



NaCl胁迫下腐植酸浸种对番茄种子发芽的影响

张瑞腾¹ 张佳¹ 周可杰² 王曰鑫¹ 李海平^{1*} 李灵芝¹

(1 山西农业大学园艺学院 太谷 030801

2 新沂市苏蒙肥业有限公司 新沂 221400)

摘要:以“金棚8号”番茄品种为实验材料,探讨在NaCl胁迫下不同稀释倍数的高活性腐植酸液剂对番茄种子萌发的影响。实验结果表明:NaCl胁迫对番茄种子萌发具有抑制作用。在150 mmol/L NaCl胁迫下,适宜浓度的高活性腐植酸液剂能够缓解NaCl胁迫,提高番茄种子发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数、胚根长、下胚轴长,降低胚根内丙二醛(MDA)含量,其中700倍高活性腐植酸稀释液作用效果最好。

关键词:腐植酸 番茄 种子 NaCl胁迫

中图分类号:TQ314.1, S351.5*1 文献标识码:A 文章编号:1671-9212(2016)02-0011-04

Effects of Humic Acid Pretreatment on Germination of Tomato Seeds under NaCl Stress

Zhang Ruiteng¹, Zhang Jia¹, Zhou Kejie², Wang Yuexin¹, Li Haiping^{1*}, Li Lingzhi¹

(1 College of Horticulture, Shanxi Agriculture University, Taigu, 030801

2 Xinyi County Sumeng Fertilizer Co. Ltd., Xinyi, 221400)

Abstract: The effects of different dilution ratio of high active humic acid on germination of tomato seeds under NaCl stress were studied by using “Jinpeng No.8” as the test material. The results showed that the NaCl stress had inhibitory effect on tomato seeds germination. Under the 150 mmol/L NaCl stress, the appropriate concentration of high active humic acid could relieve NaCl stress to increasing the germination potential, germination rate, germination index, vigor index, radicle length and hypocotyl length of tomato seeds and decreasing the content of malondialdehyde (MDA) in radicle. The optimal effects were observed when the high active humic acid was diluted 700 times.

Key words: humic acid; tomato; seed; NaCl stress

目前,关于缓解番茄种子盐(NaCl)胁迫的研究报道有很多,提到很多种缓解盐胁迫抑制效应的方法,主要包括接种耐盐细菌、赤霉素引发种子、Ca²⁺引发种子、5-氨基乙酰丙酸浸种、不同种类的外源多胺浸种等^[1-8]。腐植酸由多种官能团构成,具有良好的物理和生物活性,在改良土壤、促进作物生长发育、提高作物抗逆性方面有明显效果^[9],已成为21世纪新型肥料的发展方向。

发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数这些指标可以从不同角度反映出种子萌发期耐盐性强弱^[5]。丙二醛(MDA)是植物在逆境中膜系统发生膜

脂过氧化作用产物之一,可以作为逆境胁迫下衡量种子抗逆性的指标。

本实验用高活性腐植酸液剂浸种,探究盐胁迫下其对番茄种子萌发各项指标的影响,为促进高活性腐植酸液剂在种子萌发及缓解盐胁迫等方面的应用提供参考。

1 材料和方法

1.1 实验材料

番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill.),品种为

[基金项目] 山西省科技攻关项目(项目编号20130311008-4);山西农业大学引进人才博士科研启动基金项目(项目编号2013YJ23)。

[收稿日期] 2015-10-31

[作者简介] 张瑞腾,男,1990年生,在读硕士研究生,主要研究方向为蔬菜栽培、生理、生态。*通讯作者:李海平,男,副教授, E-mail: lihp0205@163.com。

“金棚8号”。

处理液剂为高活性腐植酸液剂(总腐植酸含量约为21.6 g/L),由江苏省新沂市苏蒙肥业有限公司提供。

1.2 实验方法

1.2.1 NaCl胁迫下番茄种子的萌发实验

挑选颗粒饱满无损伤且大小相对一致的番茄种子,用0.2%的高锰酸钾溶液消毒约25 min,用蒸馏水浸种6 h,然后各取50粒种子放在铺有双层滤纸的培养皿中,向内分别加入10 mL浓度为50、150、250 mmol/L的NaCl溶液^[10],以蒸馏水为对照(CK)。使滤纸充分吸透,然后盖上培养皿,防止水分蒸发。每个处理设置3次重复。将培养皿放在 27 ± 1 的恒温培养箱中发芽。从第2天起开始统计番茄种子的发芽数,以番茄种子的胚根突破种皮为萌发标准,连续记录7天。

1.2.2 用高活性腐植酸液剂处理在NaCl胁迫下的番茄种子萌发实验

用500、600、700、800、900倍高活性腐植酸稀释液浸种6 h,以蒸馏水为对照处理(CK),每个处理分别设置3次重复。在每个处理中加入10 mL 150 mmol/L NaCl溶液(前期实验发现该浓度NaCl对番茄种子的萌发已有抑制作用,浓度过高对实验没有指导意义),按实验方法1.2.1进行番茄种子的发芽实验。

1.3 测定指标及其方法

发芽势(GE)=(4天内的发芽数/供实验种子总

数)×100% ;

发芽率(GP)=(7天内的发芽数/供实验种子总数)×100% ;

发芽指数(GI)= Gt/Dt(Gt指发芽数,Dt指相应的发芽日数);

活力指数(VI)=S×GI(S为发芽第7天测定的幼苗鲜重,GI为发芽指数)。

从每个处理中随机抽取15株幼苗,用直尺测量胚根长、下胚轴长,用游标卡尺测胚根粗,然后用硫代巴比妥酸法^[11]测胚根内MDA含量,单位用 $\mu\text{mol}/(\text{g} \cdot \text{FW})$ 表示。

1.4 数据分析与统计

用Excel 2013和SAS软件对实验数据进行统计与分析。

2 结果分析

2.1 NaCl胁迫对番茄种子萌发的影响

NaCl胁迫对番茄种子萌发的影响见表1。

由表可知,不同浓度的NaCl处理对番茄种子的发芽影响不同。随着NaCl溶液浓度的增大,番茄种子的发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数均有所下降。其中,高浓度(150、250 mmol/L)的NaCl胁迫对番茄种子的发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数的抑制作用均表现显著,这与前人在黄瓜^[8]、小麦^[12, 13]、玉米^[14]等作物上的研究结果基本一致。

表1 NaCl胁迫对番茄种子萌发的影响

Tab.1 Effects of NaCl stress on the germination of tomato seeds

| NaCl浓度(mmol/L) | 发芽率(%) | 发芽势(%) | 发芽指数 | 活力指数 |
|----------------|--------|--------|--------|-------|
| CK | 93.95a | 96.22a | 20.89a | 0.77a |
| 50 | 90.85a | 93.03a | 16.86b | 0.71a |
| 150 | 62.55b | 74.40b | 10.15b | 0.43b |
| 250 | 49.17c | 55.46c | 7.56c | 0.35b |

注:同列数据中不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

2.2 NaCl胁迫下不同稀释倍数高活性腐植酸液剂对番茄种子萌发特征的影响

150 mmol/L NaCl胁迫下不同稀释倍数高活

性腐植酸液剂对番茄种子萌发的影响见表2。

由表可知,除500、900倍高活性腐植酸稀释液浸种处理外,其他经高活性腐植酸液剂处理的



番茄种子的各项发芽指标均优于CK。整体来看,这4项发芽指标都随着高活性腐植酸液剂稀释倍数的增加先升高后降低,表明适宜浓度的高活性腐植酸液剂可以在一定程度上缓解NaCl对番茄种子萌发的抑制,但高活性腐植酸液剂稀释倍数过

低会导致番茄种子渗透失水,影响其萌发,其中700倍的高活性腐植酸稀释液对NaCl胁迫缓解效果最好,番茄种子的发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数分别较CK增加了17.03%、16.17%、66.11%、65.12%。

表2 150 mmol/L NaCl胁迫下不同稀释倍数高活性腐植酸液剂对番茄种子萌发的影响

Tab.2 Effects of different dilution ratio of high active humic acid on the germination of tomato seeds under 150 mmol/L NaCl stress

| 高活性腐植酸液剂稀释倍数 | 发芽势(%) | 发芽率(%) | 发芽指数 | 活力指数 |
|--------------|---------|---------|---------|--------|
| CK | 62.55cd | 74.40cd | 10.15c | 0.43bc |
| 500 | 51.99d | 69.406d | 9.87c | 0.37c |
| 600 | 68.40ab | 79.14bc | 12.60bc | 0.45bc |
| 700 | 73.20a | 86.43a | 16.86a | 0.71a |
| 800 | 67.15b | 82.17ab | 14.97ab | 0.49b |
| 900 | 58.23c | 72.43d | 11.38c | 0.44bc |

2.3 NaCl胁迫下不同稀释倍数高活性腐植酸液剂对番茄幼苗胚根和下胚轴生长的影响

150 mmol/L NaCl胁迫下不同稀释倍数高活性腐植酸液剂对番茄幼苗胚根和下胚轴长的影响分别见图1和图2。

由图可知,在150 mmol/L NaCl胁迫下,5个不同浓度的高活性腐植酸液剂浸种对番茄幼苗胚根和下胚轴的生长均起到一定的促进作用,且随着高活性腐植酸液剂稀释倍数的增大,表现出对二者的促进作用均为先增大后减小,但对胚根生长的促进作用较下胚轴大,均以700倍的高活性腐植酸稀释液促进作用最为显著,使番茄幼苗胚根和下胚轴长分别增加了129.33%、34.93%。实验结果表明,高活性腐植酸液剂可以缓解NaCl胁迫对番茄幼苗生长的抑制作用,以700倍的高活性腐植酸稀释液缓解效果最佳。

2.4 NaCl胁迫下不同稀释倍数高活性腐植酸液剂对番茄幼苗胚根粗的影响

150 mmol/L NaCl胁迫下不同稀释倍数高活性腐植酸液剂对番茄幼苗胚根粗的影响见图3。

由图可知,在150 mmol/L NaCl胁迫下,加

入5个不同稀释倍数的高活性腐植酸液剂后,幼苗胚根的粗度与CK相比均显著增加(除500倍的高活性腐植酸稀释液外)。其中700倍的高活性腐植酸稀释液浸种幼苗胚根最粗,与CK相比,增加了55%,极大地改善了NaCl胁迫对胚根粗的抑制作用,说明高活性腐植酸液剂可以在一定程度上缓解NaCl胁迫对幼苗胚根生长的抑制作用,且适宜浓度的高活性腐植酸液剂(700倍稀释液)缓解效果最好。

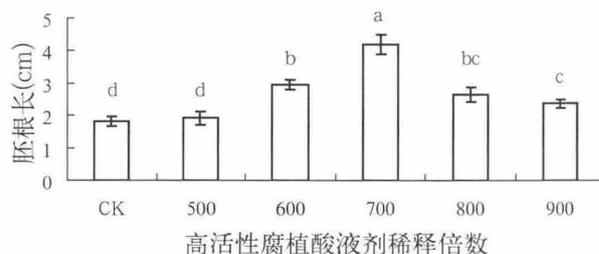


图1 150 mmol/L NaCl胁迫下不同稀释倍数高活性腐植酸液剂对番茄幼苗胚根长的影响

Fig.1 Effects of different dilution ratio of high active humic acid on the radicle length of tomato seedlings under 150 mmol/L NaCl stress

注:图中不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

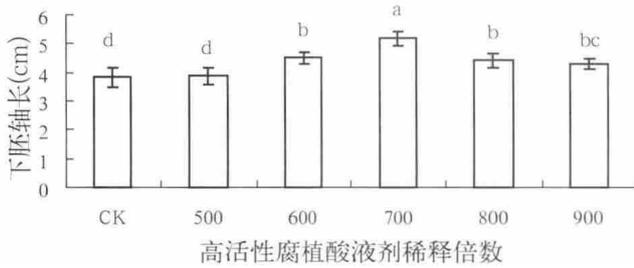


图2 150 mmol/L NaCl胁迫下不同稀释倍数高活性腐植酸液剂对番茄幼苗下胚轴长的影响

Fig.2 Effects of different dilution ratio of high active humic acid on the hypocotyl length of tomato seedlings under 150 mmol/L NaCl stress

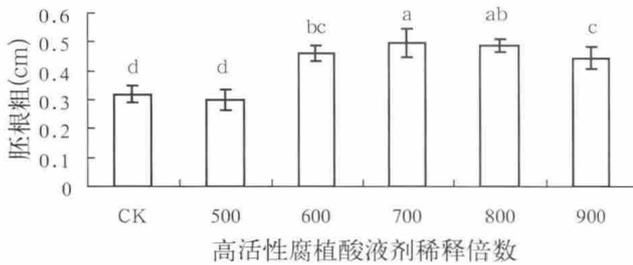


图3 150 mmol/L NaCl胁迫下不同稀释倍数高活性腐植酸液剂对番茄幼苗胚根粗的影响

Fig.3 Effects of different dilution ratio of high active humic acid on the radicle roughness of tomato seedlings under 150 mmol/L NaCl stress

2.5 NaCl胁迫下不同稀释倍数高活性腐植酸液剂对番茄幼苗胚根MDA含量的影响

150 mmol/L NaCl胁迫下不同稀释倍数高活性腐植酸液剂对番茄幼苗胚根中MDA含量的影响见图4。

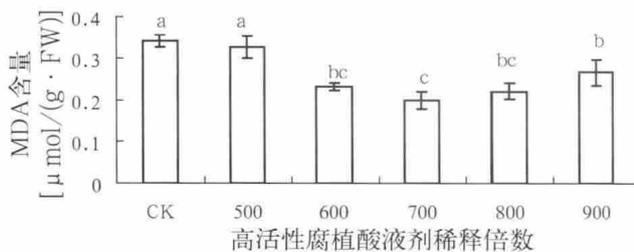


图4 150 mmol/L NaCl胁迫下不同稀释倍数高活性腐植酸液剂对番茄幼苗胚根中MDA含量的影响

Fig.4 Effects of different dilution ratio of high active humic acid on the MDA contents in tomato seedlings radicle under 150 mmol/L NaCl stress

由图可知,在NaCl胁迫下,幼苗的膜脂过氧化程度较高,即幼苗的细胞膜系统受损程度较严重,抑制了幼苗生长。加入高活性腐植酸液剂后,幼苗胚根中MDA含量随着加入液剂稀释倍数的增大先降低后增加,其中,700倍稀释液处理MDA含量达最低值,与CK比,MDA含量下降45.33%。结果表明,高活性腐植酸液剂可以在一定程度上保护细胞膜系统,降低NaCl胁迫对发芽幼苗的伤害。以700倍的高活性腐植酸稀释液效果最佳。

3 结论与讨论

胡晓辉等认为在NaCl胁迫下,番茄种子的发芽势、发芽率、发芽指数、胚根长以及下胚轴长均显著降低,MDA含量显著升高^[4]。王乃强等认为NaCl胁迫可能破坏了细胞质膜的完整性,导致细胞选择透性下降,细胞内离子不平衡,使种胚吸水困难,细胞内水分不足,抑制了番茄种子的萌发^[6]。本实验中,随NaCl浓度的增加,番茄种子的发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数逐渐降低,这与前人的研究结论基本一致。

郭伟等研究表明,用腐植酸浸种可以增加谷胱甘肽含量,减少活性氧,降低膜脂过氧化程度,进而减少MDA含量^[15]。本实验中,不同浓度的高活性腐植酸液剂均提高了番茄种子的耐盐能力,其中700倍的高活性腐植酸稀释液效果最好。

综上所述,适宜浓度高活性腐植酸液剂可提高150 mmol/L NaCl胁迫下番茄种子发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数,促进胚根和下胚轴生长,降低MDA含量,以促进150 mmol/L NaCl胁迫下番茄种子的正常萌发、生长。因此,用适宜浓度高活性腐植酸液剂浸种可作为提高番茄种子耐盐性的一种方法。但对于高活性腐植酸液剂促进番茄种子萌发的内在机理还需进一步研究。

参考文献

- [1] 曲发斌,于明礼,张柱岐,等.耐盐细菌对番茄种子萌发的影响[J].北方园艺,2014,(18):(下转第26页)



本试验由于未对发酵结束后的药渣进行巨大芽孢杆菌、胶质芽孢杆菌、圆褐固氮菌活菌数分析,不清楚其最后在药渣中活菌的数量,所以不能确定这3种菌在发酵结束后是否还存活,还需进一步检测分析。

参考文献

[1] 周旋,左森,邓光天. 黄姜皂素工业固体废弃物的综合利用[J]. 武汉工程大学学报, 2012, 34(8): 54 ~ 57

[2] 李发永,呼世斌,邓志伟,等. 黄姜皂素生产废渣固态发酵纤维素酶产酶条件优化及酶学特性初探[J]. 西北农业学报, 2007, 16(6): 277 ~ 281

[3] 洪学. EM菌发酵秸秆饲料的方法和效果[J]. 草业与畜牧, 2010, (5): 48 ~ 49

[4] 刘颖,肖尊东,杨恒星. EM发酵菌在畜禽粪便自然堆肥中的应用研究[J]. 环境科学与管理, 2015, 40(7): 80 ~ 82

[5] 王永科,穆军,呼世斌. 利用EM菌处理皂素生产废水的试验研究[J]. 西北农业科学, 2006, (3): 220 ~ 222

[6] 任荣荣. EM菌处理黄姜皂素废水中的应用[J]. 江西化工, 2013, (9): 61 ~ 65

[7] 方华舟,张婷. 固氮解磷解钾牛粪菌肥制作与工艺优化[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(3): 635 ~ 639

[8] 饶正华,林启美. 解钾菌与解磷菌及固氮菌的相互作用[J]. 生态学杂志, 2002, 21(2): 71 ~ 73

[9] 曹慧玲,王琦,胡青平,等. 添加复合菌剂好氧发酵牛粪生产生物肥料的工艺优化[J]. 农业工程学报, 2009, 25(1): 189 ~ 193

[10] 缪礼鸿,毛义华,朱薇玲. 黄姜皂素废渣废水制备有机肥的研究与应用[J]. 湖北农业科学, 2006, 46(2): 218 ~ 221

[11] 缪礼鸿,韩忠进. 利用黄姜废渣制备微生物有机肥的研究[J]. 武汉工业学院学报, 2007, 26(1): 1 ~ 3, 10

(上接第14页)35 ~ 38

[2] 薛志忠,吴新梅. 赤霉素对盐胁迫下番茄种子萌发特性的影响[J]. 北方园艺, 2011, (15): 59 ~ 61

[3] 胡晓辉,杜灵娟,邹志荣. SPD浸种对盐胁迫下番茄幼苗的保护效应[J]. 生态学报, 2009, 29(9): 5153 ~ 5157

[4] 胡晓辉,王素平,曲斌. NaCl胁迫下亚精胺对番茄种子萌发及幼苗抗氧化系统的影响[J]. 应用生态学报, 2009, 20(2): 446 ~ 450

[5] 赵艳艳,胡晓辉,邹志荣,等. 不同浓度5-氨基乙酰丙酸(ALA)浸种对NaCl胁迫下番茄种子发芽率及芽苗生长的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(1): 62 ~ 70

[6] 王乃强,胡晓辉,李瑞. 不同种类外源多胺缓解番茄盐胁迫伤害的研究[J]. 中国蔬菜, 2009, (6): 31 ~ 35

[7] 胡晓辉. 腐胺对盐胁迫下对番茄种子萌发的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(4): 1432 ~ 1433

[8] 王广印,周秀梅,张建伟,等. Ca²⁺对NaCl胁迫下黄瓜和南瓜种子发芽的影响[J]. 浙江农业科学, 2004,

(6): 307 ~ 309

[9] 茹铁军,王家盛. 腐植酸与腐植酸肥料的发展[J]. 磷肥与复肥, 2007, 22(4): 51 ~ 53

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

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

[12] 朱志华,胡荣海,宋景芝,等. 盐胁迫对不同小麦品种种子萌发的影响[J]. 作物品种资源, 1996, (4): 25 ~ 29

[13] 丁顺华,邱念伟,杨洪兵,等. 小麦耐盐性生理指标的选择[J]. 植物生理学通讯, 2001, 37(2): 98 ~ 102

[14] 陈秀兰,赵可夫. NaCl胁迫对玉米种子萌发的抑制及外源Ca²⁺的缓解效应[J]. 华北学报, 1995, 31(5): 347 ~ 349

[15] 郭伟,王庆祥. 腐植酸浸种对盐碱胁迫下小麦根系抗氧化系统的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(6): 222 ~ 226