

引用格式:

张旭青, 杜丽永, 朱启荣. 人工成本约束下苹果生产环节资本替代劳动的潜力研究 [J]. 农业现代化研究, 2020, 41(3): 484-492.

Zhang X Q, Du L Y, Zhu Q R. The potential of substituting labors with capitals in apple production under the constraint of increasing labor cost[J]. Research of Agricultural Modernization, 2020, 41(3): 484-492.

DOI: 10.13872/j.1000-0275.2020.0032



人工成本约束下苹果生产环节资本替代劳动的潜力研究

张旭青¹, 杜丽永¹, 朱启荣^{2*}

(1. 淮阴师范学院经济与管理学院, 江苏 淮安 223001; 2. 山东财经大学国际经贸学院, 山东 济南 250014)

摘要: 随着中国果业种植的发展, 人工成本对苹果种植的影响和制约日益显现。本文以苹果生产环节为例, 利用 1998—2017 年全国和 7 个主产省面板数据, 将生产要素区分为机械、其他物质、家庭用工和雇工, 采用超越对数生产函数法, 定量测算苹果生产要素的产出弹性和替代弹性, 分析近 20 年来中国苹果生产环节用工的数量和结构变化, 探讨其成因。结果表明: 苹果生产用工 20 年来下降 27.15%, 但是用工结构发生了显著转变, 雇工比重由 2.87% 大幅上升至 28.24%。其他物质和家庭用工的产出弹性均为 0.32, 是影响苹果增产的核心因素。在资本与劳动替代关系中, 机械—家庭用工、机械—雇工总体上呈替代关系, 但机械替代劳动效应弱于粮食作物, 其他物质—家庭用工呈互补关系, 其他物质—雇工呈替代关系并且其替代弹性是机械—雇工的两倍。基于此, 提出降低人工成本要进一步挖掘不同种类资本替代劳动的潜力、短期首选是通过增加其他物质投入来推广省力化栽培模式、长期是增加与上述模式相配合的机械投入来提升机械化水平等政策建议。

关键词: 苹果生产; 人工成本; 资本; 家庭用工; 雇工; 替代弹性

中图分类号: F326.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0275 (2020) 03-0484-09

The potential of substituting labors with capitals in apple production under the constraint of increasing labor cost

ZHANG Xu-qing¹, DU Li-yong¹, ZHU Qi-rong²

(1. School of Economics and Management, Huaiyin Normal University, Huai'an, Jiangsu 223001, China; 2. School of International Trade and Economics, Shandong University of Finance and Economics, Jinan, Shandong 250014, China)

Abstract: With the development of fruit production in China, the impacts and constraints of increasing labor cost on the apple industry are increasingly significant. Based on a panel data of seven major apple producing provinces from 1998 to 2017, this paper divided apple production factors into machinery, other materials, household labor and hired labor, and applied the method of beyond logarithm production function to quantitatively measure the output elasticity and substitution elasticity of apple production factors. At the same time, this article also analyzed the changes in the quantity and structure of labor force employed in apple industry in China in the past two decades and explored the main causes. Results show that apple production employment has decreased by 27.15% over the past two decades, but the employment structure has changed significantly, and the proportion of hired labors has increased from 2.87% to 28.24%. The output elasticities of other materials and household labors are both 0.32, which are the core factors affecting apple's production increase. In the context of capitals substituting labors, machinery-household labors and machinery-hired labors generally have a substitution relationship, but the effect of machinery substitution labors is weaker than that of food crops. Other material-household labors have a complementary relationship. Other material-hired labors are in a substitution relationship and the elasticity of substitution is twice that of machinery-hired labors. Based on the above results, this paper suggests that reducing labor costs should further tap the potential of different types of capital to replace labors, the first choice in the short-term is to promote labor-saving cultivation mode by increasing the input of other materials, and in the long-term, by improving the level of mechanization through increasing the input of machinery that matches the above-mentioned mode.

Key words: apple production; labor costs; capitals; household labors; hired labors; elasticity of substitution

基金项目: 国家社会科学基金项目 (17BJY068); 教育部人文社会科学研究青年基金项目 (17YJC790026)。

作者简介: 张旭青 (1979-), 男, 江苏涟水人, 博士, 副教授, 主要从事农业经济理论与政策研究, E-mail: zhuxq@hytc.edu.cn; 通讯作者: 朱启荣 (1962-), 男, 安徽无为, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事农业经济与国际贸易研究, E-mail: zhuqirong2008@163.com。

收稿日期: 2019-12-23, **接受日期:** 2020-03-24

Foundation item: National Social Science Foundation of China (17BJY068); the Foundation for Young Scholars of Humanity and Social Sciences of the Ministry of Education of China (17YJC790026).

Corresponding author: ZHU Qi-rong, E-mail: zhuqirong2008@163.com.

Received 23 December, 2019; **Accepted** 24 March, 2020

中国是苹果生产和出口大国,苹果产量约占世界50%以上^[1]。苹果种植已成为苹果主产区农户的重要收入来源。然而,随着农村青壮年劳动力的大量外流,进城农民工收入不断增加,农业劳动力成本也随之大幅上涨。作为一种劳动密集型农产品,劳动力成本上升逐渐成为制约中国苹果产业可持续发展的不利因素。统计数据表明,2017年人工成本已经占到苹果生产成本的68.12%(根据《全国农产品成本收益资料汇编》数据计算)。人工成本的上升抑制了苹果生产者的利润空间,打击了种植积极性,也降低了中国苹果产业的国际竞争力。因此,如何控制人工成本过快增长,已成为苹果产业发展亟待解决的问题。

人工成本取决于劳动力价格和投入的劳动力数量。受人们收入不断上升和工资刚性的影响,劳动力价格上升基本不可逆转,因而降低苹果生产人工成本的关键在于减少劳动投入量,包括家庭用工投入和雇工投入。从国内外经验来看,削减农业生产劳动投入主要依靠提升农业机械化作业水平。那么,中国苹果生产是否可以像粮食生产那样依靠机械来替代劳动?事实上,机械作业费只是物质资本投入的一种类型,代表的是机械化技术。苹果生产除了机械投入,还有肥料、农药和品种改良等其他物质,这些其他物质投入代表的是化学和生物技术。那么,苹果生产中代表生化技术的其他物质投入是否也可以发挥替代劳动的作用?进一步讲,代表不同技术类型的机械和其他物质投入对家庭用工和雇工是否具有相同的替代能力?只有厘清上述问题,才能充分发挥资本替代劳动的潜力,找到减少苹果生产劳动投入的切实路径,真正推进中国苹果产业供给侧改革,降低生产成本,促进产业健康发展。

要素替代最早可以追溯至 Hicks^[2] 指出的“要素相对价格的变化会诱致要素使用偏向”。但是,真正将诱致性创新纳入农业技术进步与要素替代研究,则是1970年代以后。Hayami 和 Ruttan^[3] 提出,农业技术创新方向是按照市场价格信号,促进丰裕要素替代稀缺要素,日本由于人多地少,技术创新主要是以生化投入替代土地,美国由于地广人少,技术创新则主要是以机械替代劳动力。Binswanger^[4] 利用美国农业数据,衡量多生产要素下要素替代关系,测算出美国农业中机械与劳动力之间的替代弹性约为0.85。之后一些研究者将研究范围扩及其他国家,例如加拿大农业^[5]、非洲农业^[6]、中国农业^[7-8]等。这些研究结果亦支持诱致性技术创新理论,但是要素类型则各有差异。

进入21世纪,伴随中国劳动力价格持续上升,农业生产中机械替代劳动问题也引起国内学者的广泛关注,相关的研究成果不断涌现,主要表现在三个方面:一是研究对象从以粮食作物为主逐渐扩展到多种经济作物。现有研究既有关关注粮食总体^[9],也有针对单个粮食品种,如小麦^[10]和玉米^[11]。部分学者也尝试分析经济作物,如油菜^[12]、柑橘^[13]和苹果^[14]。这些研究认为,农业生产中机械对劳动产生了较为明显的替代效应。二是研究方法和数据来源多样化。现有研究建模的方法包括不变替代弹性生产函数^[15]、可变替代弹性生产函数^[16]、超越对数生产函数^[17]、超越对数成本函数^[18]和随机前沿生产函数^[19]等。基于不同的函数,产生了多种弹性计算公式,闵师等^[20]认为, Morishima 替代弹性比直接替代弹性与 Allen 替代弹性好。不同的替代弹性估计方法对变量和数据要求不同。常见的数据来源包括各省统计年鉴数据、全国农产品成本收益资料汇编数据、农村固定观测点数据和其他农户微观调查数据,其中以全国农产品成本收益资料汇编数据使用较多。三是研究视角日趋多元化,研究中纳入了地形和人力资本等因素。例如,李志俊^[21]引入人力资本,发现人力资本影响了农业生产要素替代能力。郑旭媛和徐志刚^[22]指出,地形地貌决定机械—劳动替代难度,影响农户利用机械替代劳动和农业机械化进程。

现有文献对农业生产中机械替代劳动的研究较为充分,但仍有待完善:一是对劳动密集型农产品如苹果的研究相对较少。通过作者实地调查,由于产品属性和外部种植条件不同,针对粮食作物得出的通过机械化替代劳动力的研究结论不宜直接套用于苹果上,因为代表生化技术的化学产品、品种改良等其他物质投入在苹果生产中也发挥了替代劳动的作用;二是现有研究都笼统地将家庭用工与雇工视为同质劳动力进行分析,这一假设对于粮食作物是适合的,因为粮食生产中雇工占劳动投入的比重比较低,但是对雇工占比已达30%左右的苹果而言是不恰当的;三是鲜有研究涉及代表不同技术类型的物质资本与异质性劳动替代/互补关系的分析,不同资本与家庭用工和雇工是替代抑或是互补关系尚未明确,而忽视上述变化和关系,可能导致节约苹果生产劳动力投入的相关政策建议缺乏针对性,不能有效地挖掘苹果生产中资本替代劳动的潜力。

鉴于此,本文以苹果生产环节为例,利用全国和7个苹果主产省份面板数据,将资本区分为代表不同技术类型的机械和其他物质,劳动区分为两种

异质性劳动投入家庭用工和雇工,采用超越对数生产函数法,分析了 1998—2017 年苹果生产用工出现的结构性变化及其成因,分别测算了机械和其他物质与家庭劳动和雇工的替代弹性,以期由政府制定相关政策、引导苹果产业健康发展提供科学依据。

1 研究方法

1.1 变量选取和说明

衡量资本与劳动替代关系的关键指标——资本—劳动替代弹性在经济理论分析和政策制定中具有重要意义。与晏百荣等^[14]、霍学喜和侯建昀^[23]、杨浩然和刘悦^[24]研究不同,本研究将苹果生产中劳动投入区分为家庭用工和雇工 2 种要素类型,即将苹果生产的全部投入要素类型分为家庭用工、雇工、机械和包括化肥在内的其他物质,共计 4 种类型生产要素。劳动投入进一步区分为家庭用工和雇工,主要是基于如下考虑:第一,雇工与家庭用工存在明显的外在差异,家庭用工来自生产者及其家庭成员,雇工来自农户家庭外部的劳动力市场,两者在年龄、性别结构上不同,王颜齐等^[25]指出雇工中年龄偏大的女性和男性劳动力占据多数;第二,更为重要的是,陈锡文^[26]、罗必良^[27]和韩朝华^[28]指出,雇工在责任心和剩余索取权方面与家庭用工有着显然的内在差别,这也导致了农业生产雇佣劳动监督难的问题。因此,本研究将雇工和家庭用工视为异质性劳动投入要素,在此基础上,分别定量测算机械与家庭用工和雇工、其他物质与家庭用工和雇工、雇工与家庭用工之间的替代弹性。而如果不加区分笼统地测算资本与劳动替代弹性,显然在

理论和政策上将缺少细化和针对性。

1.2 数据来源

本研究所使用的数据主要来源于国家发展和改革委员会价格司编撰的《全国农产品成本收益资料汇编》(1999—2018)所记录的苹果数据资料。由于《全国农产品成本收益资料汇编》自从 1998 年以后才有雇工方面的信息,因而样本期间选择 1998—2017 年,共计 20 年。为了构建完整的面板数据,样本省份只选择数据较为齐全的省份,包括陕西、山东、河南、山西、河北、甘肃和辽宁等 7 个省份。这 7 个省份分布于黄土高原和渤海湾两大苹果种植优势产区,是中国最主要的苹果供应地,苹果产量占中国苹果总产量的比例超过 90%。家庭用工投入、雇工投入、机械投入和其他物质投入分别用家庭用工天数、雇工天数、机械作业费和其他物质与服务费用来衡量,苹果产出用主产品产量来衡量。其中,1998—2003 年家庭用工天数等于用工数量减去雇工天数计算得到,2004—2017 年家庭用工天数来自资料汇编的直接记载;其他物质与服务费用等于物质与服务费用减去机械作业费,由于 2004 年成本调查核算指标作了重大调整,2004 版的物质与服务费用=1998 版的物质费用+期间费用+税金-土地承包费,因而按照上述公式重新计算得到 1998—2003 年的物质与服务费用;山东省缺失 2002 年的数据,采用插入法处理。

为了避免物价因素影响,利用《中国统计年鉴》公布的农业生产资料价格指数对机械作业费和其他物质与服务费用进行折算,统一换算成 1998 年的不变价格。变量的描述性统计见表 1。

表 1 变量描述性统计

Table 1 Descriptive statistics of variables

变量	变量符号	均值	标准差	最小值	最大值	样本量
苹果产出 (kg/hm ²)	<i>Y</i>	28 630.50	7 174.05	10 581.00	48 167.70	140
机械费用 (元/hm ²)	<i>M</i>	288.15	191.10	0.00	720.15	140
家庭用工天数 (工日/hm ²)	<i>F</i>	603.75	216.15	280.05	1 171.05	140
雇工天数 (工日/hm ²)	<i>H</i>	58.65	48.00	0.00	187.05	140
其他物质 (元/hm ²)	<i>O</i>	9 920.85	4 471.20	3 296.25	22 943.55	140

1.3 模型设定

要素替代弹性的测算前提是选择合适的函数形式。考虑到变量数据的可得性,本研究选择构建超越对数生产函数为:

$$\begin{aligned} \ln Y_{it} = & \beta_0 + \beta_M \ln M_{it} + \beta_F \ln F_{it} + \beta_H \ln H_{it} + \beta_O \ln O_{it} + \\ & 0.5\beta_{MM}(\ln M_{it})^2 + 0.5\beta_{FF}(\ln F_{it})^2 + 0.5\beta_{HH}(\ln H_{it})^2 + \\ & 0.5\beta_{OO}(\ln O_{it})^2 + \beta_{MF} \ln M_{it} \ln F_{it} + \beta_{MH} \ln M_{it} \ln H_{it} + \\ & \beta_{MO} \ln M_{it} \ln O_{it} + \beta_{FH} \ln F_{it} \ln H_{it} + \beta_{FO} \ln F_{it} \ln O_{it} + \\ & \beta_{HO} \ln H_{it} \ln O_{it} + \mu_i + \phi_t + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (1)$$

式中: i 代表省份, t 代表年份,因变量 Y_{it} 代表第 i 省第 t 年苹果产出, M_{it} 、 F_{it} 、 H_{it} 和 O_{it} 分别表示机械投入、家庭用工投入、雇工投入和其他物质投入。 μ_i 为个体效应,表示不随时间变化的省份个体异质性; ϕ_t 为年份效应,用以控制各省共同面临的外来冲击; ε_{it} 为扰动项。

面板数据可以使用混合 OLS、固定效应或随机效应模型进行估计。面板数据的 F 检验、LM 检验和 Hausman 检验先后拒绝“不存在个体效应”和“个

体随机”2个假设,说明应选择个体固定效应模型。所有年度虚拟变量的联合显著性检验拒绝“无时间效应”的原假设,说明应在模型中包括时间效应。因此,本研究估计双向固定效应。考虑到本研究面板数据具有“大T、小N”特点,对扰动项 ε_{it} 可能存在的组间异方差、组内自相关或组间同期相关进行检验,发现存在组间异方差和组内自相关。因此,参照陈强^[29]的研究,采用FGLS估计,对固定效应模型的组间异方差和组内自相关进行修正。

由式(1)可得各投入要素的产出弹性,以家庭用工为例,家庭用工产出弹性为:

$$\eta_{F,t} = \beta_{FF} + \beta_{FF} \ln F_{it} + \beta_{MF} \ln M_{it} + \beta_{FH} \ln H_{it} + \beta_{FO} \ln O_{it} \quad (2)$$

借鉴王欧等^[17]、郝枫^[30]和孔祥智等^[31]基于超越对数生产函数推导出来的Hicks替代弹性公式,要素A—要素B替代弹性为:

$$\sigma_{AB} = \left(1 + (2\beta_{AB} - \frac{\eta_A}{\eta_B} \beta_{BB} - \frac{\eta_B}{\eta_A} \beta_{AA})(\eta_A + \eta_B)^{-1} \right)^{-1} \quad (3)$$

式中: A 、 B 代指家庭用工投入、雇工投入、机械投入和其他物质投入中任意两个要素。替代弹性 $\sigma_{AB} > 0$,则要素之间为替代关系; $\sigma_{AB} < 0$,则要素之间为互补关系。 σ_{AB} 绝对值越大,两种要素之间的替代或互补关系就越强。

2 结果与分析

2.1 近20年来苹果生产用工变化分析

过去二十年,苹果生产的劳动投入呈现波动式下降趋势。用工数量从1998年的730.50工日/ hm^2 减少至2017年的532.20工日/ hm^2 ,减少了198.30工日/ hm^2 ,降幅达到27.15%(图1)。这与胡瑞法

和季焜^[32]所观察到的“1980—1997年期间农民对苹果生产的劳动投入基本保持不变”存在明显区别。从成本看,人工成本在苹果生产成本中所占比重越来越高。1998—2017年苹果生产的人工成本从7 020.00元/ hm^2 增加至46 664.40元/ hm^2 ,人工成本占生产成本比重从1998年的53.10%上升至2017年的68.12%。

相对要素价格变化诱致资本替代劳动是导致苹果生产用工数量减少的重要原因。根据Hayami和Ruttan^[3]诱致性技术创新理论,要素投入变化受生产要素价格变化影响,相对便宜和丰裕的要素会替代相对昂贵和稀缺的要素。本研究利用农业雇工工价衡量农业劳动力价格,利率衡量资本价格,雇工工价与年利率的比率估算劳动与资本的相对价格。1998年以来,农业雇工工价不断上升,从13.99元/工日增加到2017年的99.29元/工日。年加权平均利率则从1998年的5.03%逐渐降至2017年的1.50%。因而劳动与资本的相对价格呈现上升趋势。劳动与资本相对要素价格上升导致苹果生产中资本逐渐替代劳动,包括化肥、农药和机械等在内的一系列物质资本投入替代劳动投入。按1998不变价格计算,1998—2017年苹果物质与服务费用从8 525.40元/ hm^2 增加至12 071.40元/ hm^2 ,增长41.59%。

伴随数量变化的同时,苹果生产用工结构也发生了显著的变化。苹果生产者在减少家庭用工投入的同时增加雇工投入。1998—2017年家庭用工天数从709.50工日/ hm^2 减少至381.90工日/ hm^2 ,下降46.17%。相反,雇工天数从1998年的21.00工日/ hm^2 增至2017年的150.30工日/ hm^2 ,增长7.16倍。这导致苹果用工中雇工在劳动投入中占比从1998年的

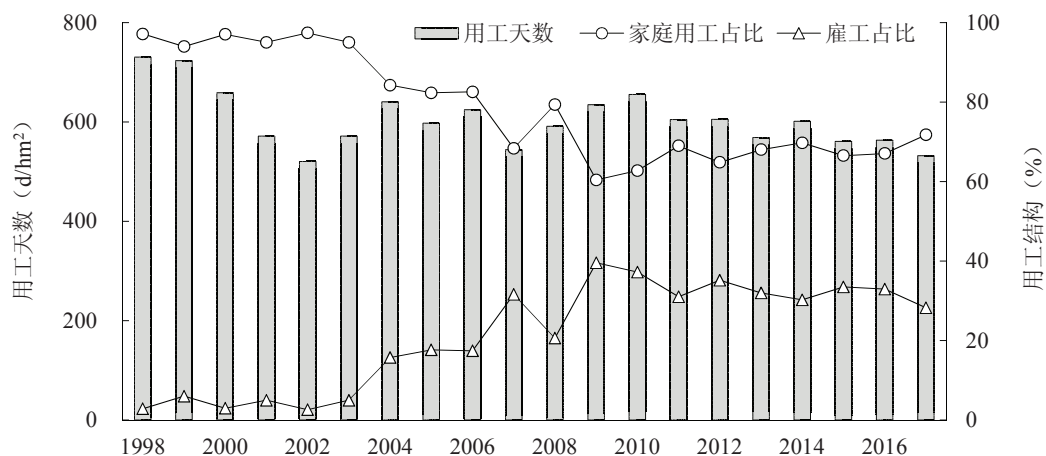


图1 1998—2017年中国苹果生产用工数量和结构

Fig. 1 Number and structure of apple production labors in China from 1998 to 2017

2.87% 大幅上升至 2017 年的 28.24%，而家庭用工占比由 97.13% 降至 71.76%。在人工成本构成中，雇工费用的影响也相应地增加。1998 年苹果雇工费用仅为 300.09 元/hm²，2017 年已经攀升至 14 923.50 元/hm²，增加 49.73 倍。雇工费用占人工成本比重从 1998 年的 4.27% 增加至 31.98%。

用工结构之所以发生上述变化，与果农以家庭为单位进行联合劳动供给决策和苹果生产具有季节性密切相关。由于 1990 年代以后农村外出务工机会逐渐增加，城市非农就业工资收入比经营农业和苹果更高更稳定，因而果农更愿意把家庭一部分劳动力配置到非农就业上，从而带来更好的家庭收入。并且，家庭成员外出打工也有利于分散果农家庭经济风险。苹果生产风险较大，有“大小年”之说，一旦花期出现霜冻，导致花落不结果，因此受灾，可能颗粒无收。因而，果农的子女普遍外出打工，往往只是留守农村的中老年人负责管理果树。在果农生产繁忙时节，如果让在外打工的子女回家帮忙，往返交通费用、误工费用和失业风险使得增加家庭用工的机会成本远高于果农支付给雇工的工钱代价。总之，果农以家庭为单位来配置劳动时间，通过对家庭成员丈夫、妻子和能够工作的孩子进行一定程度的专业化分工和使用雇工，可以提升整个家庭的总效用。另一方面，水果生产具有季节性特

征，某些时令节点上需要短时间集中劳动，例如苹果的授粉只有 2~3 天，时间上不能等。果农对劳动力的短期需求超出家庭自身所能提供的劳动力，因而不得不通过短期雇工以满足劳动力需求，否则就无法保证农活按时完成，尤其是那些规模化和专业化经营的果园。

2.2 要素产出弹性分析

借助 Stata14.0 软件，采用更为全面的 FGLS 估计，获得模型估计结果（表 2）。作为比较，表 2 还给出了混合 OLS、随机效应和固定效应的估计结果。虽然 4 种投入要素变量系数未达到显著水平，但是对 FGLS 估计结果进行交互项和二次项的联合显著性检验，结果在 1% 显著性水平上拒绝了“二次项和交互项系数全为零”的原假设，因而支持超越对数生产函数的设定。FGLS 估计得到的参数代入公式（2）和公式（3）等，可以测算出要素投入的产出弹性和要素之间的替代弹性。

产出弹性测算结果显示，苹果生产中机械、家庭用工、雇工和其他物质的平均产出弹性依次为 -0.02、0.32、0.09 和 0.32（表 3）。这说明，在苹果生产中，家庭用工和其他物质是最为重要的两种投入要素，对苹果增产具有重要意义；雇工对产出的贡献排在第三位，对苹果增长起到一定作用；机械的产出弹性为负，说明机械尚不是促进苹果增产

表 2 模型估计结果
Table 2 Model estimation results

变量名称	混合 OLS		随机效应		固定效应		FGLS 估计	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
lnM	-0.107	0.539	0.693*	0.404	-0.644	0.369	-0.185	0.381
lnF	0.919	3.117	-2.645*	1.391	-3.118	2.701	-1.925	1.414
lnH	0.903	0.747	0.808	0.584	0.688	0.731	-0.335	0.561
lnO	-2.577	3.444	-1.225	1.804	-1.677	1.806	0.445	1.690
0.5×(lnM) ²	0.008	0.048	0.006	0.033	0.005	0.050	-0.007	0.030
0.5×(lnF) ²	-0.192	0.667	1.370***	0.328	1.506**	0.605	1.100***	0.374
0.5×(lnH) ²	-0.125	0.126	-0.153*	0.080	-0.149	0.106	-0.105	0.067
0.5×(lnO) ²	0.456	0.451	0.434*	0.243	0.509*	0.225	0.161	0.244
lnM×lnF	0.048	0.123	0.018	0.060	0.005	0.049	0.027	0.062
lnM×lnH	-0.048	0.059	-0.017	0.025	-0.013	0.025	-0.014	0.022
lnM×lnO	0.000	0.093	0.101*	0.055	0.100	0.069	0.016	0.052
lnF×lnH	-0.100	0.183	0.032	0.101	0.055	0.150	0.192*	0.101
lnF×lnO	-0.013	0.209	-0.358**	0.178	-0.357**	0.120	-0.325*	0.179
lnH×lnO	-0.033	0.087	-0.096	0.091	-0.090	0.058	-0.015	0.080
常数	12.557	15.091	14.999	6.739	17.163	9.452	8.021	6.322
个体效应	否		是		是		是	
时间效应	否		是		是		是	
样本量	140		140		140		140	
R ²	0.476		-		0.376		-	
Wald chi2	-		-		-		343.41	

注：***、**、* 分别表示在 1%、5% 和 10% 的水平上显著。

表3 生产要素的产出弹性均值

Table 3 Output elasticity means of the production factors

要素	产出弹性
机械	-0.02
家庭用工	0.32
雇工	0.09
其他物质	0.32

的重要要素投入。

从时间维度看,4种类型要素对苹果增产的贡献具有不同的变化趋势(图2)。其他物质投入对苹果增产的贡献呈逐渐上升趋势,并在2010年以后成为第一大影响因素,家庭用工对苹果增产的贡献逐渐退居第二位,雇工对苹果增产的贡献有下降趋势,机械对苹果增产长期以来没有起作用。苹果增产越来越依赖于增加其他物质的投入,这与中国苹果种植分散经营的小农模式不无关系。苹果户的种植面积普遍偏小,并且地块分散^[33]。由于购置机械过于昂贵,对果农来讲,促进苹果增产的理性选择是增加他们能够负担得起的化肥、农家肥和农药等其他物质投入。虽然在过去20年中雇工投入有所增长,但是雇工对产出的贡献呈下降趋势,家庭用工仍然是苹果生产劳动力投入的主体。这可能与雇工难、雇工贵等问题有关,其实质是农村劳动力大量外流所导致的季节性劳动力供给相对短缺。机械投入对产出增长不起作用,产出弹性为负数,主要原因可能在于苹果生产中其他物质投入很大程度上替代了机械投入,物质资本投入中机械所占比例很少,如2017年机械作业费只占物质生产费用的4.27%。

2.3 要素替代弹性分析

替代弹性结果显示,机械—家庭用工、机械—雇工、其他物质—家庭用工、其他物质—雇工、雇

工—家庭用工、其他物质—机械的平均替代弹性分别为0.81、0.26、-0.51、0.54、0.35和1.28(表4)。这说明,苹果生产4种投入要素中机械与家庭用工、机械与雇工、其他物质与雇工、雇工与家庭用工、其他物质与机械彼此之间总体上都是替代关系,其他物质与家庭用工总体上是互补关系。因为本研究着重探讨的是苹果产业中代表不同技术类型的资本投入替代劳动投入的潜力,所以接下来重点讨论机械和其他物质分别与家庭用工和雇工的关系。

表4 生产要素的替代弹性均值

Table 4 Substitution elasticity means of production factors

要素 A—要素 B	替代弹性
机械—家庭用工	0.81
机械—雇工	0.26
其他物质—家庭用工	-0.51
其他物质—雇工	0.54
雇工—家庭用工	0.35
其他物质—机械	1.28

机械与家庭用工长期保持替代关系,机械与雇工多数年份是互补关系但近年来由互补关系向替代关系转变。机械—家庭用工的替代弹性值显示,2000年以来机械—家庭用工的替代弹性值始终大于0(图3),说明苹果生产中机械与家庭用工已经形成较为稳定的替代关系。这与姜百荣等^[14]的研究结论基本一致。另一方面,机械—雇工在2014年以前大多数年份中是互补关系,2014年以后机械—雇工由互补关系开始向替代关系转变,但替代关系较弱。尽管近年来苹果生产中机械—家庭用工、机械—雇工均表现出替代关系,但是与王欧等^[17]采用相同方法测算的小麦和稻谷生产中机械—劳动力替代弹性值1.57和2.46相比,苹果生产中机械与家庭用工和雇工的替代弹性仅有0.81和0.26,显然要小得多。苹果生产中机械替代劳动效应较弱,主要源于客观上果树不具有空间位置的整齐划一性,使得苹果生产的关键环节(疏花疏果、套袋摘袋、采摘等)不易实现机械化操作,不得不靠人工。

其他物质投入与家庭用工的关系始终是互补关系,其他物质投入与雇工的关系则保持替代关系,但是近年来其他物质—家庭用工和其他物质—雇工的替代弹性存在逐渐下降的趋势(图3)。由于化肥、农家肥、农药和工具材料的使用需要劳动力投入,而且主要依靠家庭用工投入完成,因而化肥农药等其他物质和家庭用工具有一定的互补关系。另外,随着雇工价格不断上升,苹果生产越来越趋向资本密集型,生产者具有通过化肥等其他物质投入

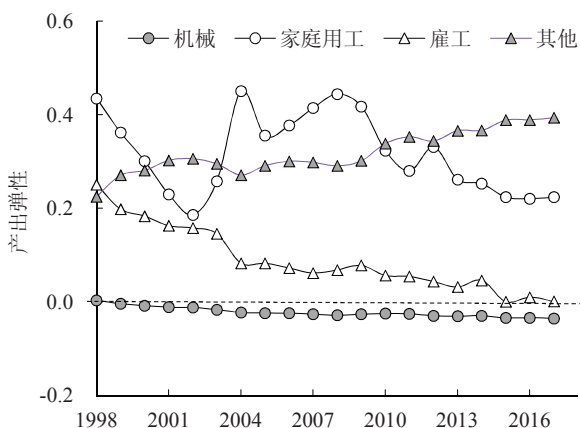


图2 1998—2017年要素投入产出弹性

Fig. 2 Output elasticity of factor input from 1998 to 2017

来减少雇工成本的动机,因而使得其他物质和雇工之间呈现出替代关系。上述发现与姜百荣等^[14]的研究结论既有相似又有区别,他们认为,苹果生产中化肥和劳动具有显著的替代关系。而本研究认为,化肥和劳动的关系因苹果生产中劳动力投入构成而异,就化肥与家庭用工而言,它们是互补关系,而化肥与雇工则是替代关系。

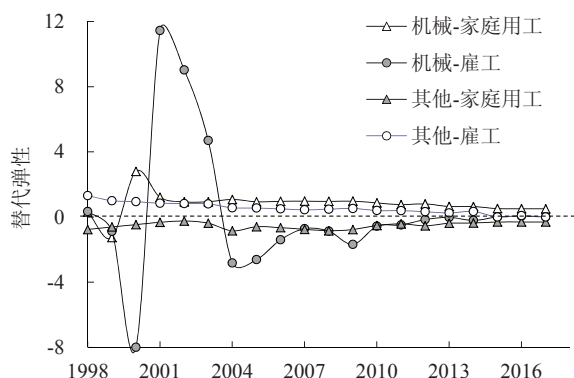


图 3 1998—2017 年要素替代弹性

Fig. 3 Substitution elasticities of factors from 1998 to 2017

3 结论与建议

3.1 结论

研究表明,1998—2017 年人工成本在苹果生产成本中的占比从 53.10% 上升至 68.12%,苹果生产人工成本过高问题凸显;过去 20 年里,苹果生产中物质与服务费用增加 41.59%,用工下降 27.15%,与此同时生产用工结构发生显著转变,家庭用工下降 46.17%,雇工天数激增 715.71%,雇工费用已占人工成本 31.98%;其他物质投入和家庭用工投入的产出弹性均为 0.32,是影响苹果增产的主要因素。

考察苹果生产中代表不同技术类型的物质资本替代异质性劳动的关系发现,机械与家庭用工和雇工均呈现替代关系,但替代效应不如粮食作物,因此苹果生产很难达到粮食作物那么高的机械化作业水平。其他物质投入与家庭用工是互补关系,与雇工则是替代关系,说明其他物质投入能够发挥替代雇工这部分劳动投入的作用。不仅如此,其他物质投入与雇工的替代弹性值是机械与雇工替代弹性值的 2 倍多,这意味着在未来的苹果生产中,若要抑制雇工成本过快上升,增加其他物质投入是比增加机械投入更有效的方法。上述结论不同于过往研究中强调通过机械化替代劳动力的笼统结论和泛化提法,对设计相关政策具有一定的启示意义。

3.2 建议

1) 随着工业化和城镇化的深入,未来农业青

壮年劳动力仍将不断外流,苹果产业发展面临着人工成本不断攀升的长期趋势。因而推进苹果产业供给侧改革的重点是降低人工成本。降低苹果生产人工成本旨在减少生产用工,因而必须进一步挖掘不同种类资本替代异质性劳动的潜力。

2) 短期来看,抑制雇工成本过快增长,首选是通过增加其他物质投入即化学和生物技术来推广现代苹果省力化栽培模式。例如,通过喷洒化学疏花疏果剂替代人工疏果;采用免套袋栽培技术替代苹果套袋技术;推动防治病虫害与疏花疏果、免套袋技术集成;优化果树品种,探索宽行矮化密植等。

3) 长期来看,进一步替代劳动,需要增加与上述省力化栽培模式相配合的机械投入,逐步提升苹果生产作业的机械化技术水平。因此,政府需对果农提供相关政策支持,如农机购置补贴进一步兼顾林果业所需机械,激励果农购置果园农机具。同时,鼓励土地流转,促进规模化种植经营,为未来采取机械化、智能化果园管理创造条件。

参考文献:

- [1] 汪景彦,李壮,李敏,等. 密切结合国情,建设中国特色苹果生产强国[J]. 中国果树, 2019(5): 1-6.
Wang J Y, Li Z, Li M, et al. Based on Chinese situation, built a powerful country with Chinese characteristics in apple production[J]. China Fruits, 2019(5): 1-6.
- [2] Hicks J R. The Theory of Wages[M]. London: Macmillan, 1932.
- [3] Hayami Y, Ruttan V W. Factor prices and technical change in agricultural development: The United States and Japan 1880-1960[J]. Journal of Political Economy, 1970, 78(5): 1115-1141.
- [4] Binswanger H P. A cost function approach to the measurement of elasticities of factor demand and elasticities of substitution[J]. American Journal of Agricultural Economics, 1974, 56(2): 377-386.
- [5] Lopez R E. The structure of production and the derived demand for inputs in Canadian agriculture[J]. American Journal of Agricultural Economics, 1980, 62(1): 38-45.
- [6] Lusigi A, Thirtle C. Total factor productivity and the effects of R&D in African agriculture[J]. Journal of International Development, 1997, 9(4): 529-538.
- [7] Liu Y M, Hu W Y, Jetté-Nantel S, et al. The influence of labour price change on agricultural machinery usage in Chinese agriculture[J]. Canadian Journal of Agricultural Economics, 2014, 62(2): 219-243.
- [8] Wang X B, Yamauchi F, Huang J K. Rising wages, mechanization, and the substitution between capital and labor: Evidence from small scale farm system in China[J]. Agricultural Economics, 2016, 47(3): 309-317.
- [9] 胡瑞法,冷燕. 中国主要粮食作物的投入与产出研究[J]. 农业技术经济, 2006(3): 2-8.
Hu R F, Leng Y. Research on input and output of main grain crops in China[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2006(3): 2-8.
- [10] 陈书章,宋春晓,宋宁,等. 中国小麦生产技术进步及要素需

- 求与替代行为[J]. 中国农村经济, 2013(9): 18-30.
- Chen S Z, Song C X, Song N, et al. Technical progress and factor demand and alternative behavior of wheat production in China[J]. Chinese Rural Economy, 2013(9): 18-30.
- [11] 陈芙蓉, 赵一夫. 中国玉米生产要素替代关系及技术进步路径分析——基于主产省 2000—2016 年数据[J]. 湖南农业大学学报(社会科学版), 2019, 20(1): 26-34.
- Chen F R, Zhao Y F. Analysis on substitution relation of corn production factor and path of technological progress in China: Based on the data of major producing provinces from 2000 to 2016[J]. Journal of Hunan Agricultural University (Social Sciences), 2019, 20(1): 26-34.
- [12] 李谷成, 梁玲, 尹朝静, 等. 劳动力转移损害了油菜生产吗? 基于要素产出弹性和替代弹性的实证[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2015(1): 7-13.
- Li G C, Liang L, Yin C J, et al. Did labor transfer harm production of rapeseeds in China? Based on factor production elasticity and substitution elasticity[J]. Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition), 2015(1): 7-13.
- [13] 向云, 祁春节, 王伟新. 柑橘生产的要素替代关系及增长路径研究: 基于主产区面板数据的实证分析[J]. 中国农业大学学报, 2017(7): 200-209.
- Xiang Y, Qi C J, Wang W X. Key factor substitution and growth path of citrus production: An empirical analysis based on the panel data of main production area[J]. Journal of China Agricultural University, 2017(7): 200-209.
- [14] 晏百荣, 周应恒, 张晓恒. 农业劳动力价格上升对中国苹果生产要素投入结构的影响[J]. 农林经济管理学报, 2017, 16(5): 563-572.
- Yan B R, Zhou Y H, Zhang X H. Influence of agricultural labor price rising on Chinese apple production factors input structure[J]. Journal of Agro-Forestry Economics and Management, 2017, 16(5): 563-572.
- [15] 马凯, 史常亮, 王忠平. 粮食生产中农业机械与劳动力的替代弹性分析[J]. 农机化研究, 2011, 33(8): 6-9.
- Ma K, Shi C L, Wang Z P. Analysis of substitution relation between rural labor and agro-mechanism in grain production[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2011, 33(8): 6-9.
- [16] 尹朝静, 范丽霞, 李谷成. 要素替代弹性与中国农业增长[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2014(2): 16-23.
- Yin C J, Fan L X, Li G C. Elasticity of substitution of factor and China's agricultural growth[J]. Journal of South China Agricultural University (Social Sciences Edition), 2014(2): 16-23.
- [17] 王欧, 唐轲, 郑华懋. 农业机械对劳动力替代强度和粮食产出的影响[J]. 中国农村经济, 2016(12): 46-59.
- Wang O, Tang K, Zhen H M. Effects of agricultural machinery on the substitution intensity of labor force and food output[J]. Chinese Rural Economy, 2016(12): 46-59.
- [18] 潘彪, 田志宏. 中国农业机械化高速发展阶段的要素替代机制研究[J]. 农业工程学报, 2018, 34(9): 1-10.
- Pan B, Tian Z H. Mechanism of factor substitution during rapid development of China's agricultural mechanization[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2018, 34(9): 1-10.
- [19] 王晓兵, 许迪, 侯玲玲, 等. 玉米生产的机械化及机械劳动力替代效应研究: 基于省级面板数据的分析[J]. 农业技术经济, 2016(6): 4-12.
- Wang X B, Xu D, Hou L L, et al. Research on the mechanization and the elasticity of substitution between machines and labor in corn production: An analysis based on the provincial panel data[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2016(6): 4-12.
- [20] 闵师, 项诚, 赵启然, 等. 中国主要农产品生产的机械劳动力替代弹性分析——基于不同弹性估计方法的比较研究[J]. 农业技术经济, 2018(4): 4-14.
- Min S, Xiang C, Zhao Q R, et al. Elasticity of substitution between machines and labor in China's agricultural production—A comparison based on various elasticity estimations[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2018(4): 4-14.
- [21] 李志俊. 中国农业要素的替代弹性: 人力资本的作用及农业技术变迁[J]. 财经论丛, 2014(7): 10-15.
- Li Z J. Substitution elasticity of China's agriculture: The role of human capital and technological changes[J]. Collected Essays on Finance and Economics, 2014(7): 10-15.
- [22] 郑旭媛, 徐志刚. 资源禀赋约束、要素替代与诱致性技术变迁——以中国粮食生产的机械化为例[J]. 经济学(季刊), 2016, 16(1): 45-66.
- Zheng X Y, Xu Z G. Endowment restriction, factor substitution and induced technological innovation: A case research on the grain production mechanization in China[J]. China Economic Quarterly, 2016, 16(1): 45-66.
- [23] 霍学喜, 侯建昀. 中国苹果生产技术效率与要素产出弹性分析——以陕西、山西、甘肃 10 个苹果重点县苹果种植户为例[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2012, 12(6): 75-80.
- Huo X X, Hou J Y. Analysis of technical efficiency and factor elasticity of China's apple production—Based on apple producers from Shaanxi, Shanxi and Gansu provinces[J]. Journal of Northwest A&F University (Social Science Edition), 2012, 12(6): 75-80.
- [24] 杨浩然, 刘悦. 中国小麦和苹果生产的成本效率分析[J]. 农业经济问题, 2016(1): 16-25.
- Yang H R, Liu Y. Cost efficiency analysis of wheat and apple production in China[J]. Issues in Agricultural Economy, 2016(1): 16-25.
- [25] 王颜齐, 毕欣宁, 孟杰. 土地规模化流转背景下农业雇工受雇意愿及影响因素分析[J]. 农业现代化研究, 2017, 38(3): 460-466.
- Wang Y Q, Bi X N, Meng J. Study on the willingness and the influencing factors of rural labors' employment under the background of large-scale rural land circulation[J]. Research of Agricultural Modernization, 2017, 38(3): 460-466.
- [26] 陈锡文. 把握农村经济结构、农业经营形式和农村社会形态变迁的脉搏[J]. 开放时代, 2012(3): 112-115.
- Chen X W. Grasp the pulse of the changes of rural economic structure, agricultural management form and rural social form[J]. Open Times, 2012(3): 112-115.
- [27] 罗必良. 论服务规模经营——从纵向分工到横向分工及连片专业化[J]. 中国农村经济, 2017(11): 2-16.
- Luo B L. Service scale management: Vertical division of labor,

- horizontal division of labor and specialization of connected farmland[J]. Chinese Rural Economy, 2017(11): 2-16.
- [28] 韩朝华. 个体农户和农业规模化经营: 家庭农场理论评述 [J]. 经济研究, 2017(7): 184-198.
- Han C H. Individual farmers and scale farming: Reviews of the theoretics of the family farm[J]. Economic Research Journal, 2017(7): 184-198.
- [29] 陈强. 高级计量经济学及 Stata 应用 (第二版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2014.
- Chen Q. Advanced Econometrics and Stata Applications (Second Edition) [M]. Beijing: Higher Education Press, 2014.
- [30] 郝枫. 超越对数函数要素替代弹性公式修正与估计方法比较 [J]. 数量经济技术经济研究, 2015(4): 88-105.
- Hao F. Formula correction and estimation methods comparison on elasticity of substitution within translog functions[J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2015(4): 88-105.
- [31] 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.
- Kong X Z, Zhang S, Zhang X R. Change of factor endowment and improvement of agricultural capital organic composition: an explanation of China's agricultural development path since 1978[J]. Management World, 2018, 34(10): 147-160.
- [32] 胡瑞法, 黄季焜. 农业生产投入要素结构变化与农业技术发展方向 [J]. 中国农村观察, 2001(6): 9-16.
- Hu R F, Huang J K. The structural change of agricultural production input factors and the development direction of agricultural technology[J]. China Rural Survey, 2001(6): 9-16.
- [33] 张强强, 霍学喜, 刘军弟. 苹果种植户生产环节外包行为研究——基于陕、甘、鲁三省 960 户调查数据 [J]. 华中农业大学学报 (社会科学版), 2018(2): 28-36.
- Zhang Q Q, Huo X X, Liu J D. A study on the outsourcing behaviors of apple growers: Based on the survey data of 960 households in Shaanxi, Gansu and Shandong provinces[J]. Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition), 2018(2): 28-36.

(责任编辑: 童成立)