

聚乙二醇 6000 引发对芹菜种子萌发及幼苗生长的影响

陈宝悦, 陈子敬, 王倩

(中国农业大学园艺学院, 设施蔬菜生长发育调控北京市重点实验室, 北京 100193)

摘要:以“文图拉”和“日本小香芹”芹菜为试材, 采用聚乙二醇 6000(PEG)来引发芹菜种子, 研究引发后芹菜种子的萌发和幼苗生长的状况, 以探究引发对芹菜种子及幼苗生长的影响。结果表明: PEG 引发处理可以显著提高芹菜种子的发芽指数和活力指数, 使得芹菜种子的发芽更加快速并且更加整齐, 提高了种子的活力, 显著性降低了芹菜种子浸出液电导率和相对电导率, 降低了脱落酸(ABA)的含量, 增加了油菜素内酯(BR)和玉米素(ZR)的含量; PEG 引发可以促进芹菜幼苗的生长, 提高了芹菜幼苗的叶面积、总根体积和地上部鲜重, 显著性降低了芹菜幼苗中丙二醛(MDA)的含量, PEG 引发显著性降低了“文图拉”芹菜中超氧化物歧化酶(SOD)的活性, 显著性降低了“日本小香芹”芹菜中过氧化氢酶(CAT)的活性。

关键词:芹菜; PEG; 种子引发; 萌发; 幼苗生长; 生理生化特性

中图分类号:S 636.304⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)06-0010-04

芹菜(*Apium graveolens* Linn.)属伞形科旱芹属 2 年生蔬菜作物, 其营养丰富, 含有丰富的蛋白质、各种维生素和矿物质及人体不可缺少的膳食纤维, 被认为是重要的天然保健食品^[1-2]。芹菜种子小, 发芽时间长、萌发不规则, 在生产上造成了很大的不便。种子引发是一种可以快速提高种子活力的种子处理技术, 简单易行, 具有广泛的应用前景^[3-5]。前人文献对于运用引发方法来提高芹菜的萌发有过报道, 但是对于现在的主要栽培品种的研究却鲜有报道, 因此, 该试验选用 2 种现在生产上的主栽芹菜品种“文图拉”和“日本小香芹”为试材, 采用聚乙二醇 6000(PEG)作为溶质对芹菜进行种子引发处理, 以 PEG 引发方法研究这 2 个芹菜品种的萌发和幼苗生长的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料

芹菜品种分别选用“文图拉”, 由北京卓生农业技术

有限公司经销; “日本小香芹”, 由北京市特种蔬菜种苗公司经销。

1.2 试验方法

分别取 2 个品种种子 1.0 g, 放入 500 mL 浓度为 200 g/L 的 PEG 溶液中, 在 15℃ 条件下处理 5 d, 用蒸馏水将种子冲洗干净, 在室温下回干至初始含水量。

种子发芽试验参照《农作物种子检验规程》进行, 以胚根长 0.2 cm 作为萌发标志, 每天记录发芽种子数, 连续记录 14 d, 计算种子的发芽率、发芽指数, 其中以前 10 d 发芽种子计算发芽势^[6]。幼苗生长试验采用玻璃板试验法, 随机选取 30 粒芹菜种子, 发芽孔向下、间隔 1 cm 布置在玻璃板 2/3 处, 3 次重复, 置于装有蒸馏水的塑料箱中。塑料箱放入(20±1)℃的光照培养箱中 12 h 光照恒温培养。

将经引发处理(PEG)和未经引发(NP)的芹菜种子在 20℃ 催芽, 待 20% 种子发芽时取样测定激素、酶活性等生理生化指标, 而种子膜透性则选引发处理后的种子。

芹菜育苗试验在中国农业大学连栋温室中进行, 采用 200 穴穴盘育苗, 育苗基质草炭: 蛭石按 2: 1 混合。播种后第 10 天统计出苗率, 苗龄 60 d 时收获测定芹菜植株生长、生理生化各项指标。

1.3 项目测定

种子发芽 16 d 后测定种子的下胚轴长、胚根长、鲜重、干重, 计算种子的活力指数^[6]。种子激素含量测定采用植物激素酶联免疫法^[6], 主要测定种子中脱落酸

第一作者简介:陈宝悦(1988-), 女, 硕士研究生, 研究方向为蔬菜生理与分子生物学。E-mail: chenbaoyue88@163.com.

责任作者:王倩(1964-), 女, 博士, 教授, 博士生导师, 现主要从事蔬菜生理与分子生物学等研究工作。E-mail: wangq@cau.edu.cn.

基金项目:公益性行业(农业)科研专项资助项目(201203003); 现代农业产业技术体系北京市叶类蔬菜创新团队专项资金资助项目(blv-08)。

收稿日期:2015-12-22

(ABA)、生长素(IAA)、赤霉素(GA)、油菜素内酯(BR)、玉米素(ZR)等激素含量;种子的细胞膜透性采用电导法测定^[6];SOD 活性采用氮蓝四唑法测定,POD 活性采用愈创木酚法测定,CAT 活性采用过氧化氢法测定,MDA 含量采用硫代巴比妥酸法测定^[7]。根系活力采用 TTC 法测定^[7];相对叶绿素含量采用手持式叶绿素仪 (SPAD-502PIUS)测定。

幼苗株高为将植株捋直测量叶柄基部到植株茎叶顶端的长度,茎粗为植株下部的短缩茎直径,统计叶片展开的叶片数,叶柄宽为芹菜叶柄的最大直径,叶面积、总根长、总根体积、总根表面积等用 WINRHIZO 根系扫描软件测定,测定植株地上部及地下部鲜重、干重。

1.4 数据分析

试验数据采用 SPSS 18.0 软件分析,LSD 显著性在 0.05 水平上检测,采用 Excel 2010 作图。

2 结果与分析

2.1 PEG 引发对种子萌发的影响

由表 1 可以看出,PEG 引发可以提高芹菜种子的发

表 1

PEG 引发对芹菜种子萌发的影响

Table 1

Effect of PEG priming on germination of celery

品种 Cultivar	处理 Treatment	发芽势 GE/%	发芽率 GP/%	发芽指数 GI	活力指数 VI	胚根长 RL/mm	下胚轴长 HL/mm	鲜重 FW/(mg·株 ⁻¹)	干重 DW/(mg·株 ⁻¹)
“文图拉”	NP	69.86b	87.30ab	9.71d	196.08d	20.19b	15.47a	5.55a	0.33a
“Ventura”	PEG	86.47a	90.15a	13.12c	258.51c	19.71b	11.69b	4.21b	0.28b
“日本小香芹”	NP	83.38a	84.56b	14.88b	392.88b	26.41a	15.36a	5.46a	0.27b
“Japan Xiang Qin”	PEG	88.06a	89.20a	17.38a	499.03a	28.01a	14.59a	4.38b	0.23c

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference at 0.05 level. The same below.

2.2 PEG 引发对芹菜种子生理生化特性影响

由图 1 可以看出,PEG 引发后 2 个品种的芹菜种子中的浸出液电导率和相对电导率显著低于未引发的芹菜种子,PEG 引发后“文图拉”和“日本小香芹”种子的相对电导率分别是未引发种子的 14.74%和 13.57%。且可以看出,“日本小香芹”的浸出液电导率和相对电导率整体小于“文图拉”。

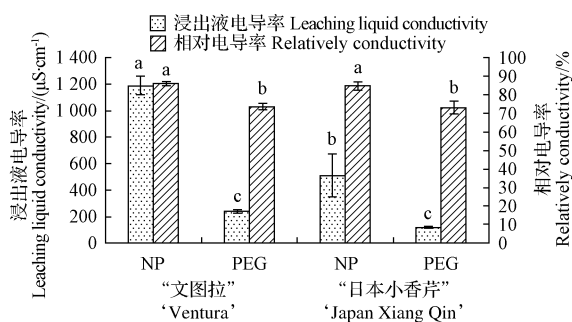


图 1 PEG 引发对芹菜种子细胞膜透性的影响

Fig. 1 Effect of penetrability of celery seed cell membrane after PEG priming

芽势、发芽率、发芽指数及活力指数。PEG 引发对发芽指数和活力指数 2 个指标的影响在 2 个品种间表现一致,均得到显著性的提高,“文图拉”的发芽指数和活力指数较未引发的芹菜种子分别提高了 35.12%和 31.84%;而发芽势和发芽率则具有品种间差异,PEG 引发后的“文图拉”种子的发芽势显著高于未经引发处理的种子,提高了 23.78%,而发芽率虽有所提高,但是无显著性差异,PEG 引发后的“日本小香芹”则表现为显著提高种子的发芽率,较未引发的种子提高了 5.49%,而发芽势虽有提高,但是无显著性差异。

幼苗生长试验中,PEG 引发后的 2 个品种的芹菜幼苗均表现为鲜重、干重较未经引发的种子显著性降低,引发后“文图拉”的鲜重和干重分别降低了 24.14%和 15.15%，“日本小香芹”的鲜重和干重则分别降低了 19.78%和 14.82%。PEG 引发后对芹菜的胚根长无显著性影响,引发后的“文图拉”幼苗的下胚轴长受到显著的抑制作用,较未引发的种子降低了 24.43%,而“日本小香芹”则无显著性差异。

由表 2 可以看出,PEG 引发后对芹菜种子中的激素含量具有显著性影响,PEG 引发后显著降低了芹菜种子中 ABA 和 ZR 的含量,提高了 BR 含量。其中 PEG 引发对 2 个品种中 ABA、BR 和 ZR 3 种激素的影响相一致,且对“文图拉”的影响幅度大于“日本小香芹”,而 IAA 和 GA 的变化则存在品种间差异,PEG 引发后“文图拉”的 IAA 含量显著下降,而对 GA 的含量则无显著性影响,PEG 引发后的“日本小香芹”则表现的正好相反,GA 的含量显著性下降,而对 IAA 含量则无显著性影响。

2.3 PEG 引发对芹菜幼苗生长的影响

由表 3 可以看出,PEG 引发可以促进芹菜幼苗的生长,PEG 引发可显著性提高“文图拉”的出苗率、叶片数、叶面积和总根体积,各个指标分别提高了 89.20%、21.05%、32.04%和 45.45%,PEG 引发对“文图拉”其它指标无显著性的作用;PEG 引发后对“日本小香芹”的影响与“文图拉”具有一定的差异,引发对株高、叶柄宽、叶面积、总根长、总根表面积和总根体积等指标均具有显著的提高作用,分别提高了 34.20%、13.90%、55.36%、

表 2 PEG 引发对芹菜种子中激素含量的影响

Table 2 Effect of PEG priming on hormone content of celery ng/g FW

品种 Cultivar	处理 Treatment	脱落酸 ABA	生长素 IAA	赤霉素 GA	油菜素内酯 BR	玉米素 ZR
“文图拉”	NP	222.09a	135.32a	7.00a	8.37bc	25.22a
‘Ventura’	PEG	130.38d	92.20c	6.42a	13.74a	18.22b
“日本小香芹”	NP	154.97b	124.92b	5.66b	7.89c	14.66c
‘Japan Xiang Qin’	PEG	145.65c	129.59b	4.88c	8.95b	11.54d

表 3 PEG 引发对芹菜幼苗生长的影响

Table 3 Effect of PEG priming on seedling growth of celery

品种 Cultivar	处理 Treatment	出苗率 RE/%	叶片数 LN	株高 PH/cm	叶柄宽 PW/mm	叶面积 LA/cm ²	总根长 RL/(cm·株 ⁻¹)	总根表面积 RS/(cm ² ·株 ⁻¹)	总根体积 RV/(cm ³ ·株 ⁻¹)
“文图拉”	NP	41.11b	3.80b	7.22c	2.94b	13.14b	205.28b	15.86b	0.11b
‘Ventura’	PEG	77.78a	4.60a	8.04c	2.92b	17.35a	219.91b	20.66b	0.16a
“日本小香芹”	NP	60.00ab	3.20b	9.56b	3.31b	10.17c	111.67c	8.69c	0.05c
‘Japan Xiang Qin’	PEG	67.78ab	3.20b	12.83a	3.77a	15.80a	325.49a	27.87a	0.19a

1.91 倍、2.20 倍和 2.80 倍,而对出苗率和叶片数则无显著影响。从总体上看,PEG 引发对芹菜的幼苗生长具有促进作用,对于“日本小香芹”的促进作用大于“文图拉”。

从图 2 可以看出,PEG 引发后对于“文图拉”的地上部鲜重具有显著性的提高作用,提高了 40.91%,而对于

地下部鲜重、地上部干重和地下部干重则无显著性影响;而 PEG 引发对“于日本小香芹”的影响较显著,PEG 引发后可以显著提高地上部鲜重、地下部鲜重和地上部干重这 3 个指标,分别提高了 61.90%、50.00% 和 71.43%,而对于地下部干重虽有所提高,但无显著性差异。PEG 引发可以促进芹菜幼苗的生长,且对“日本小香芹”的作用较明显。

2.4 PEG 引发对芹菜幼苗生理生化特性的影响

由表 4 可以看出,PEG 引发后对文图拉的 CAT 活性和 POD 活性及叶绿素和根系活力无显著性影响,但 PEG 引发显著降低了“文图拉”SOD 活性和 MDA 含量,分别降低了 35.21%和 28.63%;而 PEG 引发后“日本小香芹”的 CAT 活性和 MDA 含量显著性降低,分别降低了 56.33%和 23.55%,而 POD 活性和 SOD 活性及叶绿素含量及根系活力则无显著性变化。PEG 引发后对于 2 个芹菜品种影响的共同点为,均会降低一种抗氧化酶的活性和 MDA 含量。

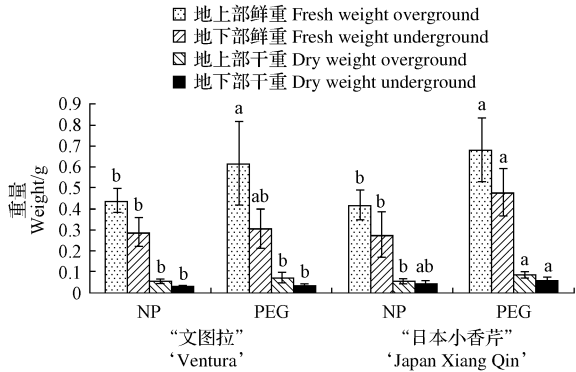


图 2 引发对芹菜幼苗鲜重及干重的影响

Fig. 2 Effect of priming on fresh and dry weight of celery

表 4 PEG 引发对芹菜幼苗生理生化特性的影响

Table 4 Effect of PEG priming on physiological and biochemical characteristics of celery

品种 Cultivar	处理 Treatment	CAT 活性 CAT activity /(U·g ⁻¹ ·min ⁻¹)	POD 活性 POD activity /(U·g ⁻¹ ·min ⁻¹)	SOD 活性 SOD activity /(U·g ⁻¹)	MDA 含量 MDA content /(10 ⁻³ μmol·L ⁻¹)	叶绿素含量 Chlorophyll content /SPAD	根系活力 Root activity /(TTF mg·g ⁻¹ ·h ⁻¹)
“文图拉”	NP	2.03bc	34.33a	2 304.87a	4.68c	30.00a	1.52a
‘Ventura’	PEG	2.47ab	30.83a	1 493.33b	3.34d	30.10a	1.73a
“日本小香芹”	NP	3.00a	31.00a	918.86b	9.13a	22.32b	1.33a
‘Japan Xiang Qin’	PEG	1.31c	32.83a	1 198.29b	6.98b	28.68a	1.69a

3 结论与讨论

该试验中 PEG 引发处理可以显著提高芹菜种子的发芽指数和活力指数,且在 2 个品种中表现一致,说明 PEG 引发方法可以使得芹菜种子的发芽更加快速并且更加整齐,提高了种子的活力。50 mg/L PEG 浸泡处理芹菜种子 4 h,可以显著提高芹菜种子的发芽率、发芽

势、发芽指数、活力指数等种子发芽指标^[8]。NaCl、CaCl₂ 及低浓度赤霉素混合液浸种也可以显著提高芹菜种子的发芽率、发芽势和种子活力^[9]。也有研究用其它的大分子进行引发处理,如用壳聚糖溶液作为引发剂可以显著提高芹菜种子的发芽势和发芽率,并能缩短发芽时间、提高发芽整齐度^[10]。这与该试验的研究结果相一致,说明该试验的 PEG 引发可以有效地提高芹菜种子的活力。

种子的浸出液电导率可以反映种子细胞膜的完整性,并且可以反映种子的活力情况,该试验结果表明PEG引发可以有效保持芹菜细胞膜的完整性,从而提高种子的活力,这与PEG引发可以显著提高种子活力的结果相一致^[8],说明PEG引发通过对细胞膜结构的修复来提高芹菜种子的活力。种子的休眠和萌发受种子内源信号分子即激素的影响,种子的休眠、萌发与ABA和GA激素的比值有关,高GA/ABA比值使水稻种子休眠解除,相反低GA/ABA比值维持水稻种子的休眠^[11-12]。该试验中PEG引发后可以显著降低抑制种子萌发激素ABA的含量,而提高促进种子萌发的激素的含量,这与PEG引发可以促进芹菜种子的发芽指数和活力指数的结果相一致,说明PEG引发来引发芹菜可以通过改变激素间的配比,来促进芹菜种子的萌发。

综合2个芹菜品种的试验结果可以看出,PEG引发可以提高2个芹菜品种幼苗的叶面积、总根体积和地上部鲜重,PEG引发对芹菜的幼苗生长具有显著促进作用。种子引发在大田作物中的研究也非常普遍,引发可以有效提高水稻、小麦等重要大田作物的出苗率和其健壮度,从而影响其最终的产量的形成^[13-15]。在水稻的研究中,引发提高了种子中淀粉的水解作用,萌发和幼苗生长得到更多的糖,提高之后的异速生长、产量和品质^[16]。这些研究与该试验对芹菜幼苗的研究结果相一致,说明PEG引发可以提高芹菜幼苗的质量。

参考文献

- [1] 金同铭. 浅谈芹菜的营养与药用[J]. 营养与保健, 2000(2): 6-7.
- [2] 张雁, 魏振承, 张惠娜. 芹菜的营养保健功能及加工技术[J]. 杭州食品科技, 2000, 57(2): 20-24.
- [3] HEYDECKER W, HIGGINS J, GULLIVER R L. Accelerated germination by osmotic seed treatment[J]. Nature, 1973, 246: 42-44.
- [4] JISHA K C, VIJAYAKUMARI K, JOS T, et al. Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview[J]. Acta Physiol Plant, 2013, 35: 1381-1396.
- [5] KAYA M D, OKCU G, ATAK M, et al. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.)[J]. Europ J Agronomy, 2006, 24: 291-295.
- [6] 尹燕桦, 董学会. 种子学实验技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008: 89-93, 216-217.
- [7] 刘永军, 郭守华, 杨晓玲. 植物生理生化实验[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2002: 111-114, 145-150, 155-156.
- [8] 钱森和, 杨超英, 薛正莲, 等. PEG引发对芹菜种子活力影响的研究[J]. 生物学杂志, 2009, 26(1): 76-86.
- [9] 樊新民, 蔡永革, 刘春玲, 等. 不同药剂浸种对芹菜种子发芽的影响[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2006, 24(1): 92-94.
- [10] 王五台, 吴峰, 高国训, 等. 不同浓度壳聚糖溶液对芹菜种子发芽的影响[J]. 天津农业科学, 2012, 18(4): 134-135.
- [11] BRADY S M, MCCOURT P. Hormone cross-talk in seed dormancy[J]. J Plant Growth Regul, 2003, 22: 25-31.
- [12] 曹雅君, 江玲, 罗林广, 等. 水稻品种休眠特性的研究[J]. 南京农业大学学报, 2001, 24(2): 1-5.
- [13] FAROOQ M, WAHID A, AHMAD N, et al. Comparative efficacy of surface drying and re-drying seed priming in rice: changes in emergence, seedling growth and associated metabolic events[J]. Paddy Water Environ, 2010 (8): 15-22.
- [14] 徐剑锋, 张丰伟, 王洋. 不同引发剂对老化粳稻种子活力及生理特性的影响[J]. 中国农学通报, 2012, 28(9): 21-25.
- [15] 史雨刚, 孙黛珍, 雷逢进, 等. 种子引发对NaCl胁迫下小麦幼苗生理特性的影响[J]. 核农学报, 2011, 25(2): 342-347.
- [16] FAROOQ M, BASRA S M A, WAHID A. Priming of field sown rice seed enhances germination, seedling establishment, allometry and yield[J]. Plant Growth Regul, 2006, 44: 28-29.

Effect of PEG Priming on Germination and Seedling Growth of Celery

CHEN Baoyue, CHEN Zijing, WANG Qian

(College of Horticulture/Beijing Key Laboratory of Facilities Vegetables Growth Regulation, China Agricultural University, Beijing 100193)

Abstract: With 'Ventura' and 'Japan Xiang Qin' celery as the materials, used polyethylene glycol 6000 (PEG) to treat the celery seeds, the germination and seedling growth of celery seed were studied and the effects of the seed and seedling growth were explored. The results showed that PEG priming treatment significantly improved celery seed germination index and vital index, the celery seed germinated more quickly and orderly, improved the vigor of seeds, reduced the celery seed leaching liquid conductivity and relatively conductivity significantly, decreased the content of ABA, increased the content of BR and ZR; PEG priming promoted the growth of celery seedlings, improved the celery seedling leaf area, total volume of root and shoot fresh weight, reduced the content of MDA in celery seedlings significantly, PEG priming decreased the activity of SOD in 'Ventura' significantly, decreased the activity of CAT significantly in 'Japan Xiang Qin'.

Keywords: celery; PEG; priming; germination; seedling growth; physiological and biochemical characteristic