

# 黑龙江省耕地生态安全压力与农业经济发展的脱钩分析

崔宁波, 巴雪真

(东北农业大学 经济管理学院, 哈尔滨 150030)

**摘要:**为充分认识黑龙江省耕地生态安全压力与农业经济发展的关系,首先采用改进生态足迹模型,测算黑龙江省耕地生态安全水平,并对其 2009—2018 年的时空动态变化特征进行刻画和一般规律进行总结,在此基础上又采用脱钩模型,评估耕地生态安全压力与农业经济发展脱钩关系。结果表明:(1) 时间上,黑龙江省耕地生态安全程度从生态盈余向生态平衡有余过渡,最终转变为临界超载状态,耕地生态已显乏力;(2) 空间上,黑龙江省耕地生态安全分布具有明显不平衡性,从南向北呈现生态赤字到生态平衡的空间分布态势;(3) 耕地生态安全压力与农业经济发展的脱钩状态受农业生产方式的影响,整体上由弱脱钩逐渐转为强脱钩,协调性逐步增强,个别地区具有不稳定性。研究成果为区域耕地生态保护及实现农业经济可持续发展提供数据支持和理论支撑。

**关键词:**耕地生态安全; 农业经济; 生态足迹; 脱钩理论

中图分类号:F327

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2021)05-0308-08

## Decoupling Analysis of Pressure of Cultivated Land Ecological Security and Agricultural Economic Development in Heilongjiang Province

CUI Ningbo, BA Xuezheng

(College of Economics and Management, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**Abstract:** In order to fully understand the relationship between ecological security pressure of cultivated lands and the development of its agricultural economy in Heilongjiang Province, we adopted the improved ecological footprint model to measure the ecological security levels of cultivated lands in Heilongjiang Province, to describe its spatiotemporal dynamic change characteristics from 2009 to 2018 and to summarize general rules. On the basis of that, decoupling model was also used to evaluate the decoupling relationship between ecological security pressure of cultivated lands and the development of its agricultural economy. The results show that: (1) from the perspective of time, ecological security degree of cultivated lands in Heilongjiang Province transitioned from ecological surplus to ecological balance and finally transformed to the critical overloaded status, so cultivated lands did not have sound ecological status; (2) from the perspective of space, the distribution of cultivated lands' ecological security in Heilongjiang Province was obviously unbalanced, which showed the spatial distribution of ecological deficit to ecological balance from the south to the north; (3) the decoupling state between ecological security pressure of cultivated lands and the development of agricultural economy was greatly influenced by agricultural production modes; in general, it gradually shifted from weak decoupling to strong decoupling and their coordination gradually increased; however, some areas also had unstable development. These research results can provide data and theory support for ecological protection of regional farmlands and the realization of the sustainable development of agricultural economy.

**Keywords:** ecological security of cultivated land; agricultural economy; ecological footprint; decoupling theory

2004—2015 年我国粮食产量实现了“十二连增”,使中国农业经济获得了前所未有的快速发展。与此同时,作为粮食生产重要载体与依托——耕地的数量、质量变

动与生态效应情况却不容乐观<sup>[1]</sup>。一方面,在新“四化”背景下,耕地非农化速度加快,导致了耕地数量锐减、质量退化等一系列问题<sup>[2]</sup>;另一方面,长期“高投入、高复

种、高产出”的集约农作生产模式造成耕地生态的污染和破坏。耕地在保障国家粮食安全、农业经济发展过后,陷入了“不可持续利用”的困境。

为应对耕地退化问题,2003年中共中央十六届三中全会提出“最严格的耕地保护制度”。国土资源部于2009年展开了“双保行动”(保经济增长、保耕地红线工程),实现保障发展和保护资源的有机结合,2012年又紧接着提出构建数量监管、质量管理和生态管护“三位一体”的耕地保护格局<sup>[3]</sup>。2016年农业部等发布了《探索实行耕地轮作休耕制度试点方案》。2019年修订的《土地管理法》将耕地轮作休耕、高标准农田、国土空间规划等内容以法律形式确定下来。中央政府一直强调保护耕地安全、保障粮食安全和农业经济发展的重要性。耕地生态安全是农业经济发展的重要基础,农业经济发展则是耕地生态安全的根本保障。耕地生态破坏对农业经济发展的负面影响不可忽略,但现实中,究竟耕地生态水平是什么状态?其与农业经济发展是怎样的关系?基于此,在大力推进农业绿色发展的当下,聚焦于耕地生态安全水平及其与农业经济发展关系的问题,具有重要的意义。

保护耕地安全和发展农业经济是政府部门和市场主体所追求的目标,也是学者重点关注的问题,并对此进行了广泛研究。国内外学者围绕不同空间尺度下耕地生态安全测评<sup>[4]</sup>、时空演变格局<sup>[5]</sup>、预警分析等<sup>[6]</sup>展开了丰富的研究,并对造成耕地生态安全的影响因素或驱动机制进行了系统阐述,认为自然灾害、气候变化、城镇建设、农业污染、机械水平等是影响耕地生态安全的重要因素<sup>[4-6]</sup>。此外还对耕地安全水平与城市化水平<sup>[7]</sup>、耕地压力与经济发展<sup>[8]</sup>、耕地利用效率与经济发展<sup>[9]</sup>、耕地生产力与粮食安全等<sup>[10]</sup>关系进行了研究,多数学者认同必须在耕地生态可承载范围内合理确定耕地利用方式和最优配置,以牺牲耕地生态安全来换取粮食生产和农业经济发展,不仅会造成耕地生态破坏,反而会对国家粮食安全和农业经济可持续发展造成威胁。在研究方法方面,多借助指标评价<sup>[11]</sup>、生态足迹<sup>[5]</sup>、空间自相关以及基于GIS平台的探索性空间数据分析等<sup>[12]</sup>方法对耕地生态安全水平和空间分布格局进行描述,采用脱钩理论模型<sup>[7]</sup>、要素转移重心模型<sup>[8]</sup>、地理集中度模型等<sup>[7]</sup>分析耕地与其他系统的耦合关系。通过对文献的系统梳理发现,国内已经形成了系统的关于耕地生态安全及与经济发展或粮食生产关系问题的研究领域和范式,并且随着时间需求不断调整和优化研究主题,研究成果颇丰。目前,国内对耕地生态安全及与农业经济发展关系问题有所关注,但研究不多,且在研究方法、研究地域及研

究理论框架等方面尚待完善和深入。

本文试图弥补已有研究的不足,以黑龙江省为研究对象,以耕地生态足迹为切入点,关注耕地生态安全时空演变格局,并引入耕地生态安全压力指数,探讨其与农业经济发展的脱钩关系。之所以选择黑龙江省作为研究对象,是因为作为全国重要的粮食生产基地,其耕地生态安全和农业经济发展关乎国家粮食安全的保障能力。且改革开放以来“重用轻养”的耕作方式已导致黑龙江省部分耕地出现变瘦、变薄、变硬的现象,耕地质量退化明显、基础地力后劲不足成为制约黑龙江省粮食生产安全和农业经济发展的潜在威胁。因此,选择黑龙江省作为研究对象是合适的,研究结果对耕地生态破坏地区实施耕地保护和统筹农业经济发展具有借鉴意义。本文可能的贡献在于:其一,构建“耕地生态安全压力—农业经济发展”理论框架,解释耕地生态安全压力与农业经济发展相互作用机理,说明耕地生态安全的重要性。其二,通过对传统生态足迹模型的改进,采用“国家公顷”和“省公顷”两种尺度,在时间和空间维度上对研究区域的耕地生态足迹和耕地生态承载力进行动态分析,借助脱钩理论定量分析不同时期耕地生态安全压力与农业经济发展之间的脱钩状态,为国家耕地生态保护及实现农业经济可持续发展提供一定数据支持和借鉴价值。

## 1 理论分析

### 1.1 耕地生态安全压力和农业经济发展的内涵

国内外有关耕地生态安全压力的内涵尚未达成统一的观点,但普遍认为应从耕地生态系统自身、人类活动与耕地生态系统的关系两个角度来理解<sup>[13-15]</sup>。需要强调的是,耕地生态系统不仅指耕地资源供给,还包括耕地生态容量,且耕地生态系统并非是压力的根本受体,人类本身才是<sup>[16]</sup>,而人类活动又是造成耕地生态压力的根本原因。基于此,本文认为耕地生态安全压力是指耕地生态系统所提供的耕地资源供给功能和耕地生态容量功能同人类活动的需求不相适应而导致的人类整体福利下降的系统负效应。而农业经济发展是对耕地生态安全最具有影响力的人类活动,它是指在农业经济增长的基础上,农业经济结构和农民收入分配的持续优化以及农业生态环境的不断改善过程。在宏观世界里,农业经济发展与耕地生态安全压力是一种典型的交互作用关系<sup>[16]</sup>,主要体现在:(1)农业经济发展在不同阶段对耕地生态所造成的压力具有差异化;(2)耕地生态的负效应会阻碍农业经济发展;(3)由于农业经济发展的非线性特征,耕地生态压力与农业经济发展的关系就是二者相

互作用非线性关系的总和;(4) 农业经济发展和耕地生态系统内部诸要素的作用关系不一定是同步的。

## 1.2 耕地生态安全压力与农业经济发展脱钩逻辑分析

脱钩理论是一种有效评估经济发展与资源环境压力关系的方法,其由经济合作与发展组织于 20 世纪末引入农业研究并逐渐扩展到农业资源环境等领域<sup>[13]</sup>。有效的政策和新技术能够减少经济发展过程中对环境造成的压力和资源的消耗,即以较低的环境压力和资源消耗促进更高更快的经济发展,这就是“脱钩”。

农业经济发展初期阶段主要通过外延扩大再生产进行,即生产要素的不断增加会实现农业生产规模的扩大和农业经济的增长。农户作为耕地生态与农业经济的纽带,在市场经济条件下表现为理性经济人,其追求自身利益的最大化<sup>[17]</sup>。在该阶段,农户的效用函数仅取决于经济利益,专注于短期内加大生产要素投入直到边际产出为零<sup>[18]</sup>。为获得短期利益,农户大量使用农药化肥等物质生产资料,且由于农业生产成本外摊和收益外泄<sup>[19]</sup>,农户不愿进行耕地生态保护,造成耕地面源污染,破坏了耕地生态的平衡。虽然农户追逐经济利益最大化的行为为农业经济发展提供了原始的推动力<sup>[20]</sup>,但耕地资源在一定时期内却是有限的,农户对耕地资源需求的无限性与耕地生态系统对自然资源供给的有限性矛盾愈来愈尖锐,从而使农业经济本身陷入恶性循环。农户逐渐意识到耕地生态系统不是被动地依附和服务于农业经济系统,而是农业经济发展地前提,基于现有条件下权衡各种收益、利润和风险后,农户开始思考如何配置耕地资源对农业经济发展作出贡献从而实现经济福利的最大化,并逐渐关注长期内既有生产要素的产出最大化,力求实现耕地资源可持续利用,其生产要素投入量的最优法转为不同时间段要素边际产出相等,即专注于长期内生产要素均衡配置<sup>[18]</sup>。这一阶段农业经济发展方式从外延式扩大再生产转变为内涵式扩大再生产<sup>[21]</sup>,农户追求既定产量的资源投入量最小化,通过技术进步和科学管理从农业生产体系内部挖掘耕地资源使用潜力,选用农家肥、生态植保等生产高溢价的农产品获取更丰厚利润。这在一定程度缓解了耕地生态安全压力,耕地生态安全压力与农业经济发展逐渐脱钩。

## 2 研究方法

本文重点关注黑龙江省耕地生态安全状态时空演变格局,以及耕地生态安全压力与农业经济发展的脱钩关系。生态足迹模型能反映资源利用程度从而判断地区生产性消费活动的可持续发展程度,因此,

本文构建了耕地生态足迹模型来测算黑龙江省当前耕地生态盈余状态,以此来反映黑龙江省耕地生态安全水平,并借助耕地生态足迹和生态承载力计算结果来构建耕地生态安全压力指数,预期通过脱钩模型来测度耕地生态安全压力与农业经济发展的脱钩关系,从而揭示当前黑龙江省农业经济发展与耕地生态安全是否协调。

### 2.1 生态足迹模型

2.1.1 传统生态足迹模型 耕地生态足迹为区域内能容纳人类所排放废物、具有生物生产力的耕地面积,能真正反映黑龙江省农业生产活动对耕地生态系统造成的压力,通过计算公式如下:

$$EF = N \times ef$$

$$ef = \sum_{i=1}^n rA_i = \sum_{i=1}^n r_i \frac{C_i}{P_i}$$

式中: $i$  为耕地不同消费项目类型,主要包括水稻、小麦、玉米、大豆、油料、蔬菜、饲料作物等品种; $r$  为耕地均衡因子,传统生态足迹模型均衡因子采用 Wackernagel 等修正后的 2.17; $A_i$  为生产第  $i$  种作物折算的人均耕地面积; $C_i$  为第  $i$  种作物的人均产量; $P_i$  为第  $i$  种作物的全国平均生产力; $N$  为总人口数; $ef$  为区域人均耕地生态足迹; $EF$  为区域耕地总生态足迹。

耕地生态承载力是指研究区域内实际拥有的耕地面积,即耕地生态系统能为人类社会发展所提供的面积,反映了耕地生态系统的自我维持能力、调节能力和供容能力。本文选择耕地生态承载力来反映在当前社会、自然、经济技术条件下,黑龙江省能够供给生态生产性耕地的最大值,计算公式如下:

$$EC = N \times ec$$

$$ec = a \times r \times y \times (1 - 12\%)$$

式中: $a$  为实际人均拥有耕地面积; $y$  为产量因子,传统生态足迹模型产量因子采用 Wackernagel 提供的 1.66; $ec$  为人均耕地生态承载力; $EC$  为区域总耕地生态承载力;出于对生物的保护,参考世界环境与发展委员会《我们共同的未来》建议,在总生物生产性面积中扣除 12% 作为生物多样性保护区域。

2.1.2 改进生态足迹模型 采用耕地生态足迹模型测量耕地生态足迹和生态承载力,并以此衡量耕地生态安全状态,是评价区域耕地生态安全较好的方法。但传统生态足迹模型采用全球平均生产力计算具体国家或地区内部的耕地生态足迹,由于自然条件差异,计算结果偏差较大,无法真实反映国家或地区耕地生态状况。基于此,本文在时间维度上分析黑龙江省总耕地生态足迹和生态承载力时,以全国平均生产力为参照值,采用“国家公顷”为计量单位;在空间维度上分析黑龙江

省各地级市耕地生态足迹和生态承载力时,以黑龙江省平均生产力为参照值,采用“省公顷”为计量单位。同时引用刘某承等<sup>[22]</sup>研究的标准化和本地化的中国

耕地均衡因子 1.74。由于不同区域自然条件的差异,本文以 2009—2018 年黑龙江省相关统计数据,对黑龙江省耕地产量因子进行修正,见表 1。

表 1 黑龙江省 2009—2018 年改进生态足迹模型产量因子

年份	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
产量因子	0.92	0.98	0.99	0.97	0.98	1.01	1.00	1.00	1.02	1.01

### 2.2 耕地生态安全评价模型

在上文研究基础上,本文引入耕地生态安全压力指数对黑龙江省耕地生态安全状况和等级进行衡量。当耕地生态安全压力指数为 1 时,即区域耕地生态足迹和耕地生态承载力一致,区域耕地生态供容达到平衡;当耕地生态安全压力指数小于 1 时,区域耕地生态足迹小于耕地生态承载力,耕地生态平衡或盈余;当耕地生态安全压力指数大于 1 时,区域耕地生态足迹大于耕地生态承载力,耕地生态出现赤字。计算公式如下:

$$I = \frac{ef}{ec}$$

式中: $I$  为耕地生态安全压力指数; $ec$  为人均耕地生态承载力; $ef$  为人均耕地生态足迹,耕地生态安全评价标准见表 2。

表 2 耕地生态安全程度划分

等级	耕地生态安全程度	$I$
耕地生态赤字	过载	$>1.5$
	超载	$1.1 \sim 1.5$
	临界超载	$1.0 \sim 1.1$
耕地生态平衡	平衡有余	$0.9 \sim 1.0$
	盈余	$0.5 \sim 0.9$
耕地生态盈余	富裕	$<0.5$

### 2.3 脱钩评价模型

目前脱钩模型主要包括 OECD 脱钩模型和 Tapio 脱钩模型, Tapio 脱钩模型相较于 OECD 脱钩模型更具有客观性和准确性<sup>[23]</sup>,本文选用 Tapio 脱钩模型来分析黑龙江省耕地生态安全压力与农业经济发展之间的脱钩情况,具体公式如下:

$$T_n = \frac{(I_n - I_{n-1})/I_{n-1}}{(C_n - C_{n-1})/C_{n-1}}$$

式中: $n$  为年份; $T_n$  为第  $n$  年耕地生态安全压力与农业经济发展的脱钩指数; $I_n$  和  $I_{n-1}$  为第  $n$  年和第  $n-1$  年耕地生态安全压力指数; $C_n$  和  $C_{n-1}$  分别为第  $n$  年和第  $n-1$  年农业产值; $\Delta I$  为耕地生态安全压力变化率; $\Delta C$  为农业经济变化率;脱钩程度衡量标准见图 1。

### 2.4 数据来源

研究涉及数据主要来源于 2009—2018 年《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国农业统计资料》《黑龙江省统计年鉴》以及各市国民经济和社会发展统计公报和相关部门官方网站。其中耕地相关数据

来源于 2009—2018 年《中国统计年鉴》《黑龙江省统计年鉴》及《中国农业统计资料》;农业经济相关数据来源于《中国农村统计年鉴》和《黑龙江省统计年鉴》;对于其他低市个别缺失数据,通过查阅相关网站和相邻年份数据进行了估算<sup>[24]</sup>。

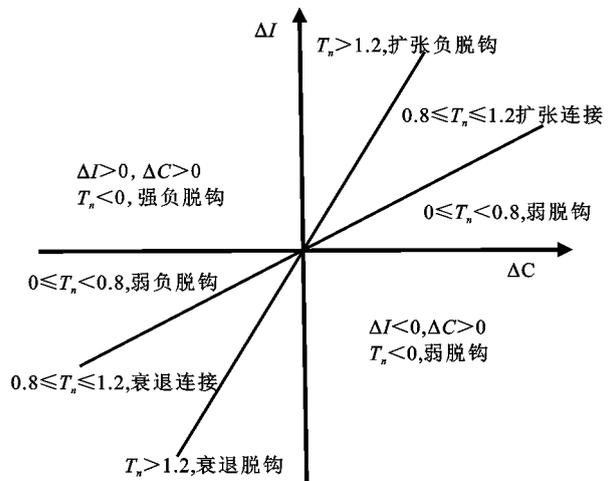


图 1 耕地生态安全压力与农业经济发展脱钩分析模型

## 3 结果与分析

### 3.1 耕地生态足迹与生态承载力实证分析

3.1.1 耕地生态足迹与生态承载力实证结果 黑龙江省及 13 个市 2009—2018 年耕地生态足迹和生态承载力变化见表 3 和表 4 所示,由于数据较多且篇幅有限,黑龙江省 13 个市耕地生态足迹和生态承载力计算结果仅选取 2009 年、2013 年、2018 年 3 个时间节点进行分析。

表 3 黑龙江省 2009—2018 年耕地生态状况

年份	EF	ef	EC	ec	$I$
2009	19981782.3800	0.5223	22415161.1136	0.5859	0.8914
2010	21818716.1160	0.5692	23911187.1072	0.6238	0.9125
2011	22666876.3800	0.5912	24041013.3495	0.6270	0.9428
2012	22880276.8200	0.5968	23566823.6333	0.6147	0.9709
2013	23636408.9000	0.6163	23733243.5244	0.6189	0.9959
2014	25132789.3500	0.6557	24575574.7493	0.6412	1.0227
2015	25307753.6400	0.6639	24323009.8262	0.6381	1.0405
2016	25025140.4400	0.6587	24366214.3236	0.6414	1.0270
2017	25449076.7700	0.6717	24863575.1924	0.6563	1.0235
2018	25125261.5550	0.6659	24574260.1124	0.6513	1.0224

表 4 黑龙江省各市耕地生态状况

城市	2009 年			2013 年			2018 年		
	ef	ec	I	ef	ec	I	ef	ec	I
哈尔滨	0.5248	0.2652	1.9790	0.4427	0.2904	1.5243	0.3738	0.3065	1.2197
齐齐哈尔	0.7556	0.5221	1.4472	0.7580	0.5963	1.2713	0.6912	0.6466	1.0690
鸡西	0.5274	0.3398	1.5523	0.4888	0.3858	1.2669	0.4761	0.4271	1.1146
鹤岗	0.2601	0.2401	1.0831	0.2230	0.2780	0.8021	0.3036	0.3093	0.9818
双鸭山	0.6424	0.3531	1.8194	0.5980	0.4015	1.4893	0.5081	0.4326	1.1745
大庆	0.5341	0.3017	1.7704	0.3170	0.3582	0.8849	0.2597	0.3691	0.7038
伊春	0.3733	0.2535	1.4728	0.2697	0.2790	0.9667	0.3112	0.3138	0.9916
佳木斯	0.9885	0.6651	1.4863	0.8467	0.6694	1.2648	0.9009	0.7901	1.1403
七台河	0.3748	0.2387	1.5704	0.3015	0.2663	1.1323	0.3565	0.3259	1.0939
牡丹江	0.4682	0.2563	1.8271	0.4688	0.2998	1.5636	0.4076	0.3527	1.1557
黑河	1.1582	0.8827	1.3121	1.0940	1.0337	1.0583	1.2742	1.2095	1.0534
绥化	0.7792	0.4148	1.8783	0.7604	0.5022	1.5142	0.6651	0.5262	1.2638
大兴安岭	0.5496	0.3896	1.4106	0.3911	0.4122	0.9488	0.5524	0.4254	1.2986

### 3.1.2 黑龙江省耕地生态足迹和生态承载力分析

黑龙江省 2009—2018 年总耕地生态足迹呈波动上升趋势,与粮食产量变化趋势基本一致,由生态足迹概念和模型可知,粮食产量的增加或下降会导致耕地生态足迹同趋势增长或下降,随着粮食产量的增加,黑龙江省耕地生态足迹和生态压力也逐渐加大。从数据变化角度可知,黑龙江省总耕地生态足迹十年间增长率为 25.74%,除 2018 年总耕地生态足迹出现下降外,2016 年也出现轻微下降,但相比 2009 年增长了 25.24%。从人均耕地生态足迹来看,黑龙江省 2009—2018 年总人口数量变动较小,人均耕地生态足迹变化趋势和总耕地生态足迹基本一致,呈波动上升趋势。从各作物对耕地生态足迹贡献率来看,玉米、水稻、豆类对耕地生态足迹贡献率最大,薯类、小麦、蔬菜、油料等作物次之。

黑龙江省 2009—2018 年总耕地生态承载力在波动中缓慢上升,其变化趋势和耕地面积变动基本一致,耕地面积的增加在一定程度上提高了黑龙江省耕地生态承载力,但也意味着耕地后备资源的开发和耕地生态环境的破坏,因此,黑龙江省总耕地生态承载力变动幅度较小,十年间增长率为 9.63%。从人均耕地生态承载力角度来看,其变动趋势和总耕地生态承载力大致相同,增加幅度缓慢,2018 年相比于 2009 年增加了 0.065 4。从实证结果来看,黑龙江省耕地生态承载力以 2014 年为分界点,2014 年之前耕地生态承载力大于耕地生态足迹,2014 年之后耕地生态足迹超出了耕地生态承载力,耕地生态处于赤字状态。

由耕地生态安全压力指数可以看出,黑龙江省耕地生态安全程度从生态盈余向生态平衡有余过渡,最终转变为临界超载,总体处于耕地生态平衡状态。实

证结果表明,2014 年之后黑龙江省耕地生态安全压力指数大于 1,耕地生态开始出现赤字,伴随着耕地生态承载力的下降和耕地生态足迹的增长,黑龙江省耕地生态逐渐恶化,2016 年黑龙江省耕地生态赤字和耕地生态安全压力最为严重,2017 年和 2018 年耕地生态安全压力虽有所缓解,但相较于 2009 年,耕地生态安全压力依然较高(图 2)。

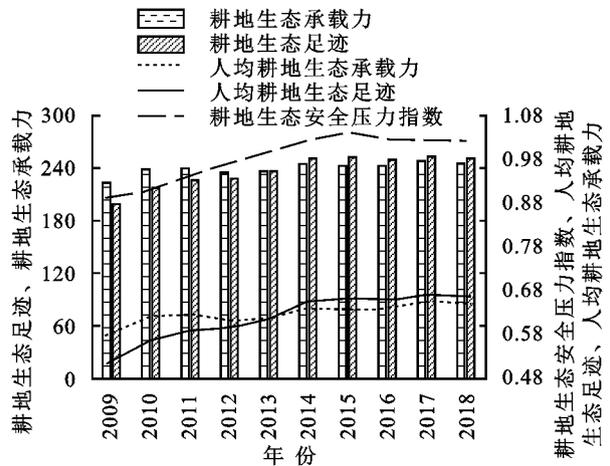


图 2 黑龙江省耕地生态状况

### 3.1.3 黑龙江省各市耕地生态足迹与生态承载力分析

黑龙江省总耕地生态足迹和人均耕地生态足迹均呈先增长再缓慢下降趋势,前期波动幅度较大,后期波动幅度减小。除了鹤岗、黑河和大兴安岭出现增长,其他地区均出现不同程度的下降,但总体上下降幅度较小,究其原因主要在于粮食种植结构的改变,如哈尔滨 2009—2018 年的水稻、豆类和蔬菜产量出现下降趋势,大庆的玉米、小麦、薯类和蔬菜产量也出现不同程度的减少,粮食产量的减小导致其耕地生态足迹的下降。

黑龙江省各市耕地生态承载力变化各有特点,总

体上表现为缓慢增长趋势。牡丹江、黑河、七台河耕地生态承载力增长最为显著,2009—2018年三市人均耕地生态承载力增长率分别为37.61%、37.02%和36.55%,大兴安岭、哈尔滨、佳木斯等人均耕地生态承载力则增长较为缓慢。耕地生态承载力较高的地区主要包括黑河、佳木斯、齐齐哈尔和绥化等地区,耕地生态承载力较低的地区主要集中在七台河、牡丹江、鹤岗、伊春、哈尔滨等地区。

由 ArcGIS 制作的耕地生态安全压力(图3)可以看出,2009年黑龙江省除鹤岗耕地处于生态平衡状态外,其他地区耕地均处于生态赤字状态。哈尔滨耕地生态安全压力最大,其耕地生态足迹为0.5248,接近于耕地生态承载力的两倍,耕地生态处于强不可持续状态。2013年黑龙江省耕地生态安全压力有所减小,鹤岗和大庆耕地生态转为弱可持续状态,伊春、黑河、大兴安岭等地区耕地生态转为平衡状态,但多数地区耕地生态足迹依然超出耕地生态承载力。2018年,黑龙江省46.15%

的地区耕地生态处于平衡状态,53.85%的地区耕地生态则处于赤字状态,绥化、哈尔滨和牡丹江耕地生态由过载转变为超载,但鹤岗、伊春和大兴安岭地区耕地生态安全压力相比于2013年出现增长。

从空间角度来看,黑龙江省耕地生态安全分布表现出较为明显的不平衡性,总体上由南到北呈现出生态赤字到生态平衡的空间分布态势。黑龙江省耕地生态赤字最为严重的地区主要集中在南部地区,包括哈尔滨、绥化、牡丹江等人口较多的城市,这些地区人口密度大,人均耕地资源较少,有限的空间不断容纳更多的人口,导致其耕地生态足迹超出耕地生态承载力。北部和中部地区的伊春、鹤岗、黑河等人口较少的城市耕地生态状况较为良好,东部地区的佳木斯、双鸭山、鸡西等城市则次之,这些地区耕地资源较为丰富,相比于哈尔滨等城市化速度较慢,耕地占用面积小,但随着粮食产量增加和耕地后备资源的不断开垦,耕地生态安全也面临着压力。

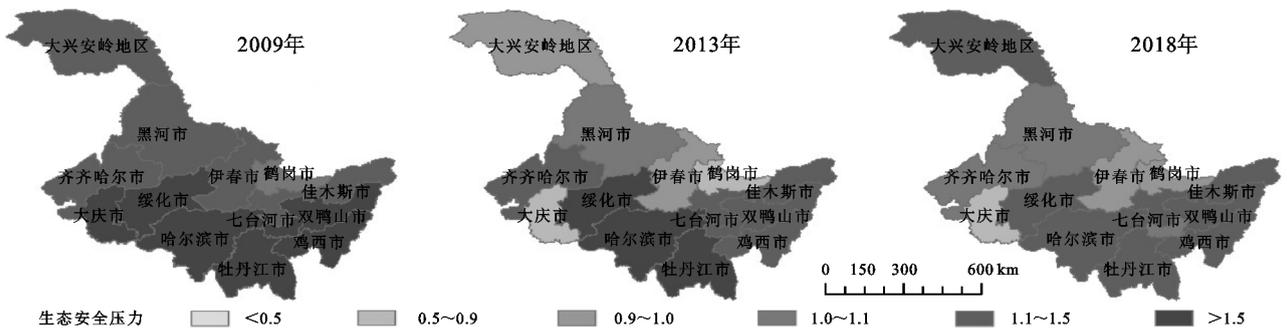


图3 黑龙江省耕地生态安全状态

### 3.2 脱钩分析

3.2.1 黑龙江省耕地生态安全压力与农业经济发展脱钩状态时间变化分析 黑龙江省耕地生态安全压力与农业经济发展脱钩状态时间变化呈现出阶段性动态特征,见表5,2009—2018年耕地生态安全压力与农业经济发展脱钩状态整体上由弱脱钩转变为强脱钩,耕地生态安全压力与农业经济发展二者之间的矛盾逐渐缓解。其中耕地生态安全压力与农业经济发展弱脱钩状态总体上有6个年期,反映了这一时期农业经济主要以牺牲耕地生态安全为代价进行发展,2015年后出现了3个年期的强脱钩状态,耕地生态与农业经济发展的关系开始向协调发展,因此,以2015年为分界点将总体变化分为两个阶段进行分析:

第一阶段为2009—2015年,耕地生态安全压力与农业经济发展之间的脱钩状态为弱脱钩,农业产值在这一阶段不断增加,耕地生态安全压力指数也呈不断增长趋势。主要原因是2009—2015年,黑龙江农业经济发展主要以外延扩大再生产进行,粮食支持政

策过多强调粮食产量和农业收益,见表5,农业产值不断增加,但黑龙江省忽略了耕地地力建设和生态修复,引发优质黑土地过度利用、生态环境破坏等多重潜在风险,耕地生态安全压力随之逐渐增大。

第二阶段为2016—2018年,这一阶段黑龙江省耕地生态安全压力和农业经济发展之间的脱钩状态为强脱钩状态,农业经济逐步增长的同时耕地生态安全压力指数不断下降,二者之间的矛盾有所缓解。主要原因是黑龙江省农业经济发展方式从外延式扩大再生产逐渐向内涵式扩大再生产转变,粮食支持政策由粮食数量安全转向粮食数量安全、质量和生态安全,不再片面强调粮食数量,加之农业技术科技的进步,化肥、农药等使用量减小,使黑龙江省耕地生态安全压力略有减小。其次,黑龙江省近年来把推进农业绿色发展摆在更加突出位置,大力实施藏粮于地、藏粮于技战略,加强黑土耕地生态环境质量建设,进一步保障了黑龙江省耕地生态安全。但整体上,黑龙江省耕地生态安全压力依然较高,其与农业经济发展之间的矛盾需要进一步协调。

表 5 黑龙江省耕地生态安全压力与农业经济发展脱钩关系

年份	$I$	$\Delta I$	$C$	$\Delta C$	$T_n$	脱钩类型
2009	0.8914	—	21368000	—	—	—
2010	0.9125	0.0236	24221700	0.1336	0.1768	弱脱钩
2011	0.9428	0.0333	31030200	0.2811	0.1183	弱脱钩
2012	0.9709	0.0297	38419600	0.2381	0.1248	弱脱钩
2013	0.9959	0.0258	45601900	0.1869	0.1380	弱脱钩
2014	1.0227	0.0269	48658000	0.0670	0.4008	弱脱钩
2015	1.0405	0.0174	50300600	0.0338	0.5160	弱脱钩
2016	1.0270	-0.0129	52028700	0.0344	-0.3761	强脱钩
2017	1.0235	-0.0034	55866300	0.0738	-0.0461	强脱钩
2018	1.0224	-0.0011	56242900	0.0067	-0.1633	强脱钩

3.2.2 黑龙江省耕地生态安全压力与农业经济发展脱钩状态空间分异分析 2009—2018 年期间黑龙江省各市各年度以及整体时段耕地生态安全压力和农业经济发展的脱钩状态,由结果可知不同时期,受粮食种植结构、农业支持政策以及农业生产方式等因素的影响,各市耕地生态安全压力和农业经济发展脱钩状态存在明显区域差异性(表 6)。

黑龙江省各市耕地生态安全压力与农业经济发展之间的脱钩关系主要表现为强脱钩和弱脱钩两种状态,但也有部分地区出现弱负脱钩、强负脱钩、扩张

连接、衰退脱钩、衰退连接、扩张负脱钩状态。其中,哈尔滨、牡丹江、绥化等南部地区主要表现为弱脱钩和强脱钩状态,农业经济在增长的同时伴随着耕地生态安全压力的下降,但需要注意近两年农业总产值的下降导致的弱负脱钩和衰退脱钩问题,这表明耕地生态安全与农业经济发展之间的矛盾进一步激化。佳木斯、双鸭山、鸡西等东部地区耕地生态安全压力逐渐下降,但受自然灾害、粮食种植结构改变等因素影响,农业产值出现上下波动,加之耕地生态安全压力指数变化率的变动,导致耕地生态安全压力与农业经济发展之间的脱钩状态发生不断变化。鹤岗、伊春、黑河等中部和北部地区耕地生态安全压力与农业经济发展脱钩关系也呈反复变化状态,黑河和鹤岗、伊春相比,耕地生态安全压力和农业经济发展脱钩比较稳定,整体上表现为强脱钩和弱脱钩状态,农业经济发展与耕地安全压力之间处于协调状态,鹤岗 2012—2016 年经历了衰退脱钩—扩张负脱钩—弱负脱钩 3 种不同状态,主要原因是耕地生态安全压力和农业经济在 2012—2016 年出现了增长再减小又增加的变化,伊春耕地生态安全压力与农业经济发展脱钩状态变动原因和鹤岗类似。

表 6 黑龙江省 13 个市耕地生态安全压力与农业经济发展脱钩关系

年份	黑龙江	哈尔滨	齐齐哈尔	鸡西	鹤岗	双鸭山	大庆
2009—2010	弱脱钩	强脱钩	弱脱钩	强脱钩	强脱钩	强脱钩	强脱钩
2010—2011	弱脱钩	弱脱钩	强脱钩	强脱钩	弱脱钩	强脱钩	弱脱钩
2011—2012	弱脱钩	弱脱钩	扩张连接	弱脱钩	弱脱钩	弱脱钩	强脱钩
2012—2013	弱脱钩	强脱钩	衰退脱钩	强脱钩	衰退脱钩	强脱钩	强脱钩
2013—2014	弱脱钩	强脱钩	强脱钩	弱脱钩	扩张负脱钩	弱负脱钩	强脱钩
2014—2015	弱脱钩	弱脱钩	强脱钩	弱脱钩	扩张负脱钩	强负脱钩	强脱钩
2015—2016	强脱钩	强脱钩	衰退脱钩	强脱钩	弱负脱钩	衰退脱钩	衰退脱钩
2016—2017	强脱钩	弱负脱钩	衰退连接	弱负脱钩	强脱钩	衰退脱钩	衰退脱钩
2017—2018	强脱钩	弱负脱钩	弱脱钩	强脱钩	弱脱钩	强脱钩	强脱钩
年份	伊春	佳木斯	七台河	牡丹江	黑河	绥化	大兴安岭
2009—2010	弱脱钩	强脱钩	强脱钩	强脱钩	强脱钩	强脱钩	扩张连接
2010—2011	强脱钩	强脱钩	强脱钩	强脱钩	弱脱钩	强脱钩	强脱钩
2011—2012	强脱钩	扩张连接	弱脱钩	弱脱钩	弱脱钩	弱脱钩	弱脱钩
2012—2013	强脱钩	强脱钩	强脱钩	强脱钩	强脱钩	强脱钩	强脱钩
2013—2014	扩张连接	弱脱钩	弱脱钩	强脱钩	弱脱钩	强脱钩	扩张负脱钩
2014—2015	扩张负脱钩	强负脱钩	弱脱钩	弱脱钩	强脱钩	弱脱钩	强负脱钩
2015—2016	衰退脱钩	强脱钩	弱负脱钩	弱脱钩	扩张负脱钩	强脱钩	强脱钩
2016—2017	扩张负脱钩	弱负脱钩	衰退脱钩	弱负脱钩	扩张负脱钩	衰退脱钩	强脱钩
2017—2018	强脱钩	强脱钩	强脱钩	衰退脱钩	强脱钩	弱负脱钩	扩张负脱钩

## 4 结论

(1) 时间上,2009—2018 年黑龙江省耕地生态

安全程度逐渐从生态盈余向生态平衡有余过渡,最终转变为临界超载状态。其中,2009—2018 年黑龙江省耕地生态足迹和耕地生态承载力受粮食产量和耕

地面积变动的的影响在波动中上升,2014年后耕地生态足迹超过耕地生态承载力出现了耕地生态赤字,黑龙江省耕地生态安全不容乐观。(2)空间上,黑龙江省耕地生态安全压力具有明显不平衡性。由于自然环境、经济发展程度、人口集中度等差异,黑龙江省各市各阶段耕地生态具有差异性,总体上耕地生态状态从南向北呈现生态赤字到生态平衡的空间分布态势。(3)随着农业经济发展方式的转变,黑龙江省耕地生态安全压力与农业经济发展之间的脱钩关系由弱脱钩逐渐转为强脱钩,个别地区具有不稳定性,总体上趋向良性协调,但耕地生态安全压力依然较高,二者之间的矛盾需要进一步协调。

本文仅选取2009—2018年这一时间阶段对黑龙江省耕地生态安全压力与农业经济发展的关系进行研究,使研究成果不能更为宏观地反映黑龙江省耕地生态和农业经济状况;同时受限于无法获取全面高精度耕地生态相关数据,特别是气象、水文、土壤等方面的同步数据,导致研究具有一定的局限性。因此,今后有待加强更为长期的、精准的耕地数据监控及获取,同时应开展针对黑龙江省典型区域特别是黑土区的耕地生态安全与农业经济发展的研究。

#### 参考文献:

- [1] 刘洪涛,郭小夏,成升魁,等.我国粮食生产的耕地资源环境效应特征与代价分析[J].中国环境管理,2019,11(4):67-70,78.
- [2] 盖兆雪,孙萍,张景奇.环境约束下的粮食主产区耕地利用效率时空演变特征[J].经济地理,2017,37(12):163-171.
- [3] 刘丹,巩前文,杨文杰.改革开放40年来中国耕地保护政策演变及优化路径[J].中国农村经济,2018,34(12):37-51.
- [4] 王国刚,杨德刚,苏芮,等.生态足迹模型及其改进模型在耕地评价中的应用[J].中国生态农业学报,2010,18(5):1081-1086.
- [5] 施开放,刁承泰,孙秀锋,等.基于耕地生态足迹的重庆市耕地生态承载力供需平衡研究[J].生态学报,2013,33(6):1872-1880.
- [6] 陈黎黎,宋戈,邹朝晖.基于免疫机理的黑龙江省耕地系统安全预警研究[J].中国土地科学,2017,31(5):79-88.
- [7] 金贵,邓祥征,赵晓东,等.2005—2014年长江经济带城市土地利用效率时空格局特征[J].地理学报,2018,73(7):1242-1252.
- [8] 杨肖杰,秦明周,张鹏岩,等.河南省耕地压力与经济发
- 展耦合特征的时空分析[J].地域研究与开发,2020,39(3):144-149.
- [9] Paz D B, Henderson K, Loreau M. Agricultural land use and the sustainability of social-ecological systems[J]. Ecological Modelling, 2020,437:109312.
- [10] 张鹏岩,庞博,何坚坚,等.耕地生产力与粮食安全耦合关系与趋势分析:以河南省为例[J].地理科学,2017,37(9):1392-1402.
- [11] 钟文,钟昌标.西南边疆山区耕地可持续利用评价指标体系探讨及评价[J].中国农业资源与区划,2018,39(12):48-53,217.
- [12] 牛善栋,方斌,崔翠,等.乡村振兴视角下耕地利用转型的时空格局及路径分析:以淮海经济区为例[J].自然资源学报,2020,35(8):1908-1925.
- [13] OECD. Indicators to measure decoupling of environmental pressures from economic growth[R]. Paris: OECD, 2002.
- [14] 马年圣,支晓娟,宋雨婷.基于PSR和GM(1,1)模型的西藏耕地生态安全评价与预测[J].干旱区资源与环境,2018,32(11):81-86.
- [15] 李政,何伟,潘洪义,等.基于熵权TOPSIS法与ARIMA模型的四川省耕地生态安全动态预测预警[J].水土保持研究,2018,25(3):217-223.
- [16] 杨泓川,陈松林.福州市生态环境压力与经济发展的脱钩耦合关系[J].水土保持通报,2019,39(1):278-285.
- [17] 亚当·斯密.国民财富的性质和原因的研究.上卷[M].北京:商务印书馆,2011.
- [18] 霍生平.两型农业生产体系中农民生态经营素质的开发[J].求索,2012,32(1):69-70.
- [19] 周玉新.基于环境经济学视角下的农村环境问题成因分析及保护对策研究[J].农业经济,2011,31(2):30-31.
- [20] 焦君红,孙万国.从“经济人”走向“生态理性经济人”[J].理论探索,2007,24(6):81-83.
- [21] 李梦凡,谢璐,韩文龙,弗里曼—克莱曼问题探索:基于里昂惕夫投入产出模型的分析[J].当代经济研究,2017,28(2):49-58.
- [22] 刘某承,李文华,谢高地.基于净初级生产力的中国生态足迹产量因子测算[J].生态学杂志,2010,29(3):592-597.
- [23] 张志高,袁征,刘雪,等.基于投入视角的农业碳排放与经济增长的脱钩效应分析:以河南省为例[J].水土保持研究,2017,24(5):272-278.
- [24] 杨州,陈万旭,朱丽君.河南省城镇化对耕地利用效率影响的空间计量分析[J].水土保持研究,2018,25(2):274-280,287.