性的分析缺陷^[21]。地理探测器模型共有 4 个探测器,本文运用其中的因子探测与交互作用探测。

因子探测器既能探测不同县域加工番茄生产效率的空间分异性,还能探测影响生产效率空间分异的每个因子的解释力。交互作用探测是在因子探测的基础上,识别不同因子之间的交互作用,判断影响因子 X_1 与 X_2 共同作用时,因变量 Y 的解释力是增加还是减弱,研究采用交互作用探测影响因子 X_1 与 X_2 的共同作用是否会增强单一因子对生产效率变化的解释力。计算公式如式(2)所示。

$$q = 1 - \frac{\sum_h^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} \quad (2)$$

式中: q ——自变量 X 对因变量 Y 的空间分异性的解释力度;

L ——因变量或自变量的分层;

N, N_h ——研究区和第 h 层的空间单元数;

σ^2, σ_h^2 ——研究区因变量和第 h 层变量的方差。

2 数据来源与变量选取

2.1 数据来源

首先根据 2010—2019 年《新疆统计年鉴》中各县市加工番茄的实际生产情况,选取种植加工番茄的 6 个主产县域,分别是焉耆县、和硕县、博湖县、玛纳斯

县、呼图壁县和昌吉市。其次根据加工番茄的生产规模和农业发展水平,选取 18 个样本乡镇,根据每个样本乡镇的农业市场发展情况,选取 3 个样本村,总样本村共 54 个,每个样本村中随机抽取 10 户番茄种植户进行问卷调查,总样本农户 540 户。实地调研时间是 2021 年 5—7 月,共获得 520 份问卷,剔除其中空白较多和填写有误的无效问卷,有效问卷共 480 份,有效问卷率 92.3%,以 480 户农户 2020 年种植加工番茄的相关数据为基础,分析加工番茄主产县域的生产效率。

2.2 变量选取

2.2.1 投入产出变量

查阅相关研究成果^[22-24],本文选取 2020 年加工番茄种植户的单位面积产量作为产出变量,投入变量包括土地投入、劳动力投入和资本投入,土地投入以单位种植面积表示,指农户在 2020 年种植加工番茄的实际面积;劳动力投入以单位面积的雇工费用表示;资本投入包括化肥费用、农药费用、机械使用费、其他物质投入费用(包括种子费、灌溉费和电费等),加工番茄生产投入要素的基本情况见表 1。

表 1 加工番茄生产投入要素的基本情况
Tab. 1 Basic information on input factors of processing tomato production

变量名称	均值	标准差	最小值	最大值
单位面积产量/(t·hm ⁻²)	0.63	0.66	0.47	0.80
种植面积/hm ²	6.96	11.39	1.07	133.33
雇工费用/(元·hm ⁻²)	15.46	5.11	0.00	26.67
化肥费用/(元·hm ⁻²)	17.80	3.69	6.67	26.67
农药费用/(元·hm ⁻²)	8.46	28.78	3.33	16.00
农业机械使用费用/(元·hm ⁻²)	31.01	7.43	0.00	16.00
其他物质费用/(元·hm ⁻²)	41.38	4.59	28.03	50.67

2.2.2 地理探测器模型变量

根据经济学原理和相关文献的研究成果^[25-26],影响加工番茄种植户生产效率的因素包括内部因素与外部因素,主要来自农户的家庭特征、种植特征、农业资源禀赋、农业技术水平与机械化水平的差异等方面。因此,本文选取农户种植加工番茄的面积、户主受教育程度、户主年龄、家庭纯收入、番茄收入占比、种植时间、参加技术培训的次数、耕地流转率、上一年的番茄销售价格、家庭劳动力数量、是否参加非农就业、是否参加订单农业共 12 个变量作为自变量,选取 DEA—BCC 模型测算的综合技术效率作为因变量。变量具体解释和描述性统计分析见表 2。

表 2 地理探测器模型变量的基本情况
Tab. 2 Basics of geodetector model variables

变量	变量定义	均值	标准差	最大值	最小值
种植面积 X_1/hm^2	2020 年加工番茄的种植面积	6.96	11.39	133.33	1.07
户主受教育程度 X_2	1=小学及以下 2=初中 3=高中/中专 4=大专 5=大学及以上	2.40	0.74	4.00	1.00
户主年龄 $X_3/\text{岁}$	2020 年户主的实际年龄	47.57	6.41	63.00	35.00
家庭纯收入 $X_4/\text{万元}$	2020 年家庭纯收入	16.72	21.70	200.00	6.00
番茄收入占比 $X_5/\%$	2020 年番茄收入占家庭总收入的比重	1.25	6.66	0.95	0.35
种植时间 $X_6/\text{年}$	种植加工番茄的年限	13.66	5.24	30.00	5.00
参加技术培训的次数 X_7	1=从不参加 2=比较少 3=一般 4=较频繁 5=非常频繁	1.91	0.79	3.00	1.00
耕地流转率 $X_8/\%$	(耕地经营面积-耕地承包面积)/耕地承包面积	0.48	0.22	1.00	0.00
上一年的番茄销售价格 $X_9/(\text{元}\cdot\text{t}^{-1})$	2020 年加工番茄销售价格	0.41	0.03	0.45	0.32
家庭劳动力数量 $X_{10}/\text{人}$	16 岁以上的家庭劳动力数量	3.12	0.96	5.00	1.00
是否参加非农就业 X_{11}	1=是 0=否	1.43	0.50	1.00	0.00
是否参加订单农业 X_{12}	1=是 0=否	1.32	0.45	1.00	0.00

3 实证结果与分析

3.1 加工番茄生产效率的县域比较分析

本文基于加工番茄生产投入和产出的实地调研数据,利用 DEA-BCC 模型计算 6 个加工番茄主产县的综合技术效率、纯技术效率及规模效率,测算结果如表 3 所示。结果说明,加工番茄主产县的生产效率存在差异,且均未达到 DEA 有效水平,综合技术效率、纯技术效率和规模效率均值分别是 0.941、0.974、0.966。由此可见,在现有的技术条件下,该技术的生产效能发挥水平为 94.1%,纯技术效率平均值大于规模效率,说明规模效率是综合技术效率增长的瓶颈因素,抑制综合技术效率的增长,表明加工番茄主产县的生产要素投入结构不合理,要素配置效率较低,应在县域层面综合考虑生产要素投入的共同作用,最大程度地发挥生产要素的协同作用,进一步优化生产要素的配置结构,提高加工番茄种植户的生产效率。同时,比较加工番茄主产县的生产效率,深入分析加工番茄生产效率的空间异质性。研究发现,加工番茄主产县的综合技术效率由大到小的顺序分别是博湖县、焉耆县、玛纳斯县、昌吉市、和硕县、呼图壁县。博湖县的生产效率值最高,效率值为 0.959,且纯技术效率值高于规模效率,与实地调研情况相符,实地调研发现,博湖县近几年大力发展全域旅游,经济增长速度较快,加工番茄的经营方式不断发生改变,技术革新较快,生产技术利用率较高。呼图壁县生产效率值最低,效率值为 0.915,且纯技术效率值低于规模效率,说明呼图壁县受技术进步的牵制,加工番茄技术推广的应用范围受限,科研转化效率低。昌吉市、呼图壁县、焉耆县

和博湖县的规模效率较高,其根本原因可能是这些地区的生产投入要素结构不断趋于合理化,要素禀赋条件较好,要素配置效率高,规模效益也较高。总的来说,和硕县和玛纳斯县需要优化要素投入结构,着重提升加工番茄的生产规模效益,呼图壁县和焉耆县需要加强生产技术的推广强度。

表 3 主产县加工番茄生产效率及分解值

Tab. 3 Production efficiency and decomposition value of processing tomato in main producing counties

地区	综合技术效率	纯技术效率	规模效率	排名
昌吉市	0.942	0.974	0.967	4
呼图壁县	0.915	0.944	0.969	6
玛纳斯县	0.943	0.990	0.952	3
和硕县	0.939	0.978	0.961	5
焉耆县	0.950	0.972	0.977	2
博湖县	0.959	0.987	0.971	1
平均值	0.941	0.974	0.966	—

注:加工番茄主产县的选取是根据《新疆统计年鉴》整理得到。

3.2 冗余率的空间分异分析

生产效率的测算结果显示,加工番茄主产县的生产效率存在明显差异,说明加工番茄的生产要素投入还有待合理调整。假设 DEA 是有效的,冗余率是通过测算既定产出下要素投入的优化量与实际投入量的差值,表现由于投入要素结构不合理而对部分投入要素进行调整的比例,使其能够达到生产前沿面上,其中关键问题是判断要素投入是由于资源投入过度,还是资源利用率较低,研究探析主产县加工番茄生产投入要素的差异以及如何进行调整,具体分析如下。

1) 种植面积投入冗余。共有 78% 的 DMU 种植面积投入冗余小于 20%,22% 的 DMU 表现为 20%~

50%的中度冗余,除呼图壁县和玛纳斯县的种植面积投入冗余率较小且小于20%,剩余县域均存在冗余。究其原因,可能是因为新疆将推进新型城镇化作为实现跨越式发展和长治久安的重要战略之一,城镇化促进农村人口向城市转移,导致农村人均种植面积急剧增加,目前农村劳动力逐渐呈现老龄化的变化趋势,致使种植面积投入冗余率较高,表明土地利用仍有提升空间。

2) 劳动力投入冗余。共有36%的DMU劳动力投入冗余小于20%,36%的DMU表现为20%~50%的中度冗余,28%的DMU表现为大于50%的高度冗余。将主产县域分为北疆和南疆两个区域,北疆包括昌吉市、玛纳斯县和呼图壁县,南疆包括和硕县、焉耆县和博湖县,对比结果发现,南疆的劳动力冗余率较高,表明以传统小农户经营方式的比重较大,也可能与地区经济发展水平有关,应采取适当的措施促进劳动力的转移和就业,出台灵活的农业劳动力转移政策,有效释放剩余劳动力。

3) 化肥及农药投入冗余。化肥及农药投入属于边际报酬递减造成的投入过度型冗余,呈现出明显的空间分布规律,低度冗余主要分布在昌吉市、玛纳斯县和呼图壁县,这些地区仅需小幅度地调整即可达到最优投入;和硕县、焉耆县和博湖县属于中度冗余,南疆地区贫困人口较多,农户受专业技术水平的限制,容易出现盲目施肥以获取短期利益的行为,需要尽快缩减化肥和农药投入,避免因过度投入而带来的环境资源问题,促进耕地资源的可持续利用。

4) 农业机械投入冗余。总的来说,加工番茄主产县域农业机械投入冗余量不大,但县域之间有较大差异,共有69%的DMU农业机械投入的冗余率小于20%,分别是在昌吉市、呼图壁县和焉耆县,焉耆县和昌吉市属于加工番茄的种植老区,种植大户占新型农业经营主体的比重较大,能够进一步改善种植方式和农用机械布局,提高农机的利用率,消除农业机械动力冗余。其余县域以分散经营的小农户为主,土地经营规模小,且农业机械受番茄生产周期的限制,使用时间短,致使农业机械利用强度不足,因此,政府需要完善并推行土地流转方式,鼓励农户进行规模经营。

5) 其他物质投入冗余。其他物质投入包括农膜费、种子费以及水电费等相关生产费用,加工番茄主产县域的其他物质投入冗余差异较小,究其原因可能是因为其他物质费用变动幅度较小,共有85%的DMU其他物质投入的冗余率小于20%,属于资源投入过度型,需要制定有针对性的农业补贴措施,提高加工番茄种植户的经济收益。

3.3 生产效率县域差异的影响因素分析

3.3.1 因子探测结果分析

上述分析均表明加工番茄的生产效率存在显著的县域差异,其中要素投入是决定生产效率的内在影响因素,除了要素投入可以直接影响生产效率,农户的家庭特征、种植特征以及资源环境差异等外部因素对生产效率也有不同程度的作用,因此,本文利用地理探测器模型中的因子探测进行分析,如表4所示。结果显示,各影响因子对加工番茄生产效率县域差异的影响力度存在显著差异,且显著性水平也有所不同,其中家庭纯收入、户主年龄、户主受教育程度、种植时间、种植面积、番茄收入占比、上一年的番茄销售价格、是否参加非农就业全部通过了0.01水平的显著性检验,是否参加订单农业和耕地流转率通过了0.05水平的显著性检验,而家庭劳动力数量和参加技术培训的次数均未通过显著性水平检验。影响因子根据解释力强弱由大到小的排序是: $X_4 > X_3 > X_2 > X_1 > X_6 > X_5 > X_9 > X_{11} > X_{12} > X_8$,其中家庭纯收入、户主年龄、户主受教育程度、种植面积、种植时间是影响生产效率县域差异的主要因子,解释力度在61.4%~65.2%之间,由于不同影响因子的作用机理不同,深入探析可知:(1)家庭纯收入增加可以明显提高生产效率,表明伴随着新疆番茄产业的快速发展,番茄种植户的经济收益逐渐提高,有助于增加番茄种植的资金投入,方便农户购买生产物质资料,从而进一步提升生产经营水平。(2)户主年龄对生产效率的影响力度仅次于家庭纯收入,表明种植户年龄越大,生产效率越高。这可能是由于番茄种植户的年龄越大,种植时间就越长,乡土情结越重,基于丰富的种植经验,农户能够熟练掌握种植技巧,可以有效提高生产效率。(3)户主受教育程度、种植时间和种植面积对生产效率的影响力度较大,介于61.4%~63.9%,各项分析均表明,户主受教育程度对生产效率有正向影响,户主受教育程度越高,农户学习生产技术和生产要素调控能力就越强;种植番茄的时间越长,在生产要素投入上积累的经验就越多,生产效率也会随之提高;种植面积对提高生产效率也有明显的促进作用,土地是番茄种植的载体,通过扩大种植面积,可以优化资源配置效率,降低单位投入成本,农户通过考虑资金投入能力和效率等问题,能够确定更加合理的要素投入结构。(4)家庭劳动力数量与参加技术培训的次数对生产效率没有显著影响,家庭劳动力的有效投入是生产要素投入产生有效产出的要点,新疆加工番茄主产县域的劳动力投入冗余率较高,且以分散经营的小农户居多,因而劳动力对生产效率的贡献较小;参加技术培训的次数对生产效率影响较

小的原因可能是随着种植面积的扩大,农户具备相应的生产技术已经可以满足本身的管理需求,即使参加技术培训,也无法解决番茄种植过程中的问题,无法有效提高生产效率,农户更依赖追加化肥农药等要素投入以获得更高的产量。

表 4 新疆加工番茄生产效率县域差异的影响因子探测结果
Tab. 4 Detection results of influencing factors of county-level differences in processing tomato production efficiency in Xinjiang

影响因子	q 值	p 值	影响因子	q 值	p 值
种植面积 X_1	0.623	0.000	参加技术培训的次数 X_7	0.107	0.178
户主受教育程度 X_2	0.637	0.000	耕地流转率 X_8	0.156	0.014
户主年龄 X_3	0.639	0.000	上一年的番茄销售价格 X_9	0.547	0.000
家庭纯收入 X_4	0.652	0.000	家庭劳动力数量 X_{10}	0.132	0.153
番茄收入占比 X_5	0.573	0.000	是否参加非农就业 X_{11}	0.257	0.000
种植时间 X_6	0.614	0.000	是否参加订单农业 X_{12}	0.212	0.032

3.3.2 交互作用探测结果分析

交互作用可以揭示生产效率的影响因子之间是否存在相互作用,结果如表 5 所示。结果表明,不同因素之间相互作用的影响力均高于单独作用的影响,交互类型可分为非线性增强型和双因子增强型,其中种植面积 \cap 户主受教育程度、户主受教育程度 \cap 户主年龄、户主受教育程度 \cap 番茄收入占比、户主年龄 \cap 家庭纯收入、家庭纯收入 \cap 是否参加订单农业相互作用后的解释力较大,交互后 q 值分别是 0.784、0.765、0.853、0.847、0.865,属于双因子增强型,表明这些因子相互作用后有“1+1>2”的效果,可以有效提高加工番茄的生产效率,也可以证明加工番茄生产效率的县域差异是由于内部因素和外部因素的耦合作用所致,并不是各因子独立作用的结果。以户主受教育程度与番茄收入占比的相互作用来说,户主受教育程度和番茄收入占比的共同作用可以促进生产效率的提升,一是户主受教育程度越高,对农业技术的传播和提高农户生产技术的作用就越大;二是番茄收入占比的增加能够有效刺激更多的人力资本投入,从而加强对新型农业经营主体的培育,种植大户等新型农业经营主体可以发挥其带动作用,促进番茄种植户致富增收。因此,户主受教育程度、种植面积、是否参加订单农业、参加技术培训的次数等因素的综合提升,能够有效提高加工番茄的生产效率。目前新疆加工番茄以分散经营的小农户为主,以种植大户为代表的新型农业经营主体较

少,番茄产业面临内生发展动力不足,外部拉力较弱相互叠加,制约生产投入要素有效流动,也抑制技术进步和农业创新活动,导致新疆加工番茄生产效率存在较大的县域差异,需要发挥各县域的生产比较优势,促进县域之间生产要素的合理流动和高效集聚。

表 5 探测因子的交互作用结果及类型
Tab. 5 Interaction results and types of detection factors

$q(X_1 \cap X_2)$	$q(X_1) + q(X_2)$	交互类型
$X_1 \cap X_2 = 0.784$	1.253	双因子增强型
$X_1 \cap X_3 = 0.680$	0.641	非线性增强型
$X_2 \cap X_3 = 0.765$	1.380	双因子增强型
$X_2 \cap X_5 = 0.853$	1.212	双因子增强型
$X_3 \cap X_4 = 0.847$	1.512	双因子增强型
$X_3 \cap X_{12} = 0.831$	0.864	双因子增强型
$X_4 \cap X_{12} = 0.865$	1.344	双因子增强型
...
$X_6 \cap X_7 = 0.877$	0.744	非线性增强型
$X_8 \cap X_9 = 0.760$	0.703	非线性增强型
$X_{10} \cap X_{11} = 0.807$	0.389	非线性增强型
$X_{11} \cap X_{12} = 0.802$	0.469	双因子增强型

注:当 $q(X_1 \cap X_2) > q(X_1) + q(X_2)$ 呈非线性增强型,当 $q(X_1 \cap X_2) > \max(q(X_1), q(X_2))$ 呈双因子增强型。

4 结论与启示

4.1 结论

本文基于新疆加工番茄主产县域 480 份农户的实地调研数据,测算加工番茄的生产效率,分析生产投入要素的县域差异,并运用地理探测器模型识别影响加工番茄生产效率的关键因子,主要结论如下。

1) 新疆加工番茄主产县域的生产效率存在明显差异,且生产效率均未达到 DEA 有效水平,综合技术效率、纯技术效率和规模效率均值分别是 0.941、0.974、0.966。加工番茄主产县域的生产效率由大到小的排序分别是博湖县、焉耆县、玛纳斯县、昌吉市、和硕县、呼图壁县,其综合技术效率均值为 0.941,表明在现有的技术条件下,该技术的生产效能发挥水平为 94.1%,且纯技术效率平均值高于规模效率,说明规模效率是抑制综合技术效率增长的瓶颈因素,表明加工番茄主产县域的生产要素投入结构有待进一步优化。

2) 新疆加工番茄主产县域的生产投入要素存在不同程度的冗余,种植面积和农业机械投入冗余属于资源利用强度不足型,劳动力、化肥及农药投入冗余属于要素投入过度型,与实地调查情况相符。目前,生产资料和劳动成本的上升迫使新疆加工番茄的生产成本优势逐渐消失,同时内蒙古、甘肃省等地番茄产业的快速发展,导致新疆加工番茄的区位优势逐渐减弱,且新

疆加工番茄种植户规模经营的比重低于小农户和种植大户,以分散经营的小农户居多,妨碍加工番茄种植户提高生产效率。

3) 家庭纯收入、户主年龄、户主受教育程度、种植面积、种植时间是生产效率产生空间分异的主要影响因素,解释力度介于 61.4%~65.2%,且因子间相互作用的影响力均高于单独作用的影响力,交互类型可分为非线性增强型和双因子增强型,其中种植面积 \cap 户主受教育程度、户主受教育程度 \cap 户主年龄、户主受教育程度 \cap 番茄收入占比、户主年龄 \cap 家庭纯收入、家庭纯收入 \cap 是否参加订单农业相互作用后的解释力较大,交互后 q 值分别是 0.784、0.765、0.853、0.847、0.865,属于双因子增强型,表明这些因子相互作用后有“1+1>2”的效果,可以有效提高加工番茄的生产效率,也表明加工番茄生产效率的县域差异是由于内部因素和外部因素的耦合作用所致,并不是各因子独立作用的结果。

4.2 启示

1) 完善并稳步推进土地流转工作。新疆加工番茄主产县的土地、劳动力、农业技术、农业机械、资金等要素投入没有形成合理配置,生产效率出现显著的县域差异。因此,为了提高加工番茄的生产效率,一方面可通过土地整理和互换等形式扩大种植面积,鼓励农户适度扩大经营规模,通过规范农户生产行为,推进生产经营的规模化和专业化,在鼓励规模经营的同时,需要以家庭经营为主,引导农户根据家庭劳动力资源选择适宜的经营规模。另一方面要避免过度强调土地流转的功能而造成的片面性,政府需要加强规范引导,建立健康有序的土地流转,引导和鼓励农户参与土地流转。

2) 制定县域差别化的生产管理方式。一是在稳步推进土地流转工作的基础上,根据资源环境、农业技术应用程度、劳动力禀赋水平的不同,制定差别化的生产管理方式,分类分区提高各县域的经济水平。通过对农户的经营资质进行评估,判断农户资源配置能力、农业经营经验与能力以及农田所在区域基础设施条件等,按照评估结果将农户分为规模化经营主体和以分散经营的小农户为代表的非规模化经营主体,对于规模化经营主体而言,由于农户经营生产规模较大,对专业化的要求较高,需要加大农业专业化服务的供给力度,促进规模经营主体的健康发展。对于生产经营规模较小的番茄种植户,为了获得更高的产量,往往会增加化肥和农药的投入,通过促进小农户和新型农业经营主体的合作和联合,提升番茄种植户的综合生产能力。二是鉴于影响因素存在交互作用且可产生

“1+1>2”的增强效应,应在县域层面综合考虑生产要素投入的共同作用,最大程度地发挥生产要素的协同作用,优化生产要素的配置结构,提高番茄种植户生产效率。

参 考 文 献

- [1] 付明辉, 祁春节. 要素禀赋、技术进步偏向与农业全要素生产率增长——基于 28 个国家的比较分析[J]. 中国农村经济, 2016(12): 76-90.
- [2] 罗浩轩. 中国区域农业要素禀赋结构变迁的逻辑和趋势分析[J]. 中国农村经济, 2017(3): 46-59.
Luo Haoxuan. An analysis on the logic and trend of regional agricultural factor endowment structure change in China [J]. Chinese Rural Economy, 2017(3): 46-59.
- [3] 涂圣伟. 我国农业要素投入结构与配置效率变化研究[J]. 宏观经济研究, 2017(12): 148-162.
- [4] 孟晓霞, 曹洪军, 焦勇. 我国农业生产技术效率评价研究——基于修正的三阶段 DEA 模型[J]. 财经问题研究, 2016(4): 124-129.
- [5] 郭思源, 张敏, 吴国春. 黑龙江垦区农业生产效率及其影响因素研究[J]. 东北农业大学学报, 2019, 50(12): 68-75.
Guo Siyuan, Zhang Min, Wu Guochun. Study on agricultural production efficiency and its influencing factors in Heilongjiang reclamation area [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2019, 50(12): 68-75.
- [6] 胡雯, 严静娴, 陈昭玖. 要素禀赋约束下中国粳稻生产率的地区差异及收敛性分析[J]. 农业现代化研究, 2016, 37(6): 1055-1060.
Hu Wen, Yan Jingxian, Chen Zhaojiu. The regional difference and convergence analysis of the productivity of japonica rice under the constraint of factor endowment [J]. Research of Agricultural Modernization, 2016, 37(6): 1055-1060.
- [7] 陆泉志, 陆桂军, 范稚莲, 等. 广西粮食全要素生产率时空差异及收敛性分析[J]. 南方农业学报, 2018, 49(9): 1887-1893.
Lu Quanzhi, Lu Guijun, Fan Zhilian, et al. Spatial-temporal differences and convergence analysis of grain total factor productivity in Guangxi [J]. Journal of Southern Agriculture, 2018, 49(9): 1887-1893.
- [8] 王亚楠, 吕杰. 东北地区玉米和大豆生产成本效率的区域差异及影响因素[J]. 农业经济, 2020(3): 12-14.
- [9] 胡迪, 杨向阳, 王舒娟. 劳动力转移影响粮食生产技术效率的区域差异及门槛效应研究[J]. 农村经济, 2019(2): 47-53.
- [10] 韩旭东, 王若男, 杨慧莲, 等. 土地细碎化、土地流转与农业生产效率——基于全国 2745 个农户调研样本的实证分析[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2020, 20(5): 143-153.
Han Xudong, Wang Ruonan, Yang Huilian, et al. Land fragmentation, land transfer and agricultural productivity

- efficiency: Empirical analysis based on 2745 rural households nationwide [J]. *Journal of Northwest A & F University (Social Science Edition)*, 2020, 20(5): 143-153.
- [11] 陈红, 王会. 环境要素对我国粮食生产效率影响的实证研究[J]. *林业经济*, 2018, 40(1): 75-81, 104.
- [12] 杨皓天, 刘秀梅, 句芳. 粮食生产效率的随机前沿函数分析——基于内蒙古微观农户层面 1312 户调研数据[J]. *干旱区资源与环境*, 2016, 30(12): 82-88.
Yang Haotian, Liu Xiumei, Ju Fang. Stochastic frontier function analysis on the grain production efficiency—Based on the research data of 1312 farmers in Inner Mongolia [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2016, 30(12): 82-88.
- [13] 李辉尚, 胡晨沛, 曲春红. 中国小麦主产区生产效率时空演变特征分析[J]. *中国农业资源与区划*, 2018, 39(10): 91-99.
Li Huishang, Hu Chenpei, Qu Chunhong. Spatio-temporal feature of wheat production efficiency in main producing provinces of China [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2018, 39(10): 91-99.
- [14] 郎新婷, 马惠兰. 新疆小麦生产效率及地区差异研究[J]. *中国农业资源与区划*, 2016, 37(10): 127-133.
Lang Xinting, Ma Huilan. Wheat production efficiency and region differences in Xinjiang [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2016, 37(10): 127-133.
- [15] 石风光. 基于非径向超效率 DEA 模型的中国地区技术效率研究[J]. *统计与决策*, 2012(14): 90-93.
- [16] 潘丹, 应瑞瑶. 中国农业生态效率评价方法与实证——基于非期望产出的 SBM 模型分析[J]. *生态学报*, 2013, 33(12): 3837-3845.
Pan Dan, Ying Ruiyao. Agricultural eco-efficiency evaluation in China based on SBM model [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(12): 3837-3845.
- [17] 侯麟科, 仇焕广, 白军飞, 等. 农户风险偏好对农业生产要素投入的影响——以农户玉米品种选择为例[J]. *农业技术经济*, 2014(5): 21-29.
- [18] 吴玉鸣. 中国区域农业生产要素的投入产出弹性测算——基于空间计量经济模型的实证[J]. *中国农村经济*, 2010(6): 25-37, 48.
Wu Yuming. An estimation of output elasticity of regional agricultural production factors in China—An empirical study with spatial econometric models [J]. *China Rural Economy*, 2010(6): 25-37, 48.
- [19] 孙明艳, 周慧秋. 基于 DEA 的黑龙江省蔬菜产业投入产出效率实证分析[J]. *北方园艺*, 2018(19): 187-192.
Sun Mingyan, Zhou Huiqiu. Empirical research on vegetable industry in Heilongjiang Province based on DEA input-output efficiency [J]. *Northern Horticulture*, 2018(19): 187-192.
- [20] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望[J]. *地理学报*, 2017, 72(1): 116-134.
Wang Jinfeng, Xu Chengdong. Geodetector: Principle and prospective [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(1): 116-134.
- [21] 黄馨亿, 任向宁, 马涛, 等. 地理探测器与 Tobit 模型在粤西地区粮食生产效率及影响因子分析中的比较应用[J]. *农业资源与环境学报*, 2020, 37(6): 818-828.
Huang Xinyi, Ren Xiangning, Ma Tao, et al. Comparative application of geographical detector and Tobit model in analysis of grain production efficiency in the western Guangdong region and its influencing factors [J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2020, 37(6): 818-828.
- [22] 聂赟彬, 闫小欢. 苹果生产效率分析——基于陕西省 8 县 602 个苹果专业户调查数据[J]. *农业技术经济*, 2018(11): 110-119.
Nie Yunbin, Yan Xiaohuan. Analysis of apples' production efficiency—Using data from 602 apple specialized households in 8 counties of Shaanxi Province [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2018(11): 110-119.
- [23] 周书灵, 张英彦. 玉米生产效率的微观测度及对比分析——基于玉米主产区 868 个地块的调研[J]. *玉米科学*, 2018, 26(6): 165-169.
Zhou Shuling, Zhang Yingyan. Micro measurement and comparative analysis of maize production efficiency—Based on the investigation of 868 plots in the main maize producing areas [J]. *Journal of Maize Sciences*, 2018, 26(6): 165-169.
- [24] 肖阳, 朱立志. 基于 DEA-Tobit 模型的马铃薯生产效率分析——以甘肃省定西市为例[J]. *中国农业资源与区划*, 2016, 37(6): 37-43.
Xiao Yang, Zhu Lizhi. Analysis of potato production technical efficiency based on DEA-Tobit model—Taking Dingxi of Gansu Province as an example [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2016, 37(6): 37-43.
- [25] 翟雪玲, 戴鹏. 要素投入、技术进步与棉花产出增长——基于贝叶斯面板随机前沿模型的实证研究[J]. *农业技术经济*, 2021(1): 129-144.
Zhai Xueling, Dai Peng. Factor inputs, technological progress and cotton output growth—Empirical study based on Bayesian stochastic frontier analysis [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2021(1): 129-144.
- [26] 刘继为, 李雪飞, 高鹏怀, 等. 基于 DEA 模型的河北省农业生产效率及影响因素研究[J]. *东北农业科学*, 2020, 45(3): 86-91, 107.
Liu Jiwei, Li Xuefei, Gao Penghuai, et al. Study on agricultural production efficiency and its influencing factors in Hebei Province based on DEA model [J]. *Journal of Northeast Agricultural Sciences*, 2020, 45(3): 86-91, 107.