

# 不同植被类型土壤养分及生态化学计量特征研究

高志娅<sup>1,2</sup>, 李 欢<sup>1</sup>, 陈威锋<sup>1</sup>, 秦 川<sup>1</sup>, 丁 波<sup>1,2\*</sup>, 彭雪梅<sup>1</sup>

(1. 贵州师范学院生物科学学院, 贵州 贵阳 550018; 2. 贵州省高等学校林火生态与管理重点实验室, 贵州 贵阳 550018)

**摘要:**以望漠北盘江国家湿地公园3种不同植被类型土壤为研究对象,分析不同植被土壤养分及生态化学计量特征,为脆弱生态区域植被恢复提供技术支撑。选取乔木林、经济果树林、草地3个不同植被类型测定0—20 cm土层养分状况。结果表明:(1)在3种植被类型中,土壤C、N、P、K、AN、AP存在显著性差异;(2)土壤的C/N、C/P水平上,乔木林(18.58, 84.20)、经济果树林(22.00, 268.75)、草地(18.35, 90.85)均高于我国陆地平均值;(3)土壤的N/P水平上,乔木林(4.51)、草地(5.13)<10,经济果树林(11.91)在10—20之间。3种植被类型中,土壤养分含量表现为乔木林>经济果树林>草地,且除AK外,其余土壤养分皆存在显著性差异。乔木林和草地土壤限制因素是N,而经济果树林是N和P。该区域在进行植被恢复管理时,可适当施加氮、磷肥,以提高土壤肥力,为植被恢复提供更多土壤养分。

**关键词:**北盘江湿地公园;植被类型;土壤;养分;生态化学计量

**中图分类号:**Q948.113;Q948.15<sup>+</sup>8;S153.6<sup>+</sup>1 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2023.02.005

## Soil nutrient and ecological stoichiometric characteristics of three different vegetation types

Gao Zhiya<sup>1,2</sup>, Li Huan<sup>1</sup>, Chen Weifeng<sup>1</sup>, Qin Chuan<sup>1</sup>, Ding Bo<sup>1,2\*</sup>, Peng Xuemei<sup>1</sup>

(1. School of Biological Sciences, Guizhou Normal colleg, Guizhou 550018, China; 2. Key Laboratory of Ecology and Management on Forest Fire in Higher Education institutions of Guizhou Province, Guizhou 550018, China)

**Abstract:** Taking three different vegetation types of soil in Wangmo Beipanjiang National Wetland Park as the research object, the soil nutrient and ecological stoichiometric characteristics of different vegetation types were analyzed to provide technical support for vegetation restoration in fragile ecological areas. Soils of three different vegetation types (arbor forest, economic fruit forest and grassland), were selected for the study, and the nutrient status of the 0—20 cm soil layer was measured. The results showed that (1) There were significant differences in soil C, N, P, K, AN and AP among the three vegetation types. (2) The C / N and C / P of arbor forest (18.58, 84.20), economic fruit forest (22.00, 268.75) and grassland (18.35, 90.85) were higher than the average value of land in China. (3) The N / P of arbor forest (4.51) and grassland (5.13) was less than 10, and the N / P of economic fruit forest (11.91) was between 10 and 20. The soil nutrient content in the three vegetation types was arbor forest > economic fruit forest > grassland, and there were significant differences in soil nutrients except AK. The limiting factors of arbor forest and grassland soil were N, and that of economic forest was N and P. In this study area, nitrogen and phosphorus fertilizers could be appropriately applied to improve soil fertility and provide more soil nutrients for vegetation restoration.

**Key words:** Beipanjiang National Wetland Park; Vegetation type; Soil; Nutrient material; Ecological stoichiometry

收稿日期:2023-01-03;修回日期:2023-01-27

**基金项目:**贵州省科技支撑计划项目([2017]2520-2);贵州省教育厅科研平台项目(黔教技[2022]051号);贵州师范学院国家科技部和国家自然科学基金奖励补助项目([2018]5778-06);贵州省自然科学基金项目([2019]1251);贵州师范学院博士项目(2019BS003, 2021BS012);大学生创新创业项目(S202214223053、202214223136);贵州师范学院大学生科研项目(2020DXS102)

**作者简介:**高志娅(2001-),女,贵州贵定人,大学本科生。主要从事森林生态研究。E-mail:2190653061@qq.com

\* **通信作者:**丁 波(1981-),男,贵州凤冈人,教授,博士。主要从事森林生态研究。E-mail:gs\_bding@163.com

土壤与植被是陆地生态系统中重要的组成部分。土壤能够提供植物生长繁殖所需的主要营养物质,其含量能够影响植物群落的组成、对生态系统的组成成分、调节能力及生产力起着决定性的作用<sup>[1,2]</sup>。不同植被类型因自身的生长特点、生境的差异、人类活动的干扰等情况,其生物量、凋落物及凋落物分解速率、养分归还量不同,林下土壤养分含量差异明显<sup>[3-5]</sup>。因此,不同植被类型土壤养分含量影响着土壤结构的形成和养分循环<sup>[1,2,6]</sup>。土壤碳(C)、氮(N)、磷(P)、钾(K)是植物生长发育的主要元素,其含量和生态化学计量特征能够反映不同植被类型土壤养分供应情况及限制因素,对掌握土壤肥力状况和促进土壤养分的转化循环机制有重要意义<sup>[2,6-7]</sup>。生态化学计量学是一门研究土壤C、N、P等化学元素在生态系统中的动态平衡关系,对土壤养分循环和限制作用有重要研究价值<sup>[8]</sup>。前人对不同气候带不同植被类型下的土壤养分进行了大量研究<sup>[6,9-13]</sup>,虽结果不尽相同,但大多数认为植被对土壤养分有表聚效应,如姜红梅等研究发现了不同植被类型对土壤养分的表聚强度不同<sup>[13]</sup>。刘跃健等在研究中得出,不同植被类型的土壤养分库有明显差异。植被越原始,土壤养分库越高<sup>[14]</sup>。北盘江流域内石漠化严重、土壤肥力下降、植物多样性降低,生态系统极其脆弱<sup>[15]</sup>,目前北盘江流域的研究报道主要涉及民族文化<sup>[16]</sup>、乡村旅游<sup>[17]</sup>、水域建设<sup>[18]</sup>、石漠化治理<sup>[19]</sup>、土壤侵蚀<sup>[20]</sup>和酶活性<sup>[21]</sup>等方面,关于北盘江流域不同植被类型与土壤的研究报道甚少,目前仅有北盘江喀斯特峡谷不同植被类型土壤酶活性<sup>[22]</sup>的研究和分析。为此,本研究选取望谟北盘江国家湿地公园<sup>[23]</sup>内乔木林、经济果树林、草地3种植被类型,对其土壤养分含量差异及化学计量特征进行研究,明确不同植被类型对土

壤养分的影响及不同植被生长的土壤限制因素,以期为该区植被修复和重建提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究区位于贵州、广西交界处的黔西南州望谟县蔗香镇(106°14'92" E, 24°97'70" N),属北盘江、红水河水系,平均海拔 692.11 m,年均气温 19℃,年均降水量 1 222.5 mm,属亚热带季风湿润气候,具有明显的春早秋晚、夏长冬短等特点,基岩裸露,石漠化严重,属强度喀斯特石漠区,坡地农业扩展,人为干扰严重,导致土地资源开发不合理,土地退化严重,生态环境脆弱。该区典型的植被类型有乔木林、经济果树林及草地<sup>[24]</sup>,分布较为分散,土壤类型主要有黄壤、黄棕壤<sup>[25]</sup>。

### 1.2 样品采集

2021年5月,采集土壤样品,在3种主要类型(乔木林、经济果树林、草地)下分布较为广泛(优势种)的9种植物[大叶石栎(*Lithocarpus megalophyllus*)、毛叶黄杞(*Engelhardtia colebrookiana*)、合欢(*Albizia julibrissin*)、荔枝(*Litchi chinensis*)、柑橘(*Citrus reticulata*)、板栗(*Castanea mollissima*)、芦苇(*Phragmites australis*)、芒(*Miscanthus sinensis*)、石茅苣(*Mosla scabra*)]的样地内按照S形取样法各选取大叶石栎、毛叶黄杞、合欢各4株,在每株树冠滴水线附近,除去地表枯落物后取0—20 cm<sup>[22]</sup>层次的土壤,将各样地内同树种采集的土样混合,去除植物根系和石块,用四分法取混合土样约1 kg装入塑封袋做好标记带回实验室。取回的土壤样品在室温下自然风干,研磨后过孔径0.15, 1 mm的土壤筛,待测。分别设置10 m×10 m, 5 m×5 m和1 m×1 m的样方<sup>[26]</sup>,重复4次,共36个样地(方),基本情况见表1。

表1 样地基本情况

植被类型	树种	高/m	胸径(林木)/cm 或盖度(草地)/%	坡度/°	坐标		海拔/m
					经度(E)	纬度(N)	
乔木林	大叶石栎	10.90±0.84	17.3±2.73	10	106°14'37"	24°97'73"	634
	合欢	6.91±0.91	9.04±0.58	10.9	106°14'30"	24°97'78"	665
	毛叶黄杞	7.81±0.66	8.64±0.94	10.4	106°14'31"	24°97'57"	616
经济果树林	荔枝	2.62±0.38	10.63±0.82	3	106°14'33"	24°97'64"	624
	柑橘	3.45±0.18	10.90±0.90	10.1	106°14'24"	24°97'74"	625
	板栗	2.29±0.14	6.04±0.32	7.6	106°14'18"	24°97'55"	620
草地	芦苇	0.58±0.06	21.19±6.71	10	106°14'37"	24°97'73"	616
	芒	0.11±0.01	7.38±1.74	10.4	106°14'31"	24°97'57"	616
	石茅苣	0.01±0.001	1.32±0.54	10.4	106°14'31"	24°97'57"	616

注:坡向为东南向。

1.3 测定方法

土壤有机碳(C)用重铬酸钾-外加热法,全氮(不包括硝态氮)(N)用半微量开氏法,全磷(P)用HClO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>消煮-钼锑抗比色法,全钾(K)用氢氧化钠-火焰光度法,碱解氮(不包括硝态氮)(AN)用解碱扩散法,速效磷(AP)用0.5 mol/L NaHCO<sub>3</sub>法,速效钾(AK)用NH<sub>4</sub>OAc浸提-火焰光度法<sup>[27]</sup>。

1.4 数据处理与分析

采用Excel16.0数据统计和制表,SPSS26.0方差分析、LSD多重比较、Kruskal-Wallis检验及事后两两比较、Pearson相关分析。

2 结果与分析

2.1 不同植被类型下土壤养分含量

2.1.1 不同植被类型下土壤C含量 望谟北盘江国家湿地公园3种不同植被类型下土壤C、N、P、K、AN、AP、AK的含量及显著性如表2所示。3种植被类型土壤C含量为18.23—35.14 g/kg,乔木林是经济果树林的1.18倍,是草地的1.93倍,经济果树林是草地的1.63倍。在土壤C含量中,乔木林与经济果树林无显著性差异,乔木林、经济果树林分别与草地存在显著性差异。

2.1.2 不同植被类型下土壤N、AN含量 如表2所示,乔木林、经济果树林和草地土壤N含量平均值分别为1.89、1.34、1.00 g/kg,土壤AN含量分别为158.95、155.46、85.79 mg/kg,乔木林和经济果树林土壤N含量分别比草地高0.89倍和0.34倍,乔木林比经济果树林高0.41倍。乔木林、经济果树林的土壤AN比草地高0.85和0.81倍,乔木林土壤AN比经济果树林高0.02倍。3种不同植被类型土壤N、AN经方差齐性检验为方差不齐性,用

Kruskal-Wallis检验,结果如表3所示:土壤N,乔木林与经济果树林、草地存在显著性差异,经济果树林与草地无显著性差异;土壤AN,乔木林、经济果树林分别与草地差异显著,乔木林与经济果树林无显著性差异。

2.1.3 不同植被类型下土壤P、AP含量 如表2、3所示,土壤P含量(g/kg)表现为乔木林(0.42)>草地(0.23)>经济果树林(0.15),乔木林和草地分别是经济果树林的2.8倍和1.53倍,乔木林是草地的1.83倍;土壤AP含量(mg/kg)经济果树林(36.71)>乔木林(20.00)>草地(9.95),经济果树林比乔木林和草地分别高0.84、2.69倍,乔木林比草地高1.02倍,土壤P含量在乔木林、经济果树林和草地两两之间均呈显著性差异。3种不同植被类型土壤AP经方差齐性检验为方差不齐性,用Kruskal-Wallis检验,结果如表3所示:乔木林与经济果树林的AP无显著性差异,2者分别与草地存在显著性差异。

2.1.4 不同植被类型下土壤K、AK含量 如表2、3所示,土壤K含量(g/kg)为草地(17.74)>经济果树林(12.73)>乔木林(11.74),草地比乔木林高51.11%,比经济果树林高39.36%,经济果树林比乔木林高8.77%;土壤AK含量(mg/kg)表现为乔木林(203.33)>经济果树林(163.78)>草地(160.29),草地比乔木林少21.17%,比经济果树林少2.13%,经济果树林比乔木林少19.45%。3种不同植被类型土壤K、AK经方差齐性检验为方差不齐性,用Kruskal-Wallis检验,结果如表3所示:K在草地与乔木林、经济果树林呈显著差异,乔木林与经济果树林无显著性差异;AK含量在乔木林、经济果树林和草地间两两无显著性差异。

表 2 不同植被类型土壤养分含量

土壤养分	乔木林	经济果树林	草地	显著性
C/(g/kg)	35.14±7.75 a	29.72±9.24 a	18.23±4.27 b	P<0.001
P/(g/kg)	0.42±0.09 a	0.15±0.08 c	0.23±0.08 b	P<0.001
N/(g/kg)	1.89±0.32	1.34±0.29	1.00±0.18	—
K/(g/kg)	11.74±1.3	12.73±3.42	17.74±1.12	—
AN/(mg/kg)	158.95±19.21	155.46±44.84	85.79±23.95	—
AP/(mg/kg)	20.00±7.19	36.71±18.58	9.95±4.63	—
AK/(mg/kg)	203.33±47.03	163.78±31.73	160.29±86.67	—

注:表中数据为平均值±标准差;不同小写字母表示不同植被类型之间土壤C、P存在显著性差异(P<0.05)。

表 3 不同植被类型土壤养分含量

土壤养分	乔木林	经济果树林	草地	显著性
N/(g/kg)	1.79(1.57,2.22) a	1.21(1.10,1.68) b	1.07(0.83,1.12) b	$P<0.001$
K/(g/kg)	11.89(11.17,12.46) b	11.30(10.50,16.14) b	17.68(16.71,18.21) a	$P<0.001$
AN/(mg/kg)	156.53(142.61,175.24) a	132.65(119.65,207.17) a	81.11(69.39,104.12) b	$P<0.001$
AP/(mg/kg)	23.96(11.32,26.38) a	38.83(16.51,52.77) a	9.47(6.68,13.39) b	$P<0.001$
AK/(mg/kg)	212.19(167.13,234.12) a	157.58(147.78,176.68) a	146.02(87.19,196.28) a	$P>0.05$

注:表中数据为中位数(四分位数);不同小写字母表示不同植被类型之间 N,K,AN,AP,AK 存在显著性差异( $P<0.05$ ),所有比较均经 Bonferroni 校正。

2.2 不同植被类型下土壤化学计量特征

由表 4,5 可知,乔木林、经济果树林、草地的 C/N 分别为 18.58,22.00 和 18.35,经济果树林 C/N 显著高于乔木林、草地,乔木林、草地无显著性差异;土壤 N/K 在 3 种不同植被类型间表现为两两之间均存在显著性差异;土壤 P/K 为乔木林(0.04)与经济果树林(0.01)、草地(0.01)存在显著性差异,草地与经济果树林无显著性差异。经济果树林 C/P 是其他 2 种类型的 2.96—3.22 倍,N/P 是其他 2 种类型的 2.32—2.64 倍,3 种不同植被类型土壤 C/P,N/P 经方差齐性检验为方差不齐性,用 Kruskal-Wallis 检验,C/P,N/P 均表现为经济果树林与草地、乔木林呈显著性差异,草地与乔木林无显著性差异;3 种植被类型下土壤 C/K 表现为乔木林

(2.75)>经济果树林(2.41)>草地(1.03),3 种不同植被类型土壤 C/K 经方差齐性检验为方差不齐性,用 Kruskal-Wallis 检验乔木林、经济果树林与草地呈显著性差异,乔木林与经济果树林无显著性差异。

表 4 不同植被类型土壤养分化学计量

化学计量	乔木林	经济果树林	草地	显著性
C/N	18.58±2.19 b	22.00±3.80 a	18.35±4.45 b	$P<0.05$
C/P	83.42±12.05	268.75±188.69	90.85±43.59	—
C/K	3.00±0.65	2.37±0.58	1.03±0.25	—
N/P	4.51±0.58	11.91±7.41	5.13±2.62	—
N/K	0.16±0.02 a	0.11±0.02 b	0.06±0.01 c	$P<0.001$
P/K	0.04±0.006 a	0.01±0.008 b	0.01±0.005 b	$P<0.001$

注:表中数据为平均值±标准差;不同小写字母表示不同植被类型之间土壤 C/N,N/K,P/K 存在显著性差异( $P<0.05$ )。

表 5 不同植被类型土壤养分化学计量

化学计量	乔木林	经济果树林	草地	显著性
C/P	84.03(73.03,95.25) b	193.99(110.59,448.14) a	75.61(67.73,124.31) b	$P<0.001$
C/K	2.75(2.52,3.53) a	2.41(1.79,2.66) a	1.03(0.90,1.25) b	$P<0.001$
N/P	4.51(4.01,4.88) b	8.81(6.27,20.97) a	3.98(3.17,6.57) b	$P<0.05$

注:表中数据为中位数(四分位数);不同小写字母表示不同植被类型之间 C/P,C/K,N/P 存在显著性差异( $P<0.05$ ),所有比较均经 Bonferroni 校正。

2.3 不同植被类型土壤养分与化学计量相关性

由表 6 可知,3 种植被类型土壤 C 除与 K,AP,AK 均不呈显著相关外,与其他土壤养分指标呈极显著或显著性正相关;土壤 N 与 P,AN,C/K,NK,P/K 呈极显著性正相关,与 K 呈显著性负相关,与 AK 呈显著性正相关,与 AP,C/N,C/P,N/P 无显著性相关;土壤 P 与 AK,C/K,N/K,P/K 呈极显著性或显著性正相关,与 C/P,N/P 呈极显著性负相关,与其他指标无显著性相关性;土壤 K 与 AP,C/K,N/K,P/K 呈极显著性负相关,与其他指标均无显著性相关;土壤 AN 与 C/P,C/K,N/P,N/K 呈极显著性正相关;土壤 AK 与 N/K,P/K 呈显著性正相关;

C/N 与 C/P,C/K 呈极显著或显著性正相关;C/P 与 N/P,P/K 呈极显著性正或负相关;C/K 与 N/K,P/K 呈极显著性正相关;N/P 与 P/K 呈极显著性负相关;N/K 与 P/K 呈极显著性正相关。

3 讨论

3.1 不同植被类型土壤养分含量特征

土壤能够提供植物生长繁殖所需的主要营养物质,其含量能够影响植物群落的组成,对生态系统的组成成分、调节能力及生产力起着决定性的作用<sup>[1-2]</sup>,植物凋落物的分解是土壤养分的主要来源<sup>[28]</sup>。



表 6 不同植被类型下土壤养分特征及化学计量比之间的相关性

指标	C	N	P	K	AN	AP	AK	C/N	C/P	C/K	N/P	N/K	P/K
C	1												
N	0.868 **	1											
P	0.351 *	0.559 **	1										
K	-0.307	-0.346 *	-0.287	1									
AN	0.839 **	0.791 **	0.079	-0.274	1								
AP	-0.042	-0.099	-0.153	-0.633 **	-0.077	1							
AK	0.26	0.334 *	0.330 *	-0.179	0.126	0.074	1						
C/N	0.454 **	-0.015	-0.189	-0.081	0.394	0.153	-0.051	1					
C/P	0.458 **	0.117	-0.607 **	0.162	0.610 **	-0.007	-0.133	0.489 **	1				
C/K	0.852 **	0.773 **	0.418 *	-0.728 **	0.693 **	0.249	0.321	0.372 *	0.196	1			
N/P	0.371 *	0.178	-0.655 **	0.18	0.606 **	-0.023	-0.145	0.313	0.968 **	0.126	1		
N/K	0.754 **	0.867 **	0.569 **	-0.746 **	0.661 **	0.201	0.358 *	0.033	-0.002	0.926 **	-0.013	1	
P/K	0.446 **	0.627 **	0.939 **	-0.554 **	0.209	0.04	0.362 *	-0.121	-0.532 **	0.629 **	-0.579 **	0.758 **	1

\*\*表示在 0.01 级别(双尾)显著性相关; \*表示在 0.05 级别(双尾),显著性相关。

3.1.1 不同植被类型土壤 C 含量特征 我国陆地土壤 C 平均含量为 24.56 g/kg,本研究区 3 种植被类型土壤 C 的含量水平为 18.23—35.14 g/kg,除草地外,土壤 C 含量均高于我国陆地土壤 C 含量平均值<sup>[29]</sup>。土壤 C 含量在乔木林最高,经济果树林次之,草地最低;乔木林、经济果树林与草地呈显著差异,其原因可能是乔木林内的种群丰富,凋落物种类及数量多,该类型植被与林下植物构成一定的林分结构,使得林下光环境、温度、与林外气候有一定的差异,为土壤生物提供了适宜的生存环境,能够加速土壤 SOM 的分解,为土壤 C,N,P 提供来源,且郁闭度相对其他类型植被较高,土壤径流、淋溶损失较少<sup>[11]</sup>。

3.1.2 不同植被类型土壤 N,AN 含量特征 我国陆地土壤 N 平均含量为 1.88 g/kg,该区土壤 N 含量水平 1.00—1.89 g/kg,其中乔木林土壤 N 含量为 1.89 g/kg,略高于我国陆地 N 含量,经济果树林为 1.34 g/kg,草地为 1.00 g/kg,均低于我国陆地 N 含量<sup>[29]</sup>。乔木林土壤 N 含量显著高于经济果树林、草地,可能是因为乔木林选取的优势树种有合欢,是豆科合欢属植物,其根部能够吸附土壤中的根瘤菌,根瘤菌又能够将空气中游离态的氮转化为铵态氮,从而使土壤中的氮元素含量增加<sup>[30]</sup>,而经济果树林 N 含量高于草地,则可能是果农为了增加水果产量,提高经济收益,会定期除杂草,适量施肥,以减少杂草与果树竞争土壤养分和人为增加土壤养分。AN 含量从草地到经济果树林,再到乔木林是逐渐增加的,这可能是因为随着植被的发育,进入

到土壤中新鲜的凋落物量增多,凋落物矿化后释放出大量的铵态氮等,以及林木根系和微生物的分泌物中含有许多易于分解的简单有机氮<sup>[31]</sup>,且 AN 与 N 含量呈现极显著正相关。3 种植被类型中乔木林 N(1.89 g/kg)、AN(158.95 mg/kg)含量最高,说明乔木林氮素的释放能力强、利用率较好,其土壤有利于植物的生长发育,这与周玮等<sup>[22]</sup>的研究结果一致。

3.1.3 不同植被类型土壤 P,AP 含量特征 我国陆地土壤 P 平均含量为 0.78 g/kg,本研究区土壤 P 含量水平为 0.15—0.42 g/kg,均低于我国陆地土壤 P 平均值<sup>[29]</sup>。其表现为乔木林最高,草地次之,经济果树林最低,且在 3 种植被类型中两两之间呈显著性差异。由土壤养分间相关性可知,土壤 C,N 与 P 呈显著或极显著的正相关关系,乔木林的 C,N 含量最多、经济果树林次之、草地最少,而经济果树林的 P 含量却最少,可能是采样时经济果树林内植被正处于果实生长期,而土壤中的磷素除了被微生物消耗部分无机磷外,还参与果实的形成<sup>[31]</sup>,果实成熟后被采摘,并未通过植物残体和凋落物的形式将养分元素全部归还于土壤,故土壤磷素积累减少,经济果树林土壤磷含量较低于其他 2 种类型。乔木林、草地的土壤 AP 含量相对低于乔木林、草地,而乔木林、草地土壤 P 含量相对高于经济果树林,这与《土壤农化分析》中阐述的全磷含量较高的土壤,却不一定说明它们有较高的有效磷去供应当季作物生长的需要结论相似<sup>[27]</sup>。

3.1.4 不同植被类型土壤 K,AK 含量特征 土壤

K 含量 (g/kg) 表现为草地 (17.74) > 经济果树林 (12.73) > 乔木林 (11.74), 均在第 2 次土壤普查贵州省土壤表层平均含量 (16.03 g/kg) 左右变化, 相差不大<sup>[27,31]</sup>, AK 在 3 种植被类型中无显著差异。

### 3.2 不同植被类型土壤化学计量特征

土壤生态化学计量比是用来评价土壤养分的指标, 可了解土壤内部土壤养分元素的循环机制, 从而能反映土壤肥力情况<sup>[8]</sup>, 目前有很多学者证实了土壤生态化学计量比能够用来判断土壤限制元素<sup>[26-29]</sup>。

3.2.1 不同植被类型土壤 C/N 特征 C/N 是衡量土壤中 C、N 循环状况和土壤质量的重要指标, 与有机质的分解强弱呈反比<sup>[6,26,32-37]</sup>。本研究区 3 种不同植被类型的土壤 C/N 表现为草地 (18.35) < 乔木林 (18.58) < 经济果树林 (22.00), 均高于我国土壤 C/N 的平均值 (10—12)<sup>[38]</sup>、全球土壤 C/N 平均值 13.33<sup>[29,38]</sup>, 而经济果树林土壤 C/N 显著高于乔木林、草地, 说明经济果树林有机质矿化速度较弱于其他 2 种植被类型。

3.2.2 不同植被类型土壤 C/P 特征 C/P 是表明土壤磷素矿化能力的指标, 可以衡量土壤磷素的吸收和固持能力<sup>[6,26,32-37]</sup>。本研究区土壤 C/P 平均值为 147.67, 均高于全国平均值 (61.00)<sup>[29]</sup>, 因为 3 种植被类型土壤 P 含量较低, 而土壤 C/P 高是不利于植被在生长的, 其原因可能是土壤微生物在分解有机质的过程会消耗部分无机磷, 与植物生长相竞争<sup>[2]</sup>, 说明该区植被的生长受到土壤 P 的限制。本研究中, 土壤 C/P 在 3 种植被类型中表现为乔木林 (84.20) < 草地 (90.85) < 经济果树林 (268.75), 这与李江荣等<sup>[39]</sup> 研究结果相似。土壤 C/P 在经济果树林土壤中较高, 而在乔木林与草地之间差异不显著, 是因为经济果树林土壤磷含量显著低于其他 2 种类型, 故 C/P 较高。

3.2.3 不同植被类型土壤 N/P 特征 N/P 是判断养分限制的指标, 当 N/P < 10 植被生长受 N 的限制, 当 N/P > 20 时植被生长受 P 的限制, N/P 在 10—20 之间时植被生长受 N、P 的同时限制<sup>[6,26,32-37]</sup>。乔木林、经济果树林、草地的 N/P 比值分别为 4.51, 11.91, 5.13, 均低于全球土壤 N/P 平均水平 13.1<sup>[29]</sup>。乔木林与草地的 N/P 均低于 10, 说明乔木林、草地类型植被生长发育过程中严重受到土壤 N 的限制, 经济果树林 N/P 在 10—20 之间, 说明经济果树林植被同时受到土壤 N、P 的限制。因此乔

木林、草地植被生长受到土壤 N 的限制, 经济果树林同时受到土壤 N、P 的限制。经济果树林土壤 N/P 显著高于乔木林与草地, 而乔木林与草地 N/P 之间无显著差异, 说明经济果树林与其他 2 种植被类型相比, 经济果树林受土壤 N 的限制更强。因此在望漠北盘江国家湿地公园一带进行植被恢复管理时, 可适当施加氮肥, 在经济果树林等植被类型施加氮磷肥, 以提高土壤养分, 避免该区植被受土壤 N、P 的严重限制。

## 4 结论

研究表明望漠北盘江公园 3 种不同植被类型除土壤速效钾外, 其余土壤养分含量存在显著差异, 表现为乔木林最高, 经济果树林次之, 草地最低。在 3 种植被类型中乔木林、草地 C/N、C/P 较高, N/P < 10, 较低, 土壤 N 是乔木林、草地植被土壤的限制因素; 经济果树林 C/N、C/P 较高, N/P 在 10—20 之间, 土壤 N、P 是经济果树林土壤的限制因素。本研究区在进行植被恢复管理时, 可适当施加氮磷肥, 以提高土壤肥力, 为植被恢复提供更多土壤养分。

### 参考文献:

- [1] 常超, 谢宗强, 熊高明, 等. 三峡库区不同植被类型土壤养分特征[J]. 生态学报, 2009, 29(11): 5978-5985.
- [2] 张燕, 王平, 孟月, 等. 云南乌蒙山国家级自然保护区不同植被类型土壤养分特征[J]. 东北林业大学学报, 2023, 51(1): 94-100, 105.
- [3] 夏汉平, 余清发, 张德强. 鼎湖山 3 种不同林型下的土壤酸度和养分含量差异及其季节动态变化特性[J]. 生态学报, 1997, 17(6): 645-653.
- [4] BARTH R C, KLEMMEDSON J O. Shrub-induced spatial patterns of dry matter, nitrogen and organic carbon[J]. Soil Science Society of America Journal, 1978, 42: 804-809.
- [5] 曹小玉, 赵文菲, 李际平, 等. 中亚热带几种典型森林土壤养分含量分析及综合评价[J]. 生态学报, 2022, 42(9): 3525-3535.
- [6] 刘青梅, 黄海霞, 姚志勇, 等. 甘肃环县沙化区不同植被类型对土壤养分的影响[J]. 草原与草坪, 2022, 42(1): 111-118.
- [7] 程瑞梅, 肖文发, 王晓荣, 等. 三峡库区植被不同演替阶段的土壤养分特征[J]. 林业科学, 2010, 46(9): 1-6.
- [8] 张春来, 杨慧, 曹建华, 等. 岩溶区不同土地利用方式土壤碳、氮、磷生态化学计量的空间变异性研究[J]. 南方农业学报, 2020, 51(7): 1650-1659.
- [9] 郝宝宝, 艾宁, 刘广全, 等. 陕北风沙区不同植被类型土壤养分特征与肥力评价[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2020, 49(5): 678-682.
- [10] 刘玉萍, 周勇辉, 苏旭, 等. 青海湖区不同植被类型草原土壤养分分布特征[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2018, 54(4):

- 480-485, 493.
- [11] 路 岑, 张维勇, 石 磊. 梵净山不同植被类型下土壤养分的差异[J]. 贵州农业科学, 2016, 44(2): 177-181.
- [12] 潘志华, 罗 扬, 谭 伟, 等. 白水河小流域不同植被类型间土壤养分的差异性及其空间变异研究[J]. 山地农业生物学报, 2019, 38(1): 10-18.
- [13] 姜红梅, 李明治, 王 亲, 等. 祁连山东段不同植被下土壤养分状况研究[J]. 水土保持研究, 2011, 18(5): 166-170.
- [14] 刘跃进, 李 强, 马明东. 四川西北部主要森林植被类型土壤养分库比较研究[J]. 水土保持学报, 2010, 24(5): 146-152.
- [15] 施厚军. 北盘江流域土地利用变化及生态效应研究[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2021.
- [16] 郎丽娜. 北盘江流域布依族口传经典刍议——以羊场布依族为例[J]. 今古文创, 2022(33): 25-28.
- [17] 钱庆欢, 白晓永, 周德全, 等. 基于 RULSE 模型的北盘江流域土壤侵蚀研究[J]. 人民珠江, 2018, 39(2): 19-25.
- [18] 聂太广. 北盘江流域乡村旅游模式探析[J]. 理论与当代, 2018(2): 20-22.
- [19] 马 阔, 吴起鑫, 韩贵琳, 等. 南、北盘江流域枯水期水化学特征及离子来源分析[J]. 中国岩溶, 2018, 37(2): 192-202.
- [20] 王小凤, 杨广斌. 贵州省北盘江流域喀斯特石漠化变化特征及治理成效分析[J/OL]. 长江科学院院报, 2022: 1-9.
- [21] 朱明星. 乌江、北盘江跨流域水电站群协调优化调度系统建设与应用[J]. 红水河, 2019, 38(3): 4-9.
- [22] 周 玮, 周运超. 北盘江喀斯特峡谷区不同植被类型的土壤酶活性[J]. 林业科学, 2010, 46(1): 136-141.
- [23] 贵州望漠北盘江国家湿地公园简介. [DB/OL]. [http://www.gzwm.gov.cn/wmly/jdjs/202205/t20220524\\_74207006.html](http://www.gzwm.gov.cn/wmly/jdjs/202205/t20220524_74207006.html).
- [24] 高 婧, 袁竟富, 成星霖, 等. 望漠河流域植被类型的地形分异分析[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(10): 246-248, 286.
- [25] 吴家其, 张天伦, 徐文芬, 等. 贵州望漠县药用植物资源调查[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(27): 14932-14934, 14936.
- [26] 朱秋莲, 邢肖毅, 张 宏, 等. 黄土丘陵沟壑区不同植被区土壤生态化学计量特征[J]. 生态学报, 2013, 33(15): 4674-4682.
- [27] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [28] 韦 体, 卜 磊, 吴登宇, 等. 甘肃省榆中盆地不同人工植被类型下的土壤养分时空特征[J]. 河南农业科学, 2021, 50(11): 79-86.
- [29] TIAN H Q, CHEN G S, ZHANG C, et al. Pattern and variation of C:N:P ratios in China's soils: A synthesis of observational data[J]. Biogeochemistry, 2010, 98(1/2/3): 139-151.
- [30] 王新宇, 高英志. 禾本科/豆科间作促进豆科共生固氮机理研究进展[J]. 科学通报, 2020, 65(Z1): 142-149.
- [31] 张 红, 吕家珑, 赵世伟, 等. 不同植被覆盖下子午岭土壤养分状况研究[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(2): 66-69.
- [32] 吴应海, 张丽敏, 蔡国俊, 等. 不同施肥处理百香果土壤-植株碳氮磷化学计量特征[J]. 贵州科学, 2021, 39(4): 1-6.
- [33] 贵州省土壤普查办公室. 贵州省土壤[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1994: 585-592.
- [34] 何高迅, 王 越, 彭淑娴, 等. 滇中退化山地不同植被恢复下土壤碳氮磷储量与生态化学计量特征[J]. 生态学报, 2020, 40(13): 4425-4435.
- [35] AN H, LI G Q. Effects of grazing on carbon and nitrogen in plants and soils in a semiarid dessert grassland, China[J]. Journal of Arid Land, 2015, 7(3): 341-349.
- [36] 程 滨, 赵永军, 张文广, 等. 生态化学计量学研究进展[J]. 生态学报, 2010, 30(6): 1628-1637.
- [37] CHEN L Y, LI P, YANG Y H. Dynamic patterns of nitrogen; phosphorus ratios in forest soils of China under changing environment. [J]. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 2016, 121: 2410-2421.
- [38] ELISABETH N B, BRENT L H. C:N:P stoichiometry in Australian soils with respect to vegetation and environmental factors[J]. Plant and Soil, 2013, 373(1-2): 533-568.
- [39] 李江荣, 高 郅, 郑维列, 等. 急尖长苞冷杉 4 种林型土壤养分特征[J/OL]. 中南林业科技大学学报, 2021(11): 108-119.

## · 简讯 ·

### 《江苏林业科技》入编 2023 年科学引文数据库

本刊讯 《江苏林业科技》入编 2023 年科学引文数据库 (Science Citation Database, 简称 SCD), 欢迎广大高校师生订阅、踊跃投稿。