

胡 林,周国民,丘 耘,等. 王林苹果叶片光化学植被指数的变化规律[J]. 江苏农业科学,2016,44(12):217-219.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.12.066

王林苹果叶片光化学植被指数的变化规律

胡 林,周国民,丘 耘,郭秀氏,樊景超

(中国农业科学院农业信息研究所,北京 100081)

摘要:植物的光化学植被指数(photochemical reflectance index, PRI)与其光利用效能(light use efficiency, LUE)有密切的关系, PRI 常用来估算植物的 LUE。然而,植物 PRI 容易受环境因子的强烈影响,导致冠层 PRI 的应用难度很大。为了更好地利用 PRI 为果树科研与生产提供指导,研究果树冠层 PRI 的动态变化,提示其变动规律性,为利用 PRI 考察果树光利用效能提供参考。选择具有代表性的王林苹果树为研究对象,每棵果树在 4 个空间方位各采 10 张叶片,用 PlantPen PRI 200 测量其 PRI 值。结果表明,果树 PRI 变化呈现如下规律:(1) PRI 值总体分布符合正态分布规律;(2)不同树冠空间中的叶片的 PRI 大小不同,按照从大到小的顺序排列为南、东、西、北;(3) PRI 与气温呈负相关关系,即随着气温的升高,植物的 PRI 反而降低;(4)果树叶片在离体后,其 PRI 会逐渐降低,但是,在果树叶片死亡前, PRI 值会突然升高,然后降低趋于 0 甚至是负值,叶片活性降低直至死亡。

关键词:光化学植被指数(PRI);光利用效能(LUE);温度;方位;离体试验;动态

中图分类号: S661.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)12-0217-03

光能利用率是植物重要的生物学功能特征^[1],是衡量果树生产力的重要指标。光能利用率可以用光化学植被指数(photochemical reflectance index, PRI)来衡量^[2]。PRI 定义为近红外光在 530, 570 nm 处反射率的归一化植被指数,这 2 个波段位置的反射率受叶黄质循环的影响,与植物叶片的光能利用率密切相关。已有研究表明,多种因素可以干扰植物影响其 PRI 值,如叶片含水量、氮元素浓度^[3]、太阳天顶角^[4]、叶倾角的分布等^[5]。因此,可以利用各种因素对 PRI 的影响,总结其规律性,进而将植物的 PRI 值作为监测植物水分、土壤肥力含量等因子状态变动的重要指标^[6]。植物的 PRI 值实际是众多因素综合作用于植物的结果,是植物小生境对生活在其中叶片作用的反应,因此,位于不同小生境的叶片,其 PRI 值应该不同,或者相同的 PRI 值可能是受相同的生态因子不同组合的作用形成的结果。因此,冠层 PRI 的应用限制条件众多,使得 PRI 的应用受到很大的限制^[7]。本研究利用王林苹果果树作为研究对象,在树冠冠层尺度上研究树冠 PRI 的变化情况。采用将树冠空间进行细分的方法,即将树冠按照其空间位置分成不同的区位空间,研究不同区位的叶片 PRI 值的动态变化规律,为合理利用 PRI 监测果树相关因子变动提供理论基础与技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料与器材

试验果园位于北京市丰台区南岗洼果园,地处北京城区

西南,永定河畔。果园面积约 3 000 m²,主栽品种为王林、富士苹果,树高 3 m 左右、冠幅 4~5 m。本试验采用果园主栽品种王林作为试验样本。

Plantpen PRI 200 为便携式光化学反射植被指数测定仪,可以快速测定植物的光化学反射植被指数,设备上自带白板,在测量 PRI 值的过程中,仪器会自行提示进行校验,大约每测 10 个值需要校验 1 次。

1.2 试验方法

1.2.1 果树树冠空间的划分 利用 GPS 确定北,然后用平面坐标将树冠划分为 4 个象限(图 1)。

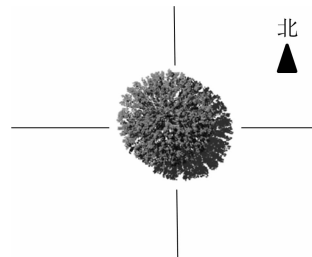


图1 树冠划分图示

在树冠的第一、第二、第三、第四象限,分别选择 10 张树叶,作为测量果树叶片 PRI 值的样本。考虑到 PRI 值受到天顶角的影响,有研究^[4]表明在 10:00—14:00 期间天顶角对 PRI 值的影响基本一致,因此,试验时间设定为 10:00—12:00。

1.2.2 果园叶片光谱测定 利用 PlantPen PRI 200 测量果树叶片的 PRI 值。PRI 是由 Gamon 等首次提出的^[8],主要选择了 531, 570 nm 处的反射率,其计算公式可由公式(1)表示,公式(1)中 R_{531} 表示 531 nm 处的光谱反射值, R_{570} 表示 570 nm 处的光谱反射值。

$$PRI = \frac{(R_{531} - R_{570})}{(R_{531} + R_{570})} \quad (1)$$

收稿日期:2015-08-19

基金项目:国家“863”计划(编号:2013AA201405);中国农业科学院科技创新工程(编号:CAAS-ASTIP-2015-AII-03)。

作者简介:胡 林(1967—),男,内蒙古商都人,博士,研究员,主要从事农业信息技术、图像分析、数据挖掘等研究。Tel:(010) 82109964;E-mail:hulin@caas.cn。

在近红外频谱 530、570 nm 波段位置的反射率主要受叶黄质循环的影响,并且和植物叶片的光能利用率密切相关。因此,PRI 为估算叶片的光能利用率提供了一种很好的方法,PRI 可由 PlantPen PRI 200 直接测得。

试验严格按照操作手册操作,及时进行设备校验,校验的方法是选择设备菜单中的 calibration 命令,校验结束后可以采集数据,每测量 10 个数据需要进行 1 次校验。

1.2.3 在树叶片 PRI 值采集 首先,在树上对长期测量的叶片进行标记。测量树上的叶片时,手持 plantpen PRI 200,尽量使得叶片的光照条件一致,测量叶片的 PRI 值即可。

1.2.4 离体叶片 PRI 值采集 除以上进行长期测量的叶片外,还另外标记叶片,在进行树上采集 PRI 值后,将叶片摘下,放入标本夹,放置冰箱 12 ℃ 恒温保存。在 24、48、72、96 h 时在太阳光和当时采摘时相当的强度下,测量其 PRI 值。

1.2.5 果园气象因子测定 利用手持数字温湿度速测计 TES 1360A 测量果园温湿度,测量得到的数值保存在设备内,与电脑相连可以导出。采集时间与叶片的采集时间为同一时段(10:00—12:00),测量 3 次,计算取其平均值作为该时段

的温度。

1.3 数据分析

采用微软 Excel 软件作图,数据分析采用 Python 语言及其扩展包 Pandas 完成。

2 结果与分析

2.1 PRI 分布特征

分别统计 2015 年 5 月 14、20、27 日所采集数据的频率分布^[9],得到图 2。图 2-a、图 2-b、图 2-c 分别是 2015 年 5 月 14、20、27 日的 PRI 频率分布图。图 2-a 显示,果树 PRI 平均数为 0.4,标准差为 0.037 的正态分布;图 2-b 显示,果树 PRI 平均数为 0.2,标准差为 0.013 的正态分布;图 2-c 显示,果树 PRI 平均数为 0.2,标准差为 0.01 的正态分布。

2.2 PRI 随果树叶片空间变化规律

果树树冠中具有一定的纵深,内部光照条件变化复杂,并且有自己的小气候。叶片 PRI 值随方向变化而变化的规律是西南 < 东南 < 西北 < 东北(图 3-a)。由图 3-b 可知,树冠区位叶片的 PRI 值变化的规律是南部 < 东部 < 西部 < 北部。

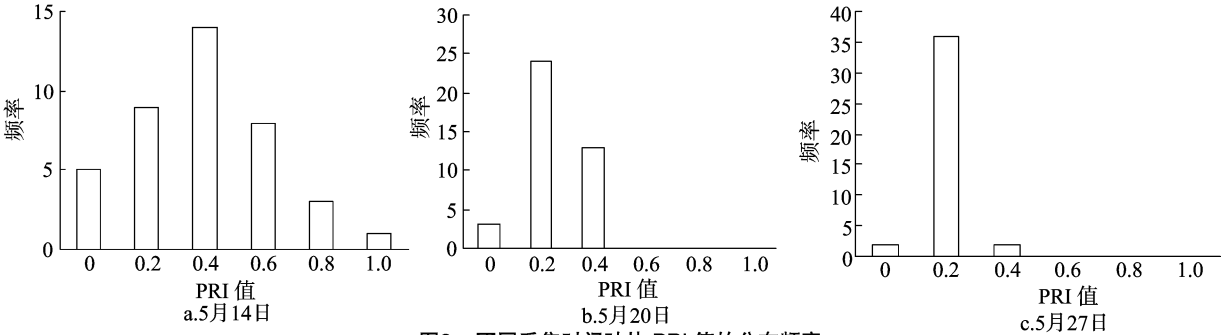


图2 不同采集时间叶片 PRI 值的分布频率

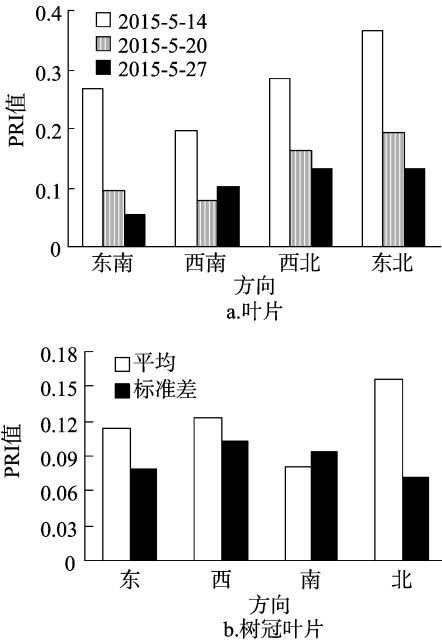


图3 叶片 PRI 值随方向变化的规律

用单因素 4 水平试验方法^[10]检查 4 个方向上是否有显著性差异,结果显示:(1)东南、西南、西北、东北 4 个方向上的差异显著性检验。4 个方向上,每个方向的样本数为 30 个,

属于大样本,因此,可以利用单因素方差分析的方法^[11]。经过计算,实际 F 值为 2.889,大于理论值 2.683,表明组间差异显著。(2)东、南、西、北方向上的差异显著性检验。4 个方向上,每个方向的样本数为 40 个,属于大样本,因此,可以利用单因素方差分析的方法。经过计算,实际 F 值为 4.998,远大于理论值 2.663,表明组间差异显著。

2.3 PRI 随果树叶片温度的变化规律

图 4 表示果树叶片 PRI 在不同时间、不同方位上的变化形势。由图 4 可以明显看出,不同时间的 PRI 值之间有明显不同。

利用 Kruskal - Wallis 秩和检验^[12],得到卡方值为 14.42, P 值为 0.000 738 3 < 0.05,证明 2015 年 5 月 14、20、27 日间采集的 PRI 数据具有明显不同。

根据现场测量记录南岗洼果园的气温,2015 年 5 月 14 日为 28.2 ℃,5 月 20 日为 30.5 ℃,5 月 27 日为 32.3 ℃。利用相关数值进行数值拟合计算^[13],得到图 5,说明果树的 PRI 值可能随温度的升高而降低。其关系式为 $y = 0.06x^2 - 0.327x + 0.546$,其中相关系数 r 值等于 1。

高温对果树的 PRI 值具有负反馈效应,即随着温度的升高,果树叶片的 PRI 值会呈现下降的趋势。参照文献^[14]的结论,在叶片和冠层水平一串红和白车轴草的 PRI 值随着光照度的增加而降低,在 12:00 最低,表明光照度及其增温效应

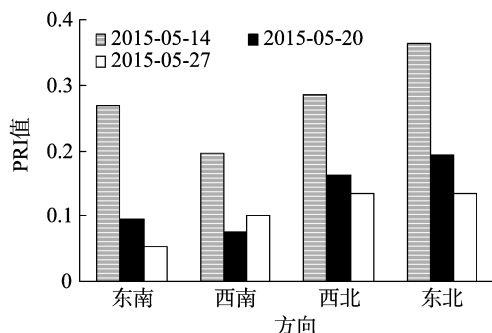


图4 叶片 PRI 值随时间变化的规律

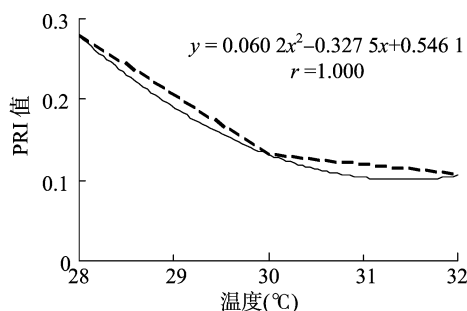


图5 PRI 值随温度变化的规律

对 PRI 的效应是一致的。

2.4 果树叶片离体后 PRI 的变化规律

离体叶片 PRI 值的变化见图 6。图中 PRI 表示叶片在树上的 PRI 值, PRI24 表示叶片采摘 24 h 后的值, 依次类推, PRI48、PRI72、PRI96 分别表示采摘 48、72、96 h 后的 PRI 值。

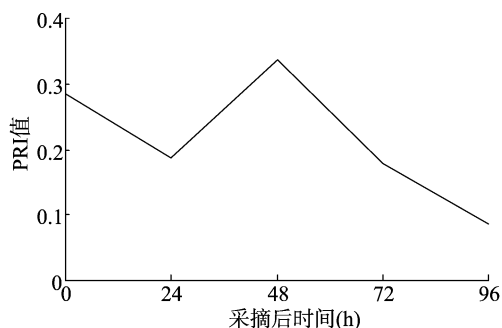


图6 叶片离体后 PRI 值的变化规律

离体后, 叶片保存在恒定的温度下, 因此, PRI 的变化与温度的变化无关。其变化的特点是: PRI 值在离体后下降, 在离体 24 h 后其 PRI 值增高, 到离体 48 h 后, 迅速下降, 离体 96 h 后, 其 PRI 值接近 0。

3 结论与讨论

本研究将果树树冠区分为不同的区位, 得到了果树不同区位 PRI 值变化的规律。不同区位叶片 PRI 值不同的主要驱动力, 可能由众多因素对叶片 530、570 nm 波段的不同影响造

成的; 单一植物叶片的 PRI 值具有一定的随机性, 但是整个树冠内叶片的 PRI 值分布符合正态分布; 在树冠空间中, 果树叶片 PRI 值从大到小依次分别为南、东、西、北, 不同方位的果树叶片 PRI 值明显不同; 果树叶片在离体后, 其 PRI 值在 24 h 内逐渐降低, 在离体 48 h 左右增高, 在离体 72 ~ 96 h 时内迅速降低到 0。综上可知, 利用果树树冠空间划分的方法, 可以得到较为稳定的 PRI 值, 有利于利用 PRI 值指导生产实践和科学研究。

参考文献:

- [1] Nakaji T, Kosugi Y, Takanashi S, et al. Estimation of light-use efficiency through a combinational use of the photochemical reflectance index and vapor pressure deficit in an evergreen tropical rainforest at pasoh, Peninsular Malaysia [J]. Remote Sensing of Environment, 2014, 150(7): 82-92.
- [2] 吴朝阳, 牛 铮. 光化学植被指数估算植物光能利用率的研究进展[J]. 植物生态学报, 2008(3): 734-740.
- [3] 郑腾飞, 郭建茂, 于 鑫, 等. 基于氮处理的不同生育期冬小麦光能利用率和光化学植被指数的关系[J]. 干旱气象, 2012, 30(4): 623-629.
- [4] 吴朝阳, 牛 铮. 植物光化学植被指数对叶片生化组分参数的敏感性[J]. 中国科学院研究生院学报, 2008, 25(3): 346-354.
- [5] Soudani K, Hmimina G, Dufrene E, et al. Relationships between photochemical reflectance index and light-use efficiency in deciduous and evergreen broadleaf forests[J]. Remote Sensing of Environment, 2014, 144(1): 73-84.
- [6] Sarikioti V, Driever S M, Marcelis L F M. photochemical reflectance index as a mean of monitoring early water stress [J]. Annals of Applied Biology, 2010, 157(1): 81-89.
- [7] 陈 晋, 唐艳鸿, 陈学泓, 等. 利用光化学反射植被指数估算光能利用率研究的进展[J]. 遥感学报, 2008, 12(2): 331-337.
- [8] 郑腾飞, 郭建茂, 于 鑫, 等. 基于氮处理的不同生育期冬小麦光能利用率和光化学植被指数的关系[J]. 干旱气象, 2012(4): 623-629.
- [9] 王 森, 曾利华. 风速频率分布模型的研究[J]. 水利发电学报, 2011, 30(6): 204-209.
- [10] 郭 萍. 单因素方差分析在数理统计中的应用[J]. 长春大学学报, 2014, 24(10): 1370-1373.
- [11] Faraway J J. Practical regression and anova using R [EB/OL]. [2015-07-07]. <http://cran.r-project.org/doc/contrib/Faraway-PRA.pdf>.
- [12] 高彦伟, 陈殿友. 基于 Kruskal-Wallis 检验的地下水污染质分布的研究——以长春地区为例[J]. 地球物理学进展, 2011, 26(6): 2249-2254.
- [13] McCullagh P, Nelder J A. Generalized linear models [M]. London: Chapman and Hall, 1989.
- [14] 彭 涛, 姚 广, 高辉远, 等. 植物叶片和冠层光化学反射指数与叶绿素循环的关系[J]. 生态学报, 2009, (29)4: 1987-1993.