

木麻黄低效林不同发育阶段小枝养分和热值动态^{*}

1. 厦门大学生命科学学院 2. 福建省林业科学研究院 3. 福建农林大学林学院

张立华¹ 林益明¹ 叶功富² 殷亮³ 曾琦¹

[摘要] 对福建东南沿海防护林木麻黄低效林不同发育阶段小枝中养分(氮、磷)状况、内吸收率和热值的比较研究表明,木麻黄低效林小枝中氮含量分别高于正常林中相应发育阶段的小枝,而磷的含量在幼嫩小枝中低效林高于正常林,在成熟和衰老小枝中正常林高于低效林;低效林氮的内吸收效率稍低于正常林,而磷的内吸收效率则高于正常林;正常林和低效林小枝中的N:P比都高于16;低效林幼嫩和衰老小枝中的热值与正常林差别不显著,而低效林成熟小枝中的热值高于正常林。

[关键词] 木麻黄 低效林 不同发育阶段 养分 热值

植物对其生长环境适应的对策是多种多样的,提高养分利用效率(Nutrient use efficiency, NUE),以最小的养分吸收量来生产最多的新生物量是植物适应贫瘠环境的重要策略之一^[1]。植物种类和生境对植物养分利用效率的影响又是该研究领域经常涉及的问题,所涉及的养分元素绝大多数情况下都是大量养分元素,尤其是N和P,因为这两种元素被认为是许多陆地生态系统中植物生长的主要限制因子,也是影响群落第一性生产力的最重要因素之一^[2,3]。尽管从衰老叶片的养分内吸收是对贫瘠土壤的一种重要适应,但养分内吸收的生态学格局还未搞清。为了解决这一问题,许多人对养分内吸收效率和土壤养分有效性的相关性进行了研究。贫瘠生境中植物的养分内吸收效率高;但有研究发现,养分有效性的对内吸收效率没有影响^[4]。国外对植物养分利用效率的研究,可以追溯到20世纪20年代,到目前仍有大量养分内吸收的研究报道。国内对植物养分内吸收效率的研究始于20世纪90年代初,而且都着重于植物叶片养分内吸收效率的现状研究,而对不同立地条件下林分的养分利用效率研究较少。而热值直接反映植物对太阳能的转化效率,是衡量第一性生产力的重要指标,也是评价植物营养成份的标志之一^[5,6],它是绿色植物通过光合作用将太阳辐射能转化为化学能以营养物质的形式贮藏在体内,供自身生命活动的消耗和个体生产及积累^[7]。应用热值的概念研究植物群落比单纯用于物质测定更能反映出群落对自然资源(特别是太阳能)的利用情况^[8]。

东南沿海地区自上世纪50年代营造木麻黄防护林以来,

森林覆盖率和森林资源面积不断增加,显著地改善了当地的生态环境。但因滨海沙地自然条件恶劣,加上树木本身及人为因素的原因,出现了相当部分长势差、林相不齐和过早老化的木麻黄低效林。本研究即选择此类低效林和长势良好的正常林作为不同立地条件下的两种林分,比较它们不同发育阶段小枝养分(N和P)及其内吸收效率和能量特征,探讨立地条件对养分内吸收效率和能量固定的影响,从养分利用和能量的角度为木麻黄防护林经营提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在福建省东山县赤山林场(118°18'E, 23°40'N),位于福建东南部沿海,属亚热带海洋性气候,干、湿季节明显。年平均降水量945 mm,大部分降水集中在5~9月,11月至翌年2月为旱季,年均蒸发量1056 mm,年均气温为20.8℃,绝对最高气温36.6℃,绝对最低气温3.8℃,终年无霜冻。秋冬多东北大风,8级以上大风天数约100 d,夏季多为西南风,台风多发生在7~8月,年平均4~6次。土壤为潮积或风积沙土,土壤肥力低。试验地天然植被及凋落物稀少。

1.2 取样方法

2007年9月,根据树高、胸径及冠幅等指标差异选择低效林和正常林两个样地,在每个样地内,选择至少20株木麻黄随机取样,包括幼嫩小枝、成熟小枝和衰老小枝,并剔除受病虫害危害的小枝。将所取木麻黄小枝样品置于80℃烘箱

^{*} 基金项目:国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD03A14-01),福建省重大科技专项(2006NZ0001-2)和福建省森林培育与林产品加工利用重点实验室资助项目。

中烘干，用植物样品粉碎机粉碎，并通过 0.5 mm 筛孔，然后装于自封袋中备用。

1.3 分析方法

常量元素采用常规方法测定。叶片 N 含量采用浓 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮、纳氏试剂比色法测定，消煮液同时用以 P 含量的测定；小枝 P 含量采用钼锑抗比色法测定。

热值测定用热量计法，样品热值以干重热值（每克干物质在完全燃烧条件下所释放的总热量，简称 GCV）来表示，测定环境温度 20℃ 左右，每个样品重复三次，误差控制在 ±0.20kJ，每次实验用苯甲酸对仪器进行标定^[9]。

1.4 数据统计分析

应用 Excel 2003、SPSS 13.0 和 SigmaPlot 8.0 进行数据分析和图表制作。

2 结果与分析

2.1 木麻黄低效林和正常林不同发育阶段小枝养分含量
低效林小枝中的氮含量处于 5.10±0.08 ~ 14.28±0.79g/kg

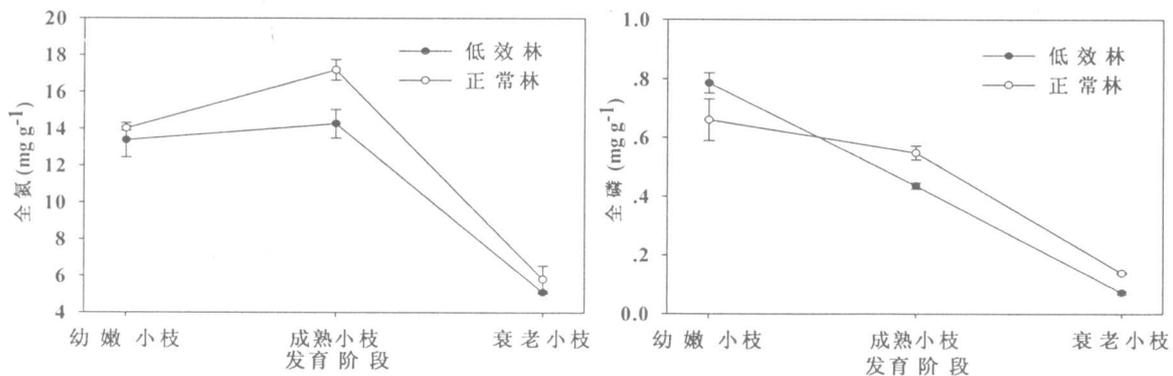


图 1 木麻黄低效林和正常林小枝不同发育阶段氮、磷含量动态

2.2 木麻黄低效林和正常林养分利用

一般来说，限制植物生长的养分类型可以用成熟叶的 N:P 比（N 和 P 的浓度之比）来表示：N:P 比高于 16 表示 P 限制，低于 13 表示 N 限制^[11,12]。由表 1 可见，低效林和正常林中随着小枝的成熟和衰老，N:P 比依次升高，且不同发育阶段小枝中的 N:P 比都高于 16，这一方面说明幼嫩小枝需要更多的 P 供其生长发育，另一方面也说明低效林和正常林都存在不同程度的磷限制。

表 1 木麻黄低效林和正常林小枝 N:P 比及养分利用效率

林分类型	低效林	正常林	
幼嫩小枝	17.04±0.48	21.39±2.07	
N:P 比	成熟小枝	32.85±2.61	31.48±2.20
	衰老小枝	71.68±5.87	42.11±5.18
	NRE	64.23±2.25	66.17±5.44
PRE	83.59±1.25	74.83±0.64	

之间，而正常林小枝中氮的含量比低效林高 4.73 ~ 20.52%（见图 1），无论是木麻黄低效林还是正常林，氮的浓度随着小枝的成熟而上升，随着小枝的衰老而下降；而磷的含量在两种林分中都表现为随着小枝的成熟和衰老而下降，其中低效林和正常林小枝中的磷含量分别在 0.07±0.01 ~ 0.79±0.03 g/kg 和 0.14±0.00 ~ 0.66±0.07 g/kg 之间，在幼嫩小枝中，低效林磷含量高于正常林，而在成熟和衰老小枝中正常林高于低效林。低效林小枝中的氮和磷含量低于正常林，说明低效林是养分缺乏造成的，因为氮是构成蛋白质的主要成分，而蛋白质是植物生命过程的物质基础，氮肥充足，植物生长茂盛，叶色浓绿，氮肥缺乏，叶片发黄，植株矮小；磷是细胞核的主要成分，能帮助幼芽和根生长，促进幼苗发育和植物体内各种代谢作用^[10]，这也是低效林幼嫩小枝中磷含量高于正常林的原因，在养分条件有限的情况下，优先供给幼嫩小枝，以保证木麻黄林分的可持续生长。

不同物种的养分再吸收效率差别很大，植物叶片 5-80% 的 N 再吸收和 0-95% 的 P 再吸收效率都有报道^[13]。本研究中两种元素的内吸收效率都落在已有的报道范围之内，由于普遍认为从衰老叶片的养分再吸收是对贫瘠土壤的一种重要适应，而低效林中磷的缺乏比正常林严重（低效林衰老小枝中的 N:P 比显著高于正常林），因而低效林中磷的内吸收高于正常林；正常林成熟小枝和衰老小枝中的 N:P 比低于低效林，所以氮的内吸收效率相对更高一些。总之，无论是正常林还是低效林的生长，都受到养分条件，尤其是磷元素缺乏的限制，而低效林受到的限制更加严重。

2.3 木麻黄低效林和正常林不同发育阶段小枝热值比较

影响植物组分或器官干重热值的因素很多^[14]，器官的发育阶段是其中之一。由图 2 可见，木麻黄低效林幼嫩、成熟和衰老小枝三个发育阶段的热值没有显著性差异，分别为 20.61±0.09、20.65±0.01 和 20.69±0.22 kJ/g，而正常林中衰老小枝(20.80±0.03 kJ/g) > 幼嫩小枝(20.49±0.10 kJ/g) > 成熟小枝(19.94±0.07 kJ/g)。低效林和正常林相比，（下转第 23 页）

态学报, 2007,15(2):188-192.

- [6] 谭芳林. 木麻黄防护林生态系统凋落物及养分释放研究[J]. 林业科学, 2003(专): 21~26.
- [7] 叶功富, 林银森, 吴寿德等. 木麻黄林生产力动态变化的研究[J]. 防护林科技, 1996(专刊): 17~20.
- [8] 张清海, 叶功富, 林益明. 福建东山县赤山滨海沙地厚荚相思林与湿地松林

生物量和能量的研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2005, 44(1): 123~127.

- [9] 叶功富, 张水松, 黄传英等. 木麻黄人工林地持续利用问题的探讨[J]. 林业科技开发, 1994, 8(4): 18-19.
- [10] 方运霆, 莫江明, 黄忠良等. 鼎湖山马尾松、荷木混交林生态系统碳素积累荷分配特征[J]. 热带亚热带植物学报, 2003, 11(1): 47~52.

(上接第 15 页)除了低效林成熟小枝热值高于正常林,二者之间的幼嫩小枝和衰老小枝之间没有显著差异,这与前人的研究结果不同^[5],这可能是由于时间(不同采样季节)和空间(采样地点的不同纬度)原因造成的。另外, Huges 在研究英国落叶林植物热值的季节变化时也注意到这一现象,并称之为“叶脱落时的热值增值(leaf caloric value increment at abscission)”,但未对这种现象加以解释。

尽管环境胁迫会导致植物材料中热值下降,但木麻黄在对沿海恶劣的气候条件长期适应的过程中以高热量表现出对极端环境的适应。

参考文献

- [1] 邢雪荣, 韩兴国, 陈灵芝. 植物养分利用效率研究综述[J]. 应用生态学报, 2000, 11(5): 785-790.
- [2] Vitousek P M. Nutrient cycling and nutrient use efficiency [J]. American Naturalist, 1982, 119: 553-572.
- [3] Vitousek P M. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests [J]. Ecology, 1984, 65: 285-298.
- [4] 苏波, 韩兴国, 黄建辉, 渠春梅. 2000. 植物的养分利用效率(NUE)及植物对养分胁迫环境的适应策略. 生态学报, 20(2): 335-343.
- [5] 林益明, 向平, 林鹏. 深圳福田几种红树植物繁殖体与不同发育阶段叶片热值研究[J]. 海洋科学, 2004, 28(2): 43-48.
- [6] 官丽莉, 周小勇, 罗艳. 我国植物热值研究综述[J]. 生态学杂志, 2005, 24(4): 452-457.
- [7] 鲍雅静, 李政海, 韩兴国, 等. 植物热值及其生物生态学属性[J]. 生态学杂志, 2006, 25(9): 1095-1103.
- [8] Jordan C F. Productivity of a tropical forest and its relation to a world pattern of energy storage [J]. Journal of Ecology, 1971, 59: 127-142.
- [9] 林益明, 杨志伟, 李振基. 武夷山常绿林研究[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2001.
- [10] 潘瑞炽. 植物生理学(第五版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [11] Güsewell S, Koerselman W. Variation in nitrogen and phosphorus concentrations of wetland plants [J]. Perspectives in Ecology, Evolution and Systematics, 2002, 5: 37-61.
- [12] Tessier J T, Raynal D Y. Use of nitrogen to phosphorus ratios in plant tissue as an indicator of nutrient limitation and nitrogen saturation [J]. Journal of Applied Ecology, 2003, 40: 523-534.
- [13] Aerts R, Chapin F S III. The mineral nutrition of wild plants revisited: a re-evaluation of processes and patterns [J]. Advances in Ecological Research, 2000, 30: 1-67.
- [14] 林益明, 林鹏, 李振基, 等. 福建武夷山甜槠林群落能量的研究[J]. 植物学报, 1996, 38(12): 989-994.
- [15] Golley F B. Caloric of wet tropical forest vegetation [J]. Ecology, 1969, 50: 517-519.

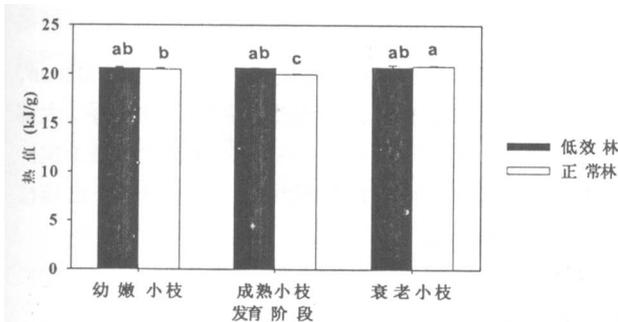


图 2 木麻黄低效林和正常林小枝不同发育阶段热值动态

低效林通常是由于环境胁迫(干旱、盐碱、养分贫瘠等)造成的,而水分胁迫、盐胁迫和低温刺激均会对植物热值产生影响,当植物处于这种胁迫环境中时,植物的生长发育会受到胁迫环境的抑制,表现为热值下降^[7]。但是,也有报道认为,在长期植物与环境共同进化过程中,植物往往会以高热量表现出对极端环境的适应^[15]。本研究与后者的研究报道相一致,即木麻黄低效林小枝的热值比正常林高或差别不显著,这可能表明了木麻黄低效林对环境波动的适应能力。

3 小结

木麻黄自上世纪 50 年代大规模引种到我国作为防护树种以来,在华南沿海表现了很好的适应性,虽然木麻黄能够适应沿海恶劣的气候条件,但由于环境条件和人为干扰的影响,出现了大面积的低效林,由于低效林小枝中的养分浓度显著低于正常林,且磷的内吸收效率又显著高于正常林,加之木麻黄正常林和低效林小枝中的 N:P 比都显著高于 16,因此营养元素,尤其是磷缺乏是限制木麻黄生长的主要因子之一。建议在条件具备的情况下进行人工施肥,尤其是磷肥。