

[文章编号] 1003—4684(2022)01-0081-05

水泥对红壤 pH 值及植物生长影响的试验研究

游 阳, 刘 伦

(湖北工业大学土木建筑与环境学院, 湖北 武汉 430068)

[摘 要] 中国南方地区广泛分布的酸性红壤严重影响植物的正常生长。针对此问题,以水泥掺量为 0.1%、1%、2%、3%、4% 的红壤为研究对象,开展了水泥对红壤 pH 值影响试验和盆栽种植试验。水泥对红壤 pH 值影响试验结果表明:红壤 pH 值随着水泥掺量的增加而增加,并随养护时间增加,pH 值不断减小。养护 28 d 后,水泥掺量每增加 1%,红壤 pH 值增加 0.75。盆栽种植试验研究表明:当水泥掺量为 0.1% 时,狗牙根发芽率和生长高度表现最好,随着水泥掺量的增加,狗牙根发芽率降低,生长高度不断减小。水泥掺量每增加 1%,狗牙根发芽率减少 12.63%,狗牙根生长高度排序为:0.1% > 1% > 2% > 3% > 4%。

[关键词] 红壤; 酸性改良剂; pH 值; 狗牙根

[中图分类号] S156.6 [文献标识码] A

我国南方红壤主要分布在长江以南热带和亚热带或常绿阔叶林地区,总面积约为 2.04 亿 hm^2 ,超过国土面积的 1/5,据全国第二次土壤普查结果,我国红壤呈弱酸性,大多数 pH 值在 6.0~6.5 之间,浙江、福建和湖南省呈强酸性的红壤 pH 值在 4.5~5.5 之间,分别占全省面积的 16.9%、49.4% 和 38.0%,酸性土壤 pH 值在 5.5~6.5 之间,分别占 56.4%、37.5% 和 40.0%^[1]。其主要特征是缺乏碱金属和碱土金属而富含铁、铝氧化物,呈酸性红色,表现为土壤紧实、侵蚀、酸化、元素失衡、化学污染、有机质流失和动植物区系的退化等,这些问题严重限制了农作物的种植及土地生产力的发展^[2-4]。其中酸性较强、土质粘重是红壤利用上的主要不利因素^[5]。

为了缓解酸性红壤对植物生长的不利影响。潘晓堂等^[6]研究了富里酸对红壤酸度的改良及酸化阻控效果,发现红壤 pH 随富里酸的增加而增加,添加 50 g/kg 富里酸处理红黏土和红砂土的土壤 pH 值分别由对照的 4.31 和 4.69 提高至 5.91 和 5.97。添加富里酸也能提高红壤的抗酸化能力。针对酸性红壤的贫瘠与酸化的问题;苏辉兰等^[7]采用生物炭、石灰、有机肥和树脂四种材料对红壤进行改良,发现生物炭、石灰、树脂和有机肥的混合施用不仅能提高红壤的速效磷和速效钾的含量,也能有效降低红壤的酸度,促进马铃薯的生长;在红壤中添加不同比例的熟石灰粉、碳酸钙粉、白云石粉,并进行油菜种植试

验,结果表明:熟石灰粉、碳酸钙粉、白云石粉都能较好地改良土壤酸性,最佳添加量分别是熟石灰粉 1125 ~ 1687.5 kg/hm^2 , 碳酸钙粉 1500 ~ 2250 kg/hm^2 , 白云石粉 1500 ~ 3000 kg/hm^2 ^[8];李久玉等^[9]利用工业副产品(粉煤灰、碱渣、赤泥和磷石膏)对红壤酸度进行了改良,研究表明在工业副产品中,碱渣和赤泥对土壤酸度的改良效果最好,若结合石灰一起施用,可对土壤剖面酸度进行改良,并取得较好的效果;杜玉凤等^[10]通过盆栽试验,研究矿物土壤改良剂对酸性红壤改良的影响,研究表明施用磷矿粉、白云石、牡蛎壳和有机肥土壤调理剂均可以有效提高酸性土壤 pH 值;印长俊,马石城^[11]研究发现水泥红壤的无侧限抗压强度随着水泥掺入比和龄期的增长而提高;曹智国^[12]研究表明水泥土强度随水泥掺入量增加近似呈幂函数关系增大。嵇晓雷等^[13]对根土复合体进行了三轴剪切试验研究,发现根土复合体能有效提高素土强度和抵抗变形的能力。根土复合体的黏聚力和内摩擦角都有所提高。程磊等^[14]发现狗牙根根土复合体的破坏荷载约是素土 1.29~1.35 倍,狗牙根土试样黏聚力增长率为 35.63%、内摩擦角增长率为 16.24%。

上述研究表明,碱性物质可以中和红壤中的 H^+ ,改良红壤酸性。水泥可以提高土壤的力学性能,提高红壤边坡的抗滑坡能力,狗牙根是生态护坡的优势物种。故本研究选择主要成分呈碱性的水泥作为酸性改良剂,研究不同水泥掺量对红壤 pH 值

[收稿日期] 2021—03—06

[基金项目] 国家自然科学基金项目(52078195)

[第一作者] 游 阳(1995—),男,湖北孝感人,湖北工业大学硕士研究生,研究方向为生态与环境岩土工程

的影响,分析不同养护时间下水泥掺量与红壤 pH 值的关系。结合盆栽种植试验,研究水泥掺量对植物生长的影响。本研究旨在为红壤生态修复过程中酸性改良及红壤高陡边坡的生态修复提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试土样取自湖南邵阳某地非饱和红黏土,属于原生红黏土经过再次搬运堆积形成的次生红黏土,取部分土样,去除其中石块等杂物,待土样自然风干后,过 200 目(0.075 mm)网筛,取部分供试土壤测定基本理化性状(见表 1)。利用 XRF 荧光光谱仪(马尔文帕纳科 X 射线分析 Axios mAX)测定供试土壤重金属背景值,土壤基本理化现状见表 1。

表 1 试验土壤基本理化现状

交换性阳离子含量/ $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$			
Na^+	K^+	Ca^+	Mg^+
1.858	3.47	7.684	3.324

不同土壤大小颗粒组成/%			
1~2 mm	0.05~1 mm	0.005~0.05 mm	<0.005 mm
9.32	35.48	39.29	15.91

pH 值为 5.66

1.2 水泥对红壤 pH 值影响试验

本试验主要研究不同水泥掺量(水泥质量与红壤质量之比)下红壤 pH 值随养护时间的变化情况。试验共设 6 种试样,水泥掺量分别为 0、0.1%、1%、2%、3%、4%,每种试样制作三个,一共 18 组。具体试验步骤如下:

1)将取来的土样烘干、粉碎,过 2 mm 筛,去除大石块,植物根茎等杂物;将红壤、水泥、水装至塑料盆中进行充分搅拌,加入土壤质量 20%($\pm 0.5 \text{ g}$)的去离子水,混合均匀。

2)将混合好的水泥红壤填充入 100 mm×100 mm×100 mm 的标准模具中,试样尺寸为 100 mm×100 mm×80 mm。定期(第 1、7、14、28 d)取试样面至试样底的共 8 cm 的土壤,依据 LY-T 1239-1999《森林土壤 pH 值的测定》规范,使用雷磁 pHB-4 型便携式 pH 计持续测量土壤的 pH 值,通过持续监测,直到达到稳定状态为止^[15-16]。并根据表 2 土壤酸碱度划分等级进行红壤酸碱度划分。

1.3 盆栽种植试验

盆栽种植试验主要研究不同水泥掺量下狗牙根发芽数量和生长高度随时间的变化情况。狗牙根根茎蔓延力很强,广铺地面,为良好的固堤保土植物。设置 A(0 水泥)、B(0.1%水泥)、C(1%水泥)、D(2%

表 2 土壤酸碱度划分等级

极强酸性	<4.5	碱性	7.5—8.5
强酸性	4.5—5.5	强碱性	8.5—9.5
酸性	5.5—6.5	极强碱性	>9.5
中性	6.5—7.5		

水泥)、E(3%水泥)、F(4%水泥)6 个处理,并添加一定量泥炭土、有机肥、纤维(木屑)、保水剂,拌合均匀装入花盆,每个盆栽重复三次。同时设置不种植物的空白对照组,研究植物对红壤 pH 值的影响。具体试验步骤如下:

1)按设计配比称取相应质量的水泥、泥炭土、有机肥、纤维(木屑)、保水剂和红壤,混合搅拌均匀;装入下径 12 cm,上径 15 cm,盆高 12 cm 的花盆。

2)每个花盆中均匀撒入 100 颗种子,培养在同一地点,每天早晚定量浇水。

3)定期观测并记录狗牙根前期的出芽情况及后期幼苗生长高度。

2 水泥对红壤 pH 值影响试验的研究

2.1 不同水泥掺量下红壤 pH 值与养护时间关系

红壤 pH 值测定试验如图 1 所示。以养护时间为横坐标,红壤 pH 值为纵坐标,建立不同水泥掺量下红壤 pH 值与时间的关系,如图 2 所示。



图 1 红壤 pH 值测定试验图

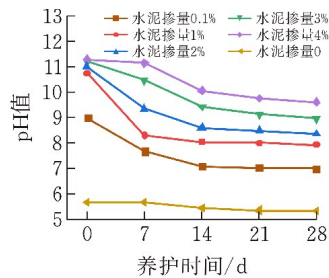


图 2 不同水泥掺量下红壤 pH 值与养护时间的关系

由图 2 可知,水泥掺量为 0.1%、1%、2%、3%和 4%的红壤 pH 值由初期的 9.08~11.2 逐渐减小至 6.98~9.60;随着水泥掺量的增加,红壤 pH 值都随之上升,并随养护时间增加有不同程度的减小;当养护时间达到 28 d 时,各组 pH 值均稳定不变。0 水泥掺量下红壤 pH 值稳定在 5.66,属于酸性。1%水泥掺量下红壤 pH 值稳定在 6.98,属于中性。1%、

2%、3% 和 4% 水泥掺量下红壤 pH 值分别稳定 7.93、8.35、8.94、9.61,属于碱性和强碱性。

2.2 不同龄期水泥掺量与红壤 pH 值的关系

以水泥掺量为横坐标,红壤 pH 值为纵坐标,建立水泥掺量与 0、14、28 d 红壤 pH 值的关系,如图 3 所示。当采用不同函数拟合后,分别选取最适合水泥掺量与 0、14、28 d 红壤 pH 值关系的拟合函数。

第 0 d 不同水泥掺量与红壤 pH 值的关系可以用幂函数描述:

$$y = 10.5 \cdot x^{0.06}, R^2 = 0.976$$

第 14 d 不同水泥掺量与红壤 pH 值的关系可以用线性关系描述:

$$y = 0.75x + 7.13, R^2 = 0.991$$

第 28 d 不同水泥掺量与红壤 pH 值的关系可以用线性关系描述:

$$y = 0.62x + 7.13, R^2 = 0.987$$

由图 3 可知,随着养护天数的增加,水泥掺量与红壤 pH 值的关系趋于线性关系。养护 28 d 后,红壤 pH 值都有不同程度降低,水泥掺量越高,红壤 pH 值下降幅度越小。养护第 28 d,红壤 pH 值稳定不变,水泥掺量与红壤 pH 值符合线性关系,水泥掺量每增加 1%,红壤 pH 值增加 0.75。试验初期,由于水泥呈碱性,导致红壤 pH 值升高,随着水泥不断与红壤发生中和反应,水泥红壤的 pH 值逐渐减小。

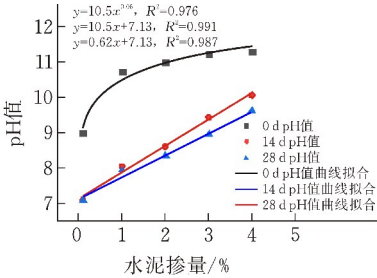


图 3 不同龄期水泥掺量与红壤 pH 值的关系

3 盆栽种植试验的研究

3.1 水泥掺量对狗牙根发芽情况的影响

水泥对红壤上狗牙根长势的影响如图 4 所示。

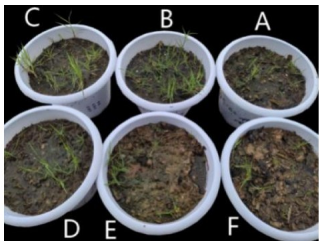


图 4 水泥对红壤上狗牙根长势的影响

由图 4 可知,植物发芽率、生长高度均是 B 组最高,其次是 C 和 D, A、E、F 区别不大。通过对各组狗牙根种子的发芽时间和发芽颗数进行记录,结

果如图 5 和图 6 所示。以时间为横坐标,出芽数量为纵坐标,建立不同水泥掺量下狗牙根出芽数量与时间的关系,如图 5 所示。

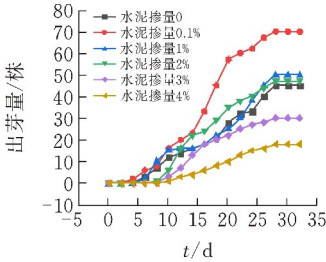


图 5 不同水泥掺量下狗牙根发芽颗数与时间的关系

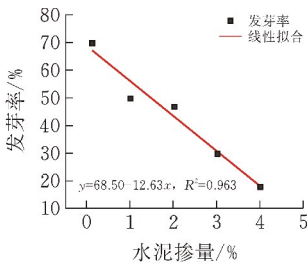


图 6 水泥掺量与狗牙根发芽率的关系

由图 5 可知,0、0.1%、1%、2%、3%、4% 水泥掺量下发芽时间分别是 8 d、6 d、8 d、10 d、12 d、12 d, 0.1% 水泥掺量下狗牙根种子发芽时间最早。到第 32 d,各试验组发芽率基本保持不变,出芽数量从大到小排序为:0.1% > 1% > 2% > 0 > 3% > 4%。

以水泥掺量为横坐标,最大发芽率为纵坐标,建立水泥掺量与狗牙根发芽率的关系,如图 6 所示。

由图 6 可知,0.1% 水泥掺量下的红壤种植的狗牙根的发芽率为 70%。随着水泥掺量的增加,狗牙根的发芽率逐渐降低,4% 水泥掺量下的发芽率为 18%,0.1% 水泥掺量下的红壤最有利于狗牙根发芽。将 0.1%~4% 水泥掺量与发芽率的关系进行线性拟合,结果为 $y = 68.50 - 12.63x, R^2 = 0.963$ 。水泥掺量与发芽率大体上保持线性关系,水泥掺量每增加 1%,狗牙根发芽率减少 12.63%,过量的水泥会抑制狗牙根发芽。

3.2 水泥掺量对狗牙根生长高度的影响

取盆栽中 6 株具有代表性的狗牙根高度作为平均高度,以水泥掺量为横坐标,以平均高度为纵坐标,建立不同龄期水泥掺量与狗牙根平均高度的关系,如图 7 所示。

由图 7 可知,虽然不同盆栽中植物生长快慢不一样,不同阶段生长的高度不一样,但各试验组中狗牙根平均高度的变化规律基本类似;经过 50 d 生长,0~4% 水泥掺量下狗牙根分别长高 8.1 cm、10 cm、8.1 cm、8.1 cm、8 cm、7.6 cm,水泥掺量为 0.1% 的盆栽,狗牙根的高度增长量均高于其他水泥掺量的盆栽,表明对比其他水泥掺量,0.1% 水泥掺

量下的红壤最适合狗牙根生长。随着水泥掺量的增加,狗牙根的生长高度逐渐减小,说明过量的水泥掺量会抑制狗牙根的生长。

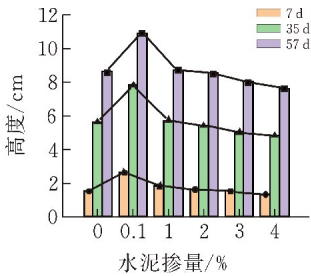


图 7 不同龄期水泥掺量与狗牙根平均高度的关系

3.3 植物生长对红壤 pH 值影响的试验研究

试验表明,各试验组变化趋势一致,以 0.1%水泥掺量下实验数据为例,建立 0.1%水泥掺量下红壤 pH 与时间的关系,如图 8 所示。

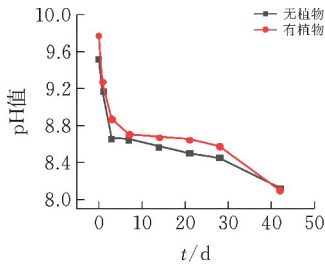


图 8 红壤 pH 值与养护时间的关系

由图 8 可知,无论是有无植物种植,pH 值都随着时间逐渐降低。在 0 d 的时候,有植物种植的红壤 pH 值为 9.77,无植物种植的红壤 pH 值为 9.51,都呈强碱性,42 d 后 pH 值为分别为 8.1、8.15,两种基材的 pH 值下降幅度分别为 1.67、1.36,两者相差较小,植物生长对红壤 pH 值的影响较小。

3.4 红壤 pH 值与植物发芽率、平均高度变化率的关系

红壤 pH 值变化后,植物的发芽率和平均高度变化率均发生明显改变。由于发芽时间不同,生长高度变化率更能说明 pH 值对植物生长高度的影响。以红壤 pH 值为横坐标,植物的发芽率和高度变化率为纵坐标,建立红壤 pH 值与植物的发芽率、平均高度变化率的关系,如图 9 所示。

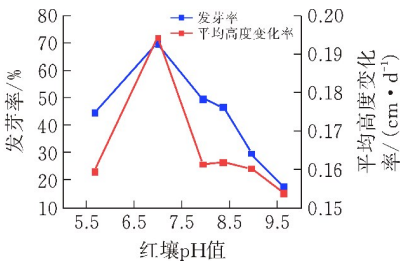


图 9 红壤 pH 值与植物的发芽率、平均高度变化率的关系

由图 9 可知,红壤 pH 值与植物的发芽率、平均

高度变化率密切相关。当红壤 pH 值为 5.32 时,红壤呈酸性,植物发芽率、平均高度变化率均较低。当红壤 pH 值为 6.98 为中性时,植物发芽率、平均高度变化率表现最好。而当红壤 pH 值等于 7.93 时,红壤呈碱性,植物发芽率、平均高度变化率开始降低,与酸性红壤类似。当红壤 pH 值大于 8.35 时,红壤呈强碱性,植物发芽率、平均高度变化率随红壤 pH 值逐渐降低。pH 值为中性的红壤最适合狗牙根生长,此时的水泥掺量为 0.1%。

4 结论

本文通过前期水泥对红壤 pH 值影响试验及后期盆栽种植试验,分别探究了 6 种水泥掺量 (0、0.1%、1%、2%、3%、4%) 下红壤 pH 值的变化情况以及植物的生长情况,可以得到以下结论:

1) 水泥掺量下红壤 pH 值随养护时间不断下降。养护 28 d 时,pH 值随着养护时间的增加都出现不同幅度下降,并且稳定在一个值。0.1%水泥掺量下红壤 pH 值稳定在 6.98,属于中性。1%、2%、3%和 4%水泥掺量下红壤 pH 值分别稳定在 7.93、8.35、8.94、9.61,属于碱性。

2) 养护 28 d 后,红壤 pH 值都有不同程度降低,水泥掺量越高,红壤 pH 值下降幅度越小。养护第 28 d,红壤 pH 值稳定不变,水泥掺量与红壤 pH 值符合线性关系,水泥掺量每增加 1%,红壤 pH 值增加 0.75。

3) 第 32 d,各试验组发芽率基本保持不变,0.1%水泥掺量效果最好,4%水泥掺量效果最差,整体上发芽率随水泥掺量的增加而减小,水泥掺量与发芽率大体上保持线性关系,水泥掺量每增加 1%,狗牙根发芽率减少 12.63%,过量的水泥会抑制狗牙根发芽。

4) 不同水泥掺量对狗牙根生长高度有不同影响,各试验组平均高度从大到小排序为:0.1%>1%>0>2%>3%>4%。

5) 当红壤 pH 值为 6.98 为中性时,植物发芽率、平均高度变化率表现最好。

[参 考 文 献]

[1] 鲁艳红,廖育林,聂军,等.我国南方红壤酸化问题及改良修复技术研究进展[J].湖南农业科学,2015(3):148-151.

[2] 吴杰民,邵峰.碱性改良剂对富铝化淋溶土酸缓冲性能影响研究[J].环境科学学报,1994,14(4):482-487.

[3] 苏艳红,黄国勤,刘秀英,等.红壤旱地不同覆盖方式对玉米产量及生态经济效益的影响[J].中国农学通

报,2005,21(10): 136-136.

[4] 廖萍,黄国勤. 红壤旱地保护性耕作对玉米生长发育、产量性状及经济效益的影响[J]. 江西农业学报, 2007, 19(4): 10-12.

[5] 冯兆滨,刘光荣,王萍. 我国红壤改良利用技术研究现状与展望[J]. 江西农业学报, 2017, 29(8): 57-61.

[6] 潘晓莹,时仁勇,洪志能,等. 富里酸对红壤酸度的改良及酸化阻控效果[J]. 土壤, 2020, 308(4):37-42.

[7] 苏辉兰,潘灿静,李忠芳,等. 四种改良剂对红壤性质及马铃薯生长影响的研究[J]. 轻工科技, 2020, 36(8): 88-90.

[8] 胡德春,李贤胜,尚健. 不同改良剂对棕红壤酸性的改良效果[J]. 土壤, 2006, 38(2): 206-209.

[9] 李九玉,王宁,徐仁扣,等. 工业副产品对红壤酸度改良的研究[J]. 土壤, 2009, 41(6): 932-939.

[10] 杜玉凤,吕乐福,何振全. 矿物土壤改良剂对酸性红壤改良的影响[J]. 水土保持学报, 2016, 30(3): 351-354.

[11] 印长俊,马石城. 水泥红土的力学性能试验研究[J]. 湘潭大学自科学报, 2004, 26(2): 99-101.

[12] 曹智国,章定文. 水泥土无侧限抗压强度表征参数研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2015, 34(S1): 3446-3454.

[13] 嵇晓雷,杨平,张海亚. 根土复合体三轴剪切试验研究[J]. 科学技术与工程, 2016, 16(34): 270-275.

[14] 程磊,张生旭,郝延周,等. 堆体边坡根土复合体抗剪强度试验研究[J]. 科学技术与程, 2017, 17(23): 256-265.

[15] 李强,文唤成,胡彩荣. 土壤 pH 值的测定国际国内方法差异研究[J]. 土壤, 2007, 39(3): 488-491.

[16] 杨义,李浩璇,余晓阳,等. 水泥悬浮液 pH 变化与凝结时间关系的研究[J]. 武汉理工大学学报, 2007(8): 27-31.

Experimental Study on the Effect of Cement on the pH Value of Red Soil and Plant Growth

YOU Yang, LIU Lun

(School of Civil Engin.,Architecture and Environment , Hubei Univ. of Tech.,Wuhan 430068, China)

Abstract: The acid red soil widely distributed in southern China seriously affects the normal growth of plants. In response to this problem, the red soil with a cement content of 0.1%, 1%, 2%, 3%, and 4% was used as the research object, and experiments on the effect of cement on the pH value of red soil and pot planting experiments were carried out. The test results of the effect of cement on the pH value of red soil showed that the pH value of red soil increased with the increase of cement content, and with the increase of curing time, the pH value continued to decrease. After 28 days of curing, for every 1% increase in cement content, the pH of the red soil increases by 0.75. Potted planting experiments showed that when the cement content was 0.1%, the germination rate and growth height of bermudagrass performed best. With the increase of cement content, the germination rate and growth height of bermudagrass decreased continuously. For every 1% increase in cement content, the germination rate of bermudagrass decreased by 12.63%. The growth height of bermudagrass was ranked as follows: 0.1%>1%>2%>3%>4%.

Keywords: red loam; acid amendment; pH value; bermudagrass

[责任编辑: 裴 琴]