

雷林 1 号桉叶片营养诊断研究*

李淑仪 林书蓉 廖观荣 蓝佩玲

摘要 对雷林 1 号桉叶片营养诊断的采样时间、诊断方法,用临界值法和诊断施肥综合法(DRIS)诊断雷林 1 号桉施肥“中试”区的营养状况。结果表明,雷林 1 号桉叶片营养诊断的最佳采样时间是 8 月龄,其 N、P、K 临界浓度(g/kg)为 17.2、1.3、4.9,DRIS 参数为 K/P、P/N 和 N/K。

关键词 雷林 1 号桉 叶诊断 采样时间 临界值 DRIS

植物营养诊断指标中应用最早最广的传统方法是临界值法,自从 Beaufils(1973)根据养分平衡原理,首先提出诊断施肥综合法(DRIS)以来,国内外在许多农作物和柑桔及橡胶树上已获得应用,在毛竹和湿地松营养诊断中也取得较好的效果^[1,2]。故该法被认为是临界值法的改良。

本研究首先探讨桉树叶片的取样时间,然后确定雷林 1 号桉营养诊断临界浓度和最适浓度标准及 DRIS 参数,最后通过配方施肥中间扩大试验检验两种诊断方法,旨在为合理施肥提供科学依据。

1 试验材料和方法

1.1 试验区产地条件和林分概况

试验地位于我国重要的桉树人工林生产基地——雷州半岛,其地势平坦,地力均匀;立地土壤为浅海沉积物、玄武岩及上述两种母质混合发育的 3 种砖红壤,土层深厚,但肥力低下,有机质、全 N 分别为 3.90~20.0 g/kg 和 0.32~0.96 g/kg,速效 N、P、K 分别为 25~100、0.6~4.8、8~74 mg/kg。

树种为雷林 1 号桉(*Eucalyptus leizhouensis* No. 1),苗木为实生苗,定植于 1990 年 4 月初,定植前施基肥。整地方式为全垦,造林后第二和第三年各抚育一次。

1.2 方法

1.2.1 试验处理 采用人工控制施肥量的定位试验,按不同立地类型布置 3 个试验,均采用对比设计,N、P、K 3 个因素,3 次重复,随机区组排列。N 5 个水平分别为:0、15、30、60、90 g/株,P 和 K 均设 4 水平,分别为:0、15、30 和 60 g/株。每小区的面积为 6 行×10 株,即 60 株。

1.2.2 生长量调查和计算方法 在每年林木生长缓慢期(约 11~12 月)调查树高(H)和胸径($D_{1.3}$),用实验形数 0.424 计算单株材积(V),公式: $V = \pi R^2 \times \text{形数} \times (H + 3)^{[3]}$ 。

1995-12-20 收稿。

李淑仪副研究员,林书蓉、廖观荣、蓝佩玲(广东省科学院土壤研究所 广州 510650)。

* 本文为广东省科学院青年科学基金资助项目(1990~1994 年)的部分内容。参加工作的还有雷州林业局的韩锦光、林松煜、赵贵、卢建等同志,特此一并致谢!

1.2.3 样本采集和制备 6月龄后每月采样,采样部位是从树冠上部1/3处的4个方向,随机采集生长完全、无缺陷的新成叶片,每株约10片,每个小区选取生长均匀的10株树采叶作为一个混合样。样本采回后迅速经80℃杀青,60℃烘干,然后粉碎备用。

1.2.4 化学分析 按国标GB7888-87号方法进行一次性硝化,N、P、K分别按GB7888-87、7887-87号方法测定。

1.2.5 数据处理 营养诊断的临界值法采用一元二次抛物线方程: $y=a+bx+cx^2$ 计算并绘图求得;DRIS诊断法^[4,5]的参数是选择低产组与高产组的方差比值较大和显著的元素叶浓度比值作为诊断参数,N、P、K的DRIS诊断指数:

$$\text{指数}(N) = \frac{-f(P/N) + f(N/K)}{2}; \text{指数}(P) = \frac{f(P/N) - f(K/P)}{2};$$

$$\text{指数}(K) = \frac{-f(N/K) + f(K/P)}{2}$$

其中 $f(P/N) = 100[(P/N)/(P'/N') - 1]$ (当 $P/N > P'/N'$,即 P/N 比的实测值 $>$ 标准值),或 $f(P/N) = 100 \times [1 - (P'/N')/(P/N)]$ (当 $P/N < P'/N'$,即实测值 $<$ 标准值。其它项目用同样方法计算。

2 结果与讨论

2.1 采样时间的选择

为了选择合适的采样时间,首先采取每月的叶片N、P、K浓度和比值与当年生长末期材积的相关分析来确定两者最显著相关的月龄,作为合适的采样期。根据相关分析结果(见表1),造林第一年的叶片养分浓度(g/kg)与生长量关系最密切的是8月龄,其次是9月龄,这与南非的Schönau(1981)^[6]提出的巨桉(*E. grandis*)的采样最适时间在树龄6~12个月的结论相符,该树龄也刚好在春季造林第一年的秋冬季生长缓慢期。

表1 生长量 $V(m^3)$ 与不同月龄的养分浓度(g/kg)和比值的相关系数 r

相关因子	采 样 时 间					备注
	6月龄	8月龄	9月龄	10月龄	11月龄	
V-N	0.171	0.944***	0.593*	0.339	0.474	$r_{0.1} = 0.549^*$
V-P	0.423	0.787***	0.877***	0.136	0.289	
V-K	0.518	0.849***	0.726**	0.651**	0.590*	$r_{0.05} = 0.632^{**}$
V-N/P	0.256	0.592*	0.569*	0.358	0.345	$r_{0.01} = 0.765^{***}$
V-N/K	0.041	0.888***	0.637**	0.716**	0.300	
V-P/K	0.255	0.700**	0.397	0.564	0.115	

再以造林第三年的生长量为目标产量,分别与8月龄(造林第一年)、20月龄(造林第二年)和32月龄(造林第三年)的叶片养分浓度和比值进行相关统计。本文确定相关系数显著、且 b 值大于零者为有效方程。结果(见表2)如下述:8月龄采样的3个试验共18组方程式中,有16组有效;20月龄采样的仅8组有效;32月龄采样的降至7组有效。

上述结果充分说明雷林1号桉叶片营养诊断合适的采样时间为8月龄,而且说明其树龄的营养状况可影响到第三年产量。因短轮伐期桉林的一个轮伐期约为6a,故足可说明采样时期的适宜性和用作营养诊断的可靠性。

表 2 叶片养分浓度(g/kg)和比值与第三年材积 V (m³)的抛物线回归关系

相关因子	回 归 方 程 (n=24)	r 值
V	$y = -2.23 + 13.64x_1 - 2.86x_1^2$	0.340*
(8 月龄)	$y = -6.87 + 92.6x_2 - 97.9x_2^2$	0.557***
	$y = -9.6 + 57.8x_3 - 34.3x_3^2$	0.611***
	$y = -12.84 + 5.3x_4 - 0.48x_4^2$	0.863***
	$y = -4.17 + 4.03x_5 - 0.66x_5^2$	0.752***
V	$y = -33.7 + 55.6x_1 - 18.6x_1^2$	0.454**
(20 月龄)	$y = -20.5 + 238.4x_2 - 413.4x_2^2$	0.540***
	$y = -179.2 + 604.6x_3 - 470.8x_3^2$	0.759***
	$y = -177.5 + 55.3x_4 - 3.9x_4^2$	0.457**
	$y = -23.3 + 24.1x_5 - 4.7x_5^2$	0.507**
	$y = -106.9 + 656.4x_6 - 847.5x_6^2$	0.598***
V	$y = -242 + 1995.5x_2 - 3908.5x_2^2$	0.713***
(32 月龄)	$y = -6.4 + 71.2x_3 - 48.2x_3^2$	0.566***
	$y = -11.1 + 29.6x_5 - 7.3x_5^2$	0.651***
	$y = -30.5 + 305.1x_6 - 468.9x_6^2$	0.789***

注:① $x_1 = N, x_2 = P, x_3 = K, x_4 = N/P, x_5 = N/K, x_6 = P/K$;

②表中仅选试验中有效方程的最显著者。

表 3 雷林 1 号桉叶片养分浓度标准(单位:g/kg)

营养元素	树龄(月)	最适值	临界值
N	8	20.3~25.4	17.2
	20	15.9~19.8	14.8
	32	—	—
P	8	1.7~2.1	1.3
	20	1.2~1.6	1.0
	32	1.1~1.3	
K	8	7.0~10.0	4.9
	20	5.3~7.3	4.7
	32	5.3~6.1	4.6

处理 2, 材积比处理 1 略有上升, 但不明显, 为 $8.86 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{株}$, 叶片养分浓度(g/kg): N 为 20.75、P 为 2.10、K 为 10.46; 浓度上升也不显著。

表 4 临界值标准在施肥“中试”区的检验

处理	施肥水平(g/株)			养分浓度(g/kg)			相应材积(造林第 2 年) V($\times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{株}$)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P	K	
CK	0	0	0	11.07 D	0.93 D	4.36 D	4.43
1	15	25	25	20.24 S	1.94 S	9.88 S	8.72
2	21	35	35	20.75 S	2.10 S	10.46 S	8.86
当地	12	20	22	17.75 L	1.70 S	7.15 S	7.02

注:1. D—低于临界值, 极缺; S—达到最适值, 足够; L—接近临界值, 偏低; 2. 除 CK 外, 其余均加滤泥 1 200 g。

上述结果, 反映出叶片养分浓度低于临界值时, 施肥的增产效果明显, 但超过了临界值, 施肥的增产效果减弱, 达到最适值范围还继续施肥, 肥效将继续下降。

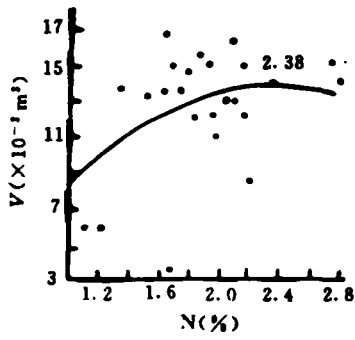
2.2 临界值法诊断

2.2.1 叶片养分浓度临界值、最适值标准的确定 根据表 2 的有效方程, 求最高理论产量相应的最适浓度和临界浓度。方程的极值相应的养分浓度为最适值; 根据方程作图 1 (见下页), 在曲线上找出最高理论产量的 85%~90% 相应的养分浓度为临界值。

由此, 分别求出了雷林 1 号桉 8 月、20 月龄叶片中 N、P、K, 32 月龄叶片 P、K 的最适浓度和临界浓度(见表 3)。

2.2.2 诊断指标检验 本项目的另一个部分研究, 在雷州半岛设置的不同配方对桉树施肥中试, 其叶片分析数据均比较准确地反映施肥后的产量变化, 与诊断标准相吻合。

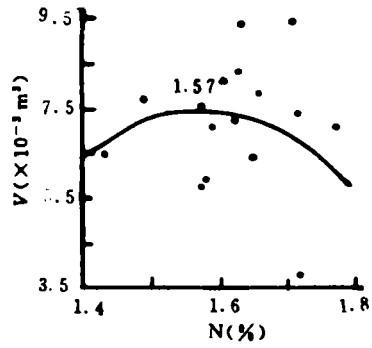
从表 4 的数据看, 雷林 1 号桉不施肥处理造林第二年(20 月龄, 下同)材积为 $4.43 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{株}$, 8 月龄时叶片浓度(g/kg): N 为 11.07、P 为 0.93、K 为 4.36, 都低于临界值, 均诊断为缺素型。当地习惯施肥(施肥水平偏低, 且不平衡)的植株, 第二年材积为 $7.02 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{株}$, 叶片养分浓度(g/kg): N 为 17.75, 略高于临界浓度, 诊断为偏低; P 为 1.70、K 为 7.15, 均达到最适值范围, 诊断为足够。采用配方处理 1 的植株, 第二年材积为 $8.72 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{株}$, 叶片养分浓度(g/kg): N 为 20.24、P 为 1.94、K 为 9.88, 均达到最适值范围, 诊断为足够。施肥量继续增加的



$$y = -2.233 + 13.642x - 2.863x^2$$

$$R = 0.34^*$$

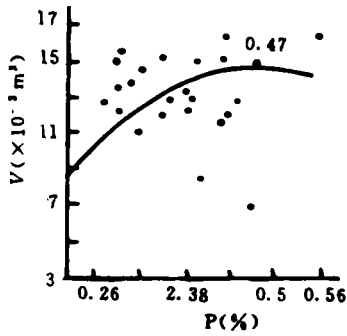
$$F = 1.373$$



$$y = -33.725 + 55.586x - 18.554x^2$$

$$R = 0.454^*$$

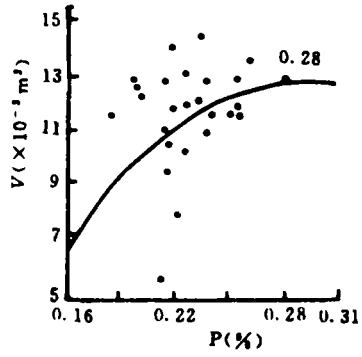
$$F = 1.554$$



$$y = -6.869 + 92.573x - 97.866x^2$$

$$R = 0.557^{**}$$

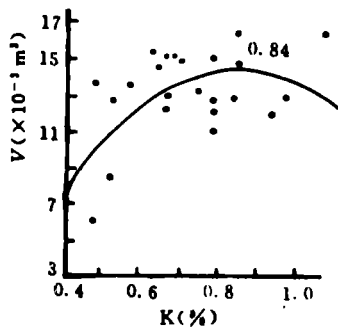
$$F = 4.732$$



$$y = -20.471 + 234.815x - 413.392x^2$$

$$R = 0.54^{**}$$

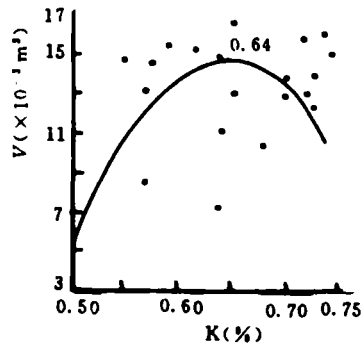
$$F = 5.116$$



$$y = -9.602 + 57.809x - 34.268x^2$$

$$R = 0.611^{**}$$

$$F = 6.249$$



$$y = -179.252 + 604.626x - 470.838x^2$$

$$R = 0.759^{**}$$

$$F = 6.113$$

图1 雷林1号桉生长量与叶片N、P、K浓度的关系
(左侧图为8月龄,右侧图为20月龄)

2.3 DRIS 诊断

2.3.1 参数的确定 根据诊断施肥综合法(DRIS)^[4,5],按 3 年生林分材积,分高、低产两组,对两组的 8 月龄叶片 N、P、K 浓度的不同表示形式进行统计,计算每种形式的平均值、标准差、变异系数、方差以及两组的方差比。参数的计算结果列于表 5。

表 5 雷林 1 号桉低、高产群体 N、P、K 不同表示式的参数计算结果

表示式	低产组(A)					高产组(B)					方差比 S_A^2/S_B^2
	观测值 n	平均值 \bar{X}	标准差 S	变异系数 CV(%)	方差 S_A^2	观测值 n	平均值 \bar{X}	标准差 S	变异系数 CV(%)	方差 S_B^2	
N	27	17.578	0.324 4	18.45	0.105 2	36	21.418	0.275 4	12.86	0.075 85	1.387
P	27	1.411	0.084 0	25.98	0.007 06	36	1.736	0.071 02	17.85	0.005 04	1.400
K	27	6.22 2	0.335 6	44.78	0.112 6	36	7.574	0.239 7	26.27	0.057 46	1.960
N/P	27	5.700 3	1.414 0	24.81	1.999 5	36	5.500 5	0.967 3	17.59	0.935 6	2.173*
N/K	27	2.811 9	1.183 2	42.08	1.400 0	36	2.481 9	0.627 6	25.29	0.393 9	3.554**
P/K	27	0.491 7	0.185 2	37.66	0.034 29	36	0.4560	0.115 8	25.40	0.013 42	2.555**
P/N	27	0.186 7	0.049 4	26.43	0.002 44	36	0.186 0	0.025 71	13.82	0.000 66	3.682 7**
K/N	27	0.443 6	0.228 0	51.40	0.052 0	36	0.249 0	0.125 9	29.34	0.015 85	3.280 8**
K/P	27	0.417 2	1.244 2	51.47	1.548 1	36	2.438 2	0.628 5	26.76	0.394 9	3.920 2**
NP	27	0.566	0.212	37.46	0.044 95	36	0.863 9	0.237 5	27.49	0.056 40	0.797 0
NK	27	1.313 8	0.606 7	46.94	0.380 4	36	1.956 9	0.573 7	29.32	0.329 1	1.155 9
PK	27	0.247 7	0.132 4	53.44	0.017 52	36	0.368 0	0.132 1	35.90	0.017 46	1.003 4

根据方差的显著性检验结果,确定 N/K、P/N 和 K/P 作为重要参数。这是因为在 N 与 K 有关的表示形式中,方差比以 N/K 为最大(3.554);又在 N 与 P 有关的表示式中,以 P/N 的方差比为最大(3.683);而在 P 与 K 的表示式中,则以 K/P 的方差比为最大(3.920)。这 3 个参数均达到极显著标准($F=0.01$)。

2.3.2 DRIS 诊断实例 用表 6 的参数对施肥“中试”区的雷林 1 号桉叶片养分浓度应用 DRIS 法诊断其营养状况,结果(见表 7)表明:(1)DRIS 诊断结果反映总的趋势是不管施肥或不施肥,限制产量的因素均是 K、N;(2)DRIS 法诊断还表明了树种对养分的需求顺序,如在施肥前(CK),诊断指数是 $K(-2.14) < N(-1.62) < P(0.53)$,故对养分的需求顺序为 $K > N > P$;(3)DRIS 指数还反映了营养元素之间的相对平衡状态,但营养水平的高和低也可能会因养分间的不平衡造成养分过多或缺乏的假象。如 CK,临界值法诊断为 N、P、K 缺乏,而 DRIS 法的 N、P、K 指数均比较接近于零,实际上是低水平的相对平衡。又如处理 2,施肥量大于处理 1,也具有相当的产量,而 N、K 指数负值却大于处理 1,可见 N、K 不足是假象,可能是反映 NK 交互效应和 N/K 平衡的制约因素^[7];(4)高产组和低产组的平均浓度与临界值法诊断结果基本一致,如表 5 的低产组 N、P 平均浓度(17.6 g/kg 和 1.40 g/kg)接近临界值,K 平均浓度(6.22 g/kg)低于最适值,略高于临界值。高产组的平均浓度 N、P、K 分别为 21.4、1.74 和 7.57 g/kg,均在最适值范围内。

3 结 语

(1)雷林 1 号桉叶片营养诊断的最适采样时间为 8 月龄。

(2)雷林 1 号桉的临界值浓度(g/kg): N、P、K 分别为 17.2、1.3、4.9;最适值浓度分别为 20.3~25.4、1.7~2.1、7.0~10.0。

表6 用于计算 DRIS 指数的参数

表示式	平均值	标准差	变异系数(%)
K/P	2.438 2	0.628 5	26.76
P/N	0.186 0	0.025 71	13.82
N/K	2.481 9	0.627 6	25.29

(3)DRIS 法的特点是对养分需求顺序和营养平衡状况作出判断,但在某种养分相对不足或过量时可能会出现误诊,同时该法的指数与施肥量没有必然联系,故宜两法并用,以提高确诊率。

表7 雷林1号桉施肥“中试”区的 DRIS 诊断

处理	施肥水平(g/株)			养分浓度(g/kg)			DRIS 指数			相应产量 V ($\times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{株}$)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P	K	N	P	K	
CK	0	0	0	11.07 D	0.93 D	4.36 D	-1.62	0.53	-2.14	4.43
1	15	25	25	20.24 S	1.94 S	9.88 S	-0.27	3.85	-3.58	8.72
2	21	35	35	20.75 S	2.10 S	10.46 S	-2.29	6.83	-4.53	8.86
当地	12	20	22	17.75 L	1.70 S	7.15 S	-2.88	5.34	-2.46	7.02

参 考 文 献

- 1 洪顺山,胡炳堂,江业根,等.毛竹营养诊断研究.林业科学研究,1989,2(1):15~24.
- 2 洪顺山,庄珍珍,胡炳堂,等.湿地松幼林营养的 DRIS 诊断.林业科学研究,1995,8(4):360~366.
- 3 北京林业大学.测树学.北京林业大学印刷厂,1984.49.
- 4 Beaufils E R. Diagnosis and recommendation integrated system(DRIS). Soil Sci. Bull. Univ Natal., 1973, No. 1.
- 5 黄宗玉.诊断施肥综合法(DRIS)的原理与应用问题.土壤学进展,1990,18(1):22~26.
- 6 Schoau A P G. The effects of fertilizing on the foliar nutrient concentrations in *E. grandis*. Fertilizer Research, 1981, 2:73~87.
- 7 李淑仪,林书蓉,韩锦光,等.雷州桉树幼林营养状况与叶片营养诊断初探.见:雷州短轮伐期桉树人工林生态系统研究.北京:中国林业出版社,1995,166~175.

A Study on Foliar Nutrient Diagnosis in *Eucalyptus leizhouensis* No. 1

Li Shuyi Lin Shurong Liao Guanrong Lan Peiling

Abstract The sampling time of leaf of *Eucalyptus leizhouensis* No. 1 for nutrient diagnosis and the method of nutrient diagnosis were discussed. The nutrition status of the fertilized eucalyptus in medium-expanded experiment plots were diagnosed by using diagnosis of critical value and diagnosis recommendation of integrated system(DRIS). The results showed that the optimal leaf sampling time in nutrient diagnosis was at 8-month-old for *E. leizhouensis* No. 1, the diagnosis critical value (g/kg of N, P and K was respectively 17.2, 1.3 and 4.9 and the diagnosis parameter of DRIS was K/P, P/N and N/K.

Key words *Eucalyptus leizhouensis* No. 1 leaf diagnosis time of sampling critical value of concentration DRIS

Li Shuyi, Associate Professor, Lin Shurong, Liao Guanrong, Lan Peiling (Guangdong Province Institute of Soil Science Guangzhou 510650).