



# 第十九届中国生态学会大会

2020. 11. 21-23 生态科学新使命：促进人与自然和谐



## 基于CSCS模型预测山地潜在自然植被分布对全球气候变化的响应

### ——以滇西北地区为例

张秋媛, 彭明春, 王崇云

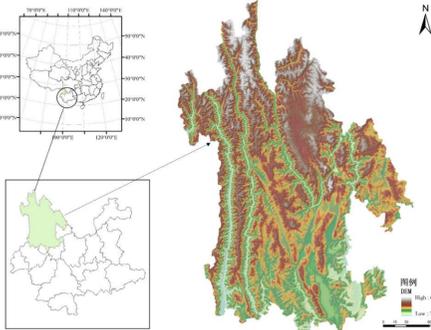
云南大学 生态学与地植物学研究所

#### 前言

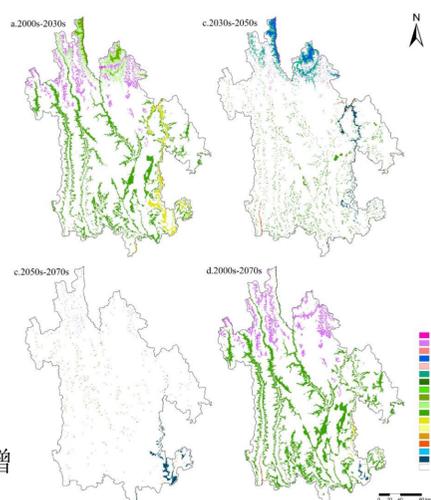
潜在自然植被是植被-气候关系研究的重要内容,也是认识全球气候变化下陆地生态系统响应的重要途径。占全球陆地面积约四分之一的山脉构成了独特的山地生态系统,山地的立体气候在水平、垂直梯度上剧烈变化,植被变化往往更易识别。地处横断山脉纵谷区的滇西北地区是全球最为复杂的山地生态系统之一,本文基于植被-气候模型(综合顺序分类系统)模拟滇西北地区1970-2000年和IPCC5发布的RCP4.5情景下未来3个时期(2030s、2050s、2070s)的潜在植被分布格局及其对气候变化的响应。

#### 旨在:

- (1) 通过气候-植被模型了解滇西北地区植被的潜在分布及其影响因素
- (2) 预测气候变化下未来该区域潜在自然植被分布情况及响应
- (3) 探究植被-气候预测模型在山地植被中的适用性



植被类组。尽管类型数目不相等,但四个时期中都共同出现了面积占比较大的各个类型,增加或减少类型的区域面积占比较少。其中2050s和2070s两个时期的潜在自然植被类型较稳定,变化较少;2000s和2030s类型变化相对而言较大,且金沙江北部、澜沧江河谷、香格里拉地区的类型变化较大。2) 亚热和暖温类型主要集中在怒江、金沙江、澜沧江周围区域以及东南部宁蒗、丽江、大理州一带,微温和寒温类型集中在香格里拉、维西、贡山北段这一带高海拔区域。2000s到2070s最为显著的变化是怒江、澜沧江、金沙江区域以及云龙、剑川、鹤庆一带的亚高山针叶林转变为亚热带森林;分布在德钦、香格里拉高海拔区域的高山草甸下界收缩转变为亚高山针叶林,亚高山针叶林的上界上升表明树线向高海拔移动;其次怒江河谷亚热带灌丛、热带森林分布增加伴随亚热带森林减少以及宾川县的稀树灌木草丛分布减少。



#### 研究方法

##### 1. CSCS模型

以生物气候指标——湿润度K和年积温 $\sum\theta$ 为依据,将热量带和湿润度级相结合划分潜在自然植被类型。

$$K = MAP / (0.1 \times \sum\theta)$$

式1, K为湿润度; MAP为年降水量; 0.1为模型调整系数。  $\sum\theta$ 为 $\geq 0^\circ\text{C}$ 年积温( $^\circ\text{C}$ )。

表1 潜在植被类组划分

序号	潜在植被类组	$>0^\circ\text{C}$ 年积温	湿润度	潜在植被类型
1	冰缘高山草甸	0-1300	$>0$	1,8,15,22,29,36
2	温带荒漠	1300-5300	0-0.3	2,3,4
3	半荒漠	1300-6200	0.3-0.9	9,10,11,12
4	禾草草原	1300-6200	0.9-1.2	16,17,18,19
5	温带湿润草地	1300-3700	1.2-2.0	23,24,30
6	亚高山针叶林	1300-5300	$>1.2$	25,31,32,37,38,39
7	亚热带森林	5300-8000	$>1.2$	26,27,33,34,40,41
8	热带森林	$>8000$	$>1.5$	28,35,42
9	热带荒漠	$>5300$	0-0.3	5,6,7
10	稀树灌木草丛	$>6200$	0.3-1.5	13,14,20,21

##### 2. 潜在自然植被类型类组的几何中心点、位移距离计算

$$\begin{cases} x_n(t) = \frac{\sum_{m=1}^{i_n(t)} S_{mn}(t) \cdot x_{mn}(t)}{S_n(t)} \\ y_n(t) = \frac{\sum_{m=1}^{i_n(t)} S_{mn}(t) \cdot y_{mn}(t)}{S_n(t)} \end{cases} \quad (2) \quad D_n = \sqrt{\{x_n(t+1) - x_n(t)\}^2 + \{y_n(t+1) - y_n(t)\}^2} \quad (3)$$

式2:  $t$ 为不同时期;  $i_n(t)$ 为 $t$ 时CSCS划分的第 $n$ 个类组的斑块数;  $S_{mn}(t)$ 表示 $t$ 时第 $n$ 个类组的第 $m$ 个斑块的面积( $\text{km}^2$ );  $S_n(t)$ 表示 $t$ 时第 $n$ 个类组的总面积( $\text{km}^2$ );  $[x_{mn}(t), y_{mn}(t)]$ 表示 $t$ 时期第 $n$ 个类组的第 $m$ 个斑块的中心点坐标;  $[x_n(t), y_n(t)]$ 表示 $t$ 时期第 $n$ 个类组的中心点坐标。

式3:  $D_n$ 是第 $n$ 个类组在 $t$ 时期至 $t+1$ 时期内的移动距离;  $[x_n(t), y_n(t)]$ 和 $[x_n(t+1), y_n(t+1)]$ 分别为第 $n$ 个类组在 $t$ 时期和 $t+1$ 时期的中心点坐标。

#### 结果

##### 1. 滇西北地区潜在自然植被时空分布格局及其变化

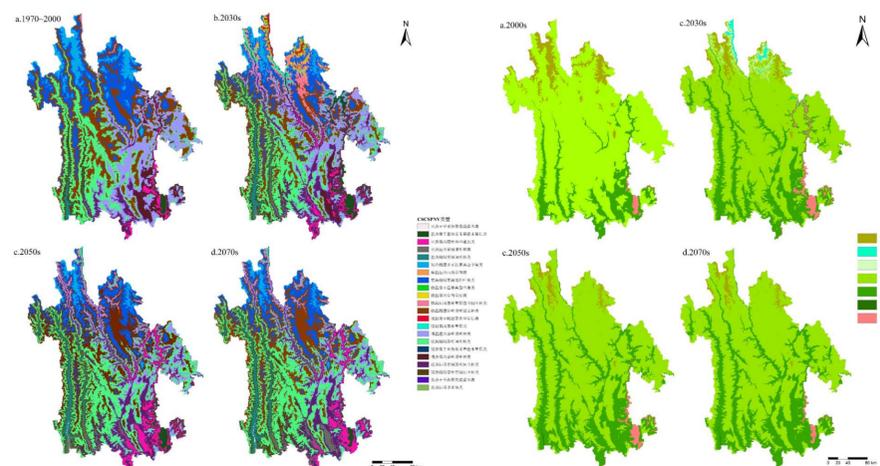


图2 四个时期潜在自然植被分布图

图3 四个时期潜在自然植被类组分布图

(1) CSCS模型在滇西北地区的过去时期(1970-2000)和未来三个时期划分别划分出了14、22、20、17种潜在自然植被类型和4、7、7、5种

##### 2. 滇西北地区潜在自然植被对气候变化的响应

表2 植被类组重心移动距离

编号	潜在植被类组	移动距离 (m)		
		1970-2000年 →2030s	2030s →2050s	2050s →2070s
1	冰缘高山草甸	106.15	30.068	10.761
4	禾草草原	0	638.346	633.854
5	温带湿润草地	0	0	0
6	亚高山针叶林	59.394	97.979	2.956
7	亚热带森林	320.615	63.055	18.504
8	热带森林	0	179.176	9.933
10	稀树灌木草丛	405.268	325.323	69.617

表2 四个时期滇西北自然植被类组的分布面积及比例

类组	1970-2000		2030s		2050s		2070s	
	面积/ $\text{km}^2$	比例/%	面积/ $\text{km}^2$	比例/%	面积/ $\text{km}^2$	比例/%	面积/ $\text{km}^2$	比例/%
冰缘高山草甸	4567.46	6.63	2056.08	2.99	1728.15	5.00	1579.43	2.29
禾草草原	719.17	1.04	2.29	0.01				
温带湿润草地			1545.11	2.24	6.10	0.02		
亚高山针叶林	54531.19	79.21	46812.49	68.00	47073.32	136.06	46967.31	68.22
亚热带森林	9214.24	13.38	15963.62	23.19	18825.06	54.41	19695.99	28.61
热带森林			7.63	0.01	61.77	0.18	50.33	0.07
稀树灌木草丛	533.85	0.78	1742.64	2.53	1150.06	3.32	553.68	0.80

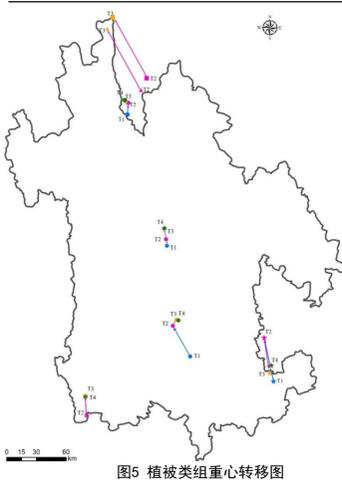


图5 植被类组重心转移图

- (1) 第一时期冰缘高山草甸和亚高山针叶林面积最大,而后逐渐减少;该时期亚热带森林面积最小,而后逐渐增加;稀疏灌木草丛在2030s面积最大而后逐渐减少;从2030s开始出现了禾草草原、热带森林、禾草草原类组。新类组的面积占比较小,前两者面积都低于1%。
- (2) 潜在植被类组整体向北移动,亚热带森林、稀疏灌木草丛和高山草甸在第一阶段(2000s~2030s)移动距离最大,分别为320m、405m和106m;亚高山针叶林、热带森林在第二阶段(2030s~2050s)移动距离较大分别为97m和179m。

#### 结论

- (1) CSCS划分出过去时期的潜在自然植被类型数量最少,未来三个时期数量增加并且相近,类型数量变化的区域主要集中在金沙江北部、澜沧江河谷、香格里拉地区。
- (2) 亚高山针叶林和冰缘高山草甸面积呈下降趋势,亚热带森林呈增加趋势,稀树灌木草丛呈先增加后下降趋势;2030s开始出现热带森林和草原,所占面积不到总面积的1%。
- (3) 到2070s,在潜在植被类组层次上,植被变化的主要特点是19%的亚高山针叶林转变为亚热带森林,65%的冰原高山草甸被亚高山针叶林替代;在潜在植被类型层次上表现为寒冷潮湿类型向寒温潮湿类型转化、寒温潮湿类型向微温潮湿类型转化、微温潮湿类型向暖温潮湿类型转化、暖温类型向暖热类型转化。
- (4) 通过提取潜在植被类组重心可知:在气候变化背景下滇西北地区潜在植被整体向海拔更高的北方移动,主要类组的重心在第三阶段变化不大,值得注意的是只有稀树灌木草丛的重心在第二阶段向南移动,第三阶段又向北移动很小的距离。
- (5) 高山草甸海拔分布界限向上收缩伴随着寒温性针叶林海拔分布界限也向上移动,这说明气候变化下树线上升;河谷中的亚热带荒漠灌丛和稀树草丛分布范围则逐渐向上扩大;在海拔较低的宾川、漾濞、鹤庆县分布的亚热硬叶林和灌丛类分布范围向北方以及更高海拔区域扩大。