

# 林地施肥对 I-214 杨木材性质的影响\*

柴修武 陆熙娴 相亚明 黄洛华

(中国林业科学研究院木材工业研究所)

**摘要** 本文系统地研究了林地施肥与 I-214 杨木材性质的关系。其结果：林地施肥后，木材纤维的长度、宽度、壁厚及化学组成的 $\alpha$ -纤维素的数均值呈上升趋势；木材细胞次生壁 S<sub>2</sub> 层的微纤丝角由 19.4 度减至 18.3 度，纤维素的相对结晶度由 54.5 % 增加为 56.3 %；木材的物理力学性质诸项指标，虽互有高低，经方差分析验证，尚未达到差异显著水平；化学机械浆 (CMP) 制浆特征和浆张的物理性质，除多量施肥的化学预处理后得率 (89.2 %) 稍高外，其他各项指标相近。

**关键词** I-214 杨；木材性质

林地施肥的目的，在于满足杨树生长发育所需的营养元素，以求在较短时间内获得较多的林木生长量和较好的木材材质。I-214 杨林地施肥与生长效应材料，由中国林业科学研究院林业研究所刘寿坡研究员提供<sup>[1]</sup>，致于林地施肥对 I-214 杨木材性质的影响，本文进行了研究，其结果为杨树集约栽培提供科学参考依据。

## 1 试验林地概况

I-214 杨 (*Populus × euramericana* (Dode) Guinier cv. 'I-214') 林地施肥效应试验林设在山东省茌平县苗圃内。该林地位于 36°35' N, 116°10' E, 黄河下游，徒骇河东侧。年均气温 13.2 °C，年降雨量为 600 mm，地下水位 3 m，雨季为 1 m 左右。土壤为黄河淤积形成的粘壤质黄潮土，土壤容重为 1.3~1.4 g/cm<sup>3</sup>。速效氮 (N) 含量低，形成土壤养分相对贫乏。1981 年全面机耕深 40 cm，1982 年初穴状整地 1 m 见方，同年造林，株行距为 4 m × 5 m，500 株/ha。造林后每年施肥一次，沟施于植株两侧，共 8 年。林地施肥与林木生长状况见表 1。试材采自试验林内三个不同处理小区中，选有代表性的平均木各三株。

表 1 I-214 杨林地施肥与生长量关系

施肥处理	年施肥量 <sup>①</sup> (kg/ha)	树龄 (a)	树高 (m)	胸径 (cm)	单株材积 (m <sup>3</sup> )	单株材积相对值 (%)	公顷材积 (m <sup>3</sup> /ha)
未施肥	未施肥	8	15.1	17.3	0.1462	100	72.3889
中量施肥	氮 81.46, 磷 290.7, 钾 70.75, 绿肥 10 000	8	17.2	22.5	0.2010	138	99.5152
多量施肥	氮 162.94, 磷 58.14, 钾 23.58, 绿肥 5 000	8	17.9	23.2	0.3023	207	149.6460

① 氮为尿素 (含 N 46.03 %)，钾为硫酸钾 (含 K<sub>2</sub>O 53 %)，磷为过磷酸钙 (含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12.9 %)，绿肥为紫穗槐嫩枝叶。

本文于 1990 年 11 月 2 日收到。

\* 本研究为林业部“杨树无性系良种木材性质的研究”项目一部分。参加人员尚有骆秀琴、张寿槐、丁水汀、孙成志 (中国林科院林化所)、胡惠仁 (天津轻工业学院)，本文承周崑、鲍甫成研究员审阅，特此致谢。

## 2 试验方法

试材离析后采用常规方法和KAJAANI FS-100自动纤维长度分析仪测定纤维长度、宽度、壁厚、腔径；采用X射线衍射法<sup>[2,3]</sup>测定木材细胞壁S<sub>2</sub>层微纤丝角和纤维素的相对结晶度；根据国家标准“造纸工业测试方法GB2677.2-81-10-81”进行化学成分分析；参考国家标准“木材物理力学试验方法”进行木材物理力学试验和数据处理，制浆选用化学机械浆(CMP)制浆试验程序<sup>[4]</sup>。

## 3 结果与讨论

### 3.1 材色

木材淡黄褐色，内外部材色较为一致，未见“红心材”，对制浆造纸漂白有益。施肥与未施肥的木材材色基本一致。

### 3.2 纤维形态

林地随施肥量的增加，林木生长加快，径级加粗，纤维的长度增长呈上升趋势(表2,3)。

表2 导管和纤维形态

(单位:  $\mu\text{m}$ )

施肥处理	导管 长度	纤维长度			纤维 宽度	长宽比	柔性系数 <sup>①</sup>	纤维 双壁厚	纤维 腔径	壁腔比
		数均值	标准差	离散系数 <sup>②</sup>						
未施肥	579.96	1025.43	323.28	0.32	24.40	42	0.61	4.46	14.78	0.30
中量施肥	611.12	1075.04	315.00	0.29	24.89	42	0.56	4.48	14.60	0.32
多量施肥	634.27	1102.45	317.38	0.29	25.50	43	0.58	4.47	14.82	0.30

① 柔性系数系纤维腔径与纤维宽度之比；

② 离散系数系标准差与纤维长度之比，此值愈小，表示纤维的均匀性愈好。

表3 纤维长度<sup>①</sup>

施肥处理	测量根数 (根)	算术值 <sup>②</sup> (mm)	重量平均值 <sup>③</sup> (mm)	二重重量平均值 <sup>④</sup> (mm)	0.3mm以下纤维和杂细胞含量(%)	
					算术平均	重量平均
未施肥	4391	0.56	0.73	0.87	23.16	6.94
中量施肥	5257	0.69	0.87	1.02	19.61	3.78
多量施肥	4205	0.72	0.97	1.06	19.03	3.49

① 芬兰 Kajaani FS-100 纤维长度测定仪测定；② 算术平均纤维长度  $L_N = \frac{\sum nl}{\sum n}$ ；③ 重量平均纤维长度

$L_W = \frac{\sum nl^2}{\sum nl}$ ；④ 二重重量平均纤维长度  $L_{W'} = \frac{\sum nl^3}{\sum nl^2}$ ，n为各组分的纤维总根数，l为各组分的纤维长度。

这一结果与 Cheng 和 Bensend 研究氮(N)素对两个杨树无性系(Tristis No.1, *Populus tristis* × *Populus balsamifera* L., ax Wisconsin-5, *Populus deltoides* × *Populus nigra*)影响与幼茎解剖的结果相一致<sup>[5]</sup>。纤维的宽度、壁厚的数均值同样亦有所增加。上述纤维形态的变化，经方差分析，差异未达到显著水平。施肥对木材纤维的影响，亦有研究者得出不同的结果<sup>[6]</sup>。

### 3.3 微纤丝角

林地施肥后，微纤丝角随纤维长度的增长，数均值减小(表4)。微纤丝角是细胞壁的基

本性质之一<sup>[7]</sup>, 角度愈小, 木材的强度愈大, 变形愈小。

表 4 细胞次生壁 S<sub>2</sub> 层微纤丝角和纤维素的相对结晶度

施肥处理	未 施 肥				中 量 施 肥				多 量 施 肥			
	株		数		株		数		株		数	
	1	2	3	数均值	1	2	3	数均值	1	2	3	数均值
微纤丝角(度)	19.2	19.8	19.2	19.4	22.6	20.8	11.6	18.3	17.1	24.8	15.6	19.2
相对结晶度(%)	53.4	55.8	54.2	54.5	57.6	53.7	57.6	56.3	55.6	57.0	55.9	56.2

### 3.4 纤维素的相对结晶度

从表 4 看出, I-214 杨木材纤维素的相对结晶度, 有上升趋势。纤维素结晶度的提高, 纤维的抗张强度、抗弯弹性模量、硬度、密度和尺寸稳定性增高; 保水值、伸长率、染料吸着度、润胀度、柔软性和化学反应性降低<sup>[7]</sup>。

### 3.5 木材化学成分

I-214 杨木材化学成分, 国内已有报道<sup>[7]</sup>。林地施肥对 I-214 杨木材化学成分的影响, 从试验结果来看, 变异不大, 唯有  $\alpha$ -纤维素含量随林地施肥量的增加而上升(表 5)。 $\alpha$ -纤维素的高低, 标志着木材纤维的优劣。因而林地按需施肥, 对提高木材品质是有益的。

表 5 化 学 成 分

(单位: %)

施肥处理	灰分	水分	抽 提 物				木素	多戊糖	综纤维素	$\alpha$ -纤维素
			冷水	热水	1%NaOH	苯-乙醇				
未 施 肥	0.76	6.30	2.78	3.67	19.69	2.84	21.45	23.83	74.96	42.03
中量施肥	0.83	6.13	2.66	3.43	20.20	2.70	21.82	24.03	74.26	42.43
多量施肥	0.66	5.91	2.11	3.33	20.24	2.83	21.87	24.24	75.01	42.51

### 3.6 木材物理力学性质

随施肥量的增加, 木材密度数均值呈下降趋势, 顺纹抗压强度没有变化, 而端面硬度却有提高(表 6)。木材物理力学指标数均值的变化, 经方差检验, 差异并非显著。

### 3.7 化学机械浆制浆特征和浆张物理性质

试验结果表明, 除多量施肥化学预处理后的得率较高外, 其他诸项数均值都比较接近; 浆张各项强度相差不大, 除未施肥林地木材的浆张耐破指数较高和多量林地施肥木材的浆张撕裂指数较高外(表 7, 8), 其他均无不利影响。

总之林地施肥后, I-214 杨木材性质发生了一些变化: ①木材纤维的长度有所增长, 纤维宽度加大, 但其差异均未达到显著水平。②木材细胞次生壁 S<sub>2</sub> 层微纤丝角趋于减小, 纤维素的相对结晶度的百分率增高。③木材化学成分含量略同, 只有  $\alpha$ -纤维素随林地施肥量的增加而增加。④木材物理力学诸项指标, 有较小变化, 但方差分析, 差异均不显著。⑤木材化学机械浆(CMP)制浆特征, 除多量施肥化学预处理后得率较高外, 其他各项指标变化不大。

从本项研究结果, 可得出这样的结论: 合理施肥可提高杨树木材品质, 特别是木材纤维的品质。所以因地制宜施肥是 I-214 杨木定向培育、提高木材品质必不可少的集约经营措施之一。

表6 木材物理力学性质

施肥处理	未施肥(对照)区					中量施肥区					多量施肥区					
	均值	标准差	标准误差	变异系数	准确指数	均值	标准差	标准误差	变异系数	准确指数	均值	标准差	标准误差	变异系数	准确指数	
密度(g/cm <sup>3</sup> )	0.416	0.020	0.0035	4.89	0.85	0.408	0.026	0.0044	6.46	1.08	0.403	0.017	0.0029	4.34	0.71	
干缩系数(%)	径向	0.117	0.010	0.0018	8.93	1.58	0.118	0.012	0.0019	9.85	1.64	0.125	0.011	0.0017	8.57	1.39
	弦向	0.246	0.010	0.0018	4.66	0.72	0.224	0.015	0.0025	6.17	1.03	0.249	0.011	0.0019	4.59	0.76
抗弯强度(MPa)	61.4	4.31	0.75	7.07	1.21	59.0	5.84	0.905	9.89	1.65	58.8	4.46	0.714	7.58	1.21	
抗弯弹性模量(GPa)	5.93	0.541	0.094	9.13	1.59	5.72	0.806	0.132	14.11	2.32	5.84	0.585	0.095	10.03	1.63	
顺纹抗压强度(MPa)	27.9	1.97	0.343	7.06	1.23	27.9	2.50	0.418	8.99	1.50	27.9	1.93	0.317	6.92	1.14	
冲击韧性(kJ/m <sup>2</sup> )	3.89	1.24	0.34	31.78	8.81	3.85	0.94	0.17	24.40	4.07	3.73	1.11	0.19	29.84	5.04	
硬度(N)	径面	18.9	2.57	0.740	13.84	4.00	17.6	2.77	0.798	15.75	4.55	16.8	3.65	1.05	21.74	6.28
	弦面	18.8	2.57	0.762	13.34	3.85	19.3	1.87	0.540	9.68	2.80	18.4	2.03	0.586	11.01	3.18
	端面	22.8	2.36	0.684	10.36	2.99	25.4	1.49	0.430	5.85	1.69	25.1	1.61	0.465	6.41	1.85

注:木材密度、抗弯强度、抗弯弹性模量、顺纹抗压强度、冲击韧性、硬度均为含水率15%的值。单位名称:1MPa(兆帕)=10.197kgf/cm<sup>2</sup>;GPa(千兆帕);kJ/m<sup>2</sup>(千焦耳/m<sup>2</sup>);N=(牛顿)。

表7 化学机械浆(CMP)制浆特征

施肥处理	化学预处理率(%)	废液中Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> 含量(g/l)	磨浆后打浆度(°SR)	未漂浆白度SBD(%)	漂白浆白度SBD(%)
未施肥	87.5	3.09	40.5	46.5	63.2
中量施肥	86.9	3.05	37.5	47.3	62.5
多量施肥	89.2	3.06	37.5	46.7	61.8

表8 未漂浆浆张物理性质

施肥处理	打浆度(°SR)	定量(g/cm <sup>2</sup> )	抗张指数(N·m <sup>2</sup> /g)	表观密度(g/cm <sup>3</sup> )	耐破指数(kPa·m <sup>2</sup> /g)	撕裂指数(mN·m <sup>2</sup> /g)	耐折度(双折)(次)
未施肥	40.5	49.2	43.85	0.42	2.05	5.05	13
中量施肥	37.5	49.1	44.57	0.41	1.88	4.39	10
多量施肥	37.5	49.2	44.92	0.41	1.63	5.18	12

## 参 考 文 献

- [1] 刘寿坡, 1986, 意大利214杨人工幼林施肥效应, 土壤通报, (4)。
- [2] 孙成志等, 1984, 马尾松纤维素相对结晶度的研究, 林业科学, 20(3):290~298。
- [3] 阮锡根等, 1982, 应用X射线—(002)衍射弧法测定纤维次生壁的微纤丝角, 林业科学, 18(1):64~70。
- [4] 柴修武等, 1990, 灌溉对I-69杨木材性质与化学机械浆(CMP)造纸的影响, 林业科技通讯, (10):24~27。
- [5] Cheng, W. et al., 1979, Influence of Nitrogen on Stem Anatomy of two Populus Clones, *Wood Science*, 11(3): 176~181.
- [6] Dasswell H. E., 1989, The Effect of Silvicultural practices on wood properties, *Wood Variation, Its Causes and Control*, 210~231.
- [7] 孙成志等, 1988, 速生杨全树化学热磨机械浆(TMP)的研究, 林业化学与工业——林产化学化工学会学术会议论文集(Ⅱ): 3~12。

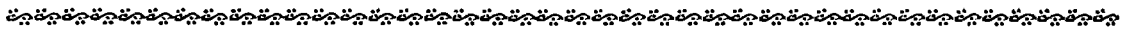
## *Effect of Fertilization on the Wood Properties of Populus 'I-214'*

Chai Xiuwu Lu Xixian Xiang Yaming Huang Luohua

(The Research Institute of Wood Industry CAF)

**Abstract** After the fertilizers were applied to forest land in Populus 'I-214' plantations, the average values of wood fibre length and width, wall thickness, relative crystallinity of cellulose and the chemical composition of  $\alpha$ -cellulose showed a rising tendency but the microfibrillar angle of S<sub>2</sub> layer of secondary wall of the wood cell a declining one (from 19.4° ~18.3°). The values of the mechanical and physical properties of wood from treated or untreated plantations were different. But after they were checked by the analysis of variance, there were no obvious difference between them. The values of the physical properties of pulping and paper for chemical and mechanical pulping were similar except the yield rate (89.2%) was a bit high after the chemical preprocessing of heavily fertilized wood.

**Key words** Populus 'I-214'; property of wood



### 《松毛虫综合管理》达同类专著的国际先进水平

在林业部科技司主持下,经参与攻关研究单位的科技人员的通力合作,由陈昌洁先生主编的《松毛虫综合管理》专著,已于1990年12月由中国林业出版社正式出版。该书在汇集我国过去松毛虫研究和防治实践的基础上,着重对我国“六五”、“七五”重大科技攻关项目“松毛虫综合管理技术研究”工作的成果进行系统科学总结,是该项研究中各专题所取得的重大科技成果的荟萃。

全书重点阐述了松毛虫种群动态的监测技术,松毛虫种群数量变动与环境的关系,失叶对松树生长和生理的影响,营林技术措施对松毛虫种群的影响,各类松毛虫天敌资源及其作用评价和保护利用技术,白僵菌、拟青霉、苏云金杆菌、松毛虫细胞质多角体病毒等微生物杀虫剂,及拟除虫菊酯类、灭幼脲类等化学杀虫剂在综合管理优化决策模型及其计算机软件,松毛虫防治决策专家系统,松毛虫综合防治的实践经验。

1990年12月29日,林业部科技司组织了国内著名林虫专家进行了严格评审,认为该书取材广泛,内容丰富,编排合理,行文流畅,是迄今为止一本系统全面、理论水平高、实践性强的松毛虫专著,全书已达到目前同类专著的国际先进水平。并认为该书的出版将促进松毛虫综合防治成果的广泛推广应用,对进一步提高我国森林害虫的研究和防治水平,对促进国际间学术交流均具有重大意义。

(林讯)