

晋西黄土残塬沟壑区不同植被类型土壤水分动态研究

李俊, 毕华兴, 李孝广, 李笑吟, 刘利锋, 郭孟霞, 刘鑫

(北京林业大学水土保持学院, 北京 100083)

摘要: 采用时域反射仪(TDR)于2005年在晋西蔡家川流域对刺槐、油松等8植被类型样地进行了土壤水分动态研究, 研究表明: 在2005年, 0~200 cm土壤水分含量平均值变化过程除农地外, 不同地类土壤水分变化特征差异性小, 研究期内土壤水分日平均值按从大到小排列顺序为: 农地、侧柏、次生林、油松、果园、刺槐×油松、刺槐×侧柏、草地、刺槐; 在季节变化中, 可将其分为三个时段: 土壤水分消退期、土壤水分稳定期、土壤水分积累期。人工林与果园、农地、草地、次生林相比土壤水分调节作用较强; 在日尺度上各样地土壤水分受降雨量及降雨分布影响。在样地土壤水分剖面垂直变化上土壤的剖面结构分为土壤水分弱利用层、土壤水分利用层、土壤水分调节层; 农地、次生林、油松、侧柏、侧柏×刺槐、草地、果园土壤水分含量随深度变化趋势属于增长型; 刺槐、刺槐×油松属于减少型。

关键词: 黄土高原; 土壤水分动态; 植被类型

中图分类号: S152.7

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)06-0065-04

Study on Dynamic Changes of Soil Water of Different Vegetation Types on the Loess Plateau of Western Shanxi Province

LI Jun, BI Hua-xing, LI Xiao-guang, LI Xiao-yin, LIU Li-feng, GUO Meng-xia, LIU Xin

(College of Water and Soil conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: In 2005, adopt TDR carry on the soil humidity dynamic state research on 8 vegetative types at Caijiachun watershed in west Shanxi Province. The result indicates that: in 2005, the characteristic of variety process of the average soil humidity in the range of 0~200 cm has small differences among the sites except farmland. During the growing season, different vegetations can be arranged in the high- to- low order of soil humidity as: farmland, *Platycladus orientalis*, secondary forest, *Pinus tabulaeformis*, orchard, *Robinia pseudoacacia* × *Pinus tabulaeformis*, *Robinia pseudoacacia* × *Platycladus orientalis*, grassland and *Robinia pseudoacacia*. As to seasonal variation, divide the growing season into three periods: lessen period, stable period and compensatory period. Compared with orchard, farmland, grassland and secondary forest, artificial forest has stronger effect in improving soil moisture condition. In diurnal changes, soil moisture content of all of the sites are affected by rainfall and distribution. According to soil humidity vertical variation, the soil profile can be divided into three layers: weak utilization layer, utilization layer and regulating layer. As to the soil moisture content variety trend, Farmland, secondary forest, *Pinus tabulaeformis*, *Platycladus orientalis*, *pseudoacacia* × *Platycladus orientalis*, grassland and orchard are increment pattern; *Robinia pseudoacacia* and *Robinia pseudoacacia* × *Pinus tabulaeformis*, *Robinia* are decline pattern.

Key words: gully area of Loess Plateau; dynamic of soil water; vegetation types

土壤水分是土壤的重要性质之一,也是黄土高原残塬沟壑区植物生长和造林的重要限制性因子之一。对该地区以天然降水补给为主的植被类型土壤水分变化规律进行研究,掌握不同植被类型样地水分循环状况能够为本地区的植被建设和生态恢复提供有着重要的意义。

1 研究区自然概况

蔡家川流域位于黄土高原吕梁山南端山西省西南部的吉县,蔡家川流域主沟为义亭河一级支流,义亭河为黄河一

级支流昕水河的支流,地理坐标为北纬 $36^{\circ}40'$,东经 $110^{\circ}37'$ 。属暖温带大陆性气候,冬季寒冷干燥,夏季温度较高。多年平均降水量575.9 mm,无霜期平均170 d左右,年平均气温 10°C ,光照时数平均2563.8 h,大于 10°C 的年平均积温为3357.9 $^{\circ}\text{C}$,地形多为典型黄土高原侵蚀地形,海拔范围为440~1820.5 m。土壤类型为褐土,可分三个亚类:丘陵褐土、普通褐土和淋溶褐土,属暖温带、半湿润地区,半旱生落叶阔叶林地带,试验进行的流域下游植物主要有山杨、丁香、虎榛子、刺槐、油松、侧柏及沙棘、锦鸡儿等。

* 收稿日期: 2005-12-16

基金项目: 973项目“森林植被调控区域农业水土资源与环境的尺度辨析与转换(2002CB111503)”;教育部重大项目“北方退耕还林区水土保持型植被恢复与重建技术研究(10407)”共同资助

作者简介: 李俊(1981-),男,山西平遥人,硕士研究生,主要从事林业生态方面的研究;通讯作者: 毕华兴(1969-),男,北京林业大学水土保持学院副教授,主要从事森林水文和地理信息系统的研究。

2 研究方法

2.1 试验地布设

在各种不同植被类型的样地内布设观测点,各样点具体内容如下表 1。

表 1 样地概况

样地类型	树高/m	胸径/cm	株行距/m	郁闭度/%	盖度/%	坡度°	坡向°	坡位	测深/m
刺槐	7.4	8.2	1.5×4	0.8	0.6	28	188	坡中	2
刺槐×油松	5.0	5.7	1×2	0.8	0.9	32	60	坡中	2
刺槐×侧柏	6.7	8.0	1.5×2	0.4	0.6	30	125	坡中	2
油松	5.2	8.5	2×5	0.2	0.7	26	165	坡中	2
侧柏	2.7	2.9	3×6	0.1	0.4	14	125	坡中	2
次生林	4.6	2.9		0.3	0.9	24	188	坡中	2
草地					0.5	40	36	坡中	2
果园	2.9	2.5	2×2	0.3	0.2	20	182	坡下	2
农地					0.7	5	224	坡中	2

2.2 土壤体积含水量观测

利用时域反射仪(TDR)观测样点,测定深度为 2 m,以 20 cm 为一层分为 10 层。观测时间从 2005 年 3 月开始,在生长期內旱季每半月观测一次,雨季每两天观测一次雨后加测。

2.3 降雨量观测

采用翻斗式自计雨量计观测。

2.4 TDR 标定

采用野外实测与现场土钻同步取土标定。

3 结果与分析

3.1 土壤水分的时间变化

3.1.1 土壤水分年内变化

为研究各种植被类型土壤水分在年内变化的规律,对各类样地在 2005 年的变化状况进行统计并作图 1 如下所示。

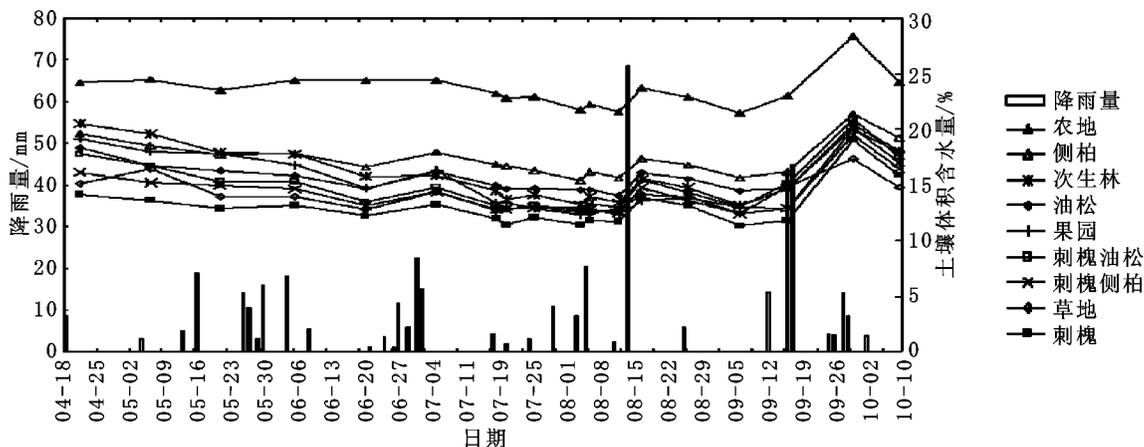


图 1 样地体积含水量变化过程

研究结果表明:次生林、侧柏、油松、刺槐、刺槐×油松、刺槐×侧柏、果园、农地土壤水分体积含量变化总体规律较为一致,变化过程受降雨量和降雨的分配比例影响较大。土壤体积含水量状况随利用方式的不同有所区别,研究时段内土壤水分日平均值按从大到小排列顺序为:农地、侧柏、次生林、油松、果园、刺槐×油松、刺槐×侧柏、草地、刺槐。

农地由于耕作影响在所有样地中土壤体积含水量最高;侧柏、油松、天然次生林土壤体积含水量高于果园,与林地中水土保持措施水平条的保留状况较好有关;果园虽然有人为耕作,但在靠天然降水补给时,土壤含水量比侧柏、油松林地低;刺槐×油松、刺槐×侧柏两种林地土壤含水量均值高于草地和刺槐纯林。刺槐林地土壤含水量均值最低,在所有单次土壤水分测量中,刺槐林地水分含量都保持所有样地最低值;草地土壤含水量小于除刺槐以外所有其他样地,因此,这一地区在适地适树和适当的水土保持措施配合下,林地土壤水分平均含量会高于草地。

3.1.2 土壤水分季节变化

植被土壤水分受降雨、气候、植被类型等因素影响变化较为复杂,在黄土高原残源沟壑区降雨是林地土壤水分进行补给的惟一来源,掌握其季节变化的规律对于林地管理有着重要的意义。为研究土壤水分在季节尺度上的变化规律,根据本研究时段内的观测数据做出图 2 样地土壤水分含量月变化,如下所示。

研究结果表明,在 2005 年研究时段内,各样地季节变化规律时段性较强,农地变化过程与其余样地变化过程相比差异较大:林地季节变化过程为先减少后保持稳定再增加,整

个过程呈 U 型分布;农地土壤水分受耕作影响整个过程均高于林地水分含量。

土壤水分含量的季节变化时段性较强,结合本研究情况生长季整体上可分为三个阶段:

土壤水分消退期 根据山西省吉县气象局 2005 年资料,从 2 月中下旬开始,地下 15 cm 土壤温度大于 0℃,进入 3 月份 15 cm 地温大于 0℃,随着气温的升高植物生理活动逐渐活跃,土壤蒸发强烈水面蒸发在 6 月份达到研究期内峰值,各类林地土壤水分含量接近各类样地的土壤水分含量月平均最低值,在这一时段内,除玉米从 6 月份开始减少外,其余样地均从 4 月份开始减少,具体数据如下表 2 所示。

表 2 2005 年生长季水面蒸发

	4月	5月	6月	7月	8月	9月
水面蒸发量/mm	106.9	205.8	218.6	176.4	106	98.3
降雨量/mm	23.4	70.7	46.7	57.6	106	110.7

土壤水分稳定期 从 6 月下旬开始,植物进入生长旺盛期,季节均温较高,林地蒸发旺盛,虽然此时期有降雨补给,但是从图 2 来看,农地、果园、次生林含水量月平均值继续降低并且趋势较为明显,而其他样地保持稳定;农地、果园、次生林与其他样地相比对土壤水分的调节作用较弱,由于油松、侧柏林内的水平条保存较好,对水分的调节作用更为明显,因此这些样地水分状况仍能保持较稳定这一状况持续到 9 月中旬。

土壤水分积累期 9 月下旬开始气温降低,水面日蒸发量减少,林木生理活动减弱并有落叶现象出现、土壤蒸发强度较弱、较为集中的降水补给使耗水量小于供水,土壤水分

含量逐渐增加至 10 月下旬研究区出现结冰现象, 土壤表层水分活动基本终止; 期间各类样地土壤水分变化都呈现上升

趋势, 变化特征较为一致。

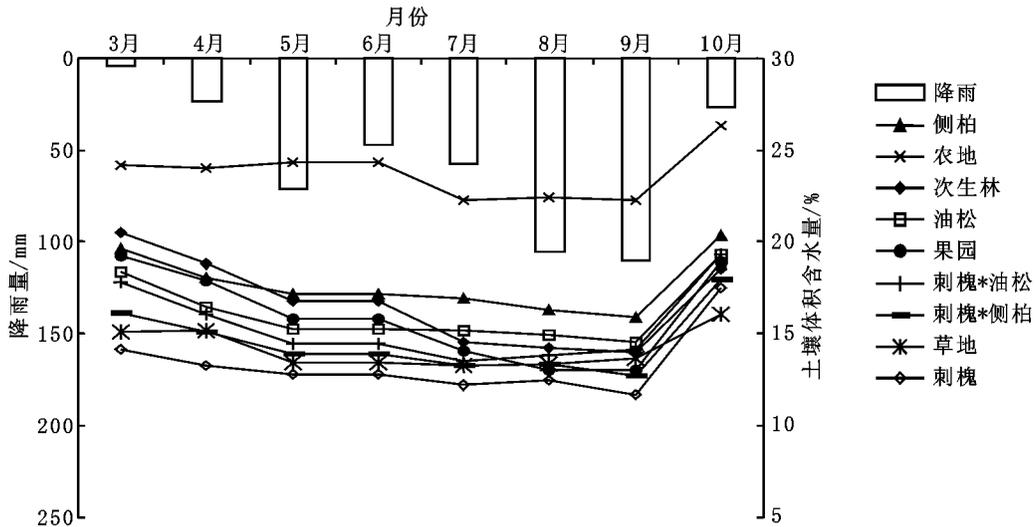


图 2 样地体积含水量季节变化

3.2 土壤水分的垂直变化特征

土壤水分的垂直变化受植被类型、土壤性质等因素影响变化规律较为复杂, 而土壤水分的垂直分布对于土壤水分循环和土壤干化层的研究有重要的意义。为研究样地土壤水分垂直变化的类型及土壤水分垂直分布随时间变化的规律, 对土壤水分垂直分布进行统计并作图 3 样地土壤水分垂直变化。

研究结果表明各类样地垂直分布有所差异: 刺槐林上下土层土壤体积含水量较为一致, 表层土壤水分含量稍大于下层, 只有在林木生理活动减弱并有降雨补给后整体土壤水分含量才会有显著回升; 深层土壤水分补给较困难, 易造成土壤干化层现象出现。在 10 月份以前土壤水分含量一直处于所有样地的最低值为 11.3%。农地土壤水分垂直分布较为一致属于平衡型, 次生林、油松、侧柏、侧柏×刺槐、草地、果园土壤水分含量与深度呈正相关关系属于增长型, 刺槐、刺槐×油松属于减少型, 但整体状况刺槐×油松要优于刺槐, 在所有样地中刺槐在 10 月份以前各层土壤含水量均小于同期其他样地土壤水分含量值。土壤水分作用层的划分方法由于研究的目的、立地条件、研究深度的不同有所区别, 本研究按照土壤剖面水分含量变异系数将土壤剖面分为三层:

3.2.1 土壤水分弱利用层

该层为地表 0~ 20 cm 土层, 植物的水分吸收利用较少。由于土壤表层受地形、植被等因子的影响土壤水分含量变化大。从表 3 可以看出, 除刺槐×侧柏该层变异系数小于 20~ 40 cm 外, 其余样地均随深度增加而减小。农地表层土壤由于受耕作影响土壤水分含量一直保持较高的含水量, 变异系数较小; 草地该层变异系数为所有样地最高值, 主要是由于与林地相比林冠截流较少降雨时土壤水分入渗量较多, 但地表温度上升与林地相比较快, 土壤蒸发较为强烈, 表层土壤含水量容易受外界环境因子影响变化程度大; 刺槐林该层变异系数仅次于草地, 其他样地均稳定在 0.32 左右。

3.2.2 土壤水分利用层

从观测的结果来看, 该层刺槐纯林、油松、侧柏、刺槐×侧柏、刺槐×油松几种样点的范围是 20~ 120 cm, 农地较浅为 20~ 80 cm, 农地变异系数最小。该层为植物根系主要分布的范围, 降雨时从上层渗入的水分大都储存在该层是林木根系直接利用水分的范围。

表 3 样地土壤体积含水量变异系数

土层/cm	果园	次生林	刺槐	刺槐×侧柏	刺槐×油松	油松	草地	侧柏	农地
0~ 20	0.32	0.32	0.37	0.34	0.26	0.32	0.38	0.27	0.20
20~ 40	0.28	0.30	0.30	0.35	0.26	0.26	0.34	0.21	0.16
40~ 60	0.24	0.28	0.28	0.29	0.24	0.24	0.21	0.16	0.12
60~ 80	0.23	0.25	0.27	0.26	0.23	0.21	0.23	0.14	0.09
80~ 100	0.24	0.21	0.17	0.15	0.20	0.18	0.16	0.12	0.07
100~ 120	0.20	0.15	0.09	0.08	0.11	0.12	0.05	0.11	0.05
120~ 140	0.21	0.14	0.08	0.08	0.09	0.08	0.05	0.08	0.04
140~ 160	0.20	0.14	0.09	0.09	0.11	0.08	0.06	0.07	0.04
160~ 180	0.20	0.14	0.10	0.09	0.12	0.09	0.07	0.07	0.05
180~ 200	0.18	0.12	0.08	0.09	0.13	0.07	0.08	0.07	0.04
平均值	0.228	0.205	0.183	0.181	0.177	0.166	0.165	0.131	0.085

注: 变异系数 $c = \sigma / \bar{x}$, 其中 σ 为样本标准差, \bar{x} 为样本均值。

3.2.3 土壤水分调节层

从样地观测来看, 除了玉米地较浅在 80 cm 以下, 其余样地大都在 120 cm 以下分布深度较为一致; 该层在土壤水分利用层含水量较低时提供水分补给; 在地表有充分的水分补给时, 存储多余水分。该层变异系数比较稳定随深度变化较小趋于稳定, 变异程度小于土壤水分微弱利用层和土壤水分利用层。

4 结论

(1) 黄土高原丘陵沟壑区植被土壤水分平均值在年内变化中整个生长季各类样地土壤水分含量变化过程基本上都呈 U 型; 在季节尺度内, 林地土壤水分对降雨的响应较农地、草地、果园、次生林弱, 不会出现陡增陡减的现象, 说明人工林配合实施在林地内的水土保持措施较为合理, 能够发挥调节水分循环的作用; 在日变化过程中各类样地变化特征相似受降雨影响较大。

(2) 在该研究中土壤水分季节变化的时段特征明显, 在生长季将土壤水分变化期分为土壤水分消退期(2月下旬至6月中旬)、土壤水分亏缺期(6月下旬至9月中旬)、土壤水分积累期(9月下旬至10月下旬土壤表层封冻)。

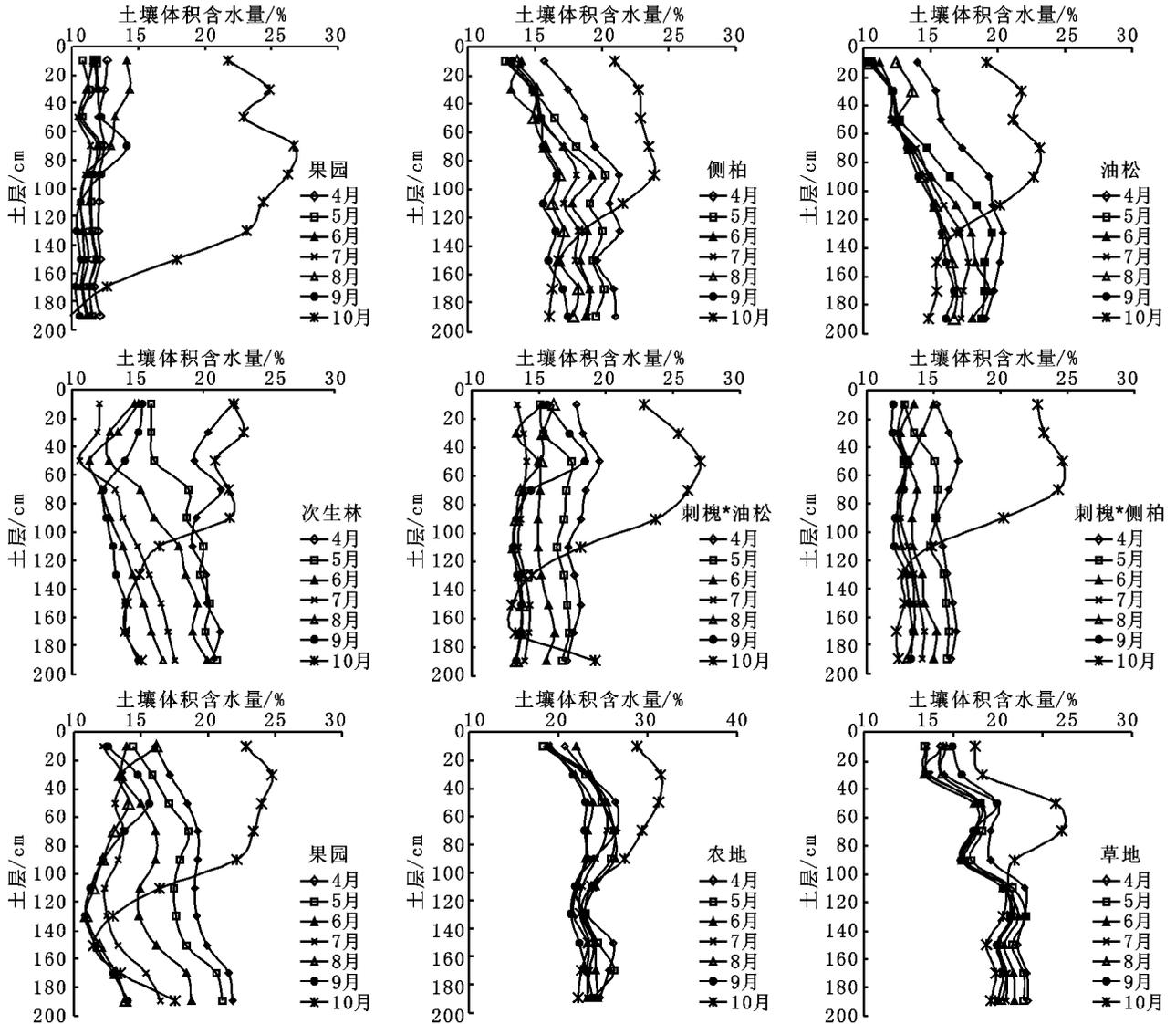


图 3 样地体积含水量垂直变化

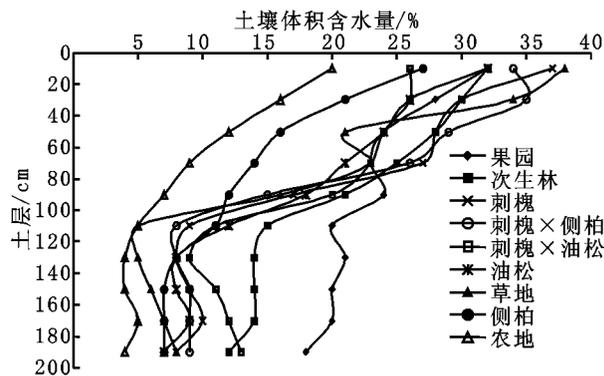


图 4 不同植被类型土壤水分分层变异系数

水分弱利用层(0~ 20 cm)、土壤水分利用层(20 cm~ 120 cm)、土壤水分调节层(120 cm 以下)。土壤水分调节层与土壤水分利用层的界线,除农地较浅位于 80 cm 左右外,其余较为统一都位于 120 cm 处。

(4) 在对土壤水分含量随深度变化的研究中发现:农地土壤水分表层含量与深层含量较为一致属于平衡型;次生林、油松、侧柏、侧柏×刺槐、草地、果园土壤水分含量与深度呈正相关关系属于增长型;刺槐、刺槐×油松属于减少型。

(5) 林地土壤水分日平均值按从大到小排列依次为:农地、侧柏、次生林、油松、果园、刺槐×油松、刺槐×侧柏、草地、刺槐。所有样地中样点日平均最低值、月平均最低值、年平均最低值均出现在刺槐纯林中。除刺槐林外,其余样地土壤水分日平均值均高于草地。

(3) 本研究中将样地用变异系数法将土壤剖面分为土壤

参考文献:

[1] 阮成江,李代琼. 半干旱黄土丘陵区沙棘林地土壤水分及其对沙棘生长影响研究[J]. 水土保持通报, 1999, 19(5):27- 30.

[2] 张学龙,等. 祁连山寺大隆林区土壤水分动态研究[J]. 西北林学院学报, 1998, 13(1):1- 9.

[3] 余新晓,朱金兆,张建军. 黄土地区防护林生态系统土壤水分条件的分析与评价[J]. 林业科学, 1996, 32(4):289- 297.

[4] 卢义山,梁珍海,杨国富,等. 苏北海堤防护林地土壤水分动态特征的研究[J]. 江苏林业科技, 2002, 29(2):5- 9.

[5] 王孟本,李洪建. 晋西北黄土区人工林土壤水分动态的定量研究[J]. 生态学报, 1995, 15(2):178- 184.

[6] 杨文治,余存祖. 黄土高原区域治理与评价[M]. 北京:科学出版社, 1992.

[7] 戚廷香,梁文科,阎素红,等. 玉米不同品种根系分布和干物质[J]. 玉米科学, 2003, 11(3):76- 79.