

氮沉降对闽楠幼苗生长、干物质分配及含水率的影响

张根水¹, 龚 辉¹, 洪 滔^{2,①}, 刘剑斌¹, 肖应忠¹, 苏少川¹, 何 俊¹, 陈建忠¹

(1. 南平市建阳区林业局, 福建 南平 354200; 2. 福建农林大学林学院, 福建 福州 350002)

Effects of nitrogen deposition on growth, dry matter allocation and moisture content in *Phoebe bournei* seedlings

ZHANG Genshui¹, GONG Hui¹, HONG Tao^{2,①}, LIU Jianbin¹, XIAO Yingzhong¹, SU Shaochuan¹, HE Jun¹, CHEN Jianzhong¹ (1. Forestry Bureau of Jianyang District in Nanping City, Nanping 354200, China; 2. College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2019, 28(1): 118-120

Abstract: Growth, dry matter allocation and moisture content in 1-year-old seedlings of *Phoebe bournei* (Hemsl.) Yang were compared under simulated nitrogen depositions of 0 (the control), 5, 10, 15, 20, 25 and 30 g · m⁻² · a⁻¹. The results show that with enhancing of nitrogen deposition, height, basal diameter, dry masses of root, stem, leaf and above-ground part per plant, and dry mass of whole plant of *P. bournei* show a trend of “increasing-decreasing-increasing”, each index under nitrogen depositions of 5, 10 and 15 g · m⁻² · a⁻¹ is generally significantly higher than that of the control. Root/shoot ratio and dry matter allocation percentage of root of *P. bournei* under nitrogen depositions are lower than those of the control, and those under nitrogen depositions of 5, 10 and 30 g · m⁻² · a⁻¹ are significantly lower than those of the control; while dry matter allocation percentage of stem is higher than that of the control, and that under nitrogen depositions of 5, 10 and 30 g · m⁻² · a⁻¹ is significantly higher than that of the control; and the change of dry matter allocation percentage of leaf is not obvious. Under nitrogen depositions, the change of moisture contents in root, stem and leaf of *P. bournei* is small, but that in whole plant is obvious. It is suggested that there is a certain effect of nitrogen deposition on growth, dry matter allocation and moisture content in *P. bournei* seedlings, in addition, low nitrogen deposition can promote the growth of *P. bournei* seedlings, while high nitrogen deposition can inhibit their growth.

关键词: 氮沉降; 闽楠; 生长; 干物质分配; 含水率

Key words: nitrogen deposition; *Phoebe bournei* (Hemsl.) Yang; growth; dry matter allocation; moisture content

中图分类号: Q948.11; S792.24; X173 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2019)01-0118-03

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2019.01.15

中国是大气氮沉降的主要集中区,其森林生态系统的结构、功能、群落及物种受大气氮沉降影响明显^[1-5]。大气氮沉降对植物的形态、生长发育和光合特性具有重要影响^[6-8]。通常情况下,适量的氮能够促进植物生长,但当土壤有效氮超过植物需求时,氮量增加反而抑制植物生长^[9],因此,了解乡土珍贵树种对氮沉降的响应,对于进一步认识和发挥这类植物潜在的生态功能、指导林业生产经营和提高森林生产力具有重要价值。

闽楠(*Phoebe bournei* (Hemsl.) Yang)为中国特有种,主要分布在福建、江西、浙江、湖北、湖南和贵州等省份海拔 200~1 000 m 的山地常绿阔叶林中^[10],为国家Ⅱ级重点保护野生植物。为了推广和保护这一珍稀濒危树种,国内闽楠人工林种植面积逐年扩大,然而关于闽楠对氮沉降的响应尚不清楚,不利于闽楠在氮沉降区域的推广应用。

鉴于此,作者对模拟的不同氮沉降条件下闽楠幼苗的生长、干物质分配和含水率进行了比较,以期了解闽楠对大气氮沉降的响应,为闽楠在氮沉降严重区的合理经营和开发提供理论依据。

1 研究地概况和方法

1.1 研究地概况

实验在福建省南平市建阳区鑫绿苗圃育苗基地大棚内完成,地理坐标为北纬 27°06′~27°43′、东经 117°32′~118°37′。该区属典型的亚热带季风气候,空气湿润、气候温暖、四季分明、雨量充沛;年均温 18.1℃,年均降水量 1 742 mm,年均日照时数 1 802 h,极端最高温 43.2℃,极端最低温-8.7℃,多为西北风或东南风,无霜期 322 d。

收稿日期: 2018-07-16

基金项目: 国家“十三五”重点研发计划项目(2017YFD0601304)

作者简介: 张根水(1966—),男,福建建阳人,硕士,高级工程师,主要从事森林培育方面的研究工作。

①通信作者 E-mail: hemnihong@163.com

1.2 材料

选取株高和地径基本一致的 1 年生闽楠容器苗作为研究对象。栽培容器为直径 18 cm、高 20 cm 的轻型无纺布容器袋;栽培基质为 $m(\text{黄心土}):m(\text{树皮}):m(\text{泥碳})=4:1:1$ 的混合基质。用尿素[$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, 含氮率 46%, 福建好与佳生物科技股份有限公司]模拟氮沉降条件。

1.3 方法

1.3.1 模拟氮沉降实验 于 2016 年 5 月至 2017 年 11 月进行模拟氮沉降实验,共设置 7 个氮沉降水平,分别为氮沉降量 0、5、10、15、20、25 和 30 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,每处理 10 株苗,各 3 次重复。按照完全随机区组设计,各处理间保留宽度 2 m 的缓冲带。根据上述氮沉降水平分别配制 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 溶液,人工喷淋全株。实验期间采用自动喷灌系统保证水分供应。

1.3.2 指标测定 实验结束后,每处理随机取 8 株苗,测量其株高和地径。其中,株高为植株顶部到基质表面的高度,用钢卷尺(精度 0.1 cm)测量;地径为距基质表面 0.5 cm 处茎干的直径,用数显游标卡尺(精度 0.01 mm)测量。取 3 株苗,先分别称量单株根、茎和叶的鲜质量;再于 105 °C 杀青 1 h,80 °C 烘干至恒质量,分别称量单株根、茎和叶的干质量。根据下列公式计算相关指标:全株鲜质量=单株根鲜质量+单株茎鲜质量+单株叶鲜质量;全株干质量=单株根干质量+单株茎干质量+单株叶干质量;单株地上部干质量=单株茎干质量+单株叶干质量;根冠比=单株根干质量/单株地上部干质量;某器官干物质分配比例=(单株该器官干质量/全株干质量)×

100%;某器官含水率=[(单株该器官鲜质量-单株该器官干质量)/单株该器官干质量]×100%;全株含水率=[(全株鲜质量-全株干质量)/全株干质量]×100%。

1.4 数据处理

采用 EXCEL 2003 和 SPSS 18.0 软件处理和统计数据。

2 结果和分析

实验结果(表 1)表明:随着氮沉降量提高,闽楠的株高和地径呈“升高—降低—升高”的趋势。其中,株高在氮沉降量 5 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下最高(142.41 cm),且显著($P<0.05$)高于氮沉降量 0 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下(对照),并与氮沉降量 15、20、25 和 30 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下差异显著;株高在氮沉降量 25 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下最低(73.20 cm),且显著低于对照,并与氮沉降量 5、10、15 和 30 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下差异显著。地径在氮沉降量 10 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下最高(15.30 mm),且显著高于对照,并与氮沉降量 15、20、25 和 30 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下差异显著;地径在氮沉降量 25 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下最低(9.66 mm),且显著低于对照,并与氮沉降量 5、10 和 15 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下差异显著。

由表 1 可见:随着氮沉降量提高,闽楠单株根、茎、叶和地上部干质量及全株干质量均呈“升高—降低—升高”的趋势,其中,单株根干质量在氮沉降量 15 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下最高(57.45 g),而单株茎、叶和地上部干质量及全株干质量均在

表 1 不同氮沉降条件下闽楠幼苗生长、干物质分配及含水率的比较 ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

Table 1 Comparison on growth, dry matter allocation and moisture content in *Phoebe bournei* (Hemsl.) Yang seedlings under different nitrogen depositions ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

N	株高/cm	地径/mm	m_1/g	m_2/g	m_3/g	m_4/g	m/g	根冠比
	Height	Basal diameter						Root/shoot ratio
0	96.01±12.95c	11.91±1.27bc	33.24±3.75c	31.41±4.26c	24.93±1.09b	56.34±4.95b	89.58±5.80c	59.37±9.04a
5	142.41±7.16a	14.91±1.83a	36.54±5.78c	77.01±16.91ab	45.24±7.88a	122.25±27.74a	158.79±30.26ab	30.08±2.02c
10	141.67±6.58a	15.30±1.52a	47.21±8.02b	88.44±13.91a	56.57±9.17a	145.01±21.74a	192.22±29.10a	32.55±2.33c
15	117.04±11.14b	12.56±1.04b	57.45±6.84a	75.98±20.42ab	46.16±14.01a	122.13±34.01a	179.58±40.14a	48.45±9.07ab
20	79.84±14.56d	10.60±1.93cd	36.08±5.02c	39.51±4.97c	25.96±4.11b	65.46±8.85b	101.55±13.10c	55.26±5.58ab
25	73.20±11.76d	9.66±1.48d	31.96±2.93c	36.15±15.10c	23.46±1.91b	59.61±13.99b	91.57±16.16c	55.13±10.00ab
30	113.36±11.30b	11.05±1.51bcd	39.30±5.00bc	54.89±6.38bc	31.49±2.08b	86.39±7.66b	125.69±12.28bc	45.45±3.02b

N	干物质分配比例/% Dry matter allocation percentage			含水率/% Moisture content			
	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	全株 Whole plant
0	37.11±3.64a	35.03±3.89a	27.86±0.60a	69.65±2.19abc	45.76±0.80ab	47.43±1.45a	58.30±0.65bc
5	23.11±1.20c	48.33±1.64c	28.55±0.49a	63.97±0.67a	43.74±1.06a	47.24±1.42a	51.04±0.27a
10	24.54±1.33c	46.03±2.62bc	29.42±1.30a	65.90±1.82a	48.29±5.19ab	47.25±0.69a	53.88±2.81ab
15	32.51±4.05ab	42.05±1.80abc	25.44±3.05a	68.22±3.72ab	48.30±0.96ab	48.13±0.36a	57.19±3.44bc
20	35.54±2.29ab	38.92±0.29ab	25.54±2.05a	75.13±2.19c	51.89±2.87ab	47.24±2.63a	63.89±2.05d
25	35.36±4.22ab	38.34±10.18ab	26.30±5.99a	72.55±4.02bc	57.56±15.15b	45.93±0.75ab	59.83±4.21cd
30	31.23±1.44b	43.62±0.79bc	25.15±2.07a	71.97±5.11bc	48.40±2.75ab	43.75±1.82b	58.60±3.74bc

¹⁾ N: 氮沉降量 Nitrogen deposition ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$), m_1 : 单株根干质量 Dry mass of root per plant; m_2 : 单株茎干质量 Dry mass of stem per plant; m_3 : 单株叶干质量 Dry mass of leaf per plant; m_4 : 单株地上部干质量 Dry mass of above-ground part per plant; m : 全株干质量 Dry mass of whole plant. 同列中不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$) Different lowercases in the same column indicate the significant ($P<0.05$) difference.

氮沉降量 $10 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下最高(分别为 88.44、56.57、145.01 和 192.22 g)。总体来看,氮沉降条件下单株根、茎、叶和地上部干质量及全株干质量高于对照,并在氮沉降量 10 和 $15 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下显著高于对照。

由表 1 还可见:随着氮沉降量提高,闽楠根冠比呈“降低—升高—降低”的趋势,在氮沉降量 $5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下最低(30.08),且显著低于对照。随着氮沉降量提高,根干物质分配比例呈“降低—升高—降低”的趋势且变化显著,茎干物质分配比例呈“升高—降低—升高”的趋势且变化显著,而叶干物质分配比例呈波动变化且变化不显著。并且,氮沉降条件下根干物质分配比例低于对照,茎干物质分配比例高于对照。在氮沉降量 5、10 和 $30 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下根干物质分配比例显著低于对照,而茎干物质分配比例显著高于对照。

由表 1 还可见:在对照和氮沉降量 $5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下,各器官含水率由高到低依次为根、叶、茎,而在氮沉降量 10、15、20、25 和 $30 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下,各器官含水率由高到低依次为根、茎、叶。其中,根含水率在氮沉降量 $20 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下最高(75.13%),但与对照无显著差异;茎含水率在氮沉降量 $25 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下最高(57.56%),但与对照无显著差异;叶含水率在氮沉降量 $30 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下最低,且显著低于对照。随着氮沉降量提高,全株含水率呈“降低—升高—降低”的趋势,且较根、茎和叶含水率变化明显。其中,全株含水率在氮沉降量 $5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下最低(51.04%),且显著低于对照;在氮沉降量 $20 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下最高(63.89%),且显著高于对照。

3 讨论和结论

本研究中,随着氮沉降量提高,闽楠的株高、地径、单株根、茎、叶和地上部干质量及全株干质量均呈“升高—降低—升高”的趋势,且总体在氮沉降量 5、10 和 $15 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下显著高于氮沉降量 $0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下(对照),并且,除了株高和单株根干质量外,其余各指标均在氮沉降量 $10 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下最高,说明低水平氮沉降能够明显促进闽楠幼苗生长,而高水平氮沉降则抑制闽楠幼苗生长。

不同氮水平下植物根、茎和叶干物质分配比例存在差异^[11-12]。本研究中,闽楠的根冠比和根干物质分配比例均低于对照,且在氮沉降量 5、10 和 $30 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下显著低于对照,在氮沉降量 $5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下最低;而茎干物质分配比例均高于对照,且在氮沉降量 5、10 和 $30 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下显著高于对照,在氮沉降量 $5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下最高;叶干物质分配比例随着氮沉降量提高呈不明显的波动变化。说明氮沉降对闽楠的干物质积累具有促进作用,但各器官干物质分配比例随氮沉降量变化而变化。

水是植物体的重要组成部分,其含量变化可影响植物的生长和发育^[13]。本研究结果表明:氮沉降对闽楠根、茎和叶含水率的影响较小,仅叶含水率在氮沉降量 $30 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 条件下显著低于对照;但是,氮沉降对全株含水率的影响显著。说明氮沉降对闽楠全株含水率变化影响明显,具体机制有待进一步研究。

参考文献:

- [1] PHOENIX G K, HICKS W K, CINDERBY S, et al. Atmospheric nitrogen deposition in world biodiversity hotspots: the need for a greater global perspective in assessing N deposition impacts [J]. *Global Change Biology*, 2006, 12(3): 470-476.
- [2] 张蕊,王艺,金国庆,等. 氮沉降模拟对不同种源木荷幼苗叶片生理及光合特性的影响[J]. *林业科学研究*, 2013, 26(2): 207-213.
- [3] 樊后保,黄玉梓,袁颖红,等. 森林生态系统碳循环对全球氮沉降的响应[J]. *生态学报*, 2007, 27(7): 2997-3009.
- [4] 张丽娜,洪伟,吴承祯,等. 氮沉降对木荷马尾松混交林土壤有效磷的影响[J]. *东北林业大学学报*, 2009, 37(11): 71-73.
- [5] 黄婷,包和林,吴承祯,等. 氮-硫沉降对邓恩桉及杉木人工林凋落物 C 和 N 残留率的影响[J]. *植物资源与环境学报*, 2013, 22(4): 11-19.
- [6] KERKHOFF A J, FAGAN W F, ELSER J J, et al. Phylogenetic and growth form variation in the scaling of nitrogen and phosphorus in the seed plants[J]. *American Society of Naturalists*, 2006, 168(4): 103-122.
- [7] 谢海慧,龚秦文,吴承祯,等. 氮、硫沉降对尾巨桉和杉木幼苗光合特性的影响[J]. *应用与环境生物学报*, 2015, 21(3): 555-562.
- [8] 李化山,汪金松,法蕾,等. 模拟氮沉降对油松幼苗生长的影响[J]. *应用与环境生物学报*, 2013, 19(5): 774-780.
- [9] 李德军,莫江明,彭少麟,等. 南亚热带森林两种优势树种幼苗的元素含量对模拟氮沉降增加的响应[J]. *生态学报*, 2005, 25(9): 2165-2172.
- [10] 刘宝,陈存及,陈世品,等. 闽楠群落优势种群结构与空间分布格局[J]. *福建林学院学报*, 2006, 26(3): 210-213.
- [11] POOTER H, NAGEL O W. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO₂, nutrients and water: a quantitative review [J]. *Australian Journal of Plant Physiology*, 2000, 27(6): 595-607.
- [12] WRIGHT S J, YAVITT J B, WURZBURGER N, et al. Potassium, phosphorus, or nitrogen limit root allocation, tree growth, or litter production in a lowland tropical forest[J]. *Ecology*, 2011, 92(8): 1616-1625.
- [13] 唐小燕,袁位高,沈爱华,等. 闽楠容器苗各器官生物量的分配格局及水分特征研究[J]. *植物研究*, 2012, 32(1): 99-104.

(责任编辑:佟金凤)