

园林废弃物覆盖组分及厚度对土壤 水分物理性质的影响

毛晓宁¹, 史正军^{2,3*}, 谢惠春^{1*}, 袁峰均^{2,3}, 潘松^{2,3}

(1.青海师范大学 生命科学学院, 西宁 810008; 2.深圳市中国科学院 仙湖植物园, 广东 深圳 518004; 3.广东深圳城市森林生态系统国家定位观测研究站, 广东 深圳 518004)

摘要:【目的】探索园林废弃物的不同组分、覆盖厚度对土壤水分物理性质的影响。【方法】对园林废弃物按照草屑、树叶、枝叶混合物、树枝 4 类不同覆盖材料进行分类, 经预处理后按 3、6 cm 和 9 cm 的覆盖厚度设置覆盖组分及厚度的二因素园林废弃物覆盖栽培试验。经过 21 个月的培养后, 测定土壤体积质量、孔隙度、通气度、持水量、排水能力, 对各指标进行单项分析并运用因子分析法进行综合评价。【结果】园林废弃物用于地表覆盖可有效改善土壤水分物理特性, 改善效果因覆盖材料类型和覆盖厚度而异。与裸土对照相比, 覆盖条件下的土壤体积质量显著降低了 5.6%~13.6%, 土壤孔隙度显著增加了 25.2%~82.9%, 土壤最大持水量显著增加了 31.9%~108.2%, 毛管持水量显著增加了 36.7%~114.2%, 田间持水率显著增加了 64.1%~149.8%, 土壤排水能力显著增加了 38.2%~67.1%。通过综合评价筛选出 6 种适宜改善土壤水分物理性质的不同园林废弃物组分与覆盖厚度组合模式, 分别为 9 cm 树叶、9 cm 草屑、9 cm 枝叶、6 cm 草屑、6 cm 树叶及 9 cm 树枝。【结论】园林废弃物覆盖可有效降低土壤体积质量、改善土壤孔隙度和排水特性, 从而提升土壤水源涵养能力, 但在实际应用中需注意选择适宜的覆盖材料类型和覆盖厚度。

关键词: 废弃物; 覆盖物; 土壤水分物理性质; 因子分析

中图分类号: S157.2

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.ggps.2023290

OSID: 

毛晓宁, 史正军, 谢惠春, 等. 园林废弃物覆盖组分及厚度对土壤水分物理性质的影响[J]. 灌溉排水学报, 2024, 43(3): 39-44.

MAO Xiaoning, SHI Zhengjun, XIE Huichun, et al. Comparison of hydraulic properties of soils mulched by different garden wastes[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2024, 43(3): 39-44.

0 引言

【研究意义】土壤水分物理特性决定了土壤水分存储和供给能力, 并显著影响土壤养分运移和土壤生物活性^[1]。研究表明, 林下枯落物及有机覆盖物对于土壤水分保持和土壤孔隙度具有显著的改善作用^[2-3]。园林废弃物是城市园林维护过程中产生的植物残体, 将其用于城市绿地的地表覆盖是近年来许多研究关注的焦点^[4-5]。【研究进展】园林废弃物组分主要为树皮、枯枝落叶及深加工后的木块等^[6-8], 存在处理工序繁杂、加工成本高、原材料利用率低等问题, 很

难满足就地规模化利用的发展要求。不同组分园林废弃物的物理结构、降解速率等性质差异较大。园林废弃物覆盖对于土壤性状和生态功能的改善具有重要意义^[9-11]; 以植物残体为原材料的有机物覆盖在国内外农林业生态保护领域已得到广泛应用, 在土壤抗旱保墒、盐碱地治理、土壤肥力改良和水土保持等方面发挥了巨大作用^[12-13]。研究表明, 有机物覆盖可显著降低土壤体积质量、促进土壤大孔隙形成^[1-2]; 同时可以降低雨水对地表的冲刷, 减少因土壤侵蚀而导致的土壤板结^[14]。【切入点】以往对于园林废弃物不同组分、覆盖厚度对土壤水分物理性质的影响研究甚少。

【拟解决的关键问题】鉴于此, 本研究聚焦于园林废弃物不同组分的理化性质差异, 探索园林废弃物不同组分、覆盖厚度对土壤水分物理性质的影响, 为促进园林废弃物的资源利用提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验于深圳市仙湖植物园开展, 试验区地处广东

收稿日期: 2023-06-30 修回日期: 2023-10-24

基金项目: 国家重点研发计划(2021YFE0193200), 深圳市城管和综合执法局科研项目(202018, 202201)

作者简介: 毛晓宁(1996-), 男。硕士研究生, 主要从事生态学 research。

E-mail: 905009846@qq.com

通信作者: 史正军(1976-), 男。教授级高级工程师, 主要从事土壤及城市生态环境研究。E-mail: shizhengjun@szbg.ac.cn

谢惠春(1982-), 男。副教授, 主要从事青藏高原动植物资源研究。

E-mail: yezino.1@163.com

©《灌溉排水学报》编辑部, 开放获取 CC BY-NC-ND 协议

省深圳市罗湖区,属亚热带季风性气候区,夏季高温多雨,冬季温和少雨,年平均气温为 23.7℃,最低气温为 1.4℃,最高气温为 36.6℃,年平均降水量介于 1 500~1 700 mm。试验区代表植被类型为热带常绿季雨林,土壤类型为酸性赤红壤。

1.2 试验设计

本研究设置覆盖材料类型和覆盖厚度的双因素试验,试验处理详见表 1。覆盖材料类型主要包括草屑、树叶、枝叶混合物、树枝,各材料类型设了 3、6 cm 和 9 cm 共 3 个覆盖厚度,另设无覆盖物裸土处理作为对照(CK)。

表 1 试验处理

Tab.1 Test treatment

材料类型(A)	覆盖厚度(B)		
	3 cm (B1)	6 cm (B2)	9 cm (B3)
裸土(CK)	-	-	-
草屑(A1)	A1B1	A1B2	A1B3
树叶(A2)	A2B1	A2B2	A2B3
枝叶(A3)	A3B1	A3B2	A3B3
树枝(A4)	A4B1	A4B2	A4B3

1.3 试验材料及预处理方法

覆盖材料包括多种园林乔木混合侧枝和草屑。对覆盖材料按树枝、枝叶、树叶、草屑进行分类处理。其中“树枝”为木质化程度较高的乔木主杆一级侧枝,枝条硬化且无叶片生长;“枝叶”为乔木带树叶的二级以上柔枝;“树叶”为从乔木柔枝上摘取的叶片;“草屑”为草坪修剪物。树枝、枝叶、树叶用小型树枝粉碎机粉碎至粒径为 30~80 mm 的覆盖物,草屑未粉碎,粒径为 50~150 mm;所有材料经自然晾干后备用。

试验种植容器为 PVC 圆柱形种植槽,槽高 50 cm,直径 80 cm。每个种植槽种植 8 棵龙船花(*Lxora chinensis*),株高为 25~30 cm。龙船花是华南地区常用的园林绿化代表性小灌木花卉,株型紧凑。供试土壤采自山林地表层 30 cm 厚度的自然赤红壤,

经自然晾干后过 2 cm 筛。供试土壤有机质量为 4.23 g/kg,氮、磷、钾量分别为 0.26、0.22、5.1 g/kg,土壤 pH 值为 6.12,土壤质地为砂壤。

1.4 试验布置及管理

种植槽底部铺设 10 cm 厚度的陶粒,在陶粒上层铺设土壤。种植槽经灌水沉降及适度压实后,将土表与种植槽上缘的距离控制在 10 cm。将龙船花苗均匀植入种植槽中,然后铺设不同类型和厚度的覆盖物,每个处理设置 3 个重复。试验在露天条件下进行,于 2019 年 11 月种植,按常规养护方法对龙船花进行维护。龙船花生长期历时 21 个月,于 2021 年 8 月收获,采用 100 cm³ 规格的环刀在植株间隙均匀采集 3 个土壤样品用于土壤水分物理性质的测定。

1.5 测定项目与方法

采用环刀法测定每个种植槽土壤体积质量、最大持水量、毛管持水量、田间持水率、毛管孔隙度、土壤总孔隙度、土壤通气度^[15]。

1.6 数据处理

采用 IBM SPSS Statistics 28 软件进行方差分析和因子分析,采用 Microsoft Excel 软件进行数据整理和绘图。

2 结果与分析

2.1 不同处理对土壤体积质量、孔隙度及通气度的影响

由表 2 可知,3 种厚度的草屑及 6、9 cm 厚度的树叶覆盖处理下的土壤体积质量较 CK 显著降低了 5.6%~13.6%;除 3 cm 厚度的树叶覆盖和枝条覆盖、6 cm 厚度的枝叶覆盖外,其它处理下的土壤总孔隙度较 CK 显著增加了 25.2%~82.9%;6 cm 和 9 cm 厚度的草屑、6 cm 厚度的树叶、3 cm 和 6 cm 厚度的枝叶及 9 cm 厚度的树枝覆盖处理下的土壤通气度较 CK 显著提高了 23.6%~41.0%。

表 2 不同处理下的土壤孔隙和通气特性

Tab.2 Soil porosity and aeration characteristics under different treatments

处理	土壤体积质量/(g cm ⁻³)	非毛管孔隙度/%	毛管孔隙度/%	总孔隙度/%	土壤通气度/%
CK	1.25±0.02a	6.91±0.45e	33±2.07e	39.91±1.95f	19.49±0.13bc
A1B1	1.18±0.02bcd	11.74±1.02abc	38.25±8.73cde	49.99±8.28cde	23.41±0.94ab
A1B2	1.15±0.02de	13.54±2.17a	43.27±3.76bcd	56.81±1.66bc	27.48±1.06a
A1B3	1.08±0.04f	12.81±1.71ab	48.08±2.4b	60.89±4.06b	26.29±1.17a
A2B1	1.19±0.02abcd	12.15±2.74abc	35.63±6.05de	47.78±3.97def	22.94±0.86ab
A2B2	1.16±0.04cd	10.89±1.45abcd	44.74±6.61bcd	55.63±5.48bcd	24.08±1.49a
A2B3	1.1±0.03ef	10.95±0.92abcd	62.06±2.52a	73.01±2.74a	22.84±2.71ab
A3B1	1.21±0.02abc	9.46±3.2bcde	42.53±4.16bcd	51.99±7.35cde	24.89±2.89a
A3B2	1.2±0.03abc	8.07±0.86de	39.41±5.42bcde	47.48±5.92def	27.44±4.64a
A3B3	1.11±0.03abcd	10.59±1abcd	47.46±2.71bc	58.05±1.73bc	23.6±1.41ab
A4B1	1.23±0.05ab	6.7±1.28e	39.6±2.59bcde	46.31±2.95ef	17.39±0.22c
A4B2	1.22±0.02ab	9.15±1.36cde	46.55±3.99bc	55.7±3.08bcd	17.51±2.45c
A4B3	1.21±0.04abc	11.93±3.34abc	43.34±7.39bcd	55.26±4.15bcd	26.57±5a

注 表中数据为 3 个样本平均值±标准误差,同列数字后的不同小写字母表示差异性显著(P<0.05)。

由表 3 可知，覆盖材料类型和覆盖厚度对土壤体
积质量、土壤总孔隙度、通气度均存在显著影响。在
降低土壤体积质量方面，草屑与 9 cm 覆盖厚度的效果
最优；在改善土壤总孔隙度方面，树叶覆盖效果最
优，不同覆盖厚度的效果则表现为 9 cm>6 cm>3 cm；
在改善土壤通气度方面，草屑、树叶、枝叶 3 种材料
覆盖效果相当，树枝较差，9 cm 覆盖厚度的效果优于
3 cm。

表 3 不同覆盖材料与覆盖厚度对土壤水分物理特性影响的双因素检验结果

Tab.3 Two-factor test results of the influence of different covering materials and
cover thickness on the physical properties of soil moisture

养分指标	覆盖材料(A)				覆盖厚度(B)			显著性		
	草屑	树叶	枝叶	树枝	3 cm	6 cm	9 cm	A	B	A×B
土壤体积质量/(g cm ⁻³)	1.14c	1.15bc	1.17b	1.22a	1.21a	1.18a	1.13b	*	*	ns
总孔隙度/%	55.90ab	58.81a	52.51b	52.42b	49.02c	53.90b	61.80a	**	*	*
非毛管孔隙度/%	12.70a	11.33a	9.37b	9.26b	10.01a	10.41a	11.57a	*	ns	ns
毛管孔隙度/%	43.20a	47.47a	43.14a	43.16a	39.00c	43.49b	50.23a	ns	*	*
土壤通气度/%	25.73a	23.29a	25.31a	20.49b	22.16b	24.13ab	24.82a	*	**	*
最大持水量/(g kg ⁻¹)	49.41ab	51.59a	44.95bc	43.05c	40.73c	45.64b	55.38a	**	*	*
毛管持水量/(g kg ⁻¹)	38.20ab	41.74a	36.93ab	35.45 b	32.38c	36.80b	45.06a	*	*	*
田间持水率/(g kg ⁻¹)	30.67a	32.51a	27.93a	30.87a	26.08b	28.60b	36.81a	ns	*	*
排水能力/mm	1.12ab	1.13a	0.99bc	0.87c	1.00a	1.00a	1.09a	*	ns	*

注 表中数据为 3 个样本平均值±标准误差，每行同一处理因素间不同小写字母表示差异性显著 ($P<0.05$)；ns 表示双因素方差分析结果不显著 ($P>0.05$)；
*表示双因素方差分析结果达 $P<0.05$ 显著水平，**表示双因素方差分析结果达 $P<0.01$ 极显著水平。

2.2 不同处理对土壤持水、排水特性的影响

由表 4 可知，各处理下的土壤持水量和排水能力
均优于 CK 或与 CK 相当，且不同处理间的差异显著。
不同覆盖处理下的土壤最大持水量较 CK 增加了
31.9%~108.2%，毛管持水量较 CK 增加了
36.7%~114.2%，田间持水率较 CK 增加了
64.1%~149.8%，上述 3 项指标均以 9 cm 厚度的树叶

覆盖处理为最优。不同覆盖处理下的土壤排水能力较
CK 增加了 38.2%~67.1%，其中以 3 cm 厚度树叶覆盖、
9 cm 厚度草屑覆盖、6 cm 厚度树叶覆盖处理较优。
双因素方差分析结果（表 3）表明，覆盖材料类型和
覆盖厚度对土壤最大持水量、土壤毛管持水量均具有
显著或极显著的影响，且存在交互作用。总的来说，
树叶覆盖对土壤持水性能和排水能力的改善效果最优。

表 4 不同处理下的土壤持、排水特性

Tab.4 Soil holding and drainage characteristics under different treatments

处理	最大持水量/(g kg ⁻¹)	毛管持水量/(g kg ⁻¹)	田间持水率/(g kg ⁻¹)	排水能力/mm
CK	32.05±1.12g	26.49±1.26e	19.82±1.6d	0.76±0.1def
A1B1	42.26±6.66def	32.33±7.18de	24.45±6.23bcd	1.05±0.04abc
A1B2	49.41±1.21bcd	37.62±2.9bcd	31.22±1.48bcd	1.08±0.03abc
A1B3	56.56±5.76b	44.64±3.82b	36.32±5.14b	1.23±0.04ab
A2B1	40.05±3.41efg	29.88±5.28de	19.48±1.82d	1.27±0.2a
A2B2	47.97±6.55cde	38.61±7.09bcd	28.49±9.71bcd	1.12±0.22abc
A2B3	66.74±4.32a	56.73±3.78a	49.58±4.41a	1.00±0.11bcd
A3B1	43±6.77def	35.16±4.01cde	26.6±4.45bcd	0.98±0.15bcd
A3B2	39.41±4.6efg	32.72±4.34de	22.18±5.99cd	1.05±0.13abc
A3B3	52.45±2.91bc	42.9±3.51bc	35.02±3.72b	0.94±0.07cde
A4B1	37.59±3.82fg	32.15±3.24de	33.78±5.26bc	0.70±0.06f
A4B2	45.79±2.92cdef	38.26±3.42bcd	32.53±2.19bc	0.73±0.09ef
A4B3	45.78±4.43cdef	35.95±6.98bcd	26.32±8.02bcd	1.18±0.24abc

注 表中数据为平均值±标准误差，同行数字后的不同小写字母表示差异性显著 ($P<0.05$)。

2.3 不同处理对土壤水分物理特性影响的综合评价

由于不同土壤水分物理指标对园林废弃物覆盖
类型和覆盖厚度的响应不尽一致，基于最大方差旋转
法的因子分析，根据所求得的综合得分^[16]，对不同覆
盖处理下的各土壤水分物理指标进行综合排序，由此
筛选较优的覆盖材料和覆盖厚度组合。首先根据
KMO 和 Bartlett 球形检验法评价因子分析的可行性，

其中 KMO 为 0.526，满足因子分析的基本要求，且
Bartlett 球形检验达到了显著水平 ($P<0.05$)，因此适
宜进行因子分析。各指标因子共同度均在 0.674 以上，
共提取了 9 个因子，其中前 2 个因子的特征根值均大
于 1，故予以保留，旋转后的方差解释率分别为 59.73%
和 25.08%，说明前 2 个因子可以提取出原有指标
84.81%的信息，满足因子分析的要求（表 5）。因子 1

主要包含土壤体积质量、持水指标、毛管孔隙度和总孔隙度，因子 2 主要包含非毛管孔隙度、土壤通气度和排水能力，在此基础上计算得出不同处理的因子综合得分，如图 1 所示。

表 5 不同处理因子分析结果

Tab.5 Results of different processing factors

指标	旋转后因子载荷系数			线性组合系数及权重			
	因子 1	因子 2	共同度（公因子方差）	因子 1	因子 2	综合得分系数	权重/%
土壤体积质量	-0.791	-0.282	0.706	0.341	0.187	0.296	11.79
最大持水量	0.983	0.064	0.97	0.424	0.042	0.311	12.39
毛管持水量	0.982	-0.081	0.971	0.424	0.054	0.314	12.52
田间持水率	0.952	-0.238	0.962	0.410	0.158	0.336	13.38
非毛管孔隙	0.193	0.807	0.688	0.083	0.537	0.217	8.66
毛管孔隙度	0.943	-0.172	0.919	0.407	0.114	0.320	12.76
总孔隙度	0.97	0.085	0.949	0.419	0.057	0.312	12.41
土壤通气度	-0.027	0.821	0.674	0.012	0.546	0.170	6.77
排水能力	-0.209	0.866	0.794	0.090	0.576	0.234	9.32
特征根（旋转后）	5.376	2.258					
方差解释率/%	59.73	25.08					

注 表中“线性组合系数”即载荷系数除以对应特征根的平方根；“综合得分系数”即线性组合系数分别与方差解释率相乘后累加，然后除以累积方差解释率；“权重”即将综合得分系数进行归一化处理即得到各指标权重值。

由图 1 可知，综合得分在“0”分值以上的处理由大到小排序依次为：9 cm 树叶（A2B3）、9 cm 草屑（A1B3）、9 cm 枝叶（A3B3）、6 cm 草屑（A1B2）、6 cm 树叶（A2B2）和 9 cm 树枝（A4B3），上述处理均适用于改善土壤水分物理特性的表土覆盖应用。

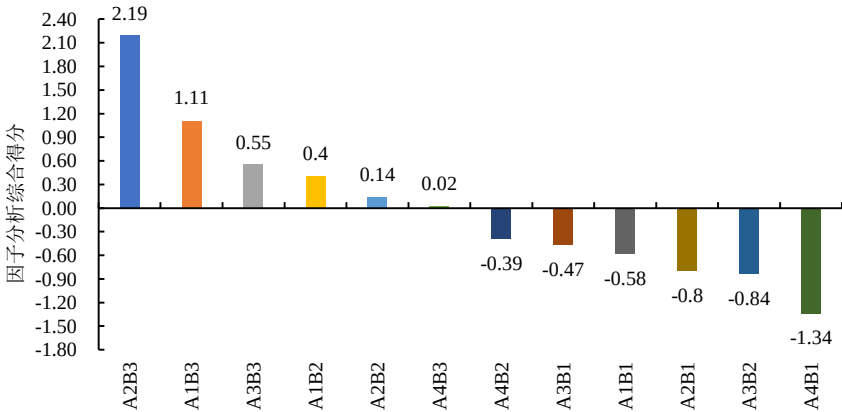


图 1 不同处理观察值因子分析综合得分排序

Fig.1 Ranking plot of the comprehensive score of different treatment observation factor analysis

3 讨论

本研究表明，园林废弃物覆盖对于土壤水分物理性质具有显著的改善效果。不同覆盖组分和覆盖厚度的改善效果存在显著差异，这可能与不同组分和覆盖厚度下的表土受雨水冲击和地表径流强度的影响有关。不同组分分解后产生的可溶性碳、氮等物质进入表土后引起不同的土壤生物作用，从而间接导致了土壤水分物理性质的变化^[17,18]。近年来，随着城市土壤质量的退化与园林废弃物处置难度的增加，城市园林废弃物的地表覆盖正逐渐成为国内外城市管理关注的重点方向^[3,5,14]。车飞伟等^[19]研究发现，树皮和木片在提高土壤保水性能方面的效果优于枯枝落叶；夏妮等^[7]采用 9 cm 覆盖厚度的染色木块进行了绿地土壤覆盖试验，结果表明覆盖处理下的土壤含水量增加了

23.60%；郑思俊等^[20]研究表明，在凋落物覆盖条件下，0~10 cm 土层的土壤持水量、孔隙度均明显优于裸地。在不同覆盖厚度的效果方面，黄利斌等^[18]认为最适宜的覆盖厚度为 5~10 cm。陈玉娟^[21]研究表明，松针、树皮在改善土壤保水性能方面的效果较好，其中以 6 cm 覆盖厚度的土壤保水性能改善效果最佳。对于本研究中的 4 种园林废弃物组分而言，9 cm 和 6 cm 覆盖厚度对土壤水分物理性质的改善效果较好，而 3 cm 覆盖厚度的效果普遍表现不佳；此外，在改善土壤化学性质方面，草屑、树叶、枝叶的覆盖厚度以 6 cm 为宜，树枝的覆盖厚度以 6 cm 和 9 cm 为宜^[22]。从园林废弃物覆盖对土壤理化性质改善的综合效果来看，树枝覆盖厚度宜为 9 cm，枝叶覆盖厚度宜为 6~9 cm，草屑和树叶覆盖厚度宜为 6 cm。此外，园林废弃物覆盖在实际应用中还应考虑排水条件、病虫害防治以及

防台风、防火等场地限制条件, 应结合现场实际条件进行综合判断, 这些问题仍有待于进一步研究。

4 结论

与裸土相比, 园林废弃物覆盖条件下的土壤体积质量降低了 5.6%~13.6%, 土壤孔隙度增加了 25.2%~82.9%, 土壤最大持水量增加了 31.9%~108.2%, 毛管持水量增加了 36.7%~114.2%, 田间持水率增加了 64.1%~149.8%, 土壤排水能力增加了 38.2%~67.1%。

通过综合评价筛选出了 6 种适宜改善土壤水分物理性质的不同园林废弃物组分与覆盖厚度组合模式, 分别为 9 cm 树叶、9 cm 草屑、9 cm 枝叶、6 cm 草屑、6 cm 树叶及 9 cm 树枝。

(作者声明本文无实际或潜在利益冲突)

参考文献:

- [1] HARUNA S I, ANDERSON S H, UDAWATTA R P, et al. Improving soil physical properties through the use of cover crops: A review[J]. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 2020, 3(1): e20 105.
- [2] IQBAL R, RAZA M A S, VALIPOUR M, et al. Potential agricultural and environmental benefits of mulches: A review[J]. *Bulletin of the National Research Centre*, 2020, 44(1): 75.
- [3] ZHANG Y C, QIAO L F, WANG J P. Analysis on the rainwater retention capability of mulches in urban green space[J]. *Nature Environment and Pollution Technology*, 2018, 17(2): 533-537.
- [4] 曲炳鹏, 孙向阳, 李素艳, 等. 园林废弃物生态覆盖垫的制备及其水分特性[J]. *北京林业大学学报*, 2018, 40(10): 77-85.
QU Bingpeng, SUN Xiangyang, LI Suyan, et al. Manufacturing process and hydrological characteristics of ecological mulching mats made from green waste[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2018, 40(10): 77-85.
- [5] CHALKER-SCOTT L. Impact of mulches on landscape plants and the environment: A review[J]. *Journal of Environmental Horticulture*, 2007, 25(4): 239-249.
- [6] LI Y F, JIANG P K, CHANG S X, et al. Organic mulch and fertilization affect soil carbon pools and forms under intensively managed bamboo (*Phyllostachys praecox*) forests in southeast China[J]. *Journal of Soils and Sediments*, 2010, 10(4): 739-747.
- [7] 夏妮, 白天, 金牧青, 等. “木奇”覆盖对城市绿地土壤主要理化性状的影响[J]. *河南农业大学学报*, 2018, 52(2): 280-286.
XIA Ni, BAI Tian, JIN Muqing, et al. Study on the effect of “Muqi” on main physicochemistry properties of soil in urban green space[J]. *Journal of Henan Agricultural University*, 2018, 52(2): 280-286.
- [8] 阚丽艳. 有机地表覆盖物对城市园林植物茶梅土壤三参数、养分、微生物的影响及肥力综合评价[J]. *上海交通大学学报(农业科学版)*, 2016, 34(5): 84-91.
KAN Liyan. Effect of organic mulch on soil WET condition, nutrient and microorganisms in urban garden plant camellia sasanqua and comprehensive assessment of soil fertility[J]. *Journal of Shanghai Jiao Tong University (Agricultural Science)*, 2016, 34(5): 84-91.
- [9] 国家林业局. 森林土壤水分-物理性质的测定: LY/T 1215—1999[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [10] LEPP N W, MADEJÓN P. Cadmium and zinc in vegetation and litter of a voluntary woodland that has developed on contaminated sediment-derived soil[J]. *Journal of Environmental Quality*, 2007, 36(4): 1 123-1 131.
- [11] 周庭宇, 肖洋, 黄庆阳, 等. 森林凋落物分解的研究进展与展望[J]. *中国农学通报*, 2022, 38(33): 44-51.
ZHOU Tingyu, XIAO Yang, HUANG Qingyang, et al. Forest litter decomposition: Research progress and prospect[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2022, 38(33): 44-51.
- [12] 宣可凡, 李晓鹏, 张佳宝, 等. 有机物料改良土壤结构及其定量化研究方法综述[J]. *灌溉排水学报*, 2023, 42(2): 95-102.
XUAN Kefan, LI Xiaopeng, ZHANG Jiabao, et al. Improving soil structure by organic material amendments: A review[J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2023, 42(2): 95-102.
- [13] 梅四卫, 朱涵珍, 王术, 等. 不同覆盖方式对土壤水肥热状况以及玉米产量影响[J]. *灌溉排水学报*, 2020, 39(4): 68-73.
MEI Siwei, ZHU Hanzhen, WANG Shu, et al. Effects of different mulching methods on soil moisture, nutrient, temperature status and corn yield[J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2020, 39(4): 68-73.
- [14] 毛玉林. 土壤水分渗透及其管理[J]. *草业科学*, 1998, 15(4): 63-66.
MAO Yulin. Infiltration of water into soil and management consideration[J]. *Pratacultural Science*, 1998, 15(4): 63-66.
- [15] DE CASTRO PAES É, FERNANDES I O, DIAS F P M, et al. Land use, management and physical attributes of dense Ferralsols in tropical northeastern Brazil[J]. *CATENA*, 2021, 203: 105 321.
- [16] 张连金, 赖光辉, 孔颖, 等. 基于因子分析法的北京九龙山土壤质量评价[J]. *西北林学院学报*, 2016, 31(3): 7-14.
ZHANG Lianjin, LAI Guanghui, KONG Ying, et al. Evaluation of soil quality in Beijing Jiulong Mountain based on factor analysis method[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2016, 31(3): 7-14.
- [17] 刘伟, 罗玲, 钟奇, 等. 生草和地布覆盖对攀枝花地区芒果园土壤性质及果实品质的影响[J]. *应用与环境生物学报*, 2021, 27(2): 261-270.
LIU Wei, LUO Ling, ZHONG Qi, et al. Effects of grass planting and ground fabric mulching on soil properties and fruit quality in mango orchards in Panzhihua, China[J]. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 2021, 27(2): 261-270.
- [18] 黄利斌, 李荣锦, 王成. 国外城市有机地表覆盖物应用研究概况[J]. *林业科技开发*, 2008, 22(6): 1-8.
- [19] 车飞伟, 李素艳, 孙向阳, 等. 不同有机材料覆盖对土壤保水效果的影响[J]. *水土保持通报*, 2020, 40(2): 182-187.
CHE Feiwei, LI Suyan, SUN Xiangyang, et al. Effects of different organic materials mulching on moisture holding capacity of soil[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2020, 40(2): 182-187.
- [20] 郑思俊, 张庆费, 吴海萍, 等. 上海外环线绿地群落凋落物对土壤水分物理性质的影响[J]. *生态学杂志*, 2008, 27(7): 1 122-1 126.
ZHENG Sijun, ZHANG Qingfei, WU Haiping, et al. Effects of greenbelt plant communities' litterfalls in Shanghai Outer Ring on soil water physical properties[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2008, 27(7): 1 122-1 126.
- [21] 陈玉娟. 有机覆盖物对城市绿地土壤的影响[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2009.
CHEN Yujuan. Effects of organic mulch on the soil of urban green space[D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2009.
- [22] 潘松, 史正军, 毛晓宁, 等. 园林废弃物覆盖材料组分及厚度对土壤化学性质的影响[J]. *西部林业科学*, 2022, 51(5): 153-158.
PAN Song, SHI Zhengjun, MAO Xiaoning, et al. Effects of composition and thickness of green-waste mulches on soil chemical properties[J]. *Journal of West China Forestry Science*, 2022, 51(5): 153-158.

Comparison of hydraulic properties of soils mulched by different garden wastes

MAO Xiaoning¹, SHI Zhengjun^{2,3*}, XIE Huichun^{1*}, YUAN fengjun^{2,3}, PAN Song^{2,3}

(1. College of Life Sciences, Qinghai Normal University, Xining 810008, China;

2. Xianhu Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Shenzhen 518004, China; 3. National Positioning Observation and Research Station of Urban Forest Ecosystem in Shenzhen, Guangdong Province, Shenzhen 518004, China)

Abstract: 【Background and Objective】 Organic mulch involves covering the soil surface with organic materials. While it has been recognized as an environmentally friendly method for reusing organic waste, improper mulching with organic wastes might degrade soil structure, hinder vegetation growth, and lead to environmental pollution. This paper is to investigate the alterations in soil hydraulic properties resulting from various garden waste mulches.

【Method】 The study is based on incubation. Garden wastes including grass clippings, tree leaves, tree branches, and branch-leaf mixtures are used to mulch the soil surface at a thickness ranging from 3 to 9 cm. The incubation lasts 21 months, after which we measure soil moisture content, bulk soil density, soil porosity, soil aeration, water holding capacity, and soil hydraulic conductivity. Their variations with the garden waste types and the mulching depth are analyzed. 【Result】 ① Mulching with all garden waste types increases soil hydraulic properties, albeit the improvement depends on the waste types and mulching thickness. ② Compared to without mulch, mulching reduces soil bulk density significantly by 5.6%-13.6%, increases the maximum soil water holding capacity by 31.9%-108.2%, capillary water holding capacity by 36.7%-114.2%, field water holding capacity by 64.1%-149.8%, and drainage capacity by 38.2%-67.1%. ③ Comprehensive evaluation reveals that those that were effective for improving hydraulic properties of soil are: 9 cm tree leaves, 9 cm grass clippings, 9 cm branch leaves, 6 cm grass clippings, mixture of 6 cm branch leaves and 9 cm tree branches. 【Conclusion】 Mulching soil with garden wastes can increase soil porosity and drainage capacity, thereby improving water-holding capacity of the soil. However, care needs to be taken in selecting waste types and mulching thicknesses in practical application in order to optimize mulching benefits.

Key words: waste; mulches; soil hydro-physical properties; factor-analysis

责任编辑: 韩 洋