

植物对干旱胁迫响应的研究进展

孙萌, 尚忠海, 沈植国, 丁鑫

(河南省林业科学研究院, 河南 郑州 450008)

摘 要: 水分是决定植物能否正常生长的重要因素, 概述了植物体面临水分胁迫信号时的响应机制, 主要包括面临干旱胁迫信号时, 植物体叶片及根系发生的一系列形态结构与生理生化变化, 以期开展干旱胁迫研究提供基础理论依据。

关键词: 植物; 干旱胁迫; 响应机制

中图分类号: Q 945.78

文献标志码: B

文章编号: 1003-2630 (2019) 04-0001-03

Research Progress in Plant Response Mechanism to Drought Stress

Sun Meng, Shang Zhonghai, Shen Zhiguo, Ding Xin

(Henan Academy of Forestry, Zhengzhou Henan 450008, China)

Abstract: Water was an important factor in determining whether a plant can grow properly. The response mechanism of plants to water stress signals was summarized. It mainly included a series of morphological and physiological and biochemical changes in the leaves and roots of plants when drought stress signals were received to provide basic theoretical basis for drought stress research.

Key words: Plant; Drought Stress; Response Mechanism.

水是生命之源, 是植物正常生长必要条件, 更是影响植物生长发育重要的环境因素。水分胁迫是限制植物生长和全球生态系统生产力的重要非生物胁迫因素之一^[1]。全世界干旱和半干旱区域土地面积占 1/3, 而我国有 1/2 的土地面积为干旱半干旱地区^[2]。干旱不仅制约了植物的生长发育, 同时也制约了观赏植物的应用及分布范围。因此, 本文概述了植物体对干旱胁迫的响应机制, 以期后期筛选耐旱树种、品种提供理论依据。

1 关于水分胁迫

虽然水分是植物体保持生长发育必不可少的因素, 甚至是植物体能否正常生长发育的限制因素, 但是水分过多或过少同样会影响植物体的生命活动, 当植物体的可利用水分过多或过少时, 都会使机体本身造成胁迫。当植物体的可利用水超过植物体正常生长所需水分时, 称之为水涝胁迫; 植物体的可利用水少于植物体正常生长所需水分时, 称

收稿日期: 2019-12-20

基金项目: 2019 年河南省科技兴林蜡梅项目 (豫财环资[2019]35 号); 许昌英才计划创新团队项目 (许文[2018]26 号)

作者简介: 孙萌 (1987-), 女, 工程师, 博士, 主要从事观赏园艺、木本油料植物研究工作。E-mail: 510030738@qq.com。

通信作者: 尚忠海 (1965-), 男, 研究员, 博士, 主要从事观赏园艺研究。

之为干旱胁迫;根据超出或未能达到植物体正常需水量时,会形成不同程度的胁迫,而水分胁迫对植物体带来的伤害是多方面的,包括形态上的损伤、细胞结构的瓦解以及代谢紊乱等。

2 植物体形态结构对干旱胁迫的响应机制

2.1 根系响应

当植物体遭受干旱胁迫时,根系优先接收到干旱信号,因为根系是植物体吸收水分的主要器官,通过根系再将干旱信号传递给其他器官。研究表明,苜蓿在接收到干旱胁迫信号时的主要表现为主根直径变小、伸长生长受到抑制、侧根生长会被促进,根系数量和根系总长度伸长生长会增加、侧根表面积和直径 ≥ 1 mm的根系数量显著增加,但根系总生物量下降,随着干旱程度的持续加重,苜蓿的抗旱机制逐渐失去作用^[3]。在干旱胁迫下,小麦幼苗的根系数量和根系吸收面积的增加均会受到不同程度的限制,甚至有下降趋势,从而导致根系吸水能力下降,不能满足植物正常生长^[4]。也有研究表明在干旱初期,植物会通过增加吸收根数量及活跃根系吸收表面积数量来抵御干旱^[5-6]。豌豆在遇到干旱胁迫时,根系干物质质量下降,根冠的生长量下降,但根冠比增加,表明干旱胁迫对冠部的抑制程度更强^[7]。茶树在受到干旱胁迫信号时,除根系数量、根表面积增加及根体积增大外,根冠比亦增加,根皮层细胞受损,细胞膜透性增加^[8]。由此可见,植物根系在受到干旱胁迫时,表现为主根生长受抑制,侧根生长被促进,吸收根数量在一定程度上增加,逐渐生长受到抑制,根冠比均增大,地上部分受抑制程度要高于地下部分。

2.2 叶片响应

叶片状态的改变是植物受到干旱胁迫后最直观的表现,干旱程度不同叶片结构的响应也不尽相同。显然,干旱胁迫下植物体受到最关键生理影响是叶片生长受抑制,植物体潜在的干旱适应机制是通过叶片气孔开放以及叶片大小的改变来适应逆境。研究表明,沙生植物叶片的表面积与体积比值小;叶表具表皮毛和厚的角质膜;气孔下陷、具孔下室;叶肉中栅栏组织发达;叶各类组织中普遍有含晶细胞和粘液细胞,具有发达的机械组织和输导组织^[9]。菊科蒿属植物则是通过降低上叶片表皮气孔密度和叶细胞叶绿体数目,不同程度地增加叶片厚度、栅栏组织厚度、角质层厚度以及叶片紧实度来适应环境^[10]。委陵菜的海绵组织与栅栏组织的比值越低,其抗旱性越强^[11]。角质层越厚的景天科植

物抗旱性越强^[12]。茶菊幼苗叶片数增量、叶面积、生物量、叶片相对含水量均随着干旱胁迫程度的加强而降低^[13]。在其他植物中,相关学者研究表明有类似的结论^[14-17]。由此可见,植物叶片形态结构与其抗旱性显著相关,在接收到干旱信号时,叶片通过提高水分利用效率和水分保持能力来降低叶片表面的蒸腾作用,其主要结构变化包括叶片增厚,形成相对发达的角质层、表皮毛和蜡质,叶表面积和体积的比例减小,降低表皮气孔密度,海绵组织减少,栅栏组织增加,叶片的紧实度增加。

3 植物体对干旱胁迫的生理生化响应

3.1 根系响应

植物在接收到干旱胁迫信号时,根系通过一系列的生理生化反应抵抗逆境。研究表明,小麦幼苗通过提高根系活力来抵抗胁迫^[4]。黄连木在受到干旱胁迫时,根系会启动抗氧化酶系统来抵抗逆境,根系中SOD、POD、CAT、APX等酶活性升高,MDA含量增加^[18]。葡萄根系在干旱胁迫下,相对电导率增大游离脯氨酸含量、丙二醛含量增加,过氧化物酶活性先升高后下降,不同品种间存在一定差异,部分品种根系过氧化物酶活性维持在较高的水平,此外,相同的逆境保护机制在其他植物均有类似的体现^[19]。苹果在干旱胁迫下,根系脱落酸、细胞分裂、赤霉素和乙烯等内源激素含量均呈现不同程度的增加^[20]。也有研究表明不同苹果品种间的根系激素质量分数存在显著差异,干旱胁迫后根系ABA质量分数均显著增加,IAA质量分数则有降低趋势^[20-21]。干旱条件下,苹果根系可溶性糖质量分数存在显著差异,根系中蔗糖和山梨醇质量分数增高,有利于维持细胞膨压、降低渗透势^[20-21]。相关学者研究发现,在其他植物中也有类似的结论^[22-27]。可见,植物根系的抵御逆境保护机制为提高根系活力、增加抗氧化酶活性、增加激素的合成与运输等途径。

3.2 叶片响应

在干旱胁迫下,叶片的生理生化反应会发生一系列变化。研究表明,香樟幼树干旱处理后叶片含水量和相对含水量均变化不大,直到达到重度干旱水平,叶片含水量降低,叶片光合色素含量呈现先升高后下降的趋势^[28],红松在受到干旱胁迫时与其反应类似^[29],而小麦幼苗在受到干旱胁迫时叶绿素含量是直接下降的。可见,适度干旱有利于部分植物的生长发育。研究表明,干旱胁迫下的香樟幼树叶片的的光合指标均受到不同程度的抑制^[28]。而红松

幼苗叶片、甘草幼苗叶片在干旱处理初期保护酶活性均明显提高^[29-30]。干旱胁迫下的小麦幼苗的光合指标值均呈现下降趋势^[4]。随着干旱胁迫的加剧,叶片光合电子传递受阻,玉米幼苗 PS II 受到损伤,实际量子产量、电子传递速率和光化学猝灭均呈现下降趋势^[31]。而玉米叶片的保护酶系统的变化为丙二醛含量一直升高,超氧化物歧化酶、过氧化物酶、过氧化氢酶活性先升高后降低,重度胁迫下活性氧清除酶的活性下降,导致细胞膜受到破坏^[31]。在其他植物中,叶片的生理生化响应类似,均表现为保护酶活性呈现先升高后降低趋势,光合荧光作用均不同程度受阻^[32-36]。

4 小结

水分胁迫是植物面临的重大自然灾害之一,研究不同树种对干旱胁迫的形态结构与生理生化响应,并探索其抵抗干旱胁迫的分子机制,进一步挖掘相关功能基因,有助于筛选抗旱树种、品种及抗旱育种,从而在一定程度上提升其抗旱性。此外,探讨不同树种的耐旱机理对抵抗干旱胁迫自然灾害有重要意义。

参考文献:

- [1] 孙娜. 水分胁迫对不同基因型水稻生理及根系蛋白组的影响[D]. 杭州: 浙江师范大学, 2009.
- [2] 刘胜清. 我国北方主要松类种苗抗逆性研究[J]. 林业工程学报, 2001, 15 (21): 31-32.
- [3] 李文尧, 张岁岐, 丁圣彦, 等. 干旱胁迫下紫花苜蓿根系形态变化及与水分利用的关系[J]. 生态学报, 2010, 30 (19): 30-40.
- [4] 马富举, 李丹丹, 蔡剑, 等. 干旱胁迫对小麦幼苗根系生长和叶片光合作用的影响[J]. 应用生态学报, 2012, 23 (3): 724-730.
- [5] 宋凤斌, 戴俊英. 玉米茎叶和根系的生长对干旱胁迫的反应和适应性[J]. 干旱区研究, 2005, 22 (2): 256-258.
- [6] 刘海龙, 郑桂珍, 关军锋, 等. 干旱胁迫下玉米根系活力和膜透性的变化[J]. 华北农学报, 2002, 17 (2): 20-22.
- [7] 轩春香. 干旱胁迫及复水对豌豆根系生长及内源激素含量的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2008.
- [8] 王家顺, 李志友. 干旱胁迫对茶树根系形态特征的影响[J]. 河南农业科学, 2011, 40 (9): 61-63.
- [9] 张晓然, 吴鸿, 胡正海. 毛乌素沙地 10 种重要沙生植物叶的形态结构与环境的关系[J]. 西北植物学报, 1997, 17 (5): 54-60.
- [10] 王勇, 梁宗锁, 龚春梅, 等. 干旱胁迫对黄土高原 4 种蒿属植物叶形态解剖学特征的影响[J]. 生态学报, 2014, 34 (16): 4535-4548.
- [11] 蔡丽艳. 植物形态结构与抗旱性[J]. 内蒙古林业调查设计, 2016, 39 (6): 115-116.
- [12] 申艳梅, 李连国. 景天科植物叶片气孔特征及其与抗旱性的相关规律研究[C]// 节水农业技术创新与生物节水交流研讨会. 2010.
- [13] 任磊, 赵夏陆, 许靖, 等. 4 种茶菊对干旱胁迫的形态和生理响应[J]. 生态学报, 2015, 35 (15): 5 131-5 139.
- [14] 李永华, 卢琦, 吴波, 等. 干旱区叶片形态特征与植物响应和适应的关系[J]. 植物生态学报, 2012, 36 (1): 88-98.
- [15] 李芳兰, 包维楷. 植物叶片形态解剖结构对环境变化的响应与适应[J]. 植物学通报, 2005, 22 (B08): 118-127.
- [16] 刘玉冰, 李新荣, 李蒙蒙, 等. 中国干旱半干旱区荒漠植物叶片 (或同化枝) 表皮微形态特征[J]. 植物生态学报, 2016, 40 (11): 1189-1207.
- [17] 李蒙蒙, 刘丹, 刘玉冰. 基于叶片微形态结构评价 10 种锦鸡儿属植物的抗旱特征[J]. 中国沙漠, 2016, 36 (3): 708-717.
- [18] 李成忠, 孙燕, 杜庆平. 黄连木根系抗氧化酶系对干旱胁迫的响应[J]. 林业科技开发, 2008, 22 (2): 57-60.
- [19] 冀鹏飞, 薛斌, 刘志华, 等. 干旱胁迫下葡萄根系的生理生化变化与抗旱性的关系[J]. 北方园艺, 2012, 36 (4): 17-20.
- [20] 赵领军, 赵善仓. 干旱胁迫下苹果根系内源激素含量的变化[J]. 山东农业科学, 2007 (02): 49-50.
- [21] 张洁, 高琛稀, 宋春晖, 等. 干旱胁迫对不同苹果砧穗组合根系形态与生理特性的影响[J]. 西北农业学报, 2015, 24 (12): 92-99.
- [22] 崔立梅, 王欣欣, 轩慧冬, 等. 干旱胁迫对玉米幼苗根系几个生理生化指标的影响[J]. 山东农业科学, 2015 (04): 32-35, 39.
- [23] 张灏, 曹慧. 模拟干旱胁迫对八棱海棠根系生理生化指标的影响[J]. 北方园艺, 2014, 38 (3): 69-73.
- [24] 张希吏, 王萍, 石磊, 等. 干旱胁迫对沙芥幼苗根系形态及抗氧化酶活性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2016, 34 (3): 160-164.
- [25] 邢承华, 吴韶辉, 梅忠, 等. 黑豆边缘细胞对干旱胁迫的响应和对根系生理特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18 (2): 332-337.
- [26] 杨振德, 赵岩岩, 玉舒中, 等. 干旱胁迫对降香黄檀幼苗生理特性及根系形态特征的影响[J]. 林业工程学报, 2014, 28 (3): 63-65.
- [27] 董守坤, 李雪凝, 赵坤, 等. 干旱胁迫对春大豆根系保护酶活性的影响[J]. 作物杂志, 2015 (02): 169-171.
- [28] 胡义, 胡庭兴, 胡红玲, 等. 干旱胁迫对香樟幼树生长及光合特性的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2014, 20 (04): 672-685.
- [29] 阎秀峰, 李晶, 祖元刚. 干旱胁迫对红松幼苗保护酶活性及脂质过氧化作用的影响[J]. 生态学报, 1999, 19 (6): 850-854.
- [30] 李明, 王根轩. 干旱胁迫对甘草幼苗保护酶活性及脂质过氧化作用的影响[J]. 生态学报, 2002, 22 (4): 503-507.

(下转第 44 页)

鸟之所以这么多,一是因为郑州市动物园生态环境建设越来越好,园林植被从乔木到灌木异常丰富,连片的樟树林、桂花林和绵延3 000多m湖滩岸边的垂柳,丛竹,桃花,女贞,国槐等自然景观吸引着大批的留鸟和迁徙鸟类,二是郑州市动物园食物丰富,自然食物小鱼、小虾、植物果子、蚊子昆虫等,兼之动物饲养员投喂的饲料,使大多数鸟儿乐不思蜀。当然这些鸟儿在防治园林病虫害方面的作用也是无可替代的,如杜鹃,山雀是对付松毛虫最有效的鸟类,一只燕子夏天能吃掉上百万只的苍蝇,蚊子和蚜虫,麻雀幼鸟几乎全部吃虫子,还有

啄木鸟、戴胜、伯劳,灰喜鹊、棕鸟、乌鸫,鹊鸂等都是很多害虫的天敌,正是因为有这么多的生态卫士,郑州市动物园园区生态才非常和谐。

参考文献:

- [1] 刘冰许,郭凌,何嘉乐,等.彰武水库冬季鸟类组成初步调查研究[J].黑龙江畜牧兽医,2017(3):224-227.
- [2] 尚昱朴,张春旺,刘雪晴,等.黑天鹅饲养管理与四季繁殖[J].河南林业科技,2016(03):18-21.

(责任编辑:王文彬)

(上接第3页)

- [31] 张仁和,郑友军,马国胜,等.干旱胁迫对玉米苗期叶片光合作用和保护酶的影响[J].生态学报,2010,31(5):1303-1311.
- [32] 裴斌,张光灿,张淑勇,等.土壤干旱胁迫对沙棘叶片光合作用和抗氧化酶活性的影响[J].生态学报,2013,33(5):1386-1396.
- [33] 武勇,陈存及,刘宝,等.干旱胁迫下柚木叶片生理指标的变化[J].福建林学院学报,2006,26(2):103-106.
- [34] 马双艳,姜远茂,彭福田,等.干旱胁迫对苹果叶片中甜菜碱和丙二醛及脯氨酸含量的影响[J].落叶果树,2003,35(5):1-4.

- [35] 陈伟,蔡昆争,陈基宁.硅和干旱胁迫对水稻叶片光合特性和矿质养分吸收的影响[J].生态学报,2012,33(8):321-329.
- [36] 刘世秋.干旱胁迫对赤霞珠光合特性和叶片显微结构的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2008.

(责任编辑:王团荣)