



非充分灌溉对酿酒葡萄赤霞珠光合日变化的影响

池文泽¹,刘巧玲¹,周 斌¹,盛 玮¹,魏朝晖²,蒋 腾¹

(1. 新疆林业科学院,新疆 乌鲁木齐 830067;2. 巴州林业科学技术推广中心,新疆 库尔勒 841000)

摘要:为探明酿酒葡萄的需水规律,选择四年生酿酒葡萄赤霞珠(Cabernet Sauvignon)为试验材料,测定在充分和非充分灌溉处理条件下葡萄叶片的净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)和气孔导度(Gs)、胞间 CO₂ 浓度(Ci)和水分利用效率(WUE)共 5 个光合指标,研究不同灌溉处理对赤霞珠的光合作用参数日变化的影响。结果表明:充分灌溉与非充分灌溉条件下,葡萄叶片的净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)和气孔导度(Gs)日变化呈双峰曲线,出现明显“午休”现象。Pn、Tr 和 Gs 日变化规律相近,均呈总体下降,变化趋势依次为 CK>T1>T2>T3,而胞间 CO₂ 浓度呈先降低后升高趋势,水分利用效率变化趋势依次为 T1>T2>CK>T3;非充分条件下,可以减少葡萄的无效蒸腾,有效提高水分利用效率,实现高效灌溉。

关键词:非充分灌溉;赤霞珠;光合特性;水分利用率

巴州和硕县位于焉耆盆地,属典型大陆性气候,光热资源丰富,干旱少雨,昼夜温差大,非常适合酿酒葡萄生长,是优质葡萄酒的原料生产基地。该区域降水量少,蒸发量大,葡萄采收前 3 个月(7-9 月)累计降水量焉耆盆地为 38.4 mm,种植酿酒葡萄主要依靠人工灌溉^[1]。在我国淡水资源日益短缺的今天,如何高效用水已成为农业可持续发展所面临的关键问题,探索有效的灌溉模式,提高水资源的利用效率,对提高酿酒葡萄品质和产量,实现葡萄酒产业的可持续发展具有重要意义。

光合作用是植物干物质积累的基础,光合强度的大小直接影响作物产量的高低,土壤水分含量对作物进行光合作用具有重要的影响。研究人员在不同水分处理和干旱胁迫下葡萄栽培管理、光合特性和水分利用效率等方面做了大量研究^[2-3]。本试验在前人研究的基础上,以四年生酿酒葡萄赤霞珠为研究对象,测定在非充分灌溉处理下赤霞珠葡萄叶片光合特性的日变化情况,旨在探明酿酒葡萄的需水规律,为高效灌溉、提高产量提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在新疆瑞泰青林酒业有限责任公司酿酒

葡萄种植基地内进行。基地位于巴音郭楞蒙古自治州和硕县乌什塔拉乡乌什塔拉镇,地理坐标 E86°40′30″~88°22′15″,属中温带干旱性大陆气候带,日照时间长,热量丰富,昼夜温差大。年平均降水量 74.4 mm;蒸发量 1 194.7 mm。年平均气温 8.2℃,无霜期 185 d,全年日照时长 4 440 h。土壤为戈壁沙砾棕漠土,土壤质地粗,容重大,伴有板结层,有机质含量低,缺氮、少磷,钙含量相对偏高。

1.2 材料

供试品种为四年生酿酒葡萄赤霞珠(Cabernet Sauvignon),东西行向,株行距为 0.6 m×4.0 m,单篱架,斜厂字型整形,灌溉方式为滴灌。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 按滴水时间不同设置 4 个处理:充分灌溉 CK 和 3 个非充分灌溉处理 T1、T2、T3;其中:充分灌溉时间为 12 h,T1、T2、T3 灌溉时间分别为 10、8 和 6h。每个处理设 3 次重复,每次重复 30 株,共计 360 株。

1.3.2 光合生理指标测定 采用 Ciras-2 便携式光合仪测定,在葡萄果实转色期,选择晴朗无云天气,测定叶片的净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、胞间 CO₂ 浓度(Ci)和气孔导度(Gs)的日变化。测定时间从 8:00-20:00 结束,每 2 h 测定 1 次,设 6 个重复,各时段测定在 60 min 内完成。每处理分别选取发育正常的果穗以上 1~2 节成熟叶片,并保证该叶片处于自然光照条件下。

收稿日期:2018-03-13

基金项目:国际合作资助项目(20146015)。

第一作者简介:池文泽(1966-),女,学士,高级工程师,从事引种繁育研究。E-mail:511589120@qq.com。

1.3.3 叶片水分利用效率(WUE) 单叶水分利用效率(WUE)用叶片通过蒸腾消耗一定量的水(mmol)所同化的 CO_2 量(μmol)来表示,即以净光合速率与蒸腾速率的比值表示, $\text{WUE} = \text{Pn}/\text{Tr}$ 。

1.3.4 数据分析 采用 Excel 2010 进行数据处理分析及绘图。

2 结果与分析

2.1 非充分灌溉条件对葡萄净光合速率日变化的影响

由图 1 可以看出,各处理赤霞珠叶片的净光合速率日变化总体呈近双峰曲线变化趋势,峰值出现的时间一样,分别是 12:00 时和 16:00 时。在 8:00 时,光强较弱,叶片净光合速率较低。随着地面温度和太阳辐射强度的逐渐上升,各处理叶片净光合速率也随着上升,在 12:00 时左右达到高峰,出现第一次峰值,此时对照 Pn 最大,为 $17.40 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, T1、T2 和 T3 的 Pn 分别比对照降低了 4.82%、18.13%、50.39%;随着光合强度的继续升高,叶片部分气孔开始关闭,气孔导度降低,出现了光合下调现象,在 14:00 时点左右叶片净光合速率达到最小值,此时对照 Pn 最大,为 $11.40 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, T1、T2 和 T3 分别比对照降低了 13.21%、27.50%、58.33%;由于部分气孔关闭,蒸腾速率降低,叶片含水量增加,叶片净光合速率开始迅速增加,并于 16:00 时达到第二次峰值,此时对照 Pn 为 $14.40 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, T1、T2 和 T3 分别比对照降低了 3.47%、19.93%、36.11%。随后太阳辐射减弱,叶片净光合速率下降很快。总的来说,不同处理葡萄叶片光合速率依次为 $\text{CK} > \text{T1} > \text{T2} > \text{T3}$ 处理,但 CK 与 T1 处理差异不显著,与 T2、T3 处理差异显著。表明适度控水,可以降低叶片光合速率,但影响不大,而控水过量,叶片净光合速率下降趋势明显。

2.2 非充分灌溉条件对赤霞珠蒸腾速率的影响

由图 2 可以看出,在非充分灌溉条件下赤霞珠叶片蒸腾速率日变化情况,8:00 时,气温较低,各处理 Tr 较低,为 $0.68 \sim 1.10 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,均低于 CK。随着气温的升高,各处理 Tr 也逐渐升高,至 12:00 时出现第一次峰值,为 $4.74 \sim$

$5.74 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,以 CK 最大。随后,叶片气孔逐渐减小至关闭,到 14:00 时,各处理 Tr 降至最低,为 $3.18 \sim 4.40 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$;然后叶片气孔逐渐开放,各处理 Tr 也随着回升。并于 16:00 时达到第二个峰值,而之后各处理 Tr 均呈下降趋势,直至 20:00 时降至最低点,为 $1.34 \sim 3.20 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。总体上看,各处理 Tr 随着灌溉量的降低呈减小的趋势,依次为 $\text{CK} > \text{T1} > \text{T2} > \text{T3}$,蒸腾速率与光合速率呈同步变化趋势。

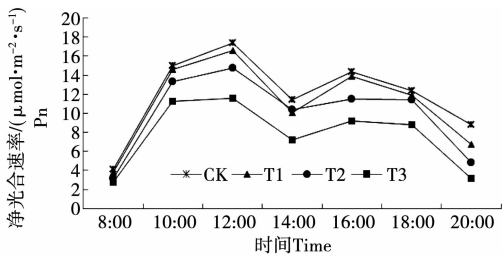


图 1 不同灌溉条件下酿酒葡萄净光合速率日变化

Fig. 1 Daily variation of net photosynthetic rate of wine grape under different irrigation conditions

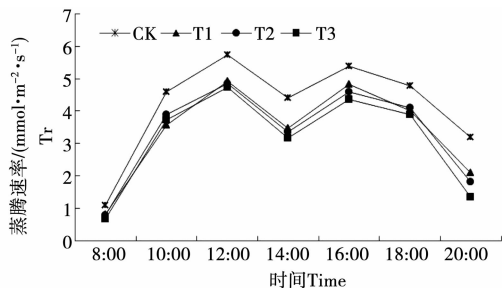


图 2 不同灌溉条件下酿酒葡萄蒸腾速率日变化

Fig. 2 Daily variation of transpiration rate of wine grape under different irrigation conditions

2.3 非充分灌溉条件对赤霞珠气孔导度日变化的影响

植物通过调节气孔孔径的大小来控制植物光合作用中的 CO_2 的吸收和蒸腾过程中水分的散失,气孔导度的大小与光合及蒸腾速率紧密相关^[4]。

从图 3 可以看出,各处理叶片气孔导度的变化与叶片净光合速率和蒸腾速率的变化相似,均呈双峰曲线的变化规律。第一次峰值出现在上午 10:00 时,以对照 CK 为最大,为 $209.0 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, T1、T2、T3 分别比对照低 13.16%、49.29%、61.64%;至 14:00 时,各处理 Gs 降到一个低点,为 $90 \sim 127 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。然后,Gs 均有所回

升,至 16:00 时,达到第二次峰值,为 $110.0 \sim 172.3 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,以对照 CK 最大, T1、T2、T3 分别比对照低 18.58%、23.34%、56.64%; 然后各处理 Gs 均呈下降趋势,18:00 时,达到最低点。在 T1 条件下,葡萄叶片的 Gs 变化趋势与 CK 基本一致,且差异不明显,在 T2、T3 条件下,全天 Gs 明显下降。全日的 Gs 曲线变化趋势明显变缓,上午和下午出现的 2 个峰值相差较小。

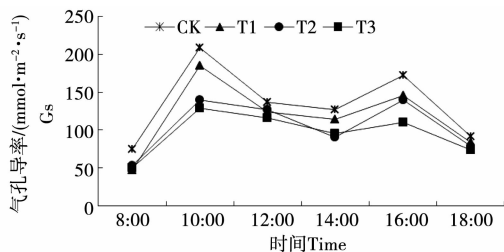


图 3 不同灌溉条件下酿酒葡萄气孔导度日变化

Fig. 3 Daily variation of stomatal conductance of wine grape under different irrigation conditions

2.4 非充分灌溉条件对胞间二氧化碳浓度的影响

叶片胞间 CO_2 浓度是光合作用的主要原料之一,叶片胞间 CO_2 浓度反映了叶片进行光合作用的过程。

由图 4 可知,在非充分灌溉条件下,不同处理葡萄叶片的 Ci 低于对照。并且随着灌溉量的减少逐渐降低。8:00 时, Ci 最高,各处理降低幅度分别比对照降低 22.7%、28.5%、25.7%,至 14:00 时,达到最低点,各处理降低幅度分别较对照降低 9.01%、39.76%、41.57%。说明气孔开放程度直接影响了 CO_2 的含量,从而影响到叶片的光合作用。

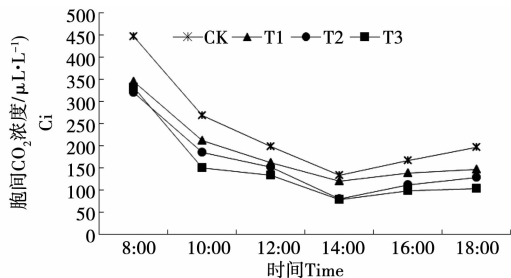


图 4 不同灌溉条件下酿酒葡萄胞间 CO_2 浓度日变化

Fig. 4 Daily variation of intercellular CO_2 concentration of wine grape under different irrigation conditions

2.5 非充分灌溉条件对水分利用效率的影响

植物水分利用效率 (WUE) 是深入研究植物高效利用水资源的一个核心问题^[5],其大小可以反映植物叶片光合作用过程对水分的利用能力的高低, WUE 越大,表明植物节水能力越强^[6]。

由图 5 可知,各处理 WUE 在全天总体呈现了“先降低后升高”的变化趋势。8:00 时水分利用效率处于一个较高水平 $3.73 \sim 4.63 \text{ } \mu\text{mol} \cdot \text{mmol}^{-1}$,以对照 CK 最低, T1 处理最高,较 CK 高 19.44%; 8:00 后,随着空气温度的升高,蒸腾作用逐渐旺盛,导致各处理 WUE 呈下降趋势,至 14:00-16:00 时达到全天最低值并维持一个低水平,然后各处理 WUE 又有所回升,到 20:00 时再次升到一个较高水平,呈近似倒 U 型曲线。

总体上说, WUE 依次为 $\text{T1} > \text{T2} > \text{CK} > \text{T3}$,表明适度控水,有利提高植物的 WUE。

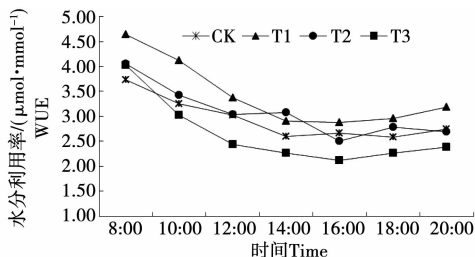


图 5 不同灌溉条件下酿酒葡萄水分利用效率日变化

Fig. 5 Daily variation of water use efficiency of wine grape under different irrigation conditions

3 结论与讨论

光合作用和蒸腾作用在植物生命活动中具有重要的意义,净光合速率 (Pn) 直接反映了植物制造有机物质的能力,是评价植物适应性的重要指标,它与植物的生长密切相关^[7],而蒸腾速率则反映了蒸腾作用的强弱。房玉林等^[8]研究表明,在干旱胁迫条件下,葡萄的 Pn 和 Tr 降低, Ci 和 Gs 也呈下降趋势,其光合能力随胁迫程度的加重而下降,而水分利用效率得到了提高。本研究结果表明,非充分灌溉处理下,葡萄叶片的 Pn、Tr、Gs 呈下降趋势,且下降幅度为 $\text{CK} > \text{T1} > \text{T2} > \text{T3}$ 。在 T1、T2 下,光合各指标较对照下降趋势不显著,在 T3 下,光合各指标较对照下降趋势显著。这与房玉林等研究结果一致。

叶片 WUE 是 Pn 与 Tr 的比值,反映光合特

性的综合指标,变化趋势与 P_n 、 Tr 、 G_s 的变化趋势不同。土壤水分状况影响蒸腾速率,蒸腾速率进而影响水分利用效率^[9]。由于 Tr 降低的相对幅度比光合大,气孔的部分关闭往往可以提高 WUE ^[10-11]。Heitholt^[12]认为,适度干旱胁迫能使植物 WUE 显著提高,本研究的结果支持这一观点。本试验结果表明,充分灌溉条件下,土壤水分一直处于一种饱和状态,使得叶片的 Tr 和 G_s 最高,水分无效损耗量也相应增加,导致 WUE 下降。进行非充分灌溉处理后,随着灌溉量的减少, P_n 下降的速率大于 Tr 。同样导致 WUE 下降。各处理条件下,水分利用率变化依次为 $T1 > T2 > CK > T3$,说明 $T1$ 时,在光合速率小幅度降低、不影响葡萄品质的情况下,水分利用效率得以大幅度提高。

综上所述,在充分灌溉条件下, WUE 较低,说明多余的水分通过植物的蒸腾散失掉,不利于植物对水分的有效利用。在 $T1$ 、 $T2$ 下,植物的水分利用效率达到最高值,此时光合作用虽然不能达到最高,但蒸腾作用较小,因此致使 WUE 出现最大值,说明适度的非充分灌溉在保证一定产量的同时,又大大提高了水分利用效率,达到了节水的目的,从而实现了高效灌溉。同时还发现在酿酒葡萄不同生育期,每次灌溉 6 h 达到低线,是生产上灌溉的节点,对非充分灌溉条件下研究葡萄的抗旱理论和生产上的节水栽培有着重要的

意义。

参考文献:

- [1] 张仕明,李刚,李晓川,等.焉耆盆地酿酒葡萄气候适宜性分析[J].沙漠与绿洲气象,2012,6(6):56-59.
- [2] 严巧娣,苏培玺.不同土壤水分条件下葡萄叶片光合特性的比较[J].西北植物学报,2005,25(8):1601-1606.
- [3] 马兴祥,魏育国,蒋菊芳.沙漠边缘酿造葡萄生长气象条件及生态响应[J].中国生态农业学报,2007,15(5):11-16.
- [4] 邱长玉,朱方容,林强,等.桑特优2号光合速率的日变化测定试验[J].广西蚕业,2014,51(4):14-18.
- [5] 山仑,徐萌.节水农业及其生理基础[J].应用生态学报,1991,2(1):70-76.
- [6] 何正乾,成自勇,张芮,等.不同灌水上限对酿酒葡萄光合特性的影响[J].贵州农业科学,2015,43(8):52-55.
- [7] 翁晓燕,蒋德安.影响水稻光合日变化的酶和相关因素的分析[J].生物数学学报,1999,14(4):495-500.
- [8] 房玉林,惠竹梅,陈洁,等.水分胁迫对葡萄光合特性的影响[J].干旱区农业研究,2006,24(2):135-138.
- [9] 张华,王百田,郑培龙.黄土半干旱区不同土壤水分条件下刺槐蒸腾速率的研究[J].水土保持学报,2006,20(2):122-125.
- [10] 高清华,叶正文,李世诚,等.反光膜对桃树光合特性及根际温度的影响[J].中国生态农业学报,2008,16(1):160-163.
- [11] 余叔文,汤章城.植物生理与分子生物学[M].北京:科学出版社,1998:262-276.
- [12] Heitholt J J. Water use efficiency and dry matter distribution in nitrogen and water-stressed winter wheat[J]. Agronomy Journal,1989,81:464-469.

Effects of Deficient Irrigation on Photosynthetic Characteristics of Wine Grape

CHI Wen-ze¹, LIU Qiao-ling¹, ZHOU Bin¹, SHENG Wei¹, WEI Zhao-hui², JIANG Ten¹

(1. Xinjiang Academy of Forestry, Urumqi 830067, China; 2. Bazhou Forestry Science and Technology Promotion Centre, Kuller 841000, China)

Abstract: In order to determine the water requirement of wine grapes, we took 4 years of wine grape Cabernet Sauvignon as testing material, and investigated the daily change of five photosynthetic indexes including net photosynthetic rate (P_n), transpiration rate (Tr), stomatal conductance (G_s), intercellular CO_2 concentration (C_i) and water use efficiency (WUE) under different irrigation conditions. The results showed that the daily change of P_n , Tr and G_s of grape leaf showed double-peak curve with apparent noon break phenomenon under non-full and full irrigation condition. The daily change laws of P_n , Tr and G_s were the similar to each other, with trend of general declination of $CK > T1 > T2 > T3$. While intercellular CO_2 concentration showed the trend from declination to ascending, and the change trend of the water use efficiency was $T1 > T2 > CK > T3$.

Keywords: deficient irrigation; Cabernet Sauvignon; photosynthetic characteristics; water use efficiency