

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.21167

外源多元醇对盐胁迫下甜瓜幼苗生长和离子平衡的影响

李 琴, 苏利荣*, 曾成城, 秦 芳, 苏天明

(广西农业科学院农业资源与环境研究所, 广西 南宁 530007)

摘 要: 为了探讨外源甘露醇和山梨醇对盐胁迫下甜瓜幼苗生长和离子平衡的影响, 以甜瓜‘桂蜜 12 号’为试验材料, 以 Hoagland 营养液为培养液进行沙培 (CK0), 采用 100 mmol/L NaCl 模拟盐胁迫 (CK1), 然后添加不同浓度的甘露醇和山梨醇, 观察不同处理的甜瓜幼苗生长情况和离子平衡变化。结果表明, 在 100 mmol/L NaCl 盐胁迫 (CK1) 下, 与对照 (CK0) 相比, 甜瓜幼苗根系鲜质量、干质量、根总长度、根表面积以及根体积显著下降, K^+/Na^+ 、 Ca^{2+}/Na^+ 、 Mg^{2+}/Na^+ 显著降低。添加 0.4 mmol/L 的甘露醇, 可显著增加甜瓜幼苗茎叶部 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量, 而不增加 Na^+ 含量, 不降低 K^+ 含量; 显著提高 Mg^{2+}/Na^+ , 而 Ca^{2+}/Na^+ 及 K^+/Na^+ 则与 CK1 持平。添加 0.4 mmol/L 的山梨醇显著提高地上部鲜重、幼苗根长、根表面积和根体积, 显著降低盐胁迫甜瓜幼苗的 Na^+ 含量, 提高 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量, 显著提高 Mg^{2+}/Na^+ 、 K^+/Na^+ 、 Ca^{2+}/Na^+ 。上述结果表明, 适宜浓度的山梨醇和甘露醇可以缓解盐胁迫对甜瓜幼苗的伤害。在试验条件下, 缓解盐胁迫对甜瓜幼苗根系及离子平衡影响的最适处理是添加 0.4 mmol/L 的山梨醇。

关键词: 甜瓜; 盐胁迫; 甘露醇; 山梨醇; 离子平衡; 根系

甜瓜 (*Cucumis melo* L.) 属于葫芦科黄瓜属甜瓜种, 为一年生蔓性草本植物^[1], 在全世界范围内广泛种植, 具有较高的经济价值^[2]。我国是世界上最早种植甜瓜的国家之一, 广西是我国甜瓜生产优势产区之一^[3]。随着甜瓜产业的不断发展壮大, 集约化、标准化和产业化程度越来越高, 设施农业在甜瓜产业结构不断调整的过程中逐渐发展^[4], 采用温室、大棚等保护设施栽培的面积不断增加。保护地栽培复种指数较高及化肥的大量集中使用, 盐渍化已成为制约我国设施甜瓜可持续高效发展的关键问题^[5]。

土壤盐渍化是影响农作物产量和品质、限制农业发展的主要非生物胁迫因子^[6-7]。 Na^+ 的累积是植物发生盐害的主要原因, 其含量积累会使植物细胞离子失衡, 发生渗透胁迫等^[8], 致使植物代谢紊乱, 进而使植物对 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等的吸收减弱, 生长受到抑制^[9]。赵春桥等^[10] 研究认为盐胁迫下柳枝稷地上生物量等显著降低。郭瑞等^[11] 研究表

明, 增加土壤中 Na 盐含量, 亚麻体内离子平衡发生改变, 地上部分和根系 K^+/Na^+ 、 Ca^{2+}/Na^+ 和 Mg^{2+}/Na^+ 大幅降低。郝卫平等^[12] 的研究表明, 盐胁迫明显抑制了亚麻的生长, 随着胁迫强度的增加, Na^+ 和 Cl^- 浓度增加, 而 K^+ 浓度则明显下降。岳小红等^[13] 的研究表明, 不同类型盐分胁迫下, 啤酒大麦幼苗地上部离子平衡发生改变, 在混合 Na 盐和 NaCl 胁迫下啤酒大麦幼苗主要吸收 Na^+ , 地上部 K^+/Na^+ 、 Ca^{2+}/Na^+ 和 Mg^{2+}/Na^+ 显著降低。根系是发生盐胁迫的首要部位^[14], 是最直接受害的部位, 其生长及生理代谢直接影响作物的生长发育和产量品质形成^[15]。因此, 根系是盐胁迫影响作物生长发育的重要方面。田礼欣等^[16] 的研究表明, 适宜浓度的海藻糖可以提高盐胁迫下玉米幼苗根系的抗盐性, 缓解盐胁迫对玉米幼苗的伤害。李路瑶等^[17] 研究表明, 硝态氮可缓解盐胁迫对甘薯根系生物量的影响, 根系总长度、根表面积、根体积等指标都有所上升。根系在逆境环境下能够通过改变其形态与分布来适应不利环境。根的生长发育状况和活力对植物的耐盐能力至关重要。盐胁迫下紫花苜蓿可能会通过增加其非盐胁迫根部的根长或根表面积来增加对养分的吸收能力^[18]。

化学调控是提高作物耐盐性的一项有效措施。不同渗透调节物质如甜菜碱^[19-22]、海藻糖^[16, 23-24]、

收稿日期: 2021-03-19; 录用日期: 2021-05-31

基金项目: 广西农业科学院基本业务专项 (桂农科 2017JM05); 广西农科院稳定资助科研团队项目 (桂农科 2021YT041)。

作者简介: 李琴 (1984-), 助理研究员, 硕士, 主要从事植物营养和土壤改良研究。E-mail: 165430615@qq.com。

通讯作者: 苏利荣, E-mail: lirongsu126@126.com。

脯氨酸^[25]等能提高植物的耐盐性。甘露醇和山梨醇作为有机渗透调节物质,同样能增强植物的耐盐性。山梨醇是一种糖醇,是重要的化工原料,价格成本低廉,规模生产容易。低浓度的山梨醇可以帮助植物细胞在胁迫条件下尽可能地保持水势、稳定蛋白质的构象和内在膜结构的完整性^[26]。当植物遭遇逆境时山梨醇可作为小分子渗透物质在植株体内积累,对提高植物抗旱、抗盐碱、抵御低温、抗火疫病、清除活性氧等能力具有重要作用^[27]。甘露醇是一种廉价、无毒的自由基清除剂,符合绿色农产品生产和无公害农药的应用要求,具有良好的开发潜力和应用前景^[28]。杨洪兵等^[29-30]研究发现适当浓度的甘露醇和山梨醇处理可显著促进盐胁迫下荞麦种子萌发及幼苗生长,增加幼苗根系活力,改善盐胁迫下荞麦幼苗的生理特性。杨艳华等^[31]研究表明,外源喷施一定浓度的山梨醇对两优培九和武运粳7号抵抗盐胁迫具有一定的缓解作用。耿浩等^[32]发现,低浓度甘露醇对海水胁迫下小麦种子萌发有明显的促进作用。

目前的研究多在外源甘露醇和山梨醇对盐胁迫下植物生长、光合作用及其对体内抗氧化系统的试验,但外源甘露醇和山梨醇对盐胁迫下甜瓜的离子代谢和根系的影响研究较少。本试验以薄皮甜瓜“桂蜜12号”为材料,研究NaCl胁迫下外源多元醇对甜瓜幼苗的离子平衡及根系生长状况,为缓解设施土壤盐害问题提供新的思路,为甘露醇和山梨醇的进一步开发利用提供一定的理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地点

试验在广西农业科学院试验基地玻璃温室内(22° 48' N, 108° 22' E)进行。

1.2 试验材料

供试甜瓜品种为“桂蜜12号”,使用幼苗植株,苗高约20 cm,4片真叶,长势一致。盆栽容器为直径17 cm、高17 cm的塑料盆。栽培基质为细沙,每盆3.5 kg。不同浓度外源物质均用分析纯甘露醇或山梨醇配制而成。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计

试验选用霍格兰氏营养液进行培养,采用100

mmol/L NaCl溶液进行胁迫,添加不同浓度(0、0.2、0.4、0.8、1.6、3.2、6.4 mmol/L)甘露醇和(0、0.2、0.4、0.8、1.6、3.2、6.4 mmol/L)山梨醇,以浇自来水为对照,共设计14个处理,每个处理重复6盆,每3 d于下午定时按照设计方案浇注静置过夜的霍格兰氏营养液+NaCl溶液+不同浓度多元醇,每盆浇200 mL,至溶液刚好从盆底流出。于2019年9月3日开始,培养60 d后取样,一共添加营养液18次。

表1 试验处理

处理	培养液	多元醇 (mmol/L)
CK0	Hoagland 营养液 + 自来水	
CK1	Hoagland 营养液 + 盐胁迫	
T1	Hoagland 营养液 + 盐胁迫	0.2 MO
T2	Hoagland 营养液 + 盐胁迫	0.4 MO
T3	Hoagland 营养液 + 盐胁迫	0.8 MO
T4	Hoagland 营养液 + 盐胁迫	1.6 MO
T5	Hoagland 营养液 + 盐胁迫	3.2 MO
T6	Hoagland 营养液 + 盐胁迫	6.4 MO
T7	Hoagland 营养液 + 盐胁迫	0.2 SO
T8	Hoagland 营养液 + 盐胁迫	0.4 SO
T9	Hoagland 营养液 + 盐胁迫	0.8 SO
T10	Hoagland 营养液 + 盐胁迫	1.6 SO
T11	Hoagland 营养液 + 盐胁迫	3.2 SO
T12	Hoagland 营养液 + 盐胁迫	6.4 SO

注:盐胁迫用100 mmol/L NaCl进行处理。MO表示甘露醇,SO表示山梨醇。

1.3.2 幼苗生长调查

沙培2个月后,采用直尺测定植株高,剪取地茎以上的植株测量地上部鲜重,每个处理重复6次。通过根系扫描仪(EPSON Expression 11000XL)对根系进行数字化扫描,通过Win RHIZO图像分析系统分析根长、根表面积、根体积、根平均直径等形态参数,每个处理重复3次。

1.3.3 离子含量的测定

沙培2个月后,剪取地茎以上的植株检测幼苗的K⁺、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺含量。K⁺、Na⁺含量用火焰光度计测定;Ca²⁺、Mg²⁺含量用原子吸收仪测定。

1.4 数据处理

采用 Excel 2010 和 SPSS 20.0 进行数据处理及统计分析, 用 One-way ANOVA 检验差异的显著水平, 处理间差异显著为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 不同多元醇处理对甜瓜幼苗地上部鲜重的影响

由图 1 可知, 100 mmol/L NaCl 模拟盐胁迫 (CK1) 使甜瓜幼苗地上部鲜重较对照 (CK0) 显著降低。100 mmol/L NaCl 盐胁迫下, 加入不同浓度外源山梨醇后, 甜瓜幼苗地上部鲜重差异显著。其中, T7、T8 处理甜瓜幼苗地上部鲜重显著高于 CK1, 分别增加了 24.29%、41.63%, 即添加 0.2 和 0.4 mmol/L 的山梨醇对盐胁迫甜瓜幼苗的地上部鲜重具有显著的促进作用。

2.2 不同多元醇处理对甜瓜幼苗根部形态的影响

由表 2 可知, 100 mmol/L NaCl 模拟盐胁迫 (CK1) 使甜瓜幼苗的根长、根表面积、根体积均显著低于对照 (CK0)。100 mmol/L NaCl 模拟盐胁迫下, 添加不同浓度的甘露醇对根系生长出现显

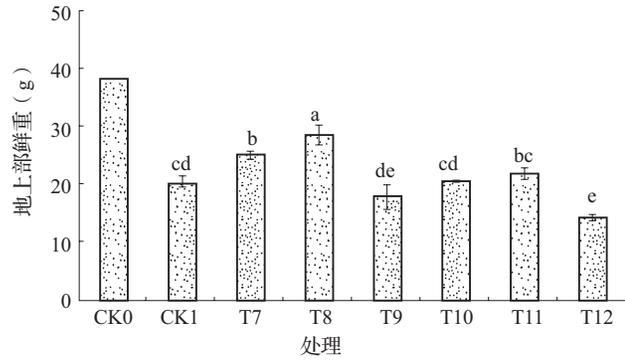


图 1 不同浓度外源山梨醇对甜瓜地上部鲜重的影响

注: 不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

著抑制或促进的作用。其中, T3 处理 (0.8 mmol/L 甘露醇) 甜瓜幼苗根长、根表面积和根体积均最高, 分别较 CK1 高出 18.16%、41.67%、70.13%。随甘露醇处理浓度的增加根直径呈先增大后减小的趋势, T5 的根直径最大, 与 T3、T4 差异不显著, 但显著高于其他处理, 较 CK1 高出 46.33%, 即 0.8 mmol/L 的甘露醇对盐胁迫甜瓜幼苗根长、根表面积和根体积有明显的促进作用。

表 2 添加不同浓度甘露醇甜瓜幼苗根部形态特征

处理	根长 (cm)	根表面积 (cm ²)	根直径 (cm)	根体积 (cm ³)
CK0	2965.25	218.43	0.22	1.29
CK1	2519.89 ± 40.09ab	171.48 ± 9.41bc	0.22 ± 0.01b	0.93 ± 0.10bc
T1	1938.00 ± 453.69bc	203.20 ± 37.26ab	0.25 ± 0.02b	1.25 ± 0.20ab
T2	1751.75 ± 468.99bc	117.63 ± 40.45bcd	0.25 ± 0.01b	0.71 ± 0.24bc
T3	2977.54 ± 127.51a	242.94 ± 20.32a	0.26 ± 0.02ab	1.59 ± 0.22a
T4	1344.73 ± 33.17cd	116.61 ± 12.03bcd	0.28 ± 0.04ab	0.83 ± 0.19bc
T5	669.30 ± 232.79d	68.61 ± 28.15d	0.32 ± 0.03a	0.57 ± 0.26c

注: 不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

从表 3 可以看出, 100 mmol/L NaCl 模拟盐胁迫下, 随着添加外源山梨醇浓度的增加, 甜瓜幼苗根系表现出先增加后减少的现象。T8 处理的根长、根表面积、根体积均为最高, 与 CK1 差异显

著, 分别高出 39.87%、54.73%、71.70%, 即添加 0.4 mmol/L 山梨醇对盐胁迫甜瓜幼苗根长、根表面积和根体积有明显的促进作用。

表 3 添加不同浓度山梨醇甜瓜幼苗根部形态特征

处理	根长 (cm)	根表面积 (cm ²)	根直径 (cm)	根体积 (cm ³)
CK0	2965.25	218.43	0.22	1.29
CK1	2519.89 ± 40.09ab	171.48 ± 9.41bc	0.22 ± 0.01b	0.93 ± 0.10bc
T7	2860.56 ± 391.87b	212.48 ± 28.07b	0.24 ± 0.00ab	1.26 ± 0.16ab
T8	3524.58 ± 176.00a	265.33 ± 17.53a	0.24 ± 0.02ab	1.60 ± 0.20a
T9	2183.49 ± 97.87c	154.11 ± 9.63c	0.23 ± 0.00ab	0.87 ± 0.07cd
T10	2119.46 ± 152.02c	159.53 ± 15.72c	0.24 ± 0.01ab	0.96 ± 0.12bc
T11	2383.27 ± 72.08bc	170.17 ± 6.09bc	0.23 ± 0.01ab	0.97 ± 0.07bc
T12	998.65 ± 157.47d	77.45 ± 9.55d	0.25 ± 0.01a	0.48 ± 0.04d

2.3 不同多元醇处理对甜瓜幼苗茎叶部离子含量的影响

由图 2 可知, 100 mmol/L NaCl 模拟盐胁迫下, 甜瓜幼苗茎叶部 Na⁺ 含量较对照 (CK0) 急剧增加, 而 K⁺、Ca²⁺ 含量均显著减少。添加不同浓度的甘露醇后, K⁺ 含量未显著增加。除 T2 处理外, 其他处理显著增加甜瓜幼苗 Na⁺ 含量。T1、T2、T3 处理的 Ca²⁺ 含量较 CK1 显著增加, 其他处理 Ca²⁺ 含量较 CK1 显著降低。T1、T2、T3、T6 处理的甜瓜幼苗 Mg²⁺ 含量显著高于 CK1, 其他处理的 Mg²⁺ 含量与 CK1 无显著差异。可见, T2 处理, 即添加 0.4 mmol/L 的甘露醇, 可显著增加甜瓜幼苗茎叶部 Ca²⁺、Mg²⁺ 含量, 而不增加 Na⁺ 含量, 不降低 K⁺ 含量。

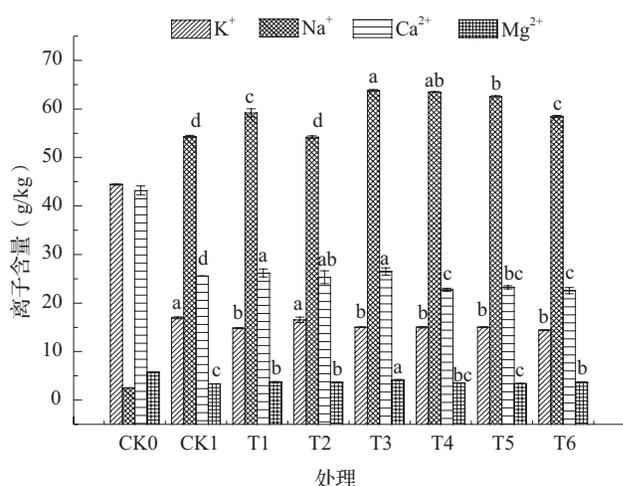


图 2 添加不同浓度甘露醇对甜瓜幼苗离子含量的影响

由图 3 可以看出, 100 mmol/L NaCl 模拟盐胁迫下, 添加不同浓度山梨醇后, K⁺ 含量较 CK1 未发生显著增加。T8 处理的甜瓜幼苗 Na⁺ 含量较 CK1

显著降低, 而其他处理的 Na⁺ 含量则显著增加。T7、T8、T9 处理的 Ca²⁺ 含量显著高于 CK1, 分别增加了 11.14%、39.87%、11.63%。T8 处理的 Mg²⁺ 含量最高, 显著高于 CK1, 增加了 31.2%。可见, T8 处理, 即添加 0.4 mmol/L 的山梨醇, 可显著降低盐胁迫甜瓜幼苗的 Na⁺ 含量, 提高 Ca²⁺、Mg²⁺ 含量。

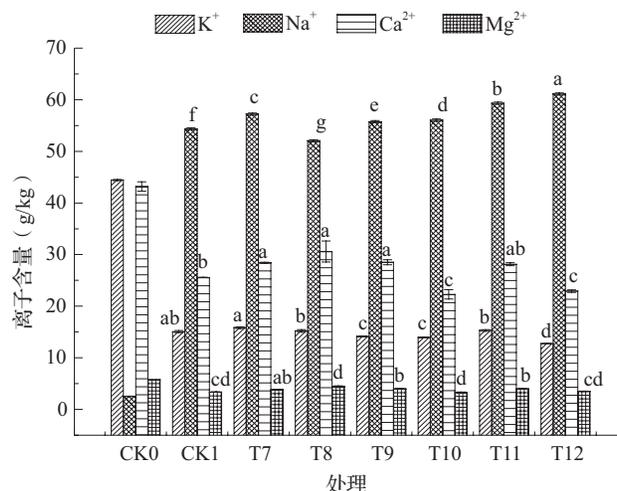


图 3 添加不同浓度山梨醇对甜瓜幼苗离子含量的影响

2.4 不同多元醇处理对甜瓜幼苗茎叶部离子比值的影响

植物细胞离子平衡被破坏是盐胁迫下植物生长受抑制的主要原因之一。由图 4 可知, 与 CK0 相比, 100 mmol/L NaCl 模拟盐胁迫 (CK1) 下, 甜瓜幼苗地上部阳离子与 Na⁺ 的比值均显著降低。添加不同浓度甘露醇后, 甜瓜幼苗地上部阳离子与 Na⁺ 的比值发生显著变化。其中, T2 处理的 Mg²⁺/Na⁺ 显著高于 CK1, 增加了 9.2%; T1、T3 及 T6 处理的 Mg²⁺/Na⁺ 与 CK1 差异不显著; T4、T5 处理的 Mg²⁺/

Na⁺较CK1显著降低。T1、T2、T4、T5处理的K⁺/Na⁺与CK1差异不显著; T3、T6处理的K⁺/Na⁺较CK1显著降低。T1、T2处理的Ca²⁺/Na⁺与CK1差异不显著; T3、T4、T5、T6处理的Ca²⁺/Na⁺较CK1显著降低。可见, T2处理, 即添加0.4 mmol/L的甘露醇可使甜瓜幼苗地上部Mg²⁺/Na⁺较CK1显著提高, 而Ca²⁺/Na⁺及K⁺/Na⁺则与CK1持平。

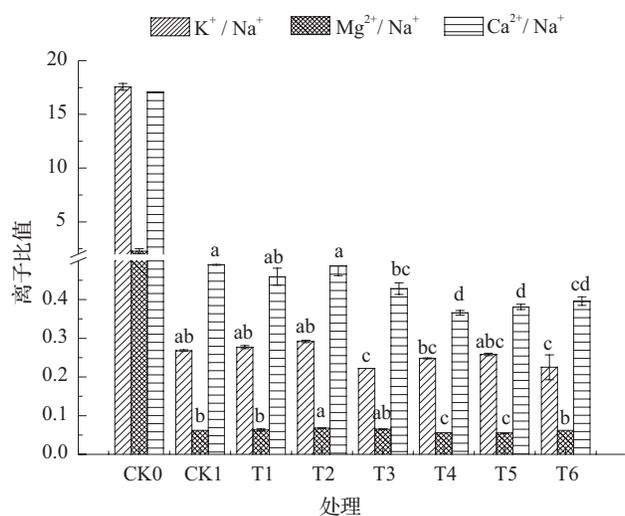


图4 添加不同浓度甘露醇对甜瓜幼苗离子比值的影响

由图5可知, 100 mmol/L NaCl模拟盐胁迫下, 当添加不同浓度的山梨醇, 甜瓜幼苗离子比值变化差异显著。其中, T8处理的Mg²⁺/Na⁺显著高于CK1; 其他处理的Mg²⁺/Na⁺与CK1无显著差异。T7、T8处理的K⁺/Na⁺显著高于CK1; T11处理的K⁺/Na⁺与CK1无显著差异; T9、T10、T12处理的K⁺/Na⁺较CK1显著降低。T8处理的Ca²⁺/Na⁺显著高

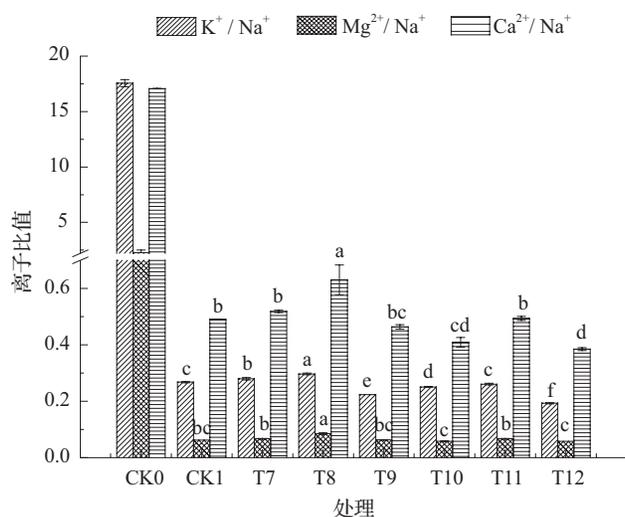


图5 添加不同浓度山梨醇对甜瓜幼苗离子比值的影响

于CK1; T7、T9、T11处理的Ca²⁺/Na⁺与CK1无显著差异; T10、T12处理的Ca²⁺/Na⁺较CK1显著降低。可见, T8处理, 即添加0.4 mmol/L山梨醇显著提高甜瓜幼苗Mg²⁺/Na⁺、K⁺/Na⁺、Ca²⁺/Na⁺。

3 讨论

3.1 外源醇对盐胁迫下甜瓜幼苗生长的影响

生长抑制是植物在盐胁迫下发生的最普遍和最直观的过程^[13]。加入一些外源渗透调节物质能缓解盐胁迫下的作物生长抑制。杨洪兵^[30]研究认为添加0.8 mmol/L外源甘露醇和0.6 mmol/L外源山梨醇能明显促进盐胁迫下荞麦幼苗生长。耿浩等^[32]研究认为低浓度的甘露醇(≤0.5 mmol/L)对海水胁迫下的冬小麦幼苗生长具有一定的保护作用。本研究发现, 添加0.4或0.8 mmol/L甘露醇, 0.2或0.4 mmol/L山梨醇对盐胁迫下甜瓜幼苗地上部生物量有促进作用, 而1.6、3.2、6.4 mmol/L甘露醇或山梨醇则产生抑制作用, 与前人的研究结果一致。

在盐胁迫下, 根系最早感受逆境胁迫信号, 是最直接的受害部位^[29], 生长发育受到抑制, 使根系总长、根表面积、根体积等参数有所下降, 根系活力也明显降低^[31-32]。杨洪兵等^[29]研究认为适当浓度的甘露醇可显著增加盐胁迫下幼苗的根系活力, 甘露醇和山梨醇处理的最适浓度分别为0.8和0.6 mmol/L。马存金等^[33]研究表明, 盐胁迫下添加不同浓度的外源甘露醇后, 辣椒根系各形态指标(根长密度、根表面积、根系体积等)均呈先升后降的趋势, 且均于0.10 g/L处理达到峰值, 浓度增加对辣椒的生长发育产生抑制作用。本试验结果与之类似, 添加0.8 mmol/L的甘露醇和0.4 mmol/L山梨醇对盐胁迫甜瓜幼苗根长、根表面积和根体积有明显的促进作用。

3.2 外源醇对盐胁迫下甜瓜幼苗离子平衡的影响

植物受到盐胁迫后, 会产生一系列生理生化反应以调节离子平衡。NaCl胁迫下, 高浓度盐离子(Na⁺、Cl⁻)能够抑制植物对其他营养元素的吸收, 植物的营养平衡被打破, 致使植物营养匮乏、氧化胁迫伤害加剧, 从而影响植物正常生长代谢^[34]。郭瑞等^[11]研究表明增加土壤中Na盐含量, 亚麻体内离子平衡发生改变, 地上部分和根系K⁺/Na⁺、Ca²⁺/Na⁺和Mg²⁺/Na⁺大幅降低。颜志明等^[25]的研究结果表明, 外源脯氨酸处理提高了盐胁迫下甜

瓜幼苗植株各器官中 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等含量, 降低了 Na^+ 含量, 增加了组织中的 K^+/Na^+ 、 Ca^{2+}/Na^+ 、 Mg^{2+}/Na^+ 。本研究对 $NaCl$ 胁迫下的甜瓜施加不同浓度的甘露醇或山梨醇后, 发现添加 0.4 mmol/L 的山梨醇显著提高 Mg^{2+}/Na^+ 、 K^+/Na^+ 、 Ca^{2+}/Na^+ 。

4 结论

本研究结果表明, 100 mmol/L $NaCl$ 胁迫条件下, 盐胁迫抑制了甜瓜幼苗及根系的生长, 株高、地上部鲜重、根长、根表面积和根体积均显著下降, 茎叶部离子平衡被破坏, Na^+ 含量显著增加, K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 显著降低, K^+/Na^+ 、 Ca^{2+}/Na^+ 、 Mg^{2+}/Na^+ 降低, 添加外源物质甘露醇和山梨醇有助于缓解盐胁迫对根系的伤害, 增强植株对逆境的适应能力, 保护了植物体内离子平衡的稳定性和正常生理代谢。本试验条件下, 调节盐胁迫对甜瓜幼苗根系及离子平衡影响的最适浓度是 0.4 mmol/L 山梨醇。

参考文献:

- [1] 张德纯. 甜瓜 [J]. 中国蔬菜, 2008 (7): 47.
- [2] 王志丹. 中国甜瓜产业经济发展研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2014.
- [3] 洪日新, 叶云峰, 覃斯华, 等. 广西甜瓜 70 年发展回顾与展望 [J]. 中国瓜菜, 2019, 32 (8): 40-44.
- [4] 张绪美, 曹亚茹, 沈文忠, 等. 微生物肥对设施土壤次生盐渍化和番茄生产的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2019 (5): 119-126.
- [5] 李文信, 李天艳, 覃斯华, 等. 广西厚皮甜瓜发展前景及对策 [J]. 中国瓜菜, 2011, 24 (1): 41-44.
- [6] 文方芳, 韩宝, 李桐, 等. 不同盐分胁迫对京郊设施黄瓜生产的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2019 (1): 140-144.
- [7] 蔡晓锋, 胡体旭, 叶杰, 等. 植物盐胁迫抗性的分子机制研究进展 [J]. 华中农业大学学报, 2015, 34 (3): 134-141.
- [8] Mahajan S, Tuteja N. Cold, salinity and drought stresses: an overview [J]. Archives of Biochemistry & Biophysics, 2005, 444 (2): 139-158.
- [9] Parvaiz A, Satyawati S. Salt stress and phyto-biochemical responses of plants: a review [J]. BMC Surgery, 2008, 54 (3): 1-7.
- [10] 赵春桥, 李继伟, 范希峰, 等. 不同盐胁迫对柳枝稷生物量、品质和光合生理的影响 [J]. 生态学报, 2015, 35 (19): 258-264.
- [11] 郭瑞, 李峰, 周际, 等. 亚麻响应盐、碱胁迫的生理特征 [J]. 植物生态学报, 2016, 40 (1): 73-83.
- [12] 郝卫平, 龚道枝, 顾峰雪, 等. 亚麻 (*Linum usitatissimum* L.) 幼苗对等渗透势水和盐胁迫的生理响应 [J]. 东北师大学报 (自然科学版), 2013, 45 (4): 119-123.
- [13] 岳小红, 曹靖, 耿杰, 等. 盐分胁迫对啤酒大麦幼苗生长、离子平衡和根际 pH 变化的影响 [J]. 生态学报, 2018, 38 (20): 228-235.
- [14] 束红梅, 郭书巧, 巩元勇, 等. 盐胁迫对作物根系的影响及基因工程改良 [J]. 分子植物育种, 2013, 11 (5): 657-662.
- [15] Eissenstat D M, Wells C E, Whitbeck R D Y L. Special issue: root dynamics and global change: an ecosystem perspective II research view: building roots in a changing environment: implications for root longevity [J]. New Phytologist, 2000, 147 (1): 33-42.
- [16] 田礼欣, 李雨杰, 刘旋, 等. 外源海藻糖对盐胁迫下玉米幼苗根系生长及生理特性的影响 [J]. 江苏农业学报, 2017, 33 (4): 754-759.
- [17] 李路瑶, 丁效东, 李威威, 等. 盐胁迫下硝态氮对甘薯根系发育及荧光系统活性的影响 [J]. 山东农业科学, 2017, 49 (9): 101-106.
- [18] 孙娟娟, 于林清, 赵金梅, 等. 盐分不均匀分布对紫花苜蓿生长和离子特征的影响 [J]. 中国农业科学, 2017, 50 (22): 4299-4306.
- [19] 何丽丹, 刘广明, 杨劲松, 等. 根施甜菜碱缓解黑麦草幼苗盐胁迫效应研究 [J]. 土壤学报, 2013, 50 (5): 1054-1059.
- [20] 刘俊, 刘怀攀, 刘友良, 等. 外源甜菜碱对盐胁迫下大麦幼苗体内多胺和离子含量的影响 [J]. 作物学报, 2004, 30 (11): 1119-1123.
- [21] 惠红霞, 许兴, 李前荣. 外源甜菜碱对盐胁迫枸杞生长及膜脂过氧化的影响 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2004 (7): 77-80, 84.
- [22] 徐婷, 樊景胜, 赵佰仁, 等. 外源甜菜碱对盐胁迫下薄皮甜瓜生长及产量和品质的影响 [J]. 黑龙江农业科学, 2016 (2): 84-86.
- [23] 闫道良, 郑炳松. 海藻糖浸种对盐胁迫下扬麦 19 生理特性的影响 [J]. 浙江农业学报, 2016, 28 (8): 1271-1276.
- [24] 徐婷, 周传余, 周超, 等. 海藻糖对盐胁迫下薄皮甜瓜幼苗抗氧化系统的影响 [J]. 北方园艺, 2014 (19): 28-30.
- [25] 颜志明, 孙锦, 郭世荣, 等. 外源脯氨酸对盐胁迫下甜瓜幼苗根系抗坏血酸-谷胱甘肽循环的影响 [J]. 植物科学学报, 2014, 32 (5): 502-508.
- [26] 金光, 颜少宾, 郭瑞, 等. 外源山梨醇对桃苗叶片基因表达网络的影响 [J]. 果树学报, 2018, 35 (9): 3-12.
- [27] 杨光, 李玲玉, 黄明丽, 等. 山梨醇对植株抗逆性作用的研究进展 [J]. 土壤, 2018, 50 (3): 14-22.
- [28] 李亚男, 陈大清, 马自超. 高温胁迫下甘露醇对离体小麦叶片生理特性的影响 [J]. 湖北农学院学报, 1995 (4): 301-304.
- [29] 杨洪兵, 杨世平. 甘露醇和山梨醇对荞麦幼苗耐盐性的效应 [J]. 湖北农业科学, 2014 (2): 274-276.
- [30] 杨洪兵. 外源多元醇对盐胁迫下荞麦种子萌发及幼苗生理特性的影响 [J]. 华北农学报, 2013, 28 (4): 98-104.

- [31] 杨艳华, 陈国祥, 刘少华, 等. 外源山梨醇对盐胁迫下两优培九和武运粳7号光合特性及类囊体膜多肽组分的影响[J]. 中国水稻科学, 2004, 18(3): 234-238.
- [32] 耿浩, 王韶丽, 郭林, 等. 甘露醇对海水胁迫下小麦种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 基因组学与应用生物学, 2011, 30(2): 218-223.
- [33] 马存金, 任士伟, 胡兆平, 等. 盐胁迫下喷施不同浓度甘露醇对辣椒生长发育的影响[J]. 北方园艺, 2016(9): 11-15.
- [34] 赵可夫, 李法曾. 中国盐生植物(第2版)[M]. 北京: 科学出版社, 2013.

Effects of exogenous polyols on the growth and ion balance of muskmelon seedlings under salt stress

LI Qin, SU Li-rong*, ZENG Cheng-cheng, QIN Fang, SU Tian-ming (Institute of Agricultural Resources and Environment of Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning Guangxi 530007)

Abstract: To explore the influence of applying exogenous mannitol and sorbitol on muskmelon seedling growth and ion balance under salt stress, the study chose muskmelon ‘guimi 12’ as test materials and sand culture with Hoagland nutrient solution (CK0). 100 mmol/L NaCl was used to simulate salt stress (CK1), and different concentration of mannitol and sorbitol were added. The processing of melon seedling growth and the change of ion balance were observed. The results showed that under 100 mmol/L NaCl stress (CK1), compared with CK0, the underground fresh weight, dry weight, total root length, root surface area, root volume, K^+ / Na^+ , Ca^{2+} / Na^+ and Mg^{2+} / Na^+ of muskmelon seedlings decreased significantly. Addition of 0.4 mmol/L mannitol significantly increased the concentration of Ca^{2+} and Mg^{2+} in the stem and leaves of muskmelon seedlings, but did not increase the concentration of Na^+ and did not decrease the concentration of K^+ . The ratio of Mg^{2+} / Na^+ was significantly increased, while the ratio of Ca^{2+} / Na^+ and K^+ / Na^+ were about the same as CK1. Addition of 0.4 mmol/L sorbitol significantly increased the overground fresh weight, the root length, root surface area, root volume, of muskmelon seedling, but significantly decreased the concentration of Na^+ , increased the Ca^{2+} and Mg^{2+} concentration, and the ratios of Mg^{2+} / Na^+ , K^+ / Na^+ and Ca^{2+} / Na^+ in muskmelon seedlings under salt stress were increased. These results indicated that appropriate concentrations of sorbitol and mannitol could alleviate the damage of salt stress to muskmelon seedlings. Under experimental conditions, 0.4 mmol/L sorbitol was the best treatment to alleviate the effects of salt stress on root and ion balance of melon seedlings.

Key words: muskmelon; salt stress; mannitol; sorbitol; ionic equilibrium; the root system