

教育能提高中国化肥利用效率吗？

——基于不同类型教育的实证

朱森林 李谷成¹

(1. 华中农业大学 经济管理学院, 湖北 武汉 430070;

2. 华中农业大学 农业经济研究所, 湖北 武汉 430070)

【摘要】: 提高化肥利用效率是促进中国农业绿色转型和乡村生态文明建设的重要举措。利用 2002~2016 年的省际面板数据, 深入系统地研究了不同类型教育对化肥利用效率的影响, 并在此基础上进一步探讨了不同类型教育对中国不同地区和不同类型农作物化肥利用效率的影响。研究表明: (1) 全国层面上, 学历教育 and 非学历教育都能有效提高化肥利用效率, 两者并无明显差异。(2) 分地区来看, 学历教育能够显著提高东部和西部地区化肥利用效率, 但非学历教育仅能提高西部地区化肥利用效率而不能提高东部地区化肥利用效率, 并且学历教育 and 非学历教育对中部地区化肥利用效率的促进作用都不明显。(3) 学历教育 and 非学历教育都能有效提高粮食作物的化肥利用效率, 但非学历教育相较于学历教育更能有效提高经济作物的化肥利用效率。

【关键词】: 学历教育 非学历教育 随机前沿模型 化肥利用效率

【中图分类号】: F299.2 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1004-8227(2022)03-0698-13

作为粮食的“粮食”, 化肥对促进中国粮食增长具有重要作用。据估计, 在 2004~2007 年和 2008~2016 年两个阶段, 化肥投入对中国粮食增产的贡献份额分别为 19.85% 和 31.49%, 在所有投入要素中居于首位^[1]。化肥的大量投入同时也引发了地下水污染加剧、温室气体排放增多及土壤酸化等一系列环境问题^[2,3], 使中国付出了巨大的环境代价。自 2015 年开始, 中国政府相继出台了《到 2020 年化肥使用量零增长行动方案》等一系列政策措施, 力争到 2020 年“主要农作物化肥使用量实现零增长”¹。但是, 单纯依靠减少化肥使用量这一措施来解决农业污染问题可能会威胁到中国的粮食安全, 因此采取更为有效的措施来缓解增产与污染之间的矛盾对中国农业绿色转型和乡村生态文明建设都具有重要意义。

众多研究表明化肥利用效率低下是中国化肥施用量持续增加的主要原因, 杨增旭等^[4]发现 1996~2009 年中国小麦和玉米的平均施肥技术效率分别仅为 0.474 和 0.452, 目前仍有较大的提升空间。因此提高化肥利用效率可以作为解决中国“增产与污染”这一矛盾的有效途径。已有研究表明, 耕地细碎化程度^[5]、化肥价格^[4,6]、收入水平^[4]、市场化水平^[7]、农业劳动力结构^[9]以及政府政策^[8]等宏观因素和年龄、受教育年限及种植经验^[6]等农户个人特征以及人口结构^[6]、收入结构^[7]等家庭特征都是影响中国化肥利用效率的重要因素。但是, 在已有研究中却鲜有文献关注教育这一重要因素对化肥利用效率的影响, 少量文献中虽然探讨了农户受教育程度和是否参加过技术培训对化肥利用效率的影响, 但一般都将二者作为控制变量, 并未深入研究, 所得结论也不尽

作者简介: 朱森林(1994~)男, 硕士研究生, 主要研究方向为农业技术经济. E-mail: forest906@126.com; 李谷成 E-mail: lgcabc@mail.hzau.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金项目(71873050)

相同。现实中，教育作为提高个体人力资本水平的重要手段，对更新农村劳动力知识体系、转变其思想观念和促进其顺利采用农业新技术都具有重要作用，理应受到重视。那么，教育是否对化肥利用效率具有影响？不同教育模式的影响是否存在差别？在区域间和不同类型作物间又是否存在差异？这些问题将是本文关注的重点。

与已有文献相比，本文可能的边际贡献在于从宏观层面上分析比较了学历教育和非学历教育对中国及不同区域、不同类型作物化肥利用效率的影响，所得结论既是对已有文献的有效补充，又能够为人力资本理论在农业领域的应用以及中国农业绿色转型和乡村生态文明建设提供新的经验证据。

1 理论机制分析

舒尔茨认为，在农业生产率增长的贡献中，农民素质的重要性要高于土地差别和物质资本差别，因此有必要对农民的人力资本进行投资^[10,11]。教育作为提高农民人力资本水平的重要途径，主要通过提高农户对农业新技术的吸收和采纳能力来影响化肥利用效率。

由于农户是消化、吸收和使用各种农业技术的主体，因此农户个人的人力资本水平将直接决定其是否可以选择适宜技术以及是否可以充分吸收消化各种技术并进行创新。进一步地，如果农村人力资本水平较低而农业技术水平不断提高，那么便会导致农村人力资本与技术进步的适配性降低^[11]，从而不利于农户对新技术的采纳和吸收。从新技术的特点来看，其作为科技创新的重要成果，往往具有技术含量更高、专业性更强以及操作更为精细等特点，因此采用新技术进行农业生产往往需要更高的人力资本水平，而接受过教育的农户，其人力资本水平通常较普通农户²更高，对测土配方施肥等新型农业技术的适应能力和掌握速度也更快，从而可以更有效提高化肥利用效率。另一方面，目前中国农村地区人口老龄化问题突出。老龄劳动力一方面经验丰富，农业生产效率更高，但另一方面也存在知识体系较为陈旧，对新技术的学习能力和认知能较差等问题^[12]，因此其生产决策一般基于以往的经验做出，这也是中国化肥施用量长期居高不下的重要原因之一。通过对农户进行技术、就业等相关培训，可以从整体上提高农村劳动力的人力资本水平，改变农户既有的思想观念、认知水平和生产习惯，提高其对新技术的采纳意愿，促进其采用更为科学的生产方式。高晶晶等^[13]便发现中国农户的施肥行为呈现出了较为明显的固定经验行为习惯特征，而接受过农业技术培训的农户更倾向于调整这一习惯。

作为提高人力资本的重要手段，教育还存在较为明显的正外部性。卢卡斯认为，在劳动者某一接受教育后，不但能够提高自身的生产效率，而且周围人的生产效率也会提高^[14]，即教育存在明显的“邻近影响”^[15]。因此，对部分农村劳动力进行教育或培训后，其他劳动力可以通过学习、模仿等途径来提升自己的人力资本水平和技能水平，从而促进农业新技术在农村地区的推广和传播，从整体上提高中国的化肥利用效率。

当然，由于不同形式教育在教育方式、教育时长以及教育目的等方面存在较大差异，因此学历教育和非学历教育对中国化肥利用效率的影响是不同的。这种不同不仅表现在学历教育和非学历教育之间，还表现在不同等级学历教育间以及不同类别非学历教育间的差异上。根据 Berg^[16]、Arrow^[17]以及 Taubman 等^[18]学者提出的教育筛选假说，在劳动力市场，为节约信息搜寻成本，雇主往往会通过劳动者的受教育情况进行相应选择，并根据劳动者的文凭或证书给予其相应的职位和收入，即教育在这一过程中仅仅作为一种筛选机制或者信号机制。根据这一假说，在中国小农经济的背景下，农村劳动力市场信息较为充分，雇主对劳动者的能力都较为了解，因此无需通过教育对劳动者进行筛选，农户作为自我雇佣者也不必为求职而进行教育投资^[19]，因此，非学历教育对农业生产的影响比学历教育更为深远。

在具体内容上，学历教育和非学历教育在提升人力资本的内容方面侧重点并不相同。前者主要以提高劳动者文化素质为目的，而后者则更注重提升劳动者的生产技能，因此以技能培训为代表的非学历教育往往更能提高劳动者的生产技能^[20]。在学历教育内部，由于农户受教育年限越多，文化素质水平通常也越高，因此随着农户平均受教育年限的增加，教育对农业生产的影响也会逐渐增加，吉庆华^[21]的研究便证明了这一点。而对于非学历教育，已有研究发现，其主要作用在于能够提高劳动者的技能水平

和就业能力，这一点在不同类型的非学历教育中并无明显差异。如王建^[20]发现，相较于正规教育，技能培训对农民工正规就业的影响更为明显，而刘万霞^[22]则认为，职业教育能够直接提高劳动者的就业能力，从而降低结构性失业与摩擦性失业，提高就业率。由此可见，学历教育和非学历教育对农业生产的影响存在较大差异。

2 方法、变量与数据

2.1 研究方法与模型

2.1.1 化肥利用效率测算

已有研究中主要利用 DEA 方法和 SFA 方法对化肥利用效率进行测算^[4, 6, 7, 9, 23, 24, 25, 26, 27]。相较于 DEA 方法，SFA 方法能够区分随机干扰和技术非效率，从而避免统计误差、运气等随机因素对技术效率产生影响，同时可以对模型本身及其中的参数进行统计检验^[28, 29]，因此在效率测算方面更具有优势。鉴于此，本文采用 SFA 方法对化肥利用效率进行测算。

借鉴 Battese^[30]、Coelli^[31]和杨钢桥等^[29]的研究，随机前沿生产函数模型的一般形式设定如下：

$$Y_{it} = X_{it}\beta + V_{it} - U_{it} \quad (1)$$

式中： Y_{it} 表示 t 时期 i 地区的实际产出； X_{it} 表示 t 时期 i 地区的 $K \times 1$ 维投入向量； β 为待估计的参数向量； V_{it} 和 U_{it} 分别表示随机误差项和非负的技术非效率项，二者分别服从标准正态分布 $N(0, \sigma_v^2)$ 和截断正态分布 $N(m_{it}, \sigma_u^2)$ 。变差率 $\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)$ ，且 $\gamma \in [0, 1]$ ，其反映了技术非效率项在误差项中所占的比例， γ 越接近于 0，表示误差项越主要由随机误差项决定， γ 越趋近于 1，则说明误差项主要由技术非效率项决定^[29, 30]。

i 地区 t 时期的技术效率可以由其实际产出的期望值与技术有效时最大产出的期望值之比来表示，即：

$$TE_{it} = \frac{E(Y_{it} | U_{it}, X_{it})}{E(Y_{it} | U_{it} = 0, X_{it})} = \exp(-U_{it}) \quad (2)$$

当 $U_{it}=0, TE_{it}=1$ 时， i 地区处于完全技术效率状态，此时生产点恰好位于生产前沿面上；而当 $U_{it}>0, 0<TE_{it}<1$ 时，表示 i 地区处于技术非效率状态，此时生产点位于生产前沿面下方。

由于 SFA 的结果与生产函数形式高度相关，因此必须选择合适的函数形式进行分析。由于 C-D 生产函数不但能够较好的描述中国农业增长，而且具有简洁、易于分解和经济含义明显等优点，因此被广泛用于中国农业的相关研究中^[32]。鉴于此，本文设定如下形式的 C-D 函数模型：

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \sum_j \beta_j \ln X_{it} + V_{it} - U_{it} \quad (3)$$

式中：Y 表示产出变量；X 表示投入变量； V_{it} 和 U_{it} 的含义与 (1) 式中相同。

基于公式 (2) 和 (3), 可得化肥利用效率计算公式为:

$$efficiency_{it} = e^{-U_{it}/\beta} \quad (4)$$

式中： β 为 (3) 式中化肥投入量的系数。

2.1.2 计量模型设定

由于本文主要是利用省级面板数据评估教育对中国化肥利用效率的影响, 因此本文构建如下式 (4) 所示的面板数据模型。

$$efficiency_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 education_{it} + \sum_k \alpha_k X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

式中： $efficiency_{it}$ 表示 i 地区 t 时期的化肥利用效率； $education_{it}$ 表示 i 地区 t 时期的教育水平； X_{it} 表示一系列控制变量； α 为待估系数； ε_{it} 为随机扰动项, 且服从正态分布。

2.2 变量选取与定义

(1) 被解释变量。

化肥利用效率 (efficiency): 通过 SFA 方法测算得到。测算过程中的投入产出变量选取如下: ①产出变量: 借鉴刘华军等^[33] 的研究, 将以 2000 年不变价格计算的种植业总产值作为产出指标³。②化肥投入: 以化肥施用量 (折纯量) 表示。③劳动投入: 以种植业劳动力投入总人数表示。④土地的投入: 以农作物总播种面积表示。⑤机械投入: 以种植业农业机械总动力表示。⑥农膜投入: 以农膜使用总量表示。⑦农药投入: 以农药使用总量表示。由于种植业劳动投入和农业机械投入无法直接获得, 因此本文借鉴刘华军等^[37] 的做法, 以种植业总产值占农业总产值的比重对第一产业就业人数和农业机械总动力进行加权, 从而得到种植业劳动投入和农业机械投入。

(2) 核心解释变量。

教育水平: 借鉴杨芷晴^[19] 的研究, 本文将教育分为学历教育 (eduA) 与非学历教育 (eduB) 两种⁴, 二者的具体指标选取如下:

学历教育以 6 岁以上抽样人口总数的平均受教育年限 (eduA) 表示, 即将文盲或半文盲、小学、初中、高中及大专及以上学历的受教育年限分别设定为 0、6、9、12 和 16 年, 然后利用 6 岁以上抽样人口中相应人口的比重进行加权求和。为进一步比较不同等级学历教育对化肥利用效率影响的差异性, 本文将学历教育进一步分为初级 (eduA1)、中级 (eduA2) 和高级 (eduA3) 3 种, 并分别以小学及以下、初中、高中和大专及以上学历受教育程度农村人口数量占 6 岁以上抽样人口总数的比例来表示。

由于不同形式的非学历教育都可以通过提高农户的人力资本水平来影响中国的化肥利用效率, 因此, 在兼顾数据可得性的情况下, 本文选取技术培训 (eduB1)、职业培训 (eduB2)、就业训练 (eduB3) 以及职业技能鉴定 (eduB4) 4 种非学历教育进行考察。上述 4 种指标虽然都与非农就业密切相关, 但其在提升农户人力资本水平和农业生产技能水平方面同样具有不可忽视的作用:

首先, 技术培训中亦包含了农业技术培训的内容, 其次, 即使是提高劳动力非农就业能力的就业培训等, 亦可通过提高农村劳动力人力资本水平来从整体上提高其对农业新技术的接受和采纳能力。考虑到非学历教育的自选择问题可能会导致计量分析结果出现一定偏误, 因此本文采用各种非学历教育机构的数量来衡量非学历教育水平⁵。具体的, 以农村成人文化技术培训学校数量表示技术培训水平, 以民办职业培训机构数量表示职业培训水平, 以就业训练中心机构数量表示就业训练水平, 以职业技能鉴定机构数表示职业技能鉴定水平。

(3) 控制变量。

借鉴罗斯炫等^[34]和李秋生等^[35]的研究, 本文还选取以下变量为控制变量: ①上年粮食产量 (grain); ②农户收入结构 (instructure), 以农户经营性收入与工资性收入之比来表示; ③政府公共农业财政支出 (finance), 以政府公共农业财政支出额来表示; ④化肥价格 (price), 由于化肥价格数据无法直接获得, 本文以各省化肥价格指数来衡量; ⑤农户种植结构 (structure), 以粮食作物播种面积与经济作物播种面积之比来表示; ⑥农业风险率 (disaster), 以受灾面积占农作物播种面积的比重来衡量。

2.3 数据来源与处理

考虑到中国港澳台地区资源禀赋的差异性及数据的可获得性等问题, 本文主要利用 2002~2016 年中国大陆地区的省际面板数据进行研究。其中, 投入产出数据和粮食产量、农户收入⁶、播种面积、化肥价格以及受灾面积数据都来自《中国农村统计年鉴》(2003-2017), 学历教育数据来源于《中国教育统计年鉴》(2003-2017), 非学历教育数据来源于《中国劳动统计年鉴》(2003-2017), 政府公共农业财政支出额则根据国泰安数据库中的数据计算整理得到。少量缺失数据采用均值法或线性回归法补齐。为消除通胀因素对价格变量的影响, 本文利用以 2000 年为基期的居民消费价格指数对政府公共财政支出额进行消胀处理, 同时将化肥价格指数也转换为以 2000 年为基期的定基指数。最后, 在实证分析过程中, 本文对四种非学历教育、上年粮食产量以及政府农业公共财政支出额取自然对数, 以减轻异方差性和非平稳性。各变量的描述性统计结果如表 1 所示。

3 结果与分析

3.1 化肥利用效率估算结果与分析

利用 Frontier4.1 软件对随机前沿生产函数模型进行极大似然估计⁷, 进而可得中国各省份化肥利用效率的估算结果(表 2)。由表 2 可得以下结论: (1) 2001~2016 年, 中国及其三大地区的化肥利用效率虽然呈现出持续上升的趋势, 但整体上仍然偏低, 2016 年中国的平均化肥利用效率最高仅为 0.1800, 说明中国化肥过量施用导致了巨大的资源浪费; (2) 中国东、中和西部地区化肥利用效率呈现出明显的差异性, 其中东部地区化肥利用效率最高, 中部地区化肥利用效率次之, 西部地区最低。出现这种区域差异的主要原因在于中国各地区的经济发展状况呈现东、中、西部阶梯型分布的特征, 这也直接影响了各地区的技术创新水平和资源利用情况。

表 1 变量的描述性统计

变量	观测值	平均值	标准差	最小值	最大值
efficiency	390	0.1336	0.0879	0.0118	0.4093
eduA	390	8.3547	0.7469	6.0405	10.1049
eduA1	390	38.6071	9.2848	20.6442	70.5459
eduA2	390	53.3675	7.6657	27.6257	66.8246

eduA3	390	8.0251	3.3897	1.8284	19.8253
lneduB1	390	4.4137	0.7840	2.3026	5.6419
lneduB2	390	6.2481	.8404	3.3322	8.0117
lneduB3	390	4.5005	0.9080	0.0000	6.9441
lneduB4	390	5.1112	0.9104	2.3979	7.9940
lngrain	390	7.2628	0.9368	4.4636	8.7521
lnfinance	390	4.7754	1.1067	1.8169	6.5631
structure	390	2.7004	2.8764	0.4884	22.6251
disaster	390	25.8006	14.6598	1.5598	93.5612
price	390	1.5321	0.3552	0.8966	2.5339
instructure	390	1.9830	1.7142	0.3771	14.2542

3.2 教育对中国化肥利用效率的影响

为检验学历教育和非学历教育是否能够提高中国的化肥利用效率及二者影响的异质性, 本文接下来将对模型(4)进行回归估计。鉴于京津沪渝四大直辖市和西藏自治区的部分数据缺失较多, 因此在回归过程中本文剔除了这五个区市的数据, 同时, 由于2002年以前和2016年以后的平均受教育年限数据亦不可得, 因此本文利用中国26个省区市2002~2016年的面板数据进行实证回归。考虑到化肥利用效率取值在0~1之间, 因此本文采用Tobit截尾模型进行估计。在具体的回归过程中, 本文还在模型中加入了年份变量(year)以控制年份固定效应。

表2 2001~2016年中国及其三大区域化肥利用效率变动情况⁸

时间	全国	东部	中部	西部	时间	全国	东部	中部	西部
2001	0.0850	0.1496	0.0545	0.0462	2009	0.1308	0.2115	0.0935	0.0816
2002	0.0901	0.1568	0.0586	0.0499	2010	0.1373	0.2199	0.0993	0.0869
2003	0.0954	0.1642	0.0630	0.0538	2011	0.1440	0.2284	0.1053	0.0924
2004	0.1008	0.1717	0.0676	0.0579	2012	0.1509	0.2370	0.1115	0.0982
2005	0.1064	0.1794	0.0724	0.0623	2013	0.1579	0.2456	0.1179	0.1041
2006	0.1122	0.1872	0.0773	0.0668	2014	0.1651	0.2544	0.1245	0.1103
2007	0.1182	0.1952	0.0825	0.0715	2015	0.1725	0.2633	0.1313	0.1166
2008	0.1244	0.2033	0.0879	0.0764	2016	0.1800	0.2723	0.1383	0.1231

注：表中数据为历年相应区域的算数平均值。

3.2.1 学历教育对化肥利用效率的影响

考虑到学历教育具有较强的滞后效应，因此借鉴杨芷晴^[19]的研究，本文在各模型中分别加入了各种学历教育的滞后两期作为控制变量，以此来探讨学历教育对中国化肥利用效率的影响。各模型的Tobit估计结果如下表3所示。

由方程(I)的回归结果可知，平均受教育年限的系数为0.0407且在1%的水平下显著，并且滞后两期后的方向和显著性均无明显变化，这说明提高农村劳动力受教育年限能够提高其人力资本水平，从而显著提高中国化肥利用效率。在方程(II)、(III)和(IV)的回归结果中，初级教育、中级教育和高级教育的系数分别为-0.0045、0.0039和0.0058，并且三者都至少在5%的水平上显著，而三者的滞后项方向都未改变，仅仅显著性有所改变，这说明受教育程度较低的农村劳动力由于人力资本水平降低，更倾向于凭借以往的经验施肥，并且对新技术的采纳和运用能力较差，从而导致化肥施用过量 and 利用效率下降。中级教育和高级教育的系数显著为正，表明提高农村劳动力受教育程度确实能够促进农户转变思想和生产习惯，提高其对新技术的采纳意愿和运用能力，进而有效提高化肥利用效率。方程(II)、(III)和(IV)的回归结果进一步验证了方程(I)的结论。

表3 学历教育对化肥利用效率的影响

变量	(I)	(II)	(III)	(IV)
eduA	0.0407*** (0.0143)	—	—	—
L2. eduA	0.0373** (0.0161)	—	—	—
eduA1	—	-0.0045** (0.0018)	—	—
L2. eduA1	—	-0.0010 (0.0020)	—	—
eduA2	—	—	0.0039** (0.0018)	—
L2. eduA2	—	—	0.0020 (0.0019)	—
eduA3	—	—	—	0.0058*** (0.0014)
L2. eduA3	—	—	—	0.0069*** (0.0014)
lngrain	-0.0501*** (0.0096)	-0.0550*** (0.0116)	-0.0604*** (0.0129)	-0.0306*** (0.0104)
lnfinance	0.0877*** (0.0208)	0.0944*** (0.0237)	0.1009*** (0.0263)	0.0784*** (0.0219)
structure	-0.0049*** (0.0015)	-0.0054*** (0.0015)	-0.0051*** (0.0017)	-0.0031** (0.0012)
disaster	-0.0013*** (0.0003)	-0.0013*** (0.0003)	-0.0012*** (0.0002)	-0.0013*** (0.0003)
price	0.0240 (0.0157)	0.0111 (0.0158)	0.0073 (0.0157)	0.0891*** (0.0145)
instructure	-0.0093*** (0.0009)	-0.0066*** (0.0010)	-0.0051*** (0.0011)	-0.0087*** (0.0011)
Constant	-0.4269*** (0.0416)	0.4397*** (0.0396)	-0.0924** (0.0390)	-0.0678** (0.0313)
时间效应	Yes	Yes	Yes	Yes

观测值数	338	338	338	338
------	-----	-----	-----	-----

注：*、**、***分别表示在 10%、5%和 1%的水平下显著，括号中为稳健标准误，下同。

控制变量方面，政府农业公共财政支出和化肥价格都对化肥利用效率有一定的促进作用，这说明增加政府农业财政支出以及允许化肥价格适度上涨等措施都能够有效提高中国的化肥利用效率。

3.2.2 非学历教育对化肥利用效率的影响

非学历教育对化肥利用效率影响的 Tobit 估计结果如表 4 所示⁹。

表 4 非学历教育对化肥利用效率的影响

变量	(V)	(VI)	(VII)	(VIII)
lneduB1	0.0376*** (0.0044)	—	—	—
lneduB2	—	0.0740*** (0.0074)	—	—
lneduB3	—	—	0.0122*** (0.0039)	—
lneduB4	—	—	—	-0.0045 (0.0063)
lngrain	-0.0549*** (0.0072)	-0.0735*** (0.0056)	-0.0430*** (0.0090)	-0.0354*** (0.0103)
lnfinance	0.0708*** (0.0204)	0.0526*** (0.0183)	0.0808*** (0.0218)	0.0847*** (0.0220)
structure	-0.0026** (0.0011)	-0.0003 (0.0013)	-0.0020* (0.0011)	-0.0030** (0.0012)
disaster	-0.0011*** (0.0003)	-0.0010*** (0.0003)	-0.0012*** (0.0003)	-0.0012*** (0.0003)
price	0.0931*** (0.0115)	0.1080*** (0.0079)	0.0832*** (0.0128)	0.0937*** (0.0143)
instructure	-0.0010* (0.0006)	0.0022*** (0.0007)	-0.0039*** (0.0007)	-0.0047*** (0.0009)
Constant	0.0324 (0.0255)	-0.0842*** (0.0307)	0.0434* (0.0239)	0.0515** (0.0243)
时间效应	Yes	Yes	Yes	Yes
观测值数	390	390	390	390

由表 4 的结果可知，非学历教育中的技术培训、职业培训和就业训练的系数分别为 0.0376、0.0740 和 0.0122，并且均能在 1%的水平上显著，而职业技能鉴定系数不显著，这说明非学历教育同样可以通过提高农村劳动力人力资本水平来提高化肥利用效率，因此，除通过学历教育来提高农村劳动力的文化水平外，对农村劳动力进行一定的技术、就业等培训，也是提高中国化肥利用效率的有效手段。控制变量方面，各变量的系数与学历教育的回归结果并没有较大差异。

综合表 3 和表 4 的结果可以说明, 学历教育和非学历教育都能通过提升农村劳动力人力资本水平来显著提高中国的化肥利用效率, 并且在化肥利用效率的提升作用方面并无显著差异。这一结果表明在中国种植业化肥利用方面, 教育的筛选假说整体上并不成立。

3.3 教育对化肥利用效率影响的区域差异

化肥利用效率的测算结果表明, 东、中和西部地区的化肥利用效率存在明显差异, 而教育发展水平也一直呈现出东高西低的特征^[36], 因此, 教育对化肥利用效率的影响可能也存在一定程度的地区差异。鉴于此, 本文接下来将对不同类型教育对中国化肥利用效率影响的地区差异进行探讨。所得结果如表 5 所示¹⁰。

表 5 各地区教育对化肥利用效率的影响¹¹

地区	变量	学历教育				非学历教育			
东部	eduA	0.0780*** (0.0105)	—	—	—	—	—	—	—
	eduA1	—	-0.0047*** (0.0009)	—	—	—	—	—	—
	eduA2	—	—	0.0029*** (0.0006)	—	—	—	—	—
	eduA3	—	—	—	0.0040*** (0.0008)	—	—	—	—
	lneduB1	—	—	—	—	-0.0303*** (0.0057)	—	—	—
	lneduB2	—	—	—	—	—	0.0367*** (0.0087)	—	—
	lneduB3	—	—	—	—	—	—	-0.0334*** (0.0056)	—
	lneduB4	—	—	—	—	—	—	—	-0.0016 (0.0044)
中部	eduA	0.0219*** (0.0052)	—	—	—	—	—	—	—
	eduA1	—	-0.0003 (0.0003)	—	—	—	—	—	—
	eduA2	—	—	0.0007*** (0.0002)	—	—	—	—	—
	eduA3	—	—	—	-0.0044***	—	—	—	—

					(0.0015)				
	lneduB1	—	—	—	—	-0.0101*	—	—	—
	lneduB2	—	—	—	—	—	-0.0138***	—	—
	lneduB3	—	—	—	—	—	—	0.0212***	—
	lneduB4	—	—	—	—	—	—	—	-0.0106***
西部	eduA	0.0171***	—	—	—	—	—	—	—
	eduA1	—	-0.0012***	—	—	—	—	—	—
	eduA2	—	—	0.0012***	—	—	—	—	—
	eduA3	—	—	—	0.0044***	—	—	—	—
	lneduB1	—	—	—	—	0.0196***	—	—	—
	lneduB2	—	—	—	—	—	0.0085**	—	—
	lneduB3	—	—	—	—	—	—	0.0062***	—
	lneduB4	—	—	—	—	—	—	—	0.0172***

注：①限于篇幅，表中仅汇报了关键解释变量的回归结果；②所有模型都加入了控制变量和 year；③东部和中部地区样本量都为 120，西部地区样本量为 150。

东部地区平均受教育年限、初级教育、中级教育以及高级教育的系数分别为 0.0780、-0.0047、0.0029 以及 0.0040，并且四者都在 1%的水平上显著(表 5)。这表明，东部地区农村劳动力所受学历教育水平越高，越有利于提高化肥利用效率，这一点与全国的估计结果一致。非学历教育方面，除职业培训能显著促进东部地区化肥利用效率提升外，其他三种非学历教育对该地区化肥利用效率的影响都不显著或显著为负。这表明东部地区的非学历教育对化肥利用效率的作用效果存在较大差异，但整体上不利于提高该地区化肥利用效率。这说明通过对农村劳动力进行技术培训等非学历教育，并不能较好地提高东部地区化肥利用效率，教育的筛选假说在东部地区农村劳动力市场中并不成立。之所以出现这一现象，可能是由于东部地区经济较为发达，非农就业机

会多，农村劳动力接受相应的技术和就业培训后，更多地会选择进入非农行业就业。

在中部地区，学历教育和非学历教育的估计结果都与全国层面的估计结果存在较大差异。首先，平均受教育年限的系数虽然显著为正，但初级教育的系数不显著而高级教育的系数显著为负，这表明在中部地区，并不满足农村劳动力受教育水平越高，越有利于提高化肥利用效率这一规律。其次，除就业训练外，其他三种类型的非学历教育都对中部地区化肥利用效率存在显著的抑制作用，因此非学历教育在提高中部地区化肥利用效率方面也没有较好的效果。这说明通过对农村劳动力进行教育和培训来提高其人力资本水平并不能有效提高中部地区的化肥利用效率，并且教育的筛选假说在中部地区亦不成立。导致这一现象的主要原因有3点：(1)中部地区多为经济欠发达省份，技术创新能力整体上较东部地区更低，难以从整体上提高农业技术水平和化肥利用效率；(2)中部地区存在安徽、江西和湖南等多个粮食主产区省份¹²，为保证粮食产量，粮食主产区省份更倾向于采取增加化肥投入，而不是通过提高化肥利用效率这一措施来实现增产的目标；(3)中部地区是中国的主要劳务输出地，改革开放以来有大量农村劳动力流向东部沿海地区就业，而人力资本水平更高、思想观念更为开放和先进的农村劳动力获得非农就业的机会和外出意愿都更多更强。

最后，表5中的结果还显示，西部地区的学历教育估计结果与全国层面的估计结果高度一致，说明西部地区农村劳动力所受学历教育水平越高，越有利于其转变观念，采纳更为科学的农业生产技术，从而提高化肥利用效率。在非学历教育方面，西部地区的技术培训、职业培训、就业训练以及职业技能鉴定的系数都在5%的水平上显著为正，说明通过对农村劳动力进行一系列技术培训等非学历教育可以较好地提高西部地区化肥利用效率。从宏观上来看，一方面，西部地区为中国经济较为落后的地区，农村地区的人力资本水平整体偏低，因此通过教育来提高农村地区人力资本水平进而提高该地区化肥利用效率具有较为明显的效果，另一方面，由于西部地区非农就业机会较少，同时距离东部沿海地区距离较远，劳动力转移就业成本较高，因此在农村劳动力人力资本水平提高后，多数仍会留在农村继续从事农业生产。

由以上结果可知，不同类型教育对中国东、中和西部地区化肥利用效率的作用效果确实存在较大差异：首先，在东部和西部地区，农村劳动力学教育水平越高，越有利于提高当地化肥利用效率，分级别教育的估计结果亦验证了这一结论；其次，由于东部地区经济较为发达，非农就业机会多，因此非学历教育总体上并不能提高东部地区化肥利用效率，但却可以较好的提高西部地区化肥利用效率；最后，由于中部地区整体技术创新能力不高、农村劳动力外流多以及要应对保证粮食产量的政策压力，导致各级学历教育和非学历教育整体上都不能有效提高当地化肥利用效率。

4 讨论

上文主要分析了不同类型教育对中国种植业整体化肥利用效率的影响，而在种植业内部，不同农作物的种植管理方式、施肥量等都存在较大差别。一般而言，粮食作物在生产过程中的耕、种、收等作业环节相较于果蔬、茶叶、桑蚕等经济作物更为简单，并且耕地投入相对密集，更容易实现规模化经营和机械化发展^[37]，因此，相较于经济作物，粮食作物的生产经营通常更为简单，对技术水平的要求往往也更低。由于教育主要通过提高农村劳动力的技能水平来提高化肥利用效率，因此本文认为，相较于粮食作物，教育对经济作物化肥利用效率的提高作用会更为明显。

为验证上述观点是否正确，本文分别以小麦和棉花为例，分别探讨了教育对粮食作物和经济作物化肥利用效率的影响。小麦和棉花的化肥利用效率仍应用SFA方法测算得到，其中，产出指标分别以小麦和棉花的产量表示，投入指标则包括化肥投入、物质与服务费用、人工成本和土地成本¹³。考虑到数据的可得性，小麦和棉花的化肥利用效率估算时间范围为2004~2016年，所有投入产出数据全部来自《全国农产品成本收益资料汇编》。此处的计量模型和实证方法均与前文中相同，估计结果如下表6所示¹⁴。

由表6可知，小麦和棉花的平均受教育年限系数分别为0.1409和-0.0535，二者都在1%的水平上显著，这表明提高农村劳动力学教育水平，能显著提高小麦的化肥利用效率，但却会抑制棉花的化肥利用效率。不同等级教育方面，小麦和棉花的初级教

育系数分别为-0.0130和0.0054,中级教育系数分别为0.0150和-0.0030,四者都能通过1%的显著性水平检验,最后,在高级教育方面,只有小麦的系数显著为正,而棉花的高级教育系数依然显著为负。总之,学历教育对小麦化肥利用效率的影响与全国层面的估计结果基本一致,但对棉花化肥利用效率的影响与全国层面的估计结果存在较大差异,即学历教育能显著提高中国小麦化肥利用效率,但不能显著提高棉花的化肥利用效率。导致这一结果的可能原因如下:一是棉花属于典型的经济作物,在生产过程中不但需要精耕细作,而且受地区土质、光照等自然条件影响较大,学历教育虽然能够有效提高农户的人力资本水平,但却并不能针对性地提高农户的技术水平,因此对棉花的化肥利用效率的提升作用有限;二是由于中国始终将粮食安全作为自身基本发展战略之一,因此各项农业政策往往都会把保障粮食安全作为“三农”工作的重点¹⁵,这种“粮食偏向型”的政府政策可能会不利于经济作物的生产经营。

表6 学历教育和非学历教育对不同类型农作物化肥利用效率的影响

变量	作物	(I)	(II)	(III)	(IV)
eduA	小麦	0.1409*** (0.0152)	—	—	—
	棉花	-0.0535*** (0.0093)	—	—	—
eduA1	小麦	—	-0.0130*** (0.0010)	—	—
	棉花	—	0.0054*** (0.0008)	—	—
eduA2	小麦	—	—	0.0150*** (0.0012)	—
	棉花	—	—	-0.0030*** (0.0010)	—
eduA3	小麦	—	—	—	0.0244*** (0.0048)
	棉花	—	—	—	-0.0210*** (0.0022)
lneduB1	小麦	0.1822*** (0.0151)	—	—	—
	棉花	-0.0671*** (0.0161)	—	—	—
lneduB2	小麦	—	-0.0484** (0.0230)	—	—
	棉花	—	0.0576** (0.0290)	—	—
lneduB3	小麦	—	—	0.0793*** (0.0054)	—
	棉花	—	—	0.0572*** (0.0087)	—
lneduB4	小麦	—	—	—	-0.0514*** (0.0124)
	棉花	—	—	—	-0.0522*** (0.0103)
Constant	小麦	-0.6984*** (0.0840)	-0.5722*** (0.0742)	-0.5294*** (0.0878)	-0.5572*** (0.0796)
	棉花	1.9438*** (0.1265)	1.7547*** (0.1064)	1.6559*** (0.0926)	1.9738*** (0.0876)

注:①限于篇幅,表中仅汇报了关键解释变量的回归结果;②所有模型都加入了控制变量和 year;③小麦和棉花的样本量分

别为 195 和 156。

表 6 的结果还显示,非学历教育中的技术培训和就业训练都能显著促进小麦化肥利用效率的提升,而职业培训和职业技能鉴定则都会显著抑制小麦化肥利用效率提升。与其相似的是,技术培训和职业技能鉴定都会显著抑制棉花化肥利用效率,而职业培训和就业训练则对棉花化肥利用效率具有显著的提升作用。由此可见,非学历教育对化肥利用效率的作用在小麦和棉花之间并无显著差异,即对农村劳动力进行适当的技术、就业等培训,能够在一定程度上提高农村劳动力的人力资本水平,进而提高小麦和棉花的化肥利用效率。4 种非学历教育之所以不能全部促进小麦和棉花的化肥利用效率提升,主要原因在于非学历教育的目的是提升农村劳动力的就业技能和能力,因此接受过相应培训的劳动力更多的会选择从事非农工作。进一步来看,由于农户的学历教育并不满足“教育水平越高,越能促进棉花化肥利用效率提升”这一规律,因此加强对农村劳动力的技能培训等非学历教育或许更有利于提高棉花的化肥利用效率。

综合以上分析可知,学历教育和非学历教育对提高小麦的化肥利用效率都具有较好的效果,而相较于学历教育,非学历教育对提高棉花的化肥利用效率更有效。由此可见,学历教育和非学历教育在提高粮食作物化肥利用效率方面都具有良好的效果,但对于经济作物,非学历教育对其化肥利用效率的提升作用较之学历教育更为有效,即教育的筛选假说在提升经济作物化肥利用效率方面是成立的。

5 主要结论与政策建议

5.1 主要结论

在农业绿色转型和乡村生态文明建设的背景下,提高化肥利用效率对中国具有重要的现实意义。本文利用 2002~2016 年的省际面板数据,实证分析了不同类型教育对化肥利用效率的影响,并进一步探讨了不同类型教育对不同地区和不同类型农作物化肥利用效率影响的异质性。本文的主要结论如下:

(1) 全国层面的回归结果表明,学历教育和非学历教育都对我国化肥利用效率具有长期稳定的提高作用,二者并无明显差异。

(2) 分区域来看,东部和西部地区农村劳动力的学历教育水平越高有利于提高当地化肥利用效率,但非学历教育仅有助于提高西部地区化肥利用效率,对东部地区的化肥利用效率提升效果并不明显,并且学历教育和非学历教育整体上都不能有效提高中部地区化肥利用效率。

(3) 学历教育和非学历教育都能有效提高粮食作物的化肥利用效率,但非学历教育相较于学历教育能够更有效的提高经济作物化肥利用效率。

5.2 政策建议

基于上述结论,本文认为,在提升化肥利用效率的过程中,应充分发挥教育的作用。(1) 要普及农村义务教育,完善农村居民接受正规教育的途径,促进城乡教育资源公平配置。在此过程中,还要注意发挥非学历教育对农村地区人力资本水平的提升作用,在农村地区积极开展技术培训、就业培训等非学历教育。(2) 各地区要做好劳动力回流的安置工作,制定和完善好相应的政策法规,积极引导回流劳动力重回农业,以增加农村地区的人力资本,与此同时,各级各地政府要积极调整政策,对经济作物要一视同仁,及时缓解“粮食偏向型政策”对经济作物生产经营产生的不利影响。(3) 建立健全科技创新体制机制,促进农业科技创新,加大农村农业新技术的宣传和推广力度,指导和帮助农户全面吸收和掌握农业新技术。最后,中国政府在制定上述有关政策和措施时,还要因地制宜,扬长避短。如对于东部地区,要充分发挥其科技创新能力优势,大力推动当地农业技术创新,对于中部地区,在促进当地农业技术创新的同时,还要积极引导青壮年劳动力回归农业,以解决当地农村人力资本严重匮乏的问题。

参考文献:

- [1]陈苏, 张利国. 要素投入、制度变迁与中国粮食增长——基于省级面板数据的实证分析[J]. 江西财经大学学报, 2019(6):87-98.
- [2]ZHANG S,GAO P,TONG Y,et al.Overcoming nitrogen fertilizer over-use through technical and advisory approaches:A case study from Shanxi Province,northwest China[J].Agriculture,Ecosystems & Environment,2015,209:89-99.
- [3]HUANG J,HUANG Z,JIA X,et al.Long-term reduction of nitrogen fertilizer use through knowledge training in rice production in China[J].Agricultural Systems,2015,135:105-111.
- [4]杨增旭, 韩洪云. 化肥施用技术效率及影响因素——基于小麦和玉米的实证分析[J]. 中国农业大学学报, 2011,16(1):140-147.
- [5]史常亮, 张益, 郭焱, 等. 耕地细碎化对农户化肥使用效率的影响[J]. 自然资源学报, 2019,34(12):2687-2700.
- [6]张波,白秀广. 黄土高原区苹果化肥利用效率及影响因素——基于358个苹果种植户的调查数据[J]. 干旱区资源与环境, 2017,31(11):55-61.
- [7]WU Y.Chemical fertilizer use efficiency and its determinants in China's farming sector[J].China Agricultural Economic Review,2011,3(2):117-130.
- [8]AREGAY F A,ZHAO M J. Impact of irrigation on fertilizer use decision of farmers in China:A case study in Weihe River Basin[J].Journal of Sustainable Development,2012,5(4).
- [9]王则宇, 李谷成, 周晓时. 农业劳动力结构、粮食生产与化肥利用效率提升——基于随机前沿生产函数与Tobit模型的实证研究[J]. 中国农业大学学报, 2018,23(2):158-168.
- [10]刘魏, 张应良, 田红宇. 人力资本投资与农村居民收入增长[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2016,15(3):63-75.
- [11]叶初升, 马玉婷. 人力资本及其与技术进步的适配性何以影响了农业种植结构?[J]. 中国农村经济, 2020(4):34-55.
- [12]杨志海. 老龄化、社会网络与农户绿色生产技术采纳行为——来自长江流域六省农户数据的验证[J]. 中国农村观察, 2018(4):44-58.
- [13]高晶晶, 彭超, 史清华. 中国化肥高用量与小农户的施肥行为研究——基于1995~2016年全国农村固定观察点数据的发现[J]. 管理世界, 2019,35(10):120-132.
- [14]RUCAS R E.On the mechanics of economic development[J].Journal of Monetary Economics,1988,22(1):3-42.
- [15]潘奇. 论教育的外部性[J]. 湖南师范大学教育科学学报, 2008(2):40-42.

-
- [16]BERG I. Education and jobs:The great training robbery[M]. New York: Praeger, 1970
- [17]ARROW K J. Higher education as a filter[J]. Journal of Public Economics, 1973, 2:193-216.
- [18]TAUBMAN P J, WALES T J. Higher education, mental ability, and screening[J]. Journal of Political Economy, 1973, 81(1):28-55.
- [19]杨芷晴. 教育如何影响农业绿色生产率——基于我国农村不同教育形式的实证分析[J]. 中国软科学, 2019(8):52-65.
- [20]王建. 正规教育与技能培训: 何种人力资本更有利于农民工正规就业?[J]. 中国农村观察, 2017(1):113-126, 143-144.
- [21]吉庆华. 农村教育水平与农业经济增长关系的实证研究——基于中国 30 省市的农村面板数据分析[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(5):101-107.
- [22]刘万霞. 职业教育对农民工就业的影响——基于对全国农民工调查的实证分析[J]. 管理世界, 2013(5):64-75.
- [23]YANG X, HUANG Y, LI S, et al. Research on fertilizer efficiency of continuous cropping greenhouse cucumber based on DEA model[C]//International Conference on the application of computer and computing technology in agriculture, 2010.
- [24]RAMADAS S, SUBBA R, RAGHU R. Fertilizer use efficiency in paddy production[M]. Lap Lambert Academic Publishing, 2013.
- [25]李静, 李晶瑜. 中国粮食生产的化肥利用效率及决定因素研究[J]. 农业现代化研究, 2011, 32(5):565-568.
- [26]史常亮, 朱俊峰, 栾江. 农户化肥施用技术效率及其影响因素分析——基于 4 省水稻种植户的调查数据[J]. 农林经济管理学报, 2015, 14(3):234-242.
- [27]史常亮, 朱俊峰, 栾江. 我国小麦化肥投入效率及其影响因素分析——基于全国 15 个小麦主产省的实证[J]. 农业技术经济, 2015(11):69-78.
- [28]范丽霞, 李谷成. 全要素生产率及其在农业领域的研究进展[J]. 当代经济科学, 2012, 34(1):109-119, 128.
- [29]杨钢桥, 张超正, 文高辉. 耕地流转对农户水稻生产技术效率的影响研究——以武汉都市圈为例[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(5):142-151.
- [30]BATTESE G E, COELLI T J. Frontier production functions, technical efficiency and panel data:With application to paddy farmers in India[J]. Journal of Productivity Analysis, 1992, 3(1-2):153-169.
- [31]BATTESE G E, COELLI T J. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data[J]. Empirical Economics, 1995, 20(2):325-332.
- [32]李谷成, 冯中朝, 范丽霞. 小农户真的更加具有效率吗?来自湖北省的经验证据[J]. 经济学(季刊), 2010, 9(1):95-124.

[33]刘华军,孙淑惠,李超.环境约束下中国化肥利用效率的空间差异及分布动态演进[J].农业经济问题,2019(8):65-75.

[34]罗斯炫,何可,张俊飏.增产加剧污染?——基于粮食主产区政策的经验研究[J].中国农村经济,2020(1):108-131.

[35]李秋生,李大胜.绿色发展背景下中国化肥施用强度下降的驱动因素研究——基于空间面板数据模型的分析[J].农林经济管理学报,2019,18(4):462-471.

[36]刘红梅,谭宏卫,田应福.中国各地区教育发展水平差异的实证分析[J].数理统计与管理,2013,32(4):586-594.

[37]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.

注释:

1 《到2020年化肥使用量零增长行动方案》(资料来源:《到2020年化肥使用量零增长行动方案》, http://www.moa.gov.cn/ztl/mywrfz/gzgh/201509/t20150914_4827907.htm).

2(1)此处的普通农户是指从未接受过任何形式的学历教育或非学历教育的农户,即从未接受过任何形式教育的农户.

3(2)部分文献以相应农作物产量作为产出变量(如史常亮等、王则宇等),但此类文献主要是针对种植业中的某一行业的化肥利用效率进行研究,而本文研究的是种植业整体的化肥利用效率,故未采用农作物产量作为产出变量.

4(3)根据定义,学历教育是指根据国家教育主管部门下达的招生计划录取的学生,按照教育主管部门认可的教学计划实施教学,在学生完成学习后,统一颁发由国家印制的毕业证书等相应证件的教育形式,中国目前的学历教育主要包括义务教育、高中教育和高等教育三种.而非学历教育则是指由国家有关部门组织或群众自发组织的各种培训、进修等,在学生完成相应学习后,由教育组织单位颁发相应结业或毕业证书的教育形式.

5(4)与已有研究所使用的培训人数和次数等指标相比,教育机构数量相对更为外生,因此能较好的缓解计量模型的内生性问题(杨芷晴等,2019).

6(5)由于统计口径的变化,2013年以前农户收入为农村居民纯收入,2013-2016年则为农村居民可支配收入.

7(6)限于篇幅,本文未报告C-D生产函数模型的估计结果,有需要的读者可以向作者索取.

8(7)根据国家统计局的划分,东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南11个省市,中部地区包括山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北和湖南8个省份,西部地区包括内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆12个省区市.为准确刻画中国各地区化肥利用效率的变化趋势,此处对中国大陆地区31个省(区、市)的化肥利用效率进行了估算.

9(8)非学历教育的滞后效应并不明显,因此本文未在模型中加入非学历教育的滞后项作为控制变量.

10(9)由于各地区的样本数较少,而加入解释变量的滞后项会再次减少各地区的样本量,因此此处本文并未加入各学历教育的滞后项作为解释变量,在后文中对不同类型农作物化肥利用效率进行探讨时,亦因此原因而未加入相应类型教育的滞后项.

11 (10) 此处东、中和西部地区的划分与前文中一致,但不包括四大直辖市和西藏自治区.

12 (11) 资料来源:《关于印发〈关于改革和完善农业综合开发若干政策措施的意见〉的通知》, <http://wap.pig66.com/p-1621-16838989-1.html>

13 (12) 限于数据的可得性,此处对不同农作物化肥利用效率估算所用的投入产出数据与前文中并不相同,但已有研究中亦有多位学者利用此数据对相应农作物的化肥利用效率进行了估算和研究,如王则宇等(2018).

14 (13) 限于篇幅,文中未汇报小麦和棉花的 SFA 模型估计结果和历年的化肥利用效率数据,有需要的读者可向作者索取.

15 (14) 如李克强总理在 2020 年《政府工作报告》中便提出要“稳定粮食播种面积和产量,提高复种指数,提高稻谷最低收购价,增加产粮大县奖励,大力防治重大病虫害。”的工作目标.