

楠杆自然保护区不同植被类型土壤物理特性及 涵养水源功能分析

王 勇, 杨 瑞, 瞿 爽, 刘 志, 裴仪岱

(贵州大学 林学院, 贵阳 550025)

摘 要: 为了研究楠杆自然保护区不同植被类型的土壤物理性质与涵养水源功能, 选择了保护区 6 种典型的植被类型 (落叶阔叶林、针阔混交林、针叶林、灌木林、竹林和草坡) 下的土壤物理性质、土壤蓄水能力和土壤渗透能力等进行了研究, 运用综合评价法对不同植被类型进行了综合评价。结果表明: 6 种不同植被类型的土壤密度为 $0.97 \sim 1.55 \text{ g/cm}^3$, 土壤总孔隙度为 $35.73\% \sim 69.25\%$, 最大持水量为 $357.32 \sim 692.45 \text{ g/kg}$ 。不同植被类型的土壤物理性质、土壤蓄水能力和渗透能力有明显差异。综合评价分析表明: 在不同植被类型中, 落叶阔叶林 ($\sum P_i^2 = 0.468$) 土壤水源涵养功能最好, 其次是竹林 ($\sum P_i^2 = 0.784$)、针阔混交林 ($\sum P_i^2 = 0.914$)、针叶林 ($\sum P_i^2 = 0.984$)、灌木林 ($\sum P_i^2 = 1.005$), 没有植被覆盖的草坡 ($\sum P_i^2 = 1.431$) 上的土壤水源涵养功能综合能力相对较差。

关键词: 楠杆自然保护区; 土壤物理性质; 涵养水源

中图分类号: S714

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2018)06-0183-06

Analysis of Soil Physical Characteristics and Water Conservation Function of Different Vegetation Types in Nangan Natural Reserve

WANG Yong, YANG Rui, QU Shuang, LIU Zhi, PEI Yidai

(College of Forestry, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: In order to examine the soil physical properties and water conservation functions of different vegetation types in Nangan Nature Reserve, soil physical properties, soil water capacity and soil infiltration capacity etc of 6 kinds of typical vegetation types (deciduous broad-leaved forest, coniferous forest, coniferous forest, shrub forest, bamboo forest and grass) were measured. The comprehensive evaluation of different vegetation types was carried out by using the comprehensive evaluation method. The results showed that the soil densities of 6 different vegetation types ranged from 0.97 g/cm^3 to 1.55 g/cm^3 , and the total porosity of soil varied from 35.73% to 69.25% , the maximum water holding capacities ranged from 357.32 mm to 692.45 g/kg . Soil physical properties, soil water storage capacities and osmosis abilities of different vegetation types were obvious different. Comprehensive evaluation analysis showed that soil water conservation function in deciduous broad-leaved forest is the best ($\sum P_i^2 = 0.468$) among different vegetation types, followed by bamboo ($\sum P_i^2 = 0.784$), coniferous forest ($\sum P_i^2 = 0.914$), coniferous forest ($\sum P_i^2 = 0.984$), shrub ($\sum P_i^2 = 1.005$), comprehensive soil water conservation ability on the slope with sparse grass was relatively poor ($\sum P_i^2 = 1.431$).

Keywords: Nangan Nature Reserve; soil physical properties; water conservation

土壤蓄水量是森林涵养水源的主体, 占林地蓄水量的 99% 以上^[1]。森林土壤涵养水源的能力, 不仅受母岩的影响, 还与土壤本身质地和结构有关系。森林涵养水源的能力, 除森林形成的庞大树冠有吸水能

力外, 其林下的枯枝落叶层也有相当的吸水能力, 而更多的还在于土壤对降水的吸纳; 因此森林又被叫作“天然的蓄水库”^[2]。土壤入渗特性影响着土壤将地表径流转化为壤中流和地下径流的能力, 对森林水源

涵养功能有重要影响^[3];入渗性能不仅与土壤质地、组成、结构等自然因素密切相关,人为活动干扰下还受到土地利用和耕作方式等因素的影响^[4-7]。所以对土壤物理性质的研究也越来越多。在土壤物理性质中;土壤孔隙度和土壤容重能够直接影响着土壤蓄水量和通气性,也是反映土壤物理性质的重要参数^[8]。土壤容重、自然含水率、毛管持水量、毛管孔隙度、总孔隙度、非毛管孔隙度、最大持水量等都是体现土壤物理性质的指标;但是某些指标功能好的林分在其他指标上却不一定好,甚至很差^[9-10]。目前,对于森林涵养水源功能的评价研究较多的是灰色关联分析法、层次分析法、主成分分析法^[11-13],且在楠杆自然保护区的森林土壤涵养水源功能方面的研究甚少,因此,本文通过对楠杆自然保护区不同植被类型的土壤涵养水源功能进行研究分析,并应用坐标综合评定法对楠杆自然保护区土壤涵养水源功能进行定量分析,探讨该地区不同植被类型对土壤涵养水源能力的大小,以期对楠杆自然保护区水源涵养林的保护、森林土壤涵养水源功能以及森林资源的合理经营和保护提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

本试验将楠杆自然保护区不同植被类型土壤作为供试土壤。经华中农学院编制的标准土色卡 48 种颜色作为土壤的颜色比较,6 种不同植被类型下土壤都是黄壤。

1.2 研究区概况

贵州楠杆自然保护区位于贵州省东北部德江县境内,处于贵州四大山脉之大娄山脉与武陵山脉的接合部。保护区包括“楠杆—黄河溪保护单元”和“马耳河保护单元”2 个片区。其中,楠杆—黄河溪片区位于东经 108°05′10″—107°50′46″,北纬 28°09′42″—28°22′42″,海拔 800~1 200 m;马耳河片区位于东经

108°04′48″—108°06′12″,北纬 28°33′27″—28°37′50″,海拔 1 100~1 400 m。保护区属于中亚热季风气候区,年平均温度 13.6℃,≥0℃的活动积温为 5 300℃/d,热量资源主要集中在 6,7,8,9 这 4 个月,属贵州温度较高、热量较好的区域之一。区内年降雨量约 1 200 mm;主要集中在春、夏、秋三季,其中 6 月份降水量最多。保护区内岩溶地貌与常态地貌交错,河谷地貌特征明显,具有良好的水文地质条件。该地区碳酸盐岩石出露广泛,常与砂页岩、碎屑岩交错分布,发育有多种土壤类型,主要土壤为黄壤、山地黄壤和石灰土。主要植被类型为:落叶阔叶林、针阔混交林、针叶林、灌木林、竹林和草坡。

1.3 试验方法

1.3.1 样地设置 在研究区,选择植被类型分别为落叶阔叶林:枫香(*Liquidambar formosana*)、山胡椒(*Lindera glauca*)、圆果花香(*Platycarya longipes*)、朴树(*Celtis sinensis*)、八角枫(*Alangium chinense*)、板栗(*Castanea mollissima*)、青檀(*Pteroceltis tatarinowii*)、杨树(*Populus L.*);针阔混交林:麻栎(*Quercus acutissima*)、马尾松(*Rhoiptelea chiliantha*)、油桐(*Vernicia fordii*)、山胡椒(*Lindera glauca*)、火棘(*Pyracantha fortuneana*);针叶林:杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、柏木(*Cupressus funebris*)、华山松(*Pinus armandii*);灌木林:圆果花香(*Platycarya longipes*)、火棘(*Pyracantha fortuneana*)、香叶树(*Lindera communis*)、大叶木姜子(*Zanthoxylum scandens*)、白果(*Ginkgo Seed*)、拔莼(*Smilax china*);竹林:竹子(*Heteropogon contortus*)、鸢尾(*Iris tectorum*)、水麻(*Debregeasia orientalis*);草坡:黄茅、狗尾草(*Setaria viridis*)、山蚂蝗(*Desmodium racemosum*)、车前草(*Plantago depressa*)共 6 种植被类型,在样地的调查中,采用树冠投影法测定森林样地的郁闭度^[14];对样地进行群落概况测定,样地概况见表 1。

表 1 不同植被概况

植被类型	海拔/m	郁闭度(盖度)/%	起源	土壤类型	主要物种组成
落叶阔叶林	1052	85	天然	黄壤	枫香、山胡椒、圆果花香、朴树、八角枫、板栗、青檀
针阔混交林	966	80	天然	黄壤	麻栎、马尾松、油桐、山胡椒、火棘
针叶林	816	80	天然	黄壤	杉木、柏木、华山松、马尾松
灌木林	887	80	天然	黄壤	圆果花香、火棘、香叶树、大叶木姜子、白果、拔莼
竹林	1011	80	天然	黄壤	竹子、鸢尾、水麻
草坡	729	75	天然	黄壤	黄茅、狗尾草、山蚂蝗、车前草

1.3.2 试验样品采集 试验于 2016 年 8 月 2—12 日在研究区域内,选择不同植被类型,并在不同植被类型下设置 20 m×20 m 的样方,记录其植被基本概

况,并在样方内选取 3 个点挖取土壤坡面,采用环刀法分别在 0—20,20—40,40—60 cm 的土层深度取土,在野外称其重量,每个土层 3 次重复;用铝盒分别

取每层的土样,也3次重复;再用渗透筒取土,3个重复;所有样品带回室内进行测定。

1.3.3 样品测定方法 土壤物理性质用铝盒燃烧法和环刀法测定,测定方法用森林土壤水分—物理性质的测定法(《中华人民共和国林业行业标准》);土壤渗透速率用森林土壤渗透率的测定法(《中华人民共和国林业行业标准》);在野外取样然后把土样带回室内做浸泡试验测定土样含水量、自然含水率、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、毛管持水量、最大持水量和稳渗速率等各指标。在饱和水分的土壤中,土壤渗透系数是根据达西(Henri Darcy)定律测定。表示如下:

$$K = \frac{Q \times l}{S \times t \times h} \quad (1)$$

式中: K 为渗透系数(cm/s); Q 为流量,即渗滤过一定断面面积 $S(\text{cm}^2)$ 的水量(ml); l 为饱和土层厚度渗滤经过的距离(cm); S 为渗滤筒的横断面积(cm^2); t 为渗滤过水量 Q 时所需的时间(s); h 为试验中水层厚度,即水位差(cm)。

$$v = \frac{10 \times Q}{t_n \times S} \quad (2)$$

式中: v 为渗透速率;10为由cm换算成mm所乘倍数; t_n 为每次渗滤所间隔的时间(min)。

1.4 研究方法

采用SPSS软件进行单因素方差分析和Excel软件进行数据处理。在分析方法上,灰色关联分析法是一种多因素统计分析方法,它是以各因素的样本数据为依据用灰色关联度来描述因素间关系的强弱、大小和次序,若样本数据反映出的两因素变化的态势(方向、大小和速度等)基本一致,则它们之间的关联度较大;反之,关联度较小。其主要缺点在于要求需要对各项指标的最优值进行现行确定,主观性过强,同时部分指标最优值难以确定。层次分析法是把研究对象作为一个系统,按照分解、比较判断、综合的思维方式进行决策,其主要缺点是定性成分多,主观因素占比例较大。主成分分析法,由于主成分的解释其含义一般多少带有点模糊性,不像原始变量的含义那么清楚、确切。坐标综合评定法是应用多维空间理论,将评定对象视为多向量决定的空间点,以各点与最佳点间的距离对各点进行比较,可以对量纲不同的指标进行综合评定^[15],因此本文采用坐标综合评定法分析不同植被类型土壤的水源涵养功能^[16]。其步骤为:列出原始数据表,以 a_{ij} 表示,其中 i 表示不同植被类型, j 表示不同指标;采用公式(3)将其与每一指标中的最优者 m_j 作比较,组成相对值 d_{ij} “矩阵坐标”;采用公式(4)计算第 i 个处理到标准点的距离;

求各指标到标准点的距离之和 $\sum P_i^2$;按 $\sum P_i^2$ 由小到大进行排序,综合值小者为最优。

$$d_{ij} = \frac{a_{ij}}{m_j} \quad (3)$$

式中: d_{ij} 为原始数据的相对值; a_{ij} 为原始数据; m_j 为每个指标中的最优值。

$$P_i = \sqrt{\sum_j (1 - d_{ij})^2} \quad (4)$$

式中: P_i 为第 i 个处理到标准点的距离。

2 结果与分析

2.1 不同植被类型下土壤的物理性质

从表2中可以看出,土壤第一层密度大小顺序依次是:草坡(1.37 g/cm³)、灌木林(1.35 g/cm³)、针阔混交林(1.22 g/cm³)、落叶阔叶林(1.13 g/cm³)、竹林(1.10 g/cm³)、针叶林(0.97 g/cm³);由于楠杆自然保护区属于喀斯特地貌,在针阔混交林下土层较薄,20 cm以下都是碎石和岩石,因此在野外取土只有第一层;土壤第二层密度顺序大小依次是:灌木林(1.40 g/cm³)、草坡(1.33 g/cm³)、竹林(1.24 g/cm³)、针叶林(1.19 g/cm³)、落叶阔叶林(1.18 g/cm³);土壤第三层密度大小顺序依次是:灌木林(1.55 g/cm³)、草坡(1.50 g/cm³)、竹林(1.29 g/cm³)、针叶林(1.25 g/cm³)、落叶阔叶林(1.13 g/cm³)。

土壤第一层非毛管孔隙度大小顺序是:草坡(5.43%)、针叶林(3.56%)、竹林(3.30%)、针阔混交林(2.63%)、落叶阔叶林(1.99%)、灌木林(1.68%);第二层非毛管孔隙度大小顺序是:针叶林(3.69%)、草坡(3.48%)、落叶阔叶林(3.03%)、灌木林(1.50%)、竹林(1.43%);第三层非毛管孔隙度大小顺序是:落叶阔叶林(3.60%)、针叶林(3.55%)、草坡≈灌木林(2.40%)、竹林(1.72%)。

从毛管孔隙度可以看出,第一层土壤毛管孔隙度大小依次是:竹林(65.95%)、落叶阔叶林(58.94%)、针叶林(55.86%)、针阔混交林(54.33%)、灌木林(40.38%)、草坡(36.28%);第二层土壤毛管孔隙度大小顺序依次是:竹林(60.19%)、落叶阔叶林(58.67%)、针叶林(54.22%)、草坡(44.75%)、灌木林(40.07%);第三层土壤毛管孔隙度大小顺序依次是:竹林(59.22%)、落叶阔叶林(56.70%)、针叶林(51.77%)、草坡(34.70%)、灌木林(33.33%)。

从总孔隙度可以看出,土壤第一层总孔隙度大小顺序依次是:竹林(69.25%)、落叶阔叶林(60.94%)、针叶林(59.42%)、针阔混交林(56.42%)、灌木林(42.07%)、草坡(41.71%);第二层总孔隙度大小顺序依次是:落叶阔叶林(61.70%)、竹林(61.63%)、针

叶林(57.91%)、草坡(48.23%)、灌木林(41.57%); 落叶阔叶林(60.30%)、针叶林(55.32%)、草坡第三层总孔隙度依次大小顺序是:竹林(60.93%)、(37.10%)、灌木林(35.73%)。

表 2 不同植被类型土壤物理性质

植被类型	土层深度/m	土层厚度/cm	土壤密度/(g·cm ⁻³)	总孔隙度/%	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙度/%
落叶阔叶林	0.7	0—20	1.13±0.13ab	60.94±6.14bc	58.94±6.05bc	1.99±0.46a
		20—40	1.18±0.11a	61.70±3.91b	58.67±3.96ab	3.03±1.05a
		40—60	1.13±0.04a	60.30±6.64b	56.70±4.05ab	3.60±3.56a
针阔混交林	0.3	0—20	1.22±0.08b	56.96±5.92b	54.33±5.50b	2.63±0.59a
		0—20	0.97±0.18a	59.42±7.21bc	55.86±7.80bc	3.56±1.77a
针叶林	1	20—40	1.19±0.08a	57.91±4.65ab	54.22±14.94ab	3.69±3.30a
		40—60	1.25±0.23ab	55.32±17.77ab	51.77±18.64ab	3.55±1.40a
		0—20	1.35±0.149b	42.07±1.17a	40.38±1.27a	1.68±0.38a
灌木林	0.8	20—40	1.40±0.05c	41.57±3.24a	40.07±3.66a	1.50±0.56a
		40—60	1.55±0.06b	35.73±8.69a	33.33±8.05a	2.40±0.79a
		0—20	1.10±0.20a	69.25±6.28c	65.95±6.12c	3.30±0.76a
竹林	0.8	20—40	1.24±0.03ab	61.63±3.98b	60.19±40.3b	1.43±0.29a
		40—60	1.29±0.89ab	60.93±9.10b	59.22±9.12b	1.72±0.80a
		0—20	1.37±0.06b	41.71±11.44a	36.28±11.65a	5.43±0.21b
草坡	1	20—40	1.33±0.10bc	48.23±0.96ab	44.75±0.81ab	3.48±0.32a
		40—60	1.50±0.12b	37.10±2.42ab	34.70±1.14ab	2.40±1.78a

注:不同字母 a,b,c 表示不同植被类型中各指标(土壤密度、总孔隙度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度)在同一土层厚度中相同指标比较, $p<0.05$ 差异显著。

2.2 不同植被类型涵养水源能力

从表 3 可以看出,土壤自然含水率第一层大小依次是:落叶阔叶林(45.75%)、针叶林(45.74%)、竹林(44.49%)、针阔混交林(35.70%)、灌木林(22.78%)、草坡(16.37%);土壤自然含水率第二层大小依次是:竹林(37.55%)、落叶阔叶林(37.54%)、针叶林(30.52%)、草坡(23.92%)、灌木林(23.22%);土壤自然含水率第三层大小依次是:落叶阔叶林(41.89%)、竹林(34.94%)、针叶林(27.63%)、灌木林(19.01%)、草坡(16.06%)。最大持水量第一层大小顺序依次是:竹林(692.33 g/kg)、落叶阔叶林(609.35 g/kg)、针叶林(594.2 g/kg)、针阔混交林(569.64 g/kg)、灌木林(420.67 g/kg)、草坡(417.13 g/kg);最大持水量第二层大小顺序依次是:落叶阔叶林(617.03 g/kg)、竹林(616.27 g/kg)、针叶林(579.10 g/kg)、草坡(482.35 g/kg)、灌木林(357.32 g/kg);最大持水量第三层大小顺序依次是:竹林(609.33 g/kg)、落叶阔叶林(602.96 g/kg)、针叶林(553.17 g/kg)、草坡(370.98 g/kg)、灌木林(357.32 g/kg);毛管持水量第一层大小顺序是:竹林(659.45 g/kg)、落叶阔叶林(589.41 g/kg)、针叶林(558.59 g/kg)、针阔混交林(543.31 g/kg)、灌木林(403.83 g/kg)、草坡(362.79 g/kg);毛管持水量第二层大小顺序是:竹林(601.94 g/kg)、落叶阔叶林

(586.69 g/kg)、针叶林(542.20 g/kg)、草坡(447.51 g/kg)、灌木林(400.72 g/kg);毛管持水量第三层大小顺序是:竹林(592.17 g/kg)、落叶阔叶林(566.96 g/kg)、针叶林(517.71 g/kg)、草坡(346.98 g/kg)、灌木林(333.32 g/kg);非毛管持水量第一层大小顺序是:草坡(54.33 g/kg)、针叶林(35.63 g/kg)、竹林(14.33 g/kg)、针阔混交林(26.33 g/kg)、落叶阔叶林(19.94 g/kg)、灌木林(16.83 g/kg);非毛管持水量第二层大小顺序是:针叶林(36.92 g/kg)、草坡(34.83 g/kg)、落叶阔叶林(30.33 g/kg)、灌木林(15.00 g/kg)、竹林(14.33 g/kg);非毛管持水量第三层大小顺序是:落叶阔叶林(36.00 g/kg)、草坡(24.00 g/kg)和灌木林(24.00 g/kg)、竹林(17.17 g/kg)、针叶林(16.83 g/kg)。

2.3 不同植被类型土壤的渗透性能

从表 4 可以看出,不同植被类型下常温土壤稳渗速度和 10℃ 情况下渗透各不相同,针阔混交林稳渗速度(12.04 mm/min)和稳渗系数(0.94)最大,其次是针叶林稳渗速度(7.73 mm/min)和稳渗系数(0.61),灌木林稳渗速度(5.68 mm/min)和稳渗系数(0.45)第三,竹林稳渗速度(4.00 mm/min)和稳渗系数(0.31)第四,落叶阔叶林稳渗速度(1.38 mm/min)和稳渗系数(0.11)相对较小第五,草坡稳渗速度(0.45 mm/min)和稳渗系数(0.04)最小。

表 3 不同植被类型土壤持水能力

植被类型	土层厚度/cm	自然含水率/%	最大持水量/ (g·kg ⁻¹)	毛管持水量/ (g·kg ⁻¹)	非毛管持水量/ (g·kg ⁻¹)
落叶阔叶林	0—20	45.75±7.42c	609.35±61.43bc	589.41±60.53bc	19.94±4.58a
	20—40	37.54±6.84b	617.03±39.05b	586.69±39.57ab	30.33±10.54a
	40—60	41.89±3.69c	602.96±66.43b	566.96±40.53ab	36.00±35.60a
针阔混交林	0—20	35.70±7.68bc	569.64±59.20b	543.31±54.98b	26.33±5.86a
针叶林	0—20	45.74±16.86c	594.23±72.08bc	558.59±77.98bc	35.63±17.65a
	20—40	30.52±7.21ab	579.1±146.46ab	542.20±149.40ab	36.92±32.98a
	40—60	27.63±9.50ab	553.17±177.65ab	517.71±186.38ab	35.46±13.95a
灌木林	0—20	22.78±0.68ab	420.67±11.67a	403.83±12.74a	16.83±3.79a
	20—40	23.22±4.04a	415.72±32.82a	400.72±36.57a	15.00±5.57a
	40—60	19.01±6.14a	357.32±86.94a	333.32±80.47a	24.00±7.94a
竹林	0—20	44.49±1.65c	692.45±62.79c	659.45±61.24c	33.00±7.55a
	20—40	37.55±0.88b	616.27±39.82b	601.94±40.324b	14.33±2.93a
	40—60	34.94±9.21bc	609.33±90.97b	592.17±91.17b	17.17±8.02a
草坡	0—20	16.37±4.00a	417.13±114.39a	362.79±116.46a	54.33±2.08b
	20—40	23.92±0.98a	482.35±9.59ab	447.51±8.05ab	34.83±3.18a
	40—60	16.06±1.62a	370.98±24.15ab	346.98±11.44ab	24.00±17.84a

注:不同字母 a,b,c 表示不同植被类型中各指标(自然含水率、最大持水量、毛管持水量和非毛管持水量)在同一土层厚度中相同指标比较, $p<0.05$ 差异显著。

表 4 不同植被类型土壤渗透能力

植被类型	稳渗速度/ (mm/min ¹)	渗透系数 (K_1)	渗透系数 (K_{10})
落叶阔叶林	1.38±1.27ab	0.92±0.85ab	0.11±0.10ab
针阔混交林	12.04±5.16d	8.03±3.44d	0.94±0.41d
针叶林	7.73±3.46cd	5.16±2.31cd	0.61±0.28cd
灌木林	5.68±3.94bc	3.78±2.63bc	0.45±0.31bc
竹林	4.00±2.76abc	2.67±1.84abc	0.31±0.22abc
草坡	0.45±0.22a	0.30±0.15a	0.04±0.02a

注:不同字母 a,b,c,d 表示不同植被类型中相同指标比较, $p<0.05$ 差异显著, K_1 表示做渗透试验时水温的渗透系数, K_{10} 表示 10℃ 的渗透系数。

2.4 综合评定不同植被类型土壤涵养水源功能

如表 5 所示,根据坐标综合评定法: P 值越大,性能越好,土壤物理性质最好的是落叶阔叶林($P_1=0.059$),

其次是竹林($P_1=0.173$),针叶林($P_1=0.245$)第三,灌木林($P_1=0.246$)第四,针阔混交林($P_1=0.25$)第五,草坡($P_1=0.452$)最差;土壤蓄水能力是落叶阔叶林($P_2=0.053$)最好,其次是竹林($P_2=0.203$),针叶林($P_2=0.334$)第三,针阔混交林($P_2=0.345$)第四,灌木林($P_2=0.349$)第五,草坡($P_2=0.488$)相对最差;渗透能力最大的是针阔混交林($P_3=0.319$),第二是落叶阔叶林($P_3=0.356$),针叶林($P_3=0.405$)第三,竹林($P_3=0.408$)第四,灌木林($P_3=0.410$)第五,草坡($P_3=0.49$)最弱;从土壤涵养水源的综合能力来看,落叶阔叶林($\sum P_i=0.468$)最好,竹林($\sum P_i=0.784$)第二,针阔混交林($\sum P_i=0.914$)第三,针叶林($\sum P_i=0.984$)第四,灌木林($\sum P_i=1.005$)第五,草坡($\sum P_i=1.431$)最差。

表 5 土壤涵养水源的综合能力

植被类型	土壤物理性质		土壤蓄水能力		渗透能力		综合能力	
	P_1	次序	P_2	次序	P_3	次序	$\sum P_i$	次序
落叶阔叶林	0.059	1	0.053	1	0.356	2	0.468	1
针阔混交林	0.250	5	0.345	4	0.319	1	0.914	3
针叶林	0.245	3	0.334	3	0.405	3	0.984	4
灌木林	0.246	4	0.349	5	0.410	5	1.005	5
竹林	0.173	2	0.203	2	0.408	4	0.784	2
草坡	0.452	6	0.488	6	0.490	6	1.431	6

注: P_1 为土壤物理性质, P_2 为土壤蓄水能力, P_3 为土壤渗透能力, $\sum P_i$ 是不同植被类型土壤涵养水源功能的综合表现。

3 讨论

由结果分析可知,竹林与落叶阔叶林物理性质比较,竹林土壤密度第一层相对比落叶阔叶林小,竹林

第二层和第三层都比落叶阔叶林大,竹林总孔隙度第一层和第三层都大于落叶阔叶林,但经坐标综合评价,落叶阔叶林比竹林土壤物理性质好,说明土壤物理性质的好与差不只是单方面决定的,还与非毛管孔

隙度大小有相关性;不同植被土壤蓄水能力强弱可知,不是受最大持水量单方面因素决定的,还与自然含水率、毛管持水量和非毛管持水量的综合相关;从渗透能力来看,落叶阔叶林渗透速度比针叶林、灌木林和竹林都要小,但综合能力却比它们大,说明了渗透速度的差异只是影响渗透能力的一个方面,渗透能力不能只用渗透速度来评定;与渗透系数及温度也是有关系的。通过有林地和草坡的各方面比较,有林地在这方面性质都相对比草坡好,说明植被对水源涵养功能的影响是显著相关的;在李阿瑾^[17]、王鹏程^[18]的研究中,都研究了林冠层、枯落物层和土壤层3个方面涵养水源的综合能力,而本文只从不同植被类型土壤物理性质和土壤蓄水能力方面分析土壤层间的涵养水源功能,其相同之处是土壤的涵养水源功能与植被都密切相关。

4 结论

(1) 通过综合评价,楠杆自然保护区不同植被类型的土壤物理性质是:落叶阔叶林($P_1=0.059$)>竹林($P_1=0.173$)>针叶林($P_1=0.245$)>灌木林($P_1=0.246$)>针阔混交林($P_1=0.25$)>草坡($P_1=0.452$);楠杆自然保护区不同植被类型的土壤物理性质是受土壤容重、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、总孔隙度和土层厚度等多方面影响的;不同植被类型土壤物理特性也因不同植被的林冠截留大小、枯枝落叶层厚度及树根对土壤的松紧度的影响等而导致其土壤的物理性质具有一定的差异,因此,土壤物理性质与植被具有相关性。

(2) 楠杆自然保护区不同植被类型的土壤蓄水能力受土壤自然含水率、最大持水量、毛管持水量、非毛管持水量和土层影响,其各项指标综合能力(P_2 值越小)越大,其蓄水能力也越强,因植被类型不同而导致蓄水能力具有一定的差异;不同植被类型土壤蓄水能力大小顺序是:落叶阔叶林($P_2=0.053$)>竹林($P_2=0.203$)>针叶林($P_2=0.334$)>针阔混交林($P_2=0.345$)>灌木林($P_2=0.349$)>草坡($P_2=0.488$)。

(3) 从6种不同植被类型的土壤物理性质、土壤蓄水能力和渗透能力的综合分析来看,土壤物理性质综合能力(P_1 值越小)越好,土壤蓄水能力(P_2 值越小)越大,土壤渗透能力(P_3 值越小)相对较大,因此其植被类型的水源涵养功能就越强。楠杆不同植被类型土壤水源涵养综合能力大小顺序是:落叶阔叶林($\sum P_i=0.468$)>竹林($\sum P_i=0.784$)>针阔混交林($\sum P_i=0.914$)>针叶林($\sum P_i=0.984$)>灌木林($\sum P_i=1.005$)>草坡($\sum P_i=1.431$)。

(4) 在森林生态系统中,植被类型、土壤结构、孔隙度等指标与土壤的持水、保水及渗水能力直接相关,因此对减少地表径流、涵养水源和削弱水土流失具有重要作用。由于草坡物理性状最差,因此建议在草坡上种植植物以提高土壤的物理性状来增强其土壤的涵养水源功能。

参考文献:

- [1] 薛立,梁丽丽,任向荣,等.华南典型人工林的土壤物理性质及其水源涵养功能[J].土壤通报,2008,39(5):986-989.
- [2] 刘明.凤凰山林场小流域试验场森林土壤涵养水源效益研究[J].林业资源管理,1998,9(6):51-54.
- [3] 徐萍,刘霞,张光灿,等.鲁中山区小流域不同土地利用类型的土壤分形及水分入渗特征[J].中国水土保持科学,2013,11(5):89-95.
- [4] 陈奇伯,齐实,孙立达,等.黄土丘陵区坡耕地土地退化研究[J].水土保持通报,2004,24(1):12-15.
- [5] 陈瑶,张科利,罗利芳,等.黄土坡耕地弃耕后土壤入渗变化规律及影响因素[J].泥沙研究,2005,1(5):45-50.
- [6] 李斌兵,郑粉莉.黄土坡面不同土地利用下的降雨入渗模拟与数值计算[J].干旱地区农业研究,2008,26(5):118-123.
- [7] 郑江坤,魏天兴,陈致富,等.陕北生态退耕区植被群落土壤贮水量与入渗特性[J].水土保持研究,2010,17(4):162-165.
- [8] 孙艳红,张洪江,程金花,等.缙云山不同林地类型土壤特性及其水源涵养功能[J].水土保持学报,2006,20(2):106-109.
- [9] 张志强,余新晓,赵玉涛,等.森林对水文过程影响研究进展[J].应用生态学报,2003,14(1):113-116.
- [10] 阮伏水,吴雄海.关于土壤可蚀性指标的讨论[J].水土保持通报,1996,16(6):68-72.
- [11] 高岗,秦富仓,姚云峰,等.农牧交错带小流域防护林水源涵养功能研究[J].干旱区资源与环境,2009,23(8):180-185.
- [12] 汪永英,段文标.小兴安岭南坡3种林型林地水源涵养功能评价[J].中国水土保持科学,2011,9(5):31-36.
- [13] 蒋文伟,姜志林,余树全,等.安吉主要森林类型水源涵养功能的分析与评价[J].南京林业大学学报:自然科学版,2002,26(4):71-74.
- [14] 李永宁,张宾兰,秦淑英,等.郁闭度及其测定方法研究与应用[J].世界林业研究,2008,21(1):40-46.
- [15] McCulloch J S G, Robinson M. History of forest hydrology [J]. Journal of Hydrology, 1993,15(1):189-216.
- [16] 刘宇,郭建斌,邓秀秀,等.秦岭火地塘林区3种土地利用类型的土壤潜在水源涵养功能评价[J].北京林业大学学报,2016,38(3):73-80.
- [17] 李阿瑾.黄浦江上游近自然林与纯林涵养水源能力比较[D].上海:华东师范大学,2013.
- [18] 王鹏程.三峡库区森林植被水源涵养功能研究[D].北京:中国林业科学研究院,2007.