

盐胁迫对不同生长时期凤梨耐盐性差异的研究

余琴 洪宇 谢桃 黄鑫*

佛山大学

DOI:10.32629/as.v9i5.3972

[摘要] 植物在不同生育期的耐盐性有着明显的差异,在一般情况下,幼苗期对盐胁迫更为敏感。为探究不同NaCl浓度对凤梨不同时期生长和生理的影响及其耐盐性差异,本研究以耐盐型神湾凤梨(SW)与盐敏感型矮凤梨(AI)为材料,采用水培试验,设置0(对照)、150 mmol/L NaCl(低盐胁迫)、300 mmol/L NaCl(高盐胁迫)3个不同的NaCl胁迫梯度,在幼苗期(水培周期一个月)和中苗期(水培周期六个月)分析了凤梨的生物量累积、渗透调节物质变化等差异,并对其在两个生长时期的耐盐性进行评价。本研究发现,在盐胁迫下凤梨的耐盐性随生长时期增强,中苗期耐盐性显著高于幼苗期,符合多数植物生育期越晚耐盐性越强的规律,推测与根系发达、细胞结构稳定相关。盐胁迫对凤梨气孔数量的影响存在品种和生育期差异,中苗期光合适应能力更强。中苗期叶片MDA含量显著高于幼苗期,细胞膜损伤更严重,但根系耐盐性可能与渗透物质积累有关。幼苗期通过大量积累渗透调节物质适应盐胁迫,中苗期膜脂过氧化调节能力更强,凤梨耐盐性呈浓度和生长时期双重依赖性。

[关键词] 凤梨; 不同时期; 盐胁迫; 渗透调节

中图分类号: S668.3 文献标识码: A

A Study on the Differences in Salt Tolerance of Pineapple Plants at Various Stages of Growth under Salt Stress.

Qin Yu Yu Hong Tao Xie Xin Huang*

Foshan University

[Abstract] The salt tolerance of plants in different growth stages has obvious differences. In general, seedling stage is more sensitive to salt stress. In order to investigate the effects of different NaCl concentrations on the growth and physiology of bromeliads at different stages and the difference of salt tolerance, a hydroponic experiment was conducted to analyze the biomass accumulation and salt tolerance of bromeliads at seedling stage (one month hydroponic cycle) and middle seedling stage (six months hydroponic cycle) under three different NaCl stress gradients of 0 (control), 150 mmol/L NaCl (low salt stress) and 300 mmol/L NaCl (high salt stress). The salt tolerance of the two growth stages was evaluated. The results showed that salt tolerance of pineapple increased with growth stage under salt stress, and salt tolerance of middle seedling stage was significantly higher than that of seedling stage, which was consistent with the rule that salt tolerance of most plants increased with the later growth stage, which was speculated to be related to developed root system and stable cell structure. The influence of salt stress on stomatal number of pineapple was different in varieties and growth stages, and photosynthetic adaptability was stronger in middle seedling stage. MDA content in leaves at middle seedling stage was significantly higher than that at seedling stage, and cell membrane damage was more serious, but salt tolerance of roots might be related to osmotic accumulation. Salt-tolerance of pineapple was concentration-dependent and growth period-dependent.

[Key words] pineapple; different periods; salt stress; osmoregulation

土壤盐渍化是当今全球面临的问题,已经成为制约农业生产可持续发展的重要非生物胁迫因素,给全球造成的经济损失年均高达273亿美元^[1]。近年来,凤梨因其经济产业一直具有研

究价值。随着设施园艺面积扩大以及对盐碱地开发利用需求的增加,凤梨耐盐机制的探索逐渐成为热带果树逆境生物学的研究热点^[2]。植物在不同生育期的耐盐性有着明显的差异,在一般

情况下, 幼苗期对盐胁迫更为敏感, 比如马铃薯在幼苗期受到盐胁迫的植株萎蔫程度明显高于其他生长时期^[3]。不同生育阶段植株的代谢强度、根系结构与耐逆调控机制也存在着显著的分异。油砂豆在块茎中期主要依靠SOD活性的明显提升来减轻盐胁迫, 而在块茎后期主要通过可溶性蛋白和甜菜碱的大量积累来适应盐胁迫^[4]。水培一个月凤梨为幼苗期, 以生根展叶为主, 对胁迫更加敏感, 适用于抗逆研究; 六个月为中苗期, 营养生长旺盛, 对胁迫的适应体系更加完善。

1 材料与方法

1.1 植物材料

本实验使用水培时长一个月幼苗期耐盐型品种SW(SW-1)、盐敏感型品种AI(AI-1)与水培时长六个月的中苗期耐盐型品种SW(SW-6)、盐敏感型品种AI(SW-6)植株作为实验材料。

1.2 水培方法

使用纯水培养5天后移至1/2霍格兰营养液(表2.1)进行水培, 在培养期间每天更换营养液并调至pH5.8。植株生长光照强度6000–8000Lx, 光照周期为光照16h、黑暗8h, 温度24±2℃, 空气湿度60%–70%。

1.3 盐胁迫处理方法

分别设置含0(Control)、150mmol/LNaCl(LS)、300mmol/LNaCl(HS)的1/2霍格兰营养液处理10天, 每隔一天换一次处理液, 每日调整处理液pH为5.8。

1.4 测量项目

1.4.1 表型指标测定方法

叶长及根长测定: 盐胁迫处理后, 每组选取6株长势一致植株, 用钢尺测量每株最长叶长和最长根长, 计算平均值。

鲜重、干重及含水量测定: 每组选取6株长势一致植株, 擦干水分后分离叶片与根系, 称取地上、地下部鲜重并记录。将各部分置于烘箱105℃杀青30min, 再调至85℃烘干至恒重, 再称取干重, 计算含水量。

1.4.2 MDA含量测定

本实验采用刘少霞(2007)测定小麦MDA含量的方法^[5]测定凤梨脯氨酸含量。

1.4.3 脯氨酸含量测定

本实验采用酸性茚三酮法^[6]测定凤梨脯氨酸含量。

1.4.4 可溶性糖含量测定

本实验采用蒽酮比色法^[7]测定凤梨可溶性糖含量。

1.4.5 可溶性蛋白含量测定

本实验采用考马斯亮蓝法^[8]测定凤梨可溶性蛋白含量。

1.5 数据分析

测定并记录各项指标后, 用Excel进行数据整理, 使用GraphpadPrism10.5.0进行数据绘图, 使用SPSS软件对所有数据进行单变量一般线性模型分析, 同时采用Duncan多重比较法(P<0.05)进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 盐胁迫对不同生长时期两种凤梨生长的影响

由图2.1可知, 对幼苗期的耐盐型SW(SW-1)、盐敏感型AI(AI-1)进行盐胁迫处理, 在HS下, SW的生物量表现均优于敏感型AI, 而对中苗期的耐盐型SW(SW-6)、盐敏感型AI(AI-6)进行HS处理, 两个品种生物量的降幅较小, 且差异不明显。不同培养时期的两个品种在HS下, 耐盐型SW的地下部分降幅显著低于敏感型AI, 凤梨在中苗期植株的生长变化小于幼苗期在盐胁迫下的变化, 并且盐敏感型凤梨的耐盐性随着生长时期的增长显著提升, 根长与叶长下降幅度显著降低。

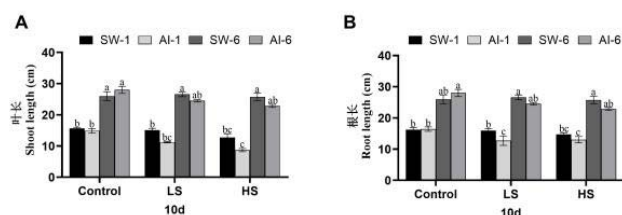


图2.1 盐胁迫10天对不同生长时期两个品种凤梨的叶长、根长的影响

注: 图中字母表示显著性程度(P<0.05)。

2.2 盐胁迫对不同生长时期两种凤梨相对含水量的影响

从图2.2A、图2.2D可得, 与幼苗期相比, 短期盐胁迫对中苗期凤梨的地上部分鲜重与地下部分鲜重几乎没有太大的影响。AI-6在HS处理下地上部、地下部干重均降低20%左右, AI品种中苗期的干物质积累含量明显优于幼苗期。两个品种幼苗期的相对含水量均高于中苗期, 地上部与地下部相对含水量均稳定在85%以上(图2.2C、图2.2F), 在各处理组之间无显著差异。

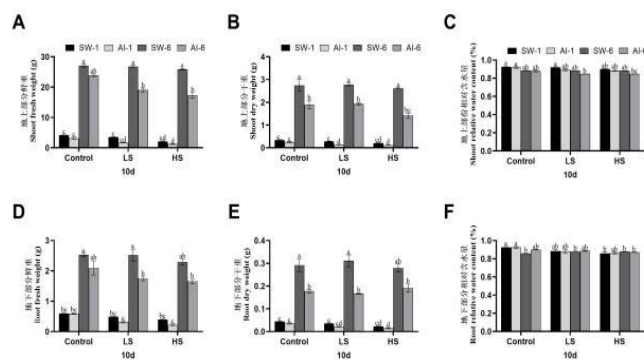


图2.2 盐胁迫10天对不同生长时期两个品种凤梨的相对含水量影响

注: 图中字母表示显著性程度(P<0.05)。

2.3 盐胁迫对不同生长时期两种凤梨MDA含量的影响

SW-1、AI-1在盐胁迫处理后的叶片、根系MDA含量均低于SW-6和AI-6, 两个时期植株叶片MDA含量差异显著, 中苗期凤梨叶片的MDA含量是幼苗期凤梨的两到三倍(图2.3A)。根系MDA含量差异较小, 但在盐胁迫下均出现了升高的现象, SW-6、AI-6在LS下的MDA含量几乎不变, 在HS处理下增幅均在50%以上(图2.3B), 但整体低于SW-1、AI-1的增长水平。

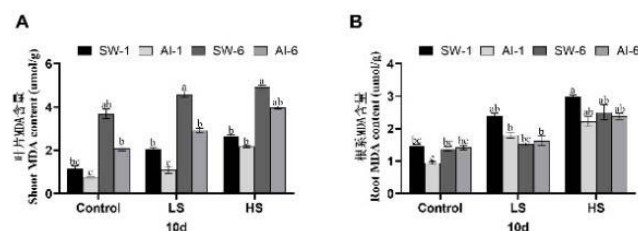


图2.3盐胁迫10天对不同生长时期两个品种凤梨的MDA含量影响

注: 图中字母表示显著性程度 ($P < 0.05$)。

2.4盐胁迫对不同生长时期两种凤梨脯氨酸含量的影响

SW-1和AI-1的叶片脯氨酸含量均高于SW-6和AI-6, 且相对其他处理植株而言, AI-6在盐胁迫下的叶片脯氨酸含量依然很低(图2.4. A)。SW-1与SW-6的根系脯氨酸含量差异较小, 但SW-6对照组的脯氨酸含量远高于SW-1, SW-1根系脯氨酸较对照组含量增长了233.3%, 而SW-6仅增长了19.0%。在LS处理下SW-6和AI-6的根系脯氨酸含量变化程度不明显, 在HS处理下, SW-6根系脯氨酸增长量远小于SW-1, 是SW-1的四分之一(图2.4. B)。AI-1在盐胁迫下的根系脯氨酸含量变化幅度大于AI-6, 整体积累水平低于SW。中苗期的整体脯氨酸积累含量与受胁迫变化程度均显著低于幼苗期。

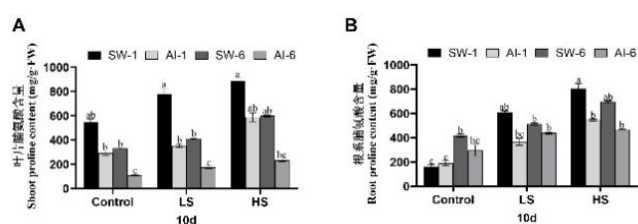


图2.4盐胁迫10天对不同生长时期两个品种凤梨的脯氨酸含量影响

注: 图中字母表示显著性程度 ($P < 0.05$)。

2.5盐胁迫对不同生长时期两种凤梨可溶性物质含量的影响

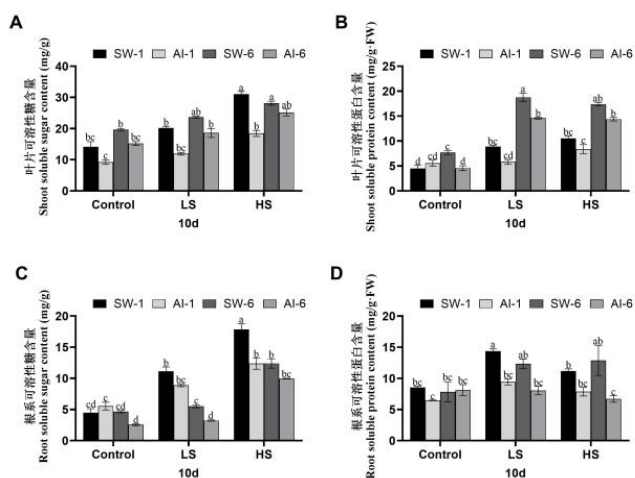


图2.5盐胁迫10天对不同生长时期两个品种凤梨的可溶性物质含量影响

注: 图中字母表示显著性程度 ($P < 0.05$)。

由图2.5可以观察到, 在幼苗期, 盐胁迫可显著诱导凤梨植株可溶性糖与可溶性蛋白积累, 且积累幅度存在明显的品种差异。在中苗期, 耐盐品种SW在盐胁迫处理下的可溶性糖与可溶性蛋白增幅整体低于幼苗期。相比之下, 盐敏感品种AI在LS、HS处理下的可溶性蛋白含量均无显著差异, 中苗期对盐胁迫的渗透调节响应较弱, 幼苗期应对盐胁迫时的渗透物质变化更为明显。

3 讨论

3.1盐胁迫对不同生长时期凤梨生长的影响

有研究表明, 随着NaCl浓度的提高, 甜菜幼苗在生长和光合作用方面会受到抑制, 而随着甜菜苗龄的增加对NaCl胁迫的耐受性不断增强^[9]。本研究发现, 在盐胁迫下, 耐盐凤梨在幼苗期能够通过维持地下部分生长, 增强对水分和养分的吸收能力, 从而抵御盐胁迫的伤害。而中苗期经高盐胁迫处理后, 两个品种的生物量降幅较小且差异不明显, 说明凤梨中苗期对盐胁迫的耐受性显著高于幼苗期, 推测可能与中苗期植株根系发达、细胞结构更稳定, 能够更好地缓冲盐胁迫带来的渗透压力有关。中苗期相对含水量低于幼苗期, 这可能是由于幼苗期植株代谢旺盛, 保水能力较强, 而中苗期植株生长速率加快, 水分消耗增加, 但整体仍能维持正常生长所需的水分供应, 这表明凤梨在盐胁迫下具有一定的水分维持能力, 这是其耐盐性的重要基础之一。此外, 盐敏感型AI的耐盐性随生长时期增长显著提升, 根长与叶长下降幅度明显降低, 进一步证实了凤梨生育期对耐盐性的调控作用, 推测可能与生长过程中渗透物质积累量的增加、抗氧化系统的完善等有关^[10]。

3.2盐胁迫对不同生长时期凤梨渗透调节物质积累的影响

丙二醛(MDA)是膜脂氧化的最终产物, 其含量高低直接反映了植物细胞膜的损伤程度, 是评价植物耐盐性的重要生理指标^[11]。有研究显示, 桉树叶绿素与MDA含量呈负相关, 这说明在盐胁迫下叶绿素降解与膜脂过氧化存在密切的关系^[12], 这与本章研究结果一致。本研究发现凤梨幼苗期在盐胁迫下MDA含量低于中苗期, 且中苗期叶片MDA含量是幼苗期的2~3倍, 这与中苗期相对含水量较低、氧化胁迫加剧有关。但根系MDA含量在两个生育期差异较小, 而可溶性糖、脯氨酸等渗透调节物质出现增长, 因此根系耐盐性可能与根系渗透物质积累有关。

可溶性蛋白、可溶性糖、脯氨酸是植物应对盐胁迫的主要渗透调节物质, 其通过积累降低细胞渗透势, 维持细胞吸水能力, 减轻渗透胁迫伤害, 同时还能保护细胞膜和酶活性, 增强植物耐盐性^[13]。本研究结果显示, 脯氨酸积累存在显著的品种和生育期差异。凤梨幼苗期的叶片脯氨酸含量显著高于中苗期且耐盐型SW的脯氨酸积累水平整体高于盐敏感型AI。可溶性糖和可溶性蛋白的积累特征与脯氨酸类似, 在中苗期, 两个品种凤梨的可溶性糖、可溶性蛋白增幅均低于幼苗期, 这表明中苗期凤梨对盐胁迫的渗透调节响应较弱。而幼苗期在面临盐胁迫时, 可以通过积累大量渗透调节物质来增强对盐胁迫的适应能力。

4 结论

本研究发现不同生长时期的凤梨在应对盐胁迫时主要变化方面不同。在幼苗期受到盐胁迫时出现更为明显的形态变化,相应出现的渗透物质调节变化更为明显,而中苗期则有更强的膜脂过氧化调节能力。且两生长时期的耐盐性呈现浓度依赖性(HS>LS)与生长时期依赖性(幼苗期>中苗期)的双重特征。

[参考文献]

- [1]张栢,赵龙春,王洪芹,等.盐胁迫对海滨锦葵幼苗生长及抗氧化酶活性的影响[J].江苏农业科学,2014,42(07):370-372.
- [2]李嘉莹.广东省徐闻县菠萝加工业发展问题及对策研究[D].湖北大学,2024.
- [3]和家梅,李茂兴,张兴,等.马铃薯不同时期块茎花青素累积差异与合成相关基因表达分析[J/OL].分子植物育种,1-13[2026-03-31].
- [4]张晴晴,马兴羽,鲁艳,等.沙化盐渍土地不同生长时期油莎豆的耐盐性差异研究[J].草业学报,2025,34(06):168-180.
- [5]刘少霞,陈贵,秦萍,等.植物体内MDA不同提取液与显色液反应条件的比较[J].安徽农业科学,2007,(10):2829+2832.
- [6]朱广廉,邓兴旺,左卫能.植物体内游离脯氨酸的测定[J].植物生理学通讯,1983,(01):35-37.

[7]丁雪梅,张晓君,赵云,等.蒽酮比色法测定可溶性糖含量的试验方法改进[J].黑龙江畜牧兽医,2014,(23):230-233.

[8]焦洁.考马斯亮蓝G-250染色法测定苜蓿中可溶性蛋白含量[J].农业工程技术,2016,36(17):33-34.

[9]王堃,於丽华,赵慧杰,等.不同时期NaCl胁迫对甜菜生长及光合作用的影响[J].作物杂志,2021,(04):99-104.

[10]成铁龙,李焕勇,武海雯,等.盐胁迫下4种耐盐植物渗透调节物质积累的比较[J].林业科学研究,2015,28(06):826-832.

[11]焦德志,赵泽龙.盐碱胁迫对植物形态和生理生化影响及植物响应的研究进展[J].江苏农业科学,2019,47(20):1-4.

[12]翁锦周,林江波,林加耕,等.盐胁迫对桉树幼苗的生长及叶绿素含量的影响[J].热带作物学报,2007,(04):15-20.

[13]TanjiKK.Agriculturalsalinityassessment and management[M].Scientific Publishers,2012.

作者简介:

余琴(2000—),女,汉族,河南省信阳市人,硕士,佛山大学,主要研究方向:植物逆境生理。

*通讯作者:

黄鑫(1986—),男,汉族,湖南益阳市人,博士研究生,佛山大学,主要研究方向:作物逆境生理,植物电生理。