

毛妮妮, 苏西娅, 任俊鹏, 等. 水分调亏对“夏黑”葡萄叶片形态及光合特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(16): 133–138.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.16.020

水分调亏对“夏黑”葡萄叶片形态及光合特性的影响

毛妮妮¹, 苏西娅¹, 任俊鹏¹, 张奎峰², 刘照亭¹

(1. 江苏丘陵地区镇江农业科学研究所, 江苏句容 212400; 2. 江苏省句容市白兔镇致富果业专业合作社, 江苏句容 212402)

摘要:为探讨不同程度水分调亏对葡萄叶片的形态品质、光合作用日变化的影响, 通过对“夏黑”葡萄进行水分调亏处理, 设置处理为轻度水分调亏(T1)、中度水分调亏(T2)、重度水分调亏(T3)、各土壤含水量范围分别保持在 60%~70%、50%~60%、40%~50%, 对照(CK)进行常规水肥管理, 研究了不同水分处理及处理时间对葡萄叶片鲜质量、干质量、叶面积、叶片厚度、叶绿素含量等形态品质的影响, 以及不同处理下净光合速率、蒸腾速率、气孔导度等光合指标日变化的影响。结果发现, 轻度水分调亏在不同处理时间内均能够提高叶片的鲜质量, 处理 30 d 后轻度水分调亏后叶片干质量显著高于中度、重度水分调亏($P < 0.05$); 轻度水分调亏叶面积增大, 在处理 10 d 后显著高于重度水分调亏处理($P < 0.05$), 重度水分调亏处理明显减低了叶片的干质量、鲜质量和叶面积, 处理 40 d 后重度水分调亏叶片厚度增大; 处理前 30 d, 不同处理叶片叶绿素含量没有显著变化($P < 0.05$), 但均高于对照, 调亏处理 40 d, 轻度水分调亏处理叶片叶绿素含量显著高于其他处理($P < 0.05$); 不同处理净光合速率 P_n 、蒸腾速率 T_r 、气孔导度 G_s 日变化趋势一致, 均先上升后下降, 与对照相比, 轻度水分调亏处理后净光合速率增加, T2、T3 处理后净光合速率降低, 不同处理后蒸腾速率和气孔导度均低于对照。轻度调亏为当地“夏黑”葡萄进行最佳的水分调亏程度, 可在一定程度上达到提高叶片形态品质和节水效果, 重度水分调亏不利于葡萄叶片生长, 在形态和生理上表现出一定的胁迫性。

关键词:葡萄; 水分调亏; 光合特性; 品质

中图分类号:S663.101 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)16-0133-05

“夏黑”葡萄产于日本, 为“巨峰”后代, 特点是早熟、无核、高糖、低酸、香味浓郁、肉质细脆、硬度中等, 是目前葡萄主栽品种之一。如何增质提效、提高果品竞争力, 对葡萄产业的稳定健康发展具有十分重要的意义。

水分调亏指植物生长发育时期的供水量低于需水量, 由降水或灌溉不足引起, 会对植物生长及产量造成不利影响^[1-2]。为了抵御外界环境造成的伤害, 植物在干旱胁迫下会表现出一系列的形态、生理、生物化学变化, 产生胁迫耐受性^[3-4]。适度的胁迫, 能够使植物有效利用光合产物, 促进光合产物积累并向果实中转运提高果实品质。前人研究发现, 干旱胁迫可调节果实品质, 提高葡萄果实中还原糖含量, 降低滴定酸含量, 促进果皮中总酚、类

黄酮及花青素积累, 促进果实着色^[5], 水分胁迫也有利于葡萄糖分的积累^[6]。同时通过控水还能抑制葡萄过度地营养生长, 降低设施内湿度可减少病害的发生, 从而减少农药的使用。

本研究以“夏黑”葡萄为试材, 通过对葡萄进行水分调亏处理, 研究不同水分调亏程度下葡萄叶片的形态指标的变化、叶片光合作用的改变, 分析探索“夏黑”葡萄叶片对水分调亏的适应及表现, 以期合理灌溉及改良果实品质提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2021 年 4—8 月在江苏丘陵地区镇江农业科学研究所华阳基地进行。试验材料为 6 年生的“夏黑”葡萄。苗木均为盆栽苗且避雨栽培。该试验选取生长旺健、长势一致的 24 株葡萄苗木进行水分调亏试验。每株葡萄苗木上均悬挂土壤温度、湿度监测仪, 用于观测土壤含水量变化。

于 2021 年 4 月 1 日, 将试验苗统一浇透水分, 试验设置 4 个处理, 轻度调亏(T1)、中度调亏(T2)、重度调亏(T3)、对照(CK)。轻度水分调亏处理土

收稿日期: 2021-09-27

基金项目: 江苏省第五期“333 工程”培养资金(编号: BRA2019169);

江苏省句容市科技创新基金(编号: NY202006)。

作者简介: 毛妮妮(1982—), 女, 山东烟台人, 硕士, 副研究员, 从事果树栽培生理及果树景观化研究。E-mail: maonini1982@163.com。

通信作者: 刘照亭, 研究员, 从事果树栽培技术及现代农业园运行体制研究。E-mail: zjnksl@126.com。

壤含水量保持在 60% ~ 70% ,中度水分调亏土壤含水量保持在 50% ~ 60% ,重度水分调亏土壤含水量保持在 40% ~ 50% ,对照处理按日常田间水肥管理进行管理。之后每隔 5 d 观测盆栽内土壤含水量,各个处理到达含水量下限时补充水分,控制土壤水分。每个处理重复 3 次,每次重复 2 株葡萄,除灌水量不同外,其他管理措施保持一致。

4 月 15 日进行第 1 次采样,每隔 10 d 采样一次,共计采样 4 次。采样时从东、南、西、北 4 个方向的枝条随机选择,采样时均采集枝梢根部第 2 张叶子,保存于 4 ℃ 冰箱中备用。

1.2 试验方法

采用 DL - WS20 温湿度记录仪(尽享科技)对土壤温度、湿度进行全天不间断实时监测,记录仪放入土壤 10 cm 深处,保证高度一致。监测时间段为 2021 年 4—6 月。

采用 MNT - 200 数显卡尺[上海美耐特实业(集团)有限公司]测量葡萄叶柄长度;使用烘干机对叶片进行烘干,葡萄叶片鲜质量、干质量的测定使用 JJ1000 型电子天平(美国双杰)测定;采用分度值为 0.001 的测厚规(上海艾测电子科技有限公司)测量不同时期葡萄叶片的厚度;不同时期葡萄叶片叶绿素含量使用 SPAD - 502Plus 叶绿素测定仪(浙江托普云农科技股份有限公司)测定;叶面积的测定使用 YMJ - B 手持叶面积仪(托普)进行扫描计算,所有指标测定重复 3 次。

选择晴朗具有代表性的一天(2021 年 8 月 20 日),使用 3051D 型植物光合作用测定仪(托普)对不同处理下葡萄叶片净叶光合速率 P_n 、蒸腾速率 T_r 、气孔导度 G_s 等生理指标进行测定。每盆植株均随机选取葡萄新梢根部第 4 张叶片,选择 3 张做好标记进行活体测定。每张叶片重复测定 3 次。从 08:00—18:00,每隔 2 h 观测 1 次,测定光合日变化。

1.3 数据处理

使用 Excel 进行数据处理、作图;使用 SPSS 16.0 进行数据统计与分析;使用邓肯氏新复极差法对数据进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 水分调亏对葡萄叶片干、鲜质量的影响

通过对 4 个时期葡萄叶片质量进行分析(表 1),处理 10 d 后,轻度调亏下叶片鲜质量最大,重度调亏叶片鲜质量最小。轻度和中度调亏下叶片鲜质量明显高于对照,均提高了 17.14% 和 6.43% ,重度调亏叶片鲜质量最低,比对照降低了 13.57% 。处理 20 d 后,叶片鲜质量由低至高分别为 T1 > CK > T2 > T3,T2 和 T3 处理叶片鲜质量相比于对照降低了 1.21%、6.80%。处理 30 d 后,除 T3 处理外,各处理葡萄叶片鲜质量和处理 20 d 后变化趋势一致,T1 处理后叶片鲜质量最大,T2 处理叶片鲜质量最小。处理前 30 d,各个处理对葡萄叶片鲜质量的影响均无显著变化,处理 40 d 后,T2 处理叶片鲜质量最大,显著高于 T3 处理的叶片($P < 0.05$),T1、T2 处理与 CK 相比均无显著差异。对不同处理后叶片干质量进行分析,调亏处理叶片不同时期,T3 处理叶片干质量均为最低,可进一步推测重度调亏抑制叶片营养物质合成积累,表现为干质量降低。处理 20 d 后,T3 处理显著低于其他处理($P < 0.05$),处理 30 d 后,T1 处理显著高于 T2、T3 处理($P < 0.05$),与对照相比无显著差异($P < 0.05$)。综上分析,轻度调亏(T1)处理在一定程度上可以提高叶片鲜质量,但随着调亏时间的延长,促进作用逐渐减弱,重度调亏明显抑制了叶片鲜质量的增加。适当的水分调亏(T2、T3),对于葡萄叶片干物质积累影响不大,随着水分调亏程度加剧,叶片干质量降低。

表 1 水分调亏下葡萄叶片鲜质量、干质量

处理	鲜质量(g)				干质量(g)			
	10 d	20 d	30 d	40 d	10 d	20 d	30 d	40 d
CK	4.20 ± 0.84a	4.12 ± 1.01a	4.53 ± 0.05a	5.00 ± 0.32ab	1.25 ± 0.18a	1.41 ± 0.03a	1.43 ± 0.04ab	2.19 ± 0.13a
T1	4.92 ± 0.40a	4.87 ± 0.35a	4.79 ± 1.08a	5.09 ± 0.46ab	1.22 ± 0.14a	1.46 ± 0.04a	1.49 ± 0.07a	2.09 ± 0.12a
T2	4.47 ± 0.52a	4.07 ± 0.15a	4.33 ± 0.23a	5.28 ± 0.46a	1.23 ± 0.25a	1.35 ± 0.04a	1.37 ± 0.03b	2.16 ± 0.12a
T3	3.63 ± 0.14a	3.84 ± 0.53a	4.52 ± 1.39a	4.34 ± 0.13b	1.05 ± 0.13a	1.06 ± 0.15b	1.36 ± 0.03b	2.02 ± 0.09a

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下同。

2.2 水分调亏对葡萄叶面积及叶片厚度的影响

对水分调亏处理后不同时期叶片的叶面积进

行分析(表 2),处理 10 d 后,轻度和中度调亏均明显高于对照,相比于对照提高了 18.92%、12.68% ,

重度调亏相比于对照降低了 5.28%, 其中 T1 处理叶面积显著高于 T3 处理 ($P < 0.05$)。处理 20 d 后, T1 处理叶面积高于对照, 提高 4.39%, 其他处理叶片叶面积相比对照均有所降低, 分别降低了 11.47%、17.05%。处理 30 d 后, 3 个处理的叶面积相比于对照提高了 6.67%、3.12%、-9.00%。处理 40 d 后, T1、T2 处理叶面积显著高于 T3 处理 ($P < 0.05$), 相比于 T3 处理, 分别提高了 21.89%、18.66%, T2、T3 处理与对照相比无显著差异 ($P < 0.05$)。除处理 20 d 外, 其他处理时期叶面积由高

至低排序均为 $T1 > T2 > CK > T3$ 。由表 2 可知, 水分调亏后葡萄叶片的厚度没有显著变化, 处理 10 d 后, T1 处理叶片厚度较大, 相比对照高 0.011 mm, 处理 20 d 后, 对照叶片厚度最大, 为 0.372 mm, 在处理 30 d 后, T3 处理叶片厚度最小, 而在处理 40 d 后 T3 处理的叶片厚度最大。综上, 轻度水分调亏可以提高叶片叶面积, 中度水分调亏对叶面积的影响不明显, 重度水分调亏抑制叶片面积的生长, 叶面积减小, 水分调亏对葡萄叶片厚度无显著影响。

表 2 干旱胁迫下葡萄的叶面积、厚度

处理	叶面积 (cm^2)				叶片厚度 (mm)			
	10 d	20 d	30 d	40 d	10 d	20 d	30 d	40 d
CK	192.46 ± 19.80ab	235.77 ± 46.18a	231.90 ± 10.63a	235.43 ± 4.17ab	0.341 ± 0.01a	0.372 ± 0.01a	0.376 ± 0.02a	0.398 ± 0.03a
T1	228.87 ± 18.59a	246.11 ± 44.91a	247.36 ± 11.08a	261.42 ± 21.87a	0.352 ± 0.01a	0.368 ± 0.14a	0.378 ± 0.03a	0.399 ± 0.04a
T2	216.86 ± 15.31ab	208.72 ± 10.51a	239.14 ± 11.62a	254.51 ± 16.29a	0.319 ± 0.002a	0.352 ± 0.01a	0.377 ± 0.01a	0.390 ± 0.04a
T3	182.30 ± 14.53b	195.58 ± 25.41a	211.03 ± 49.10a	214.48 ± 13.10b	0.342 ± 0.02a	0.356 ± 0.02a	0.373 ± 0.004a	0.418 ± 0.06a

2.3 水分调亏对葡萄叶片叶绿素含量的影响

由表 3 可知, 水分调亏处理在一定程度上可以提高叶片叶绿素含量, 处理 10、20、30 d 后, 所有处理叶片叶绿素含量均高于对照, 与对照相比无显著差异 ($P < 0.05$)。处理 30 d 内对照的叶片叶绿素含量基本没有变化, 可能原因为该处理葡萄苗木叶片产量大, 造成单位叶面积叶绿素含量变化趋势不明显。处理 10 d 后, T1 处理叶片叶绿素含量最高, 相比于对照提高了 10.47%, 其次是 T3 和 T2 处理, 分别提高了 3.72%、1.05%。处理 20 d 和 30 d 后, 叶绿素含量排序一致, 由高至低分别为 $T1 > T2 > T3 > CK$, 处理 40 d 后, T1 处理叶片叶绿素含量显著高于 CK 及 T2 处理 ($P < 0.05$), 提高了 11.11%、12.46%, 与重度调亏相比无显著差异 ($P < 0.05$)。对照叶片叶绿素含量在 4 个时期内变化趋势为前期平缓变化, 后期极速增加, 水分调亏的 3 个处理叶绿素含量变化趋势为缓慢上升。

表 3 水分调亏下葡萄叶片的叶绿素含量

处理	叶绿素含量 (SPAD 值)			
	处理 10 d	处理 20 d	处理 30 d	处理 40 d
CK	33.34 ± 4.06a	33.72 ± 2.59a	33.17 ± 1.11a	37.53 ± 0.98b
T1	36.83 ± 2.19a	37.12 ± 0.22a	39.74 ± 4.96a	41.70 ± 3.16a
T2	33.69 ± 2.07a	36.16 ± 2.02a	36.77 ± 1.72a	37.08 ± 0.51b
T3	34.58 ± 2.58a	35.32 ± 1.45a	37.12 ± 2.95a	38.49 ± 0.34ab

2.4 水分调亏对葡萄叶片净光合速率的影响

由图 1 可知, 葡萄叶片在水分调亏下净光合日变

化均呈先上升后下降的趋势, 没有出现明显的双峰现象。与对照相比, T1 处理后净光合速率 (P_n) 增加, T2、T3 处理后净光合速率降低。T1 处理后, 在 08:00—18:00 内日平均 P_n 值为 $9.37 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 对照 P_n 日平均值为 $8.73 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 相比对照提高了 7.33%。T2、T3 处理后 P_n 日平均值为 8.14 、 $6.68 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。相比于对照分别降低了 6.76%、23.48%, 不同处理 P_n 值均在 12:00 时达到最高峰。T3 处理后葡萄叶片的净光合速率明显降低, 推测轻度水分调亏下叶片 P_n 值有一定程度提高, 有利于葡萄叶片进行光合作用积累养分, 重度水分调亏抑制了叶片净光合速率, 不利于叶片生长。

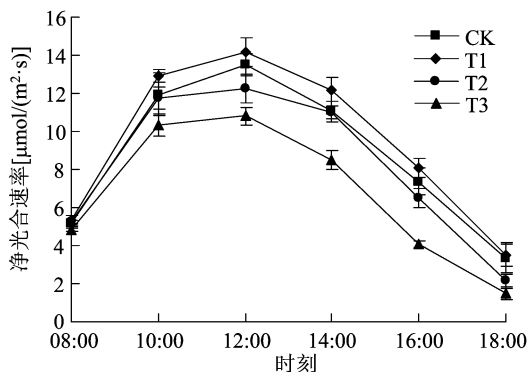


图 1 水分调亏下葡萄叶片的净光合速率

由图 2 可知, 对照的蒸腾速率 (T_r) 最高峰在 14:00 出现, 达到 $3.2 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。调亏处理后 T_r 值最高峰均出现在了 12:00, T1 处理在 12:00—16:00 时间段内 T_r 值缓慢下降, 在 16:00—18:00 这

一时间段急剧下降,与 T1 不同的是,T2、T3 处理在出现 T_r 值最高峰后便迅速下降,在 08:00 时,所有处理 T_r 值差别最小,在 14:00 时与对照处理 T_r 值差别最大,在这一时间内对照处理的 T_r 值约为 T2、T3 的 2.35 倍和 5.33 倍。

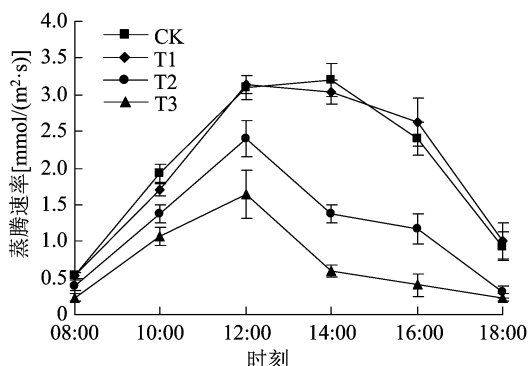


图2 水分调亏下葡萄叶片的蒸腾速率

图3是葡萄在不同处理下气孔导度(G_s)日变化曲线,气孔导度的变化趋势与净光合速率、蒸腾速率的变化趋势一致,均呈先上升后下降的趋势。所有处理的气孔导度均在 12:00 时达到最高峰值,T1 处理 G_s 值最大,为 $76.33 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,T3 处理 G_s 值最小,为 $41.67 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。T1、T2、T3 和 CK 的日平均 G_s 分别为 54.66 、 33.43 、 22.19 、 $56.00 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,T1 处理与对照没有明显变化,说明轻度水分调亏不会造成叶片气孔关闭。随着水分调亏程度增加,为减少水分蒸发,部分气孔关闭以应对胁迫伤害。

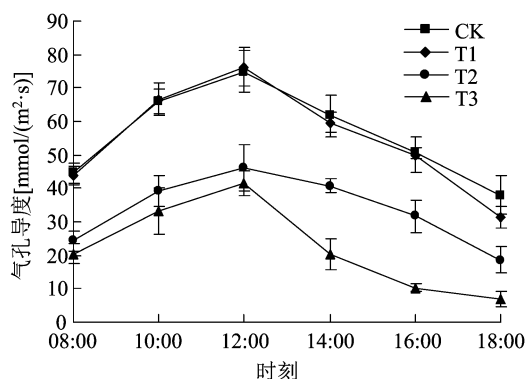


图3 水分调亏下葡萄叶片的气孔导度

3 讨论与结论

水分在植物生命活动中扮演着重要作用,参与植物新陈代谢全过程、是植物生长发育、光合作用、呼吸作用等过程中必不可少的介质和成分。水分过多或不足,都会影响植株的果实产量与品质,甚至还会缩短植物的生长寿命^[7]。研究表明,葡萄不

同生长发育时期对水分敏感性不同^[8],因此,通过在某一生长时段进行水分胁迫处理,之后再复水的方法,达到调节葡萄产量及提高品质的目的,同时还可以提高水分利用率、减少水分浪费。葡萄不同时期水分胁迫对葡萄果实的影响说法不一。杨慧慧等研究发现,葡萄营养生长初期和果实生长膨大期所需水分较多,开花和果实成熟后所需水分较少^[9]。王淑杰等研究认为,花期胁迫利于葡萄坐果,果实膨大期后水分胁迫能抑制营养生长,促进促进果实成熟^[10]。而邓文生等研究发现,在葡萄果实生长发育期适度胁迫,可以改善葡萄品质,提高葡萄果实中的糖含量^[11]。Kennedy 等通过对葡萄生长后期进行水分胁迫处理,发现葡萄果实中酚类物质显著提高^[12]。本研究通过对葡萄生长后期进行水分调亏,结果表明,轻度水分调亏有利于葡萄叶片积累光合作用增强,叶面积增大,促进营养物质的合成与积累。

葡萄叶片生长初期需要足够的水分,水分供应不足会致使新梢生长速度变缓^[13],Ussahatanonta 等通过对赤霞珠葡萄进行水分胁迫研究,结果发现枝条长度、节间数、叶片产量相比对照降低 2 ~ 3 倍^[14]。水分调亏后,葡萄叶片表现为叶面积减小、且随胁迫程度的加深,葡萄的叶片逐渐变厚^[15],而在本研究中,对“夏黑”葡萄进行轻度水分调亏,叶面积反而增加,且叶片变厚。重度水分调亏下叶面积会明显下降,在水分调亏处理前期,叶片厚度基本无显著变化,在叶片处理 40 d 后,重度水分调亏叶片增厚。造成与上述研究结果不一致的原因可能有不同品种的抗旱性不同、叶片感受土壤含水量变化存在一定延后性^[16]、干旱处理时期不同^[17]、测定叶片成熟度不同等,具体原因可以进一步研究论证。

叶绿素通过吸收光能,将其转化为碳水化合物传递给植物,参与光合作用,其含量多少直接影响叶片的光合能力^[18]。本研究通过测定不同程度水分调亏程度下叶片叶绿素含量,可以进一步揭示叶绿素含量对于叶片光合作用强弱的影响。许宏等研究发现随着干旱胁迫程度增加,葡萄叶绿素总量逐渐减少^[19-20],而本研究结果与之相反,在本试验中水分调亏处理后,在一定程度内叶绿素含量相比于对照提高,轻度水分调亏处理 40 d 后,叶绿素含量显著高于对照。陈绍莉等通过对葡萄砧木进行抗旱性研究发现,抗旱性较强的品种在水分胁迫

下,会促进叶绿素含量的增加,用于抵抗缺水环境^[21],本研究结果与之一致,可以进一步推测“夏黑”葡萄的抗旱性较强。

光合作用是植物生长发育的基础,光合作用的强弱受 2 个方面因素的影响,一是植物本身,与叶片的大小厚度,成熟度及叶绿素含量有关,二是外界干扰胁迫也会影响植物光合能力^[22-23]。在水分胁迫前期,气孔关闭抑制蒸腾作用^[24],随着胁迫时间的增加,葡萄通过改变基因表达量、控制相关酶活性来调控生长^[25-26]。严巧娣等发现葡萄叶片净光合速率在 1 d 内先上升后下降,且在光照最强时光合作用有轻微下调趋势^[27]。白云岗等通过对葡萄光合作用光响应曲线分析比较,发现光照度大于 $600 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,净光合速率随光照度增加而减弱出现下降趋势^[28]。在本研究中,净光合速率没有出现双峰现象,因为每 2 h 测定 1 次净光合速率,与其他研究者试验相比间隔时间较长,可能在 15:00 时存在上升趋势,须进一步研究验证。目前有研究发现,通过对葡萄进行水分调亏试验,叶片净光合速率、蒸腾速率、气孔导度下降。王生海等通过对不同树形紫香无核葡萄进行水分胁迫,也得出了相同结果^[29]。在本研究中,通过对“夏黑”葡萄进行水分调亏,轻度水分调亏后叶片净光合速率反而上升,蒸腾速率、气孔导度与对照无明显差异,随着水分调亏程度增加,所得结果与上述研究结果一致,分析造成该结论的原因可能有试验用苗所处环境湿度大,该试验只考虑了单一控制的土壤含水量这一自变量。

综上所述,轻度水分调亏在不同处理时间内均能够提高叶片的鲜质量、叶面积,重度水分调亏处理明显减低了叶片的干质量、鲜质量和叶面积,重度水分调亏导致处理 40 d 后叶片厚度增大抵御胁迫,不同水分调亏处理在处理前 30 d 叶片叶绿素含量均高于对照,调亏处理 40 d,轻度水分调亏处理叶片叶绿素含量显著高于其他处理($P < 0.05$),不同处理净光合速率、蒸腾速率、气孔导度日变化趋势一致,均为先上升后下降,轻度水分调亏处理后促进叶片净光合速率增加不同处理后蒸腾速率和气孔导度均低于对照。轻度调亏为江苏省句容市“夏黑”葡萄最佳的水分调亏程度,可在一定程度上达到提高叶片形态品质和节水效果,重度水分调亏不利于葡萄叶片生长,在形态和生理上表现出一定的胁迫性。

参考文献:

- [1] Abdelraheem A, Esmacili N, O'Connell M, et al. Progress and perspective on drought and salt stress tolerance in cotton [J]. *Industrial Crops and Products*, 2019, 130: 118–129.
- [2] Wang W X, Vinocur B, Shoseyov O, et al. Biotechnology of plant osmotic stress tolerance physiological and molecular considerations [J]. *Acta Horticulturae*, 2001 (560): 285–292.
- [3] Shinozaki K, Yamaguchi – Shinozaki K, Seki M. Regulatory network of gene expression in the drought and cold stress responses [J]. *Current Opinion in Plant Biology*, 2003, 6(5): 410–417.
- [4] Toscano S, Farieri E, Ferrante A, et al. Physiological and biochemical responses in two ornamental shrubs to drought stress [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2016, 7: 645.
- [5] 牛帅科, 赵艳卓, 魏建国, 等. 葡萄转色初期干旱胁迫促进果实着色的研究 [J]. *节水灌溉*, 2020(5): 73–76, 82.
- [6] Ojeda H, Deloire A, Carbonneau A. Influence of water deficits on grape berry growth [J]. *Vitis*, 2001, 40: 141–145.
- [7] 李洪艳. 土壤水分对葡萄植株生长发育的影响 [D]. 上海: 上海交通大学, 2009: 3–6.
- [8] 杨盛, 宋宇琴, 李洁, 等. 调亏灌溉技术在果树应用上的研究进展 [J]. *北方园艺*, 2015(11): 176–179.
- [9] 杨慧慧, 王振华, 何新林, 等. 极端干旱区葡萄滴灌耗水规律试验研究 [J]. *节水灌溉*, 2011(2): 24–28, 32.
- [10] 王淑杰, 刘勤保, 于海业, 等. 设施葡萄调亏灌溉的理论与技术体系 [J]. *农机化研究*, 2005, 27(2): 8–9.
- [11] 邓文生, 张大鹏. 葡萄浆果不同生长期对干旱胁迫敏感性变化的水分生理机制 [J]. *园艺学报*, 1998, 25(2): 123–128.
- [12] Kennedy J, Matthews M, Waterhouse A. Effect of maturity and vine water status on grape skin and wine flavonoids [J]. *American Journal of Enology and Viticulture*, 2002, 53: 268–274.
- [13] 胡博然, 李华, 马海军, 等. 葡萄耐旱性研究进展 [J]. *中外葡萄与葡萄酒*, 2002(2): 32–34.
- [14] Ussahatanonta S, Jackson D I, Rowe R N. Effects of nutrient and water stress on vegetative and reproductive growth in *Vitis vinifera* L. [J]. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 1996, 2(2): 64–69.
- [15] 李晓燕, 李连国, 刘志华, 等. 葡萄叶片组织结构与抗旱性关系的研究 [J]. *内蒙古农牧学院学报*, 1994(3): 30–32.
- [16] 齐建波, 荣新民, 陈虎, 等. 不同水分胁迫水平对葡萄叶水势及生理指标的影响 [J]. *石河子大学学报(自然科学版)*, 2011, 29(4): 437–441.
- [17] 王竞, 李磊, 王锐, 等. 不同生育期水分亏缺对酿酒葡萄光合特性、产量及品质的影响 [J]. *江苏农业科学*, 2018, 46(22): 149–152.
- [18] 姜卫兵, 高光林, 俞开锦, 等. 水分胁迫对果树光合作用及同化代谢的影响研究进展 [J]. *果树学报*, 2002, 19(6): 416–420.
- [19] 许宏. 葡萄砧木和栽培品种抗旱性研究 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2004: 26–52.
- [20] Bertamini M, Zulini L, Muthuchelian K, et al. Effect of water deficit on photosynthetic and other physiological responses in grapevine

苗婷婷,曹志华,刘俊龙,等.淹水胁迫对2个薄壳山核桃品种苗期生长及叶绿素荧光特性的影响[J].江苏农业科学,2022,50(16):138-146.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.16.021

淹水胁迫对2个薄壳山核桃品种苗期生长及叶绿素荧光特性的影响

苗婷婷,曹志华,刘俊龙,孙 慧,吴中能

(安徽省林业科学研究院,安徽合肥 230088)

摘要:以二年生薄壳山核桃品种黄薄1号、黄薄2号的实生苗为研究对象,通过盆栽试验模拟研究淹水胁迫对其形态指标、生理指标及叶片叶绿素荧光特性指标的影响,结果表明:随着淹水胁迫时间的增加,不同处理下各薄壳山核桃品种的地径、苗高增长率均受到了不同程度的延缓;叶片叶绿素含量降低,且低于对照;MDA含量整体呈上升趋势,均整体高于对照;可溶性糖含量呈先下降后上升趋势,品种间各指标变化幅度有差异。叶绿素荧光参数中, F_0 与NPQ均整体高于对照, F_v/F_m 、ETR则低于对照,各叶绿素荧光参数差异程度因品种及淹水程度不同而有所区别。采用相关性分析及隶属函数法对2个薄壳山核桃品种不同淹水处理下的耐淹水性进行综合评价,发现黄薄2号耐淹水性高于黄薄1号。

关键词:薄壳山核桃;淹水胁迫;叶绿素荧光;综合评价;形态指标;生理指标

中图分类号:S664.101 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)16-0138-09

薄壳山核桃(*Carya illinoensis*)又称长山核桃,是胡桃科山核桃属植物,原产自美国和墨西哥北部,是优良的干果、用材、绿化兼用树种,具有广泛的用途和很高的经济、社会和生态效益。近年来,薄壳山核桃作为重要的经济林木,发展迅猛。安徽省是国内最早引种薄壳山核桃的省份之一,自2013年起开始规模化发展,截至目前全省薄壳山核桃种植总面积约4万 hm^2 。安徽省江淮地区湖泊滩地、湿地资源丰富,绿化潜力巨大,若筛选出耐淹水性

强的薄壳山核桃品种并推广应用,不仅能扩大其适种范围还能丰富滩地生物与景观多样性。

国内外学者对薄壳山核桃开展了引种繁殖、栽培管理、光合特性^[1-10]等基础研究,目前在薄壳山核桃抗旱性研究上已取得了一些进展,而关于耐淹水方面的研究报道不多。孙凡等通过人工模拟干旱、水淹、盐胁迫条件,分析了薄壳山核桃抗性生理和光合作用特征适应机制,结果显示间接性淹水处理下的薄壳山核桃生长良好,表明薄壳山核桃具有耐淹水的特性^[11-12]。范龙惠通过对美国东部黑核桃、四川乡土核桃、泡核桃、美国(薄壳)山核桃不同淹水处理下形态特性、光合作用等指标的测定,对其耐涝性进行综合评价,认为薄壳山核桃的耐涝性

收稿日期:2021-08-31

作者简介:苗婷婷(1983—),女,安徽六安人,硕士,副研究员,主要从事森林培育等研究。E-mail:cjsmtt@163.com。

(*Vitis vinifera* L. cv. Riesling) plants[J]. Photosynthetica,2006,44(1):151-154.

[21]陈绍莉,郭修武.葡萄砧木的抗旱性鉴定与研究[J].中国果树,2009(1):38-42.

[22]叶子飘,于 强.光合作用光响应模型的比较[J].植物生态学报,2008,32(6):1356-1361.

[23]Awada T,Radoglou K,Fotelli M N,et al. Ecophysiology of seedlings of three Mediterranean pine species in contrasting light regimes[J]. Tree Physiology,2003,23(1):33-41.

[24]Cornic G, Massacci A. Leaf Photosynthesis Under Drought StressPhotosynthesis and the Environment,1996:347-366.

[25]陈祖民,校诺娅,张艳霞,等.水分胁迫对“玫瑰香”葡萄果实挥

发性化合物及相关基因表达的影响[J].园艺学报,2021,48(5):883-896.

[26]席 奔,柳巧祺,吕丹桂,等.水分胁迫对葡萄果实白藜芦醇合成相关基因表达的影响[J].核农学报,2019,33(8):1490-1500.

[27]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.

[28]白云岗,刘洪波,张江辉,等.葡萄光合作用光响应曲线拟合模型比较研究[J].节水灌溉,2016(9):8-11.

[29]王生海,杨伟伟,容新民,等.整形和水分胁迫对紫香无核葡萄叶片光合特性的影响[J].石河子大学学报(自然科学版),2019,37(4):452-459.