



李小永,周玮,赵晴,等.黔中喀斯特水源涵养区不同植被类型土壤水分特征研究[J].黑龙江农业科学,2023(8):87-93.

黔中喀斯特水源涵养区不同植被类型 土壤水分特征研究

李小永¹,周 玮²,赵 晴²,田小琴³

(1. 贵州省林业调查研究院,贵州 贵阳 550001; 2. 贵州民族大学 生态环境工程学院,贵州 贵阳 550025; 3. 贵州省核桃研究所,贵州 贵阳 550000)

摘要:土壤水分是喀斯特地区植被恢复的主要限制因素之一。为促进喀斯特地区生态修复,通过对花溪水库石灰岩区 3 种主要植被类型土壤水分特性、土壤孔隙状况及土壤碳、氮、磷含量研究,分析植被类型及土壤性质对土壤水分的影响。结果表明,表层土壤含水量表现为灌丛>竹林>草地,20~40 cm 土层则表现为灌丛>草地>竹林。表层土壤灌丛总孔隙度较大,高于 58%,草地总孔隙度较低,竹林居中。竹林中渗透系数较高,显著高于灌丛及草地,蓄水能力表现为灌丛>草地>竹林,水分较多地储存于 20~40 cm 土层中。相关性分析表明,土壤容重和孔隙状况与土壤蓄持水能力极显著相关,毛管持水量和渗透系数与土壤含水量极显著相关。土壤有机碳含量与土壤容重、总孔隙度、毛管孔隙、毛管持水量、排水能力及渗透系数存在显著或极显著相关关系。因此,喀斯特地区植被类型及土壤性质会影响土壤水分有效性及蓄、持水能力,从而影响植物生长。在今后对喀斯特地区土壤水分特性的研究中应着重关注地形及气候对当地水分的影响。

关键词:土壤水分;土壤性质;植被类型;喀斯特

土壤水分是喀斯特生态系统结构、功能及多样性的主要控制因子^[1],决定着生态系统修复与稳定,是石漠化治理的关键^[2]。研究表明,不同植

被群落的土壤水分有季节和空间差异,植被类型是其分布差异的主要影响因素之一^[3-5]。李春茂等^[6]对喀斯特区不同土地利用方式下土壤水分含量的研究发现,坡上未扰动的自然植被区明显高于坡下人为改造区;徐慧芳等^[7]研究发现,喀斯特峰丛洼地土壤含水量均较高。武泽宇等^[8]研究了喀斯特白云岩坡地旱季不同植被类型土壤水分空间变异性,表明植被类型、坡位、土壤密度和孔隙度可能是影响土壤水分含量分布的重要因子。土壤水分变化与植被类型密切相关,充足的土壤水

收稿日期:2023-03-31

基金项目:贵州省科技厅基础研究项目(黔科合基础[2018]1072);贵州省教育厅成长人才项目(黔教合 KY 字[2018]136)。

第一作者:李小永(1987—),男,硕士,高级工程师,从事森林土壤、防火及林业调查规划研究。E-mail:270291712@qq.com。

通信作者:周玮(1982—),女,博士,副教授,从事森林土壤和土壤营养研究。E-mail:605466767@qq.com。

Abstract: In order to promote the cutting propagation and efficient cultivation of *Artemisia selengensis* Turcz., the effects of different concentrations of indolebutyric acid (100, 500, 1000 mg·L⁻¹) on the rooting of *Artemisia selengensis* Turcz. were studied. The results showed that indolebutyric acid had a positive effect on the rooting of cutting stems. The rooting rate, rooting number, longest root length, shortest root length, number of rhizomes and total length of rhizomes were higher than those of the control with the three concentration treatments. The root growth of cutting stems in 100 mg·L⁻¹ treatment was the best, and all the measured indexes were the highest, among which the number of roots, the longest root length and the number of rhizome were significantly higher than those in the other three treatments (500, 1 000 mg·L⁻¹, and CK) ($P < 0.05$). The correlation analysis showed that the number of rooting was positively correlated with the longest root length, the shortest root length and the total length of rhizome ($P < 0.01$); The longest root length was positively correlated with the shortest root length and the number of rhizomes; There was a significant positive correlation between the shortest root length and the total length of rhizome; The rooting rate was positively correlated with the total length of rhizome; There was a significant positive correlation between rooting number and rhizome number; There was a significant positive correlation between the longest root length and the total length of rhizome.

Keywords: *Artemisia selengensis* Turcz.; cuttings; indolebutyric acid; rooting

分是植物正常生长的必要条件^[9]。而土壤水分通过制约土壤养分与微生物活动来影响土壤的物理性质^[10],对土壤形成有重要影响。我国西南喀斯特地区降雨充沛,但因该地区特殊的地上地下二元结构,降雨大量入渗,加之土层浅薄且分布不连续,导致土壤储水能力低。因此土壤水分成为喀斯特石漠化地区植被恢复的主要限制因子^[11]。而本研究区域是重要的水源涵养区,土壤水分不仅关系到地上植被的生长及土壤的保持,还会影响水源区的水质。因此,展开喀斯特地区土壤水分的相关研究十分必要。本文选择黔中典型喀斯特地区 3 种植被类型下土壤水分含量,孔隙度及蓄、排水能力等进行研究,分析水分特征与土壤碳、氮、磷之间的相关关系,揭示植被对土壤水分的影响,以及水分对土壤碳、氮、磷含量及转化的影响,为喀斯特地区的植被恢复及生态修复提供可靠依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于贵州省贵阳市的花溪区(26°11'N~26°34'N,106°27'E~106°52'E),属于典型的亚热带季风气候,雨热同期,年均气温为 14.9℃,年均降水量 1 229 mm(夏季雨水充沛)。研究地选择花溪水库西侧区域,花溪水库是贵阳市的主要水源地之一。花溪水库西侧区域土壤由石灰岩发育形成,地上植被有草本、灌丛/灌木及乔木、竹混交林等类型,为水源涵养区,原生植被保存较完好。分别与草地、灌丛及竹林地内进行样地调查,其中竹林地面积 400 cm²(20 cm×20 cm),灌丛样地面积 100 cm²(10 cm×10 cm),草地面积 50 cm²(5 cm×10 cm),每种样地 5 个重复。样地基本情况见表 1。

表 1 样地基本情况

植被类型	坡位	土层厚度	pH	主要植物
竹林	中下部	>90 cm	7.10	黔竹[<i>Dendrocalamus tsiangii</i> (McClure) Chia et H. L. Fung]、楸树(<i>Catalpa bungei</i> C. A. Mey.)、朴树(<i>Celtis sinensis</i> Pers.)、构树(<i>Broussonetia papyrifera</i>)、菝葜(<i>Smilax china</i> L.)、粉枝莓(<i>Rubus biflorus</i> Buch.-Ham. ex Smith)、火棘[<i>Pyracantha fortuneana</i> (Maxim.) Li]、野蔷薇(<i>Rosa multiflora</i> Thunb.)、莢迷(<i>Viburnum dilatatum</i> Thunb.)
灌丛	中部	40~90 cm	7.10	火棘[<i>Pyracantha fortuneana</i> (Maxim.) Li]、野蔷薇(<i>Rosa multiflora</i> Thunb.)、莢迷(<i>Viburnm dilatatum</i> Thunb.)、鼠李(<i>Rhamnus davurica</i> Pall.)、小叶女贞(<i>Ligustrum quihoui</i> Carr.)等
草地	中上部	<40 cm	7.13	白蒿(<i>Artemisia sieversiana</i> Ehrh. ex Willd.)、蚊子草[<i>Filipendula palmata</i> (Pall.) Maxim.]、黑蒿(<i>Artemisia palustris</i> Linn.)、蛇莓[<i>Duchesnea indica</i> (Andr.) Focke]、野地瓜藤(<i>Fici tikouae</i> Bur.)、鬼针草(<i>Bidens pilosa</i> Linn.)、附地菜[<i>Trigonotis peduncularis</i> (Trev.) Benth. ex Baker et Moore]等

1.2 方法

1.2.1 土样采集及分析 在每个样地内挖掘土壤剖面,分 0~20 cm 和 20~40 cm 收集土壤样品约 500 g 于土壤袋内,带回室内进行风干处理待分析土壤基本性质。同时在相同土壤剖面上进行环刀取样,用于分析土壤容重、渗透系数及孔隙度等指标。

1.2.2 土壤理化性质测定 土壤全氮采用硫酸-高氯酸消解,凯氏定氮仪进行测定;硝态氮采用酚二磺酸比色法进行分析;铵态氮采用氯化钾浸提-靛酚蓝比色法进行测定;有机碳采用硫酸-重铬酸钾外加热法进行分析;水溶性有机碳采用 TOC 法进行分析;全磷采用硫酸-高氯酸消解;钼锑抗比色法;速效磷采用碳酸氢钠浸提;钼锑抗比色法进行测定。

土壤容重、孔隙度及土壤渗透系数采用环刀法

测定,土壤渗出水总量按式(1)计算,渗透速度按式(2)计算,土壤渗透系数按式(3)计算,土壤蓄、排水能力按式(4)、式(5)计算。

$$Q=\frac{(Q_1+Q_2+Q_3+\cdots+Q_n)\times 10}{S}$$
 (1)

式中,Q 为渗出水总量(mm);Q₁、Q₂、Q₃……Q_n为每次渗水量(mL 或 cm³);S 为环刀横截面积(cm²);10 为由 cm 换算成 mm 所乘的倍数。

$$V=\frac{10\times Q_n}{t_n\times S}$$
 (2)

式中,V 为渗透速度(mm·min⁻¹);Q_n为 n 次渗水量(mL,即 cm³);t_n为每次渗透所间隔的时间(min)。

$$K_t=\frac{10\times Q_n\times L}{t_n\times S\times (h+L)}=V\times \frac{L}{h+L}$$
 (3)

式中,K_t为温度为 t 时的渗透系数(mm·min⁻¹);

Q_n 、 t_n 、 S 同上; h 为水层厚度(cm); L 为土层厚度(cm); V 为渗透速度($\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$)。

土壤蓄水能力=非毛管孔隙度 \times 土层厚度(20 cm) (4)

土壤排水能力=最大持水量-最小持水量 (5)

1.2.3 数据分析 数据的分析及作图采用Excel 2010 软件进行,相关分析采用 SPSS 19.0 进行处理。

2 结果与分析

2.1 土壤基本性质分析

不同植被下土壤中有机碳、速效磷含量表现为表层土壤(0~20 cm)>下层土壤(20~40 cm),

全磷、硝态氮含量则在草地、竹林中 0~20 cm 高于 20~40 cm 土层,灌丛相反;铵态氮、全氮及水溶性有机碳含量则相反,草地、竹林样地表现为表层较低,灌丛样地表层较高且差异达显著水平。表层土壤中全氮、铵态氮表现为灌丛>竹林>草地,灌丛中全氮及铵态氮含量分别为 $2.12\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $7.72\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。草地表层硝态氮含量最高,为 $0.47\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,其次是灌丛,竹林最低。竹林表层土壤有机碳、速效磷及水溶性有机碳含量均最高,草地中有机碳含量最低,但水溶性有机碳含量高于灌丛。表层土壤全磷含量表现为竹林>草地>灌丛,竹林较灌丛高 $1.26\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

表 2 不同植被类型样地土壤基本理化性质

植被类型	土层深度/cm	全氮/ ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	铵态氮/ ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	硝态氮/ ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	有机碳/ ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	水溶性有机碳/ ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	全磷/ ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	速效磷/ ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
草地	0~20	$1.24\pm0.14\text{ b}$	$5.04\pm0.89\text{ b}$	$0.47\pm0.05\text{ a}$	$20.48\pm1.36\text{ b}$	$13.48\pm0.26\text{ bc}$	$1.70\pm0.11\text{ a}$	$183.63\pm10.90\text{ b}$
	20~40	$1.93\pm0.22\text{ a}$	$7.87\pm0.48\text{ a}$	$0.20\pm0.02\text{ a}$	$17.57\pm0.41\text{ b}$	$19.49\pm0.21\text{ b}$	$1.35\pm0.10\text{ a}$	$174.81\pm12.90\text{ b}$
灌丛	0~20	$2.12\pm0.71\text{ a}$	$7.72\pm0.68\text{ a}$	$0.34\pm0.01\text{ a}$	$31.02\pm0.87\text{ a}$	$6.97\pm0.83\text{ c}$	$1.47\pm0.15\text{ a}$	$229.26\pm14.80\text{ a}$
	20~40	$1.49\pm0.43\text{ b}$	$6.87\pm0.20\text{ ab}$	$0.60\pm0.02\text{ a}$	$22.47\pm1.40\text{ b}$	$19.70\pm0.30\text{ b}$	$2.30\pm0.11\text{ a}$	$214.46\pm12.90\text{ a}$
竹林	0~20	$1.49\pm0.44\text{ b}$	$6.76\pm0.39\text{ ab}$	$0.26\pm0.02\text{ a}$	$33.06\pm1.10\text{ a}$	$27.71\pm0.89\text{ a}$	$2.73\pm0.60\text{ a}$	$287.72\pm14.20\text{ a}$
	20~40	$1.68\pm0.57\text{ b}$	$6.76\pm0.33\text{ ab}$	$0.14\pm0.03\text{ a}$	$29.31\pm0.21\text{ a}$	$11.24\pm0.49\text{ c}$	$1.53\pm0.05\text{ a}$	$247.73\pm12.90\text{ a}$

2.2 不同植被类型土壤水分及孔隙特性分析

由图 1A 可知,草地及灌丛中表层含水量略高于下层,竹林则相反,表层土壤含水量较低。不

同植被下表层土壤含水量表现为灌丛>竹林>草地,20~40 cm 土层则表现为灌丛>草地>竹林。

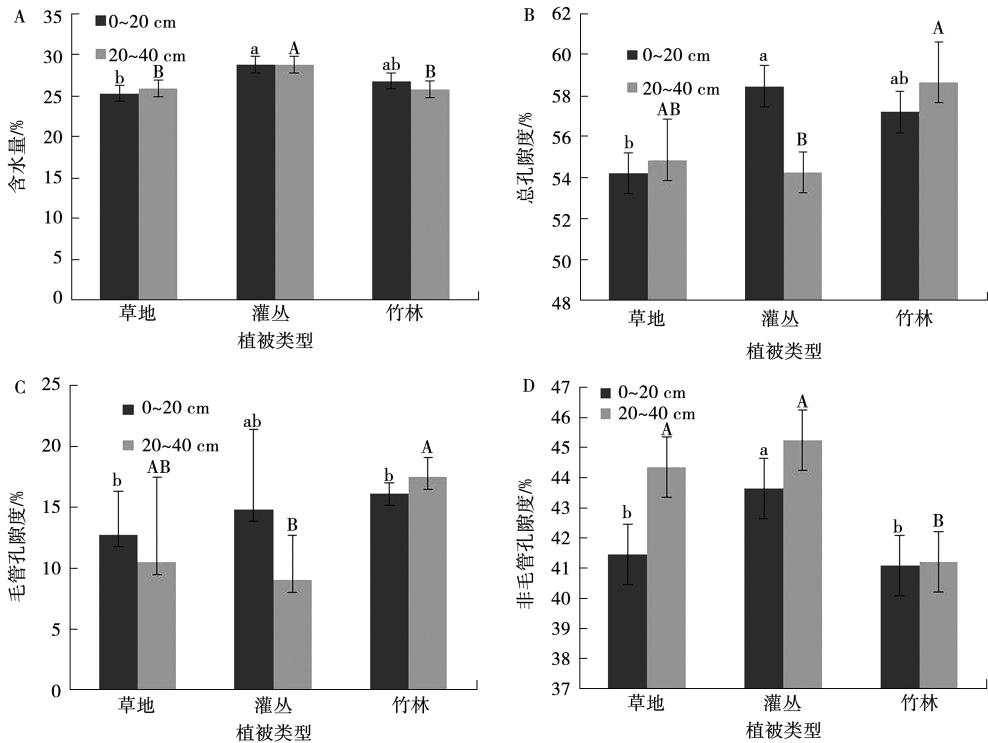


图 1 不同植被类型土壤含水量及孔隙特性

注:不同大、小写字母分别表示 20~40 cm 和 0~20 cm 土层不同植被类型间在或 $P<0.05$ 水平差异显著。下同。

由图 1B 可知,表层土壤灌丛总孔隙度较大,高于 58%,草地总孔隙度较低,竹林居中。可能是因为灌丛具有最高的非毛管孔隙(43.5%)及较高的毛管孔隙(14.9%),草地具有最低的毛管孔隙(12.8%)及非毛管孔隙(41.5%),总孔隙度相对最低,竹林中的毛管孔隙最高,为 16.8%,非毛管孔隙最低(41.2%)(图 1C、D)。从土壤孔隙状况可以看出,竹林样地中具有最高的毛管孔隙,能够储存较多的毛管水,植物可吸收的有效水分相对较高,而草地则正好相反,有效水分含量相对较低。

2.3 不同植被类型土壤容重及渗透系数

由图 2A 可知,土壤容重均表现为 0~20 cm<20~40 cm。表层土壤容重较低,灌丛样地中差异较明显。表层土壤中草地容重最高,为 1.16 g·cm⁻³,灌丛最低。20~40 cm 土层容重灌丛最高,为 1.23 g·cm⁻³,竹林最低,仅为 1.14 g·cm⁻³。土壤渗透系数在 3 种植被下表现出明显的差异性,竹林中 2 个土层渗透系数均较高,灌丛及草地渗透系数均低于 20 mm·min⁻¹(图 2B)。说明竹林地中降雨时水分的下渗作用较强,不易形成地表径流从而减少水土流失。而草地及灌丛则下渗作用较差,造成地表径流的几率远高于竹林地。

2.4 不同植被类型土壤排水和蓄水能力分析

毛管持水量是土壤中能保持的毛管上升水的最大数量,是对作物有效的水分。由表 3 可知,从平均状况来看,土壤的毛管持水量表现为草地<

灌丛<竹林,竹林与草地间相差 50.53 g·kg⁻¹。草地及灌丛土壤毛管持水量表现为 0~20 cm 土层高于 20~40 cm 土层,竹林相反,表现为表层毛管持水量较低。

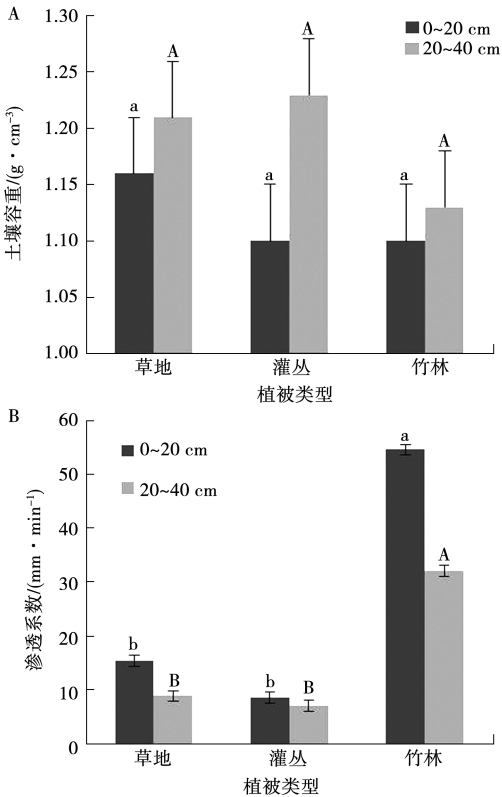


图 2 不同植被类型土壤容重及渗透系数

表 3 不同植被类型土壤蓄、排水能力

植被类型	土层深度/cm	毛管持水量/(g·kg ⁻¹)	田间持水量/(g·kg ⁻¹)	排水能力/(t·hm ⁻²)	蓄水能力/(t·hm ⁻²)
草地	0~20	385.58 b	339.64 c	152.43 a	829.16 b
	20~40	374.65 B	329.90 B	125.30 A	876.48 A
	平均	380.12	334.77	138.87	852.82
灌丛	0~20	436.97 a	401.46 a	104.78 b	872.71 a
	20~40	372.76 B	386.39 A	57.10 B	904.06 A
	平均	404.87	393.93	80.94	888.39
竹林	0~20	428.76 a	362.18 b	180.82 a	826.91 b
	20~40	432.53 A	348.16 B	144.74 A	824.29 B
	平均	430.65	355.17	162.78	825.60

注:表中不同大、小写字母分别表示 0~20 和 20~40 cm 土层不同植被类型间在 P<0.05 水平差异显著。

田间持水量是土壤中能保持悬着水的最大量,是对作物有效的土壤水含量,低于土壤的毛管持水量。由表 3 可知,土壤田间持水量平均值表现为灌丛>竹林>草地,灌丛与草地平均田间持水量相差 59.16 g·kg⁻¹;3 种样地中均表现为 0~

20 cm>20~40 cm,表层土壤中田间持水量较高。土壤的蓄、排水能力能够表示土壤中保蓄水分及透水性能的大小。3 种植被排水性能表型为 0~20 cm>20~40 cm,灌丛及竹林相差较大,分别相差 76.04 和 87.64 t·hm⁻²。从平均值来看,

表现为灌丛<草地<竹林,竹林排水能力是灌丛的2.01倍。蓄水能力与排水能力相反,表现为灌丛>草地>竹林,草地和灌丛表层土壤的蓄水能力较差,水分较多地保存于20~40 cm土层中。

2.5 土壤水分特性及孔隙特性的相关性分析

由表4可知,土壤容重与土壤孔隙状况和田间持水量及蓄水能力存在极显著负相关关系($P<0.01$);毛管持水量、排水能力及渗透系数与土壤含水量呈极显著正相关关系;含水量及毛管持水量与土壤排水能力相关性极显著;容重、总孔隙

度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、毛管持水量、田间持水量与土壤蓄水能力呈极显著相关关系,pH与渗透系数存在显著负相关性。

由表5可知,土壤有机碳与土壤容重存在极显著负相关性,与总孔隙度、毛管孔隙、毛管持水量呈极显著正相关关系($P<0.01$),与排水能力及渗透系数呈显著正相关关系($P<0.05$);土壤铵态氮含量与非毛管孔隙、含水量、田间持水量呈显著正相关,与蓄水能力呈极显著正相关;土壤速效磷含量与渗透系数存在极显著正相关关系。其余相关关系未达到显著水平。

表4 土壤水分特性与土壤性质相关关系

项目	容重	总孔隙度	pH	毛管孔隙	非毛管孔隙	含水量	毛管持水量	田间持水量	排水能力	蓄水能力	渗透系数
容重	1										
总孔隙度	-1.000**	1									
pH	0.416	-0.416	1								
毛管孔隙	-1.000**	1.000**	-0.416	1							
非毛管孔隙	-0.746**	0.746**	-0.089	0.746**	1						
含水量	-0.363	0.363	-0.460	0.363	-0.350	1					
毛管持水量	-0.011	0.011	-0.255	0.011	-0.412	0.593**	1				
田间持水量	-0.924**	0.924**	-0.340	0.924**	0.807**	0.170	0.026	1			
排水能力	-0.238	0.238	-0.297	0.238	-0.201	0.616**	0.956**	0.215	1		
蓄水能力	-0.606**	0.606**	-0.068	0.606**	0.834**	-0.314	-0.689**	0.688**	-0.561*	1	
渗透系数	-0.359	0.359	-0.481*	0.359	-0.353	0.999**	0.596**	0.167	0.616**	-0.316	1

注:*表示显著相关($P<0.05$),**表示极显著相关($P<0.01$)。下同。

表5 土壤水分特性与土壤碳、氮、磷元素相关关系

项目	容重	总孔隙度	毛管孔隙	非毛管孔隙	含水量	毛管持水量	田间持水量	排水能力	蓄水能力	渗透系数
全氮	-0.332	0.312	0.164	0.199	0.288	0.340	0.361	0.030	0.185	-0.151
铵态氮	-0.336	0.323	-0.084	0.585*	0.486*	0.220	0.507*	-0.128	0.596**	-0.176
硝态氮	0.310	-0.295	-0.163	-0.178	-0.124	-0.272	-0.160	-0.216	-0.183	-0.252
有机碳	-0.711**	0.713**	0.751**	-0.102	-0.054	0.772**	0.203	0.472*	-0.098	0.470*
水溶性有机碳	-0.099	0.089	-0.007	0.138	0.157	0.100	0.199	-0.038	0.132	0.154
全磷	-0.030	0.030	0.098	-0.085	0.314	0.279	0.329	-0.165	-0.074	0.433
速效磷	-0.247	0.260	0.415	-0.248	-0.045	0.403	0.060	0.244	-0.224	0.641**

3 讨论

3.1 土壤性质对土壤水分的影响

不同的土壤性质影响土壤水分储量及有效性。研究表明,土壤含水量与容重、孔隙度关系密切^[12],土壤容重与土壤的蓄、持水性能负相关;土壤孔隙的状况影响土壤通气、透水性能^[13],土壤有机质不仅可以吸持水分,增加土壤的水分含量,还可以

改良土壤结构,从而增加土壤的持水能力^[14]。土壤水分含量又可以通过影响微生物的代谢强度,从而影响有机碳的溶解性^[15]。灌丛具有最高的非毛管孔隙及较高的毛管孔隙,因此总孔隙度较高,含水量最高,竹林具有最高的毛管孔隙及相对较低的非毛管孔隙,因此水分含量介于草地与灌丛之间。草地容重最高,土壤较为紧实,孔隙度较

小,含水量最小。通过相关分析也证明土壤容重与土壤孔隙度之间存在极显著正相关。与土壤含水量之间存在负相关关系,但未达到显著水平。刘洋等^[11]的研究表明土壤容重、总孔隙度多与各土层土壤水分呈正相关,相关性并不显著,说明土壤容重、孔隙度对土壤水分含量的影响可能会被其他因素覆盖,使得土壤容重和孔隙度对土壤水分的影响较小^[16]。土壤容重越高土壤蓄水越差,土壤孔隙度越高,则土壤蓄水能力越好。土壤有机碳的含量显著影响土壤容重及孔隙状况,进而影响土壤的渗透系数,与土壤的排水能力呈显著正相关。与匡媛媛等^[17]对滇东喀斯特地区土壤水分特征的研究结果类似。说明土壤孔隙的组成影响土壤通气透水性^[18],孔隙越多能容纳的水分越多。土壤有机质不仅可以吸持水分,增加土壤的水分含量,还能改良土壤结构,增加土壤的持水能力^[19]。

3.2 植被类型对土壤水分的影响

不同的植被类型通过调控渗透作用^[20]、树冠截留^[17]及枯落物^[21-22]的差异从而影响土壤的水分特性。草地中植被覆盖度最少,土壤水分蒸发量较大,且草地中土层最浅薄,枯落物较少,因此草地中土壤含水量最低,竹林林冠截留水分能力较好,且具有较多枯落物能保持较高的水分,覆盖度较高,土壤水分蒸发量较小,匡媛媛等^[17]的研究结果也证明土壤水分含量及蓄水能力受枯枝落叶及地上植被截留的影响。但竹林中具有显著高于灌丛及草地的渗透系数,促使竹林中土壤水分的下渗作用较强,水分含量低于灌丛,蓄水能力最低。这可能与样地的地形有关,所选地区竹林样地坡度较灌丛及草地高,影响其蓄水性能,刘洋等^[11]对喀斯特峡谷区土壤水分研究表明,喀斯特地区土壤水分主要受气温、海拔、坡向、坡度等因子影响,且坡度与土壤水分含量负相关^[23-24]。李安定等^[25]对花江喀斯特地区研究结果也表明微地貌是土壤水分的主要影响因素之一。且竹林为人工恢复植被类型,自然植被区土壤水分明显高于人为改造区^[26],因此竹林蓄水能力低于草地及灌丛。余军林^[27]在花江喀斯特峡谷的研究表明,灌木的深层土壤水分含量高于乔木。张琳卿等^[28]关于黔中喀斯特地区研究表明土壤水分及产沙量受植被及坡度的共同影响。陈磊等^[29]的研究也证明坡度、岩石裸露对喀斯特地区水分特性也有显著影响。因此,在今后对喀斯特地区进行土壤水分特性的研

究中,还应该关注小地形、小生境以及气候变化对土壤水分的影响。

4 结论

本研究分析了黔中喀斯特水源区不同植被类型下土壤水分特性及蓄、排水能力,并分析土壤性质及土壤植被类型对土壤的影响。表明不同植被类型对土壤水分及蓄、排水能力有显著影响,土壤有机碳含量与土壤容重、孔隙度及毛管持水量、持水性能及渗透系数存在显著或极显著相关关系,而对土壤含水量的影响未达到显著性水平。说明在喀斯特地区植被类型及土壤性质影响其水分有效性及蓄、持水能力,从而影响植物生长。而喀斯特地区土壤水分不仅受植被类型影响,还与气候、地形、降水等因素有关,在今后的研究中应结合地形及气候分析喀斯特土壤水分的特征。

参考文献:

- [1] ZHANG J G, CHEN H S, SU Y R, et al. Spatial variability of surface soil moisture in a depression area of Karst Region [J]. Clean-Soil, Air, Water, 2011, 39(7): 619-625.
- [2] 刘伟, 王世杰, 罗维均, 等. 贵州荔波喀斯特与非喀斯特地区土壤水运移的对比研究[J]. 地球与环境, 2011, 39(2): 137-149.
- [3] FU T G, CHEN H S, ZHANG W, et al. Spatial variability of surface soil saturated hydraulic conductivity in a small karst catchment of Southwest China [J]. Environmental Earth Sciences, 2011, 74: 2381-2391.
- [4] 彭旭东, 戴全厚, 李昌兰. 中国西南喀斯特坡地水土流失/漏失过程与机理研究进展[J]. 水土保持学报, 2017, 31(5): 1-8.
- [5] 王朕, 钱晓刚, 彭熙. 花江峡谷不同植被类型下土壤水分时空分布特征[J]. 水土保持学报, 2006, 26(5): 139-141, 157.
- [6] 李春茂, 陈洪松, 徐勤学, 等. 典型岩溶峰丛洼地坡面土壤水分空间变异性[J]. 中国岩溶, 2018, 37(2): 159-167.
- [7] 徐慧芳, 宋同清, 黄国勤, 等. 喀斯特峰丛洼地区坡地不同土地利用方式下土壤水分的时空变异特征[J]. 生态学报, 2014, 34(18): 5311-5319.
- [8] 武泽宇, 薛亮, 张显松, 等. 喀斯特白云岩坡地旱季不同植被类型土壤水分空间变异性[J]. 林业科学研究, 2021, 34(4): 74-83.
- [9] PENG W, SONG T, ZENG F, et al. Spatial distribution of surface soil water content under different vegetation types in northwest Guangxi, China [J]. Environmental Earth Sciences, 2013, 69(8): 2699-2708.
- [10] 肖兴艳, 刘方, 姚斌, 等. 中国西南喀斯特土壤水分研究进展[J]. 云南农业大学学报: 自然科学, 2015, 30(6): 958-964.
- [11] 刘洋, 罗娅, 陆晓辉, 等. 喀斯特峡谷区土壤水分特征及其影响因素研究[J]. 生态科学, 2021, 40(3): 8-16.
- [12] 黄代民, 陈效民, 李孝良, 等. 西南喀斯特地区土壤水分差异性研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(13): 207-212.

[13] 刘玉国,刘长成,李国庆,等. 贵州喀斯特山地 5 种森林群落的枯落物储量及水文作用[J]. 林业科学,2011,47(3): 82-88.

[14] 张继光,陈洪松,苏以荣,等. 喀斯特洼地表层土壤水分的空间异质性及其尺度效应[J]. 土壤学报,2008,45(3): 544-549.

[15] 肖德安,王世杰,容丽,等. 喀斯特地区土壤中溶解有机碳浓度对植被退化的响应[J]. 长江流域资源与环境, 2010,19(7):797-801.

[16] 邱扬,傅伯杰,王军,等. 土壤水分时空变异及其与环境因子的关系[J]. 生态学杂志,2007,26(1):100-107.

[17] 匡媛媛,范弢. 滇东南喀斯特小生境土壤水分差异性及其影响因素[J]. 浙江农林大学学报,2020,37(3):531-539.

[18] 俞元春,何晟,WANG G G,等. 杉木林土壤渗滤水溶解有机碳含量与迁移[J]. 林业科学,2006,42(1):122-125.

[19] 张继光,陈洪松,苏以荣,等. 喀斯特洼地表层土壤水分的空间异质性及其尺度效应[J]. 土壤学报,2008,45(3): 544-549.

[20] 赵中秋,蔡运龙,付梅臣,等. 典型喀斯特地区土壤退化机理探讨:不同土地利用类型土壤水分性能比较[J]. 生态环境,2008(1):393-396.

[21] 周志立,张丽玮,陈倩,等. 木兰围场 3 种典型林分枯落物及土壤持水能力[J]. 水土保持学报,2015,29(1):207-213.

[22] 熊壮,叶文,张树斌,等. 西双版纳热带季节雨林与橡胶林凋落物的持水特性[J]. 浙江农林大学学报,2018,35(6): 1054-1061.

[23] 吴维臻. 坡面尺度土壤水分空间异质性特征及其与地形因子的关系[D]. 兰州:兰州大学,2014.

[24] 赵志猛,沈有信,朱习爱. 西南岩溶地区土壤水分研究进展[J]. 湖北农业科学,2017,56(19):3603-3609.

[25] 李安定,卢永飞,韦小丽,等. 花江喀斯特峡谷地区不同小生境土壤水分的动态研究[J]. 中国岩溶,2008(1):56-62.

[26] 李春茂,陈洪松,徐勤学,等. 典型岩溶峰丛洼地坡面土壤水分空间变异性[J]. 中国岩溶,2018,37(2):159-167.

[27] 余军林. 石漠化地区土壤水分时空变异特征研究[D]. 贵阳:贵州师范大学,2019.

[28] 张琳卿,覃莉,刘忠仙,等. 黔中喀斯特地区坡面种植措施对土壤水分及产流产沙的影响[J]. 水土保持研究,2021, 43(3):15-23.

[29] 陈磊,张科利,李业桐,等. 喀斯特坡耕地石块出露对土壤水分入渗的影响[J]. 农业工程学报,2022,38(10): 111-119.

Study on Soil Moisture Characteristics Under Different Vegetation Types of Karst Water Conservation Area in the Middle Region of Guizhou Province

LI Xiaoyong¹, ZHOU Wei², ZHAO Qing², TIAN Xiaoqin³

(1. Guizhou Forestry Research Institute, Guiyang 550001, China; 2. Eco-Environmental Engineer College, Guizhou Minzu University, Guiyang 550025, China; 3. Guizhou Walnut Research Institute, Guiyang 550000, China)

Abstract: Soil moisture is one of the main limiting factors for vegetation restoration in Karst Areas. This paper analyzed the influence of vegetation types and soil properties on soil moisture by studying the soil moisture characteristics, soil pore conditions and soil carbon, nitrogen and phosphorus contents of three main vegetation types in the limestone area of Huaxi Reservoir. The research results have certain guiding significance for the ecological restoration of Karst Areas. The results showed that the water content of surface soil was shrub> bamboo forest>grassland, and that of 20-40 cm soil layer was shrub>grassland>bamboo forest. The total porosity of the surface soil shrub was large, higher than 58%, and the total porosity of the grassland was low, and the bamboo forest was in the middle. The permeability coefficient of bamboo forest was significantly higher than that of shrub and grassland. The water storage capacity were shown as shrub>grassland>bamboo forest, and more water was stored in 20-40 cm soil layer. Correlation analysis showed that soil bulk density and pore condition had a very significant impact on soil water storage capacity, and capillary water capacity and permeability coefficient had a very significant impact on soil water content. There was significant or extremely significant correlation between soil organic carbon content and soil bulk density, total porosity, capillary pore, capillary water capacity, drainage capacity and permeability coefficient. Therefore, vegetation types and soil properties in Karst Areas had an impact on soil water, affecting its water availability and water storage capacity, thus affecting plant growth. In the study of soil moisture characteristics in Karst Areas in the future, we should pay attention to the influence of topography and climate on soil moisture.

Keywords: soil moisture; soil properties; vegetation type; Karst