

农业劳动力老龄化对小麦生产机械化与技术效率的影响 ——基于地形特征的分析

张淑雯¹ 田旭^{1,2*} 王善高¹

(1. 南京农业大学 经济管理学院, 南京 210095;

2. 中国粮食安全研究中心, 南京 210095)

摘要 为厘清农业劳动力老龄化与小麦生产的关系,基于全国农村固定观察点2010年调研数据,从生产方式(机械化)和生产技术效率2个方面考察了不同地形下农业劳动力老龄化对小麦生产的影响。结果表明:农业劳动力老龄化促进了小麦机械要素的投入,且对丘陵山地地区的促进作用更大;此外,农业劳动力老龄化对平原地区小麦生产的技术效率有显著的负向影响,而对丘陵与山地地区小麦生产的技术效率则产生了显著的正向影响。因此,为应对农业劳动力老龄化,提高小麦生产技术效率,应结合不同地区地形地貌的特点,进一步提高机械对劳动的替代程度以及机械作业效率,加大农业机械的创新和研发力度,同时创建农机跨区作业市场。

关键词 农业劳动力老龄化; 小麦; 地形; 机械投入; 技术效率

中图分类号 F304.7

文章编号 1007-4333(2018)10-0174-09

文献标志码 A

Impact of aging agricultural labor on mechanization and technical efficiency in wheat production: A perspective analysis based on landforms

ZHANG Shuwen¹, TIAN Xu^{1,2*}, WANG Shangao¹

(1. College of Economics and Management, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

2. China Center for Food Security Studies, Nanjing 210095, China)

Abstract In order to clarify the relationship between the aging agricultural labor force and wheat production, this study investigates the impact of aging agricultural labor on mechanization and technical efficiency under different landform. The 2010 China Rural Fixed Point Survey data is adopted in the analysis. The results show that aging agricultural labor stimulates the use of wheat machinery, and the impact varies across different landforms. In particular, a greater impact is detected for machinery use in wheat production in hilly and mountainous areas. Moreover, aging agricultural labor has a negative impact on technical efficiency of wheat production in plain area. To the contrary, a positive impact is found in hilly and mountainous areas. Therefore, in order to cope with the aging of agricultural labor force, and further improve the technical efficiency of wheat production, agricultural policy should focus on increasing the substitution elasticity of machinery and labor according to local conditions, stimulating innovation and R&D, and promoting cross-region operation market for agricultural machinery.

Keywords aging agricultural labor; wheat; landform; mechanization; technical efficiency

2016年国民经济和社会发展统计公报显示,中国60岁及以上老年人口占总人口的比重超过

收稿日期: 2017-11-24

基金项目: 国家自然科学基金项目(71473123,71333008);国家社科基金重大项目(14ZDA037);江苏省高校优势学科建设工程资助项目

第一作者: 张淑雯, 硕士研究生, E-mail: 1414069132@qq.com

通讯作者: 田旭, 副教授, 主要从事农业经济、发展经济研究, E-mail: xutian@njau.edu.cn

16%，早已超过联合国制定的10%的老龄化社会标准。人口老龄化已成为当前中国经济社会发展面临的重要挑战。由于城镇化、工业化的不断推进，农村青壮年劳动力流动加剧，使得农村老龄化问题更加严重。2015年全国1%人口抽样调查显示，60岁及以上农村老年人口占农村总人口的比重为18.46%，比城市老年人口比例高出4.26%。农村人口的老龄化致使农村劳动力老化，进而使得大量农村老年人口从事农业生产^[1]，据2017年第三次农业普查主要数据公报，55岁及以上农村老年农业从业人员比例^①高达33.6%。农业劳动力老龄化导致农业劳动力供给不足与质量下降，这必然会影响到中国农业生产尤其是粮食生产。

当前，学术界关于农业劳动力老龄化对农业生产影响的研究主要集中在以下几个方面：其一，研究农业劳动力老龄化对农业产出的影响，但尚未达成共识。钱文荣等^[2]认为老年农业劳动力在水稻生产方面更有经验，且经验作用抵消了水稻生产过程中对劳动者的体能要求，农业劳动力老龄化并没有对水稻产量产生负面影响。胡雪枝等^[3]也发现，由于粮食生产中存在集体决策以及机械作业外包现象，老年劳动力并没有对粮食产量产生不利影响。而陈锡文等^[4]通过构建农业劳动投入指数模型，发现农村人口老龄化会导致农业劳动力投入不足，从而不利于农业产出。其二，研究劳动力老龄化对农业生产效率的影响，研究结论同样尚未统一。一种观点认为，老年农业劳动力在农业生产方面经验更丰富，且一般没有其他兼业活动，在农业生产上投入的精力更多，因此劳动力老龄化并没有制约农业生产效率的提高。如郭晓鸣等^[5]测算了四川传统农区农户的技术效率，发现技术效率损失与农业劳动力年龄呈现“倒U型”关系，老年农业劳动力的技术效率具有比较优势。周宏等^[6]研究发现，农业劳动力老龄化并没有对水稻生产技术效率产生不利影响。另一种观点认为，由于老年农业劳动力在体力上弱于年轻劳动力，且接受新知识、采用新技术的能力较弱，从而制约了农业生产率的提高^[7-10]。与上述两种观点不同，一些学者对于农业劳动力老龄化是否会影响到农业生产效率持中立观点。如彭代彦等^[11]基于省级面板数据，研究发现农业劳动力老龄化并没有

对全国层面的粮食生产技术效率产生显著的负向效应，但降低了北方粮食生产的技术效率。此外，少数学者探讨了农业劳动力老龄化对农业生产要素投入的影响，胡雪枝等^[12]发现农业劳动力老龄化对小麦和棉花的主要要素投入均没有产生显著影响。

通过对相关文献的梳理可以发现，多数学者对于农业劳动力老龄化对农业生产影响的研究忽略了地形地貌的差异。我国国土辽阔，自然地理条件多样化，平原、丘陵与山地的资源禀赋以及耕作方式大不相同。平原地区易于机械作业，机械对劳动的替代难度小；而丘陵与山地地区地形特征复杂，土地细碎化较严重，不利于机械作业，机械对劳动的替代受到一定程度的制约^[13-18]。因此，农业劳动力老龄化对农业生产的影响可能因地形而不同。我国是世界上第一大小麦生产国^[19-20]，在我国小麦是仅次于水稻的第二大口粮作物，由于农业生产中的老龄化不可避免且会日益严重，因此探索农业劳动力老龄化对小麦生产的影响事关我国的粮食安全大局。有鉴于此，本研究以小麦为研究对象，从理论和实证2个方面具体分析不同地形下农业劳动力老龄化对小麦生产机械化与技术效率的影响，为科学应对农业劳动力老龄化提供实证依据与政策建议。

1 理论分析

农村人口流动和人口老龄化造成农业劳动力供给不足与质量下降，使得农业生产资源的丰裕程度发生变化。根据诱致性技术变迁理论，农业要素禀赋的变化会诱发微观主体选择相对丰富且价格较为低廉的生产要素替代相对稀缺的要素^[13,21]。随着年龄的增加，老年劳动力的体力不断衰减，因此老年劳动力会倾向于调整生产要素投入结构，选择其他可获得且成本相对较低的生产要素以替代劳动。其中机械要素对劳动的替代是农户采取的最主要和直接的方式^[21]，小麦的机械化程度较高，农业机械的使用可以较大地帮助老年农业劳动力缓解自身体力的约束。需要注意的是，不同地域的资源禀赋、耕地条件相异，机械对劳动的替代会受到地形条件的制约。一般而言，平原地区利于机械作业，而山地、丘陵地区地形特征复杂，土地细碎化现象较为严重，机械作业难度相对较大。因此，农业劳动力老龄化对

① 60岁以上农村老年农业从业人员数量/农村农业从业人员总数；第三次农业普查主要数据公报将农业生产经营人员年龄构成分为3个年龄段：35岁及以下、35—54岁与55岁及以上，没有具体公布60岁及以上农业从业人口的比例。

小麦机械投入的促进作用可能存在地形上的差异。具体而言,平原地区小麦生产的机械化水平较高,对于生产中能够使用机械作业的环节,多数农户都会采用;丘陵山地地区耕作条件较差,大型农业机械难以推广,老年农业劳动力出于自身体能的考虑通常会增加小型农机的使用^[22]。因此农业劳动力老龄化对丘陵山地地区小麦机械投入的促进作用可能大于平原地区。

一般而言,农业劳动力老龄化会通过2种效应对粮食生产效率产生影响。一是直接效应,包括“体能下降效应”与“经验增长效应”。一方面,老年农业劳动力的身体素质相对较差,难以胜任繁重的农业生产,导致农业劳动力质量下降,土地撂荒现象日趋严重,造成农业生产的低效率^[23],即“体能下降效应”。另一方面,老年农业劳动力从事农业生产的年限较长,劳动技能熟练度高于青壮年劳动力,生产管理经验丰富,有利于生产效率的提高,即“经验增长效应”^[24-25]。二是间接效应,表现为农业劳动力老龄化通常会引致机械投入增加,农业机械是粮食生产的重要工具,农业生产机械化有利于提高粮食生产效率^[11,26],即“引致需求效应”。就小麦而言,其生产过程简单,生产的技术难度较小,“经验增长效应”的作用较小,因此农业劳动力老龄化对小麦生产技术效率的影响主要取决于“体能下降效应”与“引致需求效应”的大小。在平原地区,由于小麦生产的机械化程度已经很高,因此农业劳动力老龄化产生的引致需求效应较小,体能下降效应可能大于引致需求效应,农业劳动力老龄化可能会对小麦生产技术效率产生负向影响。在丘陵山地地区,由于地形条件复杂,且耕地普遍呈现细碎化,导致大型农机难以使用,老年农业劳动力为了缓解体力约束会尽可能地增加小型农业机械的投入与使用;因此引致需求效应可能超过体能下降效应,农业劳动力老龄化可能会对小麦生产技术效率产生正向影响。

2 模型与变量选择

2.1 计量模型

关于老年劳动力的划分,目前还没有统一的标准,本研究采用学者们常用的划分方法,即将年龄在60岁及以上的劳动力归为老年劳动力。本研究使用村级老龄化率作为农业劳动力老龄化的替代变量,原因在于农业用工主要依赖于村内的农业劳动力供给,仅用自用工的老龄化率无法反映雇工的老

龄化程度。村级老龄化率(简称老龄化率)指村内部老年劳动力从事农业生产的时间与该村劳动力总的农业生产时间之比。

假设农户是给定产量约束下追求成本最小化的生产者,根据 Shephard 引理,农业生产要素的引致需求主要取决于产量以及各种投入要素的价格。因此,我们根据生产理论构建了机械要素的引致需求方程,将老龄化率、地形特征、小麦单位面积产量以及各投入要素的价格作为自变量。要素需求模型设定如下:

$$\ln y_i = \beta_0 + \beta_1 \text{old}_c + \beta_2 \text{oldland}_c + \beta_3 \ln \text{yield}_i + \beta_4 \ln \text{pfer}_i + \beta_5 \ln \text{pdiesel}_i + \beta_6 \ln \text{plabor}_i + \beta_7 \ln \text{prent}_c + \epsilon_i \quad (1)$$

式中: y_i 代表农户 i 生产小麦所投入的单位面积机械要素数量(单位面积机械费用与柴油价格之比); old_c 代表村级老龄化率; oldland_c 代表村级老龄化率与地形虚拟变量的交互项(若地形为平原,则 $\text{land}=0$,若地形为丘陵或山地,则 $\text{land}=1$); yield_i 代表农户 i 生产小麦的单位面积产量,上年农作物产量很可能影响农户下一年的要素投入行为,但由于数据限制,本研究使用农作物当年产量作为影响该作物要素投入量的因素; pfer_i 代表农户 i 所使用化肥的单价; pdiesel_i 代表农户 i 所使用柴油的单价; plab_i 代表家庭外出务工成员的平均劳动力价格,用以衡量从事农业生产的机会成本; prent_c 代表村级土地租赁价格。

对于技术效率的测算主要有非参数方法和参数方法,两种方法的典型代表分别是数据包络分析(DEA)与随机前沿分析(SFA)。由于随机前沿分析方法能够有效地区分随机扰动与技术非效率,且更适合大样本分析,因此本研究将运用 SFA 方法来度量粮食生产技术效率。此外,本研究选择超越对数生产函数(Translog production function),因为超越对数生产函数对要素产出弹性及替代弹性不需要施加先验假定,而且是任何未知函数的二阶近似。本研究关注的是农业劳动力老龄化对小麦生产技术效率的影响,因此选取的因变量为小麦产量,主要生产要素投入组合为机械投入、劳动力投入、化肥投入以及其他投入。基于随机前沿分析的超越对数生产函数模型具体构建如下:

$$\ln Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{mac}_i + \beta_2 \ln \text{lab}_i + \beta_3 \ln \text{fer}_i + \beta_4 \ln \text{others}_i + \frac{1}{2} \beta_5 (\ln \text{mac}_i)^2 + \frac{1}{2} \beta_6 (\ln \text{lab}_i)^2 +$$

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2}\beta_7(\ln \text{fer}_i)^2 + \frac{1}{2}\beta_8(\ln \text{others}_i)^2 + \\ & \beta_9 \ln \text{mac}_i \ln \text{lab}_i + \beta_{10} \ln \text{mac}_i \ln \text{fer}_i + \\ & \beta_{11} \ln \text{mac}_i \ln \text{others}_i + \beta_{12} \ln \text{lab}_i \ln \text{fer}_i + \\ & \beta_{13} \ln \text{lab}_i \ln \text{others}_i + \beta_{14} \ln \text{fer}_i \ln \text{others}_i + v_i - u_i \end{aligned} \quad (2)$$

式中： Y_i 代表农户 i 生产小麦的单位面积产量； mac_i 代表农户 i 生产小麦的单位面积机械费用； lab_i 代表农户 i 生产小麦的单位面积劳动投入量； fer_i 代表农户 i 生产小麦的单位面积化肥费用； others_i 代表农户 i 生产小麦的单位面积农药费与单位面积种子费之和，由于这两种生产费用所占总费用的比例较小，因此将两种费用合并处理。 v_i 表示随机误差项， u_i 表示技术非效率项， v_i 与 u_i 相互独立， $v_i \sim N(0, \sigma_v^2)$ ， $u_i \sim N(m_i, \sigma_u^2)$

影响粮食生产技术效率的因素除了老龄化率，还包括地形特征、家庭禀赋、农户特征以及耕地特征等因素，因此本研究将技术效率损失模型设定如下：

$$m_i = \delta_0 + \delta_1 \text{old}_i + \delta_2 \text{oldland}_i + \delta_3 \ln \text{asset}_i + \delta_4 \text{train}_i + \delta_5 \text{area}_i + \delta_6 \text{plot}_i + w_i \quad (3)$$

式中：下标 i 和 c 的含义与式(1)和(2)中相同； m 代表技术效率损失； old 、 oldland 的含义与式(1)相同；

asset 代表家庭拥有生产性固定资产原值； train 代表家庭农业劳动力中是否有人受过农业培训的虚拟变量(0=否,1=是)； area 代表农户实际经营耕地面积； plot 代表农户实际经营耕地地块数量。此外，由于不同省份之间的经济条件、人力资本、制度环境等存在差异，农业生产效率可能不同，因此模型(3)中还加入了省份虚拟变量。

2.2 数据来源与变量描述

本研究使用的数据为 2010 年全国农村固定观察点调研数据，由于北京、上海、天津、海南、青海、西藏和内蒙古这 7 个省(市)粮食作物种植相对较少，为保证实证结果更具一般性，故在实证中剔除了这些特殊省份。另外，由于每个村内部土地质量、要素价格、生产技术等差异较小，为了避免样本的大量缺失，对数据中缺失的要素投入值以及要素价格均用村内部均值代替^[27]。考虑到超越对数生产函数模型需要对产量和各投入变量做对数处理，因此本研究没有保留产量以及投入要素值为 0 的样本。本研究共获得了 2 581 户有效样本，其中平原地区 852 户，丘陵与山地地区共计 1 729 户。表 1 对本研究主要变量进行了描述性统计。

表 1 主要变量的描述统计

Table 1 Descriptive statistics of main variables

变量 Variables	均值 Mean	标准差 Std. dev	最小值 Min	最大值 Max
老龄化率/% Aging rate	22.26	0.10	0.00	48.53
单产/(kg/hm ²) Yield per hm ²	5 336.37	1 685.25	375.00	11 250.00
机械投入/(元/hm ²) Agricultural machinery per hm ²	1 221.98	596.80	46.88	5 400.00
化肥投入/(元/hm ²) Fertilizer per hm ²	1 794.84	808.20	29.53	8 750.00
劳动投入/(d/hm ²) Labor per hm ²	189.87	107.44	41.67	720.00
其他投入/(元/hm ²) Others per hm ²	993.33	515.32	105.00	8 226.12
生产性固定资产原值/元 Original value of fixed productive investment	11 010.94	21 227.06	100.00	145 130.00
耕地面积/hm ² Agricultural acreage	0.46	0.39	0.02	3.47
地块数量/块 Land quantity	4.67	3.54	1.00	36.00

3 实证结果与分析

3.1 农业劳动力老龄化对小麦生产的影响

表2报告了农业劳动力老龄化对不同地形下小麦机械投入影响的回归结果。老龄化率以及老龄化率与地形虚拟变量的交互项均显著为正,说明农业劳动力老龄化促进了小麦机械要素的投入,且对丘陵与山地地区的促进作用更大。这是因为平原地区易于机械作业,小麦的生产环节基本上全程实现了机械化,大部分农户在小麦生产中都会选择使用机械;而丘陵和山地地区地形复杂,大型机械难以进入,机械化程度相对较低,农业劳动力进一步老龄化可能会推动农户增加小型机械的投入量以弥补自身体力的不足,因此农业劳动力老龄化对丘陵山地地区机械投入的促进作用相对较强。其他解释变量的估计结果基本上符合理论预期。小麦单位面积产量的系数显著为正,说明小麦单产的增加能够促进机械要素的投入。生产要素价格一般对自身要素的投入有负向作用,对其替代要素的投入具有正向作用,对其互补要素的投入具有负向作用。化肥价格与劳动力价格系数均为正,但没有通过显著性检验。柴油价格上涨会使农户减少对机械要素的投入量,原因是柴油与机械为互补性要素,柴油价格上涨导致机械作业成本增加,从而使得机械投入量减少。土地价格上涨对小麦机械投入产生了正向影响,原因在于土地是粮食种植最主要的成本,土地成本上升,农户只能通过增加其他要素投入来提高单位面积产量,从而防止利润下降。在耕地面积不断减少、土地价格高涨的背景下,提高土地利用效率,合理发挥要素之间的替代作用,对保障中国粮食安全,增强中国粮食竞争力具有重要作用。

农业劳动力老龄化对小麦生产技术效率的影响结果汇报在表3中。生产函数中大部分投入要素一次项、二次项以及交叉项均显著,模型总体拟合良好,说明生产函数设定合理。

在技术效率损失的影响因素中,关键解释变量老龄化以及老龄化与地形交叉项的系数均高度显著,表明农业劳动力老龄化对小麦生产的技术效率产生了显著影响,且影响存在显著的地区差异。老龄化率的系数显著为正,说明平原地区老年农业劳动力的“体能下降效应”超过了“引致需求效应”,老

表2 小麦机械要素投入的回归结果

Table 2 Regression results of the machinery input of wheat

变量 Variables	系数 Coefficient	标准误 Standard errors
old	0.25**	0.12
oldland	0.16*	0.10
ln yield	0.51***	0.02
ln pfer	0.02	0.04
ln pdiesel	-0.97***	0.05
ln plabor	0.03	0.03
ln prent	0.09***	0.01
常数项 Constant	0.42**	0.20
观测值 Observations	—	2 356
R ²	—	0.31

注:被解释变量、各类价格和每亩产量均为对数形式;***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平上显著。

Note: The explanatory variables, various prices and per mu yield are logarithmic. ***, ** and * represent the significance at the levels of 1%, 5% and 10%, respectively.

龄化对小麦生产的技术效率产生了负向影响;而老龄化率与地形虚拟变量交互项的系数显著为负,并且其绝对值大于老龄化率的系数,说明丘陵山地地区老年农业劳动力的“引致需求效应”超过了“体能下降效应”,农业劳动力老龄化对小麦生产的技术效率产生了正向影响。其它变量中,家庭生产性固定资产的系数显著为负,说明家庭生产性固定资产的投资有利于提高小麦生产的技术效率。农业劳动力是否受过农业培训对小麦生产技术效率的影响不显著,原因可能是小麦生产环节简单,生产接近标准化^[11],因此培训对小麦技术效率的影响不大。家庭经营耕地面积的增加会对小麦生产的技术效率产生负向影响,原因可能是随着家庭经营规模的扩大,农户的种植结构趋于多样化,从而对小麦的经营管理强度有所减弱^[3],不利于生产技术效率的提高。农户耕地地块数量越多,通常耕地细碎化越严重,机械作业难度也越大,从而会对小麦生产的技术效率产生负向影响。

表 3 小麦 SFA 模型估计结果

Table 3 Estimation results of SFA models for wheat

变量 Variables	系数 Coefficient	标准误 Standard errors
ln(fer)	0.89***	0.21
ln(mac)	0.92***	0.15
ln(lab)	0.29	0.19
ln(others)	2.04***	0.22
ln(fer) ²	0.08***	0.02
ln(mac) ²	-0.08***	0.02
ln(lab) ²	0.08***	0.02
ln(others) ²	-0.05*	0.03
ln(fer) × ln(mac)	-0.09***	0.02
ln(fer) × ln(lab)	0.01	0.02
ln(fer) × ln(others)	-0.11***	0.02
ln(mac) × ln(lab)	0.01***	0.00
ln(mac) × ln(others)	-0.01	0.02
ln(lab) × ln(others)	-0.15***	0.02
常数项 Constant	-5.65***	1.36
技术效率损失项 Technical inefficiency term		
old	4.47***	1.16
oldland	-6.81***	1.42
ln asset	-0.16***	0.04
train	-0.05	0.15
area	0.69***	0.18
plot	0.03**	0.01
省份虚拟变量 province	控制	控制
常数项 Constant	-0.30	0.46
观测值 Observations	— 2 581	—

注：***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平上显著。

Note: ***, ** and * represents the significance at the level of 1%, 5% and 10%, respectively.

3.2 农业劳动力老龄化与生产技术效率的相关关系

为了更清晰的展示不同地形情况下老龄化与技术效率的关系,图1采用非参数的局部多项式回归(Local polynomial regression)拟合了技术效率与老龄化程度之间的非线性关系。结果显示,平原地区

小麦生产的技术效率随着农业劳动力老龄化程度的加深呈下降趋势,而丘陵山地地区小麦生产的技术效率随老龄化程度的加深则不断增加,这与前面SFA实证结果吻合。

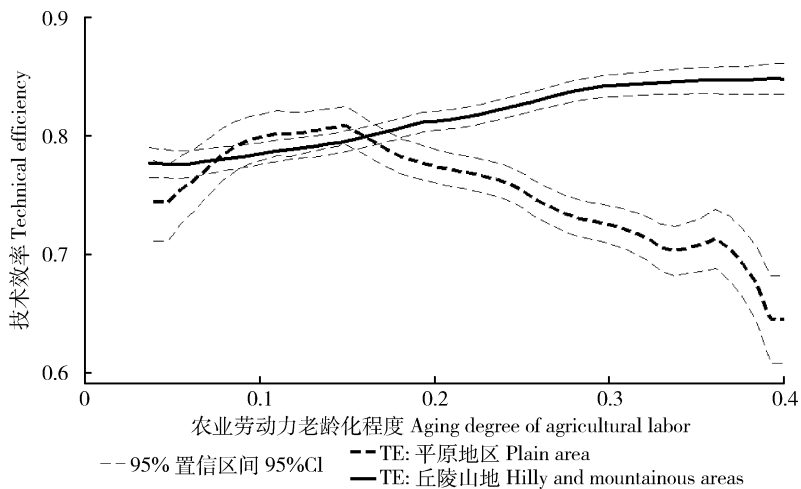


图1 不同地形下的老龄化率与小麦技术效率的关系

Fig. 1 Relationship between aging rate and technical efficiency of wheat in different terrains

4 研究结论与建议

中国农村人口老龄化程度不断加深,农业劳动力老龄化问题日益凸显,老年劳动力对中国农业生产的影响引发了政府、学界以及公众的广泛关注。本研究首先实证分析了农业劳动力老龄化对小麦生产要素投入的影响,进而利用随机前沿分析方法研究了农业劳动力老龄化对小麦生产技术效率的影响。主要结论有:首先,农业劳动力老龄化促进了小麦机械要素的投入,且对丘陵山地地区的促进作用更大;其次,农业劳动力老龄化对小麦生产的技术效率产生了显著影响,且存在显著的地形差异。其中农业劳动力老龄化降低了平原地区的小麦技术效率,但提高了丘陵山地地区的小麦技术效率。

相对于欧美日韩等发达国家,中国农业劳动力老龄化程度并不高,但随着城乡劳动力市场的进一步整合以及工农业生产率差距的扩大,农村青壮年劳动力将持续向非农工作转移。可以预期,未来中国农业劳动力老龄化程度会继续加重。为了科学应对我国农业劳动力老龄化,提高小麦生产技术效率,应具体问题具体分析,针对不同地区的特点采取相应的应对策略。对于平原地区,由于机械化作业程度已经很高,应将重点放在提高机械作业的质量和效率上来;对于耕作条件较差的丘陵和山地地区,应努力提高土地平整程度,加大适合丘陵和山地地区作业的农业机械的研发力度,从而提高机械对劳动的替代程度。此外,创建农机跨区域作业市场以降低农机服务成本,同时提高农业劳动力的机械作业

知识与水平也需要引起未来中国农业政策的重点关注。

参考文献 References

- [1] 农村老龄化问题研究课题组. 农村老龄化问题研究[M]. 北京: 华龄出版社, 2014
Research Group on Rural Aging. *Research on Rural Aging* [M]. Beijing: Hualing Press, 2014 (in Chinese)
- [2] 钱文荣, 郑黎义. 劳动力外出务工对农户水稻生产的影响[J]. 中国人口科学, 2010(5): 58-65
Qian W R, Zheng L Y. The impact of labor migration on farm households' rice production [J]. *Chinese Journal of Population Science*, 2010(5): 58-65 (in Chinese)
- [3] 胡雪枝, 钟甫宁. 农村人口老龄化对粮食生产的影响: 基于农村固定观察点数据的分析[J]. 中国农村经济, 2012(7): 29-39
Hu X Z, Zhong F N. The impact of population aging on grain production: Based on the analysis of rural fixed observation points [J]. *Chinese Rural Economy*, 2012(7): 29-39 (in Chinese)
- [4] 陈锡文, 陈昱阳, 张建军. 中国农村人口老龄化对农业产出影响的量化研究[J]. 中国人口科学, 2011(2): 39-46
Chen X W, Chen Y Y, Zhang J J. An analysis of rural population aging's effect on agricultural output in China [J]. *Chinese Journal of Population Science*, 2011(2): 39-46 (in Chinese)
- [5] 郭晓鸣, 任永昌, 廖祖君, 王小燕. 农业大省农业劳动力老龄化的态势、影响及应对: 基于四川省 501 个农户的调查[J]. 财经科学, 2014(4): 128-140
Guo X M, Ren Y C, Liao Z J, Wang X Y. The tendency and impact of agricultural labor force aging problem and

- countermeasures in leading agricultural provinces; Based on a survey on 501 peasant farm households in Sichuan province [J]. *Finance & Economics*, 2014(4): 128-140 (in Chinese)
- [6] 周宏, 王全忠, 张倩. 农村劳动力老龄化与水稻生产效率缺失: 基于社会化服务的视角[J]. *中国人口科学*, 2014(3): 53-65
Zhou H, Wang Q Z, Zhang Q. Research on aging of rural labour force and efficiency loss of rice production; Based on the perspectives of social service [J]. *Chinese Journal of Population Science*, 2014 (3): 53-65 (in Chinese)
- [7] 麦尔旦·吐尔孙, 杨志海, 王雅鹏. 农村劳动力老龄化对种植业生产技术效率的影响: 基于江汉平原粮食主产区 400 农户的调查[J]. *华东经济管理*, 2015, 29(7): 77-84
Mai E D · Tu E S, Yang Z H, Wang Y P. Impact of aging of rural labor force on crop production technical efficiency; Based on the survey of 400 farmers in the main grain producing areas of Jianghan Plain [J]. *East China Economic Management*, 2015, 29(7): 77-84 (in Chinese)
- [8] 徐娜, 张莉琴. 劳动力老龄化对我国农业生产效率的影响[J]. *中国农业大学学报*, 2014, 19(4): 227-233
Xu N, Zhang L Q. Impact of aging labor force on agricultural production efficiency in China [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2014, 19(4): 227-233 (in Chinese)
- [9] Li M, Sicular T. Aging of the labor force and technical efficiency in crop production: Evidence from Liaoning province, China [J]. *Agricultural Economic Review*, 2013, 5 (3): 342-359
- [10] 李澜, 李阳. 我国农业劳动力老龄化问题研究: 基于全国第二次农业普查数据的分析[J]. *农业经济问题*, 2009(6): 61-66
Li L, Li Y. Analysis and reflection the problem about aging labor engaged in agricultural production; Based on the second national agricultural census statistic in China [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2009(6): 61-66 (in Chinese)
- [11] 彭代彦, 文乐. 农村劳动力老龄化、女性化降低了粮食生产效率吗: 基于随机前沿的南北方比较分析[J]. *农业技术经济*, 2016(2): 32-44
Peng D Y, Wen L. Is the aging and feminization of rural labor reducing the efficiency of grain production: A comparative analysis of north and south based on stochastic frontier [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2016 (2): 32-44 (in Chinese)
- [12] 胡雪枝, 钟甫宁. 人口老龄化对种植业生产的影响: 基于小麦和棉花作物分析[J]. *农业经济问题*, 2013(2): 36-43
Hu X Z, Zhong F N. The impact of population aging on planting production; Based on the analysis of the two crops of wheat and cotton [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2013 (2): 36-43 (in Chinese)
- [13] 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 producing mechanization in China [J]. *China Economic · Quarterly*, 2016, 16(1): 45-66 (in Chinese)
- [14] 钟甫宁, 陆五一, 徐志刚. 农村劳动力外出务工不利于粮食生产吗?: 对农户要素替代与种植结构调整行为及约束条件的解析[J]. *中国农村经济*, 2016(7): 36-47
Zhong F N, Lu W Y, Xu Z G. Does the rural laborers go out to work for food production; An analysis of farmers' element substitution and planting structure adjustment behavior and constraints [J]. *Chinese Rural Economy*, 2016 (7): 36-47 (in Chinese)
- [15] 周晶, 陈玉萍, 阮冬燕. 地形条件对农业机械化发展区域不平衡的影响: 基于湖北省县级面板数据的实证分析[J]. *中国农村经济*, 2013(9): 63-77
Zhou J, Chen Y P, Ruan D Y. Influence of terrain condition on regional imbalance of agricultural mechanization development: An empirical analysis of county-level panel data in Hubei Province [J]. *Chinese Rural Economy*, 2013(9): 63-77 (in Chinese)
- [16] 张宗毅, 曹光乔, 易中懿. “十二五”农业机械化发展区域划分研究[J]. *中国农业资源与区划*, 2011, 32(4): 50-55
Zhang Z Y, Cao G Q, Yi Z Y. Research on regional division of agricultural mechanization development for the 12th five year plan [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2011, 32(4): 50-55 (in Chinese)
- [17] 王图展. 丘陵山区农业机械化发展的制约因素及对策: 以重庆为例[J]. *农机化研究*, 2013(3): 24-28
Wang T Z. The restriction factor and countermeasure of agricultural mechanization in mountain and hill areas; A case study of Chongqing [J]. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 2013(3): 24-28 (in Chinese)
- [18] 段亚莉, 何万丽, 黄耀明, 朱虎良. 中国农业机械化发展区域差异性研究[J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2011, 39 (6): 210-216
Duan Y L, He W L, Huang Y M, Zhu H L. Study on regional differences of agriculture mechanization development in China [J]. *Journal of Northwest A & F University: Natural Science Edition*, 2011, 39(6): 210-216 (in Chinese)
- [19] 苗珊珊. 我国小麦生产的技术效率和技术进步模式[J]. *华南农业大学学报社会科学版*, 2014, 13(4): 9-17
Miao S S. Technology efficiency and technology progress mode of wheat production in China [J]. *Journal of South China Agricultural University: Social Science Edition*, 2014, 13(4): 9-17 (in Chinese)
- [20] 孟令杰, 张红梅. 中国小麦生产的技术效率地区差异[J]. *南京农业大学学报: 社会科学版*, 2004, 4(2): 13-16
Meng L J, Zhang H M. Regional technical efficiency differences in wheat production in China [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2004, 4(2): 13-16 (in Chinese)
- [21] 杨宇, 李容. 劳动力转移、要素替代及其约束条件[J]. *南京农业大学学报: 社会科学版*, 2015, 15(2): 44-50
Yang Y, Li R. Labor transfer, factor substitution and constraints

- [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2015, 15(2): 44-50 (in Chinese)
- [22] 王丛丛. 农业劳动力年龄结构、农机社会化服务与水稻生产[D]. 南京: 南京农业大学, 2014
- Wang C C. The age structure of the agricultural labor force, agricultural machinery socialize service and rice production [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2014 (in Chinese)
- [23] 胡小平, 朱颖, 葛党桥. 我国农业劳动力老龄化问题探析[N]. 光明日报, 2011-12-23(11)
- Hu X P, Zhu Y, Ge D Q. *Analysis on the aging of agricultural labor force in China* [N]. *Guangming Daily*, 2011-12-23(11) (in Chinese)
- [24] 周来友, 仇童伟, 周冬, 石晓平, 马贤磊. 丘陵山区劳动力老龄化对土地利用效率的影响: 基于直接效应和间接效应的识别[J]. 中国土地科学, 2015, 29(10): 35-41
- Zhou L Y, Qiu T W, Zhou D, Shi X P, Ma X L. The impact of labor force aging on land use efficiency in the hilly area: Based on the recognition of direct effect and indirect effect[J]. *China Land Sciences*, 2015, 29(10): 35-41 (in Chinese)
- [25] 彭代彦, 文乐. 农村劳动力结构变化与粮食生产的技术效率[J]. 华南农业大学学报: 社会科学版, 2015, 14(1): 92-104
- Peng D Y, Wen L. The structure change of rural labor force and technical efficiency of grain production [J]. *Journal of South China Agricultural University: Social Science Edition*, 2015, 14(1): 92-104 (in Chinese)
- [26] 黄金波, 周先波. 中国粮食生产的技术效率与全要素生产率增长: 1978-2008[J]. 南方经济, 2010(9): 40-52
- Huang J B, Zhou X B. Technical efficiency and growth of total factor Productivity of food production in China: 1978-2008 [J]. *South China Journal of Economics*, 2010(9): 40-52 (in Chinese)
- [27] 田旭, 王善高. 中国粮食生产环境效率及其影响因素分析[J]. 资源科学, 2016, 38(11): 2106-2116
- Tian X, Wang S G. Environmental efficiency and its determinants regarding China's grain production [J]. *Resources Science*, 2016, 38(11): 2106-2116 (in Chinese)

责任编辑: 王岩