

文章编号: 1001-1498(1999)06-0656-06

桉木制浆造纸研究现状与我国桉木浆 的开发利用

陈炳星¹, 周志春², 李光荣¹, 黄光霖¹, 杨林¹

(1. 福建省南纸股份有限公司, 福建南平 353000; 2. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江富阳 311400)

摘要: 就桉木商用种植的生产潜力、制浆造纸和材性研究现状等进行综合评述。桉木是一种商用种植较有发展前景的阔叶树种, 生长迅速、固氮能力强, 木材性质类似于杨木和桦木, 可用来开发研制不同的浆种, 与针叶木浆或其它阔叶木浆配抄可以生产高质量的印刷纸和书写纸等。鉴于我国丰富的桉木遗传资源和现有的生产经营水平, 大力发展桉木纸浆原料林, 开发利用桉木木浆具有广阔的前景, 对于缓解针叶木浆之不足, 降低纸浆生产成本, 使我国造纸业在木材原料价格上处于竞争优势具有重要意义。

关键词: 桉木; 制浆造纸; 木材性状; 开发利用

中图分类号: S781.42 文献标识码: A

近二三十年来由于世界各国能提供造纸用的针叶树数量普遍迅速下降, 价格不断上涨, 因而许多国家都在寻求开发利用阔叶木浆。虽然阔叶木纤维远较针叶木短, 制得纸浆的物理强度特别是撕裂强度一般低于针叶木浆, 但一些相对密度较小、纤维细胞壁较薄、腔径较大、壁腔比较小的阔叶木仍能制出物理强度与针叶木相似的纸浆。阔叶木浆纸的一些印刷性能如平滑度、松厚度、不透明度等却往往优于针叶木浆, 国际上有竞争力的各种书写纸、印刷纸、证券纸等大多是由漂白的针、阔叶木浆配抄而成, 其中阔叶木所占比例高达30%~70%^[1]。目前世界各国造纸工业所用阔叶木浆主要有杨(*Populus* spp.)、柳(*Salix* spp.)、桉(*Eucalyptus* spp.)、桦(*Betula* spp.)、桉木(*Alnus* spp.)、相思(*Acacia* spp.)、水青冈(*Fagus* spp.)和栎(*Quercus* spp.)等木材。本文就桉木作为造纸原料的潜力、与浆纸性能有关的研究与制浆造纸现状等综合评述, 以供参考。

1 桉木作为纸浆原料进行商用栽植的潜力

桉木为非豆科(Leguminosae)固氮树种, 属桦木科(Betulaceae), 全世界约40余种, 主要分布于亚洲、欧洲和美洲的寒温带、温带和亚热带地区。桉木生长迅速、适应性强、根系发达, 喜湿又耐瘠薄, 材质轻软, 硬度适中, 是集纸材、菇用材、薪材、饲料和绿化治荒为一体的多功能树种。由于桉木的一些固有特性, 现已成为世界热点研究树种。作为纸浆原料, 桉木极具开发潜力, 选用适宜的种和种源进行规模商用栽植, 不仅对造纸等工业有利可图, 而且对恢复和提高

收稿日期: 1999-01-28

基金项目: 1998年9月至2000年6月福建省科委“四川桉木阔叶木浆开发利用研究”(编号98-Z-51)项目内容之一。

第一作者简介: 陈炳星(1942-), 男, 福建福州人, 工程师。

地力都具有重要意义。

70年代波兰就开始利用桉木等阔叶树制浆造纸,耗用量占其造纸工业用材的14%²¹。在德国西部,利用农田发展桉木等短轮伐期的速生树种人工林对造纸和能源工业很有吸引力,仅1976~1986年间就营建了17处24种阔叶树中试林,伐期2~5 a,干物质产量在2~30 t·hm⁻²·a⁻¹间,木材可用于制机械浆和硫酸盐浆³¹。Onokpise等⁴¹还就欧洲黑桉木(*A. glutinosa* (L.) Gaertn.)种源在美国 Illinois、Iowa和 Wisconsin 3个州短轮伐期林业中的改良作用作了评述,在所有立地上,2年生平均树高为3.25 m,胸径为3.25 cm,木材密度为0.428 g·cm⁻³。

红枝桉木(*A. rubra* Bong.)和灰桉木(*A. incana* Moench)都是商用栽植很有潜力的纸浆原料树种。McIver等⁵¹发现红枝桉木在苏格兰能适应广泛的立地条件,木材产量是乡土欧洲黑桉木的3倍多。根据芬兰对纸浆增长的需求,Hakkila⁶¹就灰桉木的林分资源、材性和制浆适应性以及进行短伐期作业的可行性进行了阐述。据Bjorklund等⁷¹报道,8年生灰桉木的木材密度为0.353 g·cm⁻³,林分生物量为34 t·hm⁻²。台湾桉木(*A. formosana* (Burk.) Makino)原产中国台湾,引至南非时,适宜在土壤深厚、排水良好的立地上生长。据Zwolinski等⁸¹报道8年生木材产量超过20 m³·hm⁻²·a⁻¹,幼龄材木材密度($w = 9\%$ 含水量)为0.502 g·cm⁻³,虽然台湾桉木的成浆性能(耐破指数除外)逊于桉树,但因其生长迅速,能有效地提高土壤肥力(8 a内土壤含氮量提高75%),在南非进行广泛种植是极有希望的。

2 与浆纸性能有关的桉木材性研究

从已有文献来看,与浆纸性能有关的桉木材性研究多集中在木材密度和纤维长度这2个指标上,而对其它材性指标研究较少。Haarlaa等⁹¹发现芬兰南部11个欧洲黑桉木林分21株试材(胸高年龄为13~51 a)的平均纤维长度在0.80~0.95 mm间。Vurdu等¹⁰¹对8年生欧洲黑桉木不同部位的木材密度和纤维长度进行了测定,发现根、枝和茎的木材密度分别为0.247、0.430、0.428 g·cm⁻³,根的纤维长度为0.89 mm,树干下部为0.89 mm,而树干上部和枝的纤维长度均0.80 mm。利用美国Ohio州17年生的15个欧洲黑桉木种源试验,Robison等¹¹¹未观察到相对木材密度和纤维长度在种源间的显著差异,而种源内个体间差异却很显著,两性状的种源变化范围分别为0.37~0.42 g·cm⁻³和0.68~1.01 mm,个体变化范围分别为0.33~0.50 g·cm⁻³和0.58~1.09 mm。

安第斯桉木(*A. acuminata* Kunth.)木材结构与欧洲黑桉木相似,只是木材密度略高,其用途也与欧洲黑桉木一样¹²¹。Hernandez等¹³¹从加拿大 Colombia和 Venezuela地区取得99株安第斯桉木的木材试样,发现其木材密度在不同地理位置、株间和株内差异很大,地区间变化范围为0.314~0.409 g·cm⁻³,个体变化范围为0.249~0.446 g·cm⁻³,并发现木材密度与生长性状无关。与安第斯桉木相反,红枝桉木的材性变异较小,这对造纸工业和木材工业很有利。红枝桉木的木材密度在种源间和天然林分间差异都不大,年龄和立地条件对木材密度影响较小¹⁴¹,木材密度和解剖特性等材性在株内也比较均匀¹⁵¹,通过营林措施提高红枝桉木生产力对木材和纤维品质不会产生负效应¹⁶¹。

3 桉木制浆造纸研究现状

不同的桉木其木材性质有很大的差异,适合开发不同的浆种。Morin¹⁷¹认为可用欧洲黑桉

木生产瓦楞纸。Wandelt¹⁸¹对欧洲黑桤木进行漂白硫酸盐制浆的实验室小试和工厂中试,获得较满意的结果,发现漂白浆的裂断长、白度和强度性质较理想,可抄造高质量的书刊纸和其它白纸,从制浆得率和化学药品消耗、漂白等看,其制浆过程较经济。Geles等¹⁹¹对年龄不同而直径相似的3株欧洲黑桤木进行制浆中试,用传统的亚硫酸盐和碱法蒸煮,结果表明用欧洲黑桤木制浆无任何困难,成浆性能与桦木、杨木相似。Bostane等²⁰¹在对欧洲黑桤木木材化学组分分析的基础上,确定其硫酸盐木浆和中性亚硫酸盐半化学木浆的最佳工艺,同时研究了蒽醌与制浆得率和成浆性能的关系,结果发现欧洲黑桤木手抄片的物理性能满意,能完全替代SEKA Caycuma 纸厂中所耗用的山毛榉。

Demchekov等²¹¹在研究灰桤木木材化学组分、KP浆物理、机械和抄纸性能后发现其成浆抄纸性能与桦木相似。Lonnberg²²¹利用3~5年生灰桤木、欧洲山杨(*Populus tremula* L.)、黄花柳(*Salix caprea* L.)、毛枝桦(*Betula pubescens* Ehrh.)全树制中性亚硫酸盐浆,发现不适宜抄造瓦楞纸,但全树木片与正常桦木木片混合可制较好的浆。用20~25年生未剥皮树干生产瓦楞纸是有希望的,灰桤木和白桦的精制化机浆强度与云杉的磨石磨木浆相似²²¹。

红枝桤木是分布北美西海岸、生长在溪边和肥沃谷底的速生树种,无明显心材,刚锯开时木材几乎是白色,接触空气后色泽变暗。据Mackie²³¹报道红枝桤木可制BKP或UBKP浆,制浆得率较铁杉高8%,并可与针叶树木片混合制浆。然而红枝桤木的KP浆难以被市场接受,磨石磨木浆的生产也较困难,主要是因其成浆物理强度较低,纤维结合强度仅为针叶树磨石磨木浆的1/3。发现红枝桤木精制机械浆的强度与其磨石磨木浆相似,但若在均料前对红枝桤木木片进行化学预处理,则成浆强度可与针叶树磨石磨木浆相比²³¹。

虽然可以用100%的桤木木材制浆造纸,但若与针叶木浆或其它阔叶木浆配抄可生产高品质的印刷纸和书刊纸等。Hunt等²⁴¹研究发现若红枝桤木按木材质量10%~20%与白云杉(*Picea glauca* (Moench) Voss)或异叶铁杉(*Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg.)混合制浆,得率将比白云杉或异叶铁杉单独制浆时高,且蒸煮时间短、打浆容易、高锰酸钾值低,只要红枝桤木的比例不高于 $w = 20\%$,纸浆强度不会受影响。Surewicz等²⁵¹从欧洲黑桤木、欧洲水青冈(*Fagus sylvatica* L.)、英国栎(*Quercus robur* L.)、欧洲鹅耳枥(*Carpinus betulus* L.)、银桦(*Betula alba* s.l.)、杨树(*Populus* spp.)中利用其中2、3、4或所有6种木材混合制浆,发现在所有情况下混合木片较单一树种制浆Kappa值更加一致,混合木片的机械浆令人满意,可抄造高品质的印刷纸和书写纸。

4 我国开发利用桤木木浆的前景

我国造纸工业同样面临着木浆特别是针叶木浆严重短缺的问题,据预测3a内仅福建省马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)纸材缺口就在100万 m^3 以上。虽然南有桉北有杨,但在蕴藏着丰富乡土纸浆阔叶树种资源的亚热带地区,还没有一个能形成较大生产规模的主导树种,影响该地区造纸等相关产业的发展。近10a来,林业和造纸工作者都致力于亚热带地区乡土纸浆阔叶树的发掘,已确定了包括桤木在内的一些适宜发展的阔叶树种。

我国产有桤木10种,分布在华北、华中、华南、西南和东北等地,其中对台湾桤木和四川桤木(*A. cremastogyne* Burk.)的研究较多^{26~271}。台湾桤木具有早期速生和固氮量大的优良特性,广泛分布于台湾全省,尤以大甲溪和浊水河流域最多。据邹高顺²⁸¹报道,台湾桤木引栽至闽北

地区, 8年生林分平均木材蓄积量达 $146.7 \sim 250.2 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, 4年生幼林年均固氮量为 $547.8 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。四川桉木分布于四川、云南、贵州等省, 分布中心在四川盆地。四川桉木同样生长迅速, 适应性强, 在土层深厚肥沃的地方年高生长在 2 m 左右, 年径生长 2 cm 以上。在西南诸省四川桉木不仅是速生的乡土造林树种, 而且是优良的治荒先驱树种和混交伴生树种。近年来在浙江、福建、江西等省引种栽培成功, 已有较大面积的人工造林, 从现有林分来看, 四川桉木人工林 $8 \sim 10$ 年生就可收获。

鉴于四川桉木在我国华东和中南地区发展前景广阔, 福建省南纸股份有限公司和中国林科院亚林所合作, 开展四川桉木 KP 和 TMP (CTMP) 制浆工艺、桉木浆与马尾松木浆或脱墨浆配抄胶印新闻纸和胶印书刊纸、纸质包装用品的研究, 以期开发利用四川桉木资源, 替代部分针叶木浆, 缓解针叶木浆短缺的矛盾, 降低纸浆生产成本。初步的研究表明四川桉木纤维形态和木材化学组分类似于杨木和桦木(表1、2), 制浆和漂白都比较容易。我国桉木种类多, 遗传资源丰富, 选育优良的遗传型, 大力发展纸浆林基地, 对于提高我国木浆的比例, 加强我国造纸业对市场的竞争力具有重要意义。

表1 四川桉木与杨木、桦木²⁹⁾纤维形态和木材密度的比较

材 种	纤维长度/mm			纤维宽度/ μm			纤维长宽比	木材密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值		
四川桉木	1.68	0.72	1.14	50	16.7	29	39	0.35
杨 木	1.80	0.40	0.99	-	-	-	-	0.35
桦 木	2.04	0.16	0.98	-	-	-	-	0.49

表2 四川桉木木材化学组分测定结果与杨木、桦木²⁹⁾的比较

材 种	纤维素	木质素	戊聚糖	苯醇抽出物	热水抽出物	灰分
四川桉木	47.99	24.05	25.10	1.47	1.82	0.70
杨 木	48.42	18.57	24.07	3.88	2.74	0.70
桦 木	46.86	20.30	30.41	2.51	1.87	0.44

注: 四川桉木纤维形态、木材密度和木材化学组分均按国标⁹⁾测定。

参考文献:

- 1] 季天祐. 第二林业与林纸结合 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1997.
- 2] Lapinska I, Surewicz W. Optimization of management of hardwood resources in the pulp and paper industry [J]. Przegląd Papierniczy, 1976, 32(11): 405 ~ 410.
- 3] Dimitri L, Friedrich E, Bock-L. Alternative use of agricultural land for plantations of fast growing tree species in short rotation [A]. Marginal agricultural land and efficient afforestation [C]. Proceedings of a workshop in the CEC land and water use research programme, held in Gembbux (Belgium), 20 and 21 October 1988. EUR-Report. 1990, No. EUR 10841, 69 ~ 78.
- 4] Onokpise O U, Hall R B. Evaluating European black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) provenances for short rotation forestry [J]. Commonwealth Forestry Review. 1994, 73(2): 113 ~ 120.
- 5] McIver H W. Red alder: a broadleaved species for central Scotland [J]. Scottish Forestry, 1991, 45(2): 95 ~ 105.
- 6] Hakkila P. Grey Alder as a future pulpwood species [A]. Symposium International EU CE PA, Madrid. 1974, Paper No. 6.
- 7] Bjorklund T, Ferm A. Biomass and technical properties of small-sized birch and grey alder [R]. Folia Forestalia, Institutum

1) 造纸工业测试方法标准汇编. 轻工业标准化编辑出版委员会编, 1990.

Foreatale Fenniae, 1982, No. 500.

- 8] Zwolinski J B, Donah D G M, Gerischer G F R, et al. Characteristics and wood properties of *Alnus formosana* (Burk.) Makino successfully introduced into South Africa JJ. South Africa Forestry Journal, 1992, (163): 31 ~ 35.
- 9] Haarkka R, Karkkainen M. Fiber length in black alder JJ. Silva Fennica, 1982, 16(4): 343 ~ 350.
- 10] Vurdu H, Bensed D W. Specific gravity and fiber length in European black alder roots, branches and stems JJ. Wood Science, 1979, 12(2): 103 ~ 105.
- 11] Robison T L, Mize C W. Specific gravity and fiber length variation in a European black alder provenance study JJ. Wood and Fiber Science, 1987, 19(3): 225 ~ 232.
- 12] Sachsse H, Schulte A. Wood properties of the Andes alder JJ. Forstarchiv, 1991, 62(5): 196 ~ 199.
- 13] Hernandez R E, Restrepo G. Natural Variation in wood properties of *Alnus acuminata* H. B. K. grown in Colombia JJ. Wood and Fiber Science, 1995, 27(1): 41 ~ 48.
- 14] Harrington C A, DeBell D S. Variation in specific gravity of red alder (*Alnus rubra* Bong.) JJ. Can. J. For. Res., 1980, 10(3): 293 ~ 299.
- 15] Gartner B L, Lei H, Milota M R. Variation in the anatomy and specific gravity of wood within and between trees of red alder (*Alnus rubra* Bong.) JJ. Wood and Fiber Science, 1997, 29(1): 10 ~ 20.
- 16] Lei H, Gartner B L, Milota M R, et al. Effect of growth rate on the anatomy, specific gravity and bending properties of wood from 7-year-old red alder (*Alnus rubra*) JJ. Can. J. For. Res., 1997, 27(1): 80 ~ 85.
- 17] Morin M J. NSSC pulping of young European Black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) JJ. Tappi, 1974, 57(6): 133 ~ 135.
- 18] Wandelt P, Surewicz W, Kryczka M. Black alder wood as raw material for the production of bleached sulphate pulp JJ. Przegląd Papierniczy, 1976, 32(12): 445 ~ 450.
- 19] Geles I S, Ermakov I V, Levkina G M, et al. *Alnus glutinosa* and the possibilities of using its wood in pulp and paper manufacture JJ. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Lesnoi Zhurnal, 1993, (5 ~ 6): 125 ~ 130.
- 20] Bostanci S. Utilization possibilities of the alder in the paper industry JJ. Doga, Tarim ve Ormançilik, 1987, 11(1): 133 ~ 138.
- 21] Demchenkov P A, Gorbacheva G N, Bushmleva V N. Papermaking properties of pulp from speckled alder JJ. Khim Tekhnol Bumagi, 1973, (1): 3 ~ 6.
- 22] Lonnberg B. Short-rotation hardwood species as whole-tree raw material for pulp and paper. 6. Chemi-mechanical pulps JJ. Paperi ja Puu, 1976, 58(9): 630, 648.
- 23] Mackie D M, Williams G J. Growth and utilization of alder grown within the Pacific Coastal Region JJ. Pulp and Paper Canada, 1984, 85(8): 71 ~ 76.
- 24] Hunt K, Hatton J V. Increased pulp production by use of hardwoods in softwood kraft mills. JJ. Pulp and Paper Canada, 1976, 77(12): 119 ~ 123.
- 25] Surewicz W, Wandelt P, Kryczka M. High-quality bleached kraft pulps from hardwood mixtures JJ. Przegląd Papierniczy, 1977, 33(12): 437 ~ 444.
- 26] 李明仁. 台湾赤杨之遗传变异 A]. 两岸林木种源交流研讨会论文集 C]. 1998, 107 ~ 112.
- 27] 杨志成. 优良阔叶树——桤木的分布、生长与利用 JJ. 林业科学研究, 1991, 6(6): 643 ~ 649.
- 28] 邹高顺. 台湾桤木引种造林及其培肥能力的研究 JJ. 福建林学院学报, 1995, 15(2): 112 ~ 117.
- 29] 张颖, 陈辉, 刘忠伟. 混合硬杂木制浆配抄新闻纸的研究 JJ. 中国造纸, 1996, 15(1): 66 ~ 67.

Status on Pulping/ Papering Research of Alder and Prospect of Utilization of Alder Pulp Wood in China

CHEN Bing-xing¹, ZHOU Zhi-chun², LI Guang-rong¹,
HUANG Guang-lin¹, YANG Lin¹

(1. Fujian Nanping Paper Co. Ltd., Nanping 353000, Fujian, China; 2 The Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China)

Abstract: Alder (*Alnus* spp.) is a promising broadleaved species with high growth rate and nitrogen-fixing ability for commercial planting. The wood properties of alder is similar to that of poplar and birch which could be used to produce different kinds of pulp. The paper is a review about pulp production potential and status of pulping/paper-making and research on wood property of alder in the world. In the view of genetic resources and production situation of alder in China, it is promising to grow and utilize alder for pulp and paper industry, which is useful for mitigating the shortage of coniferous pulp wood and reducing pulp production cost.

Key words: alder; pulping and paper-making; wood properties; wood utilization