西北农业学报 2010,19(4):100-105
Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica

4 种化学试剂浸种对桔梗种子萌发及幼苗生长的影响*

陈 娟,雷 霁,王 磊,赵文彬,张玲玲,慕小倩*,成清琴
(西北农林科技大学 生命科学学院,陕西杨凌 712100)

摘 要:通过室内培养,研究不同质量浓度的 $CaCl_2$、KNO_3、$KMnO_4$ 和不同体积分数的 H_2O_2 四种化学试剂浸种对桔梗种子萌发、幼苗生长的影响。结果表明,$CaCl_2$ 处理的桔梗种子,发芽势、发芽指数和苗高均显著提高。H_2O_2 处理桔梗种子,对根长有抑制作用,而对苗高有促进作用,其中 0.04 mL/mL H_2O_2 明显地抑制了桔梗种子的发芽势、发芽率、发芽指数。0.005 g/mL KNO_3 处理的桔梗种子发芽势、发芽率、发芽指数、根长、苗高、可溶性蛋白和可溶性糖均明显高于对照,供试质量浓度 KNO_3 处理桔梗种子均显著促进根长、苗高。0.003 g/mL $KMnO_4$ 处理的桔梗种子发芽势、发芽率、发芽指数、根长、苗高、可溶性蛋白和可溶性糖明显高于对照,供试不同质量浓度 $KMnO_4$ 对桔梗苗高均有促进作用。在 4 种化学试剂浸种处理中 0.005 g/mL KNO_3 和 0.003 g/mL $KMnO_4$ 对促进桔梗种子萌发和幼苗生长效果最佳。

关键词:桔梗;化学试剂;浸种;种子萌发;幼苗
中图分类号:S666 **文献标识码**:A **文章编号**:1004-1389(2010)04-0100-06

Effects of Four Chemicals Reagents Soak on Seeds Germination and Seedling Growth of *Platycodon grandiflorum*

CHEN Juan, LEI Ji, WANG Lei, ZHAO Wenbin, ZHANG Lingling, MU Xiaoqian* and CHENG Qingqin
(College of Life Science, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China)

Abstract: Cultured experiment were used to evaluate the effects on the germination of presoaking seeds and seedling growth of *Platycodon grandiflorum* treated with different mass percent concentration of chemical reagents, such as $CaCl_2$, H_2O_2, KNO_3, $KMnO_4$. The result showed that the different concentration of $CaCl_2$ solution promoted germination energy, germination index, and shoot height. The different concentration of H_2O_2 solution inhabited root length but promoted shoot height, 0.04 mL/mL H_2O_2 solution inhibited the germination and seedling growth of *Platycodon grandiflorum*. 0.005 g/mL KNO_3 promoted germination energy, germination percentage, germination index, root length, shoot height, soluble protein, and soluble sugar. The different concentration of KNO_3 solution enhanced root length and shoot height. 0.003 g/mL $KMnO_4$ promoted germination energy, germination percentage, germination index, root length, shoot height, soluble protein and soluble sugar. The different concentration of $KMnO_4$ solution enhanced shoot height. In the four chemicals reagents, 0.005 g/mL KNO_3 and 0.003 g/mL $KMnO_4$ were effective reagents to improve the germination and growth.

Key words: Platycodon grandiflorum; Chemical reagent; Soak; Germination; Seedling

桔梗(*Platycodon grandiflorum* A. DC)属于桔梗科、桔梗属,多年生双子叶草本习性,是一

* **收稿日期**:2009-08-25 **修回日期**:2009-09-28
基金项目:国家 863 项目(2007AA021503)。
作者简介:陈 娟(1982—),陕西三原人,在读硕士,专业方向为药用植物资源保护与利用。E-mail:chenjuan_2007jie@163.com
* 通讯作者:慕小倩(1964—),陕西吴堡人,教授,主要从事生物多样性保护与利用方向研究工作。

种药、食、赏兼用植物[1]。其味苦、辛、平,归肺经,有开宣肺气、祛痰排脓之功效,用于治疗外感咳嗽、咽喉肿痛、肺痛吐痰、胸满胁痛、痢疾腰痛等症[2]。桔梗不仅是一种传统中药,也是我国东北地区及日、韩等东亚国家的常用蔬菜之一,是一种很好的功能性食品。近年来,日本学者发现将桔梗提取物用于化妆品和浴液,具有独特护肤抗衰老作用[3]。此外,桔梗浸液还可作为农作物的杀虫、杀菌剂[4]。随着桔梗越来越多的药用及经济价值的被发现,使社会对桔梗原材料的需求迅速增加,单靠野生桔梗资源已不能满足需求[5]。在此情况下,各主产区普遍开展了桔梗野生种驯化和桔梗新品种选育研究,为了加快育种进程或其他目的,常需要在桔梗种子成熟后立即进行播种育苗,但由于桔梗种子含有活性较高的内源萌发抑制物质,表现浅度休眠现象而严重影响桔梗种子的发芽和出苗[6]。本研究选择了 4 种曾经报道对种子萌发有促进作用[7-12]的化学试剂对桔梗种子进行浸种处理,比较评价它们对桔梗种子发芽和幼苗生长的影响,旨在筛选出一种有效、简便、药剂用量少的种子浸种剂,为生产中促进桔梗种子的种苗生长提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　材料与试剂

供试桔梗种子于 2008 年采自陕西天士力植物药业有限公司商洛桔梗基地。

浸种试剂为 $CaCl_2$(氯化钙)、KNO_3(硝酸钾)、H_2O_2(过氧化氢)、$KMnO_4$(高锰酸钾),由西安市化学试剂厂生产。

1.2　方 法

1.2.1　*4 种试剂对桔梗种子萌发和幼苗生长的影响*　通过参考相关文献,特设了不同的处理(表 1),每处理 100 粒种子,每处理重复 3 次。

表 1　浸种试剂

Table 1　Different chemical reagents

浸种剂 Reagent	处理 Treatment			
H_2O	—	—	—	—
$CaCl_2$/(g/mL)	0.005	0.01	0.015	0.02
H_2O_2/(mL/mL)	0.01	0.02	0.03	0.04
KNO_3/(g/mL)	0.005	0.01	0.015	0.02
$KMnO_4$/(g/mL)	0.001	0.002	0.003	0.004

选取籽粒饱满的桔梗种子先用 0.1% $HgCl_2$ 消毒 10 min,经蒸馏水冲洗数次后,分别置于各处理溶液中浸种 24 h,温度为 25℃左右。将浸种处理后的桔梗种子捞出,用清水反复冲洗,滤干后分别在发芽床上(Φ9 cm 的培养皿,内铺有 2 层湿滤纸)均匀排列,每床摆 100 粒种子,每处理重复 3 次。发芽试验在人工智能培养箱中 25℃恒温光照(12 h)进行培养。从第 2 天起每日定时统计日发芽量,第 7 天统计发芽势(Germination energy, *GE*),第 14 天结束发芽,并统计发芽率(Germination percentage, *GP*)。挑选前 3 次统计过的已萌发的种子接于纱网上,采用自来水水培法,使其生长 7 d,每个处理随机选取 50 个幼苗,然后测定根长(Root length, *RL*)、苗高(Shoot height, *SH*)。分别计算对照和处理的发芽指数(Germination index, *GI*)。各项指标的计算方法:发芽率 *GP*(%)=(14 d 内正常发芽的种子数/供试种子总数)×100%;发芽势 *GE*(%)=(前 7 d 内正常发芽种子数/供试种子总数)×100%;发芽指数 $GI=\sum(Gt/Dt)$。式中:Gt 表示在第 t 天种子的发芽数,Dt 代表相应的发芽天数。

1.2.2　*种子浸出液电导率测定*[13]　各处理溶液中浸种 24 h 后,将浸种处理后的桔梗种子捞出,用清水反复冲洗,每个处理取 10 粒种子,每个处理 3 个重复加 6 mL 无离子水室温下浸泡 12 h(以充分吸胀为准),用 DDS-IIA 型电导仪测定种子浸出液电导率(A_1),再将测定完的样品和浸出液在沸水浴中煮 15 min,冷却至 25℃时测定其绝对电导率(A_2),相对电导率就是 A_1 与 A_2 的比值。

1.2.3　*种子中可溶性蛋白含量测定*[14]　考马斯亮蓝 G-250 染色法。

1.2.4　*种子中可溶性糖含量测定*[15]　采用蒽酮-硫酸法。

1.3　数据处理

所得数据用 SPSS12.0 和 Excel 进行方差分析和显著性检验。

2　结果与分析

2.1　$CaCl_2$ 对桔梗种子萌发及幼苗的影响

从表 2 可以看出,不同质量浓度 $CaCl_2$ 处理桔梗种子发芽势有所不同,0.01和0.015 g/mL 处理高于对照,0.005 和 0.02 g/mL 处理低于对照,0.015 g/mL 处理显著提高了发芽势。不同质量浓度处理发芽率均高于对照。不同质量浓度 $CaCl_2$ 处理桔梗种子发芽指数均高于对照,0.01 和 0.015 g/mL 处理显著提高发芽指数。不同质

量浓度处理桔梗种子根长除 0.005 g/mL 低于对照外，其余 3 个处理均高于对照。不同质量浓度 $CaCl_2$ 处理桔梗种子苗高均高于对照，除 0.01 g/mL处理外，其余 3 个处理均明显促进苗高。

表 2 不同质量浓度 $CaCl_2$ 对桔梗种子萌发及幼苗的影响

Table 2 Effects of $CaCl_2$ concentration on the germination and seeding growth of *Platycodon grandiflorum* seeds

质量浓度/(g/mL) Concentration	发芽势% Germination energy	发芽率% Germination percentage	发芽指数 Germination index	根长/cm Root length	苗高/cm Shoot height
0.005	18.33±0.88c	28.33±0.88ab	3.41±0.17abc	1.56±0.07a	0.48±0.02ab
0.01	24.00±0.58b	30.00±2.08ab	3.70±0.25ab	1.78±0.06a	0.43±0.01c
0.015	29.33±1.86a	33.00±1.53ab	4.08±0.21a	1.73±0.08a	0.45±0.02bc
0.02	21.33±0.67bc	26.67±2.33b	3.24±0.37bc	1.75±0.07a	0.52±0.02a
CK	22.67±1.20b	25.00±1.53b	2.80±0.17c	1.59±0.07a	0.41±0.01c

注：同列数据后标不同小写字母者差异显著($P<0.05$)。下表同。

Note: Different small letters of the column means significance at the 0.05 level. The same as below.

表 3 不同体积分数 H_2O_2 对桔梗种子萌发及幼苗的影响

Table 3 Effects of H_2O concentration on the germination and seedling growth of *Platycodon grandiflorum*

体积分数/(mL/mL) Concentration	发芽势% Germination energy	发芽率% Germination percentage	发芽指数 Germination index	根长/cm Root length	苗高/cm Shoot height
0.01	16.00±2.00a	20.67±2.67a	2.25±0.24a	1.01±0.09b	1.16±0.07a
0.02	19.33±1.86a	25.33±2.96a	2.58±0.28a	1.16±0.08b	1.12±0.06a
0.03	22.33±3.84a	28.00±4.16a	2.92±0.46a	0.97±0.08b	1.07±0.65a
0.04	6.67±1.20b	10.67±3.28b	1.09±0.26b	0.63±0.04c	0.90±0.35b
CK	22.67±1.20a	25.00±1.53a	2.80±0.17a	1.59±0.07a	0.41±0.01c

2.2 H_2O_2 对桔梗种子萌发及幼苗的影响

从表 3 可以看出，不同体积分数 H_2O_2 处理桔梗种子发芽势均低于对照，通过显著性分析，0.04 mL/mL 处理的发芽势在 0.05 水平上显著降低。不同体积分数 H_2O_2 处理发芽率有所不同，0.02 和 0.03 mL/mL 处理高于对照，而 0.01 和 0.04 mL/mL 处理低于对照，其中 0.04 mL/mL 处理显著降低。0.03 mL/mL 处理提高了发芽指数，0.04 mL/mL 处理显著降低发芽指数。不同体积分数 H_2O_2 处理均明显降低了根长，但显著促进了苗高。

2.3 KNO_3 对桔梗种子萌发及幼苗的影

从表 4 可以看出，不同质量浓度 KNO_3 处理桔梗种子发芽势，0.005 和 0.015 g/mL 处理高于对照，而 0.01 和0.02 g/mL 处理低于对照，0.005 g/mL 处理显著提高发芽势。不同质量浓度 KNO_3 处理的发芽率均高于对照，0.005 和 0.015 g/mL 处理提高显著。不同质量浓度 KNO_3 处理的发芽指数均高于对照，0.005 和 0.015 g/mL 处理显著提高。不同质量浓度 KNO_3 处理均显著增加根长，促进苗高。

表 4 不同质量浓度 KNO_3 对桔梗种子萌发及幼苗的影响

Table 4 Effects of KNO_3 concentration on the germination and seedling growth of *Platycodon grandiflorum*

质量浓度/(g/mL) Concentration	发芽势% Germination energy	发芽率% Germination percentage	发芽指数 Germination index	根长/cm Root length	苗高/cm Shoot height
0.005	32.33±0.88a	38.67±1.86a	4.38±0.19a	2.07±0.09ab	0.63±0.03a
0.001	19.33±1.76c	28.67±4.33bc	3.17±0.41bc	1.89±0.10b	0.59±0.03a
0.015	26.33±1.76b	33.67±1.86ab	3.85±0.29ab	2.33±0.11a	0.60±0.02a
0.02	19.67±0.88c	29.00±1.73bc	3.15±0.25bc	2.12±0.08ab	0.58±0.02a
CK	22.67±1.20bc	25.00±1.53c	2.80±0.17c	1.59±0.07c	0.41±0.01b

2.4 $KMnO_4$ 对桔梗种子萌发及幼苗的影响

从表 5 可以看出，不同质量浓度 $KMnO_4$ 处理桔梗种子发芽势 0.001 和 0.003 g/mL 处理高于对照，而 0.002 和 0.004 g/mL 处理低于对照。不同质量浓度 $KMnO_4$ 处理对发芽率的影响除 0.004 g/mL 处理略低于对照外，其余均高于对照，0.003 g/mL 处理提高显著。不同质量浓度 $KMnO_4$ 处理对发芽指数的影响除 0.004 g/mL 处理略低于对照外，其余均高于对照，0.003 g/mL处理提高显著。不同质量浓度 $KMnO_4$ 处理的根长均高于对照，0.004 g/mL 处理显著提高。不同质量浓度 $KMnO_4$ 处理的苗高均高于对

照,0.003 和 0.004 g/mL 处理增高显著。

表 5　不同质量浓度 $KMnO_4$ 对桔梗种子萌发及幼苗的影响

Table 5　Effects of $KMnO_4$ concentration on the germination and seeding growth of *Platycodon grandiflorum* seeds

质量浓度/(g/mL) Concentration	发芽势% Germination energy	发芽率% Germination percentage	发芽指数 Germination index	根长/cm Root length	苗高/cm Shoot height
0.001	24.33±3.18a	26.67±1.86ab	3.07±0.33ab	1.67±0.07ab	0.43±0.01ab
0.002	21.00±1.00a	29.00±2.00ab	3.07±0.17ab	1.59±0.07b	0.43±0.01ab
0.003	28.33±3.38a	31.67±2.67a	3.72±0.39a	1.69±0.06ab	0.46±0.02a
0.004	20.00±2.52a	24.00±1.15b	2.74±0.16b	1.81±0.06a	0.45±0.01a
CK	22.67±1.20a	25.00±1.53b	2.80±0.17b	1.59±0.07b	0.41±0.01b

表 6　$CaCl_2$ 对桔梗种子电导率、可溶性蛋白和可溶性糖含量的影响

Table 6　Effects of $CaCl_2$ on the content of electrical conductivity, soluble protein and soluble sugar in *Platycodon grandiflorum* seeds

质量浓度/(g/mL) Concentration	相对电导率% Relative electric conductivity	可溶性蛋白/(mg/g) Soluble protein	可溶性糖/% Soluble sugar
0.005	43.82±2.58ab	74.14±2.06a	10.886±2.73a
0.01	45.31±2.58ab	72.6±1.47a	10.515±1.43a
0.015	47.4±2.58a	69.37±0.81a	10.355±1.75a
0.02	49.31±2.58a	68.34±1.40a	10.442±1.83a
CK	40.5±2.58b	74.25±2.56a	10.852±2.31a

2.4.1　$CaCl_2$ 处理桔梗种子的相对电导率、可溶性蛋白、可溶性糖的变化　电导率的变化可反映出质膜受伤害的程度。从表 6 可以看出,不同质量浓度 $CaCl_2$ 处理桔梗种子电导率有所不同,低质量浓度 $CaCl_2$ 处理桔梗种子的电导率与对照相比差异不显著,而高质量浓度的 $CaCl_2$ 处理桔梗种子电导率差异显著,说明高质量浓度 $CaCl_2$ 处理对质膜的损伤比较严重。不同质量浓度处理 $CaCl_2$ 处理桔梗种子可溶性蛋白和可溶性糖与对照相比差异不显著。

表 7　H_2O_2 对桔梗种子电导率、可溶性蛋白和可溶性糖含量的影响

Table 7　Effects of H_2O_2 on the content of electrical conductivity, soluble protein and soluble sugar in *Platycodon grandiflorum* seeds

体积分数/(mL/mL) Concentration	相对电导率/% Relative electric conductivity	可溶性蛋白/(mg/g) Soluble protein	可溶性糖/% Soluble sugar
0.01	40.17±6.68b	73.87±0.96a	10.838±3.26a
0.02	45.37±2.11ab	70.54±0.95ab	10.780±1.45a
0.03	52.76±0.82ab	68.55±1.51ab	10.556±2.32a
0.04	56.33±3.21a	65.77±3.39b	10.225±0.65a
CK	40.5±3.87b	74.25±2.56a	10.852±2.31a

2.4.2　H_2O_2 处理桔梗种子的相对电导率、可溶性蛋白、可溶性糖的变化　从表 7 可以看出,不同体积分数 H_2O_2 处理桔梗种子电导率有所不同,低体积分数 H_2O_2 处理电导率与对照相比差异不显著,而高体积分数的 H_2O_2 处理桔梗种子电导率差异显著,说明高体积分数的 H_2O_2 对桔梗种子质膜的损伤比较严重。不同体积分数处理 H_2O_2 处理桔梗种子可溶性蛋白和可溶性糖与对照相比差异不显著。

2.4.3　KNO_3 处理桔梗种子的相对电导率、可溶性蛋白、可溶性糖的变化　从表 8 可以看出,不同质量浓度 KNO_3 处理桔梗种子电导率与对照相比差异不显著,说明不同质量浓度 KNO_3 对桔梗质膜的损伤程度比较小。可溶性糖的含量反映了植物体内碳水化合物的运转情况,而且在有机物的代谢中起着重要的作用,也是种子能顺利萌发和生长的重要生理基础之一。不同质量浓度处理 KNO_3 处理桔梗种子可溶性糖与对照相比差异显著。0.005 g/mL 处理桔梗种子的可溶性蛋白和可溶性糖明显高于对照,说明 0.005 g/mL 促进了桔梗种子萌发。

表 8 KNO_3 对桔梗种子电导率、可溶性蛋白和可溶性糖含量的影响

Table 8 Effects of KNO_3 on the content of electrical conductivity, soluble protein and soluble sugar in *Platycodon grandiflorum* seeds

质量浓度/(g/mL) Concertration	相对电导率/% Relative electric conductivity	可溶性蛋白/(mg/g) Soluble protein	可溶性糖/% Soluble sugar
0.005	31.34±4.20a	78.38±4.17a	13.437±7.69a
0.01	33.12±1.53a	66.34±2.33b	12.271±1.46ab
0.015	40.40±5.59a	65.77±3.40b	11.415±3.39bc
0.02	41.83±7.09a	63.47±4.61b	12.496±3.22ab
CK	40.5±3.87a	74.25±2.56ab	10.852±2.31c

表 9 $KMnO_4$ 对桔梗种子电导率、可溶性蛋白和可溶性糖含量的影响

Table 9 Effects of $KMnO_4$ on the content of electrical conductivity, soluble protein and soluble sugar in *Platycodon grandiflorum* seeds

质量浓度/(g/mL) Concentration	相对电导率/% Relative electric conductivity	可溶性蛋白/(mg/g) Soluble protein	可溶性糖/% Soluble sugar
0.001	36.17±2.51a	79.97±3.60bc	11.540±1.02bc
0.002	37.82±2.18a	88.94±1.63b	12.599±4.25b
0.003	38.16±0.12a	99.91±2.78a	15.455±2.60a
0.004	42.49±1.19a	86.04±3.87b	11.516±8.61bc
CK	40.5±3.87a	74.25±2.56c	10.852±2.31c

2.4.4 $KMnO_4$ 处理桔梗种子的相对电导率、可溶性蛋白、可溶性糖的变化 从表 9 可以看出，不同质量浓度 $KMnO_4$ 处理桔梗种子电导率与对照相比差异不显著。说明不同质量浓度 $KMnO_4$ 对桔梗质膜的损伤程度比较小。可溶性蛋白为种子萌发和幼苗生长提供氮素营养，对种子萌发与胚的生长有着极重要的作用；同时与种子的活力的形成和保持有着密切的关系。不同质量浓度 $KMnO_4$ 处理桔梗种子的可溶性蛋白和可溶性糖均明显高于对照。表明不同质量浓度 $KMnO_4$ 处理能够促进种子体内淀粉和贮藏蛋白的转化，为种子萌发和幼苗生长提供能量和物质基础。

3 结论与讨论

3.1 本试验表明，$CaCl_2$ 和 H_2O_2 处理对桔梗种子发芽和生长作用影响不明显，H_2O_2 虽能对打破部分作物种子休眠促进种子萌发有明显作用[16-20]，但对桔梗种子的发芽作用表现出明显的抑制作用，其原因可能是 H_2O_2 较强的氧化性可能破坏种子内部所含的部分酶及某些与发芽有关的化学物质[21]，最终导致对种子萌发的抑制效应，其抑制机理有待进一步研究。0.005 g/mL KNO_3 和 0.003 g/mL $KMnO_4$ 处理桔梗种子可以有效地提高桔梗种子的发芽和生长。钾是植物体内各种重要酶的活化剂，促进糖分运输、转化及氮代谢[22]，激活种子脱氢酶活性和增加呼吸强度，调节溶液水势延缓种子吸水过程，使种子在萌发前有足够的时间进行膜系统修复和重要酶系的活化，改善细胞内环境和代谢状态，从而促进种子萌发[23]。$KMnO_4$ 作为一种强氧化剂，能软化种皮，改善种皮的通透性，促进水分或其他物质进入种子，氧化种皮的抑制剂和降低种皮的机械强度，从而减轻甚至解除种子的休眠。

3.2 种子中储藏着大量的淀粉，脂肪和蛋白质。这些有机物在种子萌发时，在酶的作用下被水解为简单的有机物，运送到正在生长的幼胚中去，供幼胚生长需要，种子萌发时，淀粉最后分解为葡萄糖，供细胞代谢所利用或转化为蔗糖运输到胚芽或胚根再水解为单糖而被利用，作为呼吸原料或再转变为淀粉、脂肪、蛋白质等。蛋白质在酶的作用下被水解为含氮化合物，并运输到胚中，合成新细胞的结构蛋白质。种子萌发过程中，储藏物质淀粉、脂肪、蛋白质等有机物质经历了一系列的水解，运输和重建等代谢转变过程[24]。因此种子内储存的有机物质越多，越有利于种子的萌发，幼苗的生长。0.005 g/mL KNO_3 和 0.003 g/mL $KMnO_4$ 处理桔梗种子的电导率均低于对照，说明对质膜的损伤程度比较轻，但是可溶性蛋白、可溶性糖均明显高于对照，试验结果表现为浸种后种子的发芽势、发芽率、发芽指数均明显高于对照。

3.3 在本试验中对照桔梗种子的发芽势、发芽

率、发芽指数都比较低,可能是因为桔梗从采收到试验的时间间隔较长,种子活力下降导致。

参考文献:

[1] 侯冬花,萨拉木·艾尼瓦尔,海利力·库尔班. 种子休眠与休眠解除的研究进展[J]. 新疆农业科学,2007,44(3):349-350.

[2] 李亚东. 越橘栽培与加工利用[M]. 长春:吉林科学技术出版社,2001:4-6.

[3] 曲路平,赵书春,李亚东,等. 红豆越橘的调查研究[J]. 吉林农业大学学报,1990,12(3):26-30.

[4] 高原君. 中国野生植物开发与加工利用[M]. 北京:中国轻工业出版社,1995:331.

[5] 刘自刚,张　雁. KH_2PO_4 和赤霉素对桔梗种子发芽的影响[J]. 种子,2007,26 (11):71-72.

[6] 赵敏,徐兆飞,王荣华,等. 桔梗种子内源抑制物质特性的初步研究[J]. 东北林业大学学报,2000,28(1):51-54.

[7] Sarath G,Hou G C,Baird L M,*et al*. Reactive oxygen species,ABA and nitric oxide interactions on the germination of warm-season C-4-grasses[J]. Planta,2007,226 (3):697-708.

[8] Afzal I,Ashraf S,Qasim M,*et al*. Does halopriming improve germination and seedling vigour in marigold (*Tagetes* spp.)[J]. Seed Science and Technology,2009,37(2) :436-445.

[9] 李大忠. 几种药剂促进苦瓜种子发芽的研究[J]. 长江蔬菜,2006(2):37-39.

[10] 武占会,高志奎,轩淑欣,等. 不同渗调剂对茄子种子的渗调效应研究[J]. 种子,2001,(5):27-28.

[11] 潘洁,陆文龙,庞云霞. 不同植物生长调节剂对黄瓜及辣椒种子发芽的影响[J]. 天津农业科学,2003,(3):9-11.

[12] 宋志荣. 几种药剂对辣椒种子发芽的影响研究[J]. 中国种业,2003,(6):26-27.

[13] 宋松泉,程红焱. 种子生物学研究指南[M]. 北京:北京农业大学出版社,2004:92-94.

[14] Read M S. Minimization of variation in the response to different protein of the coomassic blue G dyedinding:assay for protein [J]. Anal Biochem,1981,116:53-64.

[15] 白宝璋,靳占忠,李存东. 植物生理学实验教程(下)[M]. 北京:中国农业科技出版社,2001:61-62.

[16] Ogawa K,Iwabuchi M. A Mechanism for Promoting the Germination of Zinnia elegans Seeds by Hydrogen Peroxide[J]. Plant Cell Physiol,2001,42(3):286-291.

[17] Andrew I,Hsiao W A. Actions of sodium hypochlorite and hydrogen peroxide on seed dormancy and germination of wild oats,Avena fatua L[J]. Weed Research ,2006,24 (6):411-419.

[18] 张万萍,杨　民,江　燕,等. H_2O_2 浸种对羽衣甘蓝种子萌发及幼苗的影响[J]. 种子,2008,27(12):98-100.

[19] 马崇坚. 不同化学试剂处理对茄子种子萌发的影响[J]. 种子,2005,24(10):30-35.

[20] 马红媛,梁正伟,黄立华,等. 4 种外源激素处理对羊草种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 干旱地区农业研究,2008,26(2):69-73.

[21] 赵荣梅,刘　丽,郭巧生. 外源物质对桔梗种子发芽影响的研究[J]. 中国中药杂志,2006,31(12):966-968.

[22] 袁学军,刘建秀,张婷婷,等. 硝酸钾对假俭草抗寒性和草绿期的影响[J]. 草地学报,2007,15(4):363-370.

[23] 李庆梅,孙玉玲. 几种理化处理对秦岭冷杉种子萌发特性的影响[J]. 种子,2007,26(4):41-44.

[24] 张继树. 植物生理学[M]. 北京:世界图书出版社,2000:269-276.