

# 泡桐耐旱性与膜脂肪酸饱和度关系的研究\*

宋露露 熊耀国 赵丹宁

**摘要** 泡桐属树木在土壤水分胁迫下,复水可以降低膜脂肪酸饱和度,土壤水势从 $-2.0 \times 10^5$  Pa 提高到 $-5.0 \times 10^4$  Pa,使叶片膜脂肪酸饱和度降低了2.04%。敏感品种(南方泡桐,台湾泡桐)脂肪酸饱和度比耐旱品种(兰考泡桐,楸叶泡桐)低7.74%,且油酸和硬脂酸含量存在较大差异。脂肪酸饱和度(DSFA)与叶片持水力成正相关,与电解质外渗率和水分饱和亏缺成负相关。

**关键词** 泡桐 耐旱性 膜脂肪酸 脂肪酸饱和度

干旱对植物的影响是导致叶片膜脂肪酸不饱和指数(IUFA)下降,膜透性增大<sup>[1]</sup>的主要原因;而膜脂肪酸组分对抗逆性的影响主要是膜脂肪酸的种类影响膜的流动性和膜结合酶的活性<sup>[2,3]</sup>。近期的研究表明,耐旱品种与敏感品种的脂肪酸饱和度存在差异,如陈军<sup>[4]</sup>对玉米的研究指出,耐旱性较强的品系较敏感品系的饱和脂肪酸含量高。尹田夫<sup>[5]</sup>对大豆的研究证明,抗旱品种膜脂总脂肪酸不饱和指数低于敏感品种。因此,品种的耐旱能力与脂肪酸饱和度(DSFA)之间有某种必然的联系,高DSFA在某种意义上来说是品种耐旱的一个标志。因此,了解泡桐属内膜脂肪酸DSFA(或DUFA)的差异,探讨DSFA与其它耐旱指标的关系,确定DSFA作为耐旱指标对抗旱育种有重要的理论意义。为了论述复水对解除土壤干旱的生理意义,本文在测定泡桐种间膜脂肪酸组分差异的同时,还探讨了复水对脂肪酸组分配比的影响。

## 1 试材和方法

### 1.1 试验地概况

试验地设在山东省兖州市林科所的苗圃地内,117.0 E,35.5 N,海拔55 m,年均降水量700 mm左右;年均气温13.6℃,无霜期240 d,全年日照时数2610.7 h;土壤容重1.194 g/cm<sup>3</sup>,pH7.5~7.6。试验地面积5 hm<sup>2</sup>,地势平坦,有灌溉条件;土壤为潮褐土,质地为壤土,地下水位7~9 m。

### 1.2 试验材料

参试的泡桐材料共6个种(6~7年生),分别为:白花泡桐(*Paulownia fortunei* (Seem) Hemsli),兰考泡桐(*P. longata* S. Y. Hu),毛泡桐(*P. tomentosa* (Thunb) Steud),楸叶泡桐(*P. caltipifolia* Gong Tong),台湾泡桐(*P. kawakamii* Ito)和南方泡桐(*P. australis* Gong Tong);8个无性系(苗期):白花泡桐(南白、C007-3),兰考泡桐(C125、C136),毛泡桐(C161、C83-101),杂种(CL3,TF33)。

1996—07—22 收稿。

宋露露助理研究员,熊耀国,赵丹宁(中国林业科学研究院林业研究所 北京 100091)。

\* 本文是国家“八五”攻关专题“泡桐胶合板材优良无性系选育”内容之一。

### 1.3 取样及测定时间

由于测定项目较多,对进入速生期的树木分阶段测定,7月份测定泡桐大树(6~7年生)的种的脂肪酸组分,8月份测定各无性系的组分,9月份测定复水前后的组分。5次重复,混合后作为测定样品测定脂肪酸组分。叶片持水力等项测定为3次重复,取平均值。

上午8:00取样,105℃烘干30 min,于60~70℃下烘至恒重。

样品经粉碎、研磨、萃取、分离、酯化后,在GC-7AG气相色谱仪上进行分析。色谱柱:40 mm×0.25 mm弹性石英柱,柱温220℃。进样口温度280℃,载气N<sub>2</sub>,柱前压1 kg/cm<sup>2</sup>,分流比约1:30,H<sub>2</sub>流量50 mL/min,空气流量500 mL/min,灵敏度4×10<sup>6</sup>。

### 1.4 测定指标

(1)叶片持水力  $Mrc = (mg - md) / (mg \cdot mf) \times 100\%$

式中:mg——室温下放置24 h叶重;md——80℃下干燥48 h叶重;mf——叶鲜重。

(2)电解质外渗率  $P_m = E_1 / E_2 \times 100\%$

式中:E<sub>1</sub>——叶片保温30 min 电导值;E<sub>2</sub>——沸水浴30 min 电导值。

(3)水分饱和和亏缺  $SDW = (W_1 - W_0) / W_1 \times 100\%$

式中:W<sub>1</sub>——叶片浸水72 h 重;W<sub>0</sub>——叶片鲜重。

(4)脂肪酸饱和度  $DSFA = SFA / TSFA \times 100\%$

式中:SFA——饱和脂肪酸含量;TSFA——总脂肪酸含量。

## 2 结果和分析

### 2.1 泡桐属膜脂肪酸的组分分析

泡桐叶片中膜脂肪酸主要由月桂酸(12:0),棕榈酸(16:0),棕榈油酸(16:1),硬脂酸(18:0),油酸(18:1),亚油酸(18:2)和亚麻酸(18:3)及亚麻酸异构体(18:3)组成,其配比含量见表1、图1。

表1 泡桐膜脂肪酸组分

(单位:%)

品 种	脂 肪 酸 组 分								合计	DSFA
	12:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	18:3		
楸叶泡桐	1.76	14.64	2.39	1.73	2.16	11.39	64.15	1.71	100.00	18.13
兰考泡桐	1.72	14.69	2.22	1.63	2.15	11.92	62.70	2.89	100.00	18.04
白花泡桐	0.92	14.50	2.65	1.33	2.05	10.93	64.49	3.13	100.00	16.75
毛泡桐	1.06	12.10	2.32	1.25	1.59	10.07	67.10	3.64	100.00	15.21
南方泡桐	0.77	11.04	2.62	5.91	11.60	14.08	52.84	1.50	100.00	17.72
台湾泡桐	0.57	10.29	1.64	3.74	5.45	24.48	51.26	2.42	100.00	14.60
平 均	1.27	12.88	2.25	2.60	4.17	13.81	60.44	2.55	100.00	16.75

从表1中可以看出,泡桐叶片中的脂肪酸主要由棕榈酸和亚麻酸组成,合计含量约占脂肪酸总量的87%。其中饱和脂肪酸主要是棕榈酸,约占饱和脂肪酸的77%;不饱和脂肪酸主要是亚油酸和亚麻酸,约占不饱和脂肪酸的89%。在以后的分析和讨论中,仅以上述三种脂肪酸代表叶片膜脂肪酸组分。

南方泡桐的脂肪酸配比与其它5个种有些不同,三种主要脂肪酸只占总量的77.96%,比泡桐属的平均值低9.16%。在南方泡桐的叶片中,硬脂酸和油酸也占有较大比重,是泡桐属中

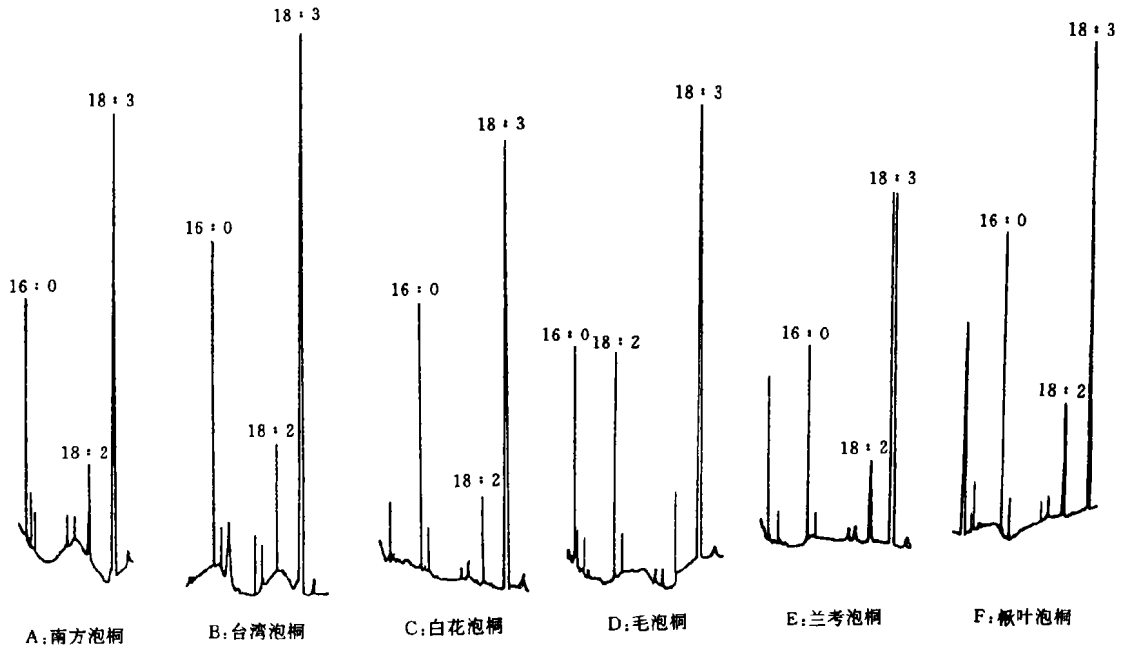


图1 泡桐膜脂肪酸组分图谱

脂肪酸组成配比较特殊的一个种。

楸叶泡桐和兰考泡桐的脂肪酸饱和度较高, 根据对玉米、大豆等农作物的测定结果推断, 这两个种属较耐旱之列, 与以前的研究结果相近<sup>[6]</sup>。

## 2.2 耐旱与敏感品种膜脂肪酸组分的差异

耐旱品种与敏感品种在膜脂肪酸饱和度上有较大不同, 耐旱品种(兰考泡桐和楸叶泡桐)膜脂肪酸饱和度通常高于敏感品种(南方泡桐和台湾泡桐)。从图2和表1中可以看出, 敏感品种中硬脂酸和油酸含量明显高于耐旱品种, 并且脂肪酸饱和度比耐旱品种低。这和陈军等人<sup>[4]</sup>对玉米的研究结果是一致的。苗期兰考泡桐的 *DSFA* 较高(21.81%), 而毛泡桐最低(20.25%), 白花泡桐居中(20.76%), 测定结果比较稳定, 因此该项工作在苗期也具有较强的可行性。

## 2.3 膜脂肪酸饱和度与耐旱指标的关系

经对无性系叶片持水力(24 h)、叶片饱和亏缺和电解质外渗率的测定表明: 兰考泡桐(C125)的持水力最高, 饱和亏缺和电解质外渗率最低, 在三个种中是比较耐旱的; 毛泡桐(C161)的趋势则相反, 是敏感种; 白花泡桐介于两者之间, 属中间种。

由图3可见, 膜脂肪酸饱和度与叶片持水力成正相关; 与电解质外渗率和饱和亏缺成负相关。膜脂肪酸饱和度是正向耐旱指标(即: 脂肪酸饱和度越大, 耐旱性越强)。

## 2.4 复水对叶片膜脂肪酸饱和度的影响

表2表明, 土壤水势从 $-2.0 \times 10^5$  Pa 提高到 $-5.0 \times 10^4$  Pa 时, 泡桐叶片膜脂肪酸饱和度降低, 降低幅度为2.04%, 降低最多的是C161(4.97%), 降低最少的无性系是C125(0.39%)。

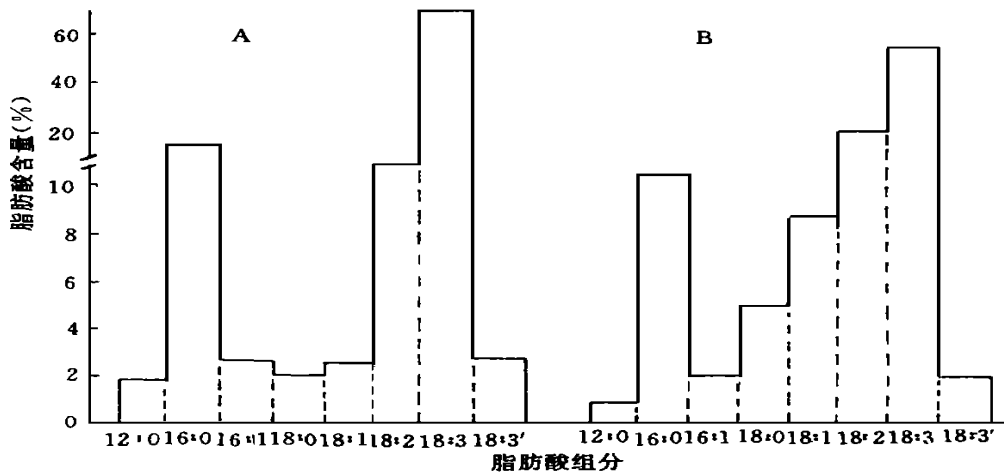


图2 耐旱品种与敏感品种膜脂肪酸组分

A: 耐旱品种(楸叶泡桐和兰考泡桐); B: 敏感品种(南方泡桐和台湾泡桐)

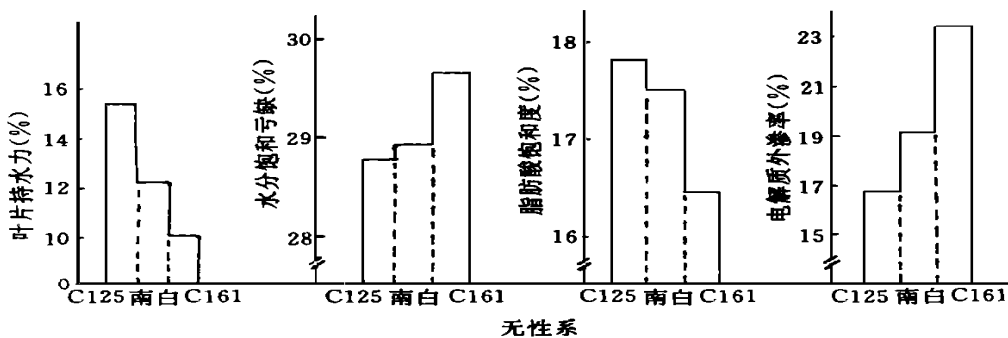


图3 各无性系耐旱指标图解

在土壤比较干旱的情况下, 提高土壤水势可以降低膜脂肪酸饱和度, 使叶片细胞膜流动性增大, 有利于叶片各种生理活动的进行。也可以说干旱对植物的影响很大程度上是影响了叶片的生理活动。

表2 泡桐无性系复水前后叶片膜脂肪酸饱和度的变化 (单位: %)

项目	C125	CL3	C161	南白	TF33	C136	C007-3	C83-101	均值
复水前	14.47	14.46	21.47	17.02	17.49	16.93	18.05	16.03	16.99
复水后	14.06	13.03	16.50	14.93	15.72	15.04	15.40	14.03	14.95
降低率	0.39	0.63	4.97	2.09	1.77	1.89	2.57	2.00	2.04

复水对膜脂肪酸饱和度的影响是显著的, 经对小样本的方差分析检验, 复水后饱和度的降低在 0.05 水平上差异显著(表略)。

复水前后膜脂肪酸饱和度在 0.01 水平上呈显著的线性相关, 相关系数为  $R^2 = 0.0434$ , 相关方程式为:  $Y = 52.33 - 0.39X$  ( $X$ ——复水前饱和度,  $Y$ ——复水后饱和度)。

### 3 讨 论

实验表明,泡桐属内膜脂肪酸饱和度是有差异的,耐旱种与敏感种的 *DSFA* 也存在较大差异。*DSFA* 与其它耐旱指标也存在正或负相关趋势,但由于样本数量较少,不能保证检验的可靠性,对其相关模式还有待进一步的研究。这一阶段性结果证明,从泡桐属中筛选低 *DSFA* 的品种是可能的,*DSFA* 作为耐旱指标也是可行的,如何利用低 *DSFA* 品种培育耐旱子代及可行性还有待进一步研究。

#### 参 考 文 献

- 1 沈秀英,徐世昌,戴俊英,等. 干旱对玉米叶 SOD、CAT 及酸性磷脂酶活性的影响. 植物生理学通讯, 1995, (3): 103 ~ 106.
- 2 陈少欲. 膜脂过氧化对植物细胞的伤害. 植物生理学通讯, 1991, (2): 84 ~ 90.
- 3 宋露露,熊耀国,赵丹宁,等. 利用细胞膜透性测定三种阔叶树耐旱性的探讨. 林业科技通讯, 1993, (4): 19 ~ 21.
- 4 陈军,顾慰连,戴俊英,等. 干旱对玉米叶片膜透性及膜脂肪酸组分的影响. 植物生理学通讯, 1990, (6): 39 ~ 41.
- 5 尹田夫,宋英淑,刘丽君,等. 干旱对大豆线粒体膜脂的磷脂和脂肪酸组分的影响. 植物生理学通讯, 1989, (4): 16 ~ 18.
- 6 黄雨霖,卞祖娴,韩世民,等. 泡桐生长与土壤性质的研究. 见: 中国林学会泡桐文集编委会. 泡桐文集. 北京: 中国林业出版社, 1982. 46 ~ 53.

## Study on the Relationship between Degree of Saturated Fatty Acid in Cell Membrane and Drought Resistant of Paulownia

Song Lulu Xiong Yaoguo Zhao Danning

**Abstract** Fatty acid components in cell membrane in paulownia mainly include palmitic acid, linoleic acid, flax acid (about 87% of total fatty acid) and some palmmoleic acid, stearic acid and oleic acid. *DSFA* was decreased by watering when there is light water stress in soil. And the *DSFA* is decreased by 2.04% when soil potential increased from - 2.0 bar to - 0.5 bar. The *DSFA* difference existed in the membrane between sensitive species and drought-resistant species, and there is a slight difference in content of stearic acid and oil acid. *DSFA* is positively related with *Mrc*, and nagativly with *SDW* and *Pm*.

**Key words** paulownia drought-resistant fatty acid in cell membrane degree of saturated fatty acid