

近 30 年西北地区耕地生产力动态演变及能力评价

王凤娇¹, 杨延征², 上官周平¹

(1. 西北农林科技大学黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100;
2. 西北农林科技大学林学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 为了明确西北地区耕地生产力及其动态演变过程, 掌握该区在全国粮食生产中的整体水平, 利用 1982—2012 年西北地区耕地生产力数据, 结合 GIS 分析描述了该区近 30 年耕地生产力和耕地压力指数动态演变过程, 及该区在全国粮食生产中的整体水平, 结果表明: 近 30 年来, 西北地区耕地生产力呈现出小范围波动、连续上涨的发展趋势, 从 1982 年的 2078.28 kg·hm⁻² 上升至 2012 年的 5 643.75 kg·hm⁻², 翻了近 3 番, 但其年均增长率不稳定, 年际间变化幅度相对较大, 在 1996 年到达历史最高水平 23%; 西北地区耕地生产力在全国的比重明显上升 (由 1982 年的 0.455 上升到 2012 年的 0.749), 但又始终低于全国平均水平 (耕地粮食生产力指数始终小于 1), 随着时间的推移, 该区粮食生产中心主要向粮食生产能力较高的新疆和陕西地区集中; 西北地区耕地压力指数在阶段性波动变化中呈现出略微减小趋势, 耕地压力有所缓解, 但其缓解幅度并不大, 耕地压力级别始终处在 II 级预警值 (0.91 ~ 1.10) 范围内。

关键词: 耕地粮食生产力; 耕地压力指数; 耕地生产力相对指数; 西北地区
中图分类号: F301.21 **文献标志码:** A

Dynamic evolution of cultivated land productivity and its capacity evaluation in Northwest China during 1982—2012

WANG Feng-jiao¹, YANG Yan-zheng², SHANGGUAN Zhou-ping¹

(1. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to evaluate the dynamic evolution of cultivated land productivity in Northwest China and assess the overall level of grain production in the country, productivity data in cultivated land of Northwest China during 1982—2012 were analyzed using GIS software. The results showed that cultivated land productivity in northwest area displayed a fluctuating but constantly increasing tendency in a small scale, resulting a three times increase from 2078.28 kg·hm⁻² in 1982 to 5643.75 kg·hm⁻² in 2012. However, the average annual growth rate was not stable and the inter-annual variation remained large, reaching a historically high value of 23% in 1996. The cultivated land capacity in northwest area became increased significantly (from 0.455 in 1982 to 0.749 in 2012), which, however, had always been lower than the national average level (relative index of cultivated land productivity was always less than 1). With time going, grain production centers in the area moved mainly to Xinjiang and Shaanxi that have higher grain production capacity. The pressure index of cultivated land in northwest region showed periodical fluctuations with a slightly decreasing trend, relieving cultivated land pressure to a mild level. The pressure level of cultivated land had always been at warning level II in a certain range (0.91 ~ 1.10).

Keywords: grain productivity of cultivated land; pressure index of cultivated land; ratio of area grain productivity to national average; Northwest China

收稿日期: 2014-05-14
基金项目: 中国科学院科技服务网络计划(STS)项目(KFJ-EW-ST005); 中国科学院科技基础性工作专项(2014FZ10100)
作者简介: 王凤娇(1988—), 女, 甘肃庆阳人, 研究生, 研究方向为耕地生产力评价。E-mail: wangfj23@gmail.com。
通信作者: 上官周平(1964—), 男, 陕西扶风人, 研究员, 博士生导师, 主要从事旱地农业、植物生态研究。E-mail: shangguan@ms.iswc.ac.cn。

我国粮食生产和粮食安全不仅关乎社会稳定和国家发展的全局性重大战略,更是对世界粮食安全形势有着重要影响。近年来,作为维系粮食生产、保障粮食安全的基本资源——耕地,受到农业结构调整、生态退耕、自然灾害损毁和非农建设占用等影响逐年减少^[1-3],耕地生产力出现了不稳定性^[4],而人口持续增长及食物结构调整与优化使我国粮食消费需求刚性增长^[5-6]。作为在我国粮食生产占有重要地位的西北地区,耕地资源丰富、人均占有水平较高、耕地后备资源相对充足^[7],表现为该区具有较大的粮食生产潜力。但由于西北地区自然环境和生产条件相对恶劣,耕地总体质量较差,粮食生产总量不足,且表现为区域供需不平衡^[7-8],种粮比较效益低下^[9]。考虑到西北地区在全国的生态功能定位,该区农业生产不仅要走资源集约、高产高效的道路,同时还要着眼于耕地保护、粮食生产阶段性和区域差异性的问题,从而为保障该区耕地资源安全和提升粮食生产能力做出更大贡献。因此,深入研究西北地区耕地生产力演变规律及其时空差异,掌握该区在全国粮食生产中的整体水平,对当前和未来该区粮食生产力提高、土地资源合理利用及其应对全国粮食生产地域变化的响应具有重要的现实意义。

近年来,许多学者针对特定目的在多视角定义耕地生产力含义的同时,从多个层次、多方角度、多种方法对区域耕地生产力格局相继展开了耕地生产力评价指标^[10-15]、耕地生产力格局与时空演变特征^[4,16-20]、耕地生产力变化的驱动机制^[21-26]等的研究,这些研究不仅全面反映了区域耕地生产力水平和内部差异及其动态变化,而且为严格保护耕地和保障粮食安全、强化耕地粮食生产能力建设提供了重要依据。为此,本文以西北各省(区)为基本计算单元,根据 1982—2012 年各省(区)粮食播种面积单产、复种指数及其消费参数等,结合 GIS 分析,以期通过对耕地现实生产力、耕地粮食生产力相对指数、耕地压力指数的分析,定量评估耕地生产力和耕地压力指数动态演变过程,明确西北地区在全国耕地粮食生产中的相对重要性,为西北地区新时期下耕地资源保护、区域规划决策、耕地粮食生产力能力建设和粮食安全宏观调控等问题提供依据。

1 研究区概况

西北地区包括陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆 5 个省(区),地理坐标介于东经 73°15′ ~ 111°15′ 和北纬

31°32′ ~ 49°10′ 之间,土地面积 $310 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[27-31],占全国国土总面积的 32.3%,其中耕地面积 $14.48 \times 10^4 \text{ km}^2$,占整个西北地区土地面积的 4.67%。

西北地区主要的农业气候特点为光热资源丰富、干旱少雨、蒸发强烈、日照和太阳辐射充足、气温地区分布差异较大,寒潮和春季沙尘暴等农业气象灾害较为频繁。西北地区水资源时空分布极不均衡,且受季节影响较大,降雨量和径流量年内分配与农业需水要求极不协调。西北地区地形主要以高原盆地为主,包括黄土高原、秦巴山地、塔里木盆地、柴达木盆地、渭河平原等,使得该区农业生产极具多样化的特征,主要农作物有小麦、玉米、水稻、谷子、马铃薯等。

2 数据与方法

2.1 数据来源

基于耕地数据、农业投入与产出数据、粮食消费需求数据及人口数据构建 1982—2012 年耕地生产力西北地区省际版面数据,其中,耕地数据、农业投入产出数据、人口数据来源于《新中国六十年统计资料汇编》、《中国统计年鉴》和西北各省份统计年鉴;粮食消费需求相关数据来源于《国家粮食安全中长期规划纲要》。

2.2 耕地生产力分析方法

耕地生产力作为耕地“功能”的表现形式,具有一定的时空限制性,它是在人为调控下集结自然生态与社会经济因素所获得现实生产作物能力的复杂系统,不仅受农业水土资源、农户生产行为和农业技术等内部因素影响,更受自然灾害、宏观经济环境以及财政政策等外部环境作用^[21,32-34]。

评价耕地生产力用现实耕地生产力、耕地粮食生产力相对指数和耕地压力指数来评估,评估思路见图 1。考虑到热量资源的区域差异会导致作物熟制的不同,本文在先计算粮食播种面积单产的基础上,再用复种指数加以修订^[14,35],以便相对准确地评估区域现实生产力。耕地压力指数可以衡量区域粮食安全与区域耕地资源的紧张程度,是反映耕地实际供给量能否满足人们对粮食需求的有效工具,可作为评价耕地生产力的一个辅助指标^[36-37]。耕地粮食生产力相对指数能够揭示社会经济条件对耕地生产力的影响,是反映区域耕地生产力在全国粮食生产中相对重要性的一个指标^[11,38]。

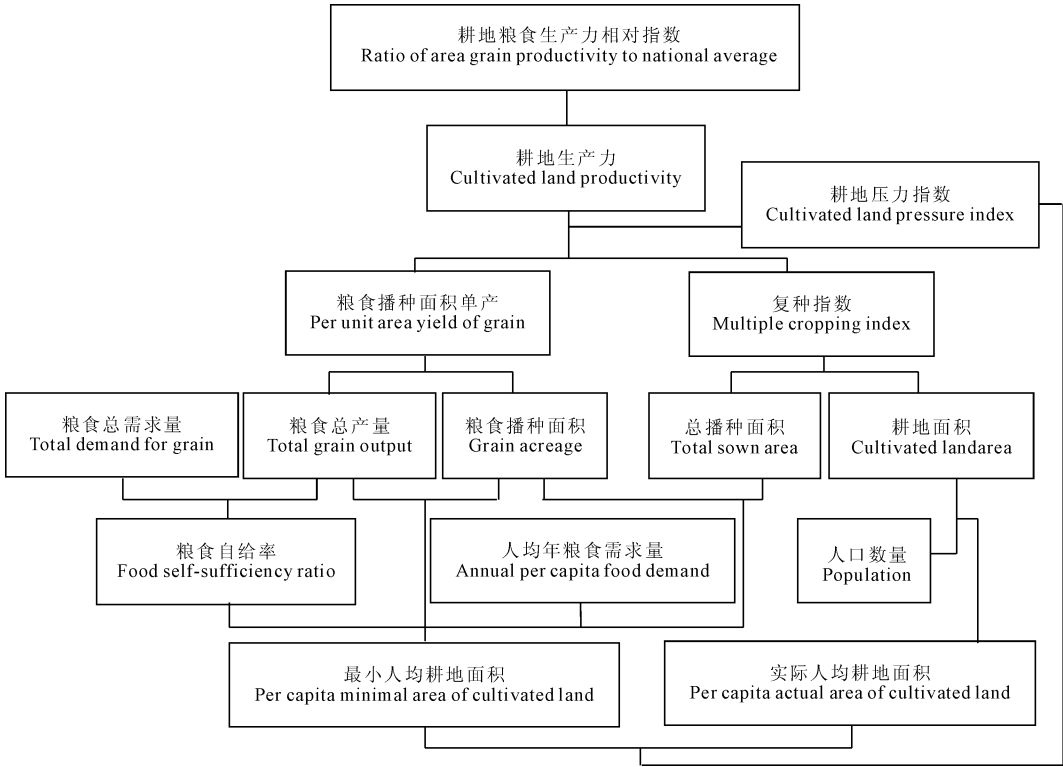


图 1 耕地现实生产力指标隶属关系

Fig.1 Subordinating relations of indexes of cultivated land production capacity

2.2.2.1 现实耕地生产力模型 以粮食作物单位面积产量乘以复种指数表征耕地现实生产力水平^[14,39],其计算公式如下:

$$P_g = Y_{gs} \times M \tag{1}$$

式中, P_g 为耕地生产力; M 为复种指数(由一年中各季节的实际总播种面积除以耕地面积求得,%); Y_{gs} 为粮食播种面积单产($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)。

耕地生产力年际变化率 P_i ,其公式为:

$$P_i = \frac{P_{ni} - P_{(n-1)i}}{P_{(n-1)i}} \times 100\% \tag{2}$$

式中, P_i 为耕地生产力年际变化率; P_{ni} 为第 n 年耕地年初生产力; $P_{(n-1)i}$ 为第 $n - 1$ 年耕地年初生产力。

2.2.2.2 耕地粮食生产力相对指数模型 用区域耕地粮食生产力除以全国同期的平均水平^[11],得出粮食生产力相对指数来反应区域耕地生产力相对于全国平均值的高低,其计算公式如下:

$$X_i = \frac{Y_i \times M_i}{Y_q \times M_q} \tag{3}$$

式中, X_i 为区域耕地粮食生产力相对指数; Y_i 为区域粮食播种面积单产($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$); M_i 为该区域复种指数(%); Y_q 为全国平均粮食单产($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$); M_q 为全国平均复种指数(%). X_i 值大于 1,说明该区域耕地粮食生产力高于全国平均水平, X_i 值越大,该

区域单位面积耕地粮食生产力越高; X_i 值小于 1,说明该区域耕地粮食生产力低于全国平均水平, X_i 值越小,该区域单位面积耕地粮食生产力越低。

2.2.3 耕地压力指数模型与耕地压力等级划分标准 耕地压力指数为最小人均耕地面积与实际人均耕地面积之比^[36-37,40],其函数表达式如下:

$$K = S_{\min}/S_a \tag{4}$$

式中, K 为耕地压力指数; S_a 为实际人均耕地面积($\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$); $S_{\min}$ 为最小人均耕地面积,是人均耕地警戒线($\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$)。

最小人均耕地面积是指一定区域内,一定粮食自给水平和农业生产力条件下,为了满足人口粮食消费所需的耕地面积, $S_{\min}$ 公式为:

$$S_{\min} = \beta \frac{G_r}{p \cdot q \cdot K} \tag{5}$$

式中, β 为粮食自给率(一个国家或地区在一年内粮食总生产量占总需求量的百分数,%); G_r 为人均年粮食需求量($\text{kg} \cdot \text{人}^{-1}$),依据国家食物与营养咨询委员会提出的各阶段粮食安全目标结合本文研究时段,拟定 G_r 为 $391 \text{ kg} \cdot \text{人}^{-1}$ ^[41]; p 为粮食单产($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$); q 为粮食作物播种总面积与农作物总播种面积之比(%); K 为复种指数(%).

本文将参照全国耕地压力等级划分标准^[42](表 1),以期准确反映西北地区耕地压力等级变化情况。

表 1 耕地压力等级划分标准

Table 1 Evaluation grading standards of cultivated land tension indexes

级别 Grade	Ⅰ			Ⅱ			Ⅲ		
压力指数 Tension indexes	<0.9			0.91~1.10			>1.11		
表征状态 Characterization of states	不明显 Unobvious			预警 Forewarning			明显 Obvious		
亚级 Sub-grades	I	I	I	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ
压力指数 Tension indexes	<0.2	0.21~0.6	0.61~0.90	0.91~1.00	1.01~1.10	1.11~1.50	1.51~2.00	>2.01	
表征状态 Characterization of states	很小 Lightly	小 Light	较小 Lighter	稍小 Slightly light	稍大 Slightly heavy	较大 Heavier	大 Heavy	很大 Heavily	

2.3 数据处理

以西北地区耕地生产力数据为分析的基础数据,采用统计分析和综合分析等相关分析方法,研究西北地区耕地生产力和耕地压力指数动态演变过程;采用 Arcgis9.3 软件的空间分析方法,研究西北各省(区)在全国耕地粮食生产中的整体水平。

3 结果与分析

3.1 西北地区耕地生产力变化动态

近 30 年来,西北地区耕地生产力翻了近 3 番,从 1982 年的 $2\,078.28\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 上升至 2012 年的 $5\,643.75\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,以 $114.7\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 的增幅增长,年增长率为 5.5%。纵观西北地区近 30 年耕地生产力的变化态势(图 2),耕地生产力(y)变化与时间(x)变化符合线性方程: $y=101.3x-198648$ (R^2

$=0.9564$)。

西北地区近 30 年耕地生产力以小范围波动、连续上升的趋势发展(图 2),且可分为明显的三个时段:(1)持续上升期(1982—1992 年),该时间段内耕地生产力持续增加了 $1\,086.48\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,增加幅度达 52%,年均增长 $98.77\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,年增长率为 4.7%;(2)波浪式上升期(1993—2002 年),该时段内的耕地生产力波幅较大,且增长较为缓慢,1993 年耕地生产力为 $3\,501.87\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,到 2002 年增至 $4\,009.24\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,只增加了 $507.34\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,年均增长率仅为 1.4%;(3)缓慢波动上升期(2003—2012 年),2003 年耕地生产力为 $4\,256.46\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,以年均 $138.73\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的速度增长,到 2012 年增至 $5\,643.75\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,年均增长率为 3.3%,占近 30 年来耕地生产力增长的 39%。

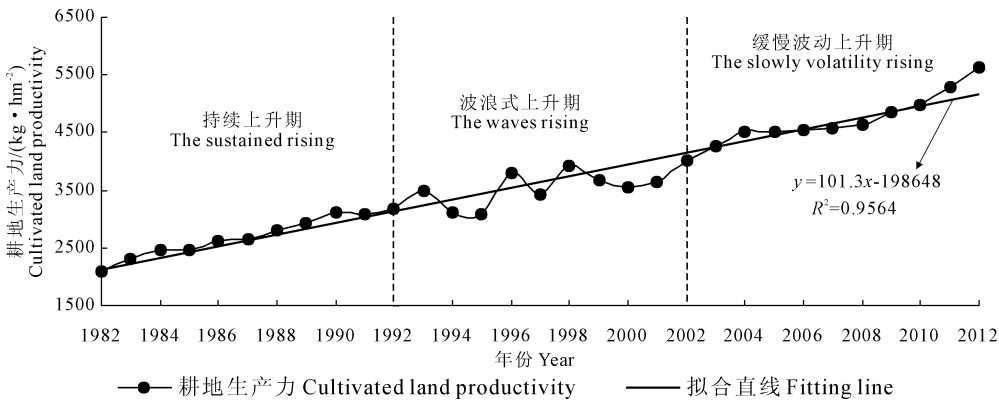


图 2 西北地区 1982—2012 年耕地生产力变化态势

Fig.2 Dynamic evolution of cultivated land productivity in Northwest China during 1982—2012

虽然西北地区耕地粮食生产力持续提高,但其年均增长率不稳定,年际间变化幅度较大(图 3)。1983—2012 年,约有 1/5 年的增长率为负值,其中耕地生产力下降较为严重的年份有 1994 年,增长率为 -10.7% ,1997 年为 -9.5% ,1999 年为 -6.5% ,而较小的负增长率并未影响到耕地粮食生产力的总体

增长趋势。1983—1990 年和 2001—2012 年耕地生产力增长率虽然有起伏,但始终保持正值。1991—2000 年耕地生产力出现了增减交替的波动局面,且在 1996 年到达历史最高水平 23%。耕地生产力增长率的不稳定对预测西北地区耕地生产力、耕地安全和粮食安全的影响较大。因此,须加大西北地区

耕地粮食生产力的科技投入、劳动投入和农业基础要素投入,使自然条件和人为因素对农业的限制降到最低。

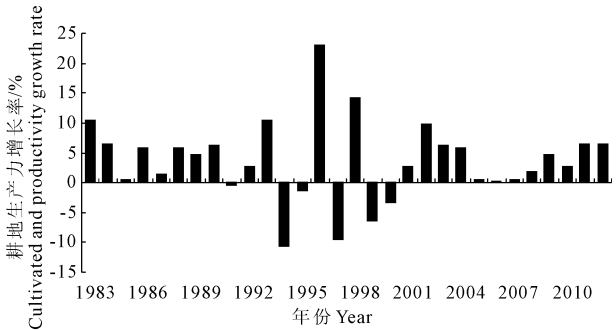


图 3 西北地区 1982—2012 年耕地生产力增长率变化动态
Fig.3 Dynamic evolution of cultivated land productivity growth rate in Northwest China during 1982—2012

3.2 西北地区及其各省耕地粮食生产力相对指数变化

对西北地区耕地粮食生产力相对指数(X_i)研究发现,自 1982 年以来, X_i 呈明显波动上升趋势(图 4),且在 2003 年到达历史最高水平 0.842,比最初的 0.455 增加了近 2 倍,随后以 2008 年为转折点,先后经历了略微下降(2003—2008 年)和缓慢上升的(2008—2012 年)两个阶段,至 2012 年西北地区粮食生产力相对指数为 0.794。表明西北地区粮食生产在全国的比重明显上升,但又始终低于全国的平均水平。因此,西北地区耕地生产力水平相对较低,粮食生产的提升尚有较大的空间。

对比 1982 年和 2012 年西北五省耕地粮食生产力相对指数(X_i)发现,这五个省 X_i 的变化有一定差异,但都呈增加趋势(图 5),其中,新疆粮食生产基

础较低,但其提速最快, X_i 在 2012 年达到 1.094,成为西北地区唯一一个耕地粮食生产力高于全国平均水平的省份;宁夏、甘肃两省粮食生产基础不好,但其提速较快, X_i 上升幅度分别为 0.360 和 0.299,虽 X_i 始终低于全国平均水平,但其对西北地区粮食生产的影响已不可同日而语;陕西省 X_i 由 1982 年 0.626 上升至 2012 年的 0.818,虽然变化幅度不大,且略低于全国平均水平,但其始终保持着西北地区粮食主产区的地位;青海省 X_i 变化最小,只有 0.095,是目前西北地区与全国平均水平差距最大的省份,这与这里较为恶劣的自然条件和落后的经济条件有关。综上可知,西北地区粮食生产中心主要向粮食生产能力较高的新疆和陕西地区集中,究其原因,新疆在改革开放以后加大了对农业的投入,在充分利用丰富的耕地资源的基础上注重提高耕地质量,使得新疆大部分地区的粮食生产力迅速提高;陕西省的地形、土壤、水热等自然条件优越,粮食的复种指数较高且科技投入较大,使得其粮食生产力维持在较高的水平。

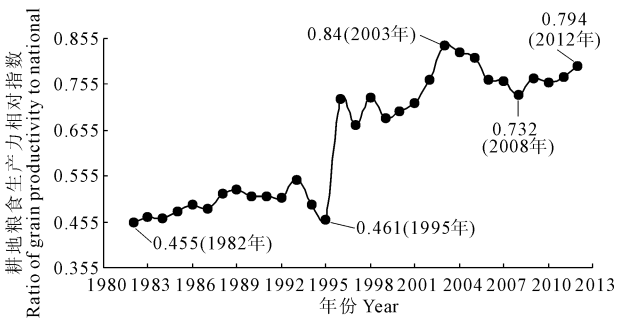


图 4 西北地区 1982—2012 年耕地粮食生产力相对指数变化动态
Fig.4 Dynamic evolution of ratios of grain productivity to the national average in Northwest China during 1982—2012

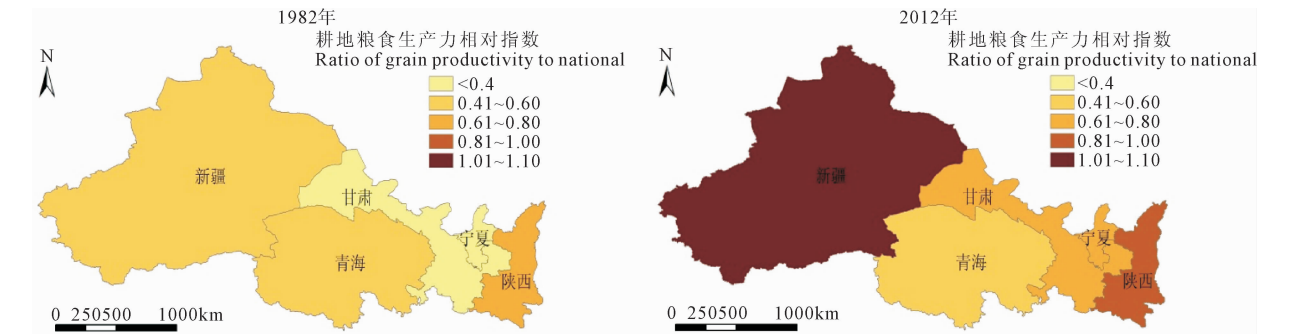


图 5 西北 5 省耕地粮食生产力相对指数分异
Fig.5 Provincial differences in the ratios of grain productivity to the national average in Northwest China

3.3 西北地区耕地压力指数的动态变化规律

耕地压力指数(K)起伏变化受制于多年来最小人均耕地面积($S_{\min}$)与实际人均耕地面积(S)动态

变化的共同影响,其中最小人均耕地面积主要决定于因科技进步、单位面积农业要素投入而变化的粮食单产水平^[40,43],而实际人均耕地面积主要取决于

耕地面积和人口数量的影响。

如图 6 所示,在 1982—2012 年间,西北地区耕

地压力指数(K)在波动变化中呈现明显的阶段性,且大致可分为 4 个阶段:

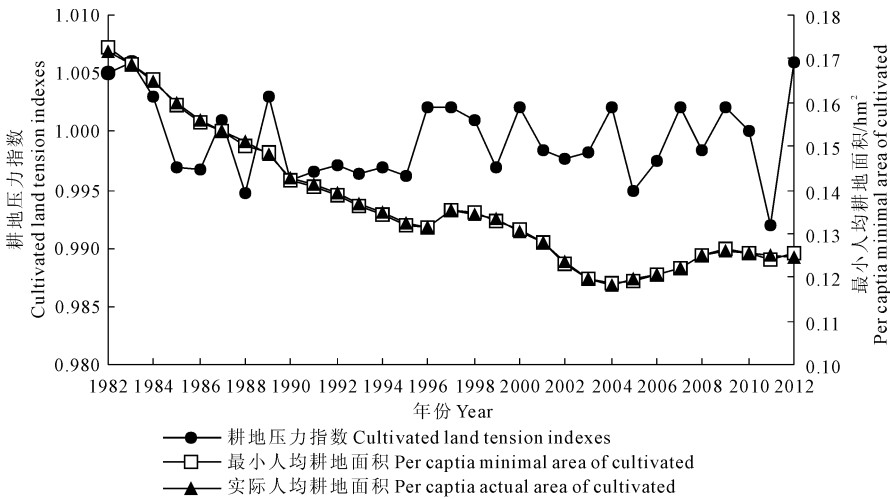


图 6 西北地区 1982—2012 年耕地压力指数动态变化

Fig.6 Dynamic evolution of cultivated land tension indexes in Northwest China during 1982—2012

(1) 持续降低后保持平缓波动期(1982—1995 年)。在 K 持续下降的前 3 年里(1982—1984 年), $S_{\min}$ 都大于 S , 且 K 值均超过 1.0, 该时段内耕地面积持续减少了 1.78%, 人口持续增长 2.33%, 粮食单产持续增加了 16.54%, 说明该时段 K 值持续下降的可能原因是这一时期建立的土地承包经营制度极大地提升了耕地粮食单产水平^[44-45], 导致粮食供给能力增强; 保持平缓波动的 11 年里(1985—1995 年), $S_{\min}$ 基本都 $< S$, K 值降到 1.0 以下, 且一直稳定维持在 (0.995 ± 0.002) , 该时段耕地面积稳中略有减少, 减少了 1.38%, 而人口持续增长 18.9%, 粮食单产增长了 18.53%, 表明该时段 K 值维持平稳的可能原因是这一时期农业科技进步与价格政策影响^[46]使得粮食供给能力的增加与人口增速相当。

(2) 陡升后保持平缓波动期(1996—2000 年)。该时段 $S_{\min}$ 基本都大于 S , K 值跳到 1.0 以上, 且稳定维持在 (1.001 ± 0.001) , 耕地面积由 1996 年的 $11\,424.01 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 剧增到 1997 年的 $11\,902.91 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 后维持平稳, 而人口持续增长 4.85%, 粮食单产波浪式减少了 6.12%, 其可能原因是前一时段粮食供过于求, 粮食价格急转直下, 农民种粮积极性降低致使粮食单产下滑, 加之较快的人口增速导致这一时段的 K 值维持在相对较高的水平。

(3) 陡降后保持平缓波动期(2001—2006 年)。该时段 $S_{\min}$ 基本都小于 S , K 值降到 1.0 以下, 且一直维持在 (0.997 ± 0.001) , 耕地面积呈 V 字形变化,

即急剧减少后显著增加, 总体减少了 2.14%, 而人口持续增加了 3.79%, 粮食单产持续稳中有升, 增加了 14.56%, 说明该时段科技进步与惠农新政实施使得生态退耕等造成的耕地面积锐减并未对粮食产生太大影响^[47-48], 是这一时期 K 值维持在相对较低水平的可能原因。

(4) 波动期(2007—2012 年)。该时段除 2011 和 2012 年的 K 值分别达到近 30 a 最低值 0.992 和最高值 1.006, 形成剧烈反差外, 其它年份保持平稳波动, 2011 年的复种指数陡增与粮食单产持续增加是 K 值达到最低值的可能原因, 而 2012 年复种指数、粮食单产均很高, 但人口过于密集使得人均耕地面积偏小, 导致 K 值过大。

从西北地区耕地压力等级变化情况来看(表 2), 1982—1984 年和 1996—2000 年耕地压力基本处在预警稍大区, 表明这一时段耕地基本能够满足人口对粮食的需求, 但有所恶化; 1985—1995 年和 2001 年以后除个别年份外, 耕地压力均处在预警稍小区, 表明这一时段粮食安全状况总体较好, 呈优化态势。这一变化一定程度上反映了随着时间的推移, 西北地区耕地压力有所缓解, 但其缓解幅度并不大, 耕地压力级别始终处在 II 级预警值范围内, 形势不容乐观, 亟需采取相应措施缓解这一问题。

4 结 论

通过对西北地区近 30 年耕地生产力和耕地压力指数动态演变过程的定量研究, 分析该区在全国粮食生产中的整体水平, 获得如下主要结论:

表 2 1982—2012 年西北地区耕地压力指数和压力等级

Table 2 Cultivated land tension indexes and tension grades in Northwest China during 1982—2012

年份 Year	压力指数 Indexes	压力等级 Grades	年份 Year	压力指数 Indexes	压力等级 Grades	年份 Year	压力指数 Indexes	压力等级 Grades
1982	1.0050	Ⅱ b	1993	0.9964	Ⅱ a	2004	1.0020	Ⅱ b
1983	1.0060	Ⅱ b	1994	0.9970	Ⅱ a	2005	0.9950	Ⅱ a
1984	1.0030	Ⅱ b	1995	0.9962	Ⅱ a	2006	0.9975	Ⅱ a
1985	0.9969	Ⅱ a	1996	1.0020	Ⅱ b	2007	1.0020	Ⅱ b
1986	0.9968	Ⅱ a	1997	1.0020	Ⅱ b	2008	0.9984	Ⅱ a
1987	1.0010	Ⅱ b	1998	1.0010	Ⅱ b	2009	1.0020	Ⅱ b
1988	0.9947	Ⅱ a	1999	0.9970	Ⅱ a	2010	1.0000	Ⅱ a
1989	1.0030	Ⅱ b	2000	1.0020	Ⅱ b	2011	0.9920	Ⅱ a
1990	0.9958	Ⅱ a	2001	0.9984	Ⅱ a	2012	1.0060	Ⅱ b
1991	0.9965	Ⅱ a	2002	0.9976	Ⅱ a			
1992	0.9971	Ⅱ a	2003	0.9983	Ⅱ a			

1) 西北地区耕地生产力呈现出小范围波动、连续上涨的发展趋势,从 1982 年的 2 078.28 kg·hm⁻² 上升至 2012 年的 5 643.75 kg·hm⁻²,翻了近 3 番。虽然西北地区耕地粮食生产力持续提高,但其年均增长率不稳定,年际间变化幅度较大,耕地生产力增长率的不稳定对预测西北地区耕地生产力、耕地安全和粮食安全的影响较大。

2) 西北地区耕地生产力在全国的比重明显上升,但又始终低于全国平均水平,耕地生产力水平相对较低,说明其耕地粮食生产力提升潜力还较大。西北各省粮食生产力相对指数变化的差异性增长趋势表明西北地区粮食生产中心主要向粮食生产能力较高的新疆和陕西地区集中。

3) 西北地区耕地压力指数受耕地面积变化、人口数量增长、粮食单产提高、粮食价格波动、科技投入及相关政策等影响,在阶段性波动变化中呈现略微减小趋势,耕地压力有所缓解,但其缓解幅度并不大,耕地压力级别始终处在Ⅱ级预警值范围内。

参 考 文 献:

[1] 赵荣钦,刘 英.我国耕地资源开发利用现状及研究进展[J].水土保持研究,2006,13(1):108-110.

[2] 李 伟,郝晋珉,冯婷婷,等.基于计量经济模型的中国耕地数量变化政策与资产因素分析[J].农业工程学报,2008,24(6):115-118.

[3] 陈印军,肖碧林,方琳娜,等.中国耕地质量状况分析[J].中国农业科学,2011,44(17):3557-3564.

[4] 程叶青,张平宇.中国粮食生产的区域格局变化及东北商品粮基地的响应[J].地理科学,2005,25(5):513-520.

[5] 贺一梅,杨子生.基于粮食安全的区域人均粮食需求量分析[J].全国商情(经济理论研究),2008,(7):6-8.

[6] 李振声.保面积、攻单产、节消费:关于我国粮食生产与消费的

几点思考[J].求是,2008,(6):44-46.

[7] 王录仓.西北地区耕地资源的保证程度与粮食生产[J].干旱区资源与环境,2003,17(6):8-12.

[8] 刘彦随,王介勇,郭丽英.中国粮食生产与耕地变化的时空动态[J].中国农业科学,2009,42(12):4269-4274.

[9] 邢 鹏,钟甫宁.粮食生产与风险区划研究[J].农业技术经济,2006,(1):19-23.

[10] 闫慧敏,刘纪远,曹明奎.中国农田生产力变化的空间格局及地形控制作用[J].地理学报,2007,62(2):171-180.

[11] 李 茂,张洪业.中国耕地和粮食生产力变化的省际差异研究[J].资源科学,2003,25(3):49-56.

[12] 张秋菊,傅伯杰,陈利顶,等.黄土丘陵沟壑区县域耕地生产力与粮食自给能力变化差异——以安塞县为例[J].资源科学,2004,26(4):126-131.

[13] 陈秀端.陕西省粮食安全区域差异及驱动因素分析[J].干旱区资源与环境,2007,21(8):116-120.

[14] 方修琦,殷培红,陈烽栋.过去 20 年中国耕地生产力区域差异变化研究[J].地理科学,2009,29(4):470-476.

[15] 张利国.我国区域粮食安全演变:1949—2008[J].经济地理,2011,31(5):833-838.

[16] 殷培红,方修琦,马玉玲,等.21 世纪初我国粮食供需的新空间格局[J].自然资源学报,2006,21(4):625-631,678.

[17] 刘玉杰,杨艳昭,封志明.中国粮食生产的区域格局变化及其可能影响[J].资源科学,2007,29(2):8-14.

[18] 邓吉祥,程叶青,张阳生.21 世纪初黑龙江省粮食生产的区域差异及成因分析[J].干旱地区农业研究,2010,28(3):214-218.

[19] 翟荣新,刘彦随.20 世纪 90 年代以来中国粮食生产的区域格局变动[J].中国农业资源与区划,2008,32(6):49-54.

[20] Yin P H, Fang X Q, Tian Q, et al. The changing regional distribution of grain production in China in the 21st century[J]. Journal of Geographical Sciences,2006,(4):396-404.

[21] 王介勇,刘彦随.1990 年至 2005 年中国粮食产量重心演进格局及其驱动机制[J].资源科学,2009,31(7):1188-1194.

[22] 朱 慧,焦广辉,王 哲,等.新疆 31 年来耕地格局时空演变研究[J].干旱地区农业研究,2011,29(2):185-190,197.

[7] 段 刚.基于农用地定级的基本农田保护空间规划方法研究[D].西安:长安大学,2009.

[8] 金志丰.基于 GIS 空间分析的基本农田配置研究[J].水土保持通报,2010,30(5):134-164.

[9] 吴 飞,濮励杰,许 艳,等.耕地入选基本农田评价与决策[J].农业工程学报,2009,25(12):270-277.

[10] 吕焕哲,张建新,胡姝芳,等.灰色关联分析在土地复垦耕地质量评价中的应用[J].农业现代化研究.2009,30(5):591-594.

[11] 潘瑜春,刘巧芹,陆 洲,等.基于农用地分等的区域耕地整理规划[J].农业工程学报,2009,25(增刊 2):260-266.

[12] 石 英,朱德举,程 锋,等.属性层次模型在乡级基本农田保护区布局优化中的应用[J].农业工程学报,2006,22(3):27-31.

[13] 郑新奇,杨树佳,象伟宁,等.基于农用地分等的基本农田保护空间规划方法研究[J].农业工程学报,2007,23(1):66-71.

[14] 宇向东,郝晋珉,鲍文东.基于耕地分等的基本农田空间配置的方法[J].农业工程学报,2008,24(增刊 1):185-189.

[15] 孔祥斌,靳 京,刘 怡,等.基于农用地利用等别的基本农田保护区划定[J].农业工程学报,2008,24(10):45-51.

[16] 钱凤魁,王秋兵.基于农用地分等和 LEISA 方法的基本农田划定[J].水土保持研究,2011,18(3):251-255.

[17] 董秀茹,尤明英,王秋兵.基于土地评价的基本农田划定方法[J].农业工程学报,2011,27(4):336-339.

[18] 周尚意,朱阿兴,邱维理,等.基于 GIS 的农用地连片性分析及其在基本农田保护规划中的应用[J].农业工程学报,2008,24(7):72-77.

[19] 鞠正山,罗 明,张凤荣,等.我国区域土地整理的方向[J].农业工程学报,2003,19(2):6-11.

[20] 石彦琴,陈源泉,隋 鹏,等.华北平原不同耕层厚度对夏玉米土壤养分影响试验初报[J].中国农作制度研究进展,2008,(1):370-374.

(上接第 223 页)

[23] 郭淑敏,马 帅,陈印军.我国粮食主产区粮食生产影响因素研究[J].农业现代化研究,2007,28(1):83-87.

[24] 王亚伟,韩 珂.河南省粮食单产变化趋及影响因素分析[J].干旱地区农业研究,2012,30(4):242-247.

[25] Parry M L, Rosenzweig C, Iglesias A, et al. Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios[J]. Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions,2004,14(1):53-67.

[26] Tao F, Yokozawa M, Liu J Y, et al. Climate change, land use change, and China's food security in the twenty-first century: An integrated perspective[J]. Climatic Change,2009,93(3-4):433-445.

[27] 刘 卉.中国耕地质量等级调查与评定(宁夏卷)[M].北京:中国大地出版社,2010.

[28] 喻建宏.中国耕地质量等级调查与评定(陕西卷)[M].北京:中国大地出版社,2010.

[29] 朱小川.中国耕地质量等级调查与评定(青海卷)[M].北京:中国大地出版社,2010.

[30] 张力学.中国耕地质量等级调查与评定(甘肃卷)[M].北京:中国大地出版社,2010.

[31] 田建荣.中国耕地质量等级调查与评定(新疆卷)[M].北京:中国大地出版社,2010.

[32] 陆文聪,李元龙,祁慧博.全球化背景下中国粮食供求区域均衡:对国家粮食安全的启示[J].农业经济问题,2011,(4):16-26.

[33] Tao F, Yokozawa M, Liu J Y, et al. Climate change, land use change, and China's food security in the twenty-first century: An integrated perspective[J]. Climatic Change, 2009,93(3-4):433-445.

[34] 马文杰,冯中朝.粮食综合生产能力与耕地流失的关系研究[J].农业现代化研究,2005,26(5):353-357.

[35] 韩荣青,戴尔阜,吴绍洪.中国粮食生产力研究的若干问题与展望[J].资源科学,2012,34(6):1175-1183.

[36] 上官周平,李建平,李玉山.耕地变化与粮食安全对策——以陕西省为例[M].北京:科学出版社,2011.

[37] 杨 朔,李世平.陕西省耕地数量变化与动因分析[J].干旱地区农业研究,2013,31(2):225-230.

[38] 谭永忠,吴次芳,王庆日,等.“耕地总量动态平衡”政策驱动下中国的耕地变化及其生态环境效应[J].自然资源学报,2005,(5):727-734.

[39] Cheng Y Q, Zhang P Y, Zhang H M. Variation character of grain yield per unit area in main grain-producing area of Northeast China [J]. Chinese Geographical Science, 2007,17(2):110-114.

[40] 赵永华,刘晓静,奥 勇.陕西省耕地资源变化及耕地压力指数分析与预测[J].农业工程学报,2013,29(11):217-223.

[41] 卢良恕.中国农业新发展与食物安全.中国食物与营养,2003,(11):11-14.

[42] 任桂镇,赵先贵,巢世军,等.基于耕地生态压力指数的中国耕地压力时空差异分析[J].干旱区资源与环境,2008,22(10):37-41.

[43] 朱红波,张安录.中国耕地压力指数时空规律分析[J].资源科学,2007,29(2):104-108.

[44] Fan Shenggen, Zhang Linxiu, Zhang Xiaobo. Reforms, investment, and poverty in rural China[J]. Economic Development and Cultural Change, 2004,52(2):395-421.

[45] Lin Justin Yifu. Rural reforms and agricultural growth in China[J]. The American Economic Review, 1992,82(1):34-51.

[46] 黄季焜.中国农业的过去和未来[J].管理世界,2004,(3):95-104.

[47] 宋小青,欧阳竹.1999—2007 年中国粮食安全的关键影响因素[J].地理学报,2012,67(6):793-803.

[48] 耿艳辉,闵庆文,成升魁,等.泾河流域耕地—人口—粮食系统与耕地压力指数时空分布[J].农业工程学报,2008,24(10):68-73.