

木麻黄低效林不同发育阶段小枝单宁含量*

1. 厦门大学生命科学学院 2. 福建省林业科学研究院

张立华¹ 林益明¹ 叶功富² 周海超¹ 曾琦¹

[摘要] 为了探讨环境条件对单宁生产的影响, 该文选择木麻黄低效林三个不同发育阶段的小枝进行单宁含量的测定。结果表明: 在不同的发育阶段, 总酚含量表现为幼嫩>成熟>衰老小枝, 缩合单宁中除纤维素结合缩合单宁外, 均表现为随小枝成熟而下降, 随小枝衰老而升高; 在低效林中的各单宁组分均高于对照。对环境条件比较敏感的幼嫩小枝和受环境胁迫较重的低效林比对照小枝中单宁含量高, 表明不良的环境条件促进了单宁的形成。

[关键词] 木麻黄 低效林 总酚 缩合单宁

植物单宁 (vegetable tannin) 又称植物多酚 (plant polyphenol), 是一类广泛存在于植物体内的多元酚化合物, 分布于植物的叶、根、心材、皮、果实和芽中^[1], 叶和皮中的含量最高可达 40%^[2-3], 在维管植物中的含量仅次于纤维素、半纤维素和木质素居第四位^[4]。作为皮革的一种传统鞣剂, 单宁一般指的是分子质量为 500~3000 的多酚^[5-6]。根据化学结构的不同, 植物多酚可分为水解单宁和缩合单宁, 后者在自然界的分布更为广泛^[7]。单宁作为一种次生物质, 关于其形成机理有几种假说, 如植物显隐假说^[8], 资源有效性假说^[9], C/N 平衡假说^[10]等。近年来, 有学者对以上假说提出了质疑, 并提出了新的假说, 如光破坏假说^[11]。它们分别从不同的角度对包括单宁在内的次生物质的生产做出了解释。

本文选择我国东南沿海的主要防护树种——木麻黄作为研究对象, 探讨其中具有典型意义的两种林分, 即低效林和正常林的单宁含量, 比较它们的差别。与正常林相比, 低效林受到相对恶劣环境条件的胁迫, 这两种林分体内单宁含量必定存在差别, 因为在环境胁迫条件下单宁等化感物质有助于提高植物抗逆性等生理作用, 从而增加植物在逆境条件下的相对竞争力^[12]。通过对木麻黄低效林和正常林小枝中单宁含量的比较研究, 有利于了解环境条件对单宁产生的影响以及单宁的形成机理。

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 945mm, 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 1056mm, 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 100d, 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。试验地天然植被稀少, 林中常见有木豆、鼠刺、牡荆、蔓荆、龙舌兰、厚藤、莎草等灌木和草本零星或小块状分布。

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。立即带回实验室, 用清水冲洗干净, 风干, 进行单宁各个指标的测定。

1.3 分析方法

总酚含量的测定采用普鲁士蓝法^[13]; 可溶性缩合单宁、蛋白质结合缩合单宁以及纤维素结合所和单宁含量用正丁醇—盐酸法测定^[14]; 总缩合单宁为可溶性缩合单宁、蛋白质结合缩合单宁和纤维素结合缩合单宁相加之和^[15]; 蛋白质结合能力采用平板法^[16]。总酚、可溶性缩合单宁、蛋白质和纤维素结合缩合单宁均以纯化的木麻黄小枝单宁为标准物, 标准物的提取和纯化方法参照文献[15]。各种单宁含量都以干重含量 (DW) 表示。

1.4 数据统计分析

应用 Excel 2003 和 SigmaPlot 8.0 进行数据分析和作图。

2 结果与分析

2.1 木麻黄低效林和正常林小枝总酚含量比较

* 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。

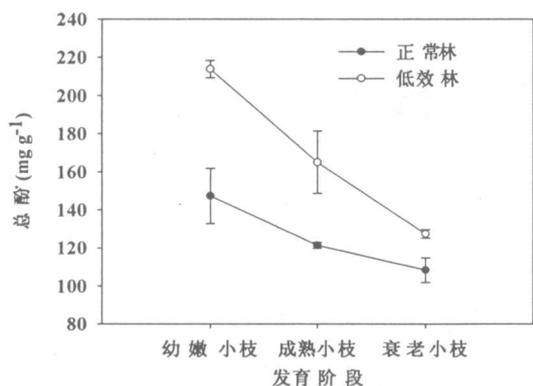


图1 木麻黄低效林和正常林小枝不同发育阶段总酚含量

由图1可见,随着木麻黄小枝从幼嫩、成熟到衰老发育阶段的变化,正常林和低效林中总酚的含量都呈下降趋势,正常林中三个发育阶段总酚含量分别为 147.30 ± 14.48 、 121.32 ± 1.65 和 $108.37 \pm 6.43 \text{ mg/g}$,低效林中分别为 213.75 ± 4.53 、 164.90 ± 16.35 和 $127.39 \pm 2.22 \text{ mg/g}$ 。幼嫩小枝相对于成熟和衰老小枝而言,高总酚含量可以抵抗紫外线和食草动物(昆虫)等的啃食^[17],在小枝的各个发育阶段,低效林中的总酚都显著高于正常林,分别高 45.11%、35.92%和 17.55%。由于立

地条件较差,低效林的树高、胸径、冠幅和生物量明显较低,相对正常林而言光能利用效率较低,更易受到光破坏的影响,因此,低效林中的总酚含量高于正常林同样是木麻黄对环境条件胁迫所产生的外在反映。

2.2 木麻黄低效林和正常林小枝缩合单宁含量比较

与总酚相似,可溶缩合单宁在低效林中的含量高于正常林,在不同的发育阶段,木麻黄低效林和正常林小枝中可溶缩合单宁含量具有相似的变化趋势,随小枝成熟而下降,继而随小枝衰老而上升(图2A);蛋白质结合缩合单宁与可溶缩合单宁含量的变化趋势相似,只是随小枝衰老上升的幅度更大(图2B);对于纤维素结合缩合单宁而言(图2C),低效林随小枝发育过程而降低,而正常林中则没有差别。这与前人^[18]的研究结果不同,可能是由于采样季节不同所造成的。由于可溶缩合单宁在总缩合单宁中占有很大比例,因此总缩合单宁的变化趋势与可溶缩合单宁类似(图2D)。在小枝衰老过程中,自由态的缩合单宁会与小枝中的蛋白质结合形成结合态的缩合单宁。这表明随着小枝发育阶段的变化,其合成单宁中的各组分会发生相应的变化,而且环境胁迫同样会促进缩合单宁的生成。

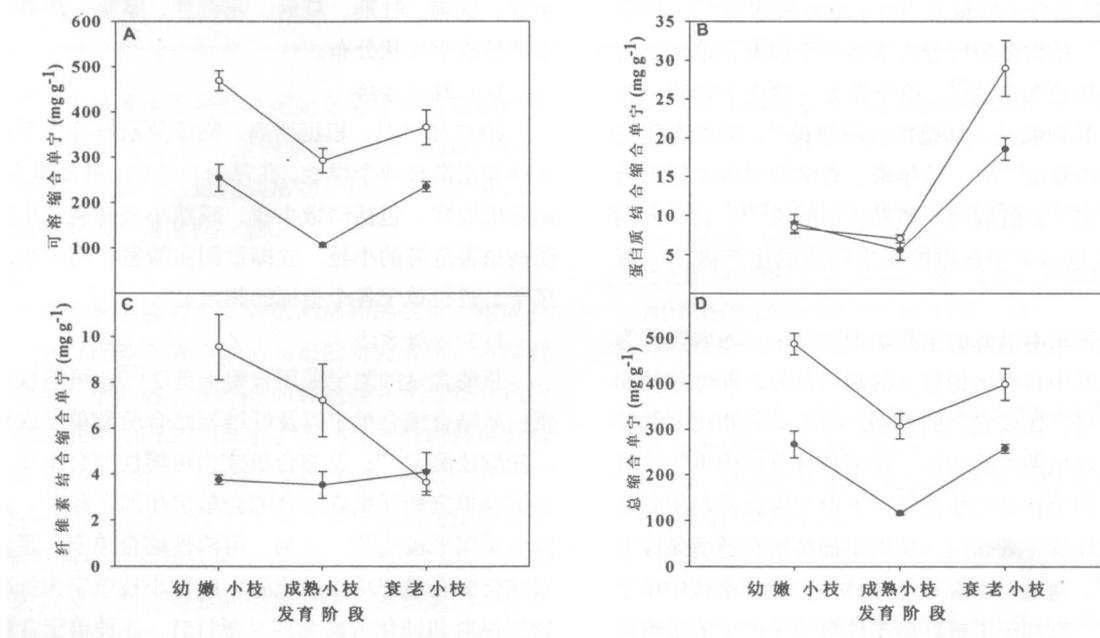


图2 木麻黄低效林和正常林小枝缩合单宁含量

2.3 木麻黄低效林和正常林小枝单宁蛋白质结合能力比较

与上述单宁组分的变化趋势相比,单宁蛋白质结合能力的变化趋势则稍显复杂。在不同的发育阶段,低效林小枝中单宁蛋白质结合能力先下降后上升,而正常林中则一直呈增加趋势。因而,在幼嫩小枝中低效林单宁蛋白质结合能力高于正常林,成熟小枝中正常林高于低效林,衰老小枝中其二

者则没有差别。单宁与蛋白质的结合能力与单宁的分子大小有关^[19],低效林与正常林中单宁蛋白质结合能力在小枝发育过程中具有不同的变化趋势,可能是由于环境条件对两种林分类型影响程度的不同导致它们产生不同结构的单宁类型,从而造成不同林分类型中单宁蛋白质结合能力的差异。

(下转第31页)

[3] 陈光水, 杨玉盛, 钱伟, 等. 格氏栲与杉木人工林地下碳分配[J]. 生态学报, 2005, 25(11): 2824-2829.
 [4] 于水强, 王政权, 史建伟, 等. 树木根系碳分配格局及其影响因子[J]. 生态学报, 2006, 26(8): 2663 ~ 2669.
 [5] 刘国华, 傅伯杰, 方精云. 中国森林碳动态及其对全球碳平衡的贡献[J]. 生态学报, 2000, 20(5): 733 ~ 740.
 [6] 尉海东, 马祥庆, 刘爱琴, 等. 森林生态系统碳循环研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(2): 188-193.
 [7] 方运霆, 莫江明, Sandra Brown, 等. 鼎湖山自然保护区土壤有机碳贮量和分配特征[J]. 生态学报, 2004, 24(1): 135 ~ 142.

[8] 叶功富, 隆学武, 潘惠忠, 等. 木麻黄林的凋落物动态及其分解[J]. 防护林科技, 1996, (专刊): 30-34.
 [9] 叶功富, 张清海, 林益明, 等. 海岸带不同立地木麻黄群落能量研究[J]. 林业科学, 2003, 39(专刊): 1-7.
 [10] 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, (专刊): 21-26.
 [11] 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.

(上接第 20 页)

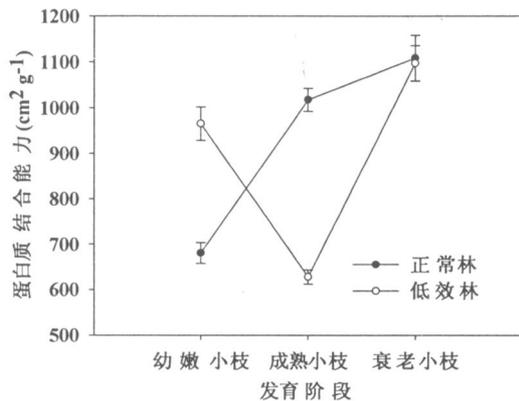


图 3 木麻黄低效林和正常林小枝蛋白质结合能力

3 小结

通过以上对木麻黄小枝单宁各组分的研究, 我们发现, 无论是低效林还是正常林, 它们的总酚含量都随小枝成熟度的增强而下降, 而缩合单宁 (除纤维素结合缩合单宁外) 则先下降后上升。但是, 无论是总酚还是缩合单宁, 都表现为低效林高于正常林。与其他研究结果相比^[20-22], 木麻黄防护林尤其是低效林都显著高于火炬树和兴安落叶松, 这是由滨海沙地生长环境的特殊性和严酷性造成的, 暴雨、风暴潮、旱涝、盐分、台风和污染等不同逆境和严重的人为干扰, 刺激单宁等次生物质的生产以提高其抗逆性, 从而增强木麻黄在环境胁迫条件下对养分等资源的竞争力。

参考文献

[1] Kraus T E C, Yu Z, Preston C M, et al. Linking chemical reactivity and protein precipitation to structural characteristics of foliar tannins[J]. Journal of Chemical Ecology, 2003, 29: 703-730.
 [2] Kuiters A T. Role of phenolic substances from decomposing forest litter in plant-soil interactions [J]. Acta botanica neerlandica, 1990, 27: 329-348.
 [3] Matthews S, Mila I, Scalbert A, et al. Extractable and non-extractable proanthocyanidins in barks [J]. Phytochemistry, 1997, 45: 405-410.
 [4] Hernes P J, Hedges J I. Determination of condensed tannin monomers in environmental samples by capillary gas chromatography of acid depolymerization extracts [J]. Analytical Chemistry, 2000, 72: 5115-5124.

[5] 孙达旺. 植物的单宁化学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992.
 [6] 石碧, 狄莹. 植物多酚[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
 [7] McLeod M N. Plants tannins-their role in forage quality [J]. Nutrition Abstracts and Reviews, 1974, 44: 803-815.
 [8] Feeny P P. Plant apparency and chemical defense [J]. Recent Advances in Phytochemistry, 1976, 10: 1-40.
 [9] Coley P D, Bryant J P, Chapin F S III. Resource availability and plant antiherbivore defense [J]. Science, 1985, 230: 895-899.
 [10] Bryant J P, Chapin F S III, Klein D R. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory [J]. Oikos, 1983, 40: 357-368.
 [11] Close D C, McArthur C. Rethinking the role of many plant phenolics-protection from photodamage not herbivores? [J] Oikos, 2002, 99: 166-172.
 [12] 林益明, 向平, 林鹏. 红树林单宁的研究进展[J]. 海洋科学, 2005, 29(3): 59-63.
 [13] Graham H D. Stabilization of Prussian blue color in the determination of polyphenols [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1992, 40: 801-805.
 [14] Terrill T H, Rowan A M, Douglas G B, et al. Determination of extractable and bound condensed tannin concentrations in forage plants, protein concentrate meals and cereal grain [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1992, 58: 321-329.
 [15] Hagerman A E. Tannin Chemistry[EB/OL]. <http://www.users.muohio.edu/hagermae/tannin.pdf>, 2002.
 [16] Hagerman A E. Radial diffusion method for determining tannin in plant extracts [J]. Journal of Chemical Ecology, 1987, 13(3): 437-449.
 [17] Lin Y M, Liu J W, Xiang P, et al. Tannins and nitrogen dynamics in mangrove leaves at different age and decay stages (Jiulong River Estuary, China) [J]. Hydrobiologia, 2007, 583: 285-295.
 [18] Lin Y M, Liu J W, Xiang P, et al. Tannin dynamics of propagules and leaves of *Kandelia candel* and *Bruguiera gymnorhiza* in the Jiulong River Estuary, Fujian, China [J]. Biogeochemistry, 2006, 78: 343-359.
 [19] Makkar H P S, Dawra R K, Singh B. Protein precipitation assay for quantitation of tannins: determination of protein in tannin-protein complex [J]. Analytical Biochemistry, 1987, 166: 435-439.
 [20] 于晓光, 张德君, 滕玉辉, 等. 火炬树单宁含量研究[J]. 吉林林学院学报, 1994, 10(3): 180-183.
 [21] 李雪莹, 武永刚, 王文杰, 等. 不同季节和地域对兴安落叶松单宁质量分数的影响[J]. 东北林业大学学报, 2007, 35(3): 18-20.
 [22] 王文杰, 祖元刚, 李雪莹. 兴安落叶松单宁含量的器官差异与季节变化[J]. 林产化学与工业, 2007, 27(2): 81-84.