

种子超重力处理对 NaCl 胁迫下黄瓜的影响

陈淑芳 沈孟洁

(安徽科技学院 生命科学院,安徽 凤阳 233100)

摘要: 为了探讨种子超重力处理与黄瓜耐盐性的关系,研究种子经超重力处理后对 NaCl 胁迫下黄瓜种子萌发、幼苗生长及相关生理指标的影响。结果表明,NaCl 胁迫下,黄瓜种子萌发、幼苗生长和生理指标受到显著抑制。种子在 1 000 2 000 3 000 $\times g$ 超重力水平下分别处理 1 h 和 2 h,各发芽指标包括发芽率、发芽指数和活力指数均显著提高,以 2 000 $\times g$ 2 h 处理最佳;超重力水平进一步增加到 4 000 $\times g$,处理 1 h 发芽率变化不显著,其余处理各指标均显著降低。幼苗期进行 NaCl 胁迫,与一定浓度单独盐胁迫相比,种子提前进行 2 000 $\times g$ 2 h 超重力处理,生物量显著增加,根系活力、叶绿素含量和 SOD 活性显著提高,MDA 含量显著降低。种子经一定条件超重力处理后,可提高盐胁迫下黄瓜种子的萌发和幼苗生物量,对生理指标也起到积极作用,有效缓解盐害,增强了植株耐盐性。

关键词: 超重力处理; NaCl 胁迫; 黄瓜

中图分类号: S642.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2011)增刊-0060-05

Effect of Seed Hypergravity Treatment on Cucumber under NaCl Stress

CHEN Shu-fang, SHEN Meng-jie

(College of Life Science, Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100, China)

Abstract: The objective of this study was to investigate the relationship of seed hypergravity treatment and cucumber salt tolerance. Effect of seed hypergravity treatment on cucumber germination, seedling growth and relative physiological indexes under NaCl stress was studied. The result showed that cucumber germination, seedling growth and physiological indexes were significantly inhibited under NaCl stress. After seeds were treated with the hypergravity of 1 000 2 000 3 000 $\times g$ for 1 2 hours respectively, every index including germination rate, germination index and vigor index significantly improved than the values in NaCl stress, in which effect of 2 000 $\times g$ 2 h seed hypergravity treatment was the best. Added the strength of hypergravity to 4 000 $\times g$, germination rate had not obvious change for 1 hours treatment, every index significantly decreased in other treatments. In seedling period, there was different effect between 2 000 $\times g$ 2 h seed hypergravity and NaCl combined treatment and sole NaCl treatment. Seedling biomass significantly increased, root activity, chlorophyll content and SOD activity significantly improved, MDA content significantly decreased in combined treatment than in sole NaCl treatment with certain concentration. Seed hypergravity treatment could improved cucumber seed germination and seedling biomass, actively regulated physiological indexes in seedling period under NaCl stress, which alleviated stress injury and strengthened plant salt tolerance.

Key words: Hypergravity treatment; NaCl stress; Cucumber

黄瓜已成为我国栽培面积最大、种植最广泛的主要蔬菜之一,而且随着设施生产的发展,基本实现了黄瓜的四季生产、周年供应。然而由于生产者片面追求产量,肥料使用不合理、栽培管理措施不当,使土壤盐分聚集,黄瓜的发病率大大提高,严重影响产量与品质^[1]。

近年来,太空育种正在兴起,利用宇宙空间特殊环境诱变因子作用,对植物或生物遗传性的强烈动摇和诱变,在较短时间内创造出罕见突变种质材料和基因资源,选育突破性新品种,作为一种有效的诱变育种新技术已经显示出重要的作用^[2,3]。太空育种的主要诱因之一就是微重力因素,与微重力环境

收稿日期: 2011-10-20

基金项目: 安徽科技学院引进人才基金项目(ZRC2007142); 安徽省教育厅优秀人才专项(2009SQRZ109)

作者简介: 陈淑芳(1977-),女,山西孟县人,讲师,博士,主要从事园艺栽培生理生态研究。

截然相反的是超重力条件,指在比地球重力加速度 (9.8 m/s^2) 大得多的环境下物质所受到的力,但两者都突破了地球重力场的作用和限制。关于超重力技术,在能源、环境、制药工程、生物化工等工业中已取得了巨大进展^[4],但对植物影响方面研究相对较少。现有资料表明,个体形态上,超重力会抑制胚轴伸长,从而抑制根系和茎的生长^[5-7]。细胞分子水平上,植物感受超重力刺激后,胞质 pH 值上升,通过信号传导调控基因表达,基因谱发生改变,其中包括很多胁迫相关基因的产生,增强对胁迫的适应性和耐受性^[8-11]。因此,将超重力技术引入植物盐胁迫体系,势必更有利筛选耐盐变异材料。笔者研究超重力处理对黄瓜耐盐性的影响效果,为克服黄瓜土壤盐害寻求有效途径提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试的黄瓜(*Cucumis Sativus* L.) 品种为津研四号。试验于 2010 年 3-6 月在安徽科技学院园艺实验室及种植园温室内进行。

1.2 方法

1.2.1 超重力处理 黄瓜种子用蒸馏水冲洗数次,置于烧杯中,室温下浸种 6 h。然后用滤纸吸干表面水分,进行离心处理,超重力处理条件设置为 $1\ 000 \times g$ 、 $1\ 000 \times g$ 、 $2\ 000 \times g$ 、 $1\ 000 \times g$ 、 $2\ 000 \times g$ 、 $3\ 000 \times g$ 、 $1\ 000 \times g$ 、 $3\ 000 \times g$ 、 $2\ 000 \times g$ 、 $1\ 000 \times g$ 、 $4\ 000 \times g$ 、 $1\ 000 \times g$ 、 $4\ 000 \times g$ 、 $2\ 000 \times g$ 。

1.2.2 种子发芽试验处理 配制 100 mmol/L NaCl 溶液进行种子盐胁迫处理。种子超重力处理后,放于培养皿(直径为 9 cm),培养皿内铺一层滤纸,加 100 mmol/L NaCl 处理,另设对照(未超重力处理,

加蒸馏水)和盐处理对照(未超重力处理,100 mmol/L NaCl 溶液),每天更换滤纸以保持处理浓度恒定,每皿放 30 粒种子,重复 3 次,恒温培养箱中 (25 ± 1) °C 条件下进行发芽。

1.2.3 幼苗处理 $2\ 000 \times g$ 、2 h 超重力处理黄瓜种子(方法同 1.2.1) 种子露白后播于育苗钵中(12 cm × 12 cm),蛭石为基质,真叶显露后,用 1/2 倍的 Hongland 营养液浇灌培养。当幼苗两叶一心时进行不同浓度 NaCl 处理,将 NaCl 溶于营养液中,处理浓度为 75、100、150 mmol/L,设置相应盐处理对照,每天每盆浇 50 mL 处理液,连续浇灌 5 d,每处理 10 株,重复 3 次,在温室内随机排列。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 种子发芽指标测定 每天在同一时间记录发芽数(芽长为种子长度一半为准),计算发芽率、发芽指数及活力指数。

发芽率 = 发芽种子数 / 供试种子总数 × 100%;

发芽指数 = $\sum(t \text{ 时间的发芽数} / \text{发芽天 } t)$;

活力指数 = 发芽指数 × 单棵苗干质量。

1.3.2 生物量的测定 幼苗 NaCl 处理 5 d 后,分别收集根及地上部,称其鲜质量;之后放入烘箱中 105°C 下杀青 15 min,再在 75°C 下烘至恒重,称其干质量。

1.3.3 生理指标的测定 氯化三苯基四氮唑(TTC)法测定根系活力;丙酮提取法测定叶绿素含量;氯化硝基四氮唑兰(NBT)光还原法测定超氧化物歧化酶(SOD)活性;硫代巴比妥酸法(TBA)测定丙二醛(MDA)含量^[12]。

1.4 数据处理

用 SAS 软件进行方差分析,并对平均数用 Duncan's 新复极差法进行多重比较。

表 1 不同超重力处理对盐胁迫下黄瓜种子萌发的影响

Tab. 1 Effect of hypergravity treatment on cucumber seed germination under NaCl stress

处理 Treatment	发芽率/% Germination rate	发芽指数 Germination index	活力指数 Vigor index($\times 10^{-1}$)
CK	97.78a	27.61a	5.78a
100 mmol/L NaCl	58.89f	7.58g	1.22g
$1\ 000 \times g$ 、1 h、100 mmol/L NaCl	63.33e	9.08f	1.49f
$1\ 000 \times g$ 、2 h、100 mmol/L NaCl	66.67e	11.22e	1.89e
$2\ 000 \times g$ 、1 h、100 mmol/L NaCl	84.44c	13.22c	2.32c
$2\ 000 \times g$ 、2 h、100 mmol/L NaCl	90.48b	18.14b	2.86b
$3\ 000 \times g$ 、1 h、100 mmol/L NaCl	77.55d	12.82d	2.04d
$3\ 000 \times g$ 、2 h、100 mmol/L NaCl	68.51e	11.31e	1.92e
$4\ 000 \times g$ 、1 h、100 mmol/L NaCl	54.32f	7.05i	1.06i
$4\ 000 \times g$ 、2 h、100 mmol/L NaCl	40.43g	5.82j	0.75j

注: 同列数值不同字母表示差异达 5% 显著水平。下表同。

Note: Different letters within the same column indicate significant difference at 5% level. The same as follows.

2 结果与分析

2.1 不同超重力水平处理对盐胁迫下黄瓜种子萌发的影响

由表 1 可知,与对照(CK)相比,100 mmol/L NaCl 处理下,黄瓜各发芽指标(发芽率、发芽指数和活力指数)均显著降低。种子超重力处理后,发芽

指标有明显变化,1 000 × g 1 h、1 000 × g 2 h、2 000 × g 1 h、2 000 × g 2 h、3 000 × g 1 h、3 000 × g 2 h 处理下发芽指标均显著提高,其中 2 000 × g 2 h 处理各指标数值最大;4 000 × g 超重力条件下,仅处理 1 h 与盐胁迫发芽率差异不显著,其余处理各指标均显著降低。

表 2 超重力处理对盐胁迫下黄瓜幼苗生物量的影响

Tab. 2 Effect of hypergravity treatment on biomass of cucumber seedling under NaCl stress

处理 Treatment	地上部鲜质量 /(g/plant) Shoot fresh weight	地上部干质量 /(g/plant) Shoot dry weight	根鲜质量 /(g/plant) Root fresh weight	根干质量 /(×10 ⁻¹ g/plant) Root dry weight
CK	6.45a	0.51a	1.82a	1.13a
75 mmol/L NaCl	4.19c	0.36c	1.67b	1.03b
2 000 × g 75 mmol/L NaCl	4.46b	0.38b	1.65b	1.01b
100 mmol/L NaCl	3.79e	0.30e	1.25d	0.70d
2 000 × g 100 mmol/L NaCl	4.00d	0.32d	1.30c	0.73c
150 mmol/L NaCl	2.30g	0.19g	0.84f	0.47f
2 000 × g 150 mmol/L NaCl	2.67f	0.22f	0.88e	0.49e

2.2 超重力处理对盐胁迫下黄瓜幼苗生物量的影响

从表 2 可以看出,与对照(CK)相比,不同浓度 NaCl 处理下,黄瓜幼苗各生物量均显著降低。在 75 mmol/L NaCl 处理下,2 000 × g 2 h 超重力处理种子后,幼苗地上部鲜质量和地上部干质量显著增加,根鲜质量和根干质量差异不显著;在 100 mmol/L NaCl 处理下,超重力种子处理后,地上部鲜质量、地上部干质量、根鲜质量和根干质量均显著增加;在 150 mmol/L NaCl 处理下,超重力种子处理后,所测各生物量指标也均显著增加。

2.3 超重力处理对盐胁迫下黄瓜幼苗根系活力的影响

根系是植物体的主要器官,其生长、代谢和活力变化,可直接影响地上、地下部分的生长发育。根系活力泛指根系的吸收、合成、氧化和还原等能力,是一种较客观地反映根系生命活动的生理指标。从图 1 可明显看出,与对照(CK)相比,不同浓度 NaCl 处理下,黄瓜幼苗根系活力均显著降低。2 000 × g 2 h 超重力处理种子后,在 75 mmol/L NaCl 和 100 mmol/L NaCl 条件下,幼苗根系活力均较盐胁迫下显著提高,而 150 mmol/L NaCl 条件下,根系活力变化不显著。

2.4 超重力处理对盐胁迫下黄瓜幼苗叶绿素含量的影响

叶绿体是植物体有机物合成的场所,叶绿素含量的高低直接决定植株有机物的合成能力。由图 2 可以看出,与对照(CK)相比,不同浓度 NaCl 处理

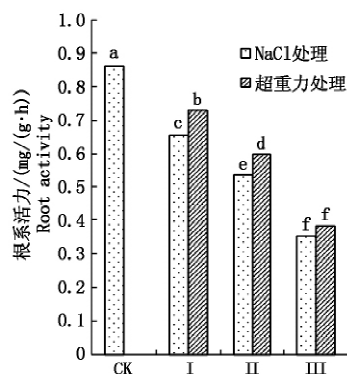


图 1 75 mmol/L NaCl 处理; II. 100 mmol/L NaCl 处理; III. 150 mmol/L NaCl 处理。下同。

I. Stand for 75 mmol/L NaCl treatment; II. Stand for 100 mmol/L NaCl treatment; III. Stand for 150 mmol/L NaCl treatment. The same as the following figures.

图 1 超重力处理对盐胁迫下黄瓜幼苗根系活力的影响

Fig. 1 Effect of hypergravity treatment on root activity of cucumber seedling under NaCl stress

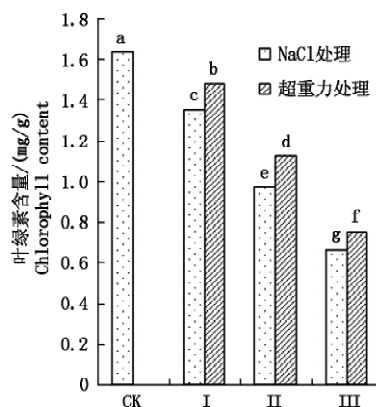


图 2 超重力处理对盐胁迫下黄瓜幼苗叶绿素含量的影响

Fig. 2 Effect of hypergravity treatment on chlorophyll content of cucumber seedling under NaCl stress

下,黄瓜幼苗叶绿素含量(以鲜质量计)均显著降低。 $2\ 000\times g$ 2 h 超重力处理种子后,叶绿素含量均较各盐胁迫条件下显著提高。

2.5 超重力处理对盐胁迫下黄瓜幼苗超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响

SOD 是植物体内重要的保护酶,能有效地清除活性氧。由图 3 可以看出,与对照(CK)相比,不同浓度 NaCl 处理下,黄瓜幼苗 SOD 活性(以鲜质量计)均显著降低。 $2\ 000\times g$ 2 h 超重力处理种子后, SOD 活性均较各盐胁迫条件下显著提高。

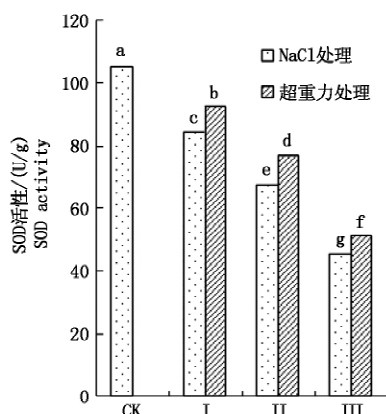


图 3 超重力处理对盐胁迫下黄瓜幼苗 SOD 活性的影响

Fig. 3 Effect of hypergravity treatment on SOD activity of cucumber seedling under NaCl stress

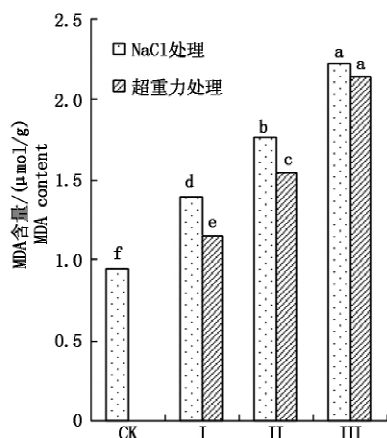


图 4 超重力处理对盐胁迫下黄瓜幼苗 MDA 含量的影响

Fig. 4 Effect of hypergravity treatment on MDA content of cucumber seedling under NaCl stress

2.6 超重力处理对盐胁迫下黄瓜幼苗丙二醛(MDA)含量的影响

MDA 作为脂质过氧化的产物,其含量的多少标志着膜脂过氧化的程度和植物对逆境条件反应的强弱。由图 4 可以看出,与对照(CK)相比,不同浓度 NaCl 处理下,黄瓜幼苗 MDA 含量(以鲜质量计)均显著增加。 $2\ 000\times g$ 2 h 超重力处理种子后,在 75 mmol/L NaCl 和 100 mmol/L NaCl 条件下,幼苗 MDA 含量均较盐胁迫下显著降低,而 150 mmol/L

NaCl 条件下,MDA 含量变化不显著。

3 讨论

种子萌发是植物生命活动的开始,盐胁迫条件下种子萌发受到抑制,胁迫浓度越高,受抑程度越大^[13,14]。本试验测定了 100 mmol/L NaCl 处理下黄瓜种子的萌发情况,结果发现,与对照(CK)相比,各指标包括发芽率、发芽指数和活力指数均显著降低,盐胁迫抑制种子萌发。

植物生长阶段,盐胁迫会使植物的光合速率下降,生物量积累减少;破坏植物的养分平衡,抑制营养元素的吸收和运转; $O_2^{\cdot-}$ 、 $\cdot OH$ 、 H_2O_2 等活性氧的产生与清除的平衡遭到破坏,活性氧含量增加,导致细胞内损伤,引起叶绿素降解,膜透性增加,蛋白质变性等,以致细胞死亡^[15-17]。本试验也得到相对一致的结果,与对照(CK)相比,不同浓度 NaCl 处理下,黄瓜幼苗生物量均有显著降低;生理指标根系活力、叶绿素含量、SOD 活性均有显著降低,MDA 含量均显著增加;而且随着 NaCl 处理浓度的增加,受害程度越大。

超重力指的是在比地球重力加速度大得多的环境下,物质所受到的力(包括引力或排斥力),在地球上可利用旋转产生的离心力来模拟超重力环境得以实现。本试验对充分吸胀的黄瓜种子进行离心超重力处理,研究超重力对盐胁迫下黄瓜种子萌发的影响,结果表明,与 100 mmol/L NaCl 处理相比,种子超重力处理后,发芽指标有明显变化, $1\ 000$ 、 $2\ 000$ 、 $3\ 000\times g$ 分别处理 1 h 和 2 h,各发芽指标均显著提高,以 $2\ 000\times g$ 2 h 处理数值最大;超重力水平进一步增加到 $4\ 000\times g$,处理 1 h 与盐胁迫发芽率差异不显著,其余处理各指标均显著降低。说明一定范围的超重力处理能提高黄瓜种子萌发的耐盐性,但处理的时间和重力加速度是重要因素,高重力加速度、长时间离心处理可能对种子有一定的机械损伤^[18,19]。

研究发现,一定条件的超重力处理,根系活力和保护酶活性提高、叶绿素含量和游离脯氨酸含量增加、MDA 含量降低,有利于植物抗逆性的提高^[7,18,20]。杨美红等^[21]的研究表明,利用一定程度的超重力处理可以提高苜蓿的抗盐性。本试验以 $2\ 000\times g$ 2 h 超重力处理黄瓜种子,进一步研究超重力对盐胁迫下黄瓜幼苗生长的影响,结果显示:超重力处理后,在 75 mmol/L NaCl 处理下,幼苗地上部鲜质量和地上部干质量有显著增加;100 mmol/L 和 150 mmol/L NaCl 处理下,各生物量指标也均有

显著增加。幼苗根系活力均较 75 mmol/L NaCl 和 100 mmol/L NaCl 处理下显著提高,叶绿素含量和 SOD 活性均较各盐胁迫条件下显著提高,MDA 含量均较 75 mmol/L NaCl 和 100 mmol/L NaCl 处理下显著降低。说明 $2\,000 \times g$ 2 h 超重力处理一定程度上增强了黄瓜幼苗的耐盐性。植物耐盐的机理十分复杂,涉及很多方面,本试验仅是超重力对黄瓜耐盐性的初步研究,需要解决的问题还很多,尚待进一步研究。

参考文献:

- [1] 刘荣,王喜艳,张恒明,等. 保护地土壤次生盐渍化及防治对策[J]. 北方园艺, 2008, 8: 69-72.
- [2] 杨兆民,张璐. 我国太空育种的成就与展望[J]. 现代化农业, 2010, 11: 19-20.
- [3] 路超,袁存权,李云,等. 3 种木本植物种子航天诱变研究初报[J]. 核农学报, 2010, 24(6): 1152-1157.
- [4] 官益豪,黄卫星,肖泽仪,等. 超重力技术及其应用研究进展[J]. 化工机械, 2005, 32(1): 55-59.
- [5] Soga K, Harada K, Wakabayashi K, et al. Increased molecular mass of hemicellulosic polysaccharides is involved in growth inhibition of maize coleoptiles and mesocotyls under hypergravity conditions [J]. Journal of Plant Research, 1999b, 112: 273-278.
- [6] Soga K, Harada K, Wakabayashi K. Graviperception in growth inhibition of plant shoots under hypergravity conditions produced by centrifugation is independent of that in gravitropism and may involve mechanoreceptors [J]. Planta, 2004, 218(6): 1054-1061.
- [7] 赵欣,王金胜. 不同超重力处理小麦、玉米种子对其生理生化指标的影响[J]. 中国农业科技导报, 2007, 9(6): 100-104.
- [8] Centis-Aubay S, Gasset G, Mazars C, et al. Changes in gravitational forces induce modifications of gene expression in *A. thaliana* seedlings [J]. Planta, 2003, 218: 179-185.
- [9] Barjaktarović Ž, Babbick M, Nordheim A, et al. Alterations in protein expression of *Arabidopsis thaliana* cell cultures during hyper- and simulated micro-gravity [J]. Microgravity Science and Technology, 2009, 21: 191-196.
- [10] Barjaktarović Ž, Schütz W, Madlung J, et al. Changes in the effective gravitational field strength affect the state of phosphorylation of stress-related proteins in callus cultures of *Arabidopsis thaliana* [J]. Journal of Experimental Botany, 2009, 60: 779-789.
- [11] Kozeko L, Kordyum E. Effect of hypergravity on the level of heat shock proteins 70 and 90 in pea seedlings [J]. Microgravity Science and Technology, 2009, 21: 175-178.
- [12] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [13] 苗春乐,郝丽珍,王萍,等. NaCl 胁迫对沙葱种子生活力及抗氧化酶活性的影响[J]. 华北农学报, 2008, 23(4): 172-175.
- [14] Ghoulam C, Fares K. Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) [J]. Seed Science and Technology, 2001, 29: 357-364.
- [15] 陈淑芳,朱月林,刘友良,等. NaCl 胁迫对番茄嫁接苗保护酶活性、渗透调节物质含量及光合特性的影响[J]. 园艺学报, 2005, 32(4): 609-613.
- [16] 武俊英,刘景辉,李倩. 盐胁迫对燕麦幼苗生长、 K^+ 、 Na^+ 吸收和光合性能的影响[J]. 西北农业学报, 2010, 2: 100-105.
- [17] 王鑫,李志强,谷卫彬,等. 盐胁迫下高粱新生叶片结构和光合特性的系统调控[J]. 作物学报, 2010, 11: 1941-1949.
- [18] 杨致芬,郭春绒,杨致荣. 超重力处理对西葫芦幼苗生理生化指标的影响[J]. 作物杂志, 2008, 5: 39-42.
- [19] 康志钰,王建军. 超重力处理对小麦种子发芽特性及产量性状的影响[J]. 云南农业大学学报, 2011, 26(1): 134-138.
- [20] 段智英,杨致芬. 超重力处理对番茄幼苗生长和理化指标的影响[J]. 中国农业科技导报, 2010, 12(1): 123-127.
- [21] 杨美红,郭春绒,董宽虎,等. 超重力处理对首着幼苗抗盐性的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(11): 16-18.