

赤水河上游主要树种叶片与枝条持水性能

喻阳华^{1,2}, 李光容¹, 皮发剑³, 严令斌¹, 喻理飞³, 黄宗胜¹

(1. 贵州大学 林学院, 贵阳 550025; 2. 仁怀市环境保护局, 贵州 仁怀 564500; 3. 贵州大学 生命科学学院, 贵阳 550025)

摘 要:以赤水河上游 32 个树种为对象, 采用吸水法和自然失水法测定叶片和枝条的持水能力。结果表明: 叶片最大持水倍数为 0.33~1.59, 表面被毛的叶片持水能力相对较强。枝条的最大持水率多小于自然含水率, 说明单位质量枝条的持水能力较叶片低。叶片和枝条均表现为持水速率大于失水速率, 二者与时间的关系可用幂函数模型较好地表达。通过叶片最大持水倍数可推导出持水速率与时间的关系式, 但不能推导出失水速率与时间的关系式。叶片质地、粗糙度、绒毛、最大持水倍数、持水曲线常数项是决定其持水能力差异的主要因素, 通过 RDA 排序可将 32 个树种的叶片划分为低持水、中低持水、中持水和高持水 4 类功能群。上述研究结果可用于赤水河上游水源涵养林树种选择及森林结构配置。

关键词:叶片; 枝条; 持水; 失水; 功能群; 赤水河上游

中图分类号: S715.7

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2016)02-0171-06

Water Holding Capacities of Leaves and Branches in the Upper Reaches of Chishui River

YU Yanghua^{1,2}, LI Guangrong¹, PI Fajian³, YAN Lingbin¹, YU Lifei³, HUANG Zongsheng¹

(1. College of Forestry, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. Renhuai Environmental Protection Agency, Renhuai, Guizhou 564500, China; 3. College of Life Science, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: Taking the 32 plants in the upper reaches of Chishui River as the examples of the research, we measured the water-holding capacity of the leaves and branches by using absorption method and natural loss method. The results showed that the maximum water-holding ratio of leaves ranged from 0.33 to 1.59, the water holding capacity of leaf surface coat was relatively strong. The maximum water-holding ratio was lower than the natural water-holding ratio, which means that the water-holding capacity of unit mass of branches was lower than the leaves. The water-holding ratio of leaves and branches was higher than the water loss ratio, and the relationship between water holding ratio, water loss ratio and the time can be described by power function model. We can deduce the relationship between water-holding ratio of the leaves and the time based on the maximum water-holding ratio, but we cannot deduce the relationship between the water loss ratio and the time. Leaf texture, roughness, villous, the maximum water holding ratio, water retention curves of constant items were the key factors on water holding capacity. The 32 plants in this area can be divided into 4 types of holding functional groups such as the low water holding, medium-low water holding, medium water holding and high water holding using RDA ordination. The research can make the contribution to the species selection of conservation forests and the forest structure configuration in the upper reaches of Chishui River.

Keywords: leaves; branches; water holding; water loss; functional group; upper reaches of Chishui River

赤水河是长江中上游保持原生态状况的河流, 国酒茅台主产区位于流域中下游, 中上游区是重要水源涵养区, 森林植被优劣状况影响着下游河流生态系统^[1], 对区域环境安全及生态平衡具有重要意义, 并

发挥着生物多样性、水源涵养和水土保持功能。赤水河上游植物吸持水分和延缓径流的能力对流域森林植被涵养水源功能, 尤其是国酒茅台生产用水安全具有重要意义。目前, 对植物持水能力的研究对象主要

集中在枯落物层^[2]、土壤层^[3]和林冠层^[4-5]三大部分,而林冠层则多研究其截留特征^[6];研究方法上主要采用简易吸水法,未结合其失水特征考察水分调蓄功能。植物叶片和枝条作为树冠的重要构件,在树冠吸持、截留降雨过程中发挥着显著贡献^[7-8],也是植物耐旱性的重要构件^[9]。但是,对叶片和枝条持水能力的公开报道较为鲜见^[10]。因此,本文以赤水河上游 32 个主要树种为研究对象,从物种与功能群两个尺度考察其吸持水分的能力,主要回答如下 3 个问题:(1) 各树种叶片和枝条的持水能力有多大;(2) 各树种叶片和枝条的持水过程与失水过程特征;(3) 叶片持水的功能群组合,旨在为该区水源涵养林树种选择和结构配置提供理论参考依据。

1 研究地区和研究方法

1.1 研究区概况

研究区设在位于赤水河上游茅台水源功能区内的仁怀市茅台镇(106°18'53"E, 27°47'42"N),距国酒茅台生产区一期约 6 km、二期约 0.3 km,其植被状况的优劣直接影响下游河流生态系统和茅台酒等酱香型白酒的产量和品质。该区属川黔湘鄂山地丘陵立地区的西部立地亚区,为亚热带季风湿润气候,多年平均气温为 15℃,≥10℃的年积温为 5 000~5 500℃,年日照时数 1 400 h,无霜期约 340 d,年均降水量>1 000 mm,土壤类型有石灰土、黄壤、紫色土等^[11]。由于社会经济的不断发展和人口规模的迅速增加,区域植被曾遭人为大面积砍伐,现存主要植被类型有暖性针叶林、常绿落叶林、常绿落叶阔叶混交林和灌木林等,丝栗栲林(*ASS. Castanopsis fargesii*)为演替顶极群落。

1.2 研究方法

(1) 样品采集。根据《中国植被》^[12]、《贵州植被》^[13]及前人研究成果^[14],确定该区域的乡土树种与地带性植物,结合实际调查,在乡土树种与地带性植物中选取如下树种作为研究对象:杨树(*Populus trinervis*)、盐肤木(*Rhus chinensis*)、杨梅(*Myricaceae rubra*)、丝栗栲(*Castanopsis fargesii*)、黄连木(*Pistacia chinensis*)、枇杷(*Eriobotrya bengalensis*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、南天竹(*Nandina domestica*)、构树(*Broussonetia papyifera*)、金佛山荚蒾(*Viburnum chinshanense*)、李(*Prunus nalicina*)、撑绿竹(*Bambusa pervariabilis*)、茶(*Camellia sinensis*)、枫香(*Liquidamba formosana*)、白栎(*Quercus aliena*)、柏木(*Cupressus funebris*)、梧桐(*Platanus acerifolia*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、欆木(*Loropetalum chinense*)、火棘(*Pyracantha fortuneana*)、乌桕(*Sapium sebiferum*)、山胡椒(*Lindera glauca*)、慈竹

(*Neosinocalamus affinis*)、马桑(*Coriaria nepalensis*)、柑橘(*Citrus reticulata*)、黄荆(*Vitex negundo*)、油桐(*Vernicia fordii*)、毛桐(*Mallotus barbatus*)、南酸枣(*Choerospondias axillaria*)、楝树(*Melia azedarach*)、香椿(*Toona sinensis*)、油茶(*Camellia oleifera*),共计 32 种。于 2014 年 7 月植物生长旺期取样,叶片装入尼龙网袋,低温冷藏保存带回实验室后立即进行持水性能测定。

(2) 叶片持水与失水特征的测定。将新鲜叶片完全浸入清洁自来水中,分别于 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24 h 取出,待重力水滴净后称取持水质量,计算持水速率。持水 24 h 后取出,置于室内悬挂,待其自然失水,分别于 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24 h 称取失水质量,计算失水速率。试验设置 3 个平行。

(3) 枝条持水与失水特征的测定。将烘干至恒质量的枝条完全浸入清洁自来水中,分别于 0.5, 1, 2, 4, 8, 12, 24 h 取出,待重力水滴净后称取枝条持水质量,计算持水速率。持水 24 h 后取出,置于室内待其自然失水,分别于 0.5, 1, 2, 4, 8, 12, 24 h 后称取失水质量,计算失水速率(因枝条持水与失水速率变化较慢,因而设定的时间间隔较叶片长)。自然含水率=(鲜重-干重)/鲜重。试验设置 5 个平行。

(4) 叶片持水功能群划分。选取叶片的持水性能指标,包括叶片最大持水倍数、质地、绒毛、粗糙度、持水及失水曲线的常数项和指数项来划分叶片持水功能群。其中:通过咨询专家,质地、绒毛和粗糙度用分级或分类数值予以量化(质地:纸质计为 1,革质计为 2;绒毛:无毛计为 1,一面有毛计为 2,两面有毛计为 3;粗糙度包括粗糙、一般和光滑三个等级,分别计为 1, 2, 3)。鉴于去趋势对应分析(DCA)其排序轴反映了物种变化的程度,用 DCA 估计排序轴长度梯度(LGA)比较适宜。理论上讲, $LGA < 2.5$ 适合线性排序方法, $LGA > 2.5$ 适合非线性排序方法^[15]。通过初步对数据文件进行 DCA 分析, $LGA < 2.5$,表明采用线性响应模型分析(RDA)比较适宜,它是在特定的梯度(排序轴)上探讨物种的变化情况,是解释物种组成数据与实测指标因子之间关系的方法,排序轴是参与排序的指标因子的线性组合,响应变量对解释变量的影响集中于几个合成的排序轴上。建立物种—因子矩阵后,通过排序各物种在空间的分布和相关性,分析叶片的持水性能。

(5) 数据处理。平均值计算用算术法,数据标准化预处理用归一化方法,均由 Excel 2003 完成;持水速率、失水速率与时间的拟合关系用回归分析方法,由 SPSS 20.0 软件完成;指标之间的相关性采用

Pearson 相关系数法,拟合关系用回归分析方法($p<0.05$ 视为差异达显著水平, $p<0.01$ 视为差异达极显著水平);排序是在判断排序轴梯度长度的基础上,采用冗余分析(Redundancy analysis,RDA)进行,由 Canoco for Windows 4.5 软件完成;图片处理采用修正法和填充法,由 Photoshop 和 Microsoft Office Visio 2003 软件共同完成。

2 结果与分析

2.1 叶片持水与失水动态特征

由表 1 可知,赤水河上游 32 个树种叶片的最大

持水倍数为 0.33~1.59,毛桐最大、柏木最小,表面被毛的叶片持水能力相对较强。叶片持水速率大于失水速率,回归分析结果显示持水速率、失水速率与时间的关系均为显著的幂函数模型,且随着时间的推移持水速率和失水速率均逐渐降低,原因可能是伴随着树叶持水接近饱和,有效贮存空间减小,使其吸持水分的能力减弱。上述分析表明叶片具有吸持水分的能力,这一作用可以使其减缓降雨动能,对降雨进行截留和分配,在森林水文发挥着重要作用。此外,在干旱少雨的地区,选择叶表被毛的树种,对提高抗旱能力和适应功能具有重要作用。

表 1 叶片持水与失水动态变化特征

树种	最大持水倍数	持水速率(V)与时间(t)			失水速率(V)与时间(t)		
		关系式	R ²	P	关系式	R ²	P
杨树	1.02	$V=869.09t^{-0.97}$	0.984	0.000	$V=336.91t^{-0.84}$	0.957	0.000
盐肤木	1.02	$V=537.60t^{-0.82}$	0.987	0.000	$V=330.86t^{-0.86}$	0.982	0.000
杨梅	0.55	$V=486.81t^{-0.95}$	0.990	0.000	$V=145.87t^{-0.75}$	0.943	0.000
丝栗栲	0.76	$V=751.88t^{-0.97}$	0.996	0.000	$V=132.78t^{-0.67}$	0.904	0.000
黄连木	0.93	$V=661.53t^{-0.92}$	0.969	0.000	$V=413.02t^{-0.86}$	0.928	0.000
枇杷	0.99	$V=822.84t^{-0.91}$	0.994	0.000	$V=167.33t^{-0.78}$	0.943	0.000
杉木	0.43	$V=336.28t^{-0.93}$	0.994	0.000	$V=141.42t^{-0.83}$	0.985	0.000
南天竹	0.72	$V=712.71t^{-0.99}$	0.993	0.000	$V=262.38t^{-0.79}$	0.987	0.000
构树	1.06	$V=804.24t^{-0.90}$	0.988	0.000	$V=297.22t^{-0.74}$	0.891	0.000
茱萸	1.27	$V=924.59t^{-0.87}$	0.984	0.000	$V=318.48t^{-0.87}$	0.972	0.000
李	0.43	$V=581.42t^{-1.03}$	0.987	0.000	$V=94.40t^{-0.65}$	0.835	0.000
撑绿竹	0.68	$V=632.00t^{-0.93}$	0.983	0.000	$V=148.33t^{-0.67}$	0.927	0.000
茶	0.51	$V=427.49t^{-0.92}$	0.992	0.000	$V=205.24t^{-0.82}$	0.987	0.000
枫香	0.85	$V=752.88t^{-0.98}$	0.995	0.000	$V=267.77t^{-0.80}$	0.919	0.000
白栎	0.82	$V=684.56t^{-0.96}$	0.981	0.000	$V=334.06t^{-0.84}$	0.914	0.000
柏木	0.33	$V=357.09t^{-1.01}$	0.977	0.000	$V=62.86t^{-0.61}$	0.768	0.000
梧桐	0.94	$V=741.26t^{-0.91}$	0.989	0.000	$V=293.84t^{-0.82}$	0.977	0.000
马尾松	0.39	$V=335.60t^{-0.99}$	0.978	0.000	$V=159.48t^{-0.81}$	0.975	0.000
欆木	1.06	$V=734.29t^{-0.93}$	0.989	0.000	$V=434.14t^{-0.84}$	0.988	0.000
火棘	0.48	$V=526.30t^{-0.99}$	0.980	0.000	$V=126.12t^{-0.72}$	0.838	0.000
乌桕	0.48	$V=456.26t^{-0.97}$	0.986	0.000	$V=146.83t^{-0.79}$	0.931	0.000
山胡椒	1.37	$V=1115.59t^{-0.90}$	0.993	0.000	$V=384.51t^{-0.74}$	0.960	0.000
慈竹	0.68	$V=651.32t^{-0.99}$	0.993	0.000	$V=269.63t^{-0.83}$	0.980	0.000
马桑	0.45	$V=448.46t^{-0.97}$	0.990	0.000	$V=113.71t^{-0.71}$	0.905	0.000
柑橘	0.46	$V=439.37t^{-0.96}$	0.986	0.000	$V=142.83t^{-0.76}$	0.968	0.000
黄荆	0.76	$V=755.65t^{-0.99}$	0.980	0.000	$V=230.76t^{-0.75}$	0.902	0.000
油桐	0.57	$V=623.94t^{-0.97}$	0.987	0.000	$V=101.03t^{-0.63}$	0.817	0.000
毛桐	1.59	$V=1282.54t^{-0.90}$	0.981	0.000	$V=241.77t^{-0.66}$	0.920	0.000
南酸枣	1.23	$V=862.63t^{-0.93}$	0.996	0.000	$V=611.41t^{-0.88}$	0.994	0.000
楝树	1.21	$V=854.45t^{-0.91}$	0.996	0.000	$V=572.35t^{-0.89}$	0.995	0.000
香椿	0.90	$V=693.72t^{-0.95}$	0.985	0.000	$V=422.30t^{-0.86}$	0.998	0.000
油茶	0.44	$V=405.24t^{-0.94}$	0.964	0.000	$V=140.08t^{-0.81}$	0.901	0.000

2.2 枝条持水与失水动态特征

由表 2 可知,枝条的持水速率和失水速率与叶片相比,总体表现为持水慢、失水慢的特征。32 个树种

中,有 25 个树种的枝条自然含水率大于最大持水率(占总树种的 78.12%),表明单位质量的枝条持水潜力和能力均处于较低水平。回归分析表明,枝条持水

速率、失水速率与时间的关系式都为幂函数模型。由于枝条持水速率和失水速率均较叶片小,单位质量的枝条持水量也较叶片低,因此下文重点讨论叶片的持水能力。

但是,本文评价的标准是叶片和枝条单位质量的持水性能,由于枝条单位投影面积的生物量可能较叶片要高,因而单位投影面积上枝条和叶片的持水性能高低有待继续深入研究。

表 2 枝条持水与失水动态变化特征

树种	自然含水率/%	最大持水率/%	持水速率(V)与时间(t)			失水速率(V)与时间(t)		
			关系式	R ²	P	关系式	R ²	P
杨树	63.56	40.10	$V=170.65t^{-0.78}$	0.964	0.000	$V=27.20t^{-0.59}$	0.780	0.000
盐肤木	48.77	37.16	$V=115.31t^{-0.66}$	0.963	0.000	$V=40.61t^{-0.55}$	0.874	0.000
杨梅	50.54	26.02	$V=105.74t^{-0.73}$	0.990	0.000	$V=20.48t^{-0.48}$	0.854	0.000
丝栗栲	58.89	45.97	$V=160.09t^{-0.66}$	0.833	0.000	$V=17.38t^{-0.21}$	0.288	0.000
黄连木	43.89	32.26	$V=118.84t^{-0.68}$	0.886	0.000	$V=23.49t^{-0.58}$	0.870	0.000
枇杷	43.62	44.42	$V=125.37t^{-0.58}$	0.956	0.000	$V=17.77t^{-0.37}$	0.844	0.000
杉木	55.71	28.27	$V=146.26t^{-0.81}$	0.987	0.000	$V=24.20t^{-0.32}$	0.724	0.000
南天竹	51.14	55.59	$V=269.77t^{-0.80}$	0.995	0.000	$V=13.99t^{-0.28}$	0.372	0.000
构树	47.56	35.93	$V=138.78t^{-0.73}$	0.866	0.000	$V=32.51t^{-0.55}$	0.543	0.000
莢蒾	46.41	30.31	$V=78.03t^{-0.63}$	0.942	0.000	$V=27.57t^{-0.47}$	0.753	0.000
李	36.21	38.16	$V=146.92t^{-0.69}$	0.963	0.000	$V=24.25t^{-0.39}$	0.722	0.000
撑绿竹	46.77	63.56	$V=185.41t^{-0.66}$	0.806	0.000	$V=18.16t^{-0.54}$	0.389	0.000
茶	53.89	42.77	$V=221.49t^{-0.83}$	0.963	0.000	$V=10.18t^{-0.51}$	0.673	0.000
枫香	56.83	20.91	$V=73.28t^{-0.69}$	0.944	0.000	$V=22.66t^{-0.51}$	0.840	0.000
白栎	42.67	17.56	$V=64.67t^{-0.71}$	0.962	0.000	$V=14.39t^{-0.51}$	0.924	0.000
柏木	54.28	29.06	$V=166.80t^{-0.84}$	0.992	0.000	$V=15.21t^{-0.30}$	0.686	0.000
梧桐	53.06	37.47	$V=117.13t^{-0.67}$	0.867	0.000	$V=10.94t^{-0.37}$	0.795	0.000
马尾松	57.57	21.05	$V=95.97t^{-0.77}$	0.988	0.000	$V=22.63t^{-0.52}$	0.957	0.000
欆木	40.55	54.99	$V=289.16t^{-0.82}$	0.951	0.000	$V=31.66t^{-0.37}$	0.693	0.000
火棘	48.03	20.35	$V=90.87t^{-0.78}$	0.960	0.000	$V=23.04t^{-0.48}$	0.812	0.000
乌柏	53.78	30.45	$V=87.29t^{-0.62}$	0.968	0.000	$V=19.39t^{-0.49}$	0.892	0.000
山胡椒	46.73	30.07	$V=146.38t^{-0.79}$	0.947	0.000	$V=8.89t^{-0.43}$	0.624	0.000
慈竹	31.30	52.74	$V=246.55t^{-0.78}$	0.979	0.000	$V=36.52t^{-0.48}$	0.789	0.000
马桑	64.18	52.39	$V=233.39t^{-0.76}$	0.887	0.000	$V=21.80t^{-0.25}$	0.686	0.000
柑橘	37.24	24.57	$V=123.10t^{-0.77}$	0.975	0.000	$V=10.83t^{-0.58}$	0.850	0.000
黄荆	47.25	44.27	$V=159.11t^{-0.68}$	0.993	0.000	$V=37.72t^{-0.34}$	0.570	0.000
油桐	56.84	39.34	$V=187.97t^{-0.79}$	0.965	0.000	$V=10.95t^{-0.57}$	0.866	0.000
毛桐	53.72	32.35	$V=160.16t^{-0.80}$	0.980	0.000	$V=25.82t^{-0.79}$	0.522	0.000
南酸枣	51.78	50.56	$V=177.67t^{-0.67}$	0.967	0.000	$V=24.27t^{-0.44}$	0.414	0.000
棟树	43.33	36.42	$V=157.27t^{-0.74}$	0.976	0.000	$V=18.92t^{-0.61}$	0.966	0.000
香椿	53.38	21.16	$V=74.76t^{-0.74}$	0.868	0.000	$V=28.19t^{-0.72}$	0.778	0.000
油茶	44.93	50.80	$V=261.11t^{-0.81}$	0.996	0.000	$V=29.42t^{-0.45}$	0.903	0.000

2.3 叶片持水性能之间的关系

图 1a 是通过测定 32 个树种叶片的最大持水倍数,并与相应的持水曲线常数项进行回归分析,可见 2 者之间呈现出极显著的二次函数关系,且持水曲线常数项随着持水倍数的增加而增加;图 1b 表明,植物叶片的最大持水倍数与持水曲线指数项之间表现为极显著的二次函数关系,同时持水曲线指数项随着持水量的增加呈增加趋势。结合图 1a、图 1b 可知,通过最大持水倍数可以推导出叶片持水速率与时间的关系式,表明叶片最大持

水能力与持水动态变化特征之间具有相互影响的效应。图 1c 表明,根据测定的结果,建立 32 种植物叶片最大持水倍数与失水曲线常数项的回归分析可以看出,最大持水倍数与失水曲线常数项呈极显著的二次函数关系,因此可以用最大持水倍数推导出失水曲线常数项。但是,由于最大持水倍数与失水曲线指数项之间没有明显的函数关系($p>0.05$),因此不能够通过最大持水倍数推导出叶片失水速率与时间之间动态变化的关系式。

2.4 影响叶片持水能力的因素

本文以行为(吸持水分)和特性(叶片特征)等指标,采用 RDA 排序对叶片持水能力进行分析,箭头所处的象限表示指标因子与排序轴之间相关性的正负。各因子中,叶片质地、粗糙度和失水曲线指数项与横轴呈负相关关系,失水曲线常数项、持水曲线常数项、持水曲线指数项、最大持水倍数、绒毛与横轴呈正相关关系。叶片粗糙度、失水曲线指数项与纵轴呈负相关关系,叶片质地、失水曲线常数项、持水曲线常数项、持水曲线指数项、最大持水倍数、绒毛与纵轴呈正相关关系。图 2 中箭头连线的长短表示叶片持水能力与指标因子相关性的 大小,通过因子的箭头长短可以看出叶片质地、粗糙度、绒毛、最大持水倍数、持水曲线常数项等是决定植物叶片持水能力差异的主要因素,失水曲线指数项的箭头长度最短,说明它们对持水能力的影响最小。研究结果表明将叶片特征作为持水能力评定的指标具有重要的理论和实践指导意义。因而,在选择水源涵养林树种时,叶片特征可以作为重要的指标因子。

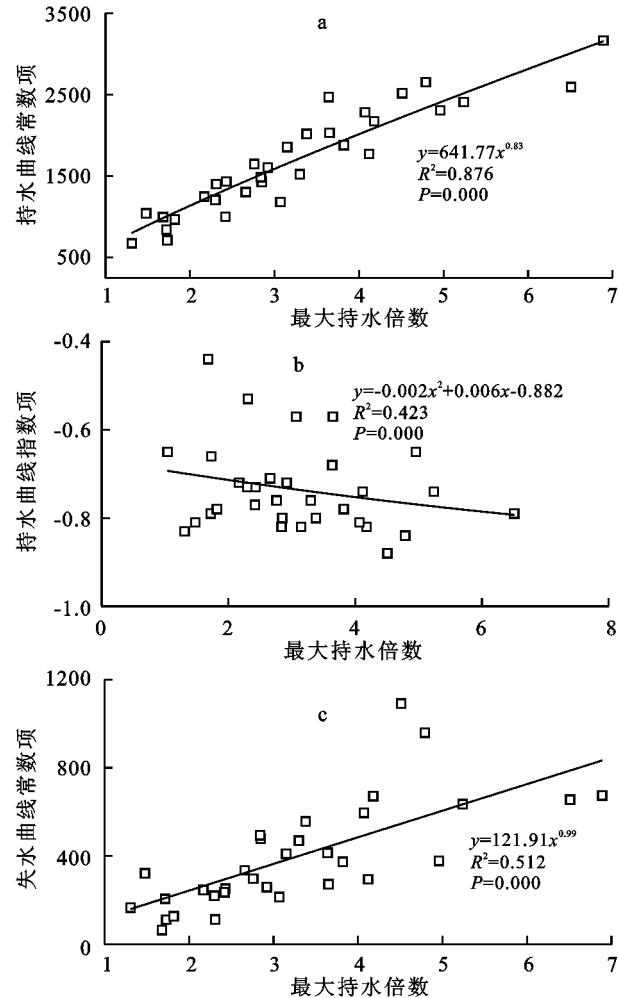
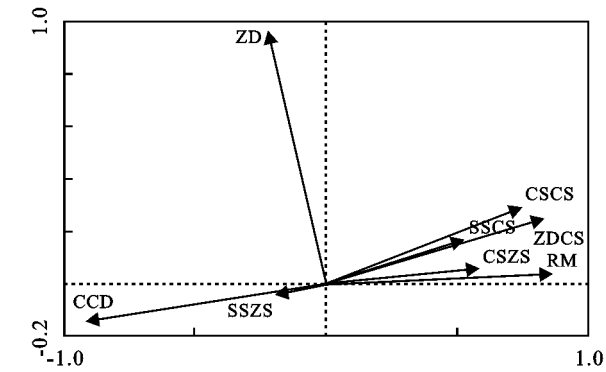


图 1 叶片最大持水倍数与持水曲线常数项、持水曲线指数项和失水曲线常数项的回归关系



注:图中 ZD 为叶质地,CCD 为粗糙度,RM 为绒毛,ZDCS 为最大持水倍数,CSCS 为持水常数项,CSZS 为持水指数项,SSCS 为失水常数项,SSZS 为失水指数项。

图 2 基于冗余分析的变量影响程度

2.5 叶片持水功能群

RDA 排序图(图 3)较好地反映了各功能群在空间的分布关系,根据叶片持水功能特性可将赤水河上游 32 个树种划分为 4 类持水功能群。各植物持水功能群的基本特征如下:

功能群 FG I 为中低持水功能群,包括黄连木、南天竹、李、马尾松、火棘、柑橘和油茶,主要受到叶片粗糙度的影响。这一类功能群的特征为:除马尾松为针叶树种外,其余树种均为长椭圆叶,叶表无毛,叶片不粗糙,持水能力较差,多为常绿树种。

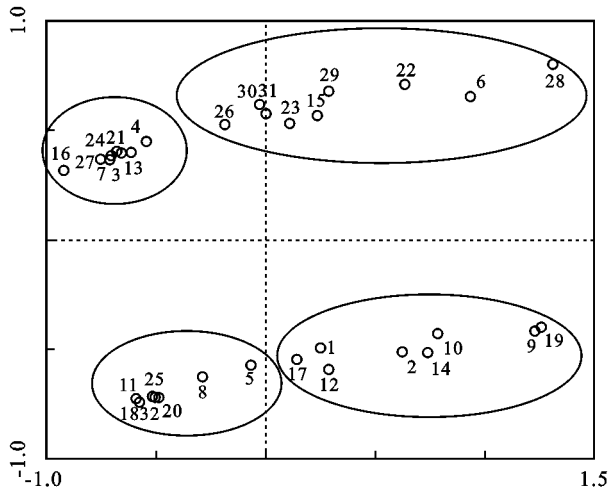
功能群 FG II 为高持水功能群,包括杨树、盐肤木、构树、金佛山莢蒾、撑绿竹、枫香、梧桐和欆木,主要受到叶片绒毛和持水速率的影响。这一类功能群的特征为:叶宽卵形或椭圆形,顶端渐尖或骤尖,基圆形至近心形,边缘有尖锯齿,叶片长宽比接近于 1,表面疏生绒毛,叶片持水能力较强,在研究区内的石灰土区和酸性黄壤区均有分布。

功能群 FG III 为低持水功能群,包括杨梅、丝栗栲、杉木、茶、柏木、乌桕、马桑和油桐,多为常绿树种,叶片持水性能主要受到其粗糙度和质地的共同影响。这一类功能群的特征为:持水能力处于低等水平,尤其是杉木和柏木因其叶片呈针形且叶表无毛而导致叶片持水能力更低。

功能群 FG IV 为中持水功能群,包括枇杷、白栎、山胡椒、慈竹、黄荆、毛桐、棟树和南酸枣,持水量主要受到叶片质地、绒毛和持水速率的影响。这一类功能群的特征为:多为落叶树种,除白栎为酸性黄壤地貌的优势树种外,其余均分布在石灰土区,叶片持水能力处于中等水平。

各功能群内树种的特征和属性较为近似,他们对环境的响应相似,是一类在生态系统过程中有相似作用的树种组合,表明持水功能群的划分对于研究和预

测叶片持水功能提供了一种实效性的评价方法。以植物持水功能群作为研究单位,可以为赤水河上游复杂的生态过程和生态系统功能研究提供一条有效而实用的途径。划分出来的4类持水功能群,能够体现物种随叶片特征和持水性能的变化规律和趋势,还反映了叶片在水文生态功能中所处的地位,能够帮助揭示和解释物种对水文生态系统过程影响的机理,并且实现对冗余种的检测和筛选,简化树种选择,辅助森林水源涵养功能的结构配置和调整。



注:图中1为杨树,2为盐肤木,3为杨梅,4为丝栗栲,5为黄连木,6为枇杷,7为杉木,8为南天竹,9为构树,10为金佛山莢蒾,11为李,12为撑绿竹,13为茶,14为枫香,15为白栎,16为柏木,17为梧桐,18为马尾松,19为榿木,20为火棘,21为乌桕,22为山胡椒,23为慈竹,24为马桑,25为柑橘,26为黄荆,27为油桐,28为毛桐,29为南酸枣,30为楸树,31为香椿,32为油茶。

图3 物种随变量变化的 RDA 排序图

3 结论

(1) 32个树种叶片的最大持水倍数为0.33~1.59,持水能力差异较大,表面被毛的叶片持水能力更强;枝条吸持水分表现为持水慢、失水也慢的特征,枝条自然含水率多大于最大持水率,表明单位质量的枝条在自然状态下持水量较低;叶片、枝条的持水速率均大于失水速率,二者都与时间呈现出显著的幂函数关系,且随着时间的推移持水速率和失水速率均逐渐趋缓。

(2) 叶片最大持水倍数与持水曲线常数项和指数项均呈极显著的二次函数关系,说明可以通过叶片最大持水倍数推导叶片持水速率与时间的动态变化曲线;叶片最大持水倍数与失水曲线常数项呈明显的二次函数关系,但与失水曲线指数项之间无显著的相关关系($p>0.05$),因而不能通过最大持水倍数推导叶片失水速率与时间的动态变化曲线。

(3) 叶片质地、粗糙度、绒毛、最大持水倍数、持

水曲线常数项等是决定赤水河上游植物叶片持水性能差异的主要因素,而失水曲线指数项的影响最小;通过 RDA 排序可以将 32 个树种的叶片划分为 4 类持水功能群,持水功能群 FG I 为中低持水功能群,包括黄连木、南天竹、李、马尾松、火棘、柑橘和油茶;持水功能群 FG II 为高持水功能群,包括杨树、盐肤木、构树、金佛山莢蒾、撑绿竹、枫香、梧桐和榿木;持水功能群 FG III 为低持水功能群,包括杨梅、丝栗栲、杉木、茶、柏木、乌桕、马桑和油桐;持水功能群 FG IV 为中持水功能群,包括枇杷、白栎、山胡椒、慈竹、黄荆、毛桐、楸树和南酸枣。

参考文献:

- [1] 贵州省环境保护局. 赤水河上游生态功能保护区规划说明书(贵州境内)[R]. 贵阳:贵州省环境保护局,2006.
- [2] 刘敏,吴得荣,张向峰. 三种水保树种枯落物保水功能[J]. 水土保持研究,2014,21(1):81-84.
- [3] 石媛,鲁绍伟,陈波,等. 河北雾灵山不同密度油松人工林枯落物及土壤水文效应[J]. 水土保持学报,2014,28(3):92-97.
- [4] 彭焕华,赵传燕,许仲林,等. 祁连山青海云杉林冠层持水能力[J]. 应用生态学报,2011,22(9):2233-2239.
- [5] 张焜,张洪江,程金华,等. 重庆四面山三种人工林林冠截留效应研究[J]. 水土保持研究,2011,18(1):201-203.
- [6] 孙庆艳,余新晓,杨新兵,等. 密云水库集水区防护林不同树种林冠截留研究[J]. 中国水土保持科学,2009,7(3):73-78.
- [7] 何明珠,王辉,陈智平. 荒漠植物的持水能力研究[J]. 中国沙漠,2006,26(3):403-408.
- [8] 杨跃军,孙向阳,王保平,等. 泡桐叶片的水分特征研究[J]. 北京林业大学学报,1999,21(6):28-34.
- [9] 王孟本,李洪建,柴宝峰. 晋西北小叶杨林水分生态的研究[J]. 生态学报,1996,16(3):232-237.
- [10] 白岗栓,沙磊,李晶晶,等. 陕北黄土丘陵沟壑区苹果叶片的吸水能力[J]. 水土保持通报,2013,33(5):92-95.
- [11] 肖卫平,喻理飞. 贵州茅台水源功能区植物叶片形态与持水特征及其功能群划分[J]. 植物研究,2012,32(5):596-602.
- [12] 中国植被编辑委员会. 中国植被[M]. 北京:中国科学技术出版社,1980.
- [13] 黄威廉,屠玉麟,杨龙. 贵州植被[M]. 贵阳:贵州人民出版社,1988.
- [14] 肖卫平. 茅台水源功能区植物群落地上结构持水功能评价研究[D]. 贵阳:贵州大学,2012.
- [15] 张志东,臧润国. 海南岛霸王岭热带天然林景观中木本植物功能型分布的影响因素[J]. 植物生态学报,2007,31(6):1092-1102.