

赣南地区稀土矿采矿迹地枯落物层和土壤层贮水功能研究

李奕¹, 宋墩福², 王宗丽¹, 张付远²

(1.萍乡学院材料与化学工程学院, 江西 萍乡 337055; 2.江西环境工程职业学院林业学院, 江西 赣州 341002)

摘要: 为探究赣南废弃稀土矿区土壤水源涵养功能, 对其采矿迹地枯落物层和土壤层贮水功能采用环刀法进行研究。结果表明, 不同采矿迹地 0—30 cm 土层土壤含水量平均值表现为天然林地(180.37 g/kg) > 堆积地(170.67 g/kg) > 挖矿地(86.36 g/kg); 土壤容重平均值表现为堆积地(1.54 g/cm³) > 挖矿地(1.31 g/cm³) > 天然林地(1.20 g/cm³); 土壤毛管孔隙度平均值表现为天然林地(44.08%) > 堆积地(37.89%) > 挖矿地(35.82%); 土壤毛管蓄水量平均值表现为天然林地(440.77 t/hm²) > 堆积地(378.94 t/hm²) > 挖矿地(358.20 t/hm²)。土壤最大蓄水量的表现与土壤毛管蓄水量相似。不同采矿迹地涵养水源能力天然林地最强, 其单位面积蓄水量为(561.34±44.32) t/hm², 挖矿地最差, 其值为(431.65±53.66) t/hm²。由此可见, 天然林地土壤水源涵养功能强于各采矿迹地, 稀土矿区采矿作业对枯落物层和土壤层贮水功能影响较大。

关键词: 赣南地区; 稀土矿; 土壤水分物理性质

中图分类号: S715.3; S152.7

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2020)02-0153-06

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2020.02.022

Research on Water Storage of Litter and Soil Layer in the Rare Earth Ore Mining Site in Southern Jiangxi

LI Yi¹, SONG Dunfu², WANG Zongli¹, ZHANG Fuyuan²

(1.College of Materials and Chemical Engineering, Pingxiang University, Pingxiang, Jiangxi 337055;

2.School of Forest, Jiangxi Environmental Engineering Vocational College, Ganzhou, Jiangxi 341002)

Abstract: In order to explore the soil water conservation function of abandoned rare earth mining area in southern Jiangxi, the water storage function of litter and soil layer of the mining site were studied through the ring knife method. The results showed that the average soil water content of 0—30 cm soil layer in different mining sites followed the order of natural forest land (180.37 g/kg) > stacked ground (170.67 g/kg) > mining land (86.36 g/kg). The average value of soil bulk density followed the order of stacked ground (1.54 g/cm³) > mining land (1.31 g/cm³) > natural forest land (1.20 g/cm³). The average value of soil capillary porosity followed the order of natural forest land (44.08%) > stacked ground (37.89%) > mining land (35.82%). The average value of soil capillary storage followed the order of natural forest land (440.77 t/hm²) > stacked ground (378.94 t/hm²) > mining land (358.20 t/hm²). The trend of soil maximum water storage was similar to that of soil capillary storage. The natural forest land had the strongest water conservation capacity among the different mining sites, and the water storage capacity per unit area was (561.34±44.32) t/hm², and that in the mining area was the worst with the value of (431.65±53.66) t/hm². The water conservation of natural forest land was stronger than that of other mining sites, and the mining operations in the rare earth mining area had a great influence on the water storage of litter and soil layer.

Keywords: southern Jiangxi; rare earth mineral; physical properties of soil moisture

森林生态系统中的水文过程大多是通过土壤作为媒介而发生的, 林地土壤水源涵养能力的强弱不仅对 SPAC 系统不同界面间物质和能量的传输与交换过程有重要的影响, 而且直接作用到土壤水分的渗

入、林地蒸散和流域产流^[1-4]。素有“稀土王国”之称的赣南地区, 拥有我国 30% 以上的离子型稀土资源, 是我国第二大稀土矿资源集中地^[5-6]。由于早期稀土开采工艺较为简单, 严重破坏了矿区生态环境, 使矿

区生态系统退化,造成矿区土壤沙化,植被难以恢复,水土流失十分严重。土壤水分成为该区域植被恢复成功与否主要的限制因子之一,本文通过在江西省赣州市信丰县龙舌乡废弃稀土矿治理区,分别对采矿迹地中的采矿地和堆积地的土壤水分物理性质及水源涵养能力的变化规律进行研究,旨在为该区土壤水源涵养功能的研究提供依据,同时为赣南废弃稀土矿区植被恢复提供理论基础。

1 研究区概况

信丰县位于江西省南部,居贡水支流—桃江中游(24°59′—25°33′N,114°34′—115°19′E),境内东西长 76 km,南北宽 63 km,有林地面积 18.41 万 hm^2 。该区处于中亚热带南缘,属典型的亚热带湿润季风气候,年平均气温 19.1~20.8℃,年平均降水量 1 573.6 mm,多集中在 6 月。该区草本层主要植被有铁芒萁(*Dicranopteris dichotoma*)、芒(*Miscanthus sinensis*)、蕨类等;乔灌木层主要有马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)、杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)、木荷(*Schima superb* Gardn. et Champ.)、香樟(*Cinnamomum camphora* (L.) Presl.)等。试验地位于该县龙舌乡内,矿区的挖矿地土壤上基本无植被生存,堆积地上长有零星草本植物。

2 研究方法

2.1 标准地设置

于 2018 年 10 月选择该矿区范围内的挖矿地、堆积地和未被破坏的天然林地 3 块试验样地。在每个样地挖取 3 个土壤剖面,根据土层的情况把土壤剖面分成 0—10,10—20,20—30 cm 3 层,采用 100 cm^3 体积环刀取原状土和土壤铝盒,取样后当天带回实验室立刻进行称重与分析。在每个样地中心设置 30 m×20 m 样方,进行植被调查,分别树种测定林木胸径、年龄、树高等指标。根据试验现场调查发现,天然林地乔木树种较少,仅有马尾松、杉木和木荷分布,其树种组成 7 马 2 杉 1 木,其中马尾松平均树高 8.08 m,其他树种平均树高 5.02 m,马尾松平均胸径 10.05 cm,其他树种平均胸径 6.22 cm,林分密度为 451 株/ hm^2 ,郁闭度为 0.6;挖矿地上基本无植被生存;堆积地上有草本植物铁芒萁和芒零星分布,其郁闭度为 0.2。

2.2 枯落物蓄积量及持水率测定

在标准地内沿对角线设置 50 cm×50 cm 的小样方,按未分解、半分解层收集样方内全部枯落物,精确称重(W_1)后,置于 80℃烘箱中烘至恒重后称重(W_2),枯落物的持水量(W_C ,g)和持水率(W_R ,%)计算公式^[7]为:

$$W_C = W_1 - W_2, \quad W_R = (W_1 - W_2) \times 100 / W_2$$

再将烘干后的枯落物装入尼龙网袋中置于水中浸 24 h,取出将其空干(以无水滴滴下为标准)后称重(W_3),枯落物最大持水量(W_{CM} ,g)和最大持水率(W_{RM} ,%)计算公式^[7]为:

$$W_{CM} = W_3 - W_2, \quad W_{RM} = (W_3 - W_2) \times 100 / W_2$$

2.3 土壤水分物理性质测定

土壤调查采用剖面法,在各标准地选取有代表性样点,分别按 0—10,10—20,20—30 cm 取样。用烘干法测定土壤含水量,用环刀法测定土壤容重、孔隙度等物理性质^[8]。土壤饱和蓄水量和土壤毛管蓄水量计算公式为:

$$W_t = 10000 P_t h, \quad W_c = 10000 P_c h$$

式中: W_t 为土壤饱和蓄水量(t/hm^2); W_c 为土壤毛管蓄水量(t/hm^2); P_c 为土壤毛管孔隙度(%); P_t 为土壤总孔隙度(%); h 为土层厚度(m)^[9]。

3 结果与分析

3.1 不同采矿迹地枯落物层持水能力

3.1.1 枯落物厚度及蓄积量 不同迹地枯落物厚度及蓄积量见表 1。不同迹地未分解层、半分解层和枯落物总厚度和蓄积量的平均值均为天然林地>堆积地>挖矿地。未分解层厚度平均值分别为(11.17±0.58),(8.02±0.43),0 mm,经方差分析,两两均呈显著差异($P<0.05$);半分解层厚度平均值分别为(10.00±0.68),(9.16±0.38),0 mm,方差分析结果除天然林地与堆积地半分解层厚度差异不显著($P>0.05$)外,其余两两均差异显著($P<0.05$);枯落物总厚度平均值分别为(21.17±1.00),(17.18±0.37),0 mm,方差分析两两均差异显著($P<0.05$)。天然林地和堆积地未分解层蓄积量平均值分别为(8.75±0.51),(6.41±0.49) t/hm^2 ,分别占枯落物总蓄积量的 55.17%和 48.63%;半分解层蓄积量平均值分别为(7.11±1.28),(6.77±0.63) t/hm^2 ,分别占枯落物总蓄积量的 44.83%和 51.37%。通过调查与试验发现,挖矿地对于土壤破坏较大,整个土壤剖面土壤沙质化较严重,地表除零星几棵马尾松外基本无植被生存,堆积地地表虽无乔木和灌木层植被,但草本层较为繁茂。可见,天然林地无论是枯落物厚度还是枯落物蓄积量均大于挖矿地和堆积地,相比较而言,能够较好地发挥其水源涵养能力。

3.1.2 枯落物持水能力 通常用枯落物干物质的最大持水量和最大持水率来衡量枯落物的持水能力。最大持水率的大小可反映水容量的大小,枯落物最大持水量越大,吸收和过滤地表径流的作用越强,其水文作用越大,最大持水率反映了枯落物吸水率的大小^[10]。

不同迹地枯落物持水能力见表 2。无论是枯落

物未分解层还是半分解层,其最大持水率和最大持水量均为天然林地>堆积地>挖矿地。天然林地枯落物未分解层最大持水率和最大持水量分别为 251.07%和 25.31 t/hm²,其值分别是堆积地的 1.25,1.29 倍。天然林地枯落物半分解层最大持水率和最大持水量分

别为 301.45%,26.38 t/hm²,其值分别是堆积地的 1.21,1.17 倍。可知虽然堆积地在采矿过程中也收到一定程度的破坏,但其枯落物层的水源涵养能力仍然存在,而挖矿地由于地表破坏严重,无植被分布,导致其枯落物层水源涵养将几乎丧失。

表 1 不同采矿迹地枯落物厚度与蓄积量特征

取样点	枯落物厚度/mm			枯落物蓄积量/(t·hm ⁻²)				
	未分解层	半分解层	总厚度	未分解层		半分解层		总蓄积量
				蓄积量	占总量%	蓄积量	占总量%	
天然林地	11.17±0.58	10.00±0.68	21.17±1.00	8.75±0.51	55.17	7.11±1.28	44.83	15.86±2.21
挖矿地	0	0	0	0	0	0	0	0
堆积地	8.02±0.43	9.16±0.38	17.18±0.37	6.41±0.49	48.63	6.77±0.63	51.37	13.18±0.80

注:表中数据为平均值±标准差。

表 2 不同采矿迹地枯落物层持水能力

取样点	最大持水率/%		最大持水量/(t·hm ⁻²)			标准差		
	未分解层	半分解层	未分解层	半分解层	枯落物层	未分解层	半分解层	枯落物层
天然林地	251.07	301.45	25.31	26.38	51.69	8.00	7.29	11.64
挖矿地	0	0	0	0	0	0	0	0
堆积地	201.16	249.45	19.63	22.57	42.20	4.06	6.89	6.69

3.2 不同采矿迹地土壤含水量特征

由图 1 可知,0—10 cm 土层土壤含水量为天然林地>堆积地>挖矿地,其值分别为(232.26±28.49),(169.17±2.07),(82.10±18.01)g/kg,天然林地是挖矿地的 2.83 倍,不同迹地 0—10 cm 土层土壤含水量差异均显著($P<0.05$)。10—20,20—30cm 土层土壤含水量均为堆积地>天然林地>挖矿地,除堆积地与天然林地土壤含水量差异不显著外,其余两两均差异显著($P<0.05$)。分析原因可能因为堆积地主要植被为草本,而大部分草本根系均分布在 0—10 cm 土层,且堆积地土壤由于被压实,导致土壤结构较差,土壤水分蒸发较慢,因此,其 10—20,20—30 cm 土层土壤水分含量均稍高于天然林地。

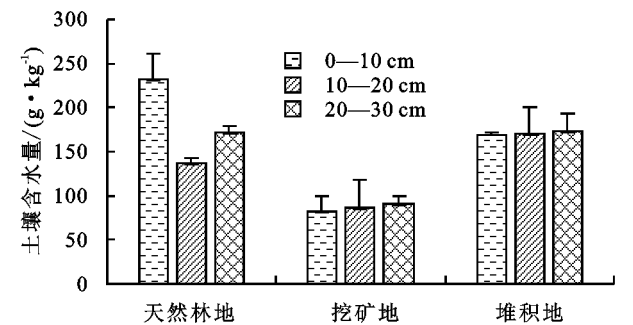


图 1 不同采矿迹地土壤含水量特征

天然林地不同层次土壤含水量为 0—10 cm>20—30 cm>10—20 cm,0—10 cm 土层土壤含水量最大,达(232.26±28.49)g/kg;10—20 cm 土层土壤含水量最小,为(137.08±5.59)g/kg,不同土层间土壤含水量差异显著($P<0.05$)。根据实地土壤剖面调查,分析原因可能为 10—20 cm 土层为乔木根系分

布主要土层,因此其根系吸收了该土层大部分水分而导致该层土壤含水量偏低。而堆积地和挖矿地不同层次土壤含水量均为 20—30 cm>10—20 cm>0—10 cm,即随着土层加深,其土壤含水量呈增加趋势,但其增加幅度相对较小,趋势不明显。虽然堆积地与挖矿地不同层次土壤含水量变化趋势一致,但堆积地土壤含水量显著大于同层次挖矿地土壤含水量($P<0.05$)。可见,采矿对于土壤含水量影响较大,而水分是植被生存的重要条件之一,因此挖矿地上除零星几株耐干旱贫瘠的马尾松幼树外,无其他植被分布。

3.3 不同采矿迹地土壤容重特征

从图 2 可以看出,天然林地和堆积地不同层次土壤容重大小规律一致,均表现为 0—10 cm<20—30 cm<10—20 cm,即 10—20 cm 土层土壤容重最大,分别为(1.265±0.071),(1.558±0.141)g/cm³,而挖矿地土壤容重大小表现为 20—30 cm<10—20 cm<0—10 cm,其值分别为(1.258±0.039),(1.306±0.038),(1.365±0.115)g/cm³。就 0—30 cm 土层土壤容重来看,由于堆积地土壤受到较为强烈的堆积挤压作用,使得其土壤容重大于挖矿地和天然林地,挖矿地土壤沙子较多,其土壤容重大小次之,而天然林地由于未受破坏及地上植物根系存在,使其土壤容重最小。从土壤整体来看,0—30 cm 土层土壤容重为堆积地(1.54 g/cm³)>挖矿地(1.31 g/cm³)>天然林地(1.20 g/cm³),天然林地土壤容重最小,分析原因可能为堆积地经过堆积压实作用破坏了土壤结构,土壤空隙变小,使得单位体积下土壤质量增大,从而导致土壤容重增大。此外,随着土层深度增加,土壤

中有机质含量逐渐减少,从而增加了土壤的紧实度。

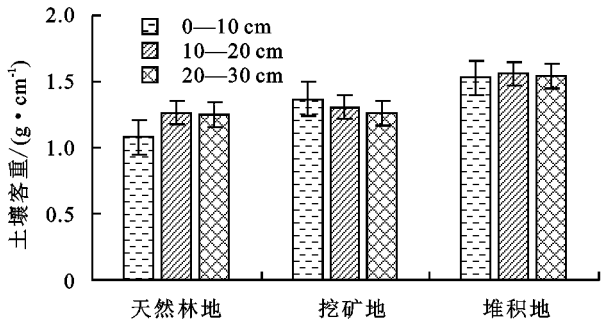


图 2 不同采矿迹地土壤容重特征

3.4 不同采矿迹地土壤孔隙度特征

毛细孔隙度大小是体现土壤吸收水分用于植被生长发育能力的指标,毛细孔隙度与森林植物生长能力成正比关系^[11],一般有机质丰富的土壤中毛细孔隙较多。从图 3 可以看出,0—30 cm 土层范围内,天然林地土壤毛细孔隙度随着土层深度增加呈递减且趋于平稳的趋势,即表层 0—10 cm 土层土壤毛细孔隙度最大,其值为(47.36±8.64)%,挖矿地土壤毛细孔隙度则随着土层深度的增加先小幅度减少后增加,即 10—20 cm 土层土壤毛细孔隙度最小,其值为(34.60±5.45)%,20—30 cm 土层土壤毛细孔隙度最大为(38.04±2.39)%。堆积地土壤毛细孔隙度随着土层深度增加毛细孔隙度持续小幅度增长,其中 0—10 cm 土层土壤毛细孔隙度最低为(37.32±1.86)%,20—30 cm 土层毛细孔隙度最高为(38.44±2.28)%。在土层深度一定时,0—10 cm 土层内,不同迹地土壤毛细孔隙度大小表现为天然林地(47.36±8.64)%>堆积地(37.32±1.86)%>挖矿地(34.82±2.37)%;10—20,20—30 cm 土层内,不同迹地土壤毛细孔隙度大小均表现为天然林地>堆积地>挖矿地。综合 0—30 cm 土层不同迹地平均土壤毛细孔隙度大小表现为天然林地(44.08%)>堆积地(37.89%)>挖矿地(35.82%)。由此可以看出,不同土层深度时均有天然林地土壤孔隙度最大,挖矿地最小,吸收水分能力最强的也为天然林地,而挖矿地土壤孔隙度经过采矿机械的破坏使其变小,保水能力较弱,不利于植物的生长发育。

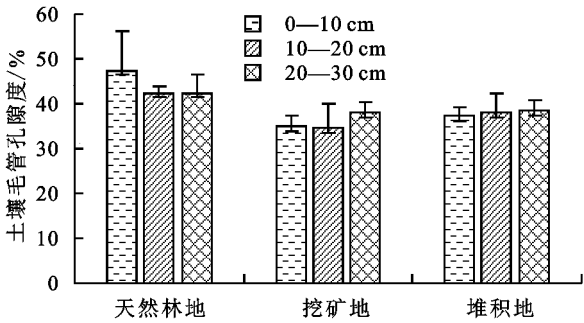


图 3 不同采矿迹地土壤毛细孔隙特征

从图 4 可以看出,在 0—30 cm 土层范围内,天然

林地土壤总孔隙度随着土层深度增加呈波动减少的趋势,即 0—10 cm 土层土壤总孔隙度最大,其值为(54.26±3.80)%;挖矿地土壤总孔隙度则是随着土层深度的增加呈较小幅度增大,20—30 cm 土层土壤总孔隙度最大,其值为(45.98±3.86)%,比 0—10 cm 土层增大 6.13%;而堆积地土壤总孔隙度随着土层深度增加基本稳定不变,最少为 0—10 cm 土层,土壤总孔隙度最低为(40.89±1.46)%,20—30 cm 土层深度最大仅比最低的多 1.05%。整个土层土壤总孔隙度平均值大小表现为天然林地(50.97%)>挖矿地(43.16%)>堆积地(41.32%),不同层次土壤总孔隙度范围为 40.89%~54.26%,之前曾有学者^[12-14]提到,最适合植被恢复生长的土壤总孔隙度为 50%或者大于 50%以上,而通过本研究发现,只有天然林地土壤总孔隙度在此值之上,适宜植被生长,受采矿作业影响的挖矿地和堆积地土壤总孔隙度均显著低于植被生长较适宜。因此,采矿作业一旦破坏了土壤结构,则其地上植被恢复相对较为困难。

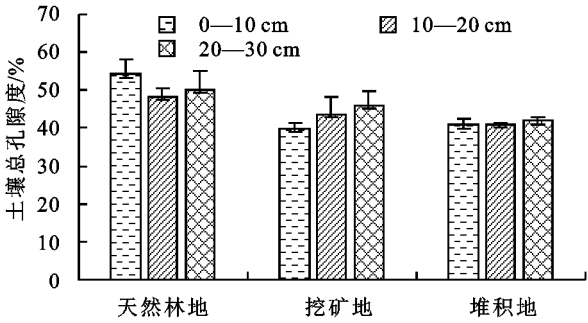


图 4 不同采矿迹地土壤总孔隙度特征

3.5 不同采矿迹地土壤毛细蓄水量特征

土壤毛细孔隙中的水分可以长时间保持在土壤中,有利于植物根系吸收和土壤蒸发,土壤毛细蓄水量指土壤所有毛细管都充满水分时的土壤蓄水量。由图 5 可知,天然林地土壤毛细蓄水量随着土层深度增加呈略微降低的趋势,0—10 cm 土层土壤毛细蓄水量最大,其值为(348.18±23.68)t/hm²;挖矿地土壤毛细蓄水量随着土层深度呈先略微降低后增加的趋势,10—20 cm 土层毛细蓄水量最低,20—30 cm 土层毛细蓄水量最高,其值分别为(345.98±54.52), (380.45±23.86)t/hm²;堆积地土壤毛细蓄水量随着土层深度增加呈略微增加的趋势,0—10 cm 土层土壤毛细蓄水量最低,比 20—30 cm 土层深度的毛细蓄水量低 11.25 t/hm²。在同一土层深度,0—10 cm 土层土壤毛细蓄水量大小表现为天然林地(384.44±86.39 t/hm²)>堆积地(373.19±18.60 t/hm²)>挖矿地(348.18±23.68 t/hm²);10—20 cm 土层土壤毛细蓄水量表现为天然林地(423.96±14.64 t/hm²)>堆积地(379.17±42.68 t/hm²)>挖矿地(345.98±

54.52 t/hm²);20—30 cm 土层土壤毛管蓄水量表现为天然林地(424.69±41.93 t/hm²)>堆积地(384.44±22.76 t/hm²)>挖矿地(380.45±23.86 t/hm²)。整个土层土壤毛管蓄水量平均值大小表现为天然林地(440.77 t/hm²)>堆积地(378.94 t/hm²)>挖矿地(358.20 t/hm²)。天然林地的土壤毛管蓄水量平均值比挖矿地多 82.57 t/hm²,比堆积地多 61.83 t/hm²。分析原因可能为挖矿地和堆积地的土壤毛管孔隙由于采矿作业遭受到了一定的破坏,且挖矿地破坏程度比堆积地严重,影响较大区域集中在 0—20 cm 土层。

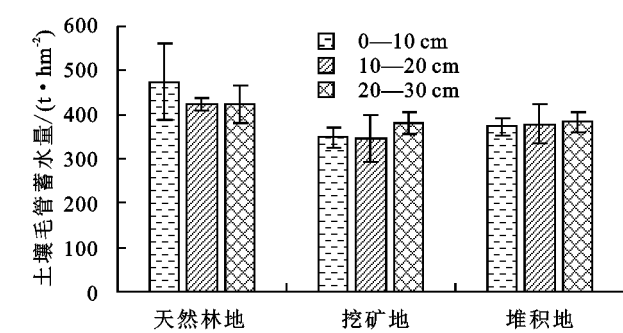


图 5 不同迹地土壤毛管蓄水量特征

3.6 不同采矿迹地土壤最大蓄水量特征

由图 6 可知,天然林地土壤最大蓄水量随着土层深度增加呈波动减少的趋势,0—10 cm 土层土壤最大蓄水量最大,其值为(542.65±58.15)t/hm²,10—20 cm 土层土壤最大蓄水量最小,其值为(483.65±20.14)t/hm²;挖矿地土壤最大蓄水量随着土层深度增加呈增大的趋势,20—30 cm 土层土壤最大蓄水量最高,其值为(459.78±14.97)t/hm²,0—10 cm 土层其值最低为(398.51±33.48)t/hm²;堆积地土壤最大蓄水量随着土层深度增加变化幅度较小。从同一土层来看,0—10 cm 土层土壤最大蓄水量大小表现为天然林地(542.65±58.15 t/hm²)>堆积地(408.86±20.61 t/hm²)>挖矿地(398.51±33.48 t/hm²);10—20 cm 土层最大蓄水量表现为天然林地(483.63±20.14 t/hm²)>挖矿地(436.65±9.93 t/hm²)>堆积地(411.17±44.99 t/hm²);20—30 cm 土层最大蓄水量大小有天然林地(502.65±58.15 t/hm²)>挖矿地(459.78±14.97 t/hm²)>堆积地(419.44±14.11 t/hm²)。0—30 cm 整个土层土壤最大蓄水量表现为天然林地(509.65 t/hm²)>挖矿地(431.65 t/hm²)>堆积地(413.16 t/hm²),天然林地平均最大蓄水量比挖矿地多 78.00 t/hm²,比堆积地多 96.49 t/hm²。可见,未破坏的天然林地土壤的最大蓄水量大于受采矿作业影响的堆积地和挖矿地土壤最大蓄水量。

3.7 不同采矿迹地土壤涵养水源能力特征

研究不同采矿迹地单位面积蓄水量(枯落物层和

土壤层),能更为直观地了解不同采矿迹地的水源涵养能力,从而为采矿迹地的植被恢复研究提供科学支持。由图 7 可知,天然林地的涵养水源能力最大,其单位面积蓄水量达(561.34±44.32)t/hm²,其次为堆积地,其值为(455.35±64.21)t/hm²,挖矿地的涵养水源能力最低,其单位面积蓄水量为(431.65±53.66)t/hm²。可见,采矿作业对于林地涵养水源能力产生了严重影响,堆积地和挖矿地涵养水源能力均显著低于天然林地。挖矿地土壤层由于其土壤孔隙较好,因此其蓄水量大于堆积地土壤层,但由于挖矿地枯落物层几乎为零,使得其枯落物层蓄水量为零,最终导致其单位面积蓄水量少于堆积地。采取一定植被恢复措施,恢复土壤水源涵养能力,是采矿迹地植被恢复需要解决的重要问题。

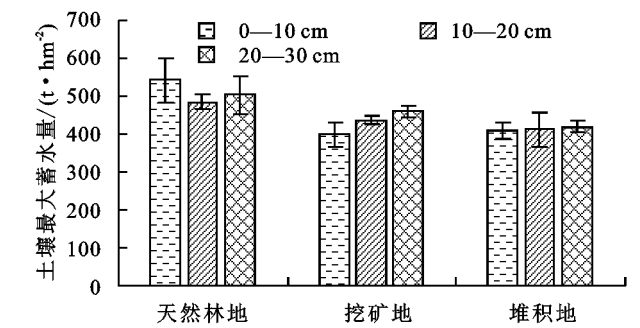


图 6 不同迹地土壤最大蓄水量特征

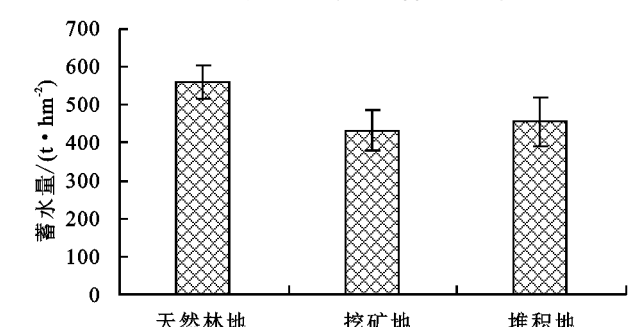


图 7 不同采矿迹地土壤涵养水源能力

4 讨论

近年来,关于土壤涵养水源能力的研究报道较为集中在土壤条件较好的自然保护区^[15-17]和自然植被相对较好的山区^[18-20],对于受干扰破坏林地的相关研究报道较少,赣南地区作为主要离子型稀土矿区,其采矿后的恢复研究大部分集中在采用土壤改良剂对土壤进行改良方面^[21-22],土壤水分条件作为限制植物生长的主要因子之一,相关研究不足。通过本研究发现,稀土矿区采矿作业对土壤水分物理性质和涵养能力影响较大,不仅导致地上植被破坏,更破坏了土壤原有结构,使其保水透水功能降低。堆积地由于堆积压实作用,使土壤滞留水分能力较天然林地高,但其透水能力较差,在较强降雨情况下容易造成积水,对植物生长造成一定程度的影响。挖矿地由于采

矿作业破坏导致其采矿后的土壤基本为砂质,透水能力强,而保水能力较差,植被较难生长。而未破坏的天然林地,其土壤水分物理性质较好,保水透水能力较强,能够维持较好的土壤水分状况,更适宜植物的生长。因此,通过制定合理开采规模及开采工艺的改进与完善来减少开采过程对矿区土壤的影响有待进一步研究。

5 结 论

(1)不同采矿迹地 0—30 cm 土层平均土壤含水量表现为天然林地(180.37 g/kg)>堆积地(170.67 g/kg)>挖矿地(86.36 g/kg),挖矿地土壤含水量最低,通过实地踏查发现,挖矿地土壤基本为砂质,其采矿作业对挖矿地土壤含水量影响最大。

(2)不同采矿迹地土壤容重平均表现为堆积地(1.54 g/cm³)>挖矿地(1.31 g/cm³)>天然林地(1.20 g/cm³),挖矿地和堆积地由于采矿作业使得土壤有机质含量减少,容重增大,且堆积地由于堆积压实作用,使得其土壤容重最大。土壤毛管孔隙度平均值大小表现为天然林地(44.08%)>堆积地(37.89%)>挖矿地(35.82%),毛管孔隙度的变化范围为 34.60%~47.36%,挖矿地由于采矿作业破坏了土壤毛管孔隙结构,使得其毛管孔隙呈现较大程度的减少,导致其土壤可利用水分存储能力减弱。挖矿地由于堆积压实作用使其土壤滞留水能力最强,但其土壤透气性较差。土壤总孔隙度与毛管孔隙度的变化规律相似。

(3)不同采矿迹地土壤毛管蓄水量平均表现为天然林地(440.77 t/hm²)>堆积地(378.94 t/hm²)>挖矿地(358.20 t/hm²)。土壤最大蓄水量与土壤毛管蓄水量相似,即天然林地土壤最大蓄水量最大。

(4)不同采矿迹地涵养水源能力天然林地最强,其单位面积蓄水量为(561.34±44.32)t/hm²,挖矿地最差,其值为(431.65±53.66)t/hm²。

参考文献:

[1] 刘培娟,杨吉华,李申安.三里庄水库上游水源涵养林不同林分枯落物水容量研究[J].水土保持研究,2007,14(1):239-245.

[2] 周传艳,周国逸,闫俊华,等.鼎湖山地带性植被及其不同演替阶段水文学过程长期对比研究[J].植物生态学报,2005,29(2):208-217.

[3] 刘世荣,温远光,王兵,等.中国森林生态系统水文生态规律[M].北京:中国林业出版社,1996:335.

[4] 杨海龙,朱金兆,毕利东.三峡库区森林流域生态系统土壤

渗透性能的研究[J].水土保持学报,2003,17(3):63-65.

[5] 梁惕平,陈韬.赣南某稀土矿矿山恢复治理措施[J].中国科技博览,2013(27):555.

[6] 邹国良,陈富生.赣南矿产资源综合开发与利用研究[J].采矿技术,2006(4):13-15.

[7] 王勤,张宗应,徐小牛.安徽大别山库区不同林分类型的土壤特性及其水源涵养功能[J].水土保持学报,2003,17(3):59-62.

[8] 张万儒,许本彤.森林土壤定位研究方法[M].北京:中国林业出版社,1986.

[9] 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.

[10] 王贵霞,李传荣,许景伟,等.沙质海岸 5 种植被类型土壤物理性状及其水源涵养功能[J].水土保持学报,2005,19(2):142-146.

[11] 李淑春.冀北山地华北落叶松、桦木林土壤水分物理性质研究[J].河北林果研究,2017,32(1):142-146.

[12] 林佳慧,曾曙才.不同林分类型土壤水分及物理性质对比研究[D].武汉:华南农业大学,2016.

[13] 李奕,满秀玲,蔡体久,等.大兴安岭山地樟子松天然林土壤水分物理性质及水源涵养功能研究[J].水土保持学报,2011,25(2):87-96.

[14] 赵磊,王兵,蔡体久,等.江西大岗山不同密度杉木林枯落物持水和土壤贮水能力研究[J].水土保持学报,2013,27(1):203-208.

[15] 刘西刚,王勇辉,焦黎.夏尔希里自然保护区典型植被土壤水源涵养功能探究[J].水土保持学报,2019,33(3):121-128.

[16] 王勇,杨瑞,瞿爽,等.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[J].水土保持研究,2018,25(6):183-188.

[17] 马国飞,满苏尔·沙比提,张雪琪.托木尔峰国家级自然保护区台兰河上游不同海拔草地土壤持水能力研究[J].草地学报,2017,25(5):966-972.

[18] 陈琦,刘苑秋,刘士余,等.杉木取代阔叶林后林下水源涵养功能差异评价[J].水土保持学报,2019,33(2):244-250.

[19] 刘顺,盛可银,刘喜帅,等.赣南毛竹林土壤的渗透性特征[J].安徽农业大学学报,2018,45(2):252-257.

[20] 张引,黄永梅,周长亮,等.冀北山地 5 个海拔梯度油松林枯落物与土壤水源涵养功能研究[J].水土保持研究,2019,26(2):126-131.

[21] 杨侨,赵龙,侯红,等.土壤改良剂对赣南废弃稀土尾矿的改良效应[J].应用化工,2018,47(2):211-214.

[22] 周彩云.赣南离子型稀土矿区损毁土壤不同改良剂应用效应研究[D].南昌:江西农业大学,2018.