

文章编号: 1000-5773(2004)04-0379-06

高压氮气处理微型番茄种子 对其生长特性的影响^{*}

吴学华, 陈丽英, 苏磊, 刘秀茹, 洪时明

(西南交通大学高压物理实验室, 四川成都 610031)

摘要:将微型番茄(Red Cherry)的种子分3组在以氮气为传压介质的高压装置中处理,分别在10 MPa、20 MPa、30 MPa 3种压力下保持4 h,与未经高压处理的对照组种子同时在相同的自然条件下播种培育。通过对随机选取的每组33株植株生长全过程的观察比较,初步研究了高压氮气处理番茄种子对其生长特性的影响。另外,还对各组果实的15种营养成分进行了检测对比。结果显示:在相同的自然条件下,加压组植株的发芽期、幼苗期和开花坐果期与对照组相比有缩短趋势;在同样的环境中,加压组植株遭受自然病害的死亡率较低;在生长后期,20 MPa和30 MPa加压组中出现异常高大的植株共3株。但是,各加压组与对照组相比,植株平均高度和平均基径没有显著性差异,平均单株果实产量和果实的营养成分也没有表现出明显变化。

关键词:高压;微型番茄;生长特性

中图分类号: O521.21

文献标识码: A

1 引言

高压技术不仅对凝聚态物理学领域的研究起到了重要作用,也成为研究生物科学的一种有效手段。压力作为描述生物生长过程和行为规律的分子力学和动力学参数正受到越来越多的重视,其中以高压对微生物影响的研究较多^[1]。近年来,关于压力对植物营养成分,组织结构以及遗传物质等作用的研究开展得相当活跃^[2~4]。与这些研究相比,高压对高等植物影响的研究却刚刚起步。徐世平等利用静水高压处理水稻种子,结果发现高压处理对水稻的生长有明显影响,而且筛选出变异植株^[5,6]。李桂双等在同样实验条件下进一步研究其生理特性,提出静水高压处理可能作为一种新的选育品种的方法^[7]。这方面的研究具有明显的应用前景,但目前开展得还不够充分,还需要积累更多的实验数据,并有必要更广泛地进行以多种植物为对象、以不同流体为传压介质以及不同加压方式和压力范围的实验,以便最终探索压力对植物生长影响的基本规律。

本实验采用高压氮气为介质处理微型番茄种子,压力范围为10~30 MPa,在相同自然条件下培育不同压力处理后的种子,以未经处理的种子为对照,观察各组植株全生长过程,检测分析有关数据,初步探讨了压力处理番茄种子对其生长发育和营养成分等方面的影响,试图找出对番茄生长有利的压力处理条件。

2 实验方法

2.1 高压处理和常规栽培

首先,将微型番茄种子(Red Cherry)随机分为4组,每组100粒,再随机取出3组放在以氮气为传

* 收稿日期: 2003-12-01; 修回日期: 2004-06-07

作者简介: 吴学华(1978—),女,硕士研究生。

压介质的高压装置中处理,分别在 10 MPa、20 MPa、30 MPa 压力下保持 4 h 后卸压,温度均为室温 15 ℃。高压处理装置包括增压系统、传感器、显示器和高压容器,如图 1 所示。

经高压氮气处理过的种子与未经高压处理的对照组种子同时在相同自然条件下分组进行播种培育,以常规方法育秧。当秧苗真叶达 5~7 片时,每组随机选取 33 株番茄秧苗种植于实验地。株距 45 cm,行距 45 cm。此后,对各组进行同样的常规水肥管理和病虫害防治。

本实验于 2003 年 3 月 21~22 日对种子进行加压处理,2003 年 3 月 24 日播种,整个培育过程跨越春、夏、秋三季。实验地点在四川成都地区。

2.2 观察与检测

自番茄播种第一天起,每天记录天气、温度、湿度参数,并观察记录植株生长性状特征。根据观察到的特征划分不同组的发芽期、幼苗期和开花坐果期等。对番茄各生长时期的划分标准是:从种子发芽到第一片真叶出现为发芽期,从第一片真叶出现到第一层花序现蕾为幼苗期,从第一花序现蕾到开始结果为开花坐果期。此后,还有一个比较长的时期为结果期,在这一时期中,番茄陆续开花,连续坐果,同时仍不断生长^[8]。

番茄移栽至实验地以后,每周测量一次植株高度和基径。其中本实验采用的基径是以主干在地面以上约 8 cm 以内最粗处的直径为准。

进入结果期后,及时采摘完全成熟的果实,对果实及时进行称量,保存,并计算各组平均单株产量。平均单株产量是按每次各组采摘果实的重量除以当时该组存活的株数再进行累加计算的。即:设第 k 次某组采摘果实质量为 M_k ,当时存活株数为 N_k ,则该组当时的平均单株产量为 $(M_1/N_1) + (M_2/N_2) + \dots + (M_k/N_k)$ 。

当各组累计果实产量均在 10 kg 以上后,每组随机抽样选取部分果实对 15 种营养成分分组进行了检测。具体检测项目如下,括号内为检测方法标准:可溶性固体物(GB 12295-90)、可溶性总糖(GB 6194-86)、总酸(以柠檬酸计)(GB/T 12456-1990)、蛋白质(GB 8856-88)、维生素 A(GB 12389-90)、维生素 B1(GB 12390-90)、维生素 B2(GB/T 12391-90)、维生素 C(GB 12392-90)、类胡萝卜素(参照《植物生物化学分析方法》,科学出版社,1981)、水份(GB 8858-88)、钾(GB 12397-1990)、钙(GB 12398-1990)、锌(GB/T 5009.14-1996)、钠(GB 12397-1990)、磷(GB 12393-1990)。

3 结果与讨论

3.1 高压对番茄植株生长周期的影响

表 1 只列出了各组番茄的发芽期、幼苗期和开花坐果期的天数;由于结果期较长,影响因素复杂,不易比较,故未计入表内。如表 1 所示,各加压组的发芽期与对照组相比均明显较短。需要说明的是:根据文献[8]所述,普通番茄发芽期适合温度为 25~30 ℃,正常为 7~9 d^[8]。但本实验播种后 8 d 内持续阴天,日平均温度仅为 15.8 ℃,平均相对湿度为 81%,日照非常少。在这种不利天气条件下,对照组的发芽期长达 12~14 d,而各加压组的发芽期均为 8~10 d。另外,番茄是喜光照植物,在幼苗期、开花坐果期都需要充足的光照。但在番茄生长的这

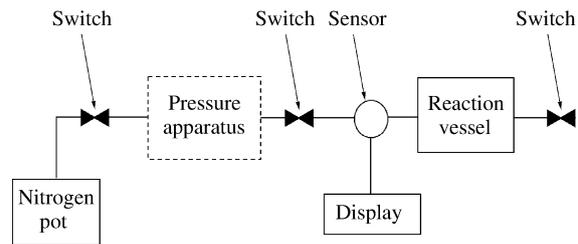


图 1 高压处理装置

Fig. 1 Pressure treatment apparatus

表 1 各组番茄植株生长周期统计表

Table 1 Growth stages of tomato plants of each groups

Group	Germination stage/(d)	Seedling stage/(d)	Flowering stage/(d)
CP	12~14	36~43	26~31
10 MPa	8~10	36~41	22~28
20 MPa	8~10	35~39	25~30
30 MPa	8~10	36~41	22~26

段时期内以阴雨天为主,本实验记录对照组的幼苗期和开花坐果期都相对较长,而加压组与对照组相比仍有缩短的趋势。

3.2 对番茄植株平均高度、平均基径和平均单株产量的统计

图2和图3分别显示各组植株的平均高度和平均基径的变化。可以看出,各组的平均高度在约180 d以内均有持续上升的趋势,而平均基径则在约80 d(进入结果期)以后均无明显增加。需要说明的是:图中出现个别时候平均高度或平均基径略有降低的反常情况,这是由于病害(详见3.3节)使某些较高大植株死去,未能继续参加全组统计的缘故,并不代表整体的生长趋势。

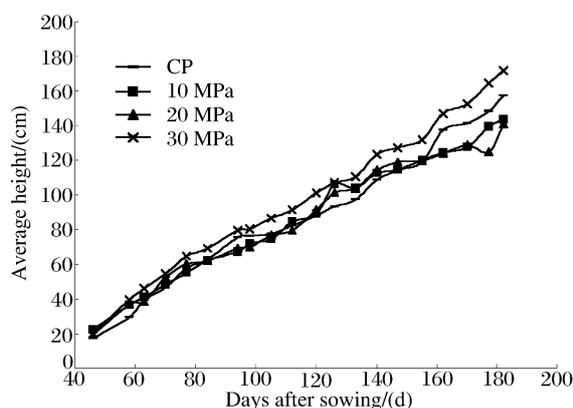


图2 各组番茄植株平均高度变化曲线

Fig. 2 Graph of average height of tomato plants of each groups

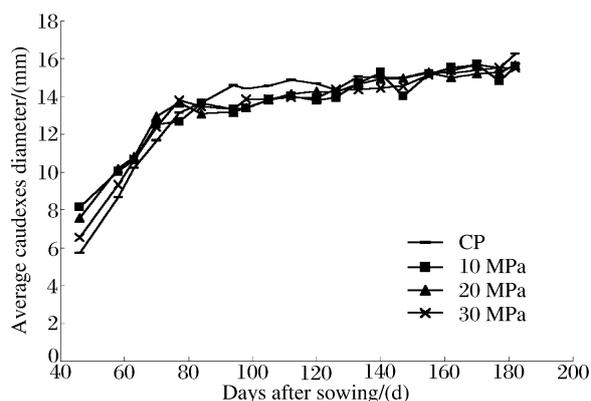


图3 各组番茄植株平均基径变化曲线

Fig. 3 Graph of average caudex diameter of tomato plants of each groups

图2中各组植株平均高度差异并不明显,仅30 MPa组平均高度似略偏高;但考虑到20 MPa和30 MPa组中包含了几株异常高大的特殊植株(详见3.5节),我们又删去特殊植株重新计算平均高度,结果各组间数据更加接近。另外,如图3所示,各组番茄植株平均基径也始终看不出明显的差别。我们对平均高度和平均基径的数据进行统计分析(t 检验)表明:在90%的置信水平上,均没有显著性差异。因此,可以认为压力对番茄植株平均高度和平均基径的影响并不明显。

图4给出了各组番茄植株平均单株产量的变化情况。如图所示,各组均在播种后约100~160 d内不断结果,累计产量持续上升,此后则明显减慢,趋于停止。其中结果前期各组平均单株产量没有明显差别;结果后期,仅10 MPa组的平均单株产量略有偏高。总体看来,压力处理种子对番茄产量的影响并没有表现出明显的趋势。

3.3 对番茄病死率的统计

在本试验过程中,出现部分番茄植株因遭受自然病害而死亡的情况。其症状可归纳如下:某些植株的部分叶片呈现蕨叶形线状,中下部叶片上卷或者植株上部茎叶枯死,在病茎上有黑褐色的长条状斑块。这些症状与文献[9]所指的“番茄病毒病”类似。同时另一些植株的茎下部产生褐色病斑,逐渐向茎上部扩展,上部茎叶褪绿、萎蔫,解剖病茎可见髓部变成黑褐色。这些症状与文献[9]所指的“番茄细菌性髓部坏死病”相同。出现上述症状的病株一般较快死亡。我们将具有上述症状且死亡的植株数与该组植入实验地的总株数的比作为各组的病死率记录在图5中。

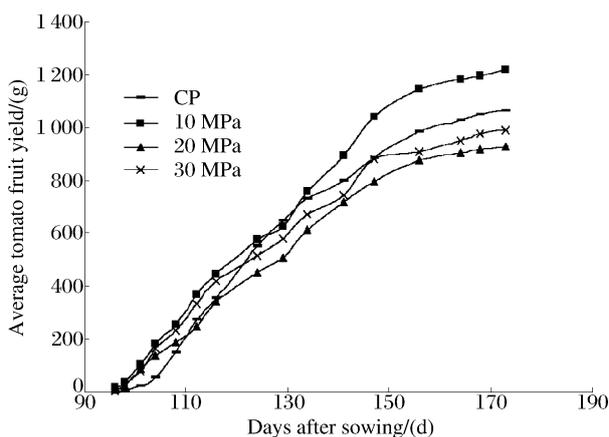


图4 各组番茄植株平均单株产量变化曲线

Fig. 4 Graph of average tomato fruit yield of each groups

图 5 给出了各组病死率随时间变化的情况。值得注意的是:在同样自然环境和管理条件下,各组植株的病死率相差较大。总体呈现出加压组植株病死率低于对照组,种子处理的压力较高的组病死率较低的趋势。如播种后第 182 d 的数据为:对照组植株累计共有 21 株因病死亡,占对照组总植株的 64%;加压各组植株因病死亡数分别为 18 株、16 株和 15 株,各占 55%、48%和 45%。虽然这种趋势可能说明对种子加压有利于提高植株抗病能力,但由于本实验中番茄的病因复杂不明,且本实验并未进行人工接种某种病作观察对比,故关于高压处理种子对提高番茄抗病能力是否能起到有效的作用,尚待进一步深入研究。

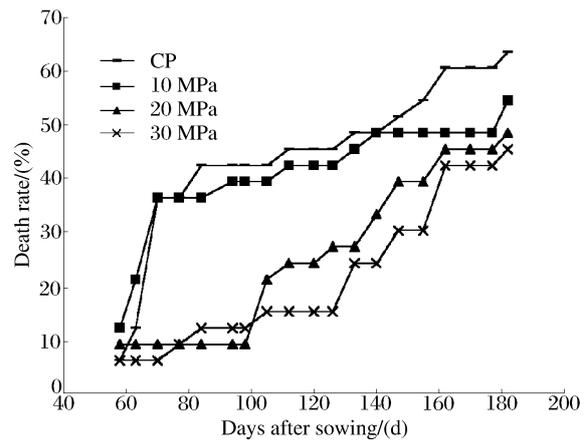


图 5 各组番茄植株死亡率变化曲线

Fig. 5 Graph of death rate of tomato plants of each groups

3.4 对营养成分的检测比较

经农业部食品质量监督检验测试中心(成都)对匿名番茄组随机抽样检测营养成分(质检报告编号分别为 2701、2702、2703 和 2704),结果见表 2。从表中可以看出:除维生素以外,加压组果实的大部分营养成分含量略高于对照组,但在 4 种维生素含量方面,加压组与对照组相比反而有降低的趋势。由于影响果实营养成分的因素相当复杂,加上某些检测方法本身还存在较大的不确定度,因此,仅凭上述试验和检测数据很难说明压力处理种子对番茄营养成分是否有某种作用。

表 2 各组番茄营养成分检测表

Table 2 Nutrition contents of tomato fruits of each groups

Group	Soluble solid matter/(%)	Soluble sugar/(%)	Total acid (Citric acid)/(g/kg)	Protein/(%)	Vitamine A/(IU/g)
CP	6.2	2.15	6.68	1.38	2.92
10 MPa	7.2	2.18	6.90	1.50	2.34
20 MPa	7.3	2.46	6.78	1.38	2.92
30 MPa	6.6	2.24	6.70	1.44	2.49
Group	Vitamine B1/(mg/100 g)	Vitamine B2/(mg/100 g)	Vitamine C/(mg/100 g)	Carotenoid total/(mg/100 g)	Moisture/(%)
CP	0.052	0.044	19.5	2.10	93.03
10 MPa	0.039	0.044	16.4	2.64	93.19
20 MPa	0.037	0.040	16.2	2.92	93.34
30 MPa	0.038	0.044	18.2	2.21	93.30
Group	Potassium/(%)	Calcium/(mg/kg)	Zinc/(mg/kg)	Natrium/(%)	Phosphor/(mg/kg)
CP	0.22	56.0	3.06	0.028	258
10 MPa	0.22	58.8	3.15	0.028	314
20 MPa	0.22	59.4	3.42	0.022	305
30 MPa	0.22	58.4	2.92	0.026	266

3.5 特殊植株

从播种后约 60 d 开始,在 20 MPa 和 30 MPa 组中发现共有三株植株高度增长速度明显较快,且持续高于同期其它植株平均增长速度,以至长得异常高大。这些高大植株的株型较为松散,叶片较小,在

侧小叶多生小小叶,叶系较稠,叶色稍深,节长增加,果实个体偏大,在后期生长过程中,分枝现象特别明显。这种特殊植株在 20 MPa 组中出现 1 株,占该组总植株数量的 3%;在 30 MPa 组中出现 2 株,占该组总植株数量的 6%。其高度分别为 334 cm (20 MPa 组)、418 cm 和 362 cm (30 MPa 组),分别是对照组平均高度的 2.12、2.66 和 2.30 倍;是同组其它植株平均高度的 2.59、2.90 和 2.51 倍(数据均来源于播种后 182 d 记录)。值得注意的是:这种异常高大植株只出现在加压组内。但这是否就是压力引起的某种变异,还有待作进一步深入考查。

3.6 讨论

植物的生长发育是相当复杂的过程,受到多种物理、化学、微生物等因素的影响。本实验除对种子作不同压力的氮气处理外,尽量保持在相同的自然环境和管理条件下进行。虽然仅由目前得到的数据,还很难给出压力对番茄生长影响的精确结论。但作为对可能产生的压力作用的机理和其它影响因素的思考,讨论如下:

(1) 在实验中使用氮气这种惰性气体为传压介质,力图造成只有压力这种物理作用的环境。但实际上,种子在高压处理的同时还经历了 4 h 的缺氧环境锻炼,而对照组的种子并未经过氮气常压处理。因此,番茄在生长和发育过程中表现出的某些差异(如加压组的病死率较低等),也可能在某种程度上受到氧胁迫锻炼的影响。

(2) 本实验中,在同样不利的天气条件下,加压组番茄植株的发芽期、幼苗期和开花坐果期比对照组有缩短的趋势。李桂双等认为:“高压对植物的影响与低温等逆境伤害有相似的影响结果,都导致膜系统破坏,叶绿素合成受阻;能够在这种逆境下存活后的植株可以对因高压逆境所造成的伤害逐渐修复,一旦修复后,这些静高压逆境锻炼的植株在后期生长过程中较未处理的对照组显示出较为明显的生理优势”^[7]。参考他们的分析,我们认为在本实验中,也有可能是高压构成了逆境胁迫作用,使番茄植株产生了对环境的某些适应性优势。

(3) 有研究表明:在平衡状态下对生物体系施加高压作用,体系反应向着体积变小的方向且加速进行^[1]。生命的基础在于代谢,细胞内的酶以及决定相关酶合成的基因是生物进行正常生长发育的决定性因素^[10]。压力通过调整酶的结构和其在反应中的机制来影响酶的催化反应速率。对此已经有研究证明,逆境锻炼也能改善植株的生理功能,如水稻幼苗经低温冷锻炼后其光合作用的关键酶 Rubisco 的稳定性增强,而且胁迫后转入正常条件下其活性的恢复能力加快,抗冷能力明显提高^[11]。在本实验中,可能是由于高压处理促进了酶的催化反应速率,从而在高压组番茄生长发育过程中表现出某些与对照组略有差异的特征。但对酶的检验和分析还有待今后进一步进行。

本实验只是通过高压氮气处理种子,对微型番茄(Red Cherry)第一代生长和发育情况进行了初步的探讨,还有许多工作需要进一步深入和完善。例如:还需要调查在更宽的压力范围或不同介质处理种子的效果;更加精确地选取最优的压力处理条件;对生理特性和遗传物质微观结构的变化进行定量的检测和分析;对特殊植株进行多代培育研究等等。另外,我们在今后实验中还需要尽可能增加各组的植株数、改进试验设计等。

刘福生研究员在使用高压处理装置上给予了帮助,薛学东工程师帮助处理番茄种子,张民建、杨美霞等同学曾参与数据测量等工作。成都市地震局洪时中教授、中科院广州地化所翁克难教授和四川省农科院分析检测中心欧阳华学副研究员对本文提出了宝贵的建议和意见。经福谦院士对本工作给予了关心和支持。在此深表感谢!

References:

- [1] Claude B, Ruan K C. An Emerging Field in Bioscience: High Hydrostatic Pressure Study [J]. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*, 1999, 31(6): 619-624.
- [2] Mozhaev V, Heremans K. High Pressure Effects on Protein Structure and Function [J]. *Prot Struct Funct Gene*, 1996, 24: 81-91.
- [3] Welch T J, Farewell A. Stress Response of E coli to Elevated Hydrostatic Pressure [J]. *J Bacteriol*, 1993, 175: 7170-7177.

- [4] Samrasinghe S D. High Resolution NMR Study of Pressure Induced Unfolding of Lysozyme [J]. *Biochemistry*, 1992, 31: 7773—7778.
- [5] Xu S P, Liao Y P, Weng K N, et al. Pressure Induced Rice Mutation and Effects of High Hydrostatic Pressure on the Growth and Development of Rice [J]. *Chinese Journal of High Pressure Physics*, 2001, 15(4): 241—248. (in Chinese)
徐世平, 廖耀平, 翁克难, 等. 水稻压制变异和高压对水稻生长发育的影响 [J]. *高压物理学报*, 2001, 15(4): 241—248.
- [6] Xu S P, Liao Y P, Xiao W S, et al. Effects of High Pressure on the Growth and Development of Rice [J]. *Chinese Journal of High Pressure Physics*, 1999, 13 (Suppl): 58—62. (in Chinese)
徐世平, 廖耀平, 肖万生, 等. 高压对水稻生长发育的影响 [J]. *高压物理学报*, 1999, 13(增刊): 58—62.
- [7] Li G S, Bai C K, Duan J, et al. Effect of High Hydrostatic Pressure Treatment on Physiological Characteristics of Rice Plants [J]. *Chinese Journal of High Pressure Physics*, 2003, 17 (2): 122—128. (in Chinese)
李桂双, 白成科, 段俊, 等. 静水高压处理对水稻植株生理特性的影响 [J]. *高压物理学报*, 2003, 17(2): 122—128.
- [8] Zhao T M, Gao J, Yu W G. Cultivation and Prevention and Cure Plant Diseases and Insects Pests of Tomatos [M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2001. 12. (in Chinese)
赵统敏, 高军, 余文贵. 番茄栽培与病虫害防治技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001. 12.
- [9] Wang J X, He G X, Zhang S H, et al. Illustrative Plates of Diagnosis, Prevention and Cure on Disease and Insect Pests of Vegetable [M]. Beijing: Jindun Press, 2002. 10. (in Chinese)
王久兴, 贺桂欣, 张慎好, 等. 茄果类蔬菜病虫害诊断与防治原色图谱 [M]. 北京: 金盾出版社, 2002. 10.
- [10] Liu G F. The Conspectus of Modern Life Sciences [M]. Beijing: Science Press, 2001. 108—117. (in Chinese)
刘广发. 现代生命科学概论 [M]. 北京: 科学出版社, 2001. 108—117.
- [11] Zhao J, Wang Y R, Li M R, et al. The Effect of Cold-Hardening on Rubisco in Rice Seeding Leaves [J]. *Acta Phytophysiol Sin*, 1997, 23(2): 123—129. (in Chinese)
赵军, 王以柔, 李美如. 低温锻炼对水稻幼苗叶片中 Rubisco 的影响 [J]. *植物生理学报*, 1997, 23(2): 123—129.

Effect of High Pressure Nitrogen Gas Treatments of Mini-Tomato Seeds on Its Growth Characteristics

WU Xue-Hua, CHEN Li-Ying, SU Lei, LIU Xiu-Ru, HONG Shi-Ming

(Laboratory of High Pressure Physics, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: In this work, mini-tomato seeds (Red Cherry) were separated random into four groups, three of them pretreated by 10, 20 and 30 MPa high pressure nitrogen gas for 4 h respectively, and the untreated one as a comparison group (abbreviated to CP). All seeds were planted under same conditions. Through observing and comparing these plants during the whole life period, 33 chosen random from each group, we learned some effects of the high pressure treatment on its growth characteristics. Additionally, we tested fifteen kinds of nutrition contents in tomato fruits. Outcomes: In contrast with CP, germination stage, seedling stage and flowering stage of the treated groups were shorten. The treated groups suffered lower disease death rate than CP. Furthermore three abnormally high plants occurred in the treated groups, one in 20 MPa group and two in 30 MPa. Nevertheless, no markable differences were found in the average height and average caudexes diameter between the groups, as well as in average fruit yield and the nutrition contents.

Key words: high pressure; mini-tomato; growth characteristics