

于田一旦末绿洲空间扩张特征对比分析

约日古丽·卡斯木¹, 瓦哈甫·哈力克^{1,2}, 刘敬强¹

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046; 2. 新疆大学 绿洲生态重点实验室, 乌鲁木齐 830046)

摘要:以于田一旦末绿洲 1970 年(MSS)、1990 年(TM)、2005 年(ETM)遥感影像和 20 世纪 50 年代地形图为主要数据源,在 ENVI 软件平台支持下,对研究区进行剪切、配准、解译、分类处理,得出分类图和基础空间信息;在此基础上,对比分析了两个绿洲 30 a 以来绿洲面积、耕地变化和经济发展等因素影响下的动态变化与扩张特征。结果表明:30 a 以来,且末绿洲沿车尔臣河往外缘扩张,扩张特征主要是“跳跃式”模式;于田绿洲沿克里雅河往外缘扩张,其扩张特征主要是“摊饼式”模式。耕地变化上,两个绿洲历年耕地空间变化特征基本相同,两者变化趋势为增长—减少—增长的波动状态。于田一旦末绿洲第一产业所占比重基本相似,二、三产业的增长幅度与速度且末绿洲快于于田绿洲。分析可知,绿洲面积、耕地变化和经济的发展都推进绿洲的扩张,但绿洲扩张的同时出现绿洲外部的荒漠化和内部的盐碱化问题,因此为了防止绿洲综合功能的退化,对绿洲进行动态监测势在必行。

关键词:于田一旦末绿洲;空间扩张;对比分析

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)06-0105-06

Comparative Analysis on Spatial Expansion Characteristics in Keriya—Qerchen Oasis

Yuergul·KASIM¹, Wahap·HALIK^{1,2}, LIU Jing-qiang¹

(1. College of Resources and Environmental Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

2. Lab for Oasis Ecosystem, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

Abstract: According to the remote sensing images of 1970 (MSS), 1990 (TM), 2005 (ETM) and 1950s topographic map of Keriya—Qerchen oasis as the main data sources, and based on ENVI software platform support, the classification maps and basic spacial information of study area were obtained through cut, registration, interpretation, and classification processing of images. On this basis above, cultivated land change and oasis area and economic development of two oasis over the past 30 years under the influence of factors such as the characteristics of the dynamic change and expansion were analyzed. The results show that: the rim expansion, expansion characteristics along Qerchen of Keriya—Qerchen oasis are mainly ‘jumps’ mode over the past 30 years. In Keriya oasis, river along the Keriya outer expansion, main feature of its expansion is ‘booth bread type’ mode. Farmland change and the spacial change features of cultivated land oases are almost same, which are characterized as the trend of fluctuation regime of growth-decrease-growth state. In Keriya—Qerchen oasis, the proportion of primary industry is similar, increment and development speed of second and third industry in Keriya oasis are faster than those in Qerchen oasis. Analysis shows that oasis area, farmland change and economic development are promoting the expansion of oasis, but expansion of oasis caused the external desertification of oasis and internal salinization problem within oasis imultaneously, therefore, in order to prevent the degradation of comprehensive functions, the dynamic monitoring for oasis is imperative.

Key words: Keriya—Qerchen oasis; spatial expansion; characteristic; contrast analysis

绿洲是干旱区人类生存和发展的基地,我国的干旱区面积约 250 万 km²,约占全国国土面积的 1/4,

绿洲面积只占干旱区面积的 4%~5%。随着社会经济的发展,人类对绿洲利用的增强,人们越来越意识

收稿日期:2011-06-09

修回日期:2011-07-14

资助项目:国家自然科学基金项目(40761021,41061005)

作者简介:约日古丽·卡斯木(1986—),女,(维吾尔族),在读硕士研究生,研究方向:干旱区资源与环境。E-mail:yuergul999@163.com

通信作者:瓦哈甫·哈力克(1967—),男,(维吾尔族),新疆哈密人,教授,博士后,研究方向为:干旱区资源与环境。E-mail:hwahap@xju.edu.cn

到绿洲和荒漠之间的过渡带对绿洲开发的意义,准确把握绿洲—荒漠化之间的演变转化与量的特征是抑制荒漠、发展绿洲的必要前提^[1]。随着绿洲人口持续增长及随后而来的生产规模的增大,绿洲开发过程加快、绿洲规模不断扩大。在干旱区绿洲有限的自然资源和脆弱的生态环境背景下,绿洲规模的扩张有两种可能的结果:(1)当扩张保持在一定的限度之内时,它具有建设性作用,会巩固绿洲系统功能,为干旱区人类提供舒适的生存环境和足够的生产空间和更多的社会经济财富;(2)作为干旱区的脆弱系统,当绿洲扩张超过一定的限度,往往会起着破坏性作用,出现一些不可恢复的严重生态环境问题,使绿洲易失其稳定性,走向崩溃。因此,在绿洲开发过程中,我们提倡适度的开发,不要超过绿洲自身扩张阈值。

位于塔里木盆地南缘的两个典型绿洲于田绿洲和且末绿洲深居内陆的地理区位、干燥的大陆性气候、山盆相间的地貌格局、荒漠性的土壤与植被使得两绿洲具有独具特色的生物气候特征。在此生物气候背景下,两绿洲山地生物气候的垂直分异使得该区的生态系统十分丰富多样。位于生物气候垂直带底部的荒漠生态系统的复杂多样性也堪称世界之最。但在人类社会经济活动有关的两绿洲空间扩张特征、耕地时空变化特征,经济发展及其环境响应等方面有差异,因此,这两个绿洲在空间扩张过程中表现出各自不同的特征。本文运用遥感空间数据解译、GIS空间分析手段分析了两个绿洲的空间分布和扩张,以于田—且末绿洲1970年(MSS)、1990年(TM)、2005年(ETM)遥感影像和20世纪50年代地形图为主要数据源,在ENVI软件平台对研究区进行剪切、配准、解译、分类处理,得出分类图和基础空间信息,得到30 a两个绿洲空间分布和空间扩张图,再用两个绿洲耕地变化,经济发展方面的社会资料在SPSS的支持下进一步进行对比分析。

1 研究区概况

且末绿洲所在的且末县位于巴音郭楞蒙古自治州,南屏西阿尔金山和东昆仑山与西藏为邻,北部深入塔克拉玛干大沙漠与尉犁县相接。东经 $83^{\circ}25' - 87^{\circ}30'$,北纬 $35^{\circ}40' - 40^{\circ}10'$ 。东西宽320 km,南北长约460 km,总面积约14万 km^2 。且末县深居内陆,干燥少雨,具典型暖温带极端干旱大陆性气候特征。由于地形与地势的差异作用,该县分为南部高山严寒气候区和北部平原暖温带干旱大陆性气候区两大气候区,1月平均气温 -8.7°C ,7月平均气温

24.8°C ,平均降水量为18.6 mm,年蒸发量高达2 506.9 mm,为降水量的130~140倍,干燥度为33。日较差 15.9°C 。且末县风沙危险严重,3—7月为风季,每年8级以上大风平均15.8 d,最多为37 d,多出现在4—7月。长年主风为东北风^[2]。现有总人口6万人。且末县是半农半牧县,且末的经济发展自改革开放以来有了长足的进步。2005年全县生产总值39 627万元,其中:第一产业17 650万元,比重44.5%;第二产业6 390万元,比重16.1%;第三产业15 587万元,比重39.3%^[2]。

于田绿洲位于塔里木盆地南缘,地处东经 $81^{\circ}09' - 82^{\circ}51'$,北纬 $35^{\circ}14' - 39^{\circ}29'$,南靠雄伟的昆仑山与西藏自治区相接,北邻塔克拉玛干大沙漠与沙雅县接壤,东连民丰县,西邻策勒县。土地总面积39 126.14 km^2 。于田绿洲位于塔里木盆地南缘,远离海洋,致使温暖水汽被阻,形成了暖温带大陆性干旱沙漠气候。由于受地形、地貌的影响,气候变化南北差异显著,东西之间的差异不甚明显。可分为山区、平原绿洲和戈壁沙漠3个气候区。主要特点是:光照充足,热量条件好,降水稀少,农业生产全靠河水、泉水和地下水灌溉。1月平均气温 -6°C ,年平均气温 11.6°C ,平均降水量44.7 mm,年蒸发量2 479.8 mm,空气相对湿度只有42%。气温日较差较大。现有总人口12.3万人。于田县是半农半牧县,改革开放以来经济有了长足的进步。2005年全县总产值54 966万元,其中:第一产业32 956万元,比重60%;第二产业5 361万元,比重9.8%;第三产业20 010万元,比重36.4%^[3]。

2 数据来源及研究方法

2.1 数据来源

以于田—且末绿洲1970年(MSS)、1990年(TM)、2005年(ETM)遥感影像和20世纪50年代地形图和历年社会统计数据(人口,经济)为数据源,在ENVI软件平台对研究区进行剪切、配准、解译、分类处理,得出了分类图和基础空间信息。由于获取研究区的影像范围较大,所以研究区具体的范围根据航片来确定,为了保证结论的正确性,获取且末绿洲和于田绿洲变化最敏感的地区;即两个绿洲平原区作为研究靶区。两个绿洲3个时期数据上裁剪相应的范围来对其进行对比分析。

2.2 研究方法

本研究通过收集、整理于田—且末绿洲1949—2005年的社会统计数据(如耕地、经济),并利用数理

统计与空间分析的方法结合 SPSS 软件进行数据分析,得出 50 a 以来于田—且末绿洲的空间扩张特征。

利用 ENVI 软件对 1970 年、1990 年和 2005 年的 MSS 和 TM 的 3 期遥感影像进行配准与几何校正,获得研究区不同时期较高精度的遥感图像,进而探讨 1970 年代以后于田—且末绿洲的空间扩张情况及规律。

3 结果与分析

3.1 绿洲系统的构成及其扩张过程

绿洲是在干旱荒漠中有稳定水源,适于植物生长和人类生栖的独特地理景观区域,其形成、分布、发展与演化离不开地球物理因素制约和人为因素的影响作用^[4-5]。出现人类之前的天然绿洲只是自然状态下的水和植物群落的总体,其结构简单,功能单一;人类出现之后,对于绿洲加以改造和利用,使得绿洲复杂的、多功能和多目标的新结构与功能形成。因此,绿洲是气候、水文、土壤、地貌、生物和政治、经济、文化、人口、生产、服务、管理等因素相互作用的自然环境子系统和社会经济子系统叠加综合作用所构成的复合系统。

绿洲是干旱区的精华,尽管其面积仅占我国干旱区总面积的 3%~5%,但它却抚育了干旱区 90% 以上的人口,创造了 95% 以上的工农业产值。近年来随着绿洲人口继续增长及生产规模的增大,使得绿洲规模不断地扩张,在干旱区绿洲脆弱的生态环境背景下绿洲规模扩张有两种可能的作用:(1)当扩张持在一定的限度之内时,它具有建设性功能,会巩固绿洲系统功能,为干旱区人类提供舒适的生存环境,足够的生产空间和更多的社会经济财富;(2)作为干旱区的脆弱系统,当绿洲扩张超过一定的限度,往往会起着破坏性作用,出现一些不可恢复的严重的生态环境问题,使绿洲易失其稳定性,走向崩溃^[6-7]。1970—2005 年,于田—且末绿洲经历了从以自然生态环境支配绿洲环境与空间分布到如今的人口和社会经济活动影响绿洲规模的变化过程。且末—于田绿洲的空间扩张历史看,1970 年代初绿洲人口少,生产方式单一,在水资源利用上,尚无能力合理配置水资源;因此,这个时期绿洲扩张没有人参与的情况下,是受自然因素的限制;到 1990 年代人口开始迅速增长,生产力水平进一步提高,人类的活动向有肥沃的土地和充分水资源的方向扩展;到 2005 年,人口剧增,农业生产规模迅速扩大,人类活动范围呈现出向四周放射性的扩张趋势^[8-10]。

3.2 绿洲规模扩张过程

根据于田—且末绿洲的多次考察,作者认为两个绿洲 1990 年遥感图像的绿洲规模动态变化最明显而且精度比较高,因此,以 1990 年的 TM 影像为基准,利用 ENVI 软件先对 1990 年的 TM 影像进行裁剪,然后按照我们所拿的范围来再次裁剪了 1970 年的 MSS 和 2005 年的 TM 影像,获得了较高精度的研究区不同时期的遥感图像并对其进行监督分类把研究靶区分为绿洲、交错带、盐碱地、水域和沙漠等 5 种类型,即深绿色为农田、人工林地与居民地,浅绿色为交错带主要是荒漠的天然植被和少量人工林地分布区,淡黄色为盐碱地,蓝色为水域,黄色是固定沙丘和植被分布稀少的荒漠地区,最终为了更明显的揭示出绿洲的空间扩张我们采用最大似然法把绿洲的变化单独列出来分析。

由图 1 可以看出,1970 年且末绿洲仅分布在阿尔金山前冲洪积扇和冲积平原的车尔河上游河流的两侧,绿洲之间是不连通,分散式的分布;这时期的于田绿洲主要比较集中地分布在克里雅河上游的冲积平原的周围,绿洲范围小但绿洲之间比较连同;于田—且末绿洲当时的灌溉系统非常简陋,所以人们用较简单的土沟或土渠引河水或泉水用于农业灌溉。因此,绿洲内部基本不存在盐碱化问题。

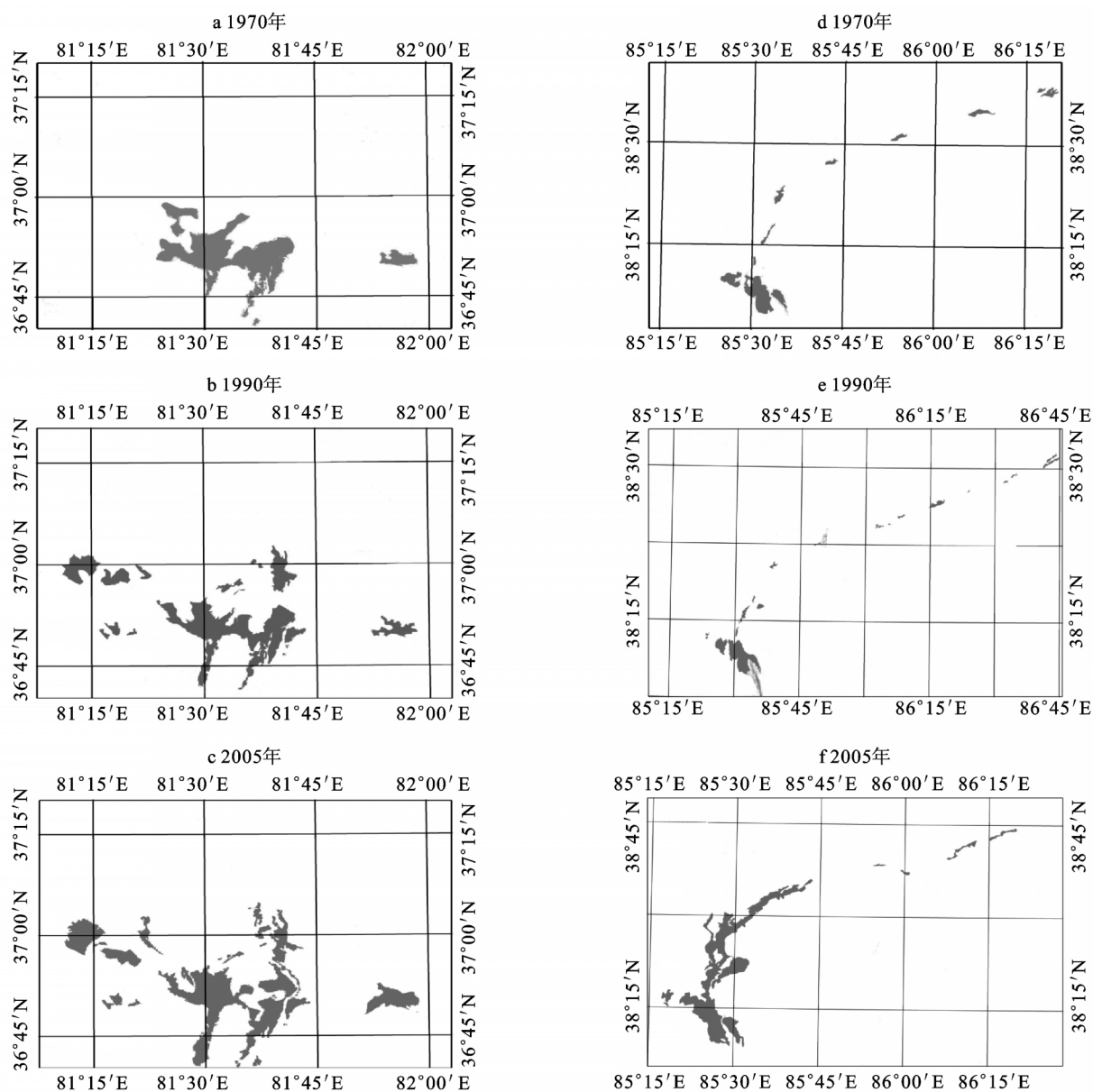
从 1970—1990 年,且末绿洲分布范围急剧往外扩张,原来不连通分散的绿洲基本被连接起来(图 1),同时车尔河中下游地区大片的荒漠,沼泽地均被开发,变成了新绿洲,从而人类的活动范围比 70 年代明显扩张了很多。这时期的于田绿洲的轮廓分散式的往外扩张,同时克里雅河周围的荒漠被开发,形成了许多新的小绿洲,绿洲面积急剧增加。

从 1990—2005 年,且末绿洲的分布又发生了巨大的变化。首先是低山带河流两岸低洼地带的荒漠草原被开发变成新绿洲,特别是河流中上游低山带绿洲;原来散布式的的所有的小绿洲基本上被连接起来形成了连续的扩张趋势。于田绿洲在原来的绿洲轮廓基础上往克里雅河中上游蔓延,早期被开发的河流上游随着人类农业生产活动加剧,造成严重的盐碱化问题,从而原来的绿洲退化,出现绿洲的不连通,散布式的分布(图 1)。

2005 年以后绿洲的外围扩张变化比较少,大部分的变化发生在绿洲内部,主要为局部荒漠被开发或因盐碱化过重导致的撂荒,至于于田—且末绿洲盐碱化问题在此不讨论,这里仅分析于田—且末绿洲 3 个时期的空间扩张情况。

以上分析表明,过去 30 a 于田一旦末绿洲空间扩张过程可分为两个阶段:(1)绿洲快速扩张阶段(1970—2000 年),即老绿洲面积的急剧扩大和一些

新绿洲的开发,各绿洲基本相连;(2)绿洲稳步发展阶段(2000—2005 年),即绿洲外围的轮廓上基本没有再往外扩张,绿洲的变化主要发生在绿洲内部。



a, b, c 为于田绿洲的扩张过程, d, e, f 为且末绿洲的扩张过程

图 1 于田一旦末绿洲历年空间扩张过程

3.3 绿洲耕地增长过程

1970 年以后,且末绿洲在政府的正确指导下开始合理利用当地的自然资源,修建水库,逐步改善农业生产条件,引进高技术提高农业生产量。1949 年底全县有耕地 4 140 hm^2 ,20 世纪 70 年代以后随着经济的发展,人口的剧增,农业生产条件的提高,城镇用地和耕地面积的逐渐扩大,绿洲规模从车尔臣河两岸扩散到周边的交错带和盐碱地,有些地方甚至伸到交错带的边缘,使且末绿洲的扩张面积有较大幅度的增加,耕地面积增加到 2005 年的 10 300 hm^2 ,可是由于不顾灌溉能力、盲目垦荒、为了对燃料、民房建材和

家畜饲料等的需要而进行大面积的伐木砍植,造成原始胡杨林生态环境受到破坏。所以 1975 年以后虽然耕地总面积逐渐增长;到 2005 年,总耕地面积已达到 0.45 hm^2 ,但人均耕地面积逐渐减少(图 2A)。近年来国家及当地政府对绿洲的生态环境保护做了一系列工作。解决居民的燃料问题,改善燃料结构,提高环保意识。

1970 年以后,于田绿洲随着人类社会经济活动的日益加剧,绿洲人口的增长,农业生产条件的改善,这一地区土地利用发生了明显的变化,耕地面积逐渐增加,从而绿洲规模从克里雅河上游的河流两侧延伸

到河流中下游的交错带和盐碱地,使于田绿洲的扩张规模大幅度增加,耕地面积增加到2005年的28470 hm^2 。1970—1985年因为居民不顾灌溉能力,盲目开荒,使绿洲土壤盐碱化速度加剧,从而绿洲的耕地面积开始逐渐减少,人均耕地面积也跟着减少。1990年以后当地人民政府的正确指导,引进的先进农业技

术,改善的农业生产条件下,绿洲总耕地面积逐渐增长;可是耕地面积增长的同时人均耕地面积减少,满足不了当地居民的生活需求,因此居民的生活还没有完全的得到保障。需要提高居民对生态经济系统功能的认识,调整经济结构和产业布局,加强水利建设,同时防止次生沙化(图2B)。

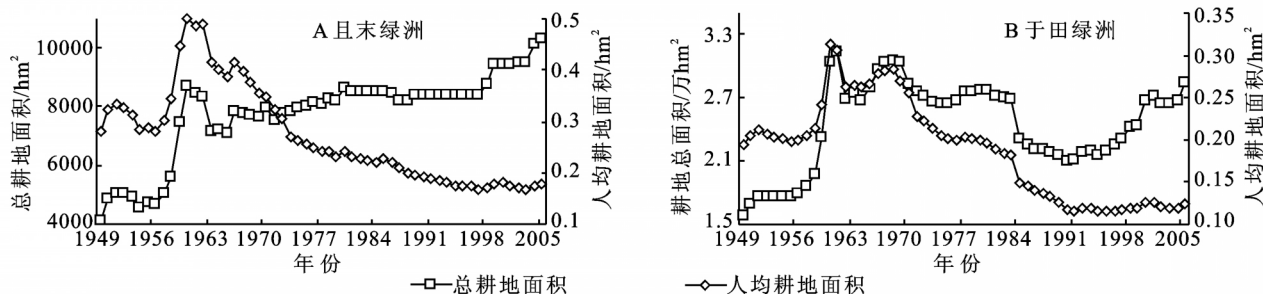


图2 绿洲耕地面积增长过程

3.4 社会经济发展情况

且末绿洲四面环隔壁,沙漠与高山,加上交通的不变,制约了与周边县市的联系,因此,社会经济水平较低,经济增长缓慢,居民生活水平不高;且末绿洲产业结构中第一产业是带动区域经济发展的主导产业,是推动生产总值增长的主要力量。1949年且末县GDP值为112.6万元,1978年GDP值增长为779.9万元。但这期间二、三产业发展非常慢;1978年以后,该县采取一系列措施积极推进经济体制改革,提高经济效应与资源的高效利用,并调整第一、二、三产业的协调发展。近些年来,且末绿洲农业生产水平低,水利设施简陋,灌区灌溉工程失修严重等原因,第一产业生产总值在国内生产总值中的比重从1949年的93%下降到2005年的42%,但以种植为主畜牧为辅的传统农业仍然是且末县经济发展的主体。

第二产业虽然有所发展但规模较小,在区域经济发展中尚不处于主要地位,在生产总值中所占比重仍然较低、发展水平不高、工业总量偏小、产品单一档次低,以资源产品、初级产品及工艺落后的产品为主。第三产业是社会经济发展到一定阶段的产物,尤其是

农业的发展对第三产业的发展有重要影响,从3A可知,1940—1980年,且末绿洲的第二、三产业有同步的发展,1980年以后第三产业增长幅度大且其发展速度比第二产业快。第三产业的快速发展能使当地人民的生活水平,劳动的经济效益和农业生产水平得到更大的提高^[11]。

塔里木盆地南苑的于田绿洲位于策勒绿洲和民丰绿洲之间,交通条件相对方便,有利于与周边绿洲的联系,但是因为位于在塔克拉玛干沙漠中间,绿洲本身分布的戈壁、沙漠与高山,因此其社会经济水平较低,发展缓慢。1949—1955年,于田GDP全部靠第一产业的发展,第二、三产业几乎为0;因此于田县第一产业是带动区域经济发展的主导产业,1949年于田县GDP值为319万元,1978年GDP值增长为2895万元;改革开放以后,当地政府采取一系列措施积极推进经济体制改革,并调整第一、二、三产业的协调发展。近些年来,于田绿洲因农业生产条件差,水利设施简陋,耕地盐碱化严重等原因,第一产业生产总值在国内生产总值中的比重从1949年的100%下降到2005年的60%,但种植业仍然是于田绿洲经济发展的主体。

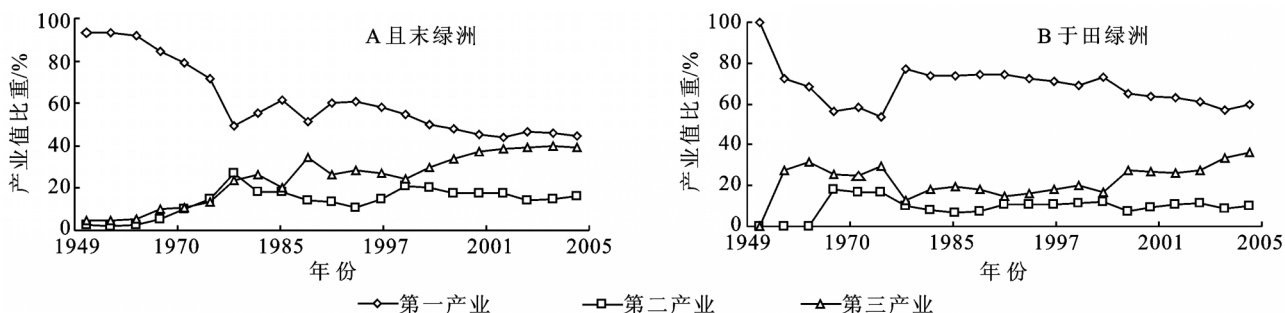


图3 绿洲GDP构成历年变化

于田绿洲第二、三产业起步较晚、规模小、在区域发展中还不处于主导地位、在生产总值中所占比重仍然较低、发展水平不高。从图 3B 可知,建国初期于田绿洲的第三产业的发展比第二产业快,增长幅度较大;1978—2000 年,二、三产业有了同步的发展,2000 年以后第三产业的发展又快速的生长。于田绿洲虽然二、三产业起步较晚、规模小,但仍然有所发展,为当地经济的快速增长,居民生活水平的提高,农业生产条件的改善,第一产业的推进等方面有着不可缺少的贡献。

4 结 论

在干旱区山地—荒漠—绿洲三大系统中,绿洲处于中心地位。随着人口的增加,生产技术和人类的不断开发使得绿洲不断扩张。于田—且末绿洲自然环境基本相似,但通过研究我们得出,由于社会环境的不同其在扩张上存在如下的扩张规律和特征:

(1)在绿洲空间扩张变化上,两个绿洲的变化是内部填充外部扩张的趋势^[12],即 20 世纪 70 年代且末绿洲的空间扩张主要体现在绿洲外缘的扩张,90 年代绿洲的空间扩张主要是沿车尔臣河边缘的扩张和绿洲外部沙漠中的零星式开荒,即“跳跃式”推进^[13],2005 年且末绿洲的空间变化不大,主要是绿洲内部的变化。70 年代于田绿洲的空间扩张也主要体现在外缘的扩张上,90 年代于田绿洲的空间扩张主要是往克里雅河中下游延伸和绿洲内部沙漠的开荒,即“摊饼式”扩张,2005 年于田绿洲空间扩张主要体现在绿洲的内部变化,即因耕地的盐碱化导致原来绿洲不连通。

(2)在绿洲耕地变化上,且末绿洲 1949 年的耕地才 4 140 hm²,2005 年达到 10 300 hm²;于田绿洲 1949 年的耕地有 15 846 hm²,2005 年已达到 28 470 hm² 是 2005 年且末绿洲耕地的 1.5 倍。两个绿洲耕地变化趋势为增长—减少—增长,于田—且末绿洲耕地的变化是导致绿洲空间变化的根本原因。

(3)在绿洲经济增长变化上,经济的发展是绿洲空间扩张的动力,绿洲空间上的扩张是绿洲经济发展的需求和体现^[14]。于田—且末绿洲是典型的干旱区

绿洲,1949—2005 年两个绿洲的 GDP 都快速的发展,在当地政府的正确指导下,第一、二、三产业得到协调的发展;两个绿洲第一产业发展趋势基本相同,1978 年以后,且末绿洲二、三产业的发展速度比于田绿洲快。

参考文献:

- [1] 程维明,周成虎,刘海江,等. 玛纳斯河流域 50 年绿洲扩张及生态环境演变研究[J]. 地球科学,2005,35(11): 1074-1086.
- [2] 布佐热·艾海提,瓦哈甫·哈力克. 且末平原绿洲空间规模动态变化[J]. 干旱区资源与环境,2010,24(1):108-112.
- [3] 瓦哈甫·哈力克,塔西甫拉提·特依拜,海米提·依米提. 于田绿洲耕地变化驱动机制研究[J]. 农业系统科学与综合研究,2006,22(1):42-49.
- [4] 黄佛军,张永明,金海龙. 绿洲的形成、发展与转型分析[J]. 干旱区资源与环境,2008,22(9):5-9.
- [5] 姜逢清,杨德刚,穆桂金. 绿洲规模扩张的资源环境与生态阈限[J]. 中国人口·资源与环境,2002(12)5:102-104.
- [6] 钱云. 历史时期新疆绿洲的演变和发展[J]. 干旱区资源与环境,1997,11(2):37-47.
- [7] 熊黑钢,钟巍,塔西甫拉提·特依拜,等. 塔里木盆地南缘自然与人文历史变迁的耦合关系[J]. 地理学报,2000,55(2):192-199.
- [8] 高前兆. 塔里木盆地南缘水资源开发与绿洲的生态环境效应[J]. 中国沙漠,2004,24(3):286-293.
- [9] 刘光禹,高敏华,颜亮,等. 基于 RS 与 GIS 的喀什地区绿洲近 30 年的变化研究[J]. 陕西科技大学学报,2008,26(3):120-124.
- [10] 李建新. 博格达生物圈保护区逆序组织模式与空间扩张性[J]. 水土保持学报,2002,16(3):126-129.
- [11] 瓦哈甫·哈力克,杜晓梅. 且末绿洲规模扩张预警指标体系框架构建[J]. 农业系统科学与综合研究,2009,25(4):445-449.
- [12] 王丽萍,周寅康,薛俊菲. 江苏省城市用地扩张及驱动机制研究[J]. 中国土地科学,2005,19(6):26-29.
- [13] 吴宏安,蒋建军,周杰. 西安城市扩张及其驱动力分析[J]. 地理学报,2005,60(1):143-150.
- [14] 矫树春,颜耀文. 近 40 年来民勤绿洲空间变化研究[J]. 干旱区资源与环境,2004,18(8):92-96.