

梨树冠层光分布特性与叶面积指数关系的研究

李丹, 赵经华, 洪明, 马英杰

(新疆农业大学 水利与土木工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要: 在新疆阿克苏地区试验基地内开展沟灌灌水方式下的大田试验,以梨树为研究对象,使用 HemiView 数字植物冠层分析仪器测定梨树冠层的光照指标及 LAI,探讨梨树冠层内的光分布情况及 LAI 变化规律,建立 DSF、ISF 与 LAI 回归模型。结果表明:随着梨树果实生长发育的进行,树下 DSF 与 ISF 变化趋势基本相同,DSF、ISF 呈显著性正相关,但穿透冠层的直射光一直大于散射光;随着果实不断趋于成熟,LAI 呈现不断减小趋势;DSF、ISF 的变化影响 LAI 数值的变动,ISF 对 LAI 的作用影响更为显著;对比晴天与阴天条件下冠层的直接辐射状况,冠上、冠下直接辐射波动基本相同,晴天树冠可以截获更多的直接辐射。

关键词: 梨树冠层; 光分布特性; 叶面积指数; 直射光立地系数; 散射光立地系数; HemiView; 沟灌

中图分类号: S661.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2015)03-0227-04

Study on relationship between light distribution characteristics and leaf area index for pear tree canopy

LI Dan, ZHAO Jinghua, HONG Ming, MA Yingjie

(College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: Taking pear tree as research object, the paper conducted field experiment under way of furrow irrigation in experiment base at Aksu region of Xinjiang, and used Hemiview canopy image analysis equimen to measure the light index of pear tree canopy and discuss the light distribution situation and the change law of LAI. The regression model between DSF, ISF and LAI was built. The results showed that with the growth of pear tree fruits, the change trend of DSF is the same with that of ISF. DSF has significant positive correlation with ISF. The direct light through canopy is always greater than scattered light; LAI presents the decreasing trend with the mature of fruits. The change of DSF and ISF affects the change of LAI number value. The impact of ISF on LAI is more significant. The paper compared the situation of direct radiation in condition of sunny and cloudy day, the direct radiation above pear tree canopy is the same with that under the canopy. The canopy in sunny day gets more direct radiation.

Key words: pear tree canopy; light distribution characteristic; leaf area index (LAI); direct site factor (DSF); indirect site factor (ISF); HemiView; furrow irrigation

直射光立地系数 (Direct Site Factor, DSF) 与散射光立地系数 (Indirect Site Factor, ISF) 用于评估林下直射光与散射光情况,是定量测定光照状况的有效手段。其中,直射光立地系数 (DSF) 是指树下直射光量占开放地区的直射光量的比值^[1],散射光立地系数 (ISF) 为散射光所占比值。DSF 与 ISF 取值范围为 0~1。

光辐射是植物光合作用过程中合成碳水化合物的重要能源,也是植物生长最为重要的资源。植物冠层内的光分布决定了植物的生物物理过程与生态环境之间的交互关系,是植物冠层光合生产力模拟研究的重要基础^[2]。随着对植株冠层结构内光环境研究的不断深入,很多学者已经作出了大量的贡献。郝玉梅等^[3]研究了不同修剪条件下苹果树的冠层特性与

收稿日期: 2014-11-06; 修回日期: 2015-01-16

基金项目: 新疆维吾尔自治区重大专项 (201130103-1); 国家科技支撑计划项目 (2011BAD29B05); 新疆水利科技项目 (2013G03); 新疆水利水电工程重点学科基金资助项目 (XJZDXK-2002-10-05)

作者简介: 李丹 (1988-), 女, 河南开封人, 硕士研究生, 主要从事灌溉节水理论研究。

通讯作者: 赵经华 (1979-), 男, 新疆奇台人, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事节水灌溉技术研究及教学工作。

光照变化情况,结果发现重度修剪可以明显改善苹果树冠层内的通风透光性;赵伟等^[4]着重探讨了红皮云杉冠层表面及冠层内光能分布情况,并指出树冠表面光分布差异会直接导致树木形状的改变;张友胜等^[5]通过分析发现黧蒴叶片的叶绿素含量会随着 ISF 的增加而不断增大;Keeling 等^[6]将 ISF、DSF 作为森林光照环境状况的评定指标。因此,本试验在前人研究的基础上,通过开展沟灌灌水方式下的大田试验,研究 DSF、ISF 与 LAI 的变化规律,进而探讨梨树冠层光照特性变化与叶面积指数之间的关系,以期优化梨树冠层结构、改善冠层的光分布状况、提高植株通风透光能力提供理论依据,同时,也为梨树的管理工作提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

大田试验在新疆阿克苏地区红旗坡新疆农业大学林果试验基地进行。地理位置为东经 $80^{\circ}14'$,北纬 $41^{\circ}16'$,海拔 1 133 m。地处天山中段的托木尔峰南麓,塔里木盆地北缘,属于典型的温带大陆性气候,多年平均太阳总辐射量 $544.115 \sim 590.156 \text{ kJ/cm}^2$,多年平均年日照时数 $2\,855 \sim 2\,967 \text{ h}$,无霜期达 $205 \sim 219 \text{ d}$,多年平均降水量 $42.4 \sim 94.4 \text{ mm}$,多年平均气温 11.2°C 。

1.2 试验设计

研究对象为 5 年生香梨,果树带均为南北方向种植,株行距为 $3\text{ m} \times 5\text{ m}$,灌水方式为沟灌。试验区周边种植有防护林带,但对果树无遮挡作用,且日照、灌水量充足。试验于 2014-07-29 - 09-07 进行,每隔 10 d 测定一次试验数据,共测定 5 次。其中,在试验期内,8 月 18 日为阴天,其余天气均为晴。

1.3 试验方法

梨树冠层数据采集使用 HemiView 数字植物冠层分析仪器。HemiView 冠层分析仪器主要包括单反数码相机、 180° 鱼眼广角镜头、可伸缩单臂支架以及 HemiView 2.1 半球影像图片分析软件。单反数码相机用来拍摄植物冠层的半球影像图片,HemiView 软件用来对拍摄的冠层图片进行分析计算。

每次试验测定均于当日 11:00 前进行,此时梨树冠层无强烈太阳光直射,天气情况符合仪器使用要求。首次试验前,随机选取长势均一的梨树 5 株,并设定为试验样树。冠层图片采集时,在每株样树南、北正对位置,将相机放置离地 30 cm 高度,并紧贴至树干,镜头面向梨树冠层后拍取冠层图片,每株

树共 2 张。经 HemiView 软件分析,得到梨树冠层 DSF、ISF、叶面积指数与当日固定地点冠上、冠下直接辐射光量子通量密度日动态变化时间序列值。梨树冠层半球影像图片如图 1 所示。



图 1 梨树冠层图片

1.4 数据处理

使用 SPSS 19.0 和 EXCEL 处理试验数据。

2 结果与分析

2.1 DSF、ISF 对梨树冠层的影响

梨树冠层 DSF、ISF 变化如图 2 所示。从图 2 可以看出,不同时段 DSF 曲线与 ISF 曲线变化趋势基本相同。从 07-29 - 08-18,DSF 与 ISF 呈递增趋势,在试验期后阶段,DSF 不断递减,而 ISF 先减后增,由图可知,直射光与散射光穿透冠层的比值不同。相对于散射光来说,直射光更多的透射过梨树树冠,而散射光更多的被冠层截获。在 8 月 18 日,DSF 值为 0.760,ISF 为 0.669,DSF 波动幅度较大,而 ISF 变化较小,说明天气变化会对冠层光透过性产生影响。

2.2 DSF 与 ISF 相关性分析

通过对不同生育期梨树冠层 DSF 和 ISF 进行相关性分析,结果如图 3 所示。从图中可以看出,随着 DSF 的增大,ISF 亦随之增加,且呈显著性正相关($r = 0.751^{**}$)。保持冠层有较好的通风透光条件,有利于提高冠层积累光合产物的能力,同时,果实的产量与品质也会提升。7 - 9 月是梨树果实成长的高峰时段,由图知 DSF 与 ISF 成比例变化,所以,在梨树冠层原始透光性分析的基础上,可以通过修剪梨树枝叶进而改善冠层内光环境,从而改善直射光与散射光分配比,提高植株整体光能利用效率。

2.3 不同时段梨树冠层 LAI 变化

叶面积指数(Leaf Area Index, LAI)是指单位面积上所有叶子表面积的总和,是表征植被冠层结构的一个重要参数,并控制着植被光合、呼吸、蒸腾、降雨截获等生物物理过程的进行^[7]。不同时段梨树冠层 LAI 的变化如图 4 所示。从整体来看,LAI 随时

间变化的差异性不显著,说明梨树的不同生长时期对 LAI 影响不大。较高的叶面积指数意味着有较大的群体光合面积,可以形成较多的光合产物^[8]。从图 4 可以看出,随着梨树果实的逐渐成熟,枝叶的逐渐凋落, LAI 整体呈下降趋势,说明从 07-29 - 09-

07,单位土地面积上梨树的叶面积逐渐减少,梨树冠层可以合成的光合产物逐渐降低,这与梨树果实生长发育情况相符(从 4 - 8 月下旬,梨树果实的纵横径、体积、重量均呈现上升态势,到 9 月基本保持稳定状态^[9])。

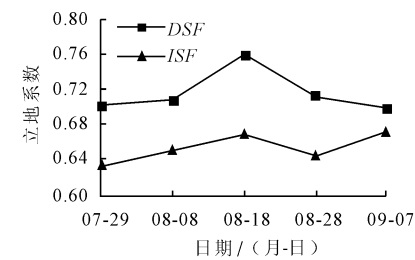


图 2 梨树冠层立地系数变化图

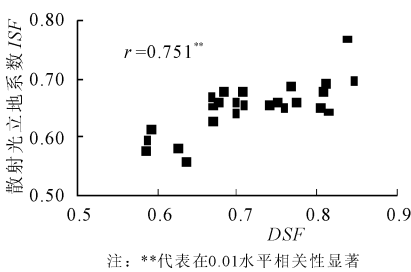


图 3 DSF 与 ISF 相关性分析

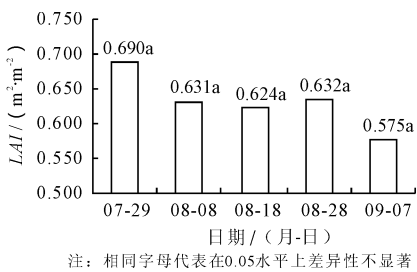


图 4 2014 年梨树冠层 LAI 变化

2.4 DSF、ISF 与 LAI 多元线性回归分析

光照条件是植物进行生长发育的环境基础,而作为产量预测的指标之一,叶面积指数同样用于反映植株的生长状况。将 DSF (X_1)、 ISF (X_2) 与 LAI (Y) 进行多元线性回归分析,得到 DSF 、 ISF 与叶面积指数之间的关系。拟合模型如下:

$$Y = 0.005X_1 - 2.280X_2 + 2.116$$
$$(R^2 = 0.928, \text{调整为 } R^2 = 0.921)$$

通过多元线性拟合方程可以看出,影响 LAI 的因子作用顺序为 $ISF > DSF$,随着 DSF 的增大、 ISF 的减小, LAI 不断提高。以上分析说明, ISF 对 LAI 的变化起主导作用。梨树冠层散射光透过率减小,直射光透过率增大,可以促进枝叶生长,单位土地面积上的叶面积增大,截获的光能增加,光合产物也会随之提高,这对于提升果实产量十分有益。

2.5 梨树冠层直接辐射光量子通量密度分析

太阳辐射包括太阳直接辐射与散射辐射,其中,太阳辐射中对植物光合作用有效的光谱成分称为光合有效辐射 (Photosynthetically Active Radiation, PAR)^[10]。

当 PAR 使用量子学系统范畴定义时,其用光子通量密度进行度量,单位为 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^2)$ 。在 5 次拍摄的梨树冠层图片中,选取典型晴天(7 月 29 日)和典型阴天(8 月 18 日)进行冠上、冠下直接辐射分析,其结果如图 5 所示。由图 5(a)可知,不管是在晴天条件下还是在阴天条件下,冠上直接辐射整体变化趋势相同,均呈现单峰曲线变化。从早晨 5:00 左右,直接辐射开始发生变化。随着时间的推移,直接辐射在中午 12:00 左右均达到最大值,晴天为 $1024.06 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^2)$,阴天为 $966.86 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^2)$,之后,冠上直接辐射不断减小。与冠上直接辐射不同,冠下直接辐射波动较为剧烈,呈现双峰变化趋势。从早晨 5:00 左右,冠下辐射开始启动。晴天条件下,在 7:00 左右达最大值,于中午至最小点,之后上升,13:00 为全天最大值 $991.50 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^2)$,之后减小。阴天冠下最大值点出现在正午 12:00。冠上辐射与冠下辐射的差值即为冠层截获的辐射值。对比图 5(a)与 5(b)可以看出,晴天可以截获更多的直接辐射,用于进行光合作用的能量也最大。

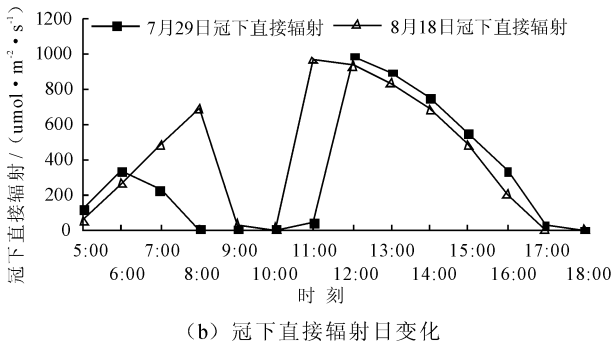
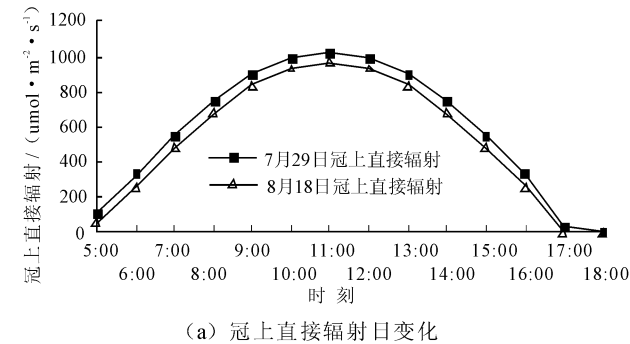


图 5 梨树冠层直接辐射日变化图

3 结 语

(1) 不同时段监测的 DSF 与 ISF 波动趋势基本相同, DSF 曲线变化幅度大于 ISF 曲线, 且 $DSF > ISF$ 。相较于散射光来说, 直射光的冠层透过率要更大。

(2) 对试验阶段获取的 DSF 值和 ISF 值进行相关性分析, 结果发现, DSF 与 ISF 呈显著性正相关, 相关系数为 0.751, 表明 ISF 随着 DSF 的增大而增大, 说明梨树冠层直射光与散射光变化趋势同步。

(3) 在梨树果实生长发育后期对冠层的 LAI 进行分析, 结果发现 LAI 呈现不断下降趋势。 LAI 数值不断减小, 不利于植株干物质的积累, 并且间接证明果实发育趋缓, 已逐渐接近成熟。

(4) DSF 、 ISF 变化情况与 LAI 密切相关, DSF 与 LAI 呈正相关关系, ISF 与 LAI 呈负相关关系, 但整体来讲, ISF 对 LAI 的作用更大, 说明散射光对于梨树冠层光合产物积累具有更积极的影响。

(5) 典型晴天与典型阴天条件下, 冠上直接辐射的光量子通量密度变幅相同, 并且数值相差不大。冠下直接辐射变化趋势曲线相同, 但晴天条件下冠下直接辐射变化程度更为剧烈, 证明冠层截获的直接辐射量更大, 可以用来进行光合作用的有效直接辐射更大。

(6) 沟灌是在垄作条件下向作物行间的垄沟灌水, 水在进入灌水垄沟后, 在流动的过程中主要借毛细管作用湿润土壤^[11]。针对阿克苏地区干旱少雨、水资源短缺的情况, 在后续试验中可以增加试验组,

将滴灌梨树纳入试验范围, 对比沟灌与滴灌条件下梨树冠层光照指标及 LAI 的变化情况, 以期最大限度的利用水资源、达到水资源的合理规划调配。

参考文献:

- [1] 班宏娜. 樟子松人工树冠层光分布规律及对生长影响的研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2010.
- [2] 赵春江, 郭新宇, 陆声链. 农林植物生长系统虚拟设计与仿真[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [3] 郝玉梅, 李凯荣. 洛川县红富士苹果树冠层特性初步研究[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(5): 75-79.
- [4] 赵伟, 武亚斌, 朱志华, 等. 红皮云杉单木冠层光能分布的探讨[J]. 植物研究, 1997, 17(2): 213-218.
- [5] 张友胜, 张苏峻, 李镇魁. 车八岭林下植物叶绿素分布模式及对光照条件的响应[J]. 华南农业大学学报, 2007, 28(3): 113-115.
- [6] Keeling H C, Phillips O L. A calibration method for the crown illumination index for assessing forest light environments[J]. Forest Ecology and Management, 2007, 242(2-3): 431-437.
- [7] 王文杰, 蒋卫国, 王维, 等. 环境遥感监测与应用[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2010.
- [8] 李迪泰. 超级杂交稻冠层特性与太阳辐射利用及其对产量影响的研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2010.
- [9] 苏艳丽. 天皇梨树体、果实生长发育特性及矿质营养研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2007.
- [10] 段若溪, 姜会飞. 农业气象学[M]. 北京: 气象出版社, 2005.
- [11] 史海滨, 田军仓, 刘庆华. 灌溉排水工程学[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2011.