

农业化学投入与农业经济增长脱钩关系研究

——以河南省为例

张志高¹, 袁征², 黄冬至¹, 邱双娟¹, 耿益新¹

(1. 安阳师范学院 资源环境与旅游学院, 河南 安阳 455000; 2. 安阳工学院 数理学院, 河南 安阳 455000)

摘要: [目的] 在测算河南省农业化学投入与农业经济之间脱钩弹性的基础上, 进一步分析河南省农业化学投入增减的影响及时空格局演化, 为该省农业资源环境保护提供依据。[方法] 采用 Tapio 脱钩模型分析河南省农业化学投入与农业经济之间的脱钩关系, 利用 LMDI 分解模型对影响农业化学投入的影响因素进行分解, 运用 K-means 方法对河南省农业化学效率进行聚类分析。[结果] 1993—2016 年河南省农业化学投入总体呈“先升后降”态势, 农膜、农药和化肥投入分别于 2012、2014 和 2016 年出现下降趋势; 23 a 来河南省农业化学投入与农业经济增长态势出现了从相对脱钩和扩张性负脱钩并存到相对脱钩再到开始出现绝对脱钩趋势的转变; 耕地效应是农业化学投入增加的主要推动力量, 效率效应对农业化学投入具有明显抑制作用, 规模效应的影响不明显; 从空间格局上看, 豫东南地区农业经济增长对农业化学生产资料依赖程度较高, 豫中和豫西北地区农业化学参与农业经济增长的程度较低。[结论] 整体上看, 河南省农业化学投入对农业经济增长呈现出了脱钩状态, 但在区域内部还存在着较大的空间差异, 未来河南省应采取差异化的农业化学控制政策。

关键词: 农业化学投入; Tapio 脱钩; LMDI 分解模型; 河南省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2019)04-0222-07

中图分类号: F323.2

文献参数: 张志高, 袁征, 黄冬至, 等. 农业化学投入与农业经济增长脱钩关系研究[J]. 水土保持通报, 2019, 39(4): 222-228. DOI: 10. 13961/j. cnki. stbctb. 2019. 04. 035; Zhang Zhigao, Yuan Zheng, Huang Dongzhi, et al. Decoupling relationship of agricultural chemical investment and agricultural economic growth[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019, 39(4): 222-228.

Decoupling Relationship of Agricultural Chemical Investment and Agricultural Economic Growth —Taking He’nan Province as an Example

Zhang Zhigao¹, Yuan Zheng², Huang Dongzhi¹, Qiu Shuangjuan¹, Geng Yixin¹

(1. School of Resource Environment and Tourism, Anyang Normal University, Anyang, He’nan 455000, China;

2. School of Mathematics and Physics, Anyang Institute of Technology, Anyang, He’nan 455000, China)

Abstract: [Objective] On the basis of calculating the decoupling elasticity of agricultural chemical input and agricultural economy, the influencing factors of agricultural chemical input and its spatio-temporal pattern evolution were further analyzed to provide bases for the protection of agricultural resources and environment in He’nan Province. [Methods] Based on the Tapio decoupling model, the decoupling relationship between agricultural chemical input and agricultural economy in He’nan Province was analyzed. LMDI decomposition model was used to decompose the influencing factors of agricultural chemical input, and K-means method was used to cluster the agricultural chemical efficiency in He’nan Province. [Results] From 1993 to 2016, the input of agricultural chemistry in He’nan rose firstly and declined lately. The inputs of agricultural film, pesticide and fertilizer showed their respective downward trends in 2012, 2014 and 2016. In the past 23 years, the trend of the relationship between agricultural chemical input and agricultural economic growth had changed

收稿日期: 2018-08-22

修回日期: 2018-09-15

资助项目: 河南省高等学校重点科研项目“基于双赢视角的河南粮食主产区土地流转长效机制研究”(17A790002)

第一作者: 张志高(1986—), 男(汉族), 河南省许昌市人, 博士, 副教授, 主要从事区域资源和环境评价等方面研究。E-mail: Zhangzhg06@163.com.

from relative decoupling and expansive negative decoupling to relative decoupling, and then to a trend of absolute decoupling in He'nan Province. The cultivated land effect was the main driving force for the increase of agricultural chemical input, and the efficiency effect had a significant inhibitory effect on agricultural chemical input, and the scale effect was not obvious. From the perspective of spatial pattern, the growth of agricultural economy in the southeastern of He'nan was highly dependent on the agricultural chemical input, and the degree of agricultural chemistry participating in agricultural economic growth in the center and the northwest of He'nan Province was relatively low. [Conclusion] On the whole, agricultural chemical input and economic development of He'nan Province showed a decoupling state, but there were still large spatial differences within the region. Differential agricultural chemical control policies should be adopted in the future.

Keywords: input of agricultural chemistry; Tapio decoupling; LMDI decomposition model; He'nan Province

中国是传统农业大国,改革开放以来我国农业生产取得了巨大成就,以世界 7% 的耕地养活了占世界 1/5 的人口^[1],粮食总产量由 1978 年的 3.05×10^8 t 增至 2017 年的 6.18×10^8 t,增长 102.75%,年均增速 1.74%。期间 2004—2015 年我国粮食生产更是实现了史无前例的“十二连增”^[2-3]。我国农业的发展对国家持续发展乃至世界粮食市场稳定做出了巨大贡献^[4-5]。然而以牺牲资源环境为代价的粗放式发展产生了严重后果,造成了严重的环境污染,农业经济增长与农业资源环境的矛盾越来越突出^[6]。当前的农业面源等污染问题主要来自于农业过程中农药、化肥和农膜等农业化学物资的大量使用以及农村生活污染^[7]。相关研究^[8]表明,降低农业化学物资在农业生产过程中的参与程度,能有效降低农业环境污染,有利于农业生产与资源环境协调发展。但另一方面农业化学物资投入可以解决土地本体条件缺陷和农作物虫草危害等问题,进而促进农业经济增长^[9]。那么,农业生产过程中对农业化学物质投入的控制既要考虑到农业资源环境的承载力,也要保证农业经济增长的持续和稳定。因此,掌握农业化学物质投入时空演化规律及其驱动机制,深入探讨农业化学物质投入与农业经济发展之间的关系,对实现农业面源污染控制以及农业与生态环境的可持续发展意义重大^[10]。

河南省作为农业大省和我国重要的商品粮基地,在我国农业生产中占有举足轻重的地位,其用全国 1/16 的耕地生产了全国 1/4 的小麦和 1/10 的粮食^[11],为保障我国粮食供应和粮食安全做出了巨大贡献。2016 年河南省粮食总产量 5.95×10^7 t,居全国第 2 位,实现农林牧渔业总产值 7 799.67 亿元。在农业经济快速发展的同时,河南省农业化学投入也长期居高不下,2016 年河南省农用化肥施用折纯量、农药和农膜使用量分别为 7.15×10^6 t, 1.27×10^5 t 和 1.63×10^5 t,其中化肥和农膜使用量分别居全国第 1 和第 2 位。因此,本文基于 1993—2016 年河南

省农业化学物质投入等有关数据,运用 Tapio 脱钩模型测算河南省农业化学投入的脱钩弹性指数,分析农业化学投入增减的影响效应及时空格局演化,以期为河南省农业面源污染治理及制定区域农业资源环境保护战略提供科学参考和依据。

1 研究方法数据来源

1.1 Tapio 脱钩模型

20 世纪 60 年代为了探讨环境质量与经济发展之间的关联性,提出了“脱钩”概念用来测度经济发展和物质消耗投入与生态环境之间的压力状况^[12]。随后 Tapio^[13]于 2005 年提出了弹性脱钩理论,采用“弹性概念”来动态地反映变量间的脱钩关系,并将经济增长与环境污染的脱钩指标进行了细化。目前在农业领域 Tapio 脱钩理论的运用,主要集中在农业碳排放与经济增长关系以及化肥使用与粮食产量关系等方面^[14-16]。参考有关研究成果,本文选用 Tapio 脱钩模型对河南省农业化学物质投入与农业经济增长的脱钩关系进行分析,构建如下农业化学投入与农业产值之间的脱钩弹性系数模型:

$$\epsilon_{t+1} = \frac{\Delta C_{t+1}}{\Delta A_{t+1}} = \left(\frac{C_{t+1}}{C_t} - 1 \right) / \left(\frac{A_{t+1}}{A_t} - 1 \right) \quad (1)$$

式中: ϵ_{t+1} —— $t+1$ 时期的脱钩弹性; C_t, A_t —— t 时期农业化学投入物量和农业产值; C_{t+1}, A_{t+1} —— $t+1$ 时期农业化学投入物量和农业产值; $\Delta C_{t+1}, \Delta A_{t+1}$ —— $t+1$ 时期农业化学投入物量和农业产值的变化率。参考有关 Tapio 脱钩弹性分级标准,当 $\Delta A_{t+1} > 0$ 时,定义 $\epsilon_{t+1} < 0$ 为绝对脱钩, $0 \leq \epsilon_{t+1} < 1$ 为相对脱钩; $\epsilon_{t+1} \geq 1$ 时为扩张性负脱钩。

1.2 LMDI 分解模型

常见的因素分解方法有 IPAT 模型、STIRPAT 模型及 Kaya 公式^[17-18]等。由 Ang^[19]提出的对数平均分解指数法(LMDI),满足因素可逆,可以消除残差项,克服了用其他方法分解后存在残差项的缺点,

且操作简单,因而得到广泛应用。依据 LMDI 因素分析法,农业化学投入量 P 可以表示为:

$$P = S \cdot \frac{A}{S} \cdot \frac{P}{A} \quad (2)$$

式中: P ——农业化学投入量; A ——农业产值; S ——农作物播种面积,表征农业生产规模,代表规模效应;令 $Y = \frac{A}{S}$ 表示单位播种面积的农业产值,表

征耕地的效益效应(耕地效应); $I = \frac{P}{A}$ ——单位农业产值消耗的农业化学物质投入量,代表农业化学化的效率效应,则农业化学投入可表示为:

$$P = S \cdot Y \cdot I \quad (3)$$

对上式两边取对数,则有:

$$\ln P = \ln S + \ln Y + \ln I \quad (4)$$

对上式采用加和分解,将差分分解为:

$$\Delta P_T = P^T - P^0 \quad (5)$$

则农业化学物质投入量的各因素贡献值表达式为:

$$\Delta S = \frac{P^T - P^0}{\ln P^T - \ln P^0} (\ln S^T - \ln S^0) \quad (6)$$

$$\Delta Y = \frac{P^T - P^0}{\ln P^T - \ln P^0} (\ln Y^T - \ln Y^0) \quad (7)$$

$$\Delta I = \frac{P^T - P^0}{\ln P^T - \ln P^0} (\ln I^T - \ln I^0) \quad (8)$$

式中: T ——总的变化; t ——目标年; 0 ——基准年; 则总效应为:

$$\Delta P^T = \Delta S + \Delta Y + \Delta I \quad (9)$$

1.3 数据来源

文中河南省及各地市化肥施用折纯量、农药使用量、农膜使用量及有关农业生产数据来源于 1994—2017 年《河南统计年鉴》及各地市统计年鉴,由于研究期内部分县市进行了行政区划调整,为保证统计口径一致,本文以现行行政区划对调整前的县市数据进行了整理。

2 河南省农业化学投入情况

2.1 化肥施用折纯量

化肥施用折纯量根据每种化肥添加的有效成分(五氧化二磷,氮,氧化钾等)折算而来,相较于化肥总施用量更能准确反映出农业化学物质对农业非点源污染的影响程度。1993—2016 年河南省化肥、农药及农膜投入情况如图 1 所示。由图 1 可知,1993—2016 年河南省化肥施用折纯量总体呈上升趋势,由 1993 年的 2.88×10^6 t 增长到 2016 年 7.15×10^6 t,增幅 148.09%,年均增速 4.03%。具体可分为两个

阶段:第一阶段为 1993—2002 年,河南省化肥施用折纯量保持快速增长,由 1993 年 2.88×10^6 t 增至 2002 年的 4.69×10^6 t,年均增速 5.55%;第二阶段为 2003—2016 年,河南省化肥施用折纯量增速放缓,由 2003 年 4.68×10^6 t 增至 2016 年的 7.15×10^6 t,年均增速 3.06%,值得注意的是 2016 年河南省化肥施用折纯量增速 -0.15% ,开始出现下降趋势。

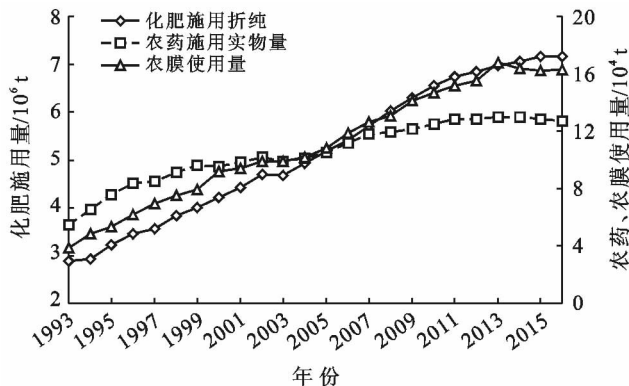


图 1 河南省 1993—2016 年农业化学投入变化

2.2 农药使用量

1993—2016 年河南省农药使用量由 1993 年的 5.44×10^4 t 增至 2016 年 1.27×10^5 t,增长 133.64%,年均增速 3.76%(图 1)。1993—2012 年河南省农药使用量基本呈增长态势,期间由于“三农问题”严重,农民种粮积极性不够,农药使用量在 2000 年,2003 年出现负增长,增速分别为 -0.62% 和 -3.24% ,之后恢复增长,直至 2012 年开始,出现下降趋势。

2.3 农膜使用量

1993—2016 年河南省农膜使用量基本呈上升趋势(图 1),由 1993 年的 3.84×10^4 t 增至 2016 年 1.63×10^5 t,增长 324.74%,年均增速 6.49%。23 a 来河南省农膜使用可以分为 4 个阶段:第 1 阶段为 1993—2000 年,河南省农膜使用量快速增长,由 1993 年的 3.84×10^4 t 增至 2000 年 9.19×10^4 t,年均增长 13.28%。第 2 阶段为 2001—2004 年,由于“三农问题”严重,农民种粮积极性不高,土地撂荒现象严重,农膜使用量增速放缓,由 2001 年的 9.41×10^4 t 增至 2004 年 1.02×10^5 t,年均仅增长 2.59%。第 3 阶段为 2005—2013 年,农膜使用量由 2005 年的 1.08×10^5 t 增至 2013 年 1.68×10^5 t,年均增长 5.61%。第 4 阶段为 2014—2016 年,农膜使用量呈下降趋势,由 2013 年的 1.68×10^5 t 降至 2016 年的 1.63×10^5 t,年均增速为 -0.94% 。

根据上述河南省农业化学物质投入的发展状况可知,农药、农膜和化肥投入的发展阶段特征极为相

似,“八五”时期,国家开始要求加大“化肥、农膜、农药等的供应量”^[10],因此河南省化肥、农膜、农药使用量等在1999年前快速增长,尤其是农膜使用年均增速达12.87%。1999年开始,“三农问题”严重,农业化学投入增速放缓甚至出现负增长,2004年后,国家聚焦“三农问题”,实施一系列惠农措施,农民种粮积极性提高,农业化学投入恢复增长,2012年后,随着国家对农业化学投入的控制,以及河南省加强农业科技投入以及循环农业、绿色农业等种植模式的推广等原因,河南省农膜、农药和化肥投入分别于2012,2014,2016年出现下降趋势,农业化学投入得到有效控制。

3 农业化学投入与农业经济增长的脱钩关系

1993年以来河南省农业产值由1993年的475.52亿元增至2016年的4577.16亿元,增幅为862.56%,年均增速10.35%,除个别年份为负增长外,基本呈现出年度连续增长的趋势图2。即 $A_{t+1} > 0$ 。按照前述脱钩状况的定义可以看出,1993—2016年河南省农业化学投入和农业产值之间总体上呈相对脱钩状态,即 $0 \leq \epsilon_{t+1} < 0$,总体变化可分为3个阶段(图2):

①1993—2000年,农业化学投入与农业产值均保持快速增长,由于“八五”时期,国家鼓励化肥、农膜及农药等投入,农业化学短期投入产出比相对更高,农民为加大产量大量使用化肥、农药和农膜等农业化学物质,带动了农业产值的快速增长。总体上,在此阶段河南省农业化学投入与农业产值脱钩指数波动剧烈,二者脱钩关系以相对脱钩和扩张性负脱钩为主。

②2001—2010年,随着90年代农田水利等农业基础设施建设得到重视,河南省农业机械化 and 电气化水平快速提升,在此阶段农业化学物质投入的增速开始逐步低于农业产值的增速,但农业经济的发展仍然受制于农业化学投入。在此阶段,河南省农业化学投入与农业产值脱钩指数较为平稳,以相对脱钩为主。

③2011—2016年,“十七大”后,国家提出了建设生态文明的战略任务,开始重视生态环境保护和资源节约,同时随着农业科技水平的不断提高以及循环农业、生态农业等新型农业模式开始推广普及,河南省农业化学物质投入增速放缓,甚至出现减少趋势,而农业产值仍保持增长趋势,在此阶段,河南省农业化学投入与农业产值开始出现绝对脱钩趋势,但是脱钩趋势仍不十分稳固,脱钩弹性系数波动剧烈,个别年份出现扩张负脱钩状态,其中2011年受秋雨灾害、冬春连旱的影响脱钩弹性指数出现波动,呈扩张性负脱钩。

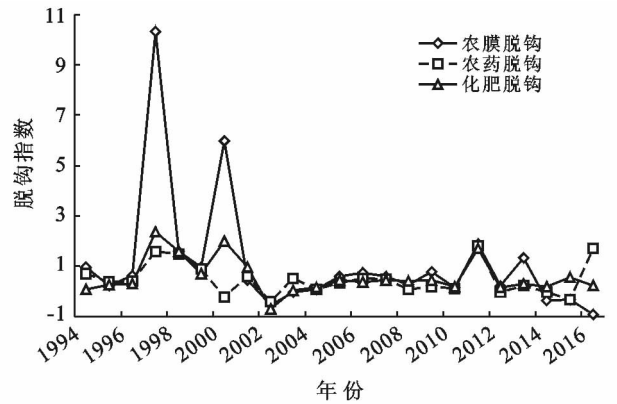


图2 河南省1993—2016年农业化学投入与农业经济增长的脱钩指数

4 农业化学投入的效应分解

4.1 化肥施用折纯量的效应分解

基于LMDI因素分解模型对河南省农业化学物质投入进行因素分解,结果详见表1。1993—2016年,河南省化肥施用折纯量增加了 4.27×10^6 t,其中耕地效应和规模效应分别是化肥投入增长的促进因素,23 a来相比基期累计分别贡献了 9.82×10^6 t, 8.40×10^5 t的增量,二者贡献率分别为229.97%,19.68%。效率效应则对化肥施用折纯量的增长起抑制作用,相比基期累计贡献了 -6.39×10^6 t(-149.66%)。

4.2 农药使用量的效应分解

由表1可知,23 a来河南省农药使用量增加 7.27×10^4 t,规模效应、耕地效应和效率效应相比基期分别贡献了 1.81×10^4 t, 2.02×10^5 t和 -1.47×10^5 t,3种效应对河南省农药使用量的贡献率分别为24.95%,277.34%, -202.29%。与化肥因素分解情况相似,河南省农药使用量的增加主要由耕地效应引致,规模效应影响较小,而效率效应对农药使用具有明显的抑制作用。

4.3 农膜使用量的效应分解

1993—2016年河南省农膜使用量增加 1.25×10^5 t,规模效应、耕地效应和效率效应分别贡献了 1.94×10^4 t, 1.96×10^5 t, -9.41×10^4 t(表1),3种因素贡献率分别为14.12%,161.31%, -75.43%。耕地效应和规模效应是农膜使用量增加的主要推动力,效率效应对农膜使用量的增加有抑制作用。根据以上分析可知,耕地效应是农业化学物质投入增加的主要推动力量,单位农作物播种面积农业产值与农业化学生产资料投入量的增加密切相关;应从提高农业化学物质投入的效率着手以减少农业化学生产资料投入以及防止农业面源污染;相对于其他两个效应,规模效应对农业化学生产资料投入量的影响不明显。

表 1 河南省 1993—2016 年农业化学投入的影响因素分解

时段	化肥施用折纯量/ 10^4 t			农药使用量/ 10^4 t			农膜使用量/ 10^4 t		
	规模效应	耕地效应	效率效应	规模效应	耕地效应	效率效应	规模效应	耕地效应	效率效应
1993—1994 年	0.48	71.65	-67.87	0.01	1.47	-0.39	0.01	1.07	-0.05
1994—1995 年	1.24	106.50	-78.00	0.03	2.44	-1.44	0.02	1.77	-1.34
1995—1996 年	3.29	74.25	-54.42	0.08	1.77	-1.08	0.06	1.28	-0.48
1996—1997 年	0.55	3.72	5.72	0.01	0.09	0.06	0.01	0.07	0.70
1997—1998 年	8.63	8.91	9.96	0.21	0.21	0.19	0.17	0.17	0.20
1998—1999 年	2.88	20.80	-6.63	0.07	0.50	-0.06	0.06	0.41	-0.02
1999—2000 年	15.17	-4.52	10.21	0.35	-0.11	-0.31	0.32	-0.09	1.03
2000—2001 年	-0.30	22.65	-1.33	-0.01	0.51	-0.20	-0.01	0.49	-0.26
2001—2002 年	7.98	-49.58	68.71	0.18	-1.09	1.27	0.17	-1.05	1.33
2002—2003 年	11.24	-42.10	29.92	0.24	-0.90	0.33	0.24	-0.89	0.67
2003—2004 年	3.68	160.98	-139.40	0.08	3.35	-3.18	0.08	3.36	-3.15
2004—2005 年	4.86	51.07	-30.94	0.10	1.04	-0.75	0.10	1.06	-0.48
2005—2006 年	2.76	58.76	-39.23	0.06	1.20	-0.61	0.06	1.26	-0.32
2006—2007 年	3.65	59.76	-34.16	0.08	1.24	-0.67	0.08	1.32	-0.58
2007—2008 年	2.47	72.18	-42.66	0.05	1.46	-1.40	0.05	1.59	-1.23
2008—2009 年	1.48	60.64	-35.13	0.03	1.19	-0.99	0.03	1.34	-0.31
2009—2010 年	3.04	140.04	-116.60	0.06	2.69	-2.40	0.07	3.15	-2.65
2010—2011 年	0.46	10.53	7.57	0.01	0.20	0.17	0.01	0.24	0.21
2011—2012 年	0.17	64.39	-53.84	0.00	1.22	-1.26	0.00	1.45	-1.10
2012—2013 年	2.96	38.22	-29.24	0.06	0.72	-0.59	0.07	0.89	0.30
2013—2014 年	2.68	44.05	-37.35	0.05	0.82	-0.89	0.06	1.04	-1.53
2014—2015 年	2.30	16.25	-8.21	0.04	0.30	-0.46	0.05	0.37	-0.57
2015—2016 年	2.35	-7.57	4.17	0.04	-0.14	-0.07	0.05	-0.17	0.23
1993—2016 年	84.01	981.57	-638.76	1.81	20.16	-14.71	1.94	19.57	-9.41

5 农业化学效率的空间聚类分析

河南省各市 1993 年与 2016 年单位产值农业化学投入情况详见表 2。由于济源市相关数据缺失,本部分内容不包括济源市。由表 2 可知,河南省从 1993—2016 年单位产值化肥施用量、农药使用量和农膜使用量均呈下降趋势,23 a 来降幅分别为 74.22%,75.75%和 55.91%。具体到各市来看,单位产值农膜使用量方面,降幅排在前 3 位的地市分别为周口、洛阳和三门峡市,降幅分别为 79.37%,77.01%和 74.07%,降幅最低的为安阳市,由于其农膜使用量由 1993 年的 70 t 增至 2016 年的 2.09×10^4 t,增幅达 3 033.94%,由此其单位产值农膜使用量大幅提升 212.47%。单位产值农药使用量方面,开封、周口和三门峡 3 市降幅排在前 3 位,分别为 87.12%,83.30%和 79.62%,最低为平顶山市为 15.78%;单位产值化肥施用量方面,三门峡市降幅最大,达到 88.93%,其次为洛阳市为 86.15%,再次为驻马店地区的 82.91%,降幅最低为新乡市,降幅为 47.66%。由以上可知,周口、三门峡和洛阳 3 市在农业化学投入量控制方面走在河南省前列,而其他各市对农业化学投入的控制差异较大。

2016 年河南省各市单位产值农膜使用量、农药

使用量和化肥施用折纯量的 K-means 聚类结果如表 3 和图 3 所示。由表 3 可知,河南省各市农业经济增长对农业化学物质投入的依赖程度可分为两类,第 I 类包括郑州、开封、洛阳、平顶山、安阳、鹤壁、焦作、濮阳、许昌、漯河和三门峡 11 市,其单位产值农业化学投入相对较低,农业经济增长对农业化学投入依赖较弱,如三门峡市单位产值化肥施用折纯量、农药和农膜使用量分别为 0.059 6,0.001 8 和 0.002 3 t/万元,分别位居全省第 17,15 和第 13 位。第 II 类城市包括新乡、南阳、商丘、信阳、周口和驻马店等市,其单位产值农业化学投入相对较高,属于农业经济发展对农业化学物质依赖较强的城市。如商丘市单位产值化肥施用折纯量、农药和农膜使用量分别为 0.059 6,0.001 8 和 0.002 3 t/万元,分别位居全省第 4,1 和第 9 位,对农业化学投入依赖程度较高。

从河南省单位产值农业化学投入的空间差异来看(图 3),河南省农业经济增长对农业化学投入依赖较强的 II 类城市主要位于豫东南地区,豫东南地区耕地面积较大,农业在区域经济发展中所占比重较高,为河南省粮食生产的主力^[3],其农业发展方式相对较为粗放,农业化学参与农业经济增长的程度较高,虽然单位产值农业化学投入量不断降低,但绝对值依然位于全省前列。农业化学参与农业经济增长的程度

较低的 I 类城市均分布于河南省中部及豫西北地区, 相对来说, 这些地区耕地面积较少, 经济发展较好, 农

业占经济比重比较低, 农业经济增长对农业化学投入依赖较弱。

表 2 河南省 1993 与 2016 年各市单位产值农业化学投入量

地区	单位产值化肥施用量			单位产值农药使用量			单位产值农膜使用量		
	施用量(t/万元)		降幅/%	使用量(t/万元)		降幅/%	使用量(t/万元)		降幅/%
	1993 年	2016 年		1993 年	2016 年		1993 年	2016 年	
郑州	0.557 5	0.134 6	75.85	0.006 9	0.002 3	66.09	0.013 2	0.004 7	64.68
开封	0.444 5	0.098 1	77.92	0.014 2	0.001 8	87.12	0.009 4	0.003 2	65.57
洛阳	0.737 4	0.102 1	86.15	0.005 9	0.001 1	67.18	0.009 7	0.002 2	77.01
平顶山	0.508 6	0.251 5	50.54	0.003 3	0.002 8	15.78	0.006 5	0.002 4	63.80
安阳	0.631 4	0.169 9	73.09	0.012 4	0.002 3	81.30	0.002 5	0.007 7	-212.47
鹤壁	0.496 8	0.182 9	63.19	0.013 4	0.003 1	77.01	0.003 8	0.003 3	13.77
新乡	0.471 0	0.246 5	47.66	0.009 9	0.004 3	56.08	0.003 4	0.001 7	50.47
焦作	0.326 3	0.129 9	60.19	0.007 9	0.002 6	66.60	0.002 7	0.001 4	46.54
濮阳	0.563 9	0.151 4	73.15	0.008 6	0.002 2	74.49	0.005 3	0.004 0	25.12
许昌	0.404 5	0.190 0	53.03	0.008 6	0.002 3	72.84	0.006 3	0.002 2	65.17
漯河	0.325	0.163 8	49.75	0.006 3	0.002 4	62.74	0.005 2	0.003 0	42.05
三门峡	0.537 9	0.059 6	88.93	0.009 0	0.001 8	79.62	0.008 7	0.002 3	74.07
南阳	0.586 4	0.164 9	71.87	0.013 4	0.003 4	74.94	0.007 7	0.005 4	29.65
商丘	0.505 3	0.183 3	63.72	0.012 4	0.004 4	64.13	0.004 8	0.003 0	39.09
信阳	0.502 0	0.105 3	79.03	0.007 1	0.002 1	70.75	0.004 6	0.002 9	37.92
周口	0.601 7	0.152 6	74.64	0.020 1	0.003 4	83.30	0.017 8	0.003 7	79.37
驻马店	1.052 1	0.179 8	82.91	0.003 8	0.001 6	58.15	0.005 6	0.003 1	44.63
合计	0.606 1	0.156 2	74.22	0.011 44	0.002 774	75.75	0.008 1	0.003 6	55.91

表 3 河南省农业化学投入 K-means 聚类结果

地区	类别	距离	地区	类别	距离
郑州	I	0.115	许昌	I	0.164
开封	I	0.420	漯河	I	0.370
洛阳	I	0.128	三门峡	I	0.590
平顶山	I	0.501	南阳	II	1.004
安阳	I	0.892	商丘	II	1.120
鹤壁	I	0.763	信阳	II	1.001
新乡	II	0.956	周口	II	0.794
焦作	I	0.181	驻马店	II	1.226
濮阳	I	0.068			

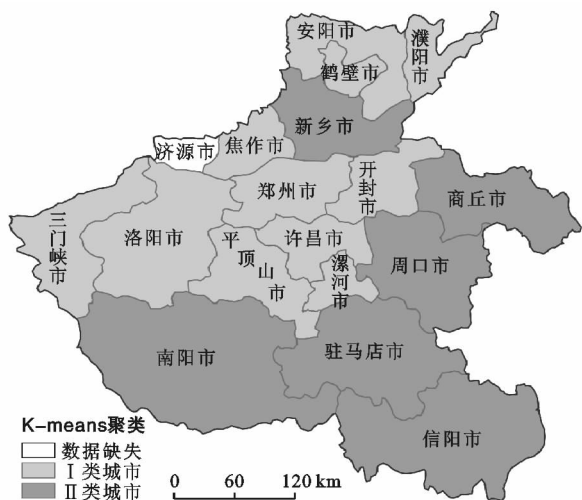


图 3 河南省 2016 年农业化学依赖程度空间格局

6 结论

(1) 1993—2016 年河南省农业化学投入总体呈“先升后降”态势, 农膜、农药和化肥投入分别于 2012, 2014, 2016 年出现下降趋势, 农业化学投入得到有效控制。

(2) 23 a 来河南省农业化学投入与农业经济增长出现了从相对脱钩和扩张性负脱钩并存到相对脱钩再到开始出现绝对脱钩趋势的转变, 说明河南省农业经济增长对农业化学物质的依赖性开始逐渐减弱。

(3) 河南省农业化学投入的影响因素分解表明, 耕地效应是农业化学投入增加的主要推动力量, 效率效应对农业化学投入具有明显抑制作用, 而规模效应的影响不明显。

(4) 从空间格局上看, 豫东南地区农业经济增长对农业化学物质投入依赖程度较高, 豫中和豫西北地区农业化学参与农业经济增长的程度较低。说明尽管河南省整体上农业化学投入对农业产值增长呈现出了脱钩状态, 但还存在着较大的空间差异, 未来河南省应采取差异化的农业化学控制政策。

[参 考 文 献]

[1] 沈能, 周晶晶, 王群. 考虑技术差距的中国农业环境技术效率库兹涅茨曲线再估计: 地理空间的视角[J]. 中国农

- 村经济,2013(12):72-83.
- [2] 封志明,孙通,杨艳昭. 2003—2013 年中国粮食增产格局及其贡献因素研究[J]. 自然资源学报,2016,31(6):895-907.
- [3] 张志高,娄延军,张玉,等. 2003—2015 年河南粮食增产格局及贡献因素研究[J]. 中国农业资源与区划,2018,39(6):28-34.
- [4] 《中国土地资源生产能力及人口承载力研究》课题组. 中国土地资源生产能力及人口承载力研究[M]. 北京:中国人民大学出版社,1991.
- [5] 封志明,李香莲. 耕地与粮食安全战略:藏粮于土,提高中国土地资源的综合生产能力[J]. 地理学与国土研究,2000,16(3):1-5.
- [6] 李谷成,范丽霞,闵锐. 资源、环境与农业发展的协调性:基于环境规制的省级农业环境效率排名[J]. 数量经济技术经济研究,2011(10):21-36.
- [7] 饶静,纪晓婷. 微观视角下的我国农业面源污染治理困境分析[J]. 农业技术经济,2011(12):11-16.
- [8] 李秀芬,朱金兆,顾晓君,等. 农业面源污染现状与防治进展[J]. 中国人口·资源与环境,2010,20(4):81-84.
- [9] Pasqual J, Souto G. Sustainability in natural resource management[J]. *Ecological Economics*, 2003,46(1):47-59.
- [10] 杨建辉. 农业经济增长的农业化学化效应及时空格局变化:以山东省为例[J]. 经济地理,2017,37(3):182-187.
- [11] 何春花. 河南省粮食生产影响因素的量化分析与对策[D]. 河南 郑州:河南农业大学,2009.
- [12] 陆钟武,王鹤鸣,岳强. 脱钩指数:资源消耗、废物排放与经济增长的定量表达[J]. 资源科学,2011,33(1):2-9.
- [13] Tapio P. Towards a theory of decoupling: degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001 [J]. *Transport Policy*, 2005,12(2):137-151.
- [14] 张志高,袁征,刘雪,等. 基于投入视角的农业碳排放与经济增长的脱钩效应分析:以河南省为例[J]. 水土保持研究,2017,24(5):272-278.
- [15] 张玉梅,乔娟. 都市农业发展与碳排放脱钩关系分析:基于脱钩理论的 Tapio 弹性分析法[J]. 经济问题,2014(10):81-86.
- [16] 徐卫涛,张俊飏,李树明,等. 我国循环农业中的化肥施用与粮食生产脱钩研究[J]. 农业现代化研究,2010,31(2):200-203.
- [17] Ma C, Stern D I. China's changing energy intensity trend: A decomposition analysis [J]. *Social Science Electronic Publishing*, 2008,30(3):1037-1053.
- [18] Kaya Y. Impact of Carbon Dioxide Emission on GNP Growth: Interpretation of Proposed Scenarios [R]. Paris: Presentation to the Energy and Industry Subgroup, Response Strategies Working Group, IPCC, 1989.
- [19] Ang B W, Liu Na. Handling zero values in the logarithmic mean Divisia index decomposition approach[J]. *Energy Policy*, 2007,35(1):238-246.

(上接第 221 页)

- [27] 幸赞品,颜长珍,冯坤,等. 1975—2015 年宁夏生态系统格局宏观变化分析[J]. 生态学报,2018,38(22):1-8.
- [28] Liu Yanlan, Lei Huimin. Responses of natural vegetation dynamics to climate drivers in China from 1982 to 2011 [J]. *Remote Sensing*, 2015, 7(8):10243-10268.
- [29] 卓莉,曹鑫,陈晋,等. 锡林郭勒草原生态恢复工程效果的评价[J]. 地理学报,2007,62(5):471-480.
- [30] 曹鑫,辜智慧,陈晋,等. 基于遥感的草原退化人为因素影响趋势分析[J]. 植物生态学报,2006,30(2):268-277.
- [31] Tian Haijing, Cao Chunxiang, Chen Wei, et al. Response of vegetation activity dynamic to climatic change and ecological restoration programs in Inner Mongolia from 2000 to 2012 [J]. *Ecological Engineering*, 2015, 82(4):276-289.
- [32] 张翀,任志远. 黄土高原地区植被覆盖变化的时空差异及未来趋势[J]. 资源科学,2011,33(11):2143-2149.
- [33] 罗娟,银山,王永芳. 毛乌素沙地土地利用动态变化分析[J]. 内蒙古林业科技,2014,40(2):5-9.
- [34] 马瞳宇,张晓萍,马芹,等. 近 20 年来黄土高原水蚀风蚀交错区典型小流域土地利用/覆被变化分析[J]. 中国水土保持科学,2012,10(3):9-14.
- [35] Fensholt R, Rasmussen K, Kaspersen P, et al. Assessing land degradation/recovery in the African Sahel from long-term earth observation based primary productivity and precipitation relationships [J]. *Remote Sensing*, 2013, 5(2):664-686.
- [36] Wessels K J, Prince S D, Zambatis N, et al. Relationship between herbaceous biomass and 1-km² advanced very high resolution radiometer (AVHRR) NDVI in Kruger National Park, South Africa [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2007, 27(5):951-973.