

# 涝渍对植物光合作用的影响及其生理危害

李德明, 张秀娟, 陈娟

(长江大学 园艺园林学院, 湖北 荆州 434025)

**摘要:** 基于国内外有关于植物涝渍相关文献从光合作用以及其它生理角度探讨涝渍对植物的危害, 发现涝渍对植物的伤害不仅仅是水分本身对植物的伤害, 而是由水分过多引起的次生胁迫的危害, 如光合作用、呼吸作用、根系对水分和矿质元素的吸收、活性氧代谢等方面失调。该文还就涝渍对植物形态学及其他方面的影响进行了一定程度的讨论。

**关键词:** 涝渍; 光合作用; 生长发育; 生理危害

**中图分类号:** S 311 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)05-0210-03

涝渍已成为破坏全球生态系统的原因之一。我国是世界上涝渍频繁而严重的国家, 易受涝渍危害的低产田面积较大, 严重影响这些地区农业生产和国民经济的发展。我国南方地处亚热带或热带季风气候区, 雨量充

沛, 自6月开始进入雨季, 7、8月份进入降雨的高峰期, 此时正是棉花、玉米、花生、水稻等主要农作物生长旺盛时期。这一时期的降雨特点是降雨次数多, 且强度大。进入汛期以后, 农田地下水位普遍较高, 但地下水位回落过程慢, 在排水不畅地区, 往往地下水位尚未降到适宜高度, 又遇第二次降雨, 形成先涝后渍, 涝去渍存, 有涝易渍, 涝渍交替发生, 即存在着涝渍相伴相随的特点<sup>[1]</sup>。在属于典型湿地农区的江汉平原农业经营中, 除要保护好依然存在的部分自然湿地、发挥湿地的生物和生态功能外, 农业经营本身还或多或少受到当地湿地特

**第一作者简介:** 李德明(1972-), 男, 湖北武汉人, 博士, 工程师, 博士, 副教授, 主要研究方向为植物矿质营养、逆境生理生化及发育生理和园林植物应用。E-mail: lidmn@163.com。

**基金项目:** 长江大学博士启动基金资助项目(2007018)。

**收稿日期:** 2009-11-17

- [51] 周青, 钟甫, 郭金华. 亚硫酸氢钠在C3果树上的应用及生理效应研究[J]. 农业现代化研究, 1997, 18(2): 112-115.
- [52] 周青, 黄晓华, 叶亚新. 亚硫酸氢钠影响桃树产量和质量的生理学分析[J]. 应用与环境生物学报, 2000, 6(5): 432-35.
- [53] 赵昶灵, 武绍波, 李文祥等. 亚硫酸氢钠对砀山酥梨光合色素效应研究[J]. 山西果树, 2002(1): 3-4.
- [54] 刘昌平, 闵运江, 胡娟. 亚硫酸氢钠对菜豆光合产量的影响研究[J]. 中国林副特产, 2008(3): 13-15.
- [55] 廖飞勇, 叶海燕, 吕梁. 不同浓度NaHSO<sub>3</sub>对油桐光合特性的影响[J]. 西南林学院学报, 2005, 25(3): 5-9.
- [56] 李东波, 王晓敏, 张东凯等. UV-B胁迫下NaHSO<sub>3</sub>对红芸豆叶片

保护作用[J]. 植物学通报, 2008, 25(5): 543-551.

[57] Bungard R A, Ruban A V, Hibberd J M, et al. Unusual carotenoid composition and a new type of xanthophyll cycle in plants[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1999, 96: 1135-1139.

[58] Wang H W, Su J H, Shen Y G. Difference in Response of Photosynthesis to Bisulfite Between Two Wheat Genotypes[J]. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology, 2003, 29(1): 27-32.

[59] Govindjee. Sixty-Three Years Since Kautsky: Chlorophylla Fluorescence[J]. Aust. J. Plant Physiol, 1995, 22: 131-160.

(致谢: 昭通师范高等专科学校夏文忠和段奎老师为本文提供了大量的文献资料, 在此深表感谢。)

## Physiological Analysis for Effect of Bisulfite on Plants Photosynthetic Characteristics

CHEN Ping-zhao, JIANG Bin, LIU Zhong-rong, LIU Jian-jun, YANG Shun-qiang  
(Zhaotong Normal University, Zhaotong, Yunnan 657000)

**Abstract:** The cause that the bisulfite and its ramification affect the photosynthetic characteristics in plants is very complicated. The article pointed the principle of the impact of bisulfite and its ramification on photosynthesis, which was on the basis of summarizing the obtained results, and uses it to analyze the associated experiment facts physiologically and rationally. Meanwhile, it prospected the application of bisulfite as well.

**Key words:** bisulfite; ramification; photosynthetic characteristics; photosynthesis; photosynthetic pigment

征的影响, 如何根据其特点进行农业经营、处理好湿地开发、利用与保护之间的关系, 是湿地农业所要解决的关键问题<sup>[2]</sup>。所以研究植物对涝渍胁迫的反应, 对指导我国广大易涝农区生产有极大的意义。植物对水的需求有一定限度, 水分过多或过少, 同样对植物不利, 水分亏缺产生旱害, 抑制植物生长; 土壤水分过多产生涝害, 植物生长不好, 甚至烂根死苗<sup>[3]</sup>。前人研究表明<sup>[2]</sup>, 涝渍会影响植物的生长发育及其生理机制。许多植物的产品器官是光合产物积累的结果, 如小白菜, 大白菜等<sup>[4]</sup>。大部分维管植物在淹水条件下均表现出明显的伤害甚至死亡, 但涝渍对植物危害的主要原因并不在于水自身, 而是由于水分过多所诱导的次生胁迫造成的。涝渍对植物的影响主要存在以下几个方面。

### 1 涝渍对植物光合作用的影响

曹晶等<sup>[5]</sup>研究指出, 淹水对红叶石楠光能利用率和同化力的影响较大, 其中最直接和最本质的伤害是细胞内活性氧大量增加而引起膜系统的损伤和膜透性的增加, 并对叶片气孔行为、光合色素代谢乃至整个光合作用系统及功能产生不利影响。其表现为叶片丙二醛(MDA)含量和质膜透性增加, 进而导致叶绿素(Chl.)含量降低, 反映光合同化效能的净光和效率( $P_n$ )、水分利用率(WVE)、表观量子效率(AQY)和羧化效率(CE)等指标下降。

张宪法等研究指出<sup>[6]</sup>, 黄瓜叶片净光合速率随土壤含水量的增加依次降低, 其叶片叶绿素含量随水分的降低而增加。土壤淹水后, 不耐涝植物的光合速率迅速下降。虽然在一定时间内淹水并不引起植物叶片水分亏缺, 有时还会提高叶片水势, 但仍会引起气孔关闭, 叶片 $CO_2$ 扩散阻力增加, 随淹水时间的延长, 红叶石楠叶片中AQY和CE等指标下降, MDA含量和质膜透性显著增强, 进而导致叶绿素含量下降, 反映光合效能的 $P_n$ 、WVE、AQY、CE等值下降<sup>[5]</sup>。由于叶绿素是光合作用中最重要和最有效的色素, 其含量在一定程度上能影响植物固物质的能力。程伦国等研究指出<sup>[7]</sup>, 大豆开花期受涝渍胁迫时间越长减产越严重。吴月燕研究指出<sup>[8]</sup>, 由于大气湿度偏高, 覆盖遮阳网、直射光和散射光减少甚至可能使部分气孔关闭, 直接影响光合作用。较高的大气湿度还可能使气体的交换受阻, 二氧化碳浓度( $C_i$ )和气孔导度( $G_s$ )下降, 最终导致光合速率下降<sup>[9-11]</sup>。

涝渍的伤害有时是以间接方式表现的, 如长期涝渍极易引起土壤盐渍化, 特别是设施蔬菜生产中, 由于灌水频繁, 地下水位偏高, 盐分聚积, 进而造成一系列危害<sup>[12]</sup>。韩亚琦等专门针对盐胁迫进行相关研究<sup>[13]</sup>, 研究表明随盐浓度上升, 柃栎总叶面积、植物鲜重和干重、叶片净光合速率( $P_n$ )、气孔导度( $G_s$ )、气孔限制值、叶绿素含量、光系统II光合电子传递效率均显著下降。刘保

才等研究指出<sup>[14]</sup>, 涝渍刚开始时植物并没有明显的生长异常, 主要是植物存在自我调节能力, 然而随涝渍时间延长, 植物叶片气孔逐步缩小或关闭, 蒸腾作用大大降低, 光合作用减慢, 根系吸水减弱, 植物开始出现生长缓慢、新生叶失绿黄化、下部叶萎蔫等现象。

### 2 涝渍对植物活性氧代谢的影响

当植物处于水涝状态时, 细胞内自由基的产生与清除之间的平衡遭到破坏, 造成自由基的积累, 从而破坏膜的选择透性<sup>[15-16]</sup>。陈东晓等研究指出<sup>[17]</sup>, 涝渍胁迫下花椰菜叶片活性氧代谢发生异常, 活性氧代谢能力减弱, 膜脂过氧化加剧。崔香环等研究指出<sup>[18]</sup>, 水分是影响作物生长发育及产量的重要环境因子, 但水分过多会使植物中活性氧水平增高, 膜脂过氧化作用加强, 使生物膜受到伤害, 叶绿素含量下降, 最终导致产量下降。短时间水分胁迫可影响植物体内抗氧化酶的活性<sup>[19]</sup>, 抗氧化酶活性的变化可以作为一种耐水分胁迫的生理指标, 用于抗性品种的选择。

### 3 涝渍对植物糖代谢的影响

程智慧等<sup>[20]</sup>以栽培番茄品种'Ailsa Craig'的六叶期试材幼苗为试验材料, 在水培条件下研究水分胁迫对叶片转化酶种类和活性表达及葡萄糖、果糖、蔗糖和淀粉代谢的影响。结果表明, 随水分胁迫强度的加大, 可溶性转化酶和细胞壁转化酶的活性增强, 己糖和蔗糖水平提高, 淀粉含量下降。

### 4 涝渍对植物根系的危害

淹水条件下, 植物根系呼吸作用受到抑制, 随时间的延长, 根系易窒息, 影响养分的吸收, 严重时会导致根而萎蔫死苗<sup>[21-23]</sup>。彭秀等研究指出<sup>[23]</sup>, 中华蚊母随淹水时间的延长, 根系活力逐渐降低, 叶片SOD活性随涝渍时间的延长先下降后上升。由于根系渍水, 供氧受到限制, 根系得不到足够的氧而生长受抑制, 烂根, 减少养分吸收, 甚至死亡<sup>[24]</sup>。如白菜类蔬菜, 由于根系分布浅而叶面积大, 属于水分消耗多, 水分吸收力弱的类型, 所以土壤含水量对根系生长发育影响较大。水分不足, 组织硬化粗糙易病, 生长缓慢; 水分过多, 根系易窒息, 影响养分吸收, 严重时会导致根而萎蔫死苗<sup>[13]</sup>。当植物处于渍水条件下时, 由于根系正常生长活动受到抑制, 导致SOD、CAT、POD活性下降, 使细胞内自由基的产生和消除的平衡受到破坏, 削弱了植物细胞抵御 $O_2^-$ 毒害的能力, 使过氧化作用增强而导致植物细胞涝渍伤害<sup>[25-29]</sup>。

综上所述, 水分过多的危害并不只是在于水分本身, 而是由于水分过多引起的缺氧, 从而导致一系列生理机制的变化<sup>[27]</sup>。水涝缺氧主要限制了有氧呼吸, 无氧呼吸使根系缺乏能量, 阻碍其正常生长, 矿物质的吸收, 改变植物体内的激素水平, 使代谢紊乱<sup>[28-29]</sup>。水涝缺氧可降低植物的生长量, 最终导致作物的产量和品质下

降。江汉平原及以南地区均属于亚热带或热带季风湿润区,降雨主要集中于5月至9月,此期降雨集中并常伴有暴雨,作物受涝渍灾害的特点可能是持续或交替进行的<sup>[30]</sup>。涝渍对该地区农作物生长发育影响较大,是该地区农业经济的制约因素之一。随着全球环境的不断恶化,生态系统的严重破坏,全球气候异常,我国大约有三分之二国土面积存在不同程度的涝渍,危害极大<sup>[31]</sup>。因此研究涝渍胁迫对植物生长及光合作用的响应机理,揭示其适应机制,从而合理的选择和定向培育耐涝品种,减轻涝渍对农业生产的危害,对于我国农业生产具有重要的理论和现实意义。

### 参考文献

- [1] 沈荣开,王修贵,张喻芳,等.涝渍排水控制指标的初步研究[J].水利学报,1999(3): 71-74.
- [2] 朱建强,黄智敏,臧波,等.江汉平原的涝渍地及其开发利用[J].湖北农学院学报,2004,24(4): 248-252.
- [3] 赵可夫.植物对水涝胁迫的适应[J].生物学通报,2003,38(12): 11-14.
- [4] 张育鹏.蔬菜实用栽培技术100问[M].重庆:重庆出版社,2000(4): 3-5.
- [5] 曹晶,姜卫兵.夏秋季干旱胁迫对红叶石楠光合特性的影响[J].园艺学报,2007,34(1): 163-172.
- [6] 张宪法,丁贤昌.土壤水分对温室黄瓜结果期生长与生理特性的影响[J].园艺学报,2002,29(4): 343-347.
- [7] 程伦国,朱建强,刘德福,等.涝渍胁迫对大豆产量性状的影响[J].长江大学学报,2006,3(2): 109-112.
- [8] 吴月燕.高温和弱光对葡萄叶片某些特性的影响[J].园艺学报,2003,30(4): 443-445.
- [9] Montree I, Ma Q F, David W T. Photosynthetic and growth response of juvenile Chinese Kale (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*) and Caisin (*Brassica rapa* subsp. *paradinensis*) to waterlogging and water deficit [J]. Scientia Horticulture, 2007, 111(2): 107-113.
- [10] 赖齐贤,包志毅,朱祝军,等.干旱胁迫对转基因非洲菊光合作用的影响[J].园艺学报,2007,24(1): 157-162.
- [11] Kazuhiko Terazawa, Yutaka Manuyama, Yasushi Monikawa. Photosynthetic and stomatal response of *Larix kaempferi* seedlings to short-term waterlogging [J]. Ecological Research, 1992, 7(2): 193-197.
- [12] 丁国强.设施蔬菜土壤盐渍化的成因及防治[J].长江蔬菜,2005(1): 32-33.

- [13] 韩亚琦,唐宇丹.盐胁迫抑制榉栎2变种光合作用机理研究[J].西北植物学报,2007,27(3): 583-587.
- [14] 刘保才,王俊琪,刘浩峰,等.水分、温度的短期联合胁迫作用对温棚蔬菜生长的影响[J].上海蔬菜,2004(5): 47-51.
- [15] 晏斌,戴秋杰,刘晓忠,等.玉米叶片涝渍伤害过程中超氧化物自由基的积累[J].植物学报,1995,37(9): 738-744.
- [16] 刘晓忠,李建坤,王志鑫,等.涝渍逆境下玉米叶片超氧化物歧化酶和过氧化酶活性与抗性的关系[J].华北农学报,1995,10(3): 29-32.
- [17] 陈东晓,潘延国,柯玉琴,等.旱涝胁迫对花椰菜叶片活性氧代谢的影响[J].福建农业大学学报(自然科学版),2002,31(3): 388-391.
- [18] 崔香环,李欢庆,郝福顺,等.水分胁迫下小麦幼苗抗氧化机制分析[J].河南农业科学,2007(4): 25-28.
- [19] 李纪元.涝渍胁迫对枫杨幼苗保护酶活性及膜脂过氧化物的影响[J].安徽农业大学学报,2006,33(4): 450-453.
- [20] 程智慧,孟焕文, Schole J D, et al. 水分胁迫对番茄幼苗转化酶表达及糖代谢的影响[J].园艺学报,2002,29(3): 278-279.
- [21] 杨暹,张华.南方特色蔬菜栽培技术[M].北京:中国农业出版社,1999: 11-14.
- [22] 刘生风.蔬菜作物的水分管理[J].上海蔬菜,2003(3): 34.
- [23] 彭秀,肖干文,罗韧,等.淹水胁迫对中华蚊母生理生化特性的影响[J].四川农业科技,2006,27(2): 17-20.
- [24] Decoteau D. Environmental Factors and photosynthesis [M]. Washington: Pearson Prentice Hall, 2005.
- [25] 于文进,杨尚东.嫁接对苦瓜在水渍条件下的产量及某些生理特性的影响[J].中国蔬菜,2001(5): 7-10.
- [26] Hank Greenway, William Armstrong, Timothy D C. Conditions Leading to High CO<sub>2</sub> (> 5 kPa) in Waterlogged-Flooded Soils and Possible Effects on Root Growth and Metabolism [J]. Annals of Botany, 2006(98): 9-32.
- [27] 吕军.渍水对冬小麦生长的危害及其生理效应[J].植物生理学通报,1994,20(3): 221-226.
- [28] 蒋高明.植物生理生态[M].北京:高等教育出版社,2004.
- [29] Kaelke C M, Dawson J O. Seasonal flooding regimes influence survival, nitrogen fixation and the partitioning of nitrogen and biomass in *Alnus incana* ssp. *rugosa* [J]. Journal of plant and soil, 2003, 254(1): 167-177.
- [30] 朱建强,欧光华,张文英,等.夏大豆花英期受渍胁迫对农艺性状、产量及品质的影响[J].大豆科学,2001,20(1): 71-74.
- [31] 时明之,周宝松.植物涝渍和耐涝机理研究进展[J].安徽农业科技,2006,34(2): 209-210.

## Photosynthesis and Related Physiological Characteristica Affected by Waterlogging in Plant

LI De-ming, ZHANG Xiu-juan, CHEN Juan

(College of Horticulture and Gardening, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434025)

**Abstract:** According to the present domestic and international research results, this paper discussed the harm of waterlogging stress on plant from photosynthetic and other physiological angle. It could be concluded that these waterlogging harms included in not only the damages which caused just by water itself but also some metabolic disorders (such as photosynthesis, respiration, absorption of root in water and mineral nutrient, reactive oxygen metabolism disturbance) which caused by too much water. At the same time, the influences of waterlogging on plant morphologic or other aspects were discussed in some degree.

**Key words:** waterlogging; photosynthesis; growth and development; physiological harm