综合治理

东北粮食主产区耕地资源变化驱动机制及其对粮食产量的影响

徐 珊[1], 宋 戈[1,2], 王 越[1], 雷国平[1,2], 王学伟[1]

(1. 东北农业大学 资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 东北大学 土地管理研究所, 辽宁 沈阳 110819)

摘 要: 以东北粮食主产区巴彦县为研究区,以 3S 技术为手段,运用 Logistic 模型识别研究区耕地资源变化驱动因子,采用单因素指标法及通径分析法,探讨了单因子及复合因子对研究区粮食产量的影响。结果表明: (1) 研究区耕地资源变化驱动因子主要为坡度、土壤类型、地均 GDP 等 8 个敏感性因子,且每个驱动因子对耕地资源变化的驱动机制各不相同; (2) 单一驱动因子指标分级变化会引起粮食产量的改变,变化最大值为土壤有机质含量在 1—2 级间的改变,最小值为政策法规在 2—3 级间的改变; (3) 复合因子对粮食产量主要表现为耕地资源变化驱动因子复合总效应每改变 0.1,粮食产量的变化值约在 950 kg/hm^2。耕地资源变化的单因子及复合因子对粮食产量均产生较大影响,粮食生产能力的提高应根据驱动因子的不同特征制定具体措施。

关键词: 东北粮食主产区; 耕地资源; 驱动机制; 粮食产量

文献标识码: A **文章编号**: 1000-288X(2014)02-0218-06 **中图分类号**: F301.2

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.02.046

Driving Mechanism of Cultivated Land Resources and Its Effects on Yield of Major Grain Producting Area in Northeast China

XU Shan[1], SONG Ge[1,2], WANG Yue[1], LEI Guo-ping[1,2], WANG Xue-wei[1]

(1. *Resources and Environment of Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang* 150030, *China*; 2. *Institute of Land Management of Northeast University, Shenyang, Liaoning* 110819, *China*)

Abstract: Taking Bayan County in grain producing areas of Northeast China as the study area, with "3S" technology, Logistic model is used to indentify the driving forces of cultivated land resources change. Single factor index method and path analysis are used to explore the impact of single factor and composite factors on food production. Results showed that: (1) The driving forces of cultivated land resources change mainly included slope, soil type, average land GDP and other 8 sensitive factors, and the driving mechanism of each driving factor was different. (2) The changes in the classification of single driving factor index might lead to changes in food production. The maximum change occurs in soil organic matter content with a level of 1—2 while the minimum change occurs in policies and regulations with a level of 2—3. (3) The impact of complex factors on food production was that 0.1 changes in the driving forces may lead to a change in food production around 950 kg/hm^2. Both single factor and composite factors had a great impact on food production. Therefore, specific measures need to be formulated to enhance food production according to the different characteristics of the driving factors.

Keywords: major grain produciing area of Northeast China; cultivated land resources; driving mechanism; grain yield

土地利用/土地覆盖变化(LUCC)研究已成为全球环境变化研究的前沿和热点领域。驱动力研究是土地利用变化机制研究中的核心内容。而耕地是土地资源的精华,是确保国家粮食安全的基础。区域粮食安全的关键是要确保生产和供应足够的粮食来满足区域内所有人口的粮食需求,对耕地资源变化驱动机制的深入探讨,及单一驱动因子和复合驱动因子对区域粮食产量的影响,对促进粮食主产区农业可持续发展具有重要意义[1]。

国外对耕地资源驱动机制的研究较少,更多的是

收稿日期:2013-09-09 **修回日期**:2013-10-19

资助项目:教育部博士学科点基金项目"东北粮食主产区耕地资源变化驱动机制及其价值重构研究"(博导类)(20112325110007); 国家自然科学基金项目(41071346)

作者简介:徐珊(1984—),女(汉族),黑龙江省哈尔滨市人,博士研究生,主要研究方向为土地利用。E-mail:xushan84722@163.com。

通信作者:宋戈(1969—),女(汉族),黑龙江省庆安县人,博士,教授,博士生导师,主要从事土地利用研究。Email:songgelaoshi@163.com。

基于大尺度的土地利用变化机制的研究,IHDP 将 LUCC 的驱动因子分为直接因子和间接因子[2],人口增长是区域土地利用变化的直接原因[3],经济政策、制度、城市化及技术也逐步成为主要驱动因子[4]。国内对于耕地资源驱动机制的研究主要侧重于驱动因子的分析,且单因子研究较多,主要体现在单因子对不同区域,不同尺度的耕地数量、质量以及生态的影响机理[5-11],国内外学者的研究为从内在驱动及外在驱动角度探讨耕地资源变化驱动机制具有重要的指导意义。有关耕地资源驱动机制对粮食产量的研究尚少,已有的研究主要集中在耕地分等因素对粮食产量的影响[12],将耕地资源变化的单因子与复合因子驱动机制对粮食产量的影响进行结合的研究尚很少见。本研究以东北粮食主产区的国家重点商品粮生产县——巴彦县为研究区,以 3S 技术为手段,运用 Logistic 模型识别引起研究区耕地资源变化的内在驱动因子及外在驱动因子,探寻耕地资源变化的驱动机制,利用单因素指标法对单因子对研究区粮食产量的影响进行分析,并通过通径分析,建立回归方程,探讨复合因子对区域粮食产量的影响,研究成果可为提高区域粮食产量提供科学依据,为保障国家粮食安全提供参考,并为同类城市提高粮食产量提供借鉴。

1　研究区概况

巴彦县位于黑龙江省中部偏南、松嫩平原东部高平原区,是东北粮食主产区具有很强代表性的区域。该县地势东高西低,北岗南平,中部多丘陵,地理形状为北宽南窄的楔形。该区域属于中温带大陆性季风气候,夏季温暖多雨,冬季寒冷干燥,雨热同季,巴彦县年降水量 621 mm,年平均气温 3 ℃,全年日照时数 2 628.2 h;巴彦县辖 10 镇,8 乡,116 个行政村,总人口为 70.0 万人,其中农业人口 56 万人,总土地面积 3.13×10^5 hm^2,其中耕地面积占土地总面积的 72.5%,并以黑土和草甸土为主,占总土地面积的 76.93%,是典型的波状缓坡漫岗平原的耕地利用的地貌类型。2009 年研究区农作物总播种面积 2.20×10^5 hm^2,粮食总产量 2.07×10^6 t,农业总产值224 979万元,是黑龙江省粮食生产大县,粮食种植结构以玉米、水稻、大豆、薯类种植为主,曾多次被评为全国、省粮食生产先进县,农副产品量占绝对优势[13]。

2　数据来源与计算方法

2.1　数据来源

本研究土地利用数据来源于巴彦县 1991 年土地详查数据库和 2009 年 SOPT5 影像。运用 ERDAS 软件对 2009 年遥感影像进行解译,建立 2009 年巴彦县土地利用数据库,并运用 ENVI 软件提取归一化植被指数(NDVI)、差值环境植被指数(DVI)及比值植被指数(RVI)空间分布图;通过等高线和高程点建立不规则的三角网(TIN),再通过线性和双线性内插生成 DEM,获取坡度数据,利用 ArcGIS 空间分析功能,生成高程和坡度专题图。

研究区土壤相关数据采用野外调查与室内分析相结合的方法,在研究区耕地上根据土壤类型的不同、地形地貌的差异、耕地用地类型的不同,在耕地上均匀布置具有代表性的 661 个采样点(图 1),利用 GPS 进行实地样点空间定位。将采样点土壤运用土壤养分状况系统研究法进行土壤样品的测试分析,得到速效磷、速效钾、碱解氮、pH 值、有机质等土壤化验数据。粮食单产数据、人口密度、地均 GDP 等经济社会因素主要来源于农户调查与巴彦县统计年鉴(2010 年)、巴彦县经济统计年鉴(2010 年)相结合的方法计算得来。

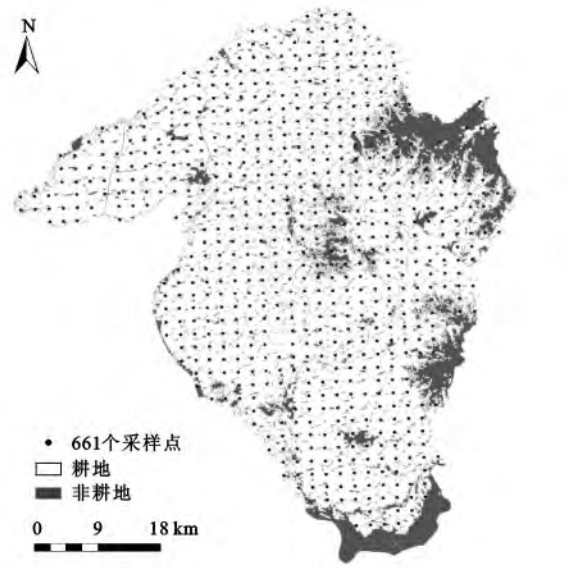


图 1　巴彦县耕地资源现状及采样点布置

2.2　数据处理

对野外调查的 661 个采样点的土壤相关数据,采用 GIS 的克里金插值,生成 60 m×60 m 的碱解氮,速效磷,速效钾,pH 值和有机质空间分布的栅格图像;将植被相关指数图、高程度及坡度图在 ArcGIS 中转换成 60 m×60 m 的栅格图像;交通通达度为耕地到最近道路的距离、灌溉潜力为耕地到最近水域的距离,耕作便利度为耕地到最近居民点的距离,分别利用 ArcGIS 空间分析功能的 straight line 命令计算 3 种距离,并生成 60 m×60 m 的栅格图像。将粮食单产数据、人口密度等经济社会因素按乡镇输入 661 个采样点,采

用克里金插值法，生成 60 m×60 m 的栅格图像，得到研究区粮食单产图及相关经济社会因素图。

2.3 计算方法

2.3.1 耕地资源变化数量分析 运用 ArcGIS 的空间分析功能，将 1991 和 2009 年的研究区土地利用数据库进行叠加，提取两期耕地利用数据，求出 1991—2009 年间研究区耕地资源变化转移矩阵（表 2）。

2.3.2 耕地资源变化驱动因子的识别 在借鉴已有耕地资源变化驱动因子的研究成果基础上，结合巴彦县的实际特点，从内在驱动因子和外在驱动因子两方面，共选取了 30 个影响耕地资源变化的因子（表 1）。

表 1 巴彦县耕地资源变化驱动力因子指标体系

目标层	准则层	指标层	指标含义	数据获取方法
巴彦县耕地资源变化驱动因子	内在驱动	地貌类型	地表形态	德尔菲法
		高程/m	海拔高度	数字化地形图提取
		坡度/(°)	地表单元陡缓程度	DEM 数据
		土壤类型	土壤理化性状	德尔菲法
		土壤质地	土壤物理性质	德尔菲法
		黑土层厚度/m	土壤有效耕种深度	实测值
		碱解氮/(mg·kg^{-1})	土壤供氮能力	碱解扩散法
		有机质/%	土壤本底肥力水平	重铬酸氧化—外加热法
		pH 值	土壤本底酸、碱性水平	水土比 2.5∶1，电位法
		年均降水量/mm	降水投入水平	统计年鉴数据
		年平均气温/℃	温度投入水平	统计年鉴数据
		日照时数/h	光照投入水平	统计年鉴数据
		速效磷/(mg·kg^{-1})	土壤磷含量的投入状况	碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法
		速效钾/(mg·kg^{-1})	土壤钾含量的投入状况	1 mol/L 乙酸铵浸提，火焰光度法
		RVI	土壤盐渍化危害程度	RVI=NIR/R
		DVI	间接植物生物量信息	DVI=NIR−R
		NDVI	植被覆盖信息	NDVI=(NIR−R)/(NIR+R)
		土壤侵蚀指数	土壤侵蚀和水土流失程度	水土流失方程(USLE)
		重金属污染指数	土壤重金属污染程度	内梅罗污染指数法
	外在驱动	农药污染指数	农药污染程度	硝酸银滴定法
		人工耕作效应	耕作水平	运用 Fragstats 软件中的耕地连通性指数
		地均 GDP/(万元·hm^{-2})	耕地产出水平	乡镇 GDP 与乡镇面积比值
		人口密度/(人·hm^{-2})	劳动力投入水平	乡镇人口数量与行政面积比值
		城市化水平	城市化发展水平	非农业人口占总人口比值
		农民人均纯收入/元	粮食产出水平	统计年鉴数据
		政策法规	政府调控能力	虚拟变量回归分析法[15]
		地均粮食产量/(kg·hm^{-2})	粮食生产能力	统计年鉴数据
		灌溉潜力/km	抗御旱灾能力	运用 ArcGIS 软件中的 Distance 功能计算耕地到水域的距离
		耕作便利度/km	人工耕作的便利程度	运用 ArcGIS 软件中的 Distance 功能计算耕地到居民点的距离
		交通便捷度/km	利用耕地的便捷程度	运用 ArcGIS 软件中的 Distance 功能计算耕地到道路的距离

将 Logistic 模型应用到耕地资源变化与各驱动因子的分析中，将耕地资源与其它各土地利用类型的转换分别对应于 30 个影响因子，以识别研究区耕地资源变化的驱动因子[14]。运用 SPSS 19.0 的 Binary Logistic 回归分析对耕地资源增加及减少的土地利用类型分别进行分析，并对所得结果进行 ROC 检验，得出影响研究区耕地资源变化的主要驱动因子（表 3）。

2.3.3 单因子对粮食产量的影响 单因子指标法是以定量的方法来描述单一的土地属性对耕地生产能力（产量水平）的影响。衡量单一因素对粮食产量的影响，滤除其它因素的交互干扰，从而求取单一因素所对应的粮食产量高低[16]。

根据已识别出的驱动因子，求出各驱动因子与粮食产量的内在关系。将评价单元内每个驱动因子按

照《国家第二次土壤普查养分分级标准》进行分级,并结合研究区的实际情况进行修正;把粮食单产图与各驱动因子分级图进行空间叠加,求得驱动因子与粮食产量的对应序列;将评价单元内每一驱动因子的每一分级所对应的的粮食产量取平均值,作为驱动因子分级指标所对应的产量水平;根据驱动因子分级中两级之间的差值算得每一指标分级产量提升的空间,即每一驱动因子在环境改善后对应的粮食产量增加值。

2.3.4　**复合因子对粮食产量的影响**　利用 SPSS 19.0 软件对研究区相关数据进行通径分析[17-18],并应用 Matlab 软件实现耕地资源变化驱动因子与粮食产量的多项式拟合分析。

3　研究区耕地资源变化及其驱动机制

3.1　耕地资源数量变化特征

1991—2009 年巴彦县耕地增加的主要来源为其它用地转换为耕地,增加面积为 10 335.93 hm^2,占增加耕地面积的 38.8%,其次为林地向耕地的转移,转移面积为 8 396.65 hm^2,占新增耕地面积的 31.5%,建设用地向耕地的转移只占新增耕地的 9.80%。

可见,该时期新增耕地的主要来源为其它用地及林地,其它用地的开垦为耕地增加的主要原因,毁林开荒是林地转换的主要原因,建设用地向耕地的转移尚不明显(表 2)。

表 2　巴彦县 1991－2009 年耕地资源转移矩阵　　hm^2

地 类	耕 地	建设用地	林 地	牧草地	其它用地	水 域	园 地	总 计
耕 地	207 765.48	3 742.12	3 178.81	3 148.01	139.48	3 104.50	28.75	221 107.14
建设用地	2 604.16	14 541.86	307.87	379.60	11.66	1 263.71	1.40	19 110.27
林 地	8 396.65	302.18	32 914.88	413.77	49.06	564.03	6.70	42 647.26
牧草地	3 766.00	15.78	201.45	1 414.65	4.77	1 795.36	0.00	7 198.00
其它用地	10 335.93	419.24	965.31	2 666.98	38.57	2 958.56	1.90	17 386.51
水 域	1 398.09	68.52	138.97	542.68	9.43	3 114.25	0.57	5 272.52
园 地	128.02	5.96	24.93	0.66	0.00	0.70	0.00	160.27
总 计	234 394.33	19 095.66	37 732.22	8 566.35	252.97	12 801.12	39.32	312 881.97

1991—2009 年巴彦县耕地减少去向最大的为耕地向建设用地的转换,减少面积为 3 742.12 hm^2,占耕地面积减少的 28.05%,其次是林地和牧草地。可见,建设用地占用耕地是该时期耕地减少的主要原因。

3.2　耕地资源变化驱动因子识别及其作用机制

运用 Logistic 的 Binary Logistic 回归方法,对巴彦县耕地资源变化的影响因子进行识别,将不变的耕地取值为 0,耕地与其它各土地类型发生转移的部分取值为 1。回归系数 β 值越大,表示其相关度越高;似然比 $\mathrm{Exp}(B)>1$,发生比增加;$\mathrm{Exp}(B)=1$,发生比不变;$\mathrm{Exp}(B)<1$,发生比减少。

耕地资源变化的驱动因子检验结果显示:各土地利用类型的 ROC 曲线都远远高于其对角线,ROC 值都大于 0.5,说明拟合结果皆通过检验。

耕地与林地、建设用地、园地、水域的 ROC 值均大于 0.8,说明模型模拟程度较高。耕地与牧草地、其它用地转换的 ROC 值相对较低,其拟合度相对于其它土地利用类型的转化较低。说明耕地与园地、其它用地的转换具有较强的动态性,这种相对较强的动态性是指在耕地与园地、其它用地在转换的较短时间内,还可以再次转换为其它土地利用类型(详见表 3)。

表 3　基于 Logistic 的巴彦县耕地资源变化驱动因子识别

指标层	耕地—林地		耕地—建设用地		耕地—牧草地		耕地—园地		耕地—水域		耕地—其它用地	
	β	$\mathrm{Exp}(B)$	β	$\mathrm{Exp}(B)$	β	$\mathrm{Exp}(B)$	β	$\mathrm{Exp}(B)$	β	$\mathrm{Exp}(B)$	β	$\mathrm{Exp}(B)$
坡 度	0.646	1.908	−0.365	0.995	0.473	1.605	−3.297	0.037	—	—	0.450	1.568
土壤类型	−0.156	0.855	0.010	1.010	−0.126	0.882	−9.799	0.000	—	—	−0.084	0.920
有机质	−0.323	0.724	—	—	1.937	6.939	—	—	−0.511	0.600	0.708	2.031
pH 值	0.197	1.217	0.306	1.358	1.162	3.196	−14.221	0.000	0.562	1.755	−0.135	0.874
RVI	−0.876	0.416	−1.209	0.299	3.297	27.023	−146.145	0.000	0.977	2.657	−2.990	0.050
NDVI	0.344	1.411	0.866	2.377	−12.124	0.000	94.432	10.365	−0.933	0.393	1.927	6.869
地均 GDP	0.048	1.049	−0.165	0.847	−0.365	0.893	—	—	−0.035	0.966	−0.254	0.776
政策法规	2.298	9.954	2.665	14.364	8.642	2.040	—	—	—	—	2.068	7.907
ROC 值	0.829		0.852		0.789		0.802		0.865		0.756	

巴彦县耕地资源变化受到内在驱动因子和外在驱动因子的共同作用，内在驱动与外在驱动是相辅相成的，共同作用共同影响。根据研究区耕地资源中各土地类型的面积以及 1991—2009 年各土地利用类型转换驱动因子的作用强度，巴彦县耕地资源的驱动因子为坡度(X_1)、土壤类型(X_2)、有机质(X_3)、pH 值(X_4)、RVI(X_5)、NDVI(X_6)、地均 GDP(X_7)、政策法规(X_8)8 个驱动因子。

4 单因子对研究区粮食产量的影响

由于各驱动因子的量化值所在的区间及级别数不一致，有的驱动因子以数值越小级别越高，有的驱动因子则是数值越大级别越高，同时级别个数从 4～6 个不等。

为便于度量，对研究区的驱动因子进行顺序化归并处理[19]（表 4）。

表 4 巴彦县耕地资源驱动因子分级

指标分级	坡度/(°)	土壤类型	有机质/%	pH 值	RVI	NDVI	地均 GDP	政策法规
1	0～2	暗棕壤	＜0.6	＞8.5	0.65～2.39	－0.27～0.06	0.44～1.46	影响小
2	2～6	沼泽土	0.6～1.0	7.5～8.5	2.39～3.18	0.06～0.28	1.46～2.88	影响一般
3	6～15	白浆土	1.0～2.0	6.5～7.5	3.18～3.53	0.28～0.45	2.88～4.25	影响较大
4	15～25	草甸土	2.0～3.0	5.5～6.5	3.53～4.05	0.45～0.53	4.25～5.42	影响大
5		黑 土	3.0～4.0	4.5～5.5	4.05～4.85	0.53～0.65	5.42～6.48	

从图 2 可以看出，巴彦县耕地资源变化的单一驱动因子指标分级变化后，粮食产量提升潜力最大的为土壤有机质含量，其改变值达 387.66 kg/km^2，即土壤有机质含量从小于 0.6%提高到 0.6%～1.0%时，粮食产量提高潜力最大；其次为地均 GDP，当地均 GDP 从 3 级提高到 4 级时，粮食产量提高 342.58 kg/km^2。对粮食产量提高影响最小的驱动因子为政策法规因子，其改变值只有 5.42 kg/km^2，即政策法规由影响一般到影响较大级别时，粮食产量提升潜力最小；其次为坡度，坡度从 6°～15°提高到 2°～6°时，粮食产量仅提高 12.19 kg/km^2。单因子对粮食产量的影响可以看出，单一因子对粮食产量的影响在驱动因子分级发生改变后，粮食产量水平有较大程度的增产空间，从另一方面也说明，当单一驱动因子在其自身某一分级水平时，对粮食量产的提升也是一个较强的制约因素。

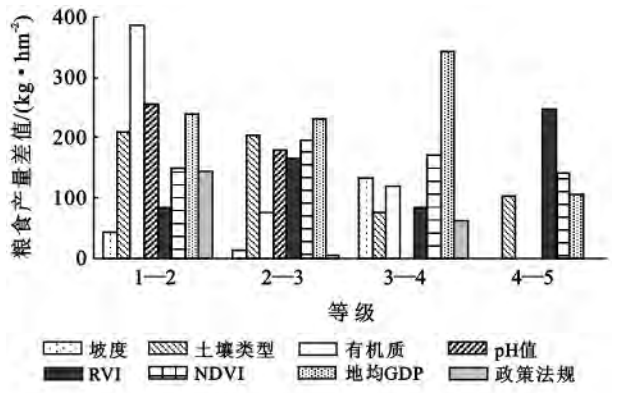


图 2 巴彦县耕地资源驱动因子分级变化对粮食产量的影响

5 复合因子对研究区粮食产量影响

通过对筛选出来的 8 个影响巴彦县耕地资源变化驱动因子进行通径分析（表 5），结果表明，剩余通径系数为 0.208 465，说明 8 个驱动因子对耕地资源变化的共同作用较大，8 个驱动因子对耕地资源变化的直接作用是不均等的，按绝对值大小顺序为：地均 GDP＞坡度＞土壤类型＞NDVI＞RVI＞政策法规＞pH 值＞有机质，其中地均 GDP，土壤类型，NDVI，政策法规，pH 值，有机质为正直接作用，坡度及 RVI 对耕地资源变化起到负直接作用。从总效应来看，8 个驱动因子对耕地资源变化的间接作用也存在较大差异，坡度对耕地资源变化的间接作用最大，随后依次为 NDVI，地均 GDP，土壤类型，RVI，政策法规，有机质，pH 值，其中有机质，NDVI，地均 GDP 总效应为负，其它指标的总效应为正。

通过通径分析的总效应建立回归方程为：

$$Y = 0.917\ 4X_1 + 0.697\ 1X_2 - 0.142\ 0X_3 + 0.118\ 5X_4 + 0.504\ 7X_5 - 0.838\ 2X_6 - 0.744\ 5X_7 + 0.225\ 7X_8$$

式中：Y——耕地资源变化总效应；X——8 个驱动因子间接作用的总效应。

运用 ArcGIS 软件，将回归方程带入属性表中进行计算，得到研究区耕地资源变化的总效应，通过 Matlab 软件，对耕地资源变化总效应与粮食产量进行多项式拟合，拟合方程为：

$$Z = 375Y^3 - 1\ 849Y^2 + 11\ 416Y - 673$$

式中:Z——研究区粮食产量;Y——耕地资源变化总效应。

通过计算得出,巴彦县耕地资源变化总效应在 0.20～1.31 之间,其对应的粮食产量在 1 539～11 951 kg/hm^2,即耕地资源变化总效应每改变 0.1,粮食产量的变化值约为 950 kg/hm^2。

表 5　巴彦县耕地资源变化驱动因子间通径分析

作用因子	直接效应	间接作用								总效应
		→X_1	→X_2	→X_3	→X_4	→X_5	→X_6	→X_7	→X_8	(总复合作用)
坡度(X_1)	−0.682 5	—	0.190 0	0.142 1	0.3109	0.694 3	−0.354 3	−0.232 5	0.166 9	0.917 4
土壤类型(X_2)	0.520 3	0.139 7	—	0.015 1	−0.0634	−0.104 8	0.887 6	−0.217 8	0.040 7	0.697 1
有机质(X_3)	0.245 7	−0.221 2	−0.032 0	—	0.2297	0.023 8	0.111 0	−0.538 9	0.285 2	−0.142 4
pH 值(X_4)	0.354 4	−0.335 6	0.093 2	0.159 3	—	0.759 2	−0.368 4	−0.520 0	0.330 8	0.118 5
RVI(X_5)	−0.478 5	0.179 6	−0.388 8	−0.00 4	−0.182 0	—	0.908 2	0.159 5	−0.167 8	0.504 7
NDVI(X_6)	0.517 1	0.118 1	−0.402 6	0.023 8	−0.113 8	−0.428 4	—	0.057 8	−0.093 1	−0.838 2
地均 GDP(X_7)	0.845 9	0.105 2	0.134 0	−0.156 5	−0.217 9	−0.278 8	0.078 3	—	−0.408 8	−0.744 5
政策法规(X_8)	0.453 0	0.141 0	0.046 7	−0.154 7	−0.258 8	−0.547 6	0.235 7	0.763 4	—	0.225 7

注:剩余通径系数=0.208 465。

6　结 论

(1) 1991—2009 年巴彦县耕地增加的主要来源为其它用地转换为耕地,其它用地的开垦为耕地增加的主要原因,建设用地向耕地的转移尚不明显。1991—2009 年巴彦县耕地减少去向最大的为耕地向建设用地的转换,建设用地占用耕地是该时期耕地减少的主要原因。坡度,土壤类型,有机质,pH 值,RVI,NDVI,地均 GDP,政策法规 8 个驱动因子是巴彦县耕地资源变化的主要影响因子。

(2) 巴彦县耕地资源变化受到内在驱动因子和外在驱动因子的共同作用,各驱动因子对耕地资源变化的驱动机制各不相同,共同影响研究区耕地资源的变化。

(3) 单一驱动因子指标分级变化后,粮食产量提升潜力最大的为土壤有机质含量;对粮食产量提高影响最小的驱动因子为政策法规因子,单一因子对粮食产量的影响在驱动因子分级发生改变后,粮食产量水平有较大程度的增产空间,相反,当单一因子分级发生改变时,其对粮食产量的提升也是一个较强的制约因素。

(4) 复合因子对粮食产量的影响为耕地资源变化总效应每改变 0.1,粮食产量的变化值约为 950 kg/hm^2。

(5) 本研究运用巴彦县 1991—2009 年的数据来反映该区耕地资源变化的驱动力,总体上能够体现耕地资源变化的情况,但耕地资源变化是一个长期的过程,提高对耕地资源驱动机制的研究深度需加长时间序列;本研究只是对该区粮食单产数据进行了分析,应加强对其粮食生产理论产能的探讨,以便为指导东北粮食主产区耕地资源利用及粮食安全提供科学的技术支持。

[参 考 文 献]

[1] 李玉平,蔡运龙. 浙江省耕地变化与粮食安全的分析及预测[J]. 长江流域资源与环境,2007,16(4):466-470.

[2] Jeanne X K, Roger E K, Turner B L. Regions at Risk-Comparisons of Threatened Environment [M]. New York: United Nations University Press, 1995.

[3] Peter H, Tom V, Johan B. Land use change under conditions of high population pressure: The case of Java[J]. Global Environmental Change, 1999,9(4):303-312.

[4] Quan Bin, Chen Jianfeiku, Qiu Honglei, et al. Spatial-temporal pattern and driving forces of land use changes in Xiamen[J]. Pedosphere, 2006, 16(4):477-488.

[5] 许淑青,张仁陟,董博,等. 耕作方式对耕层土壤结构性能及有机碳含量的影响[J]. 中国生态农业学报,2009,17(2):203-208.

[6] 赵阳,余新晓,贾剑波,等. 红门川流域土地利用景观动态演变及驱动力分析[J]. 农业工程学报,2013,29(9):239-248.

[7] 胡贤辉,杨钢桥. 江汉平原耕地数量变化驱动机制分析:以仙桃市为例[J]. 中国人口·资源与环境,2005,20(5):119-121.

[8] 鲁明星,徐辉,贺立源,等. 湖北省钟祥市耕地土壤养分时空变化分析[J]. 华中农业大学学报,2009,28(4):431-437.

[9] 郑海霞,童菊儿,徐扬. 发达地区耕地资源的时空变化及其驱动力实证研究[J]. 农业工程学报,2007,23(4):75-78.

[10] 刘瑞娟,张万昌,裴洪芹. 淮河流域土壤侵蚀与影响因子关系分析[J]. 中国水土保持,2010,338(5):29-32.

(下转第 229 页)

过秸秆还田和继续施加有机肥来保证土壤肥力,具体的改良效果仍需长期的对比和验证。

[参 考 文 献]

[1] 肖光强,李新举,胡振琪,等. 土地整理成功度评价方法[J]. 农业工程学报,2010,26(3):304-308.

[2] 王瑗玲,胡继连,刘文鹏. 基于土地整理的耕地经济价值评定及其变化[J]. 农业工程学报,2010,26(9):296-300.

[3] 宋伟,陈百明,姜光辉. 中国农村居民点整理潜力研究综述[J]. 经济地理,2010,30(11):1871-1877.

[4] 曲衍波,张凤荣,宋伟,等. 农村居民点整理潜力综合修正与测算:以北京市平谷区为例[J]. 地理学报,2012,67(4):490-502.

[5] 王瑗玲,赵庚星,王庆芳,等. 丘陵区土地整理对土壤理化性状的影响[J]. 农业工程学报,2011,27(9):311-315.

[6] 马超群,刘铁铭,杨梅焕. 高陵县土地整理中新增耕地土壤养分现状研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2010,38(5):175-180.

[7] 田素峰. 黄河三角洲滨海盐渍土区土地整理研究与实践:以山东省垦利县为例[D]. 山东 泰安:山东农业大学,2006.

[8] 孟会生,王静,郭建奎,等. 黄土区土地整理压实土壤物理性状的初步研究[J]. 中国农学通报,2009,25(24):549-552.

[9] 张雯雯,李新举,陈丽丽,等. 泰安丘陵地区土地整理项目区土壤质量时空变异研究[J]. 安全与环境学报,2007,7(6):61-64.

[10] 张雯雯,李新举,陈丽丽,等. 泰安市平原土地整理项目区土壤质量评价[J]. 农业工程学报,2008,24(7):106-109.

[11] 徐畅,高明,谢德体,等. 土地整理年限对紫色丘陵区土壤质量的影响[J]. 农业工程学报,2009,25(8):242-248.

[12] 中国土壤学会. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:科学出版社,1998:25-26.

[13] 张万钧等. 盐渍土绿化[M]. 北京:中国环境科学出版社,1999:17-47.

[14] 高伟,邵玉翠,杨军,等. 盐碱地土壤改良剂筛选研究[J]. 中国农学通报,2011,27(21):154-160.

[15] 张凌云,赵庚星,徐嗣英,等. 滨海盐渍土适宜土壤盐碱改良剂的筛选研究[J]. 水土保持学报,2005,19(3):21-23.

[16] 王睿彤,陆兆华,孙景宽,等. 土壤改良剂对黄河三角洲滨海盐碱土的改良效应[J]. 水土保持学报,2012,26(4):239-244.

[17] 翟鹏辉,李素艳,孙向阳,等. 隔盐层对滨海地区盐分动态及国槐生长的影响[J]. 中国水土保持科学,2012,10(4):80-83.

[18] 曲长凤,杨劲松,姚荣江,等. 不同改良剂对苏北滩涂盐碱土壤改良效果研究[J]. 灌溉排水学报,2012,31(3):21-25.

[19] 史文娟,沈冰,汪志荣,等. 蒸发条件下浅层地下水埋深夹砂层土壤水盐运移特性研究[J]. 农业工程学报,2005,21(9):23-26.

(上接第 223 页)

[11] 贺佳惠,王永军,李团胜. 榆林地区土地利用/覆被变化驱动机制研究[J]. 中国人口·资源与环境,2010,20(5):119-121.

[12] 张红富,周生路,吴绍华,等. 省域尺度耕地产能空间分异规律及其影响因子[J]. 农业工程学报,2010,26(8):308-314.

[13] 徐珊,宋戈. 东北粮食主产区耕地资源时空变化及其对粮食生产能力的影响[J]. 农业工程学报,2012,28(21):1-9.

[14] 王济川,郭志刚. Logistic 回归模型方法与应用[M]. 北京,高等教育出版社,2001.

[15] 晏国菀. 经济增长、房地产业发展及宏观调控理论模型与计量分析[D]. 重庆:重庆大学,2010.

[16] 杨建波,王朝辉,邱士可,等. 耕地分等因素对粮食产量的影响[J]. 农业工程学报,2010,26(4):306-311.

[17] 杜家菊,陈志伟. 使用 SPSS 线性回归实现通径分析的方法[J]. 生物学通报,2010,45(2):4-6.

[18] 宋戈,王越,雷国平. 松嫩高平原黑土区耕地利用系统安全影响因子作用机理研究:以黑龙江省巴彦县为例[J]. 自然资源学报,2014,29(1): 13-26.

[19] 苏海民,陈健飞. 土地适宜性的综合评判物元模型[J]. 曲阜师范大学学报:自然科学版,2005,31(1):115-119.