

基于组合模型的安徽省城镇化 演进对耕地影响前景研究

张乐勤

(池州学院 资源环境与旅游系 安徽 池州 247000)

摘要: [目的] 探索安徽省城镇化演进对耕地影响的前景,为管理层制定协调城镇化发展与耕地保护政策提供依据。[方法] 运用 LMDI 分解模型对城镇化进程引致的耕地面积减少份额进行了计算;借助 SPSS 分析软件,采用最佳拟合优度曲线估计方法,对城镇化与耕地变化间耦合函数关系进行了考察;基于 Logistic 模型对城镇化演进趋势进行了预测;依据城镇化与耕地耦合关系及城镇化演进趋势,测算了城镇化发展对耕地影响的前景。[结果] 1996—2011 年,安徽省城镇化进程引致耕地面积年均减少 1 097.87 hm²,人口城镇化率每提升 1 个百分点,耕地面积减少 795.20 hm²;城镇化与耕地变化间以二次曲线拟合最优;安徽省 2020,2030 年人口城镇化率分别达到 58.44%,68.25%;2020 年前,城镇化发展将导致耕地年均减少 3 804.94 hm²,城镇化水平每提升 1 个百分点,将导致耕地减少 2 549.37 hm²,2021—2030 年,城镇化演进将导致耕地年均减少 11 179.42 hm²;城镇化水平每提升 1 个百分点,将导致耕地减少 11 395.94 hm²。[结论] 未来城镇化演进对耕地的影响将日趋激烈,耕地保护与生态安徽建设将面临较大挑战。

关键词: 城镇化;耕地;预测;LMDI 分解模型;Logistic 模型;安徽省

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2015)05-0144-05

中图分类号: F062.1

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.05.092

A Study on Prospect of Urbanization Influence on Cultivated Land Resources in Anhui Province Based on Combined Forecasting Model

ZHANG Leqin

(Resource Environment and Tourism Department, Chizhou College, Chizhou, Anhui 247000, China)

Abstract: [Objective] This study explored the influences of urbanization on the cultivated land resources in Anhui Province in order to provide theoretical base for policy making in urbanization development and cultivated land protection. [Methods] The reduced area of cultivated land caused by urbanization was calculated by using the logarithmic mean divisia index(LMDI) decomposition method. By using SPSS software, the coupling functional relationship between urbanization and the decline in cultivated land area was investigated by curve estimation based on the optimum goodness of fit. According to the Logistic regression model, the evolution trend of urbanization in Anhui Province was predicted. Moreover, based on the obtained coupling relationship between urbanization and cultivated land resources as well as the evolution trend of urbanization, the impacts of urbanization on the cultivated lands were estimated. [Results] The results indicated that, during the period from 1996 to 2011, the area of cultivated land reduced at a rate of approximately 1 097.87 hm² per year due to the urbanization in Anhui Province, and every 1% increase in urbanization rate resulted in 795.20 hm² decline in the area of cultivated land. The quadratic curve fitting was optimal for describing the relationship between urbanization and the cultivated land resources. The urbanization of the population in Anhui Province was expected to reach to 58.44% and 68.25% in 2020 and 2030, respectively. Specifically, before 2020, due to the effects of urbanization, the cultivated lands were expected to be reduced by 3 804.94 hm² per year, and every 1% increase in urbanization rate would result in 2 549.37 hm² decline in cultivated land area. From 2021 to 2030, the cultivated lands were expected to be reduced by 11 179.42 hm² per year, and

收稿日期:2014-11-12

修回日期:2014-12-13

资助项目:安徽省教育厅高校省级自然科学研究重点项目“基于组合模型的安徽省城镇化演进阶段特征及对资源环境影响前景研究”(KJ2014A175);安徽省社会科学规划项目“资源环境约束下安徽省城镇化适宜规模及可持续演进对策研究”(AHSKY2014D53)

第一作者:张乐勤(1965—),男(汉族),安徽省宿松县人,硕士,教授,研究方向为资源生态。E-mail:zhangleqing@sohu.com。

every 1% increase in urbanization rate would result in 11 395.94 hm² decline in cultivated land area. [Conclusion] The impacts of the urbanization on cultivated land are expected to be intensified, and the protection of cultivated land will be a great challenge in the future.

Keywords: urbanization; cultivated lands; prediction; LMDI decomposition method; Logistic regression method; Anhui Province

城镇化演进与土地利用息息相关^[1]。2013年,安徽省人口城镇化率低于全国平均水平5.83个百分点,为中部城镇化水平“塌陷”省份,加速推进城镇化成为安徽省经济社会重要发展战略,与此同时,安徽省人均耕地资源仅为全国平均水平60%,未来安徽省城镇化发展对耕地资源具有怎样影响,将直接考验着安徽乃至全国粮食安全,也关乎生态安徽建设,对此进行探索,对管理层制定协调城镇化发展与耕地保护政策具有借鉴意义。

针对城镇化与耕地变化间关系,前人多基于统计、遥感影像、土地利用变更调查数据,采用计量分析或回归分析方法,从数量变化关系^[2-4]、关联性^[5]、协调性^[6]、驱动力^[7-9]等方面进行过深入探索,所得结果从不同视角揭示了城镇化与耕地变化间密不可分的关系,然而,已有研究也存在如下不足:首先,多将城镇化与耕地变化数据直接进行分析,没有考虑到城镇化与耕地变化内在逻辑,影响了结果精准,其次,多为回顾性研究或状态刻画,展望性研究较少,鉴于此,本研究拟运用LMDI分解模型及最优曲线拟合回归分析方法,对安徽省城镇化与耕地间耦合关系进行考察;基于Logistic模型对安徽省未来城镇化演进趋势进行预测;依据城镇化与耕地间函数关系及城镇化演进趋势,测算安徽省城镇化演进对耕地影响前景,以为安徽省编制城镇化发展规划及制定协调城镇化与耕地保护的规制政策提供决策参考,也为省域尺度同类研究提供借鉴。

1 研究方法与数据来源

1.1 城镇化进程引致耕地减少份额测度方法

1.1.1 耕地影响KAYA恒等式构建 借鉴KAYA恒等式恒等原理,构建耕地影响因素的KAYA恒等式扩展形式:

$$S = \frac{S}{G'} \cdot \frac{G'}{G} \cdot \frac{G}{U} \cdot U = I \cdot E \cdot T \cdot U \quad (1)$$

式中: S ——经济发展、城镇化演进导致耕地减少总

$$\Delta S = \frac{S_t - S_0}{\ln S_t - \ln S_0} \cdot \ln \frac{I_t}{I_0} + \frac{S_t - S_0}{\ln S_t - \ln S_0} \cdot \ln \frac{E_t}{E_0} + \frac{S_t - S_0}{\ln S_t - \ln S_0} \cdot \ln \frac{T_t}{T_0} + \frac{S_t - S_0}{\ln S_t - \ln S_0} \cdot \ln \frac{U_t}{U_0} \quad (3)$$

式中:城镇化进程引致耕地减少量测度式为:

$$\Delta S_U = \frac{S_t - S_0}{\ln S_t - \ln S_0} \cdot \ln \frac{U_t}{U_0} \quad (4)$$

面积(hm²); G' ——二、三产业产值(亿元); G ——国内生产总值(亿元); U ——城镇化水平(%),以人口城镇化率(城镇常住人口占总人口比例)表征; I ——单位二、三产业产值耕地减少面积(hm²/万元),表征产业土地集约利用指标; E ——二、三产业产值占GDP比例(%),表征产业结构指标; T ——单位城镇化水平产值(万元/%),表征技术进步指标。

1.1.2 LMDI因素分解模型 Ang B W等^[10]1998年提出的对数平均迪氏指数分解法(Logarithmic mean division index, LMDI)具有技术成熟、形式多样、计算方便、分解无残差等优点^[11],被广泛应用于碳排放^[11-13]、耕地驱动因素识别^[1]等环境经济研究中,其分解方法如下^[12]:

设考察对象 V 受 n 个因素影响,即 $V = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$,按指数分解定义, $V = \prod_{i=1}^n x_i \cdot x_2 \cdot x_3 \dots x_n$,其中,基期总量变化为 $V^0 = \prod_{i=1}^n x_i^0 \cdot x_2^0 \cdot x_3^0 \dots x_n^0$,期总量变化为 $V^t = \prod_{i=1}^n x_i^t \cdot x_2^t \cdot x_3^t \dots x_n^t$,则 V 从基期到 t 期变化差可分解为 $\Delta V = V^t - V^0 = \Delta V_{x_1} + \Delta V_{x_2} + \Delta V_{x_3} + \dots + \Delta V_{x_n}$,对应的第 i 个因素效应为 $\Delta V_{x_i} = \frac{V_i^t - V_i^0}{\ln V_i^t - \ln V_i^0} \cdot \ln \frac{x_i^t}{x_i^0}$ 。

1.1.3 城镇化引致耕地减少份额测度方法 依据KAYA恒等式扩展式(1),将耕地变化分解为形如公式(2)的形式:

$$\Delta S = S_t - S_0 = \Delta S_I + \Delta S_E + \Delta S_T + \Delta S_U \quad (2)$$

式中: S_t —— t 期耕地面积(hm²); S_0 ——基期耕地面积(hm²); ΔS ——从基期到 t 期耕地面积变化量(hm²); $\Delta S_I, \Delta S_E, \Delta S_T, \Delta S_U$ ——单位二、三产业耕地面积变化引致耕地变化份额(hm²)、二、三产业占GDP比例变化引致耕地变化份额(hm²)、单位城镇化水平产值变化引致耕地变化份额(hm²)、城镇化水平变化引致耕地变化份额(hm²),根据LMDI分解方法, ΔS 可表示为:

1.2 城镇化与耕地变化耦合关系测度方法

借助分析软件,通过最佳拟合优度判别考察对象间耦合函数关系方法,具有科学、严谨、能客观体现内

在逻辑等优点,得到了学术界普遍认同^[14-16],鉴于此,本研究拟运用 SPSS 软件,采用该方法进行测度,步骤如下:以城镇化引致耕地减少面积作因变量,城镇化水平作自变量,将其输入 SPSS 软件中,采用曲线回归分析方法,分别选择不同拟合类型对城镇化与耕地变化间函数关系进行拟合,选取拟合优度最佳的类型作为刻画城镇化与耕地变化的拟合曲线。

1.3 城镇化演进趋势预测

美国学者 Northam^[17]对世界上多国城镇化演进历程研究表明,城镇化进程可分为初期(城镇化水平低于 30%)、中期(城镇化水平在 30%~70%)、后期(城镇化水平高于 70%)3 阶段,其演进轨迹大致契合“S”型曲线,可用 Logistic 模型对此进行刻画,一般表达式为:

$$U_t = \frac{M}{1 + M \cdot c \cdot e^{lnb \cdot t}} \quad (5)$$

式中: U_t —— t 期城镇化水平(%); c, b ——模型回归所得常数、系数; M ——城镇化水平上限容量(%)。

基于 Northam^[17]城镇化 S 型曲线演化理论,国内多位学者^[18-20]对中国城镇化过程进行过考察,结果显示,中国改革开放以来城镇化演化轨迹同样具有 Logistic 曲线特征,为此,本研究借鉴文献^[16]研究方法,运用 Logistic 模型对安徽省城镇化演化规律进行考察,并据此预测其未来发展趋势。

1.4 城镇化演进对耕地影响前景预测

依据城镇化与耕地变化耦合函数关系表达式,以城镇化发展趋势为自变量,可预测出城镇化演进对耕地影响前景。

1.5 数据来源与说明

鉴于中国耕地统计数据 1996 年前后差异大及城镇化快速发展始于 1996 年的事实^[16],本研究选取 1996—2012 年作样本区间。城镇化以学术界普遍采用的单一指标法(年末居住在城镇范围内常住人口占总人口比例)表征^[1-5,16],耕地变化以年内减少耕地面积表征,数据来源于《安徽统计年鉴(1997—2013 年)》^[21]。

2 结果与分析

2.1 城镇化进程引致耕地面积减少量测算

以安徽省统计年鉴^[17]中 1996—2012 年耕地减少面积及人口城镇化率为基础,运用公式(4),可对安徽省城镇化进程引致耕地面积减少量进行测算,所得结果如图 1 所示。

由图 1 可知,1996—2011 年,安徽省城镇化进程引致耕地面积累计减少 17 565.95 hm²,年均减少

1 097.87 hm²,人口城镇化率每提升 1 个百分点,耕地面积减少 795.20 hm²,进一步分析图 1 可知,2003 年前后,城镇化进程对耕地面积影响差异较大,1996—2002 年,人口城镇化率每提升 1 个百分点,耕地面积减少 975.82 hm²,2003—2011 年,人口城镇化率每提升 1 个百分点,耕地面积减少 714.30 hm²,究其原因,2003 年前,城镇化发展缺乏统一规划,致使旧城区改造、工业园区、开发区、大学城建设呈无序发展态势,建设用地拓展迅猛,耕地减少突出,2003 年以来,安徽省以生态省及国家技术创新工程试点省为契机,加大了对钢铁、有色、建材、石化、化工等传统产业升级改造,新增了以显示产业、智能装备业为代表的一大批战略新型产业,以现代服务业、旅游业为龙头的第三产业比例也得到了大幅提升,促进了土地集约利用,同时,划定了耕地保护红线,制定了《安徽省土地利用总体规划(2006—2020 年)》,强化了对违规使用土地的督察及查处力度,提出了对土地整理复垦开发的基本要求,产业结构的优化与调整及耕地保护规制政策强化背景下,城镇土地利用效率日渐提升,从而使耕地面积减少量呈下降态势。

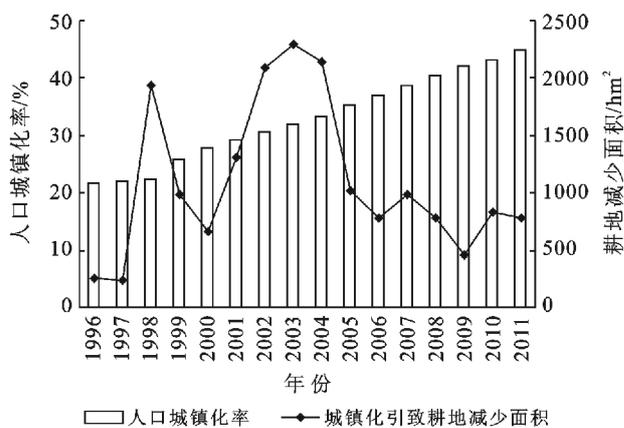


图 1 安徽省 1996—2011 年人口城镇化率及城镇化引致耕地减少变化趋势

2.2 城镇化与耕地变化耦合关系分析

观察图 1 可知,2003 年前,安徽省城镇化进程对耕地面积影响整体呈 N 形波动,变化较剧烈,其变异系数(标准差与均值百分比)达 70.17%,将两者输入 SPSS 软件进行相关分析,所得相关系数仅为 0.5,且在 0.1 水平上不能通过显著性检验(sig 值为 0.253),2003 年以来,城镇化引致耕地面积减少量整体呈下降态势,变化较规整,运用 SPSS 软件进行相关分析表明,在 0.01 水平上相关系数达 -0.813,鉴于此,运用 2003 年以来数据考察城镇化与耕地变化耦合关系。

依据城镇化引致耕地减少曲线变化趋势,分别采用对数函数、逆模型、二次函数、指数函数、复合曲线、S 形曲线、幂函数等不同类型进行拟合,所得拟合优度及检验如表 1 所示。

表 1 不同拟合类型拟合优度及检验

拟合类型	表达式	R ²	F 值	sig 值
对数函数	$y=b_0+b_1 \cdot \ln x$	0.697	16.131	0.005
逆模型 (反向函数)	$y=b_0+b_1/x$	0.732	19.094	0.003
二次函数	$y=b_0+b_1 \cdot x+b_2 \cdot x^2$	0.898	26.520	0.001
指数函数	$y=b_0 \cdot e^{b_1 \cdot x}$	0.650	13.009	0.009
复合曲线	$y=b_0 \cdot b_1^x$	0.650	13.009	0.009
S 形曲线	$y=e^{(b_0+b_1/x)}$	0.709	17.035	0.004
幂函数	$y=b_0 \cdot x^{b_1}$	0.681	14.928	0.006

注: x 为自变量; y 为因变量; b_0 为回归常数; b_1, b_2 为回归系数。

由表 1 可知,以二次函数拟合最优,其拟合优度 (R^2) 为 0.898,且模型检验的概率值小于 0.01,表明拟合效果好,其回归所得常数及系数如表 2 所示。

由表 2 可知,二次函数回归所得常数项、二次项、一次项系数在 0.01 水平上均能通过显著性检验,由此可得安徽省城镇化与耕地变化耦合模型:

$$S=19.811U^2-1638.752U+34511.461 \quad (6)$$

表 2 二次曲线回归结果

变量	回归系数	标准误差	t 值	sig 值
常数项	34 511.461	7 739.206	4.459	0.004
二次项	19.811	5.292	3.744	0.010
一次项	-1 638.752	406.703	-4.029	0.007

2.3 安徽省城镇化趋势预测

以安徽省 1996—2012 年人口城镇化率作因变量,时间 t 作自变量(设 1996 年为 1),将其输入 SPSS 17.0 软件中,选择回归分析中曲线估计的 Logistic 拟合方法,通过多次对上限进行不同赋值,结果显示,当城镇化水平上限设为 77.7% 时,所得拟合优度最佳 (R^2 为 0.997, F 值为 2 130.567),且在 0.01 水平上能通过显著性检验 (sig 值为 0.000),由此表明,77.7% 可作为安徽省人口城镇化率理论上限。

将人口城镇化率上限 (M) 设为 77.7%,采用回归分析曲线估算的 Logistic 拟合方法,可得安徽省城镇化演进的 Logistic 模型:

$$U_t = \frac{77.7}{1+2.8749 \cdot e^{\ln 0.917 \cdot t}} \quad (R^2=0.997) \quad (7)$$

依据公式(7),可对安徽省城镇化水平拟合值与观测值进行比较,所得结果如表 3 所示。

表 3 安徽省城镇化水平观测值与 Logistic 模型拟合值比较

年份	拟合值/ %	观测值/ %	绝对误差 (百分点)	相对误差/ %	年份	拟合值/ %	观测值/ %	绝对误差 (百分点)	相对误差/ %
1996	21.34	21.71	-0.37	-1.70	2005	35.19	35.5	-0.31	-0.87
1997	22.71	22.02	0.69	3.13	2006	36.87	37.1	-0.23	-0.62
1998	24.13	22.33	1.80	8.06	2007	38.56	38.7	-0.14	-0.36
1999	25.60	26	-0.40	-1.54	2008	40.24	40.5	-0.26	-0.64
2000	27.11	28	-0.89	-3.18	2009	41.93	42.1	-0.17	-0.40
2001	28.67	29.3	-0.63	-2.15	2010	43.60	43.2	0.40	0.93
2002	30.26	30.7	-0.44	-1.43	2011	45.25	44.8	0.45	1.00
2003	31.88	32	-0.12	-0.38	2012	46.88	46.5	0.38	0.82
2004	33.52	33.5	0.02	0.06	平均			-0.01	0.04

由表 3 可知,运用 Logistic 模型拟合结果与实际观测值平均绝对误差为 -0.01 个百分点,平均相对误差为 0.04%,表明预测结果误差较小。运用式(7),将 t 赋值为 18~35,可对安徽省 2030 年前人口城镇化率进行预测,结果如图 2 所示。

图 2 表明,在 95% 置信度,安徽省 2020,2030 年人口城镇化率下限为 55.52%,64.83,上限为 61.37%,71.66%,预测值为 58.44%,68.25%,所得结果与安徽省“十二五”城镇化发展规划接近,与刘青和杨桂元^[22]研究结果基本一致,表明本研究所采用的 Logistic 预测方法较科学,结果较精准。

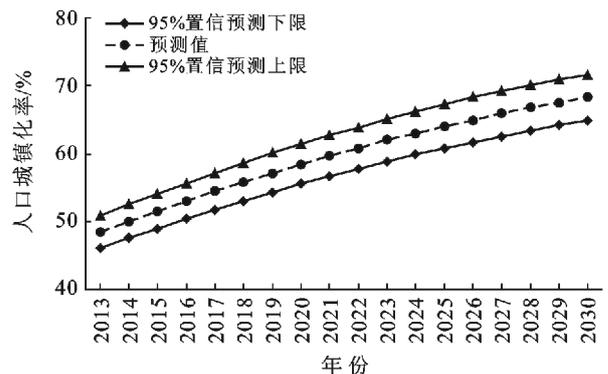


图 2 安徽省城镇化水平预测值

2.4 安徽省城镇化演进对耕地影响前景预测

以图 2 中城镇化预测值为基础,运用城镇化与耕地变化耦合函数关系式(6),可对安徽省城镇化发展对耕地影响前景进行预测,结果如图 3 所示。

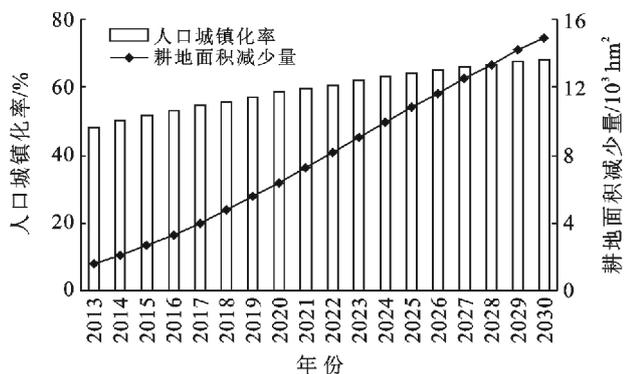


图 3 安徽省 2013—2030 年城镇化演进趋势及其对耕地影响前景

由图 3 可知,随着城镇化水平提升,城镇化引致耕地面积减少量呈增长态势,2013—2020 年,人口城镇化率净提升 11.94 个百分点,年均升幅 1.49 个百分点,城镇化发展将导致耕地净减少 30 439.53 hm²,年均减少 3 804.94 hm²,城镇化水平每提升 1 个百分点,将导致耕地减少 2 549.37 hm²,2021—2030 年,人口城镇化率净提升 9.81 个百分点,年均升幅 0.98 个百分点,城镇化演进将导致耕地净减少 111 794.15 hm²,年均减少 11 179.42 hm²,城镇化水平每提升 1 个百分点,将导致耕地减少 11 395.94 hm²,可见未来安徽省推进城镇化建设与耕地保护矛盾愈发尖锐,粮食安全与生态文明建设面临较大挑战。

3 结论与建议

城镇化进程是导致安徽省耕地面积减少重要因素,城镇化水平每提升 1 个百分点,耕地面积减少 795.20 hm²;2020 年安徽省城镇化水平将达到 58.44%,城镇化发展将导致耕地累计减少 30 439.53 hm²,城镇化水平每提升 1 个百分点,将导致耕地减少 2 549.37 hm²,未来安徽省推进城镇化与耕地保护日渐突出。

(1) 以规划引领城镇建设。科学编制城镇化建设用地规划,依据城镇化演进规律,合理安排城镇建设用地供应规模及节奏。

(2) 以产业结构优化升级促进城镇土地集约利用。产业结构优化升级是实现土地集约利用的关键。安徽省当下产业结构同全国平均水平相比,存在第二产业偏高,第三产业偏低的明显不合理现象,为此,应

优先发展旅游、物流、金融、信息等现代服务业,强力提升第三产业比例,同时,依靠科技进步,推动传统产业优化升级,大力发展电子信息、节能环保、新材料产业等战略新兴产业,以提高土地资源配置效率和利用效益,从而达到缓解城镇化建设中土地瓶颈压力。

(3) 以政策规制约束城镇建设违规行为。严格执行国家耕地保护的各项规制政策,严守土地闸门,严控房地产、低水平重复建设项目的土地供应,坚决查处未批先用、骗取批准、少批多占及擅自改变用途等违规使用土地行为,强化土地监管与稽查,对城镇建设用地实行公示制,接受媒体及社会监督。

本文综合运用 LMDI 分解模型、Logistic 模型,从理论上对安徽省未来城镇化演进对耕地影响前景进行了揭示,事实上耕地面积减少除了建设占用耕地外,尚包括农业结构调整减少耕地、灾毁减少耕地等,因此,未来耕地面积减少的实际值比文中预期结果可能要大。

[参 考 文 献]

- [1] 张乐勤,陈素平,陈发奎. 基于边际模型的中国城镇化演进对耕地影响极限研究[J]. 中国生态农业学报, 2014, 22(7):837-841.
- [2] 吴玉鸣,冯仁勇. 岩溶区城镇化与耕地资源动态变动的面板数据分析:以广西河池地区为例[J]. 资源科学, 2010, 32(5):985-991.
- [3] 孟鹏,郝晋珉,周宁,等. 黄淮海平原城镇化对耕地变化影响的差异性分析[J]. 农业工程学报, 2013, 29(22):1-10.
- [4] 吴涛,任平. 四川省城镇化与耕地资源变化关系及协调性分析[J]. 广东农业科学, 2014(2):218-222.
- [5] 傅超,刘彦随. 我国城镇化与土地利用非农化关系分析及协调发展策略[J]. 经济地理, 2013, 33(3):47-51.
- [6] 代路,雷国平. 黑龙江省城镇化与耕地资源的协调性分析[J]. 农业技术经济, 2010(10):122-127.
- [7] 陈炳椒,倪凤娣,周维禄. 重庆市耕地变化及驱动力分析[J]. 西南农业大学学报:社会科学版, 2010, 8(4):15-19.
- [8] 周翔,韩骥,孟醒,等. 快速城市化地区耕地流失的时空特征及其驱动机制综合分析:以江苏省苏锡常地区为例[J]. 资源科学, 2014, 36(6):1191-1202.
- [9] 张婷,骆希,蔡海生. 江西省耕地的动态变化及驱动因子[J]. 水土保持通报, 2014, 34(3):305-310.
- [10] Ang B W, Zhang Fuqiang, Choi K H. Factorizing changes in energy and environmental indicators through decomposition[J]. Energy, 1998, 23(6):489-495.
- [11] 邓吉祥,刘晓,王铮. 中国碳排放的区域差异及演变特征分析与因素分解[J]. 自然资源学报, 2014, 29(2):189-200.
- [12] 李国志,李宗植,周明. 东部地区能源碳排放的省域比较及因素分解[J]. 当代经济管理, 2011, 33(10):48-52.

(下转第 154 页)

- [7] 海龙,王平,张仁陟,等. 不同耕作方式对土壤有机磷形态的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2007,41(5):95-99.
- [8] 宋勇春,李晓林,冯固. 菌根真菌磷酸酶活性对红三叶草生境中土壤有机磷亏缺的影响[J]. 生态学报,2001,21(7):1130-1135.
- [9] Duan T, Shen Y, Facelli E, et al. New agricultural practices in the Loess Plateau of China do not reduce colonisation by arbuscular mycorrhizal or root invading fungi and do not carry a yield penalty[J]. Plant and Soil, 2010,331(1/2):265-275.
- [10] 罗彩云,沈禹颖,南志标,等. 水土保持耕作下陇东玉米—小麦—大豆轮作系统产量,土壤易氧化有机碳动态[J]. 水土保持学报,2006,19(4):84-88.
- [11] 雷红霞,孟昭设,贾彩霞,等. 土壤速效磷速测法的探讨[J]. 北京农业,2009(10):35-37.
- [12] López-Fando C, Dorado J, Pardo M T. Effects of zone-tillage in rotation with no-tillage on soil properties and crop yields in a semi-arid soil from central Spain[J]. Soil and Tillage Research, 2007,95(1):266-276.
- [13] 郭彦军,倪郁,韩建国,等. 开垦草原与种植紫花苜蓿对土壤磷素有效性的影响[J]. 水土保持学报,2009,23(1):88-92.
- [14] Huang X L, Chen Y, Shenker M. Chemical fractionation of phosphorus in stabilized biosolids[J]. Journal of environmental quality, 2008,37(5):1949-1958.
- [15] 吴玉梅,梁成华,杜立宇,等. 长期定位施肥对蔬菜保护地土壤磷素形态的影响[J]. 中国土壤与肥料,2009(3):39-43.
- [16] Dou Z, Zhang G Y, Stout W L, et al. Efficacy of alum and coal combustion by-products in stabilizing manure phosphorus[J]. Journal of Environmental Quality, 2003,32(4):1490-1497.
- [17] 张锡洲,阳显斌,李廷轩,等. 不同磷效率小麦对磷的吸收及根际土壤磷组分特征差异[J]. 中国农业科学,2012,45(15):3083-3092.
- [18] 赵晶晶,郭颖,陈欣,等. 有机物料对土壤有机磷组分及其矿化进程的影响[J]. 土壤,2007,38(6):740-744.
- [19] 余海英,李廷轩,张树金,等. 温室栽培条件下土壤无机磷组分的累积,迁移特征[J]. 中国农业科学,2011,44(5):956-962.
- [20] 刘树堂,韩晓日,迟睿,等. 长期定位施肥对无石灰性潮土磷素状况的影响[J]. 水土保持学报,2006,19(5):43-46.
- [21] 马艳梅. 长期定点施肥对白浆土磷素形态转化的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2006,18(2):39-41.
- [22] 蒋柏藩. 石灰性土壤无机磷有效性的研究[J]. 土壤,1992,24(2):61-64.
- [23] 赵靓,侯振安,柴颖,等. 长期施磷对灰漠土无机磷形态的影响[J]. 水土保持学报,2014,28(3):236-242.
- [24] 钱成,蔡晓布,盖京苹,等. 丛枝菌根真菌对西藏高原固沙植物吸磷效率的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(4):537-543.

(上接第 148 页)

- [13] 赵志耘,杨朝峰. 中国碳排放驱动因素分解分析[J]. 中国软科学,2012(6):175-183.
- [14] 李效顺,曲福田,陈友德,等. 经济发展与城市蔓延的 Logistic 曲线假说及其验证:基于华东地区典型城市的考察[J]. 自然资源学报,2012,27(5):713-722.
- [15] 张乐勤,陈素平,陈保平. 基于边际效应模型的安徽省建设用地增长极限研究[J]. 地域研究与开发,2014,33(3):148-151.
- [16] 张乐勤,陈发奎. 基于 Logistic 模型的中国城镇化演进对耕地影响前景预测及分析[J]. 农业工程学报,2014,30(1):1-11.
- [17] Northam R M. Urban Geography [M]. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1979.
- [18] 陈彦光,罗静. 城市化水平与城市化速度的关系探讨:中国城市化速度和城市化水平饱和值的初步推断[J]. 地理研究,2006,25(6):1063-1072.
- [19] 韩本毅. 中国城市化发展进程及展望[J]. 西安交通大学学报:社会科学版,2011,31(3):18-22.
- [20] 陈明,王凯. 我国城镇化速度和趋势分析:基于面板数据的跨国比较研究[J]. 城市规划,2013(5):16-21.
- [21] 安徽省统计局. 安徽统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,1997-2013.
- [22] 刘青,杨桂元. 安徽省城镇化水平预测:基于 IOWHA 算子的组合预测[J]. 重庆工商大学学报:自然科学版,2013,30(8):38-44.