

青岛市近 10 年来耕地变化及其驱动力分析

王瑞发^{1,2}, 夏非^{1,2,3}, 张永战^{1,2}

(1. 南京大学 地理与海洋科学学院 海岸海洋科学系, 南京 210093; 2. 南京大学 海岸与海岛开发教育部重点实验室, 南京 210093; 3. 美国北卡罗来纳州立大学 海洋、地球和大气科学系, 北卡罗来纳州 罗利 27695)

摘 要: 利用耕地利用动态度和区域差异指数、环境—收入理论关系曲线及经济理论、灰色关联度分析、主成分分析、多元回归分析对 2000—2009 年间青岛市耕地的变化特点和驱动因子统计分析与比较。结果表明: 耕地面积变化速度由强烈(2000—2003 年动态度 -0.106)变为缓慢(2006—2009 年动态度 0.014); 主要驱动因子为人口城市化、经济建设和产业结构。青岛市耕地变化的区域差异和阶段性特征显著; 受经济发展的惯性影响, 耕地阶段性变化的时间相对于类比性的工业化阶段性变化的时间要滞后 $1\sim 2$ a; 耕地变化与人均 GDP 的关系呈倒 N 型曲线; 产业结构和人口城市化分别是耕地面积变化的直接与深层次的影响因素。

关键词: 耕地变化; 驱动力; 环境—收入理论关系曲线; 灰色关联度分析; 主成分分析; 多元回归分析; 青岛市

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)02-0108-07

Study on the Changes of the Cultivated Land and Their Driving Forces in Qingdao City over the Last 10 Years

WANG Rui-fa^{1,2}, XIA Fei^{1,2,3}, ZHANG Yong-zhan^{1,2}

(1. Department of Coastal Ocean Science, School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. The Key Lab of Coast and Island Development, Ministry of Education, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 3. Department of Marine, Earth and Atmospheric Sciences, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695, USA)

Abstract: Several study methods including land use dynamic index (LUDI) and regional differentiation index (RDI) of the cultivated land, environment-income curve (EIC), economic theory, grey relationship analysis (GRA), principal component analysis (PCA) and multiple regression analysis (MRA) were applied to study the changes of the cultivated lands and their driving forces in Qingdao city during 2000—2009. It was obvious that the rate of changes of the cultivated lands switched from a higher level (LUDI -0.106 during 2000—2003) to a lower one (LUDI 0.014 during 2006—2009). Urbanization, economic construction and industrial structure were the main driving forces during this period. The results also showed that the changes of the cultivated lands in Qingdao city had a remarkable regional differentiation and phasic characteristics. The phase transition of the cultivated lands usually lagged about 1 or 2 years behind the phase transition of the analog industrialization due to the impact of the inertia of economic development. However, the curve of relationship between cultivated land changes and per capita GDP showed an inverted 'N' shape, which was different from previous study results. Furthermore, industrial structure and population urbanization were the direct and pervasive influence factors of cultivated land changes respectively.

Key words: cultivated land change; driving force; environment-income curve (EIC); grey relationship analysis (GRA); principal component analysis (PCA); multiple regression analysis (MRA); Qingdao City

土地利用/覆盖(LUCC)问题是国际地圈生物圈计划(IGBP)、国际全球变化中的人文因素计划(IHDP)、世界气候研究计划(WCRP)、生物多样性计

划(DIVERSITAS)之间相互联系的重要桥梁,是全球环境变化研究的核心领域和热点问题之一^[1-5],而耕地作为一种宝贵的资源,又是区域土地利用变化的

收稿日期: 2012-06-09

修回日期: 2012-10-25

资助项目: 国土资源部公益性行业科研专项“典型海岸带地质环境监测关键技术与评价方法”(2010111019)

作者简介: 王瑞发(1986—),男,山东青岛人,硕士研究生,主要从事河口海岸带地貌环境研究工作。E-mail: ruifawang521@163.com

通信作者: 张永战(1970—),男,山东诸城人,博士,副教授,主要从事海岸海洋地貌研究。E-mail: zhangyzh@nju.edu.cn

核心^[6]。海岸带是人地、人海和陆海交互作用最显著的地域类型,是地球系统科学研究的极佳切入点,海岸带与城市化、LUCC的结合是海岸带陆海相互作用计划Ⅱ(LOICZ Ⅱ)和IHDP的研究新领域^[7]。目前,山东省耕地的研究主要集中在渤海湾沿岸,对南部海岸带地区耕地的研究很少,专门研究青岛市耕地问题的文章更少,而且土地利用的已有研究在分析驱动力时,多为简单地联系经济发展数据,缺乏方法之间的比较,且各分析结果受某一指导思想的制约,归纳的主次影响因子不具有代表性。此外,土地利用的已有研究也很少从经济理论入手,深入分析当地经济发展与耕地变化差异的联系。因此,本文综合利用耕地利用动态度和区域差异指数、环境—收入理论关系曲线、灰色关联度分析、主成分分析、多元回归分析等方法,并且尝试借鉴钱纳里(Chenery, H. B.)、霍夫曼(Hoffmann, W. G.)、配第一克拉克(Petty, W. & Clark, C. G.)等人的经济学理论,比较分析滨海城市青岛市耕地资源的动态变化特征和人文驱动力,以促进山东半岛海岸带耕地利用的进一步研究和耕地资源的可持续合理利用。

1 研究区概况

青岛市位于山东半岛南端(35°35′—37°09′ N, 119°30′—121°00′ E),东北、西和西南分别与烟台、潍坊、日照市接壤^[8]。全市辖7个市级区和5个县级市,常住人口762.916万人,土地面积112.820万hm²^[9],地貌类型主要有平原、丘陵和山地,分别占土地面积的46.3%,41%和9.4%^[8],为一典型的丘陵海滨城市;实有耕地面积41.870万hm²(截至2009年)^[9],以旱地和水浇地为主,分别占34%和62%^[10],土壤类型以棕壤为主,约占可利用土地面积的58.5%^[8]。

2 研究资料与方法

本文以2001—2010年的《青岛市统计年鉴》为数据来源,对青岛市市区(市内四区:市北区、市南区、四方区、李沧区,及崂山区、城阳区和黄岛区)和郊区(即墨市、胶州市、胶南市、莱西市和平度市)的耕地利用情况进行研究分析。由于数据本身的量纲和数量级不同,因此需对数据进行标准化处理,其公式^[11]为:

$$X'_i = \frac{X_i - \bar{X}}{S} \quad (1)$$

式中: X'_i ——标准化的值; X_i ——原始值; \bar{X} ——数据均值; S ——标准差。然后,对标准化后的数据进行动态度、区域差异指数、灰色关联度、主成分和多元回归分析。其中,灰色关联度、主成分和多元回归分析均在SPSS 18.0软件中完成。

2.1 单一土地利用动态度

该模型可以反映某一类型用地面积的变化幅度、变化速度以及区域土地利用变化中的类型差异^[12]。与以往研究方法不同,本文采用朱会义等^[13]提出的单一土地类型动态度(又称变化率指数模型),即:

$$K_T = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times 100\% \quad (2)$$

式中: K_T , U_a , U_b ——研究时段内土地利用类型的动态度、开始和结束时该土地利用类型的面积。

2.2 土地利用变化的区域差异指数

在动态度的基础上,将局部地区的土地类型动态度与全区的土地类型动态度进行比较,用以分析研究区范围内特定土地利用类型变化的区域差异与特定类型变化的热点区域^[14-15]。其表达式为:

$$R = \frac{C_a \times |K_b - K_a|}{K_a \times |C_b - C_a|} \quad (3)$$

式中: K_a , K_b ——初期和末期的局部区域的特定土地利用类型的面积; C_a , C_b ——初期和末期的全部研究区域的特定土地利用类型的面积。如果 $R > 1$,则表示该区域这种土地利用类型的变化程度大于区域平均水平。

2.3 灰色关联度指数模型

由于数据缺乏明显的规律,故在针对数据少且具有不确定性问题时采用灰色理论模型,计算公式如下^[16]:

$$K_{ij} = \frac{\Delta_{\min} + p\Delta_{\max}}{\Delta_{ij} + p\Delta_{\max}} \quad (4)$$

式中: K_{ij} ——灰色关联系数; p ——分辨系数,取0.5; Δ_{ij} ——子序列 X 同母序列 Y 在同一时刻的绝对差值, $\Delta_{ij} = |X_i - Y_i|$, ($i = 1; j = 1, 2, 3, 4 \dots$); Δ_{\max} , Δ_{\min} —— Δ_{ij} 的最大值和最小值。对于挑选出的每一个影响因子(详见下文),将其计算出的所有时间点的灰色关联系数求和取平均值,就得到每一个影响因子与耕地面积变化之间的灰色关联度 K_{ij} 。

2.4 主成分分析

主成分分析作为一种中间手段,是通过线性变换,将原来的多个指标组合成少数几个能够充分反映总体信息的指标,同时也达到解决问题的目的。本文利用耕地面积与影响耕地面积变化的主要因子的标准化数值建立原始数据矩阵,计算出该矩阵的特征值、主成分的累积贡献率、特征向量(主成分得分系数)和主成分载荷矩阵^[17]。

2.5 多元回归分析

设自变量的个数为 k ,则多元回归分析的理论方程为(5),本文利用主成分分析计算出的部分主成分得分系数,将其作为自变量,而研究对象作为因变量,

再进行逐步回归分析,得到经验回归方程(6)和标准回归方程(7)。

$$Y=\beta_0+\beta_1X_1+\beta_2X_2+\cdots+\beta_kX_k$$
 (5)

$$Y=\alpha_0+\alpha_1Z_1+\alpha_2Z_2+\cdots+\alpha_kZ_k$$
 (6)

$$Y=\alpha_1Z_1+\alpha_2Z_2+\alpha_3Z_3+\cdots+\alpha_kZ_k$$
 (7)

式中:Y——因变量;X——自变量; α 、 β ——系数;Z——主要影响因子^[17]。

3 结果与分析

3.1 耕地利用的动态变化过程

3.1.1 耕地总量变化分析 对青岛市耕地总量的数据进行分析,发现其具有以下特点:2000—2009 年耕地总量呈下降趋势,减少了 5.88 万 hm^2 ,年均减少 0.653 万 hm^2 ,且耕地面积呈阶段性变化,即 2000—2003 年快速下降、2003—2006 年波动下降、2006—

2009 年缓慢上升(图 1a)。人均耕地面积在 2000—2007 年间持续减少,2008—2009 年缓慢上升(图 1b),日益尖锐的人地矛盾得到了一定的缓解,但仍低于全省人均耕地水平(0.079 hm^2)^[18]。2000—2006 年市区和郊区耕地面积都持续下降且变化相似,2006—2009 年郊区耕地面积急剧增加,而市区耕地面积缓慢下降(图 1f 和图 1c)。郊区的这一变化与平度市、胶南市和莱西市耕地面积净增加有关(图 1g)。市区中,崂山区(图 1e)和城阳区(图 1e)耕地变化特征与全市耕地变化特征相似;黄岛区耕地面积在 2003—2004 年急剧上升(图 1e),这可能与黄岛区高新技术开发区拓荒开地和国家宏观调控土地的政策有关。郊区中,平度市、胶南市和莱西市亦与全市耕地变化特征相似,且 2006—2009 年三市耕地面积呈明显地上升,胶州市和即墨市耕地(图 1g)在 2000—2009 年间处于持续下降状态。

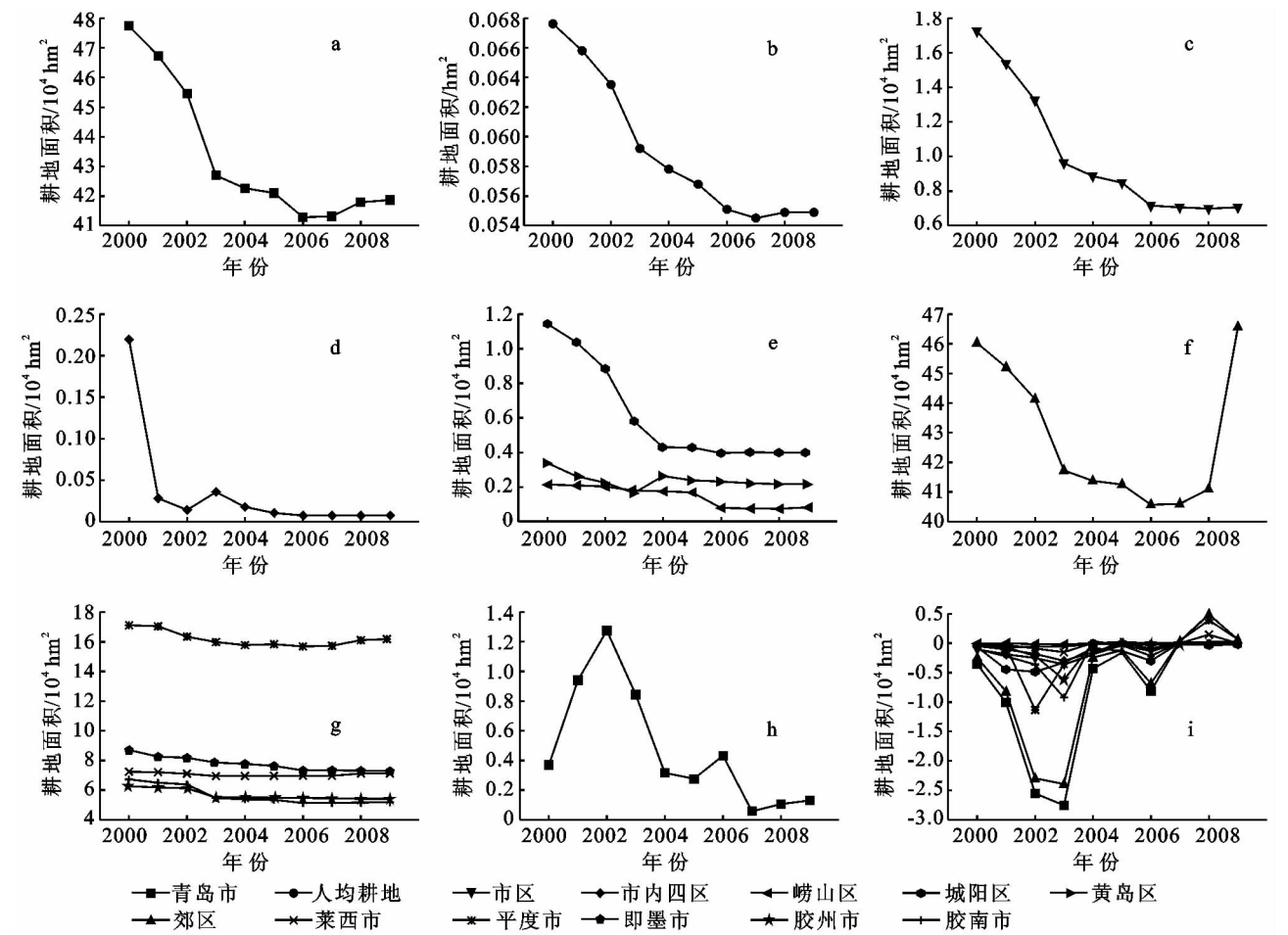


图 1 2000—2009 年间青岛市不同等级行政区域内耕地面积变化过程

* 注:图 1h 和图 1i 分别为建设占用耕地面积和耕地净增减面积。

上述青岛市耕地的变化可能与城市化和经济建设有关,从图 1h 中可以看出,建设占用耕地面积存在明显的三个“峰”,面积“峰”在研究时段内逐渐变小变低,说明建设占用耕地的数量逐渐减少,这一特征与耕地面积迅速下降、波动下降和缓慢增加的三个阶段

基本吻合。
3.1.2 耕地利用的动态度分析 根据青岛市耕地面积变化情况,本文分 3 个研究子时段,即 2000—2003 年、2003—2006 年和 2006—2009 年,利用公式(2)分别求出每个子时段的动态度,对动态度进行分级并分

区域表示(图 2)。从图 2 中可以看出,青岛市耕地利用的动态度在 2000—2006 年由 -0.106 变为 -0.023 ,耕地减少的速度放缓,2006—2009 年耕地动态度为 0.014 ,耕地显著增加。市区耕地动态度在整个研究时段内由 -0.442 变为 -0.013 ,耕地减少的速度放缓。其中 2000—2009 年,市内四区耕地动态度由 -0.838 变为 -0.041 ,耕地减少的速度显著持续放缓;黄岛区耕地动态度在 2000—2006 年由 -0.551 变为 0.399 ,耕地面积显著增加,2006—2009 年变为 -0.067 ,耕地面积减少,整个研究时段内黄岛区耕地面积变化的幅度较大;崂山区耕地动态度在 2000—2006 年由 -0.159 变为 -0.558 ,耕地面积减少较快,2006—2009 年变为 0.038 ,表现出略有增加的态势;城阳区与青岛市的变化特点相似。郊区耕地动态度在 2000—2006 年由 -0.093 变为 -0.028 ,耕地减少的速度放缓,2006—2009 年变为 0.148 ,耕地显著增加。其中,胶州市和即墨市在 2000—2009 年耕地动

态度分别为 $-0.12 \sim -0.01$, $-0.098 \sim -0.007$,耕地减少的速度明显放缓;平度市和胶南市的耕地动态度在 2000—2006 年分别为 $-0.066 \sim -0.018$, $-0.188 \sim -0.062$,耕地减少的速度均放缓,2006—2009 年分别为 0.032 和 0.011 ,表现出一定的增加态势;莱西市耕地动态度在 2000—2003 年为 -0.041 ,耕地面积减少,2003—2009 年动态度为 $0.004 \sim 0.021$,耕地面积持续逐渐增加。

依据耕地总量和耕地动态度变化的分析结果可知,青岛耕地利用变化具有明显的阶段性特征。其中,2000—2003 年全市各等级行政区域内的耕地动态度皆为负值,耕地面积大幅度减少;2003—2006 年,除了黄岛区和莱西市,全市其他等级行政区域内的耕地动态度皆为负值,耕地面积小幅度减少;2006—2009 年,除了市内四区、黄岛区、胶州市、即墨市,全市其他等级行政区域内的耕地动态度皆为正值,耕地面积小幅度增加(图 1 和图 2)。

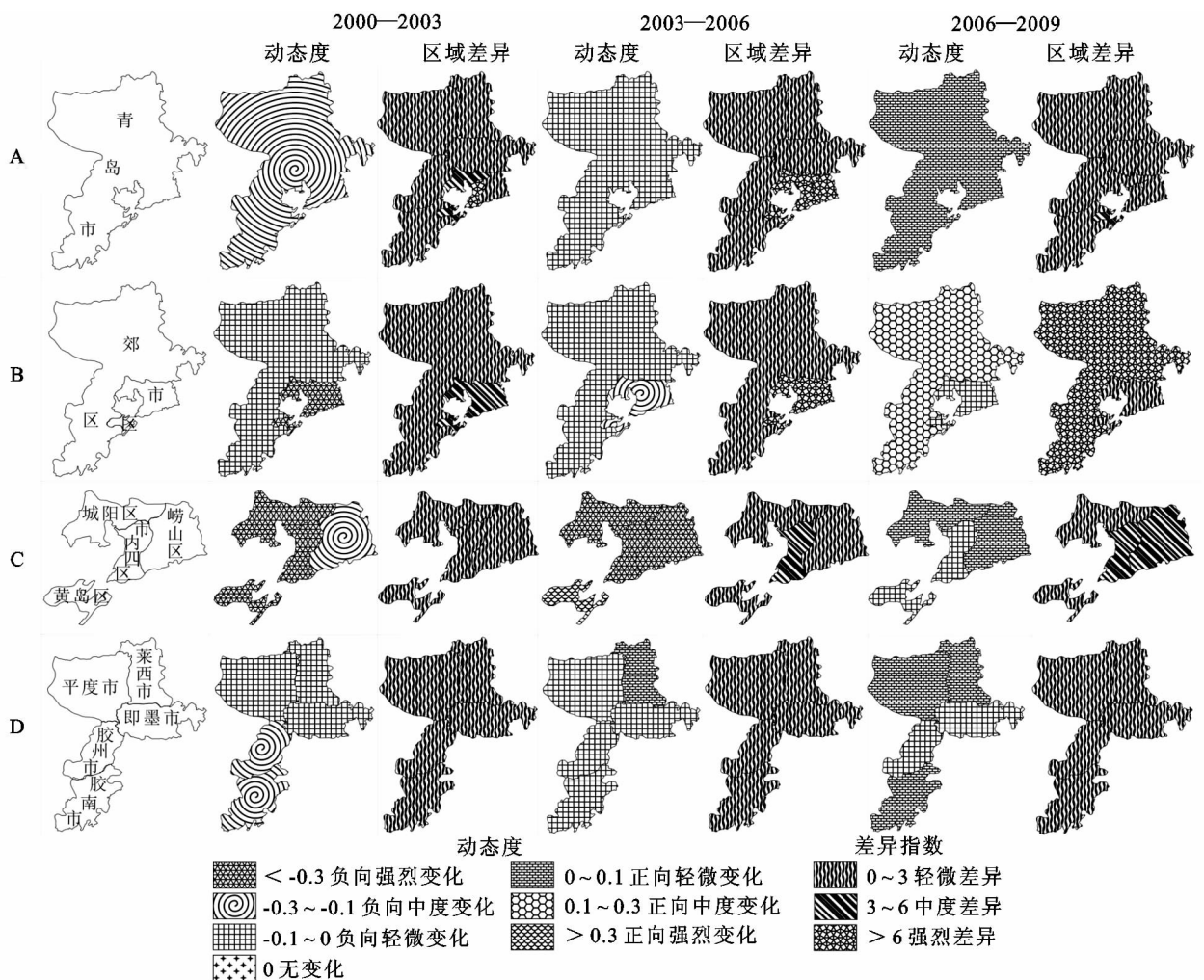


图 2 2000—2009 年间青岛市不同等级行政区域内耕地利用的动态度和区域差异

注:图 2A 为青岛市全域耕地利用的动态度和区域差异;图 2B 为青岛市区和郊区耕地利用的动态度和区域差异;图 2C 为青岛市区内各辖区耕地利用的动态度和区域差异;图 2D 为青岛郊区各辖区(市)耕地利用的动态度和区域差异。

3.2 耕地利用的区域差异分析

对于青岛市不同等级行政区域,利用公式(3)进行耕地利用的区域差异指数计算,将结果进行分级(图2),进一步计算区域差异指数的距平值和距平百分率。结合图2和距平百分率可以看出,青岛市耕地的区域差异具有如下特点:市区在全市耕地的变化过程中差异最为显著,且随时间变化也最明显,其中黄岛区区域差异分化最明显,城阳区随时间变化最为明显。郊区的各辖区差异不明显,但从同期的距平百分率来看,胶南市区域差异最为显著,距平百分率由2000—2003年的-0.830变为2006—2009年的0.320。市区各辖区在2000—2003年的空间差异不明显,2003—2009年空间差异开始显现,其中市内四区的差异最显著,崂山区随时间变化最为明显。

上述区域差异特点的形成,主要是受区域自身经济实力、产业结构特征、区位优势、区域发展规划和政策、中心城市的辐射能力等因素的影响。对于市区而言,市内四区具有政策、临海的区位优势和强大的行政中心辐射能力;黄岛区有国家高新技术开发区的政策优势和临海的区位优势,发展迅速,耕地得以大量利用;城阳区具有海陆交通便捷的区位优势和设立国家经济技术开发区的政策优势,随着时间的变化,耕地利用的区域差异体现出来。郊区的农业产业比较发达,同时,受近年来的政策倾斜特别是“环湾保护、拥湾发展”战略的影响,郊区内部各辖区的耕地利用也开始出现较大差异。

3.3 耕地面积变化的驱动力分析

影响耕地面积变化的因素可分为自然因素和人文因素,但在本文研究的时间尺度内自然因素较稳定,所以仅对人文要素进行分析。人文要素又可分为直接和间接的因素,包括人口变化、经济增长、经济政策、技术调整、城市化程度、富裕程度、土地权属等^[19]。根据青岛市的现有资料,选取9个具有代表性且适于分析的影响因子,即总人口 X_1 (万人)、园地面积 X_2 (包括果园、茶园和桑园)(hm^2)、产业结构调整变量 X_3 (%)、固定资产投资 X_4 (亿元)、工业总产值 X_5 (亿元)、耕地转化的建设用地 X_6 (hm^2)、非农人口比重 X_7 (%)、非农产业比率 X_8 (%)、城乡收入差别 X_9 (%) and 耕地面积 Y_1 (万 hm^2)分别进行灰色关联度、主成分和多元回归分析。

3.3.1 灰色关联度分析的驱动力因素 根据选取的9个影响因子建立模型,计算影响因子与耕地面积的灰色关联度,结果分别为 $K_{11}=0.972$, $K_{12}=0.980$, $K_{13}=0.969$, $K_{14}=0.632$, $K_{15}=0.777$, $K_{16}=0.872$, $K_{17}=0.965$, $K_{18}=0.970$ 和 $K_{19}=0.974$ 。分析发现,

对耕地面积变化影响强度从大到小依次是园地面积、城乡收入差别、总人口、非农产业比率、产业结构调整变量、非农人口比重、建设用地、工业总产值和固定资产投资。可见,与园地面积相关的农业产业结构和与城乡收入差别相关的城市化是影响耕地面积变化的主要因素。

3.3.2 主成分分析的驱动力因素 利用2000—2009年间选取的9个影响因子和耕地面积的标准化数值建立原始数据矩阵,进行主成分分析,计算出特征值、主成分的累积贡献率、特征向量(主成分得分系数)和主成分载荷矩阵。结果显示,第一、二、三主成分的累积贡献率达96.063%,说明利用第一、第二和第三主成分来表征选取的9个因子组合是可行的。

主成分载荷是主成分与变量间的相关系数。经计算,第一主成分与 X_2 呈较大负相关,相关系数为-0.824,与 X_9 , X_5 , X_3 呈较大正相关,相关系数分别为0.816,0.727,0.718;第二主成分与 X_7 , X_8 , X_1 呈较大正相关,相关系数分别为0.930,0.849,0.698;第三主成分与 X_6 呈较大负相关,相关系数为-0.858,与 X_4 具有一定正相关,相关系数0.343。据此,可将青岛市耕地面积变化的驱动因子归结为产业结构因子 Z_1 :(X_2 , X_3 , X_5 , X_9)、人口城市化因子 Z_2 :(X_1 , X_7 , X_8)、经济建设因子 Z_3 :(X_6 , X_4)。这与灰色关联度分析得出的青岛市耕地变化的驱动力基本一致,即都得出产业结构是主要影响因子。

3.3.3 多元回归分析的驱动力因素 将上述3个主成分表达式中,以与主成分密切相关的影响因子(即驱动因子)前面的常数项(即相应主成分得分系数的一部分)为自变量,以耕地面积为因变量(Y),进行逐步回归分析,选取复相关系数为0.983,拟合度为0.966,调整系数为0.845的模型,得到经验回归方程(8)和标准回归方程(9):

$$Y=43.325-0.489Z_1-2.22Z_2-0.6Z_3 \quad (8)$$

$$Y=-0.205Z_1-0.928Z_2-0.251Z_3 \quad (9)$$

方程(8)表示在人口城市化因子和经济建设因子不变的情况下,产业结构因子每增加1个单位,土地面积减少0.489万 hm^2 ;同样,在其他两个因子不变的情况下,人口城市化因子每增加1个单位,土地面积减少2.220万 hm^2 ;经济建设因子每增加1个单位,土地面积减少0.600万 hm^2 。方程(9)表示在人口城市化和经济建设因子不变的情况下,产业结构因子每增加1个标准差,耕地面积减少0.205个标准差;同样,在其余两个因子不变的情况下,人口城市化因子每增加1个标准差,耕地面积减少0.928个标准差;经济建设因子每增加1个标准差,耕地面积减少

0.251 个标准差。由此可见,人口城市化因子对耕地面积的变化影响最大,这与前面灰色关联度分析和主成分分析得出的结论有所不同。

与主成分和回归分析相比,灰色关联度分析用于小样本数据的分析,可以直观准确地反映耕地面积的影响因子,但无法便捷地将各因子分门别类;主成分分析则在不丢掉主要信息的前提下解决了单纯相关分析的误差冗余,但主成分分析得出的第一、二、三主成分的重要程度不是绝对的,当第一主成分无法解释现象时就应选取第二主成分,而且该方法会在主成分载荷的符号有正有负时对综合评价函数的意义产生消极影响;逐步回归分析可以在具有相关关系的基础上进一步讨论变量间的非确定性因果关系,因而采用逐步回归分析可以量化并预测驱动力对耕地变化的影响,以此对耕地的变化作出一定的控制,但这种方法也会因因子的取舍及选取数量而得出不同的结果。三种方法各有优劣,因而应当相互对比,互为补充。

灰色关联度和主成分分析结果皆显示,产业结构变化对耕地影响最大。这是因为农民的收入直接影响从事农事的积极性^[11],而产业结构调整也会对农民产生一种导向,园地是农业内部的一种组分,与耕地此消彼长,它们对耕地的影响最直接、与耕地的同步化程度最高。人口城市化属于间接原因,但从根本上推动了耕地的变化,因而回归方程显示其变化对耕地的影响最大,而且随着市场经济的发展、比较利益的增加会使农民趋于集约用地,调整耕地利用的结构等。因而,三种方法得出的结论不仅不矛盾,而且是相互印证的,即耕地变化的直接原因是产业结构的变化,更深层次的原因是人口城市化,当然这一切变化都是经济发展的结果。

4 讨论和结论

按照经济学的观点,经济的发展表现为总量的增长、结构的演进和制度的改善。其中,结构演进较为重要,分析较多,且研究多集中于产业结构演进^[20]。在众多的理论中,配第·克拉克三次产业就业结构理论、钱纳里理论和霍夫曼比例易于运用且运用较广^[21]。在研究时段内,根据钱纳里的人均 GDP 标准,运用青岛市人口进行修正^[22],同时结合霍夫曼的轻重工业比以及配第·克拉克的理论,将 2000—2009 年间青岛市的经济发展阶段类比性地划分为工业化初级阶段(2000—2002)、工业化中级阶段(2003—2004)、工业化高级阶段(2005—2007),发达经济初级阶段(2008—2009),并得出城市化率(Y)与人均 GDP(X)的基本回归模型:

$$Y = 0.08043 + 0.03165 \ln X \quad (R^2 = 0.824) \quad (10)$$

经济发展阶段不同,对耕地产生的需求不同。通过比较发现,近 10 a 青岛市耕地变化的特点与经济发展所处的各阶段特征基本一致。2000—2003 年处于青岛市类比性工业化的初级阶段,耕地转为其他用地的数量多,耕地面积迅速减少;2003—2006 年处于类比性工业化的中级阶段,城市化加快,经济建设加快,耕地转为其他用地的面积在达到峰值后缓慢回调,耕地总量处于波动下降态势;2006—2009 年处于类比性工业化的高级阶段,该阶段对耕地的需求迅速减少。同时,由于经济发展的惯性^[23],上阶段施行的政策不可能在现阶段很快消失,建设的“余热”犹存,耕地转为其他用地的量仍较多,耕地总量缓慢增加,故表现出与经济发展阶段存在 1~2 a 的滞后期。

为了验证所划分的阶段及解释的合理性,本文引入环境—收入理论关系曲线。环境收入理论曲线认为,一国的整体环境质量或污染水平随着经济增长和经济实力的积累而表现为一定的趋势,其数学模型为: $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \beta_3 X^3 + \xi$, 其中, Y 为污染物排放量, X 为人均 GDP, $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ 为模型参数, ξ 为随机误差项。结合本文及青岛市经济所处的发展阶段,令 Y 为耕地面积变化, X 为人均 GDP, 并进行标准化处理,得出曲线回归方程:

$$Y = -0.703 - 0.619X + 0.878X^2 \quad (R^2 = 0.975) \quad (11)$$

该方程形状呈倒 N 型,与前人的研究不同^[23]。耕地面积减少的速度在 2002 年有减缓的趋势,但由于处于类比性工业化的初级阶段,经济发展速度较快,土地开发的规模较大,同时也由于该阶段前期政府制定的规划先后付诸实施,所以对耕地的利用高峰出现在 2003 年;2005 年处于类比性工业化的中级阶段,该阶段更加注重技术的改进,产业结构调整,而且第三产业比重提高,耕地面积减少的速度有进一步减缓的趋势,但受经济发展的惯性,经济建设的“余温”犹存,同时受类比性工业化初级阶段规划的建设用地存量的影响,耕地面积在 2006 年出现低值;2007 年处于类比性工业化高级阶段,该阶段产业结构进一步优化,且耕地的利用更加集约,城市化带给农民的经济效益促进了与农业相关的产业发展,耕地面积出现增加的趋势,这一发展的影响效果逐渐累积,2009 年出现耕地面积增加的“峰”(图 1i)。

本文研究发现,青岛市耕地面积的阶段性变化特征明显,区域差异特征显著,为分析其成因,采用了多种方法进行比较研究,在发挥了各方法优势的同时,

也避免了单一方法在指导思想方面的局限,分析结果显示:

(1) 借鉴经济理论分析产业结构,将研究时间段内青岛市经济发展阶段可以类比性地分为工业化初级阶段(2000—2002)、中级阶段(2003—2004)、高级阶段(2005—2007)和发达经济初级阶段(2008—2009),城市化率(Y)与人均 GDP(X)具有如下关系: $Y=0.08043+0.03165\ln X$ ($R^2=0.824$),耕地阶段性变化的时间相对于类比性的工业化阶段性变化的时间要滞后 1~2 a;

(2) 采用环境—收入理论曲线进行验证发现,耕地变化与人均 GDP 存在如下关系: $Y=-0.703-0.619X+0.878X^2$ ($R^2=0.975$),曲线形状呈倒 N 型,随着收入的增加,耕地面积呈“下降—上升—下降”的变化态势,与前人研究的环境库兹涅茨曲线形状有所不同。

(3) 经济发展的“惯性”、建设用地存量的释放等因素造成了耕地变化的时间相对滞后。驱动因子分析发现,产业结构是直接影响因素,人口城市化是深层次原因,经济发展是形成这一切的根本原因。

但是由于青岛耕地资源有限,随着人均 GDP 水平的提高,人们对生活质量和环境质量的需求逐步提高,“逆城市化”将会显现。开发郊区,发展中小城镇过程中建设用地的选取将是发展中面临的重要问题,且郊区是耕地的主要分布区,经济发展过程中难免会造成耕地面积的下降。同时,从事农业的人口也会受经济利益的驱使而转行从事二三产业的工作,耕地的命运可想而知,且“组团式”开发郊区,发展郊区的建设已经在进行,类比性的发达经济初级阶段以后耕地的变化将会呈现出何种特点,值得进一步研究。

致谢:本刊匿名审稿专家为本文提出了宝贵的修改意见,南京大学商学院的崔晓明、地理与海洋科学学院的池源、丁宁、党淑青、胡静、杨旭,山东德州学院的刘佳佳,西南财经大学的潘丕超等在文章写作中给予过帮助,在此谨致谢意。

参考文献:

- [1] Pelorosso R, Leone A, Boccia L. Land cover and land use change in the Italian central Apennines: a comparison of assessment methods [J]. *Applied Geography*, 2009, 29(1): 35-48.
- [2] Jansen L J M, Bagnoli M, Focacci M. Analysis of land cover/use change dynamics in Manica Province in Mozambique in a period of transition (1990—2004) [J]. *Forest Ecology and Management*, 2008, 254(2): 308-326.
- [3] 宋开山,刘殿伟,王宗明,等. 1954 年以来三江平原土地利用变化及驱动力[J]. *地理学报*, 2008, 63(1): 93-104.
- [4] 杨东,郑凤娟,窦慧亮,等. 干旱内陆河流域土地利用变化的人文驱动因素探究:以甘肃省酒泉市为例[J]. *水土保持研究*, 2010, 17(4): 218-222.
- [5] 何丹,刁成泰. 重庆江津市土地利用变化及社会驱动力分析[J]. *水土保持研究*, 2006, 13(2): 24-27.
- [6] 李晓文,方精云. 近 10 年来长江下游地区耕地动态变化特征[J]. *自然资源学报*, 2003, 18(5): 562-567.
- [7] 马万栋,张渊智,施平,等. 海岸带土地利用/土地覆被变化研究进展[J]. *地理科学进展*, 2008, 27(5): 87-94.
- [8] 青岛市史志办公室. 青岛市志·自然地理志/气象志[M]. 北京:新华出版社,1997.
- [9] 青岛市统计局,国家统计局青岛调查队. 2010 青岛统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2010.
- [10] 李景刚,欧名豪,张效军,等. 耕地资源价值重建及其货币化评价:以青岛市为例[J]. *自然资源学报*, 2009, 24(11): 1870-1880.
- [11] 赵京,杨钢桥. 耕地利用集约度变化及其驱动因素分析:以湖北省为例[J]. *长江流域资源与环境*, 2012, 21(1): 30-35.
- [12] 王秀兰,包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. *地理科学进展*, 1999, 18(1): 81-87.
- [13] 朱会义,李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J]. *地理学报*, 2003, 58(5): 643-650.
- [14] 何书金,李秀彬,朱会义,等. 环渤海地区耕地变化及动因分析[J]. *自然资源学报*, 2002, 17(3): 345-352.
- [15] 韩磊,侯西勇,朱明明,等. 20 世纪后半叶美国海岸带区域土地利用变化时空特征分析[J]. *世界地理研究*, 2010, 19(2): 42-52.
- [16] 刘思峰,党耀国,方志耕,等. 灰色系统理论及其应用[M]. 5 版. 北京:科学出版社,2010.
- [17] 张超,杨秉赓. 计量地理学基础[M]. 2 版. 北京:高等教育出版社,1991:106-110.
- [18] 山东省统计局,国家统计局山东调查总队. 山东统计年鉴 2010[M]. 北京:中国统计出版社,2010.
- [19] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域:土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. *地理学报*, 1996, 51(6): 553-558.
- [20] 孙新雷. 产业结构演进理论思考[J]. *上海经济研究*, 1994(7): 47-48.
- [21] Syrquin M, Chenery H B. Three decades of industrialization[J]. *The World Bank Economic Reviews*, 1989, 3(2): 145-181.
- [22] 张颖,赵民. 论城市化与经济发展的相关性:对钱纳里研究成果的辨析与延伸[J]. *城市规划汇刊*, 2003(4): 10-18.
- [23] 许德林,欧名豪,肖霖. 1997—2008 年青岛市农地非农化过程与效果实证研究[J]. *中国土地科学*, 2010, 24(1): 9-14.