

中国耕地利用投入要素集约度的时空差异 及其影响因素分析

姚冠荣¹, 刘桂英^{1,2}, 谢花林^{1*}

(1. 江西财经大学 鄱阳湖生态经济研究院, 南昌 330013; 2. 江西农业大学 经济管理学院, 南昌 330045)

摘要: 在测度单位面积耕地化肥、农业固定资产、劳动力、农药、农膜和农用柴油投入量的基础上, 基于Theil指数和计量经济模型, 系统分析了中国1999年以来耕地利用投入要素集约度的时空差异及其影响因素。结果表明: ①国家尺度上的劳动力集约度逐年下降, 而化肥、农用柴油、农药、农膜和农业固定资产的集约度均呈上升趋势, 其中农业固定资产增幅最大; ②区域尺度上耕地利用投入要素集约度的时序变化特征与国家尺度上的变化特征一致; 除劳动力集约度中部地区最高外, 其他投入要素的集约度均以东部地区最高, 中部地区次之, 东北地区和西部地区最低; ③省域尺度上的劳动力集约度分化为两个不同的变化方向, 化肥、农药和农用柴油集约度在上海、天津、江苏和山东等经济发达的省(市)有所下降; ④我国耕地利用投入要素集约度的区域差异比较明显, 1999年以来总体差距呈缩小态势, 区域之间的差异对总体差异的贡献较大; ⑤农村居民家庭人均经营纯收入和人口非农化比重对化肥、农业固定资产、农药和农膜投入产生显著正向作用, 产业非农化比重的上升导致化肥投入增加, 农业政策促进了化肥和农业固定资产投入水平的提高。最后, 论文认为亟需关注快速增加的农业固定资产投资的结构及其社会、经济和生态效益, 以及化肥、农药和农膜大量施用对生态环境的影响; 在当前耕地面积约束条件下, 应着重提高农村居民家庭人均经营纯收入, 同时进一步加大对欠发达地区及粮食主产区农业发展的扶持力度, 充分发挥国家惠农政策的诱致作用, 全面提高我国耕地集约利用水平。

关键词: 耕地; 土地利用集约度; Theil指数

中图分类号: F301.24

文献标志码: A

文章编号: 1000-3037(2014)11-1836-13

DOI: 10.11849/zrzyxb.2014.11.003

人多地少的基本国情使得中国的粮食安全问题备受关注。随着社会经济的快速发展, 工业化和城市化进程不断加快, 我国耕地面积减少将发展为长期趋势, 在保障粮食安全的目标下, 现有耕地的集约利用状况及其变化趋势值得高度关注^[1]。改革开放以来, 中国耕地利用集约度上升以及伴随着的耕地单位面积产量提高在满足自身不断扩大的粮食需求方面发挥了极其重要的作用^[2]。在未来发展中, 提高耕地利用集约度仍然是保障国家粮食安全的必要措施。而如何提高耕地利用集约度, 既实现资本和劳动投入增长的有效性, 又避免过度投入所可能带来的诸如环境污染、地力衰竭、农产品品质下降等

收稿日期: 2014-04-02; **修订日期:** 2014-06-30。

基金项目: 国家自然科学基金项目(41361111, 41461019); 霍英东青年教师基金项目(141084); 中国博士后科学基金项目(2014M561872); 江西省自然科学基金项目(20143ACB21023, 20142BAB203028); 江西省社会科学规划项目(13GL05, 13YJ53); 江西省教育厅科技项目(GJJ14346, KJLD14033, GJJ14303)。

第一作者简介: 姚冠荣(1980-), 女, 山西交城人, 讲师, 在站博士后, 中国自然资源学会会员(S300000926M), 主要研究方向为土地利用与管理。E-mail: yaoguanrong@aliyun.com

***通信作者简介:** 谢花林(1979-), 男, 江西莲花人, 教授, 博士生导师, 中国自然资源学会会员(S300001117M), 主要研究方向为土地利用与管理。E-mail: xiehl_2000@163.com

负外部性, 需要对我国耕地利用集约度的结构特征、变化趋势、区域差异和影响因素等进行系统研究。

目前国内对耕地利用集约度的研究主要集中在耕地利用集约度的测度方法、变化规律、时空差异、结构特征和影响因素等方面。依据李秀彬等对土地利用集约度的定义^[3], 耕地利用集约度是指单位时间单位耕地面积上非土地投入的数量。已有研究一般采用复种指数、资本和劳动成本、实物形态的各种生产资料投入量和能值分析等方法进行耕地利用集约度的测度^[1,3-6]。较多研究关注耕地利用集约度的变化规律和时空差异, 如李秀彬等利用复种指数、化肥施用量、灌溉面积等指标分析了中国1981—2000年农地利用集约度变化的区域差异^[7]; 朱会义等以同样的方法重点分析了1996—2005年中国耕地集约利用度的时空分异规律^[1]; 刘成武与李秀彬以价值形态的农作物种植成本为表征指标, 对中国1980—2002年农地利用集约度的变化特征进行了年际间、不同种植业之间与不同经济发展水平区域之间的比较研究^[2]; 邹金浪和杨子生将农作物划分为谷物作物、豆类作物、油料作物、纤维作物、糖料作物和蔬菜作物, 对比分析了不同作物种植投入的时空差异^[8]。这些研究更加关注对耕地利用集约度的整体分析, 为人们正确认识中国耕地集约度在宏观上的变化提供了依据。耕地利用集约度的结构特征可以揭示耕地集约利用的变化方向及其对周围生态环境的影响^[2]。近年来, 有学者开始尝试对耕地利用集约度的结构特征进行分析, 以期找到中国耕地集约利用的发展方向。张琳等通过研究发现耕地利用集约度的结构特征会随着经济发展而变化, 资金投入逐步替代劳动投入是基本趋势^[9]。陈瑜琦等进一步发现, 1980—2006年间中国耕地资本集约度中增产性资本投入比重逐渐减小, 省工性投入迅速上升; 在空间差异方面, 经济发达地区劳动投入相对较少, 资本投入, 尤其是省工性资本投入比重较大, 而经济相对落后地区劳动集约度较高, 资本集约度较低, 资本投入中仍以增产性投入为主^[10-12]。这些研究仅从劳动集约度和资本集约度(增产性资本与省工性资本)分析中国耕地利用集约度的结构特征, 耕地利用集约度的结构特征应该进一步细化, 比如化肥集约度、农药集约度等, 这样能更加具体地反映出耕地集约利用的变化方向。耕地集约利用影响因素的研究较少, 吴郁玲等基于农户视角分析了湖北省耕地集约利用的影响因素^[13]; 花晓波等采取参与式农村评估法对大渡河上游河谷与半山区耕地利用集约度及影响因素进行了对比分析^[14]。综上, 现有研究对我国耕地利用集约度的内部构成变化、区域差异和影响因素的研究尚待深入。

鉴于此, 本文以耕地利用过程中的主要投入要素(化肥、农业固定资产、劳动力、农药、农膜和农用柴油)为表征指标, 基于Theil指数, 在国家、区域和省域三个尺度上, 对我国1999—2012年间耕地利用投入要素集约度的内部构成及其时空差异进行系统分析, 并构建计量经济学模型对其影响因素进行初步研究。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 区域差异度量

本文采用Theil指数来测度耕地利用投入要素集约度的区域差异。Theil指数能够有效地利用分组数据, 将差异分解为组间差异和组内差异两个部分, 用以揭示组间差异和组内差异各自变动的方向和幅度, 以及各自对总差距的贡献。Theil指数用于耕地利用投入

要素集约度测算的公式为:

$$T = \sum_{p=1}^n \left[\left(\frac{1}{n} \right) \times \left(\frac{y_p}{\mu_y} \right) \times \ln \left(\frac{y_p}{\mu_y} \right) \right] \quad (1)$$

式中: n 为省级行政单位的个数, y_p 为 p 省的耕地利用投入要素集约度, μ_y 为全国平均耕地利用投入要素集约度。 T 值衡量耕地利用投入要素集约度是单调递增的, 取值范围为 $T \in [0, \ln n]$, 数值越小区域差异越小, 反之亦然。如果 $T=0$, 即各省的耕地利用投入要素集约度相同, 则说明不存在区域差异; 如果 $T=\ln n$, 即某个省的耕地面积很小, 而投入的要素量很大, 则说明存在最大的区域差异。

若将全国分为四大区域(东部、中部、西部和东北)^①, 则进行耕地利用投入要素集约度的区域差异分析, 只需分析东部、中部、西部和东北的区域间差异(T_{br})和区域内差异(T_{wr}), 即

$$T = T_{br} + T_{wr} \quad (2)$$

T_{br} 的计算公式为:

$$T_{br} = \sum_{i=1}^m \left[\left(\frac{P_i}{P} \right) \times \left(\frac{y_i}{\mu} \right) \times \ln \left(\frac{y_i}{\mu} \right) \right] \quad (3)$$

式中: m 为区域数量, P_i 为区域 i 中省级行政单位的数量, P 为所有省域的数量, y_i 为区域 i 的平均耕地利用投入要素集约度, μ 为全国平均耕地利用投入要素集约度。

1.1.2 计量模型

为了探寻我国各省份耕地利用投入要素集约度的影响因素, 本文构建如下实证模型:

$$Y_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 INC_{it} + \beta_2 IND_{it} + \beta_3 POP_{it} + \beta_4 POL_{it} + u_{it} \quad (4)$$

其中: i ($i=1, \dots, 31$) 和 t ($t=1999, \dots, 2008$)^② 分别表示第 i 个省份和第 t 年; α_{it} 为常数项; u_{it} 为随机误差项; β_i 为弹性系数, 表示在其他因素不变的条件下, 某因子每变化 1%, 导致耕地利用投入要素集约度变化 $\beta\%$ 。模型中各变量定义如下:

Y_{it} : 耕地利用投入要素集约度, 为解释变量。对 Y_{it} 取对数处理, 取对数的目的是为了消除观测数据的异方差, 这不会改变数据原有性质。

INC_{it} : 即农村居民家庭人均经营纯收入。根据“经济人”假设, 农村居民家庭人均经营纯收入的增加有利于提高农民农业生产的积极性, 同时决定了农民对耕地的投入能力。为尽可能消除数据的异方差, 对 INC_{it} 取对数处理。一般而言, 农业生产积极性的变化会引起下一年农业投入的调整, 因此, 设置 INC_{it} 的时间滞后效应为 1 a。

IND_{it} : 即产业非农化比重。第二三产业的发展, 一方面为农业生产注入了大量的生产设备、资金、技术等现代农业生产要素, 另一方面对农产品需求量的不断增加促使农业的规模和集约生产。

POP_{it} : 即人口非农化比重。农村人口比例在经济发展中不断下降是城镇化过程的一

①根据经济发展水平和国家政策扶持情况, 一般可将中国划分为四大区域: 东部地区, 包括北京、天津、河北、山东、江苏、上海、浙江、福建、广东和海南; 中部地区, 包括山西、河南、安徽、湖北、湖南和江西; 西部地区, 包括内蒙古、新疆、甘肃、宁夏、陕西、重庆、四川、青海、西藏、云南、贵州和广西; 以及东北地区, 包括黑龙江、吉林和辽宁, 香港、澳门和台湾不在区划之列。

②由于耕地面积数据只更新到 2008 年, 本文在计算 2009—2012 年耕地利用投入要素集约度时仍采用 2008 年的耕地面积, 计算结果可能与实际有偏差, 故只取 1999—2008 年的数据做影响因素分析。

一个重要表现, 因此本文选择非农业人口占总人口的比重来表征城镇化率。人口非农化比重的上升, 带来对农产品需求的增加, 同时有利于农业的规模经营。在这种情况下, 农户将加大对耕地的投入, 提高耕地利用集约度, 生产更多的农产品, 获取更大的经济效益。

POL_{it} : 在中国, 农业政策对农业发展影响显著。2004年以来, 中国连续11 a以中央一号文件的形式指导“三农”发展, 支农惠农力度不断加大, 有力提高了农业综合生产能力。因此, 将2004年之前的年份赋值为0, 包括2004年在内的之后年份赋值为1。

1.2 数据来源

本文所用的数据有5个来源, 其中化肥、农药、农用塑料薄膜(农膜)、农用柴油、农业固定资产投资数据来源于《中国农村统计年鉴》, 劳动力数据来源于《中国区域经济统计年鉴》, 耕地面积数据来源于《中国国土资源统计年鉴》, 农村居民家庭人均经营纯收入、第二第三产业比重、非农业人口比重和第二第三产业就业人口比重数据来源于《中国统计年鉴》和《中国人口(统计)年鉴》。数据纵向覆盖14 a(1999—2012年)^③, 横向覆盖我国31个省份(直辖市、自治区), 香港、澳门和台湾地区由于数据不可得而未包括在研究范围之内。为消除年际之间物价上涨与通货膨胀的影响, 引进价格指数对农业固定资产数据进行处理: 第一步, 以2000年为基准年, 即以2000年为100计算, 根据各年农业生产资料价格指数, 求算各年(1999—2012年)相对于2000年的总价格指数; 第二步, 用各年相应总价格指数分别对相关数据进行转换处理, 从而得到处理后的新数据。其算法为 $N = M/D \times 100$, 式中: D 为总价格指数, M 为转换前的数据, N 为转换后的数据。

2 结果与分析

2.1 国家尺度耕地投入要素集约度的时空变化

国家尺度耕地利用6种投入要素集约度的测度结果(图1)显示, 1999—2012年我国耕地利用劳动力集约度逐年下降, 而化肥、农用柴油、农药、农膜和农业固定资产等资本投入要素的集约度均呈上升趋势。

1999年以来, 我国单位面积耕地资本要素投入量的年均增幅由大到小依次为: 农业固定资产、农膜、农用柴油、化肥和农药。农业固定资产投资在1999—2010年间增长迅速, 从1999年的 0.06×10^4 元/hm²增加到2010年的 0.21×10^4 元/hm², 年均增幅达12.78%, 成为这一时期我国耕地利用增长最快的投入项目, 其中又以2007—2010年增长最为迅速, 这主要是因为2008年“中央一号文件”将主题确定为“农业基础设施建设”, 进一步加大了农业固定资产的投入力度。农膜的投入14 a间稳步增长, 从1999年的9.74 kg/hm²增加到2012年的19.58 kg/hm², 年均增幅5.53%。农用柴油作为农业机械化重要指标之一, 其投入从1999年的0.10 t/hm²增加到2012年的0.17 t/hm², 年均增幅4.05%, 其中2004年增幅最大(达16.45%), 这与2004年国家开始以“中央一号文件”的形式指导农业发展的政策背景是分不开的。单位面积耕地化肥和农药的投入量在14 a间逐年增大, 分别从

^③ 《中国农村统计年鉴》中农业固定资产投资额1999—2010年提供的是农村集体单位固定资产投资和农村居民个人固定资产投资的总和, 而2011年起仅提供农村居民个人固定资产投资额, 统计口径不同, 故对农业固定资产投资的相关分析截至2010年; 各省(直辖市、自治区)第一产业劳动力缺失2011、2012年数据; 由于国家耕地面积数据只更新到2008年, 2009—2012年耕地面积仍取2008年数值。

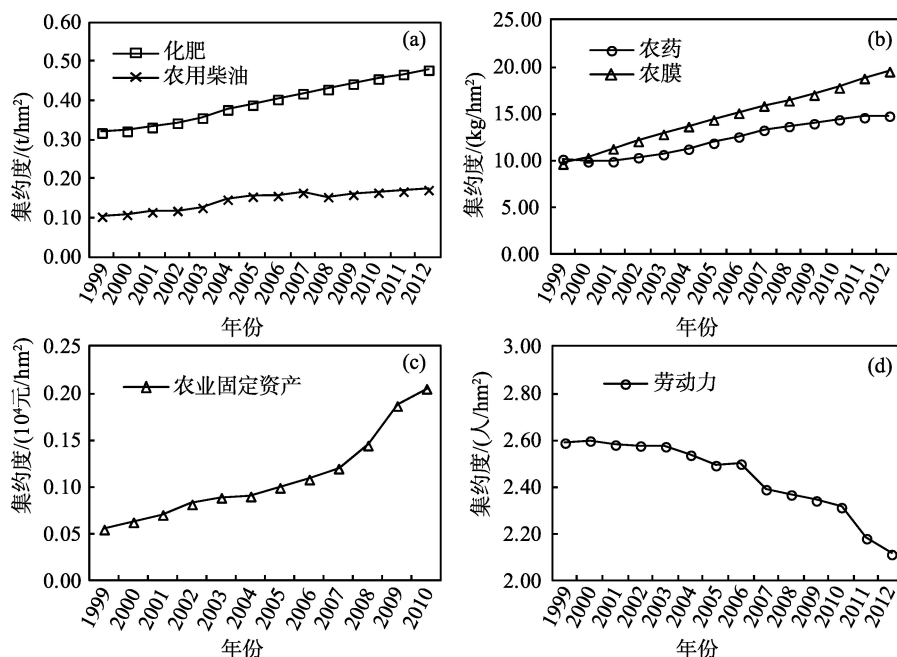


图1 我国耕地利用投入要素集约度变化

Fig.1 The changes in input factors intensity for arable land-use in China

1999年的 0.32 t/hm^2 和 10.23 kg/hm^2 , 增加到2012年的 0.48 t/hm^2 和 14.84 kg/hm^2 , 年均增幅分别为3.19%和2.93%, 但2008年开始化肥和农药的投入量增幅均逐年减小, 体现了2007年“中央一号文件”积极发展现代农业的政策导向对农业发展的影响。

劳动力集约度整体呈下降态势, 从1999年的 2.59 人/hm^2 减少到2012年的 2.12 人/hm^2 , 年均降幅1.53%。究其原因, 则与城市化和工业化快速推进背景下劳动力务农机会成本上升和农业机械化有关。劳动力集约度的下降, 一方面体现了市场经济条件下农户收入最大化的个体追求^[3], 另一方面体现了农业机械等资本投入对劳动的替代。

2.2 区域尺度耕地利用投入要素集约度的时空变化

四大区域耕地利用6种投入要素集约度的测度结果如图2所示。1999年以来, 四大区域耕地利用投入要素集约度的时序变化特征与国家层面的变化特征一致, 即劳动力集约度呈下降趋势, 而其他5种资本投入要素的集约度呈上升趋势。

从空间上来看, 除劳动力集约度以中部地区最高外, 其他投入要素的集约度均以东部地区最高, 中部地区次之, 东北地区和西部地区最低。究其原因, 则与自然环境条件和社会经济条件的区域差异有关。与东北和西部地区相比, 东、中部地区的绝大多数区域水热资源充沛, 作物一年两熟甚至三熟, 耕地复种指数高, 单位耕地面积要素投入量大; 东北地区土壤肥沃, 用于增产的化肥投入显著低于地力较差的西部地区; 东北地区平坦的地形更有利于大范围的农业机械化, 致使其农业固定资产和农用柴油的集约度均高于西部地区, 而劳动力集约度则低于西部地区。中、东部地区间耕地利用集约度的差异则主要缘于社会经济条件的差距, 东部地区经济发达, 非农就业机会多, 且劳动力从事二三产业的收益高于务农收益, 农业劳动力大量向二三产业转移, 势必导致农业生产的劳动力投入下降; 与此同时, 良好的经济条件使得东部地区更有能力加大其他资本要

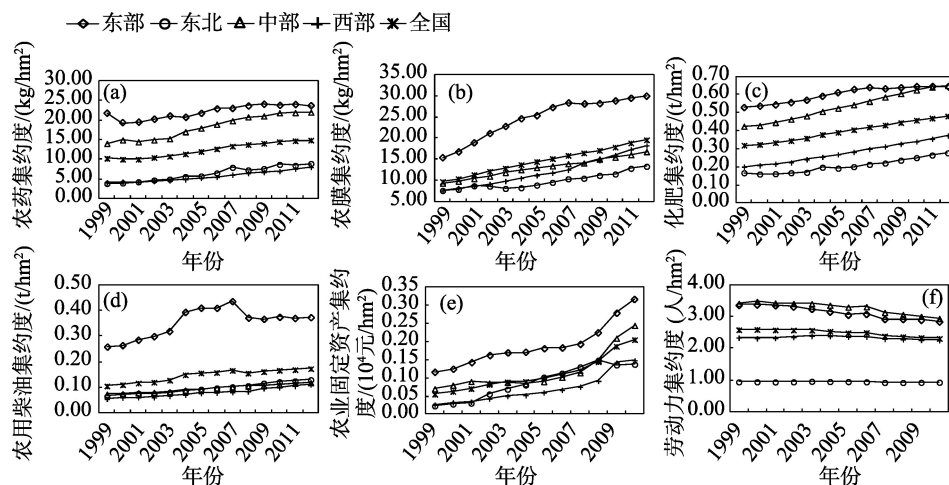


图2 我国四大区域耕地利用投入要素集约度变化

Fig. 2 The changes in input factors intensity for arable land-use in China's four major regions

素的投入力度,致使其除劳动力以外的其他投入要素的集约度均显著高于其他地区。

虽然四大区域耕地6种投入要素集约度总的变化趋势基本一致,但区域间仍表现出不同的变化情况。东部地区耕地利用6种投入要素集约度的年均增幅由高到低依次为:农业固定资产(9.98%)、农膜(5.34%)、农用柴油(3.20%)、化肥(1.50%)和农药(0.70%),其中,农业固定资产集约度2008—2010年增幅加大,农用柴油集约度2008年显著下降后趋于稳定,化肥、农药和农膜的单位面积投入量增幅从2008年开始逐年减小。中部地区耕地利用投入要素集约度的年均增幅由高到低依次为:农业固定资产(12.66%)、农膜(4.63%)、农用柴油(3.81%)、农药(3.58%)和化肥(3.34%),其中,农业固定资产集约度2008—2010年增幅加大;化肥和农药的单位面积投入量增幅从2009年开始逐年减小;农膜和农用柴油的集约度稳步上升。东北地区耕地利用投入要素集约度的年均增幅由高到低依次为:农业固定资产(18.93%)、农药(7.00%)、农用柴油(5.56%)、农膜(4.50%)和化肥(4.09%),其中,农业固定资产集约度在2002年增幅最大(79.80%),此后增幅减小,2009年陡然下降;化肥、农药、农膜和农用柴油的集约度均波动上升。西部地区耕地利用投入要素集约度的年均增幅由高到低依次为:农业固定资产(17.45%)、农膜(6.93%)、农用柴油(5.76%)、农药(5.31%)和化肥(4.88%),其中农业固定资产集约度的增幅在2009年最高,达54.66%;农膜的单位面积投入量增幅在2008年最高,达12.56%;农用柴油、农药和化肥的集约度均稳步上升。

四大区域单位面积耕地投入要素增幅最大的都是农业固定资产,且东北和西部地区的增幅大于中、东部地区,原因可以归结为以下两方面:一是城市化和工业化快速推进背景下劳动力务农机会成本上升,农村劳动力向二三产业大规模转移,在保障粮食播种面积或者粮食产量的前提下,需加大可以有效替代劳动力的其他投入,而在实际的农业生产中,增加农业机械等省工性投入是最主要的措施,能大大提高农业生产效率,经济较发达的东、中部地区表现最为典型,这也可以用来解释劳动力集约度降幅东、中部地区大于西部和东北地区现象;二是原有的农业固定资产底子薄,自国家2004年“中央一号文件”明确提出“提高农业机械化水平,对农民个人、农场职工、农机专业户和直

接从事农业生产的农机服务组织购置和更新大型农机具给予一定补贴”以来,农机具购置补贴作为一项重要的惠农政策得到贯彻实施,促进了农业固定资产集约度的快速提高,这种农业政策的诱致作用在东北和西部地区最为显著。上述解释对农用柴油、化肥和农药等资本要素投入增幅的区域差异同样适用。

2.3 省域尺度耕地利用投入要素集约度的时空变化

图3反映了基年和末年我国31个省级行政区耕地利用投入要素的集约度。由图3可知,31个省份耕地利用投入要素集约度存在明显差异,同一地区的不同省份间差异也较明显。

农业固定资产集约度在31个省份均表现为大幅提高,全国80%的省份农业固定资产为其耕地6种投入中增幅最大的一项,其中黑龙江、青海、天津和山西的增幅最大。1999年东部各省的农业固定资产集约度较高,到2010年单位面积耕地农业固定资产投入仍以北京、天津和福建等经济发达的东部省份最高,河南和江西等粮食生产大省次之,而甘肃、贵州和宁夏等西部省份最低。

农膜集约度在31个省份均增高,其中基年投入较低的海南、青海和西藏增幅最大,而基年投入最高的上海增幅最小(7.9%)。到2012年,农膜集约度以上海、北京、福建和山东等经济发达的东部省份最高,而西藏、广西和内蒙古等西部省份最低。值得注意的是,全国70%的省份农膜投入增幅居其耕地投入的前两位,是继农业固定资产之后增幅较大的又一农业投入项目。

国家和区域尺度耕地利用劳动力集约度总体下降的趋势在省域尺度分化为下降和上升两种相反的趋势。东、中部地区近70%的省份劳动力集约度下降,其中上海、江苏和浙江降幅最大(35.66%~51.84%);东北和西部地区60%的省份劳动力集约度有所提高,其中新疆、甘肃和内蒙古增幅最大(11.98%~13.74%)。而从全国范围来看,北京和海南的劳动力集约度增幅最大,分别为28.41%和17.30%。到2010年,劳动力集约度仍以广东、福建、浙江等东部省份最高,湖南、河南、江西等中部粮食主产区次之,广西、四川、云南等西部多山省份最低。

化肥集约度除上海有所下降外,其他省份均增高,但各省份增幅差异较大。基年化肥投入较大的东部省份福建、江苏、北京和浙江增幅最小(2.72%~9.04%),而基年投入较小的内蒙古、海南、新疆和云南增幅最大(144.99%~170.88%)。到2012年,化肥集约度仍以福建、广东、江苏、山东等东部省份最高,西藏、青海和甘肃等西部省份最低。

农药集约度除上海、天津、山东和江苏东部四省下降外,其他省份均增高,其中基年农药投入较大的浙江、福建和北京增幅最小(<10%),而基年投入较小的甘肃和内蒙古增幅最大(248.12%~649.60%)。到2012年,农药集约度以福建、广东和浙江等东部省份最高,江西、湖南和湖北等中部省份次之,而宁夏、贵州和西藏等西部省份最低。

农用柴油集约度除北京和天津小幅下降外,其他省份均增高,其中,除海南外的其他中、东部地区的省份增幅较小,增幅较大的多为西部和东北地区的省份。到2012年,农用柴油集约度仍以浙江、福建、上海和河北等东部省份最高,而贵州、山西、四川和重庆等中、西部多山省份最低。

2.4 我国耕地利用投入要素集约度的区域差异

Theil指数的计算结果表明(图4),我国耕地利用投入要素集约度的区域差异比较明

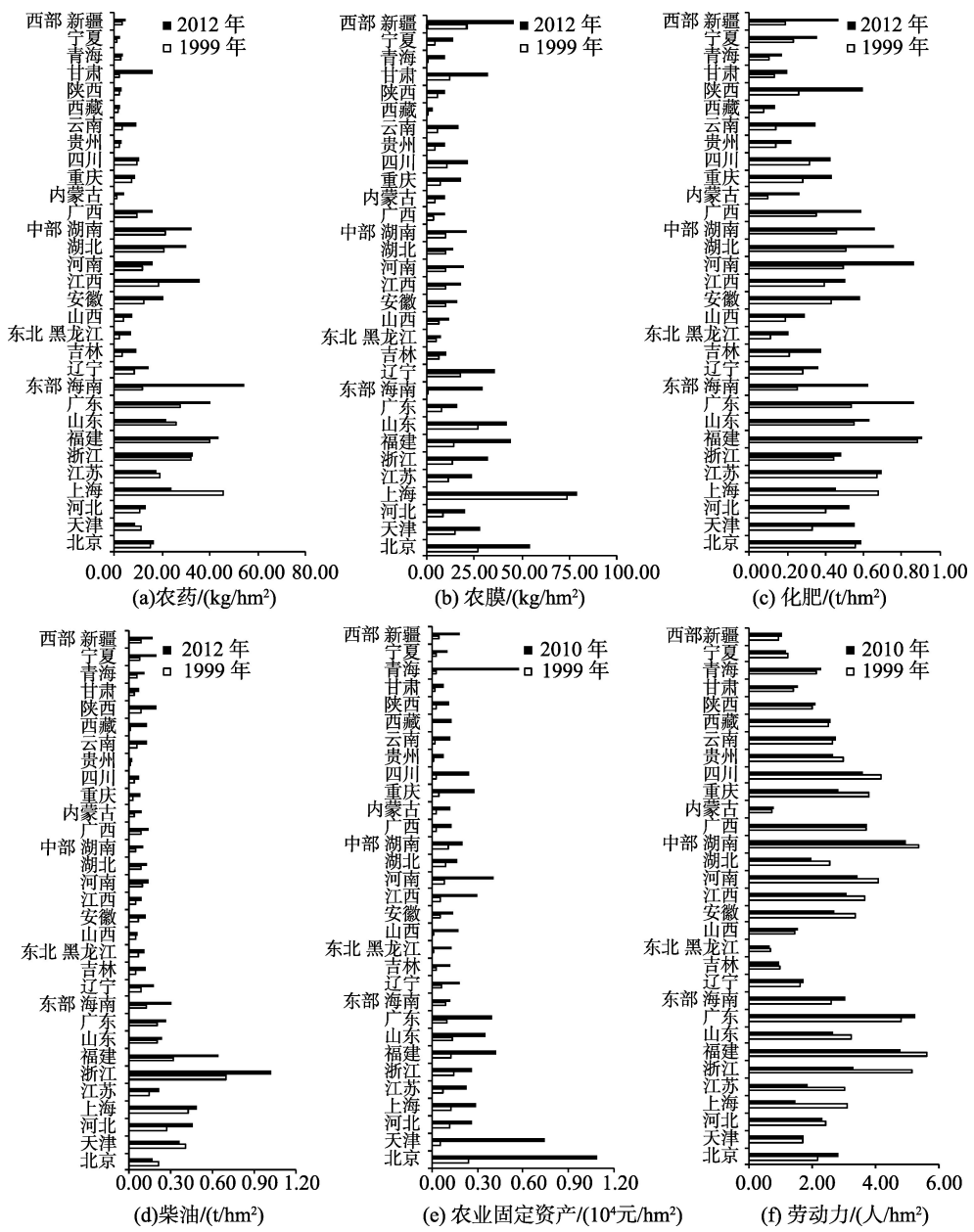


图3 各省份耕地利用投入要素集约度变化

Fig.3 The changes of input factors intensity for arable land-use at provincial scale

显，1999年以来总体差异呈缩小态势，但各要素的变化有所不同，其中，化肥投入的区域差异除2004年出现一次波动外，1999年以来呈稳定缩小态势；农药、农膜和农用柴油投入的区域差异在波动中缩小；劳动力投入的区域差异表现出明显的阶段性，1999—2003年间缩小，2004年后逐年扩大，2010年又开始缩小；农业固定资产投资投入的区域差异则起伏较大。

总体而言，四大区域之间的差异是我国耕地利用投入要素集约度差异的主要原因，但各要素投入差异的主要来源有所不同，其中，化肥和柴油的投入差异主要来源于区域

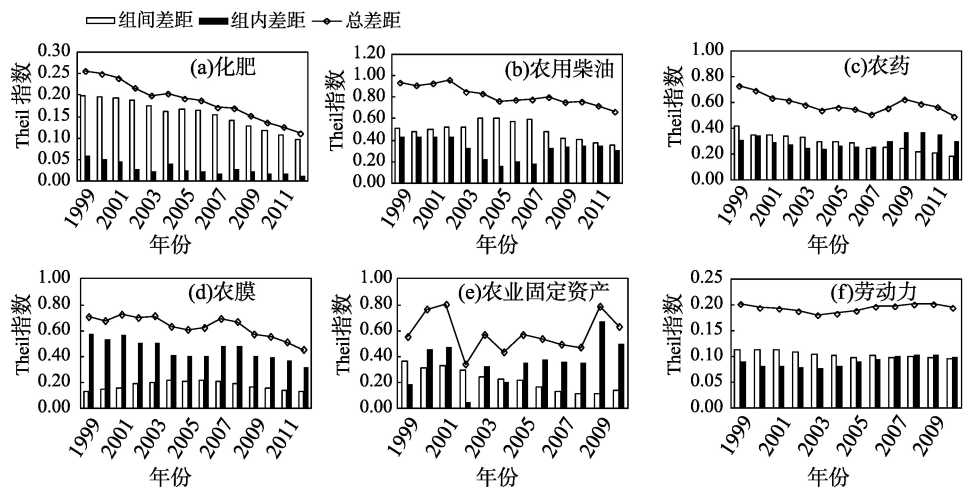


图4 我国耕地利用投入要素集约度Theil指数的变化趋势

Fig.4 The changes trend of Theil Index of input factors intensity for arable land-use in China

之间的差异，而农膜的投入差异主要来源于区内差异，其他3种要素的投入差异来源存在年际变化，农药和劳动力的投入差异在1999—2006年间主要源于区域间的差异，之后则主要源于区内差异，农业固定资产的投入差异在1999、2002和2004年主要源于区域间的差异，其他年份主要源于区内差异。

就Theil指数值的大小可知，我国耕地利用农用柴油集约度的区域差异最大，农膜、农药和农业固定资产次之，而化肥和劳动力集约度的区域差异最小。其中区间差异从大到小依次为农用柴油、农药、农业固定资产、农膜、化肥和劳动力，而区内差异从大到小依次为农膜、农业固定资产、农用柴油、农药、劳动力和化肥。

2.5 耕地利用投入要素集约度变化的影响因素

本研究运用EViews 6.0软件，通过公式（4），以1999—2008年31个省份的面板数据为样本进行回归分析。首先对模型的设定进行F检验，检验结果支持选择变截距模型；然后使用Hausman检验判断选择固定效应还是随机效应模型，结果表明，模型支持固定效应模型；最后利用虚拟变量最小二乘法（LSDV）进行固定效应模型估计。因为本文中的面板数据为短面板，故没有考虑单位根检验和协整问题。表1反映的是各解释变量对我国31个省份耕地利用化肥、农业固定资产、劳动力、农药和农膜投入的影响程度（农用柴油统计检验不显著，已略去）。

2.5.1 农村居民家庭人均经营纯收入对耕地利用集约度的影响

模型估计结果见表1。由表1可知，农村居民家庭人均经营纯收入对化肥、农业固定资产、农药和农膜投入均产生显著正向作用，其中对农膜投入和农业固定资产投资的正影响最大，说明目前我国总体上处于耕地利用资本投入集约度随农村居民家庭人均经营纯收入同方向增长的阶段，耕地利用资本投入集约度未来仍将持续增长；农村居民家庭人均经营纯收入对劳动力投入产生负向作用，说明劳动力投入随农村居民家庭人均经营纯收入增长而下降。究其原因，主要是因为农村居民家庭人均经营纯收入水平直接决定其对耕地利用的投入能力，农村居民家庭人均经营纯收入越高，农村居民越有能力将更多的资金投入于耕地，从而对劳动投入形成有效替代。

表 1 面板数据回归结果
Table 1 Panel data regression results

变量	解释变量				
	化肥	农业固定资产	劳动力	农药	农膜
<i>c</i>	-0.196 3***(-5.788)	-32.065 0***(-5.650)	7.480 7*** (11.897)	-0.043 9***(-4.438)	-83.189 2***(-5.666)
<i>INC</i>	0.027 2*** (6.093)	4.598 4*** (6.154)	-0.518 6***(-6.264)	0.005 6*** (4.273)	9.380 9*** (4.852)
<i>IND</i>	0.000 8*** (2.940)				
<i>POP</i>	0.000 8*** (3.714)	0.084 1** (2.447)	-0.007 1'(-1.856)	0.000 2*** (2.903)	0.693 2*** (7.798)
<i>POL</i>	0.004 8*** (2.786)	0.074 3' (0.255)			
<i>R</i> ²	0.976 0	0.800 8	0.988 7	0.958 5	0.955 3
调整 <i>R</i> ²	0.973 1	0.776 1	0.987 3	0.953 4	0.949 7
<i>P</i> 值 (<i>F</i> 统计值)	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
Durbin-Watson 统计	0.456 9	1.167 7	0.403 5	0.516 3	0.979 1
<i>P</i> 值 (Hausman 检验)	0.000 0	0.000 5	0.000 0	0.000 0	0.000 0

注：*、**、***分别表示估计系数在 10%、5%、1%的水平下显著；括号中的数值为 *t* 统计值。

2.5.2 产业非农化比重对耕地利用集约度的影响

模型估计结果表明，产业非农化比重对耕地利用化肥投入产生了显著正向作用。第二三产业比重的增加，一方面为耕地利用带来资本和技术等先进生产要素，另一方面扩大了对农产品的需求，促使农民增加以增产性资本投入（比如化肥）为核心的农业投入，获取更大的经济收益。

2.5.3 人口非农化比重对耕地利用集约度的影响

人口非农化比重对化肥、农业固定资产、农药和农膜投入均产生显著正向作用，其中对农膜投入的正影响最大，说明伴随城镇化水平的持续上升，我国耕地利用省工性和增产性资本投入都将不断增加，这有利于我国农业基础设施的逐步完善。

2.5.4 农业政策对耕地利用集约度的影响

我国农业政策对耕地利用化肥投入和农业固定资产投资均产生正向作用。我国从 2004 年开始连续 11 a 以“中央一号文件”的形式指导“三农”发展，农业综合生产能力不断提高，这与本文的结论相互佐证。可见，在当今中国，农业政策的实施对耕地利用集约度的提高有着极其重要的作用。

3 结论与政策启示

3.1 结论

本文基于单位面积耕地化肥、农业固定资产、劳动力、农药、农膜和农用柴油 6 种要素的投入量分析了我国 1999 年以来耕地利用集约度的时空变化，然后利用 Theil 指数探讨了我国耕地利用投入要素集约度的区域差异，最后通过构建计量经济模型分析了我国耕地利用投入要素集约度的影响因素。主要研究结论如下：

（1）在国家尺度上，我国耕地利用的劳动力集约度逐年下降，而化肥、农用柴油、农药、农膜和农业固定资产等资本投入要素的集约度均呈上升趋势，其中农业固定资产投资增幅最大，农膜和农用柴油次之，化肥和农药最低。

(2) 在区域尺度上,我国四大区域耕地利用投入要素集约度的时序变化特征与国家尺度上的变化特征一致,即劳动力集约度呈下降趋势,而其他资本投入要素的集约度呈上升趋势。从空间上来看,除劳动力集约度以中部地区最高外,其他投入要素的集约度均以东部地区最高,中部地区次之,东北地区和西部地区最低。

(3) 在省域尺度上,31个省份耕地利用投入要素集约度存在明显差异,同一地区的不同省份间差异也较明显。劳动力集约度在东、中部地区近70%的省份表现为下降,而在东北和西部地区60%的省份有所增高;化肥、农药和农用柴油集约度除上海等经济发达的东部省份有所下降外,其他省份均增高,东、中部省份增幅较小,而东北和西部省份增幅较大;农业固定资产和农膜集约度在31个省份均上升,但各省份增幅差异较大。

(4) 我国耕地利用投入要素集约度的区域差异比较明显,其中,农用柴油集约度的区域差异最大,农膜、农药和农业固定资产次之,而化肥和劳动力集约度的区域差异最小。1999年以来我国耕地利用投入要素集约度的区域差异整体呈缩小态势,相较于区域内差异,四大区域之间的差异对总体差异的贡献较大。但各要素投入差异的主要来源有所不同,其中,化肥和柴油的投入差异主要来源于区域之间的差异,而农膜的投入差异主要来源于区内差异,其他3种要素的投入差异来源存在年际变化。

(5) 耕地利用劳动力投入随农村居民家庭人均经营纯收入和人口非农化比重的上升而下降,化肥、农业固定资产、农药和农膜投入则恰好相反;产业非农化比重对化肥投入产生显著正向作用;农业政策促进了化肥和农业固定资产投资水平的提高。

3.2 政策启示

(1) 农业固定资产是1999年以来我国耕地利用投入增幅最大的一个项目。2004年以来中央一号文件极大地促进了农业固定资产投资规模的扩大,农业机械装备、农业水利设施等农业基础设施建设步伐加快,我国农业生产设施老旧和落后状况有所改观。然而,广大经济欠发达地区和粮食主产区的农业基础设施建设依然滞后,防范自然灾害的能力不强,无法适应现代农业发展的要求。鉴于此,一方面仍需努力提高经济欠发达地区,尤其是粮食主产区的农业固定资产投资水平,另一方面则亟需对快速增加的农业固定资产投资的结构及其社会、经济和生态效益进行评估,实现农业固定资产投资的合理有效利用。

(2) 化肥和农药是当今中国实现农业(种植业)增产增收的两项重要投入,其投入水平呈不断上升趋势。但化肥和农药的大量施用不仅会导致农业面源污染、土壤酸化板结等生态环境问题,还会威胁农业食品安全,降低我国农产品在国际市场中的竞争力。鉴于此,应该提高化肥和农药施用对生态环境影响的关注度,尤其是关注投入量大的东部和进一步依赖化肥和农药投入的中部、东北和西部粮食主产区。

(3) 农膜的投入增幅仅次于农业固定资产,在经济作物种植和干旱地区土壤保墒增产方面扮演重要角色,但农膜的过度使用也会造成环境污染和地力下降问题,其危害甚至超过了化肥和农药,必须引起高度重视,加强对农膜的集中回收和无害化处理。

(4) 我国耕地利用投入要素集约度的区域差异虽呈缩小态势,但区域间的差距依然较大。而由前述影响因素的分析可知,农村居民家庭人均经营纯收入和农业政策对农业固定资产等资本投入的集约度有着显著的正向作用。鉴于此,在当前耕地面积约束条件下,为保障国家粮食安全,应该着重提高广大农村居民家庭人均经营纯收入,同时进一步加大对欠发达地区及粮食主产区农业发展的扶持力度,充分发挥国家惠农政策的诱致

作用, 全面提高我国耕地集约利用水平。

参考文献(References):

- [1] 朱会义, 李秀彬, 辛良杰. 现阶段我国耕地利用集约度变化及其政策启示 [J]. 自然资源学报, 2007, 22(6): 907-915. [ZHU Hui-yi, LI Xiu-bin, XIN Liang-jie. Intensity change in cultivated land use in China and its policy implications. *Journal of Natural Resources*, 2007, 22(6): 907-915.]
- [2] Liu Chengwu, Li Xiubin. Regional disparity in the changes of agricultural land use intensity in China during 1980-2002 [J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2006, 16(3): 286-292.
- [3] 李秀彬, 朱会义, 谈明洪, 等. 土地利用集约度的测度方法 [J]. 地理科学进展, 2008, 27(6): 12-17. [LI Xiu-bin, ZHU Hui-yi, TAN Ming-hong, et al. Measurement of land use intensity. *Progress in Geography*, 2008, 27(6): 12-17.]
- [4] 刘成武, 李秀彬. 基于生产成本的中国农地利用集约度的变化特征 [J]. 自然资源学报, 2006, 21(1): 9-15. [LIU Chengwu, LI Xiu-bin. The changing characteristics of the agricultural land use intensity in China based on the production cost. *Journal of Natural Resources*, 2006, 21(1): 9-15.]
- [5] 姚成胜, 黄琳, 吕晞, 等. 基于能值理论的中国耕地利用集约度时空变化分析 [J]. 农业工程学报, 2014, 30(8): 1-12. [YAO Cheng-sheng, HUANG Lin, Lü Xi, et al. Temporal and spatial change of cultivated land use intensity in China based on emergy theory. *Transactions of the CSAE*, 2014, 30(8): 1-12.]
- [6] 谢花林, 邹金浪, 彭小琳. 基于能值的鄱阳湖生态经济区耕地利用集约度时空差异分析 [J]. 地理学报, 2012, 67(7): 889-902. [XIE Hua-Lin, ZOU Jin-lang, PENG Xiao-lin. Based on the energy of Poyang lake ecological economic zone of cultivated land use intensive degree of time and space differences analysis. *Journal of Geographical Sciences*, 2012, 67(7): 889-902.]
- [7] Li X B, Wang X H. Changes in agricultural land use in China: 1981-2000 [J]. *Asian Geographer*, 2003, 22(1): 27-42.
- [8] 邹金浪, 杨子生. 中国耕地利用投入的时空差异 [J]. 自然资源学报, 2013, 28(7): 1083-1093. [ZOU Jin-lang, YANG Zi-sheng. Temporal and spatial variations of arable land use input in China. *Journal of Natural Resources*, 2013, 28(7): 1083-1093.]
- [9] 张琳, 张凤荣, 安萍莉, 等. 不同经济发展水平下的耕地利用集约度及其变化规律比较研究 [J]. 农业工程学报, 2008, 24(1): 108-112. [ZHANG Lin, ZHANG Feng-rong, AN Ping-li, et al. Comparative study of cultivated land use intensive degree and its change law at different economic levels. *Transactions of the CSAE*, 2008, 24 (1): 108-112.]
- [10] 陈瑜琦, 李秀彬, 朱会义, 等. 不同经济发展水平地区耕地利用变化对比研究 [J]. 中国农业大学学报, 2011, 16(1): 124-131. [CHEN Yu-qi, LI Xiu-bin, ZHU Hui-yi, et al. Comparidon of the agriculrural land use changes at different economic levels. *Journal of China Agricultural University*, 2011, 16(1): 124-131.]
- [11] Chen Yuqi, Li Xiubin, Tian Yujun. Structural change of agricultural land use intensity and its regional disparity in China [J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2009, 19: 545-556.
- [12] 陈瑜琦, 李秀彬. 1980 年以来中国耕地利用集约度的结构特征 [J]. 地理学报, 2009, 64(4): 469-478. [CHEN Yu-qi, LI Xiu-bin. Structural change of agricultural land use intensity and its regional disparity in China. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(4): 469-478.]
- [13] 吴郁玲, 顾湘, 周勇. 农户视角下湖北省耕地集约利用影响因素分析 [J]. 中国土地科学, 2012, 26(2): 50-55. [WU Yu-ling, GU Xiang, ZHOU Yong. Factors analysis on use of cultivated land from the viewpoint of farmers in Hubei Province. *Chinese Land Science*, 2012, 26(2): 50-55.]
- [14] 花晓波, 阎建忠, 王琦, 等. 大渡河上游河谷与半山区耕地利用集约度及影响因素的对比分析 [J]. 农业工程学报, 2013, 29(20): 234-244. [HUA Xiao-bo, YAN Jian-zhong, WANG Qi, et al. Comparative analysis on influencing factors of cultivated land use intensity in valley and middle mountain area of upper Dadu River watershed. *Transactions of the CSAE*, 2013, 29(20): 234-244.]

Spatiotemporal Difference and Driving Forces of Input Factors Intensity for Arable Land-use in China

YAO Guan-rong¹, LIU Gui-ying^{1,2}, XIE Hua-lin¹

(1. Institute of Poyang Lake Eco-economics, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang 330013, China; 2. School of Economics and Management of Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: Based on the Theil index and an econometric model, this paper analyzed the spatiotemporal difference and driving forces of six input factors intensity of arable land-use in China. The results showed that: 1) At the national scale, the labor intensity of arable land-use has decreased, while the remaining five input factors intensity showed a rising trend in China, and among them, agricultural fixed assets being of the highest growth rate. 2) At the regional scale, the temporal pattern of six input factors intensity for arable land-use was in common with which at the national scale. In addition to the labor intensity which the central region was of the highest value, intensity of other five input factors were of the highest values in the eastern region, the central region took the second place and the northeast and west regions were of the lowest values. 3) At provincial scale, there was two changing directions in labor intensity, while the intensity of fertilizer, pesticide and agricultural diesel oil decreased in Shanghai, Tianjin, Jiangsu and Shandong where are economically developed. 4) The regional differences of six input factors intensity of arable land-use in China was evident and showed a narrowing trend. The differences of six input factors intensity of arable land-use between four major regions contributed more than differences within the region. 5) Per capita annual net incomes of household operations and proportion of nonagricultural population had a significant positive correlation with inputs of fertilizer, agricultural investment in fixed assets, pesticide and agricultural plastic film. The proportion of nonagricultural industry had a significant positive correlation with fertilizer input. Agricultural policies promoted the inputs of fertilizer and agricultural investment in fixed assets. Finally, we suggest that there is an urgent need to focus on the structure of agricultural investment in fixed assets and its social, economic and ecological effects, as well as ecological impact of heavy application of fertilizer, pesticide and agricultural plastic film. In order to comprehensively promote the arable land-use intensity under the conditions of area constraints, the government should focus on improving per capita annual net incomes of household operations, meanwhile strengthening the agricultural support policies for less developed regions and major grain producing regions.

Key words: arable land; land-use intensity; Theil index