

# 基于人粮关系的土地资源承载力空间格局研究

## ——以河西走廊绿洲为例

赵敏丽, 刘普幸, 朱小娟, 侯成成

(西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 河西走廊绿洲区的粮食生产在干旱区的粮食生产、供求和粮食安全中一直处于重要的位置, 本文基于人粮关系, 运用土地资源承载力(LCC)模型, 从分市和分县两个空间尺度上对河西走廊绿洲1985—2009年的土地资源承载力的时空格局进行了分析。结果表明: 1985—2009年河西走廊绿洲的土地资源承载力指数(LCCI)介于0.690~0.894之间, 其中, 只有2000年和2001年处在0.875~1, 其他年份的土地资源承载力指数总体上处在富裕和盈余状态; 从分市格局来看, 1985—2009年河西走廊绿洲的土地资源承载力与总体水平的变化趋势相一致, 粮食盈余和人粮平衡的市多于严重超载的市; 从分县尺度上来看, 河西走廊绿洲土地资源承载力以粮食盈余为主, 55%的县域处于不同程度的盈余状态, 这些县域主要分布在河西走廊中部和东部; 人粮关系处于平衡的县域占全区的5%; 40%的县域处于不同程度的粮食亏缺状态, 需要大量区外调配。

**关键词:** 人口; 粮食; 土地资源承载力; 河西走廊

**中图分类号:** F301.24 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)02-0203-06

## Evaluation of land carrying capacity based on man – grain relationship

### ——A case study of oasis in Hexi corridor

ZHAO Min-li, LIU Pu-xing, ZHU Xiao-juan, HOU Cheng-cheng

(College of Geography and Environmental Science, Northwest Normal University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

**Abstract:** The production of grain in the oasis of Hexi corridor plays an important role in the grain supply and food security for the arid areas. From the viewpoint of man-grain relationship, the land carrying capacity (LCC) models were used to analyze the spatial-temporal dynamic patterns of land carrying capacity in the oasis of Hexi corridor from 1985 to 2009 at city and county level. The results showed that the overall land carrying capacity index (LCCI) in the oasis of Hexi corridor was 0.690 ~ 0.894 from 1985 to 2009. Except for the year of 2000 and 2001 when the land carrying capacity index was 0.8751, it was at rich and surplus level in other years. At the city level, the change tendency of the land carrying capacity index was identical to that of the overall level from 1985 to 2009. The number of cities at grain surplus and balance level was more than that at severe overload level. At the county level, the land carrying capacity index in the oasis of Hexi corridor was basically at grain surplus level, and 55% of the counties, which were mainly distributed in the central and the eastern part of Hexi corridor, reached such a level; 5% of the counties were at balance level of man – grain relationship; while 40% of the counties were at grain deficit level, and they needed large amount of grain import.

**Keywords:** population; grain; land carrying capacity; Hexi corridor

粮食安全在河西走廊绿洲区具有十分重要的地位。当前, 虽然河西走廊绿洲的人粮关系总体处于盈余状态, 但是局部县域的粮食安全隐患依然存在。因此, 基于人粮关系, 分析现阶段河西走廊绿洲的土

地资源承载力现状, 不仅为河西走廊绿洲制定粮食政策和建立粮食生产系统提供科依据, 而且对保障干旱区的粮食安全和区域的可持续发展也具有重要的现实意义。

收稿日期: 2012-09-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(40961035); 甘肃省自然基金项目(0803RJZA094)

作者简介: 赵敏丽(1987—), 河北曲阳人, 硕士研究生, 主要从事于旱区域环境与绿洲建设研究。E-mail: zml870907@yahoo.com.cn。

通讯作者: 刘普幸, E-mail: fmlpx@nwnu.edu.cn。

随着人口增长和城市化的发展,土地资源承载力和粮食安全问题越来越受到广泛的关注。国内外研究中虽然对土地资源承载力概念的描述不尽相同,但其核心是指在自然、社会、经济因素的制约下,一定地区产出的食物能养活多少人口<sup>[1-3]</sup>。国外关于土地资源承载力的研究比较著名的有 1977 年 FAO 进行的“发展中国家土地潜在人口支持能力”研究<sup>[3]</sup>,澳大利亚学者 Millington R·J 等 1973 年对澳大利亚的土地资源的人口承载能力进行的研究<sup>[3]</sup>和 1980 年代联合国教科文组织资助开展的基于 ECCO 模型的资源承载力研究等<sup>[3-4]</sup>。我国关于土地资源承载力研究起步稍晚,开始于 20 世纪 80 年代<sup>[5-6]</sup>,目前已有许多成果<sup>[4-13]</sup>,在空间上,我国各个区域乃至全国对土地资源承载力空间分布特征进行了研究<sup>[4,7-12]</sup>;从多个时间尺度去分析土地资源承载力的时间演变特征的研究较少,封志明<sup>[4]</sup>、刘东<sup>[13]</sup>等通过建立土地资源承载力模型和土地资源承载指数模型,从全国、分省、分县 3 个空间尺度定量评价了 1949—2005 年中国土地资源承载力演变的时空格局。从研究方法上,最常见的土地资源承载力的研究方法有:土地资源承载力模型<sup>[4,11,13]</sup>、灰色模型预测和线性回归预测<sup>[11]</sup>等。这些方法能比较好地反映河西走廊绿洲不同县域的土地资源承载力,能够简明、实用地反映出河西走廊绿洲土地资源承载力的空间格局。因此本文采用土地资源承载力(LCC)模型和土地资源承载指数(LCCI)模型<sup>[4]</sup>对河西走廊绿洲当前土地资源承载力的现状进行分析,以期对当地的生态环境建设、绿洲农业结构的调整和区域的可持续发展提供科学依据。

## 1 研究区概况

河西走廊绿洲位于祁连山以北,东起乌鞘岭,西至古玉门关,北部是马鬃山、龙首山和合黎山;介于 37°17' ~ 42°48' N, 93°23' ~ 104°12' E 之间,呈西北东南长条状,总面积  $2.71 \times 10^5 \text{ km}^2$ ,占甘肃省国土面积的 60%,辖酒泉、嘉峪关、武威、张掖、金昌五市,共 20 个县(区)级行政单元。属于温带大陆性干旱气候,年平均气温  $5.8^\circ\text{C} \sim 9.3^\circ\text{C}$ ,年降水量为 50 ~ 250 mm,但年蒸发量高达 1 500 ~ 3 200 mm。年日照时数长达 2 800 ~ 3 300 h,年太阳总辐射  $5\ 800 \sim 6\ 400 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 。光热资源丰富,农业生产条件较好,是甘肃省的主要产粮区和全国十二大商品粮基地之一。河西走廊绿洲的粮食安全对于维护西北干旱区乃至全国的粮食安全具有十分重要的作用,但是近年来随着人口的增长有些县域的土地资源承载力已

经出现了人口超载、粮食亏缺的现象,在一定的程度上影响着粮食安全。

## 2 数据来源及研究方法

### 2.1 数据来源

本文的数据主要包括河西走廊绿洲的分市和分县的粮食产量、年末总人口等数据,来源于 1985—2010 年甘肃年鉴<sup>[14]</sup>。为减少年际波动带来的误差,本研究对土地资源承载力进行了 3 年周期的移动平均处理,如用 1985—1987 年分县的土地资源承载力的平均值来代替 1985 年的数据。

### 2.2 研究方法

本文主要采用以下两个指标来判定研究区内人口与粮食及人口数量与土地资源承载力之间关系。(1) 土地资源承载力(LCC):  $LCC = G/Gpc$  反映的是区域人口与粮食的关系。式中,LCC 为土地资源承载力;G 为粮食总产量;Gpc 为人均粮食消费标准。国内众多专家根据联合国粮农组织公布的人均营养热值标准,结合中国国情计算并提出中国人均粮食消费 400 kg 即可达到营养安全的要求,因此本研究把人均粮食消费 400 kg 作为营养安全的标准<sup>[4]</sup>。(2) 土地资源承载指数(LCCI):  $LCCI = Pa/LCC$  它揭示了区域现实人口数量与土地资源承载力之间的关系。式中,LCCI 为土地资源承载指数;LCC 为土地资源承载力;Pa 为现实人口数量<sup>[4]</sup>。

根据 LCCI 的大小可以将不同地区的土地资源承载力划分为粮食盈余、人粮平衡和人口超载三种类型区:(1) 粮食盈余地区,土地资源承载指数(LCCI)低于 0.875,粮食平衡有余,具有一定的发展空间;(2) 人粮平衡地区,土地资源承载指数(LCCI)介于 0.875—1.25,人粮关系基本平衡,发展潜力有限;(3) 人口超载地区,土地资源承载指数(LCCI)高于 1.25,粮食缺口较大,人口超载严重。根据盈余或超载的程度差异,可以将土地资源承载力进一步续分为 8 个级别,基于 LCCI 的土地资源承载力分级评价标准如表 1 所示。

## 3 结果与分析

### 3.1 总体水平上:人粮关系表现为盈余状态

运用土地资源承载力(LCC)模型和土地资源承载指数(LCCI)模型系统评估了河西走廊绿洲 1985—2009 年的土地资源承载力。结果(图 1)显示:1985—2009 年河西走廊绿洲的土地资源承载力指数(LCCI)介于 0.690 ~ 0.894 之间,其中土地资源指数(LCCI)处在 0.875 ~ 1(平衡有余)的只有 2 年,

即 2000 年和 2001 年,其他年份的土地资源承载力指数(LCCI)均分别处在富裕和盈余状态,因此,从总体水平来看,人粮关系表现为盈余状态。而 2000 年和 2001 年表现出来的土地资源承载力指数的突然增加,是由于该地区从 2000 年在改造和提升传统

农业的基础上,以“压粮扩经,增草兴牧”为工作思路开始调整和优化农业产业结构<sup>[14]</sup>。而本研究是以粮食总产量为基础的,所以土地资源承载力指数(LCCI)就在一定程度上受到了影响,但这未影响河西走廊地区土地资源承载力的总体水平。

表 1 基于 LCCI 的土地资源承载力分级评价标准

Table 1 The evaluation criteria for land carrying capacity based on LCCI

土地资源承载力 Land carrying capacity		指数 LCCI	人均粮食 Per capita grain output /kg
类型 Type	级别 Rating		
粮食盈余 Grain surplus	富富有余 More than rich	$LCCI \leq 0.5$	$\geq 800$
	富裕 Rich	$0.5 < LCCI \leq 0.75$	533 - 800
	盈余 Abundance	$0.75 < LCCI \leq 0.875$	457 - 533
人粮平衡 Man-grain balance	平衡有余 More than balance	$0.875 < LCCI \leq 1$	400 - 457
	临界超载 Critical overload	$1 < LCCI \leq 1.125$	356 - 400
	超载 Overload	$1.125 < LCCI \leq 1.25$	320 - 356
人口超载 Population overload	过载 Extra overload	$1.25 < LCCI \leq 1.5$	267 - 320
	严重超载 Serious overload	$LCCI > 1.5$	< 267

注:表中数据来源于文献[4]。

Note: Source: Reference[4].

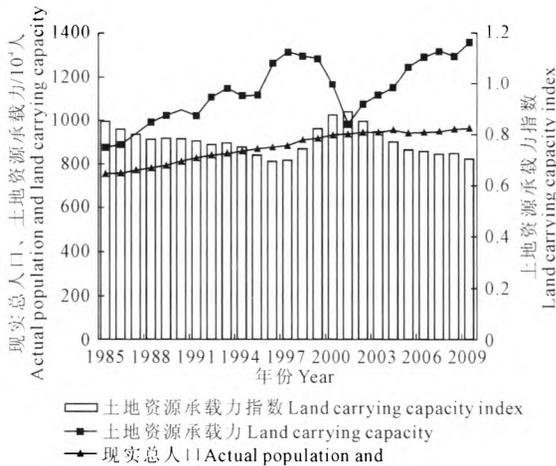


图 1 1985—2009 年河西走廊绿洲土地资源承载力

Fig.1 Land carrying capacity (LCC) in oasis of Hexi Corridor from 1985 to 2009

### 3.2 分市格局:人粮关系表现为粮食盈余和人粮平衡

根据土地资源承载力(LCC)模型和土地资源承载力指数(LCCI)模型,分析了河西走廊绿洲五市典型时段(1985年、1990年、1995年、2000年、2005年和2009年)的土地资源承载力。结果(表2)表明:1985—2009年河西走廊绿洲五市的土地资源承载力表现为中部和东部的张掖、武威、金昌3市逐步有好转趋势,而河西走廊绿洲西部的嘉峪关市一直表现为严重超载状态,同时,酒泉市也由粮食盈余状态向人口超载状态转变,粮食安全隐忧依然存在。具体

而言:

1) 1985年河西走廊绿洲分市的土地资源承载力酒泉市和张掖市表现为粮食富裕,金昌市和武威市表现为临界超载,只有嘉峪关市表现为严重超载;

2) 1990年各市的土地资源承载力与1985年基本保持一致,即酒泉市和张掖市表现为粮食富裕,金昌市和武威市的土地资源承载力表现为临界超载,嘉峪关市依然表现为严重超载;

3) 1995年酒泉市和张掖市的土地资源承载力依然表现为粮食富裕状态,金昌市的土地资源承载力较1990年有一定的提高,由临界超载到平衡有余,人粮关系初步好转,武威市和嘉峪关市依然分别表现为临界超载和严重超载;

4) 2000年张掖市、嘉峪关市、金昌市的土地资源承载力与1995年基本一致,武威市的土地资源承载力由临界超载逐步转为平衡有余,人粮关系有一定的好转,而酒泉市的土地资源承载力却由粮食富裕直接到超载状态,这其中部分原因是该地区从2000年开始,在改造和提升传统农业的基础上,以“压粮扩经,增草兴牧”为工作思路开始调整和优化农业产业结构<sup>[14]</sup>,而本研究是根据粮食总产量来计算土地资源承载力的,粮食总产量的减少致使土地资源承载力表现为超载状态;

5) 2005年张掖市和嘉峪关市的土地资源承载力与2000年的基本一致,酒泉市的土地资源承载力由超载到临界超载,人粮关系有些好转,金昌市和武

威市的土地资源承载力分别由平衡有余到富裕和盈余状态,土地资源承载力逐步转好;

6) 2009 年嘉峪关市、金昌市、武威市和张掖市的土地资源承载力与 2005 年基本保持一致,但是酒泉市的土地资源承载力又由临界超载状态到超载状态,表现出了波动性。

综上所述,河西走廊绿洲分市土地资源承载力 1985—2009 年与总体水平的演变趋势基本相一致,虽然土地资源承载力在这 25 年内表现出了一定的波动,但是总体而言,土地资源承载力依然是粮食盈

余和人粮平衡的市多于严重超载的市。该地区人口严重超载的是嘉峪关市,主要是由于该市是城市化水平较高的市,粮食自给能力较弱,粮食需要大量的调入;其他市基本表现为粮食盈余和人粮平衡,只有酒泉市在 2000 年以后表现出了一定的波动,这与政府政策等方面相关,更深层次的原因需要进一步探讨,但总的来说,该地区的人粮关系较好,粮食平衡有余,具有一定发展空间的主要是粮食产量较高的张掖、武威、金昌等市。

表 2 1985—2009 年河西走廊绿洲分市土地资源承载力

Table 2 Land carrying capacity at city level in oasis of Hexi Corridor from 1985 to 2009

年份 Year	嘉峪关市 Jiayuguan	金昌市 Jinchang	酒泉市 Jiuquan	武威市 Wuwei	张掖市 Zhangye
1985	严重超载 Serious overload	临界超载 Critical overload	富裕 Rich	临界超载 Critical overload	富裕 Rich
1995	严重超载 Serious overload	平衡有余 More than balance	富裕 Rich	临界超载 Critical overload	富裕 Rich
2000	严重超载 Serious overload	平衡有余 More than balance	过载 Extra overload	平衡有余 More than balance	富裕 Rich
2005	严重超载 Serious overload	富裕 Rich	临界超载 Critical overload	盈余 Abundance	富裕 Rich
2009	严重超载 Serious overload	富裕 Rich	超载 Overload	盈余 Abundance	富裕 Rich

### 3.3 县域尺度:以粮食盈余和人粮平衡为主

在总体水平和分市研究的基础上,以分县为基本研究单元,运用土地资源承载力(LCC)模型和土地资源承载力指数(LCCI)模型,系统分析了河西走廊绿洲县域尺度的土地资源承载力,结果(表 3)表明,1985—2009 年河西走廊绿洲的土地资源承载力以粮食盈余为主,研究区内 55% 的县域处于不同程度的粮食盈余状态,其中 30% 处于富裕状态,主要分布在河西走廊的中部和东部的酒泉——张掖盆地和武威盆地绿洲区;人粮关系处于平衡的县域占全区的 5%;40% 的县域处于不同程度的粮食亏缺状态,其中处于严重超载的县域占全区的 30%,这些县域主要是以经济发展水平比较高的城市化地区(如嘉峪关市和金川区)和自然资源禀赋较差,粮食生产水平较低的南部山地为主,这些地区的粮食亏缺严重,需要大量区外调配。但是,粮食盈余和人粮平衡的地区与这些粮食亏缺严重的地区相间分布,这有利于粮食的调配。具体来看:

1) 1985 年(图 2a),河西走廊绿洲的土地资源承载力严重超载的县为 7 个,占了研究区县域的 35% (20 个县),粮食富裕的县有 6 个,占了研究区县域的 30%,富富有余的县有 3 个,占 15%,超载、盈余、

平衡有余和临界超载的县各有 1 个,分别占了研究区县域的 5%,可以看出,1985 年河西走廊绿洲土地资源承载力是粮食盈余和人口超载并存;

2) 1990 年(图 2b),河西走廊绿洲的土地资源承载力较 1985 年稍有好转,严重超载的县为 6 个,比 1985 减少了 1 个,富富有余的县为 4 个,比 1985 年增加了 1 个,富裕的县有 4 个,盈余的县有 3 个,过载、临界超载、平衡有余的县各有 1 个。粮食盈余的县占了研究区县域的 55%,人粮平衡占了 10%,人口超载占 35%。其中,除了永昌县由富裕转为盈余外,瓜州县、肃北县、玉门县和山丹县较 1985 年分别有不同程度的好转。

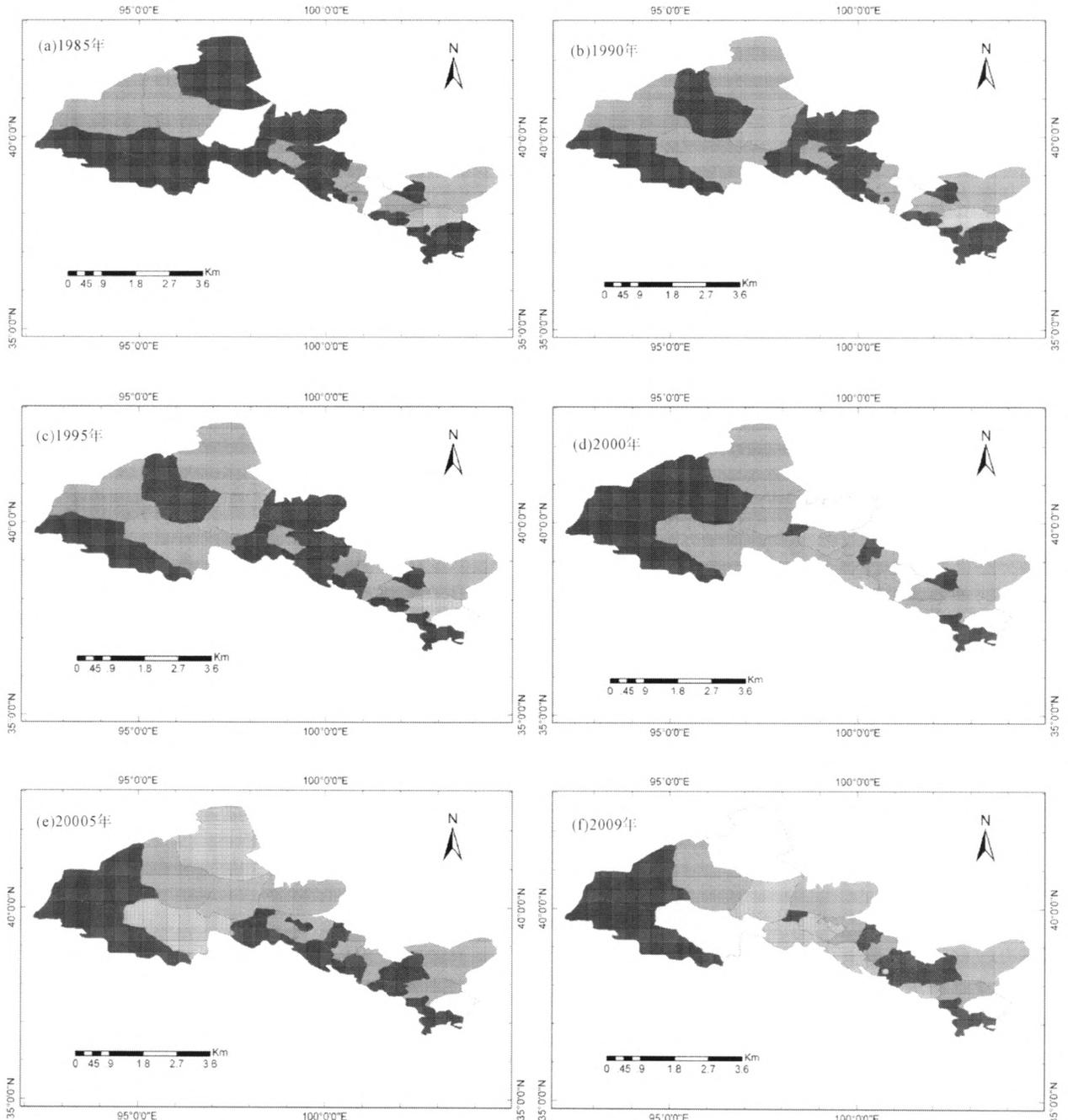
3) 1995 年(图 2c),河西走廊绿洲土地资源承载力严重超载的县为 5 个,较 1990 年又减少了 1 个,富富有余的县有 5 个,较 1990 年增加了一个。富裕的县有 4 个,盈余的县有 3 个,过载、超载和平衡有余的县各有 1 个。粮食盈余、人粮平衡和人口超载的县分别占了研究区的县域的 60%、5% 和 35%。其中,有 4 个县的土地资源承载力有不同程度的提高。

4) 2000 年(图 2d),受粮食生产的波动性及政府政策的影响,河西走廊绿洲县域人口和粮食的矛

盾较 1995 年略有增加,粮食盈余、人粮平衡和人口超载的县分别占研究区县域的 40%、10%和 50%。

5) 2005 年(图 2e),河西走廊绿洲土地资源承载力状况较 2000 年有一定的改善。粮食盈余、人粮平衡和人口超载的县分别占研究区县域的 50%、10%和 40%。

6) 2009 年(图 2f),河西走廊绿洲土地资源承载力以粮食盈余和人粮平衡为主要特征。粮食盈余、人粮平衡和人口超载的县分别占研究区县域的 45%、25%和 30%。粮食盈余和人口超载的县略有减少,人粮平衡的县域有所增加。



图例 Legend

河西走廊绿洲土地资源承载力分级 LCC rating



图 2 1985—2009 年河西走廊绿洲分县土地资源承载力

Fig. 2 Land carrying capacity at county level in oasis of Hexi Corridor from 1985 to 2009

表 3 1985—2009 年河西走廊绿洲土地资源承载力评价  
Table 3 Land carrying capacity in oasis of Hexi Corridor from 1985 to 2009

土地资源承载力 Land carrying capacity		粮食盈余 Grain surplus			人粮平衡 Man-grain balance		人口超载 Population overload		
		富富有余 More than rich	富裕 Rich	盈余 Abundance	平衡有余 More than balance	临界超载 Critical overload	超载 Overload	过载 Extra overload	严重超载 Serious overload
分县单元 (仅考虑粮食) County unit (Considering grain only)	个数 Number	2	6	3	1	0	1	1	6
	比重/% Proportion	10	30	15	5	0	5	5	30

#### 4 结论与讨论

基于人粮关系,运用土地资源承载力(LCC)模型和土地资源承载力指数(LCCI)模型,从分市、分县 2 个空间尺度系统分析了 1985—2009 年河西走廊绿洲土地资源承载力的时空变化。结果表明:

1) 从总体水平上来看,1985—2009 年河西走廊绿洲的土地资源承载力指数(LCCI)介于 0.690~0.894 之间,总体处于粮食盈余状态。

2) 从分市格局上,1985—2009 年河西走廊绿洲五市的土地资源承载力状况的差异比较大,但总体以粮食盈余和人粮平衡为主,只有城市化水平较高的嘉峪关市表现为严重超载,粮食自给能力较弱,需要大量的调入,其他市表现良好。

3) 从分县尺度来看,河西走廊绿洲 1985—2009 年土地资源承载力以粮食盈余为主,研究区内 55% 的县域处于不同程度的粮食盈余状态,其中 30% 处于富裕状态,主要分布在河西走廊的中部和东部;40% 的县域处于不同程度的粮食亏缺状态,其中处于严重超载的县域占全区的 30%,这些地区的粮食亏缺严重,需要大量区外调配;剩下的 5% 人粮关系处于平衡状态。

通过以上的研究结果,可以看出利用土地资源承载力(LCC)和土地资源承载力指数(LCCI)模型可以比较简明地反映出河西走廊绿洲的土地资源承载力现状,比较适用于以粮食和人口为依据的土地资源承载力研究<sup>[4]</sup>。从总体水平上看河西走廊绿洲人粮关系处于盈余状态,不存在粮食超载的现象,但是随着研究尺度的缩小,由于地域差异和人口分布不均等原因,分市和分县的土地资源承载力都出现了不同程度的人口超载情况,在一定的程度上体现出了粮食安全问题。本文只是以粮食产量入手,而没

有考虑其他食物(如肉、蛋、奶等),掩盖了这部分食物对土地资源承载力的贡献,今后的研究应该把这部分通过折算纳入进来以研究人粮关系的土地资源承载力问题,以使该研究更加深化,从而对土地资源承载力研究进行更深入、精细的研究。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 李吉英, 张小虎. 区域土地资源承载力评价方法研究——以黑龙江省为例[J]. 边疆经济与文化, 2008, (2): 1-4.
- [3] 张志良. 人口承载力与人口迁移[M]. 兰州: 甘肃省科学技术出版社, 1993: 69-76.
- [4] 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): 865-874.
- [5] 梅成瑞. 土地人口承载量研究中的几个问题[J]. 自然资源学报, 1988, 3(1): 86-94.
- [6] 陈百明. “中国土地资源生产能力及人口承载量”项目研究方法论概论[J]. 自然资源学报, 1991, 6(3): 197-205.
- [7] 杨晓鹏, 张志良. 青海省土地资源人口承载量系统动力学研究[J]. 地理科学, 1993, 13(1): 69-77.
- [8] 郭秀锐, 毛显强. 中国土地承载力计算方法研究综述[J]. 地球科学进展, 2000, 15(6): 705-711.
- [9] 张传国, 方创琳, 全华. 干旱区绿洲承载力研究的全新审视与展望[J]. 资源科学, 2002, 24(2): 42-48.
- [10] 廖金凤. 广东省土地人口承载力[J]. 经济地理, 1998, 18(1): 75-79.
- [11] 罗雁文, 魏晓, 王良健, 等. 湖南省各市(州)土地资源承载力评价[J]. 经济地理, 2009, 29(2): 284-289.
- [12] 张金萍, 秦耀辰. 县域粮食单产及其生产投入因素的空间异质性——以河南省为例[J]. 自然资源学报, 2011, 26(3): 373-381.
- [13] 刘东, 封志明, 杨艳昭, 等. 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.
- [14] 甘肃年鉴编委会. 甘肃年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 1985—2010.