

NaCl 胁迫下腐植酸对黄瓜种子发芽特性的影响

马太光¹, 张瑞腾¹, 郭秀霞¹, 陶虹蓉¹, 张佳¹, 王曰鑫¹, 周可杰², 李海平¹
(1.山西农业大学园艺学院, 山西 太谷 030801; 2.新沂市苏蒙肥业有限公司, 江苏 新沂 221400)

摘要: 试验以津春 4 号黄瓜(*Cucumis sativus* L.)为材料, 用高活性腐植酸液剂和 NaCl 处理黄瓜种子, 研究 NaCl 胁迫下腐植酸对黄瓜种子萌发的影响。结果表明, 适宜浓度的高活性腐植酸液剂提高了黄瓜种子的发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、胚根长、下胚轴长、胚根中超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)活性, 降低了丙二醛(MDA)的含量; 其中高活性腐植酸 600 倍稀释液作用效果最佳。

关键词: 黄瓜(*Cucumis sativus* L.); 发芽特性; 腐植酸; NaCl 胁迫

中图分类号: S642.2

文献标识码: A

文章编号: 0439-8114(2016)09-2287-03

DOI:10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2016.09.033

Effects of Humic Acid on Cucumber Seed Germination Characteristics under NaCl Stress

MA Tai-guang¹, ZHANG Rui-teng¹, GUO Xiu-xia¹, TAO Hong-rong¹,
ZHANG Jia¹, WANG Yue-xin¹, ZHOU Ke-jie², LI Hai-ping¹

(1.College of Horticulture, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, Shanxi, China;

2.Xinyi Sumeng Fertilizer Co., Ltd., Xinyi 221400, Jiangsu, China)

Abstract: Jinchun No.4 cucumber was used as the test material, the seeds were soaked with different concentrations of high active humic acid under NaCl stress, the effect of different high active humic acid on germination of cucumber seed were discussed. The results showed the high active humic acid of suitable concentration could increase the germination percent, germination energy, germination index, vigor index, radicle length and hypocotyl length, superoxide dismutase (SOD) and peroxidase(POD) activity, and decrease the content of malondialdehyde(MDA); The optimal effects could be obtained when the high active humic acid was diluted 600 times.

Key words: cucumber(*Cucumis sativus* L.); germination characteristics; humic acid; NaCl stress

近几十年,随着设施蔬菜生产的发展,设施内土壤次生盐渍化程度不断加重,蔬菜产量和质量逐年下降,已成为国内外设施栽培中广泛存在的问题^[1],严重降低了设施的利用效率,不利于设施蔬菜栽培的可持续发展,因此,植物适应盐渍化环境的能力越来越受重视。

腐植酸是一个有机载体,由许多具有生物活性的官能团组成,也包括植物呼吸和光合作用过程的中间产物,因此它具有很大的可溶性,可与多种物质相结合。腐植酸类肥料在改良土壤、促进作物生长发育、提高作物抗逆性和产量方面有明显的效果^[2],还可有效降低病虫害的发生^[3]。高活性腐植酸液剂

作为一种新型肥料,将引领未来的生态农业肥。

研究发现,腐植酸类物质对于干旱^[4,5]、重金属胁迫^[6]、盐胁迫^[7]等逆境条件下小麦生长具有良好的调控效应,但是关于在盐胁迫逆境下腐植酸对黄瓜的作用的研究少有报道。鉴于此,本研究采用高活性腐植酸液剂浸种对盐胁迫下黄瓜种子发芽特性的影响进行试验,探讨盐碱地区黄瓜生产的新技术。

1 材料与方 法

1.1 材 料

供试黄瓜(*Cucumis sativus* L.)品种为津春 4 号;NaCl 的纯度>99%,由 Life Science Products &

收稿日期:2016-01-17

基金项目:山西省科技攻关项目(20130311008-4);山西省农业技术推广示范行动项目(SXNKTG11)

作者简介:马太光(1991-),男,山西孝义人,在读硕士研究生,研究方向为蔬菜栽培与生理,(电话)18734445693(电子信箱)

mataiguang528@163.com。

Services 公司生产;高活性腐植酸液剂由新沂市苏蒙肥业有限公司提供。

1.2 方法

1)NaCl 胁迫下黄瓜种子的萌发试验。挑选大小一致且饱满的黄瓜种子,用 0.5%的高锰酸钾消毒,用去离子水浸种 8 h,然后取 40 粒种子放在铺有双层滤纸的培养皿中,加入 10 mL 浓度分别为 125、175、225、275 mmol/L 的 NaCl 溶液,以去离子水处理的为对照(CK)。每处理重复 3 次。将培养皿置于(25±1)℃的恒温培养箱中发芽。1 d 后开始统计发芽数,以黄瓜种子的胚根突破种皮为萌发标准,4 d 后计算发芽势,7 d 停止发芽试验。计算黄瓜种子发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数。

2)NaCl 胁迫下高活性腐植酸液剂处理的黄瓜种子萌发试验。用高活性腐植酸 300、450、600、750、900 倍稀释液浸种 8 h,在每个处理中加入 10 mL 225 mmol/L 的 NaCl,以 225 mmol/L NaCl 单独处理的作为对照(CK),每处理重复 3 次,按上述“1)”方法进行发芽试验。计算黄瓜种子发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、胚根长、下胚轴长,胚根中丙二醛(MDA)含量以及超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)的活性。

1.3 测定项目及方法

各指标计算公式如下:

发芽势(GE)=4 d 内发芽种子数/供试种子数×100%;

发芽率(GP)=第 7 天发芽种子数/供试种子数×100%;

发芽指数(GI)= $\sum G_t/D_t$ (G_t 指时间 t 的发芽数, D_t 指对应的发芽天数);

活力指数(VI)=GI×S(GI 为发芽指数,S 为幼苗高度);

每个处理随机取 15 株幼苗,用直尺测量胚根长、下胚轴长,然后用硫代巴比妥酸法^[8]测定黄瓜幼苗下胚轴和胚根内 MDA 含量,用 $\mu\text{mol}/(\text{gFW})$ 表示;用氮蓝四唑(NBT)还原法^[8]测定 SOD 活性,以 $U/(\text{mgFW})$ 表示;用愈创木酚方法^[8]测定 POD 活性,以 $\Delta OD_{470\text{nm}}/(\text{gFW}\cdot\text{min})$ 表示。

用 SAS 软件对试验结果进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 NaCl 胁迫对黄瓜种子萌发的影响

由表 1 可知,NaCl 胁迫处理对黄瓜种子萌发有明显影响。随着 NaCl 浓度的增大,黄瓜种子的发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数均逐渐下降,高浓度的 NaCl 胁迫处理对黄瓜种子萌发抑制效果显

著,这与前人^[9-11]研究结果基本一致。

表 1 NaCl 胁迫对黄瓜种子萌发的影响

NaCl 浓度//mmol/L	发芽率//%	发芽势//%	发芽指数	活力指数
CK	95.38 a	90.67 a	31.69 a	54.69 a
125	87.78 ab	78.08 b	22.13 b	38.02 b
175	81.06 bc	74.46 bc	16.78 c	28.07 c
225	78.92 c	69.84 bc	13.04 cd	20.06 d
275	74.56 c	66.19 c	9.83 d	13.85 d

注:表中同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$);下同。

2.2 NaCl 胁迫下不同浓度高活性腐植酸液剂对黄瓜种子萌发的影响

由表 2 可知,225 mmol/L NaCl 胁迫下用不同浓度高活性腐植酸液剂浸种,黄瓜种子发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数都呈现先增大后减小的趋势,表明高活性腐植酸液剂可以在一定程度上缓解 NaCl 对黄瓜种子萌发的抑制,且以高活性腐植酸液剂 600 倍稀释液缓解效果最好,发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数分别较 CK 增加了 7.47、11.91、10.15、8.88 个百分点。

表 2 NaCl 胁迫下不同浓度高活性腐植酸液剂处理对黄瓜种子萌发的影响

腐植酸稀释倍数	发芽率//%	发芽势//%	发芽指数	活力指数
CK	78.92 b	69.84 bc	13.04 cd	20.06 bc
300	76.36 b	64.35 c	10.00 d	18.33 c
450	80.65 ab	75.44 ab	16.77 bc	21.05 bc
600	86.39 a	81.75 a	23.19 a	28.94 a
750	82.15 ab	76.45 ab	20.58 ab	24.79 ab
900	79.54 b	75.44 ab	19.14 ab	23.34 b

2.3 NaCl 胁迫下不同浓度高活性腐植酸液剂对黄瓜幼苗胚根和下胚轴长的影响

由图 1 和图 2 可看出,NaCl 胁迫下不同浓度高活性腐植酸液剂浸种后,黄瓜幼苗的胚根和下胚轴长度都有所增加(高活性腐植酸液剂 300 倍稀释液处理除外),其中高活性腐植酸液剂 600 倍稀释液处理黄瓜幼苗胚根和下胚轴增加最大,与 CK 相比

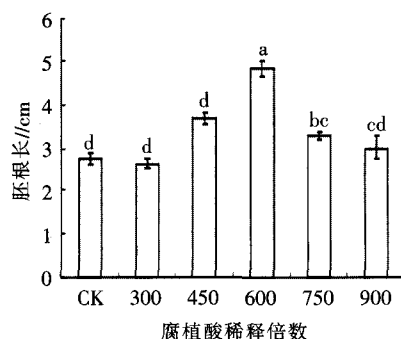


图 1 NaCl 胁迫下不同浓度高活性腐植酸液剂对黄瓜幼苗胚根长度的影响

分别增加了 76.83%、26.15%，与 CK 差异显著。表明高活性腐植酸液剂可以减轻 NaCl 对黄瓜种子发芽的胁迫，促进黄瓜幼苗胚根和下胚轴的生长，且对胚根生长的促进作用较大。

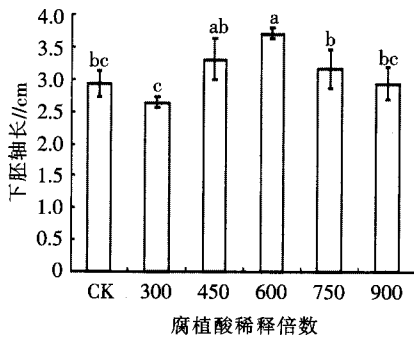


图 2 NaCl 胁迫下不同浓度高活性腐植酸液剂对黄瓜幼苗下胚轴长度的影响

2.4 NaCl 胁迫下不同浓度高活性腐植酸液剂对黄瓜幼苗胚根中 MDA 含量的影响

由图 3 可知，与 CK 相比，随着加入高活性腐植酸液剂稀释倍数的增加，黄瓜幼苗中胚根的 MDA 含量先降低后升高，说明外源高活性腐植酸液剂在一定程度上缓解了 NaCl 对黄瓜种子发芽的胁迫，增强黄瓜种子萌发对 NaCl 胁迫的抗性，但浓度过高会产生抑制作用，其中高活性腐植酸液剂 600 倍稀释液处理下，黄瓜幼苗胚根中 MDA 的含量最低，与 CK 相比，MDA 含量下降了 71.87%。

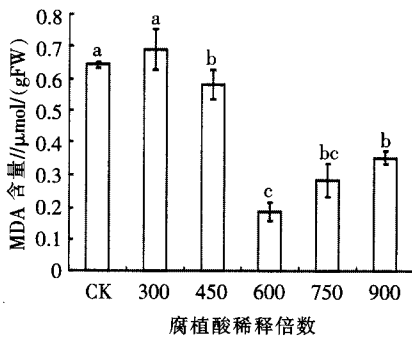


图 3 NaCl 胁迫下不同浓度高活性腐植酸液剂对黄瓜幼苗胚根中 MDA 含量的影响

2.5 NaCl 胁迫下不同浓度高活性腐植酸液剂对黄瓜幼苗胚根抗氧化酶活性的影响

由图 4 和图 5 可知，适宜浓度的高活性腐植酸液剂能有效提高黄瓜幼苗胚根中 SOD 和 POD 的活性。与对照相比，黄瓜幼苗胚根中 SOD 和 POD 两种保护性酶活性随着高活性腐植酸液剂溶液稀释倍数的增大呈先上升后下降的趋势，高活性腐植酸液剂 600 倍稀释液处理下，SOD 和 POD 活性分别较 CK 增加了 106.97%和 37.34%，表明该浓度高活性腐植酸液剂对 NaCl 胁迫的缓解效果最好。

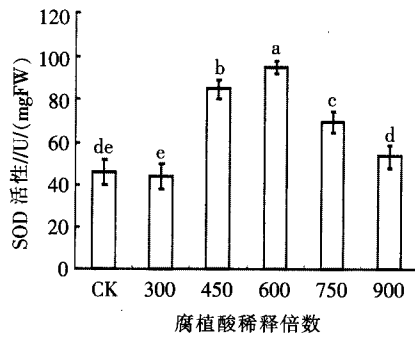


图 4 NaCl 胁迫下不同浓度高活性腐植酸液剂对黄瓜幼苗胚根中 SOD 活性的影响

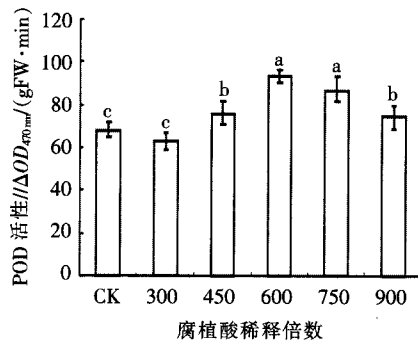


图 5 NaCl 胁迫下不同浓度高活性腐植酸液剂对黄瓜幼苗胚根中 POD 活性的影响

3 小结与讨论

种子发育期是植株生长发育的重要阶段，对植株后期的生长发育和产量有直接的影响。试验结果表明，与 CK 相比，225 mmol/L 的 NaCl 处理明显抑制黄瓜种子的萌发，发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数均显著下降，可能是因为 NaCl 胁迫致使过氧化物积累，破坏了膜脂层，影响了种子萌发。但在 NaCl 胁迫下，高活性腐植酸 600 倍稀释液剂浸种处理显著提高了黄瓜种子的发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数(高活性腐植酸液剂 300 倍稀释液处理除外)，同时黄瓜幼苗胚根中的 SOD、POD 活性明显提高，MDA 含量显著降低，从而促进黄瓜种子萌发。这与前人的研究结果基本一致^[11]。

因此，在设施蔬菜种植中用高活性腐植酸液剂浸种可作为提高黄瓜种子抗盐性的一种方法，但是高活性腐植酸液剂对黄瓜不同品种间抗盐的差异还有待研究。

参考文献:

- [1] 刘志媛,朱祝军,钱亚榕,等.等渗 Ca(NO₃)₂ 和 NaCl 对番茄幼苗生长的影响[J].园艺学报,2001,28(1):31-35.
- [2] 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.
- [3] 王安东,张丽萍,徐立佳,等.腐植酸钾、腐植酸镁对水稻的增产抗病效果试验[J].北方水稻,2007,38(2):40-41.

植株群体光合速率,从而提高植株产量^[15]。本试验中,在盛荚期,除早翠外,叶面喷施细胞分裂素的柳翠、矮虎、美国地豆 3 个豇豆品种叶绿素含量较喷施等量清水的对照组高。因此,在盛荚期可以通过喷施外源细胞分裂素来增加叶绿素的含量,从而提供充足的营养。

叶绿素能够吸收红光和蓝光,以及对绿光的反射,使植被具有独特的光谱特征,为植物光谱指数估算叶绿素含量提供了可能性。对始花期大豆叶片光合色素、叶绿素荧光参数和光谱指数进行相关分析,发现光合色素与 *GNDVI* 等的相关性和荧光参数与 *PSRI* 等的相关性均达到显著或极显著水平,表明大豆叶片叶绿素荧光特性与其光谱特征指数之间存在着相关性^[16]。Daughtry 等^[17]发现 550 nm 处玉米叶片的光谱反射率与叶绿素含量显著相关。*PRI* 对活体植物的类胡萝卜素变化非常敏感,类胡萝卜素可表征光合作用光的利用率,或碳吸收效率。本试验显示 *PRI*、*ARI1* 增加时,叶绿素含量相应增加,呈正比关系。

光照是影响花青素合成的重要因子。李运丽等^[18]认为,叶片在强光条件下可以合成大量的花青素,提高 *Fv/Fm* 适应强光环境,叶片在弱光条件下可以抑制花青素的合成来维持植株的正常生长。花青素通过反射和吸收部分太阳光,减弱到达叶绿体的光强,从而保护叶绿体,减轻光抑制。本试验测定的叶绿素含量是叶绿素 a 和 b 的总量,叶绿素含量与 *CR11* (类胡萝卜)、*PSRI*、*PRI* 负相关,而与 *ARI1* 花青素正相关。本试验对豇豆品种矮虎不同成熟度叶片的光谱指数进行了测量,结果发现,老叶、幼嫩叶与成熟叶的 *CR11* 值差异显著,*CNDVI*、*WBI*、*RENDVI* 值差异极显著,*PSRI* 指数差异显著,*ARI1* 值差异不显著,说明叶片的衰老与光合色素的光谱指数有一定的相关性。

逐步回归分析表明,叶片叶绿素含量是多重因素综合作用的结果,各个因子之间互相联系、互相影响。进行通径分析,尽可能地考虑到所有的影响因子,才能取得更为精确的结果。本试验最终筛选出 *qL*、*NPQ*、*Y(NPQ)*、*Fm*、*PRI*、*ARI1* 共 6 个显著指标来

拟合植株叶片叶绿素含量的高低。在实际生产过程中,可以采用一些生产措施例如施肥、喷施植物生长调节剂来提高植株叶片叶绿素含量,从而提高光合速率和产量,其中可以利用豇豆叶片叶绿素荧光特性与其光谱特征的相关性,可为利用高光谱遥感技术对豇豆光合生理生态的监测提供理论依据。

参考文献:

- [1] 罗中泽,刘发太,罗正伟,等.植物生长调节剂 b6s 对水稻生理生化指标的影响[J].安徽农业科学,2011,39(1):1-2,5.
- [2] 商庆梅.黄瓜衰老特征特性研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2009.
- [3] 张治礼,郑学勤.油菜叶片自然衰老过程中部分生理指标的变化规律[J].中国油料作物学报,2004,26(2):47-50.
- [4] 郭春芳,孙云.叶绿素荧光动力学在植物抗性生理研究中的应用[J].福建教育学院学报,2006(7):120-123.
- [5] 惠红霞,许兴,李前荣.外源甜菜碱对盐胁迫下枸杞光合功能的改善[J].西北植物学报,2003,23(12):2137-2142.
- [6] BLACKBURN G A. Hyperspectral remote sensing of plant pigments[J]. Journal of Experimental Botany, 2007, 58(4): 855-867.
- [7] 杨峰,黄山,武晓玲,等.根腐病胁迫对大豆光谱特征和叶绿素荧光特性的影响[J].大豆科学,2013,32(4):490-495.
- [8] 李培庆,陈善坤.多效唑对大豆生长发育中碳氮代谢动态变化的影响及其与产量形成关系的研究[J].江西农业大学学报,1992,14(4):366-370.
- [9] LEI Z X, AI T C, LI F M, et al. The Relationships between SPAD readings and the content of chlorophyll and nitrogen in strawberry leaves[J]. Journal of Hubei Agricultural College, 2001, 21(2): 138-140.
- [10] 童贯和.细胞分裂素对发生湿害的青菜、莴苣叶绿素含量的影响[J].阜阳师范学院学报,2002,19(1):31-33.
- [11] 张海峰,张明才,翟志席,等. SHK-6 对不同群体下大豆花荚脱落及其产量的调控[J].大豆科学,2007,26(1):78-83.
- [12] ZHOU X J, LIANG Y, SHEN S H, et al. Effects of rhizobial inoculation and shading on nitrogen fixation and photosynthesis of soybean[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2007, 40(3): 478-484.
- [13] 陈建明,俞晓平,程家安.叶绿素荧光动力学及其在植物抗逆生理研究中的应用[J].浙江农业学报,2006,18(1):51-55.
- [14] 彭海欢,翁晓燕,徐红霞,等.缺钾胁迫对水稻光合特征及光合防御机制的影响[J].中国水稻科学,2006,20(6):621-625.
- [15] 苏凯.超高产夏玉米叶片保绿特性及氮素调控研究[D].山东泰安:山东农业大学,2011.
- [16] 王锐,杨峰,张勇,等.套作大豆后期叶片叶绿素荧光特性及光谱特征分析[J].核农学报,2015,29(6):1182-1189.
- [17] DAUGHTRY C S T, WALTHALL C L, KIM M S, et al. Estimating corn leaf chlorophyll concentration from leaf and canopy reflectance[J]. Remote Sensing of Environment, 2000, 74: 229-239.
- [18] 李运丽,侯喜林,李志强.强光对紫罗勒花青素含量及光合特性的影响[J].华北农学报,2011,26(3):231-238.

(上接第 2289 页)

- [4] 程扶玖,杨道麟,吴庆生.腐殖酸对小麦抗旱性的生理效应[J].应用生态学报,1995,6(4):363-367.
- [5] 薛世川,刘秀芬,邓景华.施用腐植酸复合肥料对小麦抗旱抗寒能力的影响及其机理[J].中国生态农业学报,2006,14(1):139-141.
- [6] 马建军,邹德文,吴贺平,等.腐植酸钠对镉胁迫下小麦幼苗生物效应的影响[J].中国生态农业学报,2005,13(2):91-93.
- [7] ASIK B B, TURAN M A, CELIK H, et al. Effects of humic substances on plant growth and mineral nutrients uptake of wheat

(*Triticum durum* cv. Salihli) under conditions of salinity[J]. Asian Journal of Crop Science, 2009, 1(2): 87-95.

- [8] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [9] 王广印,周秀梅,张建伟,等. NaCl 胁迫对不同品种黄瓜种子发芽的影响[J].干旱地区农业研究,2005,23(1):121-124.
- [10] 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.
- [11] 郭伟,王庆祥.腐植酸浸种对盐碱胁迫下小麦幼苗抗氧化系统的影响[J].应用生态学报,2011,22(10):2539-2545.