

不同林龄木麻黄人工林细根能量现存量动态

吴锡麟¹, 叶功富², 张立华³

(1. 闽江学院地理科学系, 福建 福州 350108; 2. 福建省林业科学研究院, 福建 福州 350012;
3. 中国科学院烟台海岸带研究所, 山东 烟台 264003)

摘要: 对福建省惠安县赤湖林场不同林龄木麻黄人工林细根能量现存量的季节动态进行了系统研究. 结果表明: 各林龄木麻黄人工林活细根和死细根中的灰分现存量和死细根中的能量现存量在3月和7月有两个峰值, 而活细根中的能量现存量峰值则出现在秋冬季节和7月份; 活细根中的灰分和能量现存量随林龄的增加先升高后下降, 但峰值出现的时间不同, 灰分出现在24林龄中, 而能量则出现在30林龄中, 死细根中的灰分和能量现存量随林龄的增加而升高. 因此, 木麻黄人工林细根能量的固定随着季节和林分林龄的变化而发生相应的变化.

关键词: 木麻黄; 细根; 能量; 季节动态

中图分类号: Q948

文献标识码: A

文章编号: 1009-7821(2011)05-0120-05

Dynamics of standing crop of energy for fine roots of *Casuarina equisetifolia* plantations

WU Xi-lin¹, YE Gong-fu², ZHANG Li-hua³

(1. Department of Geography, Minjiang University, Fuzhou, Fujian 350108, China;

2. Fujian Academy of Forestry, Fuzhou, Fujian 350012, China;

3. Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai, Shandong 264003, China)

Abstract: Seasonal dynamics of standing crop of energy for fine roots of *Casuarina equisetifolia* plantations of different ages was studied at Chihu forestry center of Hui'an county, Fujian Province. The results showed that the high levels of standing crop of ash both occurred in March and July for living and dead fine roots for different aged *C. equisetifolia* plantations; while the standing crop of energy was the relatively highest in March and July for dead fine roots, and that was in January, July and November for living fine roots. The standing crop of ash and energy in living fine roots increased and then decreased with forest age. But the standing crop of ash reached the highest in 24-year-old and the standing crop of energy in 30-year-old plantation. the standing crop of ash and energy in dead fine roots both increased with forest age. So season and forest age would be responsible for the energy fixation.

Key words: *Casuarina equisetifolia*; fine root; energy; seasonal dynamics

木麻黄(*Casuarina equisetifolia*)自20世纪50年代大规模引种到中国,在东南沿海地区已经有50多年的栽培历史,表现了很好的适应性和丰产性,在防风固沙、改善生态环境和提供木材等方面发挥着巨大作用,成为沿海地区造林的主要树种之一,特别在海岸风口地段的造林中具有不可替代的地位.近年来,由于自然环境和人类的影响,木麻黄防护林存在老化、生长衰退、树种单一、林带结构不理想、低值和低效林分增加、防护效能降低等突出问题,对沿海防护林体系的可持续发展影响极大.其中,林地养分是决定其生长状况的主要因素之一,而林地养分来源主要是地上凋落物及根系,尤其是细根(fine root,多数定义为直径 ≤ 2 mm)的分解.因此,细根是森林生态系统生物量和养分库中重要的动态组成部分,在森林生态系统能量流动和物质循环中起着关键性的作用^[1].国外对树木细根的研究日益受到研究人员的重视,取得了丰硕的研究成果^[2].而森林生态系统中的能量贮存和流动是其维持和发展的基础,因而,研究森林生态系统的能量现存量是森林生

收稿日期: 2011-09-09

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2009BADB2B0302); 国家林业局南方山地用材林培育重点实验室资助项目

作者简介: 吴锡麟(1969-),男,福建政和人,闽江学院地理科学系副教授.

叶功富(1966-),男,福建政和人,福建省林业科学研究院教授级高级工程师.

张立华(1980-),男,山东临清人,中国科学院烟台海岸带研究所助理研究员.

态系统结构与功能研究的重要环节.对于人工林来说,能量的贮存过程研究对于提高其生产力具有重要作用^[3-4].

关于细根的能量,国内开展了少量的研究^[5-9].就木麻黄防护林而言,仅见于对其地上部分养分和能量的研究^[10-13].对于地下部分,尤其是细根的研究尚未见报道.本研究从2005年1月到2005年12月,对福建滨海沙地上木麻黄人工林细根养分浓度及能量的季节变化动态进行了系统的研究(细根养分动态变化已另文发表^[14]),有利于人们更清楚地了解木麻黄人工林生产力提高和产生良好生态效益的机制,对于改善地力、加强人工林的营造具有重要的理论和实践意义.

1 材料与方法

1.1 试验地概况

实验地设在福建省沿海中部惠安县崇武赤湖国有防护林场(118°55'E 23°45'N).属南亚热带海洋性季风气候,年均气温19.8℃,绝对最高气温37℃,绝对最低气温2.2℃,全年无霜期320d,年均降水量1029mm,年均蒸发量2000mm,蒸发量大于降雨量,全年干湿季节明显,夏季(7-9月)多台风和暴雨,秋冬东北风强盛,8级以上的大风天达105d,年均风速7.0m·s⁻¹,最大风速32.6m·s⁻¹,干湿季明显,干旱的频率高.土壤以滨海沙土为主,主要是潮积沙土、红壤性风积沙土、泥炭性风积沙土等,本试验地土壤为均一性风积沙土,沙土层厚度80~100cm,土壤pH5.00,阳离子交换总量4.51cmol·kg⁻¹,土壤养分含量,有效磷0.25mg·kg⁻¹,速效钾13.27mg·kg⁻¹,全氮0.24g·kg⁻¹,全碳2.48g·kg⁻¹.试验样地设置在6、12、18、24、30和42年生木麻黄人工纯林内,株行距2.0m×2.0m,样地面积为20m×20m,木麻黄初始密度2500株/hm²,林下灌木、草本稀少.目前各林龄木麻黄林分主要特征见表1.

表1 不同林龄木麻黄人工林的主要特征

Tab.1 Characteristics of *C. equisetifolia* plantations of different ages

林龄 t/a	6	12	18	24	30	42
密度 n/hm ⁻²	2 350	2 157	2 018	1 995	1 873	1 725
胸径 d/cm	5.28	9.93	13.78	18.57	20.37	23.18
树高 h/m	8.12	11.75	13.97	16.89	17.75	19.32

1.2 取样方法

从2005年1月开始,隔月月初在6、12和18年生样地(20m×20m)内根据离树体的远近随机选择20个样点,每样点用内径80mm、长1m的土钻钻取70cm长的土芯,分别在土壤套筛上过筛,剔除其他植被根,检出木麻黄细根,用清水冲洗干净,根据颜色、外形、弹性及根皮与中柱分离的难易程度来区分活根与死根^[7,14].2005年11月在24、30和42年生林地内按上述方法取样.

将所有细根样品置于80℃烘箱中烘干至恒重并记录,然后将细根用植物样品粉碎机粉碎,并通过0.5mm筛孔,装于袋中备用.细根生物量公式如下:

$$M = m / [\pi \times (d/2)^2 \times 10^{-2}],$$

式中: M 为细根现存量(t/hm²); m 为平均每根土芯根系干重(g); d 为土钻内径(8cm).

1.3 测定方法

热值测定仪器采用上海昌吉地质仪器有限公司生产的XYR-1A型微电脑氧弹式热量计.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)表示.测定环境是在空调控制20℃左右,每样品重复3次,误差控制在±0.20kJ,每次试验对仪器用苯甲酸标定.

灰分测量采用干灰化法,样品在马福炉中550℃下灰化5h后测定灰分含量.

细根能量现存量为细根生物量现存量和单位质量细根的干重热值乘积而得.

2 结果与分析

2.1 木麻黄人工林细根灰分和能量现存量的季节变化

灰分现存量是指生物量现存量与其灰分含量的乘积.如图1(a)所示,各林龄木麻黄活、死细根灰分现存量随季节的变化模式相似,总体上表现为从1月份开始升高与降低交错进行的倒“S”型,且活细根的变动幅度较死细根大,其中6、12和18林龄活细根中灰分总量的季节变化范围分别为0.32~0.44、0.53~0.83和0.59~1.02t·hm⁻²,死细根中分别为0.15~0.25、0.20~0.37和0.21~0.33t·hm⁻²,活细根中的灰分现存量显著高于相应林龄的死细根.能量现存量是指生物量现存量与其干重热值的乘积.一年中细根的生长、死亡及分解存在的季节变动以及细根热值含量的季节差异,导致了细根能量现存量的季节性差异.木麻黄各

林分活、死细根能量现存量的季节变化动态如图 1(b) 所示,其中,活细根的能量现存量在一年中基本表现为先下降后上升,仅在 7 月份出现一个小峰值,使得全年变化呈现出“W”型的趋势;而死细根的能量现存量表现为双峰型,分别在 3 月和 7 月出现两个峰值,但波动幅度较小。

一般在生长季初期,木麻黄新生枝梢开始萌发前,就有一定数量的碳积累,为了满足这个时期生长对水分和养分的需求,必须具有相应的适应机制,以充足的细根参与养分吸收。特别是在 7 月份,木麻黄的地上部分生长缓慢,养分和能量集中到地下部分的细根中。到了 9 月份以后,木麻黄的地上部分进入第二个生长高峰,这时水分和养分主要供给地上部分,使得一部分细根因养分短缺而老化,为了减少不必要的呼吸消耗,细根开始大量凋落,所以这个时期死细根储存能量明显减小,直到生长季末林木又生长比较缓慢,细根养分和能量的储存又有所增加。

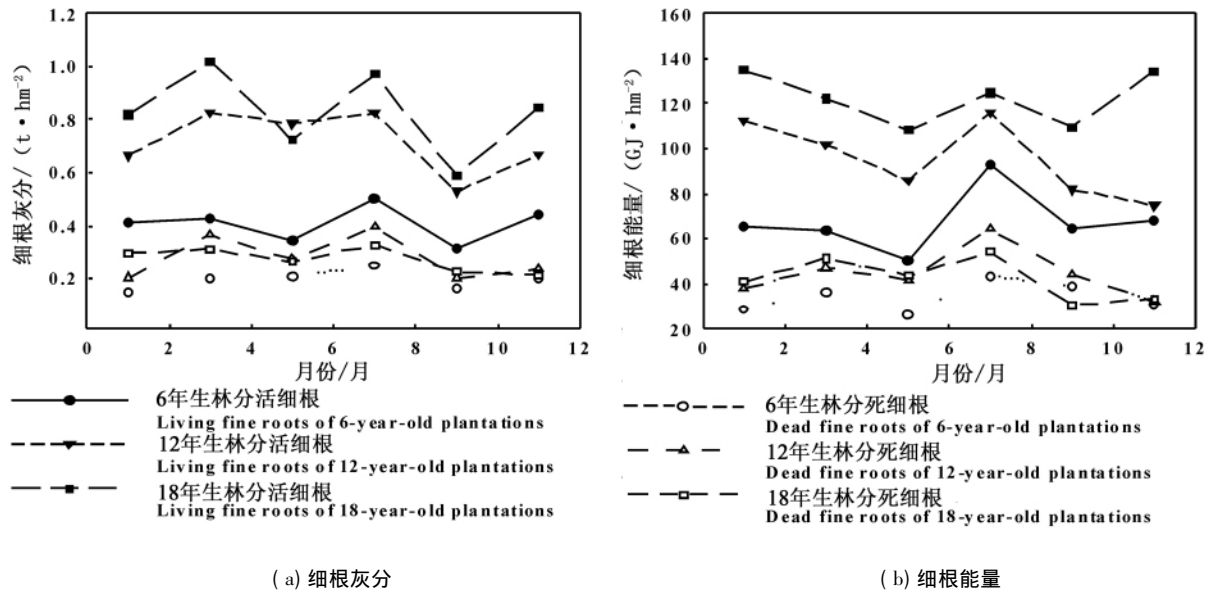


图 1 木麻黄人工林细根灰分和能量现存量季节变化

Fig. 1 Seasonal dynamics of standing crop of ash and energy for fine roots in *C. equisetifolia* plantations

2.2 木麻黄人工林细根灰分和能量现存量的林龄变化

随着林龄的增加,木麻黄活细根和死细根灰分现存量变化动态相似(图 2a),都随林龄的增大而增加,在 24 林龄达到最大值,而后下降,30 林龄后又又有小幅度增加。如图 2b 所示,活细根能量现存量从幼林开始逐渐上升,至 30 林龄达到最大值(166.54 GJ · hm⁻²)后下降,由于 24 林龄林分活细根的灰分含量显著较高,其能量现存量(118.66 GJ · hm⁻²)在 18 和 30 林龄之间有所下降。而死细根的能量现存量随林龄的增大一直呈增加的趋势,从 6 林龄的 31.36 GJ · hm⁻²升高至 42 林龄的 86.32 GJ · hm⁻²。这表明,随着林龄的增大,能量在木麻黄人工林活细根中逐渐积累,但到达一定阶段,木麻黄防护林处于衰老期,其能量现存量将下降,这与养分的积累是同步的^[14]。

3 讨论与结论

植物能量现存量的大小是衡量植物生产力大小和生产力强弱的指标^[15],也是生物生态系统建立的基础,直接决定系统的效益^[16-17]。细根是森林生态系统生物量和养分库中重要的动态组成部分,在森林生态系统能量流动和物质循环中起着关键性的作用^[1]。许多林分年净初级生产力的 50% 以上均用于细根的生产 and 维持^[18],全球平均约为 33%^[19];通过细根周转对土壤 C 和养分的输入可能等于甚至超过地上部分枯落物的归还量^[20]。研究表明,对于森林生态系统,如果忽略根(尤其是细根)的作用,有机质及养分归还将被低估 20-80%^[21]。因此,细根既是森林净初级生产力重要的“汇”^[22],又是土壤 C 和养分主要的“源”^[23],是研究森林生态系统能量流动和物质循环的关键环节。木麻黄生长在干旱、贫瘠的滨海沙地上,为了满足其生长对水分和养分的需求,木麻黄具有很高的细根生物量^[24],因此,其能量现存量较高。木麻黄人工林细根灰分和能量现存量随季节、林龄变化的实验结果与我们的预期基本相似,冬季木麻黄生长较慢,导致养分在细根中积累,夏季生长较快,细根生物量较大,这些都导致细根能量现存量较高。随着林龄的增大,活细根生物量呈现一种先上

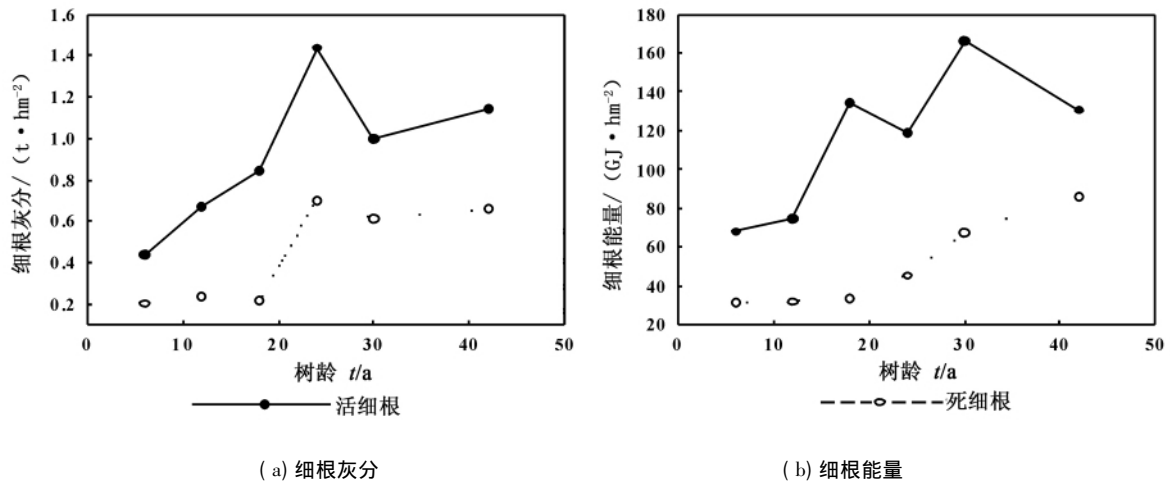


图2 木麻黄人工林细根灰分和能量现存量林龄变化

Fig. 2 The dynamics of standing crop of ash and energy for fine roots in *C. equisetifolia* plantations with ages

升后降低的趋势,而死细根则一直增大,所以细根在木麻黄防护林能量流动和养分循环中起着重要作用^[14].开展木麻黄人工林细根能量的研究,对涉及到提高木麻黄人工林的光合效率、能量的转化及其利用和评价木麻黄防护林的防护效能方面都具有重要的意义.

鉴于养分是木麻黄细根乃至整个林分生长的主要限制因素,因此在防护林的经营管理上,应依据沿海地区的生态条件状况和海岸林生态系统的特点,以实现人工林生态系统可持续经营为目标,加强对现有林地的管理,特别是林地凋落物的管理,使其能够回到自然,实现土壤养分良性循环,为防护林生态系统可持续经营提供养分保障.春夏季节是木麻黄林分生长较快,对养分需求较旺盛的时候,且雨水较多,此时,在条件具备的情况下可采用人工施肥等方法补充营养,来促进现有防护林的生长,改善林地土壤肥力.另外,木麻黄细根中养分和能量现存量从30林龄开始下降,林分开始衰退,叶功富等人^[25]的研究表明,木麻黄林分的防护成熟末期为31~35 a,本文与此结论相符.因此,可以考虑对30年生木麻黄防护林进行更新改造,以促进木麻黄防护林的可持续经营.

参考文献:

- [1] Usman S, Singh S P, Rawat Y S, et al. Fine root decomposition and nitrogen mineralisation patterns in *Quercus leucotrichophora* and *Pinus roxburghii* forests in central Himalaya[J]. *For Ecol Manage*, 2000, 131(1/2/3): 191-199.
- [2] 张小全, 吴可红. 森林细根生产和周转研究[J]. *林业科学*, 2001, 37(3): 126-138.
- [3] 祖元刚. 能量生态学引论[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1990: 135-178.
- [4] 刘世荣, 蔡体久, 柴一新, 等. 落叶松人工林群落能量积累、分配、固定和转化的研究[J]. *生态学杂志*, 1990, 9(6): 7-10.
- [5] 廖利平, 杨跃军, 汪思龙, 等. 杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、火力楠(*Michelia macclurei*) 纯林及其混交林细根分布、分解与养分归还[J]. *生态学报*, 1999, 19(3): 342-346.
- [6] 廖利平, 高洪, 于小军, 等. 人工混交林中杉木、桉木和刺楸细根养分迁移的初步研究[J]. *应用生态学报*, 2000, 11(2): 161-164.
- [7] 杨玉盛, 陈光水, 林瑞余, 等. 杉木、观光木混交林群落细根能量动态变化[J]. *北京林业大学学报*, 2002, 24(1): 31-34.
- [8] 杨玉盛, 蔡丽平, 陈光水, 等. 杉木、观光木混交林群落细根 N、P 养分现存量动态变化[J]. *林业科学研究*, 2002, 15(5): 575-581.
- [9] 瞿明普, 蒋三乃, 贾黎明. 杨树刺槐混交林细根养分动态研究[J]. *林业科学*, 2004, 40(4): 46-51.
- [10] 叶功富, 隆学武, 潘惠忠, 等. 木麻黄的凋落物动态及其分解[J]. *防护林科技*, 1996(专辑): 30-34, 76.
- [11] 叶功富, 张清海, 卢昌义, 等. 福建东山滨海沙地木麻黄林生态系统的能量特征[J]. *应用生态学报*, 2005, 16(10): 1812-1816.
- [12] 张清海, 叶功富, 林益明. 滨海沙地木麻黄凋落物分解过程中热值的动态变化[J]. *林业科学研究*, 2005, 18(4): 455-459.
- [13] 林益明, 郑启荣, 叶功富, 等. 福建东山几种木麻黄的物质与能量特征[J]. *生态学报*, 2004, 24(10): 2217-2224.

- [14] 吴锡麟,叶功富,张立华. 不同林龄木麻黄人工林细根养分现存量动态[J]. 福建林学院学报, 2011, 31(2): 97-101.
- [15] 丁贵杰,王鹏程. 马尾松人工林生物量及生产力变化规律研究[J]. 林业科学研究, 2001, 15(1): 54-60.
- [16] 方运霆,莫江明. 鼎湖山马尾松林生态系统碳素分配和贮量的研究[J]. 广西植物, 2002, 22(4): 305-310.
- [17] 邓瑞文,冯泳梅. 三种相思(*Acacia*) 的光合作用与蒸腾作用的研究[J]. 生态学报, 1989, 9(2): 128-131.
- [18] Fogel R, Hunt G. Fungal and arboreal biomass in a western Oregon Douglas-fir ecosystem: distribution patterns and turnover[J]. *Can J For Res*, 1979, 9(2): 245-256.
- [19] Jackson R B, Mooney H A, Schulze E D. A global budget for fine root biomass, surface area and nutrient contents[J]. *Ecology*, 1997, 78(14): 362-366.
- [20] Pregitzer K S, Hendrick R L, Fogel R. The demography of fine roots in response to patches of water and nitrogen[J]. *New Phytologist*, 1993, 125(3): 575-580.
- [21] Vogt K A, Crier C C, Gower S T, et al. Overestimation of net root production: a real or imaginary problem[J]. *Ecology*, 1986, 67(2): 577-579.
- [22] Hendrick R L, Pregitzer K S. The dynamics of fine root length, biomass, and nitrogen content in two northern hardwood ecosystems[J]. *Can J For Res*, 1993, 23(12): 2507-2520.
- [23] Steele S J, Gower S T, Vogel J G, et al. Root mass, net primary production and turnover in *Aspen*, *Jack pine* and *Black spruce* forests in Saskatchewan and Manitoba[J]. *Canada Tree Phys*, 1997, 17(8/9): 577-587.
- [24] 叶功富,张立华,侯杰,等. 滨海沙地木麻黄人工林细根生物量及其动态研究[J]. 应用与环境生物学报, 2007, 13(4): 481-485.
- [25] 叶功富,张水松,徐俊森,等. 木麻黄主要类型防护林的防护成熟期和更新期研究[J]. 防护林林科技, 2000(专刊1): 19-23.

(责任编辑: 唐诚焜)

—————
 (上接第 111 页)

- [9] Housecroft C E, Sharpe A G. *Inorganic chemistry* [M]. 2nd ed. New York: Prentice Hall, 2004: 230-233.
- [10] Cao X G, He L W, Lin B Z, et al. Hydrothermal synthesis and characterization of a new strandberg-type polyoxotungstate compound (H_2dien)₂[W₅O₁₅(HPO₄)₂]·H₂O[J]. *Journal of Chemical Crystallography* 2010, 40(5): 443-447.
- [11] Liu Y B, Cui X B, Xu J Q, et al. First strandberg-type polyoxotungstate compound: synthesis and characterization of organic-inorganic hybrid (H_2en)(Hen)₂[H₂P₂W₅O₂₃]·5.42H₂O[J]. *Journal of Molecular Structure*, 2006, 825(1/2/3): 87-92.
- [12] Kobayashi A, Yagasaki A. ¹H NMR study of aqueous molybdomethylarsonates[J]. *Inorganic Chemistry*, 1997, 36(1): 126-128.
- [13] Cao R G, Cao J F, Wang L, et al. An organic-inorganic hybrid compound constructed by strandberg-type polyoxoanions and transition metal coordination complexes[J]. *Journal of Molecular Structure*, 2008, 888(1/2/3): 307-312.
- [14] Brown I D, Altermatt D. Bond-valence parameters obtained from a systematic analysis of the inorganic crystal structure database[J]. *Acta Crystallographica*, 1985(B41): 244-247.
- [15] 张丽,陈武华,李帆,等. 钼钒氧簇二聚体[Ni(enMe)₂]₄{[Ni(enMe)₂][Ni(enMe)₂(H₂O)₂][Mo₈^{VI}V₆^IO₃₈(V^VO₄)₂]·8H₂O}的合成与结构表征[J]. 2010, 21(2): 26-31.

(责任编辑: 唐诚焜)