

# 近 35 年中国耕地集约度时空变化特征分析

井 睿<sup>1,2</sup>, 张蚌蚌<sup>1,2</sup>, 赵敏娟<sup>1,2</sup>, 张济舟<sup>1</sup>

(1.西北农林科技大学 经济管理学院, 陕西 杨凌 712100; 2.西北农林科技大学 应用经济研究中心, 陕西 杨凌 712100)

**摘 要:**为对比分析全国各地耕地集约利用时空变化特征,探索耕地集约度变化关键节点,利用 1985—2016 年省际面板数据,构建包含 17 项指标的耕地集约利用评价指标体系。基于主成分分析法综合评价各研究区域耕地集约利用水平,运用动态变化模型分析耕地集约度变化差异。结果表明:(1)在国家尺度上,耕地集约度总体表现为“缓慢上升—迅速增加”的趋势;(2)在区域尺度上,耕地集约利用水平具有明显的分异特征,东部地区耕地集约度最高,中部地区次之,东北、西南和西北地区集约利用水平有待提升;(3)在省域尺度上,耕地集约度受自然地理条件和经济发展状况影响较大,区域差异明显;(4)随着耕地集约度增速变缓、生产要素集约度降低和国家政策调整,“产量—生态”平衡下的可持续集约化将是耕地利用的发展方向。因此,未来应关注耕地集约利用的生态环境效益及风险,更好地促进耕地可持续集约利用。

**关键词:**耕地集约利用; 时空特征; 变化趋势; 主成分分析; 中国

中图分类号:F301.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2019)05-0353-06

## Spatiotemporal Characteristics of Intensive Cultivated Land Use in China in Recent 35 Years

JING Rui<sup>1,2</sup>, ZHANG Bangbang<sup>1,2</sup>, ZHAO Minjuan<sup>1,2</sup>, ZHANG Jizhou<sup>1</sup>

(1.College of Economics and Management, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2.Reasearch Center for Applied Economics, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** In order to analyze the spatiotemporal characteristics of intensive cultivated land use and explore the key nodes of its change, the evaluation indexes system was established, which included 17 specific indicators using the provincial panel data from 1985 to 2016. The principal component analysis (PCA) was adopted to comprehensively evaluate the intensive utilization level of cultivated land, dynamic change model was used to explain variation differences. The results indicate that: (1) on the national scale, the degree of cultivated land intensive use shows a trend of ‘slow rise-rapid increase’; (2) on the regional scale, the intensive use level of cultivated land has obvious differentiation characteristics; cultivated land intensity is highest in the eastern region, followed by the central region, the northeast, southwest and northwestern regions need to be improved; (3) on the provincial scale, cultivated land intensity is greatly affected by the natural geographical conditions and economic development, and the regional differences are obvious; (4) with the slower growth of cultivated land intensification, the reduction of production factors and the adjustment of national policies, sustainable intensification on the basis of the balance of ‘production-ecology’ are the future development direction of cultivated land utilization. Therefore, the attention should be paid to the ecological and environmental benefits and risks of intensive cultivated land use in the future, so as to better promote the sustainable and intensive use of cultivated land.

**Keywords:** intensive cultivated land use; spatiotemporal characteristics; variation tendency; principal components analysis; China

收稿日期:2019-03-05

修回日期:2019-03-20

**资助项目:**国家自然科学基金项目(41801210);中国博士后科学资助项目(2018M631214);陕西省软科学研究计划项目(2018KRM003);陕西省社会科学资助项目(2018S14);陕西省博士后科学资助项目(2018BSHEDZZ82);西北农林科技大学博士科研启动资助项目(2452017199);广西壮族自治区自然资源厅 2018 年重大研究课题(GXZC2018-G3-17920-JGYZ-G)

**第一作者:**井睿(1998—),男,山东潍坊人,本科生,主要研究方向为土地资源与土地管理。E-mail:jingrui@163.com

**通信作者:**张蚌蚌(1990—),男,河南周口人,博士,讲师,主要研究方向为耕地质量与土地评价,土地整治与乡村振兴。E-mail:bangbang.zhang@nwafu.edu.cn

耕地是不可复制的农业自然资源,是粮食生产的物质基础<sup>[1]</sup>,耕地资源的不断流失严重威胁我国农产品的有效供给。耕地集约化程度的提高对于耕地质量保护、区域可持续发展和农业结构调整具有重大的现实意义<sup>[2-3]</sup>,是实现耕地保护和粮食生产安全的重要举措<sup>[4]</sup>。随着城镇化建设的推进,我国耕地面积仍有不断缩减的趋势,在人地矛盾尖锐、粮食安全压力加大的背景下<sup>[5]</sup>,耕地集约利用问题已经引起中央政府的高度重视和学术界的广泛关注。同时,耕地过度集约也会带来严重的生态环境问题,如华北平原过度开采地下水进行灌溉导致地下水漏斗<sup>[6]</sup>,东北地区过度利用耕地造成黑土层变薄和有机质下降<sup>[7]</sup>,过度使用化肥导致土壤酸化<sup>[8]</sup>。因此,揭示全国各地区耕地利用的时空变化特征,对于平衡“产量—生态”关系,促进耕地可持续集约化具有重要现实意义。

目前,耕地集约利用相关研究主要集中在耕地集约与城镇化之间的耦合关系<sup>[9-10]</sup>,耕地集约时空异特征<sup>[11-12]</sup>、耕地集约驱动力或影响因素<sup>[13-14]</sup>等方面,耕地利用的特征、程度以及变化过程是耕地集约度评价的主要内容<sup>[15]</sup>。姚冠荣等<sup>[16]</sup>系统分析了投入要素集约度的变化趋势,发现近年来除劳动力以外的传统资本要素投入量不断增加;陈伟等<sup>[17]</sup>将耕地质量纳入集约度指标评价范围,消除了耕地质量差异对粮食产量的影响;曹春艳等<sup>[4]</sup>主要考虑了城镇化对耕地集约利用的影响机制,认为城镇化水平的过度提升将会造成耕地集约度的下降;张荣天等<sup>[18]</sup>从投入、产出两个角度阐述了我国耕地利用效率的时空格局,认为中国省际耕地利用效率仍将保持显著差异。在此基础上,石淑芹等<sup>[19]</sup>总结了包括频度、投入、产出、潜力、增产、综合指标、集约度及能值 8 个层面的指标体系。由此可见,耕地集约利用评价体系经历了从单一指标向综合指标不断完善充实的过程,但尚未形成统一完整的体系,现有研究很难涵盖评价指标的各个方面,当研究区域较大时,由于数据获取困难,所选取的评价指标不完整,而且研究的数据时序不够长,对区域或省域间耕地集约利用差异及其驱动机制的对比分析有待深入。

基于以上认知,本文充分挖掘 1985—2016 年全国及省际面板数据,构建包含 17 项指标的评价体系,运用主成分分析法研究全国各地区耕地集约度的时空变化特征,重点分析耕地集约度变化的关键节点,以期为我国耕地合理高效利用提供决策依据。

## 1 数据来源

本研究所用数据涉及 31 个省份(自治区、直辖

市),农业机械总动力、农村电力、种植业产值、农作物成灾面积、农用化肥、农膜、柴油和农药使用量等数据来源于《中国农村统计年鉴》,农作物播种面积、有效灌溉面积、粮食总产量等数据来源于《中国统计年鉴》,农业从业人员、耕地面积等数据来源于《中国区域经济统计年鉴》、《中国国土资源统计年鉴》以及各省统计年鉴,森林覆盖率来源于国家林业局历次森林资源连续清查数据。

为消除由于统计方法所造成的耕地面积差异,借鉴封志明<sup>[20]</sup>、陈印军<sup>[21]</sup>等的研究方法对 1981—2008 年耕地面积进行数据重建,得到基于第二次全国土地调查的耕地数量,从而更准确地反映耕地面积的变化趋势。

## 2 研究方法

### 2.1 评价指标体系构建

耕地集约利用评价指标的选取必须遵循可操作性、系统性、动态性、简明性等基本原则,本文借鉴周杨武<sup>[11]</sup>、王国刚<sup>[22]</sup>等学者的研究成果,同时考虑到数据的可获取性,从投入强度、利用程度、产出效益、可持续状况 4 个准则层出发,构建包含 17 项指标的耕地集约利用评价指标体系。采用极差标准化法对原始数据进行处理,消除不同评价指标量纲和性质的差异,并用主成分分析法确定指标权重。

投入强度反映的是农业生产过程中单位耕地面积上投入资本、劳动力等生产要素的多少,一般来说投入要素越多,耕地集约度越高。利用程度反映的是人类对耕地的使用能力和水平,通常与耕地集约度的提高有正向关系。而产出效益则是耕地给人类带来的经济利益,即产量或产值的多少,可持续状况反映的是耕地质量及未来的生产潜力。具体指标含义及计算说明见表 1。

### 2.2 评价模型

2.2.1 评价方法 主成分分析实际上是通过降维的方法,筛选出能够解释整体数据大部分信息的重要变量,从而使问题得到简化。我们将研究期内指标数据按时间顺序展开,根据主成分累积方差贡献率达到 80%且特征值大于 1 的原则选取主成分,各主成分得分为:

$$F_k = \sum_{j=1}^p a_j X'_{ij} \quad (1)$$

式中: $F_k$  为第  $k$  个主成分上的得分; $a_j$  为各评价指标在该主成分上对应的特征向量; $X'_{ij}$  为第  $i$  年第  $j$  个指标的标准化值。

根据主成分方差贡献率和主成分得分,计算耕地

集约利用综合分值,即:

$$Z=\sum_{j=1}^m w_j F_k \tag{2}$$

式中: $w_j$  为各主成分的方差贡献率; $Z$  为耕地集约利用综合得分。

为便于比较不同时期或地区耕地集约利用程度

的差异,将综合得分进行百分制转换,计算公式如下:

$$G=\frac{Z}{|Z_{\max}|+|Z_{\min}|}\times 40+60 \tag{3}$$

式中: $G$  为百分制转换后的综合得分; $Z_{\max}$  和  $Z_{\min}$  分别为百分制转换之前耕地集约利用程度综合得分的最大值和最小值。

表 1 耕地集约利用评价指标体系及含义

目标层	准则层	指标层	指标计算说明	性质
耕地 集约 利用	投入强度	地均劳动人员( $X_1$ )	农业从业人员/耕地总面积(人/hm <sup>2</sup> )	+
		地均农业机械总动力( $X_2$ )	农业机械总动力/耕地总面积(kW/hm <sup>2</sup> )	+
		地均化肥施用量( $X_3$ )	农业化肥施用量/耕地总面积(kg/hm <sup>2</sup> )	+
		地均农村用电量( $X_4$ )	农村用电总量/耕地总面积(kW·h/hm <sup>2</sup> )	+
		地均农药使用量( $X_5$ )	农药使用总量/耕地总面积(kg/hm <sup>2</sup> )	+
		地均农用柴油使用量( $X_6$ )	农用柴油使用量/耕地总面积(kg/hm <sup>2</sup> )	+
	利用程度	复种指数( $X_7$ )	农作物总播种面积/耕地总面积(%)	+
		灌溉指数( $X_8$ )	有效灌溉面积/耕地总面积(%)	+
		垦殖指数( $X_9$ )	耕地总面积/区域土地面积(%)	+
		相对撂荒指数( $X_{10}$ )	1-复种指数/地区最大复种指数值(%)	-
		地均农膜使用量( $X_{11}$ )	农膜使用总量/耕地总面积(kg/hm <sup>2</sup> )	+
	产出效益	地均产值( $X_{12}$ )	种植业产值/耕地总面积(万元/hm <sup>2</sup> )	+
		人均产值( $X_{13}$ )	种植业产值/农业从业人员(万元/人)	+
		地均粮食产量( $X_{14}$ )	粮食总产量/耕地总面积(t/hm <sup>2</sup> )	+
		人均粮食产量( $X_{15}$ )	粮食总产量/农业从业人员(t/人)	+
	可持续状况	森林覆盖率( $X_{16}$ )	森林面积/区域土地面积(%)	+
		农作物成灾率( $X_{17}$ )	农作物成灾面积/耕地总面积(%)	-

2.2.2 耕地集约动态变化模型 为了直观反映耕地集约度的动态演变过程 and 变化速率,构建耕地集约度变化量和变化率的动态模型,研究基期和报告期集约水平变动趋势,计算公式如下:

$$\Delta G=G_{\text{rep}}-G_{\text{bas}} \tag{4}$$

$$G_{\text{roc}}=\frac{\Delta G}{G_{\text{bas}}} \tag{5}$$

$$G_{\text{avg}}=\sqrt[n]{\frac{G_{\text{rep}}}{G_{\text{bas}}}}-1 \tag{6}$$

式中: $G_{\text{rep}}$  和  $G_{\text{bas}}$  分别表示报告期和基期耕地集约度得分; $G_{\text{avg}}$  表示年均增长率,若耕地集约度变化量  $\Delta G>0$ ,则表示该研究期内耕地集约利用水平有所提升,反之则降低。耕地集约度变化率的绝对值  $|G_{\text{roc}}|$  越大,表示研究期内耕地集约水平的变动速度越快。

3 结果与分析

3.1 耕地集约度综合得分计算

根据 SPSS 24.0 统计软件的运行结果,KMO 检验值大于 0.8,Bartlett 球形检验值小于 0.01,因此所选取指标之间具有较高的相关度,采取主成分分析法是合理的。按照主成分特征值大于 1,累计方差贡献率大于 80%的原则,提取的前 5 个主成分见表 2。可以看出,所提取的主成分累积方差贡献率达到 83.11%,即前 5 个主成

分反映了 17 个指标 83.11%的信息量。

第 1 主成分包括地均农业机械总动力、地均化肥施用量、地均农村用电量、地均农药使用量、地均农用柴油使用量、地均农膜使用量、复种指数、灌溉指数、地均产值和地均粮食产量,主要反映了农业耕作所投入的人力、物力、财力,可称为资本投入强度因子;第 2 主成分包括地均劳动人员、人均产值和人均粮食产量,主要反映了耕地的产出能力,可称为产出效益因子;第 3 主成分为森林覆盖率,第 4 主成分包括相对撂荒指数和农作物成灾率,这两个主成分均反映了耕地再利用的潜力,可合称为可持续状况因子;第 5 主成分为垦殖指数,主要反映了耕地占土地总面积的比重,可称为土地利用程度因子。以每个主成分的方差贡献率为权重,利用式(2) 计算全国及各地区在研究期内的耕地集约利用综合分值,见表 3。

表 2 各主成分特征值及方差贡献率

主成分	特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
$F_1$	7.38	43.44	43.44
$F_2$	2.20	12.95	56.39
$F_3$	1.62	9.52	65.91
$F_4$	1.47	8.64	74.55
$F_5$	1.46	8.56	83.11

表 3 各省份耕地集约度得分

省份	1985 年	1990 年	2000 年	2010 年	2016 年	平均
北京	80.10	80.94	85.05	83.45	72.27	80.36
天津	75.92	77.16	78.44	77.69	78.39	77.52
河北	70.57	69.91	76.41	79.00	78.72	74.92
山西	68.20	69.23	67.96	68.50	68.95	68.57
内蒙古	63.58	63.92	65.50	67.01	68.65	65.73
辽宁	69.32	69.19	70.26	71.61	72.89	70.66
吉林	70.39	69.75	69.02	70.76	73.58	70.70
黑龙江	69.07	68.65	67.74	70.22	72.15	69.57
上海	88.16	88.69	96.46	93.34	85.00	90.33
江苏	80.10	77.80	82.09	84.04	86.69	82.15
浙江	83.59	81.90	84.09	80.54	81.10	82.24
安徽	73.64	73.29	74.09	76.94	78.76	75.34
福建	77.35	78.21	86.13	84.37	87.32	82.67
江西	75.27	75.58	76.61	79.27	80.16	77.38
山东	74.56	73.42	79.51	81.25	81.69	78.08
河南	71.01	71.19	75.98	81.11	82.09	76.28
湖北	75.33	74.37	74.38	77.12	78.12	75.86
湖南	75.90	74.95	78.11	80.64	84.12	78.74
广东	83.34	82.98	83.18	83.35	85.68	83.71
广西	70.63	72.11	71.77	72.49	75.29	72.46
海南	—	72.21	72.47	75.57	78.17	74.61
重庆	—	—	70.61	72.05	74.35	72.34
四川	71.93	71.40	72.12	72.80	74.56	72.56
贵州	67.57	68.97	65.47	65.04	68.67	67.14
云南	68.96	69.54	67.11	67.19	70.89	68.74
西藏	65.25	64.87	65.44	65.71	68.00	65.85
陕西	69.16	69.48	68.68	70.98	72.47	70.16
甘肃	63.84	64.32	64.51	65.47	67.39	65.11
青海	64.17	64.01	63.54	66.34	66.50	64.91
宁夏	65.15	65.27	64.53	69.57	69.34	66.77
新疆	66.26	66.48	68.20	70.77	75.80	69.50

注:海南、重庆未成立之前没有数据

3.2 全国耕地集约度时序变化特征

根据全国耕地集约度变化趋势(图 1),1981—2016 年我国耕地集约度分值整体表现为上升势态,由 1981 年的 61.94 上升到 2016 年的 97.84,年均增长率为 1.31%。具体可以分为两个阶段:第一阶段为 1981—2003 年,耕地集约度呈现波动增长并伴有阶段下降的趋势,年均增长率为 0.97%;第二阶段为 2004—2016 年,耕地集约度呈现迅速增长的趋势,年均增长率为 1.74%。

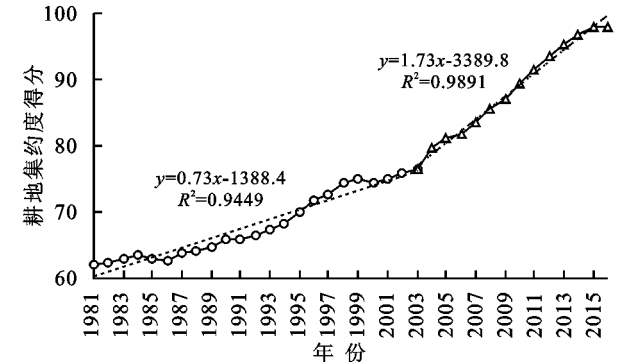


图 1 1981—2016 年全国耕地集约度变化趋势

1981—2003 年全国耕地集约度增长速度相对缓慢。在此阶段,受技术条件和经济发展水平的限制,生产要素投入较少,其中农业机械总动力的投入差异尤为显著,1981—2003 年平均投入为 2.38 kW/hm<sup>2</sup>,仅是第二阶段的三分之一。相比之下,2003 年之前地均劳动人员更多,说明要素投入的边际效用不高,没有实现耕地的高效集约利用。1985—1986 年耕地集约度甚至出现了连续下降的现象,由 63.57 分别下降到 1985 年的 62.84,1986 年的 62.74,这是主成分产出效益因子和可持续状况因子得分降低的结果。在此期间,农作物成灾率由 10.6%(1984 年)迅速增加到 16.2%(1986 年),达到同期较高水平,自然灾害频发,粮食作物单产降低,耕地集约度也因此下降。

2004—2016 年全国耕地集约度始终保持良好的上升势头,年均增幅显著高于第一阶段。2004 年全国耕地集约度分值为 79.58,与 2003 年相比增幅达到 3.07,增长率为 4.01%,为研究期内的最高水平。就生产要素投入来说,农村用电量、农用柴油使用量作为农业机械化程度的重要衡量指标,二者投入在 1981—2015 年期间始终保持增长势头。其中 2004 年增幅最大,分别达到 15.37%和 16.36%,这与国家政策指导农业发展的背景是分不开的。2004 年起连续发布以“三农”为主题的中央一号文件,“增加农业投入,强化对农业支持保护”,并开始实行减免农业税的惠农政策,大大提高了农民的生产积极性。与此同时,2003 年农作物成灾率达到研究期内的峰值,为 23.7%,而 2004—2016 年农作物成灾率的平均值仅为 12.8%。自然灾害减少,耕地的产出效益随之增长,2016 年的地均产值、地均粮食产量分别是 2003 年的 4.05 倍和 6.72 倍。由此可见,多种因素共同促成了该阶段耕地集约利用水平的快速提高。

但同时,2011—2015 年全国耕地集约度同比去年增长率分别为 2.60%,2.10%,2.05%,1.56%和 1.29%,耕地集约度增长趋势逐渐变缓,2015 年耕地集约度得分为 98.06,为研究期内的最大值,直到 2016 年耕地集约度降至 97.84,出现了负增长现象。在此期间内,劳动力集约度始终处于缩减趋势,由 2011 年的 1.97 人/hm<sup>2</sup> 减少到 2016 年的 1.59 人/hm<sup>2</sup>,年均降幅达到 4.22%。2016 年与 2015 年相比,农业机械总动力、化肥、农药、柴油等要素集约度均有不同程度的下降,降幅分别为 12.91%,0.58%,2.36%和 3.61%。这说明我国耕地资源利用将迎来转型,过去 35 a 快速增长的耕地集约化趋势出现转折,以产量为目标的高度集约化耕地利用正在向“产量—生态”平衡方向发展,如农业部提出了减药、减肥

的“双减”计划,华北地区为遏制地下水过度开采而进行限制灌溉、降低复种指数等措施,全国范围内实施“耕地休养生息”政策等,因此,耕地利用正在向“产量—生态”平衡下的可持续集约化发展。

### 3.3 区域耕地集约度时空变化特征

将全国划分为西北、西南、东北、中部、东部五大区域,各区域内不同省(市)耕地集约测度结果如图 2 所示。

(1) 西北地区 1985—2016 年耕地集约度总体表现为不断上升的趋势,年均增长率为 0.22%,尽管如此,其耕地集约利用水平仍显著低于其他地区。值得注意的是,2016 年新疆耕地集约度迅速提高,与 2010 年相比增长率达到 7.10%,灌溉指数达到 0.96,为全国最高水平。究其原因,新疆良好的光热条件有助于农作物生长,膜下滴灌的快速发展显著提高了耕地有效灌溉率,因此农业产出效益大大增加,通过产业结构的不断调整和优化配置,实现了耕地集约度的逐年稳步增长。

(2) 西南地区耕地集约程度偏低,且各省份间差异较大。自然资源条件是影响耕地集约化程度的基础因素,云南、贵州、西藏地处云贵高原、青藏高原等高山丘陵地区,耕地质量较差。重庆、四川、广西三地农业机械总动力平均投入为 8.11 kW/hm<sup>2</sup>,而云南、贵州、西藏仅为 6.63 kW/hm<sup>2</sup>。一般而言,高原地区不利于农业基础设施建设,农业机械动力投入较少,从而导致了耕地集约化程度的降低。相比之下,重庆、四川、广西多位于盆地地区,地形平坦,水热条件好,耕地生产能力强。

(3) 东北地区耕地集约度变动幅度不大,省际差异也并不明显。黑龙江、吉林、辽宁三省耕地集约度年均得分分别是 69.57,70.66,70.70,年均增长率分别是 0.14%,0.16%,0.14%。作为我国重要的商品

粮生产基地,其耕地集约利用不仅影响自身经济社会稳定,对于保障全国粮食安全也具有至关重要的作用。东北地区土地肥沃,森林覆盖率高,具备优越的自然条件,更应着力于精准农业的发展,提高农业耕作的专业化水平,改善耕地利用状况。

(4) 中部地区耕地集约利用水平较高,在 2001—2016 年表现出了较快的增长趋势,原因在于农业税的全面取消以及中央政策不断向“三农”倾斜,极大激发了农户的生产积极性,促进了耕地集约度的快速增长。湖南耕地集约年均得分达到 78.74,由于其处于亚热带区域,热量充足,作物多为一年两熟或三熟,2010 年、2016 年复种指数分别为 1.99,2.12,居于全国首位,耕地集约利用程度为中部地区的最高水平。

(5) 东部地区代表了全国耕地集约利用的最高水平,平均得分达到 80.78,以北京、上海为代表的经济发达地区耕地集约利用水平呈现出“先上升、后下降”的趋势,2016 年与 2010 年相比,降幅分别达到 15.03%和 11.88%。东部各省经济发达,尽管农业从业人员比例不高,但雄厚的经济实力可以保证其他资本要素的投入力度。同时由于这些地区工业用地、建设用地较多,耕地资源有限,更加注重土地保护和耕地的合理利用,能够保证耕地单位面积的产出效益,如福建、广东和江苏等地区,2016 年地均产值分别达到 13.34 万元/hm<sup>2</sup>,12.02 万元/hm<sup>2</sup>,8.13 万元/hm<sup>2</sup>。自 2016 年中央一号文件提出“加强资源保护和生态修复,推动农业绿色发展”以来,生态文明建设和农业结构调整得以落实,绿色农业成为促进农业可持续发展的重要举措。因此,北京、上海等发达地区的农业生产已经进入转型期,着力发展生态农业、休闲农业、共享农业等现代农业模式,传统农业生产规模不断缩减,导致了近年来耕地集约度的下降。

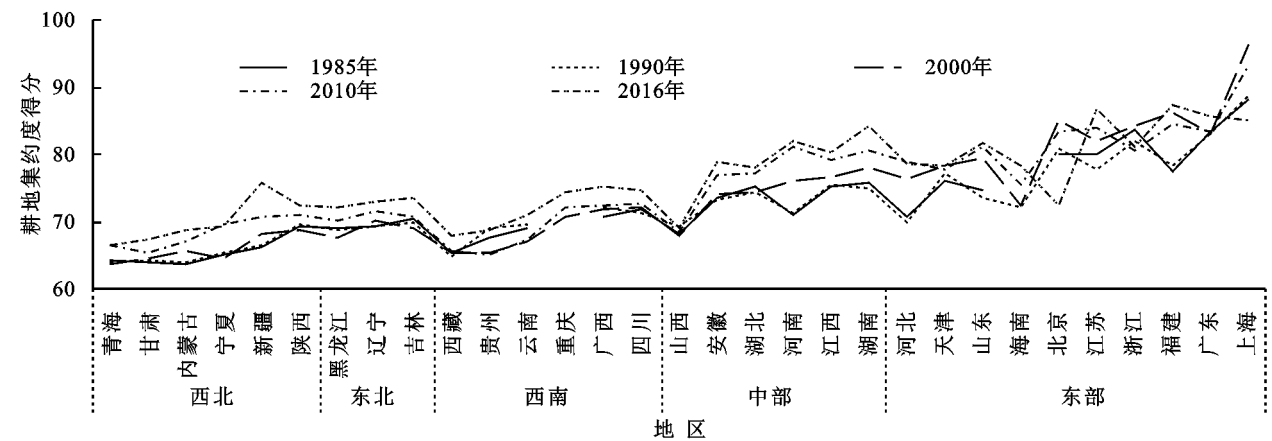


图 2 1985—2016 年各省份耕地集约度变化趋势

### 3.4 近 30 a 省域耕地集约度变化特征

计算各地区耕地集约度的变化量和变化率(图 3),可

以看出,2016 年与 1985 年相比,北京、上海、浙江等地区耕地集约利用程度表现出下降趋势,这与绿色农业等新发展

理念的提出密不可分。河南、新疆、福建等地区耕地集约利用程度变动幅度较大,变化率分别达到 15.61%, 14.40%, 12.89%, 其中河南耕地集约度得分由 71.01 增长到 82.09,变化量达到 11.08,远高于其他地区。

总体而言,我国各省份耕地集约化水平变化显著的地区主要有河南、新疆、福建、河北、湖南、山东、海南、

江苏、北京等,  $|G_{roc}|$  的范围是 8.22%~15.61%;变化较为平缓的地区主要有内蒙古、安徽、广西、江西、宁夏、甘肃、重庆、辽宁等,  $|G_{roc}|$  的范围是 5.15%~7.97%;而陕西、吉林、黑龙江、西藏、湖北、四川、青海、天津、广东、云南、贵州、山西、浙江、上海等地区变化幅度较小,  $|G_{roc}|$  的范围是 1.11%~4.78%。

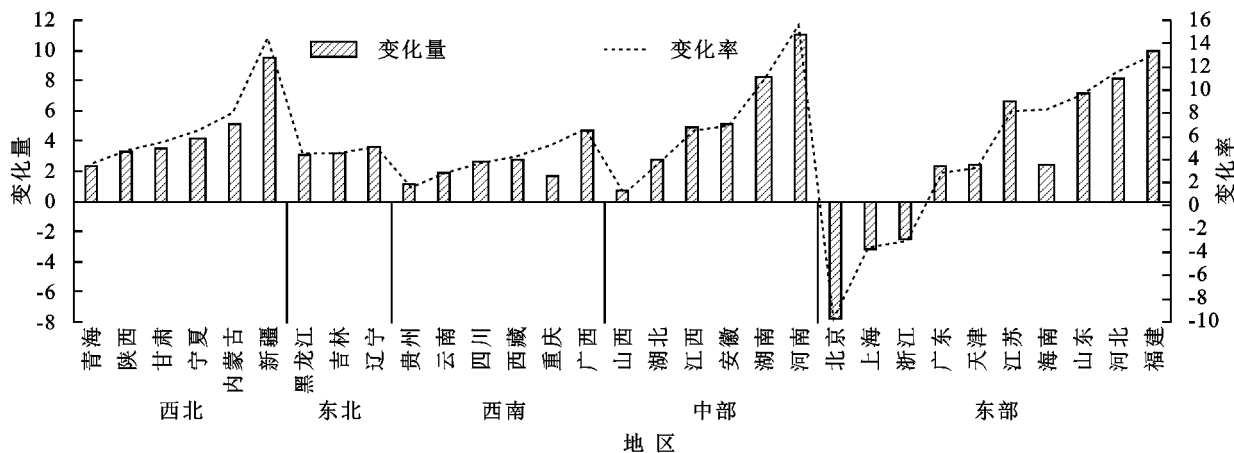


图 3 1985—2016 年各省份耕地集约度变化程度

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

(1) 在国家尺度上,我国耕地集约度总体表现为“缓慢上升—迅速增加”的趋势。具体可以分为两个阶段,第一阶段为缓慢增长期(1981—2003 年),年均增长率为 0.97%,传统生产要素投入较少,要素投入边际效用不高;第二阶段为快速增长期(2004—2016 年),年均增长率为 1.74%,农业机械化程度提高,产出效益增长。

(2) 在区域尺度上,耕地集约利用水平具有明显的分异特征,东北、西南和西北地区集约利用水平有待提升。东部地区耕地集约度最高,中部地区次之,东北地区、西南地区分列三四位,西北地区耕地集约度最低。

(3) 在省域尺度上,受自然地理条件和经济发展状况影响,耕地集约度差异明显。上海耕地集约度最高,青海耕地集约度最低。耕地集约度变化最快的是河南、新疆和福建。

(4) 2011 年开始全国耕地集约度增速变缓,并且在 2016 年出现负增长现象,农业机械总动力、化肥、农药、柴油等生产要素集约度逐渐降低,耕地利用正在向“产量—生态”平衡下的可持续集约化发展。

### 4.2 讨论

耕地资源是在人类活动和自然条件共同影响下不断变化的复杂系统,耕地集约利用研究必须建立全面科学的评价指标体系,基于统计数据和研究方法的限制,未能深入研究科技投入等因素与耕地集约度变化的定量关系。同时,过去 35 a 耕地集约度的快速

增长也带来了严重的生态环境问题,耕地集约利用的环境效益及风险分析是未来研究的重点。本文基于研究结果认为耕地利用将向“产量—生态”平衡的方向发展,但未来应进一步加强对耕地利用集约度变化趋势及其拐点的研究,分析过度追求产量的阶段和“产量—生态”均衡发展阶段的驱动力,以更好地促进耕地可持续集约利用。

### 参考文献:

- [1] 聂英.中国粮食安全的耕地贡献分析[J].经济学家,2015(1):83-93.
- [2] 曾杰,姚小微.武汉城市圈耕地集约利用时空分异特征[J].农业工程学报,2013,29(19):215-223.
- [3] 邓楚雄,谢炳庚,李晓青,等.长沙市耕地集约利用时空变化分析[J].农业工程学报,2012,28(1):230-237.
- [4] 曹春艳.耕地集约利用与新型城镇化耦合协调发展研究:以江苏省为例[J].中国农业资源与区划,2018,39(6):67-73.
- [5] 吴红,张晓玲.安徽省城镇化与耕地利用集约化的动态响应关系[J].农业工程学报,2017,33(12):262-269.
- [6] Kong X, Zhang X, Lal R, et al. Chapter Two-Groundwater Depletion by Agricultural Intensification in China's HHH Plains, Since 1980s[J]. Advances in Agronomy, 2016, 135:59-106.
- [7] 王红娟.我国北方粮食主产区土壤养分分布特征研究[D].北京:中国农业科学院,2007.
- [8] Guo J H, Liu X J, Zhang Y, et al. Significant acidification in major Chinese croplands[J]. Science, 2010,327(5968):1008-1010.

小,期间存在跳跃式扩展。说明研究期间,城市扩展以内部填充和边缘填充为主,城市空间形态日益简单且趋于稳定发展,形状变得规则。

**参考文献:**

[1] 陆张维,徐丽华,吴次芳,等.基于凸壳原理的杭州城市扩展形态演化分析[J].地理科学,2015,35(12):1533-1541.

[2] 李飞雪,李满春,刘永学,等.建国以来南京城市扩展研究[J].自然资源学报,2007,22(4):524-535.

[3] 姚玉龙,刘普幸,陈丽丽,等.近 30 年来合肥市城市扩展遥感分析[J].经济地理,2013,33(9):65-72.

[4] 刘盛和,吴传钧,沈洪泉.基于 GIS 的北京城市土地利用扩展模式[J].地理学报,2000,55(4):407-416.

[5] 邓羽,司月芳.北京市城区扩展的空间格局与影响因素[J].地理研究,2015,34(12):2247-2256.

[6] 王帅,徐涵秋,唐菲.基于 IBI 和 CA 模型的城市建成区提取及其应用:以上海市为例[J].遥感技术与应用,2017,32(6):1161-1170.

[7] 王涛,李贝贝,何亮,等.西安城市扩展时空特征与驱动因素分析[J].测绘科学,2017,42(4):75-79,118.

[8] 徐进勇,张增祥,赵晓丽,等.近 40 年珠江三角洲主要城市时空扩展特征及驱动力分析[J].北京大学学报:自然科学版,2015,51(6):1119-1131.

[9] 任启龙,王利,韩增林,等.基于城市年轮模型的城市扩展研究:以沈阳市为例[J].地理研究,2017,36(7):1364-1376.

[10] 樊淑云,彭文甫,毛欢,等.成都市城市扩展时空变化研究[J].测绘科学,2015,40(2):102-108,127.

[11] 李晓燕,李慧颖,满卫东,等.哈长城市群城镇用地扩展进程及其驱动因素研究[J].地理科学,2018,38(8):1273-1282.

[12] 宋金蕊,盖艾鸿,任秀金.基于 GIS 和 RS 的德令哈市城市扩展研究[J].水土保持研究,2015,22(5):176-180.

[13] 白林波,白明生,贾科利.银川市景观格局动态变化研究[J].水土保持研究,2011,18(2):265-267.

[14] 孙鹏,韩沐汶,白林波,等.基于 Landsat TM/ETM 的银川市热岛效应时空变化研究[J].水土保持研究,2014,21(1):290-293.

[15] 国家质量技术监督局.城市规划基本术语标准[S].中国建筑工业出版社,GB/T50280-98,1999.

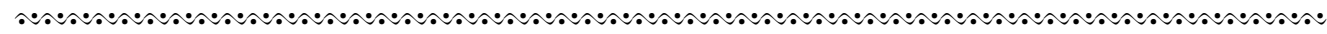
[16] 张增祥,汪潇,温庆可,等.土地资源遥感应用研究进展[J].遥感学报,2016,20(5):1243-1258.

[17] 王厚军,李小玉,张祖陆,等.1979—2006 年沈阳市城市空间扩展过程分析[J].应用生态学报,2008,19(12):2673-2679.

[18] 王思远,张增祥,周全斌,等.基于遥感与 GIS 技术的土地利用时空特征研究[J].遥感学报,2002,6(3):223-228.

[19] Zhang Y, Yang D, Zhang X, et al. Regional structure and spatial morphology characteristics of oasis urban agglomeration in arid area: A case of urban agglomeration in northern slope of Tianshan Mountains, Northwest China[J]. Chinese Geographical Science, 2009,19(4):341-348.

[20] 穆晓东,刘慧平,薛晓娟.基于遥感监测的北京 1984—2007 年城市扩展研究[J].北京师范大学学报:自然科学版,2012,48(1):81-85.



(上接第 358 页)

[9] 张浩,冯淑怡,曲福田.耕地保护、建设用地集约利用与城镇化耦合协调性研究[J].自然资源学报,2017,32(6):1002-1015.

[10] 慕智玉,任平.四川省耕地集约度与城镇化水平时空变化及耦合关系分析[J].四川师范大学学报:自然科学版,2016,39(1):128-135.

[11] 周杨武,柳杰.我国耕地集约利用水平地区差异研究:基于投影寻踪模型的面板数据分析[J].中国农业资源与区划,2015,36(1):22-30.

[12] 李兆亮,杨子生,邹金浪.我国耕地利用集约度空间差异及影响因素研究[J].农业现代化研究,2014,35(1):88-92.

[13] 窦妍,南灵.基于 PSR 框架的耕地集约利用评价及驱动力研究:以关中地区为例[J].农业现代化研究,2011,32(5):615-618.

[14] 吴郁玲,冯忠奎,周勇,等.耕地集约利用影响因素的协整分析[J].中国人口·资源与环境,2011,21(11):67-72.

[15] 吕晓,牛善栋,李振波,等.中国耕地集约利用研究现状及趋势分析[J].农业工程学报,2015,31(18):212-224.

[16] 姚冠荣,刘桂英,谢花林.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[J].自然资源学报,2014,29(11):1836-1848.

[17] 陈伟,吴群.考虑耕地质量差异影响的江苏省耕地集约利用评价[J].农业工程学报,2013,29(15):244-253.

[18] 张荣天,焦华富.中国省际耕地利用效率时空格局分异与机制分析[J].农业工程学报,2015,31(2):277-287.

[19] 石淑芹,曹玉青,吴文斌,等.耕地集约化评价指标体系与评价方法研究进展[J].中国农业科学,2017,50(7):1210-1222.

[20] 封志明,刘宝勤,杨艳昭.中国耕地资源数量变化的趋势分析与数据重建:1949—2003[J].自然资源学报,2005,20(1):35-43.

[21] 陈印军,易小燕,方琳娜,等.中国耕地资源与粮食增产潜力分析[J].中国农业科学,2016,49(6):1117-1131.

[22] 王国刚,刘彦随,陈秧分.中国省域耕地集约利用态势与驱动力分析[J].地理学报,2014,69(7):907-915.