

Research progress on plant stress under stress

Tao Zhang¹ BingHe Chen²

1. Bama County Agricultural Technology Extension Center, Bama, Guangxi, 547500, China

2. Bama County Soil and Fertilizer Workstation Center, Bama, Guangxi, 547500, China

Abstract

A detailed overview of plant stress was provided and introduced in this paper. Usually, abiotic stresses include drought, salinity, and temperature stress, and biotic stresses include diseases, pests, and biological competition. Physiological activities such as water metabolism, photosynthesis, respiration, material metabolism, and reactive oxygen species metabolism are altered under stress. These changes of physiological and biochemical activities are regulated by molecular mechanisms such as gene expression, signal transduction, and epigenetics. In this paper, the effect of studying plant to responses stress at physiological, biochemical, and molecular levels were discussed, and a future of research about stress was given, and a reference about plant-environment interactions and applications was provided for further exploration.

Keywords

Adversity coercion; Plant; Reactive oxygen species

植物逆境胁迫研究进展

张涛¹ 陈炳合²

1. 巴马县农业技术推广中心, 中国·广西 巴马 547500

2. 巴马县土壤肥料工作站, 中国·广西 巴马 547500

摘 要

本文详细阐述了植物逆境胁迫的相关内容, 介绍了常见的非生物和生物逆境类型。常见的非生物胁迫包括干旱性胁迫、盐类胁迫和温度胁迫, 非生物胁迫包括病害、虫害和生物竞争。在逆境下水分代谢、光合作用、呼吸作用、物质代谢、活性氧代谢等生理活动发生改变。这些生理生化活动改变受基因表达、信号转导、表观遗传等分子活动机制调控。本文探讨了植物在逆境胁迫下生理生化、分子水平和适应机制等多方面研究的意义, 展望了植物逆境胁迫的未来研究方向, 为进一步探索植物与环境的相互作用及相关应用提供参考文献。

关键词

逆境胁迫; 植物; 活性氧

1 引言

生长发育过程中植物总是和周围环境互相影响, 相互影响着植物的发展过程^[1]。环境既为植物提供生长所需的资源, 也带来诸多挑战, 逆境胁迫便是其中关键的影响因素。逆境胁迫不仅限制植物的分布与生长, 还对农业生产、生态系统稳定造成重大影响。随着全球气候的变化和人类活动的加剧, 植物所面临的逆境裹挟变得更加复杂, 也变得千姿百态。深入研究植物逆境胁迫, 对于揭示植物适应环境的奥秘、提高作物产量与品质、保护生态环境具有重要意义。

【作者简介】张涛 (1988-), 男, 中国河南商丘人, 硕士, 助理研究员, 从事植物分子生物学、农业技术推广等方面的研究。

2 植物逆境胁迫的类型

2.1 非生物胁迫

干旱性胁迫: 是影响植物生长的一个重要非生物胁迫, 在世界各国均有发生^[2]。长期降水不足、高温导致水分过度蒸发等, 均会造成土壤水分亏缺, 使植物根系难以吸收足够水分, 进而引发植物体内水分平衡失调。干旱胁迫严重影响植物的生理生化过程, 如抑制光合作用、干扰激素平衡等, 最终阻碍植物的生长与发育。

盐类: 土壤中过高的盐分浓度会造成植物受盐类的胁迫^[3]。盐分的来源主要有以下几个方面: 自然地质过程、灌溉用水、人为活动等产生的盐分。盐分高的环境, 会让植物细胞面临渗透的威逼, 造成水分的流出; 同时, 盐分过多, 会累积在植物体内, 使植物的正常生理机能受到离子毒害而受到影响。

温度胁迫: 包括高温胁迫和低温胁迫。高温天气会破

坏植物细胞内的蛋白质和膜结构,使酶活性降低,导致光合作用和呼吸作用失衡。低温会冻结植物细胞内的水分,冰晶的形成会破坏细胞膜,破坏细胞器,影响植物的代谢活动^[4]。极端温度条件还可能引发植物体内激素水平变化,进一步干扰植物的生长进程发育。

其他非生物胁迫:光照强度不适宜、水分过多(涝害)、土壤酸碱度异常、重金属污染以及大气污染等,都会对植物的生长和生存构成威胁。比如,光照太强会造成植物光氧化损伤,而光照太弱则达不到光合需要;涝灾会使植株的根系缺氧,对正常的根系机能造成影响;植物体内会积聚重金属污染,毒害植物细胞。

2.2 生物胁迫

病害裹挟:由菌类、病毒、线虫等病原体引起。病原体入侵植物后,会在植物体内繁殖并分泌毒素,破坏植物细胞的结构和功能。如霉菌病害,常使植株叶片出现病斑枯萎,严重者可引起全株枯死;而病毒病害则会影响植株的生长发育,造成植株矮小、叶片变形等症状的发生,这也是一种病害,由于病害的原因,病害的发生

害虫胁迫:以植物组织取食的方法危害植物的昆虫、螨类等害虫,吸食植物汁液。害虫可能使病原扩散,造成其他病害,但对植株外观、生长等均有直接损害^[5]。如蚜虫在吸食植物汁液时,会使多种病毒蔓延,加重了植物的受害程度。

野草竞争:野草与庄稼争夺资源,如养分,水分,光照,空间等。杂草生长较快,繁殖能力较强,对作物的生长及产量都会造成严重的影响。此外,一些杂草还会分泌出能抑制周围农作物生长发育的化学物质。

3 植物在逆境胁迫下的生化生理变化

3.1 水分代谢紊乱

在逆境中裹挟,往往使水分在植物体内的代谢失衡^[6]。在干旱胁迫下,植物根系吸水困难,而叶片蒸腾作用仍在持续,使得植物体内水分亏缺加剧,水势降低。为了减少水的分散失,植株会闭合气孔,但同时也使二氧化碳进入受到限制,从而对光合作用造成影响^[7]。在盐胁迫和涝害等情况下,植物同样面临水分吸收和运输的问题,导致细胞水分状态改变,进而影响植物的正常生理功能。

3.2 光合作用受抑

在逆境中裹挟,显然起到了光合作用的消极效果^[8]。高温、低温、干旱、盐胁迫等均会降低光合色素的含量和活性,影响光合作用的光反应过程。逆境同时也会造成关闭气孔、限制CO₂供给、影响暗部反应的情况发生。例如,在干旱胁迫下,气孔开度减小,二氧化碳进入叶片受阻,卡尔文循环中的关键酶活性降低,光合产物合成减少。

3.3 呼吸作用改变

植物的呼吸功能会在逆境的裹挟下发生变化。一般来

说,逆境初期呼吸速率会升高,这是植物对逆境的一种应激反应,旨在提供更多能量以应对逆境。但是,随着强迫时间的延长,强度的加大,会抑制呼吸的作用。例如,在低温胁迫下,呼吸酶的活性降低,呼吸底物的供应减少,导致呼吸速率下降,能量产生不足,影响植物的正常生理活动。

3.4 物质代谢异常

碳水化合物代谢:逆境中的强迫会干扰植物合成、运输和分配碳水化合物^[9]。在干旱和盐胁迫下,光合作用减弱,碳水化合物合成减少,同时植物会优先将有限的碳水化合物分配到生长和维持生命活动的关键部位,导致其他部位的生长和发育受到抑制。

蛋白质与核酸代谢:逆境会在加速其分解的同时抑制蛋白质与核酸的合成。这是因为逆境下植物的能量和物质供应不足,无法满足蛋白质和核酸合成的需求。此外,逆境还会使植物的正常生理过程受到某些蛋白质和核酸结构和功能的改变而受到影响。

脂类代谢:膜脂是由磷脂构成的,逆境胁迫会使膜脂的结构发生变化,是细胞膜的重要组成部分。如膜脂在低温胁迫下流动性降低,维持细胞膜的稳态而增加不饱和脂肪酸含量,如膜脂的流动性下降。但膜脂会在氧化胁迫下发生过氧化反应,破坏细胞膜的结构和功能,使有害物质如丙二醛生成。

3.5 活性氧代谢失衡

逆境中的裹挟会使活性氧(ROS)在植物细胞中产生并积聚。ROS包括超氧阴离子自由基(O₂⁻)、过氧化氢(H₂O₂)、羟基自由基、可氧化蛋白质、脂质及核酸等生物大分子引起的细胞结构和功能受损的羟基自由基等,具有很强的氧化作用。为了对付ROS的危害,植物体内有一套抗氧化的防御系统,包括抗氧化酶(如超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)等),以及抗氧化剂(如抗坏血酸、谷胱甘肽、类胡萝卜素等)等,这些抗氧化酶的作用都是抗氧化的,如果在植物体内在逆境的裹挟下,植物会启动抗氧化防御系统,将过多的ROS清除干净,让氧化还原在细胞内维持平衡^[10]。

4 植物对逆境胁迫的分子响应机制

4.1 基因表达调控

逆境胁迫将诱导植物体内一系列基因的表达变化,这些基因在植物体内的表达变化是由逆境所引起的。这些基因可分为两类:一是功能基因,其编码的蛋白质直接参与植物对逆境的适应过程,如编码渗透调节物质合成酶、抗氧化酶、逆境蛋白等的基因^[11],其中,编码的蛋白主要包括转录因子、蛋白激酶等,另一类是调控基因,其编码的蛋白质主要参与转录因子、蛋白激酶等的基因表达调控,如转录因子和蛋白激酶的基因表达调节。转录因子可以活化或抑制基因的转录,结合目标基因的启动子区域,起到调节植物逆境反应

的功能。

4.2 信号转导途径

植物通过复杂的信号传导途径对逆境裹挟进行感知和反应^[12]。当植物在逆境中受到刺激时,首先会激活细胞膜上的感受器,将外界的讯号转换为细胞内的讯号(signal),这时,植物就会在逆境中受到刺激。然后通过第二信使(如钙离子、环腺苷酸(CAMP)、磷脂酰肌醇等)将信号传递到细胞内各部位,激活信号分子和下游的基因表达调控网络。例如,植物细胞中的钙离子浓度会在干旱的胁迫下升高,激活钙依赖的蛋白激酶(centralpase, CDPK),然后对下游的转录因子进行磷酸化,从而开始表达干旱反应的基因[13]。

4.3 表观遗传调控

表观遗传修饰对本应处于逆境和威逼之中的植物,也起着重要的作用。表观遗传修饰包括无需改变DNA序列的DNA甲基化、组蛋白修饰、调控基因表达水平的非编码RNA等。例如,DNA甲基化水平的改变会影响相关基因的表达,使植物在植物基因组的某些区域,在逆境的裹挟下,发生与之相适应的变化。

4.4 不同类型逆境胁迫下植物的具体响应

盐逆境:木本植物本身具有丰富的功能基因,蛋白质以及适应逆境强迫的转录因子(transactionfactor)。如经毛果杨鉴定,参与盐胁迫信号传导的SOS成分有3种(PTSOS1、PTSOS2、PTSOS3);简介THCRF1是由THRF转录因子THCRF1达到调节渗透势的作用,通过增强藻糖和脯氨酸的生物合成,提高抗盐和胁迫能力。

干旱逆境:参与调节木本植物耐干旱渗透作用的物质主要有脯氨酸、溶解性糖类、甜菜碱等。胡杨增强的耐旱能力在干旱的裹挟下,与脯氨酸蓄积有一定的关系,但仍需深入研究其与体内改变脯氨酸的关系。同时,植物通过增加体内SOD和POD活性,抵抗干旱的胁迫,大量清除积存的活氧。

低温逆境:在低温胁迫下,植物会对细胞膜的稳定性进行调节,如对细胞膜脂质的组成进行调节,使细胞膜的质量得到增强;促进根系生长,增加水分和营养物质的吸收利用能力^[14];增加干物蓄积,保证细胞供能。植物还会促进保护酶的合成,去除ROS,并增加细胞中的有机溶质含量(如脯氨酸、赤藓糖等),增强耐旱性。

5 研究植物逆境胁迫的意义与展望

5.1 植物逆境胁迫的意义

生态适应性:生存与繁衍:植物通过适应逆境(如干旱、盐碱、极端温度等),能够在恶劣环境中生存并繁衍后代。物种多样性:逆境胁迫促使植物进化出多样的适应性机制,增加了生态系统的物种多样性和农业生产力:抗逆性育种:研究植物逆境裹挟,对作物品种的抗逆性和提高农业生产率都有很大的帮助。

资源利用:在逆境中认识植物的生理机制,对于资源的优化有很大的帮助,如水分和营养素的高效管理。

环境保护:生态修复:抗逆植物可用于生态修复,如盐碱地改良、沙漠化防治等。碳汇功能:逆境适应植物对碳起着固定作用,对气候变化起着减缓作用。

5.2 植物逆境胁迫的展望

分子机制研究:遗传调控:揭示植物抗逆的分子基础,对逆境有关的基因的表达调控机理作进一步的研究。信号传导:探索植物在逆境中的信号传导网络,揭示其感知和响应逆境的机制。2. 抗逆育种技术:基因编辑:运用CRISPR/CAS9等基因编辑技术,对农作物抗逆性进行精准改良^[15]。分子标记:开发与抗逆性有关的分子标记,使抗逆育种进程加快。3. 逆境生理生态:生理反应:探讨植物在逆境条件下的生理反应,例如渗透调节和抗氧化防御机制等。生态适应(Ecology):探索植物在不同逆境条件下的生态适应策略,提供生态修复的理论基础。4. 智能农业应用:农业精准:植物逆境状态实时监测,利用传感器和物联网技术实现精准经营。智能灌溉:开发最好的水力供给智能灌溉系统,以应对植物逆境的需要。5. 全球变化应对:气候变迁:为应对全球变化提供科学依据的是研究植物对气候变化的应答机理^[16]。

6 结语

植物逆境胁迫的研究不仅有助于理解植物的生态适应机制,还为农业生产力提升和环境保护提供了重要支持。未来,随着分子生物学、基因编辑技术和智能农业的发展,植物逆境胁迫研究将在抗逆育种、生态修复和全球变化应对等方面发挥更大作用。

参考文献

- [1] 申双和,景元书,张建新.农业气象学课程教学的理论思考[J].高等农业教育,2011,(10):71-73.DOI:10.13839/j.cnki.hae.2011.10.027.
- [2] 姚瑶.生物系统胁迫产物活性氧的贵金属纳米复合界面原位感知方法研究[D].浙江大学,2021.DOI:10.27461/d.cnki.gzjdx.2021.001213
- [3] 王燕茹,袁秉琛,孙郁婷,等.盐胁迫下蝴蝶豆种质苗期耐盐性评价[J/OL].草业科学,1-29[2025-02-17].http://kns.cnki.net/kcms/detail/62.1069.S.20250211.1357.002.html.
- [4] 夏铁骑.植物驯化的分子机制及研究成果[J].濮阳职业技术学院学报,2005,(04):23-24.
- [5] 宋建国.试论园林有害生物防治及处方化管理策略[J].农村科学实验,2024,(11):163-165.
- [6] 白炬,刘晓林,李申,等.污泥热碱液对干旱胁迫下小青菜生长的缓解机制[J].干旱区研究,2024,41(01):80-91.DOI:10.13866/j.azr.2024.01.08.
- [7] 王乐乐.东北温带森林20种树种抗旱性的气孔调节机制[D].东北林业大学,2022.DOI:10.27009/d.cnki.gdblu.2022.001242.
- [8] 刘旭.三峡库区消落带植物材料筛选研究[D].中国林业科学研究院,2008.

- [9] 康健. 盐胁迫对菊芋果聚糖代谢的影响及其分子调控的初步研究[D]. 南京农业大学, 2012.
- [10] 张涛,李强,陈教云,等. 铝胁迫下不同耐性的小黑麦及其异源亲本活性氧代谢研究 [J]. 安徽农业科学, 2018, 46 (15): 39-43. DOI:10.13989/j.cnki.0517-6611.2018.15.013.
- [11] 王猛. 发菜响应干旱胁迫的生理与分子机制的多组学分析[D]. 宁夏大学, 2023. DOI:10.27257/d.cnki.gnxc.2023.000003.
- [12] 何昕. 棉花多逆境响应基因的挖掘和功能验证[D]. 华中农业大学, 2016.
- [13] 孙大千. 大豆磷脂酶C GmPLC10耐旱性机制的研究[D]. 吉林农业大学, 2022. DOI:10.27163/d.cnki.gjlnu.2022.000563.
- [14] 刘卫星. 不同水氮运筹对冬小麦根系生长及氮素利用调控的研究[D]. 河南农业大学, 2018.
- [15] 朱宗财,王志军,高能,等. CRISPR/Cas9基因编辑技术在植物抗病性改良中的应用综述 [J]. 江苏农业科学, 2024, 52 (03): 1-11. DOI:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.03.001.
- [16] 吴佳梦,张少秋,林瑜佳,等. 全球变化对水生植物的影响及其应对 [J]. 农村经济与科技, 2016, 27 (21): 56-58.