



東北林業大學

NORTHEAST FORESTRY UNIVERSITY



小兴安岭阔叶红松林叶面积指数的 季节动态

刘志理，金光泽

第六届海峡两岸森林动态样区研讨会 2012-11-6

研究背景

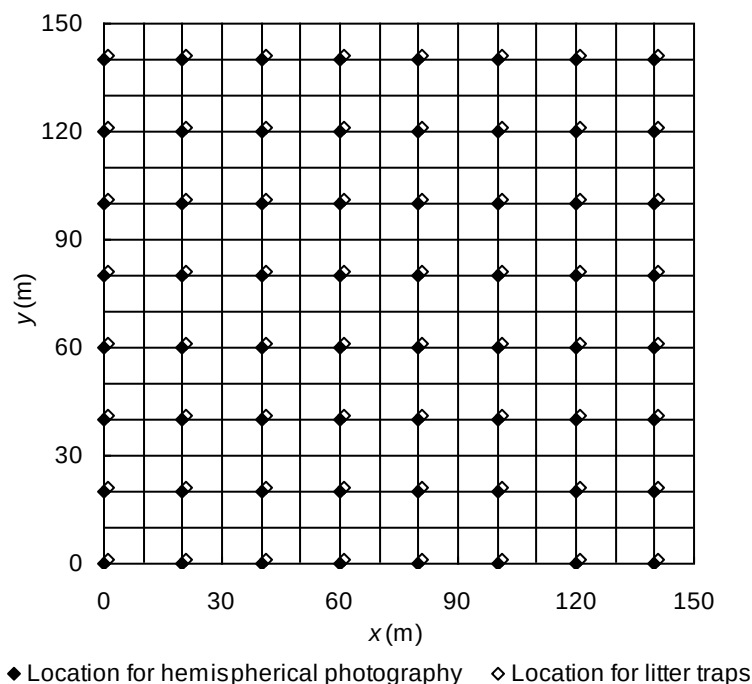
叶面积指数(leaf area index, LAI)作为描述森林冠层结构的一个重要指标, 一直受到众多学者的关注, 定义为单位地面面积上绿叶总叶面积的一半. LAI影响林冠内部小气候、控制截留降雨、太阳辐射、CO₂等气体交换, 是生物地球化学循环的重要因子, 此外, 准确测定 LAI 对于校正遥感技术、模拟陆地生态系统碳、水、养分及能量循环, 预测森林生态系统生产力至关重要, 对实现研究尺度从叶片转换到冠层结构上具有重要意义.

研究目的

探讨一种在非破坏条件下准确估测针阔混交林LAI
及其季节动态的方法.

样地设置

本研究依托于凉水自然保护区9 hm²阔叶红松林固定样地. 样地中心设立150 m × 150 m的核心区, 在核心区（如图）设置64个全天空照片的采集点和64个凋落叶收集器, 全天空照片取样点与凋落叶收集点相邻.



研究方法

如何准确、高效的估测森林生态系统的LAI一直以来是国内学者关注的焦点. 传统研究中, 估测方法主要分为直接法和间接法.

直接法:

- 1) 破坏性取样法---将待测样地的树木全部砍伐计算其 LAI;
- 2) 异速生长方程法---采伐样树建立LAI与胸径、胸高断面积、边材面积等林分因子的相关关系;
- 3) 凋落物法---收集凋落季节的凋落叶结合比叶面积.

优点: 测定准确

缺点: 前两种方法具有破坏性, 费时费力, 不宜测定大面积样地的LAI, 更不适合估测LAI的季节性动态变化; 凋落物法没有破坏性, 由于常绿树种的影响, 多应用于落叶林.

多数光学仪器通过测定穿透林冠的辐射反演LAI.

目前常用仪器:

- *Li-Cor LAI-2000 Plant Canopy Analyzer*
- *Digital Hemispherical Photography*
- *Decagon Sunfleck Ceptometer*
- *Demon*
- *TRAC*

优点: 非破坏性, 不受时间限制, 获取数据量大, 方便快捷, 便于估测LAI的季节动态.

研究方法

局限性: 假设条件(林冠内叶元素空间上随机分布).

大部分树种的叶子并非随机分布, 其分布方式与林冠和树枝的分布关系密切, 尤其针叶林, 要考虑到冠层间的集聚、针簇内的集聚和木质部分的影响. 因此, 光学仪器得到的LAI被称为有效LAI (LAI_e). 多数研究结果表明相对于直接法, LAI_e会低估50%左右. 因此, 为得到更加准确的LAI, LAI_e需要合理校正.

$$L = (1 - \alpha) L_e \frac{\gamma_E}{\Omega_E}$$

L is the leaf area index

L_e is the effective LAI

α is the woody-to-total area ratio

γ_E is the needle-to-shoot area ratio

Ω_E is the clumping index at scales larger than shoots

当林冠内的叶元素随机分布时 $\Omega_E = 1$ ；随着叶元素的集聚 Ω_E 值随之减小，大部分林冠的叶元素并非随机分布，而是存在一定的集聚效应，因此， $\Omega_E < 1$ ；当林冠内的叶片均匀分布时， $\Omega_E > 1$ (少数农作物)。阔叶树种的 $\gamma_E = 1$ ，多数针叶树种大于 1。

- 1) α : 利用Photoshop软件消除该时期半球摄影图像中树干等木质部分的影响, $a = (L_{total} - L_{green}) / L_{total}$



处理前

处理后

研究方法

2) Ω_E : DHP and TRACWin3.9.1 software;

3) γ_E : 将样地内的红松树种分成主林层(D)、次林层(M)和被压层(S), 每个林层选三棵样树, 按树高将其分成高(T)中(M)低(L)三个等级, 每个等级采9个样簇, 得到DT, DM, DL, MT, MM, ML, ST, SM和SL9种类型的针叶样品243簇, 及时带回实验室进一步分析.

$$\gamma_E = A_n / A_s$$

式中: γ_E 是针叶针面积与簇面积的比率, A_n 是样簇上所有针叶表面积的一半, A_s 是样簇的投影面积的一半.

研究方法

A_n 可以利用体积替换法得到, 测量样簇的0度, 45度, 90度三个角度的投影面积(A_p), 样簇叶面积(A_s)由以下公式得到:

$$A_s = 2 \frac{\cos(15^\circ)A_p(0^\circ, 0^\circ) + \cos(45^\circ)A_p(45^\circ, 0^\circ) + \cos(75^\circ)A_p(90^\circ, 0^\circ)}{\cos(15^\circ) + \cos(45^\circ) + \cos(75^\circ)}$$

- 1) 将5月初及11月中旬的 LAI_e 经过参数校正当做真实LAI;
- 2) 5月初的真实LAI结合展叶调查的季节性, 得到生长季节真实LAI的动态变化;
- 3) 11月中旬的真实LAI结合凋落物法得到落叶季节真实LAI的动态变化;

最后, 结合生长季节和落叶季节即可得到阔叶红松林真实LAI的季节变化.

选取样地内的红松、五角槭、枫桦、水曲柳等14个树种，每个树种选3棵样树，尽量位于不同的生境，每棵样树在东南西北四个方向各选择5个叶片(针叶样本数适量增加)。分别编号，在每个调查期调查叶片的叶长，叶宽(叶厚)等，针叶的宽度和厚度测量时要测量多处取平均值。

$$S=\alpha LD$$

式中: S 为单面阔叶的叶面积, L 为叶长, D 为叶宽, α 为叶面积的调整系数。
在展叶监测过程中，针叶的宽度及厚度几乎不变，因此,可以假设单片针叶的叶面积(S)计算如下:

$$\text{红松 } S=3al$$

$$\text{云杉 } S=4al$$

式中: a 为横截面边长, l 为针叶的长度;

$$\text{冷杉 } S=2(a+b)l$$

式中: a 为横截面边长, b 为厚度, l 为针叶的长度。

假设生长过程中, 阔叶树种的总叶片数不变, 得到各阔叶树种成熟叶片的平均叶面积, 结合凋落叶调查所获得的各样点各树种的总叶面积, 得到各阔叶树种各样点的总叶片数. 计算公式如下:

$$S_{Ti}=D_iS_i/A$$

$$S_{Ti}=N_iS_{si}$$

式中: S_{Ti} 表示树种*i*的总叶面积, D_i 表示树种*i*的凋落物总干重, S_i 表示树种*i*的比叶面积, A 表示凋落物收集器的面积, N_i 表示树种*i*的总叶片数, S_{si} 表示树种*i*成熟叶片的平均叶面积.

假设展叶过程中, 各针叶树种的总针数不变, 成熟叶片的平均叶面积结合针叶树种整个调查期分别增加的总叶面积指数, 得到各针叶树种各样点的总针数. 首先, 整个调查期针叶树种增加的总叶面积指数计算如下:

$$\Delta LAI = L_a + L_b - L_c$$

式中: ΔLAI 表示针叶树种增加的总叶面积指数, L_a 表示11月15日的真实叶面积指数, L_b 表示整个调查期间(5月1日-11月中旬)针叶凋落产生的总叶面积指数, L_c 表示5月1日的真实叶面积指数.

研究方法

落叶季节主要树种的LAI季节性: 11月15的真实LAI结合凋落物法;

最后, 结合生长季节及落叶季节个树种的LAI, 即可得到阔叶红松林的LAI及其季节动态.

Date	Mean $\pm$ SD	Maximum	Minimum	Sample
May 1 st	0.91 $\pm$ 0.04	1.00	0.80	64
November 15 th	0.91 $\pm$ 0.04	0.97	0.81	64

结果与分析

针簇比

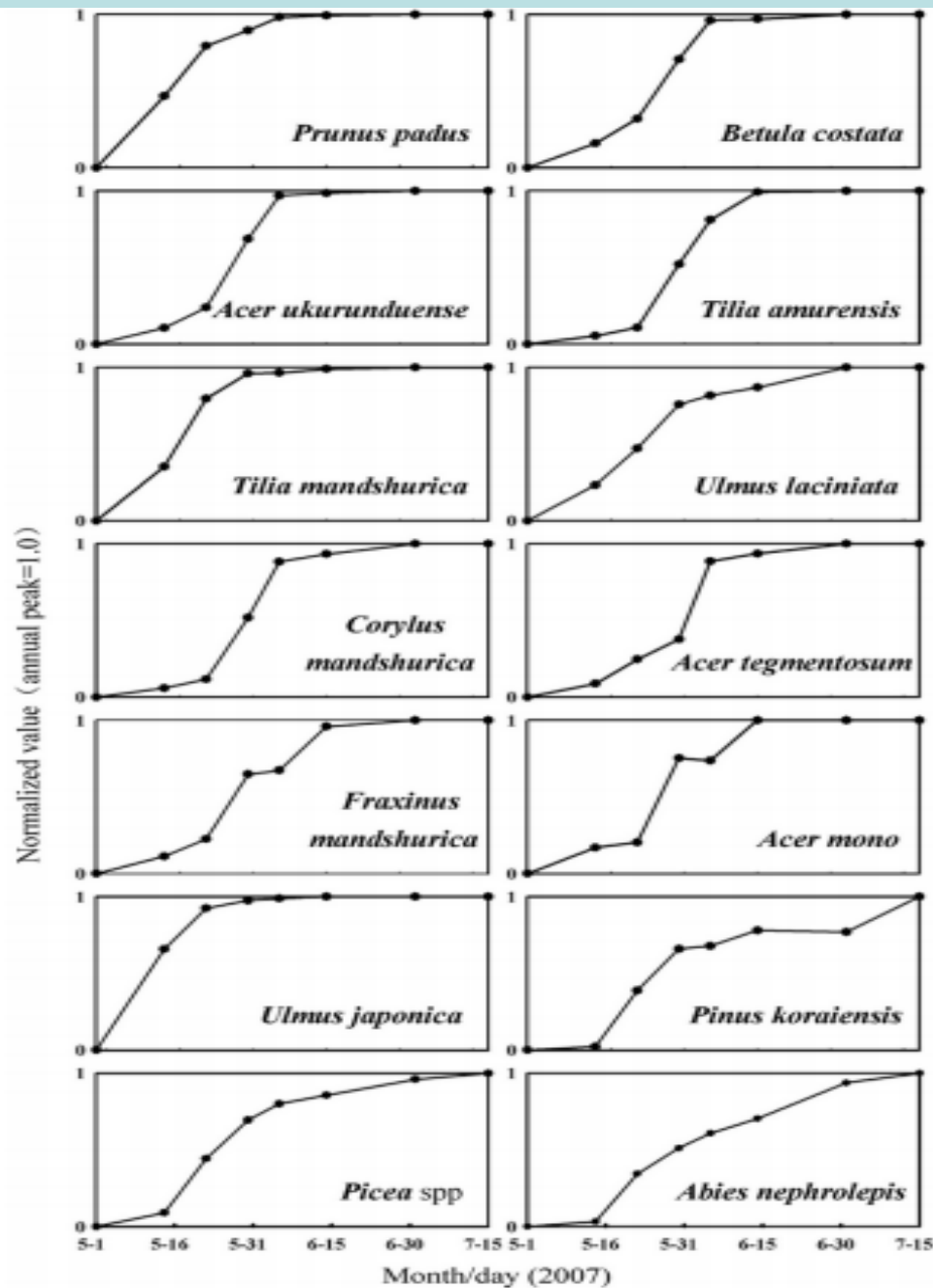
Canopy	Sample	Top (T)	Middle (M)	Low (L)
Dominant (D)	a	2.68±0.33	1.78±0.15	1.56±0.15
	b	2.38±0.35	1.63±0.22	1.58±0.14
	c	2.03±0.52	1.65±0.20	1.78±0.20
Co-dominant (M)	d	1.59±0.15	1.57±0.24	1.54±0.21
	e	1.95±0.35	1.63±0.21	1.60±0.23
	f	2.23±0.37	1.85±0.22	1.64±0.25
Suppressed (S)	g	1.77±0.25	1.68±0.25	1.70±0.10
	h	2.15±0.35	1.60±0.14	1.69±0.16
	i	1.49±0.14	1.49±0.15	1.48±0.11
Mean		1.77±0.37		

Species	SLA (cm ² g ⁻¹)
<i>Pinus koraiensis</i>	79.00
<i>Picea</i> spp.	49.84
<i>Abies nephrolepis</i>	70.96
<i>Acer mono</i>	315.16
<i>Fraxinus mandshurica</i>	385.96
<i>Tilia amurensis</i>	163.3
<i>Betula costata</i>	197.44
<i>Acer tegmentosum</i>	241.28
<i>Corylus mandshurica</i>	382.94
<i>Acer ukurunduense</i>	378.99
<i>Ulmus laciniata</i>	300.16
<i>Tilia mandshurica</i>	354.49
<i>Ulmus japonica</i>	212.42
<i>Prunus padus</i>	123.95
<i>Populus ussuriensis</i>	125.78
<i>Quercus mongolica</i>	280.05

Species	Adjustment coefficient	SD
<i>Prunus padus</i>	0.72	0.05
<i>Betula costata</i>	0.62	0.01
<i>Acer ukurunduense</i>	0.54	0.09
<i>Tilia mandshurica</i>	0.73	0.02
<i>Ulmus laciniata</i>	0.64	0.04
<i>Corylus mandshurica</i>	0.72	0.03
<i>Acer tegmentosum</i>	0.67	0.04
<i>Fraxinus mandshurica</i>	0.63	0.02
<i>Acer mono</i>	0.48	0.03
<i>Ulmus japonica</i>	0.62	0.04
<i>Tilia amurensis</i>	0.74	0.06

结果与分析

主要树种叶面积季节变化



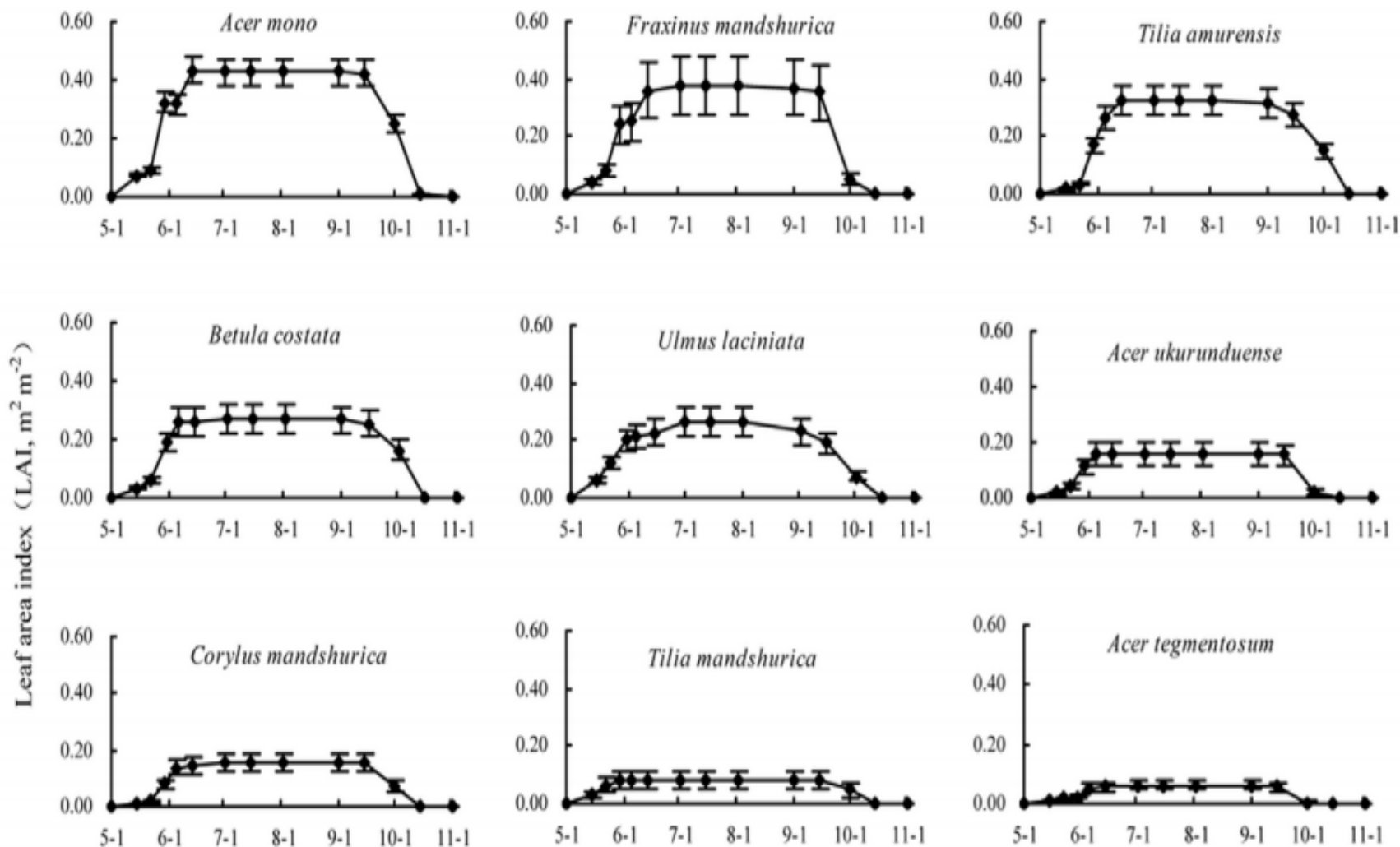
结果与分析

主要树种凋落物产生的叶面积

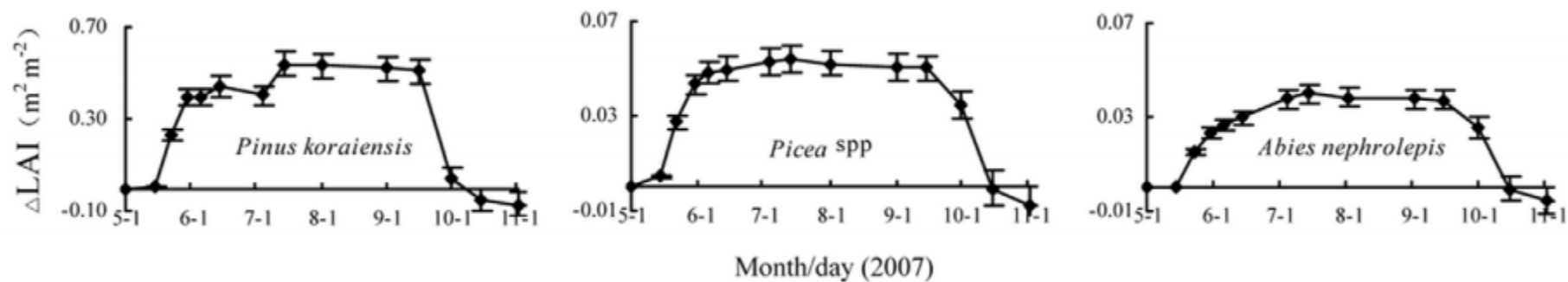
Species	Area (m ²) ± SE	Fraction (%)
<i>Prunus padus</i>	0.00±0.00	0.11
<i>Ulmus japonica</i>	0.02±0.01	1.49
<i>Abies nephrolepis</i>	0.03±0.00	1.70
<i>Acer tegmentosum</i>	0.03±0.01	1.83
<i>Picea</i> spp.	0.04±0.00	2.26
<i>Tilia mandshurica</i>	0.04±0.01	2.50
<i>Corylus mandshurica</i>	0.08±0.02	4.76
<i>Acer ukurunduense</i>	0.08±0.02	4.93
<i>Ulmus laciniata</i>	0.13±0.02	7.97
<i>Betula costata</i>	0.13±0.02	8.17
<i>Tilia amurensis</i>	0.16±0.03	9.84
<i>Fraxinus mandshurica</i>	0.17±0.04	10.35
<i>Acer mono</i>	0.21±0.02	13.00
<i>Pinus koraiensis</i>	0.30±0.03	21.35
other	0.16	9.70
total	1.65	100.00

结果与分析

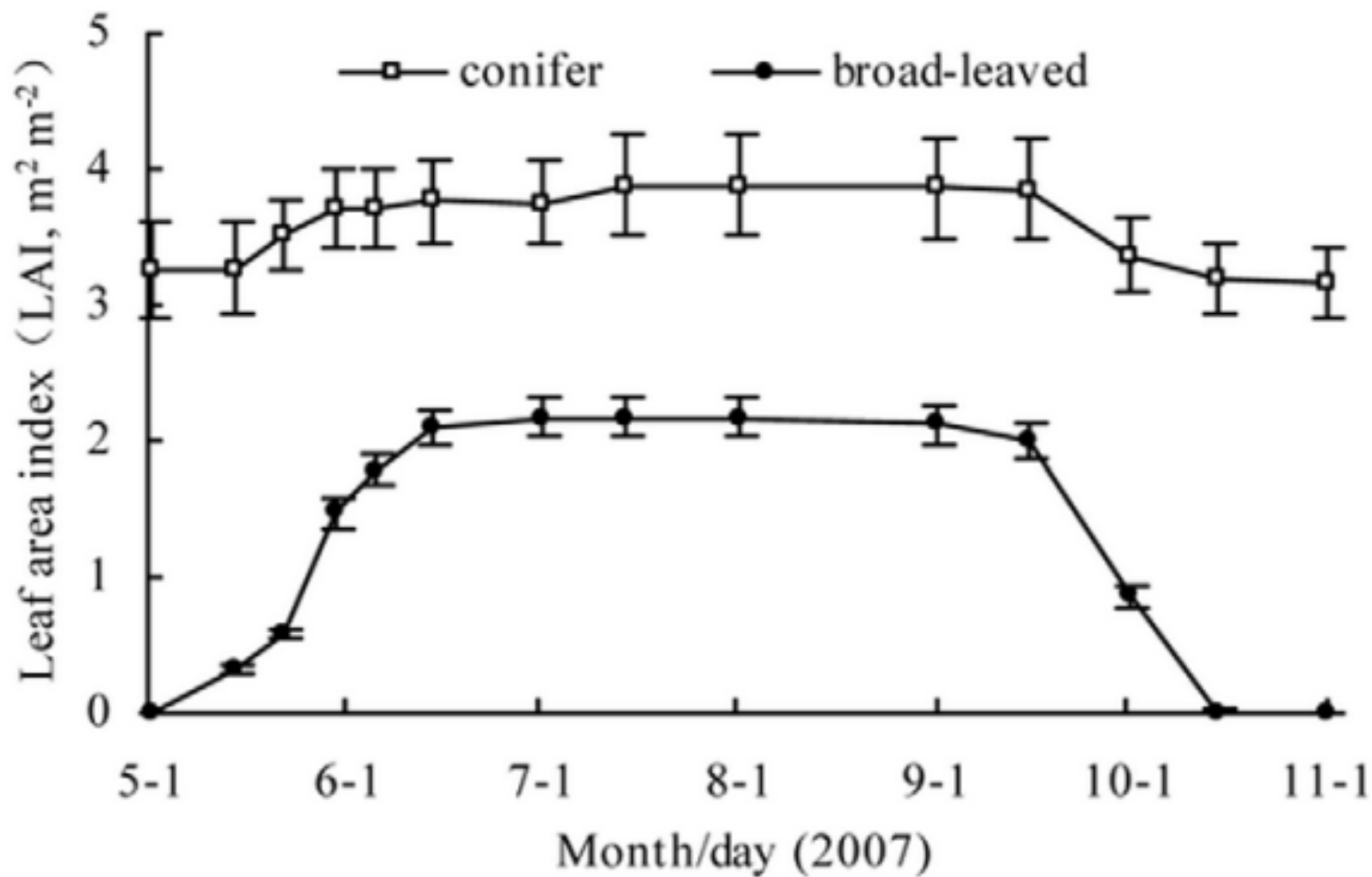
主要阔叶树种LAI季节性

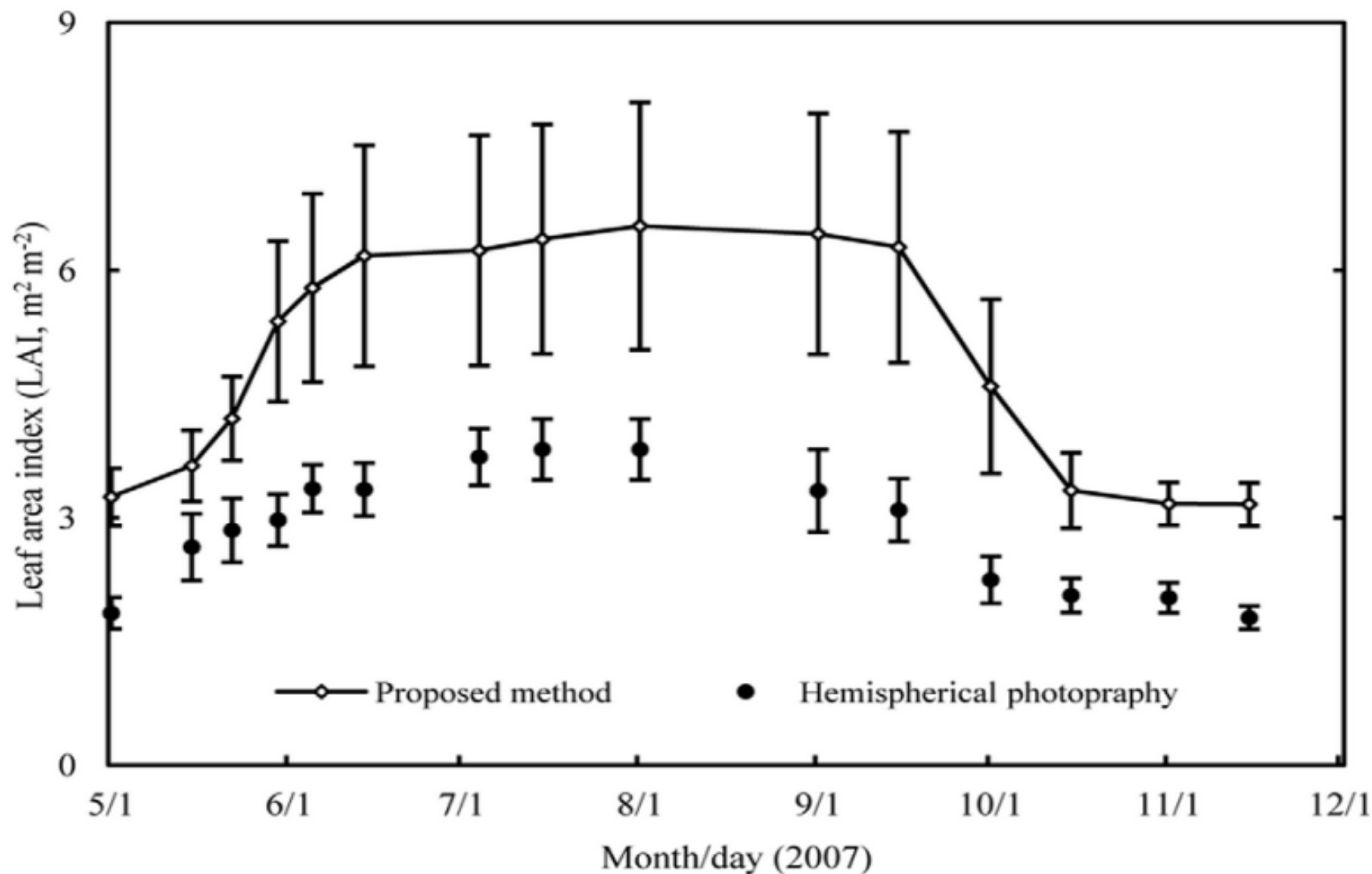


结果与分析



各针叶树种展叶增加LAI与凋落叶减少LAI差值变化分析图





请各位专家提出宝贵意见！

