

贾国梅,杜祥运,席颖,等.三峡库区消落带紫色土颗粒分形的空间分异特征[J].江苏农业科学,2016,44(6):470-473.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.06.137

三峡库区消落带紫色土颗粒分形的空间分异特征

贾国梅,杜祥运,席颖,牛俊涛

(三峡大学生物与制药学院/三峡库区生态环境教育部工程研究中心,湖北宜昌 443002)

摘要:为探讨消落带水位消涨对土壤团粒结构和土壤抗侵蚀能力的影响,选取三峡库区童庄河消落带紫色土,以从未淹没的样地作为对照,应用分形理论研究消落带不同海拔梯度紫色土分形特征以及与土壤营养的相关关系。结果表明:不同海拔梯度的土壤粒径分布中,粉粒含量占主导地位。然而分形维数(D)与黏粒之间具有极显著的的正相关性,这意味着黏粒的变化对分形维数的分异起了决定性的作用。在消落带区域,土壤颗粒的分形维数和黏粒含量是淹没中等持续时间的区域(155~165 m)最大,且与从未淹没的对照样地(175 m 以上)之间无显著性的差异;其次是淹没时间较短区域(165~175 m);淹没时间较长区域(145~155 m)最低。相关性分析结果表明,土壤颗粒的分形维数与黏粒含量及其土壤营养之间都具有极显著的正相关性。这些结果意味着消落带淹没持续时间较长区域受淹水扰动相对最强烈,土壤质量退化最严重。

关键词:土壤分形维数;土壤颗粒组成;有机碳;全氮;消落带

中图分类号: S152.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)06-0470-03

三峡库区消落带是三峡大坝拦蓄和泄洪形成的水位落差约为 30 m 变化的反季节湿地。且位于库首的消落带多处于陡坡的状态,土壤多为水稳性很差、极易水蚀的紫色土构成^[1]。水位的周期性涨落和涌浪加之出露成陆期的降雨径流可能导致土壤表层颗粒的重新分布,进而引起土壤颗粒组成的空间变异^[1],加速消落带土壤的侵蚀。土壤颗粒组成是反映土壤结构、土壤肥力和土壤退化过程的重要物理特性,但是仅仅用土壤颗粒分级定量化表征土壤质地特性相对比较简单^[2]。土壤颗粒分级的分形维数不仅能够表征土壤质地的均一程度、土壤渗透性和土壤营养状况,还能反映人为扰动生境土壤物理特性的变化动态^[3]和优劣^[4]。因而在评价消落带水位消涨过程中土壤退化的程度时,土壤颗粒分级分形维数的生态作用就显得尤为重要。

目前,虽有研究报道了三峡库区消落带土壤理化特性,但是很少有研究报道三峡库区陡坡消落带湿地不同海拔梯度紫色土颗粒组成的分形维数的空间分异特征。因而,本研究以从未淹没的样地作为对照,研究消落带不同海拔梯度紫色土分形维数和土壤营养之间的相关性,揭示消落带土壤紫色土分形维数的空间分异特征以及与土壤营养之间的关系,为深入研究三峡库区消落带紫色土侵蚀过程的机理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区域选择紧邻三峡大坝秭归县童庄河(110°25′~111°06′ E,31°04′~31°34′ N)。该地区气候属亚热带大陆性

季风气候,气候温暖湿润,四季分明,雨热同季,热量充沛。年平均气温为 17.9℃,年平均降水量为 1 006.8 mm,年日照时间 1 631.5 h,无霜期年平均约为 260 d,土壤类型为紫色土。

1.2 土壤采样

研究区域选择紧邻三峡大坝的童庄河。选择典型消落带回水区,划分不同高程段见表 1,在每个固定的样带首先调查消落带土壤质地情况,选择质地相同的样地随机取样。在 2011 年 5 月底至 7 月初,沿海拔高程按照从未淹没区(NI)(175~185 m)、淹没时间较短区(SI)(165~175 m)、淹没时间中等区(MI)(155~165 m)和淹没较长区(LI)(145~155 m)分别定位选取 4 个代表样地,从未淹没区域作为对照组(表 1)。在每个梯度选择 10 m×10 m 的样方各 2 块,然后在每个样方内按照蛇形法在 0~20 cm 各采取 5 个点的土壤。采取的土样立即放入塑料袋中密封带入实验室,快速拣去枯枝落叶和石砾,过 2 mm 的筛子后,一部分很快贮藏到-20℃的冰箱里进行土壤颗粒分级的分析,另一部分风干,用于土壤营养的分析。

表 1 不同高程段样地特征

海拔梯度	年淹没时间(d)	年干燥时间(d)	土壤含水量(%)	植物物种种类
LI	225	140	淹没	无
MI	165	200	13.34	狗尾草、狗牙根等
HI	60	305	13.44	玉米等
NI	0	365	15.65	柑橘等

1.3 土壤理化性质的分析

土壤级组组成使用比重计法进行测定;土壤有机碳采用重铬酸钾外加热法测定;土壤全氮采用半微量凯氏定氮法测定。

1.4 土壤颗粒表面分形维数计算方法

土壤分形维数(D)采用杨培岭等推导的公式^[5]计算:

收稿日期:2015-05-11

基金项目:三峡库区生态环境教育部工程研究中心课题(编号:KF2013-09);三峡大学预研基金(编号:Hy1406)。

通信作者简介:贾国梅(1965—),女,甘肃永登人,博士,教授,主要从事土壤生态学研究。E-mail:jjgm@126.com。

[d_i / d_max]^(3-D) = m(delta < d_i) / m_0 (1)

式中:D 表示土壤颗粒分形维数;delta 表示用来测量土粒直径尺寸的码尺;m_0 表示所测土壤所有粒级总的质量和;m(delta < d_i) 是小于d_i的所有土壤质量之和;d_max是所分粒级中最大一级粒级平均直径;d_i表示 d_i 与 d_i + 1 这 2 个粒级分筛之间粒级粒径的平均值;将公式(1)两边取对数得

lg[m(delta < d_i) / m_0] = (3 - D)lg[d_i / d_max] (2)

对所测土壤各粒级的含量进行处理,之后分别以lg[m(delta < d_i) / m_0],lg[d_i / d_max] 为纵、横坐标作图并进行线性拟合,作图公式分析得到该拟合的直线斜率,该拟合直线的斜率就是式(2)中的 3 - D,进而可以求出分形维数 D 值。

1.5 数据处理

试验数据的处理比较采用 Turkey's - b 单因素方差分析,土壤颗粒、分形维数与土壤营养之间的相关性分析用 Pearson's test 分析,土壤分形维数与土壤颗粒组成之间的关系用线性回归分析。数据在 SPSS 17.0 软件上分析。

2 结果分析

2.1 土壤颗粒组成的空间格局

土壤颗粒组成是形成土壤结构的重要物质。不同海拔梯度的表层土壤粒径分布中,粉粒含量(0.02 ~ 0.002 mm)(53.31% ~ 55.86%)占主导地位,其次是砂粒含量(0.02 ~

2 mm)(24.15% ~ 27.66%),黏粒含量(< 0.002 mm)(14.83% ~ 20.38%)最低(表 2)。虽然土壤黏粒、粉粒和砂粒含量的大小顺序分别为:NI > MI > SI > LI,SI > LI > MI > NI 和 LI > SI > NI > MI,但是单因素方差分析的结果表明,粉粒和砂粒在不同海拔梯度之间并无显著性的差异,只有粘粒的含量在不同海拔梯度之间具有显著性差异,NI 和 MI 之间无显著性差异,但是它们与其他样地之间具有显著的差异,LI 和 SI 样地之间也有显著性的差异。这表明水位的消涨对消落带土壤颗粒组成特别黏粒含量的空间分异确实产生了显著的影响,年淹没和出露持续时间近似相等的区域土壤黏粒含量并没有发生变化,而淹没持续时间较长和较短的区域其土壤黏粒含量都显著降低。

2.2 土壤分形维数的空间格局

消落带表层土壤颗粒的分形维数 D 值在 2.59 ~ 2.65(表 2),土壤不同粒级含量与对应土壤颗粒粒径的相关系数绝大多数 r^2 > 0.91,表明该地区土壤颗粒粒径分布具有分形的特征。

消落带不同海拔梯度土壤分形维数的大小顺序分别为 NI > MI > SI > LI。单因素方差分析的结果表明,土壤分形维数在 NI 和 MI 之间无显著性差异,但是与其他样地之间具有显著差异,LI 和 SI 样地之间也具有显著性差异(表 2),这说明消落带湿地淹没持续时间较长和较短的区域都显著降低分形维数,且淹没持续时间较长的区域降低更大,而年淹没和出露持续时间近似相等的区域反而保持了分形维数的稳定。

表 2 消落带土壤颗粒的机械组成及其分形特征

海拔梯度	不同粒级的颗粒含量(%)			分形维数(D)	相关系数(r^2)
	0.02 ~ 2 mm	0.02 ~ 0.002 mm	< 0.002 mm		
LI	27.66(1.02) a	55.23(1.02) a	14.83(0.42) c	2.59(0.01) c	0.91
MI	24.15(1.26) a	53.83(1.30) a	19.62(0.19) a	2.65(0.01) a	0.91
SI	26.20(0.68) a	55.86(0.67) a	16.98(0.27) b	2.62(0.00) b	0.92
NI	24.98(1.30) a	53.31(1.27) a	20.38(0.51) a	2.65(0.01) a	0.92

2.3 土壤分形维数与各粒级含量的相关性

粒径分布作为直接影响土壤机械结构组成的重要因素,也决定着土壤分形维数的大小,是进行土壤分类的重要标准[6]。消落带土壤颗粒分形维数与各粒级土壤颗粒含量进

行线性回归分析的结果表明,D 值仅与土壤黏粒含量之间具有显著的正相关性(P < 0.01),而与粉粒及其砂粒之间并无显著的相关性(P > 0.05)(图 1)。由此认为,土壤黏粒含量的变化对分形维数的分异主要起了决定性的作用。

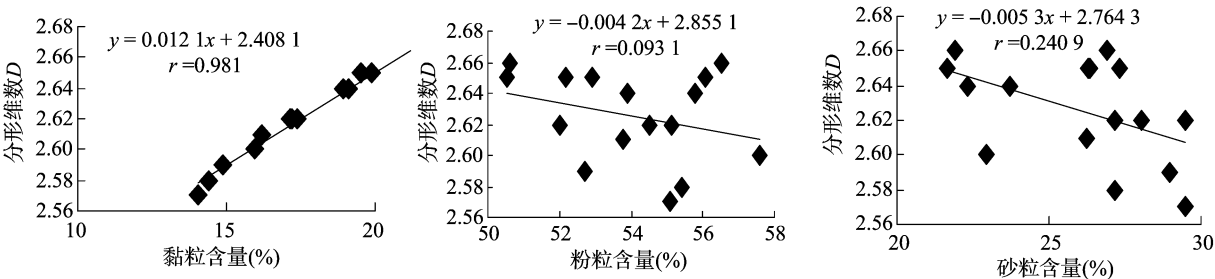


图 1 土壤分形维数与土壤颗粒含量之间的关系

2.4 消落带土壤营养的空间格局

土壤有机碳直接影响土壤结构、持水性能和肥力状况,是反映土壤质量和健康的敏感指标。消落带土壤有机碳(3.26 ~ 4.30 g/kg)和全氮(0.36 ~ 0.47 g/kg)含量都显著低于从未淹没的样地有机碳(7.62 g/kg)和全氮(0.84 g/kg)含量。在消落带区域,土壤有机碳和全氮含量是 LI 区域低于

MI 区域和 SI 区域,而 MI 区域和 SI 区域之间并无显著性差异(图 2)。这与郭泉水等[7]和郭劲松等[8]的研究结果一样。这说明消落带区域受水位消涨的影响,导致土壤质量退化,而淹没持续时间较长的样地土壤质量退化更严重。

2.5 土壤粒径分布分形维数与土壤营养含量的关系

土壤颗粒分形在某种程度上反映了土壤质地和影响土壤

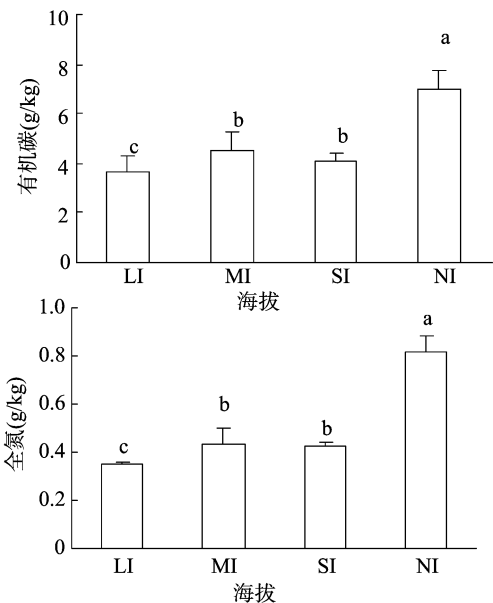


图2 消落带不同海拔梯度土壤营养含量

营养状况,而土壤有机质的分布和转化反过来又影响土壤结构和质地。由表 3 可知,土壤分形维数、黏粒与土壤有机碳及其全氮之间都呈现极显著的正相关性 ($P < 0.01$),但是与砂粒及其粉粒之间都无显著的相关性。这说明土壤分形维数可以作为土壤有机质含量程度的指征^[9],能反映表层土壤营养的损失状况。

表 3 土壤分形维数与土壤营养之间的关系

养分	黏粒	粉粒	砂粒	<i>D</i>
有机碳	0.80 **	-0.44	-0.195	0.76 **
全氮	0.74 **	-0.39	-0.15	0.69 **

注:“**”表示相关性在 0.01 水平上显著,“*”表示相关性在 0.05 水平上显著(两尾测验)。

3 讨论

土壤分形维数能够反映土壤结构的优劣。土壤质地与分形维数成反比的关系,质地愈细,分形维数愈大,反之亦然。当 $D > 2.88$ 时,分形维数表征的土壤质地黏重、土壤结构紧实^[5],土壤抗侵蚀性强。本研究中,土壤颗粒组成的分形维数在 2.59 ~ 2.65 之间,分形维数(D)主要与黏粒含量之间具有极显著的正相关性,表明 D 值的大小主要是受黏粒含量的影响。徐泉斌等研究三峡库区消落带土壤抗蚀性的结果表明,土壤黏粒含量越高,土壤抗侵蚀能力越强^[10]。这与本研究的结果相似黏粒含量高, D 值大,土壤结构稳定,土壤抗侵蚀能力强。

由于淹水扰动程度的不同,致使土壤以黏粒为主的细颗粒和有机质含量损失发生变化^[11-12]。Rieu 等研究表明当分形维数越小,越易发生水土流失^[13]。本研究中,从未淹没区域土壤的黏粒含量和分形维数较大,有机碳和全氮含量最高。这是由于从未被淹没区域植被覆盖较好,土壤侵蚀相对较弱,土壤质地较好,土壤肥力相对最高。这与 Liu 等的研究结果^[14]一致。Liu 等研究结果表明,保护林地其土壤分形维数最高^[14]。在消落带区域内,分形维数 D 值在 155 ~ 165 m 区域内最高,淹没持续时间较短区域土壤颗粒的分形维数次之,

淹没时间较长区域最低。虽然水位消涨降低了土壤营养物质的含量,但是 155 ~ 165 m 区域年淹没和出露时间近似相等,地上植物多样性最高^[15],植物根劈的作用,导致土粒不断破碎,黏粒含量增加, D 值变大,土壤结构的稳定性得到了保持;淹没持续时间较短区域,水位上升快,下降也快,水位波动的扰动冲刷也较大,结果造成表层土壤细颗粒被流水带走,土壤有机质和全氮含量也显著降低;淹没时间较长区域受淹水扰动最强烈,淹水状态下的土壤由于长期浸泡于水中缺乏地表植被覆盖保护,水流侵蚀下黏粒物质流失比较严重,导致土壤中砂粒含量较高,黏粒和营养物质含量最低,且最易发生水土流失。这与张世熔等的研究结果^[16]相一致。这说明当土壤的分形维数变小,土壤颗粒变粗,土壤质量退化。

4 结论

土壤分形维数与黏粒含量、有机碳及其全氮之间都具有显著的正相关性,但是与粉粒及砂粒之间并无显著的相关性。消落带区域,淹没持续时间中等的区域(155 ~ 165 m)最高的土壤分形维数与其地上植被的多样性高、根劈作用增强有关。这意味着植被的恢复能够提高土壤的抗侵蚀性,改善土壤结构。淹没时间较长区域土壤黏粒含量、分形维数和营养含量都相对最低。这说明淹没时间较长的区域土壤结构变劣,吸附有机质能力较强的黏粒含量下降,土壤质量退化,土壤抗侵蚀能力下降,水土流失加剧。因此增强消落带淹没时间较长和较短区域土壤的抗侵蚀治理势在必行。

参考文献:

[1] 冯孝杰,魏朝富,谢德体,等. 周期性淹水对消落区水土环境的影响及控制对策[J]. 中国农学通报,2005,121(10):356-359,377.

[2] 贾晓红,李新荣,张景光,等. 沙冬青灌丛地的土壤颗粒大小分形维数空间变异性分析[J]. 生态学报,2006,26(9):2827-2833.

[3] Wu C Z, Hong W. Study on fractal features of soil aggregate structure under different management patterns[J]. Acta Pedologica Sinica, 1999,36(2):162-167. 没

[4] 刘梦云,常庆瑞,齐雁冰. 不同土地利用方式的土壤团粒及微团粒的分形特征[J]. 中国水土保持科学,2006,4(4):47-51.

[5] 杨培岭,罗远培,石元春. 用粒径的重量分布表征的土壤分形特征[J]. 科学通报,1993,38(20):1896-1899.

[6] 魏玉虎,胡卸元,齐光辉. 分形理论在土体粒度成分特征评价中的应用[J]. 安徽地质,2006,16(2):120-122.

[7] 郭劲松,黄轩民,张彬,等. 三峡库区消落带土壤有机质和全氮含量分布特征[J]. 湖泊科学,2012,24(2):213-219.

[8] 郭泉水,康义,赵玉娟,等. 三峡库区消落带土壤氮磷钾、pH 值和有机质变化[J]. 林业科学,2012,48(3):7-10.

[9] 高鹏,李增嘉,杨慧玲,等. 渗灌与漫灌条件下果园土壤物理性质异质性及其分形特征[J]. 水土保持学报,2008,22(2):155-158.

[10] 徐泉斌,傅瓦利,孙璐,等. 三峡库区消落带土壤抗蚀性研究[J]. 水土保持研究,2009,16(5):13-18.

[11] Heenan D, Chan K, Knight P. Long-term impact of rotation, tillage and stubble management on the loss of soil organic carbon and nitrogen from a Chromic Luvisol[J]. Soil and Tillage Research, 2004,76:59-68.

来雪慧,任晓莉,贾丽霞,等. 东北集约化农区不同农作物类型的土壤硝化作用及其影响因素[J]. 江苏农业科学,2016,44(6):473-476.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.06.138

东北集约化农区不同农作物类型的土壤硝化作用及其影响因素

来雪慧,任晓莉,贾丽霞,周坤渊,王美琪

(太原工业学院环境与安全工程系,山西太原 030008)

摘要:以东北集约化农区作为研究对象,根据1979年、1992年、1999年、2012年共4年的土地利用和植被利用遥感信息,选择小叶章草甸/小叶章草甸/水稻/水稻(C/C/R/R)、落叶阔叶林/落叶阔叶林/玉米/玉米(B/B/M/M)、小叶章草甸/小叶章草甸/玉米/玉米(C/C/M/M)、玉米/玉米/玉米/玉米(M/M/M/M)、玉米/玉米/水稻/水稻(M/M/R/R)这5种典型区域不同农作物类型的土壤硝化速率进行测定,分析其主要的影响因素。结果表明,不同农作物类型的土壤硝化速率存在显著差异($P < 0.05$);玉米/玉米/玉米/玉米(M/M/M/M)的土壤硝化速率相对最高,为 $404.8 \mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{h})$,落叶阔叶林/落叶阔叶林/玉米/玉米(B/B/M/M)的土壤硝化速率相对最小,为 $232.4 \mu\text{g}/(\text{kg} \cdot \text{h})$;不同农作物类型的土壤硝化速率与土壤温度、全碳含量、总氮含量、硝态氮含量、铵态氮含量呈极显著正相关($P < 0.01$),而土壤含水量对给地区的硝化作用影响较小;土壤硝化速率与土壤pH值呈极显著负相关($P < 0.01$)。

关键词:硝化作用;影响因素;农业活动;农作物类型

中图分类号:S153.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)06-0473-04

氮元素作为生物体生存和发展必需的元素,对陆地生态系统的生产过程具有最强烈的影响^[1],同时对生态系统的结构和功能起着关键的调节作用^[2]。氮循环为生物的生长提供必需的氮源^[3],并促使物质能量循环的形成^[4]。在土壤硝化过程中,硝化作用是氮素损失的主要途径^[5],而氮素损失会导致温室气体 N_2O 排放量增多。目前,氮循环已成为全球变化研究的一个重要内容^[6]。针对土壤硝化作用的影响因素开展了大量研究^[7]。有研究发现,土壤类型不同,土壤硝化作用变异较大,土壤水分和土壤理化性质作是影响硝化作用的重要因素^[8-9]。本试验以集约化农区不同农作物类型为研究对象,探讨植被结构改变及土壤因子变化对该地区农田土壤硝化作用的影响程度,为预测温室气体排放和区域生态安全提供基础信息。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

收稿日期:2015-10-23

基金项目:山西省高等学校科技创新项目(编号:2014151);山西省重点学科建设项目。

作者简介:来雪慧(1984—),女,山西大同人,博士,讲师,主要从事环境规划、农业面源等研究。Tel: (0351) 3566125; E-mail: laixuehui@mail.bnu.edu.cn。

研究区位于东北三江平原八五九农场,属寒温带季风性大陆气候。根据该农场1964年7月至2010年6月的气象监测数据(图1)可知,研究区年平均气温和降水量分别为 2.5°C 、559.6 mm;土壤以白浆土和沼泽土等为主,其中白浆土占研究区总面积的60.7%;0~20 cm农田土壤表层的氮、磷平均含量分别为2.39、0.90 g/kg,而速效氮、速效磷、速效钾平均含量分别为236.5、21.3、144.9 mg/kg,有机质含量为38.3 g/kg。整体而言,农场内耕地有机质含量丰富,土壤养分氮、磷含量较高。

1.2 样品采集

东北三江平原自20世纪50年代经历了多次农业开发,农业土地面积由解放前的7 870 km^2 增加到2000年的47 330 km^2 ,且每次农业开发均以增加粮食产量为目的,三江平原已成为我国重要的粮食生产基地,是我国集约化农业区。在开发过程中,为满足粮食生产需要,大量的自然植被由农作物代替。本研究根据八五九农场1979年、1992年、1999年、2012年这4年的遥感影像图,采集小叶章草甸/小叶章草甸/水稻/水稻(C/C/R/R)、落叶阔叶林/落叶阔叶林/玉米/玉米(B/B/M/M)、小叶章草甸/小叶章草甸/玉米/玉米(C/C/M/M)、玉米/玉米/玉米/玉米(M/M/M/M)、玉米/玉米/水稻/水稻(M/M/R/R)5种不同农作物类型(表1)0~15、15~30、30~60 cm等3种深度的土壤样品进行分析。分别于2012年4月

[12]陈林,王磊,张庆霞,等. 风沙区不同土地利用类型的土壤水分灰色关联分析[J]. 干旱区研究,2009,26(6):840-845.

[13]Rieu M, Sposito G. Fractal fragmentation of soil porosity and soil water properties[J]. Application Soil Sci Am J, 1991, 55: 1231-1238.

[14]Liu X, Zhang G C, Heathman G C, et al. Fractal features of soil particle size distribution as affected by plant communities in the

forested region of Mountain Yimeng, China[J]. Geoderma, 2009, 154(1/2): 123-130.

[15]王建超,朱波,汪涛. 三峡库区典型消落带淹水后草本植被的自然恢复特征[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(5): 603-610.

[16]张世熔,邓良基,周倩,等. 耕层土壤颗粒表面的分形维数及其与主要土壤特性的关系[J]. 土壤学报, 2002, 39(2): 221-226.