

2.3 模拟酸雨对深山含笑幼苗根长的影响

pH 2.0 处理组苗木的平均根长只有 12 cm, 比对照组少了 5 cm 左右。F 检验结果表明该组苗木的根系长度与对照组呈极显著差异。pH 3.0 处理组苗木的根系最长, 平均根长达 22 cm, 为 pH 2.0 组的两倍左右, F 检验显示 pH 3.0 与对照组有显著差异, 但 pH 4.0 与对照组差异不显著(见图 2)。

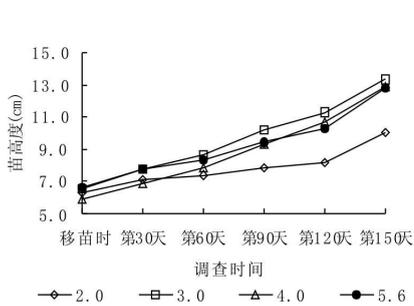


图1 不同 pH 值的模拟酸雨对幼苗高生长的影响

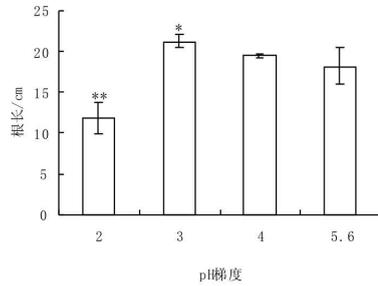


图2 不同 pH 值的模拟酸雨对幼苗根长的影响

2.4 模拟酸雨对深山含笑幼苗生物量的影响

苗木生物量测定结果(表 2)显示, 不同酸雨处理组幼苗的总生物量(Total Biomass, TB)存在明显差异。与对照组(TB = 0.9 g)相比, pH 3.0 和 pH 4.0 处理组的幼苗总生物量均呈不同程度的增加, 达到 1.2 g 以上, 其中以 pH 3.0 处理组的为最大。F 检验结果显示 pH 3.0 组和 pH 4.0 组均高于对照组, 且前者与对照组的差异达到极显著水平, 后者与对照的差异达到了显著水平。pH 2.0 处理组总生物量低于对照组, 差异达到极显著水平。

从根、茎、叶三个指标来看, pH 2.0 处理组幼苗生长较差, 反映 pH 2.0 的酸雨对深山含笑苗木生长有明显的抑制作用。但 pH 3.0 和 pH 4.0 处理组苗木的生长最佳。

比较各处理组的叶面积、根茎比(R/S)以及光合器官和非光合器官比(F/C)可以发现, pH 3.0、pH 4.0 与对照组一样, R/S 在各处理组中最低, F/C 最高, 但叶面积都比对照组大, 其中以 pH 3.0 最大, pH 4.0 次之, 与对照组有显著差异。而 pH 2.0 却相反, R/S 为最高, F/C 为最低, 叶面积急剧下降, 与对照组有极显著差异。

表 2 不同 pH 水平模拟酸液处理的幼苗生物量与根茎比等生长指标

pH 梯度	根干重 (g)	茎干重 (g)	叶干重 (g)	叶面积 (cm ²)	总生物量 (g)	根茎比 R/S	光合器官和非光合器官比 F/C
2.0	0.1 ± 0.0**	0.1 ± 0.0**	0.1 ± 0.0*	20.0 ± 2.6**	0.3 ± 0.0**	0.4 ± 0.0*	1.0 ± 0.2*
3.0	0.3 ± 0.0	0.2 ± 0.0	0.8 ± 0.0	168.7 ± 4.6*	1.2 ± 0.0**	0.3 ± 0.0	1.6 ± 0.0*
4.0	0.3 ± 0.0	0.2 ± 0.0	0.7 ± 0.1	162.1 ± 3.2*	1.1 ± 0.1*	0.3 ± 0.0	1.5 ± 0.1*
5.6	0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.0	0.6 ± 0.1	130.9 ± 4.3	0.9 ± 0.1	0.3 ± 0.0	1.5 ± 0.1

2.5 不同 pH 值的模拟酸雨对土壤 pH 值的影响

从图 3 可见, 模拟酸雨处理组苗木的根际土均出现不同程度的酸化现象, 即土壤 pH 值呈现不同程度的下降(图 3 所示)。方差分析结果显示, pH 2.0 和 pH 3.0 处理组土壤 pH 值明显下降, 与对照组的差异达到极显著水平, pH 4.0 与对照组的差异达到显著水平。

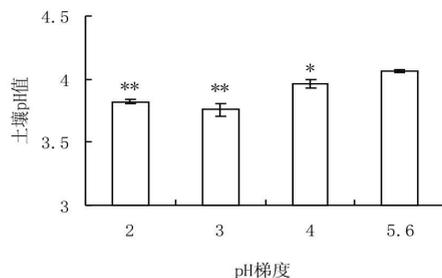


图 3 不同 pH 值的模拟酸雨对土壤 pH 值的影响

3 讨论

3.1 模拟酸雨对幼苗生长发育的影响

试验结果反映了模拟酸雨对深山含笑苗木生长的影响既有正生物效应,也有负生物效应。随着酸性的增大(pH 5.0~3.0),叶片数目、株高、根长、生物量(根、茎、叶)、叶面积相应增加,此时酸雨的施肥效应大于毒害效应,表现出正生物效应。

目前有关酸雨对不同植物生长影响方面的研究结果不尽一致。如单运峰等^[16]对7种森林植物的研究结果揭示 pH \geq 3.0的酸雨对测试植物的生物量影响不大,甚至可增加2.9%~24.9%。樊后保等^[17]对5种阔叶树幼苗的研究也表明 pH 3.5的酸雨对幼苗的生长有一定的促进作用。但也有学者报道 pH 2.0的模拟酸雨能导致杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、火力楠(*Machelia macclurei*)、木荷(*Schima superba*)、青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)等幼苗的叶子产生坏死性斑点和斑块,使这些植物的幼苗生物量和叶绿素减少,增加病菌感染率^[16]。本研究结果与单运峰等^[16]的试验结论类似,揭示了深山含笑幼苗具有很强的抗酸雨能力。

根茎比是综合反映植物生长的生理指标,通常用于描述植物对环境胁迫作用的指标^[18,29]。在环境胁迫的条件下,植物通常以增加根部生长来提高对营养和水的获取量。本研究结果揭示, pH \geq 3.0处理组苗木的根茎比没有显著增加, pH 2.0处理组根茎比却略有增加。我们认为这只是一个假象,因为该处理下苗木生长发育已严重受到抑制,只是地下部份的生物量下降的比率没有比地上部份大而已。在强酸条件下,酸雨对植物自下而上的伤害作用表现在土壤的酸化降低了植物对土壤营养元素及水的吸收能力,使植物体营养不足,从而抑制植物体的地上生长;而光合作用能力的不断下降,又自上而下地影响着整个植株的营养平衡,最终导致苗木生长不良,甚至死亡。

综上所述,如果长期受低酸度的酸雨作用,深山含笑生长的负向效果会更加明显,最终导致该植物失去生活能力而死亡。

3.2 模拟酸雨对土壤 pH 值的影响

经过5个月的喷洒酸液处理,深山含笑苗木的根际土 pH 值明显下降, pH 2.0, pH 3.0, pH 4.0处理下的土壤 pH 值均降到了4.0以下,且 pH 2.0和 pH 3.0与对照有极显著差异。可见酸雨会导致植物根际土的酸化。当然,在酸雨强度和频度不高的情况下,植物及土壤均有较强的缓冲能力,能够自然调节根际土的酸碱度,但持续的酸雨会抑制土壤的缓冲能力。华南地区红壤多为酸性土,酸雨会加剧这些土壤的酸化作用,进而逐渐影响植物的生长^[20]。

3.3 模拟酸雨对叶片形态结构的影响

叶为植物进行光合作用的主要器官,是整个植物体生长的支撑体。酸雨对叶片的伤害表现在对叶绿体的伤害,首先叶绿体上出现黑色的小点,随着叶绿体膜的伤害,叶绿体开始分解成颗粒状物或凝集成团状物,最后导致整个叶肉组织的破坏。

3.4 深山含笑的耐酸性及其应用前景

深山含笑自然生长在华南地区中亚热带常绿阔叶林酸性土壤(土壤 pH 值介于4.17~4.77间)上,长期的自然适应,使其根系对酸性土壤有较强的适应性。此外,深山含笑的叶表皮革质、光滑、无毛,具有缩短酸雨在叶表面的滞留时间,减少酸雨对叶表皮的伤害作用。由此可见,该植物在形态、生理生态方面均具有较强的抗酸性。

根据以上的研究结果表明,酸雨对深山含笑造成严重伤害的阈值在 pH 2.0~3.0之间,虽然 pH 3.0~4.0的酸雨对苗木也有一定的伤害,但总体看来,正生物效应大于负生物效应。可见,深山含笑能够忍耐 pH \geq 3.0的酸雨溶液,具有很强的适应酸雨环境能力,这对促进该树种在城市园林绿化,特别是酸雨区绿化方面的应用具有重要的意义。

参考文献

- [1] 齐文启,席俊清,汪志国,等. 酸雨研究的现状及发展趋势[J]. 中国环境监测,2002,18(1):982100.
- [2] 郝兴国. 我国酸雨区已占国土面积40%[N]. 中国环境报,1997,8(1):20.
- [3] 代伟,饶应福. 我国酸雨危害及防治对策[J]. 矿山环保,2002,43(6):12215.
- [4] 张远东. 珠江三角洲地区酸雨污染简析[J]. 环境科学研究,1999,12(3):31234.
- [5] 王开峰,廖柏寒,刘红玉,等. 模拟酸雨和Zn复合污染对蚕豆生长及其生理生化特性的影响[J]. 环境科学学报,2005,25(2):203207.
- [6] 黎华寿,聂呈荣,胡永刚. 模拟酸雨对杂交稻、常规稻、野生稻影响的研究[J]. 农业环境科学学报,2004,23(2):284287.
- [7] 杨妙贤,刘伟坚,范庆中,等. 模拟酸雨对虹豆生长和部分生理指标的影响[J]. 农业与技术,2005,25(3):69274.
- [8] 李焰焰,聂传朋,董召荣. 模拟酸雨对小黑麦种子萌发及幼苗生理特性的影响[J]. 生态学杂志,2005,24(4):395297.
- [9] 余苹中,廖柏寒,宋稳成,等. 模拟酸雨和Cd对小白菜、四季豆生理生化特性的影响[J]. 农业环境科学学报,2004,23(1):43246.
- [10] 张耀明,吴丽英. 酸雨对农作物的叶片伤害及生理特性的影响[J]. 农业环境保护,1996,15(5):197208.
- [11] 陈封怀. 广东植物志[M]:第一卷. 广州:广东科技出版社,1987:14215.
- [12] 谢媚. “九五”广州地区酸雨污染基本特征研究[J]. 环境科学研究,2002,15(1):31233.
- [13] 周小萍. 近年来广东省酸雨监测结果分析[J]. 广东气象,1997(4):47.
- [14] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [15] 李正理. 植物制片技术[M]. 北京:科学出版社,1978.
- [16] 单运峰,冯宗炜,陈楚莹. 模拟酸雨对七种森林植物生物量的影响[J]. 生态学报,1989(9):274276.
- [17] 樊后保,臧润国. 女贞种子和幼苗对模拟酸雨的反应[J]. 林业科学,2000,36(6):90294.
- [18] 夏汉平,王庆礼,孔国辉. 垃圾污水的植物毒性和植物净化效果的研究[J]. 植物生态学报,1999,23(4):289201.
- [19] 束文圣,蓝崇钰,张志权. 凡口铅锌尾矿影响植物定居的主要因素分析[J]. 应用生态学报,1997,8(3):314218.
- [20] 王敬华,张效年,于天仁. 华南红壤对酸雨敏感性的研究[J]. 土壤学报,1994,31(4):348255.