

冠层开放橡胶林内冷季日照条件分析

145158

张克映

我们根据植物群落中的“冬暖”气候效应的原理，提出越冬期暖性胶林间种结构的“生物防寒”设想，即冠层充分开放让太阳光热充分进入林内，同时在林内间种作物带起到风障的窝风蓄热保温作用，使之对于热量形成一种“易进难出”的人工热带植物群落结构。这种一劳永逸的“生物防寒”措施的关键是胶林冠层充分开放。在尚未培育出越冬前自然落叶的橡胶树品系之前，必须定植密株宽行的冠层非均匀开放型的胶林结构。密株宽行，或定植为连续长行带，或定植为交错间断行带，或定植为丛状等，其目的在扩大边行效应，主要又在使林地充分接受太阳光热。然而林地日照时数，太阳辐射是依胶林行向行距的不同排列为转移。

(一)

农田作物种植行向与日照关系，近已研究^[1]表明以东西行向较其他行向接受日照为多。但橡胶树是高大乔木，树冠开展，树高、冠幅又依品系而异。数米行距内冠层常常衔接封闭，因此胶林内受光比农田更为复杂。根据模型(1/20比例)观察^[2]数据换算后制成图1，同样表明东西行向(100%)接受日照比较优越，它比东南—西北向的实照时数增加40%左右，比南—北行向增加60—70%；西南—东北行向的日照条件，当 K_0 在1.0至1.15之间时它优于南—北行向，但当 $K_0 > 1.15$ 时，其日照不及东北行向的30%。可照时数亦有类似规律。

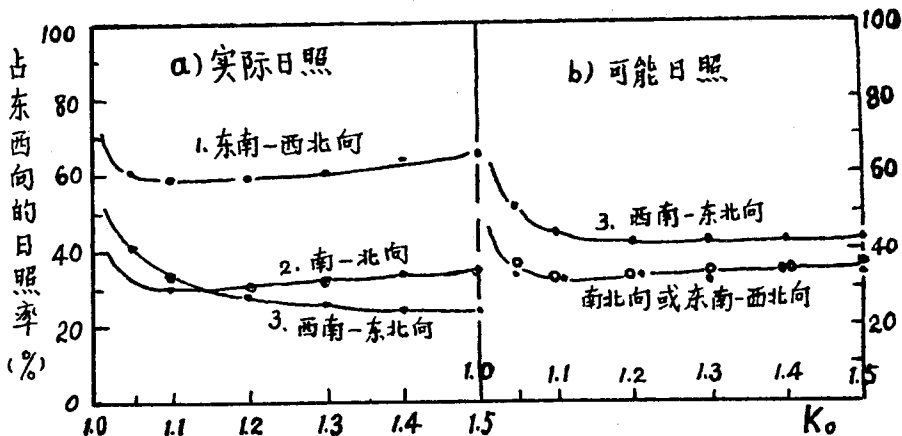


图1 模拟GT₁胶林不同行向日照随行距比(K₀)的变化

南—北向橡胶林由于冠层开展在中午前、后除受邻荫蔽外，还在午间受到本身冠层的荫蔽，即树干每天有两次日出和日没。早上地面日出后随太阳的上升向南偏移，到

一定时刻太阳高度角大于邻行荫蔽角时，树干开始受到日照（第一次日出），至午前树干又受冠层自荫（第一次日没）；午后随太阳低降，西偏到一定时刻树干又受日照（第二次日出），以后又受邻行荫蔽而结束日照（第二次日没）。最后才地面日没。但是如果邻行靠近，阳光在未射到树干前即为邻行荫蔽，那末南—北向胶林内则整天处于荫蔽中。即使是宽行，也只能在中午之前、或之后有一时段日照，午间明显自荫。

至于其他行向如东南—西北和西南—东北向，如天空无云、雾日变化的影响条件下，则日照条件应居中常情况，处于南—北与东—西行向之间。少雾的华南垦区可接近这一情况，但云南垦区冷季上午多浓雾，因而实际上东南—西北向比西南—东北向的日照条件为好（图1）。

因此应考虑选择最优胶林行向定植即接近东西行向。

模拟观察虽可简便地得出某一特定地区不同行向、行距与日照关系，对于复杂树型的行带寻找实际日照的最优行向，模拟观察有逼近真实情况的优点，但其局限性也是明显的。首先，在南北垦区不同纬度不便采用，因为太阳高度角($h_{\text{日}}$)除了随着季节日期(δ)的变化外，还随着纬度(φ)变化；其次，模型观察常有难以避免的观察误差，尤其在窄行距时，甚至很大。如在西双版纳勐崙地区模拟观察表明，在行距与树高相同即 $\frac{L}{H}=1.0$ 时，东西行向在冬至日正午前后树脚有可照日数为1小时42分。但如按理论计算在该条件下，当无日照。

因为太阳高度角($h_{\text{日}}$)是利用天文三角正弦定律来计算的，即

$$\text{Sin} h_{\text{日}} = \text{Sin} \varphi \text{Sin} \delta + \text{cos} \varphi \text{cos} \delta \text{cos} \omega \quad (1)$$

这里 φ 和 δ 是纬度和太阳赤纬， ω 是时角。正午的 $\omega = 0$ ，由此得出中午太阳高度角($h_{\text{午}}$)为

$$h_{\text{午}} = 90 - (\varphi - \delta) \quad (2)$$

我们据(2)式，将热区内冷季中午太阳高度角($h_{\text{午}}$)随纬度(φ)的变化绘如图2，以

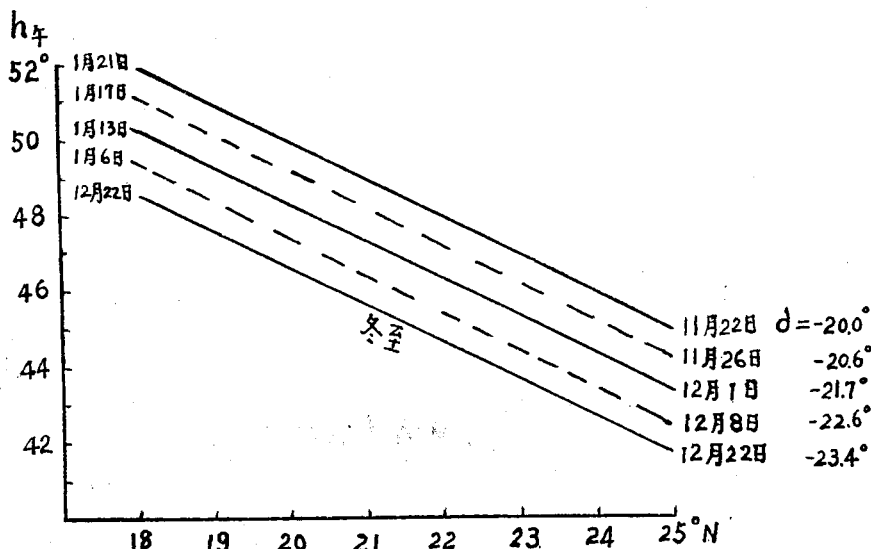


图2 冷季热区内中午太阳高度角 $h_{\text{午}}$ 随纬度的变化

便在下述确定行距时运用。

由冬至 $\delta = -23.4^\circ$ ，和动崙 $\varphi = 21.8^\circ$ ，由(2)式或由图2即可查算得 $h_{\mp} = 44.8^\circ$ ，即此时树高的投影略大于行距，因而树脚整天均处荫蔽中而无日照。

(二)

对于东西向胶林内日照条件的计算我们运用下式：

$$\cos \omega_s = \text{tg}(r + \varphi) \text{tg} \delta \quad (3)$$

这里 φ 和 δ 同前， r 是前行树顶或树冠对后行树干某高度（如取树脚）的荫蔽角（即后行树脚对前行树冠或树顶的仰角）：

$$r = \text{arccctg} \frac{L_0}{H} \text{ 或 } r = \text{arccctg} K_0$$

H 是树顶至树脚高度， L_0 是平地的行距，令 $\frac{L_0}{H} = K_0$ ， K_0 即是以树高为单位的行距比。

(3) 式中 ω_s 是树脚受日照时角， $15^\circ = 1$ 小时， $1^\circ = 4$ 分钟。于是由(3)式得出树脚日照时角为

$$\omega_s = \arccos[-\text{tg}(\text{arccctg} K_0 + \varphi) \text{tg} \delta] \quad (4)$$

即树干日照时数是三个变量—— K_0 、 φ 、 δ 的函数。同一纬度（ φ ）条件下树干日照是随着行距比（ K_0 ）和季节日期（即太阳赤纬 δ ）而变化；同一行距比（ K_0 ）条件下， ω_s 随着纬度（ φ ）和季节日期（ δ ）而变化。

由(3)或(4)式看出：当荫蔽角 $r > h_{\mp}$ 时，树脚全天荫蔽； $r < h_{\mp}$ 时，午间有一段日照，此时树脚的日出和日没时角 ω_s 由(3)或(4)式来决定； $\omega_1 = -\omega_s$ ， $\omega_2 = +\omega_s$ ；当 $r = h_{\mp}$ 时，日照恰等于零。即是说，(3)式或(4)式只有在 $r < 90 - (\varphi - \delta)$ 的条件下方有计算意义。

又由(3)式看出：冷半年（即秋分至春分时），在纬度 φ 处，荫蔽角为 r 的东西行向的胶林树基可照时间与纬度 $(\varphi + r)$ 处的平地的可照时间相等，即冬季荫蔽角增加（或减少）一度对可照时间的影响等于同一林地北移（或南移）一个纬度。

冷半年在垦区内（ $20, 25^\circ \text{N}$ ），按(4)式计算出不同行距比（ K_0 ）条件下，林内可照时数的变化绘制成图3所

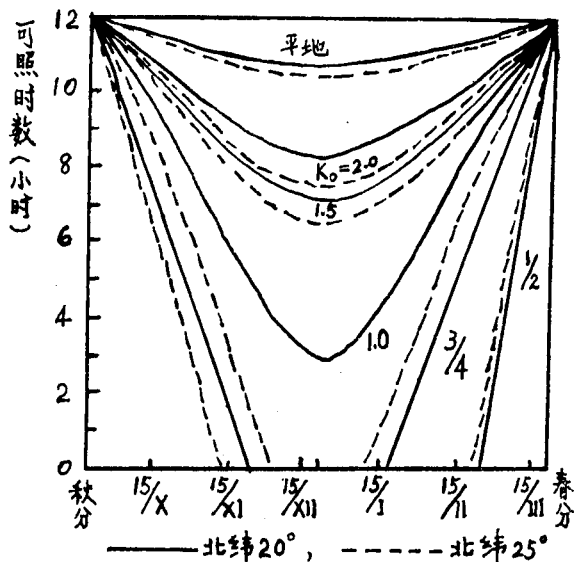


图3 冷半年不同行距比 k_0 条件下东西行向林地内植株可照时数

示。由图可见，同一行距比条件下，垦区南部比北部林内可能日照条件要优越些，如 $K_o=2.0$ 时，冬至日，在 $20^\circ N$ 地区比 $25^\circ N$ 地区林内可照时间加长约 50 分钟，在 $K_o=1.5$ 时，只加长三、四十分钟，当 $K_o=1.0$ 时 ($L=H$)， $20^\circ N$ 约有 3 小时可照时间，而 $25^\circ N$ 则无日照。说明行距越减小，南北垦区林内日照时间差异性越大。

现来分析太阳高度最低的冬至日林内日照情况。

我们将在 $20^\circ, 22^\circ, 24^\circ N$ 范围内，不同平地行距比 (K_o) 条件下冬至日林内可照时数 (虚线) 计算结果点绘成图 4。为对比参考，图中也绘出 1 月 22 日 ($\delta = -20^\circ$)， $22^\circ N$ 的可照时数。

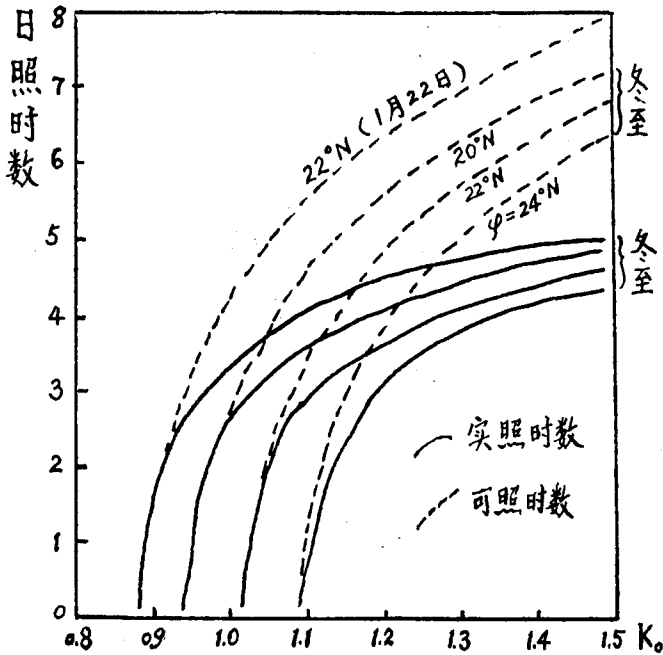


图 4 不同垦区纬度的林内日照时数随行距比 (K_o) 的变化 (东西行向)

又，滇南季以浓雾季为其特征，一般约在 12 时 (北京时) 消散。这样，对计算出的可照时数加以订正即得出实照时数 (图中以实线表示)。由图 4 看出在冬至日：

1. 纬度愈偏北在相同行距比的条件下日照愈短，而且窄行比宽行林内日照减少得更为明显，说明在偏北垦区适当加大行距更显得重要；

2. 在同一纬度，地区内林内日照随行距变化有对数函数特征，尤以实照时数为明显，即：刚超过临界行距时随着 K_o 值加大，日照时数急增；此后 K_o 值再增大日照增加有限。这说明 K_o 值的加大，要适可而止，只在临界行距比附近才显得重要，此时 K_o 值略有调整对林内日照的增、减影响很大；

3. 据观察在滇南胶树无烂脚寒害的起码实际日照时数，在一等区内 (如西双版纳) 为 2 小时左右，在三等区 (如德宏) 因基础温度低，则要 4 小时左右，(估计二等区约在 3 小时左右)。这样，按图 4 纵坐标取 2 和 4 小时与横坐标平行右移与 $22^\circ N$ (西

双版纳纬度) 和 24°N (德宏州纬度) 相相交得两点, 再垂直下移与横坐标 (K_0) 相交得出无烂脚胶林在西双版纳的 $K_0=1.06$, 在德宏的 $K_0=1.38$, 即三等区比一等区的 K_0 值增大大约30%。

临界行距比(K_0')问题。设林内树脚日照时数恰好为零, 即时角 $\omega_s = 0$ 时的 K_0 值, 称之临界行距比 (K_0') 由 (3) 式, 将 $\text{tg}(r + \varphi)$ 展开, 代入 $K_0 = \text{ctgr} = 1/\text{tgr}$ 后换算得出临界行距比 (K_0') 简单计算式如下:

$$K_0' = \text{tg}(\varphi - \delta) \quad (5)$$

即临界行距比 (K_0') 是随着纬度 (φ) 和日期 (δ) 而变化。

我们将冬至日和温度仍然偏低的1月中、下旬(取1月22日)在垦区范围内的临界行距比 K_0' , 计算结果表示如图5。图5说明, 在我国垦区范围内临界行距 K_0' 随纬度 φ 是线性增加的, 冬至日在 18°N (海南岛南部)至 24°N (云南德宏)临界行距比 K_0' 由0.88增大至1.09, 即 K_0' 随纬度增高相应增大21%。

临界行距比是在东西向胶林设计时必须考虑的树脚日照在冬至日的零值线, 这是至少必须保证的行距比值的下限。

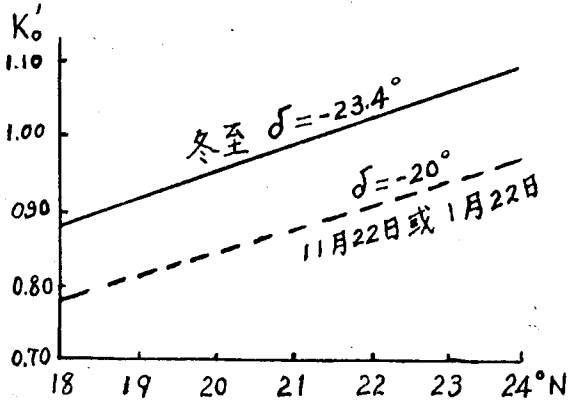


图5 临界行距比 K_0' 随垦区纬度的变化

但实际胶树成年后高达15米以上, 甚达20米。按上述 $K_0' = 0.88 \sim 1.09$ 计算实际行距 $L_0 = K_0' H$ 在13—16米, 甚达18—22米之间。因而目前生产上主张的9—12米, 嫌太小。当然这可对幼树打顶矮化来解决, 使树高小于水平行距, 即 $H < L_0$ 。

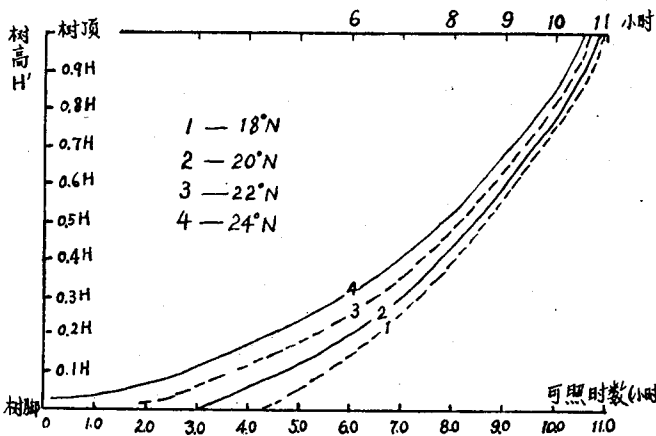


图6 当行距比 $K_0 = 1$ 时离树顶不同度上树干的日照时数 (冬至)

再看树干不同高度的日照时数。我们计算在行距比 $K_0 = 1.0$ 时树干不同高度的日照时数在垦区纬度范围内的变化, 如图6所示。树干高度以距树顶的树高 (H) 的分数表

示，树顶的日照条件即相当旷地。在北纬 22° 处（如西双版纳垦区），在树高等于行距（ $L=H$ ）的东西向条件下（ $K_0=1.0$ ），冬至日树脚无日照，在5%树高（ $0.05H$ ）有日照2.5小时， $0.2H$ 处增至5.2小时， $1/2H$ 处增至8小时， $0.8H$ 为10小时已很接近旷野条件。从垦区总的看来在上述条件下， $1/2$ 树高处为旷地日照70—80%， $0.4H$ 处为50—65%， $0.1H$ 处降为20—45%。越到树基部位日照条件的分野最为显著。这种宽行密株林地胶树自上而下日照时数的急剧减少的规律性，在一般胶林内也应有类似反应，而林地日间的气温亦呈明显递增（虽然无图6日照曲线如比明显），日照和气温的综合作用，结果使胶树体温势必越至树干基部益发急降，尤其在向阴（北）面如此，这就是林地胶树缺热性寒害——烂脚多集中在胶树根茎向阴（北）面的原因所在。因而也是我们在设计行距时必须保证胶林根部，即便在太阳高度角最低的冬至，也要受到一定日照时数（2—4小时）的根据。

(三)

我国热区地形多起伏，尤其是云南，平地有限，多为坡地。但以上讨论的只实用于平坦林段的设计，因此，有必要将平地行距比（ K_0 ）加以订正，化为坡地上行距比（ K_α ）。

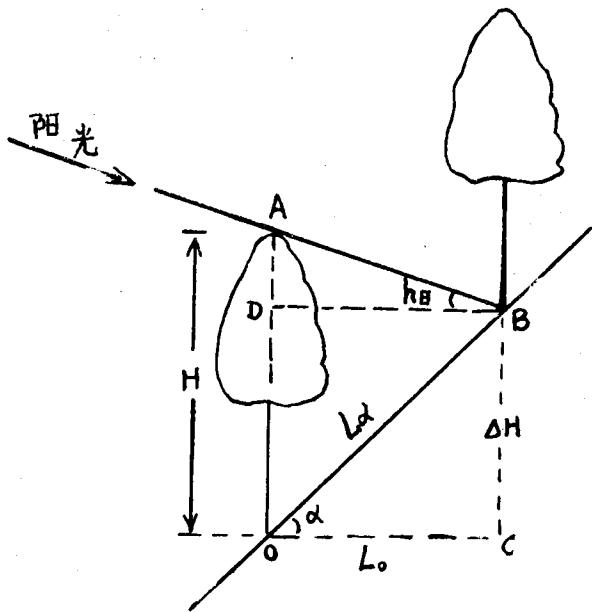


图7

由图7看出， $\text{tgh}_B = (H - \Delta H) / L_0$ ，

而 $\Delta H = L_\alpha \sin \alpha$ ， $L_0 = L_\alpha \cos \alpha$ ，

故 $\text{tgh}_B = (H - L_\alpha \sin \alpha) / L_\alpha \cos \alpha$ ，

而平地的 $H / L_0 = \text{tgh}_B$ ，

$$\therefore \frac{H}{L_0} = (H - L_\alpha \sin \alpha) / L_\alpha \cos \alpha,$$

得: $K_0 = (1 - K_\alpha \sin \alpha) / K_\alpha \cos \alpha$,

即阳坡行距比 (K_α) 与平地行距比 K_0 的坡度 (α) 订正公式为:

$$K_\alpha = K_0 / (\cos \alpha + K_0 \sin \alpha)$$

同理求出阴坡 K_α 与 K_0 关系为

$$K_\alpha = K_0 / (\cos \alpha - K_0 \sin \alpha) \quad (7)$$

综合表示坡地行距比 (K_α) 计算式为

$$K_\alpha = K_0 / (\cos \pm K_0 \sin \alpha) \quad (8)$$

当平地 $\alpha = 0$ 时, (6)、(7)、(8) 式的 $K_\alpha = K_0$ 。

为便于使用, 设平地行距比 K_0 为 1.0、1.1、1.2、1.3、1.4 和 1.5 时, 按南、北坡向不同坡度 (α 由 0 至 35°) 进行计算成坡面行距比 K_α , 绘成列线图 8。

如上述一类区西双版纳, 有两小时日照即无烂脚的 $K_0 = 1.06$, 由图上平地 $K_0 = 1.06$ 得 0 点, 向左右平移, 那末在南坡 $\alpha = 10^\circ$ 得 $K_\alpha = 0.90$ (A 点), 在北坡 $\alpha = 10^\circ$ 得 $K_\alpha = 1.30$ (B); 又如德宏州无烂脚在平地必须保证 4 小时的行距比 $K_0 = 1.36$, 在图 8 上得 P 点, 那末在南坡 $\alpha = 10^\circ$ 坡面行距比降为 $K_\alpha = 1.14$ (C 点), 而北坡 $\alpha = 10^\circ$ 则增大,

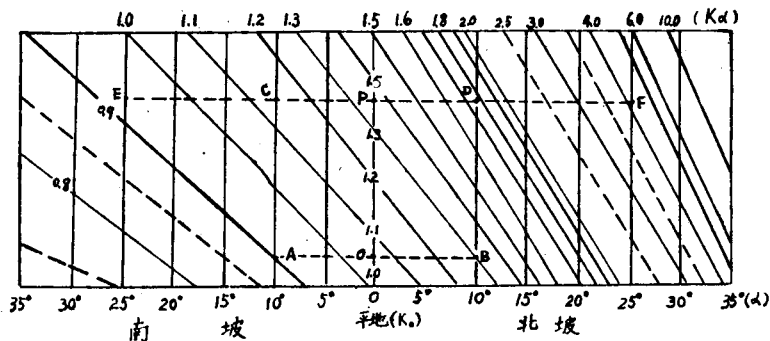


图 8 由平地行距比 $K_0 = \frac{L_0}{H} = 1.0$ 至 1.5 查算南北坡面行距 K_α 的列线图

$K_\alpha = 1.80$ (D 点)。如果坡度加大, 在南坡 $\alpha = 25^\circ$ 时, K_α 减小为 0.92 (E 点), 而北坡 25° 则 K_α 增大为 4.1 (F 点)。即此时 ($\alpha = 25^\circ$) 北坡行距需要在树高 4 倍以上, 而南坡只要树高的 0.92 倍 (92%) 即能保证相当平地 $K = 1.36$ 时的 4 小时日照。考虑到南坡基础偏高, 北坡温度偏低, 因而南坡实际坡面行距比可略减小, 北坡则须适当加大。

由此可见胶树人工矮化对于胶树体获得光热, 减轻寒害以及减轻风害和充分用热区土地资源均具有重要意义。

※ ※ ※ ※ ※ ※

对于这种宽行密株胶林利于长期间种开展多种经营, 间种林内作物带的风障在冷季形成胶林内的窝风蓄热增温效应, 进而提高胶林抗寒功能。

但必须注意, 林中间种的作物带对后行 (北行) 胶带树基同样以开放透光为原则,

否则胶林上层开放而下层对树基封闭荫蔽，同样难达预期目的。

下层间作物带对后行胶带的小行距与间作植物的株高和坡向坡度的关系，可按本文以上讨论的方法同样确定之。

参 考 文 献

- [1] 翁笃鸣，钱林清等，1979，1套作农田小麦玉米共生期的通风透光条件分析
南京气象学院学报。
- [2] 汪汇海等，1978。从充分利用冬季光能谈抗寒的胶茶群落结构的设计，热带
植物研究，1期。