

DOI: 10.5846/stxb201701030025

吕利利, 颀耀文, 张秀霞, 李虹, 李汝嫣. 1986—2015 年瓜州绿洲变化. 生态学报, 2017, 37(16): 5482-5491.

Lü L L, Xie Y W, Zhang X X, Li H, Li R Y. Changes in Guazhou oases between 1986 and 2015. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(16): 5482-5491.

## 1986—2015 年瓜州绿洲变化

吕利利<sup>1</sup>, 颀耀文<sup>1,2,\*</sup>, 张秀霞<sup>1</sup>, 李虹<sup>1</sup>, 李汝嫣<sup>1</sup>

1 兰州大学资源环境学院, 兰州 730000

2 兰州大学西部环境教育部重点实验室, 兰州 730000

**摘要:**瓜州县作为丝绸之路的边塞重镇,瓜州绿洲在保持东西段的经济联系中具有重要作用。以遥感影像为数据源,分别提取 1986 年、1990 年、1995 年、2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年间的绿洲分布信息,并使用格网化的方法,分析瓜州绿洲变化的时空过程和空间规律。结果表明:过去 30 年间,瓜州绿洲总体为增长的趋势,面积净增长 278.874km<sup>2</sup>,相比于 1986 年,绿洲扩张 49.6%,其中 2000 年以前绿洲的扩张速度较慢,2000—2005 年为绿洲扩张的巅峰时期,其次为 2005—2015 年。空间分布上,昌马灌区绿洲不断向冲积平原前缘和向西扩张,主要为移民区域的耕地开发;疏勒河干流灌区的绿洲扩张是以原始绿洲为基础,呈放射状向外发展;疏勒河尾间的绿洲规模较小、斑块分散,但在近几十年间也得到了较大程度的扩张。对于绿洲退缩而言,主要发生在昌马冲积平原区,面积较少,主要是由于该区域分布的较多天然植被,在受环境因素的影响下变化频繁。总结绿洲的变化过程可以看出,瓜州绿洲的扩张速度较快,扩张特征明显。昌马冲积扇前平原作为一个较典型的扩张区域,绿洲不断向北部细土平原扩张,但由于该区域本身的地下水位较浅,地表盐渍化现象严重,加之大量地表水利工程的建立,盐渍化的防护和治理成为了确保该区域绿洲长期稳定发展需要考虑的重要问题之一。

**关键词:**遥感影像;瓜州县;绿洲变化

## Changes in Guazhou oases between 1986 and 2015

LÜ Lily<sup>1</sup>, XIE Yaowen<sup>1,2,\*</sup>, ZHANG Xiuxia<sup>1</sup>, LI Hong<sup>1</sup>, LI Ruyan<sup>1</sup>

1 The collage of Earth and Environment, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

2 Key Laboratory of Western China's Environmental System (Ministry of Education), Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

**Abstract:** The oases of Guazhou County (China) play an important role in connecting the western and eastern economies and in developing the Hexi section of the Silk Road. In the present study, remote sensing images (Landsat5<sup>TM</sup> from 1986, 1990, 1995, 2000, 2005, and 2010 and Landsat8 from 2015) were used to elucidate the distribution of oases in Guazhou. The study area was divided into grids of 90 × 90 m, and the relative area change ( $K_{gridT_1-T_2}$ ) and accumulative area change rate ( $CK_{grid}$ ) were calculated as the expansion, retreat, or no change in every grid of each study period compared to the grid area and the sum of absolute  $K_{grid}$  values to reflect the level of change (i.e., weak, strong, acute, none), respectively, over the last 30 years. The qualitative description and classification of these two indicators were used to analyze the spatio-temporal and spatial regularity of changes in Guazhou oases. Our analyses revealed that (1) oasis area expanded consistently and significantly over the last 30 years, by 278.874 km<sup>2</sup> (49.6%); (2) oasis expansion mainly occurred after 2000, especially between 2000 and 2005 (38.45%), followed by the period between 2005 and 2015 (19.58%), but was lower before 2000 (12.6%); (3) oases were distributed in three areas, with Changma alluvial plain oases mainly expanding in immigrant towns, mainly to the front and west, the Shule River irrigation oases were scattered outwards based on the origin

**基金项目:**国家自然科学基金项目(41471163);中央高校科研训练项目(lzujbky-2016-247);国家基础科学人才培养基金科研训练及科研能力提高项目(J1210065)

收稿日期:2017-01-03; 修订日期:2017-06-08

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xieyw@lzu.edu.cn

oasis of every period, and the small and dispersed river tail oases exhibiting relatively large expansion; (4) oases retreat occurred in the Changma alluvial plain, which possessed more natural vegetation, which is easily influenced by environment factors; and (5) oasis expansion has increased over the last 30 years. The Changma irrigation oases, as a typical expansion area, gradually expanded to the northern fine plain; however, due to the shallow water table in the region itself, surface salinization is serious, coupled with a large number of surface water projects generated in oasis development, salinization prevention and control has become an important issue in the region to ensure long-term stable development of oasis to be considered.

**Key Words:** remote sensing image; Guazhou County; oasis change

绿洲作为干旱区独有的地理景观,为人类的生产、生活提供基本的能源供应和环境基础<sup>[1]</sup>,干旱区绿洲面积虽小,却集中了 95% 以上的工农业产值和区域资源<sup>[2]</sup>,是干旱区重要的人口聚集区中心和财富积累中心。绿洲变化是在气温、降水等大的自然环境下,以人类活动为主导驱动因子,所产生的荒漠和绿洲之间的转变<sup>[3-5]</sup>。人类活动对绿洲的影响包括直接和间接影响两个方面,直接影响主要是指人为的绿洲开发,导致水资源时空分布发生改变,从而产生的绿洲和其他土地利用类型之间的转变<sup>[6]</sup>;间接影响是指地下水资源的开采,使得天然绿洲退化,土地荒漠化,而大量修建平原水库、灌溉干渠和农田漫灌,又会使地下水位抬升,产生次生盐渍化和返盐现象<sup>[7-9]</sup>,对绿洲的发展造成影响。

绿洲作为干旱区重要的经济活动中心,随着干旱化、荒漠化和盐渍化现象的日渐严重<sup>[10]</sup>,使得对于干旱区绿洲的研究已经成为一个非常热门的话题,研究内容涉及土地利用/土地覆盖变化<sup>[11]</sup>、绿洲化时空过程<sup>[12-14]</sup>、以及绿洲区自然/生态环境<sup>[15-18]</sup>、绿洲景观格局等多个方面,研究表明,近几十年以来,绿洲研究的数量、所涉及的学科范围以及研究手段等都在不断更新和增加<sup>[19]</sup>。绿洲作为干旱半干旱地区水资源的主要消耗和储备基地,其时空变化过程不仅反映了人类对于干旱区土地的利用开发程度,更是对干旱区生态环境承载力等问题的间接反映。但现有的绿洲研究,较多的以关注人工绿洲为主<sup>[20]</sup>,并以行政单元作为基本的分析尺度<sup>[21-22]</sup>,而我国西北干旱区的绿洲分布受地理因素的制约较多,如何突出绿洲变化的地理特征,探索反映绿洲变化的空间规律,对我国西北干旱区的绿洲发展提供借鉴和依据意义重大。

瓜州县是丝绸之路沿线的重要节点性城市,也是甘肃省“两西”移民以及“疏勒河农业灌溉暨移民安置”项目的重点移入县,随着大量的移民迁入,区域生态承载力加重,绿洲的发展现状及趋势作为移民能够稳定存在的基础更是备受关注。本文拟探索瓜州绿洲在近 30 年间变化的时空规律和趋势,通过提取 1986—2015 年间每 5 年 1 期的绿洲信息,使用格网化的分析方法,突出绿洲变化的时空特征,为瓜州绿洲的发展提供借鉴和指导作用。

## 1 研究区概况

瓜州绿洲位于甘肃省河西走廊西部疏勒河流域中游,西接敦煌、新疆等重要城市,东连玉门市、嘉峪关市,绿洲南北长约 83km,东西宽度为 172km 左右,地理位置介于 39°53'—40°36'N 和 94°53'—96°55'E 之间,是分布在河西走廊平原的狭长型绿洲,如图 1 所示。区域气候干旱,降水稀少,年平均降雨量仅 54.3mm,年蒸发量却达 3046.3mm,属于典型的温带大陆性干旱气候<sup>[23]</sup>。绿洲外围为大面积的荒漠戈壁地表,生态环境脆弱,荒漠植被主要以梭梭、怪柳、白刺等耐旱深根性植被为主,在绿洲区域,大面积种植玉米、葡萄等农作物。由于东西范围较长,瓜州绿洲形成 3 个主要分布区域,以截山子为界,东部绿洲位于昌马冲积扇平原,又称昌马灌区绿洲;西部为疏勒河干流灌区绿洲;河流尾间的小片绿洲,位于西湖乡境内,生态环境极度脆弱。绿洲地处荒漠腹地,对连接丝绸之路东西段的经济发展作用重大,近年来,随着人类活动的影响加大,瓜州绿洲大面积扩张,与此同时,绿洲荒漠化、盐碱化现象也不断产生,使绿洲的发展面临严峻挑战。

## 2 数据与方法

### 2.1 数据来源与预处理

使用中分辨率遥感影像进行绿洲信息的获取,其中2015年的绿洲信息提取使用 Landsat8 OLI 遥感影像,其他年份使用 Landsat5 TM 数据,分辨率均为 30m,数据时相以 7—8 月份为主。信息提取前对影像进行大气辐射校正,以减小或消除因云、水汽等造成的信息失真和图像畸变。其他数据还包括 Google 高清影像,文献资料等数据,作为信息提取和分析的辅助资料。通过使用以上数据,分别提取瓜州绿洲 1986 年、1990 年、1995 年、2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年的分布情况。

### 2.2 研究方法

#### 2.2.1 绿洲信息提取

总结较多对绿洲的定义<sup>[20,24-26]</sup>,将遥感影像上能够表现出来的绿洲结构定义为植被、水体、居民地和工业用地等几部分。植被的提取使用 NDVI 阈值分割的方法(图 2),但由于受我国西北干旱区农作物物候的影响,存在较多歇/轮耕地没有被完全提取的现象,需要通过目视解译的方法进行补充。水域的提取与植被提取方法类似,但精度较高,不需要进行手动修改,使用归一化水体指数 ( $NDWI = (Green - SWIR1) / (Green + SWIR1)$ ) 阈值分割的方法。居民点(包括城镇)基本位于绿洲内部,通过目视解译的方法进行添加。在我国西北干旱地区,工业用地基本分布在绿洲外围的荒漠戈壁区,需要使用数字化的方法进行获取。

植被提取时,首先获取 2015 年的绿洲信息。使用 OSTU 法确定 NDVI 分割阈值,并对提取结果进行实地验证,确定信息提取的准确性和 NDVI 值。多次试验发现,绿洲的 NDVI 下限基本为天然绿洲的边界,而不受人工绿洲(农田)的影响,因此,实地验证主要考察天然植被边界的准确性,对人工绿洲的考察主要为建立歇/轮耕地的解译标志。其他年份的绿洲提取,参照 2015 年信息提取过程中所建立的解译经验进行,将影像拉伸至与 2015 年一致的色阶范围,最大限度保证不同时期影像视觉特征的一致性,根据所建立的先验知识,不断调整分割阈值,使所提取的结果符合经验条件为止。

1986—2015 年间,7 期绿洲植被提取所使用的 NDVI 阈值依次为 0.3、0.26、0.3、0.25、0.33、0.3、0.35,可以发现,阈值的波动范围较小,NDVI 最大值和最小值分别位于 2000 年和 2015 年。

#### 2.2.2 格网化绿洲变化

格网化是一种突破行政边界的限制,将绿洲的数量变化特征进行空间化表达的方法,能够较细致的体现

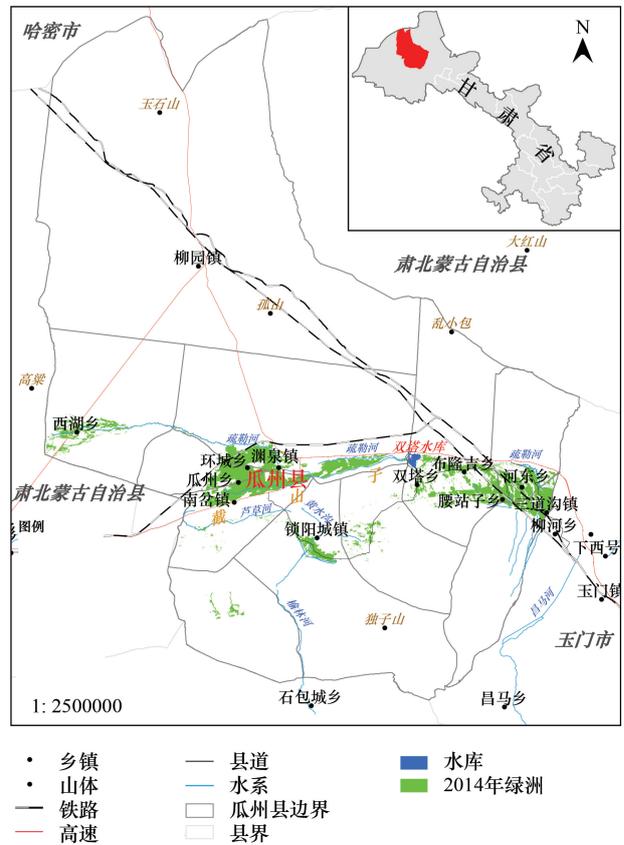


图 1 研究区概况图  
Fig.1 The study area

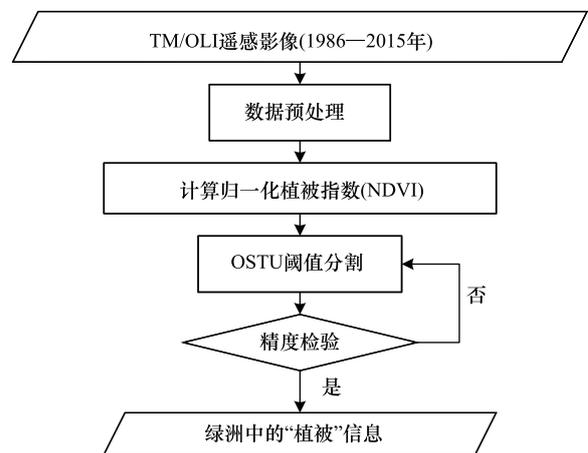


图 2 植被信息提取的方法流程  
Fig.2 The process of vegetation information extraction

绿洲在空间上的变化规律。将研究区域划分为  $90\text{m} \times 90\text{m}$  的等大格网单元,并计算每一研究时段内该网格上的绿洲变化强度。单位格网上,使用格网的面积作为样本年间绿洲面积的最大变化量,计算绿洲的相对变化率<sup>[27]</sup>,计算公式为:

$$K_{\text{grid}T_1-T_2} = \frac{S_b - S_a}{S_{\text{grid}}} \tag{1}$$

式中,  $S_a$  和  $S_b$  分别为研究初期和末期格网内的绿洲面积,  $S_{\text{grid}}$  为格网单元面积,  $T_1$ 、 $T_2$  为研究初期和末期的时间,  $K_{\text{grid}}$  的值域范围为  $[-1, 1]$ ,  $K_{\text{grid}}$  为正代表绿洲扩张, 为负则为绿洲退缩。

公式(1)中  $K_{\text{grid}}$  的绝对值越大,说明绿洲向该方向的变化越剧烈。同一格网单元上,多期变化绝对值的和越大,则说明该网格上绿洲的变化越频繁,使用累计变化率( $CK_{\text{grid}}$ )<sup>[27]</sup>进行表达,计算公式为:

$$CK_{\text{grid}} = \sum_{i=1}^{N-1} |K_{\text{grid}T_i-T_{i+1}}| \tag{2}$$

式中,  $N$  为选用的景观类型的样本年份数,  $CK_{\text{grid}}$  的最小值为 0, 最大值为  $N$ , 值越大说明绿洲变化越剧烈, 越接近于 0, 则说明绿洲越稳定。

每一时期的格网单元上,绿洲变化包括绿洲“扩张”、“退缩”和“无变化”3 个类型。对累积变化率直方图进行统计发现,  $CK_{\text{grid}}$  在值为 1 和 2 处出现两个峰值, 据此, 将累积变化率划分为“无变化”、“微弱波动”、“较强波动”和“剧烈波动”4 个等级。

### 3 结果与分析

#### 3.1 绿洲变化过程分析

从近 30 年间瓜州绿洲的空间分布(图 3)可以看出,昌马灌区绿洲位于昌马冲积扇平原,绿洲规模较大,但分布较为零散;疏勒河干流灌区绿洲分布集中,绿洲形状规整、连片性好;疏勒河尾间绿洲,位于荒漠腹地,绿洲规模较小、分布分散,连片性差。

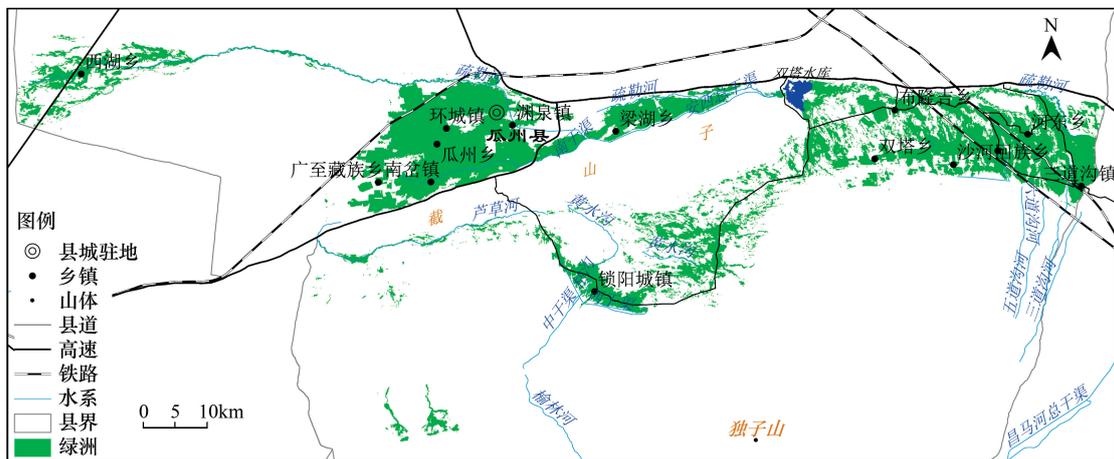


图 3 近 30 年间瓜州绿洲分布图

Fig.3 The Guazhou oases distribution in recent 30 years

图中表示的是近 30 年间所有年份绿洲面积的叠加,是有绿洲分布的最大范围,总面积为  $1087.9\text{km}^2$

从瓜州绿洲的面积变化(表 1)可以看出,近 30 年间,瓜州绿洲总体上为扩张的趋势,绿洲由 1986 年的  $574.73\text{km}^2$  增长至 2015 年的  $859.98\text{km}^2$ , 面积净增长  $285.25\text{km}^2$ , 与 1986 年相比, 增长比例为 49.6%。其中 1986—1990 年间绿洲发生退缩, 而且面积减少较多( $170\text{km}^2$ ), 占 1986 年绿洲面积的 29.68%; 1990 年开始, 绿洲不断扩张, 但前期的扩张速度较慢, 1990—2000 年间, 绿洲面积仅增长 12.6%, 面积增加量为  $58.1\text{km}^2$ ; 2000—2005 年间的增长速度较快, 短短 5 年期间, 绿洲面积增长 38.45%, 增长量达  $199.73\text{km}^2$ ; 2005—2015 年

又进入较平稳的增长阶段,10年间绿洲扩张19.58%。

在乡镇尺度上,瓜州县不同乡镇的绿洲面积差异较大(表1),绿洲变化趋势也不尽相同。其中以环城镇、南岔镇和布隆吉乡的绿洲面积较大,绿洲增长速度也较快,近30年间,环城镇和南岔镇的面积净增长分别为107.8km<sup>2</sup>和77.25km<sup>2</sup>,相比于1986年,面积分别增长1.5倍和1.11倍,远大于全县和其他乡镇。而布隆吉乡在1986—1990年间绿洲退缩49.04km<sup>2</sup>,退缩比例为46.13%。1990—2015年间绿洲快速增长,面积净增加86.95km<sup>2</sup>,扩大为1990年的1.51倍,扩张速度和幅度都比较大。其次为瓜州乡,近30年间的绿洲面积仅增加40.58km<sup>2</sup>,但相比1986年,面积增长比例为92.38%。西湖乡的绿洲基数较小,虽然绿洲扩张面积较小(27.16km<sup>2</sup>),但相对增长比例却比较大(77.98%)。而县域内其他乡镇的绿洲扩张数量和比例都相对较小。

表1 瓜州县1986—2015年间绿洲面积/km<sup>2</sup>  
Table 1 The oasis area of Guazhou county in 1986—2015

绿洲 Oasis	1986	1990	1995	2000	2005	2010	2015
总面积 Total area	574.73	461.32	489.55	519.43	719.16	781.25	859.98
布隆吉乡	106.31	57.27	73.59	72.53	105.34	119.23	144.22
西湖镇	34.84	22.96	23.88	32.95	31.88	61.48	62.00
环城镇	71.64	65.55	63.91	79.00	137.07	166.82	179.45
河东乡	64.97	61.30	72.21	73.16	85.80	85.99	95.41
瓜州乡	43.93	40.93	36.99	40.84	72.76	80.22	84.51
桥子乡	66.70	37.25	44.64	36.63	41.83	19.75	19.07
三道沟镇	59.11	59.52	58.30	59.97	66.84	64.27	74.04
南岔镇	69.32	67.39	65.75	72.76	116.90	133.31	146.58
锁阳城镇	49.42	39.95	41.26	42.53	50.60	42.51	43.75
东巴兔乡	8.50	9.197	9.00	9.05	10.14	7.66	10.97

该表使用研究初期1986年的乡镇界限

### 3.2 格网化绿洲变化分析

可以看出,同一时期,绿洲同时存在“扩张”与“退缩”的现象(图4)。其中,1986—1990年的绿洲退缩最为严重,昌马冲积平原的大面积天然植被退化,绿洲大幅度萎缩,尤其以冲积平原中部和西侧为主。1990年起,前期大面积退缩的天然植被区绿洲开始恢复,冲积平原的南侧也开始出现规模较大的人工绿洲,移民政策下成立的腰站子乡、沙河回族乡和双塔乡,成为了昌马灌区绿洲的主要扩张区域。

2000年以后为绿洲的快速扩张期,其中2000—2005年间的瓜州绿洲扩张达到巅峰,以疏勒河干流灌区的绿洲扩张为主,瓜州县城附近的乡镇,大面积耕地增加;位于双塔水库西侧,以国营小苑农场为基地建立的移民安置乡——梁湖乡,绿洲面积也开始增加。2005—2010年间,昌马灌区的绿洲扩张仍然以移民乡的耕地扩增为主,而疏勒河干流灌区内,形状规则、规模较大的工业用地开始出现,河流尾间的绿洲扩张也较为明显。2010—2015年间,绿洲扩张速度又有所减缓,扩张斑块分布零散,几个主要绿洲区均存在少量的扩张。

统计不同年份绿洲的“扩张”、“退缩”和“无变化”的面积(表2)。可以看出,绿洲“扩张”呈现明显的抛物线型变化,并在2000—2005年间达到最大(432.69km<sup>2</sup>),其中1986—2000年和2005—2015年均缓慢增加的趋势,2000—2005年的绿洲扩张大幅度增加,使得瓜州绿洲的扩张达到最大值。“无变化”是指每一时间段内,绿洲没有发生退缩和扩张的区域,“无变化”面积逐年增加(表2),说明瓜州绿洲总体为不断扩大的趋势。绿洲“退缩”在每一时期内均有发生,其中1986—1990年的绿洲退缩最为严重,其次为2005—2010年,面积分别为379.95km<sup>2</sup>和305.41km<sup>2</sup>,2000—2005年的绿洲“退缩”面积最小(123.70km<sup>2</sup>)。

通过以上分析发现,瓜州绿洲的扩张主要集中在昌马灌区和疏勒河干流灌区,对这两个主要区域的绿洲扩张趋势进行分析,如图5所示。从疏勒河干流每一时期的绿洲扩张格局(5a)可以看出,该区域的绿洲扩张主要是围绕现有的绿洲外边界进行开发,随着绿洲主体的不断扩大,绿洲的发展方向不断向荒漠内部延伸,形成以原始绿洲为主体不断向外围呈辐射状扩张的趋势,同时,也有对绿洲内部进行填充的现象,使得绿洲的斑

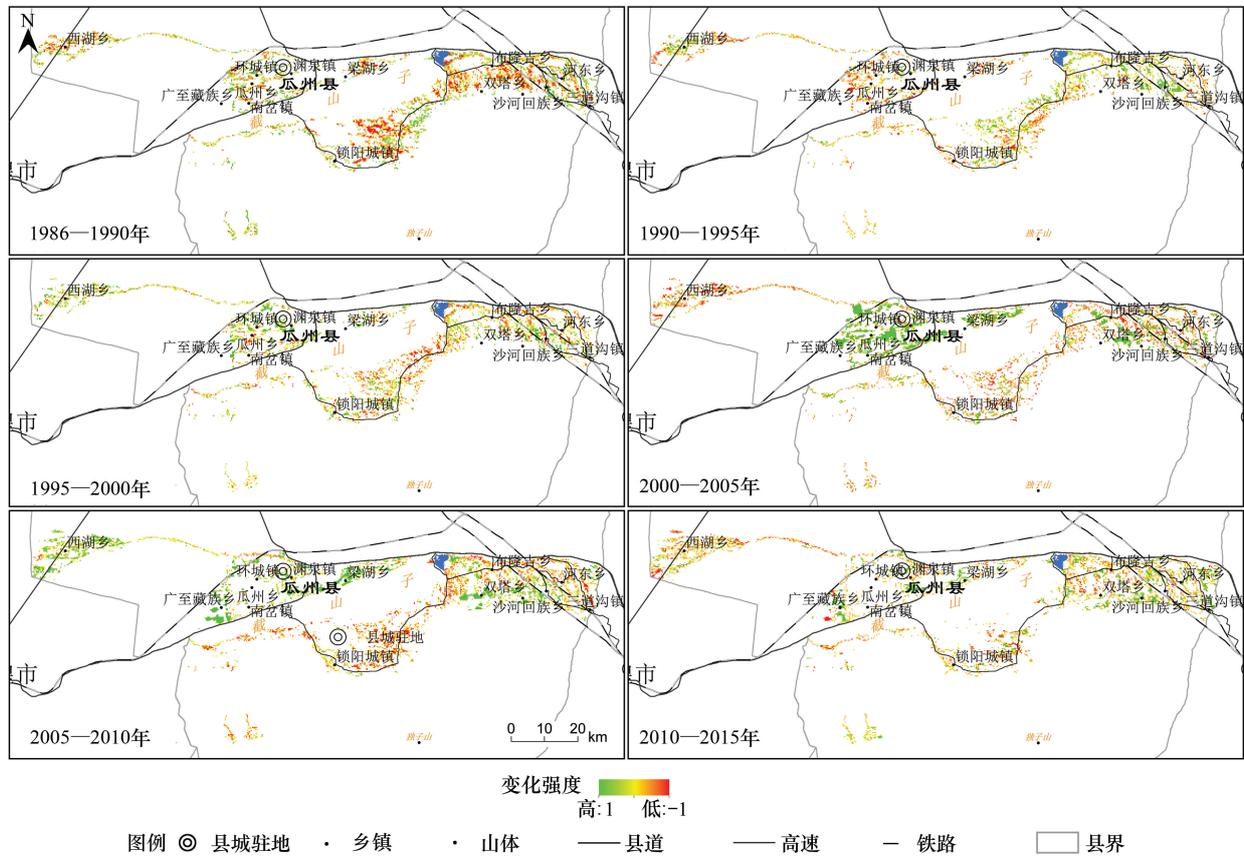


图 4 格网化绿洲变化强度

Fig.4 The grid oases change intensity

绿洲变化强度阈值为[-1,1],图中红色代表绿洲退缩,绿色代表绿洲扩张

块更加完整。从图中可以看出,2005 年开始,绿洲西部荒漠区出现的工矿企业用地也成为了绿洲扩张的热点区域,成为了该区域绿洲扩张的新形式。

表 2 绿洲扩张与退缩面积/km<sup>2</sup>

Table 2 The area of oases expansion and retreat

时间 Time	绿洲退缩 Oasis retreat	无变化 No change	绿洲扩张 Oasis expansion	时间 Time	绿洲退缩 Oasis retreat	无变化 No change	绿洲扩张 Oasis expansion
1986—1990	379.95	295.82	195.32	2000—2005	123.70	385.34	432.69
1990—1995	199.78	316.67	220.98	2005—2010	305.41	493.98	304.90
1995—2000	208.23	326.97	258.14	2010—2015	185.20	603.68	324.81

昌马灌区绿洲发生退缩的范围较广、面积较大,由于冲积平原南高北低的地势特点,北部和西侧的地下水位较浅,天然植被面积较大<sup>[28]</sup>,容易受环境等因素的影响,因此,绿洲退缩现象也较频繁。绿洲扩张主要集中在移民乡区域,以绿洲扩张面积为权重,分别计算该区域 1986—2015 年间每一时期的绿洲扩张热点(图 5b),可以看出,早期的绿洲向北部扩张,近几十年间主要为向西和向西北方向发展。其中,1986—1990 年间,绿洲以腰站子乡为基础向北扩张;1990—1995 年间,绿洲转为向西北方向发展,扩张的主要区域为冲积平原南部和中部地区;1995 年开始,绿洲边界逐渐向西推进,1995—2000 年的绿洲扩张热点位于沙河回族乡,2000—2005 年已经向西延伸至双塔乡附近,2005—2010 年间,绿洲更是大范围向西扩张,至 2010—2015 年,绿洲的扩张热点已经开始出现在双塔水库附近和走廊平原的西部。腰站子乡作为瓜州县最早的移民乡,也是绿洲扩

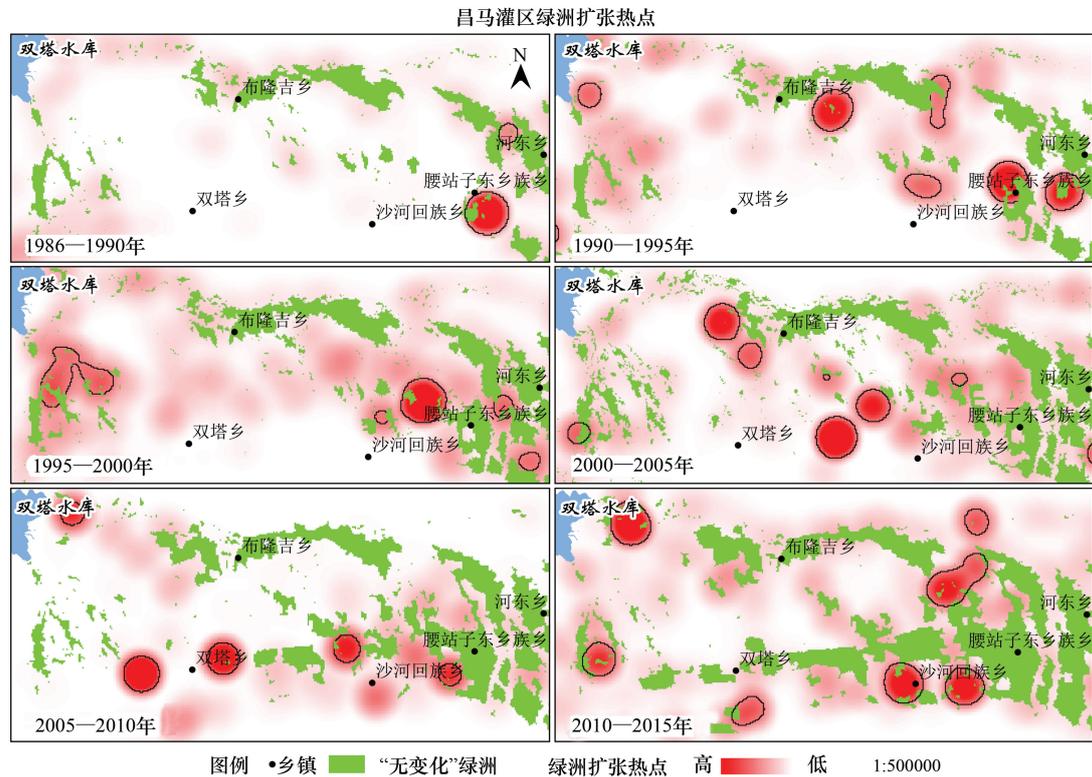
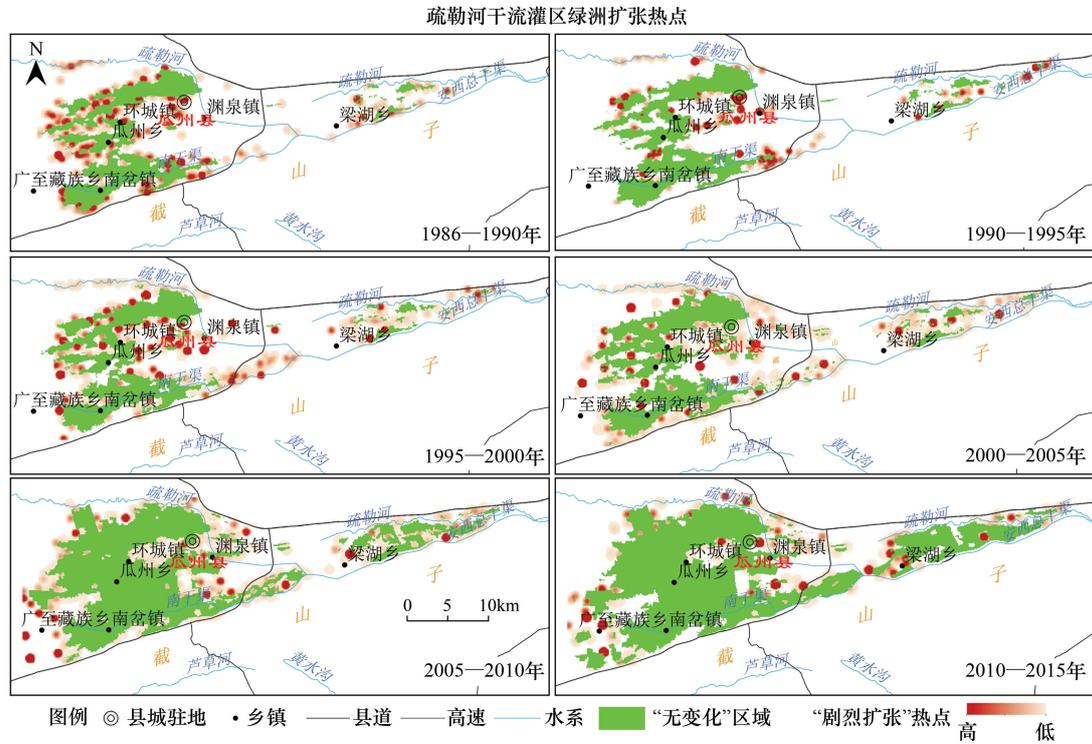


图5 瓜州绿洲变化主要区域及扩张规律图

Fig.5 The main region and regularity of Guazhou oases change

图中“无变化”是指每一单一研究时段内,绿洲没有发生扩张和退缩的区域;近30年间,“无变化”面积不断增大,体现了绿洲主体为不断变大的趋势

张的最早区域,可以看出,截止 2015 年间,东起腰站子乡、西至双塔水库的整个冲积平原区,大部分地表已经演变为人工绿洲的分布区。因此,在昌马冲积平原绿洲区,随着人类的大力开发,绿洲逐渐向北部细土平原和向西发展已成为主要趋势,加之该区域的水资源较为丰富,未来绿洲在整个冲积平原进行大规模开发的潜力较大。

### 3.3 格网化累积变化率

对近 30 年间的绿洲累计变化率进行分级(图 6)并统计不同等级所占的面积(表 3),可以看出,绿洲累积“无变化”为多年绿洲分布的核心区域,面积较小(241.85km<sup>2</sup>),仅占绿洲分布区总面积(图 3)的 22.23%,是 1986 年绿洲面积(表 1)的 42.08%,分布在疏勒河干流灌区、昌马灌区东部和昌马冲积平原西南侧。“微弱波动”反映了绿洲扩张的空间分布情况,集中在昌马冲积平原的移民乡镇和疏勒河干流“无变化”绿洲的外围,面积为 493.45km<sup>2</sup>,占绿洲分布总区域的 45.36%。以上分析可以看出,瓜州绿洲能够多年稳定存在的区域面积较小,仅为不足 1986 年绿洲的一半,而近 30 年的扩张面积却较多,因此,“微弱波动”区将是瓜州绿洲进一步开发的潜在区域,而能够保持多年稳定存在的区域面积较小。

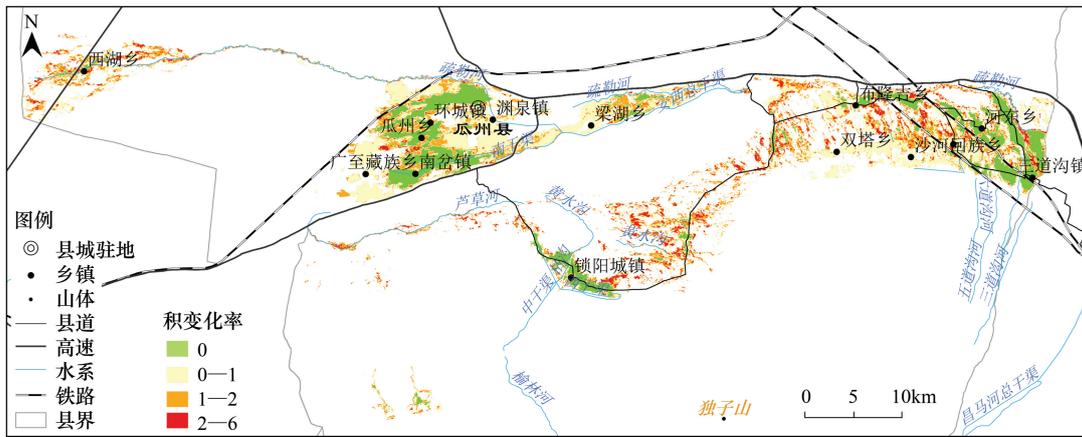


图 6 累计变化率

Fig.6 The cumulative change rate of Guazhou oases

表 3 不同变化等级绿洲面积

Table 3 The oases area of every change degree

	无变化 No change	微弱波动 Weakly changes	较强波动 Strongly changes	剧烈波动 Acutely changes
	0	0—1	1—2	2—6
面积 Area/hm <sup>2</sup>	241.85	493.45	255.10	97.50
百分比 Percent/%	22.23	45.36	23.44	8.97

百分比是指每一类别占近 30 年间存在绿洲分布区域的总面积(1087.9km<sup>2</sup>)的比例

“较强波动”总体为反映绿洲的扩张趋势,但会受到较少绿洲退缩现象的影响,总面积为 255.10km<sup>2</sup>。从图中可以看出,绿洲“较强波动”的分布零散,斑块较小,而且有较大面积位于绿洲大面积扩张的区域——“微弱波动”区,进一步说明了维持瓜州绿洲稳定发展的必要性。“剧烈波动”所反映的绿洲变化频繁,总面积为 97.5km<sup>2</sup>,仅占绿洲分布总区域的 8.97%,大面积分布在昌马冲积平原区,疏勒河干流灌区较少,河流尾间的这类绿洲面积也较多。

以上分析中发现,昌马冲积平原是近 30 年间绿洲大面积扩张的重要区域之一,但在近几十年间,能够保持原始绿洲稳定不变的区域却较少,绿洲“剧烈波动”和“缓慢波动”的分布范围较广,绿洲大幅度扩张为该区域近 30 年间的主要变化趋势,但保持绿洲长期稳定存在应当作为目前的主要问题之一。疏勒河干流灌区绿洲的变化频率较小,稳定绿洲的面积也相对较大,依靠上游双塔水库的水资源调控,该区域的绿洲发展相对较

为稳定。河流尾间仅存在极小面积的稳定绿洲,绿洲波动性较大,但近几十年间的绿洲扩张也较多。

#### 4 结论与讨论

近 30 年间,瓜州绿洲扩张显著。1986—1990 年间的绿洲出现了较大幅度的减小;从 1990 年开始,绿洲进入大范围的扩张,其中 2000—2005 年是绿洲扩张最为明显的时期,绿洲面积增长 199.73km<sup>2</sup>,其次为 2005—2015 年,面积增加 19.58%;而 2000 年以前的绿洲扩张速度较慢,1986—2000 年间,绿洲面积增加仅 12.6%。

空间分布上,绿洲扩张以昌马灌区移民乡镇和疏勒河干流灌区为主。昌马灌区内,腰站子乡作为甘肃省最早批准建立的“两西”移民乡,绿洲扩张最早出现在这一区域,从冲积平原南部开始向北部发展。“疏勒河流域农业灌溉暨移民安置”项目中,又先后成立沙河回族乡和双塔乡,绿洲扩张趋势便转向西和西北方向发展,截止 2015 年,冲积平原南部至双塔水库一带,绿洲已占据大面积区域。疏勒河干流灌区内,绿洲以原始绿洲为主体向外扩展,梁湖乡作为主要移民乡之一,以国营小苑农场为基础向西发展,并逐渐与瓜州县城连为一片,这一区域的绿洲面积较大,绿洲稳定性也较高。近几十年间,疏勒河干流灌区绿洲退缩的面积较少,绿洲退缩主要发生在昌马冲积平原区;而在疏勒河尾间,绿洲也存在较为严重的退缩现象,但由于绿洲基数较小,绿洲退缩面积的数量相对较少,该区域的绿洲退缩主要是由于地处荒漠腹地,生态环境脆弱,风沙大,绿洲受干旱化和荒漠化现象的侵蚀严重。

使用格网化的方法进行分析得出,瓜州绿洲的扩张速度较快,但研究时段内均保持为绿洲的面积却较少。1986—2015 年间,累积变化率为 0 的面积仅占绿洲分布总面积的 22.23%,占 1986 年绿洲的 42.08%,在昌马灌区绿洲中,以较稳定速度大面积的扩张的区域中,仍然存在较大面积的“剧烈波动”和“缓慢波动”区域,而长期稳定存在的绿洲却位于大面积扩张绿洲的东北部,突出体现了这一区域绿洲扩张的不稳定性。研究表明,昌马冲积平原北部的细土平原区,地下水位较浅<sup>[28]</sup>,而不合理的修建平原水库和灌溉干渠,又会造成地表的次生盐渍化现象<sup>[9]</sup>,因此,昌马灌区绿洲在不断向西北部大面积扩张的同时,采取合理的灌溉措施、保持绿洲长期稳定的发展是目前亟待解决的问题之一。

疏勒河干流灌区与昌马灌区的绿洲扩张形成鲜明对比。前者是以原始的绿洲主体为基础,呈放射状向外扩张,近期以来,疏勒河干流绿洲外围的荒漠区内,新增较多的工业用地,成为该区域近时期绿洲扩张的方式之一。昌马灌区内,冲积扇前平原的地下水位较浅,与荒漠生态环境相较,该区域进行耕地开发的难度相对较小,随着移民的迁入,更是促进了该区域耕地的开发速度,截止 2015 年,昌马冲积扇前平原的大部分已经成为绿洲分布区,绿洲扩张显著。

格网化作为一种突破行政界限对绿洲变化过程进行分析的方法,不仅能够定性的表达绿洲变化的空间特点,而且对绿洲的扩张、退缩和稳定存在区域也能够进行定量计算,较好的体现了区域绿洲的变化趋势和过程。

#### 参考文献 (References):

- [1] 韩德麟. 关于绿洲若干问题的认识. 干旱区资源与环境, 1995, 9(3): 13-31.
- [2] 王涛, 刘树林. 中国干旱区绿洲化、荒漠化调控区划(纲要). 中国沙漠, 2013, 33(4): 959-966.
- [3] 穆桂金, 刘嘉麒. 绿洲演变及其调控因素初析. 第四纪研究, 2000, 20(6): 539-547.
- [4] 王根绪, 程国栋. 近 50a 来黑河流域水文及生态环境的变化. 中国沙漠, 1998, 18(3): 233-238.
- [5] 杨小平. 绿洲演化与自然和人为因素的关系初探——以克里雅河下游地区为例. 地学前缘, 2001, 8(1): 83-89.
- [6] 樊自立. 塔里木盆地绿洲形成与演变. 地理学报, 1993, 48(5): 421-427.
- [7] 程维明, 周成虎, 汤奇成, 张百平, 姚永慧. 天山北麓前山带对平原区水文过程的影响. 地理研究, 2001, 20(4): 439-445.
- [8] 贾宝全, 慈龙骏, 韩德林, 杨清泉. 干旱区绿洲研究回顾与问题分析. 地球科学进展, 2000, 15(4): 381-388.
- [9] 马金珠, 李吉均. 塔里木盆地南缘人类活动干扰下地下水的变化及其生态环境效应. 自然资源学报, 2001, 16(2): 134-139.
- [10] 赵哈林, 赵学勇, 张铜会, 张小由, 李玉霖, 刘立超. 我国西北干旱区的荒漠化过程及其空间分异规律. 中国沙漠, 2011, 31(1): 1-8.
- [11] 周德成, 罗格平, 尹昌应, 许文强, 冯异星. 近 50a 阿克苏河流域土地利用/覆被变化过程. 冰川冻土, 2010, 32(2): 275-284.

- [12] 巩杰, 孙朋, 谢余初, 钱大文, 贾珍珍. 基于移动窗口法的肃州绿洲化与景观破碎化时空变化. 生态学报, 2015, 35(19): 6470-6480.
- [13] 王涛. 干旱区绿洲化、荒漠化研究的进展与趋势. 中国沙漠, 2009, 29(1): 1-9.
- [14] 赵晓同, 颀耀文, 李琳琳. 1986-2009 年高台县绿洲化荒漠化时空过程. 兰州大学学报: 自然科学版, 2012, 48(1): 49-54.
- [15] 陈生云, 刘文杰, 叶柏生, 杨国靖, 宜树华, 王发刚, 秦翔, 任贾文, 秦大河. 疏勒河上游地区植物多样性和生物量及其与环境因子的关系. 草业学报, 2011, 20(3): 70-83.
- [16] 李栋梁, 吕世华, 邓振镛. 疏勒河绿洲系统气候变化的特征分析. 高原气象, 2004, 23(2): 233-237.
- [17] 李曼, 丁永建, 杨建平, 谭春萍, 杨圆. 疏勒河径流量与绿洲面积、农业产值及生态效益的关系. 中国沙漠, 2015, 35(2): 514-520.
- [18] 孙希科, 周立华, 陈勇. 疏勒河流域气候变化情景下的适应对策. 中国沙漠, 2011, 31(5): 1316-1322.
- [19] 唐霞, 张志强. 基于文献计量的绿洲研究发展态势分析. 生态学报, 2016, 36(10): 3115-3122.
- [20] 贾宝全. 绿洲景观若干理论问题的探讨. 干旱区地理, 1996, 19(3): 58-65.
- [21] 陈睿山, 蔡运龙. 土地变化科学中的尺度问题与解决途径. 地理研究, 2010, 29(7): 1244-1256.
- [22] 巩杰, 谢余初, 孙朋, 颀耀文. 乡镇尺度金塔绿洲时空格局变化. 生态学报, 2013, 33(11): 3470-3479.
- [23] 马中华, 张勃, 张建香, 靳生理, 孙力炜. 疏勒河中游生态服务价值对土地利用变化的响应. 生态学杂志, 2011, 30(11): 2584-2589.
- [24] 高华君. 我国绿洲的分布和类型. 干旱区地理, 1987, 10(4): 23-29.
- [25] 刘秀娟. 对绿洲概念的哲学思考. 新疆环境保护, 1994, 16(4): 13-18.
- [26] 赵成义, 阎顺. 绿洲及其高效持续发展. 新疆环境保护, 1994, 16(4): 38-43.
- [27] 卫娇娇. 基于遥感的甘肃河西地区绿洲分布提取及时空变化分析[D]. 兰州: 兰州大学, 2016.
- [28] 李计生, 王静, 李斌, 李亚林, 徐敬东. 河西走廊疏勒河灌区地下水特征现状分析. 冰川冻土, 2014, 36(5): 1288-1297.