



東北林業大學

NORTHEAST FORESTRY UNIVERSITY



光学仪器结合凋落物收集法测量 典型阔叶红松林叶面积指数

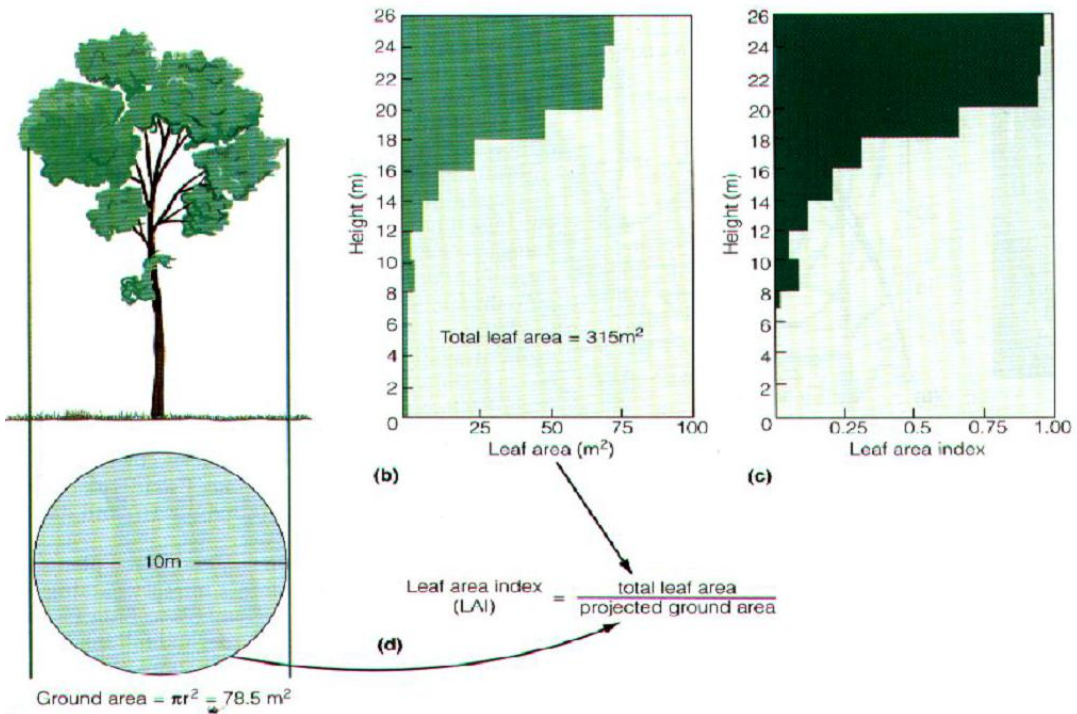


东北林业大学
金光泽

目录

- LAI 定义
- LAI 直接测量法和间接测量法
- 光学仪器测量原理
- 材料与方法
- 结果分析

LAI的定义



- LAI 被定义为单位地表面积上的总叶表面积的一半 (*Chen and Black, 1992*).

Direct and indirect methods

- **Direct methods**
 - **Harvest:** the method is generally simple and reliable, but the procedure is destructive, laborious, and time consuming.
 - **Allometry:** relationship between leaf area and the dimensions of canopy components such as DBH and sapwood area. It requires destructive sampling and often involves large sampling errors.
 - **Point contact:** the number of contacts of a thing needle penetrated through a canopy. Proven useful for short vegetation with large leaves, not practical for forests.
 - **Litterfall Collection:** Frequent collection to avoid leaf decay. Useful for deciduous but not for conifer species.

Direct and indirect methods

- **Indirect Methods**

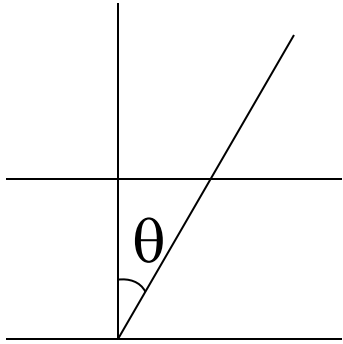
These methods use optical instruments to measure radiation transmittance from which to calculate LAI.

- **Currently available commercial instruments:**
- *Li-Cor LAI-2000 Plant Canopy Analyzer*
- *CID Digital Plant Canopy Imager*
- *Decagon Sunfleck Ceptometer*
- *Demon*
- *TRAC*

光学仪器测量LAI原理

根据改进的Beer定律：

$$P(\theta) = e^{-G(\theta)\Omega L / \cos \theta}$$



θ ：天顶角

Ω ：积聚指数

$G(\theta)$ ：投影系数

L ：叶面积指数

$L_e = \Omega L$ ：有效叶面积指数，



光学仪器测量LAI原理

目前光学仪器测量主要影响因素包括:

- 1) 非叶部分（森林中主要指干和枝），
- 2) 叶片的集聚效应 ([Chen,1996](#)):

$$L = (1 - \alpha) L_e \gamma_E / \Omega_E$$

L : 叶面积指数

L_e : 有效叶面积指数

α : 木质部分面积所占的比例

γ_e : 针簇比（针簇内的积聚）

Ω_E : 积聚指数（冠层间的积聚）

光学仪器测量LAI原理

- 积聚指数 Ω_E
- Ω_{CC} -基于林隙大小分布理论 ([Chen and Cihlar, 1995](#))
- Ω_{LX} -基于对数平均理论 ([Lang and Xiang, 1986](#))
- Ω_{CLX} - Ω_{CC} 和 Ω_{LX} 方法相结合 ([Leblanc et al., 2005](#))
- Ω_{PCS} -在一个植物群落中测定一个种与另一个种的分离程度的指标 ([Pielou, 1962](#)), 后被定义为林隙和叶片所占像素比例的最大似然估计之和 ([Walter, 2003](#))。

光学仪器测量LAI原理

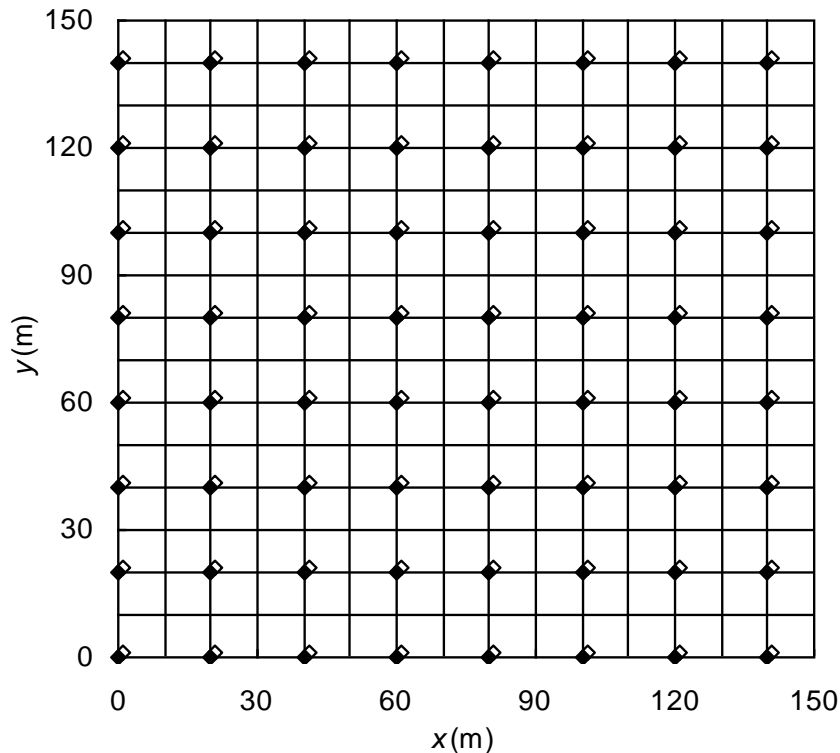
- 针簇比 γ_e
 - 几何测量法 (*Johnson, 1984, Oker-Blom and Smolander, 1988*)
 - 体积替代法 (*Chen, 1996, Chen et al., 1997*)

光学仪器测量LAI原理

- 木质部分面积所占的比例 (α)
 - 直接测量-选择有代表性的树，伐倒直接测量
 - 目视-估测
 - 间接测量-依靠传感器和图像处理 (*Kucharik et al., 1998*, *Zou et al., 2009*)

材料与amp;方法

- 样地设置
- 本研究依托于凉水自然保护区9ha固定样地。样地中心设立140m×140m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。



◆ Location for hemispherical photography ◇ Location for litter traps

- 木质部分面积所占的比例 (α)
用Photoshop7.0进行木质部分去除

- 积聚指数 Ω_E

基于林隙分数和林隙大小分布理论:

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

$F_m(0, \theta)$: 天顶角大于0度时的累积林隙分数

$F_{mr}(0, \theta)$: 给定LAI和叶元素的前提下, 去除较大林隙后的
随机部分的冠层累积林隙分数

Ω_E : 积聚指数。

针簇比 γ_e

- 依据Chen (1996) 实地获取针叶样品的方法。
- 林分的高度分成三个层次：
 - 主林层 (D)
 - 次林层 (M)
 - 被压层 (S)
- 每棵树又分三个不同的级别：
 - 高 (T)
 - 中 (M)
 - 低 (L)
- 得到DT, DM, DL, MT, MM, ML, ST, SM和ST9种类型的针叶样品，共取得243簇样品带回实验室进行分析。

针簇比 γ_e

- 用体积替代法测量

本研究区，红松，冷杉，云杉半表面积(S)公式如下：

$$S = 2.28\sqrt{nvL} \quad \text{for } Pinus \textit{koraensis}$$

$$S = 2.00\sqrt{nvL} \quad \text{for } Picea \textit{spp.}$$

$$S = 2.31\sqrt{nvL} \quad \text{for } Abies \textit{nephrolepis}$$

V: 针叶的体积 (cm³ or g)

N: 针叶的根数

L: 针叶的平均长度 (cm)

针簇比 γ_e

$$\gamma_s = A_n / A_s$$

A_n : 簇内针叶总面积的一半

A_s : 簇的投影面积

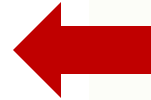
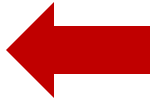
簇的投影面积分三个不同的角度进行扫面（在同一个方位角内）：水平，垂直，45° 角 (*Chen, 1996*)

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

◦ ◦ ◦ 10月1日

10月15日

11月1日



Neumanna (1989)

结果与分析

- 木质部分面积比例 (α)



(a) Original photo



(b) Photo after masking of stems and branches

结果与分析

• 积聚指数(Ω_E)

$\Omega_{\max} = 0.89$; $\Omega_{\min} = 0.46$; $\Omega_{\text{aver}} = 0.69 \pm 0.11$

针簇比 (γ_e)

Table 1. Needle-to-shoot area ratio (γ_e) of *Pinus koraiensis* in the Xiaoxing'an Mountains

	Top (T)	Middle (M)	Low (L)	Average
Dominant (D)	2.37 \pm 0.48aA	1.69 \pm 0.20aB	1.64 \pm 0.19aB	
Co-dominant (M)	1.92 \pm 0.40bA	1.69 \pm 0.25aB	1.59 \pm 0.23aB	1.77 \pm 0.37
Suppressed (S)	1.81 \pm 0.37bA	1.59 \pm 0.20aB	1.63 \pm 0.16aAB	

Different lowercase letters in the same column and different uppercase letters in the same row indicate a significant difference ($P < 0.05$).

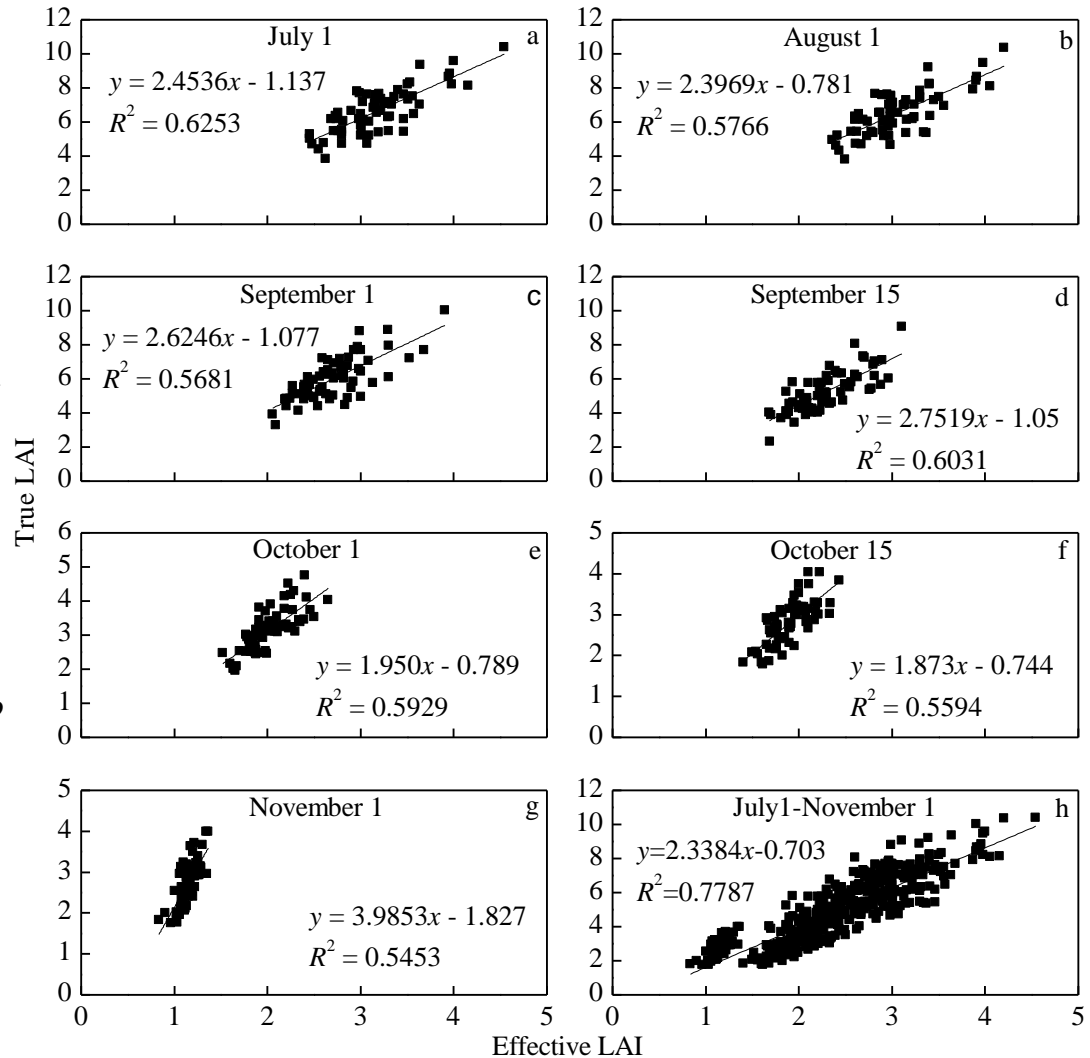
各树种凋落物获得LAI的动态变化

Table 2 Seasonal dynamics of LAI calculated by analyzing litter collected from August to November in the Xiaoxing'an Mountains

	1-Aug	1-Sep	15-Sep	1-Oct	15-Oct	1-Nov	Total
<i>Pinus koraiensis</i>	0.03	0.07	0.17	0.44	0.08	0.01	0.80
<i>Abies nephrolepis</i>	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.05
<i>Picea</i> spp. (<i>Picea koraiensis</i> and <i>Picea jezoensis</i>)	0.00	0.00	0.01	0.03	0.02	0.01	0.07
<i>Ulmus japonica</i>	0.01	0.00	0.00	0.04	0.04	0.00	0.09
<i>Betula costata</i>	0.02	0.08	0.06	0.10	0.00	0.00	0.26
<i>Fraxinus mandshurica</i>	0.05	0.01	0.04	0.33	0.01	0.00	0.44
<i>Acer tegmentosum</i>	0.03	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.07
<i>Quercus mongolica</i>	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.03
<i>Populus ussuriensis</i>	0.04	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.08
<i>Acer ukurunduense</i>	0.02	0.08	0.11	0.08	0.00	0.00	0.29
<i>Ulmus laciniata</i>	0.02	0.08	0.04	0.11	0.05	0.00	0.30
<i>Acer mono</i>	0.01	0.05	0.07	0.44	0.04	0.02	0.63
<i>Tilia amurensis</i>	0.01	0.04	0.17	0.10	0.01	0.00	0.33
<i>Tilia mandshurica</i>	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.06
<i>Prunus padus</i>	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03
<i>Corylus mandshurica</i>	0.02	0.01	0.03	0.13	0.01	0.00	0.20
Others	0.00	0.03	0.03	0.03	0.06	0.03	0.18
Total	0.27	0.48	0.77	1.93	0.35	0.09	3.89

• 统计分析

Fig. 2. Regression analysis between effective LAI (evaluated from hemispherical photographs) and ‘true’ LAI in each period and during the whole deciduous season, as indicated in the panels.



统计分析

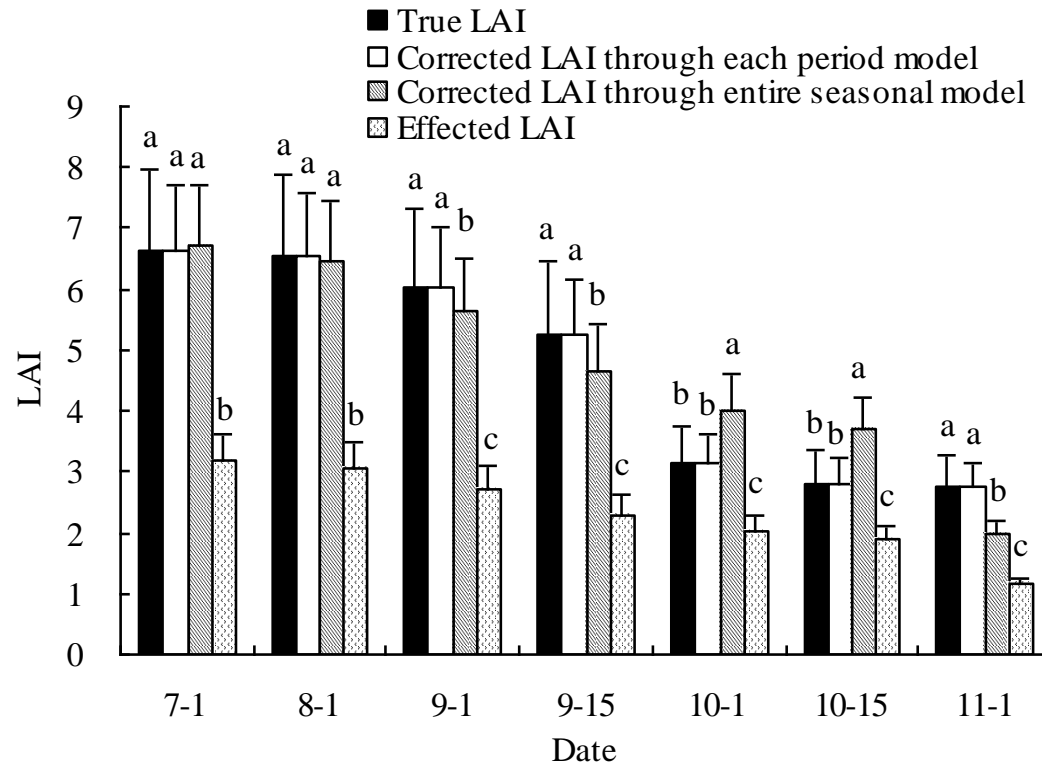


Fig. 3. Seasonal dynamics of LAI from July to November in the Xiaoxing'an Mountains. Different lowercase letters within each period indicate a significant difference ($P < 0.05$).

统计分析

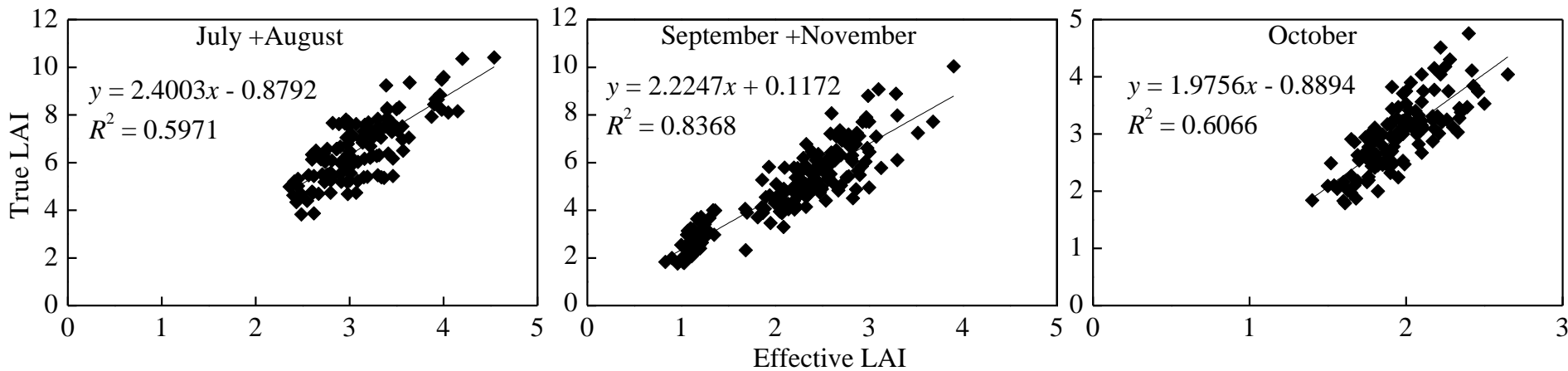


Fig. 4. Results of the model classification process and the calibration models.

统计分析

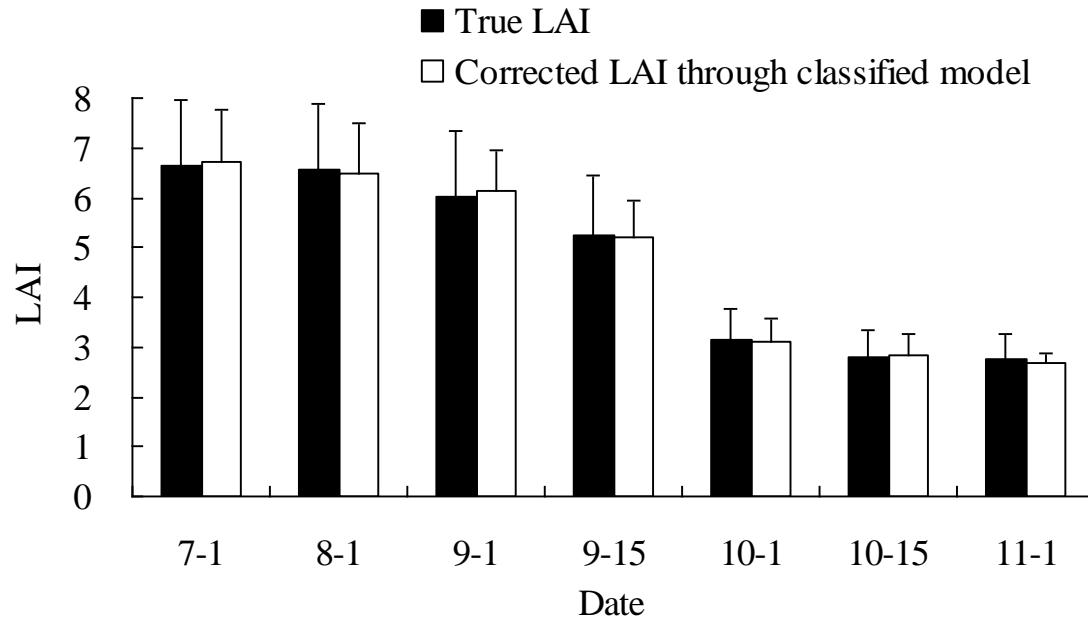


Fig. 5. Seasonal dynamics of ‘true’ LAI as well as the LAI values after correction using the classified models.

Thanks !

