

DOI :10.3880/j.issn.1006-7647.2010.01.010

调亏灌溉对梨枣树蒸腾作用和光合作用的影响

赵春明 王密侠 郑灵祥 周富彦

(西北农林科技大学水利与建筑工程学院 陕西 杨凌 712100)

摘要 :以温室生长的 7 年生梨枣树为试材 ,进行了不同阶段、不同亏水程度的调亏灌溉试验 ,探讨调亏灌溉对梨枣树的蒸腾和光合作用的影响。试验结果表明 :①梨枣树白天和晚间的茎液流变化规律明显不同 ,在白天呈现出规则的开口向下的抛物线形 ,并且在中午出现明显的波动现象 ,而在夜间则有稳定的液流 ;②水分胁迫可减少梨枣树的光合速率和蒸腾速率 ,对茎液流量峰值的到来有延迟作用 ;③水分胁迫后复水能增大梨枣树的光合速率和蒸腾速率 ,但光合速率的增大幅度大于蒸腾速率的增大幅度。

关键词 :调亏灌溉 茎液流量 光合作用 蒸腾作用

中图分类号 :S161.4 文献标识码 :A 文章编号 :1006-7647(2010)01-0045-03

Effect of regulated deficit irrigation on transpiration and photosynthesis of pear-jujube tree//ZHAO Chun-ming , WANG Mi-xia , ZHENG Ling-xiang , ZHOU Fu-yan (College of Water Resources and Architectural Engineering , Northwest A & F University , Yangling , 712100 , China)

Abstract : The pear-jujube trees with the age of 7 years in the green house were taken as the test materials . The regulated deficit irrigation tests on them at different stages and depletion levels were carried out so as to study the effect of regulated deficit irrigation on the transpiration and photosynthesis of the pear-jujube trees . The test results indicate that the variation rules of the sap flows in the pear-jujube trees during the day and the night are obviously different . During the day they exhibit an irregular inverted-U relationship and obviously fluctuate at noon , and the sap flows are stable during the night . The water stress can reduce the photosynthesis and transpiration rates of the pear-jujube trees , and may delay the peak value of the sap flows . Re-watering of the pear-jujube trees after water stress may raise their photosynthesis and transpiration , and the increase of the photosynthesis rate is larger than that of the transpiration rate .

Key words : regulated deficit irrigation ; sap flow ; photosynthesis ; transpiration

调亏灌溉(RDI)技术是指在作物生长的某一特定时期对其施加一定的水分胁迫,使其光合产品更多地向不同的组织器官倾斜,从而提高或维持产量、舍弃营养生长的高效节水灌溉方法。茎液流量的变化规律反映了作物蒸腾作用的活动规律,对不同水分环境条件下的作物茎液流量的研究是研究作物蒸腾作用的基本内容之一。该研究的目的是探讨调亏灌溉对梨枣树蒸腾与光合作用的影响,为建立高效、合理的灌溉制度提供依据。

1 材料和方法

试验在西北农林科技大学教育部重点实验室节水灌溉试验站的大型日光温室内进行。试验站位于北纬 108°40',海拔高度为 521 m,多年平均气温为

12.5℃,年均降水量为 632 mm,年均蒸发量为 1 500 mm。土壤质地为中壤土,1 m 土层内的田间持水量和干密度分别为 23%和 1.3 g/cm³。土壤肥力均一。试验站温室内外均设有自动气象站。温室设有内遮阳、外遮阳、大型抽风机和湿帘风扇等设备,能及时调节温室内的太阳强度、光照时间、温度和湿度等。供试材料为田间生长 7 年的矮化成年梨枣树,树冠大小相近,形状相似。试验设置了充分供水(对照 CK)、越冬休眠期中度亏水(T1)、萌芽展叶期轻度亏水(处理 T2)、萌芽展叶期中度亏水(处理 T3)及果实膨大期中度亏水(处理 T4)。处理 T2、处理 T3 分别为对照 CK 灌水量的 3/4 和 1/2。该试验采用 GreenSpan 公司产的 SF2000 热脉冲液流自动监测系统对梨枣树茎液流量进行连续监测,该仪器每 30 min 自动记录 1 次数据。

采用 Diviner2000 进行逐日土壤含水量的连续定点观测,每个处理埋设 9 根水分观测管,管深 1 m,分 10 层进行数据采集,每层 10 cm。并用分层取土法进行校正。用 Licor-6400 便携式光合系统对梨枣树不同生育时期的光合与蒸腾等生理指标进行连续的观测。

2 结果与分析

2.1 充分供水条件下梨枣树茎液流量的日变化规律

梨枣树茎液流量的日变化规律反映出了梨枣树蒸腾作用的活动规律,选取环境因子等影响指标相差不大、不同生育时期、充分供水条件下梨枣树的萌芽展叶期(2008 年 4 月 18 日)、果实膨大期(2008 年 8 月 13 日)和越冬休眠期(2007 年 12 月 9 日)茎液流量的日变化规律进行分析。结果如图 1 所示。

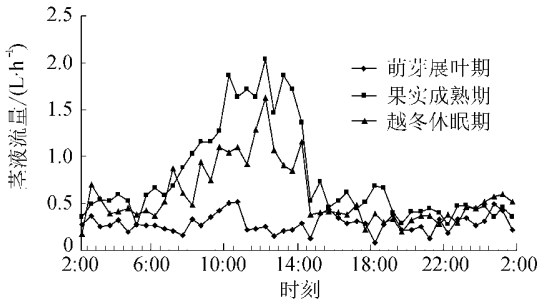


图 1 充分灌水条件下梨枣树茎液流量的日变化

图 1 表明充分灌水条件下梨枣树茎液流的昼夜变化规律明显不同。在正常生长的情况下,梨枣树茎液流的日变化趋势总体上呈现出开口向下的单峰曲线,且在白天呈现出较大的波动趋势,这可能是由于白天的温度较高,当梨枣树的根系不能吸收足够的水分时,由于作物的自身调节作用,梨枣树叶片的气孔导度变小迫使蒸腾作用减少,以实现蒸腾和根系吸水之间的动态平衡,从而使茎液流量出现较大波动。但茎液流量整体上仍处于较高水平,以补偿前期蒸腾造成的过度失水。

茎液流一般在 7:00 左右启动,随着温度的升高和太阳辐射的加强,茎液流持续升高,呈现出典型的单峰曲线特征。由于土壤温度、大气温度、太阳辐射量等环境因子的变化,出现峰值大小的变化。茎液流在 8:00~10:00 通量急剧增加,在 12:00 左右达到峰值。然后在 17:00 左右迅速降低,20:30 左右达到最低值。夜间茎液流量呈现出较平稳的态势。这与夜间作物叶片气孔关闭、与根压产生主动吸水有关^[1]。

2.2 调亏灌溉对梨枣树茎液流量的影响

分别选取处理 T4 和对照组中具有代表性的晴天(2008 年 9 月 7 日)的梨枣树茎液流量日变化进行分析,其结果如图 2 所示。

由图 2 可知,充分灌溉条件下梨枣树的茎液流量峰值为 2.325 L/h,T4 处理条件下梨枣树的茎液量峰值为 1.62 L/h。梨枣树茎液流量的日变化规律仍

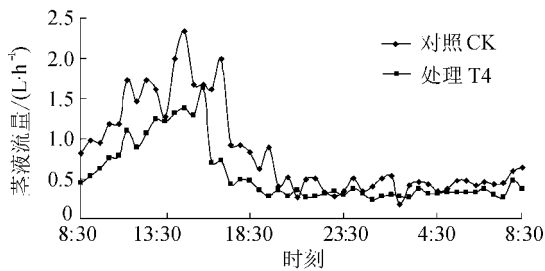


图 2 充分灌溉和调亏灌溉条件下梨枣树的茎液流量日变化

呈现出开口向下的单峰曲线,两者的茎液流量夜间相差不大且较平稳,均呈现出波动趋势,白天充分供水条件下的梨枣树茎液流量峰值要高于经过调亏处理的梨枣树茎液流量峰值。调亏灌溉对茎液流高峰的到来有一定的延迟作用。茎液流启动时间均在 7:00 左右,然后迅速上升,充分供水条件下的茎液流量于 14:30 左右达到峰值,而调亏处理后的茎液流量于 15:00 左右才达到峰值。这可能是由于水分调亏后作物产生的补偿效应和水分调亏处理对梨枣树的生长发育产生的影响。而夜间出现较稳定的茎液流,是由于白天根系吸水速率小于蒸腾速率,导致植物组织内的水分不足,因此夜间作物需要吸收足够的水分以维持体内的水分平衡。在持续水分胁迫条件下,梨枣树的茎液流出现波动特征,茎液流比充分供水条件下明显减少,果实膨大期充分供水条件下梨枣树茎液流量的日平均值为 34.86 mL,调亏处理 T4 的梨枣树茎液流量的日平均值为 22.60 mL。土壤含水量不能满足作物叶片蒸腾作用时,作物自身的自我保护作用使得叶片气孔关闭,蒸腾强度减小^[2-3],由于植物体是联通的,从而使茎液流量也随之减小。这说明植物的蒸腾作用和茎液流之间存在着很好的相关性。

2.3 调亏灌溉对梨枣树光合强度的影响

光合作用是作物产量的基础,干旱对作物的产量起着制约作用,对大多数作物而言,作物生长非关键期的轻度缺水不会对作物产量产生过大的影响,中度干旱时光合作用才开始明显减弱^[4]。选取复水前后 2 d(4 月 25 日和 5 月 18 日)对梨枣树的光合速率和蒸腾速率进行观测(图 3、图 4)。由图 3 可知,同一时间点上所测的光合速率基本上是随着胁迫程度的加重而降低。处理 T3、处理 T2 与对照 CK 相比,光合速率有一定程度的降低,其中处理 T3 的降幅比较大,为 22.9%,但三者总体变化规律是一致的。这可能是由于前期的调亏处理减少了土壤的含水量,影响了前期梨枣树叶片的生长,加速了叶片的老化,从而影响了光合作用的进行;也有可能与水分的减少影响了叶片内酶的活性有关^[5]。从图 3 还可以看出,这一时期梨枣树的光合速率在 11:00 左右就达到了最大值,随后有不同程度的下降,这说明了

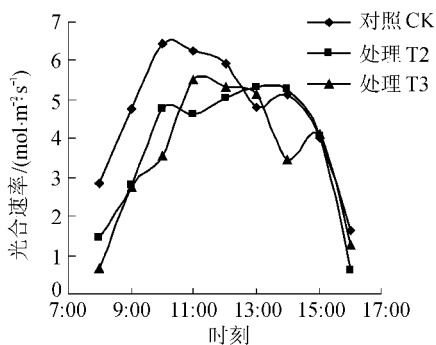


图3 复水前光合速率日变化(4月25日)

此时的土壤含水量已经影响了叶片气孔的开度。从图4可以看出,复水后梨枣树光合速率均有明显的提高,其增加幅度大小顺序为CK>T2>T3。正好与梨枣树产量高低顺序一致,这说明灌水量的多少会影响产量的多少。复水后梨枣树的光合速率大幅度提高,其中,以对照CK增加的幅度最大,达到1.19%。复水后,处理T3的梨枣树光合速率的提高幅度要大于处理T2的梨枣树光合速率,这说明复水后光合速率出现了超补偿现象。根据以上分析可知,处理T3对梨枣树光合作用的影响较小,与对照CK相比节约了灌溉用水,是这个时期比较理想的灌水方法。

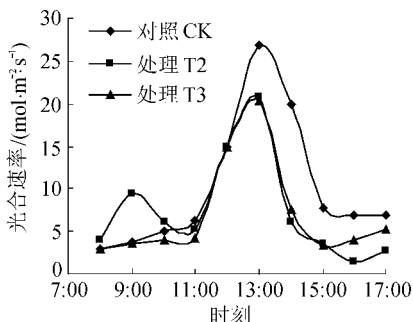


图4 复水后光合速率日变化(5月18日)

2.4 调亏灌溉对梨枣树补偿效应的影响

作物的蒸腾作用在作物的生命活动中具有重要的作用。图5、图6为处理T3复水前后(4月25日和5月18日)的蒸腾速率和光合速率变化规律,由图5和图6可知,复水前后的蒸腾速率变化规律大体一致,呈现出单峰曲线的态势。复水前叶的蒸腾速率在8:00开始,蒸腾速率处于上升状态,到13:00达到峰值(峰值为 $1.94 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$),与此同时光合速率也达到了最大值(峰值为 $5.325 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$);复水后的蒸腾速率和光合速率有不同程度的增加,处理T3的蒸腾速率提高45.9%,而相应时间内的光合速率却提高了74.0%。这就说明,水分胁迫对蒸腾速率和光合速率存在着补偿或超补偿作用。但同时也可以看出,光合速率增加的幅度要远远大于蒸腾速率的增加幅度,这也再一次证明了水分对蒸腾作用的影响要大于对光合作用的影响。

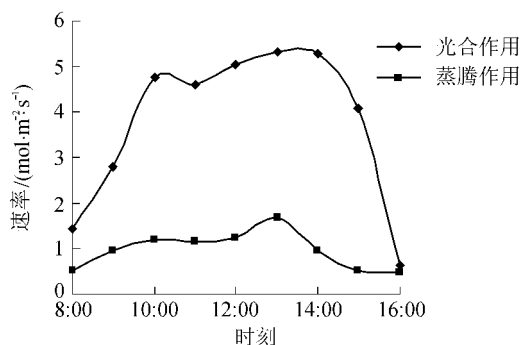


图5 处理T3复水前的蒸腾和光合速率日变化(4月25日)

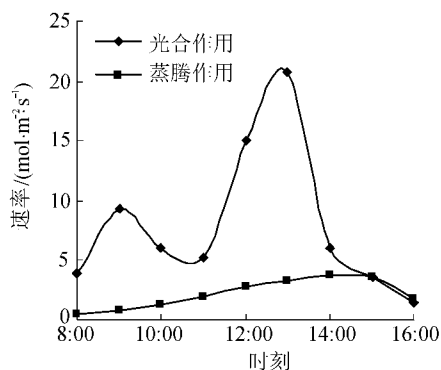


图6 处理T3复水后的蒸腾和光合速率日变化(5月18日)

3 结论

分析了不同灌水条件下梨枣树蒸腾速率和光合速率的变化规律,分知可知:①充分灌水条件下的梨枣树茎液流量呈现出明显的单峰曲线,在越冬休眠期的茎液流量小而稳定。②调亏灌溉能减小梨枣树的茎液流量与光合速率并对其峰值的到来有一定的延迟作用。③亏水处理会减小光合速率,其减小幅度大小为萌芽展叶期的轻度亏水小于萌芽展叶期的中度亏水,并会影响到最终产量的形成。试验表明,在梨枣树萌芽展叶期进行轻度胁迫和中度胁迫,复水后,光合速率有较明显的恢复,这有利于干物质的形成。④复水后蒸腾速率与光合速率均有不同程度的增加,说明水分胁迫处理对蒸腾速率与光合速率均存在着补偿作用,但光合速率的增大幅度大于蒸腾速率的增大幅度。

参考文献:

- [1] 赵明,李爱德.沙生植物的蒸腾耗水与气象因素的关系[J].干旱区资源环境,2003,17(6):131-137.
- [2] 孙慧珍.白桦树干液流的动态研究[J].生态学报,2002,22(9):1387-1391.
- [3] GREEN S R. Radiation balance, transpiration and photosynthesis of an isolated tree[J]. Agriculture and Form METER,1993,64:201-221.
- [4] 张立军,梁宗锁.高级植物生理学[R].杨凌:西北农林科技大学,1998:90-96.
- [5] ZHANG Jie-xin, KIRKHAM M B. Drought stress induced in activities of superoxide dismutase catalase and peroxidase in wheat species[J]. Plant Cell Physiol,1994,35(5):785-791.

(收稿日期 2009-05-12 编辑:方宇彤)