

引用格式：

姚成胜, 肖雅雯, 杨一单. 农业劳动力转移与农业机械化对中国粮食生产的关联影响分析 [J]. 农业现代化研究, 2022, 43(2): 306-317.

Yao C S, Xiao Y W, Yang Y D. The integrated impacts of rural labor transfer and agricultural mechanization on China's grain production[J]. Research of Agricultural Modernization, 2022, 43(2): 306-317.

DOI: 10.13872/j.1000-0275.2022-0029



农业劳动力转移与农业机械化对中国粮食生产的 关联影响分析

姚成胜, 肖雅雯*, 杨一单

(南昌大学经济管理学院, 江西 南昌 330031)

摘要: 农业劳动力转移和农业机械化相互影响和关联, 两者共同驱动着中国粮食生产变化。为更好地促进中国粮食生产, 提升国家粮食安全保障能力, 采用 Kaya 恒等式模型构建了农业劳动力转移和农业机械化联合影响下的粮食产量变化分析框架, 运用对数平均迪氏分解法, 将它们分解为规模效应、数量效应、装备效应和效率效应, 揭示了四大效应对 2003—2018 年中国及其 31 个省域 (不包括港澳台) 粮食生产的影响程度。研究结果表明: 1) 无论在时间还是空间变化层面, 数量效应都明显抑制了粮食生产, 而规模效应和装备效应则显著促进了粮食生产, 两者在粮食主产区表现尤为突出; 2) 2003—2018 年, 效率效应对全国层面的粮食生产由负向抑制变为正向驱动, 对省域层面的 24 个省区呈现明显的负向驱动作用。为促进中国粮食产量持续稳定增产, 建议持续加大对粮食主产区的政策和资金扶持, 稳定其农业生产队伍, 进一步强化粮食主销区的粮食安全责任, 因地制宜地促进不同区域粮食生产的机械化发展。

关键词: 粮食生产; 农业劳动力; 农业机械化; 驱动效应; 中国

中图分类号: F323.3; F323.6

文献标识码: A

文章编号: 1000-0275 (2022) 02-0306-12

The integrated impacts of rural labor transfer and agricultural mechanization on China's grain production

YAO Cheng-sheng, XIAO Ya-wen, YANG Yi-dan

(School of Economics & Management, Nanchang University, Nanchang, Jiangxi 330031, China)

Abstract: Rural labor transfer and agricultural mechanization are interacted and interrelated, and jointly propel the change of grain production in China. To better promote China's grain production and to improve national grain security, this paper constructed an analytical framework of grain production change under the integrated impacts of rural labor transfer and agricultural mechanization by the Kaya identical equation and the Logarithmic Mean Weigh Division Index Method, which examines the integrated impacts based on four driving forces, including the scale effect, the quantity effect, the equipment effect, and the efficiency effect, representing the scale of grain planted area, the input of rural labor force per acer, the per capita possession of agricultural machinery, and the grain yield, respectively. In addition, this paper also analyzed the influences of the four driving effects on grain production in China and its 31 provinces (not including Hongkong, Macao and Taiwan) from 2003 to 2018. Results show that: 1) whether from the temporal or the spatial perspective, the influence of the quantity effect on grain production was obviously negative, while the influences of the scale effect and the equipment effect on grain production were significantly positive, which were quite typical in major grain producing areas; 2) From 2003 to 2018, the influence of the efficiency effect on grain production changed from negative to positive at the national level. However, the influence was remarkably negative in 24 provinces at the provincial level. Therefore, to keep a sustainable and stable grain production increase in China's major grain producing areas, it is necessary to continuously enhance supports in policy & finance, to stabilize rural labor force, to further strengthen grain security responsibility in main grain-consuming areas, and to promote the development of agricultural mechanization of grain production in different regions across the country.

Key words: grain production; rural labor transfer; agricultural mechanization; driving effect; China

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41761110); 教育部人文社会科学规划基金项目 (17YJA790084)。

作者简介: 姚成胜 (1977—), 男, 江西上饶人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事粮食安全、农业资源与环境评价方面的研究, E-mail: yaochengsheng@163.com; 通信作者: 肖雅雯 (1998—), 女, 江西赣州人, 硕士研究生, 主要从事西方经济、农业资源经济方面的研究, E-mail: x1806653369@163.com。

收稿日期: 2021-10-28; **接受日期:** 2022-03-16

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (41761110); Foundation of Humanities and Social Sciences, Ministry of Education of China (17YJA790084).

Corresponding author: XIAO Ya-wen, E-mail: x1806653369@163.com.

Received 28 October, 2021; **Accepted** 16 March, 2022

促进粮食生产以稳定和提高粮食产量，是保障国家粮食安全的关键^[1]。农业劳动力和农业机械是粮食生产的两大关键要素，其变化对粮食生产的影响被人们广为关注。已有大量研究认为，在工业化和城镇化进程中，大量年轻和具有相对较高文化水平的农业劳动力不断向城镇非农产业转移，将导致粮食生产的农业劳动力数量和质量下降，对粮食生产产生显著负面影响^[2-5]。然而，也有部分研究认为，农业劳动力投入数量和质量下降并没有影响中国粮食生产和粮食安全，因为在农业劳动力持续向城镇转移的过程中，农业机械化水平不断提高，价格相对低廉的农业机械不断替代日益稀缺且价格相对较高的农村劳动力^[6-7]，2003—2020年中国粮食产量实现了“十七连丰”，并且满足了人们不断由“吃饱”向“吃好”的需求^[8]。上述情况表明，当前关于农业劳动力转移对粮食生产的影响存在正向和负向两种观点。正向观点认为，农业劳动力外流、老弱化、妇女化是农业现代化发展的必然趋势^[9]，它有利于增加农业资本（尤其是农业机械）的投入，提高劳动力和农业机械的配置效率，提升农业劳动力的生产效率^[10-11]；同时也缓解了中国的人地矛盾，为农地的规模化、集约化经营和粮食的专业化生产提供了有利条件^[12-13]。负向观点认为，在其他条件不变的情况下，粮食产量与农业劳动力投入量成正比，因此农业劳动力投入减少必然导致粮食产量的下降。与此同时，农业劳动力转移导致的农业从业人口老龄化、妇女化、弱质化等问题不利于农业生产新知识和新技术的应用，由此导致农业产出率下降^[3-5]，因而产生了对未来谁来种田的担忧^[9]。例如，Majumdar等^[14]研究表明，农村劳动力外流导致城镇化加速发展，大量耕地资源被侵占或撂荒。Goodburn^[15]和 Mancinelli等^[16]则认为，转移的农业劳动力大多拥有相对较高的文化水平，造成了农业生产人力资本的明显下降，影响粮食产出水平。国内研究也得出，中国农村劳动力的外流将导致粮食生产劳动投入的数量和质量均下降^[17-19]，进而改变农户精耕细作和农业生产的决策行为，使得耕地粗放经营甚至撂荒^[3,18]，同时也不利于先进的现代农业技术与生产方式的推广^[20-21]。

农业机械是粮食生产资本和技术最为根本的体现，其投入量的增长是促进粮食增产的关键，也是农业现代化的主要标志。为此，大量研究对农业机械投入对粮食生产的影响进行了分析。从宏观层面来看，一方面，农业机械能够极大地降低农业生产的劳动强度，提升农业生产率和土地产出率，极

大地抵消了农村劳动力老弱化对中国粮食生产的不利影响^[2,8,22]；另一方面，农村劳动力的非农就业增加了农民家庭收入，也显著增加了对农业机械的需求，提高了农民购买农机服务和持有农业机械的能力^[23]，促进了农机社会化服务市场发展，提升了专业化农户购买并持有农业机械的水平。这种正向反馈机制大幅提高了农业机械对劳动的替代，提升了粮食生产的机械化水平，达到了稳定和提高粮食产量的目标^[24-26]。从微观层面看，农业机械深耕、深松或免耕可以提高土壤的蓄水和保肥能力^[26-27]，降低农业生产的劳动强度，通过抗灾害、抢农时、赶季节等方式，保质保量地完成粮食生产任务^[26-27]。因此，农业机械化是提升粮食产能和保障国家粮食安全的关键因子之一^[26,28]。

已有研究为进一步分析农业劳动力转移和农业机械化对粮食生产的影响提供了科学依据，但仍存在以下两点不足：首先，现有研究大多都是单独探讨农业劳动力变化对粮食生产的影响，或单独探讨农业机械化对粮食生产的影响，罕有在同一分析框架内探讨农业劳动力转移和农业机械化两者共同对粮食生产的综合影响；其次，虽然已有研究已经揭示农业机械大幅替代了农业劳动导致粮食持续增产，但在同一框架下农业机械和农业劳动力转移导致粮食产量变化的幅度分别是多少？在中国大陆31个省区（不包含港澳台）当中呈现怎样的差异？显然，明晰上述两个问题，对于进一步稳定和提高中国粮食生产具有重要意义。为此，本文首先构建农业劳动力和农业机械两大生产要素联合影响下的粮食产量变化分析框架，然后将其分解为粮食作物播种面积（规模效应）、单位粮食作物播种面积农业劳动力投入状况（数量效应）、单位农业劳动力农业机械动力拥有量（装备效应）和单位农业机械投入的粮食产出水平（效率效应）四大效应，并采用对数平均迪氏分解方法（LMDI分解法），从时空两个方面揭示四大效应对中国粮食生产的影响，以期为稳定和提高粮食产量提供参考。

1 理论与研究方法

1.1 农业劳动力投入、农业机械化和粮食产量变化的关联模型

土地、资本和劳动力是国民经济生产中最为核心的三大生产要素，农业机械是农业生产中占比最大和最为重要的资本^[1,3]，因此，土地、劳动力和农业机械应是粮食生产的三大要素。从生产要素投入的视角出发，粮食生产变化的原因可以概括为以下

四点：第一，土地是粮食生产不可或缺的要害，因而粮食作物播种面积的变化必将导致粮食产量的变化。第二，农业劳动力不断向城镇转移大大降低了粮食生产中的农业劳动力投入，在粮食作物播种面积难以持续扩大的条件下，如果农业机械化不能持续推进，则粮食产量必将下降。第三，农业劳动力和农业机械之间存在很强的替代关系，只有农业机械投入的增加才能弥补劳动力投入的减少^[7]。农业机械动力和农业劳动力的“一增一减”，导致劳均农业机械总动力不断增加，实现了以农业机械替代农业劳动力进而促进粮食增产的发展目标^[13]。第四，随着农业机械投入的持续增加和农业劳动力的持续减少，受要素边际技术替代率递减规律的制约，单位农业机械所能替代的农业劳动力数量不断下降，再加上一些地区地处丘陵山地，大中型农业机械难以得到有效利用，进而导致单位农业机械投入的粮食产出效率明显降低，这也是影响粮食生产的又一重要因素。

基于上述分析，粮食产量变化可以概括为四大影响因素，即粮食作物播种面积（ S ）、单位粮食作物播种面积的农业劳动力投入数量（ L/S ）、单位农业劳动力的农机装备水平（ TM/L ）和单位农业机械的粮食产出效率（ TG/TM ）。由此粮食总量变化可以由如下 Kaya 恒等式予以表示，即：

$$TG = S \times (L/S) \times (TM/L) \times (TG/TM) \quad (1)$$

式中： TG 为粮食总产量， S 为粮食作物播种面积， L 为粮食生产的劳动力数量， TM 为粮食生产的农业机械总动力。

令： $G_1=S$ ， $G_2=L/S$ ， $G_3=TM/L$ ， $G_4=TG/TM$ ，则式（1）可改写成：

$$TG = G_1 \times G_2 \times G_3 \times G_4 \quad (2)$$

G_1 为粮食作物播种面积大小，代表粮食生产规模，简称“规模效应”，其单位为万 hm^2 。当前技术水平和条件不变的情形下，稳定和扩大粮食作物播种面积仍然是促进粮食增产的重要手段。然而，中国人多地少，工业化和城镇化的持续推进仍不可避免地会占用一定数量的耕地，因此扩大粮食作物播种面积应该存在增长的上限。

G_2 为单位粮食作物播种面积的农业劳动力投入状况，反映了在粮食生产中农业劳动力投入数量的变化，简称“数量效应”，单位为人 $/hm^2$ 。在其他生产条件不变的情况下，劳动力投入多少决定了粮食产量的大小。目前，我国城镇化水平虽然已经超过 60%，但根据诺瑟姆的城镇化理论，城镇化要达

到 70% 以上才能保持基本稳定。可见在当前和今后一段时间，粮食生产的农业劳动力投入数量仍将不断减少，预期“数量效应”将对粮食生产产生明显的负向抑制作用。

G_3 为单位农业劳动力农业机械动力拥有量，代表农业劳动力的农业机械装备水平，简称“装备效应”，单位为 $kW/人$ 。在保障国家粮食安全和农业劳动力投入数量持续减少的条件下，需要不断增加农业机械投入水平，实现农业机械对农业劳动力的替代，才能维持粮食的稳定和持续增产。可见，农业劳动力数量的持续减少和农业机械投入的大幅增加，共同促使着农业劳动力农业机械装备水平的不断提高，这也是农业现代化最为重要的标志。因此，继续提高单位农业劳动力的农机配备水平仍是促进粮食生产稳定和持续增产的重要因素。

G_4 为单位农业机械投入的粮食产出水平，表征农业机械的粮食产出效率，简称“效率效应”，单位为 t/kW 。在农业劳动力数量过剩的条件下，农业机械投入的快速增长虽然增加了粮食产量，但过剩的劳动力和细碎化的土地必然导致农业机械利用效率低下，因而其粮食产出水平必然也很低；当农业劳动力快速转移且数量过剩问题逐步缓解时，农业机械利用效率将不断提高，因而其粮食产出水平也不断提升；在跨过刘易斯拐点之后，农业劳动力将成为稀缺资源，与此同时多种农地适度规模经营模式的推进，也将有利于农业机械化发展，这将大大提高农业机械的使用效率，进而大幅提高农业机械投入的粮食产出率。可见，效率效应取决于农业劳动力和农业机械的配比关系以及土地适度规模经营的大小。

1.2 基于概念模型的粮食总产量 LMDI 分解方法

为更好地分析四大效应对粮食产量变化的贡献，需要对式（2）进行分解。目前，常用的因素分解法有 Laspeyres 指数分解法与 Divisia 指数分解法，但它们在分解之后具有较大的残差，影响了分析结果的准确性。Ang 提出了对数平均迪氏指数方法（Logarithmic Mean Divisia Index Method, LMDI），该分解方法的优点是分解后不存在残差、参数估计更为准确、加法和乘法可相互转换，因而自 20 世纪 80 年代以来，LMDI 分解法就开始大量用于资源、能源和环境研究领域^[29]。根据式（2），设 G^0 和 G^T 分别为初始时期和经 T 时期的粮食生产总量，则相应的乘法分解和加法分解如下：

$$D = G^T / G^0 = D_{G_1} \cdot D_{G_2} \cdot D_{G_3} \cdot D_{G_4} \quad (3)$$

$$\Delta G = G^T - G^0 = \Delta G_1 + \Delta G_2 + \Delta G_3 + \Delta G_4 \quad (4)$$

式(3)及式(4)分别对应了乘法分解结果和加法分解结果,二者可相互转换。式(3)中, D 代表了粮食总产量的乘法分解, $D_{Gi}(i=1, 2, 3, 4)$ 表示了各个要素的乘法分解,即数量效应(G_1)、规模效应(G_2)、强度效应(G_3)和效率效应(G_4)变化对粮食总产量增长的影响;式(4)中, ΔG 为粮食总产量的加法分解, $D_{Gi}(i=1, 2, 3, 4)$ 表示了各个要素的加法分解,即上述四种效应对粮食总产量变化的影响。具体地,各要素的乘法分解公式及加法分解公式如下:

$$D_{G_i} = \exp \left[\sum_{i=1}^4 W_i \ln(G_i^T / G_i^0) \right] \quad (5)$$

$$\Delta G_i = \sum_{i=1}^4 W_i L(G^T, G^0) \ln(G_i^T / G_i^0) \quad (6)$$

式(5)及式(6)分别为各要素的乘法分解公式和加法分解公式。其中, $W_i = L(G_i^T, G_i^0) / L(G^T, G^0)$, $L(a, b) = (a-b) / (\ln a - \ln b)$, $a=b$ 时, $L(a, b)=a$ 。

1.3 数据来源与处理

全国及大陆31个省(市、区)农业机械总动力、粮食总产量、农作物总播种面积、粮食作物播种面积等指标数据来源于国家统计局网站(<http://www.stats.gov.cn/>),第一产业就业人员数来源于历年各省(市、区)的统计年鉴。由于统计资料中没有直接给出粮食生产机械总动力与粮食生产劳动力的数据,因此本文参考于法稳^[30]和赵雪雁等^[31]的研究,分别用农业机械总动力和第一产业就业人员数乘以粮食作物面积占农作物播种面积的比重得到。本文起始时间选择2003年原因在于三点:首先,2003—2015年中国粮食产量实现了“十二连增”,并在2015年以后稳定在6.5亿t左右的水平^[32];其次,中国从“十五”规划(起始时间为2001年)开始明确将城镇化列为国家重要发展战略,之后农业劳动力持续向城镇非农产业转移,农业劳动力数量下降明显^[33];第三,中国于2004年正式颁布农业机械化促进法,促进了农业机械化快速发展,农业机械投入持续高速增长^[34]。

2 结果与分析

2.1 中国粮食总产量与四大效应的变化分析(2003—2018年)

2.1.1 粮食总产量变化 中国粮食总产量由2003年的4.31亿t上升到2018年的6.58亿t,净增2.27

亿t,增幅为52.67%,年均增速为2.86%(图1)。根据粮食生产扶持政策的变化,大体可以以5年为时长,将粮食总产量的变化划分为2003—2008年、2008—2013年和2013—2018年3个阶段。第一阶段为粮食生产的高速恢复增长期,粮食总产量由4.31亿t上升到5.34亿t,年均增速高达5.54%;该阶段受1998—2003年粮食产量持续下降的影响^[33],至2003年粮食供不应求矛盾突出,引起了党和政府的高度重视,之后历年中央一号文件开始聚焦“三农”问题,先后实施了农资购买补贴、粮食直补、全面取消农业税等各项政策,使得粮食生产恢复到1998年的5亿t以上的水平。第二阶段为粮食生产的快速增长期,期间粮食总产量由5.34亿t上升到6.30亿t,年均增速为4.22%;该阶段在维持前一阶段各项政策稳定的基础上,突出强调提高粮食产能的重要性,多次提高了稻谷和小麦最低收购价格,大力实施玉米临时收储政策,促进了粮食产量快速增长。第三阶段为粮食生产的稳定增长期,粮食总产量由6.30亿t上升到6.58亿t,年均增速仅为1.07%;该阶段粮食供求总量已基本平衡,但供求结构矛盾突出,粮食生产的资源与生态环境约束日益增强,优化粮食生产结构,大力实施化肥、农药“双减”行动是最为重要的任务,因而粮食产量表现为稳定增长趋势。

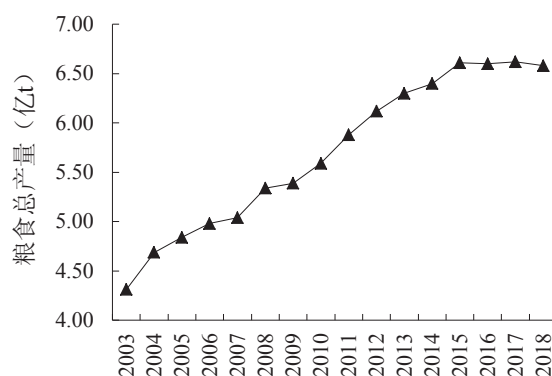


图1 2003—2018年中国粮食总产量变化

Fig. 1 Change of grain production in China from 2003 to 2018

2.1.2 四大效应变化分析 规模效应由2003年的0.99亿 hm^2 上升到2016年的1.19亿 hm^2 ,2016年之后则基本稳定在1.17亿 hm^2 左右(图2),2003—2018年粮食作物播种面积年均增速为1.09%。通过构建粮食产量和规模效应的线性回归方程可知,两者之间存在极强的正相关关系,其相关系数高达0.99。与规模效应相反,研究期间数量效应由2003年的2.38人/ hm^2 呈线性趋势下降到2018年的1.22人/ hm^2 ,年均降速为4.34%。通过构建粮食产量和

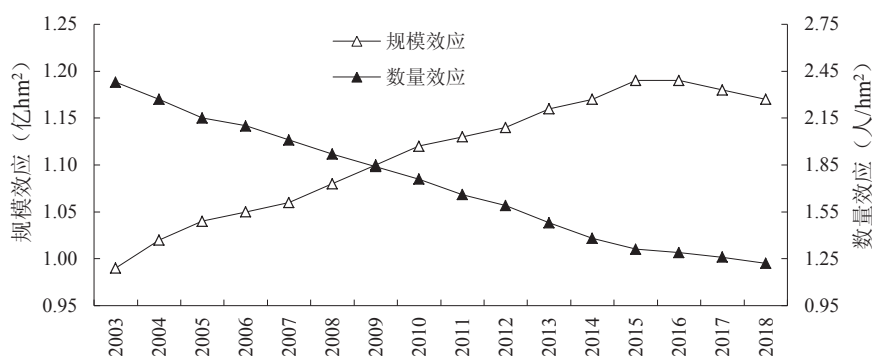


图 2 2003—2018 年中国规模效应和数量效应变化

Fig. 2 Changes of the scale effect and the quantity effect in China from 2003 to 2018

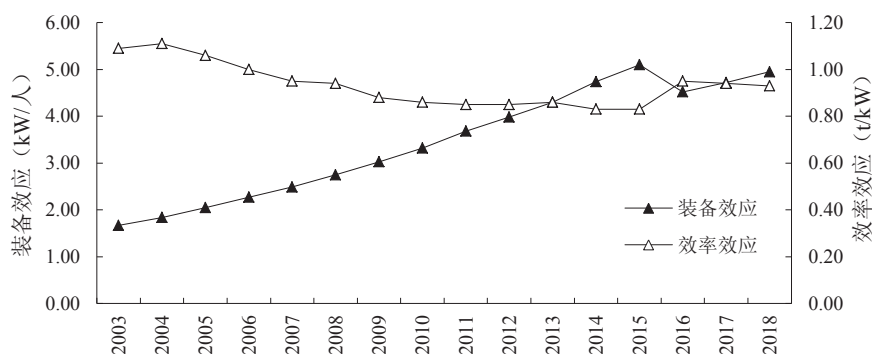


图 3 2003—2018 年中国装备效应和效率效应变化

Fig. 3 Change of the equipment effect and the efficiency effect in China from 2003 to 2018

数量效应的线性回归方程可知,两者之间存在极强的负相关关系,其相关系数达到 -0.99。

从装备效应方面来看,其值由 2003 年的 1.67 kW/人上升到 2015 年的 5.10 kW/人,2015 年之后则基本稳定在 4.70 kW/人左右,2003—2018 年装备效应年均增速为 7.53% (图 3)。通过构建粮食产量和装备效应的线性回归方程可知,两者之间也存在极强的正相关关系,其相关系数为 0.99。由于农业机械总动力由 2003 年的 6.04 亿 kW 上升到 2018 年的 10.04 亿 kW,效率效应则由 2003 年的 1.09 t/kW 降到 2015 年的 0.83 t/kW,2015 年之后则稳定在 0.90 t/kW 的水平,总体上看,2003—2018 年效率效应年均下降 1.06%。通过构建粮食产量与效率效应的线性回归方程可知,两者之间也存在较强的负相关关系,其相关系数为 -0.72。

2.2 四大效应对中国粮食总产量变化的影响分析 (2003—2018 年)

为定量分析规模效应、数量效应、装备效应和效率效应对中国粮食生产的影响,根据粮食总产量的 3 阶段变化特征,按照公式 (4) 和 (6),可以定量揭示出四大效应在 2003—2008 年、2008—2013 年和 2013—2018 年 3 个阶段对粮食总产量变化的

影响大小 (表 1)。

2.2.1 规模效应 (G_1) 该效应对粮食生产具有明显正向影响,其对粮食增产的年均效应值由 2003—2008 年的 756.06 万 t 上升到 2008—2013 年的 870.33 万 t 后,又降为 2013—2018 年的 125.05 万 t。究其原因在于,粮食作物播种面积年均增长量由 2003—2008 年的 162.68 万 hm^2 上升到 2008—2013 年的 167.26 万 hm^2 ,之后又下降到 2013—2018 年的 22.61 万 hm^2 。这表明,在其他条件不变的情形下,粮食增产的大小和粮食播种面积的增加幅度存在显著的正相关关系,稳定和提升粮食作物播种面积对于促进粮食增产至关重要。然而,粮食作物播种面积的持续扩张必然大量挤占油料、糖料、棉花、蔬菜等非粮食作物播种面积,但随着中国经济社会发展水平的提高,保障上述各类非粮食作物播种面积以满足人们生活 and 食物消费结构的变化必不可少^[13]。可见,在人多地少的条件下,粮食作物播种面积的持续扩张必然受到限制,2013—2018 年粮食作物播种面积年均增长量仅及 2008—2013 年的 13.52% 的现实也证明了这一结论。因此,在经济社会持续发展的条件下,寄希望于持续扩大粮食作物播种面积来实现粮食增产的目标必将难以实现。

表1 2003—2018年四大效应对中国粮食生产变化的影响(万t)

Table 1 Influence of the four effects on grain production change in China from 2003 to 2018 (10⁴ t)

时段	项目	粮食总产量变化	规模效应	数量效应	装备效应	效率效应
2003—2008	总量	10 364.76	3 780.30	-10 142.05	23 975.97	-7 249.46
	平均	2 072.95	756.06	-2 028.41	4 795.19	-1 449.89
2008—2013	总量	9 613.91	4 351.65	-15 367.79	26 029.18	-5 399.13
	平均	1 922.78	870.33	-3 073.56	5 205.84	-1 079.83
2013—2018	总量	2 741.02	625.26	-12 234.75	9 145.47	5 205.04
	平均	548.20	125.05	-2 446.95	1 829.09	1 041.01

2.2.2 数量效应(G_2) 该效应是四大效应中在3个时段对粮食生产均为负作用的效应,其对粮食生产抑制作用的绝对值由2003—2008年的年均2 028.41万t上升到2008—2013年的3 037.56万t后,又减至2013—2018年的2 446.95万t。究其原因在于:在粮食播种面积由2003年的0.99亿hm²上升到2018年的1.19亿hm²的条件下,粮食生产的农业劳动力投入总量由2003年的2.36亿人下降到了2018年的1.43亿人,2003—2008年、2008—2013年和2013—2018年3个时段粮食生产的农业劳动力投入量分别下降了0.29亿、0.36亿和0.28亿,从而使得数量效应分别下降了0.45人/hm²、0.45人/hm²和0.26人/hm²。数量效应的持续下降(图2)表明:一方面,农业劳动力持续向城镇非农部门转移,使得当前我国农业劳动力转移已达刘易斯拐点阶段,部分地区由于农业劳动力短缺,耕地利用粗放甚至撂荒等问题较为突出,引发了人们对“未来谁来种地”的担忧;另一方面,大量年轻、文化水平相对较高的农业劳动力的流失,使得中国农业劳动主体老弱化特征尤为明显,这对先进农业技术和农业机械的发展极为不利。因此,在其他条件不变的情况下,农业劳动力持续向城镇转移对我国粮食生产产生了显著的抑制作用。根据诺瑟姆的城镇化理论和我国新型城镇化仍在继续推进的实际可以看出,在今后较长的一段时间,农业劳动力投入数量的持续下降在短期内仍将难以避免。因此,如何更好地稳定农业劳动力队伍,提升其质量,是稳定和持续提高粮食产能的重大问题。

2.2.3 装备效应(G_3) 该效应在2003—2008年、2008—2013年和2013—2018年3个时段对粮食生产的年均促进作用分别为4 795.19万t、5 205.84万t和1 829.09万t,且在3个时段都是中国粮食总产量持续增长的最大推动力。其主要原因在于:在粮食生产的农业劳动力投入量由2003年的2.36亿下降到2018年的1.43亿的过程中,3个时段粮食生产机械总动力分别增加了1.74亿kW、1.68亿kW

和0.28亿kW,“一减一增”使得单位粮食生产劳动力的农业机械装备水平分别提高了1.08 kW/人、1.55 kW/人和0.66 kW/人。结合数量效应的分析可知,2003—2015年我国粮食产量实现了“十二连增”,并在2015年后始终维持在6.5亿t以上的根本原因在于,农业机械动力增加导致的粮食增产幅度远远超过了农业劳动力减少导致的粮食产量下降幅度。因此,认为农业劳动力投入以及农业劳动力弱质化并不会影响中国的粮食安全,其立足点应该是建立在农业机械投入不断增加并能够有效替代农业劳动力的基础之上的。

目前,我国粮食生产耕种收综合机械化率已超过80%^[35],劳均农业机械动力水平已较高,虽然仍有一定的提升空间,但受要素边际技术替代率递减规律的制约,农业机械对农业劳动力的替代程度将大幅下降,对粮食生产的促进作用也将明显减小(2013—2018年装备效应对粮食生产的促进作用已明显小于数量效应对粮食生产的抑制作用)。另一方面,我国农业劳动力转移已跨过刘易斯拐点阶段,但人口城镇化仍在继续推进,优质农业劳动力仍在持续转移。因此,在进一步推进粮食生产机械化过程中,单位农业劳动力农业机械装备水平的提高对粮食增产的促进作用将进一步减少,稳定粮食生产农业劳动力队伍数量,培育一批能够熟练掌握和运用农业机械的职业农民,对于维护我国粮食安全至关重要。

2.2.4 效率效应(G_4) 该效应对粮食生产的影响由2003—2008年的年均负向抑制1 449.89万t转变为2013—2018年的年均促进1 041.01万t,这表明效率效应对于提升粮食产量发生了重大转变,且存在很大的提升空间。究其原因在于:2003—2008年期间,虽然农业劳动力开始大幅向城镇转移,但农村农业劳动力剩余问题仍然十分突出^[36],土地细碎化特征尤为明显^[37];另一方面,由于中国2004年正式颁布农业机械化促进法,致使期间农业机械总动力净增2.18亿kW,增幅高达36.09%。比较而言,

同期劳动力数量净减 0.63 亿人,降幅仅为 17.35%。由此可知,期间农业机械增幅高出农业劳动力降幅 18.74 个百分点,但此时过剩的农业劳动供给和细碎化土地经营十分不利于农业机械的充分利用,农业机械除在农耕时期自用外,大多处于闲置状态,使用效率低下^[38-39]。可见,期间农业机械存在明显的粗放快速增长,使得效率效应由 1.09 t/kW 下降到了 0.94 t/kW (图 1)。

2008—2013 年,农业机械总动力净增 2.17 亿 kW,增幅为 26.42%,同期农业劳动力净减了 0.58 亿人,降幅为 19.22%,农业机械增幅仅高出农业劳动力降幅 7.2 个百分点,远低于 2003—2008 年的水平。同时党的十七届三中全会颁布《中共中央关于农村改革发展若干重大问题的决定》,明确提出要大力发展农地代耕代种、联户经营、土地流转等多种形式的适度规模经营^[40],与此同时农机外包、农机服务组织开始发展^[41],农业机械使用效率较前期有所提高,期间单位农业机械的粮食产出率由 0.94 t/kW 下降到了 0.86 t/kW (图 1),降幅仅为 2003—2008 年的 61.84%,因而对粮食生产的负向抑制作用明显降低。2013—2018 年,农业机械总动力净减了 0.28 亿 kW,降幅为 3.80%,同时农业劳动力也净减了 0.39 亿人,减幅为 16.19%。可见,期间农业机械和农业劳动力两者之间实现了同步下降,表明两者之间的匹配较 2003—2008 年和 2008—2013 年明显优化。与此同时,各种形式的适度规模经营以及农业机械服务组织蓬勃发展,农机服务外包、农机跨区作业十分普遍,农业机械得到更加充分利用,使得单位农业机械的粮食产出率由 0.86 t/kW 上升到 0.93 t/kW (图 1),因而对粮食生产的作用实现了由负到正的转变。可见,在新型城镇化仍然持续推进的过程中,加快推进农地适度规模经营,大力发展农业机械服务组织,规范农业机械服务市场,提高农业机械服务水平,乃是提高效率效应的关键。

2.3 四大效应对中国省域粮食总产量变化的影响 (2003—2018 年)

根据公式 (4) 和 (6),分解得到 2003—2018 年四大效应对中国 31 个省域粮食总产量变化的影响大小,结果如表 2 所示。

2.3.1 规模效应 (G_1) 该效应对粮食生产促进作用超过 100 万 t 的有黑龙江、内蒙古、山东、河南、吉林、湖北、新疆、安徽、江苏、辽宁、江西、河北、湖南和山西 14 个省区,其中最高的黑龙江高达 2 557.86 万 t,内蒙古、山东、河南和吉林 4 省区也在 1 000 万 t 左右。在 14 省区中,除山西和新

疆外,其余 12 个均为粮食主产区。 G_1 对粮食主产区的粮食增产效应尤为突出的原因在于:为稳定和提升粮食主产区的粮食作物播种面积,以实现保障国家粮食安全的发展目标,国家在政策、资金、技术等方面不断加大对粮食主产区的扶持力度,因而研究期间 12 个粮食主产区粮食播种面积增加了 1 988.50 万 hm^2 ,增幅达 31.99%。

比较而言, G_1 对粮食生产负向抑制作用超过 100 万 t 的省份共有 7 个,按抑制作用的绝对值从大到小依次为福建、广东、广西、浙江、重庆、海南和贵州,其中福建、广东、浙江和海南属于东部沿海经济发达的粮食主销区,研究期间城镇化和休闲农业得到快速发展,导致耕地面积大幅减少,非粮食作物播种面积不断增加^[42];而广西、重庆和贵州地处西南的生态环境脆弱区,在土地轮耕休作不断推进的背景下,粮食作物播种面积也明显下降^[1]。研究期间,上述 7 个地区粮食播种面积减少了 336.63 万 hm^2 ,降幅达 28.51%。省域粮食生产的规模效应分析表明,增加粮食作物播种面积仍然是促进粮食增产的重要手段,这在粮食主产区表现尤为突出,也就是说粮食主产区牺牲了种植高价值的经济作物、发展休闲农业以及非农产业的机会,因而应进一步加强对粮食主产区的生态和经济补偿。比较而言,沿海粮食主销区粮食作物播种面积则明显减少,因此严格落实这些地区的粮食生产责任,确保它们的粮食作物播种面积不减少,这是稳定和提升国家粮食安全的重要内容。

2.3.2 数量效应 (G_2) 除北京、山西、海南、福建和重庆 5 省市外,该效应在全国其他 26 省区都呈现出明显的负向抑制作用,其中抑制作用超过 450 万 t 的有黑龙江、江苏、河南、山东、吉林、四川、湖北、湖南、安徽、内蒙古、江西、云南和河北 13 个,其中 G_2 对黑龙江、江苏、河南 3 省抑制作用的绝对值均超过了 2 000 万 t,对山东、吉林和四川 3 省均超过了 1 200 万 t。进一步分析可知,在这 13 个省区中,除云南外,其余 12 个均属于粮食主产区。 G_2 对粮食主产区粮食生产抑制效应突出的原因在于:在农民迫切提高自身收入的内在推力和城镇非农产业高收入的外在拉力的共同推动下,大量农业劳动力不断向省域内城镇和沿海经济发达的粮食主销区转移,研究期间上述 12 个粮食主产区的粮食生产农业劳动力由 1.30 亿人下降到了 1.07 亿人。结合规模效应可知,研究期间这些地区粮食作物播种面积又大幅增加,因而导致单位粮食作物播种面积农业劳动力投入数量由 23.35 人/ hm^2 降低到

表2 2003—2018年四大效应对中国省域粮食生产变化的影响(万t)

Table 2 Influence of the four effects on provincial grain production change in China from 2003 to 2018 (10⁴ t)

地区	粮食总产量变化	规模效应	数量效应	装备效应	效率效应
北京	-23.89	-41.99	34.58	-33.60	17.12
天津	90.40	48.91	-27.27	-35.57	104.33
河北	1 313.06	285.73	-462.09	596.65	892.77
山西	421.53	117.68	36.47	-324.66	592.04
内蒙古	2 192.55	1 179.48	-862.32	1 753.93	121.46
辽宁	694.15	435.86	-196.40	655.09	-200.40
吉林	1 373.14	963.03	-1 350.13	3 610.26	-1 850.02
黑龙江	4 994.50	2 557.86	-2 400.68	6 097.99	-1 260.67
上海	4.99	-13.45	-19.78	41.49	-3.27
江苏	1 188.43	488.79	-2 199.16	3 791.28	-892.48
浙江	-194.24	-263.33	-190.45	428.69	-169.15
安徽	1 792.45	521.42	-870.85	2 843.64	-701.76
福建	-214.58	-340.56	135.83	297.59	-307.44
江西	740.40	356.46	-599.09	1 609.23	-626.20
山东	1 883.97	1 163.91	-1 923.13	2 807.18	-163.99
河南	3 079.44	993.35	-2 076.55	3 593.30	569.34
湖北	918.45	726.81	-987.69	3 035.48	-1 856.15
湖南	580.17	128.03	-930.63	3 159.54	-1 776.77
广东	-236.91	-331.78	-64.96	638.50	-478.67
广西	-92.30	-303.23	-74.99	1 271.59	-985.67
海南	-57.48	-111.27	57.14	148.12	-151.47
重庆	-7.76	-218.57	513.59	271.09	-573.87
四川	439.60	-62.91	-1 218.54	4 047.71	-2 326.66
贵州	-44.60	-105.65	-386.47	1 436.29	-988.77
云南	389.53	42.73	-571.33	1 196.84	-278.71
西藏	7.80	-0.67	-3.62	99.72	-87.63
陕西	257.60	-41.64	-266.65	948.06	-382.17
甘肃	362.09	54.37	-96.76	551.85	-147.37
青海	16.26	11.92	-50.21	78.79	-24.24
宁夏	122.41	-29.63	-11.11	81.62	81.53
新疆	728.75	524.97	-252.86	794.19	-337.55

15.77人/hm²,降幅达48.07%。可见,在城镇化持续推进的过程中,粮食生产的农业劳动力数量不足将成为粮食主产区粮食持续稳定增产的最大障碍,稳定这些地区的农业生产队伍对保障我国粮食安全至关重要。

G₂对重庆、福建、海南、山西和北京5省市粮食生产具有一定促进作用,原因在于:研究期间,上述5省市粮食生产农业劳动力数量增加了13.80万人,增幅为0.97%;而粮食作物播种面积则下降了112.67万hm²,降幅为17.80%;“一增一减”使得这些省市的数量效应由10.45人/hm²上升到15.34人/hm²,增幅达46.79%。结合规模效应的分析可知,上述5省市数量效应增加更多的是粮食作物播种面积下降所致,可见稳定这些地区粮食作物播种面积对于粮食增产更为关键。

2.3.3 装备效应(G₃) 该效应对粮食总产量变化在

除山西、天津和北京外的28省(市、区)都表现出明显的正向驱动作用,其中在黑龙江、四川、江苏、吉林、河南、湖南、湖北、安徽、山东、内蒙古、江西、贵州、广西和云南14省区更是超过了1 000万t,除西南的贵州、广西和云南3省区外,其余11个均为我国粮食主产区。结合数量效应分析可知,这11个粮食主产区也恰好是数量效应对粮食生产抑制作用最为显著的地区。进一步对比省域装备效应和数量效应对粮食生产的影响可知,前者对粮食生产的促进作用远远大于后者对粮食生产的抑制作用,这是研究期间省域粮食产量显著增长的重要原因,这在上述11个粮食主产区表现尤为突出。这也从省域层面进一步解释农业机械的大幅增长有效替代了农业劳动力数量的持续减少,这是我国粮食产量持续增长的根本原因。也就是说,没有农业机械化的发展,农业劳动力的减少必然导致

粮食减产。例如,研究期间上述 11 个粮食主产区的粮食生产机械总动力增加了 2.57 亿 kW,增长了 1.18 倍;而同期粮食生产农业劳动力只下降了 0.22 亿人,降幅仅为 18.64%,大大低于粮食生产机械总动力的增幅;“一增一减”使得这些地区粮食生产的劳均农业机械总动力由 20.66 kW/人提高到 57.51 kW/人,增长了 1.78 倍。

粮食主产区是保障国家粮食安全的关键地区,研究期间农业机械大幅替代农业劳动力,使得粮食生产劳均农业机械装备水平大幅提升,这是其地位得到不断巩固和加强的关键原因。然而,受要素边际技术替代递减规律的制约,今后农业机械对农业劳动力的替代作用必将大幅下降;而且省域数量效应的分析结果也表明,农业劳动力数量减少已成为粮食主产区粮食增产的关键障碍,因此维持农业劳动力队伍稳定在这些地区将更为突出。研究期间, G_3 对山西粮食生产的抑制作用高达 324.66 万 t,而对天津和北京 2 市的抑制作用均略高于 30 万 t,其主要原因在于:山西地势以山地、丘陵为主,为适应地形地貌特征,提高农机使用效率,研究期间大量中小型农机取代了大功率的大型农机,导致山西粮食生产机械总动力下降了 13.70%,同时其粮食生产农业劳动力又增加了 14.25%,“一减一增”使得山西劳均粮食生产机械装备水平由 2.96 kW/人下降到 2.24 kW/人,降幅为 32.14%。天津和北京 2 市的粮食生产则不断地由提供基本食物功能向提供休闲观光和旅游功能转变,导致其粮食生产机械总动力下降了 26.38%,同时粮食生产农业劳动力则增加了 2.57%,因而 2 市劳均粮食生产机械装备水平由 13.07 kW/人下降到 8.56 kW/人,降幅为 52.69%。

2.3.4 效率效应(G_4) 该效应对粮食总产量变化在全国 24 个省区都表现出明显的抑制作用,其中抑制作用在 500 万 t 以上的有 11 个,按抑制作用绝对值由大到小依次为四川、湖北、吉林、湖南、黑龙江、贵州、广西、江苏、安徽、江西和重庆。吉林、黑龙江和江苏 3 省地处平原,粮食生产机械化基础好,研究期间农业机械总动力快速增长(装备效应对粮食生产促进作用居全国前 5 位),但由于 3 省粮食生产农业劳动力大幅下降(数量效应对粮食生产抑制作用也居全国前 5 位),农业劳动力短缺已经成为其粮食生产的关键障碍,农业机械投入的粗放增长,导致其对劳动力替代的边际效应大幅下降,因而效率效应对粮食生产产生了明显的抑制作用。比较而言,剩余 8 省(市、区)均地处我国中西部丘陵山区,地形的高低起伏,人多地少、耕

地细碎化特征明显,使得农地适度规模经营发展缓慢,大中型农业机械难以得到有效利用^[25,28],因而效率效应对粮食生产也产生了明显抑制作用。因此,如何研发适用于丘陵山区的小型农业机械,均衡区域农业机械化发展布局,以更好提高农机利用效率^[25],乃是提升效率效应的关键。研究期间,上述 11 个地区平均单位机械投入的粮食产出水平由 2003 年的 1.84 t/kW 下降到 2018 年的 1.04 t/kW,降幅达 76.92%。

比较而言, G_4 仅对河北、山西、河南、内蒙古、天津、宁夏和北京 7 省(市、区)的粮食生产有正向促进作用,但促进作用超过 500 万 t 的仅有河北、山西和河南 3 省,其中河北和河南均属于我国农业人口众多的粮食主产区,农业机械化基础相对薄弱,在农业劳动力减少和农业机械快速增长的过程中,两者之间的配比不断优化,农机使用频率较高;与此同时,2 省地处地势平坦的华北平原,各种大中型农业机械均能得到有效利用,因而效率效应对粮食生产的正向促进效应明显。研究期间,2 省单位农机投入的粮食产出水平分别由 2003 年的 0.45 t/kW 和 0.79 t/kW 上升到 2018 年的 0.60 t/kW 和 0.88 t/kW。山西则是由于大幅增加了适应山地和丘陵操作的中小型农业机械,提高了农机使用效率,因而其单位农机投入的粮食产出水平由 2003 年的 0.65 t/kW 上升到 2018 年的 1.09 t/kW。

3 研究结论与政策建议

3.1 研究结论

本文构建了在农业劳动力转移和农业机械化两者联合影响下的粮食产量变化分析框架,阐述了两者的综合影响机制。采用 LMDI 分解法揭示了中国及其 31 个省区规模效应、数量效应、装备效应和效率效应对粮食产量变化的影响大小,所得结论如下:

1) 研究期间,中国粮食作物播种面积由 0.99 亿 hm^2 增加到 1.17 亿 hm^2 ,使得规模效应成为中国粮食增产的一大动力;省域层面的分析也表明,规模效应是稳定和促进粮食增产的重要因素,这在 12 个粮食主产区表现尤为突出;但粮食主销区粮食作物播种面积的减少,也使得规模效应对粮食生产显示出明显的负向抑制作用。

2) 全国和省域层面的研究均表明,在农业机械等其他要素不变的条件下,农业劳动力投入数量的减少是阻碍粮食增产的关键因素,尤其是在广大粮食主产区,研究期间数量效应对粮食生产的抑制

作用大都在 450 万 t 以上。培育职业农民, 稳定农业劳动力队伍, 应是实现粮食主产区粮食生产稳定和持续增长的当务之急。

3) 全国和省域层面分析表明, 装备效应的快速增长是驱动中国粮食持续增产的首要因素, 尤其是在 11 个粮食主产区, 装备效应对粮食生产的促进作用均超过了 1 000 万 t。在当前农业劳动力转移已跨过刘易斯拐点以及我国粮食生产综合机械化率已超过 80% 的条件下, 农业机械对农业劳动力的替代作用将快速下降, 农业机械投入的持续快速增长已导致效率效应对粮食生产产生了明显的抑制作用, 这在我国农业机械化基础较好的平原地区以及中西部丘陵山区表现尤为突出。

3.2 政策建议

1) 加大对粮食主产区的各项扶持, 强化粮食主销区粮食安全责任。粮食主产区因扩种粮食而损失的发展高价值经济作物和非农产业的发展机会, 导致其经济社会发展水平明显低于粮食主销区, 因此粮食生产的价格支持、种粮大户扶持、职业农民培训等各项政策要向粮食主产区倾斜, 不断加大对粮食主产区粮食生产的财政扶持力度, 探索建立粮食主销区对主产区的生态和经济补偿机制。粮食主销区粮食播种面积不断缩小, 粮食自给率大幅下降, 因此要严格在这些地区落实粮食安全党政同责, 坚守耕地红线, 严格控制水稻生产的“双改单”, 尽可能地提高耕地的复种指数, 稳定粮食作物播种面积。

2) 促进城乡融合发展, 稳定粮食主产区农业生产队伍。农村基础和公共服务设施落后以及城乡收入差距较大, 是城镇化进程中粮食主产区农业劳动力持续向外输出的关键原因。因此, 要以粮食主产区为核心, 加快构建促进城乡要素平等交换和公共资源均衡配置的体制机制, 进一步优化农村基础设施、教育、医疗、社会保障等基础设施和公共服务条件, 逐步缩小城乡差距, 促进城乡融合发展。以粮食主产区产粮大县为主体, 将新型职业农民培育纳入县域经济社会发展总体规划, 推动农民这个称谓由身份向职业转变, 让农民逐步成为体面的职业, 平等地参与现代化进程、共同分享现代化成果。加快培育一支有文化、懂技术、善经营、会管理的新型职业农民队伍, 发挥他们的带头引领作用, 转变农民观念, 稳定农业生产队伍。

3) 因地制宜推进农业机械化, 提高粮食生产机械化水平。平原地区农业机械化基础条件好, 农业机械投入的粗放增长导致的劳动力和农业机械配

比失衡, 是其效率效应为负的根本原因。因此, 应控制平原地区的农业机械增量, 重点提升现有粮食生产农业机械的利用率, 规范农机服务组织, 稳定农业服务价格, 提升农机服务水平。山地丘陵地区农业机械化基础条件差, 地形地貌更加限制了大中型农业机械的使用。因此, 要瞄准西南山区和中东部山地丘陵区, 重点支持和引导农业机械制造商, 以龙头企业为引领, 组建农机研发创新联盟, 加快开发并量产专门针对山区丘陵地带的小型、专用农业机械, 并从税收、贷款等政策方面予以扶持; 山地丘陵地区也难以通过引进外地大型农机跨区作业来提高机械化水平, 应加大对本土农机大户与农机合作社的政策扶持, 降低农机服务价格, 提高粮食生产的机械化水平。

参考文献:

- [1] 李政通, 姚成胜, 梁龙武. 中国粮食生产的区域类型和生产模式演变分析[J]. 地理研究, 2018, 37(5): 937-953.
Li Z T, Yao C S, Liang L W. Analysis on regional types of grain production and evolution of grain production models in China[J]. Geographical Research, 2018, 37(5): 937-953.
- [2] 程名望, 黄甜甜, 刘雅娟. 农村劳动力外流对粮食生产的影响: 来自中国的证据[J]. 中国农村观察, 2015(6): 15-21, 46, 94.
Cheng M W, Huang T T, Liu Y J. The influence of rural labor outflow on food production: From the evidence of China[J]. China Rural Survey, 2015(6): 15-21, 46, 94.
- [3] 蔡键, 唐忠. 华北平原农业机械化发展及其服务市场形成[J]. 改革, 2016(10): 65-72.
Cai J, Tang Z. The development of agricultural mechanization in North China plain and the formation of agricultural mechanization service market[J]. Reform, 2016(10): 65-72.
- [4] 王跃梅, 姚先国, 周明海. 农村劳动力外流、区域差异与粮食生产[J]. 管理世界, 2013(11): 67-76.
Wang Y M, Yao X G, Zhou M H. Rural out-migration, regional differences and grain production[J]. Management World, 2013(11): 67-76.
- [5] 李旻, 赵连阁. 农业劳动力“老龄化”现象及其对农业生产的影响——基于辽宁省的实证分析[J]. 农业经济问题, 2009(10): 12-18, 110.
Li M, Zhao L G. Agricultural labor force aging phenomenon and the effect on agricultural production: Evidence from Liaoning Province[J]. Issues in Agricultural Economy, 2009(10): 12-18, 110.
- [6] 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), 2017, 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, 2017, 16(1): 45-66.
- [7] 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 influence of aging of rural population on grain production[J]. Chinese Rural Economy, 2012(7): 29-39.

- [8] 辛翔飞, 王济民. 我国粮食自给水平目标设定: 研究综述与政策启示[J]. 自然资源学报, 2019, 34(11): 2257-2269.
Xin X F, Wang J M. Target setting of food self-sufficiency level in China: Literature review and policy enlightenment[J]. Journal of Natural Resources, 2019, 34(11): 2257-2269.
- [9] 黄季焜, 靳少泽. 未来谁来种地: 基于我国农户劳动力就业代际差异视角[J]. 农业技术经济, 2015(1): 4-10.
Huang J K, Jin S Z. Who will plant in the future: Based on the perspective of intergenerational differences of rural labor employment in China[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2015(1): 4-10.
- [10] Zhao Y H. Causes and consequences of return migration: Recent evidence from China[J]. Journal of Comparative Economics, 2002, 30(2): 376-394.
- [11] De Brauw A, Rozelle S. Migration and household investment in rural China[J]. China Economic Review, 2008, 19(2): 320-335.
- [12] 马林静, 欧阳金琼, 王雅鹏. 农村劳动力资源变迁对粮食生产效率影响研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(9): 103-109.
Ma L J, Ouyang J Q, Wang Y P. The influence of evolvement of rural labor resources on grain production efficiency[J]. China Population, Resources and Environment, 2014, 24(9): 103-109.
- [13] 姚成胜, 邱雨菲, 黄琳, 等. 中国城市化与粮食安全耦合关系辨析及其实证分析[J]. 中国软科学, 2016(8): 75-88.
Yao C S, Qiu Y F, Huang L, et al. Coupling relationship between urbanization and food security in China: An empirical study[J]. China Soft Science, 2016(8): 75-88.
- [14] Majumdar S, Mani A, Mukund S W. Politics, information and the urban bias[J]. Journal of Development Economics, 2004, 75(1): 137-165.
- [15] Goodburn C. Learning from migrant education: A case study of the schooling of rural migrant children in Beijing[J]. International Journal of Educational Development, 2009, 29(5): 495-504.
- [16] Mancinelli S, Mazzanti M, Piva N, et al. Education, reputation or network? Evidence on migrant workers employability[J]. The Journal of Socio-Economics, 2010, 39(1): 64-71.
- [17] 秦立建, 张妮妮, 蒋中一. 土地细碎化、劳动力转移与中国农户粮食生产——基于安徽省的调查[J]. 农业技术经济, 2011(11): 16-23.
Qin L J, Zhang N N, Jiang Z Y. Land fragmentation, labor transfer and Chinese agricultural production: Based on the surveys in Anhui Province[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2011(11): 16-23.
- [18] 郭熙保, 赵光南. 我国农村留守劳动力结构劣化状况及其对策思考——基于湖北、湖南、河南三省调查数据的分析[J]. 中州学刊, 2010(5): 112-117.
Guo X B, Zhao G N. The situation and countermeasure of structure degradation of rural left-behind labor of our country: Based on survey data of Hubei, Hunan and Henan Province[J]. Academic Journal of Zhongzhou, 2010(5): 112-117.
- [19] 何福平. 农村劳动力老龄化对我国粮食安全的影响[J]. 求索, 2010(11): 74-76.
He F P. The effect of rural labor force aging on food security in China[J]. Seeker, 2010(11): 74-76.
- [20] 李旻, 赵连阁. 农业劳动力“女性化”现象及其对农业生产的影
- 影响——基于辽宁省的实证分析[J]. 中国农村经济, 2009(5): 61-69.
Li M, Zhao L G. Agricultural labor force feminization phenomenon and the effect on agricultural production: Evidence from Liaoning Province[J]. Chinese Rural Economy, 2009(5): 61-69.
- [21] 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.
- [22] 黄玛兰, 李晓云, 游良志. 农业机械与农业劳动力投入对粮食产出的影响及其替代弹性[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2018(2): 37-45, 156.
Huang M L, Li X Y, You L Z. Impact of agricultural machinery and agricultural labor investment on grain production and its elasticity of substitution[J]. Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition), 2018(2): 37-45, 156.
- [23] 纪月清. 非农就业与农机支持的政策选择研究——基于农户农机服务利用视角的分析[D]. 南京: 南京农业大学, 2010.
Ji Y Q. Non-farm work and government policy choice on support for agricultural machinery: An empirical analysis on farmer's machinery service utilization[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2010.
- [24] 虞松波, 刘婷, 曹宝明. 农业机械化服务对粮食生产成本效率的影响——来自中国小麦主产区的经验证据[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2019(4): 81-89, 173.
Yu S B, Liu T, Cao B M. Effects of agricultural mechanization service on the cost efficiency of grain production: Evidence from wheat-producing areas in China[J]. Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition), 2019(4): 81-89, 173.
- [25] 周振, 孔祥智. 农业机械化对我国粮食产出的效果评价与政策方向[J]. 中国软科学, 2019(4): 20-32.
Zhou Z, Kong X Z. Agricultural machines subsidy policy and the grain output of China: DID empirical analysis based on national County-level data[J]. China Soft Science, 2019(4): 20-32.
- [26] 方师乐, 卫龙宝, 伍骏骞. 农业机械化的空间溢出效应及其分布规律——农机跨区服务的视角[J]. 管理世界, 2017(11): 65-78, 187.
Fang S L, Wei L B, Wu J Q. The spatial spillover effect of agricultural mechanization and its distribution pattern: The perspective of interregional-service of agricultural machinery[J]. Management World, 2017(11): 65-78, 187.
- [27] 刘超, 朱满德, 陈其兰. 农业机械化对我国粮食生产的影响: 产出效应、结构效应和外溢效应[J]. 农业现代化研究, 2018, 39(4): 591-600.
Liu C, Zhu M D, Chen Q L. The effect of agricultural mechanization on grain production in China: Output effect, structure effect and spillover effect[J]. Research of Agricultural Modernization, 2018, 39(4): 591-600.
- [28] 伍骏骞, 方师乐, 李谷成, 等. 中国农业机械化发展水平对粮食产量的空间溢出效应分析——基于跨区作业的视角[J]. 中国农村经济, 2017(6): 44-57.
Wu J Q, Fang S L, Li G C, et al. The spillover effect of agricultural mechanization on grain output in China: From the perspective of

- cross-regional mechanization service[J]. Chinese Rural Economy, 2017(6): 44-57.
- [29] 姚成胜, 钱双双, 毛跃华, 等. 中国畜牧业碳排放量变化的影响因素分解及空间分异[J]. 农业工程学报, 2017, 33(12): 10-19.
Yao C S, Qian S S, Mao Y H, et al. Decomposition of impacting factors of animal husbandry carbon emissions change and its spatial differences in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2017, 33(12): 10-19.
- [30] 于法稳. 中国粮食生产与灌溉用水脱钩关系分析[J]. 中国农村经济, 2008(10): 34-44.
Yu F W. Analysis of the decoupling relationship between grain production and irrigation water in China[J]. Chinese Rural Economy, 2008(10): 34-44.
- [31] 赵雪雁, 刘江华, 王蓉, 等. 基于市域尺度的中国化肥施用与粮食产量的时空耦合关系[J]. 自然资源学报, 2019, 34(7): 1471-1482.
Zhao X Y, Liu J H, Wang R, et al. Spatial-temporal coupling relationship between chemical fertilizer application and grain yield in China at city scale[J]. Journal of Natural Resources, 2019, 34(7): 1471-1482.
- [32] 姚成胜, 殷伟, 李政通. 中国粮食安全系统脆弱性评价及其驱动机制分析[J]. 自然资源学报, 2019, 34(8): 1720-1734.
Yao C S, Yin W, Li Z T. The vulnerability assessment and driving mechanism analysis of China's food security system[J]. Journal of Natural Resources, 2019, 34(8): 1720-1734.
- [33] 陈明星. “加速城市化”不应成为中国“十二五”规划的重大战略抉择——与陈玉和教授等商榷[J]. 中国软科学, 2011(3): 1-9.
Chen M X. Accelerating urbanization should not become the national strategic choice during “the 12th Five-year Plan” period: A discussion with professor CHEN Yu-he[J]. China Soft Science, 2011(3): 1-9.
- [34] 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, Zheng H M. Effects of agricultural machinery on the substitution of labor force and food output[J]. Chinese Rural Economy, 2016(12): 46-59.
- [35] 姚成胜, 何永波, 曹紫怡. 中国主粮生产机械化水平的时空演变及其驱动机制[J]. 中国农业大学学报, 2021, 26(5): 208-220.
Yao C S, He Y B, Cao Z Y. Spatial-temporal evolution and driving mechanism of mechanization level of staple food grain production in China[J]. Journal of China Agricultural University, 2021, 26(5): 208-220.
- [36] 谢玲红, 吕开宇. “十四五”时期农村劳动力转移就业的五大问题[J]. 经济学家, 2020(10): 56-64.
Xie L H, Lü K Y. The five major issues of rural labor force transfer and employment in the “14th Five-year Plan” period[J]. Economist, 2020(10): 56-64.
- [37] 周应堂, 王思明. 中国土地零碎化问题研究[J]. 中国土地科学, 2008, 22(11): 63-67, 71.
Zhou Y T, Wang S M. Study on the fragmentariness of land in China[J]. China Land Science, 2008, 22(11): 63-67, 71.
- [38] 黄祖辉, 王建英, 陈志钢. 非农就业、土地流转与土地细碎化对稻农技术效率的影响[J]. 中国农村经济, 2014(11): 4-16.
Huang Z H, Wang J Y, Chen Z G. The effect of off-farm employment, land transfer and land fragmentation on the technical efficiency of rice growers[J]. Chinese Rural Economy, 2014(11): 4-16.
- [39] 王水连, 辛贤. 土地细碎化是否阻碍甘蔗种植机械化发展? [J]. 中国农村经济, 2017(2): 16-29.
Wang S L, Xin X. Does land fragmentation hinder the implementation of sugarcane planting mechanization? [J]. Chinese Rural Economy, 2017(2): 16-29.
- [40] 周娟. 土地流转与规模经营的重新解读: 新型农业服务模式的发展与意义[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2017(4): 88-93, 149.
Zhou J. Reinterpretation of land transfer and scale management: The development and significance of new agricultural service mode[J]. Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition), 2017(4): 88-93, 149.
- [41] 李二超. 我国农机合作社起源与发展阶段研究[J]. 中国农机化学报, 2014, 35(4): 305-309.
Li E C. Research on the original and developing period of agricultural machinery cooperatives in China[J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2014, 35(4): 305-309.
- [42] 姚成胜, 李政通, 易行. 中国粮食产量变化的驱动效应及其空间分异研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(9): 72-81.
Yao C S, Li Z T, Yi X. Driving effects of grain production change and its spatial differences in China[J]. China Population, Resources and Environment, 2016, 26(9): 72-81.

(责任编辑: 王育花)