

山西省粮食生产发展特征及土地资源限制性研究

邢力^{1,3}, 闫翠萍², 杨萍果¹, 李红军³

(1. 山西师范大学 生命科学学院, 山西 临汾 041000; 2. 山西省农业科学院小麦研究所, 山西 临汾 041000; 3. 中国科学院 遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心, 石家庄 050000)

摘要: 基于山西省 1949—2012 年人口、耕地和粮食产量数据, 以人粮关系为核心, 构建土地资源限制性模型, 从省、市、县三个不同尺度全面分析了山西省粮食发展特征及土地资源对人口分布的影响。结果表明: (1) 县级尺度上, 2003—2012 年粮食盈余地区在增加, 不受土地资源承载力限制的县级单元由 42.1% 增至 65%, 人口超载的地区减少, 其中, 超载地区大部分位于山西省晋北地区, 晋南地区的土地资源限制度较小, 粮食盈余地区所占比例较大, 中部地区偏向于人粮平衡。 (2) 市级尺度上, 土地资源承载力以人粮平衡和土地超载为基本特征, 2012 年与 2003 年相比全省粮食盈余市级地区增加, 土地超载地区减少; (3) 全省尺度上, 建国初期土地承载力指数整体大于 1.13, 土地处于超载状态。近十年间人口分布的土地资源限制度从 27.2 下降到 11.8, 土地资源限制度降低, 人粮关系好转。总体来说, 2012 年的土地资源限制与 2003 年相比有很大程度的降低, 土地超载的地区减少, 人粮关系趋向改善, 粮食盈余地区增加。

关键词: 土地利用; 土地资源限制性; 承载力; 山西省

中图分类号: F062.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2016)04-0185-06

Development of Grain Production and Research on Land Resources Restriction Constraints in Shanxi Province

XING Li^{1,2}, YAN Cuiping², YANG Pingguo¹, LI Hongjun²

(1. School of Life Science, Shanxi Normal University, Linfen, Shanxi 041000, China; 2. Center for Agricultural Resources Research Institute of Genetics and Developmental Biology, Chinese Academy Of Sciences, Shijiazhuang 050000, China)

Abstract: With the growth of population, the issues of land carrying capacity and food safety have attracted worldwide attention. Based on the relationship between population and grain production and the impact of land resources on population, we established a land resources constraint model series of index system and models to evaluate the capacity of land resources restriction for human population distribution in Shanxi Province using the data of grain production and population during the period from 1949 to 2012. In addition, the spatiotemporal features patterns of land resources restriction on population distribution in Shanxi Province were assessed comprehensively in the period from 2003 to 2012 at province, city prefecture and county levels with the goal of providing scientific foundation for the sustainable development of food and population. Limited degree, spatial pattern and changing pattern of land resources restriction on population pattern were also quantitatively revealed. The results showed that: (1) at the county level, the relationship between population and grain production tended to be improved from 2003 to 2012, about 42.2% and 65% of the counties in Shanxi Province were unaffected by land resources restriction respectively in 2003 and 2012; (2) at the city prefecture level, the relationship between population and grain production was improved from 2003 to 2012, the land resources constraints of land resources on production distribution had significant differences on provincial scale, and were at low level in the most of cities prefectures, the restriction degree of land resources on population distribution overall showed a downward trend at the city level during the period from 2003 to 2012; (3) at provincial level, the carrying capacity of land resources has been enhanced since 1949, the limited constraints degree of land resources on population distribution in Shanxi Province declined during the period from 2003 to 2012, down to 11.8 from 27.2 to 11.8 during the period from 2003 to 2012. On the whole, land resource constraints in 2012 were much smaller than those in

收稿日期: 2015-05-28

修回日期: 2015-07-20

资助项目: 国家自然科学基金面上基金“农田土壤磁化率与微量金属含量相关性及其空间格局研究”(31272258)

第一作者: 邢力(1989—), 女, 山西襄汾人, 硕士研究生, 主要从事农田土壤资源利用研究。E-mail: sxlfxl3304@163.com

通信作者: 杨萍果(1974—), 女, 山西襄汾人, 博士, 副教授, 主要从事农田土壤资源利用研究。E-mail: lfypg@126.com, 15135350928

2003 compared to a great degree of reduction, as food surplus areas increased and overloaded land areas reduced during the period from 2003 to 2012, people tended to harmony.

Keywords: land use; land resources constraints; land carrying capacity; Shanxi Province

中国是世界人口大国且土地资源相对短缺。人口数量超过世界人口的 20%, 但可利用的土地仅占世界总数的 7%, 土地可持续利用及粮食生产安全问题一直制约着我国国民经济的平稳发展^[1-2]。近年来, 随着山西省人口的剧增, 人粮矛盾突出, 各级政府对粮食生产及粮食安全问题愈发关注。山西省的人口数量与土地资源承载力之间的关系长期处于吃紧状态。《山西省人口发展研究报告》对山西省未来人口发展预测可知, 2020 年的总人口数将达到 3 654 万人。因此, 面临着环境资源的紧缺, 尤其是淡水资源匮乏及土地资源的持续利用问题, 严重制约了山西省人口数量与土地资源承载的可持续发展。当前, 国内外学术界对于土地资源承载能力^[3-4]和粮食生产潜力^[5-6]以及土地资源的可持续利用问题^[7-8]备受关注, 我国土地管理局、中科院地理科学与资源研究所等单位对我国农业生产力及人口承载力开展了不同时空尺度的评估研究^[9]。其中关于山西省耕地资源及区域粮食安全问题也有研究, 杨苗就临汾市近 25 a 的耕地资源与粮食生产动态做了分析, 研究表明总的耕地面积不断增加, 但人均耕地面积减少, 耕地资源空间变化差异明显^[10]。本文依据山西省近 60 多年的粮食生产发展及不同尺度的土地资源承载力空间格局变化进行了深入研究。以人粮发展关系为核心, 首先讨论 1949—2012 年山西省粮食生产特点, 立足于土地资源对人口分布的约束问题, 构建 LCC 土地资源承载力(land carrying capacity)和 LCCI 土地资源承载力指数(land carrying capacity)模型, 从不同尺度分析山西省土地资源承载力空间格局的现状, 将为山西省人口与粮食可持续发展及区域粮食生产安全提供参考依据。

1 研究区概况与数据来源

山西省地理坐标为 110°14′—114°33′E, 34°34′—40°44′N, 东部以太行山与河北省毗邻, 西南部与陕西、河南省隔黄河相望。北部以外长城为界和内蒙古相毗连, 全境总面积为 15.6 万 km²。山西省按地貌划分, 平原、丘陵和山区的比例大体是 2:4:4。山西省现辖 11 个地级市, 119 个县级行政单位。其中市辖区 23 个, 县级市 11 个, 县域单位 85 个。2012 年总人口数量已达 3 610.83 万, 其中农业人口已达 2 326.73 万, 非农业人口达 1 171.99 万, 城镇化率为

49.68%, 粮食总量为 1 274.1 万 t, 人均粮食占有量为 547.6 kg。

本文的研究数据来源于《山西省统计年鉴》, 包括 1949—2012 年山西省年末总人口数、耕地面积及粮食产量等。由于自然因素和气候因素对粮食总产量的影响, 在研究分县土地资源承载力的同时, 对其进行了 3 a 为一周期的处理, 例如 2010—2012 年粮食总产量的平均值来代替 2012 年的粮食总产量。

2 研究方法

2.1 土地资源承载力(LCC)模型及土地资源承载力指数(LCCI)模型

土地资源承载力又称土地忍耐力, 它是指某地区在维持相对稳定的前提下, 其土地资源所能容纳的人口数量及经济规模的大小。其中包括人均消费及粮食产量、人类需求及土地资源供给间的平衡关系^[11]。本文中的粮食指山西省主要粮食产量, 包括小麦、高粱、玉米、豆类等。

本文以山西省粮食产量为依据, 以人粮关系为核心, 将现实人口数量与理论人口承载数量作对比, 构建土地资源承载力(LCC)模型^[3]和土地资源承载力指数(LCCI)模型^[7]来计算山西省土地资源承载力水平, 公式如下:

$$LCC_i = G_i / Gpc_i \quad (1)$$

$$LCCI_i = Pa_i / LCC_i \quad (2)$$

$$Rp_i = (Pa_i - LCC_i) / LCC_i \times 100\% = (LCCI_i - 1) \times 100\% \quad (3)$$

$$Rg_i = (LCC_i - Pa_i) / LCC_i \times 100\% = (1 - LCCI_i) \times 100\% \quad (4)$$

$$PLI_i = PRI_i / Pa_i \times 100\% \quad (5)$$

式中: LCC_i 为 i 分市的土地资源承载力; G_i 为粮食总产量, 也可以表示该地的土地生产力; Gpc_i 为人均粮食消费标准(400kg/人)^[12-13]; $LCCI_i$ 表示土地资源承载指数, Pa_i 为现实人口数量; Rp_i 为人口超载率; Rg_i 为粮食盈余率; PLI_i 为土地资源承载限度; PRI_i 为人口超载数量, 即现实人口数量与土地资源承载力的差值^[14-16]。

根据 LCC_i 和 Pa_i 的大小可以将土地资源承载力划分为 3 种类型: 当 $LCC_i < Pa_i$ 时, 人口超载(即区域的粮食总产量不能够供应现实人口总量); 当 $LCC_i = Pa_i$ 时, 人粮平衡(即区域的粮食总产量恰好能供应现实人口总量); 当 $LCC_i > Pa_i$ 时, 粮食盈余(即区域的

粮食总量超过现实人口总量)。基于 LCCI 的土地资源承载力分级评价标准(表 1),可以将土地资源承载力细分为 8 个级别,在此基础上本文首先以县级为单

元,定量分析 2003—2012 年近 10 a 分县、市、省人口分布的土地资源限制性,评价山西省 10 a 来土地资源限制度的空间变化趋势。

表 1 基于 LCCI 的土地资源承载力分级评价标准

| 土地资源承载力级别 | | 土地资源承载力指数 LCCI | Rg 或 Rp | 人均粮食占有量/kg |
|-----------|------|------------------------|-------------------------|------------|
| 类型 | 级别 | | | |
| 粮食盈余 | 富富有余 | $LCCI \leq 0.5$ | $Rg \geq 50\%$ | ≥ 800 |
| | 富裕 | $0.5 < LCCI \leq 0.8$ | $25\% \leq Rg < 50\%$ | 533~800 |
| | 盈余 | $0.8 < LCCI \leq 0.9$ | $12.5\% \leq Rg < 25\%$ | 457~533 |
| 人粮平衡 | 平衡有余 | $0.9 < LCCI \leq 1$ | $0 \leq Rg < 12.5\%$ | 400~457 |
| | 临界超载 | $1 < LCCI \leq 1.13$ | $0 < Rp \leq 12.5\%$ | 356~400 |
| | 超载 | $1.13 < LCCI \leq 1.3$ | $12.5 < Rp \leq 25\%$ | 320~356 |
| 人口超载 | 过载 | $1.3 < LCCI \leq 1.5$ | $25 < Rp \leq 50\%$ | 267~320 |
| | 严重超载 | $LCCI > 1.5$ | $Rp > 50\%$ | < 267 |

注:表中数据来源于文献[17];Rp 为人口超载率;Rg 为粮食盈余率。

2.2 粮食生产波动及波动指数

粮食生产波动是指该地区粮食年度总产量的实际变化偏离正常粮食产量的变动趋势,用 GYFI 波动指数(Grain yield fluctuation index)^[18-20]来表示。公式如下:

$$GYFI_i = (Y_i - Y'_i) / Y'_i \tag{6}$$

式中:Y_i 为 i 年粮食产量(万 t);Y'_i 为趋势粮食产量,通过粮食产量趋势拟合方程得到(万 t)。

3 结果与分析

3.1 山西省的土地资源限制性及粮食生产发展的态势分析

3.1.1 县级尺度 县级尺度的土地资源承载力研究表明:2012 年与 2003 年相比,山西省粮食盈余的县区明显增加,土地超载地区逐渐减少,人粮关系明显趋于改善(图 1、表 2、表 3)。

2003 年的粮食盈余地区共包括 17 个县域,人口数量与土地面积分别占山西省人口总数及总面积的 11.9%和 15.8%,其中粮食盈余的地区最多,占山西省总县域数量的 7.5%,粮食充裕地区次之(占 6.5%),富富有余的地区最少(占 1.9%);人口超载地区共 62 个县域,人口数量与土地面积分别占到山西省总人口与总面积数的 67.6%和 57.2%,这些地区表现为人粮关系紧张,粮食较为亏缺,急需改善紧张关系;28 个县处于人粮平衡状态,人口与土地面积分别占 20.6%和 27.0%,这些地区大体分布较为分散,在人口超载地区和粮食盈余地区中交叉出现。

2012 年的粮食盈余地区比 2003 年大大增多,共有 53 个县,人口数量与土地面积分别占山西省总人口数和总面积数的 44.5%和 48.4%,其中富富有余的县域出现 12 个,富裕的县域出现 29 个,盈余县域出现 12 个,粮食

盈余县域数占山西省总县域数的 49.5%,表明这些县为人粮关系良好,粮食尚有结余。人口超载地区共有 35 个县,人口与土地面积分别占山西省总人口数和总面积数的 40.2%和 16.1%,与 2003 年相比县域数量减少了一半,说明人粮关系有所改善,但这些县人口处于超载状态,需进行调整。人粮平衡的地区包括 19 个,人口数量和土地面积分别占山西省人口总数及总面积数的 15.3%和 18.1%,这些地区表现为人口粮食关系较好,粮食有余或临界超载,人口与粮食发展较为均衡,分布空间比较集中。

3.1.2 市级尺度 分市土地资源承载力研究表明,土地资源承载力以人粮平衡和土地超载为主要特征。2012 年与 2003 年相比粮食盈余地区增加了 6 个,比例达到了 54.5%,人粮平衡与土地超载地区均有所减少(表 4)。

2003 年山西省人粮关系非常紧张,未出现粮食盈余地区,人粮平衡地区只有朔州市、忻州市、长治市、临汾市 4 个,共占山西省 11 个市区的 36.4%,表现为人口与粮食发展比较均衡,粮食平衡有余或临界超载。大同市、晋中市、晋城市、太原市、阳泉市、吕梁市和运城市,这 7 个地区处于土地超载状态,共占山西省总市区的 63.6%,表现为人粮关系突出,人口超载。

2012 年分市土地承载力以粮食盈余和土地超载为基本特征。其中,粮食盈余地区出现 6 个市,分别是:朔州市、忻州市、长治市、临汾市、晋中市、运城市,占全省市区总数的 54.5%,比 2003 年增加了 6 个地区;人粮平衡的市区仅有晋城市,占全省市区总数的 9.1%,与 2003 年相比,减少了 3 个地区;土地超载地区出现了 4 个,分别是:大同市、太原市、阳泉市、吕梁市,占市区总数的 36.4%,与 2003 年相比减少了 3 个地区,人粮关系趋于改善。

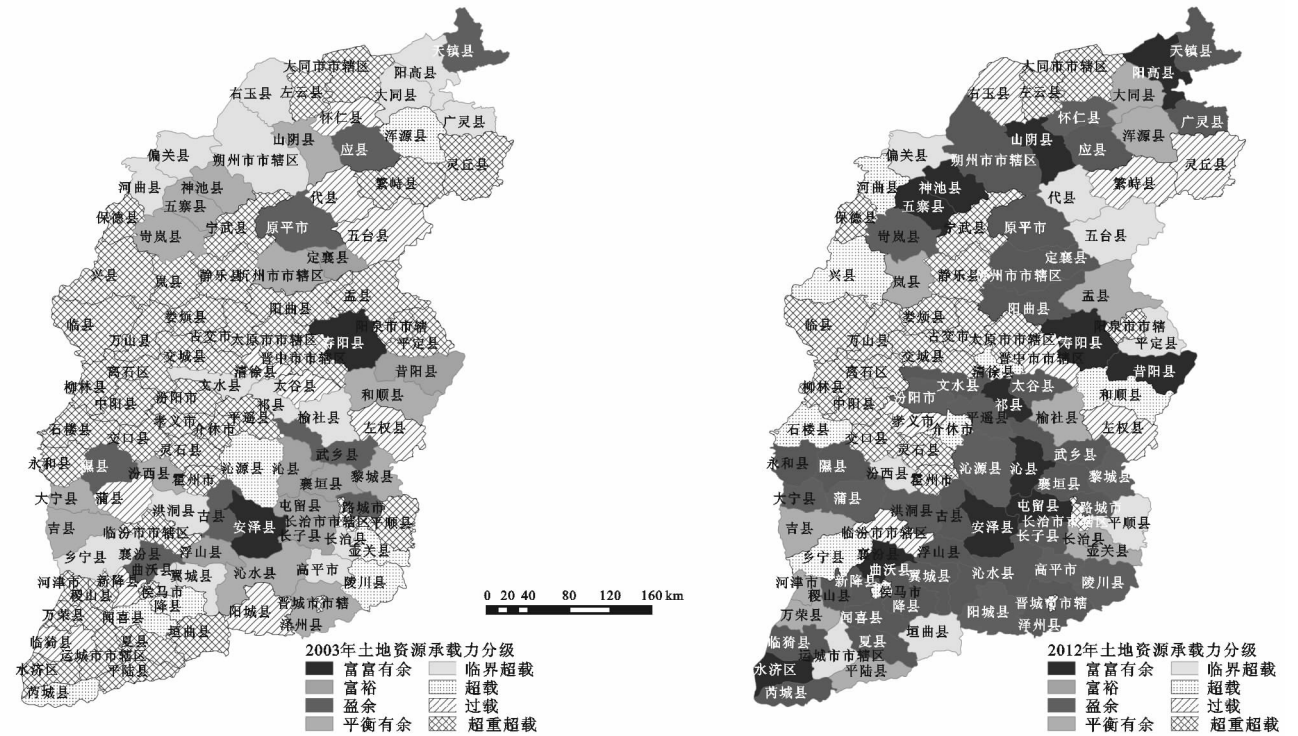


图 1 山西省土地资源承载力空间格局

表 2 2003 年山西省分县土地资源承载力评价

| 类型 | 土地承载 状况 | 分县 | | 土地 | | 人口 | | 粮食盈余或 亏缺数量/万 t |
|------|------------|------|------|------------------------------------|------|--------|------|-------------------|
| | | 数量/个 | 比例/% | 面积/10 ⁴ km ² | 比例/% | 数量/万人 | 比例/% | |
| 粮食盈余 | 富富有余 | 2 | 1.9 | 0.4 | 2.6 | 28.9 | 0.9 | 25.3 |
| | 富裕 | 7 | 6.5 | 0.8 | 5.4 | 158.6 | 4.8 | 101.3 |
| | 盈余 | 8 | 7.5 | 1.2 | 7.7 | 203.9 | 6.2 | 100.3 |
| | 小计 | 17 | 15.9 | 2.5 | 15.8 | 391.4 | 11.9 | 226.9 |
| 人粮平衡 | 平衡有余 | 12 | 11.2 | 1.8 | 11.8 | 236 | 7.1 | 98.9 |
| | 临界超载 | 16 | 14.6 | 2.4 | 15.2 | 445.1 | 13.4 | 170.5 |
| | 小计 | 28 | 26.2 | 4.2 | 27 | 681.1 | 20.6 | 269.4 |
| | 超载 | 7 | 6.5 | 1.1 | 6.8 | 207.1 | 6.2 | 68.3 |
| 人口超载 | 过载 | 10 | 9.3 | 1.5 | 9.6 | 298.1 | 9 | 88.6 |
| | 严重超载 | 45 | 42.1 | 6.3 | 40.8 | 1736.6 | 52.4 | 305.7 |
| | 小计 | 62 | 57.9 | 8.9 | 57.2 | 2241.8 | 67.6 | 462.6 |
| | 总计 | 107 | 100 | 15.5 | 100 | 3314.3 | 100 | 958.9 |

表 3 2012 年山西省分县土地资源承载力评价

| 类型 | 土地承载 状况 | 分县 | | 土地 | | 人口 | | 粮食盈余或 亏缺数量/万 t |
|------|------------|------|------|------------------------------------|------|--------|------|-------------------|
| | | 数量/个 | 比例/% | 面积/10 ⁴ km ² | 比例/% | 数量/万人 | 比例/% | |
| 粮食盈余 | 富富有余 | 12 | 11.2 | 1.8 | 11.6 | 284.7 | 8.4 | 299 |
| | 富裕 | 29 | 27.2 | 3.9 | 25.2 | 863.2 | 25.3 | 565.7 |
| | 盈余 | 12 | 11.2 | 1.8 | 11.6 | 369.1 | 10.8 | 183.7 |
| | 小计 | 53 | 49.5 | 7.5 | 48.4 | 1517 | 44.5 | 1048.4 |
| 人粮平衡 | 平衡有余 | 11 | 10.3 | 1.5 | 9.7 | 301.5 | 8.8 | 126.4 |
| | 临界超载 | 8 | 7.5 | 1.3 | 8.4 | 218.6 | 6.4 | 830.5 |
| | 小计 | 19 | 17.8 | 2.8 | 18.1 | 520.1 | 15.3 | 956.9 |
| | 超载 | 8 | 7.5 | 1.2 | 7.8 | 192.5 | 5.6 | 643.4 |
| 人口超载 | 过载 | 7 | 6.5 | 1.3 | 8.4 | 285.6 | 8.4 | 825.7 |
| | 严重超载 | 20 | 18.7 | 2.7 | 17.4 | 893.2 | 26.2 | 901.1 |
| | 小计 | 35 | 32.7 | 5.2 | 16.1 | 1371.3 | 40.2 | 2370.2 |
| | 总计 | 107 | 100 | 15.5 | 100 | 3408.4 | 100 | 4375.5 |

| 表 4 2003 年和 2012 年山西省分市土地资源承载力评价 | | | | | | |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| 类型 | 粮食盈余 | | 人粮平衡 | | 土地超载 | |
| | 2003 | 2012 | 2003 | 2012 | 2003 | 2012 |
| 土地面积/ 10^4km^2 | 0 | 10.1 | 7.0 | 0.8 | 8.5 | 4.7 |
| 比例/% | 0 | 64.7 | 45.2 | 5.1 | 54.8 | 30.1 |
| 分市数量/个 | 0 | 6 | 4 | 1 | 7 | 4 |
| 比例/% | 0 | 54.5 | 36.4 | 9.1 | 63.6 | 36.4 |

3.1.3 全省尺度 通过分析山西省的土地资源承载

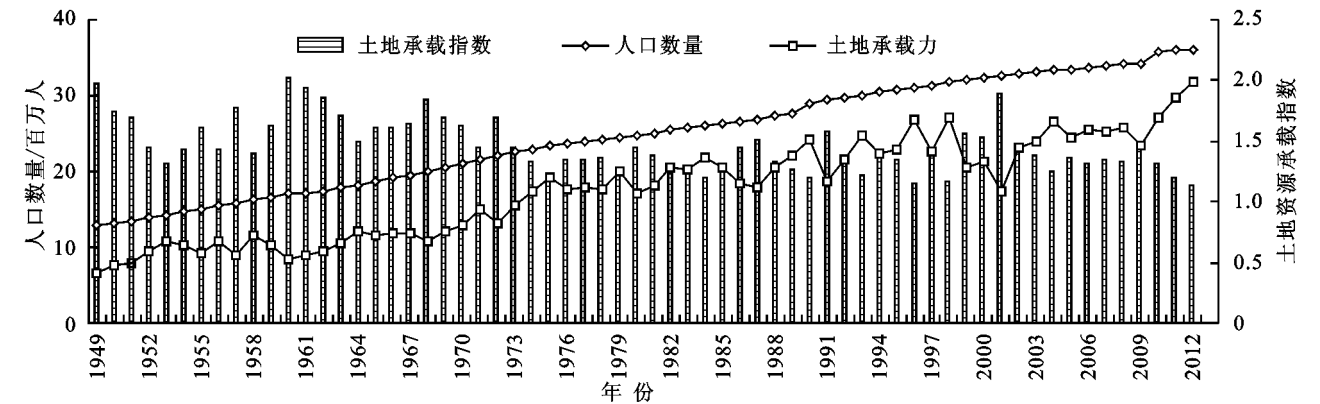


图 2 山西省历年来土地资源承载能力分析

根据 1949—2012 年时间序列资料,得到粮食产量趋势线拟合方程: $Y'_i = 13.136t + 280 (R^2 = 0.8958)$ 。式中, Y'_i 为趋势粮食产量, 10^6t ; t 为时间序列。通过拟合方程和公式(6),得到历年山西省粮食生产的波动指数(图 3),发现:山西省粮食总产量呈上升趋势,并伴有周期性波动,具有明显的不稳定性。自 1949 年以来,山西省粮食产量的波动周期为 3~5 a,长短不一。1958 年山西省粮食总产量从 1949 年的 257.57 万 t 增至 462 万 t;到了 1960 年又跌至 337 万 t;然而到了 1964 年又增至 488 万 t,之后粮食总产量大体上保持增

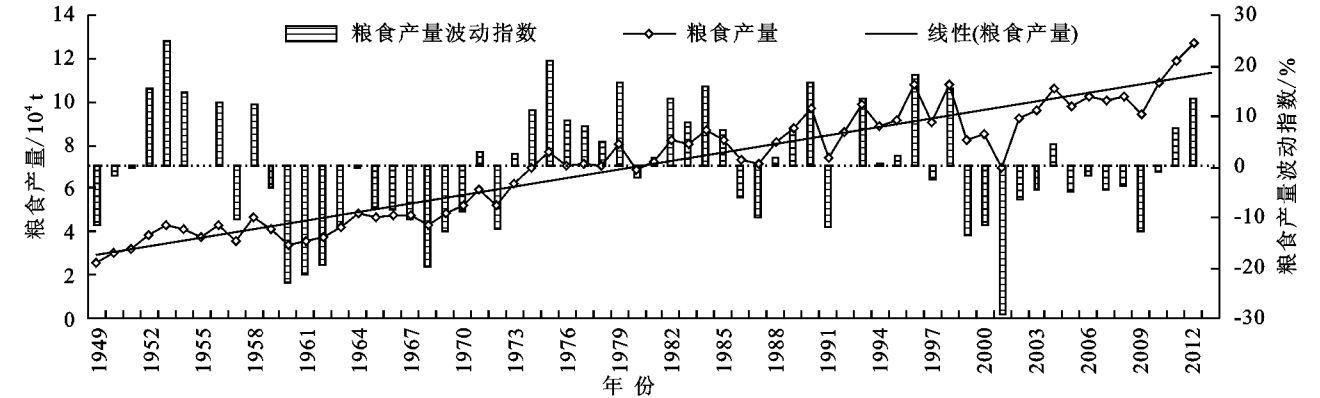


图 3 1949—2012 年山西省粮食产量波动情况

3.2 基于人口分布的土地资源限制度

(1) 分县和分市的土地资源限制度研究表明,2003 年和 2012 年大部分地区人口分布的土地资源限制度差异较大。具体说来,2003 年生活在超载地区的人口总数占全省总人口数的 67.6%,超载人口已达 2 241.8 万人。2012 年生活在土地超载地区的人口比 2003 年下降了 870.5 万人,占全省总人口数

力,结果表明 1949—2012 年土地资源承载力趋于增强,人口与粮食关系也趋于平衡,但由于人口数量不断增加,人粮关系仍处于紧张状态(图 2)。具体来看:建国以后山西省的土地承载力指数 LCCI 大于 1.13,土地资源承载力水平表现为粮食短缺,土地超载的状态。2009—2012 年,土地资源承载力与人口规模的紧张状态略有好转。

长趋势;到 1979 年粮食总产量达到 800 万 t。1980 年粮食产量跌至 686 万 t,随后的 3 a 一直保持增长趋势,1983 年粮食总产量又恢复至 806 万 t。2006 年山西省粮食总产量第一次达到 1 024.5 万 t,此后至 2008 年一直保持在千吨以上,到了 2009 年又跌至 942 万 t,之后粮食产量迅速恢复增长。1949—1960 年山西省的粮食产量波动指数较大,最高可以达到 21.75%,1961—2012 年粮食产量波动指数大约维持在 10%以内,部分年份的粮食波动指数较大,处于 10%~15%之间,截止到 2012 年山西省粮食总产量已达到 1 274.1 万 t。

量的 24.1%,粮食产量也比 2003 年增加了 315.23 万 t。2003 年出现的人口超载县域有 62 个,其中临界超载的县域出现 16 个;超载的县域出现 6 个;过载的县域出现 10 个;严重超载的县域出现 45 个,占超载人口总数的 59.1%。土地资源限制度已达到 27.6%。2012 年出现的人口超载县域较 2003 年而言仅有 35 个,临界超载的县域减少了 8 个;超载县域增

加了2个;超载县域减少了10个;严重超载县域减少了25个,占超载总人口数量的56.2%,比2003年减少了2.9个百分点,土地资源限制度也低至11.8%。

总体而言,从2003—2012年近十年来,山西省的土地资源限制度在降低,分市的人粮关系好转。其中,大部分县域人口分布的土地资源限制度处于较低水平,粮食盈余的县域在增加,人口超载地区在减少,人粮关系趋于改善。

(2) 从全省的角度来看:建国以来,随着土地资源承载力的稳步上升,全省人口分布的土地资源限制度在逐步下降。就2003年,2012年相比较而言,2003年的土地资源限制度为27.2,约有68%的人口生活在土地资源超载区,超载人口达到0.2亿,其中土地资源限制度为负值的地区有朔州市和长治市,太原市的土地资源最为紧张,其土地资源限制度已达83%,急需对总人口进行控制。2012年土地资源限制度较2003年相比约为11.8,土地资源限制度为负值的地区提高至7个,分别是朔州市、忻州市、晋中市、长治市、晋城市、临汾市、运城市,其中太原市的土地资源限制度也有所控制,从83.1%下降至81%。总体说来,限制度的下降表明从2003—2012年的人口与土地之间的适宜程度在提升,2012年超载地区的人口总数仅有0.1亿人(图4)。

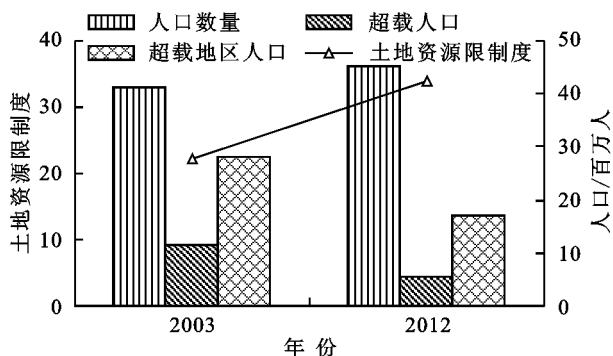


图4 2003年和2012年山西省土地资源限制度演化趋势

4 结论

(1) 山西省粮食盈余的县市在增加,土地超载的地区在减少,人粮关系趋于改善,分县的土地资源承载力以土地超载和粮食盈余为其特征。2003—2012年分县粮食盈余地区增加,基本不受土地资源限制的分县单元由42.1%增至65%,人口超载地区减少。其中,超载地区大部分位于山西省晋北地区,晋南地区的土地资源限制度较小,粮食盈余地区所占比例较大,中部地区偏向于人粮平衡。

(2) 分市人口的土地资源限制程度呈下降趋势,以人粮平衡和土地超载为其特征。2012年与2003年

相比粮食盈余地区增加了6个,比例达到了54.5%,人粮平衡与土地超载地区均有所减少。总体来说,2012年的土地资源限制度与2003年相比有很大程度降低,土地超载地区减少,粮食盈余地区增加,人粮关系趋于改善。

(3) 全省角度来看:自1949年以来,土地资源承载力趋于增强,土地承载力指数整体大于1.13,土地仍处于超载状态。从2003—2012年,人口分布的土地资源限制度从27.2下降到11.8,人口分布的土地资源限制度降低,人粮关系好转。在此基础上,全省应对已开发利用的土地资源进行合理耕种、节约用地、控制人口数量增长,因地制宜的全面规划,使得全省土地资源利用更为合理,人粮关系更为和谐。

参考文献:

- [1] 朱晓娟,刘普幸,赵敏丽,等. 甘肃省土地资源承载力格局的时空演变分析[J]. 土壤,2013,45(2):346-354.
- [2] Yu Yongqiang, Huang Yao, Zhang Wen. Modeling soil organic carbon change in croplands of China, 1980—2009[J]. Global and Planetary Change, 2012, 82(83): 115-128.
- [3] 施开放,刁承泰. 重庆市粮食生产发展特征及土地资源承载力空间格局研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(4): 168-171.
- [4] 李灿,张凤荣,朱泰峰,等. 基于熵权TOPSIS模型的土地利用绩效评价及关联分析[J]. 农业工程学报, 2013, 29(5): 217-227.
- [5] 刘芳,张红旗. 我国农产品主产区土地可持续利用评价[J]. 自然资源学报, 2012, 27(7): 1138-1153.
- [6] 杨艳昭,游珍. 中国人口分布的土地资源限制性和限制度研究[J]. 地理研究, 2014, 33(8): 1395-1405.
- [7] 杨青生. 基于元胞自动机的土地资源节约利用模拟[J]. 自然资源学报, 2009, 24(5): 753-762.
- [8] 张勇,曾澜,吴炳方. 区域粮食安全预警指示体系的研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(3): 192-196.
- [9] 封志明,杨艳昭,张晶. 中国基于人粮关系的土地资源承载力研究:从分县到全国[J]. 自然资源学报, 2008, 23(5): 865-875.
- [10] 杨苗,杨萍果. 近25 a临汾市耕地资源与粮食安全动态分析[J]. 水土保持研究, 2012, 19(5): 271-274.
- [11] 封志明. 土地承载力研究的过去、现在与未来[J]. 中国土地科学, 1994, 8(3): 1-9.
- [12] 吴林筱,任志远,赵胜男,等. 山西省土地资源人口承载力多尺度时空差异分析[J]. 山东农业科学, 2015, 47(6): 83-86.
- [13] 谢平,文倩,孙水娟,等. 基于人粮关系的湖南省耕地资源人口承载力研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(4): 274-278.

型资源城市的土地利用变化进行全面研究,深入对比分析资源型城市或衰退型资源城市土地利用所表现出的特点,从而挖掘出焦作市的特有特点,同时这也将作为下一步的研究继续深入。

致谢:本文特别感谢来自印第安纳州立大学的谢燕华博士师兄的悉心指导和帮助,也感谢我们团队各位同门的帮助和修改。

参考文献:

- [1] 刘力刚,罗元文.资源型城市可持续发展战略[M].北京:经济管理出版社,2006.
- [2] 孙纪.资源型城市土地利用的空间效应[D].沈阳:沈阳师范大学,2014.
- [3] Nyongui A N, Tonye E, Akono A. Evaluation of speckle filtering and texture analysis methods for land cover classification from SAR images[J]. International Journal of Remote Sensing, 2002, 23(9): 1895-1925.
- [4] 刘春悦,张树清,江红星,等.对应分析在多时相遥感影像分类前变化检测中的应用:以江苏省盐城市为例[J].资源科学, 2008, 30(9): 1409-1414.
- [5] 吴柯,牛瑞卿,王毅,等.基于PCA与EM算法的多光谱遥感影像变化检测研究[J].计算机科学, 2010, 37(3): 282-284.
- [6] 尤淑撑,刘顺喜,李小文,等.基于空间约束关系的土地利用/覆被遥感分类方法研究[J].农业工程学报, 2005, 21(9): 51-55.
- [7] 袁国华,郑娟尔,王世虎.资源型城市土地利用政策研究[M].北京:地质出版社,2014.
- [8] Schneider A. Monitoring land cover change in urban and peri-urban areas using dense time stacks of Landsat satellite data and a data mining approach[J]. Remote Sensing of Environment, 2012, 124: 689-704.
- [9] 詹森.遥感数字影像处理导论[M].北京:机械工业出版社,2007.
- [10] 库向阳,薛惠锋,雷学武,等.基于分类规则挖掘的遥感影像分类研究[J].遥感学报, 2006, 10(3): 332-338.
- [11] Ma L, Deng J, Yang H, et al. Urban landscape classification using Chinese advanced high-resolution satellite imagery and an object-oriented multi-variable model[J]. Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering, 2015, 16: 238-248.
- [12] 王崇倡,郭健,武文波.基于ERDAS的遥感影像分类方法研究[J].测绘工程, 2007, 16(3): 31-34.
- [13] 郑明国,蔡强国,秦明周,等.一种遥感影像分类精度检验的新方法[J].遥感学报, 2006, 10(1): 39-48.
- [14] Pal M, Mather P M. An assessment of the effectiveness of decision tree methods for land cover classification[J]. Remote sensing of environment, 2003, 86(4): 554-565.
- [15] Rodriguez-Galiano V F, Chica-Olmo M, Abarca-Hernandez F, et al. Random Forest classification of Mediterranean land cover using multi-seasonal imagery and multi-seasonal texture[J]. Remote Sensing of Environment, 2012, 121: 93-107.
- [16] Na X, Zhang S, Zhang H, et al. Integrating TM and ancillary geographical data with classification trees for land cover classification of marsh area[J]. Chinese Geographical Science, 2009, 19(2): 177-185.
- [17] 杨耘,徐丽,颜佩丽.条件随机场框架下基于随机森林的城市土地利用/覆盖遥感分类[J].国土资源遥感, 2014, 26(4): 51-55.
- [18] Breiman L. Random forests[J]. Machine Learning, 2001, 45(1): 5-32.
- [19] 李欣海.随机森林模型在分类与回归分析中的应用[J].应用昆虫学报, 2013, 50(4): 1190-1197.
- [20] 崔步礼,李小雁,姜广辉,等.基于DEM的山地丘陵区土地利用/覆被研究:以青海湖流域为例[J].自然资源学报, 2011, 26(5): 871-880.
- [21] 林成德,彭国兰.随机森林在企业信用评估指标体系确定中的应用[J].厦门大学学报:自然科学版, 2007, 46(2): 199.
- [22] 吴郁玲,曲福田.中国城市土地集约利用的影响机理:理论与实证研究[J].资源科学, 2007, 29(6): 106-113.

(上接第190页)

- [14] Yin Peihong, Fang Xuiqi, Yun Yaru. Regional differences of vulnerability of food security in China[J]. Journal of Geographical Sciences, 2009, 19(5): 532-544.
- [15] 黄海,刘长城,陈春.基于生态足迹的土地生态安全评价研究[J].水土保持研究, 2013, 20(1): 193-201.
- [16] 郭欢欢,李波,侯鹰.基于土地功能的土地资源承载力研究:北京市海淀区为例[J].北京师范大学学报:自然科学出版, 2011, 47(4): 424-427.
- [17] 申更强,查轩.基于人粮关系的土地资源承载力演研究[J].亚热带水土保持, 2010, 22(4): 22-25.
- [18] 陈红霞.土地集约利用背景下城市人口规模效益与经济规模效益的评价[J].地理研究, 2012, 31(10): 1887-1894.
- [19] 封志明.中国未来人口发展的粮食安全与耕地保障[J].人口研究, 2007, 31(2): 15-29.
- [20] 刘东,封志明,杨艳昭.中国粮食生产发展特征及土地资源承载力空间格局现状[J].农业工程学报, 2011, 27(7): 1-7.