

不同栽培基质、不同浓度 GA_3 和 PEG 溶液处理对石刁柏种子发芽的影响

杨春雪¹, 李丽丽¹, 田波林²

(1. 东北林业大学 园林学院, 黑龙江 哈尔滨 150040; 2. 吴忠市同心县国税局, 宁夏 吴忠 751300)

摘要:以石刁柏种子为试材,在恒温 25℃,光照强度 3 000 lx,相对湿度 66%的条件下,以累计发芽率、发芽势、发芽指数等为指标,探讨了不同栽培基质、不同浓度 GA_3 和 PEG 溶液处理对石刁柏种子发芽的影响。结果表明:不同栽培基质对石刁柏种子发芽率影响不大,但却对胚根长度有一定的影响,3 种不同基质中胚根长度的排序为沙子>珍珠岩:蛭石=1:1>蒸馏水;石刁柏种子发芽率、发芽势和活力指数在 GA_3 溶液浓度为 50 mg/L 时最高,其发芽指数与 GA_3 浓度呈负相关;石刁柏种子发芽率与 PEG 浓度呈负相关,发芽势及胚根长度随 PEG 浓度增加先增加后降低,在 PEG 浓度为 2.5%时达到最高。

关键词:石刁柏;种子;栽培基质; GA_3 ;PEG;发芽特性

中图分类号:S 644.604⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)05-0001-05

石刁柏(*Asparagus officinalis*)属百合科天门冬属多年生草本植物,叶质感柔软,是极好的插花配叶材料^[1],雌株夏季缀满圆球状红色果实,可植于庭园观赏,具有较高的园林应用价值。由于受低温影响,石刁柏在哈尔滨等高寒地区应用时通常生长成活年限较短、长势弱,需要经常以播种繁殖的方式更新栽培,而石刁柏种子发芽出苗缓慢且不整齐^[2-5]。有关石刁柏种子活力^[3,6-7]及发芽条件^[5,8-9]的研究已有一些报道,但多集中于利用光照与温度等因子对种子进行处理的研究。在其它植物上研究表明,采用不同浓度的 GA_3 处理一些植物的种子,对打破其休眠、萌发和幼苗生长均有明显的促进作用,是目前生产上为促进植物种子提早萌发而采用的最主要措施^[10],而利用 PEG 这种高分子渗透剂,除了可以控制种子的吸水速率和发芽进程外,对提高种子的活力也有明显的效果^[11]。该研究旨在探讨有利于石刁柏种子发芽的最适栽培基质类型及 GA_3 和 PEG 溶液浓度,了解其种子发芽阶段的耐旱性,为育苗中的石刁柏种子处理提供理论依据,对石刁柏在哈尔滨等高寒地区更为广泛的园林应用也具有参考价值。

1 材料与方法

1.1 试验材料

石刁柏种子于 2012 年采于东北林业大学家属区,置于暗处室温下贮藏,当年进行试验。

1.2 试验方法

1.2.1 种子预处理 将供试种子铺在白纸上,弃去杂质和有虫蚀及成熟度较低的种子,然后用蒸馏水浸泡 24 h,除杂、备用。

1.2.2 不同培养基质处理 分别对石刁柏的种子进行蒸馏水、沙子、珍珠岩:蛭石=1:1 配比 3 个不同的栽培基质处理,播种前用高压灭菌锅对基质进行消毒处理。

1.2.3 不同浓度 GA_3 溶液及 PEG 溶液处理 分别用 0、50、100、200、300 mg/L 5 个不同浓度的 GA_3 溶液以及 0、2.5%、5.0%、7.5% 4 个不同浓度的 PEG 溶液直接对石刁柏种子进行无基质处理。

1.2.4 培养条件 试验中选取直径为 12 cm 的培养皿,皿内以双层滤纸为发芽床,将配好的栽培基质、 GA_3 和 PEG 溶液置于培养皿中,至滤纸饱和为止,每处理 3 次重复。每个培养皿均均匀放入 30 粒种子,置于恒温 25℃,光照强度 3 000 lx,相对湿度为 66% 的光照培养箱中培养,光周期为 16 h/8h,保持溶液浓度恒定。

1.3 项目测定

以胚根露出种皮作为发芽标志,记录发芽数。试验期间逐日定时记录发芽种子数量,第 10 天统计发芽势。13 d 后测量每个培养皿中已发芽幼苗的胚根长度,以

第一作者简介:杨春雪(1977-),女,黑龙江伊春人,博士,副教授,研究方向为植物逆境植物学。E-mail:senxiu99@163.com.

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(DL10BA15);哈尔滨市科技创新人才研究专项资金资助项目(RC2011QN002041)。

收稿日期:2014-11-11

平均值为准。相关生理指标的具体计算如下:最终发芽率(%)=发芽种子数/供试种子数 \times 100%;发芽势(%)=发芽达到高峰时发芽种子数/供试种子数 \times 100%;发芽指数 $GI=\sum(G_t/D_t)$, 式中, G_t 为在时间为 t 天的发芽个数, D_t 为至 t 天的发芽天数;活力指数 $VI=GI\times S$, 式中, GI 为发芽指数, S 为平均根长。

1.4 数据分析

应用 SPSS 13.0 统计分析软件对不同处理下的发芽率、发芽指数、发芽势等各项指标进行差异显著性分析,采用 Microsoft Excel 进行制图。

2 结果与分析

2.1 不同栽培基质对石刁柏种子发芽的影响

由表 1 可以看出,经过 15 d 的观测,石刁柏种子在蒸馏水中累积发芽率为 77.77%,发芽势为 72.57%;在沙子中发芽率为 71.13%,发芽势为 67.00%;在珍珠岩和蛭石中发芽率为 72.23%,发芽势为 54.43%。由图 1 可见,处理后的前 4 d,没有石刁柏种子发芽,第 5 天对照组种子开始发芽,另外 2 种基质中的种子始发芽时间均在播种后第 6 天,所有处理种子的发芽率均在发芽后 5 d

内逐渐递增,发芽 6 d 后趋于平稳。

从表 1 还可以看出,在以珍珠岩:蛭石=1:1 配比而成的混合物作为栽培基质时,石刁柏种子发芽势与对照相比差异显著。不同栽培基质对石刁柏种子发芽率影响不大,但却对胚根长度有一定的影响,3 种不同基质中胚根长度的排序为沙子>珍珠岩:蛭石=1:1>蒸馏水,这说明沙子更有利于发芽初期石刁柏胚根的伸长。

表 1 不同栽培基质处理对石刁柏种子累积发芽率、发芽势和胚根长度的影响

Table 1 Effect of different cultivation substrate processing on germination rate, germination potential and length of seedling radicle of *Asparagus officinalis* seeds

栽培基质 Cultivation substrate	累积发芽率 Accumulated germination rate/%	发芽势 The germination potential/%	胚根长度 Length of seedling radicle/mm
CK	77.77 \pm 3.86a	72.57 \pm 4.54a	0.27 \pm 0.07a
沙子	71.13 \pm 5.09a	67.00 \pm 3.40a	1.68 \pm 0.11b
蛭石与珍珠岩	72.23 \pm 6.93a	54.43 \pm 1.96b	1.55 \pm 0.13b

注:不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平;下同。

Note: Different lowercase letters show significant difference at 0.05 level; the same below.

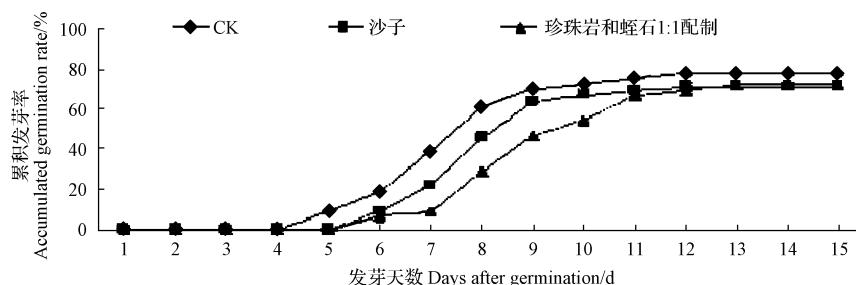


图 1 不同栽培基质对石刁柏种子发芽率的影响

Fig. 1 Effect of different cultivation substrate on germination rate of *Asparagus officinalis* seeds

2.2 不同浓度的 GA₃ 对石刁柏种子发芽的影响

图 2 结果表明,GA₃ 对石刁柏种子初始发芽时间没有明显影响,所有处理均在着床后第 5 天开始发芽,且累积发芽率在发芽后 5 d 内逐渐递增,6 d 后趋于平稳。

由表 2 可以看出,在所设浓度范围内,石刁柏种子累积发芽率、发芽势和活力指数均在 GA₃ 溶液浓度为 50 mg/L 时最高,其发芽指数与 GA₃ 浓度呈负相关。

50 mg/L 的 GA₃ 溶液处理下,石刁柏种子的累积发芽率、发芽势和活力指数 3 项发芽指标均显著高于对照,而当 GA₃ 溶液浓度高于 50 mg/L 时,发芽势与发芽指数则与 GA₃ 溶液浓度呈负相关,300 mg/L GA₃ 溶液处理组的发芽势和发芽指数 2 项发芽指标均显著低于对照。这说明低浓度的 GA₃ 溶液对石刁柏种子的发芽势有一定的促进作用。

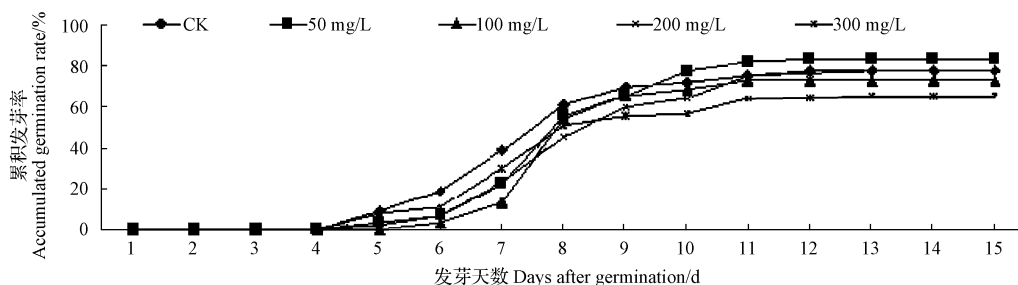


图 2 不同浓度的 GA₃ 对石刁柏种子发芽率的影响

Fig. 2 Effect of different concentrations of GA₃ on germination rate of *Asparagus officinalis* seeds

表 2 GA_3 溶液浸种处理对石刁柏种子活力的影响

Table 2 Effect of GA_3 seed handling on seeds vigor of *Asparagus officinalis*

GA_3 处理浓度 Concentration of GA_3 / (mg · L ⁻¹)	发芽势 The germination potential / %	累积发芽率 Accumulated germination rate / %	发芽指数 Germination index	活力指数 Vigor index
0	72.57±4.54ab	77.77±3.87ab	18.96±2.76a	39.64±8.87ab
50	77.77±5.08a	83.33±5.77a	17.97±1.07ab	49.21±6.24a
100	69.23±1.32ab	73.33±3.35ab	16.82±1.39ab	27.00±2.91b
200	64.43±8.36bc	77.77±12.64ab	16.10±1.91ab	35.28±16.51ab
300	56.70±3.35c	66.23±2.54b	15.54±0.71b	23.95±7.53b

2.3 不同浓度的 PEG 对石刁柏种子萌发的影响

在所设浓度范围内,石刁柏种子的累积发芽率与 PEG 浓度呈负相关(表 3),在 PEG 溶液浓度为 2.5%和 5.0%时,石刁柏种子累积发芽率与对照差异不显著;而当 PEG 溶液浓度增加到 7.5%时,则与对照差异极显著。随着 PEG 浓度的增加,石刁柏种子的发芽势及胚根长度呈先增加后降低的变化规律,在 2.5%的 PEG 溶液处理下,石刁柏种子发芽势为 73.70%;胚根长度与对照差异显著,这说明低浓度的 PEG 溶液处理有助于提高石刁柏种子的发芽势和胚根长度,PEG 溶液浓度高于 2.5%时,发芽势和胚根长度均低于对照,其中 5.0%的 PEG 溶液处理,石刁柏种子发芽势和胚根长度均与对照差异不显著;而当 PEG 溶液浓度增加到 7.5%时,累积发芽率和发芽势均与对照差异极显著($P<0.01$),胚根长度与对照差异显著。

由图 3 不同浓度的 PEG 浸种预处理后石刁柏种子

的发芽结果显示,处理后的前 4 d,没有石刁柏种子发芽,第 5 天对照组和 2.5%PEG 处理组的种子开始发芽,且发芽率在发芽后 5 d 内逐渐递增,第 6 天后趋于平稳;5.0%及 7.5% PEG 处理组种子的始发芽时间分别为第 6 天和第 7 天。并在发芽后 6 d 内逐渐递增,7 d 后趋于平稳。

表 3 不同浓度的 PEG 处理对石刁柏种子的发芽率、发芽势和胚根长度的影响

Table 3 Effect of different concentrations of PEG treatment on germination potential, seeds germination rate and radicle length of *Asparagus officinalis* seeds

PEG 处理浓度 Concentration of PEG / %	发芽势 The germination potential / %	累积发芽率 Accumulated germination rate / %	胚根长度 Length of seedling radicle / mm
0	72.57±4.54a	77.77±3.87a	2.07±0.18ab
2.5	73.70±5.20a	75.56±5.10a	3.20±1.60a
5.0	55.53±6.93a	73.33±3.35a	2.00±0.35ab
7.5	20.00±17.32b	32.33±22.18b	0.51±0.56b

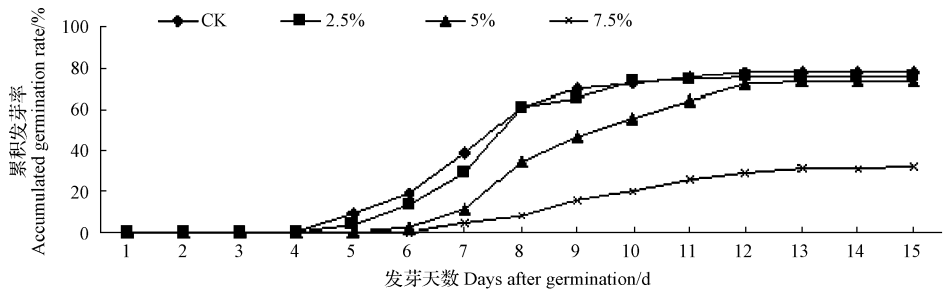


图 3 不同浓度的 PEG 对石刁柏种子发芽率的影响

Fig. 3 Effect of different PEG concentrations on germination rate of *Asparagus officinalis* seeds

3 讨论与结论

石刁柏种子即使在适宜条件下,发芽也比较缓慢,幼苗参差不齐,直接影响成园速度和产量,严重阻碍了石刁柏的发展^[12]。种子萌发是种子生活史中的关键阶段^[13]。已有相关研究表明,不同的栽培基质对百合(*Lilium brownii* var. *viridulum*)的籽球生长^[14]、番茄(*Solanum lycopersicum*)植株的长势^[15]、郁金香(*Tulipa gesneriana*)鳞茎生长^[16]及灵芝(*Ganoderma lucidum*)菌株活性^[17]等均有显著的影响,因此筛选出适于种子萌发的生长基质至关重要。该试验通过对石刁柏种子在不同栽培基质处理下的发芽特性进行研究,发现不同栽培基质对石刁柏种子发芽率影响不大,但却对胚根长度有

一定的影响,3 种不同基质中胚根长度的排序为沙子>珍珠岩:蛭石=1:1>蒸馏水,说明石刁柏对土壤适应性较广,在实践中应该优先选用富含有机质的砂质壤土作为栽培基质。

GA_3 能打破种子休眠,是一种常用的种子发芽促进剂。代勋等^[18]用 10 mg/L 的 GA_3 处理小桐子(*Jatropha curcas* L.)种子,结果表明可提高其在正常条件下的发芽率。坎平等^[19]也研究得出 GA_3 引发可显著改善烟草种子在干旱、低温以及干旱-低温交叉胁迫下的发芽势、发芽率、发芽指数,缩短发芽时间,其中以 0.5 mmol/L 效果最为显著。成仿云等^[20]通过试验得出低浓度 GA_3 (100~200 mg/L)能够促进‘凤丹’牡丹(*Paeonia ostii*

‘Fengdan’)种子萌发、生根。赵冰^[21]研究表明,用 GA₃ 对太白杜鹃(*Rhododendron purdomii*)种子进行 24 h 浸泡,可显著缩短种子发芽时间、提高发芽率和发芽势。此外,金伊洙等^[22]研究表明,低浓度的 GA₃ 提高石刁柏种子发芽率效果最好,可加速石刁柏种子发芽,提高其种子活力,但浓度过高反而有毒害作用,抑制种子发芽,这与该试验的石刁柏种子发芽率、发芽势和活力指数随 GA₃ 浓度增加呈先增后减的趋势,在 GA₃ 溶液浓度为 50 mg/L 时最高,但其发芽指数与 GA₃ 浓度呈负相关的研究结果是基本一致的。由此可见低浓度 GA₃ 可广泛提高种子发芽率,较高浓度反而不利,各种类植物种子萌发的最适 GA₃ 浓度不尽相同,这可能与种子的休眠机制、种皮特性及种子内含物等有关。

利用一定浓度的 PEG 溶液模拟干旱逆境来研究水分胁迫下种子生理反应已有较多研究,对宿根天人菊(*Gaillardia aristata*)^[23]、栓皮栎(*Quercus variabilis*)^[24]及青稞(*Hordeum vulgare* L. var. *nudum* Hook. f.)^[25]等的种子干旱胁迫研究都表明,PEG 对种子萌发的影响呈现先升高后降低的趋势,即低浓度促进,高浓度反而抑制种子发芽。这与该试验的研究结果是一致的。该试验中石刁柏种子发芽率与 PEG 浓度呈负相关,但在 PEG 浓度为 2.5% 和 5.0% 时,发芽率与对照差异均不显著,发芽势呈先增加后降低的变化规律,在 PEG 浓度为 2.5% 时达到最高,不仅说明石刁柏种子耐旱,还说明低浓度的 PEG 溶液对石刁柏种子发芽具有一定的促进作用。相比较而言,在生产实践过程中,低浓度的 GA₃ 溶液处理对促进石刁柏种子发芽影响效果更加显著。

参考文献

- [1] 那伟民,陈杏禹. 观赏蔬菜及其在园林绿化中的运用[J]. 现代农业科技,2007(4):15-18.
- [2] 胡立勇,余德谦. 芦笋栽培与加工[M]. 北京:科学技术文献出版社,1999.
- [3] 陈景长,李红岑. 石刁柏种子活力的研究[J]. 中国蔬菜,1994(5):31-32.
- [4] 王进涛. 芦笋种子构造与发芽特点[J]. 种子科技,1998(6):36.
- [5] 周倩,任安祥,王羽梅,等. 浸种对芦笋种子发芽及代谢的影响[J]. 内蒙古农业科技,1998(1):8-10.
- [6] 徐维忠,仲兆清,黄修海,等. 石刁柏种子活力及育苗基质研究[J]. 内蒙古农业科技,1999(6):11-12.
- [7] 任安祥,腾广宇. 石刁柏种子活力及寿命的初步研究[J]. 内蒙古农业科技,1989(2):27-30.
- [8] 任安祥,周倩,王羽梅,等. 催芽温度对芦笋种子发芽及代谢的影响[J]. 中国蔬菜,1997(1):11-14.
- [9] 任安祥,周倩,王羽梅. 芦笋种子条件与发芽关系的研究[J]. 内蒙古农牧学院学报,1996(4):29-32.
- [10] 王丽,王奎玲,刘庆超,等. 赤霉素处理及层积处理对野茉莉种子萌发的影响[J]. 江西农业学报,2010,22(3):77-79.
- [11] 潘春柳,黄燕芬,邓志军,等. PEG 处理对新鲜和老化穿心莲种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 种子,2013,32(12):30-34.
- [12] 任安祥,周倩,王羽梅. 种子处理对芦笋种子发芽的影响[J]. 内蒙古农业科技,1996(S1):44.
- [13] 王赞,李源,吴欣明,等. PEG 渗透胁迫下鸭茅种子萌发特性及抗旱性鉴定[J]. 中国草地学报,2008,30(1):50-54.
- [14] 郭宇龙,张延龙,司国臣,等. 不同基质及施肥对百合籽球生长的影响[J]. 中国土壤与肥料,2013(3):58-62.
- [15] 肖艳辉,何金明,陈明威,等. 不同栽培基质对番茄植株长势、果实品质及产量的影响[J]. 北方园艺,2011(4):9-11.
- [16] 梁悦萍,唐道城. 不同栽培基质对郁金香器官发育及鳞茎生长的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(5):151-152.
- [17] 谢丽源,彭卫红,黄忠乾,等. 不同栽培基质灵芝与不同灵芝菌株活性差异及相关性分析[J]. 西南农业学报,2014,27(1):325-330.
- [18] 代勋,李忠光,龚明. 赤霉素、甜菜碱对小桐子种子萌发及幼苗抗低温和干旱的影响[J]. 植物科学学报,2012,30(2):204-212.
- [19] 坎平,王莎莎,马文广,等. 赤霉素引发同时提高烟草种子及幼苗抗旱性和抗冷性[J]. 种子,2014,33(2):30-34.
- [20] 成仿云,杜秀娟. 低温与赤霉素处理对‘凤丹’牡丹种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 园艺学报,2008,35(4):553-558.
- [21] 赵冰. 光照时间和赤霉素浓度对太白杜鹃种子萌发的影响[J]. 北方园艺,2014(2):60-63.
- [22] 金伊洙,胡丽芬,张雪珠. 石刁柏种子发芽特性的研究[J]. 北方园艺,2007(10):16-18.
- [23] 张凤银,陈禅友,胡志辉. PEG-6000 胁迫对宿根天人菊种子萌发及幼苗生理特性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2014,42(1):132-136.
- [24] 李志萍,张文辉,崔豫川. PEG 模拟干旱胁迫对栓皮栎种子萌发及生长生理的影响[J]. 西北植物学报,2013,33(10):2043-2049.
- [25] 姚晓华,吴昆仑. PEG 预处理对青稞种子萌发、幼苗生长和抗旱性的影响[J]. 中国农业大学学报,2013,18(6):80-87.

Effect of Different Culture Substrates, Different Concentrations of GA₃ and PEG on the Germination Characteristics of *Asparagus officinalis*

YANG Chun-xue¹, LI Li-li¹, TIAN Bo-lin²

(1. Landscape and Architecture College, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040; 2. Tax Bureau of Wuzhong Tongxin Country, Wuzhong, Ningxia 751300)

Abstract: Taking seeds of *Asparagus officinalis* as materials, different culture substrates, different concentrations of GA₃ and PEG were settled respectively in the experiment with the condition of 25°C, light intensity 3 000 lx and relative humidity 66%, in order to explore their effect on germination characteristics of *Asparagus officinalis* through the

离子液体 1-己基-3-甲基咪唑溴化盐对萝卜幼苗的毒性以及水杨酸对其缓解效应研究

刘 萍, 王 添 乐, 丁 义 峰, 王 雪 瑞, 张 妍, 卢 芳

(河南师范大学 生命科学院, 河南 新乡 453007)

摘 要:以萝卜“新科原种 791”品种为试验材料,研究了不同浓度(0、50、100、150、200 mg/L)的离子液体 1-己基-3-甲基咪唑溴化盐($[C_6mim]Br$)对萝卜种子萌发和幼苗生长的影响,以及在不同浓度的离子液体溶液中均加入相同浓度(30 mg/L)的水杨酸(SA)对离子液体的影响进行缓解效应研究。结果表明:各浓度的离子液体处理均使萝卜种子发芽率以及幼苗的干鲜重比值降低,叶片超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)活性和叶绿素含量下降,膜脂过氧化作用产物丙二醛(MDA)的含量升高。SA 能在一定程度上缓解 $[C_6mim]Br$ 对萝卜种子萌发与幼苗生长的毒害。

关键词:萝卜;离子液体;SA;毒性;缓解

中图分类号:S 631.104⁺.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)05-0005-04

近年来离子液体被广泛应用于化学研究的各个领域,成为 21 世纪绿色化工的前沿热点^[1]。但研究表明,离子液体对藻类、微生物、动植物均有不同程度的生物毒性^[2-6]。虽然,离子液体对普通农作物的影响已有研究,但对于如何缓解离子液体造成的影响却鲜有报道。

水杨酸(SA)是苯丙氨酸代谢途径的产物,其参与植物抗逆反应的诱导过程,具有提高植物非生物抗逆性作用^[7-8]。据报道,SA 可以提高盐胁迫下玉米幼苗叶片 SOD 和 POD 的活性,防止 MDA 积累,降低质膜透性,从而缓解伤害^[9]。SA 对镉、铬、铅等重金属对莴苣、大豆等农作物种子萌发的胁迫也具有一定的缓解作用^[10-11]。

该试验以常见蔬菜萝卜为试材,研究了离子液体对其种子萌发和幼苗生长的影响,以及 SA 对离子液体环境中萝卜种子萌发和幼苗生长的作用。以期对离子液

体可能存在的农业生态风险进行初步评价,并为缓解离子液体造成的环境胁迫探索一定方法。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试萝卜(*Raphanus sativus* L.)“新科原种 791”品种种子由辽宁省新民市吉祥种苗有限公司生产。离子液体 1-己基-3-甲基咪唑溴化盐(1-hexyl-3-methylimidazolium bromide, $[C_6mim]Br$)由河南师范大学化学与环境科学学院提供。SA 及其它用于生理指标测定的试剂均为分析纯。

1.2 试验方法

1.2.1 种子材料的表面消毒 将种子置于烧杯中,用 0.1% $HgCl_2$ 水溶液消毒 5 min 后,用去离子水将种子清洗 3 次。

1.2.2 浸种与催芽 处理组:将 $[C_6mim]Br$ 浓度设定为 50、100、150、200 mg/L,以去离子水为对照;缓解组:将 SA(30 mg/L)分别加入上述不同浓度的离子液体溶液中,以不加 SA 的各 $[C_6mim]Br$ 浓度处理组做对照。每

第一作者简介:刘萍(1958-),女,河南潢川人,教授,现主要从事植物生理学等教学与科研工作。E-mail:Liuping5812@sina.com.

基金项目:河南省重点科技攻关计划资助项目(122102310356)。

收稿日期:2014-11-25

method of calculating the accumulated germination rate, germination energy and germination index, etc. The results showed that different culture substrates had little effect on the germination rate, but had a certain effect on the length of the radicle, the order was sand > perlite and vermiculite each 50% > distilled water; the germination rate, germination energy and vigor index were the highest when the concentration of GA_3 was 50 mg/L, and the germination index had negative correlation with the concentration of GA_3 ; the germination rate had negative correlation with the concentration of PEG; the germination energy and the length of the radicle increased firstly and decreased later with the concentration increased of PEG; and they were the highest at the concentration of 2.5%.

Keywords: *Asparagus officinalis*; seeds; cultivation substrates; GA_3 ; PEG; sprouting character