文章编号:1672-3317(2019)04-0092-08

2000—2016年叶尔羌河中下游植被覆盖动态变化遥感分析

高凡¹,何兵¹*,闫正龙²,陈思宇²,覃姗¹

(1.新疆农业大学水利与土木工程学院,乌鲁木齐 830052;

2. 陕西测绘地理信息局, 西安 710054)

摘 要:【目的】获取干旱区内陆河流域地表植被覆盖变化信息,探讨和揭示内陆干旱地区地表植被空间演变规律。 【方法】以叶尔羌河流域2000—2016年Landsat系列遥感影像数据、水文和气象数据、社会经济数据为主要数据源, 基于RS、GIS及GPS等技术,采用空间数据处理、信息提取解译、海量数据建库、图属一体化、数据仓库管理技术等 方法,研究分析2000—2016年流域植被覆盖时空动态变化及驱动因素。【结果】①从时间方面看,2000—2016年研 究区植被覆盖面积整体呈减少趋势,即由2000年的6025.9 km²减少至2016年的5620.4 km²,减少了405.5 km²,年 减少率为0.42%,其中,主要为低盖度植被向劣盖度植被转移,研究区植被覆盖趋于退化;②从空间方面看,研究区 天然植被主要分布于B段(叶尔羌河与提孜那甫河汇合处至三河汇口处),以劣植被覆盖为主,2000—2016年植被 覆盖度减少区域主要集中在A段(卡群以下至叶尔羌河与提孜那甫河汇合处),且减少的植被覆盖多为劣盖度。 【结论】研究区生态水平退化主要因素可归结为平原区气温升高造成的蒸散发损失加大及绿洲水土资源开发利用 挤占生态用水造成的地下水位下降。

关键词:植被覆盖度;遥感;动态变化;NDVI;叶尔羌河

中图分类号:Q948;TP79 文献标志码:A

doi:10.13522/j.cnki.ggps.20180504

高凡,何兵,闫正龙,等. 2000—2016年叶尔羌河中下游植被覆盖动态变化遥感分析[J]. 灌溉排水学报,2019,38 (4):92-99.

0引言

植被是构成全球陆地生态系统的主要部分,在自然地理环境中承担着不可或缺的生态角色^[1-3]。植被覆盖度指植被(包括叶子、茎、枝等)在地面的垂直投影面积占统计区域面积的百分比,是衡量地表植被长势和评价区域生态系统健康程度的重要指标,也是全球及区域气候数值模型中重要的生态气候参数,可以表示植被的茂密程度以及植物进行光合作用面积的大小^[4-6]。获取区域地表植被覆盖变化信息,对于探讨和揭示地表植被空间变化规律,分析评价区域生态环境质量具有重要的理论和实践意义^[7-8]。传统地面观测手段估算植被覆盖度受限于费时、费力、精度低,无法适应和满足大范围区域植被覆盖动态变化,基于3S技术,利用多时相、多波段的遥感影像数据获取区域植被覆盖动态变化信息,揭示地表植被空间变化规律,评价区域生态环境水平近年来成为研究热点^[9-11]。如闫正龙^[12]通过RS和GIS技术对塔里木河流域生态环境因子动态变化检测分析,揭示了应急输水前后各生态因子的面积变化幅度;王浩等^[13]基于3S技术对甘南地区植被覆盖度空间动态变化过程进行分析,揭示了甘南州草地退化状况日趋严重的事实;代克志^[14](2016)基于3S技术对花溪河流域生态景观变化进行分析,表明2000—2015年花溪流域的景观异质性和破碎度总体增加;俞慧云等^[15](2016)通过3S技术对古浪县草原区植被盖度及生产力进行研究与评价,结果表明近年来植被覆盖度呈逐渐改善的趋势。

叶尔羌河流域是塔里木河流域"四源一干"水系格局的重要组成部分,多年平均河川径流量65.45亿m³。

收稿日期:2018-09-17

基金项目:国家自然科学基金项目(51409226,51769036)

作者简介:高凡(1980-),女。副教授,硕士生导师,博士,主要从事水资源系统工程与河流生态保护研究工作。E-mail: gutongfan0202@163.com 通信作者:何兵(1992-),男。硕士研究生,主要研究方向为水文学及水资源。E-mail: 1223215435@qq.com

该流域突出的水资源问题表现为春灌缺水、夏洪突出、自卡群以下河段除6—9月外常年断流,中下游植被退 化及盐渍化趋势增加等,开展叶尔羌河流域植被覆盖的动态变化研究对科学评估该流域生态水平,指导流 域生态治理具有重要意义。目前,叶尔羌河流域研究多集中于中下游土地利用类型及景观格局变化的研 究^[16-19],涉及植被覆盖动态变化的研究较少。基于此,选取叶尔羌河流域中下游平原区2000、2010及2016年 3期Landsat系列遥感影像数据,综合利用RS、GIS、GPS等技术,采用空间数据处理、信息提取解译、海量数 据建库^[12]、图属一体化、数据仓库管理技术等方法,分析2000-2016年叶尔羌河流域植被覆盖时空动态变化 情况,同时结合流域内2000-2016年同步水文、气象、社会经济数据分析研究区植被覆盖时空变化驱动因 素,为流域水土资源合理配置与生态环境保护提供一定科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

叶尔羌河流域(74°28′—80°54′E,34°50′—40°31′N)地 处新疆西南部,发源于喀喇昆仑山北坡,河源至河口全长 1078 km,是塔里木河流域"四源一干"水系格局的重要组 成部分,其中,国内面积9.37×10⁴ km²,山区部分流域面积 为5.56×10⁴ km²,占59.3%;平原区流域面积为3.81×10⁴ km²,占40.7%。流域全长1281 km,其中河源至卡群枢 纽576 km,卡群枢纽至三河汇合口705 km,流域平均宽 度66.54 km。叶尔羌河属典型的西北干旱区内陆河流, 径流补给来源主要为冰川融雪补给(占70%左右),多年 平均河川径流量为65.45 亿 m³,自卡群出山口水文站控制 断面以下为径流耗散区,形成2.5×10⁴ km²绿洲区,同时也



是河流开发利用的关键河段,拥有新疆最大、全国第四的叶尔羌河灌区(灌溉面积5.0×10³ km²)^[20]。以叶尔羌 河流域中下游平原区为研究区(图1),范围为卡群以下至三河汇口段,由于在三河汇合口处不易严格区分其 生态环境受哪条河流影响,因此影像提取范围包含部分和田河、阿克苏河以及塔里木河部分。

1.2 数据来源及研究方法

1.2.1 数据来源与处理

选取Landsat系列卫星遥感影像数据为基础影像源,同时辅以基础地理等数据进行对比分析。其中,基础地理数据来自国家测绘地理信息局陕西测绘资料档案馆提供的1:100 000数字线划图,主要用于图面整体控制、几何校正和配准;影像数据通过地理空间数据云网站(http://www.gscloud.cn/)下载,详见表1。

年份	传感器类型	获取时间	波段组合	空间分辨率	投影坐标系	条带号/行编号
2000	Landsat7 ETM+	6—9月	Band5,4,3	30 m×30 m	CGCS2000	145/032;146/032
2010	Landsat5 TM	6—9月	Band5,4,3	30 m×30 m	CGCS2000	147/031;147/032
2016	Landsat8 OLI	6—9月	Band5,4,3	30 m×30 m	CGCS2000	148/032;148/033

表1 遥感影像信息一览表

选择时相时,考虑到叶尔羌河流域天然植被一般在5月中旬返青,10月中旬干枯,6—9月为主要生长期, 生物量峰值一般在7月,因此,时相选择7—8月遥感影像进行植被覆盖度信息提取,若7—8月不能满足,则 可选择6月或9月。为便于遥感影像识别及对比分析,首先对遥感影像进行预处理,即进行辐射定标和大气 校正、几何校正、影像拼接、影像剪裁等处理操作,得到1:100 000以经纬度坐标系统存储的TIF格式的植被 覆盖度遥感影像数据;其次,在ArcGIS 10.4.1、ERDAS IMAGINE 2013 软件平台支持下,以遥感影像数据为 背景,结合解译标志库,采用人机交互方法对植被覆盖度信息进行逐级提取并赋值,并通过 eCongnition 软件 基于面向对象的自动分类方法对影像进行分类;同时,选取研究区植被地物丰富、交通条件相对较好的巴 楚、麦盖提、莎车为验证中心,并将验证中心划分为生态区、荒地开发区、戈壁开荒区,以农场、绿洲等地为重 点区域进行野外样点布设,在试验区划分50个以上的网格作为补充统计样点进行精度验证。通过GPS技术 将野外观测点数据与植被专题成果叠加分析,对于明显错分或漏分区域人工做出修改,最终得到符合精度 和统一分类的3期(2000、2010、2016年)研究区植被覆盖度信息提取结果专题图。在分类提取时,对于边界 明显的地物,分类结果偏移不超过10个像素;边界不明显的地物,分类结果偏移不超过15个像素,总体分类 精度达到65%。

选取叶尔羌河出山口水文站一卡群水文站2000—2016年实测逐月径流数据及中国气象科学数据共享 服务网(http://cdc.cma.gov.cn/)提供的研究区范围内4个国家级地面气象站(莎车县站、麦盖提县站、巴楚县 站、阿拉尔站)2000—2016年气温和降水量观测数据,经分析,以上气象站台数据基本能反映研究区气候特 征。社会经济、人口、水资源数据来自2001—2017年《新疆统计年鉴》与《喀什地区水资源公报》。 1.2.2 分类体系划分

植被覆盖度作为土地荒漠化程度及生态环境综合评价指标,科学分类实现生态环境遥感动态监测的关键。本文参考已有植被覆盖度相关研究成果^[9-11],结合野外实地植被调查与监测,将叶尔羌河流域植被覆盖度划分为4种类型:劣盖度(0~10%)、低盖度(10%~30%)、中盖度(30%~60%)、高盖度(60%~100%),定量分析植被覆盖度动态变化,见表2。

_			
植被覆盖度类型 植被覆盖度/%			对应地物描述
	劣盖度	0~10	地表主要为裸沙、砾石、裸土等。
	低盖度	10~30	地表主要由沙和砾石组成,土地严重退化;植物有枯死芦苇、零星灌木和杂草生长等。
	中盖度	30~60	土壤为沙质,具有优良耕地;植物有胡杨、怪柳、灌木等,长势较好等。
	高盖度	60~100	土壤为沙土,具有大量草本、灌、乔木等植物,且长势较好。

表2 叶尔羌河流域植被覆盖度分类体系

1.2.3 遥感信息提取

首先,基于叶尔羌河流域自然条件相对简单、植被指数最大、最小均一像元值容易寻找等特点,根据已确定的叶尔羌河流域植被覆盖度分类体系(表2),采用归一化植被指数^[21-22](Normalized Differential Vegetation Index,*NDVI*)对影像植被覆盖度信息进行提取,该指数综合了*EVI、DVI和DDV*等算法的优点,对植被监测灵敏度较高,能间接反映地表植被长势和生长量,且与植被覆盖分布密度呈线性相关^[5-6,9-11];其次,由于*NDVI*与植被覆盖度存在显著的正相关性^[49],采用像元二分模型实现从*NDVI*到植被覆盖度的计算。

1)归一化植被指数(NDVI)计算

*NDVI*也称生物量指标变化,是植被生长状态与植被覆盖度最有效指示因子,其定义为近红外波段与可见光波段数值之差和这2个波段数值之和的比值,计算公式为:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad , \tag{1}$$

式中:NIR为近红外波段的反射率;R为红光波段的反射率。

其中,对于Landsat TM/ETM影像,NDVI计算公式为:

$$NDVI = \frac{band4 - band3}{band4 + band3}$$
 (2)

对于OLI影像,NDVI计算公式为:

$$NDVI = \frac{band5 - band4}{band5 + band4}$$
(3)

2) 植被覆盖度估算一像元二分法

像元二分模型是一种实用的植被遥感估算模型^[8-9],优点在于计算简便、结果可靠,其原理是,假设一个 像元的*NDVI*值由全植被覆盖部分地表和无植被部分地表组成,且遥感传感器观测到的光谱信息也由这2种 因子线性加权合成,各因子的权重即是各自的面积在像元中所占的比率。其中,全植被覆盖部分地表在像 元中所占的面积百分比即为此像元的植被覆盖度,计算公式可表示为:

$$f_{\rm NDVI} = \frac{NDVI - NDVI_{\rm soil}}{NDVI_{\rm veg} + NDVI_{\rm soil}} , \qquad (4)$$

式中:f_{NDVI}为植被覆盖度;NDVIveg为全植被像元的NDVI值,即完全被植被覆盖的部分;NDVIson为无植被像元的NDVI值,即完全裸地的部分。

本文参考李苗苗等¹⁹、彭飞等¹³¹提出的估算方法,有植物像元为NDVI最大值,无植物像元为NDVI最小值,考虑到遥感影像中存在不可避免的噪声,对NDVI_{veg}、NDVI_{sot}取值时,一般是取置信度区间的最大值与最小值,其中置信度的取值主要由图像大小、图像清晰度等情况来决定。综合考虑叶尔羌河流域3期遥感影

像,在NDVI概率累计表上取概率为99.5%的值为NDVIveg,取概率为0.5%的为NDVIseit。利用 ERDAS IMAG-INE 2013 软件中的 Modeler 实现植被覆盖度定量转换模型,得到2000、2010、2016年3 期植被覆盖度专题图。

3)海量数据建库

研究区生态环境复杂,数据类型众多,根据数据获取状况及未来持续监测研究需要,基于SDE、图属一体化及多源数据无缝集成的思想,设计数据表空间、数据集、特征类、栅格目录等建库命名规范,并按照统一的数学基础即2000国家大地坐标系、1985国家高程基准,分别构建基础地理库、遥感图像库、植被覆盖度专题数据库及水文、气象、社会经济等6大数据库,形成研究区域的海量数据仓库。其中,基础地理、遥感图像、专题等空间数据库以ESRI公司的SDE命令进行入库;水文、气象、社会经济等属性数据通过自编程序导入,空间、属性数据二者之间通过地理编码或关键字与空间地理信息进行关联处理。

2 结果与分析

2.1 2000—2016年叶尔羌河流域中下游植被覆盖度动态变化

植被覆盖度时空变化实质是不同植被覆盖等级之间复杂的相互转化过程,是自然因素和人类活动共同 作用的结果^[11]。通过ArcGIS 10.4.1软件调用数据库数据对叶尔羌河流域2000—2016年3期(2000、2010、 2016年)遥感影像数据进行统计分析,得研究区2000—2016年各类型植被覆盖度面积及比例(表3)。

植被覆盖	2000年		2010年		2016年		五 和亦化// ²	植被覆盖度
类型	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积变化/km	年变化率/%
劣盖度	5 328.04	88.4	5 848.87	94.3	5 123.93	91.2	-204.10	-0.24
低盖度	518.87	8.6	230.59	3.7	250.12	4.9	-268.75	-3.24
中盖度	143.21	2.4	120.75	1.9	169.17	3.0	25.96	1.13
高盖度	35.79	0.6	5.32	0.1	77.19	0.9	41.40	7.23
总值被	6 025.9		6 205.5		5 620.4		-405.5	-0.42

表3研究区2000-2016年各类型植被覆盖度面积及变化

注 植被覆盖度年变化率计算公式:K=(U₁-U₂)×100%/(U₄·T),其中U₄、U₆为研究初期及末期某种植被覆盖度类型的面积:T为研究时段长度,当T 为年时,K表示研究年份内某种植被覆盖度类型年变化率。

2.1.1 时间变化

研究区2000—2016年各类型植被覆盖度面积变化见表3。由表3可以看出,2000—2016年研究区植被 覆盖面积整体呈减少趋势,即从2000年6025.9 km²减少至2016年5620.4 km²,减少了405.5 km²,年减少率 为0.42%。其中,劣盖度和低盖度植被覆盖面积分别减少204.1、268.75 km²,中盖度和高盖度植被覆盖面积 分别增加25.96、41.4 km²。从各个时期来看,2000—2010年研究区植被覆盖总面积减少130.99 km²,除劣盖 度面积增加外(增加520.83 km²),其他3种类型面积均在减少,减少面积分别为288.28、22.46、30.47 km²。可 以看出,研究区低盖度及中、高盖度植被覆盖向劣盖度植被覆盖转移,其中,低盖度植被向劣盖度植被转移 趋势明显,研究区植被覆盖趋于退化;2010—2016年研究区植被盖度总面积减少了585.11 km²,其中劣盖度 面积减少了724.93 km²,较2000—2010年植被退化趋势进一步加快,说明研究区生态水平(劣盖度植被)呈 持续退化态势。

2.1.2 空间变化

研究区 2000—2016年各类型植被覆盖度空间分布如图2(叶尔羌河流由西南流向东北),图中A段为卡 群以下至叶尔羌河与提孜那甫河汇合处,B段为叶尔羌河与提孜那甫河汇合处至三河汇口处。从图2可以 看出,2000—2016年研究区天然植被主要分布在流域B段,其植被覆盖面积最广但多为劣盖度植被(绿色), A段各植被覆盖类型均有分布,但覆盖面积有所差异。从各时期看,2000—2010年研究区A段植被覆盖面 积明显减少,其中,主要为低盖度(浅黄色)、中盖度(橙色)植被覆盖面积减少,高盖度植被覆盖面积略有减 少,减少部分面积主要转化为裸地及沙化地;B段植被覆盖面积略有增加,主要为劣盖度植被覆盖面积增 加,且增加部分面积主要由裸地及沙化地转化而来。2010—2016年研究区A、B段植被覆盖面积均呈减少 趋势,其中,A段明显减少,主要为劣盖度植被覆盖面积减少,中盖度、高盖度植被面积略有增加,但减少部 分面积明显多于增加部分面积,且减少部分面积主要转化为裸地及沙化地,植被呈退化趋势,研究区生态 水平持续恶化。



2.2 植被覆盖度动态变化的影响因素

自2000年塔里木河流域综合治理项目开展以来,塔里木河下游生态恶化问题得到了有效控制并逐步趋于好转,但作为塔里木河3大源流之一的叶尔羌河流域整体生态环境问题仍没有从根本上得到解决^[11,24],究其原因:一是叶尔羌河属典型干旱内陆河流域,对气候变化响应较为敏感;二是叶尔羌河流域中下游,属径流耗散区且拥有新疆最大的灌区(叶尔羌河灌区),是人类活动最为频繁河段,河流开发利用水平高,会直接或间接驱动植被覆盖度动态变化。

2.2.1 自然因素(降水、气温、径流)影响

2000—2016年研究区水文气象(降水、气温、径流)变化过程线见图3。由图3可知,与全球气候变化导致的中国西北地区山区气候变化相应一致^[19,25],研究区气温与出山口径流呈波动增加趋势,平原区降水整体呈波动增加趋势。气温、降水、径流增长率分别为0.025 ℃/a、0.98 mm/a、0.05×10⁸m³/a。



图3 研究区2000—2016年降水、气温、年径流过程线

通过Mann-Kendall趋势检验法分析得出,2000—2016年气温、降水、径流U值分别为1.15、0.58、0.94,均 小于U_{a2}=1.96,表明三者增加趋势不显著。对于气温而言,气温升高会增加研究区潜在蒸散发^[26],加快水文 循环,改变了研究区热量分配;对于降水量而言,由于气候暖湿化趋势的加剧^[25,27],气温上升(特别是2010年 以来),使研究区蒸散发量增大,且蒸散发量远大于降水量,降水量的微弱增加对植物的生长意义不大,土壤 含水率下降,进而使得研究区植被覆盖呈退化趋势。

2.2.2 人类活动对植被覆盖度的影响

根据2001-2017年《新疆统计年鉴》资料及相关文献[24]显示,2000-2016年研究区人口持续增长,即从2000年342.69×10⁴人增长至2016年451.47×10⁴人;土地利用类型中城镇用地面积持续增加,林草地面积不断减少^[19,26]。随着人口增长与经济发展,研究区取用水量持续增加,流域"三生"用水之间的矛盾越来越突出。根据2001-2017年《新疆统计年鉴》、《喀什水资源公报》水资源总量与用水总量统计数据显示(见图4(a)),2000年以来研究区用水总量均大于水资源总量,河道内外大量取用水造成地下水位下降,直接威胁流域天然植被覆盖及其动态更新,使叶尔羌河流域人一地关系越加复杂,生态环境问题越加严峻。



图4 研究区水资源总量与用水总量、人口总数变化过程线

3 讨论

植被覆盖度与生态环境之间有着密切的关系,掌握植被覆盖度在时空上的动态变化特征,对于如何开展生态环境保护等工作具有重要的意义。本文采用38、空间数据处理、信息提取解译、海量数据建库等技术和方法,分析了2000-2016年叶尔羌河中下游植被覆盖时空动态变化特征及其驱动因素,研究表明,研究区植被覆盖度整体呈减少状态;驱动因素分析表明,研究区植被覆盖的动态变化主要气候变化和人类活动的双重因素影响。通过查阅叶尔羌河相关文献,本文研究结果与王芳^[18]、杜清等^[19]、张广朋等^[24]学者对叶尔羌河流域生态环境变化特征分析的结果较为一致,即叶尔羌河流域植被覆盖面积均处于减少状态,但与艾则 改提约麦尔•麦麦提等^[26]、张雪琪等^[30]学者所得叶尔羌河流域植被覆盖面积处于增加或未有明显变化有所出入。其原因可能为:①所选研究区虽均为叶尔羌河流域,但选取研究区范围不一样,从而使得在空间范围上提取的植被覆盖面积不一样;②所选研究的时间尺度不一样,即时间尺度越大,其植被覆盖面积变化率越大,特别是根据上文中植被覆盖度影响因素分析可知,所选时间尺度在2000年之后,因人类活动及气候变化的影响程度逐渐增强,植被覆盖面积变化率就越大。

将3S、空间数据处理、海量数据建库等技术耦合应用于叶尔羌河流域植被覆盖度数据库构建中,实现了 多数据类型(基础地理、遥感图像、植被覆盖专题数据及水文、气象、社会经济数据)的有效存储和管理,提高 了数据检索、浏览及提取的速度,为该流域一体化管理和生态环境研究提供了基础数据支撑。高凡等^[28]、闫 正龙^[12]、郜允兵^[29]均基于此方法对我国不同地区进行了研究,结果表明,此方法可以有效解决生态环境数据 库构建中包括3S技术与数据集成弱、海量数据入库效率低等诸多问题。

4 结 论

1)从时间尺度看,2000—2016年研究区植被覆盖度面积整体呈减少趋势,即从2000年6025.9 km²减少 至2016年5620.4 km²,减少了405.5 km²,年减少率为0.42%,其中,劣盖度和低盖度植被覆盖面积分别减少 了204.1、268.75 km²,中盖度和高盖度植被覆盖面积分别增加了25.96、41.4 km²。2000—2010年研究区低盖 度及中高盖度植被覆盖向劣盖度植被覆盖转移,其中低盖度面积向劣盖度面积转移趋势明显,研究区植被 覆盖趋于退化,2010年后植被退化速度进一步加快,生态水平呈持续恶化趋势。

2)从空间方面看,天然植被主要分布在研究区中游下段(B段),其植被覆盖面积最广但多为劣植被盖度,A段各植被覆盖类型均有分布。2000-2016年研究区整体植被覆盖面积呈减少趋势,以A段减少趋势

最为明显,主要为劣盖度,且减少的劣盖度植被面积大部分转变为裸地及沙化地,研究区生态水平呈持续恶 化态势。

3)造成研究区生态水平趋于退化的主要因素归结为平原区气温升高造成的蒸散发损失加大等气象因素及研究区水土资源大规模开发利用造成的生态用水被挤占、地下水位下降等人为因素。

参考文献:

[1] 白•图格吉扎布,梁应权.植被监测及趋势分析:植被数量生态学中几个理论问题的探讨[J].植物生态学报,2008,32(4):967-976.

[2] 刘英,岳辉.基于MODIS的2000-2014年黄土高原植被覆盖度估算及其时空变化分析[J].环境与可持续发展,2016,41(3):181-184.

- [3] PARMESAN C, YOHE G. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems[J]. Nature, 2003, 421(6918):37-42.
- [4] 郭敏杰,张亭亭,张建军,等.1982-2006年黄土高原地区植被覆盖度对气候变化的响应[J].水土保持研究,2014,21(5):35-40,48,2.
- [5] 万红梅,李霞,董道瑞,等.塔里木河下游植被覆盖变化遥感定量分析[J].自然资源学报,2013,28(4):668-677.

[6] 韩涛,王大为.2000-2014年石羊河流域植被覆盖变化研究[J].中国农学通报,2017,33(13):66-74.

- [7] 贾坤,姚云军,魏香琴,等.植被覆盖度遥感估算研究进展[J].地球科学进展,2013,28(7):774-782.
- [8] 张珍珍,熊康宁,黄登红.近30年来梵净山植被覆盖时空变化及影响因素分析[J].水土保持研究,2018,25(2):183-189,389.
- [9] 李苗苗,吴炳方,颜长珍,等.密云水库上游植被覆盖度的遥感估算[J].资源科学,2004, 26(4):153-159.
- [10] 佟斯琴,包玉海,张巧凤,等.基于像元二分法和强度分析方法的内蒙古植被覆盖度时空变化规律分析[J].生态环境学报,2016,25(5):737-743.
- [11] 徐水师,谭克龙,闫正龙,等.塔里木河下游植被覆盖动态变化遥感分析[J].西北大学学报(自然科学版),2010,40(2):323-326.
- [12] 闫正龙.基于RS和GIS的塔里木河流域生态环境动态变化与生态需水研究[D].西安;西安理工大学,2008.
- [13] 王浩,李文龙,杜国祯,等.基于3S技术的甘南草地覆盖度动态变化研究[J].草业学报,2012,21(3):26-37.
- [14] 代克志.基于3S技术的花溪河流域景观格局变化及影响研究[D].贵阳:贵州师范大学,2016.
- [15] 俞慧云,陈本建,俞联平.古浪县草原区植被盖度及生产力评价[J].中国草地学报,2016,38(3):42-49,100.
- [16] 俞慧云,俞联平,史静,等.近30年山丹天然草原面积及盖度变化[J].草地学报,2017,25(2):387-394.
- [17] 李琴,陈曦.40年来叶尔羌河流域景观变化过程分析[J].干旱区资源与环境,2009,23(4):50-58.
- [18] 王芳.叶尔羌河流域中下游地区土地利用变化分析[D].乌鲁木齐:新疆师范大学,2010.
- [19] 杜清,徐海量,张广朋,等.叶尔羌河流域1990-2010年生态环境变化特征[J].干旱地区农业研究,2016,34(1):252-256,263.
- [20] 何兵,高凡,闫正龙,等. 叶尔羌河径流演变规律与变异特征[J].水资源与水工程学报,2018,29(1):38-43,49.
- [21] 尹涛,王瑞燕,杜文鹏,等.黄河三角洲地区植被生长旺盛期地下水埋深遥感反演[J].灌溉排水学报,2018,37(2):95-100.
- [22] 许迪,王少丽,蔡林根,等.利用NDVI指数识别作物及土壤盐碱分布的应用研究[J].灌溉排水学报,2003,22(6):5-8,32.
- [23] 彭飞,范闻捷,徐希孺,等.2000-2014年呼伦贝尔草原植被覆盖度时空变化分析[J].北京大学学报(自然科学版),2017,53(3):563-572.
- [24] 张广朋,徐海量,杜清,等.近20a叶尔羌河流域生态服务价值对土地利用/覆被变化的响应[J].干旱区研究,2016,33(6):1303-1310.
- [25] 王翠,李生宇,雷加强,等.叶尔羌河流域气候变化特征及趋势分析[J].干旱区资源与环境,2018,32(1):155-160.
- [26] 艾则孜提约麦尔•麦麦提,玉素甫江•如素力,拜合提尼沙•阿不都克日木,等.近22年叶尔羌河一喀什噶尔河三角洲绿洲土地利用结构变化及其驱因分析[J].草业科学,2018,35(2):244-255.
- [27] 牛建龙,柳维扬,王家强等.塔里木河干流流域气候变化特征及其突变分析[J].灌溉排水学报,2017,36(2):106-112.
- [28] 高凡, 闫正龙, 黄强. 流域尺度海量生态环境数据建库关键技术: 以塔里木河流域为例[J]. 生态学报, 2011, 31(21): 6363-6370.
- [29] 郜允兵.土地利用时空数据管理与分析关键技术研究[D].北京:中国农业大学,2016.
- [30] 张雪琪,满苏尔•沙比提,马国飞.叶尔羌河流域土地覆被生态服务价值变化分析[J].环境科学与技术,2018,41(6):152-160.

Using Remote Sensing to Unravel Spatiotemporal Change in Vegetation Coverage in Middle-low Reaches of the Yarkant Basin

GAO Fan¹, HE Bing^{1*}, YAN Zhenglong², CHEN Siyu², QIN Shan¹

(1.College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

2. Shaanxi Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation, Xi'an 710054, China)

Abstract: [Objective] Vegetation coverage modulates hydrological processes and the purpose of this paper is to study the feasibility of using remote sensing to map the spatiotemporal change of vegetation coverage at catchment scale. [Method] The study area was at the Yarkant River Basin; the Landsat remote sensing imageries from 2000—2016, along with hydrological, meteorological and socio-economic data, were used to analyzed the spatiotemporal change in vegetation coverage within the basin, with the help of GIS, GPS and other methods. [Result] ①Vegetation coverage decreased from 6 025.9 km² in 2000 to 5 620.4 km² in 2016 at an annual rate of 0.42%,

with the areas with poor vegetation coverage deteriorating further. ②Spatially, areas with poor natural vegetation coverage was in the region from the confluence of the Yarkant River and Tiznafu River to the confluence of the Three Rivers. Vegetation coverage loss from 2000—2016 was mainly caused by deterioration of the areas with poor vegetation from the Kaqun reservoir downstream to the confluence of the Yarkant River and Tiznafu River. **(Conclusion)** The deterioration of vegetation coverage in the study area was ascribed to increased evapotranspiration and dropping of groundwater table due to overusing groundwater and surface water.

Key words: vegetation coverage; remote sensing; dynamic change; NDVI; Yarkant River

责任编辑:白芳芳

(上接第35页)

Yield and Water Use efficiency of Super Rice under Pressurized Subsurface Micro-irrigation

LI Yun, ZHANG Licheng^{*}, YANG Jinglin, XIAO Weihua, WU Youjie (College of Engineering, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: [Objective] The purpose of this paper is to study the effect of water pressure in subsurface micro-irrigation on water consumption and growth of super rice. [Method] The experiment was conducted in pots where the emitters of the micro-irrigation system were buried in the root zone. We compared the pressurized system (WY) and standard system (CK) for their impact on growth traits of the rice. [Result] The overall irrigation amount in the WY and CK was 17.23 kg $(2.47 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{hm}^2)$ and 21.5 kg $(3.02 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{hm}^2)$ respectively. WY increased rice tillers to 31.167, dry matter of the shoot to 92.46 g and dry matter of the root to 9.41 g, compared with their associate value of 27.083 for tillers, and 87.22 g and 8.39 g for dry matter of the shoot and the root, respectively, under CK. There was no significant difference between WY and CK in other factors, including plant height, ear length, spikelet number and the weight of 1 000 grains. [Conclusion] WY improved water utilization efficiency and promoted tillering, thereby ultimately improving the yield.

Key words: pressurized micro-irrigation; super rice; water consumption; agronomy characteristics

责任编辑:赵宇龙