

南方红豆杉幼苗营养元素质量分数与分布

吴家森¹, 张立钦¹, 吴进才², 吴长义², 陈荣¹

(1. 浙江林学院 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江省庆元县林业局, 浙江 庆元 323800)

摘要: 对1~3年生南方红豆杉 *Taxus chinensis* var. *mairei* 各器官的生物量和营养元素质量分数进行研究。结果表明, 1~3年生南方红豆杉各器官生物量每年以10倍左右速度递增, 且根冠比逐年增大。氮、磷、钾、钙和镁等5种元素质量分数在1年生和2年生南方红豆杉中总体表现为叶>根>枝, 而3年生则表现为叶>枝>根; 随着年龄增大, 叶片中氮、磷、钾和钙质量分数降低, 而镁增高, 枝中氮、镁质量分数增加, 磷、钾质量分数减小, 根部5种营养元素质量分数均减小。随着年龄的增长, 各器官营养元素不断积累, 其中以氮和镁积累速度最快, 2种元素每年积累量均以10倍左右速度递增; 5种营养元素在1年生植株中的积累量表现为氮>钾>钙>磷>镁, 而2~3年生均表现为氮>钾>镁>钙>磷。遮阳措施使氮在叶片中质量分数增加, 而在枝、根中减少; 磷在叶、枝、根中均呈现增加趋势; 钾在叶和根中均增加, 在枝中则减少, 对钙、镁质量分数影响不大; 遮阳措施有利于磷、钾的积累, 而减少对氮、镁和钙的吸收, 5种营养元素在植株体内的总积累量减少了6.8%。表3参13

关键词: 植物学; 南方红豆杉; 营养元素; 幼苗

中图分类号: S718.43

文献标志码: A

文章编号: 1000-5692(2008)02-0195-05

Macronutrients and allocations to different organs in one-to three-year-old *Taxus chinensis* var. *mairei*

WU Jia-sen¹, ZHANG Li-qin¹, WU Jin-cai², WU Chang-yi², CHEN Rong¹

(1. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China;

2. Forest Enterprise of Qingyuan County, Qingyuan 323800, Zhejiang, China)

Abstract: *Taxus chinensis* var. *mairei*, a rare and endangered species, both is a beautiful garden tree and a good timber tree, especially, its extract (taxol) can be used for medicine to treat cancers. This trial studied the macronutrients and allocations to different organs in *T. chinensis* var. *mairei* seedlings in order to improve its cultivation level. *T. chinensis* var. *mairei* were planted in Tonglu County, Zhejiang Province, treated with fertilizer (N:P₂O₅:K₂O = 16:16:16) in the end of March every year. The N, P, K, Ca, and Mg contents in leaf, root, and branch organs of *T. chinensis* var. *mairei* and the organs' drought weight for one- to three-year-old seedlings were analyzed in November 2006 by random sampling with three replications. Results showed that drought weight of the three different organs increased 10 times every year first three years, and the root/crown ratio also increased. Nutrient elements for one- and two-year-old seedlings were in the order of leaf > root > branch, while in three-year-old seedlings the order was leaf > branch > root. As the seedlings grew, leaf N, P, K, and Ca increased, but Mg decreased; branch N and Mg increased, whereas P, K, and Ca decreased; and root nutrient elements all decreased. Of the five nutrient elements in the three organs, N and Mg accumulated faster increasing about 10 times each year. Accumulation in the first year was: N > K > Ca > P > Mg, whereas in the second and third years the order was N > K > Mg > Ca > P. A shading treatment (25% shading from April to November in 2006) increased N in leaves but decreased N in branches and roots; increased P in leaves, branches, and roots; increased K in roots and leaves but decreased K in branches; and had little influence on Ca and Mg content. For the shading treatment, accumulation of the 5

收稿日期: 2007-05-16; 修回日期: 2007-06-15

基金项目: 浙江省科学技术重点项目(021102094)

作者简介: 吴家森, 高级实验师, 从事植物生理生态学研究。E-mail: jswu@zjfc.edu.cn

nutrients in *T. chinensis* var. *mairei* decreased 6.8%. [Ch, 3 tab. 13 ref.]

Key words: botany; *Taxus chinensis* var. *mairei*; nutrient elements; seedling

南方红豆杉 *Taxus chinensis* var. *mairei* 又称美丽红豆杉, 是红豆杉科 Taxaceae 红豆杉属 *Taxus* 植物, 特产于中国, 属第三纪孑遗物种, 广泛分布于我国西南、西北、华中、华东和华南海拔 600 ~ 1200 m 的山地。南方红豆杉叶、枝、干和皮中含有紫杉醇, 紫杉醇可用于治疗多种癌症和疑难疾病, 同时该树种树冠优美, 材质坚硬, 水湿不腐, 是集药用、观赏、材用于一身的珍贵树种, 具有很大的科学、医疗和商业价值^[1,2]。然而, 由于该树种在自然界多以偶见种形式存在, 其自然繁殖更新能力较低, 目前已处于濒危状态, 人工繁殖和栽培南方红豆杉是保护这一珍贵物种的重要手段之一。目前, 南方红豆杉种苗培育^[3,4]、紫杉醇提取及药用价值^[5-7]等方面已有较多的研究, 但对其营养特性方面的研究较少。作者研究了 1~3 年生南方红豆杉不同器官的生物量、养分积累与分配, 以期对南方红豆杉营养元素的生物循环调控提供理论基础, 也为南方红豆杉苗木培育和人工栽培提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地位于浙江省桐庐县浙江林学院南方红豆杉高新技术基地, 地理位置为 29°28'N, 119°40'E, 属亚热带季风气候区, 年平均气温为 16.6 °C, 极端最高气温 41.7 °C, 极端最低气温 -9.5 °C, 年有效积温 5262 °C, 年降水量 1462 mm, 年日照时数 1991.4 h, 无霜期 252 d。试验地为山谷缓坡, 土壤为发育于凝灰岩的红壤类。土壤有机质为 30.42 g·kg⁻¹, 全氮 2.23 g·kg⁻¹, 碱解氮 102.54 mg·kg⁻¹, 有效磷 2.08 mg·kg⁻¹, 速效钾 55.0 mg·kg⁻¹。

在每年 3 月底对南方红豆杉进行施肥, 肥料为硫酸钾型复合肥 (N:P₂O₅:K₂O = 16:16:16), 施肥量为 600 kg·hm⁻²。

1.2 材料与方 法

2006 年 11 月在苗圃地分别对 1~3 年生南方红豆杉实生苗进行生长情况和生物量调查, 测定苗木的地径和苗高, 各调查 60 株, 重复 3 次。根据调查结果, 选出 1~3 年生南方红豆杉标准株各 10 株, 整株挖起后按叶、枝(含干)、根不同器官全部采集, 带回实验室, 无离子水洗净, 在 105 °C 杀青 30 min, 70~80 °C 烘干, 用分析天平测定不同器官干质量, 并取其平均值作为苗木各器官生物量, 然后粉碎过 0.1 mm 筛, 备用。

不同光照条件对苗木生长和营养特性的影响则采用遮阳(遮阳率为 25%, 遮阳时间 2006 年 4~11 月)与露天栽培的 3 年生苗木进行对比, 测定指标与样品的前处理同上。

所有分析样品用硫酸-过氧化氢(H₂SO₄-H₂O₂)消化预处理后, 氮用凯氏定氮蒸馏法, 磷用钼锑抗比色法, 钾用火焰光度法, 钙、镁用日本岛津 AA6650 原子吸收仪测定^[8]。

2 结果与分析

2.1 南方红豆杉苗期生物量特征

1~3 年生南方红豆杉地径和高度测定结果如表 1 所示。从表 1 可知, 随着苗木年龄的增大, 各器官生物量均明显增加。1~3 年生苗木地径年生长量为 0.3~0.7 cm, 苗高年生长量为 30~50 cm; 各器官生物量的增加均非常明显, 2 年生苗木枝(干)、叶、根以及总生物量分别是 1 年生的 8.8, 9.3, 14.6 和 10.0 倍; 3 年生分别是 2 年生的 11.6, 11.9, 14.0 和 12.3 倍; 1~3 年生幼苗, 各器官及总生物量年均以 10 倍左右速度增长。1~3 年生南方红豆杉苗木的生物量主要由地上部分组成, 占总生物量的 62%~80%, 但随着幼苗年龄增大, 根冠比增大, 地下部分生物量也相应增大。

从表 1 还可知, 遮阳措施促进了南方红豆杉的高生长, 降低了植株的总生物量和根冠比, 改变了各器官生物量的分配。遮阳条件下 3 年生南方红豆杉与露地栽培相比, 苗高增长 34.1%, 总生物量

减少 9.4% (其中叶生物量减少 23.6%，枝生物量增加 16.9%，根生物量降低 23.4%)，根冠比则降低 20.2%。

表 1 不同年龄南方红豆杉生物量与根冠比

Table 1 Biomass and root/crown ration on 1–3 years old seedling of *Taxus chinensis* var. *mairei*

| 年龄/a | 栽培措施 | 地径/cm | 苗高/cm | 生物量/(g·株 ⁻¹) | | | | 根冠比 |
|------|------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|--------|-------|
| | | | | 叶 | 枝 | 根 | 合计 | |
| 1 | 露地 | 0.27 | 15.7 | 0.71 | 0.73 | 0.29 | 1.73 | 0.201 |
| 2 | 露地 | 0.60 | 35.8 | 6.61 | 6.44 | 4.24 | 17.29 | 0.325 |
| 3 | 露地 | 1.33 | 88.0 | 79.05 | 74.52 | 59.47 | 213.04 | 0.387 |
| 3 | 遮阳 | 1.31 | 118.0 | 60.36 | 87.10 | 45.54 | 193.10 | 0.309 |

2.2 不同年龄南方红豆杉各器官营养元素质量分数

植物生长过程中各器官所起的作用各不相同，因而对营养元素的需要量也很不相同，使得各器官营养元素的质量分数存在着明显的差异^[9]。南方红豆杉不同器官的营养元素质量分数也存在着明显的差异(表 2)。氮、磷、钾、钙和镁等 5 种元素质量分数在 1 年生和 2 年生苗中总体表现为叶 > 根 > 枝，而 3 年生南方红豆杉苗中则表现为叶 > 枝 > 根。这种营养元素质量分数的变化与叶片的功能有关。叶片是光合作用的重要营养器官，生命活动最为活跃，因而这些元素在叶中的质量分数明显高于其他器官。

如表 2 所示，南方红豆杉各器官营养元素的质量分数因年龄而异。随着年龄增大，叶片中氮、磷、钾和钙质量分数越低，而镁愈高。这与汪智慧等^[10]研究结果有所不同。这主要是因为两者所用材料的年龄差异较大引起的。本研究所用材料仅为 1~3 年生，而后者是 18, 25, 100 年生的成年树。就同一植株而言，叶片营养元素质量分数氮 > 钾 > 钙，类似杉木 *Cunninghamia lanceolata*^[11] 和马尾松 *Pinus massoniana*^[12] 的营养元素分配规律。南方红豆杉枝条营养元素的分配规律是：氮、镁元素质量分数随年龄增大而增加，磷、钾和钙元素质量分数随年龄增大而减小。而在根部则表现为氮、磷、钾、钙和镁等 5 种营养元素质量分数均随年龄增大而减小。

遮阳措施对 3 年生南方红豆杉实生苗各器官营养元素质量分数的影响见表 2。遮阳措施影响营养元素在南方红豆杉器官中的积累与分配，遮阳条件使氮在南方红豆杉叶片中明显增加，是露天栽培条件下的 119.2%，而在枝、根中明显减少；磷在叶、枝、根中均呈现增加趋势；钾在叶和根中均增加，在枝中则减少；而对南方红豆杉各器官中钙、镁的影响不大。

表 2 不同年龄南方红豆杉各器官营养元素质量分数

Table 2 Nutrient contents in different organs on 1–3 years old seedling of *Taxus chinensis* var. *mairei*

| 栽培措施 | 年龄/a | 不同器官营养元素质量分数/(g·kg ⁻¹) | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|------------------------------------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| | | 叶 | | | | | 枝 | | | | | 根 | | | | |
| | | 氮 | 磷 | 钾 | 钙 | 镁 | 氮 | 磷 | 钾 | 钙 | 镁 | 氮 | 磷 | 钾 | 钙 | 镁 |
| | 1 | 22.28 | 1.70 | 12.66 | 1.49 | 1.30 | 8.44 | 0.79 | 6.43 | 1.92 | 0.87 | 16.76 | 1.28 | 7.91 | 1.86 | 2.23 |
| 露地 | 2 | 18.85 | 1.46 | 8.82 | 1.15 | 1.71 | 10.87 | 0.70 | 5.36 | 1.63 | 1.10 | 14.56 | 1.11 | 7.30 | 1.49 | 1.62 |
| | 3 | 15.23 | 0.56 | 3.16 | 1.11 | 2.35 | 14.51 | 0.43 | 5.36 | 1.12 | 2.13 | 13.25 | 0.33 | 2.65 | 1.30 | 0.83 |
| 遮阳 | 3 | 18.15 | 0.82 | 5.10 | 1.12 | 2.20 | 12.30 | 0.53 | 4.20 | 1.30 | 2.01 | 12.20 | 0.50 | 4.27 | 1.21 | 1.14 |

2.3 不同年龄南方红豆杉营养元素积累与分配

根据不同年龄南方红豆杉各器官的生物量及其对应各营养元素质量分数，可计算出不同年龄南方红豆杉各器官的营养元素总积累量(表 3)。

表3 不同年龄南方红豆杉营养元素的积累

Table 3 Nutrient accumulation in different organs on 1-3 years old seedling of *Taxus chinensis* var. *mairei*

| 栽培措施 | 年龄/a | 器官 | 营养元素总积累量/(mg·株 ⁻¹) | | | | | 合计 |
|------|------|----|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|----------|
| | | | 氮 | 磷 | 钾 | 钙 | 镁 | |
| | 1 | 叶 | 15.82 | 1.21 | 8.99 | 1.06 | 0.92 | 28.00 |
| | | 枝 | 6.16 | 0.58 | 4.69 | 1.40 | 0.64 | 13.47 |
| | | 根 | 4.86 | 0.37 | 2.29 | 0.54 | 0.65 | 8.71 |
| | | 合计 | 26.84 | 2.15 | 15.98 | 3.00 | 2.20 | 50.18 |
| 露地 | 2 | 叶 | 124.60 | 9.65 | 58.30 | 7.60 | 11.30 | 211.45 |
| | | 枝 | 70.00 | 4.51 | 34.52 | 10.50 | 7.08 | 126.61 |
| | | 根 | 61.73 | 4.71 | 30.95 | 6.32 | 6.87 | 110.58 |
| | | 合计 | 256.34 | 18.87 | 123.77 | 24.42 | 25.26 | 448.64 |
| | 3 | 叶 | 1 203.93 | 44.27 | 249.80 | 87.75 | 185.77 | 1 771.52 |
| | | 枝 | 1 081.29 | 32.04 | 399.43 | 83.46 | 158.73 | 1 754.95 |
| | | 根 | 787.98 | 19.63 | 157.60 | 77.31 | 49.36 | 1 091.88 |
| | | 合计 | 3 073.20 | 95.94 | 806.83 | 248.52 | 393.86 | 4 618.35 |
| 遮阳 | 3 | 叶 | 1 095.53 | 49.50 | 307.84 | 67.60 | 132.79 | 1 653.26 |
| | | 枝 | 1 071.33 | 46.16 | 365.82 | 113.23 | 175.07 | 1 771.61 |
| | | 根 | 555.59 | 22.77 | 194.46 | 55.10 | 51.92 | 879.83 |
| | | 合计 | 2 722.45 | 118.43 | 868.11 | 235.94 | 359.78 | 4 304.71 |

从表3可以看出,随着年龄的增长,各器官及全树的各元素质量分数不断积累,其中以氮和镁积累速度最快,1~3年生南方红豆杉植株氮积累量分别为26.84,256.34,3 073.20 mg·株⁻¹,镁积累量分别为2.20,25.26,393.86 mg·株⁻¹,2种元素每年积累量均以10倍左右速度递增。5种营养元素在1年生植株中的积累量表现为氮>钾>钙>磷>镁,而2~3年生均表现为氮>钾>镁>钙>磷,表明南方红豆杉需要较多的氮、钾元素。在苗木培育及人工栽培过程中,注重施用一定数量的氮、钾肥料^[13]。

遮阳措施减少了5种营养元素在植株体内的总积累量,但有利于磷、钾的积累,而减少对氮、钙和镁的吸收。遮阳条件下3年生南方红豆杉与露地栽培相比,5种营养元素总积累量减少6.8%,其中氮、钙和镁分别减少11.4%,5.1%和8.6%,而磷和钾分别增加23.4%和7.6%。

南方红豆杉1~3年生植株体内5种营养元素总积累量在各器官中分配顺序均表现为叶>枝>根,但遮阳条件下3年生南方红豆杉则表现为枝>叶>根。

3 结论

随着南方红豆杉年龄的增长,各器官生物量均明显增加。1~3年生苗木年地径生长量为0.3~0.7 cm,苗高生长量为30~50 cm;各器官生物量的增加均非常明显,年均以10倍左右速度增长。

南方红豆杉不同部位的营养元素质量分数存在着明显的差异。氮、磷、钾、钙和镁等5种元素质量分数在1年生和2年生苗中总体表现为叶>根>枝,而3年生则表现为叶>枝>根。随着年龄增大,南方红豆杉叶中氮、磷、钾和钙越低,镁愈高,枝中氮、镁增加,磷、钾和钙元素减小,在根部则表现为氮、磷、钾、钙和镁等5种营养元素均减小。

南方红豆杉各器官及全树的各元素质量分数随着年龄增大而不断积累,其中以氮和镁积累速度最快,2种元素每年积累量均以10倍左右速度递增。5种营养元素在1年生植株中的积累量表现为氮>

钾 > 钙 > 磷 > 镁, 而 2 ~ 3 年生均表现为氮 > 钾 > 镁 > 钙 > 磷, 表明南方红豆杉需要较多的氮、钾元素。

遮阳促进南方红豆杉高生长, 而降低生物量的积累和根冠比, 同时使氮在叶中质量分数明显增加, 而在枝、根中明显减少; 磷在叶、枝和根中均呈现增加趋势; 钾在叶和根中均增加, 在枝中则减少; 钙、镁影响不大。遮阳措施使 5 种营养元素在植株体内的总积累量减少 6.8%, 但有利于磷、钾的积累, 而减少对氮、钙和镁的吸收。

参考文献:

- [1] 刘光明, 朱旭祥, 傅美珍, 等. 红豆杉的应用基础综合研究[J]. 大理医学院学报, 1996, 5 (1): 4-6.
- [2] 邓桂英. 从文献计量分析看我国红豆杉资源的研究现状[J]. 广西农业生物科学, 2001, 20 (3): 220-222.
- [3] 王建军, 周丹, 宋小英. 影响曼地亚红豆杉扦插成活率的因素分析[J]. 浙江林学院学报, 2004, 21 (3): 357-360.
- [4] 傅瑞树, 黄琦, 胡宗庆. 南方红豆杉扦插繁殖技术研究——基质、季节与生物措施对扦插繁殖的影响[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13 (4): 37-38.
- [5] 史玉俊. 红豆杉属植物中的紫杉烷二萜[J]. 国外医药: 植物药分册, 1998, 13 (2): 22.
- [6] 刘本叶, 叶和森, 李国凤. 抗感新药紫杉醇的研究概况[J]. 植物学通报, 1995, 12 (3): 8-14.
- [7] 周海梅. 紫杉醇及其类似物的抗肿瘤作用[J]. 洛阳医专学报, 1996, 15 (3): 207-209.
- [8] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [9] 黄建辉, 陈灵芝. 北京百花山附近杂灌丛的化学元素含量特征[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1991, 15 (3): 224-233.
- [10] 汪智慧, 李勇, 黄建国. 南方红豆杉营养特性的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10 (1): 47-50.
- [11] 蔡丽平, 谢锦升, 陈光水. 杉木、油桐、仙人掌复合经营模式营养元素分配[J]. 东北林业大学学报, 2001, 29 (1): 21-25.
- [12] 周运超, 谌红辉. 施肥对马尾松针叶营养成分的影响[J]. 山地农业生物学报, 2000, 19 (2): 99-103.
- [13] 郭祥泉. 南方红豆杉苗木不同生长期和施肥措施的养分动态分析[J]. 福建林业科技, 2001, 28 (4): 18-20.