

# 基于人粮关系的鄂尔多斯砒砂岩区 土地资源承载力变化特征

王瑞杰<sup>1</sup>, 吴林荣<sup>2</sup>, 闫峰<sup>3</sup>

(1. 东北大学秦皇岛分校 资源与材料学院, 河北 秦皇岛 066004;

2. 陕西省气象局, 陕西 西安 710014; 3. 中国林业科学研究院 荒漠化研究所, 北京 100091)

**摘要:** [目的] 分析 2000—2015 年鄂尔多斯砒砂岩区人口数量与粮食产量关系, 研究生态脆弱区土地资源承载指数和土地资源承载力状态, 为砒砂岩区经济和社会的可持续发展提供理论依据。[方法] 采用 2000, 2005, 2010 和 2015 年 Landsat 影像进行鄂尔多斯砒砂岩区土地类型分类提取, 结合土地面积、粮食产量和人口数据等社会经济数据, 运用土地资源承载力模型和土地资源承载指数研究砒砂岩区土地资源承载力时空变化特征。[结果] ① 2000—2015 年鄂尔多斯市土地资源承载力呈现逐渐增加的趋势, 土地资源承载指数波动下降; ② 粮食产量呈逐渐增加趋势, 人粮关系基本处于粮食盈余状态, 人口容纳能力尚有一定的增长空间; ③ 旗区间土地资源承载力存在较大差异, 其中东胜区和准格尔旗土地资源承载力较高, 人粮矛盾相对严重; 鄂托克旗和伊金霍洛旗土地资源承载力中等, 大部分年份粮食盈余; 鄂托克前旗、杭锦旗、乌审旗和达拉特旗处于粮食盈余状态, 土地资源承载力相对较低。[结论] 鄂尔多斯砒砂岩区土地资源承载力总体上仍有一定增加空间, 但各旗区内部存在较大差异。

**关键词:** 人粮关系; 砒砂岩; 土地承载力; 土地承载指数; 鄂尔多斯

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2019)06-0142-07

中图分类号: K903

**文献参数:** 王瑞杰, 吴林荣, 闫峰. 基于人粮关系的鄂尔多斯砒砂岩区土地资源承载力变化特征[J]. 水土保持通报, 2019, 39(6):142-148. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2019.06.021; Wang Ruijie, Wu Linrong, Yan Feng. Variation characteristics of land resources carrying capacity in Ordos fieldspathic sandstone area based on man-grain relationship[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019, 39(6):142-148.

## Variation Characteristics of Land Resources Carrying Capacity in Ordos Fieldspathic Sandstone Area Based on Man-grain Relationship

Wang Ruijie<sup>1</sup>, Wu Linrong<sup>2</sup>, Yan Feng<sup>3</sup>

(1. School of Resources and Materials, Northeastern University at Qinhuangdao Branch,

Qinhuangdao, Hebei 066004, China; 2. Shaanxi Province Meteorological Bureau, Xi'an, Shaanxi

710014, China; 3. Institute of Desertification Studies, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

**Abstract:** [Objective] Based on the man-grain relationship, the spatio-temporal variation characteristics of land resources carrying capacity from 2000 to 2015 in Ordos City were studied by land resources carrying capacity model, in order to provide theoretical basis for the sustainable development of the economy and society in the fieldspathic sandstone area. [Methods] Landsat images of 2000, 2005, 2010 and 2015 were used to extract land use types in fieldspathic sandstone area. Social and economic data such as land area, grain yield and population was used. Spatio-temporal variation characteristics of land resources carrying capacity were then studied by using land resources carrying capacity model and index in Ordos fieldspathic sandstone area. [Results] ① From 2000 to 2015, the carrying capacity of land resources in Ordos shows a gradual increase trend, and the carrying capacity index of land resources fluctuated and decreased. ② Grain output

收稿日期: 2019-06-24

修回日期: 2019-08-17

资助项目: 国家重点研发计划项目“鄂尔多斯高原砒砂岩区生态综合治理技术”(2017YFC0504502)

第一作者: 王瑞杰(1974—), 女(汉族), 辽宁省朝阳市人, 讲师, 博士, 主要从事资源环境研究。E-mail: ruijiawang@163.com。

通讯作者: 闫峰(1973—), 男(汉族), 江苏省连云港市人, 博士, 副研究员, 主要从事环境遥感和干旱灾害研究。E-mail: njuyf@163.com。

showed a gradual increase trend. Man-grain relationship was basically in the state of grain surplus, and the population carrying capacity still had a certain growth space. ③ There were great differences in the carrying capacity of land resources among different districts in Ordos City. The carrying capacity of land resources in Dongsheng District and Jungar Banner was relatively higher, and the contradiction between population and grain was serious. The carrying capacity of land resources in Etok Banner and Ejin Horo Banner was medium, and the state of grain surplus existed in most years from 2000 to 2015. Etok Qian Banner, Hangjin Banner, Uxin Banner and Dalad Banner were in the state of grain surplus, and the carrying capacities of land resources were relatively lower. [Conclusion] There is still room for the carrying capacity of land resources growth in Ordos fieldspathic sandstone area, but there are great differences among different banners or districts.

**Keywords:** man-grain relationship; fieldspathic sandstone; land carrying capacity; land carrying capacity index; Ordos

砒砂岩是属古生代二叠纪(约2.5亿年)和中生代三叠纪、侏罗纪和白垩纪的厚层砂岩、砂页岩和泥质砂岩组成的岩石互层,其成岩程度低岩层松散,遇水如泥、遇风成砂,水土流失十分严重,因其治理难度大,被中外专家称之为“世界水土流失之最”和“地球环境癌症”。砒砂岩集中分布于黄土高原北部晋、陕、内蒙古接壤地区鄂尔多斯高原,主要分布在内蒙古鄂尔多斯市东胜区、准格尔旗、伊金霍洛旗、达拉特旗、杭锦旗,陕西神木、府谷县以及山西河曲、保德和清水河等区域,总面积约 $1.67 \times 10^4 \text{ km}^2$ <sup>[1-2]</sup>。砒砂岩区是黄河粗泥沙的主要来源地,是我国水土流失和生态环境最脆弱地区之一,砒砂岩区环境保护和生态治理对于确保当地乃至全国的可持续发展具有重要意义。为了改善砒砂岩区生态环境质量,国家实施了一系列生态治理工程,如“沙棘治理砒砂岩千条沟工程”、“晋陕蒙砒砂岩区沙棘生态减沙工程”、“晋陕蒙砒砂岩区窟野河沙棘生态减沙工程”和“晋陕蒙砒砂岩区十大孔兑沙棘生态减沙工程”等项目,为砒砂岩区水土流失治理起到了积极作用,但当地人地关系矛盾突出、生态环境问题依然严峻。在此背景下,从人地关系入手进行土地承载力研究具有重要的现实意义。

土地承载力是指一定地区的土地所能持续供养的人口数量,即土地资源人口承载量,其实质是研究人口消费与食物生产、人类需求与资源供给间的平衡关系问题<sup>[3]</sup>。关于土地承载力的研究,主要有基于人粮关系承载力研究<sup>[4-9]</sup>,基于多因素综合的承载力<sup>[10-12]</sup>和基于生态足迹的承载力<sup>[13-15]</sup>等方法。粮食问题是关系国计民生的大事,也是国内外学者研究的热点。在基于人粮关系的土地承载力方面,国内外学者做了一定的研究,1921年Park等<sup>[4]</sup>从种群数量角度出发,首次将“承载力”概念引入生态学领域,以土地可承载的人口数量为出发点,提出了土地承载力概念;1948年Vogot<sup>[5]</sup>首先提出土地资源人口承载力

的定义及计算方法;Allan<sup>[6]</sup>于1965年提出以粮食为标志的土地资源承载力计算公式,使以粮食为主的土地承载力研究得以发展;1982年FAO开展的发展中国家土地的潜在人口支持能力研究<sup>[7]</sup>。我国土地资源承载力研究始于20世纪80年代,主要以中国科学院自然资源综合考察委员会承担的“中国土地资源生产能力及人口承载量研究”为代表<sup>[8]</sup>。2008年封志明等人<sup>[9]</sup>做了中国基于人粮关系的土地资源承载力研究,认为1949—2005年中国土地资源承载力逐渐增强和人粮关系趋于均衡。哈斯巴根等人<sup>[16]</sup>运用系统动力学原理与方法,在不同情景下模拟了土地资源人口承载力。刘钦普等<sup>[17]</sup>运用非线性科学理论,对人口—土地资源系统的演化方向和平衡态稳定性问题进行了探讨。封志明等<sup>[9]</sup>对雄安地区的人口与水土资源承载力进行了研究,认为雄安地区土地资源承载力优于周边区域且人粮关系协调。郝庆等<sup>[19]</sup>以西藏自治区为例,基于人体每日所需热量、蛋白质和脂肪评价土地的现实承载力及其变化<sup>[18]</sup>。已有的研究主要集中于产粮区,对于土地资源承载力急剧衰退的干旱和半干旱地区研究则相对较少。在人地矛盾突出、生态环境脆弱地区虽然可以通过外输方式解决粮食不足问题,但会导致全局性超载,生态脆弱区的发展应综合考虑其自身的承载力。因此,本研究以生态脆弱的鄂尔多斯砒砂岩区为例,从人口与粮食关系为着眼点研究其土地资源承载力和承载指数的时空变化特征,为砒砂岩区粮食安全和区域可持续发展提供科学依据和决策支持。

## 1 研究区概况与数据处理

### 1.1 研究区概况

鄂尔多斯位于内蒙古自治区西南部,地处鄂尔多斯高原腹地,东部、北部和西部分别与呼和浩特市、山西、包头、巴彦淖尔市、宁夏自治区、阿拉善盟隔河相望;南部与陕西省榆林市接壤。地理坐标为 $37^{\circ}35'24''$ — $40^{\circ}51'40''\text{N}$ , $106^{\circ}42'40''$ — $111^{\circ}27'20''\text{E}$ ,东西长约

400 km,南北宽约 340 km。该市辖 7 旗 1 区和康巴什新区,总面积  $8.69 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。气候类型为北温带半干旱大陆性气候区,受季风影响,冬季多西北风,漫长而寒冷,夏季受偏南暖湿气流影响,短暂、炎热、雨水集中,春季风多、少雨,多干旱;植被自东向西分别为温暖型草原带、暖温型荒漠草原亚带和暖温型荒漠带;土壤类型主要有栗钙土、棕钙土、灰钙土、灰漠土和潮土等;2015 年总人口 157.32 万人。粮食作物主要有小麦、玉米、高粱、大豆和薯类,2015 年粮食总产量为  $1.47 \times 10^7 \text{ kg}$ ,其中小麦  $1.31 \times 10^5 \text{ kg}$ 、玉米  $1.30 \times 10^7 \text{ kg}$ 、薯类  $6.78 \times 10^6 \text{ kg}$ ,其他粮食产量相对较少。

### 1.2 数据处理

为了反映砒砂岩区土地资源变化实况,通过 USGS 下载了 2000,2005,2010 和 2015 年共 40 幅 Landsat TM/ETM<sup>+</sup>/OIL 影像,影像主要成像于 6—9 月,此时地表植被生长相对茂盛,地物类型对比度明显,所选影像成像天气晴朗、天空无云或云量极少。对下载的 Landsat 数据以 2015 年遥感影像为基准对其他 3 期的遥感影像进行了几何校正,使 4 期遥感影像统一到相同的投影类型。采用决策树、非监督分类和专家知识相结合的方式对地物遥感分类<sup>[20]</sup>。采用 2010 年鄂尔多斯市乌审旗 283 个和 2017 年准格尔旗 68 个野外地面覆被类型实测资料,分别对 2010 和 2015 年地物分类结果进行验证,结果表明总分类精度分别为 89.40% (253/283) 和 91.18% (62/68)。对 2000 和 2005 年地物遥感分类结果进行目视验证也体现出了较高的总分类精度 (>86.21%)。此外,研究中还选用了 2000—2015 年的土地面积、粮食产量

和人口数据等社会经济数据,数据主要来源于同期的《鄂尔多斯市统计年鉴》。

## 2 研究方法

### 2.1 土地资源承载力模型

土地承载力主要反映区域人口与粮食之间的关系,用一定粮食消费水平下,区域粮食生产力所能供养的人口数量来度量。基于人粮关系的土地资源承载力模型能很好地反映出鄂尔多斯市不同旗区的土地资源承载力<sup>[9,18]</sup>,其计算公式为:

$$LCC = G/G_{pc} \quad (1)$$

式中:LCC——土地承载力(人);G——粮食总产量(kg); $G_{pc}$ ——人均粮食消费标准(kg/人),根据封志明等<sup>[9]</sup>研究结果取人均粮食消费 400 kg 作为营养安全的标准。

### 2.2 土地资源承载指数

土地资源承载指数主要揭示区域实际人口数量与土地资源承载力之间的关系,其计算公式为:

$$LCCI = P_a/LCC \quad (2)$$

$$R_p = (P_a - LCC)/LCC \times 100\% \\ = (LCCI - 1) \times 100\% \quad (3)$$

$$R_g = (LCC - P_a)/LCC \times 100\% \\ = (1 - LCCI) \times 100\% \quad (4)$$

式中:LCCI——土地资源承载指数; $P_a$ ——实际人口数量(人); $R_p$ ——人口超载率; $R_g$ ——粮食盈余率。根据封志明等<sup>[9]</sup>的分类标准,将土地资源承载指数的大小分为粮食盈余、人粮均衡和人口超载 3 种类型,并对 3 种类型按照 LCCI, $R_g$ , $R_p$  和人均粮食大小差异进一步划分 8 个级别,其分级评价标准详见表 1。

表 1 土地资源承载力分级评价标准

土地资源承载力		评价指数		人均粮食/kg
类型	级别	LCCI	$R_g, R_p$	
粮食盈余	富富有余	$LCCI \leq 0.5$	$R_g \geq 50\%$	$\geq 800$
	富裕	$0.5 < LCCI \leq 0.75$	$25\% \leq R_g < 50\%$	533~800
	盈余	$0.75 < LCCI \leq 0.875$	$12.5\% \leq R_g < 25\%$	457~533
人粮平衡	平衡有余	$0.875 < LCCI \leq 1$	$0 \leq R_g < 12.5\%$	400~457
	临界超载	$1 < LCCI \leq 1.125$	$0 \leq R_g < 12.5\%$	356~400
	超载	$1.125 < LCCI \leq 1.125$	$12.5 < R_g \leq 25\%$	320~356
人口超载	过裁	$1.25 < LCCI \leq 1.5$	$25 < R_g \leq 50\%$	267~320
	严重超载	$LCCI > 1.5$	$R_g > 50\%$	<267

## 3 土地资源承载力时空变化分析

### 3.1 土地资源承载力及承载指数

应用土地资源承载力模型〔公式(1)〕和承载指数

模型〔公式(2)〕,计算 2000—2015 年鄂尔多斯市土地资源承载力(图 1—2)和土地资源承载指数(图 3)。由图 1 可知,2000—2015 年鄂尔多斯市土地资源承载力总体呈波动增加的趋势,多年平均土地资源承载

力按  $1.59 \times 10^5/a$  人的速度递增。其间多年平均土地资源承载力为  $2.97 \times 10^6$  人,土地资源承载力正距平的年份为 2006—2015 年,其中以 2013 年、2014 年和 2015 年相对较高,土地资源承载力分别为  $3.88 \times 10^6$  人、 $3.74 \times 10^6$  人和  $3.68 \times 10^6$  人;土地资源承载力负距平的年份主要有 2000—2005 年,其中以 2001 年、2000 年和 2002 年相对较低,土地资源承载力分别为  $1.47 \times 10^6$  人、 $1.67 \times 10^6$  人和  $1.89 \times 10^6$  人。土地资源承载力最大年份(2013 年)约为最小年份(2001 年)的 2.64 倍,粮食增产明显,土地资源承载力上升显著。

由图 2 可知,各旗区的土地资源承载力,伊金霍洛旗 2002 年最高,2000 年最低。乌审旗、杭锦旗、鄂托克旗和达拉特旗在 2013 年达到最高值,而最低值所对应年份分别为 2001,2003,2000 和 2003 年。鄂托克前旗和准格尔旗分别在 2011 年和 2004 年达到最大值,在 2001 年出现最小值。东胜区以 2003 年最高,2012 年最低。从 2000—2015 年各年份不同旗区的变换情况看,达拉特旗的土地资源承载力最大,而

东胜区除了 2003 年略高于鄂托克前旗和鄂托克旗外,其他年份均最小。达拉特旗的土地资源承载力为远高于东胜区,2012 年达拉特旗的土地资源承载力是东胜区的 148.68 倍,而最小值出现在 2002 年,为东胜区的 4.83 倍。杭锦旗的土地资源承载力除了 2000—2004 年外,其他年份都位居第 2 位。准格尔旗、乌审旗和伊金霍洛旗的土地资源承载力也较高。

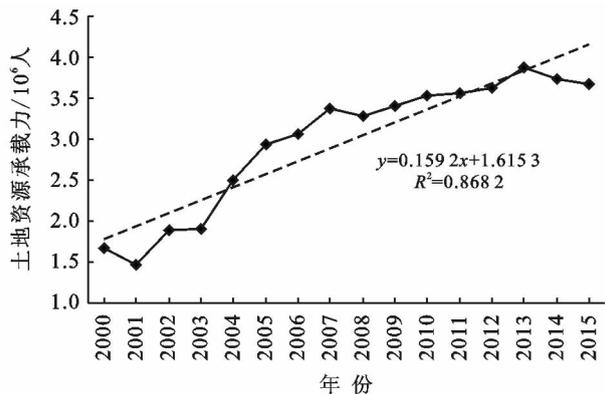


图 1 鄂尔多斯市 2000—2015 年土地资源承载力

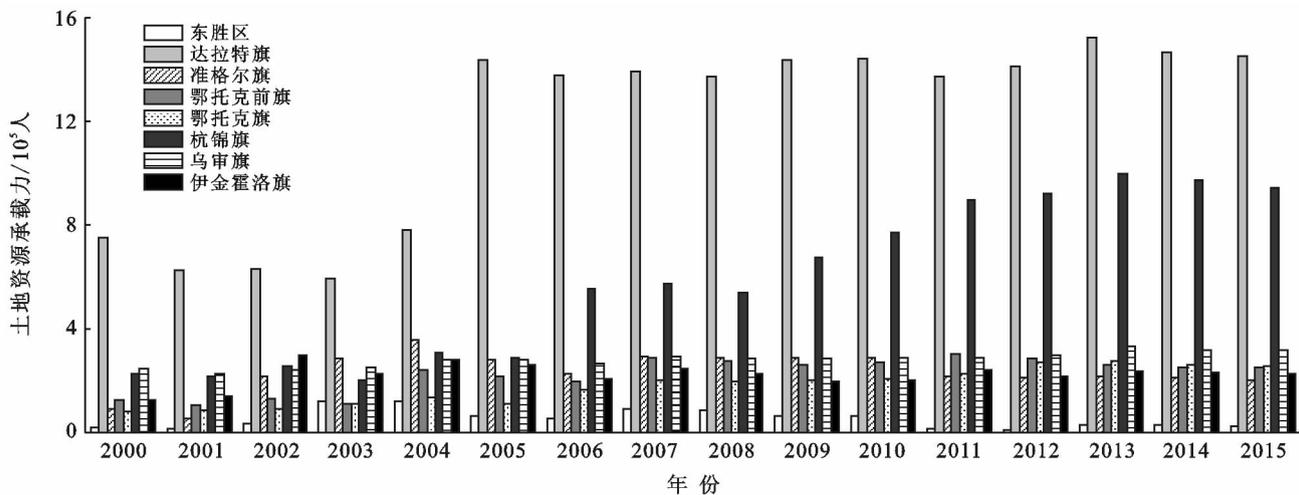


图 2 鄂尔多斯市各旗区 2000—2015 年土地资源承载力

由图 3 可知,2000—2015 年鄂尔多斯市土地资源承载指数整体上呈波动下降的趋势,多年平均土地承载指数以 0.041/a 速度下降。多年平均土地承载指数为 0.527,土地承载指数正距平的年份为 2000—2004 年,其中 2001,2000 和 2003 年相对较高,分别为 0.903,0.787 和 0.716。2005—2015 年土地资源承载指数均为负距平,其中 2013,2014 和 2012 年较低,分别为 0.398,0.417 和 0.419。土地资源承载力最大年份(2001 年)为最小年份(2013 年)的 2.27 倍,由于粮食产量的增加,土地承载力的增大使土地资源的承载指数逐渐下降。

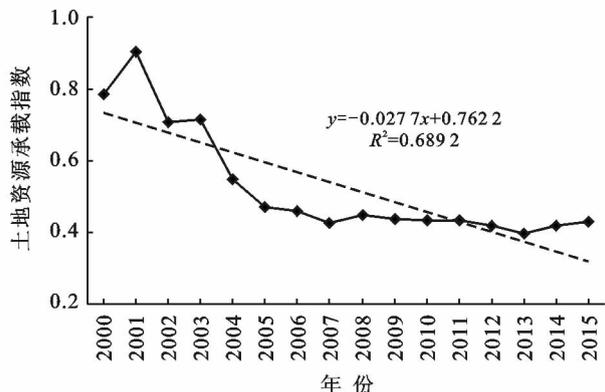


图 3 鄂尔多斯市 2000—2015 年土地资源承载指数变化

由图 4 可知,各旗区的土地资源承载指数,伊金霍洛旗 2000 年最高,2002 年最低。乌审旗、杭锦旗、鄂托克旗和达拉特旗在 2013 年土地资源承载指数最低,最高值分别对应于 2001,2003,2000 和 2003 年。鄂托克前旗和准格尔旗在 2001 年最高,分别在 2011 和 2004 年最低。东胜区 2012 年值最高,而 2003 年

最低。2000—2015 年同年份土地资源承载指数的变化以东胜区最大;其次是准格尔旗,伊金霍洛旗除 2002—2005 年低于鄂托克旗外,其他年均高于鄂托克旗,鄂托克旗高于达拉特旗、鄂托克前旗、杭锦旗和乌审旗;杭锦旗除 2000—2005 年高于乌审旗和达拉特旗外,其他年都最小。

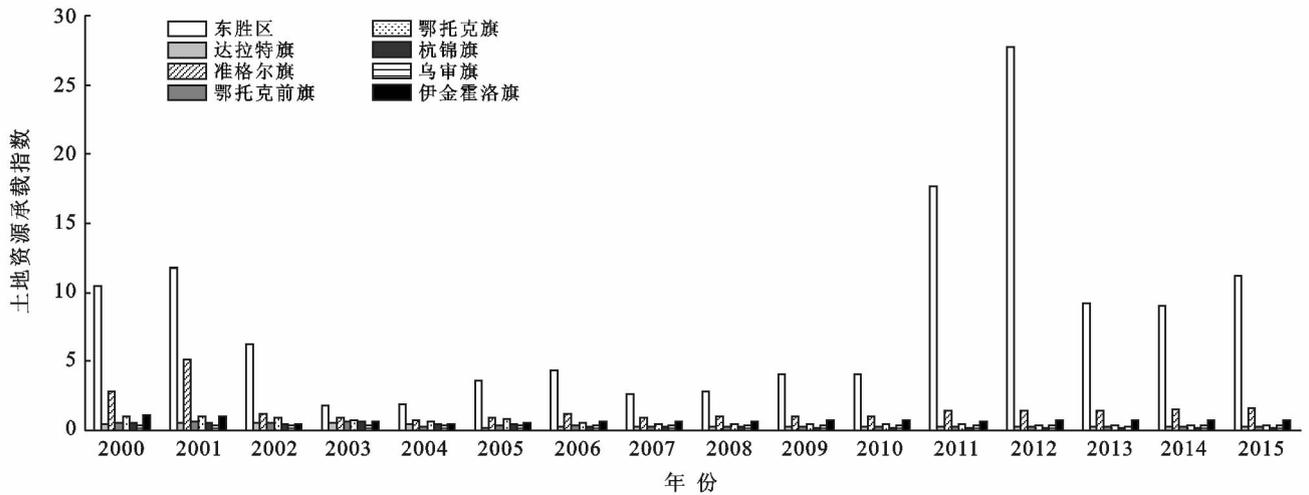


图 4 鄂尔多斯市 2000—2015 年各旗区土地资源承载指数变化

### 3.2 土地资源承载状态

根据土地资源承载指数、土地资源承载力分级评

价标准和各旗区人口数据,计算鄂尔多斯市及其旗区的土地资源承载状况(表 2)。

表 2 鄂尔多斯市各旗区 2000—2015 年土地资源承载状态

年份	东胜区	达拉特旗	准格尔旗	鄂托克前旗	鄂托克旗	杭锦旗	乌审旗	伊金霍洛旗	鄂尔多斯市
2000	严重超载	富富有余	严重超载	富裕	临界超载	富裕	富富有余	超载	盈余
2001	严重超载	富裕	严重超载	富裕	临界超载	富裕	富富有余	临界超载	平衡有余
2002	严重超载	富裕	过载	富裕	平衡有余	富裕	富富有余	富富有余	富裕
2003	严重超载	富裕	平衡有余	富裕	盈余	富裕	富富有余	富裕	富裕
2004	严重超载	富富有余	盈余	富富有余	富裕	富富有余	富富有余	富裕	富裕
2005	严重超载	富富有余	平衡有余	富富有余	盈余	富富有余	富富有余	富裕	富富有余
2006	严重超载	富富有余	超载	富富有余	富裕	富富有余	富富有余	富裕	富富有余
2007	严重超载	富富有余	平衡有余	富富有余	富富有余	富富有余	富富有余	富裕	富富有余
2008	严重超载	富富有余	临界超载	富富有余	富富有余	富富有余	富富有余	盈余	富富有余
2009	严重超载	富富有余	临界超载	富富有余	富富有余	富富有余	富富有余	富裕	富富有余
2010	严重超载	富富有余	临界超载	富富有余	富富有余	富富有余	富富有余	盈余	富富有余
2011	严重超载	富富有余	过载	富富有余	富富有余	富富有余	富富有余	富裕	富富有余
2012	严重超载	富富有余	过载	富富有余	富富有余	富富有余	富富有余	盈余	富富有余
2013	严重超载	富富有余	过载	富富有余	富富有余	富富有余	富富有余	富裕	富富有余
2014	严重超载	富富有余	过载	富富有余	富富有余	富富有余	富富有余	富裕	富富有余
2015	严重超载	富富有余	严重超载	富富有余	富富有余	富富有余	富富有余	盈余	富富有余

分析 2000—2015 年鄂尔多斯市各旗区土地资源承载状况,可以发现各个旗区土地资源承载状态存在较大的差异。具体来说,东胜区一直处于严重超载的

状况。达拉特旗、鄂托克前旗、杭锦旗和乌审旗的变化情况基本一致,2000—2015 年一直处于粮食盈余状态。准格尔旗的土地资源承载状况波动性较大,人

口超载所占的年份较多,2000—2002年处于人口超载的状况,2003年转为人粮平衡,2004年为粮食盈余,2005年为人粮平衡,2006年为人口超载,2007—2010年转为人粮平衡,之后处于人口超载的状况。鄂托克旗变化情况为2000—2002年一直为人粮平衡的状态,2003年之后转为粮食盈余状态。伊金霍洛旗2000—2001年变化情况为由人口超载转为人粮平衡,2002年之后一直处于粮食盈余的状态。从鄂尔多斯全市情况来看,2000年处于粮食盈余状态,到了2001年转为人粮平衡,从2002—2015年的14年间均处于粮食盈余的状态。

### 3.3 土地资源承载力空间差异

3.3.1 土地利用变化 分析2000—2015年砒砂岩区土地利用状况可知,2000年鄂尔多斯市耕地面积为4 517 km<sup>2</sup>,林地、草地、水体、建筑用地和未利用土地面积分别为1 669, 53 012, 2 144, 802和24 632 km<sup>2</sup>;2005年耕地面积比2000年有所减少为4 499 km<sup>2</sup>,林地、草地、水体、建筑用地和未利用土地分别为1 978, 51 929, 1 982, 907和25 480 km<sup>2</sup>;2010年耕地面积为4 509 km<sup>2</sup>,比2005年有所增加,林地、草地、建筑用地和未利用土地面积分别为1 969, 52 044, 1 995, 922和25 336 km<sup>2</sup>;2015年耕地面积为4 423 km<sup>2</sup>,林地、草地、建筑用地和未利用土地面积分别为2 169, 52 309, 2 004, 1 547和24 324 km<sup>2</sup>。不同时期空间转移矩阵分析表明,2000—2015年耕地、草地之间转换频繁,林地、水体面积波动变化中呈增加趋势,耕地呈现出下降、上升再下降的趋势,草地表现为先下降后增加的趋势,建筑用地持续增加,未利用土地表现为先增加后减少的趋势。

3.3.2 土地资源承载力分区 在土地利用类型变化分析的基础上,根据土地资源承载力指数可以将鄂尔多斯市各旗区分为高土地资源承载力、中土地资源承载力和低土地资源承载力3类(图5)。第1类土地资源承载力相对较高区,包括东胜区和准格尔旗;第2类为土地资源承载力中等地区,包括鄂托克旗和伊金霍洛旗;第3类为土地资源承载力较低区,主要包括达拉特旗、鄂托克前旗、杭锦旗和乌审旗。①高土地资源承载力区。高土地资源承载力区主要包括东胜区和准格尔旗。东胜区为鄂尔多斯市经济、科技、文化、金融、交通和信息中心。在经济技术、土地集约利用等方面相对较好,土地承载力水平相对较高。2000—2015年该区人口一直处于逐渐增加的趋势,到2015年人口达到28.08万人,人口密度从2000年的75人/km<sup>2</sup>增加到2015年的111人/km<sup>2</sup>。根据遥感数据解译的结果,2000—2005年、2010年和2015

年,其耕地利用面积处于下降的趋势,由380.74 km<sup>2</sup>变为338.50 km<sup>2</sup>,建筑面积和林地面积则处于逐渐增加的趋势;粮食产量2000年为 $7.26 \times 10^6$  kg,之后粮食产量呈现增加的趋势,在2003年达到最大值( $4.91 \times 10^7$  kg),之后产量波动性较大,2012年产量最低为 $3.80 \times 10^6$  kg;此后开始略有上升,到2015年产量为 $1.00 \times 10^7$  kg。同时此区是砒砂岩剧烈和强烈分布区,这在一定程度上制约了当地的粮食生产。人口数量相对较多但是粮食产量相对较低,使东胜区土地资源承载力相对较大。准格尔旗是鄂尔多斯市的经济强旗,同时也是人口大旗,人口数量在鄂尔多斯市各旗区中最大,2015年人口数量(32.42万人)约占鄂尔多斯市总人口的20.60%。2000—2015年人口密度逐渐增加,由2000年的35人/km<sup>2</sup>增加到2015年的43人/km<sup>2</sup>。准格尔旗土地利用类型主要以草地为主,耕地面积相对稳定,在鄂尔多斯市的各个旗中所占的比例是最大(约30.90%)。在粮食产量变化方面,2010年后处于逐渐下降的趋势,在2015年为 $8.14 \times 10^7$  kg,土地生产能力相对较低,此区有大面积的覆土砒砂岩分布,裸露砒砂岩区和覆沙砒砂岩分布也相对较多,这在一定程度上也降低了土地生产力。②中土地资源承载力区。中土地资源承载力区主要包括鄂托克旗和伊金霍洛旗。鄂托克旗是鄂尔多斯市面积最大、资源种类最全、以畜牧业为主、工业占主导的多元产业集中的旗,年耕地面积占总面积的比例相对较少,2015年该旗区耕地面积最大(159.50 km<sup>2</sup>),但也仅占总面积的0.79%。人口数量和人口密度相应较低,2000—2015年人口密度为4~5人/km<sup>2</sup>,土地资源的压力相对较小。伊金霍洛旗地处鄂尔多斯市的东南部,毛乌素沙漠的东北边缘,是全国第三大产煤县,耕地面积所占比重不大,从2000—2015年耕地面积逐渐减少。2015年耕地面积占总面积的4.2%,粮食产量2002年达到最大值( $1.20 \times 10^8$  kg),2015年粮食产量为 $8.97 \times 10^7$  kg;人口密度2000年为26人/km<sup>2</sup>,2015年为32人/km<sup>2</sup>。③低土地资源承载力区。低土地资源承载力区主要包括达拉特旗、鄂托克前旗、杭锦旗和乌审旗。鄂托克前旗、杭锦旗和乌审旗都土地面积较大、人口相对较少、人口密度较低。鄂托克前旗从2000—2015年为6人/km<sup>2</sup>。杭锦旗2000—2007年为7人/km<sup>2</sup>,之后为8人/km<sup>2</sup>。乌审旗2000—2005年为8人/km<sup>2</sup>,之后为9人/km<sup>2</sup>,2015年为10人/km<sup>2</sup>。在耕地利用方面,2000—2015年杭锦旗和乌审旗都表现为先增加后减少的趋势,耕地利用面积有所增加,鄂托克前旗耕地面积则是先下降后增加的趋势,总体上面积略有

减少。达拉特旗属于农业大旗,是鄂尔多斯市的粮食主产区。2000—2015 年除 2003 年所占比例较少外(31.19%),其他年份都占 32%~49% 水平。耕地面积在所有旗区中所占比例仅次于准格尔旗,约占鄂尔多斯市耕地总面积的 26.5%,耕地利用面积从 2000—2015 年呈逐渐增加的趋势。达拉特旗的人口密度仅次于东胜区,2000—2015 年人口密度在 40~45 人/km<sup>2</sup> 之间变化。

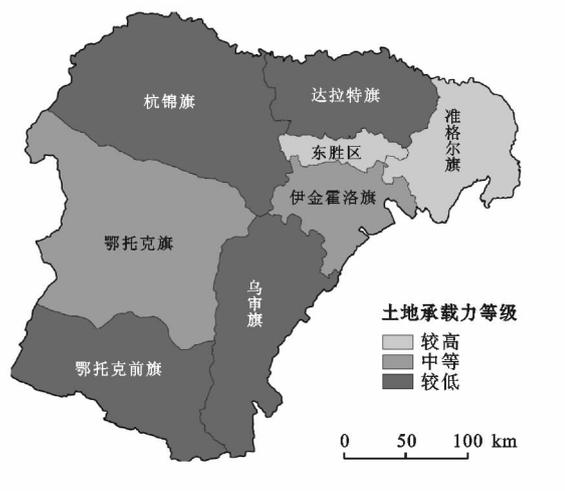


图 5 鄂尔多斯市土地资源承载力类型

## 4 结论

(1) 2000—2015 年鄂尔多斯市土地资源承载力总体上呈波动增加的趋势,而土地资源承载指数则相反,呈波动下降的趋势。鄂尔多斯市粮食产量呈逐渐增加的趋势,从 2000—2015 年基本都处于粮食盈余的状态,还有一定的人口容纳能力。鄂尔多斯市整体上虽然生态环境脆弱,但全区人口密度相对较低(15~18 人/km<sup>2</sup>),这应是鄂尔多斯基于人粮关系的土地资源承载力尚有一定盈余的主要原因。

(2) 鄂尔多斯市内部不同区旗土地资源承载力差异较大。高土地资源承载力区主要包括东胜区和准格尔旗,其中东胜区为严重超载的地区,需要一定的粮食调入,人粮矛盾比较突出;准格尔旗则处于人口超载和人粮平衡的状态,也存在一定的人粮矛盾。鄂托克旗和伊金霍洛旗属于中土地资源承载力区。此区从 2000—2015 年的 16 a 间,大部分年份处于粮食盈余状态,只有少数年份处于人粮平衡或人口超载的状态。而鄂托克前旗、杭锦旗、乌审旗和达拉特旗都属于低土地资源承载力区,2000—2015 年一直处于粮食盈余状态,尚存一定的人口承载能力。对对应到砒砂岩面积和人口分布方面,东胜区和准格尔旗由于砒砂岩广布,生态环境比较脆弱,土地承载力从

2000—2015 年均处于人口超载的状态。其他旗区由于土地面积较大、人口密度较低,生态环境破坏较轻,土地资源的承载压力较小,土地承载力处于粮食盈余状态。

本文以粮食做为其评价指标研究鄂尔多斯砒砂岩区土地资源承载力状况,当地农业生产中除了粮食耕作外,畜牧业生产也占了一定的比重,仅通过粮食这个指标可能不能完全反映其真实的承载状况<sup>[21]</sup>。另外,随着人们生活水平的提高,膳食营养结构日益改善,以粮食为主的食物结构也会扩展到蔬菜水果类、肉蛋奶类等<sup>[22]</sup>。此外,研究中以人均 400 kg 的粮食指标作为营养安全指标在一定程度上可能会掩盖所存在粮食安全问题,如何综合考虑农业生产结构、多食物构成差异以及更合理的粮食指标以进一步提高土地资源承载力评价的精度将是本文需进一步深入研究的内容。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 王愿昌,吴永红,寇权,等. 砒砂岩分布范围界定与类型区分[J]. 中国水土保持科学,2007,5(1):14-18.
- [2] 冷元宝,姚文艺. 砒砂岩特征及其资源利用[J]. 中国水利,2015(8):15-17.
- [3] 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.
- [4] Park R F, Burgoss E W. An introduction to the science of sociology[M]. Chicago: The University of Chicago Press, 1921.
- [5] Vogot W. The way of subsistence[M]. Chicago: Chicago University Press, 1949:256-342.
- [6] Allan W. The African Husband Man[M]. Munster: Lit Verlag, 1965.
- [7] FAO. Potential population supporting capacities of lands in developing world[R]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1982.
- [8] 陈百明. “中国土地资源生产能力及人口承载量”项目研究方法概论[J]. 自然资源学报,1991,6(3):197-205.
- [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] 王书华,毛汉英,赵明华. 略论土地综合承载力评价指标体系的设计思路:我国沿海地区案例分析[J]. 人文地理,2001,16(4):57-61.
- [11] 郭志伟. 北京市土地资源承载力综合评价研究[J]. 城市发展研究,2008,15(5):24-31.
- [12] 祝秀芝. 土地综合承载力评价及预测研究:以上海市为例[D]. 山东 泰安:山东农业大学,2013.

- 水土保持通报,1994,14(3):44-47.
- [10] 李进林,韦杰. 三峡库区坡耕地埂坎类型、结构与利用状况[J]. 水土保持通报,2017,37(1):229-233.
- [11] 蒲玉琳,谢德体,倪九派,等. 紫色土区坡耕地植物篱模式综合生态效益评价[J]. 中国生态农业学报,2014,22(1):44-51.
- [12] Amare T, Zegeye A D, Yitaferu B, et al. Combined effect of soil bund with biological soil and water conservation measures in the Northwestern Ethiopian highlands[J]. *Ecohydrology and Hydrobiology*, 2014, 14(3):192-199.
- [13] 彭述权,周健,樊玲,等. 考虑土拱效应刚性挡墙土压力研究[J]. 岩土力学,2008,29(10):2701-2707.
- [14] 杨果林,黄向京. 不同气候条件膨胀土路堤土压力的变化规律试验研究[J]. 岩土工程学报,2005,27(8):948-955.
- [15] 陈雪华,律文田,王永和. 桥台台背土压力的试验研究[J]. 岩土力学,2006,27(8):1407-1410.
- [16] Paik K H, Salgado R. Estimation of active earth pressure against rigid retaining walls considering arching effects[J]. *Geotechnique*, 2003,53(53):643-653.
- [17] 肖衡林,余天庆. 山区挡土墙土压力的现场试验研究[J]. 岩土力学,2009,30(12):3771-3775.
- [18] 董捷,张永兴,黄治云. 柔性板桩板墙加固斜坡填方地基的土压力分配问题研究[J]. 岩土力学,2010,31(8):2489-2495.
- [19] 芮瑞,叶雨秋,陈成,等. 考虑墙壁摩擦影响的挡土墙主动土压力非线性分布研究[J]. 岩土力学,2019,40(5):1797-1804.
- [20] 郑焯,陈振华,张开伟,等. 不同填料下钱塘江古海塘塘背土压力现场试验研究[J]. 岩土力学,2014,35(6):1623-1628.

(上接第 148 页)

- [13] Wackernagel M, Rees W E. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective [J]. *Ecological Economics*, 1997,20(1):3-24.
- [14] 刘东,封志明,杨艳昭. 基于生态足迹的中国生态承载力供需平衡分析[J]. 自然资源学报,2012,27(4):614-623.
- [15] 潘洪义,朱晚秋,崔绿叶,等. 成都市人均生态足迹和人均生态承载力空间分布差异[J]. 生态学报,2017,37(19):6335-6345.
- [16] 哈斯巴根,李百岁,宝音,等. 区域土地资源人口承载力理论模型及实证研究[J]. 地理科学,2008,28(2):189-194.
- [17] 刘钦普,林振山,冯年华. 土地资源人口承载力动力学模拟和应用[J]. 南京师大学报:自然科学版,2005,28(4):114-118.
- [18] 封志明,杨艳昭,游珍. 雄安新区的人口与水土资源承载力[J]. 中国科学院院刊,2017,32(11):1216-1223.
- [19] 郝庆,封志明,杨艳昭,等. 西藏土地资源承载力的现实与未来:基于膳食营养当量分析[J]. 自然资源学报,2019,34(5):911-920.
- [20] 闫峰,吴波. 近 40 年毛乌素沙地荒漠化过程研究[J]. 干旱区地理,2013,36(6):987-996.
- [21] 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.
- [22] 翟凤英,王惠君,王志宏,等. 中国居民膳食营养状况的变迁及政策建议[J]. 中国食物与营养,2006(5):4-6.