

葛藤纤维的形态和化学组成及其与产地和生长时间的相关性

杨旭¹, 杨志玲¹, 甘光标^{1,2}, 傅君晓³, 刘瑜⁴

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 云南农业大学资源与环境学院, 云南 昆明 650201;
3. 浙江省磐安县窈川乡政府, 浙江 磐安 322300; 4. 湖南常宁县农业开发总公司, 湖南 常宁 421500)

摘要: 对来源于浙江省不同产地及生长时间不同的葛 [*Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi] 藤纤维的形态指标和化学组成进行了测定, 并对地理因素和生长时间与葛藤纤维的形态指标和化学组成的相关性进行了分析。测定结果显示, 不同产地葛藤纤维的平均长度和平均宽度分别为 3.25 mm 和 13.66 μm , 平均长宽比为 237.98, 不同产地间葛藤纤维长度和长宽比差异不显著 ($P > 0.05$); 不同产地葛藤纤维的水分、灰分、冷水抽出物、热水抽出物、1% 氢氧化钠抽出物、有机溶剂抽出物、酸不溶木素、综纤维素及多戊糖含量分别为 12.09% ~ 13.53%、4.72% ~ 5.40%、5.74% ~ 6.13%、7.74% ~ 10.74%、30.96% ~ 33.26%、4.23% ~ 4.56%、18.76% ~ 21.40%、65.16% ~ 69.20% 和 22.69% ~ 24.01%, 其中仅冷水抽出物含量在不同产地间差异不显著。随生长时间的延长, 葛藤纤维的长度、宽度及长宽比逐渐增加, 差异达显著水平 ($P < 0.05$); 水分和灰分含量逐渐降低, 各种抽出物和酸不溶木素及综纤维素含量随生长时间的延长逐渐提高, 差异达显著水平 ($P < 0.05$)。相关分析结果表明, 葛藤纤维的形态指标与经度和纬度的相关性较小, 但海拔与纤维长度和长宽比分别有极显著 ($P < 0.01$) 和显著 ($P < 0.05$) 的正相关关系; 除 1% 氢氧化钠抽出物与纬度存在显著的负相关关系 ($P < 0.05$) 外, 葛藤纤维各化学组成与经度、纬度及海拔的相关性均不显著。葛藤纤维的长度、宽度和长宽比与葛藤的生长时间均呈极显著的正相关性 ($P < 0.01$); 葛藤的生长时间与水分和灰分含量分别呈显著 ($P < 0.05$) 和极显著 ($P < 0.01$) 的负相关性, 与多戊糖含量呈不显著的负相关性 ($P > 0.05$); 各种抽出物含量及酸不溶木素和综纤维素含量与葛藤的生长时间分别具有显著或极显著的相关性。研究表明, 生长时间适宜的葛藤纤维可开发成为优质造纸原料。

关键词: 葛藤; 纤维形态; 纤维化学组成; 地理因素; 生长时间

中图分类号: Q949.751.9; TS721; S781.41 文献标志码: A 文章编号: 1004-0978(2009)04-0016-07

Analyses of morphological index, chemical composition of fiber of *Pueraria lobata* vine and their correlations with location and growing time YANG Xu¹, YANG Zhi-ling¹, GAN Guang-biao^{1,2}, FU Jun-xiao³, LIU Yu⁴ (1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, China; 2. College of Resources and Environment, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 3. Yaochuan Township Government of Pan'an County in Zhejiang Province, Pan'an 322300, China; 4. Central Agricultural Development Corporation of Changning County in Hunan Province, Changning 421500, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2009, 18(4): 16-22

Abstract: The morphological indexes and chemical compositions of fiber of *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi vine with different growing times and introduced from different locations in Zhejiang Province were determined, and the correlations of morphological index and chemical composition with geographical factor and growing time were analyzed. The determination results show that the average length and width of fiber of *P. lobata* vine from different locations are 3.25 mm and 13.66 μm , respectively, with an average length/width ratio of 237.98. And the differences of length and length/width ratio among different locations are not significant ($P > 0.05$). The contents of water, ash, extractives each by cold

收稿日期: 2009-01-20

基金项目: 浙江省科技攻关计划项目(2006C32026)

作者简介: 杨旭(1979—), 女, 浙江建德人, 硕士, 助理研究员, 主要从事药用植物资源开发利用的研究。

water, hot water, 1% NaOH, solvent, and of acid-insoluble lignin, holocellulose and pentosan in fiber of *P. lobata* vine among different locations are 12.09%–13.53%, 4.72%–5.40%, 5.74%–6.13%, 7.74%–10.74%, 30.96%–33.26%, 4.23%–4.56%, 18.76%–21.40%, 65.16%–69.20% and 22.69%–24.01%, respectively, and only the difference of cold water extractive content among different locations is not significant. With growing time prolonging, the length, width and length/width ratio of fiber increase gradually and the differences at different growing times are significant ($P < 0.05$). The contents of water and ash decrease gradually with growing time prolonging, and the contents of all above extractives, acid-insoluble lignin and holocellulose increase gradually and the differences at different growing times are significant ($P < 0.05$). The correlation analysis results show that the morphological indexes of fiber of *P. lobata* vine have a smaller correlation with longitude and latitude, but the length and length/width ratio have a highly significant ($P < 0.01$) and significant ($P < 0.05$) positive relationship with altitude, respectively. Except 1% NaOH extractive content has a significant negative relationship with latitude ($P < 0.05$), the correlations between other chemical compositions of fiber and longitude, latitude, altitude are not significant. The positive correlations of the length, width and length/width ratio with growing time are highly significant ($P < 0.01$). The growing time has a significant ($P < 0.05$) and a highly significant ($P < 0.01$) negative correlation with water and ash contents, respectively, but does not with pentosan content ($P > 0.05$). Contents of all kinds of extractives, acid-insoluble lignin and holocellulose have significant or highly significant correlations with growing time. It is concluded that the fiber of *P. lobata* vine during suitable growing time can be developed to be fine papermaking materials.

Key words: *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi vine; fiber morphology; fiber chemical composition; geographical factor; growing time

葛 [*Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi] 为葛属 (*Pueraria* DC.) 多年生藤本植物, 该属共有 18 种, 中国有 8 种 1 变种^[1]; 葛为该属最常见的种, 除新疆、青海及西藏外, 中国大部分地区均有分布, 主产于湖南、浙江、河南、广东、四川、广西、云南及陕西等省区, 垂直分布于海拔 300~1 500 m 之间, 常成片分布^[2]。作者在野外调查中发现, 在海拔 0~300 m 区域间也有葛的分布。

葛是重要的资源植物之一, 其根茎富含黄酮类和生物碱类成分, 临床上用于治疗血管神经性头痛、高血压及高血脂等症^[3]。葛粉营养丰富, 富含蛋白质、氨基酸、葛根素 (puerarin) 和人体所必需的铁、钙、硒等营养元素, 是老少皆宜的滋补佳品^[4]; 此外, 其茎、叶适口性好, 营养价值高, 是优质的饲用植物资源^[5]。

葛藤纤维是最早被用于纺织的植物纤维, 主要用于编织地毯、墙纸、壁毯及麻、绢等产品, 可与蚕丝产品媲美, 其色泽、牢固度、弹性及耐磨性均超过丝织产品, 且经济及实用价值更高。近年来, 随着加工技术的改进和人们对天然绿色产品的追捧, 葛藤纤维产品受到越来越多的关注^[6]。由于葛属植物适应性广, 生长环境丰富多样^[2], 且其生长迅速、藤茎蔓延能力强, 能严密覆盖地面, 使其他植物生长困

难, 严重降低了生长地的物种多样性, 已造成了严重的生物灾害^[7-8]。因而, 对葛藤纤维的有效利用, 不仅适应了市场需求, 提高了出口创汇能力, 更重要的是能将灾害转化为经济效益, 为合理利用野生植物资源开辟新的思路。但目前, 国内外关于葛藤纤维的研究却鲜见报道。

作者对来源于浙江省不同产地和生长时间不同的葛藤纤维的形态指标和化学组成进行了分析, 并对葛藤纤维的形态和化学组成与产地的地理因素和生长时间的相关性进行了分析, 以期对葛藤纤维的进一步开发利用和产业化提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试的 9 个葛藤样品均采自浙江省内, 各产地的地理条件见表 1。于 2007 年 5 月采样, 每个种源选取 10 株以上的健壮植株, 选取当年生藤茎, 去除叶片, 阴干后混合取样, 按照 GB/T 2677.1-1993^[9] 制备供试纤维样品。

于 2007 年 3 月将葛的藤茎进行扦插种植, 扦插地位于浙江省磐安县中部的窈川乡赐教村, 地理位置为东经 120.40°、北纬 29.50°, 海拔 468 m, 属于

亚热带海洋性气候。年均气温 15.1 °C, 年均降水量 1 573 mm, 无霜期 223 d。土壤为砖红壤, 土壤肥力较弱。按照当地村民的生产习惯, 分别于扦插后的第 5、第 7、第 14、第 17 及第 19 个月时(即: 2007 年 8 月和 10 月, 2008 年 5 月、8 月和 10 月)进行刈割, 按时间顺序依次编号为 I、II、III、IV、V。去除藤茎上的叶片, 阴干后混合取样, 按照 GB/T 2677. 1 - 1993^[9] 制备供试纤维样品。

表 1 葛藤产地概况

Table 1 Location survey of *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi vine

编号 No.	产地 Location	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔/m Altitude
1	安吉 Anji	E119°41'24"	N30°40'58"	42
2	临安 Lin'an	E119°24'01"	N30°21'11"	856
3	建德 Jiande	E119°34'09"	N29°36'05"	204
4	常山 Changshan	E118°54'53"	N28°54'09"	56
5	龙泉 Longquan	E119°01'47"	N28°09'17"	1 200
6	上虞 Shangyu	E121°14'46"	N30°10'19"	280
7	温州 Wenzhou	E120°38'04"	N28°01'45"	24
8	象山 Xiangshan	E121°48'07"	N29°52'19"	28
9	苍南 Cangnan	E120°39'01"	N27°57'44"	642

1.2 方法

1.2.1 纤维形态的观察 供试的葛藤纤维样品用 Schultze 法[V(氯酸钾):V(60%硝酸):V(水) = 1:2:1] 离析, 在沸水浴中反复煮沸 30 min 至单个纤维完全解离; 用蒸馏水洗涤至中性, 用质量体积分数 2% 番红染色后供观察^[10]。利用光学显微镜在 100 倍放大倍数下测量纤维长度和宽度, 每个样品选取 100 根完整的纤维进行测定。用 Leica 400B 软件对测量结果进行统计。

表 2 浙江省内不同产地葛藤纤维形态指标的比较($\bar{X} \pm SD$)¹⁾Table 2 Comparison of fiber morphological indexes of *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi vine from different locations in Zhejiang Province ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

产地 Location	长度/mm Length	宽度/ μm Width	长宽比 Length/width ratio
安吉 Anji	3.09 \pm 0.07a	13.88 \pm 0.46ab	223.06 \pm 17.49a
临安 Lin'an	3.25 \pm 0.23a	13.83 \pm 0.27ab	235.56 \pm 21.19a
建德 Jiande	3.17 \pm 0.21a	14.06 \pm 0.26a	225.69 \pm 19.02a
常山 Changshan	3.16 \pm 0.15a	13.65 \pm 0.06abc	231.52 \pm 12.43a
龙泉 Longquan	3.53 \pm 0.24a	13.50 \pm 0.18bc	261.16 \pm 28.67a
上虞 Shangyu	3.28 \pm 0.18a	13.29 \pm 0.19c	246.59 \pm 15.37a
温州 Wenzhou	3.17 \pm 0.16a	13.35 \pm 0.21c	238.12 \pm 15.74a
象山 Xiangshan	3.23 \pm 0.19a	13.91 \pm 0.12ab	232.49 \pm 11.30a
苍南 Cangnan	3.33 \pm 0.28a	13.47 \pm 0.18bc	247.68 \pm 24.77a
平均值 Average	3.25	13.66	237.98

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著($P < 0.05$) The different small letters in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$).

1.2.2 化学组成的分析 按照 GB/T 2677. 2 - 1993 ~ GB/T 2677. 5 - 1993、GB/T 2677. 6 - 1994、GB/T 2677. 8 - 1994、GB/T 2677. 9 - 1994 和 GB/T 2677. 10 - 1995 的方法分别测定葛藤纤维样品中的水分、灰分、水抽出物、1% 氢氧化钠抽出物、有机溶剂抽出物、酸不溶木素、多戊糖及综纤维素含量^[11], 以上测量均重复 3 次。

2 结果和分析

2.1 葛藤纤维形态的比较

2.1.1 不同产地葛藤纤维形态的比较 纤维形态是评价纤维材料品质的重要标准之一, 纤维长度长且长宽比大的植物纤维打浆性能良好, 纤维柔软, 可用于制作中高档纸张^[12], 所制纸张具有撕裂强度和纸张性能良好的特点。不同产地葛藤纤维形态指标的测定结果见表 2。由表 2 可以看出, 各产地葛藤纤维平均长度为 3.25 mm, 纤维平均宽度则仅为 13.66 μm , 纤维长宽比为 223.06 ~ 261.16, 平均长宽比为 237.98。因此, 浙江产葛藤纤维具有纤维长、长宽比高的特点, 其纤维长度远高于常用的麦秆和芦苇 [*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.] 等种类的纤维长度^[13]。

在 9 个种源中, 纤维长度最长的为龙泉种源, 最短的是安吉种源, 前者的纤维长度为 3.53 mm, 是后者的 1.14 倍; 纤维宽度最大的为建德种源, 最小的是上虞种源, 前者的纤维宽度为 14.06 μm , 为后者的 1.06 倍; 纤维长宽比最大的是龙泉种源, 最小的

为安吉种源,前者的长宽比为261.16,是后者的1.17倍。

方差分析结果显示,不同种源间葛藤纤维长度及长宽比的差异均未达到显著水平,纤维宽度则在部分种源间有一定的差异,其中建德种源和龙泉种源、上虞种源、温州种源、苍南种源间的纤维宽度差异显著($P < 0.05$)。种源内变异系数大于种源间,说明种源内个体差异大于种源间差异。

2.1.2 不同生长时间葛藤纤维形态的比较 不同生长时间葛藤纤维形态指标的测定结果见表3。由表3可见,葛藤纤维的长度、宽度和长宽比均随着生长时间的延长而增加,其中纤维长度增幅显著。

扦插第1年(2007年8月至2007年10月)葛藤纤维增长幅度较大,平均长度增加了0.47 mm;第1年秋季(2007年10月)刈割后至第2年春季(2008年5月)纤维长度增长了31.75%;第2年(2008年

纤维长度增幅有所减缓,从2008年5月至2008年10月,纤维长度仅增加了16.06%。

随生长时间的延长,葛藤纤维宽度的增长幅度不明显。第1年秋季刈割后到第2年春季纤维宽度增加0.12 μm ,次年春季到次年秋季增加0.13 μm ,从2007年8月至2008年10月,葛藤纤维的宽度仅增加了2.31%。

随生长时间的延长,葛藤纤维长宽比的增长幅度也呈现非均匀增加的趋势。第1年的增幅大于第2年,第1年秋季刈割后到第2年春季葛藤纤维长宽比提高了30.47%,而第2年春季到第2年秋季纤维长宽比仅增加了14.83%。

差异显著性分析结果表明,扦插第1年秋季刈割后到第2年春季与第2年间葛藤纤维长度、宽度及长宽比的增幅均达到显著水平($P < 0.05$)。

表3 不同生长时间葛藤纤维形态指标的比较($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

Table 3 Comparison of fiber morphological indexes of *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi vine at different growing times ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

编号 No.	采集日期 Collection date(YYYY-MM)	生长时间/Month Growing time	长度/mm Length	宽度/ μm Width	长宽比 Length/width ratio
I	2007-08	5	1.42 \pm 0.13d	12.07 \pm 0.05c	117.06 \pm 2.11d
II	2007-10	7	1.89 \pm 0.09c	12.10 \pm 0.06c	156.37 \pm 6.68c
III	2008-05	14	2.49 \pm 0.11b	12.22 \pm 0.05b	204.01 \pm 9.51b
IV	2008-08	17	2.63 \pm 0.08a	12.30 \pm 0.07ab	213.63 \pm 7.92b
V	2008-10	19	2.89 \pm 0.06a	12.35 \pm 0.03a	234.27 \pm 5.22a

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著($P < 0.05$) The different small letters in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$).

2.2 葛藤纤维化学组成的比较

2.2.1 不同产地葛藤纤维化学组成的比较 纤维的化学组成不仅决定着制浆的得率和品质,而且还影响纸张的性能^[12];纤维中灰分含量高,碱回收困难,经济效益低且污染环境;纤维中抽出物含量少,对造纸过程较有利,且纸张色泽好。不同产地葛藤纤维的化学组成见表4。

由表4可见,不同产地葛藤纤维中水分含量平均为12.09%~13.53%,水分含量适中;不同产地葛藤纤维的灰分含量为4.72%~5.40%,平均灰分含量为5.11%,灰分含量最高的是安吉种源,含量最低的是象山种源;不同产地葛藤纤维中冷水抽出物含量差异未达到显著水平($P > 0.05$),平均含量为5.89%;不同产地葛藤纤维中热水抽出物含量为7.74%~10.74%,平均含量为9.19%,其中,来源于临安、温州及建德的葛藤纤维中热水抽出物含量较

高,来源于苍南、常山、象山及安吉的葛藤纤维中热水抽出物含量居中,来源于上虞和龙泉的葛藤纤维中热水抽出物含量较低;不同产地葛藤纤维的1%氢氧化钠抽出物含量为30.96%~33.26%,平均含量为32.14%,其中,含量较高的是常山和龙泉种源,含量最低的是上虞种源;不同产地葛藤纤维中的有机溶剂抽出物含量为4.23%~4.56%,不同产地间差异较小。与现在生产中常用的造纸材料芦苇和麦草等相比^[13],葛藤纤维的灰分含量及各种抽出物含量差异不大,因此,葛藤纤维能够在生产中得到很好的应用。

纤维素的含量决定制浆得率;木素含量低,有利于制浆、漂白,消耗的化学药品少;多戊糖含量低则制得的纸张强度高。由表4可看出,不同产地葛藤纤维的酸不溶木素含量为18.76%~21.40%,不同产地间差异显著($P < 0.05$),其中,酸不溶木素含量

最高的是苍南种源,含量较低的是临安和温州种源,各产地的平均含量为 19.77%;不同产地葛藤纤维的综纤维素含量为 65.16%~69.20%,各产地的平均含量为 67.26%,其中,综纤维素含量较高的是温州

和象山种源,综纤维素含量最低的是安吉种源;不同产地葛藤纤维的多戊糖含量差异较小,各产地的平均含量为 23.43%。

表4 浙江省内不同产地葛藤纤维化学组成的比较($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

Table 4 Comparison of chemical compositions in fiber of *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi vine from different locations in Zhejiang Province ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

产地 Location	含量/% Content				
	水分 Water	灰分 Ash	冷水抽出物 Cold water extractives	热水抽出物 Hot water extractives	1% 氢氧化钠抽出物 1% NaOH extractives
安吉 Anji	12.09 ± 0.44c	5.40 ± 0.11a	5.81 ± 0.13a	8.72 ± 0.68b	31.52 ± 0.51cd
临安 Lin'an	13.53 ± 0.36a	5.19 ± 0.12ab	6.13 ± 0.17a	10.19 ± 0.33a	31.43 ± 0.56cd
建德 Jiande	13.48 ± 0.27a	5.27 ± 0.13ab	5.94 ± 0.19a	10.74 ± 0.57a	32.18 ± 0.20bc
常山 Changshan	12.79 ± 0.09b	5.31 ± 0.11ab	5.86 ± 0.16a	8.99 ± 0.68b	33.26 ± 0.49a
龙泉 Longquan	12.72 ± 0.59b	4.83 ± 0.04c	5.74 ± 0.13a	7.74 ± 0.23c	33.21 ± 0.27a
上虞 Shangyu	13.30 ± 0.33ab	4.88 ± 0.18c	5.74 ± 0.20a	7.92 ± 0.35c	30.96 ± 0.53d
温州 Wenzhou	13.21 ± 0.34ab	5.24 ± 0.03ab	5.94 ± 0.19a	10.41 ± 0.29a	31.82 ± 0.41c
象山 Xiangshan	13.21 ± 0.07ab	4.72 ± 0.24c	5.89 ± 0.30a	8.87 ± 0.32b	31.96 ± 0.23bc
苍南 Cangnan	13.14 ± 0.35ab	5.15 ± 0.15b	5.96 ± 0.13a	9.18 ± 0.17b	32.69 ± 0.32ab
平均值 Average	13.05	5.11	5.89	9.20	32.11

产地 Location	含量/% Content			
	有机溶剂抽出物 Solvent extractives	酸不溶木素 Acid-insoluble lignin	综纤维素 Holocellulose	多戊糖 Pentosan
安吉 Anji	4.35 ± 0.04ab	19.23 ± 0.29de	65.16 ± 0.81c	23.36 ± 0.46ab
临安 Lin'an	4.37 ± 0.19ab	18.76 ± 0.24f	66.05 ± 0.92bc	23.60 ± 0.55ab
建德 Jiande	4.56 ± 0.13a	19.65 ± 0.21c	68.20 ± 0.35ab	22.85 ± 0.63ab
常山 Changshan	4.23 ± 0.11b	20.21 ± 0.20b	67.38 ± 2.09abc	22.69 ± 0.58b
龙泉 Longquan	4.37 ± 0.19ab	20.15 ± 0.15b	65.97 ± 2.61bc	23.60 ± 0.47ab
上虞 Shangyu	4.47 ± 0.21ab	20.04 ± 0.18b	67.56 ± 0.41abc	22.96 ± 0.41ab
温州 Wenzhou	4.33 ± 0.18ab	18.94 ± 0.17ef	69.20 ± 0.21a	23.83 ± 0.41ab
象山 Xiangshan	4.29 ± 0.12ab	19.56 ± 0.21cd	68.92 ± 0.86a	24.01 ± 0.97a
苍南 Cangnan	4.28 ± 0.13ab	21.40 ± 0.29a	66.87 ± 0.73abc	23.99 ± 0.86a
平均值 Average	4.36	19.77	67.26	23.43

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$) The different small letters in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$).

2.2.2 不同生长时间葛藤纤维化学组成的比较
不同生长时间葛藤纤维的化学组成见表5。由表5可以看出,随生长时间的延长,葛藤纤维中水分和灰分含量显著降低 ($P < 0.05$),冷水抽出物、热水抽出物、1% 氢氧化钠抽出物和有机溶剂抽出物含量则显著升高 ($P < 0.05$);纤维中酸不溶木素和综纤维素的含量随生长时间的延长显著升高 ($P < 0.05$),而多戊糖含量在扦插第1年秋季(2007年10月)和第2年秋季(2008年10月)显著高于其他生长阶段 ($P < 0.05$)。由于纤维素含量决定制浆得率,因此,葛藤生长年限对制浆得率影响较大。

2.3 葛藤纤维形态指标和化学组成与地理因素及生长时间的相关性分析

将不同产地的葛藤纤维形态指标及化学组成与其产地的经度、纬度及海拔等因子进行相关性分析,结果表明,葛藤纤维的形态指标与经度和纬度的相关性较小,海拔与纤维长度存在极显著的正相关关系 ($P < 0.01$),相关系数为 0.846 3;海拔与纤维长宽比有显著的正相关关系 ($P < 0.05$),相关系数为 0.702 4。除 1% 氢氧化钠抽出物与纬度存在显著的负相关关系外 ($R = -0.738 2, P < 0.05$),葛藤纤维各化学组成与经度、纬度及海拔的相关性均不显著。

表5 不同生长时间葛藤纤维化学组成的比较($\bar{X} \pm SD$)¹⁾Table 5 Comparison of chemical compositions of fiber in *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi vine at different growing times ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

编号 No.	采集日期 Collection date (YYYY-MM)	生长时间/Month Growing time	含量/% Content				
			水分 Water	灰分 Ash	冷水抽出物 Cold water extractives	热水抽出物 Hot water extractives	1% 氢氧化钠抽出物 1% NaOH extractives
I	2007-08	5	17.57 ± 0.23a	7.13 ± 0.03a	3.61 ± 0.04e	5.13 ± 0.04d	18.61 ± 0.03e
II	2007-10	7	15.13 ± 0.11b	7.06 ± 0.03a	3.98 ± 0.03d	5.75 ± 0.02c	21.32 ± 0.04d
III	2008-05	14	13.94 ± 0.13c	6.51 ± 0.03b	4.02 ± 0.06c	6.69 ± 0.02b	25.74 ± 0.03c
IV	2008-08	17	13.84 ± 0.17c	6.49 ± 0.04b	4.35 ± 0.05b	6.73 ± 0.02b	26.96 ± 0.05b
V	2008-10	19	13.51 ± 0.11d	6.05 ± 0.05c	4.77 ± 0.06a	6.98 ± 0.05a	28.17 ± 0.06a

编号 No.	采集日期 Collection date (YYYY-MM)	生长时间/Month Growing time	含量/% Content			
			有机溶剂抽出物 Solvent extractives	酸不溶木素 Acid-insoluble lignin	综纤维素 Holocellulose	多戊糖 Pentosan
I	2007-08	5	3.07 ± 0.03d	11.48 ± 0.04e	44.17 ± 0.03d	22.93 ± 0.10b
II	2007-10	7	3.18 ± 0.07c	12.56 ± 0.06d	51.73 ± 0.14c	23.53 ± 0.03a
III	2008-05	14	3.96 ± 0.08b	17.69 ± 0.03c	64.27 ± 0.19b	22.19 ± 0.03c
IV	2008-08	17	4.11 ± 0.01a	17.98 ± 0.08b	65.14 ± 0.05a	20.10 ± 0.04d
V	2008-10	19	4.13 ± 0.02a	18.14 ± 0.02a	65.32 ± 0.07a	23.57 ± 0.02a

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著($P < 0.05$) The different small letters in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$).

将生长时间不同的葛藤纤维的形态指标及化学组成与生长时间进行相关性分析,结果表明,葛藤纤维的长度、宽度和长宽比与葛藤生长时间的相关性均较大,相关系数分别为0.982 5、0.995 0和0.978 8,均呈极显著的正相关性($P < 0.01$)。葛藤纤维的水分和灰分含量分别与葛藤的生长时间有显著($P < 0.05$)和极显著($P < 0.01$)的负相关关系,相关系数分别为-0.892 8和-0.969 4;多戊糖含量与葛藤的生长时间也有负相关关系,但相关性不显著($P > 0.05$),相关系数为-0.374 5。葛藤纤维的冷水抽出物、热水抽出物、1% 氢氧化钠抽出物、有机溶剂抽出物、酸不溶木素和综纤维素含量与生长时间的相关系数分别为0.905 5、0.970 3、0.989 2、0.983 4、0.970 3和0.955 7,相关性均达到显著或极显著的水平。

3 讨论和结论

纤维原料的纤维形态和纤维素含量是造纸纤维原料评价的重要依据^[14],纤维的形态和化学组成是决定浆料质量的主要因素。纸浆工艺技术指标要求:优质的造纸原料纤维应符合“纤维长度 > 0.9 mm、长宽比 > 35 ,基本密度适中;综纤维素含量 $> 70\%$ ”^[15]的标准。测定结果显示,葛藤纤维具有纤

维长度长和长宽比高的特点,纤维长度是一般常用针叶树种纤维的数倍至十数倍^[10]。因而将葛藤纤维用于制浆时,用碱量较低,黑液性能良好,黑液回收较容易,制浆得率较高,浆料纤维强度较高且柔软,制得的纸张紧度、脆性及不透明度等综合指标良好^[16]。因此,葛藤纤维具备成为优质造纸原料的先决条件。

海拔对纤维形态的影响具有一定的空间效应,即在适合其生长的海拔范围内,纤维长度随海拔的增加而变化。云杉(*Picea asperata* Mast.)的纤维长度和长宽比随海拔的升高而增加^[17],而毛竹(*Phyllostachys pubescens* Mazel ex H. Delehaie)的纤维长度则随海拔的升高而减少^[18]。葛藤的纤维长度和长宽比与海拔分别存在极显著($P < 0.01$)和显著($P < 0.05$)的正相关关系,这可能是由于随海拔的增高,温度逐渐降低,空气湿度增加,而湿冷的气候有利于葛藤纤维特性发生变化。葛藤纤维形态与经纬度的相关性不大。大量的文献表明,纤维中的化学成分存在一定的地理变异模式^[19-21],但葛藤的化学组成与纬度及海拔均不存在显著的相关性,这可能是由采样面积过小造成的。周志春等人的研究结果表明,纤维中的1% 氢氧化钠抽出物含量无一定的地理模式,与经纬度无关^[19]。但作者的研究结果显示,葛藤纤维中的1% 氢氧化钠抽出物含量与纬度

存在显著的负相关关系,其发生原因有待于进一步研究。

在葛藤扦插成活后2年的生长期限内,葛藤纤维形态指标与化学组成与其生长时间显著相关。葛藤纤维的长度、宽度和长宽比均随着生长时间的延长而显著增加,且第1年葛藤纤维长度和长宽比的增加幅度明显高于第2年。随着生长时间的延长,葛藤纤维中的水分和灰分的含量逐渐降低,各种抽出物、酸不溶木素和综纤维素含量逐渐提高。因此,葛藤的生长时间对制浆得率和品质均有一定的影响,进而影响纸张的质量,因而,在生产中应尽量不要使用由当年生的葛藤制成的纤维。但随着生长年限的延长,葛藤纤维会发生老化,纤维长度、宽度和长宽比的增幅都将减小,且各种抽出物的含量逐渐增高,因而,生长时间过长的葛藤也并不一定是制备葛藤纤维的优良原料。这个拐点发生在何时,在本实验中并未得出结果,这可能与作为实验对象的葛藤生长时间较短有关。

葛藤纤维原料具有价格低廉和来源广泛的特点,大力发展葛藤纤维产业,实现葛藤纤维的可持续利用和经营,对长江流域的生态治理及特种纤维产业的发展具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第四十一卷 [M]. 北京: 科学出版社, 1995: 224.
- [2] 吴德邻, 陈忠毅, 黄向旭. 中国葛属 (*Pueraria* DC.) 的研究 [J]. 热带亚热带植物学报, 1994, 2(3): 12-21.
- [3] 唐春红, 岳朝军. 葛根营养保健作用机理及保健食品的开发 [J]. 中国食品添加剂, 2005(增刊): 171-174.
- [4] 郑琳颖, 李博萍, 潘竞锵, 等. 葛根降低 *D*-gal 诱导大鼠血糖和改善糖耐量减退的作用 [J]. 中医药临床杂志, 2005, 17(4): 358-359.
- [5] 刘建林, 夏明忠, 罗强, 等. 葛藤的饲用价值及其在攀西地区畜牧业中的应用 [J]. 资源开发与市场, 2005, 21(1): 52-53.
- [6] 丁艳芳. 葛藤的价值及其开发前景 [J]. 西北林学院学报, 2003, 18(3): 86-89.
- [7] 王德兴. 生物灾害 [M]. 台北: 未来出版社, 2005: 64-73.
- [8] 雷永松, 戴丽, 陶惠萍, 等. 林业有害植物葛藤风险评估 [J]. 湖北林业科技, 2009(1): 20-24.
- [9] 国家轻工业局行业管理司质量标准处. 中国轻工业标准汇编: 造纸卷(上册) [M]. 北京: 中国标准出版社, 1999: 16.
- [10] 王菊华. 中国造纸原料纤维特性及纤维图谱 [M]. 北京: 轻工业出版社, 1999.
- [11] 国家轻工业局行业管理司质量标准处. 中国轻工业标准汇编: 造纸卷(下册) [M]. 北京: 中国标准出版社, 2000: 200-223.
- [12] 姜磊, 廖声熙, 李昆, 等. 构树皮化学成分、纤维形态与制浆性能分析 [J]. 西南林学院学报, 2007, 27(3): 71-75.
- [13] 制浆造纸手册编写组. 制浆造纸手册(第一分册): 纤维原料和化工原料 [M]. 北京: 轻工业出版社, 1987.
- [14] 方升佐, 杨文忠. 杨树无性系木材基本密度和纤维素含量株内变异 [J]. 植物资源与环境学报, 2004, 13(1): 19-23.
- [15] 徐有明, 方洪元, 黄吉田. 意杨纸浆材材性变异的研究 [J]. 木材工业, 1994, 8(1): 38-44.
- [16] 孔葆青, 魏丽芬. 植物纤维的化学组成与纸浆性能 [J]. 湖北造纸, 2004(2): 6-7.
- [17] 四川省云杉纸浆材协作组. 云杉人工林材性变异的初步研究 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2001, 29(3): 29-34.
- [18] 鲁顺保, 丁贵杰, 彭九生. 立地条件与毛竹竹材密度和纤维形态关系初探 [J]. 福建林业科技, 2008, 35(1): 55-58, 139.
- [19] 周志春, 秦国锋, 李光荣, 等. 马尾松天然林木材化学组分和纸浆性能的地理模式 [J]. 林业科学研究, 1995, 8(1): 1-6.
- [20] 周永丽, 刘福云, 万军, 等. 四川桉木木材材性初步研究 [J]. 四川林业科技, 2003, 24(1): 75-78.
- [21] 尚洁, 贾洪柏, 王秋玉. 白桦天然种群木材化学成分地理变异与相关性研究 [J]. 植物研究, 2007, 27(5): 607-611.