

## Variation of clumping index with zenith angle for forest canopies

Geng Jun, Tu Lili, Yuan Gang, Zhang Teng, and Chen J M

Hefei University of Technology

### 1、研究背景和意义

#### ◆研究背景:

叶片往往聚集分布于森林冠层; 基于孔隙率原理的LAI得到的有效LAI, 而非真实LAI, 导致低估LAI

#### ◆研究意义:

定量表征冠层中叶片偏离泊松(Poisson)分布程度的指标  
计算真实LAI, 计算光照LAI, 辐射传输模型的关键参数

#### ◆研究现状:

前人研究认为CI随天顶角( $\theta$ )增大而增大  
“塔型”树冠冠层普遍比“伞型”树冠聚集程度更高, CI更低

#### ◆本文目的

本文提出不同观点, 通过经典冠层孔隙率公式推导, 证明出CI与 $\theta$ 关系并非简单的同增同减。

### 2、理论与方法

根据泊松分布模型

$$\Omega(\theta) = \frac{\log[P(\theta)]}{\log[P_{Poisson}(\theta)]}$$

$$P(\theta) = \left\{ 1 - \frac{t_a(\theta) \cdot [1 - P_{gap}(\theta)]}{S(\theta)} \right\}^n$$

设  $C_1 = \frac{n}{G(\theta)L_T} = \frac{2n}{L_T}$

$$\Omega(\theta) = \frac{n}{L_T} \frac{t_a(\theta)}{G(\theta)} \left[ 1 - e^{-\frac{L_T G(\theta)}{n t_a(\theta)}} \right]$$

$$\Omega(\theta) = c_1 \cdot t_a(\theta) \cdot \left[ 1 - e^{-\frac{-1}{c_1 t_a(\theta)}} \right]$$

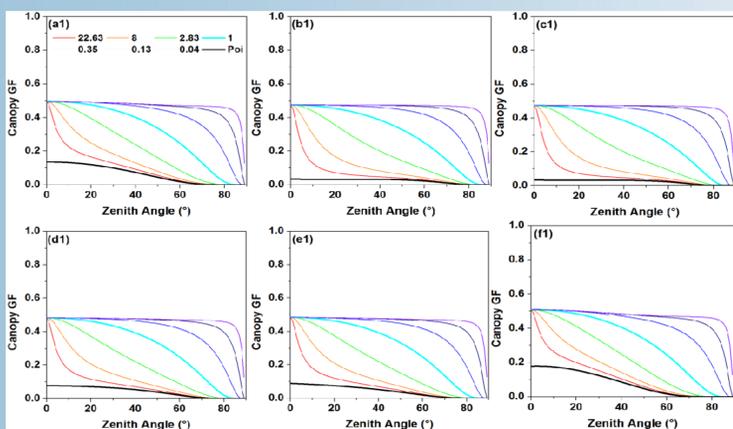
设  $C_2 = \frac{n}{L_T} x(\theta) = \frac{t_a(\theta)}{G(\theta)}$

$$\Omega(\theta) = c_2 \cdot x(\theta) \cdot \left[ 1 - e^{-\frac{-1}{c_2 x(\theta)}} \right]$$

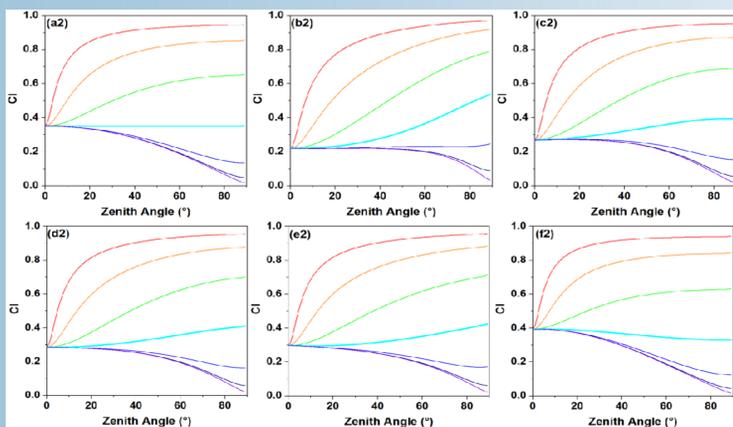
证明得到,  $\Omega(\theta)$ 与 $t_a(\theta)$ 呈正比, 即 $\Omega(\theta)$ 与树冠尺寸密切相关

### 3、结果与分析

#### ◆不同LAD和冠型下, 冠层孔隙率与 $\theta$ 的关系:



#### ◆不同LAD和冠型下, CI与 $\theta$ 的关系:



“塔型”CI随 $\theta$ 增大而增大, “伞型”随 $\theta$ 增大而减小,  
“球体”CI与 $\theta$ 无关

### 5、讨论与结论

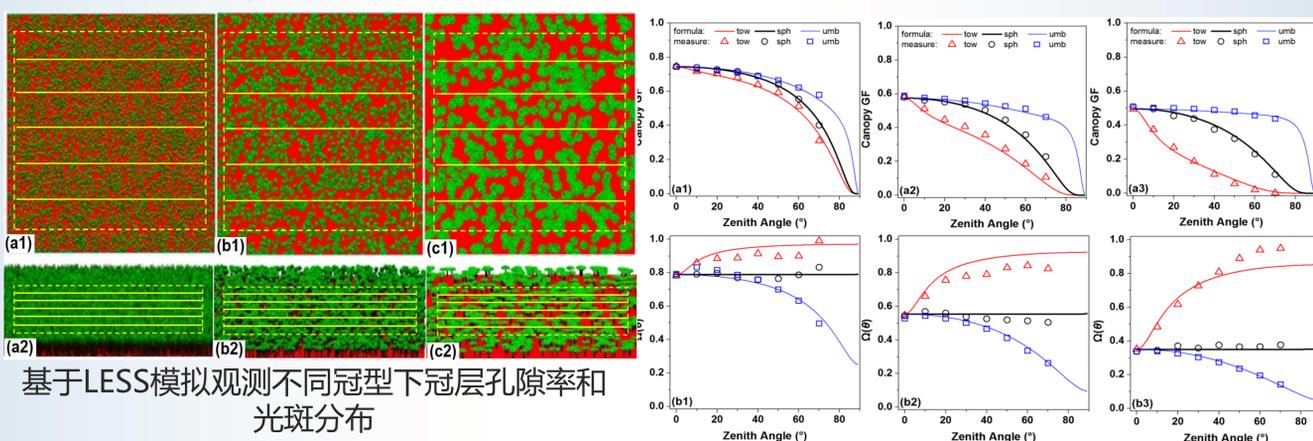
#### ◆讨论:

反演CI往往利用NDHD与CI呈反比关系, 认为“塔型”树冠比“伞状”树冠聚集程度更高, CI更小。本研究结果表明, 上述CI和NDHD关系可能值得进一步讨论。

#### ◆结论:

- 利用经典孔隙率公式证明出CI与 $\theta$ 的关系, 发现CI与 $\theta$ 的关系与树冠尺寸关系密切:
- “塔型”树冠CI随 $\theta$ 增大而增大;
- “球体”树冠CI与 $\theta$ 无关;
- “伞状”树冠CI随 $\theta$ 增大而减小;
- 相比较“球体”和“伞型”, “塔型”树冠的CICI可能更高, 即聚集程度更低。

### 4、模拟与验证



#### ◆两种方法验证结果

##### (1) 冠层孔隙率法 (CI定义):

通过验证不同 $\theta$ 下的冠层孔隙率验证CI

$$\Omega(\theta) = \frac{\log[P(\theta)]}{\log[P_{Poisson}(\theta)]}$$

##### (2) 样线光斑分布法 ( $\Omega_{CC}$ 方法):

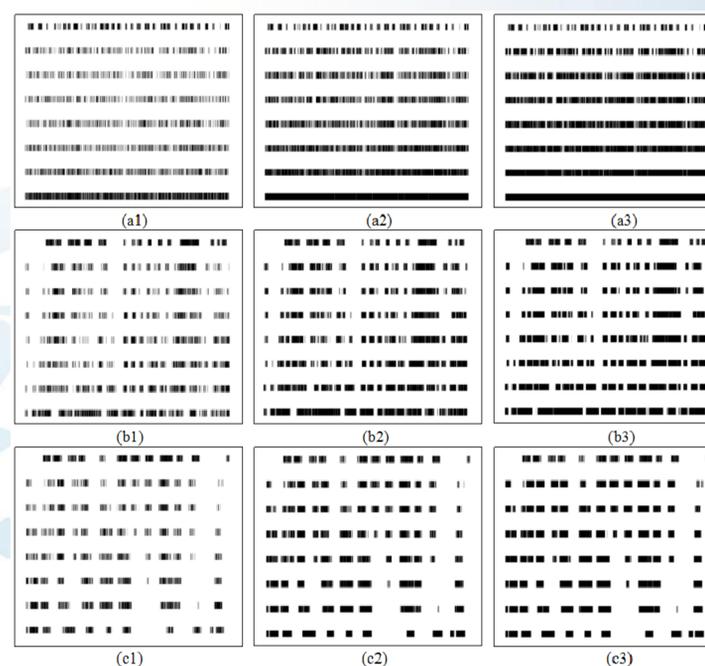
根据不同 $\theta$ 下的光斑分布信息验证CI

$$\Omega(\theta) = \frac{\ln[F_m(0, \theta)] [1 - F_{mr}(0, \theta)]}{\ln[F_{mr}(0, \theta)] [1 - F_m(0, \theta)]}$$

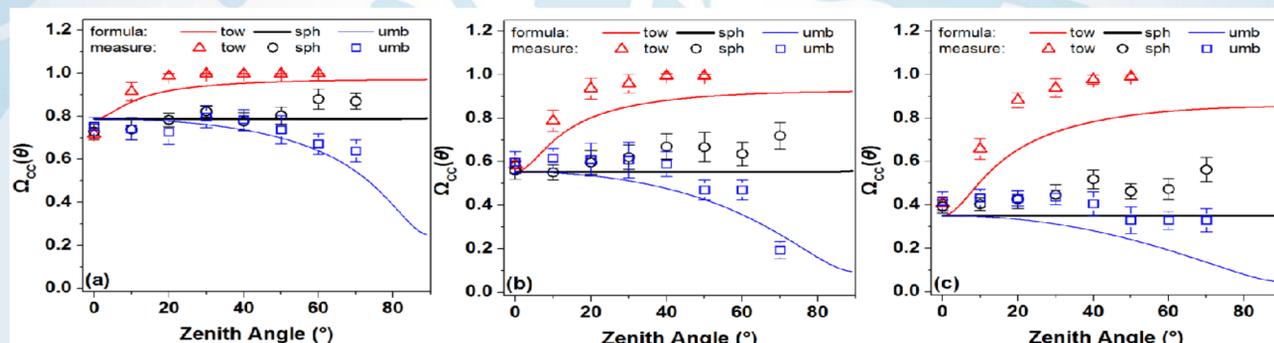
模拟TRAC, 得到不同 $\theta$ 下样线上的光斑尺寸及分布, 发现:

- “塔型”树冠光斑尺寸随 $\theta$ 增大而减小
- “球体”树冠光斑尺寸随 $\theta$ 无显著规律
- “伞型”树冠光斑尺寸随 $\theta$ 增大而增大

冠层孔隙率模拟结果与公式结果高度一致; 不同树冠尺寸GF与 $\theta$ 关系差异显著



模拟TRAC观测不同 $\theta$ 下的光斑分布, 不同冠型光斑规律明显



光斑分布结果导入到 $\Omega_{CC}$ 公式, 模拟TRAC得到不同 $\theta$ 下观测的CI结果, 发现与公式类似规律

