

黑龙江省粮食生产与耕地利用耦合分析

倪超^{1,2}, 雷国平¹

(1. 东北农业大学 资源与环境学院, 哈尔滨 150030; 2. 哈尔滨学院 地理系, 哈尔滨 150080)

摘要:为较好地分析黑龙江省粮食—耕地耦合系统的动态变化特征及未来发展趋势,在构建黑龙江省粮食生产与耕地利用指标体系的基础上,采用主成分分析法和耦合模型对研究区 1980—2010 年粮食生产与耕地利用两系统的发展过程及耦合态势进行分析。结果表明:(1) 研究期间黑龙江省两系统走势相近且呈上升趋势;(2) 耕地利用系统演化速度在 1980—1990 年大于粮食生产系统演化速度,而 1990—2010 年则恰好相反;(3) 两系统的耦合态势表现为先由协调演化为不协调,再向协调方向发展。今后在深入挖掘耕地资源潜力和有效提高粮食生产能力的同时,应积极有效地促进耕地与粮食两系统的协调发展。

关键词:耕地利用; 粮食生产; 耦合; 黑龙江省

中图分类号: F323. 211; F326. 11

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)01-0246-04

Coupling Relationship between Grain Production and Cultivated Land Use in Heilongjiang Province

NI Chao^{1,2}, LEI Guo-ping¹

(1. College of Resources and Environmental Sciences, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; 2. Department of Geography, Harbin University, Harbin 150080, China)

Abstract: In order to analyze dynamic variation characteristics and future development tendency of grain and cultivated land coupling system in Heilongjiang Province, based on constructing evaluation indicator systems of grain production and cultivated land use in Heilongjiang Province, the development process and coupling situation of two systems from 1980 to 2010 were analyzed by using principal component analysis and coupling model. The results showed that: (1) the trend of two systems was similar and increasing; (2) the evolution speed of cultivated land use was greater than grain production from 1980 to 1990, but the period of 1990 to 2010 was opposite; (3) the coupling situation of two systems experienced coordination to incoordination, then to coordination. Cultivated land potential should be utilized deeply and grain production capacity should be enhanced effectively, at the same time, the coordinated development of them should be promoted actively.

Key words: cultivated land use; grain production; coupling; Heilongjiang Province

“民以食为天,食以土为先”,粮食是人类赖以生存和发展的基本保障,耕地是粮食生产的前提。粮食生产与耕地资源之间存在着密不可分的联系,粮食生产离不开耕地资源作为物质支撑,耕地资源是粮食生产必不可少的基本载体。耕地利用通过一定的方式影响粮食总产量^[1]。因而,耕地资源的合理利用是粮食增产的有力保障,耕地保育技术的运用可以改善土壤质量、提高耕地的生产潜力,从而为粮食增产提供有利条件。反之,倘若对耕地资源进行不合理的利用,会对生态环境造成一系列不同程度的破坏,严重

时将导致土壤肥力下降和土壤质量退化,从而抑制粮食产量的增加,甚至在一定程度上导致粮食减产。黑龙江省是我国重要的商品粮生产基地,也是我国的耕地资源大省,优越的农业生产条件为保障国家粮食安全做出了突出贡献。但极端气候频发对粮食生产造成不利影响的同时,人口的迅速膨胀也给耕地带来了极大的压力。尽管前人对耕地利用与粮食生产已进行过一些相关研究^[2-4],但对二者的耦合模型研究还不多见。为实现黑龙江省由农业大省向农业强省跨越,对全省耕地利用系统与粮食生产系统状况进行深

入研究,本文在构建黑龙江省耕地利用与粮食生产评价指标体系的基础上,借鉴耦合度模型定量分析研究区粮食生产与耕地利用的耦合关系及发展变化趋势,以期为今后黑龙江省粮食生产和耕地利用的协调发展提供相应的数据支持和科学依据。

1 数据来源及研究方法

1.1 数据来源

基础数据主要来源于 1981—2011 年《中国统计年鉴》、1987—2011 年《中国农业统计年鉴》、1987—2011 年《黑龙江统计年鉴》、黑龙江省部分地市统计年鉴、1995—2010 年《黑龙江省国民经济和社会发展统计公报》及有关部门的研究报告等。

1.2 研究方法

“耦合”这一概念来源于物理学,指两个或两上以上系统或运动方式通过各种相互作用而彼此影响以至协同的现象,是在各子系统之间的良性作用下,表现出的相互影响、相互制约、相互促进、相互协调的动态关联关系^[5-6]。从协同学的角度看,耦合作用和协调程度决定了系统由无序走向有序的趋势^[7]及变化特征和规律^[8]。耦合度能描述系统或要素彼此间相互作用的影响程度,反映系统协同作用的量度^[9]。当前,系统耦合模型在生态经济^[10]、水文环境^[11]、城市发展^[12]等领域已得到了广泛应用,研究成果也比较丰富。

李雅普若夫第一近似定理指出,非线性系统的运动稳定性取决于一次近似系统特征根的性质^[13],借助一般系统论中心系统演化的思想^[14],系统耦合动

态模型构建步骤如下^[15]:

(1) 将非线性函数 $\frac{dx(t)}{dt}=f(x_1,x_2,\cdots,x_n)$ 略去高次项得到近似线性系统 $\frac{dx(t)}{dt}=\sum_{i=1}^na_ix_i$ ($i=1,2,\cdots,n$)。

(2) 建立预耦合系统的一般函数:

$$f(R)=\sum_{i=1}^na_ix_i \quad (i=1,2,\cdots,n)$$
$$f(S)=\sum_{j=1}^nb_jy_j \quad (j=1,2,\cdots,n)$$

式中: x,y ——两系统的元素(均为时间的变量函数); a,b ——各元素的权重。

(3) 根据一般系统论建立预耦合系统的动态演化方程:

$$A=\frac{df(R)}{dt}=\alpha_1f(R)+\alpha_2f(S)$$
$$B=\frac{df(S)}{dt}=\beta_1f(R)+\beta_2f(S)$$

(4) 建立预耦合系统因受自身及外界影响下的系统演化速度评价模型:

$$V_A=\frac{dA}{dt}, \quad V_B=\frac{dB}{dt} \tag{1}$$

(5) 在二维平面建立以 V_A 与 V_B 为变量的坐标系,因区域系统演化呈现 S 型发展,故演化速度 V 的变化轨迹为一个椭圆,则系统耦合状态评价模型为:

$$\theta=\arctg \frac{V_B}{V_A} \tag{2}$$

式中: θ ——区域系统耦合度。

(6) 根据 θ 值确定区域系统演化状态及耦合状态,具体见表 1。

表 1 系统状态划分及特征描述^[15]

发展阶段	θ	V_AV_B	状态描述
原始发展阶段	$\theta=90^\circ$	$V_A=0 \ V_B \rightarrow \infty$	耕地资源全部用于粮食生产,但只有劳动力投入而无科技投入
协调发展阶段	$0^\circ<\theta<45^\circ$	$0<V_B<V_A$	耕地利用方式发生转变,物质科技投入增加。粮食生产供大于求。系统向良性状态发展
分水岭	$\theta=45^\circ$	$V_B=V_A>0$	粮食生产正好满足需求,系统处于由良性状态向不可持续演变的临界点
不协调发展阶段	$45^\circ<\theta<90^\circ$	$0<V_A<V_B$	耕地利用方式发生极大转变,粮食生产能力达到最大,但支撑能力越显不足,系统向不持续状况演变
系统崩溃阶段	$\theta=0^\circ$	$V_A \rightarrow \infty \ V_B=0$	耕地全部被其他土地利用方式所占用,完全忽视粮食生产,系统处于崩溃状态

2 黑龙江省耕地利用与粮食生产耦合分析

2.1 指标选取

影响耕地利用和粮食生产的驱动因子众多,在借鉴已有研究成果的基础上^[16-18],结合研究区实际,构建评价指标体系(表 2)。

2.2 结果分析

根据主成分分析法的基本原理及计算步骤^[19],采用多元统计分析软件 SPSS 15.0,对黑龙江省耕地利用及粮食生产指标体系进行综合评价,并采用协调度指数对系统内各因素的发展速率和协调情况进行分析,结果见图 1。

表 2 黑龙江省耕地利用和粮食生产指标体系

目标	分类指标	单项指标
耕地利用	人口因素	总人口、非农业人口比重、第三产业从业人员、人口自然增长率
	环境因素	受灾面积、除涝治理率、水土流失治理率、耕地治碱率、退耕还林面积、耕地质量
	资源因素	垦殖指数、有效灌溉面积、单位耕地用水量、单位耕地用电量、单位耕地动力投入、单位耕地化肥使用量
	社会因素	农业政策、城市化水平、粮食总产、粮食播种比、城乡差距比、耕地占用税、科技投入
	经济因素	人均国内生产总值、人均可支配收入、单位耕地农业总产值、非农产业比重、城市路网密度、耕地利用比较效益
粮食生产	农业投入	化肥施入量、农业动力投入、农业用水量、农业用电量、单位劳力投入、单位资金投入、科技投入
	生产条件	粮食播种面积、耕地面积、年日照时数、年平均气温、年降水量、受灾面积、有效灌溉面积、水土流失治理率、复种指数、除涝治理率
	政策保障	农业政策、农业税、农业险赔付、粮食收购价格指数
	产出效益	稳产指数、粮食单产、人均纯收入、人均粮食产值、人均国内生产总值

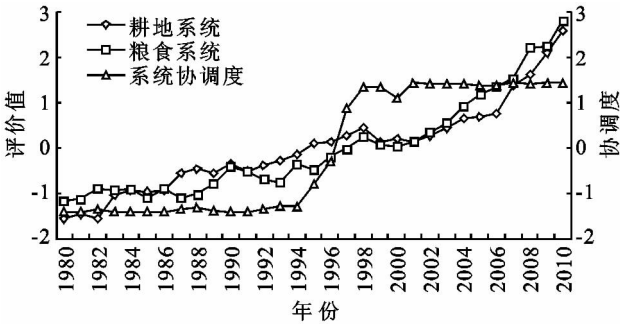


图 1 1980—2010 年黑龙江省耕地利用与粮食生产综合评价值及协调度

耕地利用与粮食生产之间存在着相互影响、相互制约的关系。一方面,耕地是粮食生产最基本的物质条件之一,耕地的数量变化会在一定程度上对粮食生产造成影响。另一方面,粮食生产要以一定面积的耕地为载体,粮食生产的波动在很大程度上取决于耕地的变化。从两系统的综合评价值(图 1)可以看出,1980—2010 年黑龙江省耕地利用与粮食生产综合评价值除个别年份略有回落外,总体上呈上升趋势,且两条曲线走势相近。根据协调度曲线走势来看,两系统的协调度总体上呈上升趋势,由最初的不协调逐渐向协调方向发展,因此可将耕地与粮食两个系统通过各自指标产生的相互作用和影响程度定义为耕地—粮食耦合度。基于上述思想,从系统论的角度构建黑龙江省耕地利用与粮食生产的动态耦合模型,通过实证分析寻求两者的耦合关系。根据耦合模型原理,并结合图 1 对耕地利用和粮食生产综合评价值进行非线性模拟,得出二者的耦合度(图 2)。

2.2.1 耕地利用与粮食生产的演化速度 黑龙江省耕地系统曲线总体走势呈明显的 U 型,拐点出现在 1994 年,演化速度先快速下降后快速上升;而黑龙江省粮食系统曲线走势与耕地系统曲线有一定的相近性,转折点为 1987 年,但演化速度先缓慢下降后快速上升。两系统曲线在 1991 年数值点处重合,此处是

明显的分界点,表明此时全省耕地利用与粮食生产正好满足人们的需求,但系统开始由良性向不持续方向发展(图 2)。1980—1990 年耕地利用演化速度大于粮食生产演化速度,二者的耦合度为 $0^{\circ}\sim 45^{\circ}$,表明两系统处于协调发展阶段,由于社会经济的平衡发展、物质和科技投入的增加,人们对粮食的需求不断增加,耕地利用方式随之发生改变,但此时粮食生产供给大于需求,余粮较多。1991—2010 年耕地利用演化速度小于粮食生产演化速度,两者的耦合度为 $45^{\circ}\sim 90^{\circ}$,表明两系统处于不协调发展阶段,由于人口的迅速增长,建设用地需求远大于耕地利用供给,尽管科技和物质投入使粮食生产能力提高且已达到最大,但供给远小于需求。

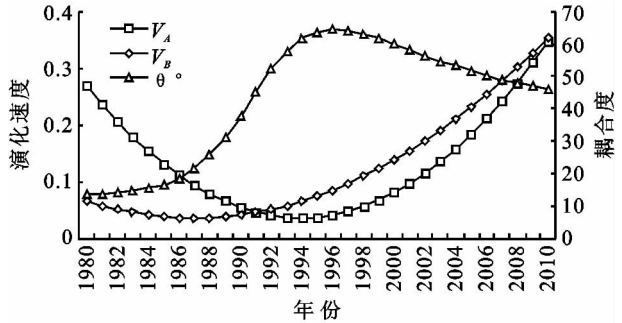


图 2 1980—2010 年黑龙江省耕地—粮食耦合态势

2.2.2 耕地利用与粮食生产的耦合态势 从耦合态势上看,两系统经历着“协调—不协调—协调”的发展过程。第一个协调发展阶段主要是指 1980—1990 年,这 11 a 间黑龙江省耕地面积以年均 0.11% 的速度增加,而人口却以 0.96% 的速度膨胀,人口的不断增加导致对粮食的需求增长。但粮食总产量增长速度也较快,由 1980 年的 1 462.4 万 t 增加到 1990 年的 2 312.5 万 t,11 a 间共增加 850.1 万 t,年均涨幅达 5.28% ,因此有足够的余粮满足人们的需求。其中这一阶段又可细分为两个小时段:(1) 1980—1986 年耦合度缓慢增加。耕地和人口均呈增长态势,二者的年

均增长率分别为 0.23% 和 0.81%，此阶段耕地的增长幅度大约为 1980—1990 年耕地涨幅的 2 倍，而人口的涨幅却比 1980—1990 年人口涨幅低 0.16 个百分点，粮食总产也比 1980—1990 年低 2.22 个百分点，因此耦合度曲线总体趋势稍缓；(2) 1987—1990 年耦合度迅速增加。尽管此阶段粮食总产以年均 8.27% 的速度在不断增长，但同期耕地面积呈不断减少的趋势，年均降幅为 0.08%，人口却以 0.87% 的速度在不断增长，因此人们对粮食的需求较第一小时段有所增加。

1991—2010 年耦合度处于不协调发展阶段，但有逐渐向协调方向发展的趋势。此阶段由于物质和科技投入达到最大，粮食生产能力也达到最大，粮食产量年均涨幅为 6.58%，但人口由 1991 年的 3 575.0 万人增加到 2010 年的 3 833.4 万人，共增加 258.4 万人，因此粮食对人口和社会经济发展的支撑能力越显不足，人地矛盾严重激化。其中此阶段又可细分为两个小时段：(1) 1991—1996 年耦合度逐渐走向不协调，直至达到峰值，此阶段人均耕地面积年均减少 0.09%，人口却以每年 0.71% 的速度增长，粮食需求逐渐不能满足人们的需求。(2) 1997—2010 年耦合度不协调性逐渐降低，14 a 间的人口涨幅仅为 0.16%，而粮食年均涨幅却高达 4.4%，粮食供给逐渐满足人们的需求，系统有向良性方向发展的趋势。这主要得益于国家出台的农业优惠政策和制度，黑龙江省积极落实最严格的耕地保护措施，加强用地审批管理，贯彻国家的一系列支农惠农政策，加大农业基础设施投入，使农民种粮积极性大大提高，从而促进了粮食增产，因此使耕地—粮食耦合度逐渐趋于协调。

3 结论与讨论

(1) 根据耕地利用和粮食生产的综合评价结果可以看出：1980—2010 年间，粮食生产与耕地利用两系统走势比较相近，总体上均呈现稳步增长的趋势。根据协调度指数的走势可知，两系统的协调程度不断增强，由最初的不协调逐渐向协调方向发展。

(2) 从耕地利用和粮食生产的耦合结果来看：在演化速度上，两系统总体走势呈现先快速下降后快速上升的特点，1980—1990 年间耕地利用演化速度大于粮食生产演化速度，1991—2010 年间耕地利用演化速度小于粮食生产演化速度；在耦合态势上，两系统表现为由协调向不协调，再向协调方向发展的特点。尽管研究结果表明系统趋于协调，但随着城市化进程的不断加快，非农业用地需求的增加，人为环境

等因素的制约，耕地面临的压力不容忽视。因此，应充分挖掘耕地利用潜力，实现耕地集约、高效、可持续利用，从而提高全省粮食产量以保障国家的粮食安全。

(3) 已往对耕地利用与粮食生产耦合研究较少^[15,20]，以黑龙江省为研究对象的类似成果目前鲜见报道。通过对黑龙江省粮食生产与耕地利用进行耦合研究，对深入挖掘耕地资源潜力、有效提高粮食生产能力、促进耕地利用与粮食生产协调发展具有一定的现实意义。但影响粮食生产与耕地利用的因素众多，鉴于相关数据资料难以获取，在构建评价指标体系时存在一定的主观性，今后还需要对评价指标进行更深入地筛选以逐步改进此体系。

参考文献：

- [1] Lambin E F, Rounsevell M D A, Geist H J. Are agricultural land-use models able to predict changes in land-use intensity[J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2000, 82(1/3): 321-331.
- [2] 孔伟, 欧名豪. 江苏省耕地资源态势与粮食安全对策研究[J]. *水土保持研究*, 2006, 13(6): 69-71.
- [3] 成爱芳, 赵景波. 渭南市耕地变化对粮食安全的影响评价[J]. *水土保持研究*, 2009, 16(6): 189-193.
- [4] 张金鑫, 穆兴民, 王飞, 等. 榆林市耕地资源与粮食安全研究[J]. *水土保持研究*, 2009, 16(2): 160-164.
- [5] Fischer T B, Wood C, Jones C. Policy, plan and programme environmental assessment in England, the Netherlands and Germany: practice and prospects[J]. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2002, 29(2): 159-172.
- [6] 刘耀彬, 李仁东, 宋学锋. 中国区域城市化与生态环境耦合的关联分析[J]. *地理学报*, 2005, 60(2): 237-247.
- [7] 方创琳, 杨玉梅. 城市化与生态环境交互耦合系统的基本定律[J]. *干旱区地理*, 2006, 29(1): 1-8.
- [8] 帕夏古·阿不来提, 孜比布拉·司马义, 周玄德. 吐鲁番地区城镇化与经济耦合关系研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2012, 26(2): 13-19.
- [9] 吴大进, 曹力, 陈立华. 协同学原理和应用[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1990: 9-17.
- [10] 黄金川, 方创琳. 城市化与生态环境交互耦合机制与规律性分析[J]. *地理研究*, 2003, 22(2): 211-220.
- [11] Jiang Y F, Liang J Y. Integrated model of sustainable water resources planning: formulation and application[J]. *Geographical Research*, 2000, 19(1): 37-44.
- [12] 王春枝. 产业结构与城市化的耦合互动关系研究[J]. *中国管理信息化*, 2011, 14(23): 36-38.
- [13] 李海鹏, 叶慧. 我国城市化与粮食安全的动态耦合分析[J]. *开发研究*, 2008(5): 38-42.

由上述分析可知,人口数量的快速增加是长春市城市生态系统的最大制约条件。人口数量的变化直接影响了经济子系统和社会子系统的健康状况。这就需要城市管理者正确看待长春市城市化快速发展的现实,在城市政策的规划和制定方面体现出一定的前瞻性。同时,各子系统的发展在同步性和协调性方面也存在一些问题。自然子系统的健康状况较为稳定,而经济和社会子系统则呈现出逐渐好转趋势。这是由于一直以来东北地区的地广人稀,较低的人口密度给自然环境带来的压力相对较小。但是应当注意的是,随着城市化的发展,自然子系统所受到的压力必然会逐步增大,切不可降低对自然子系统的投入力度。

3 结论及建议

长春市生态系统 2000—2008 年从病态逐渐转变为亚健康状态,其趋势虽有好转,但各子系统协调发展还有待配合。自然子系统稳定于很健康的状态,经济子系统和社会子系统状况增长迅速但仍然有待发展和提高。因此,长春市生态系统健康状况的恢复须走经济集约化、资源节约型发展模式,切实转变经济增长方式,把发展动力转到依靠工业结构调整、科技进步和政府管理水平上来,加强资源、环境、经济、社会四大要素的平衡协调发展,进一步推进长春市的城市生态环境建设和保护。

参考文献:

[1] 郭秀锐,杨居荣,毛显强.城市可持续发展的生态学分

(上接第 249 页)

[14] 张富刚,刘彦随,王介勇.沿海快速发展地区区域系统耦合状态分析[J].资源科学,2007,29(1):16-20.
[15] 李智国,杨子生,王伟.西南边疆山区耕地资源利用与粮食生产耦合态势:以云南省为例[J].山地学报,2008,26(4):410-417.
[16] 李宏,王红梅.黑龙江省耕地数量变化及驱动因子分析[J].农机化研究,2007(12):12-15.

(上接第 253 页)

[7] 钟贤烈.农村沼气[M].北京:农业出版社,1983.
[8] 腾传钧,汪国英.沼气节能综合利用技术[M].贵阳:贵州科技出版社,2003.
[9] 徐曾符.沼气工艺学[M].北京:农业出版社,1981.
[10] 张全国.沼气技术及其应用[M].北京:化学工业出版社,2005:71-73.
[11] 马洪儒.家用沼气池稳定产气的技术要点[J].可再生

析:以广州市为例[J].城市环境与城市生态,2002,15(5):26-28.
[2] 刘明华,董贵华.城市生态系统健康评价指标体系的构建:以秦皇岛市生态系统为例[J].中国疗养医学,2005,14(3):161-164.
[3] 周申立,杨位飞,薛宗保.邛海水生生态系统健康评价[J].中国环境监测,2006,22(5):78-81.
[4] Rapport D J, Whitford W G. How ecosystems respond to stress: common properties of arid and aquatic system[J]. BioScience,1989,49:193-203.
[5] 李春晖,郑小康,崔崑,等.衡水湖流域生态系统健康评价[J].地理研究,2008,27(3):565-571.
[6] Hancock. Urban ecosystem and human health: a paper pre-pared for the Seminar on CIID-IDRC and urban development in Latin America, Montebideo, Uruguay, April 6-7. 2000[C/OL]. [2007-11-05]. <http://www.idrc.ca/locro/docs/conferencias/hancock.html>.
[7] 郭秀锐,杨居荣,毛显强.城市生态系统健康评价初探[J].中国环境科学,2002,22(6):525-529.
[8] 周文华,王如松.基于熵权的北京城市生态系统健康模糊综合评价[J].2005,25(12):3244-3251.
[9] 苏美蓉,杨志峰,王红瑞,等.一种城市生态系统健康评价方法及其应用[J].环境科学学报,2006,26(12):2072-2079.
[10] 徐志嫻,刘维,张建丰,等.基于流域不同特征的湟湍河生态系统健康评价[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2011,39(8):215-223.
[11] 李双江,罗晓,胡亚妮.快速城市化进程中石家庄城市生态系统健康评价[J].水土保持研究,2012,19(3):245-249.

[17] 李茂.河南省耕地和粮食灰色关联分析[J].地理科学进展,2002,21(2):163-172.
[18] 周慧秋,李效忠.影响黑龙江省粮食综合生产能力的因素分析[J].黑龙江粮食,2005(6):16-17.
[19] 倪超,雷国平.资源枯竭型城市土地综合承载力评价研究[J].水土保持研究,2011,18(2):164-168.
[20] 马彩虹,赵先贵.陕西省人口—耕地—粮食系统耦合态势研究[J].干旱地区农业研究,2005,23(5):217-221.

能源,2003,108(2):29-30.
[12] 林聪.沼气技术理论与工程[M].北京:化学工业出版社,2007.
[13] 宋洪川.农村沼气实用技术[M].北京:化学工业出版社,2007.
[14] 黄广思.地温遥感预报地震的原理和方法[J].地壳形变与地震,1993,13(1):23-29.