doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.05.037

模拟酸雨对广西 4 个树种苗木生长的影响研究

周顺福,李春叶

(云南省林业调查规划院大理分院,云南 大理 671000)

摘要:采用盆栽试验,设置 4 个水平(pH3.0、pH4.0、pH5.0、pH5.6)、一个对照(pH6.0),共 5 种处理,测定 4 个树种在不同 pH 值酸雨处理下其苗高、地径和生物量变化情况,分析不同 pH 值及处理方式的酸雨对广西地区速生及珍贵树种幼苗生长的影响。研究表明,随酸雨 pH 值的降低,4 个树种的苗高相对生长量和地径相对生长量总体均呈下降趋势;巨尾桉 9 号在模拟酸雨 pH3.0 时,其地上生物量显著大于对照,在 pH5.0 时,其地下生物量、总生物量略大于对照,在 pH5.6 时,其根冠比最大;格木在模拟酸雨 pH5.6 时,其苗高相对生长量显著大于对照,根冠较对照大;降香黄檀在模拟酸雨 pH5.0 时,其苗高相对生长量显著高于对照,根冠比最大;在不同浓度酸雨处理下,土沉香各生长指标均显著小于对照。

关键词:模拟酸雨;苗木生长;酸雨浓度;pH 值;根冠比;广西

中图分类号:X517;S723.13 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)05-0225-06

引文格式:周顺福,李春叶.模拟酸雨对广西 4 个树种苗木生长的影响研究[J].林业调查规划,2023,48(5):225-230.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.05.037

ZHOU Shunfu, LI Chunye. Effect of Simulated Acid Rain on Growth of Four Species Seedlings in Guangxi//[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(5): 225-230. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.05.037

Effect of Simulated Acid Rain on Growth of Four Species Seedlings in Guangxi

ZHOU Shunfu, LI Chunye

(Dali Branch, Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Dali, Yunnan 671000, China)

Abstract: Based on a pot experiment, four different pH solutions (pH3.0, pH4.0, pH5.0, pH5.6) and a control (pH6.0) with five treatment methods were used to determine the changes in seedling height, ground diameter, and biomass of four tree species, and analyze the effects of acid rain with different pH values and treatment methods on the growth of fast-growing and precious tree species in Guangxi. The results showed that with the decrease of acid rain pH, the relative growth of seedling height and ground diameter of the four tree species were all decreased; the simulated acid rain in pH3.0, the above ground biomass of *E. grandis* × *E. urophylla* No. 9 was significantly higher than that in the control, in pH5.0, the under ground biomass and total biomass were slightly higher than that in the control, in pH5.6, the root shoot ratio was the highest; the simulated acid rain in pH5.6, the relative growth yield and root shoot ratio of *Erythrophleum fordii* Oliv were significantly higher than that in the control; the simulated acid rain in

收稿日期:2022-04-01.

基金项目:广西自然科学基金“速生桉人工纯林及混交林凋落叶分解对酸沉降的缓冲机制研究”(2015GXNSFAA139081).

第一作者:周顺福(1989-),男,云南会泽人,硕士,工程师.主要从事林草资源调查规划工作. Email:770216795@qq.com

责任作者:李春叶(1989-),女,云南巍山人,硕士,工程师.主要从事林草资源调查规划工作. Email:553876350@qq.com

pH5.0, the relative growth yield of *Dalbergia odorifera* T. Chen were significantly higher than that in the control, and the root shoot ratio was the highest; in different concentrations of acid rain treatment, each growth index of *Aquilaria sinensis* (Lour.) Gilg were significantly lower than that in the control.

Key words: simulated acid rain; seedling growth; acid rain concentration; pH value; root shoot ratio; Guangxi

酸雨(acid rain)是 pH 小于 5.6 的大气降水的总称,包括各种酸性的雨、雾、雪、霜等形式,在科学上常称为酸沉降(acid deposition)^[1],伴随着人口的急剧增长和工业化迅速发展,酸雨和环境酸化问题一直呈发展趋势,影响地域逐渐扩大。我国是继欧洲、北美之后在世界上出现的第三大酸雨片区,酸雨区覆盖面积已占我国国土面积的 40%左右^[2],主要分布在长江以南,恰好与酸性土壤分布区重合,并且有由北向南逐渐加重趋势,其中西南、华南地区较为突出。

广西地处华南,且山地和盆地较多,纬度较低,属亚热带湿润气候,受气候、逆流层等影响频率较高,大气污染物扩散能力较差,导致其酸雨灾害严重,广西的 11 个地市、33 个县(市)已被列入酸雨控制区,广西是对酸沉降最为脆弱和酸污染较为严重地区之一^[3-4]。桉树是桃金娘科(Myrtaceae)桉属(*Eucalyptus*)植物的统称,原产于澳大利亚及其周围岛屿,世界三大造林树种(松、桉、杨)之一,具有速生、丰产、优质、适应性强、用途广泛等特点,在世界各地(主要在热带和亚热带地区)得到大力发展。目前,我国桉树人工林面积已达 300 多万 hm²,仅次于印度和巴西,居世界第三位,主要分布在广东、广西、海南、云南、福建等地^[5-6]。珍贵树种是我国特产稀有或濒于灭绝的树种以及目前虽有一定数量,但也逐渐减少的优良树种的统称,具有材质好、用途广等优点,且具有艺术收藏等价值^[7]。酸雨可影响植物正常代谢过程,导致植物体内一系列生理生化过程失调,对高大林木也不例外,因此,对广西几种树种进行酸雨适应机制方面的研究很有必要,研究结果可为酸雨影响下广西几个树种的生长预测提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验地点和材料

试验地位于广西南宁市广西大学林学院苗圃(22°51'20"N,108°17'14"E)。该地区属亚热带季风气候,年均温 21.6℃,极端最高温 40℃,≥10℃年积

温 7 200℃,年均降水量 1 304.2 mm,平均相对湿度 79%,降雨多集中在 5—9 月。

试验用的 4 个树种为巨尾桉 9 号(*E. grandis* × *E. urophylla* No. 9)、格木(*Erythrophloeum fordii* Oliv)、降香黄檀(*Dalbergia odorifera* T. Chen)、土沉香(*Aquilaria sinensis*(Lour.) Gilg)幼苗。

实验苗木:巨尾桉 9 号为 3 月生组培苗,其他均为 2 年生实生苗。苗木 2015 年 2 月初移栽到高 10 cm、直径 8 cm 的塑料盆中,每盆装土,采用黄心土和河沙按 1:1 混合而成的土壤(pH4.90)进行栽培,开始进行抚育缓苗期间用普通自来水喷施。

1.2 试验设计

模拟酸雨按照广西酸雨化学成分 SO₄²⁻ 与 NO₃⁻ 离子浓度比 7:1 配制,采用 95%~98% 的浓硫酸和 65%~68% 的浓硝酸按体积比 4.8:1 配置酸雨母液,试验设 4 个水平(pH4.0、pH3.0、pH5.0、pH5.6),一个对照(pH6.0),每组 12 个重复,共计需 5×4×12=240 个样本(5 个水平,4 种树种,每个水平每种树种 12 株)。试验于 2015 年 3 月 10 日—4 月 20 日在广西大学苗圃进行。模拟酸雨的喷洒采用喷雾法,用喷雾器喷洒不同 pH 值的模拟酸雨,喷洒频率为每隔 7 d 喷 1 次,共喷洒 4 次,每次均喷至叶片滴液为度,喷淋时间一般在下午 4:00—6:00 进行。试验结束后测定相关指标。

1.3 指标测定方法

1.3.1 土壤 pH 值的测定

采用电位法测定土壤 pH 值。称取通过 2 mm 筛孔的风干土样 10 g 于 50 mL 烧杯中,加入 25 mL 1.0 mol/L 氯化钾溶液,用玻璃棒剧烈搅动 1~2 min,静置 30 min,然后将玻璃电极和甘汞电极插入浸出液中,用 pH 计测定土壤 pH 值。

1.3.2 生长指标的测定

在第 0 d、40 d 分别采用卷尺、游标卡尺对各处理组的 5 株苗木的苗高、地径进行测量。

苗高相对生长量计算公式为:

$$RGY_H = (H_1 - H_0) / H_0 \quad (1)$$

地径相对生长量计算公式为:

$$RGY_D = (D_1 - D_0) / D_0 \quad (2)$$

试验结束后,采用平均标准木法进行苗木生物量测定,于 105℃ 杀青后在 80℃ 的烘箱中 48 h 烘至恒重,然后称量根、茎、叶各部分干重,根据各部分生物量进一步计算生物量分配相关参数:

- 1) 地上生物量 = 叶生物量 + 茎生物量
- 2) 地下生物量 = 根生物量
- 3) 总生物量 = 地上生物量 + 地下生物量
- 4) 地上生物量比 = 地上生物量 / 总生物量
- 5) 地下生物量比 = 地下生物量 / 总生物量
- 6) 根冠比 = 根生物量 / 地上生物量

1.4 数据分析

试验数据采用 Excel、SPSS 21.0 等软件进行统计分析,方差分析及多重比较采用 Duncan 新复极差法。

2 结果与分析

2.1 模拟酸雨处理下各培养基质 pH 值变化

试验结果,不同树种各处理基质的 pH 值均随模拟酸雨 pH 值的下降而下降,各对照组基质 pH 值最高(表 1)。

表 1 各处理基质的 pH 值

Tab. 1 pH value of each treated matrix

处理	巨尾桉 9 号	格木	降香黄檀	土沉香
pH3.0	3.11	3.10	3.16	3.15
pH4.0	4.19	4.22	4.23	4.16
pH5.0	4.54	4.58	4.57	4.52
pH5.6	4.78	4.82	4.80	4.87
CK	4.90	4.85	4.88	4.91

2.2 模拟酸雨对 4 个树种苗木生长的影响

2.2.1 苗高生长量

不同 pH 值的酸雨对巨尾桉 9 号、格木、土沉香苗高相对生长量的影响呈一致的规律性,其大小顺序均为 pH5.6 > pH5.0 > pH4.0 > pH3.0,而降香黄檀苗高相对生长量大小顺序为 pH5.0 > pH5.6 > pH4.0 > pH3.0(表 2)。

同一 pH 值的酸雨对 4 个树种的苗高相对生长量的影响不尽相同,pH3.0、pH5.0、pH5.6 酸雨处理下各树种苗高相对生长量大小顺序均为:巨尾桉 9 号 > 土沉香 > 降香黄檀 > 格木;而 pH4.0 酸雨处理下各树种苗高相对生长量大小顺序为:巨尾桉 9 号 > 土沉香 > 格木 > 降香黄檀。

表 2 模拟酸雨对 4 个树种苗木苗高相对生长量的影响

Tab. 2 Effect of simulated acid rain on seeding relative growth yield of four tree species seeding %

处理	巨尾桉 9 号	格木	降香黄檀	土沉香
pH3.0	7.30± 0.03Ae	2.58± 0.04Dd	2.78± 0.09Cd	5.54± 0.05Be
pH4.0	7.71± 0.03Ad	3.35± 0.05Cc	3.33± 0.12Cc	7.17± 0.03Bd
pH5.0	7.84± 0.04Ac	3.76± 0.04Db	4.84± 0.05Ca	7.58± 0.05Be
pH5.6	7.92± 0.03Bb	3.91± 0.04Da	4.3± 0.04Cb	9.00± 0.10Ab
CK	8.43± 0.04Ba	3.81± 0.03Db	4.2± 0.05Cb	9.72± 0.05Aa

注:表中数据为相对生长量。同一列小写字母相同表示同一树种不同处理间差异不显著,字母不同表示同一树种不同处理间差异显著;同一行大写字母相同表示不同树种同一处理间无显著差异,字母不同表示同一处理不同树种间差异显著 ($P < 0.05$) (下同)。

4 个树种的苗高相对生长量随酸雨 pH 值的降低总体呈下降趋势。pH3.0 时,巨尾桉 9 号、格木、降香黄檀、土沉香的苗高相对生长量分别较对照组降低了 13.40%、32.28%、33.81%、43.00%,巨尾桉 9 号苗高相对生长量对酸雨的反应敏感性较低;随酸雨 pH 值的降低,巨尾桉 9 号、格木、土沉香的苗高相对生长量均呈逐渐下降趋势,而降香黄檀呈先上升后下降趋势。pH5.0 时,降香黄檀苗高相对生长量(4.84%)显著高于对照,pH5.6 时,格木苗高相对生长量达到最大,为 3.91%,与对照间存在显著差异;在不同浓度酸雨处理下,巨尾桉 9 号、土沉香苗高相对生长量均显著小于对照。同一处理浓度下,不同树种间的苗高相对生长量均存在显著差异。

2.2.2 地径生长量

不同 pH 值的酸雨处理下,格木、降香黄檀、土沉香的地径相对生长量变化规律相一致,其大小均为 pH5.6 > pH5.0 > pH4.0 > pH3.0,而巨尾桉 9 号地径相对生长量大小顺序为 pH5.0 > pH5.6 > pH4.0 > pH3.0(表 3)。

同一 pH 值的酸雨对 4 个树种的地径相对生长量的影响相同,pH3.0、pH4.0、pH5.0、pH5.6 酸雨处理下各树种地径相对生长量大小顺序均为:巨尾桉 9 号 > 土沉香 > 降香黄檀 > 格木。

4 个树种的地径相对生长量随酸雨 pH 值的降低总体呈下降趋势。pH3.0 时,巨尾桉 9 号、格木、降香黄檀、土沉香的地径相对生长量分别较对照组

表 3 模拟酸雨对 4 个树种苗木地径相对生长量的影响

Tab. 3 Effect of simulated acid rain on ground diameter relative growth yield of four tree species seeding %

处理	巨尾桉 9 号	格木	降香黄檀	土沉香
pH3.0	27.69± 0.43Ad	5.19± 0.04De	11.53± 0.09Ce	16.44± 0.06Be
pH4.0	27.50± 0.46Ad	7.32± 0.03Dd	12.23± 0.09Cd	18.06± 0.09Bd
pH5.0	31.84± 0.09Ab	8.83± 0.05Dc	13.14± 0.08Cc	21.43± 0.39Bc
pH5.6	30.93± 0.83Ac	9.59± 0.09Db	15.41± 0.23Cb	23.05± 0.13Bb
CK	36.36± 0.13Aa	10.13± 0.11Da	16.41± 0.08Ca	25.14± 0.17Ba

降低了 23.84%、48.77%、29.74%、34.61%；随酸雨 pH 值的降低，格木、降香黄檀、土沉香 3 个树种的地径相对生长量均呈逐渐下降趋势，而巨尾桉 9 号的地径生长量呈上升—下降—上升趋势。pH5.0 时，巨尾桉 9 号地径相对生长量显著高于对照及其他处理，为 31.84%；而在不同浓度酸雨处理下，格木、降香黄檀、土沉香地径相对生长量均显著小于对照；同一处理浓度下，不同树种间的地径相对生长量均存在显著差异。

2.3 模拟酸雨对 4 个树种苗木生物量的影响

2.3.1 地上生物量

不同 pH 值的酸雨处理下，巨尾桉 9 号、格木的地上生物量变化规律相一致，其生物量大小顺序均为 pH3.0 > pH5.0 > pH4.0 > pH5.6，而降香黄檀地上生物量大小顺序为 pH5.6 > pH3.0 > pH4.0 > pH5.0，土沉香地上生物量大小顺序为 pH5.6 > pH5.0 > pH4.0 > pH3.0 (表 4)。

表 4 模拟酸雨对 4 个树种苗木地上生物量的影响

Tab. 4 Effect of simulated acid rain on above ground biomass of four tree species seeding g/株

处理	巨尾桉 9 号	格木	降香黄檀	土沉香
pH3.0	3.70± 0.40Ba	2.93± 0.15Ca	5.48± 0.419Ab	0.65± 0.02De
pH4.0	3.30± 0.03Bab	2.53± 0.17Ca	5.60± 0.49Ab	0.71± 0.02Dd
pH5.0	3.54± 0.25Ba	2.67± 0.37Ca	5.45± 0.18Ab	0.84± 0.03Dc
pH5.6	3.03± 0.13Bb	2.45± 0.29Ca	6.59± 0.26Aa	0.91± 0.01Db
CK	3.65± 0.14Ba	2.89± 0.32Ca	6.55± 0.46Aa	1.08± 0.03Da

同一 pH 值的酸雨对 4 个树种的地上生物量的影响相同，pH3.0、pH4.0、pH5.0、pH5.6 酸雨处理下各树种地上生物量大小顺序均为：降香黄檀 > 巨尾桉 9 号 > 格木 > 土沉香。

pH3.0 时，巨尾桉 9 号地上生物量达到最大，为 3.70 g/株，与对照间差异不显著，但与 pH5.6 时的地上生物量存在显著差异；pH3.0 时，格木地上生物量最大，为 2.93 g/株，与其他处理间差异不显著；pH5.6 时，降香黄檀地上生物量最大，为 6.59 g/株，略小于对照，但显著大于其他处理；土沉香各浓度酸雨处理下的地上生物量均显著小于对照，且随 pH 值的降低，其地上生物量也不断降低，且降幅较稳定。随 pH 值的降低，巨尾桉 9 号、降香黄檀与格木地上生物量的变化趋势相一致，均为上升—下降—上升，巨尾桉 9 号和格木变化幅度较小，而降香黄檀在 pH5.6 与 pH5.0 间降幅较大，而后在 pH5.0 与 pH4.0、pH4.0 与 pH3.0 间的变化幅度均较小。

2.3.2 地下生物量

不同 pH 的酸雨处理下，巨尾桉 9 号、格木、降香黄檀、土沉香地下生物量变化规律均不同，巨尾桉 9 号地下生物量大小顺序为 pH5.0 > pH5.6 > pH4.0 > pH3.0，格木：pH5.6 = pH3.0 > pH4.0 > pH5.0，降香黄檀：pH5.6 > pH5.0 > pH3.0 > pH4.0，土沉香：pH5.6 > pH5.0 = pH4.0 > pH3.0 (表 5)。

表 5 模拟酸雨对 4 个树种苗木地下生物量的影响

Tab. 5 Effect of simulated acid rain on under ground biomass of four tree species seeding g/株

处理	巨尾桉 9 号	格木	降香黄檀	土沉香
pH3.0	0.71± 0.07Ba	0.74± 0.06Ba	3.31± 0.29Ab	0.25± 0.01Cb
pH4.0	0.75± 0.08Ba	0.72± 0.10Ba	3.28± 0.09Ab	0.26± 0.06Cb
pH5.0	0.92± 0.24Ba	0.61± 0.05Ca	3.71± 0.09Aab	0.26± 0.04Db
pH5.6	0.82± 0.04Ba	0.74± 0.12Ba	3.80± 0.14Aa	0.29± 0.06Cb
CK	0.80± 0.13Ba	0.86± 0.13Ba	3.96± 0.41Aa	0.42± 0.04Ba

同一 pH 值的酸雨对 4 个树种的地下生物量的影响不尽相同，pH3.0 酸雨处理下各树种地下生物量大小顺序均为：降香黄檀 > 格木 > 巨尾桉 9 号 > 土沉香，pH4.0、pH5.0、pH5.6 酸雨处理下各树种地下

生物量大小顺序均为:降香黄檀 > 巨尾桉 9 号 > 格木 > 土沉香。

pH5.0 时,巨尾桉 9 号地下生物量达到最大,为 0.92 g/株,与对照间差异不显著;格木、降香黄檀、土沉香不同酸度酸雨处理下的地下生物量均较对照小;同一 pH 值的酸雨下,降香黄檀地下生物量显著高于其他树种,pH5.6 时的地下生物量略小于对照,显著大于 pH4.0、pH3.0 时的地下生物量;模拟酸雨处理下,土沉香地下生物量均显著小于对照,且不同酸度酸雨处理下地下生物量变化幅度较小;巨尾桉 9 号与格木地下生物量在不同酸度酸雨下变化不明显。

2.3.3 总生物量

不同 pH 值的酸雨处理下,巨尾桉 9 号、格木、降香黄檀、土沉香总生物量变化规律不尽相同,巨尾桉 9 号总生物量大小顺序为 pH5.0 > pH3.0 > pH4.0 > pH5.6,格木:pH3.0 > pH5.0 > pH4.0 > pH5.6,降香黄檀、土沉香的变化规律一致,为:pH5.6 > pH5.0 > pH4.0 > pH3.0(表 6)。

表 6 模拟酸雨对 4 个树种苗木总生物量的影响

Tab.6 Effect of simulated acid rain on total biomass of four tree species seeding g/株

处理	巨尾桉 9 号	格木	降香黄檀	土沉香
pH3.0	4.40±0.47Ba	3.67±0.18Ca	8.79±0.21Ab	0.90±0.01Dd
pH4.0	4.05±0.06Ba	3.25±0.27Ca	8.88±0.48Ab	0.97±0.07Dd
pH5.0	4.46±0.49Ba	3.27±0.38Ca	9.16±0.18Ab	1.10±0.02Dc
pH5.6	3.85±0.10Ba	3.19±0.33Ca	10.39±0.36Aa	1.20±0.05Db
CK	4.45±0.26Ba	3.76±0.11Ba	10.52±0.86Aa	1.51±0.04Ca

同一 pH 值的酸雨对 4 个树种的总生物量的影响相同,pH3.0、pH4.0、pH5.0、pH5.6 酸雨处理下各树种总生物量大小顺序均为:降香黄檀 > 巨尾桉 9 号 > 格木 > 土沉香。

pH5.0 时,巨尾桉 9 号总生物量达到最大,为 4.46 g/株,与对照及其他处理间的差异均不显著;格木、降香黄檀、土沉香不同酸度酸雨处理下的总生物量均较对照小;同一 pH 值的酸雨下,降香黄檀总生物量显著高于其他树种,pH5.6 时的总生物量较对照稍小,但显著大于 pH5.0、pH4.0、pH3.0 时的

总生物量;模拟酸雨处理下,土沉香总生物量均显著小于对照,模拟酸雨 pH 值较高时,其总生物量变化幅度较明显,而在模拟酸雨 pH 值较低(pH4.0、pH3.0)时其变化幅度较小;巨尾桉 9 号与格木总生物量在不同酸度酸雨下变化不明显。

2.3.4 根冠比

不同 pH 值的酸雨处理下,巨尾桉 9 号根冠比大小顺序为 pH5.6 > pH5.0 > pH4.0 > pH3.0,格木:pH5.6 > pH4.0 > pH3.0 > pH5.0,降香黄檀:pH5.0 > pH3.0 > pH4.0 > pH5.6,土沉香:pH3.0 > pH4.0 > pH5.0 = pH5.6(表 7)。

表 7 模拟酸雨对 4 个树种苗木根冠比的影响

Tab.7 Effect of simulated acid rain on root shoot ratio of four tree species seeding

处理	巨尾桉 9 号	格木	降香黄檀	土沉香
pH3.0	0.19±0.01Cb	0.25±0.02Ca	0.61±0.10Aa	0.38±0.03Ba
pH4.0	0.23±0.03Cab	0.28±0.02BCa	0.59±0.06Aa	0.36±0.09Ba
pH5.0	0.26±0.05Ba	0.23±0.04Ba	0.68±0.04Aa	0.31±0.06Ba
pH5.6	0.27±0.02Ba	0.31±0.06Ba	0.58±0.02Aa	0.31±0.08Ba
CK	0.22±0.03Cab	0.30±0.08BCa	0.60±0.02Aa	0.38±0.05Ba

同一 pH 值的酸雨对 4 个树种的根冠比的影响也不尽相同,pH3.0、pH4.0、pH5.6 酸雨处理下各树种根冠比大小顺序为:降香黄檀 > 土沉香 > 格木 > 巨尾桉 9 号;而 pH5.0 酸雨处理下各树种根冠比大小顺序为:降香黄檀 > 土沉香 > 巨尾桉 9 号 > 格木。

pH5.6 时,巨尾桉 9 号根冠比最大,为 0.27,除与 pH3.0 间存在显著差异外,其与对照及其他处理间的差异均不显著;pH5.6 时,格木根冠比(0.31)较对照大,与对照及其他各处理间差异不明显;降香黄檀与土沉香的根冠比分别在 pH5.0、pH3.0 时达到最大,且在模拟酸雨不同浓度处理下变化不大。

3 讨 论

酸雨会影响植物种子萌发和幼苗生长。黄建昌研究了酸雨对 6 种园林植物的影响发现,酸雨对园林植物新梢生长有不同程度的抑制作用,酸雨的酸度越大,对园林植物的伤害越大^[8]。酸雨可抑制植物营养生长,甚至对植物叶片造成急性伤害,高浓度

酸雨胁迫下可能会引起植物生物量的降低,根部受害较严重^[9]。本研究中,4个树种的苗高相对生长量和地径相对生长量随酸雨 pH 值的降低总体呈下降趋势。类似的研究结果在很多物种中得到证实,例如:秃瓣杜英(*Elaeocarpus glabripetalus*)^[10],扶桑(*Hibiscus rosasinensis* L.)、海棠花(*Malus spectabilis* (Ait.) Borkh.)、细叶榕(*Ficus micorcarpa* L. f.)、灰莉(*Fagraea ceilanica* Thunb.)、福建茶(*Carmona microphylla* L.)和九里香(*Murraya exotica* L.)^[11],女贞(*Ligustrum lucidum*)^[12]。

酸雨会影响生物量及其分配。酸雨属于环境因素改变的其中一种,环境因素的改变会影响森林生物量 and 生产力,进而会改变生态系统的结构来影响其他功能^[13]。本研究中,随 pH 值的降低,地上生物量、地下生物量和总生物量表现为降低趋势,而巨尾桉 9 号和格木生物量积累不受 pH 值影响。根冠比除巨尾桉 9 号外均不受 pH 值影响。且在各个 pH 值梯度下表现出种间差异。说明酸雨对幼苗生物量积累表现出种间差异。影响幼苗生长的原因可能是酸雨直接作用叶片后,会破坏细胞超微结构和植物膜结构,改变酶活性,降低叶绿素含量,最终导致光合作用能力下降,抑制植物生长^[14]。

4 结 论

4个树种的苗高相对生长量和地径相对生长量随酸雨 pH 值的降低总体均呈下降趋势,而生物量的变化较大。巨尾桉 9 号在模拟酸雨 pH3.0 时,苗高相对生长量、地径相对生长量分别比对照组降低 13.40%、23.84%,地上生物量为 3.70 g/株,显著大于对照,pH5.0 时,其地下生物量、总生物量略大于对照,pH5.6 时,其根冠比最大,巨尾桉 9 号苗高相对生长量、地径相对生长量及地上生物量、地下生物量、总生物量、根冠比等生长指标在不同酸度酸雨下变化不明显。格木在模拟酸雨 pH5.6 时,苗高相对生长量显著大于对照,且根冠比较对照大,其地上生物量、地下生物量、总生物量在不同酸度酸雨下变化不明显。降香黄檀在模拟酸雨 pH5.0 时,苗高相对生长量显著高于对照,根冠比最大,但在不同浓度下其地径生长量、地下生物量、总生物量均较对照小,地上生物量在轻度酸雨下降幅较大,随其 pH 值的下降,变化幅度减小。在不同浓度酸雨处理下,土沉

香苗高相对生长量、地径相对生长量、地上生物量、地下生物量、总生物量、根冠比均显著小于对照。

可见,模拟不同浓度酸雨对巨尾桉 9 号及格木生长的影响不大,在轻度酸雨下还可促进巨尾桉 9 号生物量的积累,促进格木和降香黄檀苗高生长,增大其根冠比;土沉香生长受酸雨影响较大,在轻度酸雨下便对其造成显著影响。

参考文献:

- [1] 冯宗炜. 中国酸雨对陆地生态系统的影响和防治对策[J]. 中国工程科学,2000(9):5-11.
- [2] 吴丹,王式功,尚可政. 中国酸雨研究综述[J]. 干旱气象,2006(2):70-77.
- [3] 程爱珍,韦华红. 广西酸雨时空分布和季节变化特征分析[J]. 安徽农业科学,2010(9):4683-4685.
- [4] 覃东才. 广西酸雨污染及变化趋势[J]. 中小企业科技,2007(10):274-275.
- [5] 林婷. 桉树人工林的生态效应研究[J]. 林业勘察设计,2012(1):16-20.
- [6] 刘苇,余雪标. 桉树人工林林下间作绿肥对土壤的改良效应研究[J]. 热带林业,2008(2):16-20.
- [7] 鲁美娟. 模拟酸雨对浙江省 3 种重要树种幼苗生长与光合生理的影响[D]. 重庆:西南大学,2010.
- [8] 黄建昌,肖艳. 模拟酸雨对 6 种园林植物的影响[J]. 西南农业大学学报,2002(4):360-362.
- [9] LEE J J, WEBER D E. The effect of simulated acid rain on seedling emergence and growth of eleven woody species[J]. Forest Science,1979,25(3):393-398.
- [10] 殷秀敏,余树全,江洪,等. 酸雨胁迫对秃瓣杜英幼苗叶片叶绿素荧光特性和生长的影响[J]. 应用生态学报,2010(6):1374-1380.
- [11] 蔡如,黄建昌,肖艳. 模拟酸雨对 6 种园林植物生长和生理反应的影响[J]. 仲恺农业技术学院学报,2002(3):28-32.
- [12] 樊后保,臧润国,KOSUKE W. 女贞种子和幼苗对模拟酸雨的反应[J]. 林业科学,2000(6):90-94.
- [13] 张治军. 重庆酸雨区马尾松生物量和根系空间分布特征研究[D]. 保定:河北农业大学,2006.
- [14] WANG R, REHMAN S U, LIANG X, et al. Effects of simulated acid rain on the allelopathic potential of invasive weed *Wedelia trilobata*[J]. Allelopathy Journal,2012,30(1):23-32.

责任编辑:许易琦