

珠江三角洲农田防护林带 结构防护效应的研究

徐燕千 卢一舜 张生立*

(林学系) (基础部) (林学系)

提 要

本文调查了不同林带结构的防风效应。应用数理统计的方法,随机抽取202个数据,建立一个林带结构防风效应的数学模式,

即: $Y = 0.19094\alpha + 27.53397T + 1.36578L + 1.84616V - 18.89249$, 以综合分析的手段,探讨林带结构因子与防风效应的内在关系。同时,也进行了调节林带结构与防风效应关系的研究。结果表明,林网内的防风效应主要取决于林带的疏透度,与林带树种防风特性指标、林带宽度、风速和风向也有密切关系;人工调节林带结构的措施在农业生产上具有重大意义。

前 言

珠江三角洲冲积平原,土壤肥沃,农业气候资源丰富。但是,深受季风环流影响,台风、寒露风和倒春寒等灾害性天气频繁^[6],给农业的稳产高产带来很大威胁。国内外大量的研究材料表明,防护林是人类改造自然的重要手段之一。防护林带的主要作用是降低风速,由此引起了其它小气候因子的变化,改善农田生态环境。因此,林带减低风速的程度成为防护效应最重要的指标^{[13][14][16]}。风速减低大小,取决于林带结构,天气条件和地理条件^{[2][18][19]}。

由于计算条件的限制,过去在林带结构与防风效应关系的研究大都局限于只是定性的图表分析或单一因子的定量对比,精度不高,结论不一^{[2][3][5][8][10][12][13][15][18][17][21][24][23]}。降低风速主要决定于林带疏透度这个结论虽然比较一致,但也未得到充分的解释。近年来,随着国内计算技术的发展,朱劲伟等人应用数量化理论I分析林带的防风作用^[3],已使林带结构与防风效应关系的研究有了新的进展。

广东地处季风热带、亚热带地区,防护林的研究极为重要。中南林学院等单位(1964)在潮阳的农田林网观测材料表明,紧密结构林带造成林网内通气不良,在夏季高温期,林网内气温和土温分别比对照高 1.5°C 和 6.2°C ,造成作物的高温危害。1980年夏季,大沙农场林网的观测结果也有同样现象。而何敬真^[7](1957)和江爱良^[4]

* 1978—1981研究生。本论文经林学系答辩委员会何大章教授、方泽蛟副教授、刘友美讲师审议通过;并经何大章教授、方泽蛟副教授评阅,一并表示感谢。

(1958)报道,华南地区橡胶防护林,对于防御冬季辐射型霜冻的危害,疏透结构林带比紧密结构林带作用更大。然而,方泽蛟近年来调查研究指出,华南地区以防台风为主的林带,紧密结构的防护效果最好。因此,本区农田林网的林带究竟以什么标准为好,是一个急待解决的问题。

象风洞模拟实验可以克服野外实验难以达到的条件,缩短研究周期,内外互相补充一样^{[2][24]},应用数理统计方法综合分析林带结构对防风效应的影响,无疑可以弥补单因子图表分析法的不足。为了减免灾害性天气的危害,为珠江三角洲农田林网设计提供理论数据。拟从林带降低风速这一主要矛盾入手,对林带结构与防风效应的关系和调节林带结构与防风效应的关系进行研究。

研究方法

我们调查了珠江三角洲的高要、三水、南海、顺德、中山、斗门、新会、珠海、番禺、东莞、博罗、广州、深圳等县(市)现有主要的林网和林带;也考察了粤东闽南一些农田林网的现状。选取了珠江三角洲东北部的博罗县铁场公社湖山大队和西南部的斗门县大沙农场、白藤湖垦区及白藤农场的农田林网作为观测点,对不同结构林带的防风效应进行布点实测。

四个观测区主要林带组成树种为木麻黄(*Casuarina equisetifolia*),木麻黄+新银合欢(*Leucaena leucocephala* cv. *Salvador*),木麻黄+蒲葵(*Livistona chinensis*)和水竹(*Bambusa eutuldoides*)。林带多栽于机耕道路,排灌渠两旁;株行距在1.5~2.0米不等,丛生的水竹则为3.0~3.5米,林带树木2~5行;主林带间距离约200米,付林带间距250~300米。

每一种结构林带设一个测区,各测区选择在垂直于林带的中线,分别在林带迎风面的1H、3H、和背风面1H、3H、5H、10H、15H、20H及25H处设置观测点,在距林带400~500米的空旷地设一对照。风的观测用DEM₆型轻便三杯风向风速表,安装高度1.5米。

林带结构因子树高(H),用测高仪实测;林带宽(L),以林带冠幅垂直投影的宽度计,用皮尺丈量;林带的疏透度用透风系数(P)表示,透风系数在林带背风面1米处的1米、 $\frac{1}{2}H$ 和1H的三个不同高度8次风速观测的平均值与同时对照点相应高度风速值的平均值之比测得。影响防风效应的天气因子风向与主林带的交角(α)和空旷风速(V)从风速表读数。为消除树种特性本身防风能力的差异,设树种防风特性指标(T)为该树种所在林带防风效应与总体防风效应的比值。

1980年12月,在白藤湖垦区贡献一围林网进行调节林带结构与防风效应关系的观测试验。此林网主付林带皆由2行木麻黄和1行新银合欢组成,行距1.5米,木麻黄和新银合欢株距均为1.5米;林带高5.3米,宽10米,主带距175米,付带距200米。调节结构是在主林带伐除一行新银合欢,伐带长21.2米。伐后林带高不变,宽减至7米,并测量伐倒木地上部分的鲜重。调节前后的林带结构透风系数实测14次,风速观测60次,观测时平均风速5.1米/秒,最大风速9米/秒。

防风效应用林带背风面 5H、10H和15H三个测点降低风速百分数的平均值(Y)表示,因为国内外研究趋向于5H~15H范围防护作用较好^{[1][8][18][20]};另外,本区现有林网主带距均在175~225米左右,20H和25H处往往位于下一条林带的迎风面;同时采用这三点计算简捷,且可减少误差。在不同林带结构观测数据中,随机抽取202个实测值。空旷地风速小于2米/秒的测次在抽样中剔除,因为小于2米/秒不成害风;同时,在白天晴朗天气条件下,空旷风速小于2米/秒,林网内风速往往增大。不同结构林带的树高分布从3.3—12.0米,带宽1.8—11.0米,透风系数0.28—0.73;风向与林带交角22.5°~90°,空旷风速2—9米/秒;林带树种防风特性指标0.8372—1.2212(表1)。不同结构林带被取数据均在30个以上,大致上均匀分布。

表1 林带树种防风特性指标

林带组成树种	水 竹	木 麻 黄 蒲 葵	木 麻 黄	木 麻 黄 新银合欢
防风特性指标	0.8372	1.0820	1.1008	1.2212

防风效应的数学模式用Casio120电子计算器计算。计算步骤和引用公式如下:

1. 计算防风效应与林带结构因子的相关

$$r = \frac{L_{ij}}{\sqrt{L_{ii} \cdot L_{jj}}} \quad (1)$$

式中: r为相关系数

L_{ii} 、 L_{jj} 为变量离差平方和

L_{ij} 为变量的离差乘积和

2. 建立防风效应与透风系数的关系式和用林带宽及林带树种防风特性指标表示透风系数的回归方程。

$$Y = a + bp \quad (2)$$

$$Y = a + bL + cT \quad (3)$$

3. 建立林带结构防风效应的数学模式

(1) 假设诸因子对防风效应影响显著, 设:

$$\hat{Y}_1 = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 \quad (4)$$

式中: \hat{Y}_1 为防风效应(即降低风速的百分数)

X_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5$) 分别代表H、L、 α 、V、T

b_0 为线性方程的常数项

b_i 为 X_i 的偏回归系数 ($i = 1, 2, 3, 4, 5$)

(2) 为了便于逐步挑选因子, 用标准化变量代替原来变量, 于是方程(4)变为:

$$\hat{Y}' = d_1x_1' + d_2x_2' + d_3x_3' + d_4x_4' + d_5x_5' \quad (5)$$

式中: \hat{y}' 、 x_i' 为标准化变量

$$\hat{y}' = \frac{y - \bar{Y}}{\sqrt{L_{yy}}} \quad , \quad x_i' = \frac{X_i - \bar{X}_i}{\sqrt{L_{ii}}}$$

d_i 为方程 (5) 中自变量的标准回归系数

L_{yy} 为因变量离差平方和

L_{ii} 为自变量离差平方和

$$\text{其中 } b_i = d_i \sqrt{\frac{L_{yy}}{L_{ii}}} \quad , \quad b_0 = \bar{y} - \sum b_i \bar{x}_i$$

这时正规方程组的系数矩阵为:

$$L^{(0)} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & \cdots & r_{1p} & r_{1y} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & \cdots & r_{2p} & r_{2y} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & \cdots & r_{pp} & r_{py} \\ r_{y1} & r_{y2} & \cdots & \cdots & r_{yp} & r_{yy} \end{pmatrix}$$

r_{ij} 为 i 行 j 列的相关系数

(3) $L^{(0)}$ 是一个 $(1+P)$ 阶对称方阵, 利用这矩阵逐步挑选对防风效应起主要作用因子的方法是对矩阵施行消除变换, 再对回归方程的回归平方和与各个偏回归平方和作显著性检验和 F 检验, 决定因子的取舍。消除变换公式 (6) 为:

$$L^{(m)} \left\{ \begin{array}{ll} r_{kk}^{(m)} = \frac{1}{r_{kk}^{(m-1)}} & \\ r_{kj}^{(m)} = \frac{r_{kj}^{(m-1)}}{r_{kk}^{(m-1)}} & (j \neq k) \cdots j \text{ 列上第 } k \text{ 元素} \\ r_{ik}^{(m)} = \frac{-r_{ik}^{(m-1)}}{r_{kk}^{(m-1)}} & (i \neq k) \cdots i \text{ 行上第 } k \text{ 元素} \\ r_{ij}^{(m)} = r_{ij}^{(m-1)} - r_{ki}^{(m-1)} \cdot \frac{r_{jk}^{(m-1)}}{r_{kk}^{(m-1)}} & (i, j \neq k) \cdots \text{第 } i \text{ 行 } j \text{ 列上的元素} \end{array} \right. \quad (6)$$

在此, $L^{(m)}$ 表示第 (m) 次变换的矩阵, $r_{ij}^{(m)}$ 表示 $L^{(m)}$ 中第 i 行 j 列元素 ($i = 1, 2, \cdots, P+1; j = 1, 2, \cdots, p+1$)

$$r_{iy} = r_{i, p+1} \quad ; \quad r_{yy} = r_{p+1, p+1}$$

(4) 回归方程推算理论值与实测值检验公式:

$$F = \frac{\frac{(Y - \hat{Y})^2}{N_1 - 1}}{\frac{(Y - \hat{Y})^2}{N_2 - 1}} \quad (7)$$

$$S = \sqrt{\frac{(Y - \hat{Y})^2}{n - k - 1}} \quad (8)$$

式中: Y 为实测值; \hat{Y} 为估算值; N_1 为实测样本单元数; N_2 为估算样本单元数; n 为检验样本单元数; K 为方程选入因子个数。

4. 林带结构调节前后防风效应显著性 t 检验公式:

$$|t| = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{\frac{(n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2)(n_1 + n_2)}{n_1 n_1 (n_1 + n_2 - 2)}}} \quad (9)$$

式中: n_1, \bar{X}_1, s_1^2 依次为调节前林网内防风效应样本单元数, 平均数、离差平方和。

n_2, \bar{X}_2, s_2^2 依次为调节后林网内防风效应样本单元数, 平均数和离差平方和。

研究结果

(一) 防风效应与林带结构因子的相关

防风效应 (Y) 与林带结构因子 H 、 L 、 P 和树种防风特性指标 T 以及天气因子 α 、 V 的相关系数计算结果如表 2。

表 2 防风效应与林带结构因子相关表

YH	YL	YP	Y α	YV	YT	HL
-0.00753	0.44459	-0.82483	0.22009	0.42447	0.43296	0.40809
HP	H α	HV	HT	LP	L α	LV
0.05854	0.09402	-0.48107	-0.23960	-0.58139	0.06057	0.17061
LT	P α	PV	PT	αV	αT	VT
0.37665	-0.18269	-0.37478	-0.56682	-0.03247	-0.30058	0.51019

df = 201 $r_{0.01} = 0.236$

1. 防风效应与林透风系数的关系: 林带防风效应与林带的透风系数关系极为密切 ($r = -0.82483$), 即防风效应随林带透风系数增大而降低。随机抽取 202 个数据, 应用公式 (1) 建立林带防风效应与林带透风系数的关系式 $\hat{Y}_1 = 76.02976 - 76.14719P$, 方程方差分析结果: $F = 425.66477$, 大于 $F_{0.05} = 3.89$, 方程的相关系数 $r = 0.82483$, 剩余标

准差 $S_{\text{余}} = 7.63671$; 因此方程显著有效。

2. 林带透风系数与林带宽和树种防风特性指标的关系: 林带的防风效应与林带的宽度和林带树种的防风特性指标也存在相关关系 ($r_{yL} = 0.44459$, $r_{yT} = 0.43296$), 且林带的透风系数与林带的宽和林带树种的防风特性指标有着密切关系 ($r_{pL} = -0.58139$, $r_{pT} = -0.56682$)。为了减少实测透风系数的困难, 试图用林带宽度和树种防风特性指标表示林带的透风系数。因此, 随机抽取202个数据, 应用公式(2), 根据最小二乘法的原理求出回归方程中的参数。

$$\hat{P} = a + bL + cT \quad (2)$$

$$\begin{cases} na + b\sum L + c\sum T = \sum P \\ a\sum L + b\sum L^2 + c\sum LT = \sum LP \\ a\sum T + b\sum LT + c\sum T^2 = \sum TP \end{cases}$$

$$\text{即} \begin{cases} 202a + 1475.5b + 201.9948c = 96.84 \\ 1475.5a + 12233.45b + 1505.5346c = 661.465 \\ 201.9948a + 1505.5346b + 206.3688c = 94.38317 \end{cases}$$

解得: $\hat{p} = 1.10509 - 0.02191L - 0.46566T$

$df_1 = 2$, $df_2 = 201$, $F_{0.01} = 4.61$; 回归方程 $F = 100.2343 < F_{0.01}$, 故方程显著有效。为了实用方便, 编出林带透风系数查算表(见附表1)。

(二) 林带结构防风效应的数学模式

林带防风效应是多因子综合作用的结果, 用单因子的图表分析显然有很大的局限性。因此, 在探讨各个林带结构因子与防风效应关系的基础上, 采用逐步回归方法^[9], 筛选主导因子, 可以做出一个防护林带结构防风效应的数学模式*。计算结果如下。

1. 回归方程的假设和矩阵变换: $\hat{Y} = b_0 + b_1H + b_2L + b_3\alpha + b_4V + b_5T$, 那么, 标准化后的方程则为, $\hat{Y}' = d_1H' + d_2L' + d_3\alpha' + d_4V' + d_5T'$, 用算出的相关系数代入矩阵 $L^{(0)}$ 得:

$$L^{(0)} = \begin{pmatrix} 1.00000 & 0.40809 & 0.09402 & -0.48107 & -0.23960 & -0.00753 \\ 0.40809 & 1.00000 & 0.06057 & 0.17061 & 0.37665 & 0.44459 \\ 0.09402 & 0.06057 & 1.00000 & -0.03247 & -0.30058 & 0.22009 \\ -0.48107 & 0.17061 & -0.03247 & 1.00000 & 0.51019 & 0.42447 \\ -0.23960 & 0.37665 & -0.30058 & 0.51019 & 1.00000 & 0.43296 \\ -0.00753 & 0.44459 & 0.22009 & 0.42447 & 0.43296 & 1.00000 \end{pmatrix}$$

* 鉴于林带的透风系数与防风效应关系极为密切, 由单一透风系数与防风效应的关系建立的线性方程已经显著有效; 且透风系数本身又是林带结构因子的综合产物, 加上实测它的工作量又大, 因此不再把它放入因子筛选的范畴。

先考虑挑选一个变量引入回归方程, 计算各自变量的偏回归平方和:

$$Q_i^{(m)} = \frac{(r_{ij}^{(0)})^2}{r_{ii}^{(0)}} \quad (i = 1, 2, 3, 4, 5)$$

$Q_i^{(m)}$ 表示第 m 次引入 (或剔除) 变量时第 i 个变量的偏回归平方和。

算得: $Q_1^{(1)} = 0.0000567$ $Q_2^{(1)} = 0.19766$ $Q_3^{(1)} = 0.04844$

$$Q_4^{(1)} = 0.18017 \quad Q_5^{(1)} = 0.18745$$

因为 $Q_2^{(1)}$ 值最大, 对其作 F 检验, 估计有 3 个因子可能选入回归方程, 则:

$$n = 202, \quad df_1 = 1, \quad df_2 = 202 - 3 - 1 = 198, \quad F_{0.05} = 3.89$$

$$F_1^{(1)} = \frac{(N-2)Q_i^{(1)}}{1 - Q_i^{(1)}}$$

$$F_2^{(1)} = \frac{200 \times 0.19766}{1 - 0.19766} = 49.27088$$

对矩阵进行引入 L 消除变换, 使 $L^{(0)}$ 变为 $L^{(1)}$

$$L^{(1)} = \begin{pmatrix} 0.83346 & -0.40809 & 0.06930 & -0.55069 & -0.39331 & -0.18896 \\ 0.40809 & 1.00000 & 0.06057 & 0.17061 & 0.37665 & 0.44459 \\ 0.06930 & -0.06057 & 0.99633 & -0.04280 & -0.32339 & 0.19316 \\ -0.55069 & -0.17061 & -0.04280 & 0.97089 & 0.44593 & 0.34862 \\ -0.39331 & -0.37665 & -0.32339 & 0.44593 & 0.85813 & 0.26551 \\ -0.18896 & -0.44459 & 0.19316 & 0.34862 & 0.26551 & 0.80234 \end{pmatrix}$$

第一次变换后的主要结果:

(1) 回归方程中含有 L 变量。

(2) 回归系数 $d_2^{(1)} = r_{yL}^{(1)} = 0.44459$

(3) 剩余平方和 $Q_{\text{余}} = r_{yy} = 0.80234$

(4) 方差分析:

变差来源	平方和	自由度	均方	F
回 归	$Q_{\text{回}} = 1 - r_{yy}^{(1)} = 0.19766$	1	0.19766	49.27088
剩 余	$r_{yy}^{(1)} = 0.80234$	200	0.0040117	
总 和	1.00000	201		

考虑增选一个变量进入回归方程, 按照上面的方法, 计算尚未引入回归方程的变量的偏回归平方和, 取其最大者作 F 检验, 当计算它的 F 值大于 3.89 时, 则决定增选该变量进入方程, 否则不再增选新变量进入回归方程。当增选一个变量时, 对 $L^{(1)}$ 进行引入该变量的变换, 而使 $L^{(1)}$ 变为 $L^{(2)}$, 于是再检验以前引入的变量是否因增选新变量后

而要把它从回归方程中剔除。剔除一个变量与选入一个变量的变换矩阵和 F 检验的方法相同,如此作法进行多次,直到没有一个变量需选入,也没有一个变量需剔除为止。本文仅作 4 次消除变换,即得矩阵 $L^{(4)}$,这是逐步回归的最后结果。

由 $L^{(4)}$ 可得最优回归方程

$$\hat{y}' = 0.30183\alpha' + 0.30164T' + 0.27280L' + 0.23383V'$$

$$L^{(4)} = \begin{pmatrix} 1.21628 & -0.24234 & 0.07505 & -0.56925 & 0.27280 \\ -0.24234 & 1.17201 & -0.19860 & 0.54489 & 0.30183 \\ 0.07505 & -0.19360 & 1.38654 & -0.79538 & 0.23383 \\ -0.56925 & 0.54489 & -0.79538 & 1.78399 & 0.30164 \\ -0.27280 & -0.30183 & -0.23383 & -0.30164 & 0.58243 \end{pmatrix}$$

这是标准化变量的回归方程,由此可求得原变量的回归方程。

$$b_i = d_i \sqrt{\frac{L_{yy}}{L_{ii}}} \quad b_0 = \bar{y} - \sum b_i \bar{X}_i$$

$$\therefore b_3 = 0.30183 \sqrt{\frac{36488.376}{91177.68}} = 0.19094; \quad b_2 = 0.27280 \sqrt{\frac{36488.376}{1455.726}} = 1.36578$$

$$b_5 = 0.30164 \sqrt{\frac{36488.376}{4.3792}} = 27.53397; \quad b_4 = 0.23383 \sqrt{\frac{36488.376}{585.3521}} = 1.84616$$

$$b_0 = 39.5248 - [0.19094 \times 68.7995 + 27.53397 \times 0.99997 + 1.36578 \times 7.3045 + 1.84616 \times 4.2094]$$

$$= -18.89249$$

$$\therefore \hat{Y} = 0.19094\alpha + 27.53397T + 1.36578L + 1.84616V - 18.89249$$

回 归 方 程 方 差 分 析

变差来源	平 方 和	自 由 度	均 方	F
回 归	$Q'_{回} \times Q_{总} = 0.41757 \times 36488.376$	4	3809.112792	35.30952
剩 余	$Q_{余} \times Q_{总} = 0.58243 \times 36488.378$	197	107.877791	
总 和	$Q_{总} = L_{yy} = 36488.376$	201		

$$\text{剩余标准 } \tilde{S}_y = \sqrt{107.877791} = 10.38642$$

$$\text{复相关系数 } \rho = \sqrt{1 - 0.58243} = 0.64620$$

在信度 $P = 0.01$ 时, $F_{4,197} = 3.41$; 因此,回归方程显著有效。

2. 回归方程的实测验证: 为了进一步验证方程,对于每一种林带结构的防风效应,随机抽取一个实测值,和采用1981年寒露风期间广东省农田林网化协作组观测防风效应的实测值共30个数据,根据实测时所在林带的结构因子,代入各个回归方程,结果如下:

回 归 方 程 的 验 证

回 归 方 程	检验F值	$F_{0.05}$	\tilde{S}_y	检验 $S_{余}$
$\hat{P} = 1.10509 - 0.02191L - 0.46566T$	0.61277	3.33	0.28105	0.11708
$\hat{y}_1 = 76.02976 - 76.14719P$	0.68748	4.18	7.63671	11.38506
$\hat{y}_1 = 76.02976 - 76.14719\hat{P}$	0.67694	4.18	7.63671	8.91499
$\hat{y}_2 = 0.19094\alpha + 27.53397T + 1.36578L + 1.84616V - 18.89249$	1.12122	2.70	10.38642	9.36214

验证结果表明,应用 $\hat{P} = 1.10509 - 0.02191L - 0.46566T$ 这一回归方程求出林带透风系数(查表),与实测的林带透风系数没有显著差异。方程 \hat{Y}_1 、 \hat{Y}_i 和 \hat{Y}_2 用实测数据验证均可达到精度要求,且 \hat{Y}_i 和 \hat{Y}_2 更适用于生产实际。因此,推荐取用 $\hat{Y}_i = 76.02976 - 76.14719\hat{P}$ (\hat{P} 查表) 和 $\hat{Y}_2 = 0.19094\alpha + 27.53397T + 1.36578L + 1.84616V - 18.89249$ 。

3. 数学模式的应用:防护林带结构防风效应的数学模式,综合地分析了林带结构因子与防风效应的关系,在理论上进一步证明了林网内的防风效应主要取决于林带的疏透度,而表示林带疏透度的透风系数又是林带结构因子的综合体现。因此,用林带结构因子表示防风效应大小,测量简单,计算方便,应用可靠。

例如,某一防护林带,树种防风特性指标1.20,林带宽6.5米;风向与林带交角 67.5° ,空旷风速5米/秒时,根据回归方程,则可直接查表,得林带的透风系数 $P = 0.404$ 。

$$\hat{Y}_i = 76.02976 - 76.14719 \times 0.404 = 45.266$$

$$Y_2 = 0.19094 \times 67.5 + 27.53397 \times 1.20 + 1.36578 \times 6.5 + 1.84616 \times 5 - 18.89249 = 45.1451$$

两个方程应用效果一致,林网内平均降低风速为45%。

(三) 调节林带结构试验结果

斗门县白藤湖垦区贡献一围的林网由2行木麻黄和一行新银合欢组成,透风系数0.28;伐除一行新银合欢,透风系数增至0.31。伐后,林带背风面1H处风速增大23%,迎风面1—3H平均风速也增大3%;而林后5H、10H和15H三点的平均风速则降低5.36%,25H处没有变化(见图1)。

由图1可以直观,透风系数由0.28增至0.31的林带防风效应虽然略有增高,但变化不大。随机抽取20个观测值进行防风效应差异显著性t检验,结果如下:

$$n_1 = 20, \quad \bar{X}_1 = 52.3, \quad S_1^2 = 43.70995$$

$$n_2 = 20, \quad \bar{X}_2 = 53.95, \quad S_2^2 = 18.64746$$

根据公式(9)求得: $|t| = 0.91079 < t_{0.05}(2.025)$

结果表明,在信度5%水平上,调节前后林带防风效应没有显著差异。说明结构紧密的林带,通过适当调节,有利于林网内的通风,尤其是林缘处,而总的防风效应不减

弱。同时测出8个月生的新银合欢林带平均高3.60米，胸径3.71厘米；单株地上部分鲜重15公斤，每公里林带可生产鲜重一万多公斤。

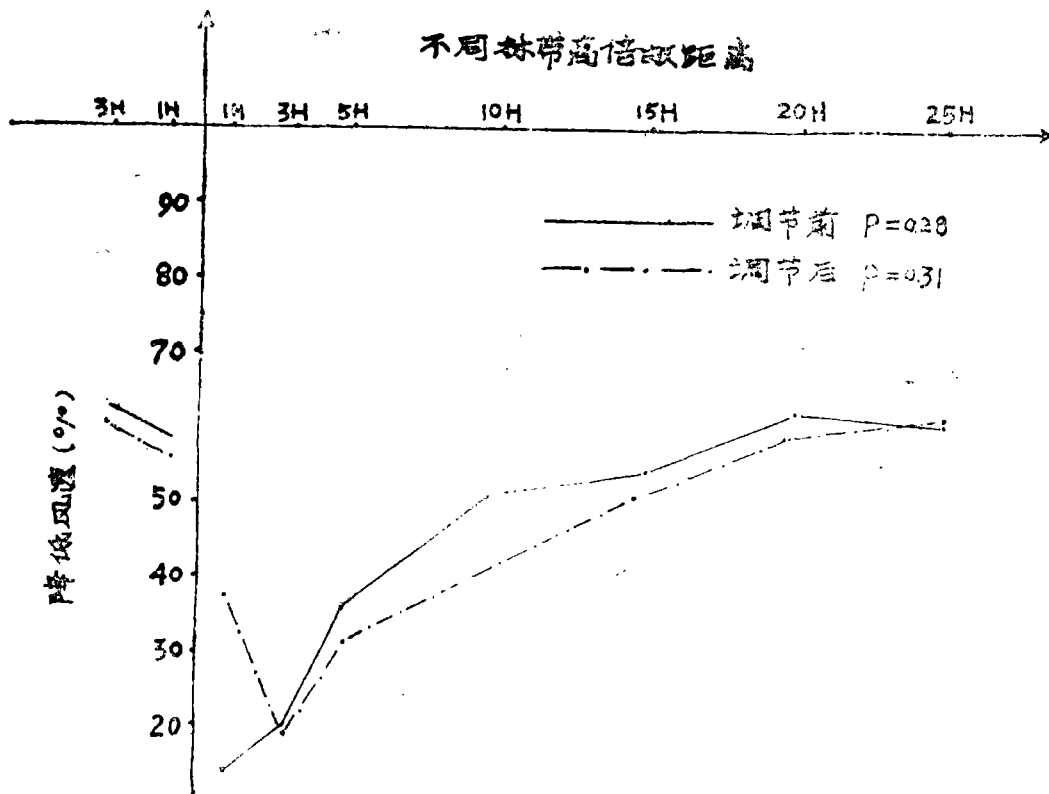


图1 林带结构调节前后的防风效应

结论与讨论

(一) 林带的防风效应主要取决于林带的疏透度 ($P = -0.82483$)。用林带的透风系数表示疏透度，则防风效应随透风系数增大而降低，其关系可以用回归方程 $\hat{Y}_2 = 76.02976 - 76.14719P$ 表示。但林带透风系数本身不是林带结构因子，它是林带结构因子的综合反映，而且测定林带透风系数的工作量较大。从生产实际的需要出发，以容易测量和与透风系数有密切关系的因子林带宽度和树种特性指标去表示林带透风系数，预测防风效应是简捷而又可靠办法。建立的回归方程 $\hat{P} = 1.10509 - 0.02191L - 0.46566T$ 暨附表1可以推荐应用。

(二) 林带结构是多因子的组合，它们间接作用于林网是相互依存，相互制约和相互转化的。因此，林带组成树种的防风特性对于防风效应的关系也极为密切，从测定的防风数据计算出树种防风特性指标加入回归方程，有效地消除了树种差异产生的计算误差。

(三) 林带结构防风效应的数学模式:

$\hat{Y}_2 = 0.19094\alpha + 27.53397T + 1.36578L + 1.84616V - 18.89249$, 比较全面地反映了林带结构因子与防风效应的关系。在一定范围内, 防风效应均随着L、T、 α 和V四个因子的增大而增强。而林带高未选入回归方程这可能跟观测时各测区依林带高倍数布点有关, 用相应高度倍数距离作观测地点可能是消除了林带高度这一因子差异的原因。

(四) 天气因子也影响林带的防风效应, 空旷风速及风向与林带交角和防风效应存在相关关系($r_{yV} = 0.42447$; $r_{y\alpha} = 0.22009$), 表明在林带配置时天气因素是不可忽略的。

(五) 调节林带结构, 辩证地统一林网的防风与通风作用。在株行距较密(1.5米)的林带, 适当地调节林带结构, 有利于林缘处的通风, 且林网内总的防风效应不减弱。调节林带结构收获的产品能够提供燃料、饲料、肥料和社队工付业的原材料。国内外对于调节林带结构多指修枝整冠, 至于间伐过密的林木也需在造林后5—7年方能施行, 一次恢复时间较长, 未能及时满足需要; 而本区林带配置象新银合欢等生长迅速, 萌芽力极强, 一年可台刈4~6次的树种^[12], 林下配置丁香罗勒 (*Ocimum gratissimum*) 和象草 (*pennisetum purpureum*) 之类一年可收割多次的植物, 正好符合上述需要。

珠江三角洲农田林网化是一个新课题, 由于本区现成林网不多, 选择有代表性林带有一定困难。加上时间、人力和仪器等条件的限制, 未能对农田林网的防护效应作全面的研究。例如, 在调查材料中缺少防台风的数据, 也尚未对林带横断面, 地面粗糙度和近地层大气热层结构进行测定。因此, 结论的应用只适于在研究条件的相似环境下, 尤其对台风的防护要注意考虑加大安全指数, 才能充分发挥模式的预测效能。

参 考 文 献

- [1] 辽宁昭乌达盟林科所等, 1977, 太平地公社农田防护林网的特点和效益, 《林业科学》1: 13—17。
- [2] 中国科学院兰州沙漠所风洞实验室等, 1978, 林带防风作用的风洞实验初报, 《林业科学》。1: 19—27。
- [3] 朱劲伟等, 1980, 应用数量化理论I分析林带的防风作用《林业科学》16(增刊): 110—115。
- [4] 江爱良, 1958, 《华南植胶区防护林气象效能的试验考察报告》49, 科学出版社。
- [5] 宋兆民等, 1981, 河北深县农田林网防护效应的研究, 《林业科学》17(1), 8—18。
- [6] 何大章, 1979, 广东台风天气分析与农业生产, 《广东农业科学》4: 8—11。
- [7] 何敬真等, 1957, 防护林效能的研究, 《热带作物科研通讯》2: 50—66。
- [8] 河南新乡地区林业局, 1977, 以林促农, 林茂粮丰, 《林业科学》2: 15—19。
- [9] 南京大学数学系计算数学专业, 1979, 《概率统计基础和概率统计方法》228—271, 科学出版社。

- [10] 南京林学院等, 1960, 苏北沿海农田防护林防护效果的研究报告, 《林业科学》, 2: 77—91.
- [11] 徐燕千; 霍应强, 1981, 优良饲料, 肥料、燃料和木料树种—新银合欢在广东的引种栽培 (初报), 《广东林业科技通讯》 2: 6.
- [12] 唐乾若, 1965, 华北地区农田防护林规划设计的商榷, 《林业科学》, 10 (2): 140—147.
- [13] 新疆林科所, 1976, 新疆农田防护林营造及其防护效益, 《林业科学》 1: 54—60.
- [14] A. B. 卡尔考夫, 1979, 护田林带中的窄冠型杨树, 《林业译丛》 (新疆林学会): 92.
- [15] Davey J.E. 1964, Windbreaks for vegetables, Queensland Agricultural Journal, 90(8): 466-469.
- [16] Eimern J., 1964, Windbreaks and shelterbelts, World Meteorological Organ, Tech. note, 59: 9-12.
- [17] Ferber A.E. 1964, What happened to the shelterbelt? Soil conservat., 29(7), 160-162.
- [18] Frank A.B. et al., 1974, Economics of shelterbelt influence on wheat yields in North Dakota J. Soi. Wat. Consev., 29(2): 87—91.
- [19] Marshall J.K., 1967, The effect of shelter on the productivity of Grassland and field crops, Fird Crop Abstracts, 20(1): 2-14.
- [20] Shah S.R.H., 1962, Shelterbelt: An asset to the nation, P.J. For., 12(1), 87-89.
- [21] Sheikh. M.I., 1976, Effect of windbreak (tree rows) on the yield of wheat crop, P.J. For. 26(1): 38-47.
- [22] Stoeckeler J.H., 1963, Shelterbelts and their effects on crop yields in the Great plains, J. Soi. wat, Con., 18(4): 139-144.
- [23] Stoeckeler J.H., 1964, Design of shelterbelts for agricultural lands in relation to microclimate and improved soil erosion control, World Crops, 16(4): 20-23.
- [24] Woodruff N.P., 1953, Wind tunnel studies of shelterbelts models, J. of For., 51(3): 173-178.

RELATIONSHIP BETWEEN THE EFFECTIVENESS AND THE STRUCTURE OF THE SHELTERBELT FOR FARMLAND IN THE PEARL RIVER DELTA

Xu Yan-qian Lu Yi-lin Zhang sheng-li

(Department of Forestry)

ABSTRACT

The effectiveness of different patterns of shelterbelt in the Pearl River Delta was investigated and a mathematical model of protective effect for the different types of structures of the shelterbelt, based on statistics by extracting 202 random data, has been constructed. viz; ($y = 0.19094a + 27.53397 T + 1.36578 L + 1.84616V - 18.89249$). An investigation was carried out into the inner relations between the factors of the shelterbelt structure and protective effect by means of integrated analysis. In the meantime, the relations between the adjustment of the shelterbelt structure and the protective effect were studied. The results showed that the windbreak effect within the network of shelterbelt depends mainly on the penetrability of the shelterbelts, the index of wind-resistance of different tree species, width of the shelterbelts, wind-speed and wind direction. It is shown that adjusting the belt structure is of great immediate significance to agricultural production.

附表 林带透风系数查算表*

T \ L	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0.75	0.712	0.690	0.668	0.646	0.624	0.602	0.581	0.558	0.536	0.515
0.80	0.689	0.667	0.645	0.623	0.601	0.579	0.557	0.535	0.513	0.491
0.85	0.665	0.644	0.622	0.600	0.578	0.556	0.534	0.512	0.489	0.469
0.90	0.642	0.620	0.598	0.576	0.555	0.533	0.511	0.488	0.467	0.445
0.95	0.619	0.597	0.575	0.553	0.531	0.509	0.487	0.466	0.443	0.422
1.00	0.600	0.574	0.552	0.530	0.508	0.486	0.464	0.442	0.420	0.398
1.05	0.572	0.550	0.529	0.507	0.485	0.463	0.441	0.419	0.396	0.375
1.10	0.549	0.527	0.505	0.483	0.461	0.439	0.418	0.395	0.373	0.352
1.15	0.526	0.504	0.482	0.460	0.438	0.416	0.394	0.372	0.350	0.328
1.20	0.502	0.481	0.459	0.437	0.415	0.393	0.371	0.349	0.326	0.305
1.25	0.479	0.457	0.435	0.413	0.392	0.370	0.348	0.325	0.303	0.282

*L单位为米。