

北京九龙山不同立地土壤蓄水量 及水分有效性的研究*

周择福 李昌哲

摘要 对九龙山不同立地土壤蓄水量和土壤水分有效性研究结果表明:阴坡中下部的人工油松林、中上部的灌木林和裸地,以及阳坡中下部的人工侧柏林、中上部的灌木林和裸地的土壤有效涵蓄量分别为:149.63、133.49、102.49、99.93、95.92、70.78 mm;土壤的饱和蓄水量变化范围在1 605.86~2 353.66 t/hm²之间。土壤水分只有7、8两月处在易效水阶段,其它时间均属难效水范围,即使雨季的土壤有效水分也难以达到田间持水量,春旱时期土壤水分接近或低于土壤凋萎含水量。

关键词 北京九龙山、立地条件、土壤蓄水量、土壤水分有效性

土壤水分有效性是评价植物对土壤水分利用程度,以及水分胁迫对植物生长影响的主要指标,也是干旱、半干旱地区造林的重要问题。此研究在国外开展较早,研究内容已涉及到了植物根系的吸水速率,发展到土壤水分有效性动力学^[1]。我国对此研究较少,尤其对太行山低山区的不同立地条件下的土壤水分有效性研究至今未见报道。本文以北京九龙山为试验基地,研究了该区的土壤蓄水性及土壤水分有效性,得出了土壤水分的利用范围,为该区的林业生产实践提供了理论依据。

1 试区自然概况

试验区属太行山低山丘陵,位于北京市门头沟区的中国林业科学研究院北方造林实验中心内,116°6' E,39°42' N,海拔220~599 m,年均气温11.8℃,年降水量623.0 mm,多水年分达970.1 mm,少水年分仅285.3 mm,6~9月的降雨量占全年的80%以上,年平均蒸发量约为降雨量的3倍。土壤为砂岩、页岩风化坡积物上发育的淋溶褐土和褐土,由于长期遭受不同程度的侵蚀,土壤表现为粗骨性特征,土层较薄,层次发育不全,石砾含量高,保水性能差。植被以灌木为主,有荆条(*Vitex negundo* var. *heterophylla* (Franch.) Rehd.)、酸枣(*Ziziphus spinosus* Hu)、胡枝子(*Lespedeza bicolor* Turcz.)、蚂蚱腿子(*Myriophos dioica* Bunge)和三裂绣线菊(*Spiraea trilobata* Liwn.)等。另有成片的侧柏(*Platycladus orientalis* (L.) Franco)和油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)人工林。

2 研究方法

在实地调查的基础上,选择有代表性的4种植被类型,设置固定标准地6块,油松林和侧

1994—04—23 收稿。

周择福助理研究员,李昌哲(中国林业科学研究院林业研究所 北京 100091)。

* 本文为国家“八五”攻关项目“水土保持林结构模式”的部分内容。

柏林的标准地各为 20 m×20 m,阴、阳坡灌木林的各为 10 m×10 m,标准地的基本情况见表 1,在灌木林地的附近各设一块 10 m×10 m 的标准地,雨季前清除灌木和杂草,经过一个雨季,使其成为无杂草生长的裸露地,进行对比试验。

表 1 标准地基本情况

植被类型	平均树高(m)	平均胸(地)径(cm)	密度(株/hm ²)	郁闭度(盖度)	林龄(a)	坡度(°)	坡向	坡位	海拔(m)
阴坡油松林	4.1	9.5	2 145	1.0	29	22	N	中下部	260
阳坡侧柏林	4.6	7.5	2 355	0.9	29	23	SW	下部	240
阴坡灌木	1.4	(3.2)	—	0.9	—	30	N	中上部	285
阳坡灌木	0.9	(2.1)	—	0.9	—	32	S	中上部	275
阴坡裸地(ck)	—	—	—	—	—	30	N	中上部	285
阳坡裸地(ck)	—	—	—	—	—	32	S	中上部	275

田间持水量:环刀法;最大吸湿水:米镵里西测定法^[2]。

土壤水分动态观测:用中子水分仪和烘干法,从 1991 年~1993 年 3 月~10 月。每月测 3 次,每次 3 个重复,每块标准地测 0~10、10~20、20~30、30~40、40~50 cm 土层水分。

土壤有效水含量(%)=土壤田间持水量(%)—土壤凋萎含水量(%)。标准地调查:按常规方法进行。

3 结果与分析

3.1 不同立地土壤蓄水量

我国的林学界和水土保持领域,通常用土壤非毛管蓄水量作为计量森林土壤蓄水量的基准^[3]。而半干旱地区,土壤毛管蓄水量是非毛管蓄水量的几倍,土壤水分很难达到饱和,林地土壤水分经常处于亏缺状态,土壤储水以吸持蓄水为主,因此,用非毛管蓄水量评价土壤蓄水性能不全面,也不合理,应以非毛管孔隙和毛管孔隙蓄水(即饱和蓄水量)评价该区的土壤蓄水性能。

土壤蓄水量的计算公式如下:

$$W_A = W_c + W_o$$

式中: W_A ——土壤饱和蓄水量(t/hm²); W_c 、 W_o ——分别为毛管蓄水量和非毛管蓄水量(t/hm²)。

$$W_c = 10^4 \times h \times p_c \times r_w; W_o = 10^4 \times h \times p_o \times r_w$$

h ——土层厚度(m); p_c 、 p_o ——毛管孔隙度、非毛管孔隙度(%); r_w ——水容重(t/m³)。

由表 2 可知,由于受立地条件的坡向和坡度的影响,不同立地的土壤蓄水量差异很大,阴坡土壤蓄水量好于阳坡。即使在同一坡向中,土壤的饱和蓄水量也有差异,处在阴坡中下部位的油松林地土壤蓄水量最高,为 2 353.66 t/hm²,其次为灌木林和裸地,阳坡以中上部的灌木林最高 1 871.54 t/hm²,中下部的侧柏次之,裸地的最低。土壤的蓄水性能与土壤的前期含水量密切相关,当土壤湿度很大时,土壤的蓄水量就会减少,即使降雨量很小时,也会产生地表径流。因此,把饱和蓄水量与土壤平均含水量之差作为衡量土壤涵蓄降水量的指标。由上分析可知,该区的蓄水方式以毛管蓄水为主,毛管蓄水量与土壤平均蓄水量之差更能反映土壤的蓄水

特性,称其为有效涵蓄量(表2)。有效涵蓄量的变化与涵蓄降水量的变化一致,都是阴坡好于阳坡,由于乔木林地的坡度较灌木林地和裸地的坡度小,坡位又处在中下部,因此,乔木林地的有效涵蓄量明显高于灌木林地和裸地。有效涵蓄量大,有利于调节地表径流,增加土壤有效水,减少降水的无效损失和表土的流失。因此,在九龙山低山区的中下部位,营造乔木人工林,可以改良土壤,减少地表径流,增加土壤水分。

表2 标地土壤蓄水量

标准地名称	土层厚度(cm)	毛管蓄水量(t/hm ²)		非毛管蓄水量(t/hm ²)		饱和蓄水量(t/hm ²)		土壤 ^① 含水量(mm)	涵蓄 ^② 降水量(mm)	有效 ^③ 涵蓄量(mm)
		每公顷含水量	合计	水层厚度(mm)	每公顷含水量	合计	水层厚度(mm)			
阴坡油松林	0~20	761.36			162.70		924.06			
	20~50	1232.70	1994.06	199.41	196.90	359.60	36.00	1429.60	2353.66	235.37
阳坡侧柏林	0~20	604.20			175.84		780.04			
	20~50	806.40	1410.60	141.06	201.36	377.20	37.72	1007.76	1787.80	178.78
阴坡灌木林	0~20	812.48			150.20		962.68			
	20~50	1103.60	1916.08	191.61	253.60	403.80	40.38	1357.20	2319.88	231.99
阳坡灌木林	0~20	595.20			198.30		793.50			
	20~50	819.04	1414.24	141.42	259.00	457.30	45.73	1078.04	1871.54	187.15
阴坡裸地(ck)	0~50	1856.32			185.63	367.70	36.70	2224.02		222.40
阳坡裸地(ck)	0~50	1111.76			111.18	494.10	49.41	1605.86		160.59

①土壤含水量:1992~1993年3~10月平均土壤含水量;②涵蓄降水量:饱和蓄水量-土壤含水量;③有效涵蓄量:毛管蓄水量-土壤含水量。

3.2 不同立地的土壤凋萎含水量

从土壤水分特征曲线1500 kPa时推求出的试验土壤含水量^[4],并与盆栽测定的2.5年生油松、侧柏苗的凋萎系数相比较(表3),最大吸湿含水量最多的是阴坡灌木林地(20~50 cm)为4.78%,最少的是油松林地(20~50 cm)为2.96%;两乔木树种土壤的凋萎含水量以最大吸湿水的1.5倍计算,最多的是阴坡油松林地4.45%,阳坡侧柏林地次之4.41%,再与盆栽2.5年生油松和侧柏的凋萎系数(分别为4.90%、4.38%)相比较^[5]比值很接近。因此,用实测的土壤最大吸湿水的1.5倍,作为试区的土壤凋萎含水量是合适的。它们的凋萎含水量从大到小依次为:中下部的阳坡侧柏林地4.41%和阴坡油松林地4.45%;中上部的阳坡灌木林地5.61%和阳坡裸地5.96%,以及阴坡裸地6.22%和阴坡灌木林地6.74%,可见,不同立地土

表3 土壤有效水含量

(单位:%)

标准地名称	土层厚度(cm)	田间持水量	田间持水量				凋萎含水量			1500 kPa时土壤含水量	有效水含量	
			平均	土壤吸力值(kPa)	平均	最大吸湿水	1.5倍	平均	有效含水量		平均	
阴坡油松林	0~20	24.26		0.20		2.97	4.45		6.46	19.71		
	20~50	23.68	23.92	0.23	0.22	2.96	4.44	4.45	5.57	19.24	19.48	
阳坡侧柏林	0~20	21.52		0.23		2.93	4.40		5.62	17.63		
	20~50	18.56	20.04	0.34	0.29	2.95	4.42	4.41	5.65	13.71	15.63	
阴坡灌木林	0~20	31.04		0.17		4.21	6.31		7.19	24.73		
	20~50	23.36	27.20	0.38	0.28	4.78	7.17	6.74	9.19	16.19	20.46	
阳坡灌木林	0~20	21.20		0.27		3.47	5.20		5.73	16.00		
	20~50	20.59	20.90	0.39	0.33	4.01	6.02	5.61	7.37	14.57	15.29	
阴坡裸地(ck)	0~50	23.86	23.86	0.34	0.34	4.15	6.22	6.22	6.85	17.64	17.64	
阳坡裸地(ck)	0~50	18.56	18.56	0.33	0.33	3.97	5.96	5.96	8.35	12.60	12.60	

注:油松和侧柏用2年生留床苗侧凋萎系数,分别为4.90%和4.38%。

壤的凋萎含水量不同。在林地土壤内,林木本身还有一种能忍受最低土壤含水量的特性,凋萎含水量越低,林木的抗旱性就越强,侧柏凋萎时的土壤含水量比油松林地低,阳坡侧柏比阴坡油松的抗旱力强,阳坡灌木比阴坡灌木的抗旱力也强。

3.3 不同立地土壤田间持水量和有效水范围

表3表明,田间持水量阴坡明显高于阳坡。阴坡的灌木林地最大为27.20%,油松林地23.92%,裸地23.86%,阳坡土壤的田间持水量变化范围在18.56%~20.90%之间,阳坡灌木林地最大,裸地最小,侧柏介于两者之间。田间持水量最大是阴坡灌木林地27.20%,最小是阳坡裸地18.56%,前者是后者的1.5倍。可见,阴坡的供水状况好于阳坡,上层(20~50 cm)的供水状况好于下层(20~50 cm),同一坡向中,灌木林地的供水状况好于乔木林地,裸地最差。土壤有效水含量是田间持水量与凋萎含水量之差。试区内土壤的有效水含量由大到小依次为:阴坡中上部灌木林地20.4%,阴坡中下部油松林地19.48%,阴坡中上部裸地17.64%,阳坡中下部侧柏林地15.6%,阳坡中上部灌木林地15.29%,阳坡中上部裸地12.60%,有效水的范围分别为:阴坡中上部灌木林地6.74%~27.20%,阴坡中下部油松林地4.45%~23.92%,阴坡中上部裸地6.22%~23.86%,阳坡中上部灌木林地5.61%~20.90%,阳坡中下部侧柏林地4.41%~20.04%,阳坡中上部裸地5.96%~18.56%。

3.4 不同立地土壤水分的有效程度

由图1可知,试区内的土壤水分都没有达到有效水分的上限,大部分时间的土壤水分都处在难效水的状态中,从3~6月阳坡中上部灌木林和裸地都处于难效水状态,有的还处于无效水阶段,只有在7、8两月,由于降水量的增加,土壤水分好转,阴坡的中下部油松林、中上部灌木林和裸地处于易效水状态;阳坡中下部的侧柏林在8月分处于易效水状态。这说明,在半干旱的九龙山地区,土壤水分成为植物生长的主要限制因子,而春季土壤水分的严重亏缺影响着林木的生长。因此,在造林时要选择抗旱性强的树种,同时,在现有人工林中,不断间伐调整林分密度,减少树木蒸腾。尤其3~5月,春季造林时如不采取有效措施,幼苗是很难成活的。由于7、8两月,阴坡的土壤水分都处在易效水状态,所以,雨季造林成活率较高。

4 结 论

(1)九龙山地区土壤水分条件较差,除雨季的7、8两月外,其它季节的土壤水分均处于难效水状态。因此,土壤水分成为该区林木生长发育的主要限制因子,林木难以成为大径材,除沟道外,不宜发展用材林,应以水保林为主。

(2)乔木树种有较高的涵养降水功能,九龙山地区除保护好现有植被外,凡是能种树的阴坡、低坡,要积极引进乔木树种,加大乔木树种的比例,发挥乔木树种在改良土壤、保持水土、涵养水源的重要作用。

(3)春季土壤干旱更为严重,每年3~6月土壤水分接近或低于凋萎含水量,春季造林如不采取措施,造林难以成活,雨季的7、8两月土壤水分条件较好,应选择雨后造林。

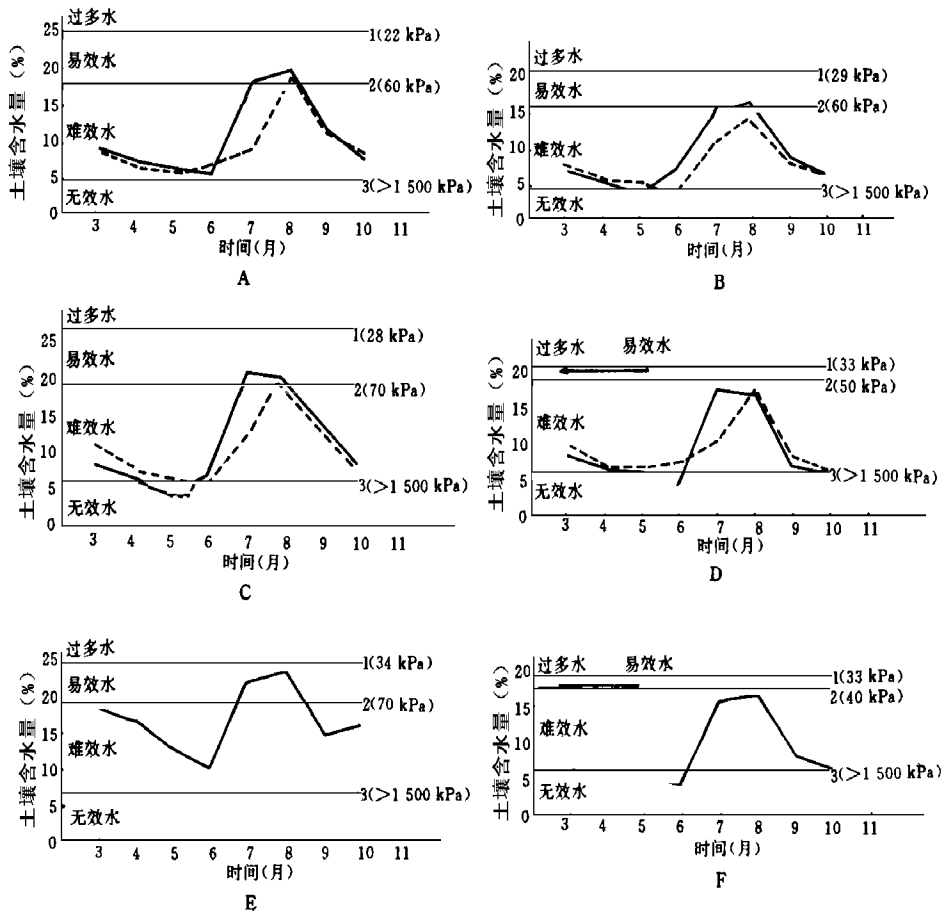


图1 不同立地土壤水分有效性评价(1为田间持水量,2为阻滞含水量,3为凋萎含水量)

A. 阴坡油松林地;B. 阳坡侧柏林地;C. 阴坡灌木林地;

D. 阳坡灌木林地;E. 阴坡裸地;F. 阳坡裸地

——0~20 cm 土壤含水量, 20~50 cm 土壤含水量

参 考 文 献

- 1 邵明安. Spac 中的水分运动. 水土保持学报, 1991, 13(增刊): 1~8.
- 2 张万儒, 许本彤. 森林土壤定位研究方法. 北京: 中国林业出版社, 1986. 30~37.
- 3 马雪华. 森林水文学. 北京: 中国林业出版社, 1993. 123~128.
- 4 周择福, 李昌哲. 北京九龙山不同植被土壤水分特征的研究. 林业科学研究. 1994, 7(1): 48~52.
- 5 姚茂和. 树木凋萎时的土壤含水量的测定. 林业科技通讯, 1986, (3): 10~11.

A Study on Water Storage Capacity and Water Availability in Soil of Different Types of Sites in Jiulongshan, Beijing

Zhou Zefu Li Changzhe

Abstract The results from the studies on water storage capacity and water availability in soil of different types of sites in Jiulongshan showed that soil available water content were 149.63, 133.49, 102.49, 99.93, 95.92 and 70.78 mm respectively for man-made *Pinus tabulaeformis* woodland in middle-lower schattenseite, shrubland and bare soil in middle-upper schattenseite, man-made *Platycladus orientalis* woodland in middle-lower endroit and shrubland and bare soil in middle-upper endroit; soil saturation water content ranges from 1 605.86 t/hm² to 2 353.66 t/hm². Only is soil water content readily available water during the period of July~August, in other time, it is irreadily available water. Even in rainy season, soil available water content is below field moisture retention. Soil water content is near to (or below) wilting water storage capacity of soil during spring drought season.

Key words Beijing Jiulongshan, site condition, soil water storage capacity, soil water availability