



李光禄,陈忠林,周华泽,等.版纳藤黄原生境土壤养分评价[J].黑龙江农业科学,2025(5):43-49.

# 版纳藤黄原生境土壤养分评价

李光禄<sup>1,2</sup>,陈忠林<sup>3</sup>,周华泽<sup>3</sup>,万振林<sup>4</sup>,陈妍君<sup>1,5</sup>,曾诗华<sup>1,2</sup>,王晓静<sup>1</sup>,施济普<sup>1</sup>

(1. 中国科学院 西双版纳热带植物园,云南 西双版纳傣族自治州 666109; 2. 中国科学院大学 生命科学学院,北京 101400; 3. 云南西双版纳国家级自然保护区勐腊管护所,云南 西双版纳傣族自治州 666300; 4. 云南西双版纳国家级自然保护区勐仑管护所,云南 西双版纳傣族自治州, 666109; 5. 西南林业大学 园林园艺学院,云南 昆明 650000)

**摘要:**为促进版纳藤黄的迁地保护和野外回归,基于版纳藤黄的生存现状,对版纳藤黄进行原生境土壤采集,共收集 20 份土壤样品,并对有机质(OM)、全氮(TN)、全磷(TP)、全钾(TK)、水解性氮(AN)、有效磷(AP)、有效钾(AK)和 pH 共 8 个指标进行测定,使用云模型、ANOVA 分析和种群间多重比较 3 种方法对测量结果进行评价。结果表明,版纳藤黄的生存土壤养分含量较低,富含有机质、全氮以及有效钾,有效磷含量很低,土壤呈现强酸性。ANOVA 分析发现 TN、TP、TK、AN 在种群间存在显著差异,而 OM、AP、AK、pH 在各种种群间无显著差异。对 TN、TP、TK、AN 4 个因子进行种群间的多重比较,发现 TN 指标上 P5 显著高于 P3、极显著高于 P1 和 P2,且与 P4 间差异不显著,P1、P2、P3 和 P4 间差异不显著;TP 指标上 P4 极显著高于 P1、P2 和 P3,且显著高于 P5,P1、P2、P3 和 P5 间差异不显著;TK 指标上 P1 显著低于 P4,P5 极显著高于 P1 和 P2,其余种群间差异不显著;AN 指标上 P5 极显著高于其他种群,且其余种群间无显著性差异。P5 基本上和其他种群均存在显著性差异,在后续研究中应重点关注 P5 的生存状况,同时也需监测 P4 受到农业活动干扰的强度。

**关键词:**版纳藤黄;原生境;土壤养分;云模型

植物资源作为生态系统的重要组成部分,对维持全球生物多样性起着至关重要的作用,同时也为人类的生存提供了物质基础。但随着人类社会的不断发展,许多植物资源遭到破坏。人类活动造成的生境破碎化、栖息地丧失、外来物种入侵、环境污染以及气候变化等问题,使许多物种面临着严重的生存威胁<sup>[1-2]</sup>。一些稀有物种由于个体数量少,抵御生境剧变以及人类干扰的能力更弱,在短期内特别容易灭绝<sup>[3]</sup>。

版纳藤黄(*Garcinia xipshuanbannaensis*)是分布于中国云南的特有种,该物种雌雄异株,树形美观,果实可作为野果食用,提取物具有抗肿瘤活性<sup>[4]</sup>,具有重要的经济、文化、科研等价值<sup>[5]</sup>。根据标本查阅、西双版纳热带植物园引种记录查询、专家走访和实地考察调研,发现版纳藤黄仅分布在西双版纳傣族自治州(下称版纳州)勐腊县和红河哈尼族彝族自治州(下称红河州)金平县和绿春县交界处。其野外的数量非常稀少,大部分居群仅有 1~2 株,野外总计 75 株,结实率极低。中国

科学院西双版纳热带植物园在历史上对版纳藤黄进行过多次引种,目前仅保存 1 株成熟个体。该物种暂时未列入国家重点保护名录,但该物种不仅种群和个体数量少、生境狭窄,而且受人为干扰严重、具有较大灭绝风险,是迫切需要进行抢救性保护的野生植物<sup>[6-8]</sup>。

保护工作的成功实现建立在对植物的适生生境有较为充分认识的前提下<sup>[9]</sup>。土壤养分是对珍稀濒危植物进行保护需要考虑的关键环境因素之一,如武银玉等<sup>[10]</sup>发现氮素和钾素对国家二级保护植物翅果油树(*Elaeagnus mollis*)的生长起关键作用;邬宇峰等<sup>[11]</sup>指出景宁木兰(*Magnolia sinostellata*)的分布情况和生境土壤的 pH、有效磷和速效钾 3 个理化指标关联密切;孙亚菲等<sup>[12]</sup>指出速效氮对国家一级保护植物裸果木(*Gymnocarpus przewalskii*)的群落生长具有显著影响;吴佳昊等<sup>[13]</sup>指出土壤氮素形态不平衡会影响冷杉(*Abies ziyuanensis*)的生长。本研究共采集版纳藤黄分布点 20 份土壤样品,对土壤中的有机质(OM)、

收稿日期:2025-03-05

基金项目:云南省省级项目“热带 4 个极小种群植物繁育技术攻关和迁地保护专类园建设”(E3YN104B01)。

第一作者:李光禄(2000—),男,硕士研究生,从事藤黄属植物的迁地保护研究。E-mail:zuimengzhongxing@163.com。

通信作者:施济普(1974—),男,博士,正高级工程师,从事珍稀濒危植物的迁地保护研究。E-mail:sjp@xtbg.org.cn。

全氮(TN)、全磷(TP)、全钾(TK)、水解性氮(AN)、有效磷(AP)、有效钾(AK)和 pH 进行了测定,并采用云模型、ANOVA 分析和种群间多重比较 3 种方法对版纳藤黄的土壤养分特征进行了评估,以期为后续的迁地保护工作提供参考。

1 材料与方法

1.1 土壤采集

2023—2024 年对版纳藤黄进行了实地考察,根据考察结果,将版纳藤黄大致分为两个区域即版纳州和红河州。版纳州位于云南省南部,属于热带季风气候,年均温 15.1~21.7℃,年降雨量 1 193~2 491 mm,干湿季分明<sup>[14]</sup>。红河州地处云贵高原南缘,属于亚热带高原季风气候,年均温相差达 11.5~14.0℃,2021 年平均降水量 1 324 mm,雨热同季,干湿季分明<sup>[15]</sup>。虽然版纳州和红河州的气候类型存在差异,但是红河州的绿春县和金平县的气候类型与版纳州的气候类型更加接近。

依据各分布点的种群数量分别进行采样,共收集了 20 份土壤样品。土壤样品采自植株根部 20 cm 附近,采集 0~20 cm 深度的混合样品,重量约 1 kg。土壤取回后去杂,并置于室内自然晾干,分别过 10 目(2 mm)和 100 目(0.15 mm)筛网,得到粗土样和细土样,用于后续指标测量。土壤采样点及各地点植株数量见表 1。

表 1 种群编号及采样信息			
种群编号	个体数量	采样数量	采样地点
P1	6	5	版纳州勐腊县补蚌村
P2	11	6	版纳州勐腊县曼旦村后山
P3	2	2	版纳州勐腊县勐仑镇 55KM
P4	43	3	红河州绿春县平河镇
P5	13	4	红河州金平县马锅底乡拉登瀑布

1.2 土壤养分测定

根据森林土壤养分的测定标准对土壤有机质(OM)采用重铬酸钾氧化-外加热法进行测定<sup>[16]</sup>;全氮(TN)采用连续流动分析法进行测定<sup>[17]</sup>;全磷(TP)、全钾(TK)采用酸溶法进行测定<sup>[18-19]</sup>;水解性氮(AN)采用碱解扩散法进行测定;有效磷(AP)、有效钾(AK)采用电感耦合等离子体发射光谱法进行测定<sup>[20-21]</sup>;pH 采用电位法进行测定<sup>[22]</sup>。

1.3 土壤养分评价

分别参照全国第二次土壤普查的土壤养分分级标准作为各养分指标的评价标准<sup>[23]</sup>并利用云模型对版纳藤黄土壤养分进行评价。

1.3.1 全国第二次土壤普查的土壤养分分级标准 以全国第二次土壤普查的土壤养分分级标准作为各养分指标的评价标准<sup>[23]</sup>,详细分级见表 2、表 3。

表 2 土壤养分指标的评价标准						
养分指标	很低	偏低	低	中等	高	很高
有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )	0~6.0	6.00~10.00	10.00~20.00	20.0~30.0	30.0~40.0	>40.0
全氮/(g·kg <sup>-1</sup> )	0~0.5	0.50~0.75	0.75~1.00	1.0~1.5	1.5~2.0	>2.0
全磷/(g·kg <sup>-1</sup> )	0~0.2	0.20~0.40	0.40~0.60	0.6~0.8	0.8~1.0	>1.0
全钾/(g·kg <sup>-1</sup> )	0~5.0	5.00~10.00	10.00~15.00	15.0~20.0	20.0~25.0	>25.0
水解性氮/(mg·kg <sup>-1</sup> )	0~30.0	30.00~60.00	60.00~90.00	90.0~120.0	120.0~150.0	>150.0
有效磷/(mg·kg <sup>-1</sup> )	0~30.0	30.00~50.00	50.00~100.00	100.0~150.0	150.0~200.0	>200.0
有效钾/(mg·kg <sup>-1</sup> )	0~3.0	3.00~5.00	5.00~10.00	10.0~20.0	20.0~40.0	>40.0

表 3 土壤 pH 的评价标准							
项目	极强酸性	强酸性	弱酸性	中性	弱碱性	强碱性	极强碱性
pH	<4.5	4.5~5.5	5.5~6.5	6.5~7.5	7.5~8.5	8.5~9.5	>9.5

1.3.2 基于云模型的版纳藤黄土壤养分评价 将测得的养分数据导入 MATLAB 软件中,通过云模型的逆向云模型计算各养分因子的期望值( $E_x$ )、熵值( $E_n$ )、超熵值( $He$ )3 个特征值。期望值( $E_x$ )是最能代表该养分的典型样本,在云图中是云滴分布的中心位置;熵值( $E_n$ )代表该养分值可能出现的范围;超熵值( $He$ )代表了熵值( $E_n$ )的不确定度,其值越大,云的厚度越大,表明不确

定性越高<sup>[24]</sup>。 根据这些特征值的结果,利用正向云模型绘制隶属云图,云滴的凝聚情况表明测量结果的整体特征。 根据综合云的模型原理,建立综合养分的评价标准,分为 5 个等级<sup>[9]</sup>(表 4)。 利用 MATLAB 软件,对各养分指标进行主成分分析赋权,获得相应的权重值( $w$ )。对养分

指标的期望值( $Ex$ )、熵值( $En$ )、超熵值( $He$ )进行归一化处理,然后利用归一化后的期望值( $Ex$ )、熵值( $En$ )、超熵值( $He$ )和权重值( $w$ )计算综合云的特征值,再利用正向云原理生成综合云图。综合云的 3 个特征值计算方法如下<sup>[25]</sup>:

$$Ex=\frac{Ex1En1w1+Ex2En2w2+\cdots+ExnEnnw_n}{En1w1+En2w2+Ennw_n}$$
$$En=En1w1+En2w2+\cdots+Ennw_n$$
$$He=\frac{He1En1w1+He2En2w2+\cdots+HenEnnw_n}{En1w1+En2w2+\cdots+Ennw_n}$$

表 4 土壤的综合养分评价标准

期望值( $Ex$ )范围	评价
$0.80 < Ex \leq 1.00$	很高
$0.60 < Ex \leq 0.80$	高
$0.40 < Ex \leq 0.60$	中
$0.20 < Ex \leq 0.40$	低
$Ex \leq 0.20$	很低

1.3.3 ANOVA 及多重比较 在 MATLAB 软件中,通过 ANOVA 分析,对各个土壤养分指标

进行差异比较。对存在显著差异的养分指标进行种群间的多重比较。

2 结果与分析

2.1 各种群土壤养分情况

根据森林土壤养分的测定标准测得各养分指标值(表 5),参照全国第二次土壤普查的土壤养分分级标准,评价版纳藤黄分布区土壤各养分指标。结果表明,版纳藤黄土壤有机质含量在 13.90~138.68 g·kg<sup>-1</sup>之间,属于低到很高的范围;全氮含量在 1.57~5.71 g·kg<sup>-1</sup>之间,属于高到很高的范围;全磷含量在 0.20~1.15 g·kg<sup>-1</sup>之间,属于偏低到很高的范围;全钾含量在 4.10~33.07 g·kg<sup>-1</sup>之间,属于很低到很高的范围;水解性氮含量在 105.48~699.80 mg·kg<sup>-1</sup>之间,属于中等到很高的范围;有效磷含量在 5.82~96.72 mg·kg<sup>-1</sup>之间,属于很低到低的范围;有效钾含量在 45.7~265.65 mg·kg<sup>-1</sup>之间属于很高的范围;pH 在 3.79~6.38 之间,属于极强酸性到弱酸性的范围(表 5)。

表 5 各种群养分指标的测量值

种群	有机质/ (g·kg <sup>-1</sup> )	全氮/ (g·kg <sup>-1</sup> )	全磷/ (g·kg <sup>-1</sup> )	全钾/ (g·kg <sup>-1</sup> )	水解性氮/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	有效磷/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	有效钾/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	pH
P1	39.97	2.04	0.31	8.26	198.83	13.54	210.12	6.38
	19.60	2.30	0.37	6.44	261.01	19.01	134.95	5.52
	18.15	2.12	0.22	7.79	181.84	20.73	127.96	5.61
	39.79	2.04	0.24	4.10	164.99	6.84	45.87	4.01
	40.98	2.07	0.25	4.12	218.02	9.85	64.60	4.51
P2	26.80	1.57	0.39	8.97	171.36	23.68	189.38	4.50
	13.90	1.61	0.20	6.98	180.28	10.96	252.89	4.56
	30.34	1.81	0.24	6.78	174.78	11.29	97.06	4.59
	68.12	3.34	0.83	18.29	266.21	9.32	117.25	4.98
	29.68	1.75	0.23	9.74	197.3	9.51	121.08	4.46
P3	36.92	2.01	0.41	13.74	210.86	5.82	254.34	4.65
	39.58	2.53	0.35	14.57	202.98	11.08	81.47	4.07
	48.60	2.41	0.32	9.38	177.93	13.8	265.65	6.02
	33.42	1.95	1.15	22.47	105.48	96.72	87.63	4.75
	64.49	3.51	1.07	19.43	275.46	15.89	90.98	4.18
P5	104.12	4.52	0.74	16.24	441.34	12.59	141.33	4.10
	78.61	5.05	0.59	30.26	699.80	15.56	110.62	4.60
	26.71	3.18	0.40	15.26	394.44	8.07	98.15	4.13
	88.24	4.46	0.65	17.67	526.81	7.79	176.08	3.79
	138.68	5.71	0.35	33.07	585.18	14.54	97.30	5.03

2.2 基于云模型的各养分评价

基于云模型计算版纳藤黄各土壤养分指标的特征值并绘制云图(图 1)。结合云图分布形状和离散程度可以看出,版纳藤黄土壤有机质期望值( $Ex=49.335\ 1\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )属于很高的等级,云滴凝

聚程度一般;全氮期望值属于很高的等级( $Ex=2.799\ 2\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ),云滴凝聚程度一般;全磷期望值属于低的等级( $Ex=0.466\ 0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ),云滴凝聚程度较好;全钾期望值属于低的等级( $Ex=13.678\ 5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ),云滴凝聚程度较好;水解性氮

期望值属于很高的等级( $E_x=281.744\ 8\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ),云滴凝聚程度一般;有效磷期望值属于很低的等级( $E_x=16.829\ 6\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ),云滴凝聚程度较差;有效

钾期望值属于很高的等级( $E_x=138.236\ 2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ),云滴凝聚程度较好;pH属于强酸性的等级( $E_x=4.722\ 0$ ),云滴凝聚程度一般。

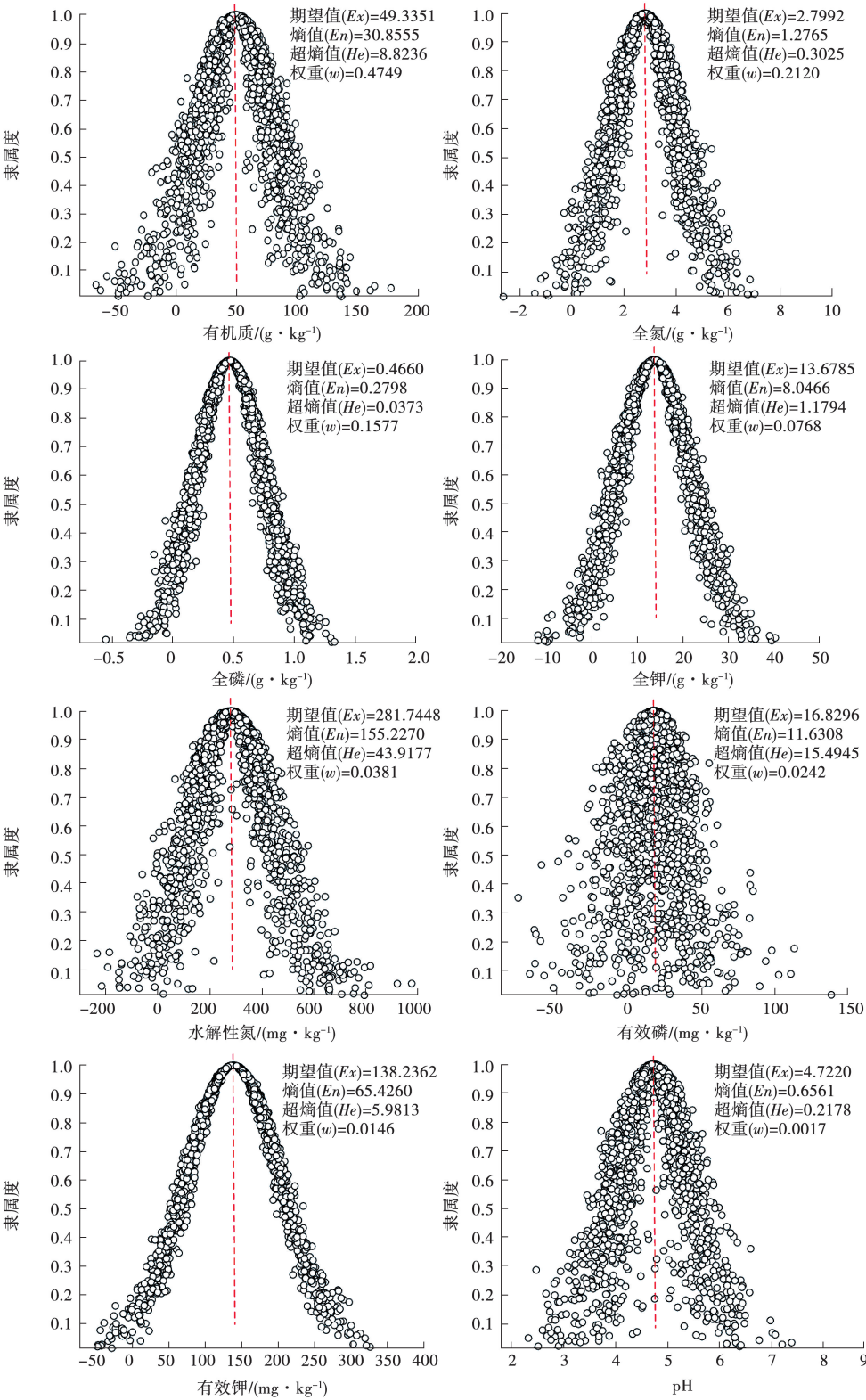


图1 版纳藤黄土样养分因子隶属云图



由图 1 可知,在 MATLAB 软件中通过主成分分析法对各养分指标进行赋权,根据赋权结果,得出各养分指标的权重比例,有机质为 0.474 9、全氮为 0.212 0、全磷为 0.157 7、全钾为 0.076 8、水解性氮为 0.038 1、有效磷为 0.024 2、有效钾为 0.014 6、pH 为 0.001 7。

结合各养分指标权重,计算出所有养分的综合云特征值,期望值( $E_x$ )为 0.398 0,熵( $En$ )为 0.145 0,超熵值( $He$ )为 0.403 2,根据土壤综合养分评价标准可知版纳藤黄的土壤养分属于低等水平,其综合隶属云图的凝聚程度较差(图 2)。

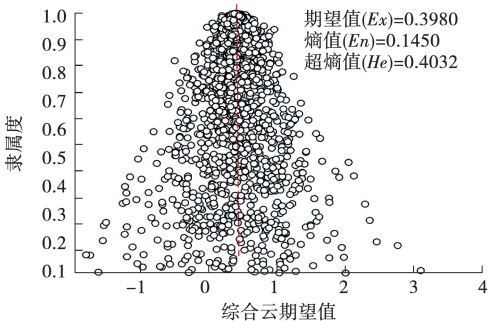


图 2 版纳藤黄测试土样的综合隶属云图

2.3 不同居群间养分差异比较

2.3.1 ANOVA 分析 经过 ANOVA 分析,发现 8 个养分指标中 TN、TP、TK、AN 在种群间存

在显著差异,OM、AP、AK、pH 在各种群间无显著差异(表 6)。

表 6 ANOVA 分析结果

指标	P 值	需多重比较
OM	0.0596 ns	否
TN	0.0010 **	是
TP	0.0007 ***	是
TK	0.0009 ***	是
AN	0.0001 **	是
AP	0.2065 ns	否
AK	0.4774 ns	否
pH	0.3200 ns	否

注:ns 表示差异不显著,\*\* 表示在  $\alpha=0.01$  水平差异显著,\*\*\* 表示在  $\alpha=0.001$  水平差异显著。

2.3.2 多重比较 由表 7 可知,对 TN、TP、TK、AN 进行种群间的多重比较,发现 TN 指标上 P5 显著高于 P3、极显著高于 P1 和 P2,且与 P4 间差异不显著,P1、P2、P3 和 P4 间差异不显著;TP 指标上 P4 极显著高于 P1、P2 和 P3,且显著高于 P5,P1、P2、P3 和 P5 间差异不显著;TK 指标上 P1 显著低于 P4,P5 显著高于 P1 和 P4,其余种群间差异不显著;AN 指标上 P5 极显著高于所有其他种群,其余种群间无显著性差异。P5 基本上和其他种群均存在显著性差异。

表 7 显著性指标种群间的多重比较结果

指标	比较组	均值差	P 值	指标	比较组	均值差	P 值
TN	P1 vs P2	0.09900	0.99952000 ns	TK	P1 vs P2	-4.60800	0.57801000 ns
	P1 vs P3	-0.35600	0.98078000 ns		P1 vs P3	-5.83300	0.65225000 ns
	P1 vs P4	-1.21270	0.25779000 ns		P1 vs P4	-13.23800	0.01993500 *
	P1 vs P5	-2.48600	0.00202370 **		P1 vs P5	-17.92300	0.00077418 ***
	P2 vs P3	-0.45500	0.94975000 ns		P2 vs P3	-1.22500	0.99814000 ns
	P2 vs P4	-1.31170	0.17419000 ns		P2 vs P4	-8.63000	0.16732000 ns
	P2 vs P5	-2.58500	0.00097942 ***		P2 vs P5	-13.31500	0.00767460 **
	P3 vs P4	-0.85667	0.74908000 ns		P3 vs P4	-7.40500	0.52020000 ns
	P3 vs P5	-2.13000	0.04400100 *		P3 vs P5	-12.09000	0.09241400 ns
	P4 vs P5	-1.27330	0.25449000 ns		P4 vs P5	-4.68500	0.74662000 ns
TP	P1 vs P2	-0.10533	0.84990000 ns	AN	P1 vs P2	4.80630	0.99998000 ns
	P1 vs P3	-0.05700	0.99441000 ns		P1 vs P3	14.48300	0.99963000 ns
	P1 vs P4	-0.70867	0.00042028 ***		P1 vs P4	-69.15500	0.81757000 ns
	P1 vs P5	-0.21950	0.36487000 ns		P1 vs P5	-346.62000	0.00026466 ***
	P2 vs P3	0.048333	0.99674000 ns		P2 vs P3	9.67670	0.99992000 ns
	P2 vs P4	-0.60333	0.00147880 **		P2 vs P4	-73.96200	0.75982000 ns
	P2 vs P5	-0.11417	0.84231000 ns		P2 vs P5	-351.43000	0.00015154 ***
	P3 vs P4	-0.65167	0.00693710 **		P3 vs P4	-83.63800	0.83419000 ns
	P3 vs P5	-0.16250	0.81281000 ns		P3 vs P5	-361.10000	0.00215860 **
	P4 vs P5	0.48917	0.01576600 *		P4 vs P5	-277.46000	0.00697450 ***

注:ns 表示差异不显著,\* 表示在  $\alpha=0.05$  水平差异显著,\*\* 表示在  $\alpha=0.01$  水平差异显著,\*\*\* 表示在  $\alpha=0.001$  水平差异显著。

### 3 讨论

版纳藤黄作为中国特有的藤黄物种,前期研究主要集中于对其化学成分的分析 and 活性的测定<sup>[4-5,26-27]</sup>,研究材料均来自西双版纳植物园迁地栽培植株,几乎无野外种群及生存环境的相关报道,可见该物种被关注程度非常低。

野外调查发现,该物种的集中分布区域往往在海拔相对较低、土壤水分条件较好的山坡谷地,该物种的分布生境面临的主要威胁与热带一些处于濒危状态的物种十分相似,主要由于经济作物扩张(如茶园、橡胶林的侵占等)。该物种野外呈零星分布,在部分区域雄株比例较高,雌株不仅数量较少、结实率低、成熟果实数量和种子数量也少,且种子为顽拗型种子。因此其相关繁殖、生物学特征以及全球气候变化等因素与该物种目前的濒危状况的关系有待深入研究。

本研究首次对版纳藤黄的野外生存土壤养分特征进行了评估,并得出其总体养分含量较低的结论。云图凝聚程度较差的养分反映出没有明显的特征,版纳藤黄对这些养分可能具有更广的适应性。同时通过单因素方差分析和种群间的多重比较,发现 TN、TP、TK、AN 在种群间存在显著差异,而 OM、AP、AK、pH 在各种群间无显著差异。通过对种群间的养分差异分析,可以确定版纳藤黄为具有独特生境或需要特殊关注的种群。P4 植株均位于靠近居民居住地附近,其生存土壤养分很可能受到人为活动的影响,结合 P4 的 TP 显著高于其他所有种群,表明该种群的生存土壤很可能受到人类活动的影响,导致磷元素的富集;P5 在 AN 指标上显著高于其他种群,差异性明显,且该种群靠近农业活动区,可能受到农业活动影响从而导致氮素的积累。因此这 2 个种群均需要在后续研究中重点关注和跟进,研究其与其他种群生存状态的差异,并分析人类活动对其生长的影响。

本研究采集土样时依据种群植株数量进行收集,这容易导致数量较少种群的分析结果受到影响,其次版纳藤黄的数量极少,也会对研究结果造成一定的影响。若后续要深入研究采集数量少的种群时,应当采集多份土样,确保有足够的样本量来消除误差的影响;其次也可以根据版纳藤黄的生存土壤特征,对具有相似土壤条件和气候条件的地点进行预测并考察,探究是否有更多未被发现的种群,进而采集更全面的土壤样品进行分析。

### 4 结论

综合上述结果,可知版纳藤黄的生存土壤养分含量较低,富含 OM、TN 及 AK,AP 含量很低,土壤呈现强酸性。TN、TP、TK、AN 在种群间存在显著差异,而 OM、AP、AK、pH 在各种群间无显著差异。对 TN、TP、TK、AN 因子进行种群间的多重比较,发现 TN 指标上 P5 显著高于 P3、极显著高于 P1 和 P2,且与 P4 间差异不显著,P1、P2、P3 和 P4 间差异不显著;TP 指标上 P4 极显著高于 P1、P2 和 P3,且显著高于 P5,P1、P2、P3 和 P5 间差异不显著;TK 指标上 P1 显著低于 P4,P5 显著高于 P1 和 P2,其余种群间差异不显著;AN 指标上 P5 极显著高于其他种群,且其余种群间无显著性差异。在后续研究中应重点关注 P4 和 P5 的生存状况,探究人类农业活动对其干扰的强度。

#### 参考文献:

- [1] 张婉旭. 中国野生植物资源保护问题探析[J]. 分子植物育种, 2023, 21(14): 4836-4841.
- [2] 王鑫,任亦钊,黄琴,等. 基于 GIS 和 Maxent 模型的赤水河地区濒危植物桫欏生境适宜性评价[J]. 生态学报, 2021, 41(15): 6123-6133.
- [3] GASTON K J. Biodiversity and extinction: the importance of being common[J]. Progress in Physical Geography: Earth and Environment, 2008, 32(1): 73-79.
- [4] HAN Q B, YANG N Y, TIAN H L, et al. Xanthones with growth inhibition against HeLa cells from *Garcinia xipshuanbannaensis*[J]. Phytochemistry, 2008, 69(11): 2187-2192.
- [5] 沈杰,杨峻山,周思祥. 版纳藤黄果实的化学成分[J]. 中国天然药物, 2006(6): 440-443.
- [6] 孙卫邦. 关于我国植物迁地保护的思考[J]. 广西植物, 2025, 45(3): 406-412.
- [7] 孙卫邦,刘德团,张品. 极小种群野生植物保护研究进展与未来工作的思考[J]. 广西植物, 2021, 41(10): 1605-1617.
- [8] 鲁兆莉,覃海宁,金效华,等.《国家重点保护野生植物名录》调整的必要性、原则和程序[J]. 生物多样性, 2021, 29(12): 1577-1582.
- [9] 宋世杰, LANDREINS. 基于云模型的濒危藤枣土壤养分评价[J]. 安徽农业科学, 2023, 51(3): 147-151.
- [10] 武银玉,杜贞,武丽君,等. 濒危植物翅果油树集中分布区土壤养分特征及差异分析[J]. 山西师范大学学报(自然科学版), 2009, 23(4): 74-78.
- [11] 郭宇峰,徐建恩,申亚梅,等. 濒危植物景宁木兰分布特征及其与生境土壤性质的关联分析[J]. 林业资源管理, 2023(1): 62-70.
- [12] 孙亚菲,柴永青. 濒危植物裸果木群落物种多样性与土壤因子的关系[J]. 草原与草坪, 2024, 44(4): 44-53.
- [13] 吴佳昊,王玉凤,胡兴华,等. 濒危植物资源冷杉根际细菌群落特征及其重要土壤影响因子分析[J]. 植物资源与环

境学报,2024,33(6):34-43.

[14] 朱华,王洪,李保贵,等.西双版纳森林植被研究[J].植物科学学报,2015,33(5):641-726.

[15] 尤勇.红河州2021年农业气象条件分析[J].农业灾害研究,2022,12(12):66-68.

[16] 国家林业局.森林土壤有机质的测定及碳氮比的计算:LY/T 1237—1999[S].北京:中国标准出版社,1999.

[17] 国家林业局.森林土壤全氮的测定:LY/T 1228—1999[S].北京:中国标准出版社,1999.

[18] 国家林业局.森林土壤全磷的测定:LY/T 1232—1999[S].北京:中国标准出版社,1999.

[19] 国家林业局.森林土壤全钾的测定:LY/T 1234—1999[S].北京:中国标准出版社,1999.

[20] 国家林业局.森林土壤有效磷的测定:LY/T 1233—1999[S].北京:中国标准出版社,1999.

[21] 国家林业局.森林土壤速效钾的测定:LY/T 1236—1999[S].北京:中国标准出版社,1999.

[22] 国家林业局.森林土壤 pH 值的测定:LY/T 1239—1999[S].北京:中国标准出版社,1999.

[23] 全国土壤普查办公室.全国第二次土壤普查暂行技术规范[M].北京:农业出版社,1979.

[24] 李德毅,刘常昱.论正态云模型的普适性[J].中国工程科学,2004,6(8):28-34.

[25] 周永林,王磊.基于云模型理论的多层次模糊综合评价法[J].计算机仿真,2016,33(12):390-395.

[26] 钟纪育,王文端,陶国达,等.中国特有植物版纳藤黄树皮的三个化学成分[J].植物学报(英文版),1986,28(5):533-537.

[27] 纳智,许又凯.版纳藤黄化学成分的研究[J].中国中药杂志,2009,34(18):2338-2342.

## Evaluation of Soil Nutrient in Original Habitat of *Garcinia xipshuanbannaensis*

LI Guanglu<sup>1,2</sup>, CHEN Zhonglin<sup>3</sup>, ZHOU Huaze<sup>3</sup>, WAN Zhenlin<sup>1</sup>, CHEN Yanjun<sup>1,5</sup>, ZENG Shihua<sup>1,2</sup>, WANG Xiaojing<sup>1</sup>, SHI Jipu<sup>1</sup>

(1. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Xishuangbanna 666109, China; 2. College of Life Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 101400, China; 3. Mengla Management and Protection Station, Yunnan Xishuangbanna National Nature Reserve, Xishuangbanna 666300, China; 4. Menglun Management and Protection Station, Yunnan Xishuangbanna National Nature Reserve, Xishuangbanna 666109, China; 5. College of Landscape Architecture and Horticulture, Southwest Forestry University, Kunming 650000, China)

**Abstract:** In order to promote the subsequent relocation protection and field return of *Garcinia xipshuanbannaensis*, based on the survival status of *G. xipshuanbannaensis*, the soil collection was carried out in its original habitat. A total of 20 soil samples were collected and eight indicators, namely, organic matter (OM), total nitrogen (TN), total phosphorus (TP), total potassium (TK), available nitrogen (AN), available phosphorus (AP), available potassium (AK), and pH, were measured, and the results of the measurements were evaluated by using the three methods of Cloud modeling, ANOVA analysis, and multiple comparisons among populations. Based on the evaluation results, it is known that the survival soil of *G. xipshuanbannaensis* was low in nutrient content, rich in OM, TN as well as AK, with a very low content of AP, and the soil was strongly acidic. ANOVA analysis revealed that TN, TP, TK and AN were significantly different among populations, while OM, AP, AK and pH were not significantly different among populations. Multiple comparisons among populations for TN, TP, TK, and AN factors revealed that P5 was significantly higher than P3, highly significantly higher than P1 and P2, and the difference with P4 was not significant, and the difference among P1, P2, P3, and P4 was not significant. P4 was highly significantly higher than P1, P2, and P3, and significantly higher than P5, and the difference among P1, P2, P3, and P5 was not significant on the TP index. On the TK index, P1 was significantly lower than P4, P5 was significantly higher than P1 and P2, and the rest of the differences between populations were not significant. P5 was extremely significant higher than the other populations, and the rest of the populations did not differ significantly from each other on the AN index. P5 is basically significantly different from all other populations, and the survival of P5 should be emphasized in subsequent studies, while the intensity of P4's disturbance by agricultural activities also needs to be tested.

**Keywords:** *Garcinia xipshuanbannaensis*; original habitat; soil nutrients; Cloud model