

淹水胁迫对不同抗性猕猴桃幼苗光合特性的影响

米银法¹, 崔瑞红²

(1. 河南科技大学 林学院, 河南 洛阳 471003; 2. 河南科技大学 外国语学院, 河南 洛阳 471003)

摘 要:以1年生盆栽美味猕猴桃‘秦美’和中华猕猴桃‘红阳’实生苗为试材,研究了淹水胁迫对不同抗性猕猴桃幼苗光合特性的影响。结果表明:持续淹水14 d内随着淹水时间的延长,叶片净光合速率、蒸腾速率、气孔导度显著下降,而胞间CO₂浓度显著上升;中华猕猴桃对淹水较敏感,淹水时叶片净光合速率受到的影响大于美味猕猴桃,而美味猕猴桃合成同化物能力强于中华猕猴桃;美味猕猴桃叶片气孔导度日变化规律呈明显的双峰曲线变化,但峰值均低于对照值;中华猕猴桃经淹水后,叶片气孔导度日变化趋势呈单峰曲线变化,峰值时较对照降低60.95%;2个猕猴桃品种蒸腾速率日变化呈先升后降的趋势,且均低于对照。

关键词:猕猴桃;幼苗;淹水胁迫;日光合特性

中图分类号:S 663.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)02-0014-04

植物遭受淹水最早的反应就是气孔关闭^[1]、气孔导度下降。气孔的开闭程度对蒸腾作用和光合作用具有重要的调控作用。植物遭受淹水时,气孔关闭以及后期羧化酶的受抑制、叶片的失绿、衰老和脱落均会造成淹水植物光合作用迅速下降。研究表明低氧胁迫下,抗性不同的越桔^[2]、烟草^[3]、小麦^[4]、芝麻^[5]等光合作用日变化内,叶片气孔导度、蒸腾速率和净光合速率都有所下降,而胞间CO₂浓度升高。但董合忠等^[6]研究发现,棉苗淹水12 d后,叶片全天的气孔导度和蒸腾速率一直接近对照,认为光合受抑与缺水关系不大,而与叶绿素含量降低及光合产物运输受阻等密切相关。淹水下芝麻

净光合速率和叶绿素含量显著降低,蒸腾速率与气孔阻力无明显差异^[5]。可见不同植物对淹水胁迫逆境的光合反应不同。

该试验利用淹水处理的方法,测定2种不同抗淹水能力的猕猴桃光合指标的日变化,以揭示它们之间的光合生理基础差异,以期为猕猴桃的栽培管理和抗性育种提供参考依据和生产指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为抗低氧能力较强的美味猕猴桃‘秦美’(*Actinidia deliciosa*)和对低氧敏感的中华猕猴桃‘红阳’(*A. chinensis*)^[7]1年生实生苗。

1.2 试验方法

试验在河南科技大学园林植物实验室进行,2013年3月20日进行实生苗盆栽,2013年6月20日开始淹水

第一作者简介:米银法(1977-),男,山东菏泽人,博士,副教授,研究方向为园艺植物抗性生理。E-mail:miyinfa@sohu.com.

基金项目:河南科技大学博士科研基金资助项目(09001473)。

收稿日期:2014-09-09

Abstract: With ‘Fortodi’ (*Rubus idaeus* L.) raspberry cuttings as materials, a factorial experiment examined the interaction between hydrogen cyanamide (H₂CN₂) concentration (0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5%) and chilling accumulation stage (0%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 100%) on the budbreak were studied. The results showed that the most effective concentration (the greatest budbreak and the lowest phytotoxicity) was 0.5% in all treatment. When cyanamide concentration $\geq 1.0\%$, cuttings got serious injury. Hydrogen cyanamide-induced budbreak was the highest during the 40% chilling accumulation stage of cuttings, after 2 weeks of cultivation, budbreak rate greater than 50%, however, when the amount of chilling accumulation exceeded 50% total chilling requirement of cuttings, hydrogen cyanamide treatment decreased budbreak rate. Significant interactions ($P \leq 0.001$) between hydrogen cyanamide concentration and chilling accumulation were found for leads to difference in budbreak of the ‘Fortodi’ raspberry cuttings in this study.

Keywords: *Rubus idaeus*; chilling accumulation stage; hydrogen cyanamide; artificial breaking dormancy methods

处理 14 d。淹水处理时挑选长势均一的试材,将其带盆全部放入 3 层塑料袋中,绑扎好,每天傍晚灌水,水深与盆的高度平齐,并以正常灌水(每 3 d 浇 1 次透水)为对照。

淹水处理 14 d 后,于 7 月 1 日 8:00—18:00,每隔 2 h 用美国 Li-Cor 6400 型便携式光合系统测定净光合速率、蒸腾效率、气孔导度、胞间 CO_2 浓度。取样时取新梢基部成熟叶片。

淹水处理 14 d 后,8:00 取猕猴桃植株自上而下第 3~5 位叶片,按照李合生等方法测定^[8]叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素、类胡萝卜素含量。

1.3 数据分析

试验数据采用 Excel 及 DPS 软件处理和分析。

表 1 淹水胁迫处理对 2 种猕猴桃幼苗叶片叶绿素含量的影响

品种 Species	叶绿素 a Chlorophyll a		叶绿素 b Chlorophyll b		类胡萝卜素 Carotenoid pigment	
	对照	淹水	对照	淹水	对照	淹水
‘红阳’ ‘Hongyang’	1.710 *	1.097	0.903 *	0.582	0.72 *	0.46
‘秦美’ ‘Qinmei’	1.805 *	1.678	1.252 *	1.189	0.90 *	0.80

注: * 为处理间 $P < 0.05$ 差异显著。

Note: * show significant difference at $P < 0.05$.

2.2 淹水胁迫对猕猴桃幼苗光合速率的影响

植物的净光合速率指一定时间内,植物同化的总光合产物与呼吸消耗的光合产物的差值,是反应植物光合作用状况的重要指标。图 1 结果表明,正常条件下猕猴桃叶片净光合速率的日变化呈明显的双峰曲线趋势,2 个峰值分别出现在 12:00 和 16:00,14:00 显著降低。淹水胁迫条件下,2 种猕猴桃幼苗的净光合速率显著降低。美味猕猴桃净光合速率变化虽然也呈双峰曲线,但均显著低于对照,2 个峰值分别降低 45.30%、37.02%。淹水胁迫条件下,2 个峰值间无显著差异。淹水胁迫时,中华猕猴桃净光合速率只出现 1 次小高峰,比对照降低 64.32%,且整个日变化趋势内的值都很低。表明淹水时,美味猕猴桃叶片净光合速率受到的影响显著低于中华猕猴桃,说明其合成同化物能力强于中华猕猴桃,这样可避免因呼吸底物耗竭而过早的死亡。

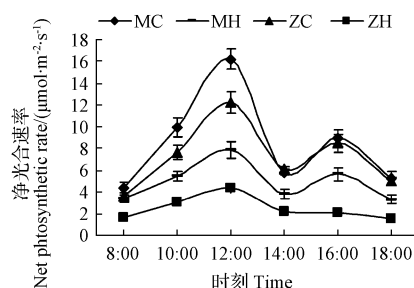
2.3 淹水胁迫对猕猴桃幼苗叶片气孔导度的影响

气孔是植物体水蒸气排出体外的主要出口,也是光合作用吸收 CO_2 的主要通道,其变化直接影响着植物的蒸腾、光合、呼吸作用,因而是环境胁迫的敏感指标之一。图 2 表明,根际淹水后美味猕猴桃叶片气孔导度的日变化也呈明显的双峰曲线。与对照相比,12:00 的峰值降低了 42.6%,16:00 的峰值降低了 34.05%。而中

2 结果与分析

2.1 淹水胁迫处理对 2 种猕猴桃幼苗叶片叶绿素含量的影响

叶绿体是重要的光合作用细胞器,其内部色素包含叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素。通常认为一定范围内叶绿素含量的高低直接影响叶片的光合作用能力,叶绿素 a/b 值的变化能反映叶片光合活性的强弱。合理的叶绿素 a/b 值可防止叶内产生过剩的自由基和色素分子的光氧化。表 1 研究表明,淹水胁迫下猕猴桃幼苗叶片内叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、叶绿素总量、叶绿素 a/b 和类胡萝卜素含量均因受到胁迫而含量降低。但‘红阳’较‘秦美’猕猴桃降低幅度较大。



注: MC-美味猕猴桃对照; MH-美味猕猴桃淹水; ZC-中华猕猴桃对照; ZH-中华猕猴桃淹水,下同。

Note: MC - *A. deliciosa* CK; MH - *A. deliciosa* waterlogging; ZC - *A. chinensis* CK; ZH - *A. chinensis* waterlogging, same as below.

图 1 淹水胁迫对猕猴桃叶片净光合速率的影响

Fig. 1 Effect of waterlogging stress on net photosynthetic rate of kiwifruit seedlings

华猕猴桃经淹水后,叶片气孔导度日变化呈单峰曲线,12:00 达到峰值后呈明显的下降趋势。峰值时较对照降低了 60.95%。由此看出,根际淹水时,抗性较弱的中华猕猴桃叶片气孔导度显著低于美味猕猴桃,说明其蒸腾作用弱,同时 CO_2 进出气孔的阻力也较大,光合作用降低幅度大,不利于增强其抵抗根际淹水的能力。

2.4 对猕猴桃幼苗叶片蒸腾速率的影响

蒸腾作用是植物体水分吸收和运输的主要动力,是

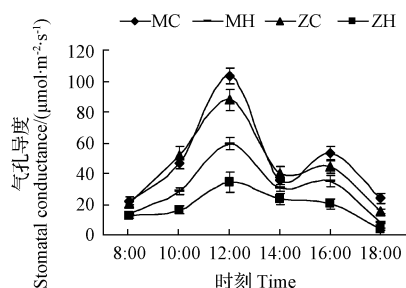


图2 淹水对猕猴桃叶片气孔导度的影响

Fig. 2 Effect of waterlogging stress on stomatal conductance of kiwifruit seedlings

控制植物水分的主要途径,同时对植物有机物和矿物质的吸收,以及它们在植物体内的运输起着重要作用。逆境条件下,如干旱^[9]、淹水^[10]、盐渍^[11]等,植物的蒸腾作用也将发生变化。由图3可以看出,在淹水胁迫时,抗性不同的2种猕猴桃蒸腾速率日变化呈先升后降的趋势,且均低于对照。2种猕猴桃蒸腾速率均在14:00达到最大,之后降低。与对照相比,美味猕猴桃下降了17.60%、中华猕猴桃下降了39.93%。相比较而言,遭受淹水时抗性较强的美味猕猴桃能保持较高的蒸腾速率,具有较强的自我调节能力,以便维持较强的耗水能力,适应水分过多的环境。而中华猕猴桃的自我调节能力较弱,淹水时蒸腾速率下降较大,进而导致其地上与地下部分物质交换运输能力严重受阻,忍耐淹水逆境的能力不强。

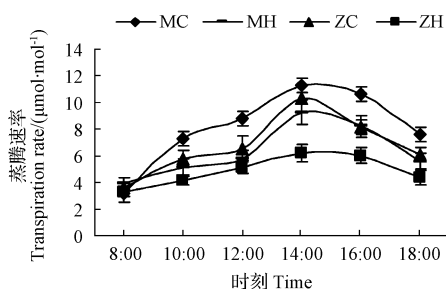


图3 淹水胁迫对猕猴桃叶片蒸腾速率的影响

Fig. 3 Effect of waterlogging stress on transpiration rate of kiwifruit seedlings

2.5 淹水胁迫对猕猴桃幼苗叶片胞间二氧化碳浓度的影响

空气中CO₂进入植物叶内被同化,首先要通过气孔向叶肉细胞间隙扩散,然后再由细胞间隙通过细胞壁、质膜向细胞质内扩散^[12]。因此细胞间隙CO₂浓度的变化会对植物的光合速率产生很大影响。图4表明,猕猴桃淹水处理和对照叶片胞间CO₂浓度的日变化规

律都呈明显的W型趋势。淹水胁迫下2种猕猴桃叶胞间CO₂浓度显著增加。与各自的对照相比,美味猕猴桃增幅在10.35%~44.20%;中华猕猴桃增幅在7.75%~98.72%。

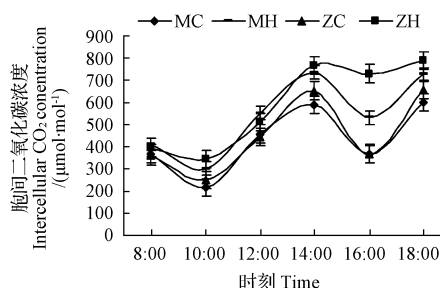


图4 淹水对猕猴桃叶片胞间二氧化碳浓度的影响

Fig. 4 Effect of waterlogging stress on intercellular CO₂ concentration of kiwifruit seedlings

3 讨论

研究表明,淹水胁迫下植物气孔的开闭程度能够反映树种的耐涝程度。落羽杉和洋白蜡水涝条件下部分气孔能够重新开放,维持较高的气孔导度增强了其耐涝性^[13];不同种源的鹅掌楸淹水胁迫下的抗性不同,也是气孔表现的最为敏感,而气孔导度与净光合速率、蒸腾速率呈显著的正相关,气孔导度减小是引起植物光合作用降低的主要原因^[14]。此外,淹水时土壤O₂张力过低引起叶K⁺含量降低,K⁺外渗导致气孔导度降低^[15]。叶片脱落酸ABA的升高也会促使气孔关闭,阻止气孔开放,引起气孔导度降低^[16]。该研究表明,淹水条件下随着时间的延长,美味猕猴桃和中华猕猴桃叶片净光合速率、蒸腾速率、气孔导度显著下降,胞间CO₂浓度显著上升。这与淹水胁迫下的杨树^[10]、银杏^[17]结果一致。说明淹水胁迫条件叶片气孔导度的下降,是引起猕猴桃蒸腾速率和光合速率下降的主要原因。淹水过程中中华猕猴桃光合速率、蒸腾速率和气孔导度下降幅度明显大于美味猕猴桃;细胞间隙CO₂浓度呈现先降后升的趋势且中华猕猴桃浓度较高,说明淹水胁迫下的美味猕猴桃光合作用强于中华猕猴桃,同时淹水条件下光合速率的下降与气孔导度的持续下降及细胞间隙CO₂浓度的增加相关。

此外,淹水胁迫时叶绿素降解或合成受抑,也是导致光合作用降低的原因之一^[18]。猕猴桃遭受淹水胁迫时,光合作用受阻也受到其它因素如叶绿素含量减少,叶片早期失绿和黄化,叶形成受阻,叶面积减小等因素的影响。

对比以上淹水条件下2种抗性猕猴桃光合特性的

变化,表明美味猕猴桃光合作用强于中华猕猴桃,这有利于美味猕猴桃保持较高的叶片净光合速率,维持较高的同化能力,进而避免其因呼吸底物耗竭而过早死亡。

参考文献

- [1] 高鹏,王国英.植物的涝害胁迫及其适应机制研究进展[J].农业生物技术学报,2001,9(3):55-61.
- [2] 吴林,张志东,李亚东.越桔耐涝品种的筛选[J].吉林农业科学,2002,27(2):46-48.
- [3] 曾淑华,刘飞虎,覃鹏,等.水涝对转 SOD 和 POD 基因烟草光合能力的影响[J].湖北农业科学,2004(3):81-93.
- [4] 李金才,董琦,余松烈.不同生育期根际土壤淹水对小麦品种光合作用和产量的影响[J].作物学报,2001,27(4):434-441.
- [5] 王文泉,郑永战,梅鸿献,等.芝麻对涝害的反应及适应性变异II.模拟涝害胁迫下芝麻基因型间的光合生理变化及其对生长调节剂的反应[J].中国油料作物学报,2000,22(2):48-52.
- [6] 董合忠,李维江,唐薇,等.干旱和淹水对棉苗某些生理特性的影响[J].西北植物学报,2003,23(10):1695-1699.
- [7] 米银法,马锋旺,马小卫.根际低氧对不同抗性猕猴桃幼苗抗氧化系统的影响[J].中国农业科学,2008,41(12):4328-4335.
- [8] 李合生,孙群,赵世杰,等.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:119-263.
- [9] 林金科.水分胁迫对茶树光合作用的影响[J].福建农业大学学报,1998,27(4):423-427.
- [10] 高健,侯成林,吴泽民.淹水胁迫对 I-69/55 杨蒸腾作用的影响[J].应用生态学报,2000,11(4):518-522.
- [11] 卢元芳,冯立田. NaCl 胁迫对菠菜叶片中水分和光合气体交换的影响[J].植物生理学通讯,1999,35(4):290-291.
- [12] 邹琦.作物在水分逆境下的光合作用[J].作物杂志,1994(5):1-4.
- [13] Pezeshki S R, Delaune R D. Responses of seedlings of selected woody species to soil oxidation reduction conditions[J]. Environmental and Experimental Botany, 1998, 40(2):123-133.
- [14] 张晓平.不同种源鹅掌楸对涝渍胁迫的响应研究[D].南京:南京林业大学,2004.
- [15] Hammond L G, Allaway W H, Loomis. Effect of oxygen and carbon dioxide levels upon absorption of potassium by plants[J]. Plant Physiol, 1955, 30:155-161.
- [16] Schaffer B, Anderson P C. Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops[M]. Florida: CRC Press Volume II, 1994.
- [17] 王义强,谷文众,姚水攀,等.淹水胁迫下银杏主要生化指标的变化[J].中南林学院学报,2005,25(3):78-80.
- [18] 王华田,孙明高.水涝对银杏生长及生理的影响[J].经济林研究,1997,15(2):14-18.

Effect of Waterlogging Stress on Photosynthetic Characteristics of Different Resistance of Kiwifruit Seedlings

MI Yin-fa¹, CUI Rui-hong²

(1. Forestry College, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471003; 2. Foreign Languages School, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471003)

Abstract: Taking one-year-old potted *Actinidia deliciosa* ‘Qinmei’ and ‘Hongyang’ kiwifruit seedlings as test materials, effect of waterlogging stress on photosynthetic characteristics of different resistance of kiwifruit seedlings were studied. The results showed that, with the continuous flooding 14 days with the extension of waterlogging time, net photosynthetic rate, transpiration rate and stomatal conductance decreased, while intercellular CO₂ concentration significantly increased. *A. chinensis* was sensitive to waterlogging stress, and the leaf net photosynthetic decreased rate was greater than that of *A. deliciosa*. While the synthesis and assimilation ability of *A. deliciosa* was stronger than that of *A. chinensis*. *A. deliciosa* leaf stomatal conductance regulation showed double-peak curve changes obviously, but the peak value was lower than the control values. *A. chinensis* leaf stomatal conductance trends showed a single peak curve, the peak was decreased 60.95%. Diurnal changes of transpiration rate of two kiwifruit increased first and then decreased, and was lower than that of control.

Keywords: kiwifruit; seedlings; waterlogging stress; photosynthetic characteristics