

高 婷, 张 杰, 马瑞红, 等. NaCl 胁迫对黑籽南瓜生长和生理特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(6): 122–124, 137.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.06.025

NaCl 胁迫对黑籽南瓜生长和生理特性的影响

高 婷¹, 张 杰¹, 马瑞红², 杨正安¹, 谢俊俊¹

(1. 云南农业大学园林园艺学院, 云南昆明 650201; 2. 云南省澄江县经济作物工作站, 云南澄江 652599)

摘要: 分别采用 0、50、100、150 mmol/L NaCl 溶液胁迫处理黑籽南瓜 (*Cucurbita ficifolia* Bouché) 幼苗, 处理后 8、18 d 分别测定幼苗丙二醛(MDA)、可溶性糖含量及过氧化氢酶(CAT)活性, 处理后 18 d 测定幼苗主根长、茎粗、叶形指数等生长指标。结果表明, 随 NaCl 胁迫浓度的增加, 黑籽南瓜幼苗叶片 MDA 含量、CAT 活性呈先增后降趋势, 幼苗主根长、茎粗呈降低趋势, 其中主根长受盐胁迫的影响较大, 下降较为明显; 随 NaCl 胁迫浓度的增加, 处理 8 d 时的黑籽南瓜幼苗叶片可溶性糖含量呈增加趋势, 处理 18 d 时的可溶性糖含量、叶形指数相互间差异不显著 ($P > 0.05$)。黑籽南瓜幼苗具有一定的耐盐性, 可选择作为黄瓜的耐盐性砧木。

关键词: 黑籽南瓜; 盐胁迫; NaCl; 丙二醛; 生理特性; 可溶性糖; 过氧化氢酶

中图分类号: S642.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)06-0122-03

土壤盐渍化是影响作物生长的主要因素之一, 盐胁迫可通过渗透胁迫、离子毒害、营养失衡等引起植物体内生理生化发生改变^[1], 最直接的伤害是细胞膜损伤, 进而抑制植株生长, 降低果实产量。目前, 为满足蔬菜市场需求, 反季节栽培及大量肥料的盲目使用已导致土壤盐渍化加剧^[2], 而选育耐盐品种, 研究耐盐机制变得尤为重要。

不同植物的耐盐性不同, 蔬菜作物的耐盐性普遍较弱^[3]。黑籽南瓜 (*Cucurbita ficifolia* Bouché) 为南瓜属 1 年生或多年生草本蔓性植物, 对低温、盐胁迫等逆境有一定的抗性。有研究表明, 以黑籽南瓜作为黄瓜砧木, 能增强黄瓜对盐胁迫的抗性, 降低盐害指数^[4-7]。有关黑籽南瓜耐盐生理生化机制方面, 朱进等研究发现, 在盐胁迫下, 黑籽南瓜丙二醛(MDA)含量增高, 超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)活性增强^[8]; 蔡雁平等研究发现, 在盐胁迫状态下, 黑籽南瓜发芽率几乎不受影响, SOD

活性有所下降, 但比黄瓜和嫁接苗来说下降程度小^[9]。但周俊国等研究认为, 以黑籽南瓜为砧木, NaCl 胁迫不仅会降低嫁接黄瓜的产量, 而且还影响其果实品质, 果实畸形率升高, 风味变差, 果实维生素 C、游离氨基酸、可溶性糖含量及果实含水量减少, 而纤维素、可滴定酸含量升高^[10]。本试验通过对云南黑籽南瓜幼苗采取不同浓度的 NaCl 胁迫, 考察其对黑籽南瓜幼苗叶片 MDA 含量、可溶性糖含量、过氧化氢酶活性(CAT)及幼苗生长指标的影响, 以助于对黑籽南瓜幼苗耐盐机制作进一步解析, 为耐盐材料的筛选奠定基础。

1 材料与方法

1.1 供试材料

绿皮黑籽南瓜种子, 由云南农业大学蔬菜基地提供。

1.2 试验处理

选取饱满的绿皮黑籽南瓜种子, 10% H_2O_2 浸泡 1 h; 流水冲洗 5~6 次, 放入带滤纸的培养皿中, 28℃暗培养至露白; 移栽至装有灭过菌基质的钵钵中, 待子叶展开, 每天浇灌等量浓度分别为 0、50、100、150 mmol/L 的 NaCl 溶液, 重复 3 次。

1.3 测定内容与方法

浇灌处理 8、18 d 时, 分别采集幼苗第 1 片真叶, 分别采用硫代巴比妥酸(TBA)法、蒽酮比色法、氧量法测定其丙二醛(MDA)含量、可溶性糖含量、过氧化氢酶活性(CAT)等生理指标^[11]。同时, 于处

收稿日期: 2019-02-15

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 31460516); 云南省重点研发专项(编号: 2018BB020-021-022); 云南省高水平大学园艺学创新人才培养基地建设项目(编号: 云教高^[2015]57号)。

作者简介: 高 婷(1995—), 女, 云南昭通人, 硕士研究生, 从事遗传育种研究。E-mail: 1071121957@qq.com。

通信作者: 杨正安(1974—), 男, 云南建水人, 博士, 教授, 从事分子生物学与遗传育种研究, E-mail: 454483788@qq.com; 谢俊俊(1987—), 女, 安徽阜阳人, 博士, 讲师, 从事植物抗逆性研究, E-mail: mylan1@126.com。

理 18 d 时采用直尺和游标卡尺测量幼苗主根长、茎粗、叶片大小等生长指标,计算叶形指数。

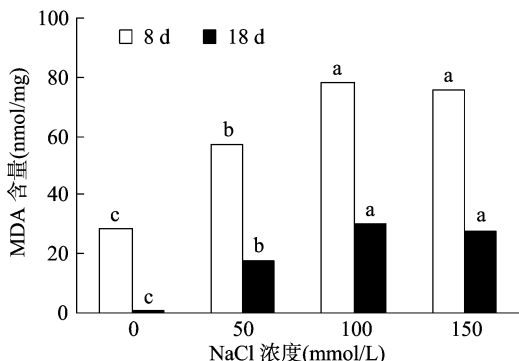
1.4 数据处理及统计分析

采用 Excel 2010 对试验数据计算和统计,采用 DPS 6.55 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 盐胁迫对黑籽南瓜幼苗叶片 MDA 含量的影响

由图 1 可见,随着盐浓度的升高,黑籽南瓜幼苗叶片 MDA 含量呈先增后减趋势,NaCl 浓度为 100 mmol/L 时,MDA 含量相对最高,显著高于 NaCl 浓度为 0、50 mmol/L 处理的 ($P < 0.05$),与 150 mmol/L 处理的差异不显著 ($P > 0.05$);对同一 NaCl 胁迫浓度而言,胁迫 8 d 时的 MDA 含量始终高于胁迫 18 d 的,说明随着苗龄的增加,黑籽南瓜幼苗耐盐性可能增强。



同一调查日期柱形图上不同小写字母表示不同浓度盐胁迫处理间差异显著 ($P < 0.05$)

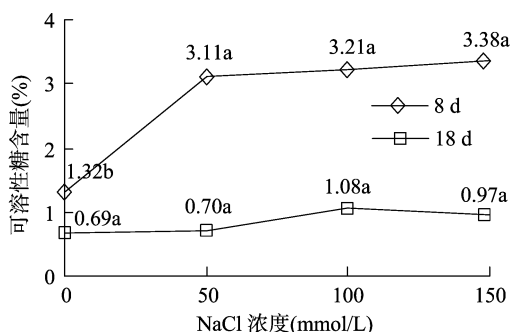
图1 盐胁迫对黑籽南瓜幼苗叶片 MDA 含量的影响

2.2 盐胁迫对黑籽南瓜幼苗叶片可溶性糖含量的影响

由图 2 可见,胁迫处理 8 d 时,NaCl 浓度为 50、100、150 mmol/L 处理的黑籽南瓜幼苗叶片可溶性糖含量显著高于无盐胁迫状态 (0 mmol/L NaCl) ($P < 0.05$),但这几个浓度处理相互间差异不显著 ($P > 0.05$),说明短期盐胁迫可能促进叶片可溶性糖的积累,是植物对逆境胁迫的一种响应;胁迫处理 18 d 时,不同浓度盐胁迫处理的黑籽南瓜幼苗叶片可溶性糖含量相互间差异不显著,且均低于胁迫处理 8 d 时的可溶性糖含量,说明苗龄增大,黑籽南瓜幼苗的耐盐性增强。

2.3 盐胁迫对黑籽南瓜幼苗叶片过氧化氢酶 (CAT) 活性的影响

由图 3 可见,随 NaCl 胁迫浓度的升高,黑籽南



同一折线图中不同小写字母表示不同浓度盐胁迫处理间差异显著 ($P < 0.05$)。图 3 同

图2 盐胁迫对黑籽南瓜幼苗叶片可溶性糖含量的影响

瓜幼苗叶片过氧化氢酶活性呈先升后降趋势;胁迫处理 8 d 时,NaCl 浓度为 100 mmol/L 处理的黑籽南瓜幼苗叶片过氧化氢酶活性相对最高,而此时 MDA 含量也相对最高,说明逆境胁迫下植物细胞膜脂过氧化会产生 MDA,而为保持细胞内稳态,会相应产生 CAT 以清除多余的活性氧,当 NaCl 浓度达到 150 mmol/L 时,CAT 活性较 NaCl 100 mmol/L 处理的有显著下降 ($P < 0.05$);胁迫处理 18 d 时,NaCl 浓度为 50 mmol/L 处理的黑籽南瓜幼苗叶片过氧化氢酶活性相对最高,显著高于其他处理;对同一 NaCl 胁迫浓度而言,胁迫 8 d 时的 CAT 含量始终高于胁迫 18 d 的。

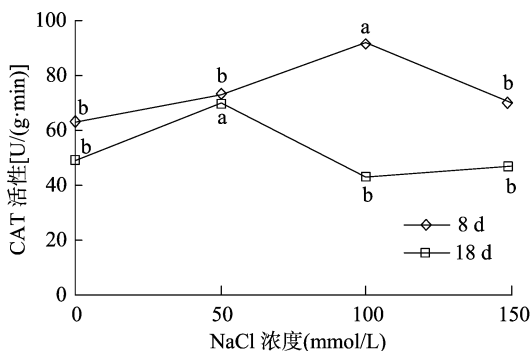


图3 盐胁迫对黑籽南瓜幼苗叶片过氧化氢酶活性的影响

2.4 盐胁迫对黑籽南瓜幼苗生长指标的影响

由表 1 可见,随 NaCl 胁迫浓度的升高,黑籽南瓜幼苗茎粗、主根长呈降低趋势,其中主根长受盐胁迫的影响相对最大,减小趋势最为明显,而叶形指数相互间差异不显著 ($P > 0.05$);NaCl 胁迫浓度为 150 mmol/L 的黑籽南瓜幼苗茎粗显著低于无盐胁迫的 ($P < 0.05$)。试验过程中发现,在 150 mmol/L NaCl 胁迫下黑籽南瓜幼苗无植株死亡,说明 150 mmol/L NaCl 不是黑籽南瓜幼苗受盐胁迫的致死浓度。

表 1 盐胁迫对黑籽南瓜幼苗生长指标的影响

NaCl 浓度 (mmol/L)	茎粗 (mm)	主根长 (cm)	叶形指数
0	5.02a	10.48a	1.67a
50	4.35ab	6.54b	1.89a
100	4.12ab	5.40bc	1.53a
150	3.86b	2.91c	1.66a

注:同列数据后不同小写字母表示不同浓度盐胁迫处理间差异显著($P<0.05$)。

3 结论与讨论

丙二醛(MDA)是膜脂过氧化的重要产物之一,在一定程度上 MDA 含量高低可表示细胞膜脂过氧化程度和植物对逆境条件反应的强弱^[12]。陈金龙对枸杞进行不同浓度的 NaCl 处理,结果表明,MDA 含量与盐浓度成正比^[13]。孙伟泽等研究表明,随盐浓度升高,苜蓿叶片中丙二醛含量呈逐渐上升趋势,并随胁迫时间的延伸,丙二醛含量逐渐下降,这说明随着时间推移,植株对盐胁迫产生适应性^[14]。本试验中,NaCl 胁迫处理 8、18 d 时,黑籽南瓜幼苗叶片 MDA 含量随盐浓度的升高呈先升后降趋势,而盐胁迫处理 18 d 的丙二醛含量均低于胁迫处理 8 d 的,说明黑籽南瓜幼苗对盐胁迫可能产生适应性,也有可能是由于黑籽南瓜幼苗苗龄增大,植株抵御不良环境的能力增强,这与 Khoshgoftarmanesh 等的研究结论^[15]较为吻合。

可溶性糖是生物体内重要的细胞渗透调节物质,而过氧化氢酶(CAT)是植物保护酶之一,可通过清除逆境下膜脂氧化产生的活性氧来维持细胞内稳态。任贵军研究表明,在一定盐胁迫范围内,植物通过自身保护酶系统和渗透调节物质积累来有效降低活性氧的伤害^[16]。Xiao 等以互花米草为材料进行梯度盐胁迫处理发现,可溶性糖含量与胁迫盐浓度成正比,渗透调节物质是互花米草响应盐胁迫的关键因子,其含量变化可作为耐盐性的一个指标^[17]。本试验结果表明,盐胁迫 8 d 时,黑籽南瓜幼苗叶片可溶性含量较清水处理有显著升高($P<0.05$),而在盐胁迫 18 d 时相互间差异不显著($P>0.05$),可能是苗龄较大的黑籽南瓜幼苗对 NaCl 耐性增强有关;随 NaCl 胁迫浓度的升高,黑籽南瓜幼苗叶片过氧化氢酶活性呈先升后降趋势,与贾漫丽等的研究结果^[18]一致。

有研究表明,NaCl 胁迫浓度为 50 mmol/L 时,

可促进马齿苋、黄花菜等根的生长,之后随 NaCl 浓度的升高,根生长逐步受到抑制^[19-20]。张凤银等研究不同菜豆品种对 NaCl 盐胁迫的响应时发现,高浓度盐溶液处理会降低菜豆幼苗的根长,低浓度处理对幼苗生长指标的影响与 NaCl 浓度、品种有关^[21]。本研究结果表明,黑籽南瓜叶形指数受 NaCl 胁迫浓度的影响不大,而主根生长受到明显的抑制,随胁迫盐浓度的升高,黑籽南瓜幼苗主根长有明显减小。综上所述,黑籽南瓜幼苗对盐胁迫具有一定的适应性,可选择作为黄瓜的耐盐性砧木,而其具体的抗盐机制还须进一步挖掘阐明。

参考文献:

[1] Gorham J, Wyn - Jones R G, McDonnell E. Some mechanism of salt tolerance in crop plants [J]. Plant and Soil, 1985, 89 (1/2/3) : 15 - 40.

[2] 王俊生. 蔬菜大棚土壤退化及其修复[J]. 河北农业, 2018 (8) : 28 - 29.

[3] Shannon M C, Grieve C M. Tolerance of vegetable crops to salinity [J]. Scientia Horticulturae, 1998, 78 (1/2/3/4) : 5 - 38.

[4] 田雪梅, 魏珉, 刘青, 等. 不同抗性砧木嫁接黄瓜幼苗对 NaCl 胁迫的生理响应 [J]. 应用生态学报, 2012, 23 (1) : 147 - 153.

[5] 张永平. 硝普钠对肉桂酸处理黄瓜和黑籽南瓜根生理特性的影响 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2019, 47 (2) : 1 - 6.

[6] Huang Y, Bie Z L, He S P, et al. Improving cucumber tolerance to major nutrients induced salinity by grafting onto *Cucurbita ficifolia* [J]. Environmental and Experimental Botany, 2010, 69 (1) : 32 - 38.

[7] Zhou J G, Hu H L, Li X Z, et al. Effects of rootstock on fruit yield and quality of hydroponically cultivated grafted cucumber under NaCl stress [J]. Acta Horticulturae, 2010 (871) : 63 - 70.

[8] 朱进, 别之龙. NaCl 胁迫下温室两个砧木的生理响应机制 [J]. 农业工程学报, 2008, 24 (8) : 227 - 231.

[9] 蔡雁平, 袁祖华, 孙小武. 盐胁迫下嫁接黄瓜和自根黄瓜幼苗的保护酶活性变化 [J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2008, 34 (5) : 554 - 556.

[10] 周俊国, 扈惠灵. NaCl 胁迫对不同砧木的嫁接黄瓜产量和品质的影响 [J]. 核农学报, 2010, 24 (4) : 851 - 855.

[11] 叶尚红, 张志明, 陈疏影. 植物生理生化实验教程 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2004.

[12] 陈贵, 胡文玉, 谢甫绶, 等. 提取植物体内 MDA 的溶剂及 MDA 作为衰老指标的探讨 [J]. 植物生理学通讯, 1991, 27 (1) : 44 - 46.

[13] 陈金龙. 不同浓度盐分胁迫对枸杞生理指标的影响 [J]. 林业科技通讯, 2001 (8) : 68 - 72.

[14] 孙伟泽, 韩博, 胡晓宁, 等. 不同浓度盐胁迫下苜蓿丙二醛含量变化 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37 (5) : 1905 - 1906, 1911.

影响液流的环境因子也会与晴天时保持较好的一致性。而降雪(9月18日)期间,受冷气团影响,环境因子的变化较大地改变了树木的生存环境,日气温变化受冷气团影响,没有明显的单峰变化。在降雪过程中极低的气温可能是抑制液流速率的关键因素。

本研究认为在9月份,树木进入生长的中后期,最直接影响液流速率的环境因素应该是气温。在不同天气类型下,空气温度始终与液流速率保持极显著的正相关关系,之所以在降雪当日太阳辐射未能与树干液流速率保持正相关,是因为当日太阳辐射的增加并未明显改变空气温度,太阳辐射与空气温度相关系数为 -0.034 ($P=0.561$),为不显著的负相关,低温抑制叶片气孔的打开从而影响树冠的蒸腾速率。

相关分析表明,降雨和晴天影响液流速率的环境因子相关性基本一致,但与降雪过程中环境因子区别明显。降雪过程中与华北落叶松树干液流速率极显著相关的环境因子有空气温度、太阳辐射;晴天和同期降雨时则为空气温度、太阳辐射、相对湿度、水汽压亏缺。这与熊伟等用 HPVR 热脉冲速度记录仪测得宁南山区华北落叶松树木蒸腾与太阳辐射、空气温度显著正相关,与空气湿度显著负相关的结论^[13]一致。

值得一提的是,在降雪过程中,外部环境因子与液流变化关系比较复杂,降雪当天太阳辐射与液流速率由晴天时的极显著正相关转为极显著负相关,相关系数为 -0.460 ($P<0.01$)。造成这一现象的原因可能是由于气温太低,虽然太阳辐射较大且有变化,但是低温抑制叶片气孔的关闭。与此同时,太阳辐射与空气温度为不显著的负相关,即太阳辐射的增加未带动空气温度的增加,当日太阳辐射未能成为增加蒸腾速率的有效辐射。而空气温

度与湿度极显著负相关,相关系数为 -0.712 ,原因可能是降雪期间积雪的部分融化,水分蒸发时吸收空气中的热量,导致了空气湿度的增加和气温的降低。

参考文献:

- [1] 孙慧珍,赵雨森. 水曲柳和樟子松树干液流对不同天气的响应[J]. 东北林业大学学报,2008,36(1):1-3.
- [2] Fredrik L, Anders L. Transpiration response to soil moisture in pine and spruce trees in Sweden [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2002, 112(2): 67-85.
- [3] 田璐洋,李春友,张劲松,等. 秋冬季节大叶女贞枝干液流的动态特征[J]. 中国农业气象,2011,32(2):203-207.
- [4] 徐飞,杨风亭,王辉民,等. 树干液流径向分布格局研究进展[J]. 植物生态学报,2012,36(9):1004-1014.
- [5] Gonzalez - Altozano P, Pavel E W, Oncins J A, et al. Comparative assessment of five methods of determining sap flow in peach trees [J]. Agricultural Water Management, 2008, 95(5): 503-515.
- [6] 熊伟,王彦辉,徐德应. 宁南山区华北落叶松人工林蒸腾耗水规律及其对环境因子的响应[J]. 林业科学,2003,29(2):1-7.
- [7] 阮宏华,郑阿宝,钟育谦,等. 次生栎林蒸腾强度与蒸腾量的研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),1999,23(4):32-35.
- [8] 丁访军,王兵,赵广东. 毛竹树干液流变化及其与气象因子的关系[J]. 林业科学,2011,47(7):73-81.
- [9] 郑怀舟,朱锦懋,李守中,等. 福建长汀土壤严重侵蚀区马尾松树干液流对台风天气的响应[J]. 亚热带植物科学,2011,40(1):13-17.
- [10] 郭树江,徐先英,杨自辉,等. 干旱荒漠区沙冬青茎干液流变化特征及其与气象因子的关系[J]. 西北植物学报,2011,31(5):1003-1010.
- [11] 徐先英,孙保平,丁国栋,等. 干旱荒漠区典型固沙灌木液流动态变化及其对环境因子的响应[J]. 生态学报,2008,28(3):895-905.
- [12] 刘彬彬. 六盘山叠叠沟小流域两种典型植被的主要蒸散特征研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2015.
- [13] 熊伟,王彦辉,于澎涛,等. 六盘山辽东栎、少脉槭天然次生林夏季蒸散研究[J]. 应用生态学报,2005,16(9):1628-1632.
- [14] alterniflora[J]. Chinese Journal of Ecology, 2005, 24(4): 373-376.
- [15] Khoshgoftarmansh A H, Khodarahmi S, Haghighi M. Effect of silicon nutrition on lipid peroxidation and antioxidant response of cucumber plants exposed to salinity stress [J]. Archives of Agronomy and Soil Science, 2014, 60(5): 639-653.
- [16] 任贵军. 干旱胁迫对油松生理指标的影响[J]. 辽宁林业科技, 2018(5):1-2.
- [17] Xiao Q, Zheng H, Chen Y, et al. Effects of salinity on the growth and proline, soluble sugar and protein contents of *Spartina*
- [18] 贾漫丽,李娜,李季生,等. 盐胁迫对4个桑树品种生理生化特性的影响[J]. 西北林学院学报,2016,31(5):96-101.
- [19] 胡水清,杜红梅. NaCl 处理对马齿苋植株生长的影响[J]. 上海交通大学学报(农业科学版),2018,36(5):67-72.
- [20] 韩志平,张海霞,刘冲,等. NaCl 胁迫对黄花菜生长和生理特性的影响[J]. 西北植物学报,2018,38(9):1700-1706.
- [21] 张凤银,陈禅友,高红霞. 不同菜豆品种对 NaCl 盐胁迫的响应[J]. 江汉大学学报(自然科学版),2018,46(4):293-298.

(上接第 123 页)