

DOI:10.11937/bfyy.201517003

梨树冠层截获辐射能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:以新疆阿克苏地区沟灌条件下的香梨为研究对象,使用 HemiView 数字植物冠层分析仪器,探讨梨树在不同生长时段,冠层截获的太阳辐射能、LAI 的变化规律及其相互关系。结果表明:冠层截获的散射能、直射能、总辐射能随时间的变化幅度均不大,且差异性不显著;同一天,梨树冠层截获的总辐射能>直射能>散射能;随着梨树生育期的进行,LAI 呈下降趋势;在整个试验阶段,晴天条件下,梨树冠层截获的散射能、直射能与 LAI 多呈显著性正相关,阴天条件下,各类型辐射能与 LAI 相关性均不显著。试验表明,截获散射能对 LAI 变化的影响最大,截获直射能对 LAI 的影响最小,截获总辐射能对 LAI 的作用关系不明显。

关键词:沟灌;梨树;截获辐射能;叶面积指数(LAI);HemiView

中图分类号:S 661.201 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)17-0008-04

太阳辐射是植物生命活动、有机质合成和产量形成的能量来源。太阳辐射能越多,植物进行光合作用的潜力就越大,增产的可能性也就越大,相反则可能性越小^[1]。到达作物冠层上方的太阳辐射能,一部分被作物冠层反射,一部分被作物吸收,一部分透射过冠层到达地表,并被地表吸收和反射^[2]。研究表明,植物冠层的干物质生产量与其截获的辐射能密切相关^[3]。

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^[4],是表征植物冠层生产力的重要参数之一。郝玉梅等^[5]研究了苹果树冠层结构改变对截获辐射能及 LAI 变化的影响;徐强等^[6]测定了线辣椒与玉米带状套作模式下的光能截获情况;段爱旺^[3]利用太阳辐射截获量推求 LAI。但是,针对于沟灌条件下梨树冠层截获辐射能及其 LAI 方面的研究却鲜见报道。因此,该试验在新疆阿克苏示范基地,通过开展沟灌灌水方式下的大田试验,研究梨树冠层截获的散射能、直

射能、总辐射能、LAI 的变化情况及其之间的相互关系,以期探明影响 LAI 变化的主要辐射能类型,为改善冠层辐射截获量、增大冠层光能生产潜力、提升香梨产量和品质奠定理论基础。

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°14′、北纬 41°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 544.115~590.156 kJ/cm²,多年平均年日照时数 2 855~2 967 h,无霜期达 205~219 d,多年平均降水量 42.4~94.4 mm,多年平均气温 11.2℃。

1.2 试验材料

以垄沟内种植的 5 年生香梨为研究对象,株距为 3 m,每行 12 株。

1.3 试验方法

田间灌水方法为沟灌,垄沟沿西南、东北方向布置,共 10 行,行距为 5 m。试验区周边无遮蔽物,日照充分,灌水量充足。试验于 2014 年 7 月 29 日开始,同年 8 月 8 日、8 月 18 日、8 月 28 日、9 月 7 日进行冠层测定,其中,8 月 18 日为阴天,其余皆为晴天。

1.4 项目测定

试验中采用 HemiView 数字植物冠层分析系统测定梨树冠层的辐射指标与叶面积指数等各项参数。Hem-

第一作者简介:李丹(1988-),女,河南开封人,硕士研究生,研究方向为灌溉节水。E-mail:aydans@163.com

责任作者:赵经华(1979-),男,新疆奇台人,副教授,硕士生导师,现主要从事节水灌溉技术等科研与教学工作。E-mail:zhao-jinghua_xj@126.com

基金项目:新疆维吾尔自治区重大专项资助项目(201130103-1);国家科技支撑计划资助项目(2011Bad29B05);新疆水利科技资助项目(2013G03);新疆水利水电工程重点学科基金资助项目(XJZDXK-2002-10-05)。

收稿日期:2015-05-19

iView 冠层分析系统主要包括单反数码相机、鱼眼广角镜头、用以固定安放相机的单臂支架以及 HemiView 2.1 冠层图片分析软件等。试验阶段共进行 5 次冠层拍摄,每次采集均于 10:30 开始,此时梨树冠层无太阳直射光照,天气情况符合试验仪器使用条件要求。首次试验前期,随机选取长势均一的梨树 5 株,并固定为试验样树。每株树分别从西南方向与东北方向 2 个正对位置开始,在离地 30 cm 高度,将相机贴至树干,然后将镜头向上正对梨树冠层拍取冠层图片^[7-8]。5 株梨树冠层图像采集完毕后,使用 HemiView 2.1 软件进行图片分析,从而得到各株梨树的截获散射能、直射能、总辐射能及 LAI 值^[9]。

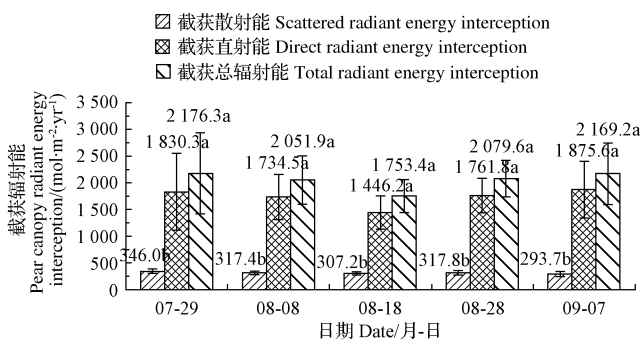
1.5 数据分析

试验数据使用 SPSS 19.0 和 Excel 软件进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 梨树冠层截获太阳辐射能动态变化分析

冠层截获的太阳辐射能为冠上辐射能与冠下辐射能的差值。分别对不同时段梨树冠层截获的散射能、直射能与总辐射能进行分析比较。从图 1 可以看出,随着梨树生长期的进行,冠层截获的散射能、直射能、总辐射能的变化趋势基本相同,在截获的太阳总辐射能中,截获散射能所占比例较小,截获直射能所占比例较大。其中,7 月 29 日,冠层截获的散射能最大为 $346.0 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$,9 月 7 日,冠层截获的直射能最大为 $1875.6 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$,7 月 29 日,冠层截获的总辐射能最大,为 $2176.3 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$,8 月 18 日(阴天),梨树冠层截获的直射能与总辐射能均为观测期最小值,截获的散射能在数值上也相对较小,说明在阴天条件下,由于云层阻碍,致使冠层截获的辐射能减小,植物用来进行光合作用的能量也会发生改变。从图 1 还



注:不同小写字母代表在 0.05 水平上差异性显著。

Note: Different lowercase letters show significant difference at 0.05 level.

图 1 梨树冠层截获辐射能变化

Fig. 1 Change of the pear canopy radiant energy interception

可以看出,冠层截获的各种类型的太阳辐射能,在阴天标准差最小,所得数值的离散化程度小,而在晴天标准差大,所得数值的离散化程度大,从而进一步证实了天气变化对冠层截获辐射能产生很大影响。

从 7 月 29 日至 9 月 7 日,冠层截获散射能、截获直射能、截获总辐射能的变化趋势差异性均不显著,但在同一观测日,冠层截获的直射能、总辐射能均显著大于截获的散射能,在数值上,截获的总辐射能 > 直射能 > 散射能,说明在梨树果实生长旺盛阶段,梨树冠层截获的辐射能比例相对固定,并且,截获的直射能总是大于截获的散射能,说明相对于散射能来说,梨树冠层更易截获直射能。

2.2 LAI 动态变化分析

由图 2 可以看出,梨树 LAI 随着生育期的进行而不断发生改变。从整个观测时段可以看出,LAI 呈不断下降趋势,其中,7 月 29 日 LAI 最大,为 $0.690 \text{ m}^2/\text{m}^2$,9 月 7 日 LAI 最小,为 $0.575 \text{ m}^2/\text{m}^2$ 。大量研究均表明,LAI 的改变不仅可以影响植株光合作用、呼吸作用的进行,在植株不同生育阶段,LAI 还与产量呈显著正相关关系^[10]。随着梨树果实的不断发育成熟,枝叶的不断凋落,植株积累的干物质量不断减少,与此同时,LAI 值不断减小,这符合梨树果实的生长规律。

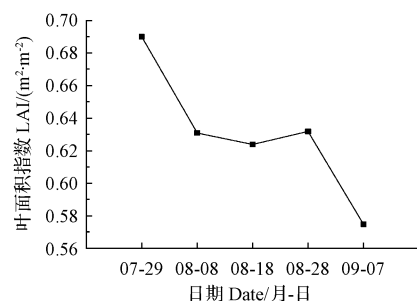


图 2 梨树冠层 LAI 变化

Fig. 2 Change of the pear canopy LAI

2.3 梨树冠层截获辐射能与 LAI 关系

从表 1 可以看出,梨树处于不同生育期截获的不同类型的辐射能与 LAI 的相关性均不相同。在试验前期与后期,截获的总辐射能、散射能和直射能与 LAI 关系极其密切,呈显著正相关关系,而在观测中期(8 月 18 日),3 种辐射能与 LAI 变化关系均不显著,说明天气变化会通过辐射能的改变进而影响到 LAI 的变动。以上分析表明,梨树 LAI 对冠层截获辐射能在 7 月下旬、8 月上旬与 9 月上旬的影响较大,而在阴天条件下,辐射能与 LAI 之间相关性较差。

表 1 辐射截获量与 LAI 相关性分析

Table 1 Correlation of radiant energy interception and LAI

截获辐射能 Radiant energy interception	LAI				
	07-29	08-08	08-18(阴)	08-28	09-07
散射能 Scattered energy interception	0.997**	0.907*	0.787	0.921*	0.978**
直射能 Direct energy interception	0.878	0.929*	0.159	0.630	0.893*
总辐射能 Total radiant energy interception	0.889*	0.928*	0.206	0.700	0.909*

注: * 代表在 0.05 水平相关性显著, ** 代表在 0.01 水平相关性显著。

Note: * shows significant difference at 0.05 level, ** shows significant difference at 0.01 level.

2.4 截获辐射能与 LAI 多元逐步回归分析

综合分析试验期数据,将梨树冠层截获的散射能(X_1)、直射能(X_2)、总辐射能(X_3)与 LAI(Y)进行多元逐步回归分析,得到的 2 个拟合模型如下:

$Y = 0.002X_1 - 0.029$ ($R^2 = 0.965$, 调整后 $R^2 = 0.953$)……(1), $Y = 0.002X_1 - 4.613 \times 10^{-5} X_2 + 0.028$ ($R^2 = 1$, 调整后 $R^2 = 0.999$)……(2)。分析(1)式与(2)式的逐步回归方程,可以看出总辐射能对 LAI 的变化不起直接作用。在影响 LAI 变化的 2 个因素(截获的散射能和直射能)中,散射能对 LAI 的作用最大,散射能与 LAI 呈正相关,直射能与 LAI 呈负相关。随着截获散射能的不断增大、截获直射能的不断减小, LAI 呈现不断上升态势,说明适宜的截获散射能和直射能可以显著提高 LAI 数值的变化。

3 讨论与结论

农作物通过截获太阳辐射获得光能进行光合作用,而农作物冠层结构参数,如 LAI,是影响太阳辐射在冠层内进行重新分配的重要因素^[11]。KUDO^[12]对世界各地的植物生长状况进行分析研究,最后指出决定干物质产量的因子,就气象条件而言,是日照量;就作物栽培而言,主要是叶面积指数,其次是净同化作用的速率。因此,有关植物冠层太阳辐射截获量、LAI 的动态变化研究,一直是值得探讨的问题。

该研究通过对新疆阿克苏试验基地内沟灌条件下的梨树进行数据测定,得到一定时段冠层截获太阳辐射能、LAI 的数据。试验结果表明,在梨树果实生长发育的高峰时期,梨树冠层截获的太阳辐射能波动范围不大,且截获的各类型辐射能均表现为截获的总辐射能>

直射能>散射能。

梨树冠层大幅截获太阳能,积蓄光合作用的“原料”,为果实的生长发育提供能量来源,而 LAI 的增大同样为植株干物质的积累提供助力。随着梨树生育期的进行, LAI 呈现不断减小趋势,这是因为果实已逐渐接近成熟,植株积累的干物质也已趋于饱和状态,这与梨树生长状况相符。

研究结果还显示,天气变化可以显著影响冠层截获的辐射能, LAI 也会发生变化。对比截获散射能、直射能与总辐射能对 LAI 的影响,结果发现散射能对 LAI 的影响最大,直射能次之,总辐射能对 LAI 的作用不明显,表明在梨树果实生长发育的不同时期,可以通过科学调控截获散射能数值的变动来影响 LAI 的增大、果实产量的升高,这有助于提升后期果品的整体经济效益。

参考文献

- [1] 钟信南. 太阳能与水稻产量关系的分析[J]. 广东农业科学, 1983(5): 13-16.
- [2] 周晓东, 朱启疆, 王锦地, 等. 夏玉米冠层内 PAR 截获及 FPAR 与 LAI 的关系[J]. 自然资源学报, 2002, 17(1): 110-116.
- [3] 段爱旺. 作物冠层辐射截获量的测定及其应用[J]. 灌溉排水, 1996, 15(1): 53-56.
- [4] 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: 170.
- [5] 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.
- [6] 徐强, 程智慧, 卢涛, 等. 线辣椒/玉米带状套作的光能截获和利用特征[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(5): 969-976.
- [7] HANSSEN K H, SOLBERG S. Assessment of defoliation during a pine sawfly outbreak: Calibration of airborne laser scanning data with hemispherical photography[J]. Forest Ecology and Management, 2007, 250: 9-16.
- [8] 李丹, 赵国华, 马英杰. 基于 HemiView 分析的不同灌水定额对核桃树叶面积指数的影响[J]. 节水灌溉, 2015(3): 25-27.
- [9] 郝玉梅. 黄土高原苹果树冠层结构变化与光分布规律研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2007.
- [10] 王晓林, 甄志高, 段莹, 等. 花生叶面积指数消长与产量的关系[J]. 安徽农业科学, 2003, 31(6): 940-941.
- [11] 屈永华, 王锦地, 董健, 等. 农作物冠层结构参数自动测量系统设计与试验[J]. 农业工程学报, 2012, 28(2): 160-165.
- [12] KUDO. Crop productivity and solar energy utilization in various climates in Japan[M]. Tokyo: University of Tokyo Press, 1975: 199-220.

Study on Relationship Between Radiant Energy Interception and Leaf Area Index of Pear Canopy

LI Dan, ZHAO Jinghua, HONG Ming, MA Yingjie

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

不同浓度海藻生根剂对黄瓜幼苗生长及根系形态的影响

张晓虹, 杨延杰

(青岛农业大学 园艺学院, 山东 青岛 266109)

摘要:以黄瓜品种‘鲁黄瓜3号’为试验材料,在穴盘育苗条件下,研究了灌根施用600、300、100倍液海藻生根剂对黄瓜幼苗生长的影响,以筛选黄瓜壮苗培养的最适施用浓度。结果表明:随着海藻生根剂稀释倍数的降低,根系生长旺盛。在施用300倍液时,幼苗壮苗指数达到峰值。继续降低稀释倍数,幼苗根系生长量和根尖数目增加则受抑制,壮苗指数显著下降。300倍液处理的幼苗根系吸收面积、根尖数显著高于清水对照,分别高出36.58%、133.39%,幼苗株高、茎粗及叶面积均增大,叶片叶绿素含量显著高于对照。灌根施用300倍液海藻生根剂,可同时促进黄瓜幼苗地上和根系的生长,是培育黄瓜穴盘壮苗的最佳浓度。

关键词:海藻液肥;黄瓜穴盘苗;根系形态;壮苗指数

中图分类号:S 642.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)17-0011-04

海藻肥是天然海藻经生物和化学方法降解后得到的一种生物有机肥料,是一种纯天然的新型有机肥料^[1]。海藻提取物里含有植物生长所需的营养元素、海藻多糖及生理活性物质等,能够提高植物抗逆性、增加作物产量^[2]。王强等^[3]试验证明,喷施海藻肥能够促进

番茄植株生长,增强根系活力,提高番茄的抗逆性。周英等^[4]通过叶面喷施海藻肥显著增加了菠菜和不结球白菜的产量,提高了品质。目前对海藻肥应用的研究主要集中于种子处理^[5]、提高作物抗性、增加作物产量、改善果实品质^[6]等方面,海藻生根剂作为海藻肥的一种,在蔬菜穴盘育苗上的应用尚鲜见报道。该试验以黄瓜为试验材料,以不同浓度的海藻生根剂灌根,探究不同浓度海藻生根剂浇灌处理对黄瓜苗期生长及根系形态的影响,以期海藻生根剂液肥在蔬菜育苗上的合理使用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试肥料为青岛海大生物集团有限公司生产的成

第一作者简介:张晓虹(1988-),女,硕士研究生,研究方向为设施蔬菜栽培生理。E-mail:zhangxiaohong868@126.com.

责任作者:杨延杰(1972-),男,博士,副教授,研究方向为蔬菜栽培生理与设施园艺。E-mail:yangyanjie72@163.com.

基金项目:山东省蔬菜创新团队资助项目(SDAIT-02-022-06);青岛市民生计划资助项目(13-1-3-97-nsh)。

收稿日期:2015-05-19

Abstract: Taking the furrow irrigation pear trees at Aksu region in Xinjiang as the research object, the change laws of radiant energy interception and leaf area index at different growth stages, and their correlation were studied by HemiView canopy image analysis system under different growth period of pear. The results showed that the change of total radiant energy interception, direct radiant energy interception and scattered radiant energy interception were relatively stable, and the difference of them was not distinct. The order of radiant energy interception was total radiant energy interception > direct radiant energy interception > scattered radiant energy interception on the same day. LAI decreased during the pear growth period. Throughout the test period, radiant energy interception was mostly significant positive correlation with LAI under sunny conditions. But radiant energy interception had no significant correlation with LAI under overcast conditions. Scattered radiant energy interception had a great effect on LAI, nor did with direct radiant energy interception and LAI. There was no significant relationship between total radiant energy interception and LAI.

Keywords: furrow irrigation; pear tree; radiant energy interception; Leaf Area Index(LAI); HemiView