

农业规模经营真的有助于化肥减量吗? ——来自荟萃分析的证据

谢琳¹ 廖佳华² 张禹欣² 胡新艳^{1*}

(1. 华南农业大学 国家农业制度与发展研究院, 广州 510642;

2. 华南农业大学 经济管理学院, 广州 510642)

摘要 旨在利用荟萃分析的研究方法,分析农业经营规模与化肥施用强度之间的关系,以及导致现有实证文献研究结果异质性的原因。结果表明:1)农业经营规模与化肥施用强度之间存在微弱的负相关关系;2)这种负相关关系受到农户受教育程度、年龄、研究所在国别和研究时间等因素的显著影响,即这4种因素是现有实证文献研究结果异质性的来源。综上,从现有的实证文献来看,农业规模经营确实有助于化肥减量化,但仍然需要深入讨论其调节变量的隐性作用机制。

关键词 农业规模经营; 化肥施用强度; 荟萃分析; 荟萃回归分析

中图分类号 F301.2

文章编号 1007-4333(2020)11-0172-14

文献标志码 A

Does agricultural scale management help reduce fertilizer use? Evidence from meta-analysis

XIE Lin¹, LIAO Jiahua², ZHANG Yuxin², HU Xinyan^{1*}

(1. National School of Agricultural Institution and Development, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2. School of Economics & Management, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract The purpose of this paper was to determine whether big farm contributes to fertilizer reduction, and to identify sources that lead to heterogeneity of research results in the existing empirical literature by meta-analysis. The results showed that: 1) There was a weak negative correlation between the farm size and the intensity of fertilizer use; 2) The empirical findings of this negative correlation were significantly affected by the degree of education of farmers, age, research country, and time of the research published. The four factors were relevant sources of heterogeneity of the existing empirical literature research results. In conclusion, agricultural scale management does contribute to reduce fertilizer, but the recessive mechanism of its regulatory variables still needs to be discussed in depth.

Keywords agricultural scale management; fertilizer use intensity; meta-analysis; meta-regression analysis

作为世界上最大的化肥消费国,中国存在严重的化肥过量施用问题^[1]。在中国农业向规模经营与绿色经营“双转型”的背景下,经营规模与化肥施用强度之间的关系成为许多研究者关注的焦点问题。但是,已有研究的结论却往往并不一致:大量基于中

国的研究认为,经营规模和化肥施用强度之间存在负向相关关系,即规模经营有助于化肥减量化^[2-7]。然而,也有研究显示经营规模和化肥施用强度之间的关系并不显著^[8-10],甚至有研究表明两者之间存在正向相关关系^[11-14]。基于其他发展中国家数据的

收稿日期:2020-06-04

基金项目:国家社会科学基金重大项目(19ZDA115);国家自然科学基金青年项目(71703041);广东省社科基金项目(GD19CYJ15);广东省教育厅创新团队项目(2017 WCXTD001)和广东省普通高校重点研究项目(2019 WZDXM008)

第一作者:谢琳,副教授,E-mail:xielin83@163.com

通讯作者:胡新艳,教授,主要从事产业经济与制度经济研究,E-mail:huxyan@scau.edu.cn

实证研究也表明：经营规模和化肥施用强度之间存在正向相关关系^[15-17]。究其原因，可能在于已有研究的取样多数只限于某一地，或某一作物，减弱了研究结论的普适性。事实上，各类情境因素均会影响到变量之间相关关系程度，甚至符号方向^[18]。因此，不同甚至矛盾的研究结论可能源于不同的情境因素。为此，学术界仍然有待厘清以下 2 个问题：

- (1) 农业规模经营真的有助于降低化肥施用强度吗？
- (2) 两者之间的关系受到哪些情境因素的影响？

作为一种文献综述方法，荟萃分析已由最初的医学领域拓展至经济学和管理学等多个学科领域^[19-20]。传统文献综述方法整理以往研究文献得出结论，但作为定性研究，其自身会存在不足，如研究者的主观意识对所得结论有较大影响，而且在综述过程中往往会忽视所得结论是否具有统计意义^[21]。荟萃分析为定量研究方法，能弥补传统叙述性文献综述上述的不足，即通过量化文献，得到更为客观准确的结论。而且荟萃分析以及由其衍生出的荟萃回归分析技术不仅可以评估变量之间的关系及其强度，还能探寻变量关系中的调节变量。如果现有研究中经营规模和化肥施用强度之间的关系在不同样本之间存在差异，且这些样本在某些特质方面存在不同，那么这些样本特质就可以成为两者之间关系的调节变量^[22]。鉴于此，本研究基于荟萃分析技术，评估农业经营规模和化肥施用强度之间的真实相关性，并进一步利用荟萃回归分析方法深入探究种植结构、教育、年龄、国别和时间等潜在调节变量的作用。

1 关于农业规模经营的化肥减量效应的争论

自 Feder 等^[23]识别出规模经营是决定发展中国家农户化肥施用行为的关键因素之一以来，规模经营的化肥减量效应引起了众多研究者的注意。针对中国情境，许多研究认为随着经营规模的扩大，中国农户的化肥施用强度也随之降低。蔡颖萍和杜志雄^[2]基于 1 322 个家庭农场的问卷指出，大型家庭农场更容易应用测土施肥技术，因此化肥施用水平更低。他们还认为，大型家庭农场存在样本选择问题，即那些拥有更高社会责任和现代思维的农户更可能成为大型农场主，并进一步使得这些农场主减少施用对环境有害的化肥。而且，随着经营规模的扩大，大型家庭农场因考虑成本控制而加大应用先进科学和管理技术力度，进而降低化肥施用强度。

Zhang 等^[3]基于湖北省梁子湖区的 300 户农户调查数据也发现，化肥施用强度与经营规模存在负向相关关系，其中那些经营规模较小的农户倾向于寻找非农就业机会，在农业生产中花费更少的时间，因此忽视了先进施肥技术在农业生产中的应用，并由此导致更高的化肥施用强度。这与 Wu 等^[4]使用浙江大学“中国家庭数据库”的实证研究结果一致。此外，还有很多实证研究表明经营规模与化肥施用强度之间存在负向相关关系^[5-7]，说明化肥施用存在“规模经济”效应。

然而，一些实证研究却发现经营规模与化肥施用强度之间存在正向相关关系。杨钢桥和靳艳艳^[11]研究指出，大型农场的经营目标已经从生存需求转向追逐利润，由此导致化肥施用强度的增加。徐卫涛等^[12]基于 375 户农户调查问卷数据的实证研究发现，在农业技术推广缺失的中国农村地区，播种面积更大的农户更可能增加化肥施用强度。田云等^[13]发现，经营规模越大，农户越不可能以低于标准或按标准施肥。当经营规模扩大时，农户将通过加大化肥的投入以获得更多的收益。Hu 等^[14]则从化肥施用效率出发，基于 2004—2006 年 4 281 户农户调查数据的实证分析得出，经营面积最小的农户群体的化肥施用效率最高，从侧面说明经营规模越大，化肥的施用强度越大。此外，也有研究认为，经营规模与化肥施用强度之间并没有显著相关关系^[8-10]。

2 引起争论的原因：调节作用分析

现有文献关于经营规模与化肥施用强度之间的关系并未得出统一的结论，究其原因，可能在于不同研究存在异质性因素：某些调节变量会影响经营规模与化肥施用强度之间的关系，由此导致两者之间的关系在不同样本之间存在差异。首先，现有研究已经表明不同的作物所要求的化肥施用量不同^[24]，那么经营规模与化肥施用强度之间的关系可能受种植结构的影响；其次，农户的知识、经验对于农户规模经营的能力和化肥施用行为密切相关^[2]，因而农户的受教育程度和年龄等人力资本特征也可能是重要的异质性来源。此外，每个不同研究都存在各种特定的情境因素，如研究的地点、时间等^[18]，因而研究的国别和时间也可能是潜在异质性的来源。现有关于经营规模与化肥施用强度之间关系的研究多数报告了种植的作物品种、农户受教育程度、农户年

龄、研究所在国别和研究时间等信息,为荟萃分析探讨调节作用提供了可能性,因而本研究将这些变量作为调节作用分析的重点。

2.1 种植结构的调节效应

经济作物的经济价值比粮食作物大。受潜在产出价值增加等心理预期的激励,农户对经济作物的化肥施用强度要显著高于主粮作物^[5]。实证研究也表明,经济作物的化肥施用量普遍高于粮食作物^[24]。实践中,经济作物播种面积比例的逐步增长,是导致中国化肥施用强度增加的重要原因^[25-27]。以经济作物苹果为例,农民会通过增加化肥投入以获得更大的产量来提高收入^[7]。因而,种植结构的变化会导致化肥施用强度的变化^[28]。纪月清等^[29]基于中国农村固定观察点的农户调查数据也发现,种植的作物不同,经营规模与化肥施用强度的关系也不同。Rahman^[30]基于孟加拉国17个地区的2 083户农户数据的实证研究同样表明,经营规模与化肥施用强度之间的关系受农作物种植品种的影响。

2.2 农户受教育程度的调节效应

人力资本积累是现代农业发展的重要前提^[31]。发展中国家的农民普遍欠缺农业化学投入品施用知识,因此较难按要求施用^[1,32]。诸多基于中国数据的研究发现,农民缺乏科学知识是导致化肥滥用的关键原因之一^[1,33]。而农资市场的差异化发展更是加重了这种趋势^[29]。

农技推广体系的商业化浪潮使得其难以提供合适的农业技术培训^[1,4],因此农民自身的教育水平显得更为重要。研究表明,受教育程度较高的农民知识储备丰富,更注重施肥效果^[34];懂得更多合理施肥的知识与技术要点^[35];接受新事物的能力较强,见识与视野更广阔,更有远见,更愿意选择生态生产行为,并通过减少化肥投入强度来保护耕地质量与农村环境^[2]。相反,教育程度较低的农户缺乏基本知识,仅靠务农经验耕作,不愿接受外界新的信息,也不愿学习节肥技术等科学种植技术^[36],追求眼前小利,往往通过增加化肥的施用来获取更多收益^[37]。多项实证研究也表明,农户受教育程度与化肥施用强度之间存在负向相关关系^[2,35,38-39]。和小农户相比,大规模农场更容易应用现代施肥农业技术^[4]。如水肥一体化、无人机施肥技术都对经营规模提出了要求。那么,高人力资本的优势在大规模农场能够获得更好的发挥,即教育能够帮助大农户

更好地实现化肥减量化。

2.3 农户年龄的调节效应

在中国,农户的施肥行为是一个相对稳定的经验行为,很少存在恶意增大化肥投入的现象^[5]。随着年龄的增长和务农年限的增加,农户可以积累更多农业经验,能更好地判断作物对化肥的要求并合理施肥^[13]。由于农户认知与经验的积累,他们更容易接受新颖的农业技术,更愿意采用现代施肥技术^[40]。在其他发展中国家,Fufa等^[41]基于埃塞俄比亚农户调查数据的实证研究表明,农户年龄是影响化肥施用强度的重要因素。随着年龄的增长,农民对新兴技术有更多的了解,能有效率地使用新技术来减少化肥投入。Akpan等^[42]基于尼日利亚农户调查数据的研究同样发现,化肥施用强度随农户年龄增加而减少。可见,农户年龄不同,会对规模经营与化肥减量化行为之间的关系产生影响,导致实证结果的异质性。

2.4 国别的调节效应

发展中国家的农业大都以小农户经营为主^[23]。但中国与许多发展中国家不同:中国的农业技术相对先进,市场上化肥供应充足,价格相对低廉。在劳动力成本不断攀升的情况下,中国农民普遍存在化肥滥用问题。来自FAO的数据显示,中国已经成为世界上最大的化肥和农药消费国,2016年,中国大陆的氮肥、磷肥和钾肥施用量分别占全球的27.647%、32.230%和35.428%,氮肥、磷肥、钾肥施用强度分别为138.64、49.81和38.22 kg/hm²,分别是同期全球水平的2.01倍、1.63倍和1.57倍^[5]。这与其他发展中国家化肥短缺,小农户化肥施用量不够甚至少施化肥的情况形成了鲜明的对比,如撒哈拉以南非洲地区2005—2014年平均化肥消耗量14 kg/ha²,而全球为127 kg/ha²^[43],差距十分明显。实际上,早期关于发展中国家农户化肥施用行为的研究是在“绿色革命”的背景下进行的,认为农户采纳化肥技术是其接受现代农业技术的重要表现方式。许多来自诸如泰国、埃塞俄比亚和肯尼亚等发展中国家的研究表明,经营规模与化肥采纳之间存在正向相关^[15-17]。在这些较落后的发展中国家,较大的农场可能无需依赖信贷计划就有较多现金购买化肥并投入农业生产^[16],而普通小农户则因信贷约束缺乏资金购买。因此农户的农地规模越大,其获得并使用化肥的能力越强。可见,其他发展中国家和中国农业生产中化肥施用的出发点是不同

的,前者仍然希望通过“绿色革命”来提高农业生产率,而中国农业则向化肥减量化发展阶段转型。

一些发达国家的经验也可以在侧面印证上面的问题。许多发达国家的农业集约化发展早于发展中国家,自 20 世纪 80 年代末以来,欧美发达国家开始重视对农业面源污染的研究和治理,积极开展化肥减量化行动,降低化肥施用强度^[44]。Wu 等^[4]研究也发现,化肥施用与经济增长的环境库兹涅茨曲线(EKC)一致,化肥施用强度会随人均 GDP 的提高先增加再减少,呈倒 U 型变化趋势,即人均 GDP 较高的国家,农业科学技术与专业管理的广泛应用有助于提高化肥施用效率。可见,国别不同,处于不同经济发展阶段的农业政策也会导致规模经营的化肥减量效应出现差异。

2.5 研究时间点的调节效应

本研究纳入荟萃分析的文献的时间跨度长达 35 年,在此期间农业生产条件发生了巨大变化。以中国为例,早期在土壤质量条件较低与向地要粮的时代背景下,中国制定的化肥施用标准高于世界标准^[5],期望通过化肥施用弥补农地质量的不足。在过去的几十年里,中国逐步建立起较为完整的化肥工业体系,化肥施用量直线上升。然而,随着科学技术的发展,农业生产要求机械化、专业化和科学化,化肥的施用也更追求合理化、科学化和环境保护。为此,中国出台了多项政策,以推动化肥减量化。随着时间推移,各国的化肥施用政策在不断改变,农民也会根据政策环境的变化对其化肥施用行为进行调整。这意味着,农户的化肥施用行为还可能受到时间因素的影响。尤其是经营规模更大的农户,其人力资本水平更高,且更具社会责任和现代思维,因而更容易接受最新的施肥技术和政策^[2],那么,随着时间的推移,不同经营规模的农户的施肥行为变化幅度也将不同。

3 研究方法

3.1 文献搜索

为确保数据的准确性与完整性,本研究较为全面地搜索了中文和英文文献。中文文献主要通过中国知网(CNKI)期刊数据库、中国优秀硕士学位论文全文数据库、中国博士学位论文全文数据库、维普数据库、万方数据库进行搜索。中文文献搜索关键词包括化肥施用行为、经营规模、化肥投入水平和农业化学品使用等。英文文献主要在 Springer Link、

Elsevier Science、EBSCO-ASP 综合学科研究文献全文库、Emerald 期刊全文库、Wiley-Black-Well、ProQuest 期刊全文库与 ProQuest 硕博士论文全文数据库和 Google scholar 中搜索,英文文献搜索关键词为 farm size and fertilizer、chemical fertilizer use、determinants of fertilizer use、fertilizer application intensity、fertilizer use strength 和 influencing factors of fertilizer use 等。为了避免文献遗漏,本研究还对搜索到的相关文献的参考文献进行第二次搜索,即对样本文献中所有涉及研究主题的中英文参考文献进行手工搜索,确保样本文献的全面性。

3.2 文献筛选

结合研究主题和荟萃分析方法的要求,纳入本研究荟萃分析的文献符合以下条件:(1)必须包含农业经营规模与化肥施用强度等 2 个变量。(2)必须是实证研究,排除纯理论与文献综述类文献,并在论文中报告了样本量、相关系数或者其他可转换为效应值的数据指标。(3)各研究之间的样本必须是独立的。若 2 个研究之间的样本相同或存在交叉重叠,则选择报告内容更详细或者样本更大的研究纳入分析。本研究从中英文数据库中搜索出 550 篇相关文献,通过上述条件进行筛选,最终有 45 篇文献符合荟萃分析的要求,其中中文文献 17 篇,英文文献 28 篇(表 1)。

3.3 文献编码

本研究根据 Lipsey 和 Wilson^[45]的步骤进行文献编码,研究特征主要包括文献作者、出版年份、样本量、研究国别、经营规模、化肥施用强度及研究对象等。效应值包括各相关变量的相关系数、回归系数及其显著性水平等指标。文献效应值以每一样本一个效应值进行编码,如文章中同时报告了多个样本,对效应值进行分开编码。当编码步骤完成后,由另一位研究者对随机抽取出的部分研究重新编码,以保证编码的准确性,如编码出现内容不同,则回到文献原文进行比对。在本研究中,2 位研究者编码一致性为 91.5%,说明在文献编码过程中人为误差较小,编码较为准确。最终,本研究获得 63 个独立效应量,总样本量达到 148 411 个。

3.4 效应值计算

本研究使用 CMA2.0 (Comprehensive meta-analysis 2.0)软件进行荟萃分析,并以相关系数作为效应量对经营规模与化肥施用强度的关系进行研究。在编码时,有些文献没有直接报告相关系数,而

表1 纳入荟萃分析研究的文献资料目录

Table 1 Catalog of literature materials included in meta-analysis research

编号 Number	作者 Author	发表 时间 Issuing time	国家 Country	样本量 Sample size	编号 Number	作者 Author	发表 时间 Issuing time	国家 Country	样本量 Sample size
1	Mandac & Flinn	1985	菲律宾	476	24	Wiredu 等	2015	加纳	820
2	Daramola	1989	尼日利亚	122	25	Huang 等	2015	中国	481
3	Mbata	1994	肯尼亚	133	26	玛衣拉·吐尔逊等	2015	中国	446
4	Coady	1995	巴基斯坦	1 351	27	Emmanuel 等	2016	加纳	470
5	Bacha 等	2001	埃塞俄比亚	97	28	Jiang & Li	2016	中国	432
6	Freeman & Omiti	2003	肯尼亚	399	29	尹晓宇	2016	中国	293
7	Waithaka 等	2007	肯尼亚	253	30	Danso-Abbeam & Baiyegunhi	2017	加纳	838
8	Fayaz 等	2008	巴基斯坦	60	31	Pan 等	2017	中国	386
9	Msuya	2008	坦桑尼亚	113	32	Zhang 等	2017	中国	283
10	Akpan & Aya	2009	尼日利亚	130	33	陈黎 & 仇蕾	2017	中国	182
11	Olwande 等	2009	肯尼亚	1 275	34	李宾等	2017	中国	316
12	Marennya & Barrett	2009	肯尼亚	243	35	刘甜	2017	中国	91
13	Zhou 等	2010	中国	349	36	杨万江 & 李琪	2017	中国	678
14	郑鑫	2010	中国	223	37	诸培新等	2017	中国	79
15	Chibwana 等	2011	马拉维	380	38	Haider 等	2018	布基纳法索	517
16	杨慧	2011	中国	325	39	Pan & Zhang	2018	中国	687
17	Akpan 等	2012	尼日利亚	150	40	Wu 等	2018	中国	202
18	项诚等	2012	中国	342	41	黎孔清 & 马豆豆	2018	中国	203
19	庄钠	2012	中国	236	42	宁运旺等	2018	中国	442
20	Isaac Nunoo 等	2013	加纳	200	43	陈俭军	2019	中国	179
21	A. A Obisesan 等	2013	尼日利亚	110	44	高晶晶等	2019	中国	116 613
22	Gurara & Larson	2013	埃塞俄比亚	4 126	45	刘静 & 连煜阳	2019	中国	598
23	周智炜等	2013	中国	202					

是报告了 t 检验值、 F 检验值，或者 χ^2 检验值，本研究根据郑凤英和彭少麟^[46]的公式将相关指标转换成相关系数。有部分文献只报告了回归系数，本研究根据 Peterson 和 Brown^[47]所提供的公式对回归系数进行转换，其中回归系数的适用范围为(-0.5, 0.5)。随后将文献中报告的，或者通过上述计算出的 r 值进行 Fisher's Z 值转换，得出研究分析所需数据。

3.5 出版偏差

多数期刊更愿意发表实证结果显著的文章，而结果不显著的文章发表较少。因此，纳入荟萃分析的文献可能会存在出版偏差问题。为此，本研究首先采用漏斗图(Funnel plot)(图 1)对是否存在严重的出版偏差进行检验。可以看到，研究样本基本分布在总效应两边，说明不存在严重的出版偏差。

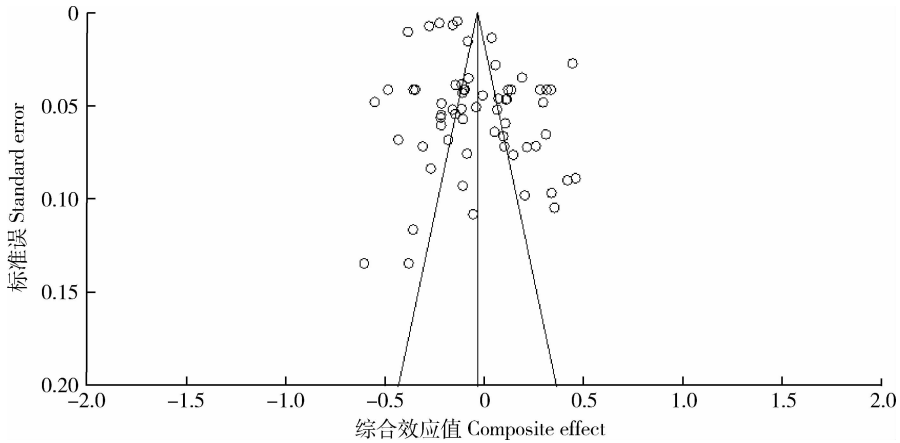


图 1 主效应的漏斗图

Fig.1 Funnel plot of main effect

然后，本研究通过失安全系数 N (Classic fail-safe N)对出版偏差问题进行进一步检验。所谓失安全系数 N 是指研究中要包含多少未出版的研究才能把本次研究中累积效应量减低到不显著水平^[48]。若计算出来的系数 N 与研究样本数量相差较大，则说明本研究的出版偏差小，不存在严重的出版偏误。结果表明，本研究的失安全系数 N 为 8 723，即要额外增加 8 723 篇文献作为样本进行分析才能否定经营规模与化肥施用强度之间的关系，说明本研究不存在严重的出版偏差。

3.6 异质性检验

异质性检验(Heterogeneity test)用于研究效应值的变化程度，目的在于判断主效应之间是否存在调节效应。如存在异质性，那么主效应间存在潜在的调节变量。本研究使用 I^2 检验和 Q 检验来进行

异质性检验。 I^2 检验即效应值的变异占总变异的百分比： $0 \leq I^2 < 25\%$ 表示不存在异质性； $25\% \leq I^2 < 50\%$ 表示存在低异质性； $50\% \leq I^2 < 75\%$ 表示存在中度异质性； $75\% \leq I^2 < 100\%$ 表示存在高异质性^[49]。 Q 检验值则符合卡方分布，如 $P < 0.05$ ，即说明效应值存在异质性。

异质性检验结果见表 2 所示。可以看出， I^2 值为 97.819%，表示效应值的变异占总变异的 97.819%；各样本研究效应值的 Q 检验也具备统计显著性($Q = 2\ 842.743, P < 0.001$)，说明荟萃分析中效应值存在高度异质性，即主效应间存在潜在调节变量。

异质性检验结果还可以用于判断荟萃分析应该采用固定效应模型还是随机效应模型。固定效应模型和随机效应模型的不同点在于对文献研究结论之

表 2 异质性检验

Table 2 Heterogeneity test

结果变量 Outcome variable	效应值数量 Number of effect values	Q	df	P	I^2
经营规模与化肥施用强度	63	2 842.743	62	<0.001	97.819

间差异的原因持不同的假设:固定效应模型认为,全部研究只有一个真实效应值,研究结论的不同仅因为抽样误差;随机效应模型则假设每个研究都有其真实效应值,结论的差异不仅仅是由于抽样误差^[50]。一般来说,如果异质性检验中 Q 检验值的 P 值 <0.01 且 $I^2 >50\%$,则使用随机效应模型更为合适,反之,则使用固定效应模型^[51]。本研究的异质性检验表明, I^2 为97.819%($I^2 >50\%$)且 Q 检验值为2 842.743($P < 0.001$),因此本研究应采用随机效应模型进行调节效应分析。

4 结果与分析

4.1 主效应分析

荟萃分析结果见表3。Cohen^[52]认为,综合效应量在0.1以下说明相关性较弱。本研究的随机效应模型结果表明,综合效应量为-0.042($P < 0.05$),表明经营规模与化肥施用强度之间存在负向相关关系。

这与Wu等^[4]和Sun等^[6]的实证研究结果一致,即农地经营规模与化肥施用强度存在负相关关系。这意味着,综合现有实证文献的证据表明,农业规模经营确实有助于化肥减量化,尽管这种作用比较微弱。

4.2 调节效应分析

异质性检验表明,效应值之间具有高度异质性,说明存在潜在调节变量对农户经营规模与化肥施用强度之间的主效应产生影响。实际上,主效应分析中显示经营规模与化肥施用强度之间的相关关系过于微弱,其原因可能就在于潜在调节变量的影响。本研究通过荟萃回归分析方法进一步来探索异质性来源与调节变量的作用,即借鉴Stanley和Jarrell^[53],以及张晓和胡丽娜^[20]的方法,把各样本研究中农户经营规模与化肥施用强度的相关系数作为被解释变量,将潜在调节变量赋值并作为解释变量进行荟萃回归处理。潜在调节变量的赋值方法及荟萃回归分析结果见表4。

表3 主效应的荟萃分析

Table 3 Meta-analysis of main effect

方法 Method	总样本 Total sample	效应值数量 Number of effects	综合效应值 Composite effect value	LL	UL	Z统计值 Z statistics	P值 P value
随机效应	148 411	63	-0.042	-0.082	-0.003	-2.097	0.036

注:LL、UL分别表示 r 的95%置信区间下限与上限。

Notes: LL and UL represent the lower and upper limits of the 95% confidence interval of r , respectively.

表4 调节变量的荟萃回归分析

Table 4 Meta-regression analysis of moderators

调节变量(变量定义) Moderator (variable definition)	效应值数量 Number of effects	系数 Coefficient	标准误 Standard error	Z统计值 Z statistics	P值 P value
种植结构(1=经济作物,0=粮食作物)	39	-0.048	0.083	-0.570	0.567
农户受教育程度(1=受教育年数 ≥ 7 年,0=受教育年数 < 7 年)	39	-0.192	0.069	-2.790	0.005
农户年龄	31	-0.030	0.010	-2.990	0.003
国别(中国=1,非中国=0)	63	-0.169	0.059	-2.840	0.004
研究时间(2020—文献发表时间)	63	0.009	0.004	2.160	0.031

(1)种植结构的调节效应。各样本研究涉及的作物可以分为经济作物和粮食作物,其中经济作物包括水果、蔬菜、烟草、可可、油料作物等,而粮食作

物主要包括水稻、玉米、小麦等。此外,有24个效应值所在的样本研究没有明确划分作物类型,因此未包含在种植结构潜在调节变量的分析中。由表4可

知,种植结构的回归系数不具备统计显著性($\beta = -0.048, P > 0.1$),说明种植结构未在经营规模与化肥施用强度之间的关系中起调节作用。原因可能在于,在一些研究中样本农户种植规模偏小,主要以自给为主,区分经济作物与粮食作物对他们意义不大,在施肥的过程中,农户为了便利会一视同仁,化肥施用行为存在一致性。

(2)农户受教育程度的调节效应。考虑到不同研究中对农户受教育程度的测量指标并不一致,因此本研究对农户受教育程度进行了重新编码。大多数国家为 6 年制小学教育,故本研究将受教育年份 ≥ 7 ,或者接受过小学以上教育的农户视为受教育水平较高的农户,并赋值为 1,否则负值为 0。对于那些没有报告受教育程度的研究,本研究并未纳入关于教育程度潜在调节变量的分析。荟萃回归结果显示,农户受教育程度的回归系数显著为负($\beta = -0.192, P < 0.01$),说明农户受教育程度越高,经营规模与化肥施用强度之间的负向关系将增强。这与蔡颖萍和杜志雄^[2]、史常亮等^[35]的实证研究结果一致。他们认为教育提升了思维方式,有助于农户接受新技术,认识到作物产量的增加不仅依靠化肥的使用,也可以通过调整作物间距、种植优良品种等其他方式来实现。而且,文化水平较高的农户更具长远思维,不过分追求通过施用大量化肥来获取短期收益,而会合理施用化肥,强化土壤健康,重视面源污染问题以实现长期稳定收益。

(3)农户年龄的调节效应。样本文献一般报告了农户户主年龄的均值,本研究以其作为自变量进行回归,来探寻农户年龄的调节效应。在删除没有报告农户年龄的样本后,本研究最后获得 31 个效应量。荟萃回归结果显示,农户年龄的回归系数显著为负($\beta = -0.030, P < 0.01$),说明随着农户年龄的增长,经营规模与化肥施用强度之间的负向关系将增强,与田云等^[13]的实证结果一致。

(4)国别的调节效应。在纳入荟萃分析的文献中,样本涉及中国、菲律宾、肯尼亚、尼日利亚、加纳、埃塞俄比亚、巴基斯坦和坦桑尼亚等多个国家。为了研究国别的影响,本研究构造了国别虚拟变量,即将基于中国的研究赋值为 1,否则赋值为 0。荟萃回归结果表明,“中国”虚拟变量的回归系数显著为负($\beta = -0.169, P < 0.01$),说明和其他发展中国家比起来,中国农户经营规模与化肥施用强度之间的负向关系更强,进一步印证了 Demeke 等^[16]、Olwande

等^[17]对于其他发展中国家中规模经营促进化肥施用的研究结论;但在中国,正如 Zhang 等^[3]、高晶晶等^[5]表明的,规模经营有助于减少化肥施用。类似于撒哈拉以南的非洲国家,发达程度较低,甚至有的还未进行农业“绿色革命”,农业生产力低^[54],面临的国民温饱与国家粮食安全问题较严重,加上经济较弱、科学技术落后,农业难以提过专业化、科学化生产来提高产量,更多地希望增加化肥使用量以实现增产。但是在中国,随着社会经济的不断进步,人们更注重农业生产的科学化,并推进化肥减量化工作。

(5)研究时间的调节效应。由于有的样本研究没有报告明确的研究时间点,所以本研究将 2020 年与文献发表年份的差值作为研究时间变量进行荟萃回归分析。结果显示,研究时间变量的系数显著为正($\beta = 0.009, P < 0.05$),说明距离 2020 年时间越远的研究,经营规模与化肥施用强度越可能正相关,即相比早期的研究,时间越近的研究中经营规模与化肥施用强度之间的负向关系将增强。这一结果反映出,随着社会与技术不断进步,化肥的施用更加追求合理化。

4.3 稳健性检验

4.3.1 改变因变量刻画方式

为检验实证结果的稳健性,本研究变换了被解释变量的刻画方式重新进行荟萃回归分析。本研究构造了一个新的被解释变量:若经营规模与化肥施用强度显著正相关则赋值为 1,若无显著相关关系则赋值为 0,若显著负相关则赋值为 -1。考虑到被解释变量为排序变量,因此使用 Ordered Logit 模型进行回归分析。在本研究中,虽然被解释变量被刻画为排序数据会丢失一部分信息,但可以将那些不能将效应值转换为相关系数的研究纳入回归分析里面来,因此增加了样本研究的数量。在稳健性检验中,样本研究的效应量数量最多的回归达到 108 个。由表 5 可以看出,各潜在调节变量的回归系数符号和显著性与表 4 具有高度的一致性,说明实证结果非常稳健。

4.3.2 亚组检验

亚组检验(Subgroup analysis)是荟萃分析中分析主效应调节变量的常用方法之一^[55]。亚组检验按潜在调节变量的大小进行分组,并对各组的综合效应值是否相等进行统计检验,以解释是否存在异质性^[56]。亚组检验结果如表 6 所示,结果表明:

(1)经济作物与粮食作物的效应值没有显著区别($Q_b=0.182, P>0.1$),说明种植结构未在经营规模与化肥施用强度之间的关系中起调节作用;(2)高教育组的效应量为 -0.142 ,低教育组的效应量为 0.055 ,且两者差异显著($Q_b=12.064, P<0.01$),说明农户受教育程度越高,经营规模与化肥施用强度之间的负向关系越强;(3)以研究样本的年龄均值(51.010)分组,高年龄组的效应量为 -0.153 ,低年龄组的效应量为 0.034 ,且两者差异显著($Q_b=13.433, P<0.01$),说明农户年龄越大,经营规模与化肥施用强度之间的负向关系越强;(4)中国组的效

应量为 -0.105 ,非中国组的效应量为 0.066 ,且两者差异显著($Q_b=16.453, P<0.01$),说明和其他发展中国家比起来,中国农户经营规模与化肥施用强度之间的负向关系更强;(5)以1985年至2019年的中间年份2002为界分组,近期研究的效应量为 -0.065 ,早期研究的效应量为 0.235 ,且两者差异显著($Q_b=8.457, P<0.01$),说明与早期研究相比,时间较近的研究中经营规模与化肥施用强度之间的负向关系更强。可以看出,亚组检验的结果与调节效应分析的结果具有高度一致性,进一步说明了实证结果的稳健性。

表5 稳健性检验

Table 5 Robustness test

调节变量(变量定义) Moderator (variable definition)	效应量数量 Number of effects	系数 Coefficient	标准误 Standard error	Z 统计值 Z statistics	P 值 P value
种植结构(1=经济作物,0=粮食作物)	63	0.147	0.520	0.280	0.778
农户受教育程度(1=受教育年数 ≥ 7 年, 0=受教育年数 < 7 年)	59	-1.791	0.556	-3.220	0.001
农户年龄	46	-0.187	0.086	-2.180	0.029
国别(中国=1,非中国=0)	108	-1.330	0.399	-3.330	0.001
研究时间(2020—样本研究时间)	108	0.107	0.034	3.100	0.002

表6 亚组检验

Table 6 Subgroup analysis

调节变量 Moderator	类别 Category	效应量数量 Number of effects	综合效应值 Composite effect	LL	UL	Q_b	P value
种植结构	经济作物	16	-0.057	-0.170	0.057	0.182	0.670
	粮食作物	23	-0.031	-0.072	0.011		
农户受教育程度	高	19	-0.142	-0.187	-0.096	12.064	0.001
	低	20	0.055	-0.046	0.156		
农户年龄	高(≥ 51.010)	14	-0.153	-0.202	-0.102	13.433	0.000
	低(< 51.010)	17	0.034	-0.057	0.124		
国别	中国	39	-0.105	-0.146	-0.065	16.453	0.000
	非中国	24	0.066	-0.006	0.138		
研究时间	近期(时间 > 2002 年)	58	-0.065	-0.102	-0.027	8.457	0.004
	早期(时间 ≤ 2002 年)	5	0.235	0.038	0.414		

注:采用随机效应模型; Q_b 表示组间异质性的Q检验。

Notes: Using random-effects model; Q_b is the Q test for heterogeneity between groups.

为更直观地观察各潜在调节变量对于经营规模与化肥施用强度之间关系的影响,本研究基于亚组检验结果,画出了大致的调节效应图示(图 2)。其中,各分组的斜率为所在组的综合效应值^①。可以看出,在教育程度、农户年龄、国别和研

究时间等各变量的图中,不同分组的斜率相反,在一定程度上抵消了经营规模对于化肥施用强度的作用。这可能就是主效应分析中,经营规模与化肥施用强度之间仅仅存在微弱负相关关系的主要原因。

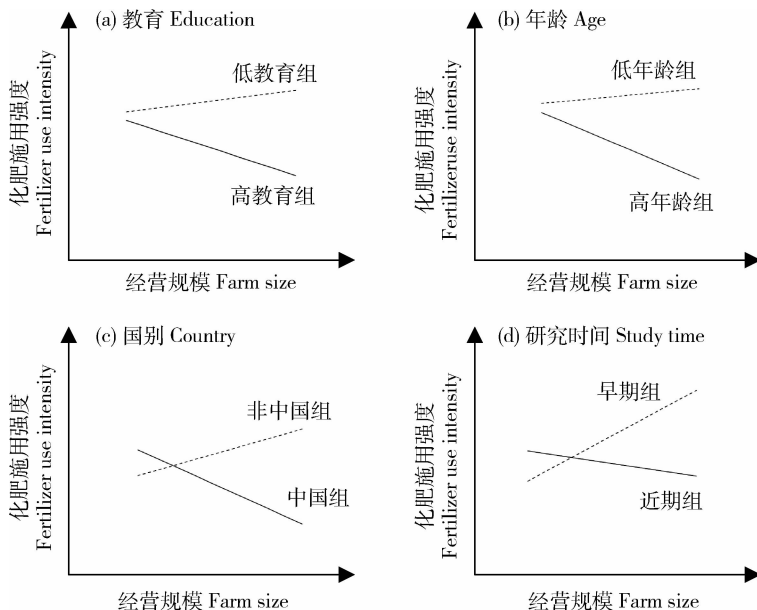


图 2 各调节变量的调节效应图示

Fig. 2 The diagram of moderating effect of the moderators

5 结论与展望

对规模经营是否有助于化肥减量化,现有文献并未得出统一的结论。为探寻经营规模与化肥施用强度之间的真实关系,本研究搜集了大量实证文献,基于荟萃分析技术系统总结了两者之间的关系,并对影响两者关系的潜在调节变量进行识别和讨论。

研究表明:(1)经营规模与化肥施用强度之间存在微弱的负向相关关系;(2)虽然有文献认为经营规模与化肥施用强度之间的关系受种植的农作物品种的影响,但基于大样本文献的分析则表明,至少在经济作物与粮食作物之间,这种影响并不显著;(3)农户受教育程度越高,年龄越大,则经营规模与化肥施用强度之间的负向关系越强,说明受教育程度更高和年龄更大的农户更可能在规模经营背景下推动化肥的减量施用;(4)和其他发展中国家相比,中国农户经营规模与化肥施用强度之间的负向关系更强,其原因可能在于,和中国的化肥减量化战略的出发

点不同,很多发展中国家仍然希望通过“绿色革命”来提高农业生产率,而大规模农场本身意味着拥有更强的能力来获得更多的化肥;(5)与早期研究相比,时间越近的研究中经营规模与化肥施用强度之间的负向关系越强,说明和早期“绿色革命”的背景不同,随着时间的推移,化肥的施用也更追求科学化和绿色化,而大规模农场更容易应用最新科技。

本研究针对前人的研究进行更深层次的总结和检验,是对现有经营规模与化肥施用强度关系研究的重要补充:(1)应用荟萃分析技术,在更大样本量的基础上明确了经营规模与化肥施用强度之间的关系,并提供了更为可靠的研究结论,有助于平息现有争议;(2)在调节效应中引入农户受教育程度、年龄、国别和时间等因素,寻找现有文献中研究结论的异质性来源,回答了主效应如何因情境不同而变化的问题,挖掘了经营规模与化肥施用强度之间关系的隐性机制;(3)本研究还有助于研究者用一种动态的思维看待化肥施用问题——或许许多发展中国家正

^① 为表示方便,示意图并没有考虑截距。

将化肥看作是现代农业的重要标志,但若没有较好地规划和管理,将来可能和中国一样,面临化肥施用过量问题。

本研究仍然存在一定的局限性:(1)纳入荟萃分析的多数都是期刊文献,国内外未发表文献与学位论文较少,文献分布不平衡可能会影响主效应分析结果;(2)由于纳入荟萃分析的文献没有报告,或者报告方式不同,使得本研究没有涉及诸如农户性别、家庭收入、社会化服务水平、农地细碎化和化肥价格等情境因素;(3)部分实证研究表明,经营规模与化肥施用强度之间存在非线性相关关系^[57-58],但得到相似结论的研究较少,因而本研究难以对非线性关系进行深入分析。

参考文献 References

- [1] Zhang C, Hu R F, Shi G M, Jin Y H, Robson M G, Huang X S. Overuse or underuse? An observation of pesticide use in China[J]. *Science of the Total Environment*, 2015, 538: 1-6
- [2] 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 analysis of influencing factors: Based on empirical test of national family farm monitoring data[J]. *Chinese Rural Economy*, 2016(12): 33-45 (in Chinese)
- [3] Zhang J, Manske G, Zhou P Q, Bernhard T, Mathias B, Zhao H L. Factors influencing farmers' decisions on nitrogen fertilizer application in the Liangzihu Lake basin, Central China[J]. *Environment, Development and Sustainability*, 2017, 19(3): 791-805
- [4] Wu Y Y, Xi X C, Tang X, Luo D M, Gu B J, Lam S K, Peter M V, Chen D L. Policy distortions, farm size, and the overuse of agricultural chemicals in China[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2018, 115(27): 7010-7015
- [5] 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
- Gao J J, Peng C, Shi Q H. Study on the high chemical fertilizers consumption and fertilization behavior of small rural household in China: Discovery from 1995—2016 national fixed point survey data[J]. *Management World*, 2019, 35(10): 120-132 (in Chinese)
- [6] Sun Y D, Hu R F, Zhang C. Does the adoption of complex fertilizers contribute to fertilizer overuse? Evidence from rice production in China[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 219: 677-685
- [7] Bai X G, Wang Y N, Huo X X, Salim R, Bloch H, Zhang H. Assessing fertilizer use efficiency and its determinants for apple production in China[J]. *Ecological indicators*, 2019, 104: 268-278
- [8] 张云华,马九杰,孔祥智,朱勇. 农户采用无公害和绿色农药行为的影响因素分析:对山西、陕西和山东15县(市)的实证分析[J]. *中国农村经济*, 2004(1): 41-49
- Zhang Y H, Ma J J, Kong X Z, Zhu Y. Analysis on the influencing factors of farmers' use of non-pollution and green pesticides: An empirical analysis of 15 counties (cities) in Shanxi, Shaanxi and Shandong[J]. *Chinese Rural Economy*, 2004(1): 41-49 (in Chinese)
- [9] 黄季焜,齐亮,陈瑞剑. 技术信息知识、风险偏好与农民施用农药[J]. *管理世界*, 2008(5): 71-76
- Huang J K, Qi L, Chen R J. Technical information knowledge, risk appetite and farmers' pesticide application [J]. *Management World*, 2008(5): 71-76 (in Chinese)
- [10] Huang J K, Huang Z R, Jia X P, Cheng X. Long-term reduction of nitrogen fertilizer use through knowledge training in rice production in China[J]. *Agricultural Systems*, 2015, 135: 105-111
- [11] 杨钢桥,靳艳艳. 农地流转对农户农地投入影响的区域比较:基于江汉平原和太湖平原的实证分析[J]. *中国人口·资源与环境*, 2010, 20(10): 164-168
- Yang G Q, Jin Y Y. Comparison of the impacts of farmland transfer on rural households' inputs in farmland: Based on the empirical study of Jiangnan Plain and Taihu Lake Plain[J]. *China Population · Resources and Environment*, 2010, 20(10): 164-168 (in Chinese)
- [12] 徐卫涛,张俊飏,李树明,周万柳. 循环农业中的农户减量化投入行为分析:基于晋、鲁、鄂三省的化肥投入调查[J]. *资源科学*, 2010, 32(12): 2407-2412
- Xu W T, Zhang J B, Li S M, Zhou W L. Behavioral analysis of reducing investments for farming families in circular agriculture: A case study on Shanxi, Shandong and Hubei provinces based on the investigation of chemical fertilizer input [J]. *Resources Science*, 2010, 32(12): 2407-2412 (in Chinese)
- [13] 田云,张俊飏,何可,丰军辉. 农户农业低碳生产行为及其影

- 响因素分析:以化肥施用和农药使用为例[J]. 中国农村观察, 2015(4): 61-70
- Tian Y, Zhang J B, He K, Feng J H. Farmers' agricultural low-carbon production behavior and analysis of influencing factors: Taking chemical fertilizer application and pesticide use as examples[J]. *China Rural Survey*, 2015(4): 61-70 (in Chinese)
- [14] Hu L X, Zhang X H, Zhou Y H. Farm size and fertilizer sustainable use: An empirical study in Jiangsu, China[J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2019, 18(12): 2898-2909
- [15] Jamison D T, Lau L J. *Farmer Education and Farm Efficiency* [M]. Maryland: Johns Hopkins University Press, 1982
- [16] Demeke M, Kelly V A, Jayne T S, Said A, Vallee L, Chen H. Agricultural market performance and determinants of fertilizer use in Ethiopia[J]. *Grain Market Research Project*, 1998
- [17] Olwande J, Sikei G, Mathenge M. Agricultural technology adoption: A panel analysis of smallholder farmers' fertilizer use in Kenya[J]. *African Research Economic Consortium*, 2009(7): 30
- [18] 陈晓萍, 沈伟. 组织与管理研究的实证方法[M]. 第三版. 北京: 北京大学出版社, 2018
- Chen X P, Shen W. *Empirical Methods of Organization and Management Research* [M]. 3rd ed. Beijing: Peking University Press, 2018 (in Chinese)
- [19] Baumgart-Getz A, Prokopy L S, Floress K. Why farmers adopt best management practice in the United States: A meta-analysis of the adoption literature[J]. *Journal of Environmental Management*, 2012, 96(1): 17-25
- [20] 张骁, 胡丽娜. 创业导向对企业绩效影响关系的边界条件研究: 基于元分析技术的探索[J]. 管理世界, 2013(6): 99-110
- Zhang X, Hu L N. A study on the boundary conditions of the relationship between the entrepreneurial orientation and the business performance[J]. *Management World*, 2013(6): 99-110 (in Chinese)
- [21] Bushman B J, Wells G L. Narrative impressions of literature: The availability bias and the corrective properties of meta-analytic approaches [J]. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 2001, 27(9): 1123-1130
- [22] Miller D, Toulouse J M. Chief executive personality and corporate strategy and structure in small firms [J]. *Management Science*, 1986, 32(11): 1389-1409
- [23] Feder G, Just R E, Zilberman D. Adoption of agricultural innovations in developing countries: A survey[J]. *Economic Development and Cultural Change*, 1985, 33(2): 255-298
- [24] 龚琦, 王雅鹏. 我国农用化肥施用的影响因素: 基于省际面板数据的实证分析[J]. 生态经济, 2011(2): 33-38
- Gong Q, Wang Y P. Influential factors of chemical fertilizer employing in China: Empirical study based on provincial panel data[J]. *Ecological Economy*, 2011(2): 33-38 (in Chinese)
- [25] 张卫峰, 季玥秀, 马骥, 王雁峰, 马文奇, 张福锁. 中国化肥消费需求影响因素及走势分析 II 种植结构[J]. 资源科学, 2008(1): 31-36
- Zhang W F, Ji Y X, Ma J, Wang Y F, Ma W Q, Zhang F S. Driving forces of fertilizer consumption in China (II planting structure) [J]. *Resources Science*, 2008(1): 31-36 (in Chinese)
- [26] 颜璐. 新疆农户化肥施用影响因素研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2011
- Yan L. Research on influence factors of household' fertilizer usage in Xinjiang [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2011 (in Chinese)
- [27] Liang X, Li X, Tan M. Temporal and regional variations of China's fertilizer consumption by crops during 1998 - 2008 [J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2012, 22(4): 643-652
- [28] 栾江, 仇焕广, 井月, 廖绍攀, 韩炜. 我国化肥施用量持续增长的原因分解及趋势预测[J]. 自然资源学报, 2013, 28(11): 1869-1878
- Luan J, Qiu H G, Jing Y, Liao Z P, Han W. Decomposition of factors contributed to the increase of China's chemical fertilizer use and projections for future fertilizer use in China [J]. *Journal of Natural Resources*, 2013, 28(11): 1869-1878 (in Chinese)
- [29] 纪月清, 张惠, 陆五一, 刘华. 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, Liu H. Differentiation, incomplete information and excessive application of fertilizers by farmers [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2016(2): 14-22 (in Chinese)
- [30] Rahman S. Jointness in farmers' decision to apply pesticides in multiple crops and its determinants at the farm level in Bangladesh [J]. *International Journal of Pest Management*, 2016, 62(2): 149-157
- [31] 西奥多, W·舒尔茨. 人力投资: 人口质量经济学[M]. 北京: 华夏出版社, 1990

- Theodore William Schultz. *Human Investment: Economics of Population Quality* [M]. Beijing: Huaxia Publishing House, 1990 (in Chinese)
- [32] Khan M, Damalas C A. Farmers' knowledge about common pests and pesticide safety in conventional cotton production in Pakistan[J]. *Crop Protection*, 2015, 77: 45-51
- [33] 林源, 马骥. 农户粮食生产中化肥施用的经济水平测算: 以华北平原小麦种植户为例[J]. 农业技术经济, 2013(1): 25-31
Lin Y, Ma J. Economic level calculation of fertilizer application in farmers' grain production: Taking wheat farmers in North China Plain as an example[J]. *Journal of Natural Resources*, 2013(1): 25-31 (in Chinese)
- [34] Zhou Y, Yang H, Mosler H J, Abbaspour K C. Factors affecting farmers' decisions on fertilizer use: A case study for the Chaobai watershed in Northern China [J]. *Consilience*, 2010(4): 80-102
- [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 input efficiency of wheat fertilizer and its influencing factors in China: Based on the demonstration of 15 major wheat-producing provinces in China[J]. *Journal of Natural Resources*, 2015(11): 69-78 (in Chinese)
- [36] Pan D, Kong F B, Zhang N, Ying R Y. Knowledge training and the change of fertilizer use intensity: Evidence from wheat farmers in China[J]. *Journal of environmental management*, 2017, 197: 130-139
- [37] 陈俭军. 鹿寨县农户化肥投入强度的影响因素分析[D]. 南京: 南京农业大学, 2017
Chen J J. Analysis on influencing factors of fertilizer input intensity on rice on Luzhai county [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2017 (in Chinese)
- [38] 张锋, 胡浩. 农户化肥投入行为与面源污染问题研究[J]. 江西农业学报, 2012, 24(1): 183-186
Zhang F, Hu H. Study on farmer's chemical fertilizer input behavior and non-point Source pollution[J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2012, 24(1): 183-186 (in Chinese)
- [39] 杨万江, 李琪. 稻农化肥减量施用行为的影响因素[J]. 华南农业大学学报: 社会科学版, 2017, 16(3): 58-66
Yang W J, Li Q. The impact on less use of chemical fertilizers [J]. *Journal of South China Agricultural University: Social Science Edition*, 2017, 16(3): 58-66 (in Chinese)
- [40] 颜璐. 农户施肥行为及影响因素的理论分析与实证研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2013
Yan L. Theoretical and empirical analysis of farmers' fertilizer application behavior and influencing factors [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2013 (in Chinese)
- [41] Fufa B, Hassan R M. Determinants of fertilizer use on maize in Eastern Ethiopia: A weighted endogenous sampling analysis of the extent and intensity of adoption[J]. *Agrekon*, 2006, 45 (1): 38-49
- [42] Akpan S B, Udoh E J, Nkanta V S. Factors influencing fertilizer use intensity among smallholder crop farmers in Abak agricultural zone in Akwa Ibom State, Nigeria[J]. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 2012, 2(1): 54-65
- [43] World Bank. World development indicators 2016 [R]. Washington: The World Bank, 2016
- [44] 张维理, 冀宏杰, Kolbe H., 徐爱国. 中国农业面源污染形势估计及控制对策 II: 欧美国农业面源污染状况及控制[J]. 中国农业科学, 2004(7): 1018-1025
Zhang W L, Ji H J, Kolbe H, Xu A G. Estimation of agricultural non-point source pollution in China and the alleviating strategies II: status of agricultural non-point source pollution and the alleviating strategies in European and American countries[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2004(7): 1018-1025 (in Chinese)
- [45] Lipsey M W, Wilson D B. Practical Meta-analysis [M]. California: SAGE publications, Inc, 2001
- [46] 郑凤英, 彭少麟. 几种数量综述方法的介绍与比较[J]. 生态科学, 2001(4): 73-77
Zheng F Y, Peng S L. Introduction to several quantitative review methods[J]. *Ecologic Science*, 2001(4): 73-77 (in Chinese)
- [47] Peterson R A, Brown S P. On the use of beta coefficients in meta-analysis[J]. *Journal of Applied Psychology*, 2005, 90 (1): 175-181
- [48] Rosenthal R. Combining results of independent studies[J]. *Psychological Bulletin*, 1978, 85(1): 185-193
- [49] Higgins J P T, Thompson S G. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis[J]. *Statistics in medicine*, 2002, 21(11): 1539-1558
- [50] Borenstein M, Hedges L V, Higgins J P T, Rothstein H R. Effect sizes based on means[J]. *Introduction to Meta-Analysis*, 2009: 21-32
- [51] Hedges L V, Vevea J L. Fixed-and random-effects models in

- meta-analysis[J]. *Psychological methods*, 1998, 3(4): 486
- [52] Cohen, J. A power primer[J]. *Psychological Bulletin*, 1992, 112(1): 155-159
- [53] Stanley T D, Jarrell S B. Meta-regression analysis: A quantitative method of literature surveys [J]. *Journal of Economic Surveys*, 2005, 19(3): 299-308
- [54] Dzanku F M. The gender and geography of rural off-farm employment and input intensification in five sub-Saharan African countries[J]. *Food Policy*, 2018, 75: 37-51
- [55] 丁凤琴, 赵虎英. 感恩的个体主观幸福感更强: 项元分析[J]. *心理科学进展*, 2018, 26(10): 1749-1764
- Ding F Q, Zhao H Y. Is the individual subjective well-being of gratitude stronger? A meta-analysis [J]. *Advances in Psychological Science*, 2018, 26(10): 1749-1764 (in Chinese)
- [56] 张世洪. Meta 分析应合理设置亚组分析与敏感性分析以准确解释结果[J]. *中国现代神经疾病杂志*, 2016, 16(1): 1-2
- Zhang S H. Subgroup analysis and sensitive analysis should be set up reasonably in Meta-analysis [J]. *Chinese Journal of Contemporary Neurology and Neurosurgery*, 2016, 16(1): 1-2 (in Chinese)
- [57] 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 as example [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2017, 17(4): 85-94 (in Chinese)
- [58] 张露, 罗必良. 农业减量化: 农户经营的规模逻辑及其证据[J]. *中国农村经济*, 2020(2): 81-99
- Zhang L, Luo B L. Agricultural chemical reduction: The logic and evidence based on farmland operation scale of households [J]. *Chinese Rural Economy*, 2020(2): 81-99 (in Chinese)

责任编辑: 秦梅