

环渤海地区耕地利用集约度时空分异研究

刘玉¹, 薛剑², 潘瑜春¹

(1. 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097; 2. 国土资源部土地整理中心, 北京 100035)

摘要:深入开展区域耕地集约度的评价分级及动态变化研究有助于强化县域耕地集约利用、保障粮食安全和提高农民收入。该文以环渤海地区 327 个县域为研究单元, 通过构建耕地利用集约度指数及考核模型, 计算了 1996、2000、2004 和 2008 年的耕地利用集约度并分析其变动规律。研究认为, 1996 年以来, 环渤海地区县域耕地利用集约度整体呈现上升趋势; 耕地利用集约度空间差异显著, 高度集约区集中分布在大行山山前平原区、鲁北平原区和鲁西南平原区; 基本集约区和不集约区在山地丘陵区和坝上高原区集聚; 平原区县域耕地利用集约度显著提高, 山地丘陵区和坝上高原区的耕地利用集约度不同程度地下降。此项研究揭示了环渤海地区耕地利用集约度的空间分异格局, 便于为不同地区提高耕地集约利用水平提供有针对性的政策建议。

关键词:耕地利用集约度; 耕地投入强度; 时空分异; 主成分分析法; 环渤海地区

中图分类号: F301.24 文献标识码: A 文章编号: 1000-0275(2012)01-0086-04

Spatial-temporal Variance of Cultivated Land Intensive Use in the Area along Bohai Rim

LIU Yu¹, XUE Jian², PAN Yu-chun¹

(1. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China;
2. Land Consolidation and Rehabilitation Center, MLR, Beijing 100035, China)

Abstract: To strengthen the agriculture production function at county-level, ensure national grain security and improve farmers' income, it is of great practical significance to develop a deep evaluation and classification research to cultivated land use intensity. Take the 327 counties in the area along Bohai Rim as research units, the evaluation index system for cultivated land use intensity is established from four aspects: land investment degree, utilizing intensity, utilizing efficiency and sustainable development status. The weight of each index is calculated by the principal component analysis method, and then the intensity of cultivated land use in 1996, 2000, 2004 and 2008 is evaluated and graded. The result demonstrates that: ① the spatial variance of the intensive use is remarkable, showing a trend of higher in the piedmont plain of Taihang mountain and alluvial plain region of Haihe river, and lower in mountainous-hilly areas and tableland areas; ② the temporal variability of intensive use level of cultivated land is very obvious. On the whole, the cultivated land use intensity shows an increasing tendency from the year 1996 to 2008, and it has been increasing in 269 counties; ③ the intensity of cultivated land use has been improved significantly in plain and has been weakened as the implementation of Conversion of Cropland to Forest and Grassland Project in mountainous-hilly areas and tableland areas. Above all, on one hand, this paper can improve the accuracy of intensive use appraisal; on the other hand, give some advices to enhance intensive use degree of cultivated land in the area along Bohai Rim.

Key words: cultivated land use intensity; cultivated land investment degree; spatial-temporal variance; principal component analysis; the area along Bohai Rim

保证粮食作物播种面积和提高耕地利用集约度是保障国家粮食安全的必要和必然措施^[1]。中国正处于社会经济转型发展的重要时期,一方面非农建设和生态退耕占用大量耕地,致使耕地面积不断下降;另一方面,人口持续增长和居民消费水平的提升使农产品需求日益增大,耕地面积减少和农产品需求增加之间形成强烈反差。在耕地后备资源有限的情况下,走内涵挖潜提高耕地集约化程度成为解决这一矛盾的有效途径^[2]。《我国国民经济和社会发展十二五规划纲要》明确提出,坚持最严格的耕地保护制度和实行最严格的节约用地制度。节约集约利用土地已成为当前建设节约型社会的重要内容,也是国土资源管理部门的一项重点工作^[3]。

近年来,有关耕地集约利用及其驱动机制的研究逐渐增多。李秀彬等采用复种指数、化肥施用量等指标,分析了 1981-2000 年农地利用集约度变化的区域差异^[4];陈瑜琦等在划

分耕地利用集约度内部结构的基础上,系统分析了 1980-2006 年间中国粮食作物劳动集约度和资本集约度及其构成的时空变化规律^[5];刘成武等基于土地经营期间投入的货币总额衡量了 1980-2002 年间主要农作物生产集约度的时空变化^[6],这些研究从宏观上揭示了中国耕地集约利用的时空格局。同时,一些学者从耕地利用结构、投入水平、产出效益和持续性状况等方面构建指标体系,通过加权平均法开展典型区域的耕地集约度评价^[7,8],并采用重心模型和 ESDA 分析耕地集约利用和经济发展水平的相关度^[9-11]。此外,曹志宏等针对当前实物形态和价值形态核算耕地利用集约度的缺点,引进能值法分析黄淮海地区农用地利用集约度的时空规律^[12]。

受数据资料的限制,从农业生产投入方面开展的集约度评价研究主要集中在省域尺度或者典型县域,难以揭示中微观层面的空间差异。而综合评价法可以充分借助已有的统计

基金项目:国土资源部公益性行业科研专项项目(编号:201011016)。

作者简介:刘玉(1982-),男,河北无极人,博士,研究方向为土地利用、区域农业与农村发展;通讯作者:潘瑜春(1971-),男,安徽歙县人,研究员,主要从事 GIS 空间分析与空间信息系统集成研究。

收稿日期:2011-09-15, **修回日期:**2011-12-09

数据,展示研究区内耕地集约度的时空演化规律。因此,本文以县域为基本研究单元,采用综合评价法进行环渤海地区耕地集约度评价研究,揭示1996、2000、2004和2008年四个典型年份的耕地集约度空间分异状况,并分析其演进格局。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 评价指标体系建立 在理论研究相对薄弱和时间序列数据不足的情况下,建立一套反映耕地集约利用程度和综合产出效益的指标体系是科学评价耕地利用集约度的前提。结合已有研究成果^[3,7,13,14],遵循科学性与可操作性兼顾、全面性与主导性相结合、资源集约化与可持续利用相结合的原则,从耕地投入强度、利用程度、利用效率和利用持续性四方面构建耕地集约利用评价指标体系。单位耕地农业劳动力投入、单位耕地农业机械动力、单位耕地化肥投入等指标直接反映了耕地投入强度(受数据的限制,本研究未包含农药、地膜等投入);垦殖指数、灌溉保证率、复种指数则从土地资源的配置状况反映耕地利用程度;地均粮食作物产量、地均油料作物产量、地均农业产值反应了耕地利用效率;人均耕地面积、耕地变化率等指标在一定程度上反映了耕地集约利用的可持续性。

1.1.2 综合评价方法 本研究采用主成分分析法确定各指标权重,定量评价环渤海地区各县域耕地集约利用程度。首先,为消除因变量的数据单位和量纲不同造成的影响,将指标进行标准化处理。

$$P_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sigma_j} \quad (1)$$

式(1)中, P_{ij} 表示*i*县域第*j*项指标的归一化值; x_{ij} 表示*i*县域第*j*项指标的实际值; \bar{x}_j 表示第*j*项指标的平均值; σ_j 表示第*j*项指标的标准差。

将标准化数值导入SPSS13软件做主成分分析:采用四分旋转法(Quartimax)得到公因子载荷矩阵、旋转后因子载荷矩阵,根据特征根的方差贡献率和累积方差贡献率选择主成分并得到因子提取结果和因子回归系数^[9]。

$$D_{in} = \sum_{j=1}^k Q_{nj} P_{ij} \quad (2)$$

式(2)中, D_{in} 表示*i*县域第*n*个主成分因子的得分; Q_{nj} 是指第*n*个主成分下第*j*项指标的因子回归系数。在确定权重时,考虑到主成分所包含的信息量不一致且信息量之间是相互独立的,因此将各主成分的方差贡献率作为权重,得到各县域耕地利用集约度。为了更好地反映各区县耕地的集约利用程度,将集约度先进行极值标准化然后按照百分制折算^[7]。

$$CI'_i = \sum_{n=1}^k D_{in} E_n \quad (3) \quad CI_i = \frac{CI'_i - C_{i \min}}{C_{i \max} - C_{i \min}} \times 40 + 60 \quad (4)$$

式(3)-(4)中, CI'_i 表示*i*县域折算前的耕地利用集约度; E_n 表示第*n*个主成分的方差贡献率; CI_i 表示*i*县域百分制折算后的耕地利用集约度; $C_{i \max}$ 、 $C_{i \min}$ 分别表示折算前利用集约度的最大值和最小值。

1.1.3 耕地利用集约度考核模型 参考粮食生产功能考核模型^[15],本文设计了县域耕地利用集约度的纵向比较系数模型

(5)和综合比较系数模型(6),来综合评价各县域耕地利用集约度的变化态势。

$$ACI_i = \frac{CI_{in}}{CI_{im}} \quad (5) \quad MACI_i = \frac{CI_{in} - \overline{CI_{im}}}{\overline{CI_{im}} - \overline{CI_{im}}} \quad (6)$$

ACI_i 、 $MACI_i$ 表示*i*县域耕地利用集约度的纵向比较系数和综合比较系数, CI_{im} 、 CI_{in} 表示*i*县域基期和末期的耕地利用集约度, $\overline{CI_{im}}$ 、 $\overline{CI_{in}}$ 表示研究区基期和末期的CI指数均值。 $ACI_i > 1$ 表示*i*县域耕地集约度在一定时期内增强,反之则降低; $MACI_i > 1$ 表示*i*县域的耕地集约度提升速度快于研究区平均水平,在区域耕地集约度排序中处于上升位置。

1.2 数据来源

本研究使用1996、2000、2004和2008年环渤海地区各城市辖区、县级市、县(以下统称为县)的面板数据,以县域为基本单元进行耕地利用集约度评价研究。考虑到数据的可获得性和研究需要,本文以2008年为基准对研究单元进行修正,最终选取327个单元。1996、2000和2004年分县的粮食产量、农业总产值、农林牧渔业从业人员、有效灌溉面积、耕地面积、化肥使用量等数据来自中国自然资源数据库(<http://www.data.ac.cn>);2008年的相关数据来源于《中国区域统计年鉴2009》、《中国县(市)社会经济统计年鉴2009》以及各省、直辖市的统计年鉴。

1.3 研究区概况

环渤海地区地处中纬度地带,大陆性气候特征明显,农耕历史悠久,是中国重要的农业基地;人均耕地0.08 hm²,耕地资源相对丰富;水资源比较缺乏,2004-2008年全区年平均自产天然水资源总量为800 × 10⁸ m³,仅为全国水资源总量的3.07%,人均水资源量尚不到全国人均水平的1/4。2008年,全区耕地1.86 × 10⁷ hm²,以占全国15.27%的耕地生产了全国28.75%的小麦、28.27%的玉米、24.89%的棉花和36.72%的花生;全区农作物播种面积2.40 × 10⁷ hm²,其中粮食作物占69.57%,粮食总产量9.30 × 10⁷ t,主要农产品人均占有量大多高于全国同期平均水平。随着农业结构调整的深入推进,农业投入逐年增加,以传统农业为特色、以种植业为主体的农业结构有所改观。深入开展环渤海地区的耕地利用集约度评价研究,揭示县域尺度耕地集约度的空间分异现状和演进特征,对提高区域耕地利用水平,保障全国粮食安全具有重要作用。

2 耕地利用集约度的时空分异特征

2.1 耕地利用特征—耕地面积逐渐减少,耕地投入强度高于全国平均水平

1996-2008年间,环渤海地区耕地减少994.73 × 10³ hm²(比重下降1.90%),年均减少82.89 × 10³ hm²,人均耕地下降到2008年的0.08 hm²。其中2000-2004年为耕地快速减少阶段(锐减719.01 × 10³ hm²,占全部减少量的72.28%)。随后由于国家加强实施宏观调控政策,严格控制耕地数量,并通过减免农业税、加大财政转移等手段提高农民进行农业生产的积极性,2004-2008年耕地减少趋势有所缓解,耕地投入水平明显提升。

环渤海地区耕地投入强度明显高于全国平均水平(表

1)。2008 年环渤海地区土地垦殖率为 35.62%，为全国平均土地垦殖率的 2.78 倍；耕地复种指数由 1978 年的 136.66% 增至 2008 年的 148.94%，高于全国平均水平（128.39%）；地均化肥投入量 515 kg/hm²，施肥强度高于全国 430 kg/hm² 的平均水平；地均农用机械总动力投入量 12.3 kw/hm²，农业机械化率高于全国平均水平；耕地有效灌溉面积 11.43 × 10⁶ hm²，旱涝保收面积 8.59 × 10⁶ hm²，分别占全区实有耕地的 61.5% 和 46.2%。

表 1 2008 年环渤海地区农业生产基本情况^[6]

地区	面积(10 ³ hm ²)			农村用电量(10 ⁸ kwh)	农用机械总动力(10 ⁴ kw)	化肥用量(10 ⁴ t)	农药用量(10 ⁴ t)
	耕地	有效灌溉	旱涝保收				
北京	231.69	171.80	195.20	42.74	267.05	13.63	0.39
天津	441.09	348.06	234.60	45.79	596.60	25.88	0.38
河北	6317.30	4559.24	3548.70	418.90	9525.38	312.40	8.51
辽宁	4085.28	1492.93	1067.80	281.29	2042.68	128.77	5.25
山东	7515.31	4857.48	3547.40	400.01	10350.00	476.33	17.35
环渤海	18590.70	11429.51	8593.70	1188.73	22781.71	957.01	31.88
中国	121716.00	58471.70	42024.90	5713.20	82190.40	5239.00	167.20
比重(%)	15.27	19.55	20.45	20.81	27.72	18.27	19.06

注：* 表示环渤海地区占全国比重。

2.2 耕地利用集约度的空间分异特征

以环渤海地区 327 个县域为数据样本，通过 11 项指标的标准化数据构建矩阵，基于 SPSS13 软件计算相关系数矩阵的特征值、贡献率、累计贡献率，前 5 个公因子的累积方差贡献率 80.45，通过因子的特征值确定各公因子的权重（表 2），并最终得到各县域耕地集约利用的综合评价，以展示各县域的相对差别。

评价结果表明，2008 年环渤海地区各县域耕地利用集约

表 2 耕地利用集约度评价指标体系

目标层	准则层	指标层	表达式	权重	
耕地集约利用水平	耕地投入强度	单位耕地农业劳动力投入	农林牧渔从业人员 / 耕地面积	0.03	
		单位耕地农业机械投入	农业机械总动力 / 耕地面积	0.10	
		单位耕地化肥投入	化肥施用量 / 耕地面积	0.12	
	耕地利用强度	垦殖指数	耕地面积 / 区域土地面积	0.14	
		复种指数	农作物总播种面积 / 耕地面积	0.15	
		灌溉保证率	有效灌溉面积 / 耕地面积	0.09	
	耕地产出效率	地均农业产值	农业总产值 / 耕地面积	0.09	
		地均粮食作物产量	粮食总产量 / 粮食作物播种面积	0.08	
	可持续性状况	人均耕地面积	地均油料作物产量	油料总产量 / 油料作物播种面积	0.05
			耕地面积 / 区域总人口	耕地面积 / 区域总人口	0.08
		耕地变化率	(基期耕地面积 - 末期耕地面积) / 基期耕地面积	0.07	

度介于 60.95–98.31 之间，平均值为 78.64，其中 71 ≤ CI_i ≤ 86 的县域单元数（242 个）占全部单元数的 74%。县域之间耕地集约利用水平差异悬殊，其中龙口市因其较高的农业投入、较高的粮食产量和人均占有量，CI_i 高达 98.31；而赤城县因其较少的农业投入和较低的产出水平，CI_i 仅为 60.95。根据研究区四个年份县域耕地集约利用的实际情况，采用 SPSS 的快速聚类法将耕地利用集约度划分为高度集约（CI_i > 82）、中度集约（82 ≥ CI_i > 76）、基本集约（76 ≥ CI_i > 70）和不集约（CI_i ≤ 70）四个等级。由图 1 中可知，县域耕地利用集约度具有较强的空间集聚效应，4 个年份中耕地利用高度集约的县域集中分布在太行山前平原区、鲁北平原区、鲁西南地区及胶莱平原；中度集约区主要分布在海河冲积平原区、燕山山前平原区和山东大部分地区；山地丘陵区及坝上高原区多属于一般集约区和不集约区，主要分布在北部的张承地区、辽东山区和辽西丘陵区。

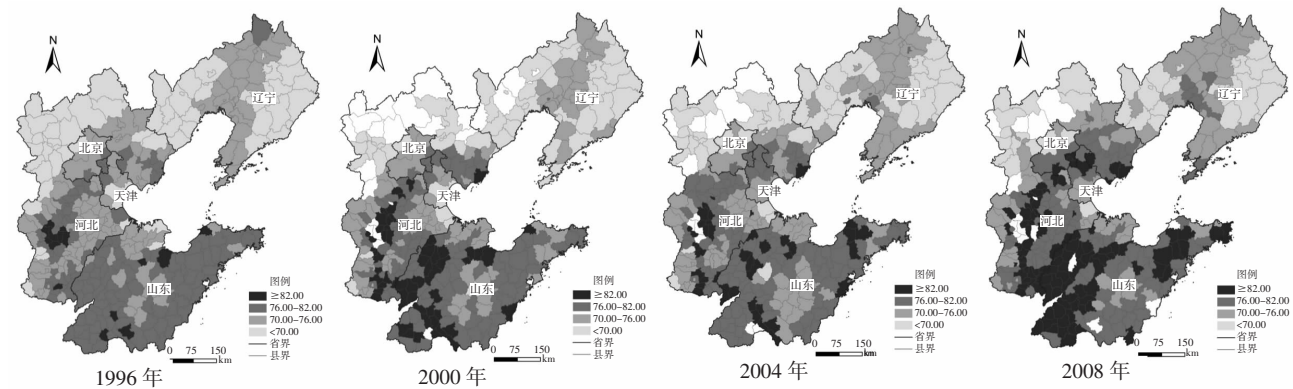


图 1 环渤海地区耕地利用集约度空间分级

2.3 耕地利用集约度的时间变化特征

1996–2008 年间，环渤海地区耕地利用集约度整体呈上升趋势，区域平均耕地利用集约度由 1996 年的 74.86 上升到 2008 年的 78.64，其中 2004–2008 年这一时间段增加最为显著。然而，耕地资源禀赋以及农业投入等的非同步变化使区域耕地集约度变化的空间差异显著（图 2）。与 1996 年相比，2008 年有 269 个县的耕地集约度在增加，表明尽管区域耕地面积减少、人口增加，但农业投入水平的提高和管理能力的提升使农产品产出水平大幅度上升，耕地集约度有所提升，且太行山山前平原区和鲁北平原区的 CI_i 提高程度远高于其他地区；58 个县域的耕地集约度下降，集中分布在坝上高原

区、辽东山区和辽西丘陵区。进一步分析表明（图 3），1996–2008 年，研究区耕地投入强度和耕地产出能力都在稳步提升，耕地利用强度呈波动性上升趋势；而耕地面积的减少和区域人口的增加造成区域人均耕地面积下降，耕地的持续性利用呈现下降趋势。

耕地利用集约度综合比较系数可以较好的反应区域内部耕地集约利用程度变化的综合特征。与 1996 年相比（图 2），2008 年有 172 个县的 MACI 大于 1，主要分布在河北南部、山东西部以及燕山山前平原区等平原集中分布区，鲁北平原区的提高程度最大，耕地利用集约化水平显著提升；155 个县的 MACI 小于 1，河北坝上高原区、冀西北山间盆地、

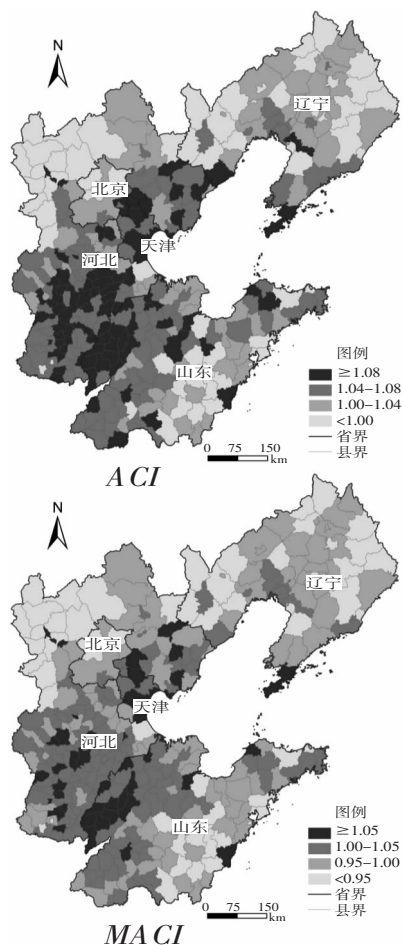


图 2 1996—2008 年环渤海地区分县 ACI 和 MACI 的空间格局

辽东山区、辽西丘陵区、山东的东部和南部等地区的 MACI 小于 1, 集约化提升水平慢于区域平均水平。

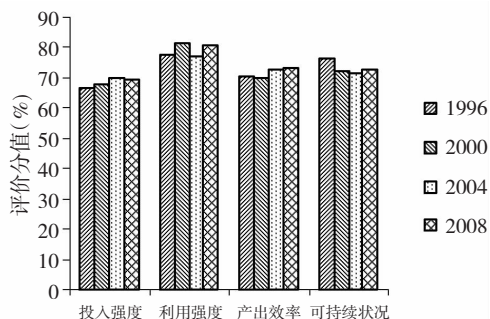


图 3 环渤海地区 4 个时段耕地利用集约度内部构成变化

3 结论与讨论

(1) 本文运用基于主成分分析的多因素综合评价方法, 计算了 1996、2000、2004 和 2008 年环渤海地区各县域的 CI 值, 并基于 ArcGIS 展示了县域耕地集约利用的空间分异现状和演进格局。总体而言, 耕地利用高度集约的县域集中分布在太行山山前平原区、鲁北平原区、鲁西南平原区和胶莱平原区; 中度集约区主要分布在海河冲积平原区、燕山山前平原区和山东大部分地区; 山地丘陵区 and 坝上高原区多属于一般集约区和不集约区。

(2) 构建耕地利用集约度变化考核模型, 计算了研究区县域耕地利用集约度纵向和综合比较系数。结果表明, 环渤海地区耕地集约利用水平总体呈现上升趋势, 但地区之间存在差异; 河北南部、山东西部以及燕山山前平原区等平原集中区的耕地集约度上升显著, 山地丘陵区的耕地集约度呈现不同程度的下降。

(3) 由于环渤海地区不同地区的自然背景、发展阶段、集约水平与潜力不同, 因此, 促进县域耕地集约利用的措施存在显著差异。山地丘陵区 and 坝上高原区应在保护生态环境的前提下, 合理利用优质耕地资源, 提高土地利用率; 太行山山前平原区、海河冲积平原区和鲁北平原区应优化内部投入结构, 同时严格控制耕地非粮化程度, 提升粮食高产稳产的能力; 大城市周边地区经济条件较好, 耕地投入强度较大, 未来应适度控制耕地非农化速度, 并调整投入结构, 减弱农业面源污染。

(4) 本文初步揭示了 1996 年以来环渤海地区县域耕地利用集约度的时空变化特征, 然而耕地利用集约度时空差异的成因机制尚不明确, 耕地利用集约度评价指标体系、权重确定方法以及划分标准尚需完善。此外, 耕地集约利用涉及评价因子多、数据量大, 研究建立基于 GIS 和数据库技术的耕地集约利用评价信息系统应该是下一步研究的重要方向。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 许月卿, 王静, 崔丽, 等. 基于多元数据集成农用地集约利用评价——以北京市平谷区为例[J]. 资源科学, 2009, 31(7): 1117-1124.
- [3] 朱天明, 杨桂山, 姚士谋, 等. 农用地集约利用与农产品消费市场可达性关系研究——以江苏兴化市为例[J]. 人文地理, 2010, 113(3): 84-89.
- [4] Li X B, Wang X H. Changes in agricultural land use in China: 1981-2000[J]. Asian Geographer, 2003, 22(1/2): 27-42.
- [5] 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.
- [6] 刘成武, 李秀彬. 1980 年以来中国农地利用变化的区域差异[J]. 地理学报, 2006, 61(2): 139-145.
- [7] 曹银贵, 周伟, 王静, 等. 基于主成分分析与层次分析的三峡库区耕地集约利用对比[J]. 农业工程学报, 2010, 26(4): 291-296.
- [8] 崔丽, 许月卿. 河北省农用地利用集约度时空变异分析[J]. 地理科学进展, 2007, 26(2): 116-125.
- [9] 李昌峰, 武清华, 张落成. 土地集约利用与经济空间差异研究——以长江三角洲地区为例[J]. 经济地理, 2011, 31(2): 294-299.
- [10] 潘竟虎, 郑凤娟, 杨东. 甘肃省土地集约利用与经济时空差异分析[J]. 资源科学, 2011, 33(4): 684-689.
- [11] 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.
- [12] 曹志宏, 梁流涛, 郝晋珉. 黄淮海地区农用地利用集约度及其时空分布[J]. 资源科学, 2009, 31(10): 1779-1786.
- [13] 张平平, 鲁成树. 安徽省沿江地区耕地利用集约度及粮食安全相关分析[J]. 水土保持通报, 2011, 31(3): 202-207.
- [14] 董秀茹, 王秋兵, 石水莲. 农用地集约利用评价指标体系的建立[J]. 土壤通报, 2008, 39(2): 209-213.
- [15] 刘玉, 刘彦随, 郭丽英. 环渤海地区粮食生产地域功能综合评价与优化调控[J]. 地理科学进展, 2010, 29(8): 920-926.
- [16] 刘玉. 环渤海地区乡村地域多功能性及其土地优化配置研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2011.