

文章栏目:水污染防治

DOI 10.12030/j.cjee.201808122 中图分类号 X52 文献标识码 A

孙丹焱, 郑涛, 徐竟成, 等. 城市绿地土壤渗透性改良对雨水径流污染的削减效果及去除规律[J]. 环境工程学报, 2019, 13(2): 372-380.

SUN Danyan, ZHENG Tao, XU Jingcheng, et al. Effect of soil permeability improvement of urban green space on the reduction effect and removal rule of stormwater runoff pollution[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2019, 13(2): 372-380.

城市绿地土壤渗透性改良对雨水径流污染的削减效果及去除规律

孙丹焱¹, 郑涛^{1,2}, 徐竟成^{1,*}, 李强¹, 程炜^{1,2}, 任婕¹, 乔俊莲¹, 黄菊文¹

1. 同济大学环境科学与工程学院, 长江水环境教育部重点实验室, 上海 200092

2. 同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司, 上海 200092

第一作者: 孙丹焱(1996—), 女, 博士研究生。研究方向: 水污染控制与资源化。E-mail: cherrysdy@163.com

*通信作者: 徐竟成(1961—), 男, 博士, 教授。研究方向: 水污染控制与再生利用。E-mail: xujick@tongji.edu.cn

摘要 为考察土壤渗透性改良后的径流污染削减效果和去除规律, 以上海浦东某已建居住社区绿地土壤特性为样本, 采用中粗砂和沸石进行渗透性改良并开展径流污染削减实验。结果表明: 改良后土壤渗透性能明显提高, 具有较好的截留和净化污染物作用; 通过土壤成分、污染负荷、流量负荷和渗滤深度对COD、TN、TP和NH₄⁺-N去除效果的影响分析, 提出了不同径流污染特征下可采用不同的土壤渗透性改良方案, 实现对特征污染物更有效的削减效果。研究结果可为改良城市居住社区绿地土壤渗透性, 缓解初期雨水径流污染提供参考和借鉴。

关键词 初期雨水径流; 污染削减; 城市绿地土壤; 渗透性改良; 低影响开发技术

近年来, 我国城市雨洪影响和初期雨水径流污染问题越来越突出, 以海绵城市建设理念为方向, 采用低影响开发(LID)技术是缓解这一问题的重要途径。绿地土壤作为一种天然的渗透设施可消纳并净化雨水径流, 能在较大程度上对LID技术起辅助作用, 其污染物净化过程包括过滤、沉淀、氧化还原、吸附、离子交换、生物降解等^[1-2]。同时居住社区用地在城市各类用地中占比最大, 有效削减其径流污染可以取得显著地控制城市面源污染的效果; 而改造提高居住社区绿地的渗蓄能力, 是削减雨峰流量、减轻初期雨水冲刷路面导致污染的重要手段。

城市绿地土壤受人造因素影响, 孔隙度和渗透性降低。多项研究^[3-6]表明, 采用锯末、中砂、腐叶、聚氨酯泡沫和沸石等作为改良材料可提高土壤的渗透性和污染物去除率, 合理利用城市绿地可降低社区洪涝灾害频率和径流污染程度。但目前对土壤渗透性改良的研究多集中在不同改良剂的选择、配比及对渗透速率的影响上, 对土壤渗透性改良后污染物的削减效果分析, 尤其是不同因素影响下污染物去除规律等方面的研究相对较少^[3,6]。

本研究以上海浦东新区某已建居住社区为对象, 研究其绿地土壤渗透性改良前后特性变化, 分析不同污染负荷、流量负荷和渗滤深度及综合影响下土壤渗透性改良对径流污染的净化能力和去除规律, 以为居住社区海绵城市建设中土壤渗透性改良技术的应用和初期雨水径流污染控制提供参考。

收稿日期: 2018-08-20; 录用日期: 2018-12-24

基金项目: 上海市科委重点科技研发项目(16DZ1202107)

1 材料与方法

1.1 取样及特性参数测定方法

实验在社区绿地中共设 10 个没有回填过人工土的代表性土壤取样点，用取土钻取土、环刀法进行多点混合采样。将土壤样品自然风干后过 2 mm 标准土壤筛，放入土壤铝盒中备用。

研究测定土壤的渗透系数、含水率、容重、孔隙率和质地。其中渗透系数、含水率、容重和孔隙率的测定方法均参照 GB/T 50123-1999^[7]和研究中的方法^[8]；土壤质地采用激光粒度分析仪测定并按国际制土壤质地分类三角图得出结果^[9-10]。

1.2 土壤渗透性改良实验方案

根据绿地种植要求、改良材料的经济性及便利性和对径流的污染截留能力，实验选取中粗砂(0.5~1.0 mm)和沸石(0.2~0.4 mm)作为土壤渗透性改良剂。中粗砂可改良土壤颗粒结构，减少黏粒比重，增加渗透性能；沸石可促进土壤水稳性团聚体的形成，增加团聚体数量和土壤孔隙率，对黏壤土的渗透性改良效果明显。

为保证原土物理化学性质不变，渗透性改良剂含量不应超过混合绿地土壤总重的 25%，同时添加 5% 的腐殖土以保证原土有机物含量并适应植物生长。其中腐殖土均为产品化天然有机营养土，是深山表土层落叶腐烂形成的天然有机肥。中粗砂和沸石分别按 3:1、1:1、1:3 的比例设置，原土添加 5% 腐殖土为空白对照，具体配比见表 1。

1.3 土壤渗透性改良实验装置

实验装置包括储水箱、渗透柱和蠕动泵等，如图 1 所示。有机玻璃渗透柱内径 10 cm，高 80 cm，装填物从下至上依次为干净鹅卵石、土工布、25 cm 渗透性改良后土壤、干净碎石、25 cm 渗透性改良后土壤、干净碎石。碎石和土壤连接处铺设土工布，最上方碎石布水层可防止水流连续滴在同一处使表面土壤的毛细管破坏而引起堵塞；鹅卵石能使出水顺利并支撑上部介质。

1.4 人工雨水配置

为研究不同渗透性改良后绿地土壤对溶解态污染物的去除效果，实验用水根据测定的该居住社区实际降雨路面径流水质特征，并考虑其他多种影响因素进行人工配置，采用葡萄糖、淀粉、碳酸钠、无水氯化铵、硝酸钾、磷酸二氢钠、尿素和亚硝酸钠等模拟径流污染物，配水成分见表 2。

表 1 土壤渗透性改良配比

Table 1 Program for soil permeability improvement %				
编号	原土	中粗砂	沸石	腐殖土
A1	75	15	5	5
A2	75	10	10	5
A3	75	5	15	5
A4	95	—	—	5

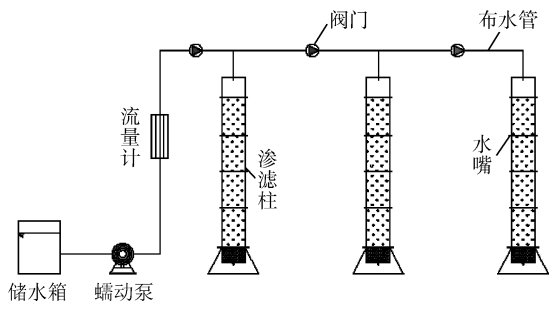


图 1 实验装置示意图

Fig.1 Schematic of experimental device

表 2 人工配水成分

Table 2 Components of synthetic runoff g·L ⁻¹							
C ₆ H ₁₂ O ₆	(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	Na ₂ CO ₃	NH ₄ Cl	KNO ₃	NaH ₂ PO ₄	NH ₂ CONH ₂	NaNO ₂
4.83	4.83	0.25	0.57	1.16	0.20	0.33	0.15

1.5 实验工况设计

土壤渗透柱采用配水-落干交替循环的工作方式，在启动阶段，用清水连续渗流 5~7 d 以淋洗土壤本底污染物并使土壤充分饱和，稳定渗流速率。根据相关研究结果^[11-13]取交替运行周期 48 h，干湿比 5:1，测定稳定运行状态的出流污染物浓度。实验共设置 4 种工况，根据《暴雨强度公式与设计雨型标准》

(DB31/T 1043-2017)^[14]中上海市降雨强度公式和前期自然降雨水样收集分析及现场调研结果,取降雨历时60 min、设计重现期分别为2年和10年、社区绿化率45%、绿化区域综合径流系数0.2、硬化区域径流系数0.8(降雨初损和蒸发按10%计),计算高低流量负荷下单位时间内进入渗透柱的流量。

污染物的去除效果主要受污染负荷、流量负荷和渗滤深度3个因素的综合影响,为研究这些因素的影响程度,采用了能反映影响主次顺序关系的正交实验方案进行 $L_4(2^3)$ 正交分析,并在实验设计中取得满足正交表分析所需的具体实验数据。工况设计参数和正交实验设计分别见表3和表4,各指标主要采用国标法、哈希仪器及相关方法进行测试,其中COD采用消解比色法^[15];TN采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法^[16];TP采用过硫酸钾消解法^[17];NH₄⁺-N采用水杨酸法^[18]。

表3 实验工况设计
Table 3 Test conditions design

工况	污染负荷				流量负荷/(mL·h ⁻¹)
	COD/(mg·L ⁻¹)	TN/(mg·L ⁻¹)	TP/(mg·L ⁻¹)	NH ₄ ⁺ -N/(mg·L ⁻¹)	
1	100	5	0.4	1.5	79
2	100	5	0.4	1.5	117
3	200	10	0.8	3.0	79
4	200	10	0.8	3.0	117

2 结果与讨论

2.1 渗透性改良前后土壤特性参数分析

渗透性改良前后土壤特性参数见表5,一般城市绿地土壤容重为1.35~1.55 g·cm⁻³^[19],该社区为有着20多年历史的居住小区,土壤容重较大,易产生压实作用并对渗透速率产生较大影响。按照 KOHNKE^[20]提出的城市土壤渗透速率分类标准,该社区土壤渗透速率较慢。同时取样点中土壤质地为黏壤土的占80%,其黏粒含量多,土壤结构致密,有效孔隙率和入渗能力低,渗透性改良时需增加粉粒和砂粒,减少黏粒的占比。土壤渗透系数若大于1.00×10⁻³ cm·s⁻¹则保水能力较差,若过小则积水不能及时下渗,导致水淹现象发生^[21]。一般而言,渗透性能需保证24 h内可下渗30 cm,即渗透系数达到3.47×10⁻⁴ cm·s⁻¹。比较可见,通过改良的土壤渗透性能有所加强,且其渗透系数均在3.47×10⁻⁴~1.00×10⁻³ cm·s⁻¹范围内,满足土壤渗透既保水又能及时下渗的要求。

表5 土壤特性参数值
Table 5 Soil characteristic parameters

土壤状态	容重/(g·cm ⁻³)	孔隙率/%	渗透系数/(cm·s ⁻¹)
渗透性改良前	1.58~1.71	35.47~40.38	3.60×10 ⁻⁴ ~5.20×10 ⁻⁴
渗透性改良后	1.62~1.69	38.57~41.12	4.40×10 ⁻⁴ ~8.10×10 ⁻⁴

2.2 渗透性改良后土壤对污染物的去除效果分析

4个工况下,在4种渗透性改良后土壤经过0.50 m渗透高度后,对COD、TN、TP和NH₄⁺-N的去除效果见图2。

2.2.1 COD去除效果

4种土壤对COD的去除率为72.0%~85.4%,将以原土为主的A4作为对比,A1、A3的去除效果略优于A2。雨水径流在土壤中停留时间较短,有机物在短时间内无法完全氧化分解^[22],因此介质颗粒和颗

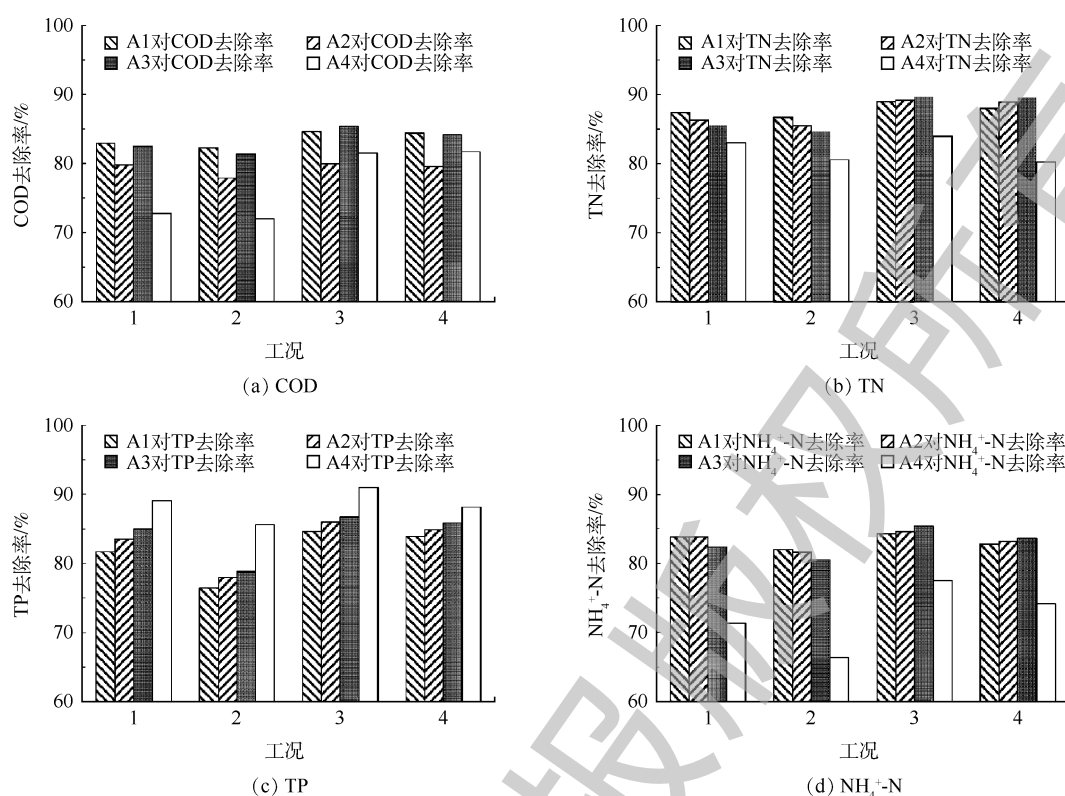


图2 渗透性改良后土壤对污染物的去除效果

Fig.2 Pollutant removal efficiency by soil with permeability improvement

粒表面生物膜的过滤和吸附作用是去除的主要途径^[23]。同时,干湿交替时氧气在排水过程中受大气压力进入土壤^[24],也有利于降解介质表面吸附的有机物,则比表面积大更有利于降解COD。A1和A3在加入中粗砂和沸石后比表面积增大,因此去除效果会有所提高,去除率均在80.0%以上;原土入渗速率较低且吸水膨胀失水收缩,长时间运行后,孔隙会逐渐变小甚至堵塞,导致比表面积减小而去除效果较低。

2.2.2 TN 去除效果

土壤对TN的去除率为80.2%~89.7%,中粗砂和沸石的加入明显提高了去除率,最高可增加9.3%。土壤渗透柱对TN的去除主要依靠土壤基质的吸附、沉积、挥发、植物摄取,微生物氨化、硝化反硝化等物理、化学、生物3方面的协同作用^[25]。在较高的污染负荷下,土壤柱内的好氧环境不能完全供微生物进行硝化反应,此时主要发生物理吸附,沸石对氨氮的吸附能力对去除效果起到了重要作用,而吸附在土壤中的氨氮则能在后期的微生物氨化、硝化反硝化等得以进一步转化。

2.2.3 TP 去除效果

TP的去除率为76.4%~91.0%,但中粗砂和沸石的加入降低了去除效果,最高可降低9.2%。土壤柱主要依靠介质的截留、吸附、植物吸收、化学沉淀和微生物累积等去除TP^[26]。初雨污染中的磷主要是以非溶解态形式存在,绿地渗滤系统主要依靠土壤的截留和吸附去除磷^[27]。砂粒和沸石的加入会影响土壤对磷的吸附,相比之下,土壤A4对磷的吸附容量更高。王昶等^[28]运用Langmuir模型计算土壤对磷的吸附容量,结果表明最大吸附量为 $312.5\sim 1\,000.0\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,说明理论上土壤渗透柱可吸附大部分TP,土壤含量越高,污染负荷越大,去除效果越好。

2.2.4 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 去除效果

$\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的去除率为66.4%~85.3%,效果良好,这主要因为土壤胶体一般带负电,对其吸附作用较

强, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 进入土壤后, 与介质间可迅速发生化学固定作用^[29], 沸石的加入显著提高了去除效果, 去除率均在 80.0% 以上, 其对 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的吸附作用在初期效果上发挥了重要作用。

2.3 不同影响因素对污染物的去除效果分析

2.3.1 污染负荷

污染负荷高低对去除效果有一定的影响, 在相同流量负荷下, 由图3可见, 污染负荷越大, 污染物去除效果越好, 这与常规的去规律一致。同时, 在低流量负荷下, 4种污染物的去除率最高可增加8.7%, 高流量负荷下为9.7%。高污染负荷有利于土壤层中微生物的培育和驯化, 从而提高污染物的去除率。

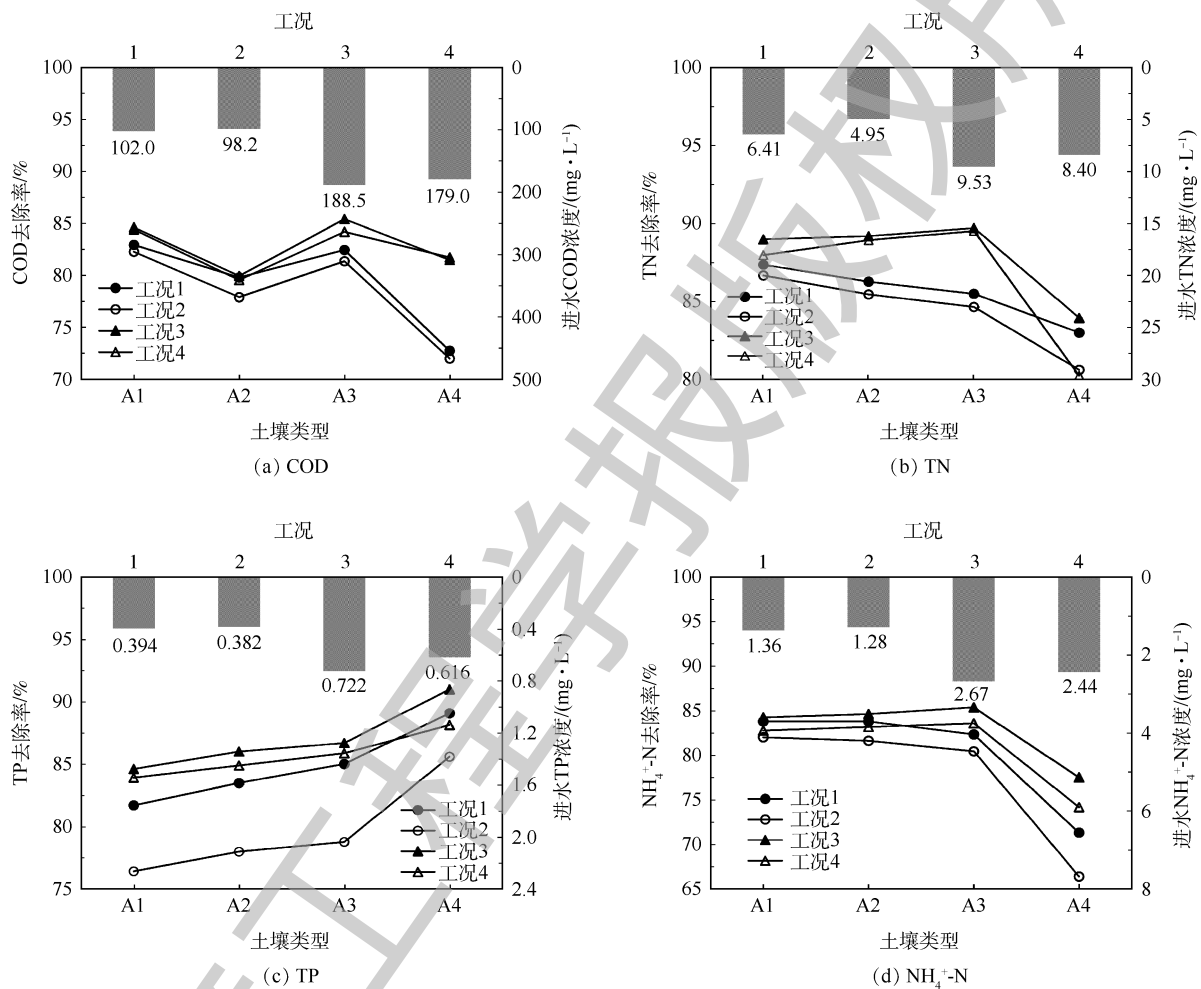


图3 不同污染负荷和流量负荷下污染物去除效果

Fig.3 Pollutants removal efficiency under different pollution and flow loads

2.3.2 流量负荷

流量负荷同样对去除效果有一定的影响, 由图3可见, 流量负荷越大, 污染物去除效果越低, 这也与常规的去规律一致。在低污染负荷下, 4种污染物的去除率最大降低了6.2%, 高污染负荷下为2.9%。当流量负荷增加即水力停留时间减少时, 土壤渗滤负荷增大, 更多的积水会积攒在土壤介质孔隙中, 使外界空气难以进入, 导致微生物利用速率变慢, 引起污染物的去除效果降低。

2.3.3 渗滤深度

渗滤深度为0.25 m和0.50 m时对污染物的去除效果影响见图4。由图4可见, 去除率随渗滤深度的

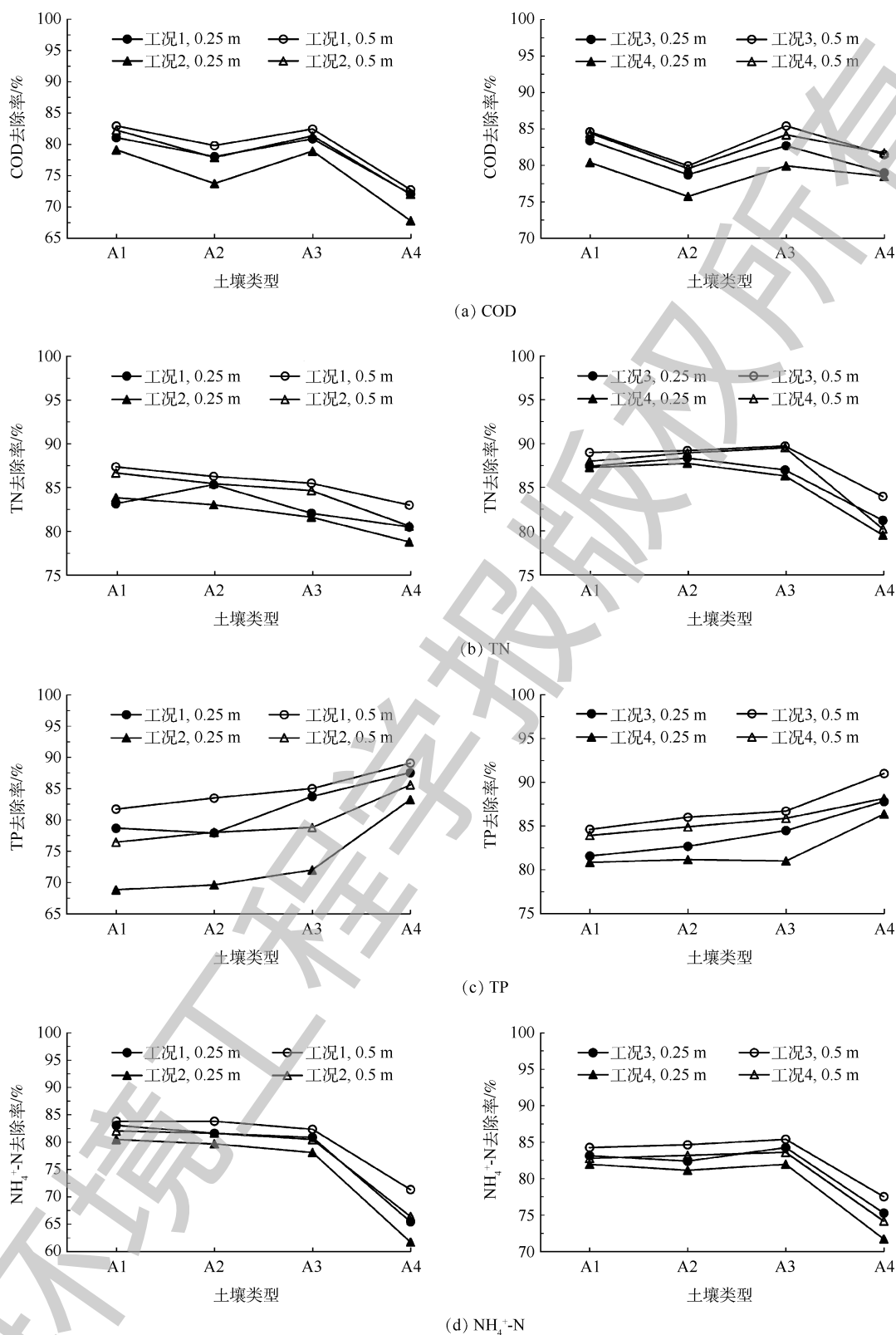


图4 不同渗滤深度下污染物去除效果

Fig.4 Pollutants removal efficiency under different percolation depths

增加而增加,最高增加值为8.4%。杨栩等^[30]研究表明,在渗滤深度35~65 cm处,土壤对污染物的削减

率会出现明显转折, 与本实验研究结果相一致。较厚的滤层有更好的净化效果, 但又受地下水位和地形条件等因素制约, 实验表明: 渗滤深度在 0.50 m 时土壤渗滤系统对污染物的去除效果均大于 66%; 相比 0.25 m 而言, 适当增加深度至 0.50 m, 可增加 4 种污染物的去除率, 并提高渗滤系统稳定性。

2.4 正交实验分析

为进一步分析不同影响因素对去除效果的影响程度, 采用正交分析法计算分析各因素的主次顺序, 并以渗透性改良后土壤 A1 对 COD 的去除效果为例进行分析, 正交实验结果见表 6, 方差分析结果见表 7。

表 6 A1 对 COD 去除的正交实验结果

Table 6 Orthogonal experimental results for COD removal by A1

实验号	污染负荷	流量负荷	渗滤深度/m	去除率/%
1	高	高	0.50	84.41
2	高	低	0.25	83.40
3	低	高	0.25	79.12
4	低	低	0.50	82.94
K_1	167.81	163.53	167.35	
K_2	162.06	166.34	162.52	
k_1	83.91	81.77	83.68	
k_2	81.03	83.17	81.26	
极差 R	2.87	1.41	2.42	
因素主次 污染负荷>渗滤深度>流量负荷				

表 7 A1 对 COD 去除的正交实验结果方差分析

Table 7 Variance analysis of orthogonal experimental results for COD removal by A1

因素	偏差平方和	自由度	F 比	F 临界值	显著性
污染负荷	8.266	1	1.543	10.100	显著
流量负荷	1.974	1	0.368	10.100	显著
渗滤深度	5.832	1	1.089	10.100	显著
误差	16.07	3	—	—	—

按表 6 的计算方法, 分别分析污染负荷、流量负荷和渗滤深度对 4 种渗透性改良后土壤 COD、TN、TP 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 去除率的主次影响顺序, 结果见表 8。

表 8 因素主次关系

Table 8 Primary and secondary factor analysis

编号	COD	TN	TP	$\text{NH}_4^+\text{-N}$
A1	污染负荷>渗滤深度>流量负荷	污染负荷>渗滤深度>流量负荷	渗滤深度>污染负荷>流量负荷	污染负荷>流量负荷>渗滤深度
A2	污染负荷>渗滤深度>流量负荷	污染负荷>渗滤深度>流量负荷	渗滤深度>污染负荷>流量负荷	污染负荷>流量负荷>渗滤深度
A3	污染负荷>渗滤深度>流量负荷	污染负荷>渗滤深度>流量负荷	渗滤深度>污染负荷>流量负荷	污染负荷>流量负荷>渗滤深度
A4	污染负荷>渗滤深度>流量负荷	流量负荷>渗滤深度>污染负荷	渗滤深度>流量负荷>污染负荷	污染负荷>流量负荷>渗滤深度

根据不同土壤渗透性改良方案 and 不同条件下的去除效果, 并结合正交实验分析, 在不同径流污染特征的地区, 宜采用不同的土壤渗透性改良方式, 以更加有针对性提高污染物净化的效率。以 TP 为主要径流污染物时, 若降雨较为频繁, 地下水位较低, 则进行绿地土壤渗透性改良时, 只需添加部分腐植土即可达到较好的去除效果; 而同时又要提高氨氮的去除效果时, 则进一步添加沸石能取得较好的效果; 对于降雨量较大的地区, 则可以进一步添加中粗砂以提高渗透速率, 避免在初期雨水尚未得到净化时已发生漫流现象。

3 结论

1) 采用中粗砂和沸石对城市居住社区绿地土壤进行渗透性改良, 可有效改善土壤渗透性能并提高初雨雨水径流污染物的去除效果, 本研究中的 4 种渗透性改良后土壤对 COD、TN、TP 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的去除率分别达到了 72.0%~85.4%、80.2%~89.7%、76.4%~91.0% 和 66.4%~85.3%。

2) 土壤成分、污染负荷、流量负荷和渗滤深度对污染物的去除效果有明显影响, 宜根据不同居住

社区的绿地土壤特性和地区初期雨水径流污染特征,采用不同的土壤渗透性改良方案,以更加有针对性地提高土壤渗透性和污染物削减效果。

3) 居住社区在城市用地中占比大,通过改良城市居住社区绿地土壤的渗透性,可提高绿地系统的渗透净化能力,能有效缓解初期雨水引起的径流污染,是控制城市面源污染的有效途径,也是海绵城市建设中值得关注的重要方面。

参 考 文 献

- [1] MCCARTHY J F, WILLIAMS T M, LIANG L, et al. Mobility of natural organic matter in a study aquifer[J]. *Environmental Science & Technology*, 1993, 27(4): 667-676.
- [2] BRISSAUD F, RESTREPOBARDON M, SOULIE M, et al. Infiltration percolation for reclaiming stabilization pond effluents [J]. *Water Science & Technology*, 1991, 24(9): 185-193.
- [3] 卫熹,唐宁远,李田.上海市绿地土壤渗透性调查及改良[J]. *净水技术*, 2011, 30(4): 78-83.
- [4] HUNT W F, LORD W G. Bioretention performance, design, construction, and maintenance, North Carolina Cooperative Extension [D]. Raleigh: North Carolina State University, 2006.
- [5] 崔蒙蒙.土壤渗透系统改良及对降雨径流污染物的去除研究[D].合肥:安徽大学,2014.
- [6] 刘强.城市径流雨水强化渗蓄技术实验及其应用研究[D].北京:北京建筑工程学院,2012.
- [7] 国家质量技术监督局,中华人民共和国建设部.土工试验方法标准:GB/T 50123-1999[S].北京:中国计划出版社,1999.
- [8] 杨冬冬,潘四普,陈辉,等.用于土壤消毒的土壤热物性参数的测定试验研究[J]. *南方农机*, 2017, 48(24): 38-39.
- [9] 吕贻忠,李保国.土壤学[M].北京:中国农业出版社,2006.
- [10] LI M, YANG E, LI P, et al. Characteristics of sediment deposition in check dam in small watershed in Loess Hilly Area[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2017, 33(3): 161-167.
- [11] 陈永杏,董红敏,尚斌,等.人工快速渗透法处理小城镇污水的模拟试验研究[J]. *生态环境学报*, 2011, 20(2): 327-331.
- [12] 兰木羚,王子芳,高明,等.不同水力负荷下生物质灰渣填料系统处理生活污水的研究[J]. *水土保持学报*, 2014, 28(6): 289-292.
- [13] CRITES R W, ASCE M, 区自清.快速渗透土地处理系统对氮的去除[J]. *国外环境科学技术*, 1987(4): 65-70.
- [14] 上海市质量技术监督局.暴雨强度公式与设计雨型标准:DB31/T 1043-2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [15] SOLEYMANI A R, SAIEN J, BAYAT H. Artificial neural networks developed for prediction of dye decolorization efficiency with UV/K₂S₂O₈ process[J]. *Chemical Engineering Journal*, 2011, 170(1): 29-35.
- [16] 中华人民共和国环境保护部.水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法:HJ 636-2012[S].北京:中国环境科学出版社,2012.
- [17] 国家环境保护局.水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法:GB 11893-1989[S].北京:中国标准出版社,1989.
- [18] KOMESLI O T, TESCHNER K, HEGEMANN W, et al. Vacuum membrane applications in domestic wastewater reuse[J]. *Desalination*, 2007, 215(1/2/3): 22-28.
- [19] 何兰,周维,代曦骄.我国城市绿地土壤研究进展[J]. *绿色科技*, 2017(20): 81-84.
- [20] KOHNKE N. Soil Physics [M]. New York: McGraw-Hill, 1968: 24-38.
- [21] 朱木兰,廖杰,陈国元,等.针对LID型道路绿化带土壤渗透性能的改良[J]. *水资源保护*, 2013, 29(3): 25-28.
- [22] 苗展堂.微循环理念下的城市雨水生态系统规划方法研究[D].天津:天津大学,2013.

- [23] 唐双成, 罗纨, 贾忠华, 等. 雨水花园对不同赋存形态氮磷的去除效果及土壤中优先流的影响[J]. 水利学报, 2015, 46(8): 943-950.
- [24] 程江, 杨凯, 吕永鹏, 等. 城市绿地削减降雨地表径流污染效应的试验研究[J]. 环境科学, 2009, 30(11): 3236-3242.
- [25] 李志杰, 孙井梅, 刘宝山. 人工湿地脱氮除磷机理及其研究进展[J]. 工业水处理, 2012, 32(4): 1-5.
- [26] 聂俊英. 改良的地下渗滤系统处理污水及相关机理研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2011.
- [27] PELL M, NYBERG F. Infiltration of wastewater in a newly started pilot sand-filter system: II. Development and distribution of the bacterial populations[J]. Journal of Environmental Quality, 1989, 18(4): 463-467.
- [28] 王昶, 吕晓翠, 贾青竹, 等. 土壤对磷的吸附效果研究[J]. 天津科技大学学报, 2010, 25(3): 34-38.
- [29] 聂发辉, 李田, 向速林, 等. 不同结构生态浅层渗滤系统净化路面径流的效果与机理[J]. 给水排水, 2012, 38(6): 31-37.
- [30] 杨栩, 尤学一, 季民. 城市绿地对雨水径流污染物的削减作用[J]. 土木建筑与环境工程, 2012, 34(S1): 1-6.
- (本文编辑: 金曙光, 郑晓梅, 张利田)

Effect of soil permeability improvement of urban green space on the reduction effect and removal rule of stormwater runoff pollution

SUN Danyan¹, ZHENG Tao^{1,2}, XU Jingcheng^{1,*}, LI Qiang¹, CHENG Wei^{1,2}, REN Jie¹, QIAO Junlian¹, HUANG Juwen¹

1. Key Laboratory of Yangtze River Water Environment, Ministry of Education, College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China

2. Tongji Architectural Design Group Co. Ltd., Shanghai 200092, China

*Corresponding author, E-mail: xujick@tongji.edu.cn

Abstract In order to investigate the reduction effect and removal rule of runoff pollution by soil with permeability improvement, the medium-coarse sand and zeolite was used to improve the soil permeability in a green space of one residential community in Pudong, Shanghai, and conduct the runoff pollution reduction experiments. Results show that the soil permeability was significantly improved, which had a good performance on pollutant interception and purification. Based on the effect analysis of soil composition, pollution load, flow load and percolation depth on the removal effects of COD, TN, TP, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, different soil permeability improvement schemes could be proposed for different runoff pollution scenarios, which could efficient reduced the characteristic pollutants. This could provide the reference to improve the soil permeability of green space in urban residential communities and alleviate the first flush runoff pollution.

Keywords first flush runoff; pollution reduction; urban green soil; permeability improvement; low impact development