

文章编号: 1001-1498(2000) 01-0023-08

# 不同经营模式下降低马尾松纸浆生产成本的育种目标

周志春<sup>1</sup>, 李光荣<sup>2</sup>, 黄光霖<sup>2</sup>, 陈跃<sup>2</sup>, 詹祥鉴<sup>2</sup>

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江富阳 311400;

2. 福建省南平造纸营林总公司, 福建南平 353000)

**摘要:** 在构建不同经营模式马尾松未漂硫酸盐浆(UBMKP)生产成本函数的基础上, 尝试研究目标性状木材产量(V)、木材密度(SG)和制浆得率(PY)的经济权重及对育种的重要性, 建立相应的育种目标和选择方程。研究发现, 目标性状对育种的重要性与纸浆生产的成本构成有关。对包括从纸浆林营建到制浆等阶段的林纸一体化的造纸企业, 由于与PY和SG有关的木材收获、运输和制浆等未来成本分量在纸浆生产总成本中所占比例很高, 因而PY和SG对降低纸浆生产成本的重要性较高, 随着贴现率的提高, PY和SG的重要性下降。对于仅靠生产和出售木材的纯林业生产系统, V是最重要的育种目标, 可较少考虑SG和PY。敏感性分析指出, 对于林纸一体化的企业, 成本构成、贴现率和轮伐期等变量对选择决策影响较小。对纸浆生产不同经营模式下育种经济效果的分析表明, 若入选率为10%, 经过第1代遗传改良, 生产能力为 $2 \times 10^5 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$  UBMKP的纸厂每年可获得657.6~746.8万元的额外效益。

**关键词:** 马尾松; 纸浆生产; 成本构成; 育种目标

中图分类号: S722

文献标识码: A

在制定林木育种方案时, 最重要的乃是确定育种目标, 这样可不增加额外成本而提高育种增益。虽然很多重要树种都针对不同目标进行定向选育, 遗憾的是因缺乏可用的信息而无法正确确定育种目标。纸浆生产经营者和管理者都希望能确定性状的改良方向, 或希望一些性状值在最佳水平之上, 但对性状变化与总收益的关系知之甚少。

利用生产函数可以研究育种目标与最终收益间的相互关系, 如Dean等<sup>[1]</sup>和Fonseca等<sup>[2]</sup>假定资本成本固定不变, 利用简单生产函数研究生长速率、木材密度(SG)和制浆得率(PY)对桉树未漂硫酸盐浆(UBEKP)生产的影响。Barralho等<sup>[3]</sup>设定销售价不变或在造纸公司能控制的范围内, 利用简单收益方程研究不同生产成本构成下蓝桉(*Eucalyptus globulus* Labill.)木材产量(V)、SG和PY的经济值。Greaves<sup>[4]</sup>则假定资本成本和生产费用在变动情况下利用长期UBEKP生产函数确定桉树V、SG、PY和干形的经济权重。作者曾报道了马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.) V、SG、木材化学组分和浆纸性能在家系间的遗传差异和重要遗传参数估算值<sup>[5,6]</sup>。本文将详细描述UBMKP成本函数, 根据不同贴现率, 研究在几种经营模式的不同

收稿日期: 1999-05-04

基金项目: “九五”国家科技攻关“马尾松优质纸浆用材树种良种选育及培育技术研究”专题(96-011-01-01)及中国林科院亚林所和福建省南平造纸营林总公司科技合作项目

作者简介: 周志春(1963-), 男, 江苏丹阳人, 副研究员, 在读博士生。

生产成本结构下 V、SG 和 PY 对降低纸浆生产成本的相对经济重要性,确定马尾松纸浆生产的育种目标,构建适宜的指数选择模型,并分析在纸浆林不同经营模式下进行育种的经济结果。

## 1 研究方法

### 1.1 育种目标性状

育种目标乃是希望加以改良的系列性状组合,以使林纸企业获得最大收益。纸浆林建设是一项长期投资,要预测其未来的生产水平和售价较为困难。经济学理论表明不能期望未来有高的售价,但对所有经营者来讲,使生产成本降至最低应是最合理的育种目标。目标性状的确定应基于经济学的考虑,而非根据其遗传特性或估测的难易程度。单位面积纸浆产量是生长的函数,材积生长常作为一个重要目标性状。诸如木材密度、纤维素含量和纤维长度等木材性状虽然影响制浆过程和浆纸性能<sup>[7,8]</sup>,但与制浆成本关系的研究甚少。Barralho 等<sup>[3]</sup>、Greaves 等<sup>[4,9]</sup>和 Raymond 等<sup>[10]</sup>根据桉树 V、SG、PY、干形、纤维长度等与 KP 和 CCSP 制浆成本的关系,认为 V、SG 和 PY 是 3 个主要目标性状。影响纸浆生产系统的性状还有抗病性、树皮含量、木材化学组分等,但这些性状缺乏适用的遗传学和经济学信息。本文将收获时的 V、SG 和 PY 作为 UBMKP 的主要育种目标性状。

### 1.2 纸浆生产的成本函数

纸厂可通过拥有或租赁土地生产木材,或直接从林业系统购买木材。本文研究的生产系统是一个具有固定生产能力的 UBMKP 纸厂,拥有的纸浆林基地能满足纸厂木材需求。从营林到纸浆生产,包括纸浆林培育、木材收获和运输、UBMKP 生产等环节。

1.2.1 纸浆林生产成本 培育成本包括林地使用费( $C_L$ )、营建费( $C_E$ )和维护费( $C_M$ )。 $C_E$  有种苗、林地准备、植苗、施肥、幼抚、设计等开支, $C_M$  包括防火、病虫害防治、追肥等项和其它必要开支如林道维修等。 $C_L$ 、 $C_E$  和  $C_M$  一般按单位林地面积计算,换算成吨浆成本时则除以 V、SG 和 PY。

1.2.2 纸材收获和运输成本 纸材收获涉及伐木、集材、剥皮、圆木装载等。收获成本( $C_H$ ) 常按木材体积或鲜质量计算。收获时单位体积木材的纸浆产量随 SG 和 PY 增加而提高,而  $C_H$  则相反。树木大小对  $C_H$  似有影响,较小圆木的  $C_H$  有增加趋势,可参照参考文献[2,3]。吨浆运输成本( $C_T$ )与 V 无关,随 SG 和 PY 增加而降低。

1.2.3 从圆木至制浆的成本 从圆木到 UBMKP 需经削片、蒸煮、打浆、筛浆、洗涤、碱回收等工序。虽然关于材性对马尾松制浆过程和制浆成本影响的研究未有报道,但假设 UBMKP 制浆成本( $C_P$ )随 SG 和 PY 增加而降低应是成立的。

1.2.4 纸浆总成本 以吨 UBMKP 人民币元计,并贴现至纸浆林营建时,见表 1 中的  $C_{TT}$ ,式中  $L$  为纸厂中的纤维损耗量,按 7.5% 计。 $r$  为轮伐期(这里设计为 20 a), $i$  为贴现率。

### 1.3 纸浆生产的成本构成

因南方集体林区林权复杂,马尾松纸浆林基地建设应因地制宜采取多种经营模式,下面是几种较有效的经营模式。作为对比分析,还选择一个仅生产和销售木材的纯林业生产系统。

1.3.1 模式 1 纸厂拥有林场,木材能自给,不考虑  $C_L$ 。这是纸厂办林场的情形。

1.3.2 模式 2 在纸厂周围租赁林地和投资造林。成本构成与模式 1 相似,只是主伐时以其

表 1 UBM KP 生产成本(包括林地、纸浆林营建和维护、木材收获和运输、制浆等)

生产阶段	UBMKP 生产成本函数	不同生产成本构成/(元·t <sup>-1</sup> )				成本计时
		模式 1	模式 2	模式 3	模式 4	
纸浆林营建	$C_E \quad 1/(V \cdot SG \cdot PY)$	35.6	44.5	29.7	35.6	轮伐期始
纸浆林维护	$C_M \quad 1/(V \cdot SG \cdot PY)$	1.2	1.5	1.0	1.2	按年计
纸材收获	$C_H \quad 1/(V^{0.2} \cdot SG \cdot PY)$	401.9	401.9	267.9		轮伐期末
纸材运输	$C_T \quad 1/(SG \cdot PY)$	354.6	354.6	461.0		轮伐期末
制浆	$C_P \quad 1/(SG \cdot PY)$	1 019.9	1 019.8	1 019.8		轮伐期末
纸浆总成本	$C_{TT} = C_E/(1-L) + C_M[1 - (1+I)^{-r}]/[I(1-L)] + (C_H + C_T)(1+I)^{-r}/(1-L) + C_P(1+I)^{-r}$	454.69	466.06	440.99		轮伐期末

注: 表中 UBMKP 纸浆生产成本数据来源于福建省南纸股份有限公司 1999 年度实际值。

## 二成木材抵作林地使用费。

1. 3. 3 模式 3 与模式 2 类似, 但租赁的林地距纸厂较远, 那里劳力廉价,  $C_E$ 、 $C_M$  和  $C_H$  是模式 1 的 2/3, 但  $C_T$  提高了 30%。

1. 3. 4 模式 4 一个纯林业生产系统, 仅生产和销售木材。成本构成中仅包括  $C_E$  和  $C_M$ , 适用于国有林场和林业局经营的纸浆林。

## 1. 4 经济权重和指数选择

性状单位增加量引起育种目标的变化(这里指纸浆总成本的节支值)定义为性状的经济权重。将各项成本函数代入  $C_{TT}$ , 分别对  $V$ 、 $SG$  和  $PY$  求偏导数估算其经济值  $W_V$ 、 $W_{SG}$  和  $W_{PY}$ , 并利用 Smith-Hazel 选择指数估算指数系数向量。

## 1. 5 数据来源和模拟

$V$ 、 $SG$  和  $PY$  遗传参数估算值来源于前两文(表 2)<sup>[5,6]</sup>。假设未经过遗传改良的马尾松纸浆林在 20 a 伐期时每公顷木材产量为 225 m<sup>3</sup>, 木材基本密度为 0.45 t·m<sup>-3</sup>, UBMKP 得率为 0.47。分别按 2.5%、5%、7.5% 和 10% 4 种贴现率计算纸浆生产成本。

表 2 3 个主要目标性状的重要遗传参数

性状	单位	均值	遗传型标准差	表型标准差	家系遗传力 <sup>①</sup>		
					V	SG	PY
V	m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup>	225	30.75	39.87	<u>0.61</u>	-0.56	0.48
SG	t·m <sup>-3</sup>	0.45	0.0189	0.0232	-0.38	<u>0.67</u>	0.80
PY	kg·kg <sup>-1</sup>	0.47	0.0050	0.0078	0.41	0.37	<u>0.42</u>

①下有横线的数据为性状的家系遗传力; 以此为对角线, 右上三角和左下三角分别为性状间遗传相关和表型相关系数。

## 2 结果与分析

### 2. 1 目标性状的经济权重及对育种的重要性

2. 1. 1 经济权重 不同经营模式下  $V$ 、 $SG$  和  $PY$  的经济权重列于表 3, 如模式 1 中  $W_V$ 、 $W_{SG}$  和  $W_{PY}$  分别为 0.67、1 061.97 和 1 016.78, 表示  $V(m^3 \cdot hm^{-2})$ 、 $SG(t \cdot m^{-3})$  和  $PY(kg \cdot kg^{-1})$  增加一个单位, 吨 UBMKP 成本将分别降低 0.67 元、1 061.97 元和 1 016.78 元。这样育种目标可用  $H = W_V(V_a) + W_{SG}(SG_a) + W_{PY}(PY_a)$  表示, 式中  $V_a$ 、 $SG_a$  和  $PY_a$  分别为木材收获时  $V$ 、 $SG$  和  $PY$  的遗传型值(用与其群体均值的离差表示)。此外, 还可利用  $V$ 、 $SG$  和  $PY$  的指数选择系数  $b_V$ 、 $b_{SG}$  和  $b_{PY}$  来构建育种目标  $I = b_V(V_P) + b_{SG}(SG_P) + b_{PY}(PY_P)$ , 这里  $V_P$ 、 $SG_P$  和  $PY_P$  分别表示收获时  $V$ 、 $SG$  和  $PY$  的表型值(同样用与其群体均值的离差表示)。

表3 不同经营模式下的育种目标和选择指数(贴现率为7.5%)

经营模式	育种目标 H	选择指数 I
模式1	$H_1 = 0.67V_a + 1061.97SG_a + 1016.78PY_a$	$I_1 = 0.14V_p + 289.25SG_p + 1946.49PY_p$
模式2	$H_2 = 0.72V_a + 1089.95SG_a + 1043.57PY_a$	$I_2 = 0.15V_p + 283.95SG_p + 2020.76PY_p$
模式3	$H_3 = 0.48V_a + 1028.21SG_a + 984.45PY_a$	$I_3 = 0.06V_p + 347.46SG_p + 1764.70PY_p$
模式4	$H_4 = 0.22V_a + 111.89SG_a + 107.13PY_a$	$I_4 = 0.08V_p + 29.22SG_p + 311.28PY_p$

2.1.2 对育种的重要性 经济权重和指数选择系数虽可用以确定多性状选择对降低纸浆生产成本的贡献,但并不反映目标性状对育种的重要性。表3列出的是7.5%贴现率时的育种目标和选择指数,可以看出,SG和PY的经济权重远大于V的经济权重。然而SG和PY可利用的遗传变异受其现实变异范围的限制(SG和PY在遗传型间的绝对差异仅在 $0.05 \sim 0.10 t \cdot m^{-3}$ 和 $0.02 \sim 0.03 kg \cdot kg^{-1}$ 左右),SG不可能从 $0.45 t \cdot m^{-3}$ 提高至 $1.45 t \cdot m^{-3}$ ,PY也不能从 $0.47 kg \cdot kg^{-1}$ 提高至 $1.47 kg \cdot kg^{-1}$ ,因此表3中的性状经济权重应作调整才能说明其对育种的真实重要性。

一个目标性状对育种的相对重要性(RVB)可在给定选择强度下用其对育种目标的相对增益( $G_i$ )来描述<sup>[4]</sup>。在不同经营模式下7.5%贴现率时V、SG和PY对育种的相对重要性见表4。可清楚地发现,对不考虑 $C_L$ 的经营模式1,SG和V对育种的重要性相似,而纸浆生产总成本因PY单性状选择的节支值是V的2.18倍。模式2的结果类似于模式1。模式3是纸厂在距其较远地区租赁林地造林的情形,这时PY和SG单性状引起纸浆生产成本的降低值分别是V的2.55倍和3.66倍。对于纯林业的生产系统,V是最重要的目标性状。

表4 在不同经营模式下V、SG和PY对育种目标的相对增益( $G_i$ )和相对重要性(RVB)

性状	模式1		模式2		模式3		模式4	
	$G_i$	RVB	$G_i$	RVB	$G_i$	RVB	$G_i$	RVB
V	9.13	1	10.14	1	4.83	1	4.52	1
SG	10.27	1.12	10.08	0.99	12.31	2.55	-1.01	-
PY	19.89	2.18	20.72	2.04	17.66	3.66	3.51	0.78

与表4中性状对育种的相对重要性一样,PY单性状选择的期望增益最大(包括直接增益和相关的间接增益)(表5)。模式1和模式2中SG和V选择的期望增益相近,而模式3中SG的选择增益是V的2.55倍。假设选择10%的最优家系,基于多性状选择的纸浆总成本期望节支值(贴现至纸浆林营建时),模式1~3分别为35.88、37.34和32.88元 $\cdot t^{-1}$ ,PY单性状获得的期望增益分别为34.38、35.80和30.47元 $\cdot t^{-1}$ ,是多性状选择增益的93%~96%,SG单性状选择的期望增益分别为17.60、17.59和21.50元 $\cdot t^{-1}$ ,分别是多性状选择的49%、47%

表5 不同选择强度下经多性状和单性状选择纸浆生产总成本的降低值 元 $\cdot t^{-1}$ 

性状	模式1			模式2			模式3		
	5 <sup>①</sup>	10	15	5	10	15	5	10	15
V+SG+PY	42.24	35.88	31.98	43.95	37.34	33.29	38.70	32.88	29.31
V	18.59	15.79	14.08	20.66	17.55	15.64	9.75	8.28	7.38
SG	20.72	17.60	15.69	20.71	17.59	15.68	25.31	21.50	19.17
PY	40.47	34.38	30.65	42.14	35.80	31.91	35.87	30.47	27.16

①该栏均为入选率/%。

和 60%, 而仅根据  $V$  的选择(这是多数育种程序常见的状况), 其期望增益则分别是多性状的 44%、47% 和 25%。

模式 1~3 中  $PY$  对降低纸浆总成本的作用最大, 究其原因, 主要与马尾松纸浆生产的成本结构有关。在中国南方山区, 由于伐木、集材、剥皮、圆木装载等主要依靠人工操作, 机械化水平很低, 因而木材收获和运输费用很高。另外我国一些耗用马尾松材的纸厂其生产能力和规模相对较小(年产纸浆和纸张 10~20 万 t, 有些年产仅 1 万 t 左右), 技术装备落后, 劳力费用占制浆成本的很大一部分, 致使吨浆生产成本较国际上一些先进企业高出许多。在模式 1~3 中, 与  $PY$  和  $SG$  有关的木材收获、运输和制浆费用在纸浆总成本中所占比例高达 90%~93%, 而与  $V$  有关的纸浆林营建和维护费仅占 7%~10%。与我国马尾松纸浆生产成本结构不同的是, 葡萄牙和澳大利亚等桉树纸浆生产的大型企业, 纸浆林营建和维护的费用占了总成本的 25% 以上,  $V$  和  $SG$  对育种的重要性较  $PY$  大<sup>[3,4]</sup>。

## 2.2 育种目标的敏感性分析

2.2.1 对成本构成变化的敏感性 对纸浆生产总成本的敏感性分析, 可以确定成本的构成、贴现率和轮伐期等变量对选择决策的作用。表 4 发现在经营模式 1 和模式 2 下, 3 个目标性状重要性的排序是一致的, 而在模式 3 中, 因  $C_E$  和  $C_M$  在总成本中的比例下降,  $PY$  和  $SG$  重要性提高。模式 4 的结果是不难理解的,  $V$  对降低成本的作用最大。根据 James<sup>[9]</sup> 提出的公式, 计算了 4 种模式育种目标和选择指数间的相关系数(表 6), 发现育种目标  $H_1 \sim H_3$  以及选择指数  $I_1 \sim I_3$  间相关系数接近于 1, 说明这 3 种经营模式对选择决策影响很小。而模式 1~3 与纯林业生产系统的模式 4 之间的相关性较小(0.55~0.73), 意味着经营纸浆生产的企业(包括从纸浆林营建到制浆各环节)与典型的林业生产企业有着不同的育种目标。

表 6 4 种经营模式的育种目标间( $H$ , 下三角)和选择指数间( $I$ , 上三角)的相关系数( $r$  值)

项 目	模式 1( $H_1, I_1$ )	模式 2( $H_2, I_2$ )	模式 3( $H_3, I_3$ )	模式 4( $H_4, I_4$ )
模式 1( $H_1, I_1$ )		0.999 8	0.978 6	0.715 6
模式 2( $H_2, I_2$ )	0.999 5		0.973 9	0.730 6
模式 3( $H_3, I_3$ )	0.979 5	0.972 3		0.556 6
模式 4( $H_4, I_4$ )	0.704 2	0.727 3	0.546 7	

2.2.2 对贴现率和轮伐期变化的敏感性 表 7 列出了  $V$ 、 $SG$  和  $PY$  对贴现率变化的敏感性分析结果。随着贴现率的提高, 木材收获、运输和制浆等未来成本在纸浆总成本中的分量下降。因  $PY$  和  $SG$  主要影响未来成本分量,  $V$  主要与种植成本有关, 因此随着贴现率的提高,  $PY$  和  $SG$  对  $V$  的相对重要性将减小。研究发现, 在不同经营模式内, 不同贴现率的育种目标间的相关系数都在 0.94 以上, 说明贴现率的变化虽然对期望增益有影响, 但对选择决策几乎无作用。本文在研究纸浆生产的育种目标时, 将轮伐期看作固定不变, 从对贴现率的敏感性分析结果可

表 7  $V$ 、 $SG$  和  $PY$  重要性对贴现率变化的敏感性

性状	$RVB$ (模式 1)				$RVB$ (模式 2)				$RVB$ (模式 3)			
	2.5 <sup>①</sup>	5.0	7.5	10.0	2.5	5.0	7.5	10.0	2.5	5.0	7.5	10.0
$V$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$SG$	1.70	1.41	1.12	0.87	1.57	1.29	0.99	0.70	4.66	3.53	2.55	1.67
$PY$	2.77	2.47	2.18	1.92	2.64	2.35	2.04	1.74	5.85	4.68	3.66	2.74

①该行均为贴现率/%。

以知道轮伐期的变化对性状重要性的影响。轮伐期延长,在总成本中未来成本分量将下降,PY和SG对V的相对重要性将变小。

### 2.3 不同经营模式下育种经济结果分析

福建省南平造纸营林总公司是全国唯一纸办林的试点单位,经营马尾松纸材基地约4.3万 $\text{hm}^2$ ,依托自办的试验林场,采用多种模式经营纸浆生产,其中以拥有土地自办林场、租赁林地投资造林和股份制经营纸材基地的效果较好,而后两者在本质上相同。为提高马尾松纸材基地的经营质量和效果,自1991年始,福建省南平造纸营林总公司和中国林科院亚林所等合作,开展马尾松优质纸浆材定向选育的研究,已取得重大进展。这里就纸浆生产的几种不同经营模式,对不同成本构成下育种的经济结果进行分析。

表8 不同成本结构下未经遗传改良(UP)和经过第1代遗传改良(IP)后人工林的目标性状值和纸浆生产成本

目标性状值和纸浆生产总成本	模式1		模式2		模式3		模式4	
	UP	IP	UP	IP	UP	IP	UP	IP
$V/(\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2})$	225	240.22	225	241.62	225	231.53	225	264.26
$SG/(\text{t} \cdot \text{m}^{-3})$	0.45	0.4676	0.45	0.4667	0.45	0.4723	0.45	0.4452
$PY/(\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1})$	0.47	0.4769	0.47	0.4768	0.47	0.4769	0.47	0.4742
$C_{TT}/(\text{元} \cdot \text{t}^{-1})$	454.69	418.81	466.06	428.72	440.99	379.89		

假设入选率为10%,在模式1的成本构成下,经过第1代遗传改良后,在20a主伐时V、SG和PY的遗传进展分别为 $15.2154 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $0.0176 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$ 和 $0.0069 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,吨UBMKP总成本由454.69元降低至418.81元,吨浆将节支35.88元(贴现至纸浆林营建时),为总成本的8%左右,意味着一个年产20万吨UBMKP的纸厂每年将增加717.6万元的收益。对于模式2和模式3,第1代遗传改良后期望能降低纸浆成本 $37.34 \text{ 元} \cdot \text{t}^{-1}$ 和 $32.88 \text{ 元} \cdot \text{t}^{-1}$ ,大致与模式1相同,其中以模式3最大。模式1~3都是由纸厂投资造林,林纸结合的情形,节支的纸浆生产成本主要归因于木材收获、运输和制浆等未来成本分量的降低。对于仅靠生产和出售木材(按材积计)的纯林业系统,成本构成中只包括纸浆林营建费和维护费两项,经过第1代遗传改良后,每公顷将增加 $39.2639 \text{ m}^3$ 木材,吨浆成本降低8.54元。

## 3 讨论

选择指数是利用多种信息来源,进行多性状选择的理想方法,然而运用选择指数有一些限制因子,包括适宜目标性状的确定、性状遗传参数和经济权重的精确估算等。作者曾构建包括生长、木材密度和形质指标的选择指数以开展马尾松纸浆材优良家系的多性状选择<sup>[10]</sup>,但在确定目标性状和估算性状经济权重时,未能与纸浆生产成本或收益结合起来考虑,因而有很大的主观性,研究结果只能指导仅靠生产和出售木材的纯林业经营模式下的选择决策。对于纸浆生产而言,重要目标性状应包括收获时V、SG和PY,这些指标不仅影响纸浆质量,更与纸浆生产各环节的成本关系密切。本文利用V、SG和PY已估算的遗传参数,尝试构建UBMKP的生产成本函数,以确定不同成本构成下UBMKP生产的育种目标。研究发现,对于林纸一体化的造纸企业,由于 $C_H$ 、 $C_T$ 和 $C_P$ 等未来生产成本在纸浆生产总成本中所占比例很高,PY和SG对育种的重要性高于V,但这并不意味着V重要性较小。本文在建立育种目标时是从降低纸浆

生产成本来考虑的,而未考虑通过育种对纸浆生产收益的影响。Dean 等<sup>[1]</sup>和 Fonseca 等<sup>[2]</sup>认为,对于 KP 纸厂,化学回收阶段是其生产瓶颈,提高 PY 将使浆产量增加,以满足化学回收的需求而克服纸厂的生产瓶颈效应。Barralho 等<sup>[3]</sup>和 Greaves 等<sup>[4]</sup>则发现 PY 和 SG 是影响 UBEKP 生产的 2 个最重要育种目标性状,其种植成本( $C_E$ 、 $C_M$ )在总成本中占有较高的比例。

目标性状对育种的重要性与纸浆生产的成本构成有关,不同成本构成的经营模式其育种目标有异。对于仅靠生产和销售木材的纯林业企业, $V$  是主要目标性状,可较少考虑 PY 和 SG。而对于林纸一体化的造纸企业, $C_H$ 、 $C_T$  和  $C_P$  等未来生产成本分量很大,PY 和 SG 之重要性较  $V$  高。随着造纸企业的规模扩大、技术的改造与引进等,制浆成本将会大大降低。交通运输条件的改善可使木材运输费用下降。这样  $C_T$  和  $C_P$  等未来生产成本与种植成本比例减小, $V$  的相对重要性将提高。当然随着优良种植材料的运用,将使轮伐期缩短,苗木成本提高、幼抚次数减少,从而改变纸浆生产的成本构成,影响目标性状的相对重要性。

研究目标性状与各生产阶段成本的关系,构建适宜的成本函数,对于正确确定纸浆生产的育种目标非常重要,但这方面的研究很少<sup>[4]</sup>。Greaves 等<sup>[11]</sup>发现,在育种目标成本函数中,纸浆生产总成本与  $V$ 、SG、PY 和干形间其实呈非线性关系,当性状值处在较高水平时其真实经济权重将降低。性状间存在的依存关系,将使一个性状的经济权重取决于其它性状的数值,这些效应都将使得增益预测值偏高。纸浆生产育种目标的确定还需精确估算目标性状的遗传参数,本文所用的马尾松  $V$ 、SG 和 PY 遗传参数估算值来源于作者的首次报道,因此研究结果仅供参考。

## 参考文献:

- [1] Dean G H, French J, Tibbits W N. Variation in pulp making characteristics in a field trial of *Eucalyptus globulus* [C]. In 44th Annual Appita General Conference, Rotorua, New Zealand, 1990, 1 ~ 33.
- [2] Fonseca S M, Oliveira R C de, Silveira P N, et al. Industrial tree selection: procedures, risks, costs, and benefits [J]. Revista Arvore, 1996, 20(1): 69 ~ 85.
- [3] Borralho N M G, Cotterill P P, Kanowski P J. Breeding objectives for pulp production of *Eucalyptus globulus* under different industrial cost structures [J]. Can J For Res, 1993, 23: 648 ~ 656.
- [4] Greaves B L, Borralho N M G, Raymond C A. Breeding objective for plantation eucalyptus grown for production of kraft pulp [J]. Forest Science, 1997, 43(4): 465 ~ 472.
- [5] 周志春, 李光荣, 黄光霖, 等. 马尾松木材化学组分的遗传控制及其对木材育种的意义 [J]. 林业科学, (已接受发表).
- [6] 李光荣, 周志春, 陈炳星, 等. 马尾松浆纸性能在家系间的遗传差异 [J]. 中国造纸, 1996, 16(5): 7 ~ 13.
- [7] Greaves B L, Borralho N M G. The influence of basic density and pulp yield on the cost of eucalypt kraft pulping: a theoretical model for tree breeding [J]. Appita, 1996, 49(2): 90 ~ 93.
- [8] Raymond C A, Greaves B L, Zhang S Y, et al. Developing breeding objectives for kraft and cold caustic soak (CCS) pulping of eucalyptus. Timber management toward wood quality and end-product value [A]. In: Proceeding of the CTIA-UFRO International Wood Quality Workshop [C]. Quebec City, Canada, August 18 ~ 22, 1997. 1997, 27. 34.
- [9] James J W. Construction, uses and problems of multitrait selection indices [A]. In: Proceedings of the 2nd World Congress on Genetic Applications in Livestock Production [C]. Editorial Garsi, Madrid, Spain, 1982. 5: 130 ~ 139.
- [10] 周志春, 金国庆, 周世水. 马尾松自由授粉家系生长和材质的遗传分析及联合选择 [J]. 林业科学研究, 1994, 7(3): 323 ~ 328.
- [11] Greaves B L, Borralho N M G, Raymond C A. Assumptions underlying the use of economic weights— are they valid in breeding for eucalypt kraft pulp? [J]. Forest Genetics, 1997, 4(1): 35 ~ 42.

## Breeding Objectives for Reducing Pulp Production Costs of Masson Pine under Different Management Models

ZHOU Zhi-chun<sup>1</sup>, LI Guang-rong<sup>2</sup>, HUANG Guang-lin<sup>2</sup>

CHEN Yue<sup>2</sup>, ZHAN Xiang-jian<sup>2</sup>

(1. The Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China;

2. The General Company of Afforestation, Nanping Paper Mill, Nanping 353000, Fujian, China)

**Abstract:** Production cost functions for unbleached masson pine kraft pulp (UBMKP) under different management models were used to determine the economic weights and value to breeding of standing volume, specific gravity and pulp yield and establish corresponding breeding objectives and index selection equations. It was found that importance of breeding objectives was related to cost structures of pulp production. For the pulp mill from growing trees to the production of UBMKP increasing pulp yield and specific gravity had major effects on reducing production cost, since pulp yield and specific gravity primarily influenced the future costs (harvesting, transport, and pulping). Increasing the discount rate should result in decreasing of importance of pulp yield and specific gravity. For a pure forest production system with no affiliation to pulp mill, the breeder's attention should be focused on genetic improvement of standing volume, not on specific gravity and pulp yield. Sensitivity analysis indicated that economic weights including component costs, rotation and discount rate had minimal effects on the selection decisions. Economic consequences for breeding of pulp production showed that the first-generation improved plantation could be expected to achieve additive annual profit of RMB Yuan 6.6 ~ 7.5 million for a pulp company with a mill capacity of 200 000 t and self-sufficiency in wood supply. assuming that the ten top trees in every 100 was selected.

**Key words:** masson pine; pulp production; cost structure; breeding objective