

doi:10.11937/bfyy.20170318

干旱胁迫下葡萄超微弱发光和光合特性的关系

孟亚芬, 李连国, 梁爽, 李志伟, 郭金丽

(内蒙古农业大学 农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘要:以“赤霞珠”(‘Cabernet Sauvignon’)和“梅鹿辄”(‘Merlot’)葡萄品种为试材, 采用控水方式进行干旱胁迫, 对比分析了干旱胁迫过程中葡萄叶片超微弱发光(UWL)与光合作用的关系。结果表明:在干旱胁迫过程中, 葡萄叶片的光合指标均有明显变化, 净光合速率(assimilation rate, A)、气孔导度(stomatal conductance, G_s)、蒸腾速率(transportation rate, E)均随胁迫程度的加深呈下降趋势, 胞间 CO_2 浓度(internal CO_2 concentration, C_i)呈上升趋势;UWL 强度随胁迫程度的加深呈逐渐下降趋势。相关分析表明, UWL 强度与净光合速率、气孔导度、蒸腾速率、叶绿素含量呈正相关, 与胞间 CO_2 浓度呈负相关。试验表明, 随着干旱胁迫程度加重, UWL 强度随光合作用的减弱而降低, 二者相关性显著, UWL 与光合作用有关。

关键词:葡萄;干旱胁迫;光合作用;超微弱发光

中图分类号:S 663.101 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)17-0029-05

生物超微弱发光(ultra weak luminescence, UWL)是一种由代谢引起、任何有生命的物质都会发射一种超弱电子流的生物发光^[1], 是与生物体内氧化代谢、细胞分裂、能量转移、光合作用、代谢活性等过程相联系的一种极其微弱的低水平发光, 其发光强度只有几个到几千个光子($1 \sim 10^3 \text{ hv} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$), 波长为 $180 \sim 800 \text{ nm}$ 。UWL 最早是 1925 年由前苏联细胞生物学家 GURWITSCH 研究洋葱根尖细胞分裂机理试验时发现的, 自此之后随着超高灵敏度的弱光图像探测器的发展, UWL 的研究更加广泛和深入^[2]。

在农业领域方面, 有关 UWL 的研究主要集中在 UWL 与种子活性、果实品质、抗逆性的关系等方面^[3-5]。这些研究主要探讨 UWL 与生长发育的关系, 并未涉及到深层次的研究, 比如 UWL 的产生机制。关于 UWL 产生机制的猜想与假说主要集中在 3 个方面:活性氧发光、DNA 发光、能量转换发光^[6], 有关这些机制假说的研究很少, 还需要大量的试验来探讨。

在 UWL 与抗旱性关系方面, 许多研究表明, 在各种逆境胁迫下, UWL 会有明显的变化, 与植物逆境有显著关系^[7-8]。试验表明, 作物籽粒和幼苗的 UWL 值可以反映不同品种的抗旱性差异, 不同抗旱性的小麦籽粒的 UWL 值有不同的范围, 抗旱性越强, 发光值越大^[9-10]。人们研究大豆、小麦等作物在模拟干旱胁迫条件下的表现发现, 同种作物不同品种的 UWL 强度不同, 抗旱性强的 UWL 强度大, 且抗旱性越强 UWL 强度越大^[11-12]。董家伦等^[13]研究表明, 沙生植物的 UWL 强度和树种间的抗旱性有关。以上有关 UWL 与抗旱性的关系, 也仅仅是探讨了抗旱性不同植物的 UWL 强度差异, 有关干旱胁迫过程

第一作者简介:孟亚芬(1990-), 女, 山西吕梁人, 硕士, 研究方向为果树生理生态与栽培。E-mail: 724834436@qq.com.

责任作者:郭金丽(1972-), 女, 内蒙古呼和浩特人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 现主要从事果树生理和栽培及植物超微弱发光等研究工作。E-mail: guojinli1111@163.com.

基金项目:内蒙古自然科学基金资助项目(2014MS0332)。

收稿日期:2017-04-05

中 UWL 强度的变化与光合作用有什么关系,以及它的产生机制的研究很少。有关 UWL 与光合作用的关系尚鲜见报道。

葡萄(*Vitaceae vitis* L.)属多年生落叶藤本果树,有很强的耐旱性。该试验以“赤霞珠”和“梅鹿辄”为试材,研究 2 种葡萄在干旱胁迫过程中光合特性和 UWL 强度的变化及二者之间的关系,进而探讨 UWL 可能的产生机制。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为 2 年生、长势一致且无病虫害的酿酒葡萄品种“赤霞珠”(‘Cabernet Sauvignon’)和“梅鹿辄”(‘Merlot’)。

1.2 试验方法

试验材料于 8 月中旬修剪后移栽至 23 cm×20 cm(直径×高)塑料盆中,待生长一段时间之后选取长势一致的试材备用。试验材料分干旱胁迫处理与对照,于胁迫处理试验前 1 d 浇透水,之后不再浇水,对照组正常浇水,3 次重复,之后每隔 5 d 测定葡萄叶片相关生理指标。

1.3 项目测定

UWL 的测定:使用北京建新力拓科技有限公司生产的超微弱发光测试系统(BPCL-2-SH),开机后预热 30 min 后进行测定,调节高压为 1 050 V,标准光源发光强度 20 000 count·s⁻¹,采样时间 5 s,采样间隔 1 s。取葡萄叶片用直径为 1 cm 的打孔器钻取小圆片,平铺于暗室测量杯中,每个样品 3 次重复,每次重复连续测定 10 次,测定值减去本底后取平均值即为葡萄叶片的 UWL 强度。

光合作用的测定:采用 CIRAS-3 便携式光合仪测定叶片净光合速率(A)、气孔导度(Gs)、胞间 CO₂ 浓度(Ci)、蒸腾速率(E),测定时间在 09:00—11:00 进行,每个处理选取 3 株长势良好的植株,选择倒数第 7~10 片成熟且无病虫害的 2 片叶子,擦拭掉叶片表面尘土,避开大主脉进行测定,测定之前标号,以便于每个叶片的连续测定。

叶绿素含量的测定:采用 80%丙酮浸提法^[14]。

1.4 数据分析

采用 Excel 统计软件进行数据处理,用 SPSS 软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫过程中葡萄叶片光合特性的变化

2.1.1 净光合速率的变化

由图 1 可以看出,对照 2 种葡萄的净光合速率(A)变化平稳,整体上没有较大的波动。干旱胁迫下,2 种葡萄的 A 值于胁迫后 5~10 d 均小幅上升,之后持续下降,整体上呈下降趋势。胁迫前期 2 种葡萄的 A 值与对照相比无明显的差异,胁迫后期持续下降,明显低于对照,胁迫结束时“赤霞珠”和“梅鹿辄”的 A 值分别比胁迫前降低了 56%、83%;比对照降低了 59%、86%。

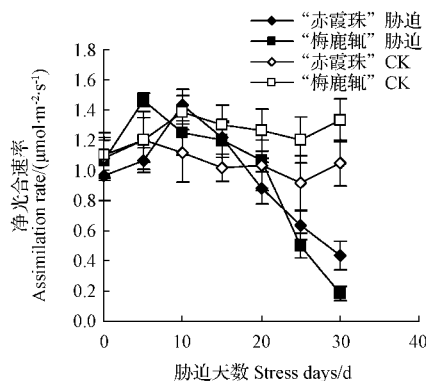


图 1 干旱胁迫下葡萄叶片净光合速率的变化

Fig. 1 Changes of assimilation rate under the drought in grape leaves

2.1.2 胞间 CO₂ 浓度的变化

图 2 显示,对照 2 种葡萄的胞间 CO₂ 浓度(Ci)整体上没有太大的波动。干旱胁迫下,2 种葡萄的 Ci 值在胁迫 5~10 d 内有小幅的下降,之后持续上升,整体呈上升趋势。胁迫前期,2 种葡萄的 Ci 值与对照相比无明显的差异,胁迫后期持续上升,明显高于对照,到胁迫结束时“赤霞珠”和“梅鹿辄”的 Ci 值分别比胁迫前高了 34%、45%,比对照分别高了 28%和 31%。

2.1.3 气孔导度的变化

对照 2 种葡萄的气孔导度(Gs)变化整体波动不大。干旱胁迫下,2 种葡萄的 Gs 值在胁迫 5~10 d 有小幅的上升,之后持续下降,整体上呈

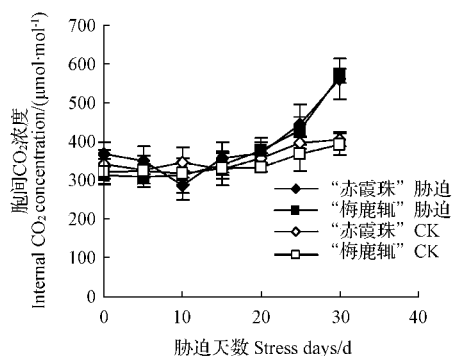


图 2 干旱胁迫下葡萄叶片胞间 CO_2 浓度的变化
Fig. 2 Changes of internal CO_2 concentration under the drought in grape leaves

下降趋势。胁迫前期 2 种葡萄的 G_s 值与对照相比差异不大,胁迫后期持续下降,到胁迫结束时,“赤霞珠”和“梅鹿辄”的 G_s 值比胁迫前分别降低了 55%、56%,比对照分别降低了 63%、75% (图 3)。

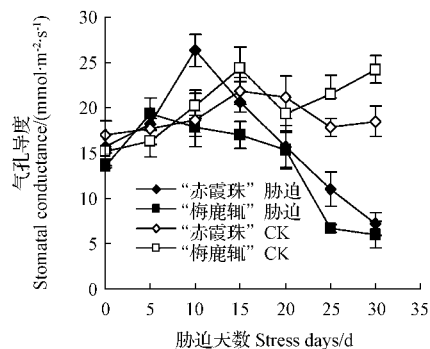


图 3 干旱胁迫下葡萄叶片气孔导度的变化
Fig. 3 Changes of stomatal conductance under the drought stress in grape leaves

2.1.4 蒸腾速率的变化

由图 4 可以看出,2 个葡萄品种的蒸腾速率 (E) 与 A 值变化相似,对照变化幅度不大,同样没有太大的波动。而在干旱胁迫下,2 种葡萄的 E 值在胁迫 5~10 d 内有小幅的上升,之后开始一直下降。在胁迫初期,“赤霞珠”和“梅鹿辄”的 E 值与对照相比无明显的差异,胁迫后期持续下降,到胁迫结束时,“赤霞珠”和“梅鹿辄”的 E 值比胁迫前分别降低了 56%、50%,与对照相比分别降低了 58%、71%。

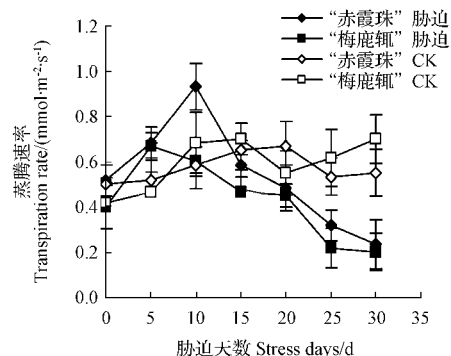


图 4 干旱胁迫下葡萄叶片蒸腾速率的变化
Fig. 4 Changes of transpiration rate under the drought stress in grape leaves

2.1.5 叶绿素含量的变化

对照的 2 个葡萄品种的叶绿素 a、叶绿素 b 含量变化幅度不大,基本无太大的波动。在干旱胁迫下,2 种葡萄的叶绿素 a 和叶绿素 b 含量均呈持续下降趋势,并且均低于对照。到胁迫结束时,“赤霞珠”和“梅鹿辄”的叶绿素 a 含量比胁迫前分别降低了 71%、80%,叶绿素 b 分别降低了 51%、76%。与对照相比“赤霞珠”和“梅鹿辄”的叶绿素 a 含量分别降低了 64%、80%,叶绿素 b 分别降低了 61%、85% (图 5、6)。

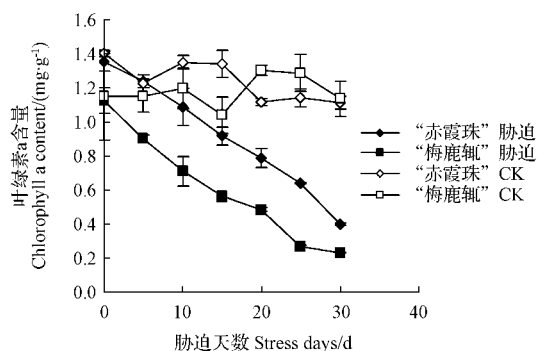


图 5 干旱胁迫过程中葡萄叶片叶绿素 a 含量的变化
Fig. 5 Changes of chlorophyll a content during the drought stress in grape leaves

2.2 干旱胁迫过程中超微弱发光的变化

图 7 显示,对照 2 个葡萄品种的 UWL 强度变化幅度不大,基本没有太大波动。在干旱胁迫下,2 种葡萄的 UWL 强度持续下降,均低于对照,并且分别在第 15 天和第 10 天下降幅度明显,

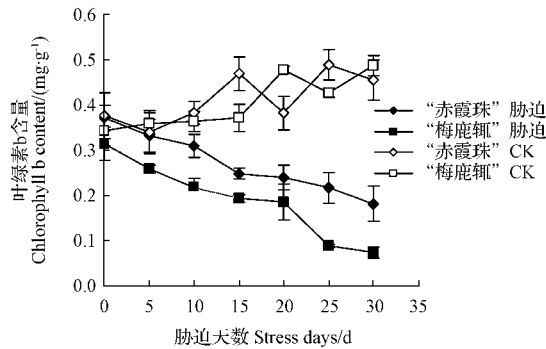


图6 干旱胁迫过程中葡萄叶片叶绿素b含量的变化

Fig. 6 Changes of chlorophyll b content during the drought stress in grape leaves

到胁迫结束时,“赤霞珠”和“梅鹿辄”的UWL强度比胁迫前分别降低了47%、42%。与对照相比,“赤霞珠”和“梅鹿辄”的UWL强度分别降低了52%、46%。

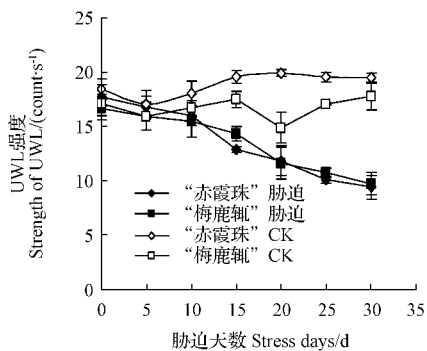


图7 干旱胁迫过程中葡萄叶片超微弱发光的变化

Fig. 7 Changes of strength of UWL during the drought stress in grape leaves

2.3 干旱胁迫下葡萄超微弱发光与光合特性的关系

干旱胁迫下,UWL强度与“赤霞珠”叶片的叶绿素含量呈极显著正相关,与A值、Gs值、E值呈中等正相关,与Ci值呈中等负相关。UWL强度与“梅鹿辄”的叶绿素含量呈显著正相关,与A值、Gs值、E值呈中等正相关,与Ci值呈中等负相关。UWL与光合特性的相关分析表明,UWL强度随光合能力的下降而下降,二者相关性显著(表1)。

表1 干旱胁迫下葡萄叶片UWL与光合特性的相关分析

Table 1 Correlation analysis between UWL and photosynthetic characteristics in leaves of grape under the drought stress

品种 Varieties	光合指标 Photosynthetic indicators	UWL 回归方程 UWL regression equation	相关系数 Correlation coefficient(R^2)
“赤霞珠” ‘Cabernet Sauvignon’	叶绿素 a	$Y=9.8010X_1+4.6271$	0.9553
	叶绿素 b	$Y=49.7260X_2-0.02071$	0.9549
	净光合速率	$Y=6.9317X_3+6.9647$	0.5054
	蒸腾速率	$Y=10.5470X_4+7.8831$	0.5504
	气孔导度	$Y=0.3483X_5+7.8280$	0.4353
“梅鹿辄” ‘Merlot’	胞间 CO_2 浓度	$Y=-0.0208X_6+24.4720$	-0.5573
	叶绿素 a	$Y=8.0076X_7+8.6145$	0.8923
	叶绿素 b	$Y=30.0100X_8+7.7970$	0.8805
	净光合速率	$Y=5.1503X_9+8.5621$	0.7087
	蒸腾速率	$Y=12.2400X_{10}+8.2706$	0.6022
	气孔导度	$Y=0.3843X_{11}+8.1730$	0.5894
	胞间 CO_2 浓度	$Y=-0.0259X_{12}+23.2800$	-0.7819

注:Y为UWL强度; $X_1 \sim X_{12}$ 为对应光合指标。

Note:Y means light intensity; $X_1 \sim X_{12}$ for corresponding photosynthetic indicator.

3 讨论与结论

有关UWL的产生机制假说有很多种。生物化学的观点认为,由于生活细胞在生化过程中,特别是不饱和脂肪酸氧化产生的活性氧之间的相互作用所形成的各种可辐射的活化状态,可能是UWL的来源之一^[15-16]。RATTEMEYER等^[17]认为DNA可能是植物体内另一个非常重要的光子辐射来源。毛大璋等^[18]认为能量转换也与发光有关。有关光合作用与UWL的关系尚鲜见报道。

该试验研究了干旱胁迫下葡萄叶片的UWL强度与光合特性的关系。结果表明,随着干旱胁迫的加深,2个葡萄品种的A值、Gs值、E值均是先上升后下降,Ci值先下降后上升。结果与李爽^[19]研究西北沙地深沟栽植葡萄干旱胁迫过程中葡萄光合能力的变化结果一致,可能是由于胁迫初期水分下降对这些指标影响不大,但随着干旱胁迫程度的加深,A值、Gs值、E值开始下降,Ci值开始上升。光合色素叶绿素a和叶绿素b含量也呈逐渐下降趋势。综合以上有关光合指标

的变化可知,在干旱胁迫过程中,葡萄叶片的光合能力下降。UWL 强度也随胁迫程度的加重呈下降趋势,且 UWL 强度均低于对照。相关分析也表明 UWL 与光合作用呈正相关。以上试验结果表明,UWL 强度随光合能力的减弱而降低,说明光合作用与 UWL 产生有关,且 UWL 强度与光合色素叶绿素 a 和叶绿素 b 呈显著正相关,由此推测 UWL 产生可能与叶绿体有关。UWL 与光合作用究竟关系如何,还需要进一步的试验来验证。

参考文献

- [1] 徐树来. 不同成熟期番茄及其贮藏过程中超弱发光特性的研究[J]. 食品科学, 2005, 26(5): 539-541.
- [2] 王畅, 蒋礼林, 王乐新, 等. 奶牛血清微弱发光的分析与应用研究[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(2): 187-189.
- [3] 张新华, 杨洪强, 李富军. 肥城佛桃果实软化过程中的超弱发光及其与乙烯释放的关系[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2003, 29(4): 353-356.
- [4] 侯仙慧, 廖祥儒, 李颖, 等. 苋菜种子萌发过程的超微弱发光及其机理研究[J]. 种子, 2004, 23(7): 23-27.
- [5] 张新华. 苹果与桃杏超微弱发光及其生理生化机制[D]. 泰安: 山东农业大学, 2004.
- [6] 张菊平, 张兴志, 巩振辉. 超微弱发光在蔬菜研究中的应用[J]. 中国农学通报, 2006, 22(1): 220-222.
- [7] 王华芳, 尹伟伦. 植物的超弱发光[J]. 北京林业大学学报, 1996, 18(2): 83-89.
- [8] 张新华, 杨洪强. 植物的超微弱发光[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2005, 34(4): 605-608.
- [9] 董家伦, 李树真, 陆军, 等. 小麦、大麦、玉米苗期自然超弱发光动态初探[J]. 种子, 1989(4): 25-30.
- [10] 汪沛洪, 吕金印. 利用生物超弱发光鉴定抗旱性的小麦品种初探[J]. 生物化学与生物物理进展, 1990, 17(5): 399-400.
- [11] 李树真. 稀土对一些植物苗期抗旱性影响的探讨[J]. 干旱地区农业研究, 1994, 12(4): 96-98.
- [12] 杨起简. 几种作物籽粒萌发时超弱发光与其抗逆性的关系[J]. 生物化学与生物物理进展, 1993, 20(4): 315-317.
- [13] 董家伦, 李树真. 一些沙生植物苗期超弱发光特征研究[J]. 中国沙漠, 1990, 10(2): 29-33.
- [14] 舒展, 张晓素, 陈娟, 等. 叶绿素含量测定的简化[J]. 植物生理学通讯, 2010, 46(4): 399-402.
- [15] 程海鹏, 薛建华, 王君晖. 生物中的超微弱发光[J]. 生物学通报, 1999, 34(11): 15-17.
- [16] SLAWINSKI J. Luminescence research and its relation to ultraweak cell radiation[J]. Experientia, 1988, 33(7): 559-571.
- [17] RATTEMAYER M R, POPP F A, NAGL W, et al. Evidence of photon emission from DNA in living cells[J]. Naturwissenschaften, 1981, 68: 572-573.
- [18] 毛大璋, 沈恂, 张月敬, 等. 代谢抑制剂对萌发绿豆种子超弱光子辐射的影响[J]. 生物物理学报, 1988(2): 116-120.
- [19] 李爽. 西北沙地深沟栽植葡萄抗旱抗寒机理研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2013.

Relationship Between Ultra Weak Luminescence and Photosynthetic Characteristics During Process of Drought Stress

MENG Yafen, LI Lianguo, LIANG Shuang, LI Zhiwei, GUO Jinli

(College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019)

Abstract: The aim of the study was to analyze contrastively the relationship between ultra weak luminescence and photosynthesis of ‘Cabernet Sauvignons’ and ‘Merlot’ during the process of drought stress with using water control. The results showed that during the process of drought stress, photosynthetic indexes of grape leaves had obvious changes, assimilation rate, stomatal conductance and transpiration rate showed a trend of falling with the deepening of stress, the internal CO₂ concentration increased gradually. The UWL intensity showed a trend of gradual falling with the deepening of stress. The UWL intensity and assimilation rate, stomatal conductance and transpiration rate, chlorophyll content were positively correlated, and negatively correlated with internal CO₂ concentration. The results showed that, with the deepening of drought stress, UWL intensity gradually reduced along with the weakening of photosynthesis, the correlation was obvious, so UWL was related to photosynthesis.

Keywords: grape; drought stress; photosynthesis; ultra weak luminescence