

# 鄱阳湖沙化地区不同下垫面土壤水分动态

李兰晖<sup>1</sup>, 丁明军<sup>1,2</sup>, 郑林<sup>1,2</sup>, 廖凯涛<sup>1</sup>

(1. 江西师范大学 地理与环境学院, 江西 南昌 330022; 2. 鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室, 江西 南昌 330022)

**摘要:** 土壤水分状况是沙化防治, 固沙植物选育, 退化生态系统修复与重建的重要参考指标。基于野外实测数据对鄱阳湖典型沙化地区不同下垫面类型(7年生湿地松、4年生湿地松、草地、裸沙地)土壤水分(0—80 cm)的动态变化进行了分析。结果表明:(1)不同下垫面土壤平均体积含水量大小顺序依次为:4年生湿地松(5.22%)>草地(4.88%)>7年生湿地松(4.01%)>裸沙地(2.95%)。(2)不同下垫面不同深度的土壤水分年内均表现为中等变异程度。其中,4年生湿地松变异程度最高,裸沙地最低。(3)不同时期,4种下垫面土壤水分在垂直方向上的变异程度存在差异,变异系数在8月份最大,10—12月份次之,3—6月份最小;相对于裸沙地,除8和10月份外,有植被覆盖的土壤水分在垂直方向上的变异程度较低。

**关键词:** 沙化地区; 下垫面; 土壤水; 鄱阳湖

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)02-0213-05

中图分类号: S152.7

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.02.045

## Soil Moisture Dynamics Under Different Underlying Surfaces in Sandy Land of Poyang Lake

LI Lan-hui<sup>1</sup>, DING Ming-jun<sup>1,2</sup>, ZHENG Lin<sup>1,2</sup>, Liao Kai-tao<sup>1</sup>

(1. School of Geography and Environment, Jiangxi Normal University, Nanchang, Jiangxi 330022, China; 2. Key Laboratory of Poyang Lake Wetland and Watershed Research of the Ministry of Education, Nanchang, Jiangxi 330022, China)

**Abstract:** Soil moisture is an important refereed index for controlling desertification, breeding sand fixing plants, restoring and reconstructing degraded ecosystem. Soil moisture dynamics(0—80 cm) under different underlying surfaces(7-year-old *Pinus elliotii*, 4-year-old *Pinus elliotii*, grassland and bare sandy land) in the sandy land of the Poyang Lake were measured and analyzed. Results are as follows: (1) The underlying surfaces, in order of decreasing average soil moisture content, were 4-year-old *Pinus elliotii* (5.22%), grassland (4.88%), 7-year-old *Pinus elliotii* (4.01%) and bare sandy land (2.95%). (2) All of the annual soil moisture contents at different depths under different underlying surfaces showed moderate variation. The variation coefficient under the 4-year-old *Pinus elliotii* was the highest, while that under the bare sandy land was the lowest. (3) There were seasonal changes in the vertical variation coefficients of soil moisture content under different underlying surfaces. The variation coefficients in August were the highest, followed by those from October to December. The smallest variation coefficients were observed from March to June. Apart from August and October, the vertical variation coefficients for the underlying surfaces with vegetation coverage were lower than those of the bare sandy land.

**Keywords:** sandy land; underlying surface; soil moisture; Poyang Lake

荒漠化作为极其重要的环境和社会经济问题,影响到世界 1/5 人口,100 多个国家,严重威胁着人类的生存和发展<sup>[1]</sup>。沙化是荒漠化的一种重要类型<sup>[2]</sup>,在我国不仅分布在干旱、半干旱地区,而且在半湿润

及湿润地区也有分布<sup>[3-4]</sup>。土壤水分状况是极其重要的生态因素<sup>[5-6]</sup>,同时也是沙化地区植物生长的最大限制因子<sup>[7-9]</sup>。对沙化土地土壤水分的时空格局及动态规律进行研究,能够为当地沙化防治、固沙植物的

收稿日期:2013-01-04

修回日期:2013-06-16

资助项目:江西省教育厅科技落地计划项目“鄱阳湖沙化土地与水土流失治理技术推广与示范”

作者简介:李兰晖(1989—),男(汉族),江西省赣州市人,硕士研究生,研究方向为土地利用/覆被变化及其环境效应。E-mail: lilanhui110@163.com。

通信作者:丁明军(1979—),男(汉族),湖北省谷城县人,博士,副教授,主要从事水土流失和土地利用/覆被变化研究。E-mail: dingmingjun1128@163.com。

选育、生态系统的修复与重建提供重要参考<sup>[10]</sup>。目前,我国关于沙化土地的土壤水分研究主要集中于北方干旱与半干旱地区<sup>[7,11-14]</sup>,而有关南方湿润地区沙化土地的土壤水分研究则报道较少。鄱阳湖作为我国第一大淡水湖泊,在长江中下游调洪蓄水发挥着十分重要的作用。同时,优越的水热条件也使得鄱阳湖地区成为江西省重要的农业基地。但由于各种因素影响,导致鄱阳湖地区沙化现象较为严重<sup>[2,15-17]</sup>。流沙不仅威胁到当地居民的生产生活,亦对鄱阳湖泄洪和航道通畅造成影响<sup>[18-19]</sup>。目前该沙化地区植被恢复限制因子的研究较弱,已有的研究仅对沙化土壤的养分特征进行了分析<sup>[20]</sup>,但尚无相关土壤水分的研究报道。为此,本研究以鄱阳湖典型沙化地区土壤水分为研究对象,对不同下垫面土壤水分进行测定,探讨其动态变化特征,以期为南方沙化土地的植被恢复和重建以及沙化土地的合理利用提供参考。

## 1 研究区概况

研究区位于江西省都昌县多宝沙山(29°21′22″—29°27′18″N,116°03′00″—116°7′42″E),紧邻鄱阳湖。气候属于典型的亚热带季风区,年均温 17.5℃,多年平均降水量 1 310 mm。该地区土壤沙化区域平行于湖岸线分布,从湖滨到山顶,可大致分为湖滨沙地、中

部沙地、内侧沙地和沙地—耕地过渡带<sup>[20]</sup>。沙地优势植物主要为狗牙根〔*Cynodon dactylon* (Linn.) Pers.〕、蔓荆子(*Vitex trifolia* Linn.)、算盘子〔*Glochidion puberum* (Linn.) Hutch.〕、欏木〔*Loropetalum chinense* (R. Br.) Oliver〕、山楂(*Crataegus pinnatifida* Bge.)、小叶女贞(*Ligustrum quihoui* Carr.)等。近年来,该地区一直在开展植树造林工程,树种以湿地松(*Pinus elliottii* Engelm.)为主。

## 2 研究方法

试验中土壤体积含水量(%)采用插针式时域反射仪(time domain reflectometry, TDR)测定。选取沙化地区 4 种典型的下垫面类型:7 年生湿地松、4 年生湿地松、草地、裸沙地,各样地地形及群落特征详见表 1。共 4 个观测点,在每个观测点设置 3 个重复,湿地松测定点的位置选择参考了文献<sup>[11]</sup>,以湿地松树干基部为中心,半径均为 70 cm。测量深度为 0—80 cm,共 8 层(每 10 cm 为 1 层),每层重复测量 5 次,取平均值以减小测量误差。测量时间分别为 2012 年 3 月 25 日、6 月 19 日、6 月 30 日(暴雨后第 3 天)、8 月 3 日(持续高温晴朗天气的第 14 天)、10 月 21 日和 12 月 11 日。温度和降水数据来自研究区自动气象站观测资料。

表 1 样地的基本概况

样地	覆盖度/%	平均高度/m	微地形特征	群落特征
7 年生湿地松	45~50	2.2~2.5	山顶	湿地松
4 年生湿地松	80~85	1.9~2.7	山顶缓坡地(<5°)	湿地松、狗牙根、算盘子、蔓荆子
草地	50~60	0.05~0.15	谷底平地	狗牙根
裸沙地	—	—	湖滨台阶地	—

## 3 结果与分析

### 3.1 不同下垫面土壤水分的年内变化

观测期内,不同下垫面土壤平均含水量(0—80 cm)差异明显(图 1)。4 年生湿地松的平均含水量最高,裸沙地最低,不同下垫面土壤平均含水量大小顺序依次为:4 年生湿地松(5.22%)>草地(4.88%)>7 年生湿地松(4.01%)>裸沙地(2.95%)。该区土壤含水量整体偏低,这与土壤质地有密切关系,该区主要为风沙地,持水能力弱,仅相当于南方红壤的 1/5 左右<sup>[21-22]</sup>;但高于北方的沙地<sup>[7,11]</sup>,这与南、北沙地的气候条件差异有密切关系。不同下垫面土壤含水量的动态变化,不仅受到降水强弱和降水日数分布的影响,而且受到地表蒸发量和植物需水量等因素的综合

作用<sup>[23]</sup>。从图 1—2 可以看出,虽然 4 种下垫面的土壤水分在年内的变化趋势具有较好的一致性,但不同下垫面的土壤在不同的时期,其持水量存在着一定的差异。3—6 月份尽管气温不断上升,蒸发速率加快,但是月降水量多达 150 mm 以上,且月降水日数也多达 15 d 以上,降水间隔期小,土壤水分能迅速得到补给。据该时期 3 次测得的土壤含水量的平均值来看(3 月 25 日、6 月 19 日、6 月 30 日),4 年生湿地松土壤含水量最大,裸沙地最小,大小顺序依次为:4 年生湿地松(7.48%)>草地(6.03%)>7 年生湿地松(5.01%)>裸沙地(3.23%)。7—8 月该地区正处于副热带高压控制时段,虽然降水量达到 100~200 mm,但降水主要是以暴雨形式出现,降水日数为 6~8 d,降水间隔时间长达十几天,期间多高温天气,地

表蒸发强度和植被蒸腾强度达到最高水平,各个下垫面的土壤水分均达到最低水平。8月3日(持续高温晴朗天气的第14天)观测数据显示,土壤体积含水量大小顺序为:7年生湿地松(2.45%)>裸沙地(2.31%)>草地(1.97%)>4年生湿地松(1.69%)。冯起和程国栋对南昌厚田沙地的研究得出,7—8月该地沙地含水量在2%~3%之间<sup>[4]</sup>,这与本研究的结论保持了较好的一致性。进入10月后,虽然降水量和降水日数相对较少,但气温不断降低,蒸发量减小,土壤水分整体相对稳定,10月21日和12月11日测得土壤含水量的平均值大小顺序依次为:草地(4.61%)>4年生湿地松(3.59%)>7年生湿地松(3.25%)>裸沙地(2.85%)。

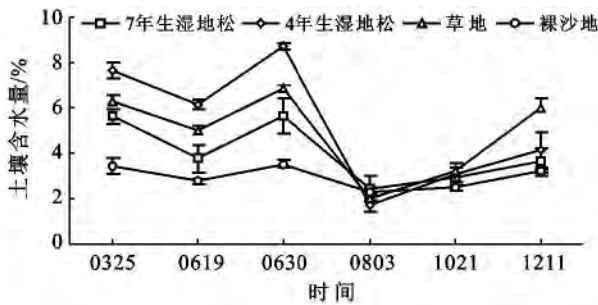


图 1 不同下垫面土壤含水量的年内变化(2012年)

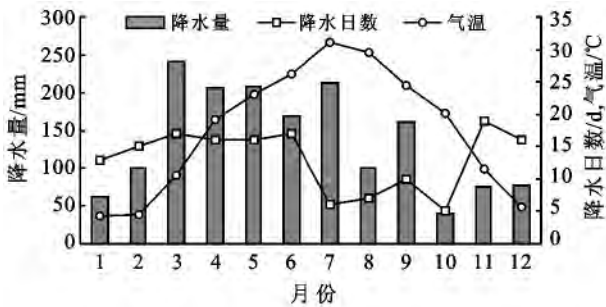
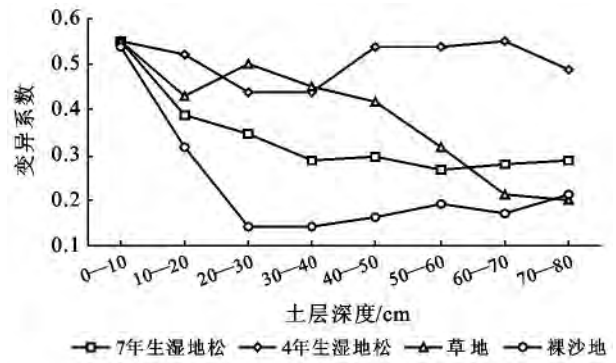


图 2 研究区气温和降水量及日数的年内变化

### 3.2 不同下垫面不同深度的土壤水分年内变化

经典统计学通常用变异系数( $C_v$ )的大小来确定其变异程度,当 $C_v \leq 0.1$ 时为弱变异性,当 $0.1 < C_v < 1$ 时为中等变异性,当 $C_v \geq 1$ 时为强变异性。从图3可以看出,在0—80 cm土层深度内,土壤水分在年内变化均为中等变异性,但不同下垫面各深度的土壤水分的变异系数存在差异。4年生湿地松不同土层深度的土壤水分年内变异系数较大,均超过了0.4,随着土层深度增加表现为先降低、后升高的态势;裸沙地和7年生湿地松变异系数表现为先降低,然后逐渐趋于稳定的态势;而草地在0—80 cm土层深度,变异系数一直呈现下降态势。

图 3 不同下垫面各土层土壤水分年内变异系数



对于剖面土壤水分垂直层次的划分,已有学者<sup>[24-25]</sup>根据各层年内的变异系数将土壤水分划分为4层:速变层( $C_v > 0.3$ ),活跃层( $0.2 < C_v \leq 0.3$ ),次活跃层( $0.1 < C_v \leq 0.2$ )以及稳定层( $C_v \leq 0.1$ )。表2是根据变异系数划分的不同下垫面0—80 cm土壤水分垂直变化分层。从表2可以看出,不同下垫面的土壤水分分层差异较大,4年生湿地松只有速变层,7年生湿地松和草地可以分为速变层和活跃层,但两者厚度存在差异,速变层厚度分别为0—30 cm和0—60 cm,活跃层厚度分别为30—80 cm和60—80 cm;相对于有植被覆盖的下垫面而言,裸沙地可以分为3层,分别为速变层(0—20 cm)、活跃层(70—80 cm)和次活跃层(20—70 cm)。至于次活跃层位于活跃层之上的原因,本研究认为可能与小地形有关,具体原因还有待于深入分析。总的来说,不同下垫面各个土层水分年内变化波动较大,均缺乏稳定层,其中又以4年生湿地松波动最为剧烈。

表 2 研究区不同下垫面 0—80 cm 土壤含水量的垂直分层

下垫面类型	活跃等级	土层深度/cm	标准差	变异系数 $C_v$
7年生湿地松	速变层	0—30	1.27~1.96	0.34~0.55
	活跃层	30—80	1.14~1.43	0.27~0.30
4年生湿地松	速变层	0—80	2.18~3.00	0.44~0.55
草地	速变层	0—60	1.67~2.34	0.32~0.55
	活跃层	60—80	1.23~1.24	0.20~0.21
裸沙地	速变层	0—20	0.71~0.84	0.32~0.55
	活跃层	70—80	0.72	0.21
	次活跃层	20—70	0.39~0.62	0.14~0.19

### 3.3 不同下垫面土壤水在垂直方向上的变化特征

从表3和图4可以看出,3—6月份仅4年生湿地松(20120619)和7年生湿地松(20120630)在垂直方向上呈弱变异性,其余均呈中等变异性。其中,裸沙地含水量随深度增加呈上升趋势,4年生湿地松、7年生湿地松和草地大致表现为先降后升的态势(图4),这可能与植被覆盖的沙地表层积累了一定的枯枝

落叶和有机质,增加了土壤持水能力有关。7—8 月份不同下垫面土壤水分在垂直方向均呈现为中等变异性,其中草地的变异系数最高,达到 0.82。各下垫面表层均出现干层现象,在 0—80 cm 土层深度内,土壤水分表现为递增型(图 4),这与该时期的降水少,气温高,蒸发大有密切关系。从不同下垫面的表层含水量看,草地的表层含水量较低,但在 30 cm 后迅速增加,到 70 cm 后超过了其它几种下垫面类型的土壤含水量,主要是由于草地的根系分布深度较 7 年生、4 年生湿地松浅,在 20—50 cm 土层耗水量大,其土壤水分达到最低值;但在土层深度 60—80 cm 处,草地含水量迅速增加,而 4 年生湿地松、7 年生湿地松土壤水分增长较缓慢,这说明在该时期沙地深层土壤中

植被的根系深度对土壤水分影响较大。10—12 月份各下垫面土壤水分在垂直方向变异性减弱。在 12 月份的观测数据中,在 0—80 cm 深度内,除裸沙地呈增加态势外,其余 3 种下垫面土壤水分均呈降低态势(图 4),具体原因还有待进一步分析。

总体而言,土壤水分在垂直方向上变异程度因时间和下垫面类型的不同而存在差异。在年内不同时期,垂直方向的土壤水分变异程度均表现为 8 月份最大,10—12 月份次之,3—6 月份最小。对于不同下垫面类型来说,除 8 和 10 月份外,有植被覆盖的地区,土壤水分在垂直方向上的变异程度较低,而裸沙地变异程度较高。

表 3 研究区不同下垫面土壤含水量垂直方向上的变异系数  $C_v$

下垫面类型	测定时间					
	20120325	20120619	20120630	20120803	20121021	20121211
4 年生湿地松	0.12	0.05	0.11	0.54	0.15	0.43
7 年生湿地松	0.17	0.13	0.08	0.51	0.23	0.15
草地	0.15	0.10	0.14	0.82	0.32	0.09
裸沙地	0.17	0.19	0.15	0.46	0.15	0.32

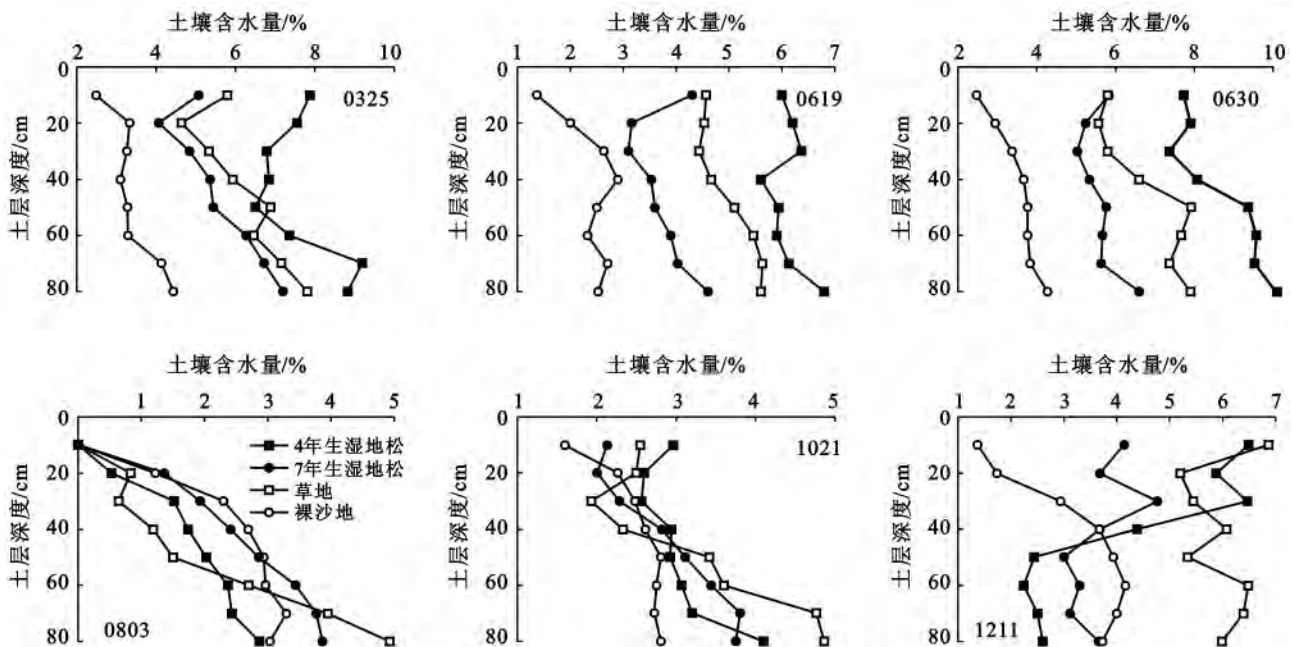


图 4 不同下垫面土壤含水量在垂直方向上的变化特征

## 4 结果讨论

近年来,研究区一直在进行土地沙化的治理工作,主要采取湿地松造林措施,但由于基础研究工作的缺乏,导致了沙化治理存在一些问题。从图 1 可以看出,有植被覆盖的地区,土壤含水量要高于裸露的沙地地区,说明植物的水土保持效应已经显现出来。

但同时也应该看到,盖度较大的 4 年生湿地松和草地覆盖下的土壤水分要高于 7 年生湿地松,并且通过野外调查还发现,林龄越高,林下植被越单一。其中一个原因是在土壤贫瘠的沙化地区,林龄增大,所需水分越多,从而抑制了林下其它物种的生长。因此,对于研究区的湿地松林,建议在树龄达到一定时期,且流沙已经得到控制的情况下,适当降低湿地松林的密

度,使原有物种得以保留和其他物种得以进入,从而达到改善群落结构,实现沙化地区森林植被的可持续发展。郭忠升和邵明安<sup>[26]</sup>也得出,在黄土丘陵区,随着林龄增加,柠条锦鸡儿林对土壤水分的影响逐渐增强,林地土壤含水量和储水量下降幅度加大,造林5 a就需要采取适当措施控制柠条锦鸡儿生长。

从图2和图4可以看出,研究区在8月份由于受副热带高压的影响,高温少雨,蒸发旺盛,导致地表近10 cm出现干层,这对于该地造林的主要树种—湿地松幼苗的成活将是一个严峻考验。如果此时期湿地松幼苗的根系能够伸入到土壤20—30 cm,幼苗的成活率将得到极大的提高,这就对湿地松的种植提出了深植要求。由于一年生湿地松幼苗高度较矮,不能满足深植要求,因此在苗木选择的时候最好选择两年生湿地松;同时尽量把种植日期提前,这样才能保证在伏旱天气来临之前,湿地松从较深的土壤中吸收水分,从而减少地表干层对幼苗的影响。

## 5 结论

(1) 不同下垫面土壤平均含水量大小顺序依次为:4年生湿地松(5.22%)>草地(4.88%)>7年生湿地松(4.01%)>裸沙地(2.95%)。

(2) 该地区不同下垫面不同深度的土壤水分年内均表现为中等变异程度,其中,4年生湿地松变异程度最高,裸沙地最低。

(3) 在不同时期,4种下垫面土壤水分在垂直方向上的变异程度存在差异,变异系数在8月份最大,10—12月份次之,3—6月份最小;相对于裸沙地来说,除8和10月份外,有植被覆盖的地区,土壤水分在垂直方向上的变异程度较低。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] Kofi Annan. UN Secretary-General Kofi Annan's Message on the World Day to Combat Desertification and Drought[OL]. (20030617)[20130202]. [http://news.xinhuanet.com/english/2003-06/17/content\\_923353.htm](http://news.xinhuanet.com/english/2003-06/17/content_923353.htm). 2003.
- [2] 朱震达,崔书红. 中国南方的土地荒漠化问题[J]. 中国沙漠,1996,16(4):331-337.
- [3] 董光荣. 中国沙漠形成演化气候变化与沙漠化研究[M]. 北京:海洋出版社,2002:560-568.
- [4] 冯起,程国栋. 我国沙地水分分布状况及其意义[J]. 土壤学报,1999,36(2):225-236.
- [5] 黄秉维,郑度,赵名茶,等. 现代自然地理[M]. 北京:科学出版社,2000:258-277.
- [6] Andrew J B, Robert L W. 生态水文学[M]. 赵文智,王根绪,译. 北京:海洋出版社,2002:55-81.
- [7] 李新荣,马凤云. 沙坡头地区固沙植被土壤水分动态研究[J]. 中国沙漠,2001,21(3):218-222.
- [8] 李衍青,张铜会,刘新平,等. 科尔沁地区不同类型土壤水分变化分析[J]. 水土保持通报,2010,30(3):147-149.
- [9] 史小红,李畅游,刘廷玺. 科尔沁沙地坳甸相间地区土壤水分空间分布特性分析[J]. 中国沙漠,2007,27(3):837-842.
- [10] 张军红,吴波. 干旱、半干旱地区土壤水分研究进展[J]. 中国水土保持,2012(2):40-43.
- [11] 赵文智. 科尔沁沙地人工植被对土壤水分异质性的影响[J]. 土壤学报,2002,39(1):113-119.
- [12] 刘鑫,满秀玲. 毛乌素沙地小叶杨人工林土壤水分物理特性研究[J]. 土壤学报,2009,46(2):348-351.
- [13] 弓成,温存. 宁夏盐池平沙地主要植物群落土壤水分季节动态[J]. 水土保持通报,2008,28(3):39-43.
- [14] 邱开阳,谢应忠. 毛乌素沙地南缘沙漠化临界区域土壤水分和植被空间格局[J]. 生态学报,2011,31(10):2697-2707.
- [15] 江西省水土保持委员会办公室课题组. 鄱阳湖区水土流失现状及其防治[J]. 水土保持通报,1987,7(2):47-52.
- [16] 江西省水利厅《江西省第三次土壤侵蚀遥感调查》编制组. 江西省第三次土壤侵蚀遥感调查土壤侵蚀现状和动态变化分析报告[R]. 江西 南昌:江西省水利厅,2001.
- [17] 左长清,谢颂华. 江西省水土流失动态监测与分析[J]. 水土保持通报,2006,26(6):55-58.
- [18] 马逸麟,熊彩云,易文萍. 鄱阳湖泥沙淤积特征及发展趋势[J]. 地质调查与研究,2003,24(1):29-37.
- [19] 赵其国,黄国勤,钱海燕. 鄱阳湖生态环境与可持续发展[J]. 土壤学报,2007,44(2):318-326.
- [20] 胡启涛,尧波. 鄱阳湖沙山土壤养分特征与植被恢复方向探讨[J]. 土壤通报,2012,43(3):651-655.
- [21] 高国治,张斌等. 时域反射法(TDR)测定红壤含水量的精度[J]. 土壤,1998,30(1):48-50.
- [22] 方堃,陈效民. 低山丘陵区红壤水分的动态变化及影响因素[J]. 农业工程学报,2010,26(1):67-72.
- [23] 李笑吟,毕华兴,李俊,等. 晋西黄土区土壤剖面水分动态研究[J]. 中国水土保持科学,2006,4(4):72-77.
- [24] 王晶,朱清科. 陕北黄土区阳坡微地形土壤水分特征研究[J]. 水土保持通报,2011,31(4):16-21.
- [25] 邹文秀,韩晓增,李良皓,等. 黑土区不同土地利用方式土壤水分动态变化特征研究[J]. 水土保持学报,2009,23(2):236-239.
- [26] 郭忠升,邵明安. 黄土丘陵半干旱区柠条锦鸡儿人工林对土壤水分的影响[J]. 林业科学,2010,46(12):1-7.