

不同土壤水分对幼龄梨树生理特性及生物量的影响

李洁, 朱清科, 郭小平

(北京林业大学 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 以山西省吉县地区幼龄梨树为研究对象, 在盆栽试验的基础上, 研究了不同土壤水分条件对幼龄梨树生长相关生理指标的影响。结果表明, 幼龄梨树的蒸腾速率日变化趋势在 $SWC \leq 10\%$ 时, 呈现双峰曲线, 第一峰值出现在上午 10 时, 第二个高峰出现在 14 时左右。当 $SWC > 10\%$ 时, 蒸腾速率日变化为单峰曲线, 在中午 12 时达到一天中的最大值; 不同土壤水分条件下, 幼龄梨树净光合速率日变化呈“S”形, 在上午 8 时左右达到最大峰值, 在 12 时左右出现“光午休”低谷, 土壤水分缺失明显降低净光合速率。发挥较大水分利用效率的土壤含水量范围为 $10\% \sim 14\%$ 。单株幼龄梨树的生物量分布总体为干 > 根 > 叶 > 枝, 土壤水分较为充足时幼龄梨树积累的干物质的分配有偏向于叶和枝的趋势; 而在干旱的情况下幼龄梨树干物质分配有偏向于根和干的趋势。

关键词: 梨树; 土壤水分; 光合速率; 水分利用效率; 生物量

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)02-0079-04

中图分类号: S152.7, S661.2

Effects of Different Soil Water Conditions on Physiological Characteristics and Biomass of Young Pear Tree

LI Jie, ZHU Qing-ke, GUO Xiao-ping

(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University and Key Lab of Soil and Water Conservation and Combating Desertification, Ministry of Education, Beijing 100083, China)

Abstract: Taking young pear trees in Jixian Country, Shanxi Province for an example, the paper analyzes the effects of different soil water conditions on physiological characteristics of young pear tree based on a potted experiment. The result indicates that the daily change in transpiration rate presents a single-peak or double-peak curve and the relationship between water consumption of pear tree and soil water content can be described significantly by a quadratic curve. Under different soil water conditions, daily change in net photosynthetic rate of young pear tree presents “S” shape, which rises to a peak at 8:00 am and appears a midday depression of photosynthesis at 12:00 am. Soil water deficient markedly reduces photosynthetic rate. Soil water content suitable for high water use efficiency is $10\% \sim 14\%$. The dried weight of leaves and total biomass of young pear tree has a downtrend with decreased soil water content. Under the normal soil water condition, the proportions of biomass overground and underground are nearly the same, but the greater photosynthetic production of young pear tree tends to occur in the underground.

Keywords: pear tree; soil water; photosynthetic rate; water use efficiency; biomass

水是植物维持生命的基本条件,也是土壤肥力的因素之一^[1],土壤水分是土壤—植物—大气连续体的一个关键因子,是土壤系统养分循环和流动的载体。土壤水分的状况及其变化决定了作物对其吸收利用的强度和难易程度,从而影响作物的蒸腾、光合以及生物量^[2]。干旱对作物产量和作物生长的影响,反映在一系列生理生化和形态变化上^[3]。在晋西黄土区,土壤水分是植物生长的限制因子。我们通过不同土壤水分条件的盆栽试验,研究了土壤水分对

幼龄梨树生理生态特性及生物量的影响,探讨不同土壤水分条件下幼龄梨树蒸腾速率、光合速率、生物量等的变化,得出发挥较大水分利用率的适宜土壤水分范围,为经济林合理有效灌溉提供理论指导。

1 试验区概况

试验地位于山西省吉县蔡家川流域,地理坐标为东经 $110^{\circ}27' - 117^{\circ}07'$,北纬 $35^{\circ}53' - 36^{\circ}21'$,属暖温带大陆性气候,冬季寒冷干燥,夏季温度较高。多年

平均降水量 575.9 mm, 无霜期平均 170 d 左右, 年平均气温 10℃, 光照时数平均 2563.8 h, 大于 10℃ 的年平均积温为 3357.9℃。土壤类型为褐土, 最大田间持水量为 22%。属于暖温带、半湿润地区, 半旱生落叶阔叶林地带。

2 材料和方法

2.1 盆栽处理

试验选用外径 25 cm, 高 30 cm 的有机塑料栽盆, 每盆装土均匀, 在前一年将 2 a 生幼龄梨树栽植成活。将栽植成活的梨树分成 8 组(A—H), 每组 3 个重复, 进行不同土壤水分控制试验。

开始测量前的 2~3 周用小土钻测量各盆中土壤重量含水量(SWC)。将 SWC 转化为体积含水量, 根据土体体积得出各盆土壤中含有的水量, 与想要控制的水分梯度比较, 使每组树的主要根区土壤含水量稳定保持在 8 个梯度。其中: A 组土壤含水量为 iv (6%); B 组土壤含水量为 ㊦(8%); C 组土壤含水量为 ㊧(10%); D 组土壤含水量为 ㊨(12%), 此后依次为 14%, 16%, 18%, 20%。同时, 在盆中土壤穿孔进行灌水, 以使土壤水分均匀。

2.2 测定方法

(1) 蒸腾速率和光合速率日进程的测定。采用 Li—cor—6400 便携式光合测定仪, 每株树从不同角度选取三片叶子, 分别在晴朗天气从 8:00—18:00 每隔 2 h 进行测定。

(2) 水分利用效率的测定。水分利用效率一般是指生产单位干物质消耗的水量。本文从光合作用方面讨论, 以消耗每克 H₂O 固定的 CO₂ 毫克数或 1 mol 水固定的 CO₂ 摩尔数表示。本文采用的是闭路式测定系统, 因此, 采用内在水分利用效率, 即净光合速率与蒸腾速率的比值表示, $WUE = P_n / T_r$ ($\mu\text{mol CO}_2 / \text{mmol H}_2\text{O}$), 反映了 CO₂ 同化作用和水分消耗的关系。

(3) 生物量的测定。试验结束后, 选取不同水分条件下生长的幼龄梨树, 测定根、干、枝、叶等生物量干重。

3 结果与分析

3.1 不同土壤水分条件下幼龄梨树蒸腾速率日变化

梨树在不同土壤水分条件下的蒸腾速率日变化见图 1, 在 SWC ≤ 10% 时, 呈现双峰曲线, 第 1 个峰值出现在上午 10 时, 第 2 个高峰出现在 14 时左右, 低谷出现在中午 12 时; SWC > 10% 时, 蒸腾速率日变化为单峰曲线, 在中午 12 时达到一天中的最大值。

总体来看, 土壤含水量 6%~10% 时的蒸腾速率明显低于土壤含水量 16%~20% 时的蒸腾速率, 12%~14% 土壤水分条件下的蒸腾速率处于二者之间, 且总体上更接近于 16%~20% 时的水平。土壤含水量为 12%~20% 时, 梨树峰值的蒸腾速率分别是早上的 1.12, 1.21, 1.22, 1.28, 1.32 倍, 可见随着土壤含水量的增加, 蒸腾速率的峰值也随之增大。

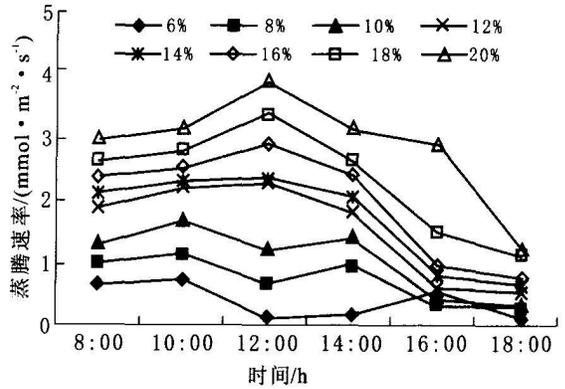


图 1 不同土壤水分条件下幼龄梨树蒸腾速率

3.2 不同土壤水分条件下幼龄梨树光合速率日变化

植物生长依赖光合作用, 而光合作用受叶片的气孔关闭时间、气孔导度等影响气体交换的因素制约。不同土壤水分条件下, 梨树光合日进程总体趋势大致相同。幼龄梨树净光合速率日变化大致呈“S”形, 在上午 8 时左右达到最大峰值, 在 12 时左右出现“光午休”低谷, 在 14 时左右出现第 2 个峰值, 此后呈下降趋势(图 2)。上午 8 时光合速率峰值大于午后 14 时的峰值, 而且总体来看, 上午的光合速率也大于下午, 这与汪良驹等的研究一致^[4]。

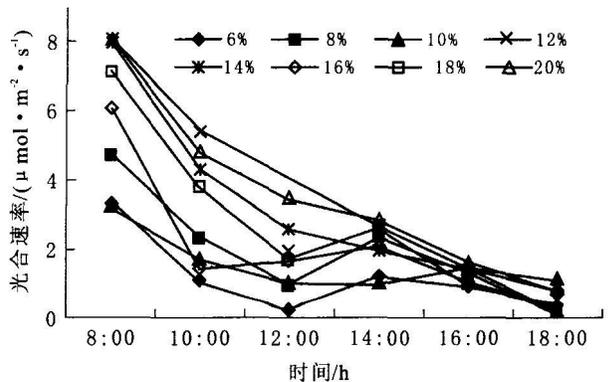


图 2 不同土壤水分条件下梨树光合速率

综合不同土壤水分条件来看, 幼龄梨树在土壤含水量 6%~10% 时的光合速率明显低于土壤含水量 12%~14% 和 16%~20% 时的光合速率。从 8 时到 18 时, 土壤含水量 6%~10% 的平均光合速率分别是 12%~14% 及 16%~20% 的 45.2%, 50.3%, 这表明

土壤水分对梨树叶片光合性能影响很大, 充足的土壤水分供应才能保证光合作用得以高速率进行, 而土壤水分缺失则明显降低净光合速率。这是因为土壤水分亏缺会导致气孔导度降低, 气孔阻力增大, 光合作用降低。

土壤含水量为 6% ~ 10% 时, 光午休(12 时) 叶片光合速率比最大峰值(8 时) 的下降比率为 81%, 而同期土壤含水量为 12% ~ 14% 及 16% ~ 20% 的下降比率为 72%, 67%。这说明在干旱条件下, 梨树更容易出现“光午休”现象。干旱缺水时, Rubisco 酶的初始活性和气孔导度下降从而导致 CO₂ 同化受阻^[5-6], 缺水还能影响叶片生长, 使光合面积减小^[7], 这些都是导致光合速率下降的原因。

3.3 不同土壤水分条件下幼龄梨树水分利用效率

由图 3 可以看出, 不同土壤含水量条件下, 梨树水分利用效率差异显著。土壤含水量在 6% ~ 10% 时, WUE 呈上升趋势, 在土壤含水量为 10% ~ 14% 时处于较高水平, 此后 WUE 又开始降低, 水分利用率随着土壤含水量的增大而增大到一定程度后, 不会再有所增加, 呈现一定的阈值现象。这是因为, 虽然土壤含水量在 16% ~ 20% 时树体光合速率要高于土壤含水量 6% ~ 14% 时的光合速率, 但同时, 土壤含水量高则也意味着树体可消耗水量的增大, 树体用于蒸腾消耗的水量高于低水条件下所消耗的水量。因此, 土壤含水量在 10% ~ 14% 左右时可发挥较大的水分利用效率。

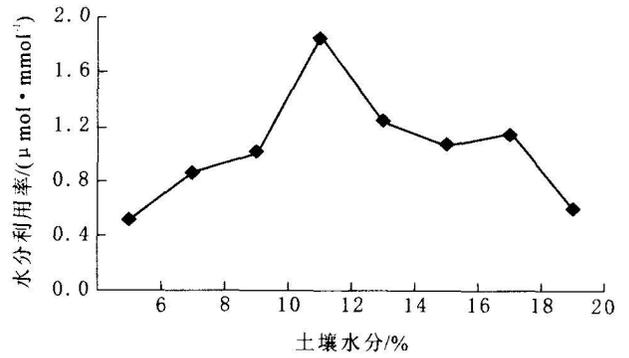


图 3 梨树不同土壤水分条件下水分利用效率

3.4 不同土壤水分对幼龄梨树生物量分配的影响

从表 1 可知, 单株幼龄梨树的生物量分布总体为干 > 根 > 叶 > 枝。梨树幼苗总生物量随土壤含水量的增加表现出上升趋势。干的干物质质量虽然随着土壤含水量的增加有所增加, 但是干在总生物量中的比例是逐渐下降的; 枝、叶的干物质质量和在总生物量中的比例随土壤含水量的升高而增加; 根的干物质重在总生物量中的比例则表现为: 土壤含水量为 8% ~ 14% 时下降, 土壤含水量为 14% ~ 20% 时上升。从以上分析可见在土壤水分较为充足时幼龄梨树积累的干物质分配有偏向于叶和枝的趋势; 而在干旱的情况下幼龄梨树干物质分配有偏向于根和干的趋势, 这可能是在水分亏缺条件下, 梨树幼苗为了增大根系竞争营养成分的能力^[8]。而在水分亏缺条件下增加树体干周生长的原因还有待进一步研究。

表 1 不同土壤含水量下梨树生物量分配

土壤含水量 SWC/%	干		枝		叶		根		总生物量	
	重量/g	比例/%	重量/g	比例/%	重量/g	比例/%	重量/g	比例/%	重量/g	比例/%
8	32.53	48.9	0.70	1.1	2.55	3.8	30.68	46.2	66.46	100
10	32.04	46.6	1.34	1.9	5.90	8.6	29.54	42.9	68.82	100
12	33.56	45.1	1.55	2.1	8.04	10.8	31.29	42.0	74.44	100
14	34.41	45.1	2.00	2.6	8.51	11.1	31.41	41.2	76.33	100
16	41.38	43.4	2.74	2.9	11.04	11.6	40.14	42.1	95.30	100
18	47.00	41.2	3.64	3.2	13.48	11.8	50.00	43.8	114.12	100
20	56.73	36.9	4.90	3.2	22.18	14.4	70.12	45.6	153.93	100

4 结论

(1) 幼龄梨树的蒸腾速率日变化趋势在 SWC < 10% 时, 呈现双峰曲线, 第一峰值出现在上午 10 时, 第 2 个高峰出现在 14 时左右, 低谷出现在中午 12 时; SWC > 10% 时, 蒸腾速率日变化为单峰曲线, 在中午 12 时达到一天中的最大值, 之后一直下降。总体上, 随着土壤含水量的增加, 平均蒸腾速率也增大。

关于蒸腾速率的研究已有很多^[9], 通常认为植物由于气孔运动的影响, 在干旱情况下, 蒸腾速率比较低, 水分充足时其蒸腾速率也会增大。

(2) 不同土壤水分条件下, 幼龄梨树净光合速率日变化大致呈“S”形, 在上午 8 时左右达到最大峰值, 在 12 时左右出现“光午休”低谷, 在 14 时左右出现第二个峰值, 此后呈下降趋势。总体来看, 上午的光合速率大于下午。土壤水分对幼龄梨树叶片光合性能

影响很大,充足的土壤水分供应才能保证光合作用得以高速率进行,而土壤水分缺失则明显降低净光合速率。影响光合速率的因素有很多,其中气孔是主要原因之一,同时气孔运动也影响着植物的蒸腾速率。光合速率与蒸腾速率的关系已有一些研究^[9],还需从机理上进一步深入研究影响光合速率的诸多因素。

(3) 提高水分利用率是发展节水灌溉的最终目标^[10],随着土壤含水量的增大,水分利用率增大到一定程度后,不会再有所增加,呈现一定的阈值现象。在黄土高原缺水的情况下,土壤含水量在 10%~14% 左右时可发挥较大的水分利用效率。目前,水分利用效率研究是热点问题,国内外有关作物,如玉米、小麦等水分利用效率的研究已多见报道^[11-13],关于成龄树木的水分利用效率需进一步深入研究。

(4) 单株幼龄梨树的生物量分布总体为干>根>叶>枝,土壤水分较为充足时幼龄梨树干物质的分配有偏向于叶和枝的趋势;而在干旱的情况下幼龄梨树干物质分配有偏向于根和干的趋势。在逆境胁迫环境条件下,植物生物量分配的改变有助于树木适应环境的变化^[14]。水分状况很大程度上影响了植物的干物质积累及分配,水分供给得过多过少,对植物的生长都不利^[15-16]。

[参 考 文 献]

- [1] 钟继洪,廖观荣,郭庆荣,等.不同土壤水分条件下幼龄桉树生理生态特点分析[J].水土保持学报,2003,17(5):126-128.
- [2] 李保国,龚元石,左强.农田土壤水的动态模型及应用[M].北京:科学出版社,2000.10-13.
- [3] 山仑.植物水分利用效率和半干旱地区农业用水[J].植

物生理学通讯,1994,30(1):61-66.

- [4] 汪良驹,姜卫兵,高光林,等.幼年梨树品种光合作用的研究[J].园艺学报,2005,32(4):571-577.
- [5] Kramer P J. Water relations of plants[M]. New York: Academic Press, 1983. 360-366.
- [6] Hall D O, Rao K K. Photosynthesis[M]. London: Edward Arnold, 1981. 156-158.
- [7] 高煜珠,韩碧文,饶立华.植物生理学[M].北京:中国农业出版社,1999.57-58.
- [8] 肖春旺,周广胜,马风云.施水量变化对毛乌素沙地优势植物形态与生长的影响[J].植物生态学报,2002,26(1):69-76.
- [9] 赵风华,孟林,张国芳,等.北京地区不同水分条件下菊苣光合与蒸腾特性研究[J].中国草地,2004,26(4):37-40.
- [10] 赵俊芳,杨晓光,王志敏,等.不同水分条件下旱稻水分利用效率的研究[J].中国生态农业学报,2003,11(4):111-113.
- [11] 许振柱,等.土壤干旱对冬小麦生理特性和干物质积累的影响[J].干旱地区农业研究,2000,18(1):113-118.
- [12] 程建峰,等.地下水位对陆稻根系生长的影响[J].干旱地区农业研究,2000,18(1):124-127.
- [13] 贾金生,等.夏玉米水分胁迫效应的试验研究[J].中国生态农业学报,2002,10(2):97-101.
- [14] 王淼,代力民,姬兰柱.长白山阔叶红松林主要树种对干旱胁迫的生态反应及生物量分配的初步研究[J].应用生态学报,2001,12(4):496-500.
- [15] 冯昌林,张伟良,许煌灿.白藤苗木生长与水分条件的初步研究[J].广西科学院学报,1999,15(2):94-96.
- [16] 解锋.不同水分条件下夏玉米生育状况的分析比较[J].杨凌职业技术学院学报,2002,1(1):39-41.