

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2019.03.008

## 基于 MODIS-NDVI 的乐安湿地植被覆盖动态分析

毛 英<sup>1</sup>, 原作强<sup>2</sup>, 高清明<sup>3</sup>, 胡进耀<sup>1\*</sup>, 胡连通<sup>1</sup>, 王 新<sup>4</sup>, 周大松<sup>4</sup>

(1. 绵阳师范学院, 四川 绵阳 621000; 2. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 辽宁 沈阳 110000;

3. 四川大学, 四川 成都 610000; 4. 四川省林业科学研究院, 四川 成都 610000)

**摘 要:**乐安湿地作为长江上游生态屏障的重要组成部分,是大凉山生态建设的重点区域;也是高原湿地在海拔 2 500 m~3 000 m 典型生态系统。植被覆盖度(植被的垂直投影面积与单位面积之比)是反映湿地植物生长状况的重要生态学参数,在评估和监测湿地生态环境方面发挥着重要的作用。本文利用 2011—2015 年的 MODIS 归一化植被指数数据,应用像元二分法估算了布托乐安湿地保护区的植被覆盖度及其变化趋势,分析了乐安湿地保护区内植被覆盖度变化,旨在为保护区生态环境评价及管理提供科学依据。研究表明乐安湿地保护区植被覆盖度状况良好,中度及其以上等级植被覆盖区占研究区比重较大,超过 50%;5 年间,保护区植被覆盖度总体上呈现稳定状态,但是不同等级,不同时间段的植被覆盖变化趋势不同;植被覆盖度在空间上呈现以万吨山、四棵乡一线向两侧降低的总体趋势。与海拔 3 500 m 左右的若尔盖湿地相比,乐安湿地植被覆盖度分布主要受地形、水热条件限制,以及人为活动因素的影响。

**关键词:**NDVI;像元二分模型;植被覆盖度

**中图分类号:**Q948.3

**文献标识码:**A

**文章编号:**1003-5508(2019)03-0042-05

## Dynamic Analysis of Vegetation Cover in Le'an Wetland Based on MODIS-NDVI

MAO Ying<sup>1</sup> YUAN Zuo-qiang<sup>2</sup> GAO Qing-ming<sup>3</sup> HU Jin-yao<sup>1\*</sup>

HU Lian-tong<sup>1</sup> WANG Xin<sup>4</sup> ZHOU Da-song<sup>4</sup>

(1. Mianyang Teachers'College, Mianyang 621000, China;

2. Shenyang Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110000, China;

3. Sichuan University, Chengdu 610000, China; 4. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610000, China)

**Abstract:** As an important part of ecological barrier in the upper reaches of the Yangtze River, Le'an Wetland was the key area of ecological development in the Daliang Mountain. It was also a typical ecosystem of plateau wetlands at elevation 2500 ~ 3000m. The vegetation cover (the ratio of vertical projection area of vegetation to unit area) was an important ecological parameter to reflect the growth status of wetland plants. It played an important role in the assessment and monitoring of the wetland ecological environment. Based on the data of MODIS normalized vegetation index in 2011 - 2015 years, the vegetation cover and its changing trend of Bhutto Le'an Wetland Reserve were estimated by using the two sub-pixel model. And the change of vegetation cover in Le'an Wetland Reserve was analyzed in order to provide scientific basis for ecological environment evaluation and management in protected areas. The results showed that the vegetation cover of Le'an Wetland Reserve was in good condition, and the proportion of vegetation cov-

收稿日期:2019-02-20

基金项目:四川省教育厅项目(18ZA0266);四川省林科院项目(川林研工咨 2018141,5134292018000034)

作者简介:毛 英(1995-),女,四川绵阳人,硕士研究生,主要从事植物生态研究,e-mail:1714594712@qq.com。

\* 通讯作者:胡进耀(1978-),男,教授,博士研究生,主要从事生态系统健康与安全维护研究,e-mail:250563963@qq.com。

ering area in moderate and above grade was more than 50%. During the 5 years, the vegetation coverage of protected areas showed a stable state in general, but the change trend of vegetation cover was different at different levels and different periods. The vegetation cover in space presented a descending trend from Wandun Mountain-Sike Township to their two sides. Compared with Ruoergai wetland at about 3500m above sea level, the distribution of vegetation cover in Le'an wetland was mainly affected by topography, hydrothermal conditions and human activity factors.

**Key words:** NDVI, Two sub-pixel model, Fraction vegetation cover

植被覆盖度(植被的垂直投影面积与单位面积之比)是反映湿地植物生长状况的重要生态学参数,在评估和监测生态环境方面有着重要的作用。因此获取地表植被覆盖度及其变化信息,对于归纳地表植被变化规律,分析监测区生态环境具有现实意义<sup>[1-2]</sup>。

植被覆盖度的测量方法可分为地表实测和遥感监测两类。由于遥感具有能够反映不同空间尺度的植被覆盖信息优势,因而利用遥感数据估算植被覆盖是主要方法。随着定量遥感的迅速发展,为林业资源和植被变化监测提供了一种有效手段。其中归一化植被指数(NDVI)是目前最为广泛应用的表征植被状况的指数。国内学者针对不同空间尺度的植被覆盖开展了大量研究,例如,刘洋等<sup>[3]</sup>利用高质量 MODIS 观测约束历史 AVHRR 数据的反演,生成全球 1981—2012 年叶面积指数数据。刘振波等<sup>[4]</sup>基于 MODIS BRDF 遥感模型参数产品数据,估算植被指数,并将其与实测叶面积指数构建小兴安岭五营林区冠层叶面积指数反演模型。也有不少学者提出新的遥感数据处理方法来研究植被覆盖度,如杨绘婷等<sup>[5]</sup>基于植被覆盖度,提出了一种新的遥感数据提取方法——植被信息季节变换方法,将 MODIS 低分辨率遥感数据的时间分辨率优势与中高分辨率遥感数据的空间分辨率优势相结合,并将其应用到了福建省连江县的研究中。贾坤等<sup>[6]</sup>综合分析了用于植被覆盖度估算的遥感数据源,指出未来植被覆盖度遥感估算研究的主要方向是:高时空分辨率长时间序列的全球植被覆盖度数据集,多源遥感数据融合和同化技术;

作为长江上游生态屏障的重要组成部分,在 2016 年 9 月,国务院批复同意新增布拖县为国家重点生态功能区。乐安湿地位于布拖县境内,处于大凉山区,海拔 2 500 m~3 000 m,是全球同纬度地区少有的亚热带高原湿地,具有涵养水源、调节气候、净化水体、保护生物多样性等多种生态功能。研究该区域的植被变化,对于研究区域气候、生物多样

性、当地畜牧业的发展和生态平衡以及维护区域生态系统稳定具有重要价值。近年来,四川西部生物多样性调查队<sup>[7]</sup>对布拖乐安地区的植物、植被、真菌、鱼类、两栖爬行类、兽类多样性及影响干扰因素进行了全面详细的调查。基于对乐安湿地的地面调查分析,桂林华等<sup>[8]</sup>提出了初步的湿地恢复建议,但是缺乏针对植被覆盖的相关研究。本文采用时间序列 2011—2015 年的 MODIS-NDVI (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer-normalized Difference Vegetation Index, 基于中分辨率成像光谱仪的归一化植被指数)数据,参考了李苗苗<sup>[9]</sup>的像元二分模型,定量研究乐安湿地保护区植被覆盖空间分布及变化趋势。

## 1 研究区概况

乐安湿地保护区(27°27'05"~27°42'27"N, 102°52'30"~103°03'05")又称乐安黑鹳自然保护区,位于四川省西南部,青藏高原向云贵高原过渡的凉山山脉,属长江上游的金沙江流域,在行政上隶属于四川省凉山彝族自治州布拖县,由乐安、四棵、乌衣、地洛等乡镇的部分区域组成,距县城 30 余 km,距西昌市 114 km;湿地保护区平均海拔 2 690 m,属亚热带滇北气候区,气候垂直变化大,具有明显的立体气候,降水主要集中在夏秋两季,年平均降水量 1 100 mm~1 400 mm,境内年平均气温 10.1℃,大于等于 10℃积温约 2 367.8℃<sup>[7]</sup>。乐安保护区面积 21 358.9 hm<sup>2</sup>,保护区的森林主要分布于海拔 1 800 m~3 000 m,主要有乔木马尾松、云南松、樟树、桦木等,林带上下分布着黄荆、马桑、杜鹃、禾草、莎草、蒿类等植物物种。保护区内植被属于川西偏干性常绿阔叶林,并具有明显的垂直地带性,海拔 1 000 m 以下为稀疏草丛,海拔 1 000 m~1 800 m 为常绿阔叶林,海拔 1 800 m~2 600 m 为针阔混交林带,海拔 2 600 m~3 400 m 为亚高山针叶林带和灌丛草地。

## 2 研究方法

### 2.1 数据源及遥感数据处理

本文研究数据包括遥感数据和其他数据。遥感数据包括 2011、2012、2013、2014、2015 年 5 个时相的 MODND1M 中国 500M NDVI 月合成产品,时间选取植被生长旺盛的 8 月,以便准确地监测植被覆盖度。该数据由 MODND1D 计算得来,计算方法为取月内每天最大值。其他数据包括:1:55000 地形图、乐安湿地保护区边界矢量数据等。

研究中运用 ENVI5.1 对遥感数据进行预处理及植被覆盖度计算,用 Arc GIS10.2 进行地形分析及制图。

### 2.2 NDVI 计算与异常值处理

归一化植被指数(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)是目前用来反映植被生长状态的重要指标因子,通常被定义为近红外波段 NIR(0.7  $\mu\text{m}$  ~ 1.1  $\mu\text{m}$ )与可见光红光波段 R(0.4  $\mu\text{m}$  ~ 0.7  $\mu\text{m}$ )反射率之差与反射率之和的比值,即

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R}) \quad (1)$$

经过(1)计算得到的 NDVI 数据,由于 NDVI 值被限定在[-1, 1]之间,阴影区域的 NDVI 在[-1, 1]之外的则被称为异常值,可以通过 ENVI5.1 Band Math 将这一部分的 NDVI 值变成背景值,即零值。

### 2.3 植被覆盖度提取

基于像元二分模型提取植被覆盖度(Fractional Vegetation Cover, FVC),消除了地域的限制,易推广且精度较高。其原理<sup>[10]</sup>就是假设一个像元的信息可分为植被覆盖像元与裸土覆盖像元两部分,即  $S_v$  代表植被信息,  $S_s$  代表裸土信息,则

$$S = S_v + S_s \quad (2)$$

$$S_v = \text{FVC} \times S_{\text{veg}} \quad (3)$$

$$S_s = (1 - \text{FVC}) \times S_{\text{soil}} \quad (4)$$

因此,将公式(3)和(4)带入(2),得到植被覆盖度 FVC 的计算公式:

$$\text{FVC} = (S - S_{\text{soil}}) / (S_{\text{veg}} - S_{\text{soil}}) \quad (5)$$

该模型引入参数  $S_{\text{veg}}$  和  $S_{\text{soil}}$  削弱了植被类型、土壤背景和大气等对获取信息的影响,对植被覆盖度信息进行最大的保留。

根据研究,植被覆盖度与 NDVI 之间存在极显著的线性关系,由此,根据像元二分法原理,将 NDVI 代入公式,变换得到:

$$\text{FVC} = (\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\text{soil}}) / (\text{NDVI}_{\text{veg}} - \text{NDVI}_{\text{soil}}) \quad (6)$$

式中,  $\text{NDVI}_{\text{veg}}$  为纯植被覆盖像元的 NDVI 值,  $\text{NDVI}_{\text{soil}}$  为裸土覆盖像元的 NDVI 值。

由于大气、地表状况、年份、季节和区域等条件影响,本研究采用李苗苗的简化模型,以 NDVI 累计频率 5% 和 95% 的为置信度区,确定研究区域的有效纯植被值和裸土覆盖值。表 1 为乐安湿地保护区 2011—2015 年的裸土和纯植被的 NDVI 取值。

表 1 研究区土壤和植被的 NDVI 取值

Tab. 1 The value of  $\text{NDVI}_{\text{soil}}$  and  $\text{NDVI}_{\text{veg}}$  in the study area

年份 Year	$\text{NDVI}_{\text{soil}}$	$\text{NDVI}_{\text{veg}}$
2011	0.661	0.873
2012	0.646	0.879
2013	0.530	0.854
2014	0.226	0.892
2015	0.615	0.838

### 2.4 植被覆盖度等级划分

为便于分析对植被覆盖动态变化,在对研究区 2011—2015 年植被覆盖度计算的基础上,结合实际情况,将 FVC 划分为 5 个等级<sup>[11-13]</sup>,即 I 级低植被覆盖度(0 ~ 0.2)、II 级中低植被覆盖度(0.2 ~ 0.4)、III 级中植被覆盖度(0.4 ~ 0.6)、IV 级中-高植被覆盖度(0.6 ~ 0.8)、V 级高植被覆盖度(0.8 ~ 1.0)通过拉伸生成植被覆盖度分布图。

## 3 结果与分析

### 3.1 植被覆盖度动态变化

2011—2015 年每年 8 月乐安湿地的中高度 + 高植被覆盖区分别占研究区总面积的 43.82%、41.70%、52.30%、68.55%、44.52%,其中中-高植被覆盖区占研究区的比重较大,超过 20%,反映了植被覆盖状况良好。虽然保护区内植被覆盖度总体上呈稳定状态(见图 1),但是不同等级、不同时间段的植被覆盖变化趋势存在差异。2011—2014 年低、中-低(II 级)植被覆盖度面积变化呈先上升,然后下降,持续下降至 2015 年呈上升趋势。中等(III 级)植被覆盖度面积变化在 2011—2012 年呈下降趋势;2012—2013 年呈上升趋势;2013—2014 年呈下降趋势;2014—2015 年呈上升趋势。中高(IV 级)植被覆盖度面积变化经历先下降后上升再下降的过程,总体上该级植被覆盖度面积呈现增加。高(V 级)植被覆盖度面积变化在 2011—2015 年总体上呈现下

降趋势,2011—2013 年间呈现持续下降趋势,仅 2013—2014 呈现上升趋势,但是 2014—2015 年呈

现急剧下降趋势(见表 2)。

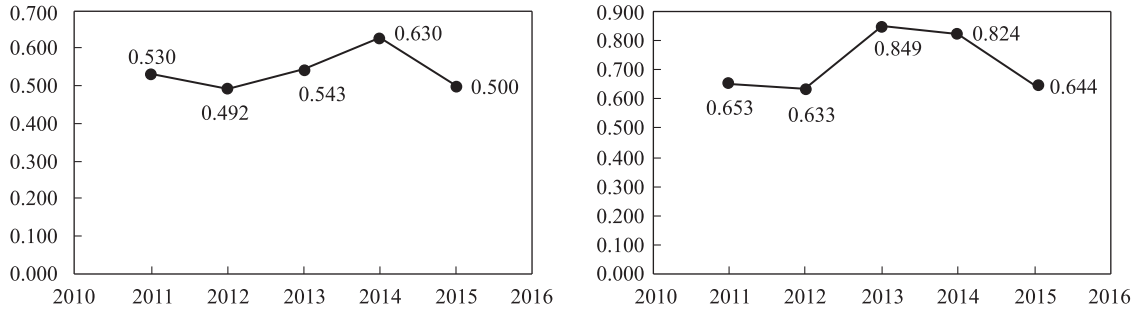


图 1 乐安 2011—2015 年平均植被覆盖度 (FVC) 的际年变化

Fig. 1 Interannual variation of Le'an average fraction vegetation cover (FVC) in 2011—2015

表 2

乐安湿地不同时期植被覆盖度分级统计

Tab. 2

Statistics of fractional vegetation cover in different periods at the wetland of Le'an

年份	植被覆盖度分级									
	I 级(0~0.2)		II 级(0.2~0.4)		III 级(0.4~0.6)		IV 级(0.6~0.8)		V 级(0.8~1.0)	
	面积	比例	面积	比例	面积	比例	面积	比例	面积	比例
2011	37.15	16.78	36.36	16.43	50.83	22.97	46.53	21.03	50.44	22.79
2012	47.31	21.38	43.79	19.79	37.93	17.14	45.36	20.49	46.92	21.20
2013	36.36	16.43	23.85	10.78	45.75	20.67	76.25	34.45	39.10	17.67
2014	32.84	14.84	10.56	4.77	26.20	11.84	85.24	38.52	66.47	30.04
2015	50.44	22.80	30.89	13.96	41.45	18.73	59.43	26.86	39.10	17.67

注:面积 km<sup>2</sup>,比例%。

### 3.2 植被覆盖空间格局变化

从乐安湿地保护区 2011—2015 年 8 月的植被覆盖分布图(见图 2)可以看出,植被覆盖度在空间上呈现以万吨山、四棵乡一线向两侧降低的总体趋势。中高度、高度植被覆盖区主要集中在万吨山的南部及东部、浪珠乡、四棵乡、乐安乡东北部,主要是该区域的山区,以及水热条件的影响;中等植被覆盖区受水热条件的限制,主要分布于中高度、高度植被覆盖区的外围;低、中低植被覆盖区主要分布于万吨山的西北部和乐安湿地的人口聚居区,主要受地形地势和人为因素的影响。建筑用地、未经开发的或者植被破坏严重的裸地以及长势后期耕地区域低植被覆盖区与中低植被覆盖区的出现,导致在保护区范围内中出现大面积空白区域或浅色区域(见图 2)。

## 4 讨论分析

乐安湿地保护区与若尔盖湿地均为长江上游地区重要的水源涵养区。两者都是高寒湿地生态系统的典型区域<sup>[14]</sup>,但是两者的海拔高度不同,若尔盖

湿地的海拔在 3 400 m~3 800 m,乐安湿地的海拔在 2 500 m~3 000 m。采用 2011—2015 年的 MODND1M 中国 500M NDVI 月合成遥感数据经相同方式处理后,得到的结果发现,若尔盖湿地植被以中高和中等的植被覆盖度等级为主<sup>[15]</sup>,而乐安湿地的则以高和中高植被覆盖度等级为主;2011—2015 年若尔盖湿地的平均植被覆盖度为 0.72,而乐安湿地在这 5 年间的平均植被覆盖度仅为 0.54;经分析 2011—2015 年间两者平均植被覆盖度的变化趋势不同,两者植被覆盖度的影响因素也不一致,若尔盖湿地的植被覆盖度分布影响因素有气象因素的气温降水因子、地形因素的高程坡度和坡向、草原鼠和虫害因素以及社会因素的经济发展和地方政策等<sup>[16]</sup>,而乐安湿地的植被覆盖分布受水热、地形限制;近年来两者植被覆盖度降低的原因也不一样,若尔盖湿地草原退化、土壤沙化问题导致其植被覆盖度的降低,乐安湿地则是因为人为因素导致其植被覆盖度的降低。其人为原因主要是经济建设开发,如开工建设 G356 县城至昭觉三湾河段公路升级改造、S464 普格至特木里镇段公路改建工程、包谷坪至罗家坪通乡油路工程,完成“十一五”遗留 6 个乡 40.6

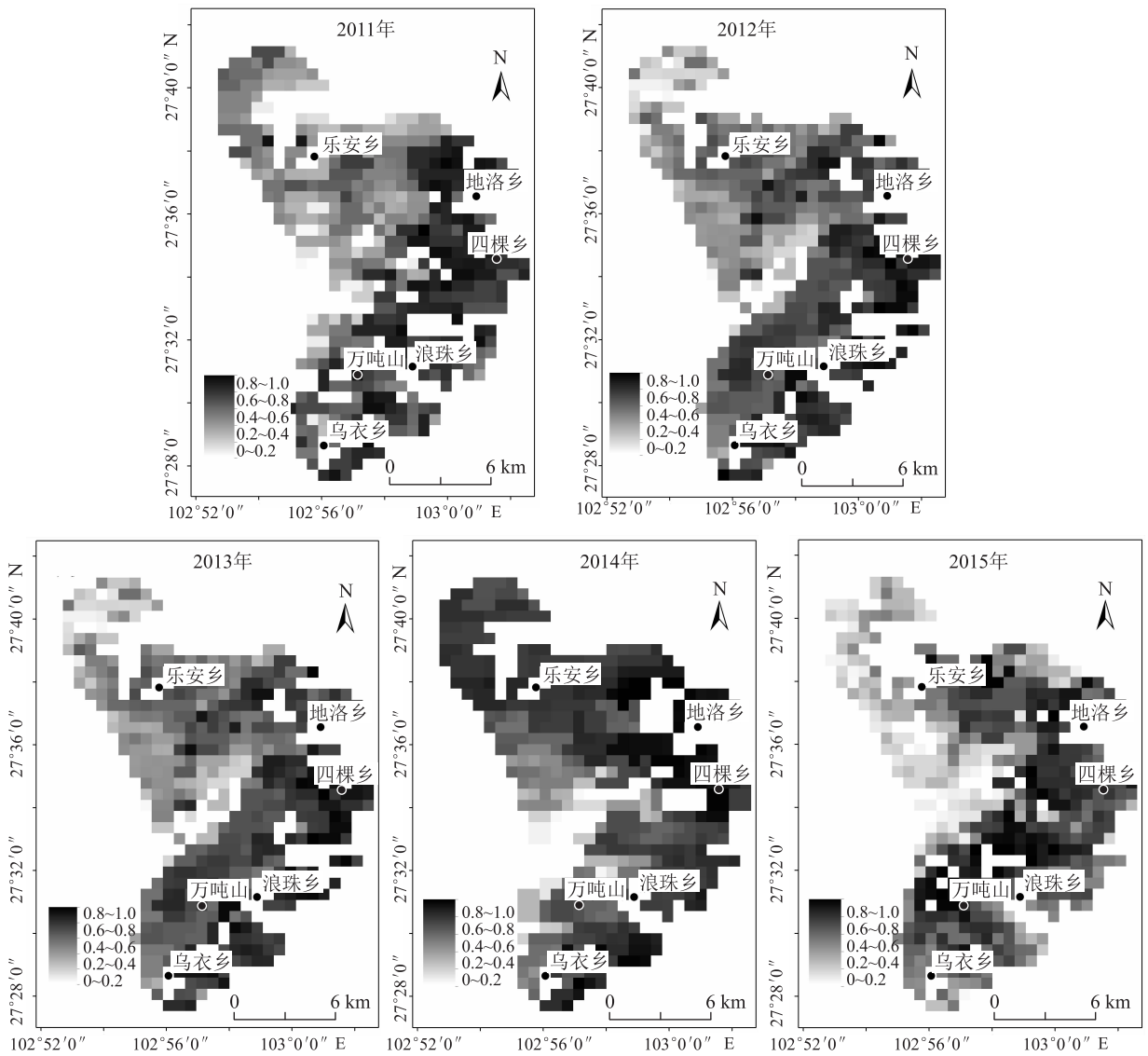


图2 乐安2011—2015年植被覆盖分布图

Fig. 2 Distribution of FVC at wetland of Le'an from 2011 to 2015

km 通乡油路建设任务、麻地湾复建公路主体工程；基础设施建设，2015 年完成 6.63 亿元，建设补尔、乐安风电场和包谷坪，合并光伏发电建设、城镇污水处理厂建设；投入 1 857.6 万元实施奔诚矿业萤石采矿；投入 608 万元实施沙洛电站增效扩容等<sup>[17]</sup>。

本文基于 MODIS-NDVI 遥感数据，应用像元二分模型估算出乐安湿地保护区植被覆盖度，具有便捷、适应性强等优势，但是由于植被类型、生长状况和下垫面的复杂性和多样性， $NDVI_{seg}$  和  $NDVI_{soil}$  的确定是成为像元二分模型反演植被覆盖度的关键，虽然用置信域消除异常值的影响，但是仅是基于  $NDVI_{seg}$  和  $NDVI_{soil}$  这两个调节因子的线性拉伸，其 FVC 估算值与实测值很难做到完全一致。且本文

并未探究将混合像元分为等密度、非密度和混合密度的亚像元的模型，因此还需对此模型做进一步探索和改进。

参考文献：

[1] 王朋. 基于 3S 技术的大渡河上游植被覆盖度时空变化研究 [D]. 四川农业大学, 2012.  
 [2] Pandey P C, Mandal V P, Katiyar S, et al. Geospatial Approach to Assess the Impact of Nutrients on Rice Equivalent Yield Using MODIS Sensors'-Based MOD13Q1-NDVI Data [J]. IEEE Sensors Journal, 2015, 15(11): 6108 ~ 6115.  
 [3] 刘洋, 刘荣高. 基于 LTDRVHRR 和 MODIS 观测的全球长时间序列叶面积指数遥感反演 [J]. 地球信息科学学报, 2015, 17(11): 1304 ~ 1312.

桉木无性系。本研究所得苗期测定结果,可与该批次无性系苗木造林后的大田试验测定结果相结合,对比苗期初选与后期生长测定结果,从而检验桉木苗期优良无性系筛选结果的可靠性和稳定性。

(3)无性繁殖是林木遗传改良的重要组成部分,只有将一个从育种程序中创造出来的优良基因型用于无性繁殖时,才能获得较大的遗传增益<sup>[10]</sup>。因此,通常在杂交育种的基础上利用扦插、组培或体细胞胚诱导等无性繁殖的方法推广优良杂交新品种,营造生长一致、林相整齐、便于集约经营的工业用材林<sup>[11]</sup>。对苗期进行选择是对参试无性系进行生长、适应性及抗性性状的综合评价,可大大减少造林期选择的工作强度,因此苗期选择非常必要<sup>[12]</sup>。很多重要树种的无性系造林均开展了苗期选择,如白桦、美洲黑杨<sup>[1,13,14]</sup>,早期选择是缩短林木育种周期的有效途径<sup>[15,16]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 李春旭,刘桂丰,刘宇,等.盆栽白桦优良无性系苗期的初步选择[J].北京林业大学学报,2017,39(2):16~23.
- [2] 杨细明.雷公藤(*Tripterygium wilfordii* Hook. f.)优良无性系选育技术的研究[D].福建农林大学,2008.
- [3] 王明麻.论无性系林业:概念和应用[J].林业科技开发,1992,(1):2~4.
- [4] Arnold R, Gleed J. Raising and managing radiata pine cuttings for production forests [J]. Aust, 1985, 48: 199~206.
- [5] 杨志成.优良阔叶树种-桉木的分布、生长和利用[J].林业科学研究,1991,4(6):643~648.
- [6] 贺超英,陈益泰.桉木种源苗期生长和固N能力的变异[J].林业科学研究,2002,15(6):680~686.
- [7] 周小玲.4个四川桉木品系苗木的生理生态机理研究[D].中南林业科技大学,2007.
- [8] 陈清堤.杉木无性系造林对比试验及重复力估测[J].林业调查规划,2010,35(6):140~144.
- [9] 周永学,苏晓华,樊军锋,等.引种欧洲黑杨无性系苗期生长测定与选择[J].西北农林科技大学学报,2004,32(10):102~106.
- [10] 施季森,何祯祥.林木无性繁殖及其在遗传改良中的地位[J].世界林业研究,1994,(1):25~30.
- [11] 齐明,何贵平,徐肇友,等.偏冠方式营建杉木种子园技术研究[J].宁夏农林科技,2013,54(10):19~20.
- [12] 刘代亿,李根前.云南松优良家系及优良个体苗期选择研究[J].西北林学院学报,2009,24(4):67~72.
- [13] 陈慧玲,张新叶,黄国伟,等.美洲黑杨杂交无性系苗期性状联合选择[J].西北林学院学报,2018,33(2):88~93.
- [14] 茹广欣,张国栓,冯胜,等.黑杨无性系的苗期选择[J].河南农业大学学报,2002,36(2):143~146.
- [15] 赵曦阳,张志毅.毛白杨种内杂交无性系苗期生长模型构建[J].北京林业大学学报,2013,35(5):15~21.
- [16] 安三平,王丽芳,王美琴,等.欧洲云杉无性系苗期选育[J].东北林业大学学报,2011,39(12):16~19.
- [11] 甘春英,王兮之,李保生,等.连江流域近18年来植被覆盖度变化分析[J].地理科学,2011,31(8):1019~1024.
- [12] 王晓江,胡尔查,李爱平,等.基于MODIS NDVI的内蒙古大青山自然保护区植被覆盖度的动态变化特征[J].干旱区资源与环境,2014,28(8):61~65.
- [13] 岳丹,刘东伟,王立新,等.基于NDVI的乌梁素海湿地植被变化[J].干旱区研究,2015,32(2):266~271.
- [14] 宁龙梅,王华静.若尔盖高原湿地研究10年回顾与展望[J].安徽农业科学,2010,38(26):14552~14554+14557.
- [15] 杨瑞瑞,易桂花,张廷斌,等.2000-2015年若尔盖地区植被覆盖度变化及气候因子驱动分析[J].草业科学,2018,35(12):2822~2835.
- [16] 陈佳丽.若尔盖高寒高原植被变化及驱动因素分析[D].四川师范大学,2018.
- [17] 布拖县人民政府.2015年政府工作报告[DB/OL].http://www.bt.gov.cn/btx/zfgzbg31/4916829/index.html,2016-03-04/2019-03-20.

#### (上接第46页)

- [4] 刘振波,刘杰.森林冠层叶面积指数遥感反演——以小兴安岭五营林区为例[J].生态学报,2015,34(7):1930~1936.
- [5] 杨绘婷,徐涵秋,施婷婷,等.基于植被信息季节变换的植被覆盖度变化——以福建省连江县为例[J].应用生态学报:1-9 [2018-11-26].
- [6] 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.
- [7] 布拖乐安地区生物多样性调查报告[J].四川林业科技,2006(5):1~58+61~68.
- [8] 桂林华,黄艳梅,王里程,等.四川乐安湿地恢复策略初探[J].四川林勘设计,2007(3):39~41.
- [9] 李苗苗.植被覆盖度的遥感估算方法研究[D].中国科学院研究生院(遥感应用研究所),2003.
- [10] 彭文甫,王广杰,周介铭,等.基于多时相Landsat5/8影像的岷江汶川-都江堰段植被覆盖度动态监测[J].生态学报,2016,36(7):1975~1988.