

引用格式: 邹伟, 张晓媛. 土地经营规模对化肥使用效率的影响: 以江苏省为例[J]. 资源科学, 2019, 41(7): 1240-1249. [Zou W, Zhang X Y. Effects of land management scale on fertilizer use efficiency: Taking Jiangsu as an example[J]. Resources Science, 2019, 41(7): 1240-1249.] DOI: 10.18402/resci.2019.07.05

土地经营规模对化肥使用效率的影响 ——以江苏省为例

邹伟, 张晓媛

(南京农业大学公共管理学院, 南京 210095)

摘要: 适度规模经营是现代农业发展的必然趋势, 研究经营规模对化肥使用效率的影响, 并回答适度规模经营主体能否提升化肥使用效率、实现化肥零增长目标, 对促进农业可持续发展具有重要的意义。本文依据江苏省微观农户调查数据, 在运用随机前沿生产函数测算水稻种植户的化肥使用效率及各项要素产出弹性的基础上, 利用Tobit模型进一步对化肥使用效率的影响因素进行分析, 并探讨高效利用化肥的对策。研究发现: 江苏地区化肥使用效率平均值仅有0.53, 大约有47%的化肥在使用过程中没有被作物有效吸收; 土地经营规模对化肥使用效率的影响具有显著差异性, 规模扩张前经营面积较大的农户在转入土地后, 化肥使用效率提高, 而规模扩张前小规模农户在转入土地后, 化肥使用效率降低, 化肥浪费现象严重。由此可见, 江苏省化肥使用效率总体偏低, 但在一定的条件下扩大经营规模有助于提高化肥使用效率。基于以上分析的政策启示为: 应促进分工经济下农户化肥施用成本降低, 引导小规模农户主动吸纳施肥环节的外包服务, 从而减少“一次多量”的施肥倾向; 加强精准施肥技术推广, 降低农户“非意愿性”过度施肥; 充分发挥规模经济效应, 进一步推进适度规模经营。

关键词: 经营规模; 转入土地; 化肥使用效率; 随机前沿生产函数; 江苏省

DOI: 10.18402/resci.2019.07.05

1 引言

生态宜居是乡村振兴的关键, 也是乡村发展质量的重要保证, 而土地生态安全无疑是生态宜居的重要组成部分, 为此必须处理好农业农村发展与土地生态之间的关系, 以不损害土地资源为基线, 实现农业可持续发展^[1,2]。然而, 目前中国农村正面临着严重的农业面源污染, 土壤板结退化、耕地地力透支以及江河湖泊水质下降等问题^[3], 这不仅危害土地生态环境^[4,5], 而且对粮食安全造成严重威胁。数据显示, 在过去40年里, 中国每公斤化肥粮食产量从1980年的25.3 kg下降到2016年的10.3 kg左右^[6]。其中, 化肥的过度施用是重要的原因^[7-9]。据统计, 中国每年化肥施用量接近6000万t^①, 占全球

化肥施用量的1/3, 化肥施用强度从1980年的128 kg/hm²增加到2016年的359.08 kg/hm², 比印度、菲律宾高2.7~3.5倍, 比美国高5倍, 远远超出国际化肥安全施用上限^[10]。因此, 必须提高化肥使用效率, 有效降低化肥施用强度, 从而为推动农业农村绿色发展创造条件^[11]。

提高化肥使用效率, 需要将其纳入乡村振兴的整体实施战略, 尤其是现代农业发展的探究路径选择中, 从而更好地发挥制度的整体效应。从长期发展趋势和国际经验来看, 适度规模经营是现代农业发展的必然趋势。近年来, 中国深入推进农村土地制度改革, 实行农地三权“分置”, 有力地推动了农地流转与规模经营。2017年底, 农地流转面积达到

收稿日期: 2019-01-02; 修订日期: 2019-04-02

基金项目: 国家社会科学基金重点项目(18AGL014); 全国党校系统重点调研课题项目。

作者简介: 邹伟, 男, 四川渠县人, 教授, 博导, 主要从事土地经济与政策研究。E-mail: njauzw@126.com

① 此处为折纯量。

2019年7月

4.97亿亩,占家庭承包经营总面积的比例为36.5%^[12]。农地利用规模的改变,也就意味着生产要素组合的调整,这就需要从契合生态环境保护和粮食安全的要求出发,审视化肥使用效率。

土地作为农业生产中最重要的投入要素,其经营规模将会对农户化肥投入决策产生重要影响。关于土地经营规模与化肥施用强度之间的关系,学术界一直存在两种观点:一种观点认为经营规模的扩大可以有效降低农户获取“新技术、新知识”成本,增强对农业生产的预期、对农业的依赖程度,进而促进其生产要素优化组合,实现化肥减量投入^[13-17]。如孟现芳^[18]调查发现,种植面积大的农户更倾向通过机械深耕来提升土壤肥力,降低化肥投入。Wu等^[19]研究指出,适度扩大经营规模有助于耕地减肥,即户均土地经营面积每增加1%,每公顷化肥施用量下降0.3%。另一种观点则认为,农户作为理性经济人,在经营规模扩大后,为了实现自身利润最大化,倾向于用价格相对低廉的化肥要素替代机会成本较高的劳动要素,从而激励过度施肥^[20-23]。张晓恒等^[24]、张聪颖等^[25]研究发现,过度施用化肥造成粮食单位生产成本较高,且随着种植规模扩大,农户的化肥投入决策并没有明显变化。由此可以看出,现有研究多聚焦于分析土地经营规模与农户化肥施用强度之间的关系,或者停留在农户经济决策的视角,得到的结论往往不一致。其中一个关键原因是化肥的实际施用量与本应施用量之间存在较大差异。化肥实际投入量中相当一部分可能并没有被作物有效吸收,而滞留于土壤中造成严重的面源污染。因此,需要排除两者差异带来的影响,从而确保基于实现农业可持续发展提出的建议更具有针对性,显然,从现实问题来看,选择化肥使用效率是一个较好的分析视角。

测算生产效率的方法一般包括随机前沿生产函数法(SFA)和数据包络分析法(DEA)。SFA属于参数估计法,可以设计具体的函数形式,具有经济理论基础,并且它还可以采用形式相对灵活的超越对数生产函数,因此逐渐被学者引入测算具体投入要素的效率,如环境效率^[26,27]。化肥作为粮食生产的重要投入要素,将其引入随机前沿生产函数,能够较全面地考虑水稻产出与化肥投入和劳动等要

素投入的关系,使得测算结果更加准确。基于此,本文利用江苏省331个水稻种植户的调查数据,利用随机前沿生产函数对农户的化肥使用效率进行测算,采用Tobit模型分析土地经营规模与化肥使用效率的关系及其影响因素。这在一定程度上可以为政府部门制定促进规模经营与农业绿色发展相协调政策提供决策参考。

2 模型设定

首先采用超越对数形式的随机前沿生产函数对农户水稻生产的技术效率和化肥使用效率进行测算,并估算各投入要素的产出弹性;然后,运用Tobit模型重点分析经营规模与转入土地对化肥使用效率的影响。

2.1 随机前沿生产函数方法

化肥使用效率的测算参照Meeusen等^[28]、Aigner等^[29]最早提出的随机前沿生产函数模型,形式如下:

$$y_i = g(x_i, f_i; \beta) \times \exp(v_i - u_i) \quad (1)$$

式中: y_i 表示第 i 个农户的总产量; $g(\cdot)$ 表示农户的农业生产技术,表现为具体设定的生产函数形式; x_i 表示除化肥外的其他投入要素向量; f_i 表示农户施用化肥总量; β 为待估计系数向量; v_i 为随机误差项,表示农户不可控制因素(如天气,灾难等)及测量误差的影响, v_i 服从 $N(0, \sigma_v^2)$; u_i 为非负数,表示第 i 个农户生产点距离前沿面的距离,即技术效率损失值。

为简化模型,本文实际估计中采用形式相对灵活、替代弹性可变的超越对数(Trans-log)生产函数:

$$\begin{aligned} \ln y_i = & \beta_0 + \sum_j \beta_j \ln x_{ij} + \beta_f \ln f_i + \frac{1}{2} \sum_j \sum_k \beta_{jk} \ln x_{ij} \ln x_{ik} + \\ & \sum_j \beta_{jf} \ln x_{ij} \ln f_i + \frac{1}{2} \beta_{ff} (\ln f_i)^2 + v_i - u_i \end{aligned} \quad (2)$$

在具体操作中,将产出变量 y_i 定义为第 i 个农户水稻总产量; $i=1, 2, 3, \dots, N$; x_{ij} 表示第 i 个农户的第 j 种要素投入, $j=1, 2, 3$, 包括劳动、土地和其他中间投入; f_i 表示第 i 个农户水稻生产中的化肥施用折纯量;其余为各自变量的平方项与交叉项。根据化肥使用效率的定义,采用Kopp提出的非径向概念来计算^[30],即保持传统投入要素及产出水平不变,用可能达到的最少化肥使用量 f_i^0 替代实际的化肥使用量 f_i , 并且假设不存在效率损失 ($u_i=0$), 由

此,(2)式可改写为:

$$\ln y_i = \beta_0 + \sum_j \beta_j \ln x_{ij} + \beta_f \ln f_i^0 + \frac{1}{2} \sum_j \sum_k \beta_{jk} \ln x_{ij} \ln x_{ik} + \sum_j \beta_{jf} \ln x_{ij} \ln f_i^0 + \frac{1}{2} \beta_{ff} (\ln f_i^0)^2 + v_i \quad (3)$$

用FE代表化肥使用效率,可表示为: $FE = f_i^0 / f_i$ ($0 \leq FE \leq 1$); 对数形式为: $\ln FE = \ln f_i^0 - \ln f_i$ 。联立(2)式和(3)式,并整理成关于 $\ln f_i^0 - \ln f_i$ 的形式,可得:

$$\frac{1}{2} \beta_{ff} (\ln f_i^0 - \ln f_i)^2 + \left(\beta_f + \sum_j \beta_{jf} \ln x_{ij} + \beta_{ff} \ln f_i \right) (\ln f_i^0 - \ln f_i) + u_i = 0 \quad (4)$$

将(4)看作一元二次方程,可解得:

$$\ln FE = \left\{ - \left(\beta_f + \sum_j \beta_{jf} \ln x_{ij} + \beta_{ff} \ln f_i \right) \pm \left[\left(\beta_f + \sum_j \beta_{jf} \ln x_{ij} + \beta_{ff} \ln f_i \right)^2 - 2 \beta_{ff} u_i \right]^{0.5} \right\} / \beta_{ff} \quad (5)$$

2.2 Tobit 模型

采用超越对数形式的随机前沿生产函数方法所测得的化肥使用效率取值范围在0~1之间,属于截断变量;在重点分析土地经营规模对化肥使用效率的影响时,为避免估计结果有偏且不一致,因此,本文采用Tobit模型进行回归,并用极大似然法对模型中的参数进行估计。其一般表达式为:

$$y_i = \beta_0 + \beta_i x_i + u_i \quad (6)$$

式中: y_i 为截断因变量,即农户水稻生产中的化肥使用效率; x_i 为影响化肥使用效率的外生因素(包括规模、相对于上一年是否转入土地、规模与相对于上一年是否转入土地的交叉项、水稻单产、年龄、受教育程度、化肥价格); β_0 为常数项; β_i 为回归参数; u_i 为随机扰动项。

3 数据来源、变量选择及描述性统计分析

3.1 数据来源

本文研究区域江苏省为中国第四大稻谷种植区,2016年稻谷产量1931.4万t,占全国总产量的9.33%,且苏南、苏中、苏北区域差异明显,一定程度上可以代表全面的情况。数据来源于2016年江苏

省统计局组织的微观农户调查,该调查的样本覆盖13个地级市,在每个地级市选取3个县(区),每个县(区)随机选择1~3个乡镇,每个乡镇随机选择1~3个农户进行“一对一”访谈式问卷调查。共收集到331份有效问卷,平均经营规模为76亩,其中最小仅为1亩,最大规模为2650亩。

3.2 变量选取与描述性统计分析

(1) 投入产出指标

在生产函数中,产出指标用水稻总产量表示,单位为kg。投入指标主要包括化肥、劳动、土地以及其他中间投入;其中,为避免实际施用的氮、磷、钾肥和复合肥等化肥中有效成分含量不同带来的差异,化肥投入采用折纯量计算;劳动力投入包含水稻生产中的自家劳动和雇佣劳动力总和;土地投入选择农户实际经营的土地面积,包括自家承包地与转入土地;其他中间投入以农户水稻生产中投入的物质费用总价值来表示,包含种子费、水费以及管理费等费用总和。

(2) 化肥使用效率的影响因素指标

为了验证土地经营规模扩张能否提高化肥使用效率,结合江苏地区水稻种植户具体情况,在实证分析中首先选择农户水稻经营规模作为主要解释变量,粮食产量、产值或播种面积等变量可用于表征经营规模^[24,31],考虑到本研究对象为水稻单一品种,播种面积在不同农户间具有较强的代表性,故利用“当年农户水稻的实际播种面积”表示“经营规模”。在数据分析中,主要依据张晓恒等^[32]对中国经营规模分布的统计口径和本文样本特征,将经营规模划分为6个等级,对应的规模区间为: <10亩、[10,30)亩、[30,50)亩、[50,100)亩、[100,200)亩以及≥200亩。由于在农地流转参与背景下经营规模变化对化肥使用效率可能会产生影响,也将“相对于上一年是否转入土地”和“水稻经营规模与相对于上一年农户是否转入土地的交互项”作为主要解释变量。

考虑到经济发展水平的区域差异性,模型以苏南为基础,分别设置了苏中、苏北2个地区虚拟变量,用于反映地区之间的经济发展特征、非农就业特征以及地理位置等方面对化肥使用效率产生的影响。此外,借鉴其他学者的做法和研究成果^[33-35],

2019年7月

水稻单产、户主个体特征(年龄、受教育程度)以及化肥价格也作为影响农户化肥使用效率的因素纳入模型进行分析,其中,将户主的受教育程度划分为5个等级:文盲、小学、初中、高中和大专及以上学历,并以文盲为基础,分别设置了小学、初中、高中和大专及以上学历4个虚拟变量。具体变量说明及描述性统计如表1所示。

(3)样本农户水稻种植规模与化肥施用情况

表2显示,样本农户中,经营规模在10亩以下的农户占比71.3%,50亩以上的农户占19.9%,由此可以看出,样本中稻农多以小规模经营为主。从种植规模来看,10亩以下农户的水稻总面积为996.10亩,约占样本总面积的4.0%,而50亩及以上农户的种植总面积为23504.38亩,约占样本总面积的93.8%。从亩均化肥施用量来看,单位面积化肥投

入随着水稻种植规模扩大呈现“高-低-高”的变化趋势,且施肥强度均已达到国际化肥安全施用上限的2.2倍以上。其中,经营规模在[30,50)亩、[50,100)亩及[100,200)亩区间的农户每亩化肥施用量最低,相较10亩以下的农户分别降低了8.0%、7.8%和7.3%,相较[10,30)亩的农户分别降低了14.4%、14.2%和13.8%。但当经营规模大于等于200亩,亩均化肥施用量又开始升高,相较10亩以下和[10,30)亩的农户分别降低了2.8%、9.6%,比重明显下降。究其原因,在现有的技术和管理水平下,投入土地的数量是相对有限的,超过此限度,将会囿于劳动力短缺等因素,出现报酬递减,进而又会促使农户增加化肥投入。基于以上分析可知,土地经营规模的扩大必须与劳动力和技术等生产要素相匹配,坚持适度原则,防止规模过大造成负面影响。

表1 变量定义及描述性统计

Table 1 Definition and descriptive statistics of variables

变量	变量说明及单位	平均值	标准差
被解释变量			
水稻总产量	农户2016年的水稻总产量/kg	43544.93	147516.10
化肥使用效率	计算值	0.53	0.10
解释变量			
化肥投入量	水稻生产中化肥投入的折纯量/kg	2603.69	8487.73
劳动力投入量	水稻生产中劳动总用工数/人	167.03	487.25
其他中间投入	包括种子费、水费以及管理费等费用总和/元	35415.76	114424.90
水稻单产	kg/亩	595.89	50.38
种植规模	水稻实际种植面积/亩	75.70	253.42
年龄	户主实际年龄/岁	58	9.73
户主受教育程度	0=文盲;1=小学;2=初中;3=高中;4=大专及以上学历	2.35	0.67
化肥价格	农户购买化肥的总费用/化肥折纯量/(元/kg)	4.38	0.45
相对于上一年是否转入土地	1=是;0=否	0.43	0.50
种植规模×相对于上一年是否转入土地	水稻种植规模与相对于上一年是否转入土地的交叉项	67.01	252.37
苏中	1=苏中;其他=0	0.28	0.45
苏北	1=苏北;其他=0	0.38	0.49

表2 样本农户水稻种植规模分布与亩均化肥施用量

Table 2 Distribution of rice planting scale and average fertilizer application amount per mu of surveyed farmers

规模区间	<10亩	[10,30)亩	[30,50)亩	[50,100)亩	[100,200)亩	≥200亩
样本数量/个	236	24	5	14	15	37
平均规模/亩	4.22	14.67	40.84	64.13	124.32	560.59
种植总面积/亩	996.10	352.01	204.20	897.80	1864.80	20741.78
每亩化肥施用量/kg	35.58	38.27	32.74	32.82	32.98	34.60
均超过国际化肥安全施用上限:15 kg/亩						

4 结果与分析

4.1 随机前沿生产函数回归结果与分析

超越对数随机前沿生产函数的参数估计结果(表3)显示,模型中大部分参数都具有统计上的显著性,其中,技术效率损失方差与总方差的比值 γ 为0.979,说明保持现有的农业技术条件和投入要素不变,若消除效率损失,水稻生产技术效率将还有约2.1%的提升空间。

表4为江苏分区域水稻生产中的投入要素产出弹性以及技术效率和化肥使用效率情况。其中,苏南、苏中和苏北地区化肥投入的产出弹性均值几乎为0,这与该地区普遍存在过度或不合理施肥现象有关,说明增加化肥投入已难以促进水稻产量的提升。土地的产出弹性最大,且均值为1.01,即每增加1%种植面积,产量将提高1.01%,与以往的研究结论相一致^[36],表明当前土地投入仍是水稻生产中最重要投入要素,这也为中国鼓励土地流转,扩大经营规模提供了现实证据。劳动的产出弹性系

数为-0.02,即在保持其他投入要素不变的情况下,每增加1%的劳动投入,将会引起水稻产出下降0.02%,这个估算结果与张晓恒等^[24]和冯淑怡等^[37]研究得出的结论相似。可能的原因是主要依靠农业经营收入的小规模农户因非农就业受限,为实现产量最大化,通常不计较劳动成本,投入过多时间到农业生产中,结果导致劳动力投入过剩,劳动的边际产出为负。根据苏南、苏中和苏北地区的化肥、土地和劳动产出弹性,可以计算出3个地区样本农户平均规模报酬分别为0.99、0.99和1,说明苏北、苏南、苏中3个地区水稻种植均呈现规模报酬不变状态,这意味着要素投入与产出同比例变化,但是随着经营规模的变化,农户可能购买的要素价格相对低廉,从而降低单位生产成本,并可能提高农户的总收入水平。

样本农户水稻生产技术效率均值为0.94,表明在现有条件下,技术水平较好,区域差异不大,但仍有改进空间。而化肥使用效率均值仅为0.53,说明

表3 随机前沿生产函数参数估计结果

Table 3 Parameter estimation results of stochastic frontier production function analysis

变量	系数	变量	系数
化肥	-0.886(0.88)	土地平方	0.565*(0.34)
土地	4.571*** (1.65)	土地与劳动力	0.157** (0.07)
劳动力	0.305(0.36)	土地与其他中间投入	-0.626*** (0.21)
其他中间投入	-2.655** (1.14)	劳动力平方	-0.066(0.04)
化肥平方	-0.164(0.15)	劳动力与其他中间投入	0.035(0.06)
化肥与规模	-0.032(0.19)	其他中间投入平方	0.261(0.18)
化肥与劳动力	-0.126** (0.05)	常数项	15.624*** (4.21)
化肥与其他中间投入	0.292** (0.12)	Sigma_v ²	0.002(0.00)
γ	0.979(0.02)	Sigma_u ²	0.091(0.09)
样本量	331	Log likelihood	398.78

注:小括号中数值是标准误;***、**、*分别表示在1%、5%和10%水平下显著。

表4 不同地区技术效率、化肥使用效率及各要素产出弹性

Table 4 Technical efficiency, fertilizer use efficiency, and output elasticity of various factors in different regions

变量	苏南	苏中	苏北	江苏
化肥产出弹性	0.01	0.01	0.00	0.01
土地产出弹性	1.00	1.01	1.02	1.01
劳动产出弹性	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
技术效率	0.92	0.95	0.95	0.94
化肥使用效率	0.51	0.57	0.51	0.53

在维持当前投入与产出水平不变的情况下,若消除效率损失,水稻生产中化肥使用效率尚可提升47%。相比于技术效率,该地区化肥使用效率偏低,约为技术效率的一半,因此可以推断,现阶段农户减少水稻生产中的化肥投入,并不会带来产量的降低,反而有利于提高化肥使用效率。

经简单平均处理,得到了样本农户的技术效率和化肥使用效率频率分布。从表5中可以看出,所

2019年7月

有水稻生产技术效率低的农户化肥使用效率均较低,所有技术效率高的农户中也仅有5%的农户化肥使用效率较高,而大部分农户的化肥使用效率均处于低效率区间。相反,无论农户的化肥使用效率如何,其技术效率值都相对较高。这说明,在现有的生产技术水平下,农户化肥使用效率尚存在较大的提升空间。

4.2 Tobit 模型回归结果与分析

借助 Stata14.0 对 Tobit 模型进行估计,得到了化

肥使用效率的影响结果(表6)。其中,模型2相比较于模型1,加入了规模与是否转入土地的交互项,模型3相比较于模型2,加入了水稻单产变量,用于控制其他不可观测因素对效率的影响,比如土地质量、降水量和农户管理能力等。

(1)从规模变量的回归结果可以看出,农户经营规模扩大会显著降低化肥使用效率。从调查样本来看,30亩是一个明显的临界点,经营面积在30亩以下的农户,亩均施肥量随着规模扩大不断增

表5 技术效率和化肥使用效率分布

Table 5 Distribution of technical efficiency and fertilizer use efficiency

(%)

化肥使用效率	技术效率				
	[0.6, 0.7](N=1)	(0.7, 0.8](N=5)	(0.8, 0.9](N=52)	(0.9, 1.0](N=273)	合计(N=331)
[0.1, 0.2]	0	0	0	0	0
(0.2, 0.3]	0	20	2	0	1
(0.3, 0.4]	0	40	21	8	10
(0.4, 0.5]	0	20	46	29	31
(0.5, 0.6]	0	20	29	37	35
(0.6, 0.7]	100	0	2	21	18
(0.7, 0.8]	0	0	0	4	4
(0.8, 0.9]	0	0	0	1	1
(0.9, 1.0]	0	0	0	0	0
合计	100	100	100	100	100

注: N为样本数。

表6 Tobit 模型估计结果

Table 6 Estimation results of Tobit model

解释变量	模型1		模型2		模型3	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
规模	-0.0001***	0.0000	-0.0004***	0.0001	-0.0003***	0.0001
是否转入土地	-0.0514***	0.0099	-0.0579***	0.0101	-0.0510***	0.0092
规模×是否转入土地			0.0003***	0.0001	0.0002**	0.0001
水稻单产					0.0008***	0.0001
年龄	-0.0017***	0.0005	-0.0016***	0.0005	-0.0012**	0.0005
小学相对文盲	-0.0757	0.0628	-0.0797	0.0622	-0.0953*	0.0563
初中相对文盲	-0.0863	0.0600	-0.0882	0.0594	-0.1140**	0.0539
高中相对文盲	-0.0979	0.0603	-0.1021*	0.0597	-0.1288**	0.0542
大专及以上相对文盲	-0.0751	0.0653	-0.0819	0.0647	-0.1203**	0.0587
化肥价格	0.0016	0.0104	-0.0011	0.0103	0.0040	0.0094
苏中相对于苏南	0.0607***	0.0120	0.0559***	0.0120	0.0320***	0.0113
苏北相对于苏南	0.0048	0.0114	0.0002	0.0114	-0.0256**	0.0107
常数项	3.8865***	1.0510	3.7332***	1.0419	2.4884**	0.9549
似然比检验	149.34		156.13		221.67	
观测量	331		331		331	

注: **、*、*分别表示在1%、5%和10%水平下显著。

加。原因是对于小规模农户来说,规模扩大带来的收益远低于从事非农产业收入,为实现自身利润最大化,他们会更多地通过增加化肥施用量来减少农业劳动投入,从而增加非农工作时间;另外还受到农业经营能力限制,经营规模小的农户在扩大种植规模后使得农业精耕细作优势丧失,造成田间管理与施肥不及时,呈现粗放式经营,进而降低化肥实际有效施用量和使用效率。

(2)是否转入土地变量的系数显著为负,表明农户转入土地会降低化肥使用效率。这与农户区别对待转入土地和自有土地有关。化肥作为促进水稻生长的重要投入要素,农户会在转入土地上增施化肥来提高单产,进而导致过度施肥。而规模与是否转入土地的交互项对化肥使用效率具有明显的正向影响,并在5%水平下显著,可见规模扩张前经营规模较大的农户在转入土地后能显著提高化肥使用效率。一方面经营规模较大的农户掌握科学的施肥方法、拥有较强的专业技能,能合理配置各项生产要素,从而提高化肥使用效率;另一方面经营规模较大的农户继续扩张土地成为规模经营户后,亩均分摊的农用机械、灌溉水井等设施固定成本降低,故出于规模经济效应激励,农户更愿意进一步改进生产条件和采用新技术,以寻求最佳经营效益,因此在很大程度上也提高了化肥使用效率^[9]。

(3)其他控制变量中,水稻单产和化肥使用效率之间具有显著的正相关关系,意味着土壤质量、降水量以及农户经营管理能力的改善将有利于提高化肥使用效率。户主年龄对化肥使用效率具有显著的负向影响,亦即是,户主年龄的增长会导致化肥使用效率降低,这与黎孔清等^[38]的研究结论一致。因为水稻生产中,施肥、喷药等田间管理环节对劳动力的需求很大,而随着户主年龄增加,体力越来越受限,因而他们将会用更多的化肥替代劳动,结果导致化肥使用效率下降。值得注意的是,模型2中,高中相对文盲的农户化肥使用效率显著降低,这一结果似乎不符合常理。可能的原因是农户受教育程度越高,对化肥作用的认可度越高,通过增加化肥投入来提高产量的意识也就越强,从而在一定程度上造成化肥施用过量,导致使用效率降低。相比较于苏中地区,苏南的化肥使用效率显著

偏低,这是因为苏南地区经济水平发达,非农就业机会较多,农户兼业程度较高,对土地的依赖减弱,为节省人力,更倾向密集投入化肥要素^[39]。苏北与苏南相比化肥使用效率无差异,均低于苏中地区(表4、表6),原因是苏北相对于苏中来说,家庭成员外出务工比例较高,造成田间缺乏管理,施肥不及时,而农业生产又具有很强的季节性,错过最佳施肥时间,将会降低使用效率,同时,受经济利益驱使,在外务工的农户为了节省农业劳动时间,倾向于采用“一炮轰”的施肥方式,即一次性多施点肥,其余时间就不管了,由此严重阻碍了化肥使用效率的提高^[40,41]。

5 结论与启示

本文以江苏省水稻种植户的调查数据为基础,首先运用超越对数生产函数测算出农户的化肥使用效率,进一步采用Tobit模型重点探讨土地经营规模与化肥使用效率之间的关系。研究结果表明:无论是经济发展水平较好的苏南、苏中地区还是经济发展水平相对欠佳的苏北地区都存在过量施肥现象,且化肥使用效率均值仅为0.53,化肥浪费和面源污染现象较严重。土地经营规模是化肥使用效率的重要影响因素,适度规模经营有助于缓解农户过度施肥,提高化肥使用效率。总的来说,江苏省化肥使用效率偏低,但在一定条件下扩大经营规模有助于化肥使用效率的提高。

基于以上研究结论,可以得到如下政策启示:一是促进分工经济下农户化肥施用成本降低。要充分利用社会分工,促进农业生产性服务组织发展,引导小规模农户主动吸纳施肥环节的外包服务,降低农户化肥施用的劳动力成本,有效减少“一次多量”的倾向。二是加强精准施肥技术推广,降低农户“非意愿性”过度施肥。政府应积极推进农业科技进步,全面推进测土配方施肥,加快实施化肥减量替代计划,大力宣传科学施肥相关知识,开展科学施肥培训,提升农户科学施肥意识和水平,进而优化施肥结构,改进施肥方式,提高化肥使用效率。三是充分发挥规模经济效应。适应现代农业发展趋势,尊重农户意愿,积极引导土地流转,推进适度规模经营。创新土地流转形式,强化农地流转的政策激励,激发农户土地流转动力。提高农户

2019年7月

自身经营管理能力,改善区域基础设施条件等,引导农户开展适度规模经营。

参考文献(References):

- [1] 冯海发. 推动乡村振兴应把握好的几个关系[J]. 农业经济问题, 2018, (5): 4-7. [Feng H F. Promote rural revitalization should grasp several relations[J]. Issues in Agricultural Economy, 2018, (5): 4-7.]
- [2] 高宏伟. 农业生态安全视角下的农村土地流转分析[J]. 经济问题, 2015, (2): 105-108. [Gao H W. The analysis of the rural land circulation on the view of agricultural ecological security perspective[J]. On Economic Problems, 2015, (2): 105-108.]
- [3] 王宝义, 张卫国. 中国农业生态效率测度及时空差异研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(6): 11-19. [Wang B Y, Zhang W G. A research of agricultural eco-efficiency measure in China and space-time differences[J]. China Population, Resources and Environment, 2016, 26(6): 11-19.]
- [4] Huang J K, Hu R F, Cao J M, et al. Training programs and in-the-field guidance to reduce China's overuse of fertilizer without hurting profitability[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2008, 63(5): 165A-167A.
- [5] 殷小菲, 刘友兆. 农户参与耕地质量保护行为及其影响因素: 以江苏省镇江市丹徒区为例[J]. 水土保持通报, 2015, (3): 317-324. [Yin X F, Liu Y Z. Behaviors and its influencing factors of peasant household to participate in protection of cultivated land quality: A case study in Dantu District, Zhenjiang City, Jiangsu Province[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2015, (3): 317-324.]
- [6] 国家统计局. 中国统计年鉴[J]. 北京: 中国统计出版社, 1980-2016. [National Bureau of Statistics. China Statistical Yearbook[J]. Beijing: China statistics Press, 1980-2016.]
- [7] 张艳, 于汶加, 陈其慎, 等. 化肥消费规律及中国化肥矿产需求趋势预测[J]. 资源科学, 2015, 37(5): 977-987. [Zhang Y, Yu W J, Chen Q S, et al. Fertilizer consumption rule and prediction of China's fertilizer-related resource minerals demand[J]. Resources Science, 2015, 37(5): 977-987.]
- [8] 张灿强, 杜珉, 刘锐, 等. 农户生产行为的资源环境影响及相关对策建议: 基于对全国棉农的问卷调查[J]. 经济研究参考, 2015, (28): 82-86. [Zhang C Q, Du M, Liu R, et al. Resource and environmental impacts of farmers' production behavior and relevant countermeasures suggestions: Based on questionnaire survey of national cotton farmers[J]. Review of Economic Research, 2015, (28): 82-86.]
- [9] 谭秋成. 作为一种生产方式的绿色农业[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(9): 44-51. [Tan Q C. Green agriculture as a production mode[J]. China Population, Resources and Environment, 2015, 25(9): 44-51.]
- [10] Foster A D, Rosenzweig M R. Are there too Many Farms in the World? Labor-Market Transaction Costs, Machine Capacities and Optimal Farm Size[R]. NBER Working Paper No. 23909, 2017.
- [11] 农业部. 印发《耕地质量保护与提升行动方案》的通知[EB/OL]. (2015-10-28) [2019-01-02]. <http://www.doc88.com/p-2939723036398.html>. [Ministry of Agriculture. Action Plan for Cultivated Land Quality Protection and Promotion[EB/OL]. (2015-10-28) [2019-01-02]. <http://www.doc88.com/p-2939723036398.html>.]
- [12] 农业部经济体制与经济管理司. 当前农村经济管理基本情况[EB/OL]. (2018-01-05) [2019-01-02]. http://www.jgs.moa.gov.cn/tjxsxxh/201801/t20180105_6134218.htm. [Department of Economic System and Management, Ministry of Agriculture. Current Basic Situation of Rural Economic Management[EB/OL]. (2018-01-05) [2019-01-02]. http://www.jgs.moa.gov.cn/tjxsxxh/201801/t20180105_6134218.htm.]
- [13] 蔡颖萍, 杜志雄. 家庭农场生产行为的生态自觉性及其影响因素分析: 基于全国家庭农场监测数据的实证检验[J]. 中国农村经济, 2016, (12): 33-45. [Cai Y P, Du Z X. Ecological consciousness of family farm production behavior and its influencing factors: An empirical test based on national family farm monitoring data[J]. Chinese Rural Economy, 2016, (12): 33-45.]
- [14] 张聪颖, 霍学喜. 劳动力转移对农户测土配方施肥技术选择的影响[J]. 华中农业大学学报, 2018, (3): 65-72. [Zhang C Y, Huo X X. Impact of labor transfer on farmers' choice of soil testing formulated fertilization[J]. Journal of Huazhong Agriculture University, 2018, (3): 65-72.]
- [15] 仇焕广, 刘乐, 李登旺, 等. 经营规模、地权稳定性与土地生产率: 基于全国4省地块层面调查数据的实证分析[J]. 中国农村经济, 2017, (6): 30-43. [Qiu H G, Liu L, Li D W, et al. Farm size, tenure security and land productivity: An empirical study based on plot-level survey data from four provinces in China[J]. Chinese Rural Economy, 2017, (6): 30-43.]
- [16] 占辉斌, 胡庆龙. 农地规模、市场激励与农户施肥行为[J]. 农业技术经济, 2017, (11): 72-79. [Zhan H B, Hu Q L. Agricultural land scale, market incentives and farmer fertilization behavior[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2017, (11): 72-79.]
- [17] 徐志刚, 张骏逸, 吕开宇. 经营规模、地权期限与跨期农业技术采用: 以秸秆直接还田为例[J]. 中国农村经济, 2018, (3): 61-74. [Xu Z G, Zhang J Y, Lv K Y. The scale of operation, term of land ownership and the adoption of inter-temporal agricultural technology: An example of "straw return to soil directly"[J]. China Rural Economy, 2018, (3): 61-74.]
- [18] 孟现芳. 机械深松对农业粮食增产的必要性分析[J]. 中国农业信息, 2016, (5): 89-90. [Meng X F. Analysis of the effect of mechanical subsoiling on the increase of grain production[J]. China Agricultural Information, 2016, (5): 89-90.]
- [19] Wu Y Y, Xi X C, Tang X, et al. Policy distortions, farm size, and the overuse of agricultural chemicals in China[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,

- 2018, 115(27): 7010-7015.
- [20] 胡浩, 杨泳冰. 要素替代视角下农户化肥施用研究: 基于全国农村固定观察点农户数据[J]. 农业技术经济, 2015, (3): 84-91. [Hu H, Yang Y B. Study on fertilizer application of farmers under the perspective of factor substitution: farmers' data based on national rural fixed observation points[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2015, (3): 84-91.]
- [21] 吴丽丽, 李谷成, 周晓时. 要素禀赋变化与中国农业增长路径选择[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(8): 144-152. [Wu L L, Li G C, Zhou X S. Change of factor endowments and China agricultural growth path selection[J]. China Population, Resources Environment, 2015, 25(8): 144-152.]
- [22] 葛继红, 周曙东. 要素市场扭曲是否激发了农业面源污染: 以化肥为例[J]. 农业经济问题, 2012, 33(3): 92-98. [Ge J H, Zhou S D. Does factor market distortions stimulate the agricultural non-point source pollution? A case study of fertilizer[J]. Issues in Agricultural Economy, 2012, 33(3): 92-98.]
- [23] 刘琦, 赵明正. 农业现代化进程中农业要素使用强度变化规律研究: 基于全球29个主要农业国家的国际经验[J]. 农业经济问题, 2018, (3): 23-32. [Liu Q, Zhao M Z. Study on the change law of agricultural element use intensity in the process of agricultural modernization: Based on the international experience of 29 major agricultural countries in the world[J]. Issues in Agricultural Economy, 2018, (3): 23-32.]
- [24] 张晓恒, 周应恒, 严斌剑. 农地经营规模与稻谷生产成本: 江苏案例[J]. 农业经济问题, 2017, 38(2): 48-54. [Zhang X H, Zhou Y H, Yan B J. Farm size and rice production cost: A case study in Jiangsu Province[J]. Issues in Agricultural Economy, 2017, 38(2): 48-54.]
- [25] 张聪颖, 畅情, 霍学喜. 适度规模经营能够降低农产品生产成本吗: 基于陕西661个苹果户的实证检验[J]. 农业技术经济, 2018, (10): 26-35. [Zhang C Y, Chang Q, Huo X X. Can the moderate-scale management really reduce the production costs of agricultural products: An empirical analysis based on 661 Shanxi apple farmers[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2018, (10): 26-35.]
- [26] Reinhard S, Thijssen G. Econometric estimation of technical and environmental efficiency: an application to Dutch dairy farms[J]. American Journal Agricultural Economics, 1999, 81(1): 44-60.
- [27] Zhou Y H, Zhang X H, Tian X, et al. Technical and environmental efficiency of hog production in China - A stochastic frontier production function analysis[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2015, 14(6): 1069-1080.
- [28] Meeusen W, Broeck J V D. Efficiency estimation from cobb-Douglas production functions with composed error[J]. International Economic Review, 1977, 18(2): 435-444.
- [29] Aigner D, Lovell C A K, Schmidt P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models[J]. Journal of Econometrics, 1977, 6(1): 21-37.
- [30] 张晓恒, 周应恒, 张蓬. 中国生猪养殖的环境效率估算: 以粪便中氮盈余为例[J]. 农业技术经济, 2015, (5): 92-102. [Zhang X H, Zhou Y H, Zhang P. Estimation of environmental efficiency of pig breeding in China: Taking nitrogen surplus in feces as an example[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2015, (5): 92-102.]
- [31] 纪月清, 顾天竹, 陈奕山, 等. 从地块层面看农业规模经营: 基于流转租金与地块规模关系的讨论[J]. 管理世界, 2017, (7): 65-73. [Ji Y Q, Gu T Z, Chen Y S, et al. Agricultural scale management from the perspective of land parcels: Discussion on the relationship between circulation rent and land size[J]. Management World, 2017, (7): 65-73.]
- [32] 张晓恒, 周应恒. 农户经营规模与效率水平不匹配对水稻生产成本的影响[J]. 中国农村经济, 2019(2): 81-97. [Zhang X H, Zhou Y H. The impact of the mismatch of farm size and efficiency on rice production cost[J]. Chinese Rural Economy, 2019, (2): 81-97.]
- [33] 诸培新, 苏敏, 颜杰. 转入农地经营规模及稳定性对农户化肥投入的影响: 以江苏四县(市)水稻生产为例[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2017, 17(4): 85-94. [Zhu P X, Su M, Yan J. Impact of farmland scale and stability on fertilizer input: Taking rice production of four counties of Jiangsu Province[J]. Journal of Nanjing Agricultural University(Social Sciences Edition), 2017, 17(4): 85-94.]
- [34] Wu Y R. Chemical fertilizer use efficiency and its determinants in China's farming sector[J]. China Agricultural Economic Review, 2011, 3(2): 117-130.
- [35] 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. [Shi C L, Zhu J F, Luan J. Analysis on the efficiency of wheat fertilizer input and its influencing factors in China: Based on the empirical study of 15 major wheat producing provinces in China[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2015, (11): 69-78.]
- [36] 许庆, 尹荣梁, 章辉. 规模经济、规模报酬与农业适度规模经营: 基于我国粮食生产的实证研究[J]. 经济研究, 2011, 46(3): 59-71. [Xu Q, Ying R L, Zhang H. Economies of scale, scale return and moderate scale operation of agriculture: An empirical study based on grain production in China[J]. Economic Research Journal, 2011, 46(3): 59-71.]
- [37] 罗小娟, 冯淑怡, 黄挺, 等. 测土配方施肥项目实施的环境和经济效益评价[J]. 华中农业大学学报, 2014, (1): 86-93. [Luo X J, Feng S Y, Huang T, et al. Assessment on environmental and economic effects of formula fertilization by soil testing project[J]. Journal of Huazhong Agriculture University, 2014, (1): 86-93.]
- [38] 黎孔清, 马豆豆. 生态脆弱区农户化肥减量投入行为及决策机制研究: 以山西省4县421户农户为例[J]. 南京农业大学学报, 2018, 18(5): 138-145. [Li K Q, Ma D D. Study on farmers' fertilizer reduction and input behavior and decision mechanism in ecologically vulnerable areas: A case study of 421 farmers in 4 counties of Shanxi Province[J]. Journal of Nanjing Agriculture University,

2019年7月

- 2018, 18(5): 138–145.]
- [39] 王雪琪, 邹伟, 朱高立, 等. 地方政府主导农地流转对农户转入规模与粮食单产的影响: 以江苏省五地市为例[J]. 资源科学, 2018, 40(2): 326–334. [Wang X Q, Zou W, Zhu G L, et al. The impact of local government-dominated farmland transfer on farmer's transfer scale and grain yield in five cities in Jiangsu[J]. Resources Science, 2018, 40(2): 326–334.]
- [40] 张永强, 蒲晨曦, 王珏, 等. 化肥投入效率测度及归因: 来自20个玉米生产省份的面板证据[J]. 资源科学, 2018, 40(7): 1333–1343. [Zhang Y Q, Pu C X, Wang Y, et al. The efficiency estimation of fertilizer input and attribution: Panel evidence from 20 corn producing provinces[J]. Resources Science, 2018, 40(7): 1333–1343.]
- [41] 纪月清, 张惠, 陆五一, 等. 差异化、信息不完全与农户化肥过量施用[J]. 农业技术经济, 2016, (2): 14–22. [Ji Y Q, Zhang H, Lu W Y, et al. Differentiation, incomplete information and excessive application of fertilizer to farmers[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2016, (2): 14–22.]

Effects of land management scale on fertilizer use efficiency: Taking Jiangsu as an example

ZOU Wei, ZHANG Xiaoyuan

(College of Public Administration, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Moderate management scale is an inexorable trend of modern agriculture development. Examining the effect of management scale on fertilizer use efficiency and whether moderate management scale can improve fertilizer use efficiency and realize zero growth of fertilizer application is of great significance for promoting sustainable development. Based on farm-level data collected from Jiangsu Province and a stochastic production frontier model, this study estimated the fertilizer use efficiency and the elasticities of land, fertilizer, and labor with respect to output. Furthermore, this study adopted the Tobit model to estimate the main factors influencing fertilizer use efficiency. The empirical results show that the average fertilizer use efficiency was 0.53 in Jiangsu, implying that about 47% fertilizer was not effectively absorbed by crops. Farm size has significantly different impacts on fertilizer use efficiency, expansion of large-scale farms would increase fertilizer use efficiency, whereas expansion of small-scale farms would decrease fertilizer use efficiency, which would result in a serious waste of fertilizer. In general, the fertilizer use efficiency of Jiangsu Province is generally low, but expanding the scale of operation will help to improve the fertilizer use efficiency under certain conditions. Based on these results, we conclude that it is necessary to promote the reduction of farmers' fertilizer use costs through the economy of scale and division of labor, guide small-scale farmers to outsource services in the fertilization process, thus reducing the once for all and over-fertilization tendency; promote precision fertilization technology by local governments to reduce the unintended excessive fertilization of farmers; and make full use of the scale of economy effects and further promote appropriate scale management.

Key words: farm size; transfer-in land; fertilizer use efficiency; stochastic frontier production functions; Jiangsu Province