

## 三峡库区消落带土壤含水率和电导率空间变异性研究

黄桂云<sup>1</sup>, 张国禹<sup>1</sup>, 蔡玉鹏<sup>2\*</sup>, 邱利文<sup>1</sup>, 韩馥<sup>1</sup>, 杨培全<sup>3</sup> (1. 中国长江三峡集团有限公司有限公司流域枢纽运行管理中心长江珍稀植物研究所, 湖北宜昌 443000; 2. 长江勘测规划设计研究有限责任公司, 湖北武汉 430010; 3. 安徽省颍上江店镇水利站, 安徽阜南 236000)

**摘要** 消落带土壤含水率与电导率是影响植物的生长的指标。以三峡库区消落带为研究对象, 研究土壤含水率、电导率在不同区域、水位高程及土层的空间变异特征。结果表明: 三峡库区沿线各消落带样点土壤含水率在地理空间上表现出一定差异性, 低海拔区比高海拔区土壤含水率高, 土壤含水率随着土层深度的增加而呈减小趋势; 土壤电导率分布区间为 0.21~0.42 mS/cm, 在地理空间上表现出一定的空间变异性, 其中向阳村电导率最高, 且与其他调查点差异显著; 除少数调查点外, 大多调查点电导率在不同海拔高度和土层间的差异性不显著。

**关键词** 消落带; 土壤含水率; 土壤电导率

中图分类号 S152 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)21-0091-02

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.21.022



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Spatial Variability of Soil Water Content and Electrical Conductivity in Water Level Fluctuating Zone of Three Gorges Reservoir Area

HUANG Gui-yun<sup>1</sup>, ZHANG Guo-yu<sup>1</sup>, CAI Yu-peng<sup>2</sup> et al (1. Yangtze River Rare Plant Research Institute, Operation and Administration Center for River Basin Hydro Complex, China Three Gorges Corporation, Yichang, Hubei, 443000; 2. Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Wuhan, Hubei 430010)

**Abstract** Soil water content and electrical conductivity can affect the growth of plants. The spatial variation characteristics of soil moisture content and electrical conductivity in different regions, water level elevation and soil layer were researched in the water level fluctuating zone of the Three Gorges Reservoir Area. The results showed that: the soil moisture content of the sample points in the fluctuating zone showed certain differences in geographical space. The soil moisture content was higher in low altitude area than that of high altitude area, and it was increased with the depth of soil layer. The distribution range of soil conductivity was 0.21~0.42 mS/cm, which showed a certain spatial variability in geographical space. The conductivity in Qukou Town was the highest, and the difference was significant with other survey points. Except for a few survey points, the difference of conductivity in different water level and soil layers was not significant in most survey points.

**Key words** Water level fluctuating zone; Soil moisture content; Soil conductivity

三峡水库采用“蓄清排浑”的水库运行调度机制, 每年9月底开始蓄水, 次年1月开始放水, 库区形成一个落差30 m, 总面积为349 km<sup>2</sup>的消落带<sup>[1-2]</sup>。三峡库区已经历数次淹水和落干, 形成了一种特殊的湿地, 是水体与陆地生态系统的过渡带, 承担着库区水域和陆地之间物质运输、能量交换和信息传递等任务。同时, 水位的涨落造成了消落带不同高程不同深度的土壤的有机质、全氮、全磷、速效磷等养分含量的大量流失, 使得土壤理化环境发生了变化<sup>[3-5]</sup>。

土壤是植物生存的条件和基础, 植被与土壤理化性质之间的关系一直是现在备受关注的问题。库区内土壤除了会受到水位波动、降雨、温度等因素的影响外<sup>[6]</sup>, 还易受到人为扰动, 如施肥、放牧、耕作的影响, 导致土壤理化性质发生改变。土壤电导率在探究土壤基本化学性质、受污染程度、肥力特征上有着重要的意义, 是反映土壤理化性质的重要指标<sup>[3,7]</sup>。已有研究表明, 土壤含水率、电导率对植物的生长有一定的影响<sup>[8]</sup>。因此, 笔者通过分析消落带土壤含水率与电导率在空间上变异性, 对消落带植被恢复一定的指导意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

三峡库区主要涉及湖北及重庆20个县

(市、区), 于亚热带季风气候区, 水温变化在10~28℃, 气候温和湿润。库区范围为105°44'~111°39'E, 28°32'~31°44'N, 总面积为5.67万km<sup>2</sup><sup>[9]</sup>。该研究在库区沿线选取6个采样地点进行调查, 调查点分别为: 湖北秭归县的万古寺村(110°45'27.37"E, 31°0'58.30"N)、尹家湾(110°45'24.93"E, 30°58'23.43"N)和水田坝乡(110°41'37.4"E, 31°2'54.31"N)、重庆开县的向阳村(108°29'10.80"E, 31°08'45.55"N)和铺溪村(108°28'16.74"E, 31°8'56.48"N)、忠县的石宝镇(108°9'20.67"E, 30°25'30.99"N)。

**1.2 调查指标与数据分析** 2018年6月前往目标区域开展调查研究, 使用土壤水分电导率测定仪(LDC-I)测量0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm等3个土层深度的土壤含水率和电导率。土壤含水率和电导率箱式图采用Origin 8作图, 使用SPSS对数据进行ANNOVA方差分析。

## 2 结果与分析

**2.1 消落带土壤含水率空间变异性** 总体来看, 消落带含水率在地理空间上表现出一定的差异性, 变化区间15.7%~31.5%, 其含水率大小关系为: 石宝镇>向阳村>铺溪村>尹家湾>水田坝>万古寺(表1)。石宝镇、向阳村、铺溪村3个样点的土壤含水率显著高于其他样点( $P<0.05$ )。可以得出, 消落带上游土壤含水率高于下游。从145~155 m、155~165 m、165~175 m这3个水位高程土壤含水率的分布来看, 含水率在145~155 m普遍高, 铺溪村和水田坝在不同高程上土壤含水率有显著差异( $P<0.05$ ), 其他各调查点差异不显

**作者简介** 黄桂云(1971—), 女, 安徽金寨人, 正高级工程师, 从事长江流域特有珍稀植物研究保护及陆生生态修复研究。\*通信作者, 高级工程师, 硕士, 从事水生态保护与修复研究。

**收稿日期** 2021-03-02

著( $P>0.05$ )。从图1可以看出,土壤含水率随着土层深度的增加呈减小趋势。ANNOVA 方差分析结果显示,除了万古寺消落带,其他样点在各土层差异显著( $P<0.05$ )。

表1 不同调查点土壤含水率特征

Table 1 Soil moisture content characteristics of different survey points

序号 No.	调查点 Survey point	含水率 Moisture content/%
1	石宝镇	31.5±8.97
2	向阳村	30.5±10.87
3	铺溪村	24.6±6.56
4	水田坝	16.9±3.90
5	万古寺	15.7±8.64
6	尹家湾	17.9±5.29

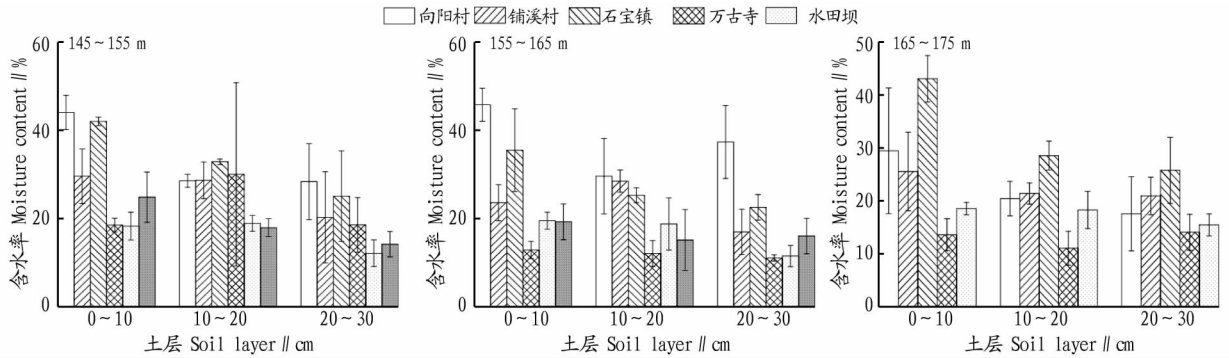


图1 6处消落带不同土层土壤电导率的变化

Fig. 1 Changes in soil electrical conductivity of different soil layers in six water-level-fluctuating zones

表2 不同调查点土壤电导率特征

Table 2 Soil conductivity characteristics of different survey points

序号 No.	调查点 Survey point	电导率 Conductivity/mS/cm
1	石宝镇	0.32±0.19
2	向阳村	0.42±0.19
3	铺溪村	0.31±0.15
4	水田坝	0.24±0.15
5	万古寺	0.21±0.12
6	尹家湾	0.37±0.15

2.2 土壤电导率的分布特征 总体来看,电导率在地理空间上表现出一定的差异性,其平均值在向阳村最大,为0.42 mS/cm,在万古寺最小,为0.21 mS/cm。各消落带调查点土壤电导率平均值大小顺序依次为:向阳村>尹家湾>石宝镇>铺溪村>水田坝>万古寺(表2)。向阳村与铺西村、石宝镇、万古寺、水田坝间土壤电导率差异显著( $P<0.05$ )。万古寺与水田坝间差异不显著,与其他调查点位间差异显著( $P<0.05$ )。从145~155 m、155~165 m、165~175 m 3个水位高程土壤电导率的分布来看,电导率在不同水位高程变异性较小,整体来看,向阳村与水田坝消落带不同水位高程电导率差异显著( $P<0.05$ ),其他各消落带各水位高程电导率差异不显著( $P>0.05$ )。

由图2可以看出,土壤电导率在不同土层深度的分布变异性不大。在145~155 m水位高程,向阳村10~20 cm土层与20~30 cm土层之间差异显著( $P<0.05$ ),其他各消落带调查点土层间电导率无显著差异。155~165 m,铺溪村10~20 cm土层与0~10 cm、20~30 cm之间差异显著( $P<0.05$ ),其他各区域差异不显著。165~175 m,铺溪村0~10 cm土层与10~20 cm、20~30 cm之间差异显著( $P<0.05$ ),石宝镇0~10 cm土层与10~20 cm、20~30 cm之间差异显著( $P<0.05$ ),其他各区域差异不显著。

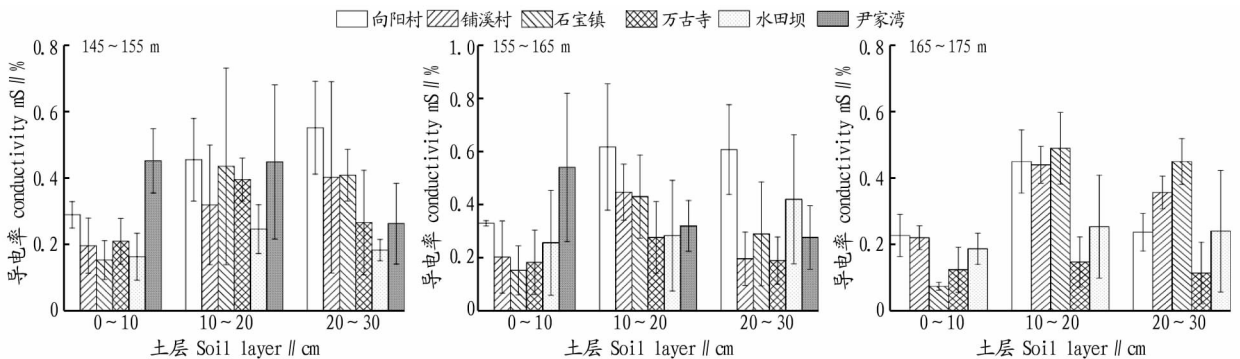


图2 6处消落带不同土层土壤电导率的变化

Fig. 2 Changes in soil electrical conductivity of different soil layers in 6 water-level-fluctuating zones

### 3 结果与讨论

(1) 三峡库区消落带含水率在地理空间上表现出一定的差异性,石宝镇、向阳村消落带含水率最高,与其他各调查点

土壤含水率差异显著( $P<0.05$ )。可以推断,三峡库区上游消落带比下游消落带土壤含水率高。总体来看,低海拔消落带(下转第97页)

各调查地点均存在,且在支流和水库主体水滨带成为优势种。

黑鱼水库生态环境脆弱,水滨带植被严重退化。滨水带植被狭窄,除了季节性淹土地外都种植了农作物,包括上游在内的农田均紧邻水体;村庄与水库的距离近,农田的化肥、农药、村民的生活垃圾等势必对水库水体产生污染;村民的生产生活活动等加剧了原生植被的破坏,并使入侵植物占据了一定的优势;黑鱼水库库体的大坝横断面就是一条公路,支流被公路截断;库尾周围堆积了大量的秸秆,对植物的生长和群落的演替造成了不良的影响。

植物是生态系统水土保持功能维持的重要组成部分,而水土保持要以恢复植被、保护水土、维持生态平衡为主<sup>[19]</sup>。Sweeney等<sup>[20]</sup>认为小尺度上的水滨带植被恢复可以通过人工栽植植物来实现。黑鱼水库上游河漫滩目前以草草为优势种,该植物是一种广泛分布的喜潮湿一年生农田杂草,在田边沟边常密集生长<sup>[21]</sup>,其生长低矮,在生态效益方面显然不如高大的多年生植物,应该采取人为构建群落的方式,这将对植物群落功能的发挥和生态景观的营造起到积极作用。在黑鱼水库上游和支流应保留足够的汇水区土地面积,退耕还湖,减少人为污染和干扰。水库的水滨带植被是防止库区周边的泥沙、有机物、化肥、农药和各种污染物进入水库的最后一道生态屏障,所以应将与水体紧邻的、一定范围的农田恢复为水源植被保护带,在尽量恢复原生植被的同时人工种植乔木、灌木树种,促进适生的多年生草本植物良好生长,充分发挥其汇水、净化、过滤的生态作用。

#### 参考文献

- [1] 韩博平. 中国水库生态学的回顾与展望[J]. 湖泊科学, 2010, 22(2): 151-160.
- [2] 陈雪珍. 福州市山仔水库植被缓冲带建设研究[J]. 环境科学与管理, 2013, 38(9): 160-164.
- [3] DAVIS M A, GRIME J P, THOMPSON K. Fluctuating resources in plant

communities: A general theory of invasibility[J]. Journal of ecology, 2000, 88(3): 528-534.

- [4] VETAAS O R, GRYTNES J A. Distribution of vascular plant species richness and endemic richness along the Himalayan elevation gradient in Nepal[J]. Global ecology and biogeography, 2002, 11(4): 291-301.
- [5] 王强, 袁兴中, 刘红, 等. 三峡水库初期蓄水对消落带植被及物种多样性的影响[J]. 自然资源学报, 2011, 26(10): 1680-1693.
- [6] 雷波, 王业春, 由永飞, 等. 三峡水库不同间距高程消落带草本植物群落物种多样性与结构特征[J]. 湖泊科学, 2014, 26(4): 600-606.
- [7] 中国植被编辑委员会. 中国植被[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [8] 孙荣, 袁兴中, 刘红, 等. 三峡水库消落带植物群落组成及物种多样性[J]. 生态学杂志, 2011, 30(2): 208-214.
- [9] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2002.
- [10] 刘维峰, 杨帆, 王杰, 等. 三峡水库干流和库湾消落区植被物种动态分布研究[J]. 植物科学学报, 2011, 29(3): 296-306.
- [11] NAIMAN R J, DÉCAMP H. The ecology of interfaces: Riparian zones[J]. Annual review of ecology and systematics, 1997, 28(1): 621-658.
- [12] HOLMES P M, ESLER K J, RICHARDSON D M, et al. Guidelines for improved management of riparian zones invaded by alien plants in South Africa[J]. South African journal of botany, 2008, 74(3): 538-552.
- [13] FOXCROFT L C, PARSONS M, MCLOUGHLIN C A, et al. Patterns of alien plant distribution in a river landscape following an extreme flood[J]. South African journal of botany, 2008, 74(3): 463-475.
- [14] JANSSON R, NILSSON C, DYNESIUS M, et al. Effects of river regulation on river-margin vegetation: A comparison of eight boreal rivers[J]. Ecological applications, 2000, 10(1): 203-224.
- [15] MOGGRIDGE H L, GURNELL A M. Hydrological controls on the transport and deposition of plant propagules within riparian zones[J]. River research and applications, 2010, 26(4): 512-527.
- [16] 卢志军, 李连发, 黄汉东, 等. 三峡水库蓄水对消涨带植被的初步影响[J]. 武汉植物学学报, 2010, 28(3): 303-314.
- [17] 张建春, 彭补拙. 河岸带研究及其退化生态系统的恢复与重建[J]. 生态学报, 2003, 23(1): 56-63.
- [18] 陈子珊, 高甲荣, 包雪峰, 等. 河溪利用方式对河岸带木本植物多样性的影响: 以安达木河上游为例[J]. 水土保持研究, 2008, 15(4): 189-191.
- [19] 邵珊珊, 刘森, 李艳红. 大伙房水库植被组成、区系分布及对生态环境保护的意义[J]. 环境保护科学, 2014, 40(4): 56-59, 80.
- [20] SWEENEY B W, CZAPKA S J, YERKES T. Riparian forest restoration: Increasing success by reducing plant competition and herbivory[J]. Restoration ecology, 2002, 10(2): 392-400.
- [21] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1984.

(上接第 92 页)

带较高海拔土壤含水率高,且土壤含水率随着土层深度的增加而呈减小趋势。在调查期间,各消落带样点均无降雨情况,可以排除降雨因素对消落带土壤含水率的影响。土壤含水率还受到土壤特征(孔隙度、容重<sup>[10]</sup>、渗透性能等)、植被状况、蒸发等因素的影响,这些因素的影响该研究未能考虑。

(2) 三峡库区消落带土壤电导率在地理空间上表现出一定的差异性,调查结果与刘兰等<sup>[11]</sup>在云阳消落带的调查结果相近,介于 0.2~0.5 mS/cm。其中向阳村土壤电导率最高,为 0.42 mS/cm,且与其他调查点差异显著( $P < 0.05$ )。从不同海拔来看,电导率在不同水位高程变异性较小。在不同土层深度电导率分布变异性不大,仅向阳村、万古寺在不同土层间电导率表现出显著差异。土壤电导率是测定土壤水溶性盐的指标,是判定土壤中盐类离子是否限制作物生长的重要因素。土壤电导率在空间变异性由土壤类型、地形、耕作、施肥等因素共同作用的结果<sup>[4]</sup>。通过对消落带土壤电导率的空间变异研究,可为消落带植被恢复提供一定的

参考。

#### 参考文献

- [1] 胡春宏, 方春明, 许全喜. 论三峡水库“蓄清排浑”运用方式及其优化[J]. 水利学报, 2019, 50(1): 2-11.
- [2] 梁俭. 三峡库区消落带土壤溶解性有机质淹水释放行为与结构表征[D]. 重庆: 西南大学, 2016.
- [3] 纪毛毛, 张燕, 高治群, 等. 蚌埠市土壤电导率与 pH 分布特征[J]. 广州化工, 2016, 44(12): 140-142.
- [4] 康璇, 王雪梅, 赵枫. 干旱区绿洲土壤 pH 值与电导率的空间变异研究[J]. 西南农业学报, 2016, 29(11): 2660-2664.
- [5] 安婵, 乔建霞, 商建英, 等. 人造湖对毗邻退化草地土壤含水量、电导率和 pH 的影响[J]. 草业学报, 2018, 27(8): 21-29.
- [6] 康义. 三峡库区消落带土壤理化性质和植被动态变化研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2010.
- [7] 李铸, 文勇立, 张云, 等. 若尔盖盆地不同退化阶段草甸土壤含水率、pH 及电导率的变化[J]. 生态环境学报, 2016, 25(5): 752-759.
- [8] 杨帆, 邓伟, 杨建锋, 等. 土壤含水量和电导率对芦苇生长和种群分布的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(4): 199-201.
- [9] 李艳艳, 徐东昱, 高丽, 等. 三峡库区消落带土壤金属污染特征的研究进展[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2019, 17(2): 152-160.
- [10] 王金哲, 张光辉, 严明疆, 等. 环渤海低平原区土壤容重与含水量空间结构性研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(7): 4233-4237.
- [11] 刘兰, 秦宇, 王朝清. 三峡库区消落带云阳段土壤理化性质分析[J]. 广东农业科学, 2014, 41(9): 76-78.