外源 SA 对盐胁迫下黄瓜种子萌发及幼苗生长的影响

杨晓平[1]，陈修斌[2]，李翊华[2]，许耀照[2]

（1. 张掖市甘州区梁家墩镇农业技术推广站，甘肃 张掖 734000；2. 河西学院农业与生物技术学院，甘肃 张掖 734000）

摘要：在 100 mmol/L 的 NaCl 胁迫下，研究不同浓度外源 SA 对黄瓜种子萌发和幼苗生长的影响。结果表明，在盐胁迫下，添加外源 SA 可促进黄瓜种子的萌发和幼苗的生长，提高光合作用，降低有害物质 MDA 的含量，从而提高植株的抗逆性， SA 浓度为 2 mmol/L 时，效果最好，黄瓜种子的发芽势、发芽率和发芽指数以及幼苗株高、主根长、地上鲜重、地下鲜重均达到最大值，其幼苗蒸腾速率、气孔导度、光合速率、胞间 CO_2 浓度最大，幼苗叶片 MDA 含量最低，为 6.46 mol/gFW，最适合 SA 浓度为 2 mmol/L。

关键词：SA；盐胁迫；黄瓜；种子萌发；幼苗生长

中图分类号：S330.2 **文献标志码：**A **文章编号：**1001-1463(2019)01-0043-05

doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2019.01.010

Effects of Exogenous SA on Germination and Seedling Growth of Cucumber Seed under Salt Stress

YANG Xiaoping[1], CHEN Xiubin[2], LI Yihua[2], XU Yaozhao[2]

(1. Liangjiadun Agricultural Technology Extension Station of Zhangye City, Zhangye Gansu 734000, China; 2. College of Agriculture andBiotechnology, Hexi University, Zhangye Gansu 734000, China)

Abstract: The effects of different concentrations of exogenous SA on seed germination and seedling growth of cucumber were studied under 100 mmol/L NaCl stress. The results showed that under salt stress, the addition of exogenous SA could promote the germination of cucumber seeds and the growth of seedlings, increase photosynthesis, reduce the content of harmful substance MDA, and thus improve the stress resistance of cucumber plants. The germination potential, germination rate and germination index of cucumber seeds, plant height, main root length, aboveground fresh weight and underground fresh weight of seedlings reached the maximum under SA concentration 2 mmol/L treatment. At the same time, the values of transpiration rate, stomatal conductance, photosynthetic rate and intercellular CO_2 concentration were the highest. MDA content in leaves of cucumber seedlings was the lowest, and its value was 6.46 mol/gFW, the optimum concentration of SA was 2 mmol/L.

Key words: SA; Salt stress; Cucumber; Seed germination; Seedling growth

近年来，我国蔬菜设施栽培特别是温室和大棚栽培面积迅速增加，但由于设施

收稿日期：2018-05-02；**修订日期：**2018-11-16

基金项目：甘肃省高校协同创新科技团队支持计划资助(2017C-18)。

作者简介：杨晓平（1976—），女，甘肃临泽人，农艺师，主要从事农作物栽培与生理方面的研究。Email：735008566@qq.com。

通信作者：陈修斌（1968—），男，河南邓州人，教授，硕士，主要从事园艺植物栽培方面的研究。Email：chenxiubin 2003@163.com。

内特有的小气候特点以及不同的栽培管理措施，如地温高、蒸发旺盛、无雨水冲淋、施肥过量且偏施氮肥等，导致土壤性状恶化，土壤次生盐渍化现象发生严重，环境受到污染和破坏，影响了设施园艺作物实现可持续发展。因此，研究解决土壤次生盐渍化已受到广泛关注[1]。黄瓜是设施栽培的主要园艺作物之一，随着农业产业结构调整，黄瓜在张掖地区日光温室种植面积不断扩大，但在黄瓜生产上，由于农民大多采用传统管理模式，盲目过量施肥和大水漫灌，一方面导致水肥资源利用降低，另一方面导致土壤板结，盐碱化程度加剧，导致黄瓜产量下降、品质降低，已制约黄瓜实现高效可持续发展的重要障碍。

水杨酸(Salicylic acid，简称 SA)，又称邻羟基苯甲酸，是一种脂溶性有机酸，近年的研究发现，水杨酸作为一种内源信号物质，在植物遭受逆境特别是盐胁迫时会发挥重要作用[2]。盐胁迫导致种子萌发受到抑制，而添加适宜浓度的 SA 则能缓解盐胁迫作用[3]。韩志平等[4]研究了 SA 对盐胁迫下西瓜种子萌发特性的影响，表明较低浓度水杨酸浸种可缓解盐胁迫对西瓜种子萌发和幼苗生长的抑制作用，减轻西瓜种子萌发期盐胁迫伤害的最适水杨酸浓度为 1.0 mmol/L。王俊斌[5]等研究了 SA 对促进盐胁迫条件下水稻种子萌发的机理，认为低浓度外源 SA 通过提高盐胁迫下抗氧化能力来促进水稻种子萌发。而 SA 对盐胁迫条件下促进黄瓜种子萌发的研究缺少报道。我们以黄瓜种子为材料，研究了外源 SA 处理黄瓜种子对其种子萌发和幼苗生长的影响，以期为本地区黄瓜壮苗培育和高产优质栽培提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试黄瓜品种为翠玉黄瓜，来源市购；水杨酸纯度 98%，市购。

1.2 试验设计

试验于 2017 年 9 月至 2018 年 3 月在河西学院农业与生物技术学院实验室进行。参考贡鑫等[6]的方法，共设 6 个处理。CK 为清水；A1，100 mmol/L NaCl；A2，100 mmol/L NaCl + 1 mmol/L SA；A3，100 mmol/L NaCl+2 mmol/L SA；A4，100 mmol/L NaCl+3 mmol/L SA；A5，100 mmol/L NaCl+4 mmol/L SA。试验前挑选饱满、无病害的种子，每个处理 50 粒，3 次重复，放在上述处理的溶液中，浸种 1 h。根据《国际种子检验规程》，采用直径 12 cm 培养皿、纸质发芽床，发芽实验在培养室进行，温度 25 ℃，保持发芽床湿润，当胚根长为种子长 2 倍以上时视为萌发。

1.3 测定内容与方法

1.3.1 发芽势、发芽率、发芽指数 于播种后每天记录发芽种子数，第 4 天统计发芽势，第 6 天统计发芽率与发芽指数[7-8]。

发芽率(GP) = (全部发芽种子粒数/供试种子粒数) × 100%。

发芽势(GE) = 4 d内发芽种子数/供试种子数 × 100%。

发芽指数(GI)= $\sum Gt/Dt$，其中 Gt 为 t 时间内的发芽数，Dt 为相应的发芽天数。

1.3.2 形态指标 发芽结束后，将不同处理的种子播种于放商品基质的 72 穴的穴盘中，每穴 1 粒种子，放在日光温室内进行培养。待幼苗出苗后，各处理用喷壶注入相应处理浓度的溶液，直到基质浸透为止。当幼苗长到 5 叶 1 心时，各处理随机标记 3 株幼苗，用清水冲洗根部，用直尺测量株高、主根

长，用电子天平分别称地上部分鲜重和地下部分鲜重。

1.3.3 生理指标测定 幼苗长到 5 叶 1 心时，利用英国 Hansatech 公司的 TPS-2 便携式光合仪测定黄瓜叶片的光合速率、蒸腾速率、气孔导度（GS），细胞间隙 CO_2 浓度。叶片丙二醛（MDA）含量采用硫代巴比妥酸法测定[9]。

1.4 数据分析

各处理 3 次重复，计算平均值，利用 Excel（2010版）和DPS（2007版）软件对试验数据进行分析。

2 结果分析

2.1 外源 SA 对盐胁迫下黄瓜种子发芽特性的影响

由表 1 可知，单一采用盐胁迫处理 A1 的黄瓜种子，其发芽势、发芽率、发芽指数分别比对照 CK 下降了 26.12 百分点、20.04 百分点、10.88，黄瓜种子的萌发均受到严重抑制。用不同浓度的 SA 处理之后，种子的发芽势、发芽率、发芽指数随 SA 浓度的增加呈现“低-高-低”的趋势。SA 浓度为 2 mmol/L 时（处理 A3），黄瓜种子的发芽势、发芽率、发芽指数均达到最大值，分别为 78.14%、81.63%、75.39，而后随着 SA 浓度的升高，黄瓜种子的发芽势、发芽率、发芽指数又开始下降。可以看出，SA 浓度为 2 mmol/L 时，可以有效缓解盐胁迫对黄瓜种子萌发的抑制，这主要是盐胁迫下会抑制植物种子的萌发，而添加不同浓度外源 SA 可以起到缓解作用，促进种子萌发。

表 1 外源 SA 对盐胁迫下黄瓜种子发芽特性的影响

处理	发芽势 /%	发芽率 /%	发芽指数
CK	82.35 ± 3.22 a	82.41 ± 2.02 a	67.36 ± 1.66 bc
A1	56.23 ± 2.04 de	62.37 ± 1.02 de	56.48 ± 2.07 de
A2	75.24 ± 3.01 bc	78.72 ± 2.32 bc	69.73 ± 2.04 b
A3	78.14 ± 3.12 ab	81.63 ± 3.15 ab	75.39 ± 3.31 a
A4	68.46 ± 4.04 cd	75.32 ± 2.65 cd	66.31 ± 3.68 cd
A5	54.62 ± 3.02 e	60.12 ± 2.32 e	53.84 ± 1.84 e

2.2 外源 SA 对盐胁迫下黄瓜幼苗生长的影响

由表 2 可知，在采用单一的盐胁迫处理 A1 时，黄瓜幼苗的株高、主根长分别比对照减少 2.54、1.73 cm，地上鲜重、地下鲜重分别比对照降低 0.14、0.05 g，黄瓜幼苗的生长已受到严重抑制。经不同浓度的 SA 处理后，幼苗的株高、主根长、地上鲜重、地下鲜重均有所提高。当 SA 浓度为 2 mmol/L 时，即处理 A3 的黄瓜幼苗株高 18.01 cm、主根长 9.50 cm、地上鲜重 2.57 g、地下鲜重 0.37 g，均达到最大值，说明 SA 可以缓解盐

表 2 外源 SA 对盐胁迫下黄瓜幼苗生长的影响

处理	株高 /cm	主根长 /cm	地上鲜重 /g	地下鲜重 /g
CK	18.21 ± 0.63a	5.93 ± 1.03cd	2.21 ± 0.31bc	0.13 ± 0.02c
A1	15.67 ± 0.67c	4.20 ± 0.66e	2.07 ± 0.27c	0.08 ± 0.03d
A2	16.67 ± 0.33bc	5.77 ± 0.74de	2.18 ± 0.08bc	0.29 ± 0.03ab
A3	18.01 ± 0.58a	9.50 ± 1.89a	2.57 ± 0.13a	0.37 ± 0.03a
A4	17.01 ± 1.53ab	6.20 ± 1.47bc	2.55 ± 0.30ab	0.22 ± 0.06bc
A5	16.02 ± 1.00bc	7.40 ± 1.39b	2.38 ± 0.35ab	0.28 ± 0.03ab

胁迫对黄瓜幼苗生长的影响，以处理 A3 的浓度最佳。说明盐胁迫导致黄瓜幼苗的根系、株高等的生长受到抑制[10]，而外源 SA 可以缓解盐胁迫的伤害，促进幼苗生长[11]。

2.3 外源 SA 对盐胁迫下黄瓜幼苗光合特性的影响

在大多数情况下，植物遭受盐胁迫都会诱导气孔关闭。气孔的关闭阻碍 CO_2 从叶片外向叶绿体的羧化部位扩散，导致胞间 CO_2 浓度下降，引起光合速率降低[12]。由表 3 可知，在 100 mmol/L NaCl 胁迫下，黄瓜幼苗的蒸腾速率 0.2 mmol/（m^2·s）、气孔导度 104.34 H_2O mmol/(m^2·s)、光合速率 2.27 CO_2 mmol/(m^2·s)、胞间 CO_2 浓度 70 μL/L，与 CK 相比下降最多；加入不同浓度外源 SA 后，各处理的蒸腾速率、气孔导度、光合速率、胞间 CO_2 浓度均有所提高，处理 A3(SA浓度为 2 mmol/L)的值最大，蒸滕速度为 0.96 mmol/(m^2·s)、气孔导度 544.01 H_2O mmol/(m^2·s)、光合速率 3.63 CO_2 mmol/(m^2·s)、胞间 CO_2 浓度 680 μL/L，当 SA 浓度超过 2 mmol/L 时又呈下降趋势。表明在盐胁迫下，加入适宜浓度的 SA 可以缓解盐胁迫对黄瓜幼苗生长的抑制作用，SA 浓度为 2 mmol/L 时缓解效果最好。

2.4 外源 SA 对盐胁迫下黄瓜幼苗 MDA 含量的影响

植物器官衰老或在逆境条件下往往会发生膜脂过氧化作用，其产物丙二醛(MDA)的多少体现植物对逆境反应强度的大小。由图 1 可见，黄瓜幼苗 MDA 的含量总体呈现“高－低－高”的趋势。在 NaCl 胁迫下，MDA 含量达到最高，比 CK 高出 0.81 μmol/g FW。添加不同浓度的 SA 浸种处理黄瓜种子后，其 MDA 的产生受到抑制，即处理 A2、A3、A4、A5 分别比 CK 降低了 4.12、4.63、3.13、2.32 μmol/g FW。可以看出外源 SA 浓度为 2 mmol/L 时(A3处理)，MDA 含量达到最低，其值为 6.46 mmol/g FW，这说明 A3

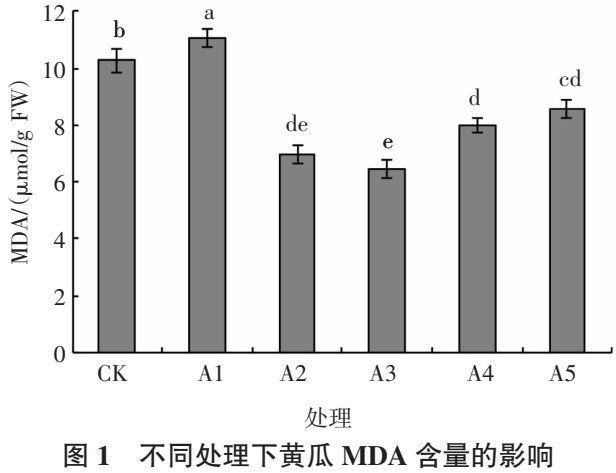

图 1 不同处理下黄瓜 MDA 含量的影响

表 3 外源 SA 对盐胁迫下黄瓜幼苗光合特性的影响

处理	蒸腾速率 /[mmol/（m^2·s）]	气孔导度 /[H_2O mmol/（m^2·s）]	光合速率 /[CO_2 mol/（m^2·s）]	胞间CO_2 /(μL/L)
CK	0.62 ± 0.20 a	237.67 ± 5.44 ab	2.77 ± 1.52 a	653 ± 7.09 a
A1	0.42 ± 0.12 a	133.33 ± 5.64 b	0.50 ± 0.15 a	583 ± 8.58 b
A2	0.44 ± 0.23 a	160.00 ± 0.74 b	0.63 ± 0.38 a	593 ± 5.87 b
A3	0.96 ± 0.24 a	544.01 ± 1.71 ab	3.63 ± 2.28 a	680 ± 1.15 a
A4	0.53 ± 0.14 a	181.02 ± 1.81 b	2.17 ± 0.15 a	646 ± 9.96 a
A5	0.76 ± 0.27 a	373.67 ± 1.04 ab	2.85 ± 1.35 a	658 ± 7.51 a

处理可有效缓解 NaCl 胁迫对黄瓜幼苗产生的伤害且减少了有害物质 MDA 的产生。这一结果同时也表明外源 SA 处理能使盐胁迫处理植物的 MDA 含量降低，减轻了植物受伤害的程度[13]。

3 结论与讨论

研究了 NaCl 胁迫下 SA 处理下黄瓜种子的发芽势、发芽率、发芽指数的变化。结果显示，盐胁迫下黄瓜的萌发和幼苗生长明显受到抑制，添加不同浓度外源 SA，黄瓜幼苗的株高、主根长、地上鲜重、地下鲜重明显发生变化。当 SA 浓度为 2 mmol/L 时，株高、主根长、地上鲜重、地下鲜重的值均为最大。在盐胁迫下，黄瓜幼苗的蒸腾速率、气孔导度、光合速率、胞间 CO_2 浓度与清水对照相比均有所下降，加入不同浓度外源 SA 的处理，其蒸腾速率、气孔导度、光合速率、胞间 CO_2 均有所提高；当 SA 浓度为 2 mmol/L 时其值最大，分别为 0.96 mmol/(m^2· s)、544 mmol/(m^2 ·s)、3.63 mmol/(m^2· s)、680 μL/L，当 SA 浓度超过 2 mmol/L 时，其值又随之下降。这表明在盐胁迫下，加入适宜浓度的外源 SA 可以缓解盐胁迫对黄瓜幼苗生长的抑制作用，这与前人的研究相一致[11]。同时 SA 浓度为 2 mmol/L 时叶片 MDA 含量最低，其值为 6.46 mmol/g FW，这表明该处理下黄瓜幼苗的伤害程度最小。

本研究表明，在盐胁迫下，添加外源 SA 可促进黄瓜种子的萌发和幼苗的生长，提高光合作用，降低有害物质 MDA 的含量，从而提高植株的抗逆性，其最佳浓度为 2 mmol/L。这一研究结论对在盐胁迫下黄瓜种子催芽和壮苗培育具有指导意义。

参考文献：

[1] 刘维宝，陈新红，周 羽，等. 外源水杨酸对 NaCl 胁迫下黄瓜种子萌发和幼苗根系生长的影响[J]. 中国农学通报，2013(34)：166-170.

[2] 赵海波，卢艳如，龚宜龙，等. 外源水杨酸浸种对盐胁迫下小油菜幼苗根系生长和生理特性的影响[J]. 安徽农业科学，2016 (19)：1-3；7.

[3] 吕培泽. 水杨酸浸种对白菜型冬油菜部分生理指标的影响[J]. 甘肃农业科技，2017(4)：41-45.

[4] 韩志平，张海霞，高 迎，等. 水杨酸对盐胁迫下西瓜种子萌发特性的影响[J]. 山西大同大学 学报(自然科学版)，2011(5)：36-39.

[5] 王俊斌，王海凤，刘海学. 水杨酸促进盐胁迫条件下水稻种子萌发的机理研究[J]. 华北农学报， 2012(4)：223-227.

[6] 贡 鑫，刘 飞，万发香. 外源水杨酸对盐胁迫下毛豆种子萌发和幼苗生理特性的影响[J]. 南方农业，2016，21：188-190.

[7] 任艳芳，何俊瑜，何师加. 盐胁迫对莴苣种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 北方园艺，2008(8)：35-36.

[8] 范 晶，黄明远，徐雁霞. 盐胁迫对番茄种子萌发及叶片中丙二醛含量的影响[J]. 北方园艺，2011(10)：27-29.

[9] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京：高等教育出版社，2006：67-85.

[10] 孟长军. 盐胁迫对樱桃番茄幼苗形态指标的影响[J]. 吉林农业科学， 2012(3)：45-48.

[11] 程李香，李辉军，韩国明，等. 盐胁迫对黄瓜种子萌发及其幼苗生理特性的影响[J]. 甘肃科技纵横，2012(3)：50-51.

[12] 束 胜，郭世荣，孙 锦，等. 盐胁迫下植物光合作用的研究进展[J]. 中国蔬菜，2012(18)：53-61.

[13] 赵秀娟，韩雅楠，蔡 禄，等. 盐胁迫对植物生理生化特性的影响[J]. 湖北农业科学，2011(19)：3897-3899.

(本文责编：陈 珩)