

## 高压处理对大豆农艺性状、产量和品质的影响

苏磊<sup>1,2</sup>, 邵春光<sup>1</sup>, 贾茹<sup>1</sup>, 刘秀茹<sup>1</sup>, 黄代绘<sup>1</sup>, 胡云<sup>1</sup>, 吕世杰<sup>1</sup>, 洪时明<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>西南交通大学高压物理研究所, 四川成都 610031; <sup>2</sup>郑州轻工业学院物理系, 河南郑州 450002)

**摘要:**以大豆种子“开交 8157”为材料, 以氮气为传压介质, 在 20MPa 高压下处理 4 h, 用未经处理的大豆种子为对照, 在相同自然条件下播种培育。通过对两组大豆(各 100 株)全生长过程的观察, 以及对大豆籽粒产量和主要营养成分的检测对比, 初步研究了高压处理大豆种子对其农艺性状、产量和品质的影响。结果显示, 加压组的平均单株籽粒产量提高了 30.6%, *t* 检验表明, 在 99% 的置信水平上, 两组大豆单株产量有显著性差异; 加压组大豆的四种主要营养成分(不饱和脂肪酸、饱和脂肪酸、粗脂肪和粗蛋白)均朝着有利于提高品质的方向变化。此外, 在加压组中还发现一株大豆的籽粒产量明显提高, 与加压组平均单株籽粒产量相比, 增加了 204.48%。研究结果表明, 高压处理种子是提高大豆产量和品质的一种有效的新方法。

**关键词:**高压; 大豆; 产量; 品质

## Effects of High Pressure Treatment on the Agronomic Characters, Yield and Quality of Soybean

SU Lei<sup>1,2</sup>, SHAO Chun-guang<sup>1</sup>, JIA Ru<sup>1</sup>, LIU Xiu-ru<sup>1</sup>, HUANG Dai-hui<sup>1</sup>, HU Yun<sup>1</sup>, LÜ Shi-jie<sup>1</sup>, and HONG Shi-ming<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Laboratory of High Pressure Physics, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, Sichuan; <sup>2</sup> Department of Physics, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, Henan, China)

**Abstract:** In recent years, research on the mutation breeding of soybean was comparatively active and successful, while soybean mutation induced by high pressure treatment of seeds has not been reported. In the present research, effects of high pressure stress of seed on the agronomic characters, yield and quality of soybean were studied. The soybean seeds, Kaijiao 8157, were separated randomly into two groups (each 100 seeds), one was pretreated by 20MPa high pressure nitrogen gas for 4 h at room temperature, and the other without treatment was regarded as control group. All seeds were planted under same natural conditions in Chengdu of Sichuan province. The growth characteristics of the plants such as germination ratio, growth period, plant height, stem diameter and seed yield were observed and compared, and four main nutrition components of the yielded seeds were also tested. It was shown that the average seed yield per plants in the treated group increased 30.6 percent in comparison to the control group and T-test indicated the difference is significant in the believable level of 99%. The changes of four nutrition components (unsaturated fatty acid, saturated fatty acid, fattiness and protein) in the treated group are inclined to the improvement of seed quality. Additionally, one plant in the treated group was obviously prolific in the seed yield, which increased 204.48% in comparison to the average yield of the treated group. These results suggest that high pressure treating seeds is a promising way to improve yield and quality of soybean.

**Key words:** High pressure; Yield; Quality; Soybean

近年来, 高压物理与生物学领域的交叉研究倍受关注。徐世平等(1999)利用静水高压处理水稻种子, 发现静水高压对水稻的生长有明显的影响, 而且筛选出变异的植株。李桂双等(2003)在同样的试验条件下又研究其生理特性、抗氧化酶活性及对

逆境胁迫的响应。申斯乐等(2004)对高压处理水稻诱导稳定遗传变异系进行了 DNA 分析。吴学华等(2003)首次用高压氮气处理茄科类植物—微型番茄种子, 发现高压对番茄生长特性有明显的影响, 高压处理组中出现异常高大植株的概率为 3% ~

收稿日期 (Received): 2006-12-26; 接受日期 (Accepted): 2007-11-08

作者简介: 苏磊 (1977-), 男, 博士研究生, 主要研究方向为高压物理。E-mail: zz\_sulei@163.com

通讯作者 (Corresponding author): 洪时明, 教授, 博士生导师。E-mail: Smhong2@163.com

6% ;并且此性状在以后连续两代中能够稳定遗传。此外,陈丽英等(2006)还对长春花进行了类似的试验,取得了提高药用成分的显著效果。研究表明,高压逆境锻炼有望成为植物诱变育种的一种新手段。为了探讨高压逆境锻炼对高等植物生长发育影响的规律和作用机制,为高压诱变育种提供更加全面和丰富的资料,有必要开展其它种类植物的高压诱变试验研究。

目前,有关大豆诱变育种方面的研究相当活跃,并取得了一系列成果,主要有 EMS 化学诱变育种(杜连恩等,1989),辐射诱变育种(李强等,2001),离子束诱变育种(谷运红等,2003),航天育种(王瑞珍等,2001)等等。但目前为止,关于大豆高压诱变的研究还没有报道。本研究采用高压氮气处理大豆种子,以未经高压处理的种子为对照,在相同自然条件下培育,观察各组植株全生长过程,检测分析有关数据,初步探讨了高压处理种子对大豆农艺性状、产量和品质的影响。研究发现,加压组大豆的平均单株籽粒产量较对照组相比增加 30.6%,其四种主要营养成分(不饱和脂肪酸、饱和脂肪酸、粗脂肪和粗蛋白)的改变趋势均有利于大豆品质的提高。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料及其处理方法

以大豆种子“开交 8157”(辽宁抚顺园丰种业有限公司)为材料。高压处理采用本实验室自行研制的一套高压设备,包括增压系统、传感器、显示器、控制阀和高压容器等,如图 1 所示。取大豆种子 200 粒,随机分成两组,每组 100 粒。再随机选取其中一组放在上述以氮气为传压介质的高压装置中处理 4 h 后卸压,压力为 20MPa,温度为室温 24℃。

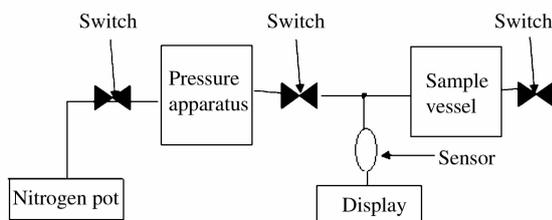


图 1 高压处理装置

Fig. 1 Pressure treatment apparatus

### 1.2 培育过程

经高压处理的种子与未处理的对照组种子同时在相同的自然条件下进行播种培育。采用盆栽,盆口直径 32 cm,深 28.5 cm,每盆 4 株,共 50 盆。此

后,进行同样的常规管理和病虫害防治。

试验于 2005 年 5 月 26 日开始,当日上午在四川省成都市对大豆进行高压氮气处理,下午播种;2005 年 9 月 10 日收获。

### 1.3 测定项目

自播种之日起,定期观察植株生长性状特征,记录各组大豆发芽率、死亡率和主要生长发育期,测量株高、径粗、根长和根重、单株籽粒重量、籽粒百粒重和总生物量等。并采用 *t* 检验法,分析两组大豆相关性状数据是否具有显著性差异。

随机取加压组和对照组果实各 100 g,检测大豆 4 种主要营养成分:不饱和脂肪酸、饱和脂肪酸、粗脂肪和粗蛋白。检测方法标准:不饱和脂肪酸(面积归一法,岛津 14B 气象色谱仪)、饱和脂肪酸(面积归一法,岛津 14B 气象色谱仪)、粗脂肪(GB/T 2906-1982,索氏抽提法)、粗蛋白(GB/T 5009.5-2003,全自动 K 氏定氮仪)。以上营养成分的检测在四川省农业科学院分析测试中心进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 高压对大豆发芽率、后期死亡率的影响

经高压氮气处理后的大豆种子与未经处理的对照组相比,其发芽率稍微降低,其后期死亡率略有下降。由表 1 知,加压组大豆的发芽率较对照组下降了 3%,后期死亡率较对照组下降了 1.25%。表明大豆种子经高压氮气处理后对其发芽率和后期死亡率没有明显影响。

表 1 各组大豆的发芽率和后期死亡率

Table 1 Germination ratio and death rate of soybean in each group

	种子总数 Seed No.	发芽数 No. of germination	死亡数 No. of death
对照组 Control group	100	77	2
加压组 Treated group	100	74	1

### 2.2 高压对大豆生育时期的影响

两组大豆从播种到成熟共需要 105 d 左右,各个生长期基本无差异(表 2)。与王春乙等(2004)于中国气象科学院农业气象试验基地所培育大豆的生育时期有所不同,整体生育时期增加 10 余天,可能是由于种子不同和两地气候差异等造成的。

### 2.3 高压对大豆平均株高、茎粗、根长和根重的影响

表 3 显示成熟期大豆植株的株高、茎粗、根长和

根重的平均值及其标准差。可以看出,与对照组相比,加压组的平均株高、茎粗、根长和根重分别增加 4.52%、3.03%、2.80% 和 0.30%。总体看来,与对照组相比,加压组大豆的株高、径粗、根长和根重稍有提高。 $t$  检验表明,在 90% 的置信水平上,两组大豆的株高、径粗、根长和根重均无显著性差异。

表 2 大豆的主要生育时期

Table 2 Development stages of soybean in each group

	播种日期 Planting date /Month. day	出苗期 Seedling/d	开花期 Flowering/d	结荚期 Podding/d	收获日期 Harvesting date/ Month. day
对照组 Control group	5.26	5-11	9-15	8-13	9.10
加压组 Treated group	5.26	5-12	9-15	8-13	9.10

表 3 各处理组大豆成熟期的平均株高、茎粗、根长和根重

Table 3 Average height, caudexes diameter, root length and root weight of soybean of each group

	株高 Plant height /cm	径粗 Stem diameter /mm	根长 Root length /cm	根重 Root weight /g
对照组 Control group	38.9 ± 2.5	6.9 ± 0.2	16.4 ± 0.4	1.62 ± 0.01
加压组 Treated group	40.7 ± 1.7	7.1 ± 0.3	16.8 ± 0.6	1.63 ± 0.01

## 2.4 高压对大豆生物量的影响

表 4 为成熟期两组大豆(播种后第 108 天)的百粒重、平均单株籽粒产量和平均单株总生物量。由表可见,压力对提高大豆的百粒重影响不大,但是却明显有利于大豆的籽粒产量和总生物量的提高。与对照组相比,加压组大豆百粒重提高 0.3%,但是,加压组大豆的平均单株籽粒产量和平均单株总生物量分别增加 30.6% 和 21.4%。

表 4 各处理组大豆成熟期百粒重、平均单株籽粒产量和平均单株总生物量

Table 4 100-grain weight, average grain yield and total biomass of soybean of each group

	百粒重 100-seed weight/g	平均单株籽粒产量 Average seed yield/g	平均单株总生物量 Average total biomass/g
对照组 Control group	27.99	7.24 ± 3.4	29.73 ± 10.66
加压组 Treated group	28.06	9.45 ± 4.63	36.11 ± 14.85

图 2 为成熟期(播种后第 108 天)两组大豆单

株籽粒产量分布图。对照组单株籽粒产量全部分布在 1~17 g 之间,在 5~9 g 之间出现最高百分率(占 56%);加压组单株籽粒产量全部分布在 1~29 g 之间,在 9~13 g 之间出现最高百分率(占 33%)。对比两组大豆单株籽粒产量分布图,加压组的峰值向产量增加方向移动,并且还有三株(占 4%)分布在 17~29 g 之间。

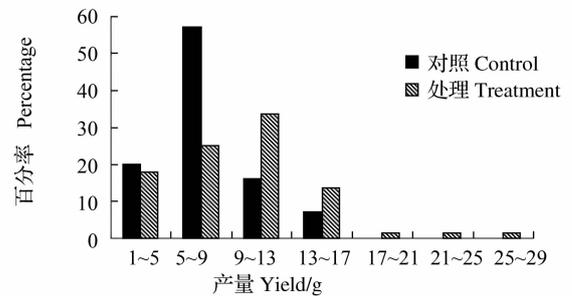


图 2 大豆单株产量分布

Fig. 2 Yield distribution of individual plant in each group

对两组大豆单株籽粒产量进行统计分析( $t$  检验)表明:在 99% 的置信水平上,两组大豆的单株产量有显著性差异,即加压组大豆平均单株籽粒产量比对照组有显著性提高。因此,可以认为高压处理种子对提高大豆籽粒产量有明显的作用。

## 2.5 高压对大豆籽粒品质的影响

表 5 为两组大豆籽粒的主要营养成分含量。与对照组相比,加压组不饱和脂肪酸含量有所增加,饱和脂肪酸含量有所降低,粗脂肪含量有所增加,粗蛋白含量有所增加。

表 5 各处理组大豆成熟期籽粒主要营养成分含量

Table 5 The content of the main components of soybean in each group

	不饱和脂肪酸 Unsaturated fatty acid/%	饱和脂肪酸 Saturated fatty acid/%	粗脂肪 Crude fatty acid/%	粗蛋白 Crude protein/%
对照组 Control group	83.0	15.1	21.32	37.69
加压组 Treated group	85.0	14.7	21.86	37.75

脂肪酸结果为相对百分含量 Fatty acids are the relative content

不饱和脂肪酸是大豆的主要营养成分之一;饱和脂肪酸不能被人体吸收,摄食过多将引发心血管疾病;大豆脂肪是大豆出油率的一个重要指标;大豆蛋白是消化吸收率最高的蛋白质之一(陈炳卿和孙长颢,2004)。高压处理种子使这 4 种营养成分中某些成分含量增加,某些成分含量降低,但是这些

改变都是朝着有利于提高大豆品质的方向变化。

## 2.6 特殊植株

从成熟期的整体观测来看,在加压组 73 株植株中发现一株大豆籽粒产量和总生物量出现明显分离。由表 6,该株大豆籽粒产量和总生物量分别为 28.779 g 和 103.779 g,与加压组平均单株籽粒产量(9.452 g)和平均单株总生物量(36.109 g)相比,分别增加了 204.48% 和 187.40%;与对照组平均单株籽粒产量(7.236 g)和平均单株总生物量(29.733 g),分别增加了 297.72% 和 249.04%;与对照组最高单株籽粒产量(17.049 g)和单株总生物量(59.049 g)相比,分别增加了 68.80% 和 75.75%。值得一提的是,在高压处理大豆种子后,该株大豆的种子与加压组其它大豆的种子相比,种皮被压破。我们曾用高压氮气处理微型番茄种子,发现高压处理组中出现异常高大植株,并且此性状在以后连续两代中能够稳定遗传。但这里出现的特殊植株的高产特性是否是由压力引起的某种变异,是否具有遗传性等等,都还有待进一步进行多代试验并从分子和细胞水平上等方面做深入的研究。

表 6 成熟期大豆特殊植株籽粒产量和总生物量

Table 6 The grain yield and total biomass of the special soybean

	加压组 最高值 MTG	加压组 平均值 ATG	对照组 平均值 ATG	对照组 最高值 MCG
籽粒产量 Grain yield/g	28.78	9.45 ± 4.63	7.24 ± 3.4	17.05
总生物量 Total biomass/g	103.78	36.11 ± 14.85	29.73 ± 10.66	59.05

MTG: maximum of treated group; ATG: average of treated group; ATG: average of control group; MCG: maximum of control group

## 3 讨论

植物生长发育是一个相当复杂的生命过程,许多研究表明,逆境锻炼能改善植株的生长特性。关于其机理解释也有不少假说,自由基生物学(赵剑等,1997)认为,大豆等高脂肪、高蛋白作物种子,其呼吸链电子传递体系产生大量的氧自由基和其它类型的自由基,所以细胞内一般具有较高活性的 CAT、SOD、POD 等酶保护防御体系来清除过量的自由基,以维持自由基代谢平衡。而逆境(如低温等)则使细胞的某些代谢失调,致使大量自由基产生造成对细胞的伤害,进而影响种子的萌发生长。但是,能够在逆境下存活的植株可以对所造成的伤害逐渐

修复,一旦修复后,在后期生长过程中表现出较对照组更为明显的优势。本试验中,高压亦造成了对种子的逆境胁迫,影响到细胞内自由基代谢平衡,造成部分种子不能发芽(发芽率降低),部分种子却能够逐渐修复高压引起的破坏作用,发芽、成苗和生长,进而后死亡率下降,株高、茎粗、根长和根重有所提高,最终产量增加、品质提高。在本试验中,从大豆的 4 种主要成分(不饱和脂肪酸、饱和脂肪酸、粗脂肪和粗蛋白)来看,压力使其某些成分含量增加,某些成分含量降低,但是,这些变化都是朝着有利于提高大豆品质的方向改变。与郭建平等的研究相比,高压逆境锻炼在生物育种和功能性生物开发方面显示出明显的优势。

## 4 结论

通过高压氮气处理大豆种子,初步探讨高压处理对大豆农艺性状、产量和品质的影响。在相同的自然条件下,加压组大豆的平均单株籽粒产量提高了 30.6%;加压组大豆的四种主要营养成分(不饱和脂肪酸、饱和脂肪酸、粗脂肪和粗蛋白)均朝着有利于提高品质的方向变化。初步认为,高压处理种子是提高大豆产量和品质的一种有效的新方法。

**致谢:**刘福生研究员、薛学东工程师、张明建、杨金科和张艳丽等同学在种子处理和数据测量等方面给予了很多帮助,经福谦院士对本工作给予了很大的关心和支持,在此深表感谢!

## References

- Bai C K, Li G S, Duan J, Peng C L, Weng K N, and Xu S P. 2005. Activities of antioxidative enzymes and the responds to cold stress of rice treated by high hydrostatic pressure. *Chinese Journal of High Pressure Physics*, 19(3):235-240(白成科,李桂双,段俊,彭长连,翁克难,徐世平. 2005. 高压处理后水稻抗氧化酶活性及对逆境胁迫的响应. *高压物理学报*, 19(3):235-240)
- Chen B Q, and Sun C H, eds. 2004. *Nutrition and healthiness*. Chemical Industry Press, China, Beijing, pp. 85(陈炳卿,孙长颢,著. 2004. 营养与健康. 化学工业出版社,中国,北京,pp. 85)
- Chen L Y, Wu X H, Liu X R, Su L, and Hong S M. 2006. Effect of high pressure treating *Catharanthus Roseus* seeds on enhancing content of vinblastine in the plant. *Chinese Journal of High Pressure Physics*, 20(2):183-188(陈丽英,吴学华,刘秀茹,苏磊,洪时明. 2006. 高压处理种子对提高长春花中长春碱含量的作用. *高压物理学报*, 20(2):183-188)
- Du L E, Wei Y C, Ke F C, Yu X P, and Du W L. 1989. Studies on breeding of soybean by chemical mutation and its rule. *Acta Agriculturae*

- Boreali Sinica, 4(2):39-43(杜连恩,魏玉昌,可福存,于秀普,杜文亮. 1989. 大豆化学诱变育种及其规律的研究. 华北农学报, 4(2):39-43)
- Guo J P, Gao S H, Bai Y M, Wen M, and Wang B Y. 1996. An Experiment study of the impacts of CO<sub>2</sub> concentration doubling on soybean growth. Scientia Atmospherica Sinica, 20(2):243-249(郭建平,高素华,白月明,温民,王春乙. 1996. CO<sub>2</sub>浓度倍增对大豆影响的试验研究. 大气科学, 20(2):243-249)
- Gu Y H, Su M J, and Qin G Y. 2003. Effects of low energy ion beams implantation on inhibition of soybean seeds at low temperature. Acta Laser Biology Sinica, 12(5):364-367(谷运红,苏明杰,秦广雍. 2003. 低能离子注入对大豆种子吸胀冷害的影响. 激光生物学报, 12(5):364-367)
- Li G S, Bai C K, Duan J, Peng C L, Weng K N, and Liu S D. 2003. Effect of high hydrostatic pressure treatment on physiological characteristics of rice plants. Chinese Journal of High Pressure Physics, 17(2):122-128(李桂双,白成科,段俊,彭长连,翁克难,刘曙东. 2003. 静水高压处理对水稻植株生理特性的影响. 高压物理学报, 17(2):122-128)
- Li Q, Wang L, Zhao R J, Pei Y L, and Wang L Z. 2001. Some research on soybean mutation breeding. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 23(2):1-6(李强,王岚,赵荣娟,裴颜龙,王连铮. 2001. 大豆辐射育种的某些研究. 中国油料作物学报, 23(2):1-6)
- Shen S L, Xu S P, Weng K N, Tan M, Zhang J F, Long G W, Chi Y B, Liu B, and Zou G T. 2004. Molecular analysis of stable mutagenesis rice cultivar induced by high hydrostatic pressure. Chinese Journal of High Pressure Physics, 18(4):1-6(申斯乐,徐世平,翁克难,谭梅,张剑峰,龙国徽,池元斌,刘宝,邹广田. 2004. 高静水压处理水稻诱导稳定遗传变异系的 DNA 分析. 高压物理学报, 18(4):1-6)
- Wang C Y, Bai Y M, Wen M, and Huang H. 2004. Effect of double CO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> on growth and yields in soybean. Environmental Science, 25(6):6-10.(王春乙,白月明,温民,黄辉. 2004. CO<sub>2</sub>和O<sub>3</sub>浓度倍增及复合效应对大豆生长和产量的影响. 环境科学, 25(6):6-10)
- Wang R Z, Cheng C M, Hu S X., and Dai X L. 2001. Study on character variation of spring soybean carried by airship. Acta Agriculturae Jiangxi, 13(4):62-64(王瑞珍,程春明,胡水秀,戴兴临. 2001. 春大豆空间诱变性状变异研究初报. 江西农业学报, 13(4):62-64)
- Wu X H, Chen L Y, Su L, Liu X R, and Hong S M. 2004. Effect of high pressure nitrogen gas treatments of mini-tomato seeds on its growth characteristics. Chinese Journal of High Pressure Physics, 18(4):379-384(吴学华,陈丽英,苏磊,刘秀茹,洪时明. 2004. 高压氮气处理微型番茄种子对其生长特性的影响. 高压物理学报, 18(4):379-384)
- Xu S P, Liao Y P, Weng K N, Xiao W S, Chen Z M, Lv G C, and He X Y. 2001. Pressure induced rice mutation and effects of high hydrostatic pressure on the growth and development of rice. Chinese Journal of High Pressure Physics, 15(4):241-248(徐世平,廖耀平,翁克难,肖万生,陈钊明,律广才,何秀英. 2001. 水稻压制变异和高压对水稻生长发育的影响. 高压物理学报, 15(4):241-248)
- Xu S P, Liao Y P, and Xiao W S. 1999. Effects of high pressure on the growth and development of rice. Chinese Journal of High Pressure Physics, 13(Suppl):58-62.(徐世平,廖耀平,肖万生. 1999. 高压对水稻生长发育的影响. 高压物理学报, 13(增刊):58-62)
- Zhao J, Ma F R, Yang W J, and Shang W B. 1997. Effects of pretreatment of soybean seeds with high voltage electrostatic field on soybean seedlings' cold acclimation. Acta Biophysica Sinica, 13(3):489-494(赵剑,马福荣,杨文杰,温尚斌. 1997. 高压静电场预处理种子对大豆幼苗抗冷害的影响. 生物物理学报, 13(3):489-494)
- (上接 100 页)
- Patterson B D. 1984. Estimation of hydrogen peroxide in plant extracts using titanium (M). Analysis Biochemical, 139:487-492
- Prasad T K, Anderson M D, Martin B A, and Stewart C R. 1994. Evidence for chilling-induced oxidative stress in maize seedlings and a regulatory role for hydrogen peroxide. The Plant Cell, 6:65-74
- Skudlik G, Baczek-kwinta R, and Koscieliak J. 2000. The effect of short warm breaks during chilling on photosynthesis and the activity of antioxidant enzymes in plant sensitive to chilling. Journal of Agronomy and Crop Science, 184:233
- Zhang R, Lv J, Mi Q S, and Wang S G. 2006. Effects of salicylic acid on antioxidant enzymes in rice seedlings under chilling stress. Journal of Southwest Agricultural University. 28(1):29-32, 36(张蕊,吕俊,米青山,王三根. 2007. 低温下外源水杨酸对水稻幼苗抗氧化酶系的影响. 西南农业大学学报, 28(1):29-32, 36)
- Zhou Y P, Liu H W, Feng Y X, Zheng Y L, and Wang Z X. 2002. Effects of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and CaCl<sub>2</sub> on cold-resistance in banana seedlings. Journal of Guangzhou University: Natural Science Edition. 1(2):33-36(周玉萍,刘华伟,冯永新,郑燕玲,王正洵. 2002. 过氧化氢与氯化钙对香蕉幼苗抗寒性的影响. 广州大学学报:自然科学版, 1(2):33-36)