

PEG 渗调处理对植物种子的影响

王慧超 何士敏 李昌满 (长江师范学院生命科学系, 重庆 408100)

摘要 PEG 渗调处理作为促进种子萌发的一种有效技术, 已用于许多植物种子的研究。介绍了 PEG 渗调处理对植物种子的影响, 并讨论了 PEG 渗调处理植物种子的应用前景与局限性。

关键词 PEG; 渗调处理; 植物种子; 影响

中图分类号 S351.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)06-02224-03

Effect of PEG Osmotic Conditioning Treatment on Plant Seed

WANG Hui-chao et al (Department of Life Sciences, Yangze Normal University, Chongqing 408100)

Abstract PEG osmotic conditioning treatment, the effective technology simulating plant seed germination, is used in the study on many kinds of plant seeds. Effect of PEG osmotic conditioning treatment on plant seed was mainly generalized. In addition, the practical prospect and limitation of PEG osmotic conditioning treatment were discussed.

Key words PEG; Osmotic conditioning treatment; Plant seed; Effect

PEG (聚乙二醇) 的分子式为 $\text{HOCH}_2(\text{CH}_2\text{O})_n\text{CH}_2\text{OH}$, 是一种惰性的非离子长链多聚体, 易溶于水, 溶液的 pH 值由于多聚程度的不同, 其变化幅度为 4.6 ~ 6.8, 也是优良的不带电高分子渗透剂, 亲水性强, 溶于水后能产生强大的渗透压, 因此, 常用作种子的渗调剂。突出特点是本身不易自由通过植物细胞壁, 不易渗入活细胞内, 没有给种子内增加营养物质, 无毒, 但能使活细胞缓慢吸水, 是较理想的渗调剂, 可作为植物原生质体的促融合剂^[1-4]。

种子吸水呈现 3 阶段模式: 快速吸水期、吸水滞后期、迅速吸水期^[5]。吸胀初始, 膜系统处于不完整状态, 导致溶质外渗, 但经过一段时间后, 溶质的外渗率明显下降, 表明细胞膜已恢复半透膜的特性。种子要在一定含水量时, 才能完成细胞膜修复作用, 并且在吸胀状态和有氧供应的情况下才能最大限度地完成修复, 种子含水量降到临界含水量以下, 则不再进行修复, 也不需要大量氧气供应^[3]。高活力种子在吸胀后, 细胞膜迅速修复, 外渗物量减少; 低活力种子的细胞膜损伤较大, 膜修复延缓, 外渗物量多, 且持续时间长, 原因是膜脂的过氧化, 导致细胞膜的透性增强。膜脂过氧化产生的自由基和有毒次生产物, 要靠种子中的防御系统清除, 如超氧化物歧化酶(SOD) 和过氧化氢酶(CAT) 等。低活力种子中, SOD 和 CAT 活性下降, 而过氧化物含量和丙二醛(MDA) 含量增加。水浸种过程中细胞快速吸水而膨胀, 使细胞膜系统不同程度地遭到了破坏, 种子内部物质外渗, 活力明显下降, 最理想的方法是控制种子的渗透压和吸水速率, 防止细胞膜的破裂和内部物质的外渗, 并使种子有时间对细胞膜进行修复^[6]。所以, 在种子的整个萌发过程中, 可采用 PEG 渗调处理的方法降低种子的吸水速率, 抑制膜脂的过氧化, 促进膜修复和 DNA 的损伤修复, 预先启动和改善种子内部的生理代谢过程, 保证生长胚根有更多的物质供应, 为种子的萌发准备充分的物质和能量基础^[7]。习惯上, 在 PEG 渗调处理过程中, 经常搅拌溶液, 以增加 PEG 溶液中的氧气含量, 渗调处理结束后, 用水将种子表面反复冲洗干净, 对照种子用

清水浸泡以获得和 PEG 渗调处理相当含水量的对照样品。1973 年, Heydecker 首次成功应用 PEG 渗调处理洋葱种子和胡萝卜种子, 发现 PEG 可促进其萌发, 出苗整齐、出苗率高。此后, PEG 渗调处理种子在国内外受到普遍重视^[2]。多种蔬菜、葡萄、花生、西洋参和大豆种子等通过 PEG 渗调处理后活力均有显著提高。

1 PEG 渗调处理的实质作用

种子渗调处理是目前种子生理学研究的热点^[8]。渗调处理促发种子的原因有 3 方面: 一是促使种子提前萌动, 完成种子发芽前相应的生理生化准备; 二是种子在渗调处理过程中, 有机会修复其在贮藏过程中所发生的损伤; 三是前述两种作用兼备^[9]。PEG 渗调处理的实质作用是提供一定的水势环境, 减慢或限制水分进入种子的速率, 减少种子吸胀过程中膜系统的损伤, 使其在缓慢吸胀过程中逐渐对受损的膜系统进行修复。总之, PEG 渗调处理能加速种子膜系统的修复和因降低吸胀速度而保护膜系统, 防止由于快速吸水造成的细胞膜破裂和种子内部物质外渗^[10-11]。已有研究结果表明, 用 PEG 进行渗调处理种子, 可修补老化种子细胞膜, 提高种子发芽率、种子活力、抗逆性和贮藏潜能及萌发种子某些酶的活性, 增加萌发种子 AIP、RNA 和蛋白质含量, 提高出苗整齐度, 最终获得早、齐和壮苗的目的, 特别是对一些小粒种子和发芽迟缓出苗不齐的种子更有实用价值^[12-14]。

2 PEG 渗调处理过的植物种子

据不完全统计, 到目前为止, 人们共用 PEG 渗调处理过 70 多种植物种子, 包括胡萝卜、洋葱、葡萄、高粱、长豇豆、垂穗草、莱曼氏画眉草、花生、西洋参、大麦、甜菜、番茄、杂交水稻、黄瓜、玉米、小麦、绿豆、长白落叶松、牧草、菜用大豆、蓖麻、芥菜、谷子、莴苣、苕麻、播娘蒿、辣椒、苦瓜、杜梨、绵刺、四合木、沙冬青、桔梗、烤烟、结缕草、马尾松、苇状羊茅、菜薹、大豆、高冰草、水稻、一串红、羊草、杉木、甘蓝、柴胡、苦菜、烟草、瓜尔豆、大白菜、菠菜、丹参、日本柳杉、龙蒿、巴西盾柱木、椿叶花椒、椭圆叶花锚、甘草、紫花苜蓿、沙打旺、沙地樟子松、石楠、槐树、柱花草、番木瓜、冬小麦、早熟禾、木荷、脱绒花卉、西葫芦、向日葵等。

3 影响 PEG 渗调处理效果的因素

PEG 渗调处理效果因种子的品种和批次不同差异很

作者简介 王慧超 (1976 -), 女, 山西河曲人, 硕士, 讲师, 从事种子生理生化研究。

收稿日期 2007-11-21

大^[15]。PEG 渗调处理的效果还与 PEG 浓度、处理时间和处理温度等关系密切,处理条件不适就得不到预期的效果^[16]。所以,应控制 PEG 浓度和渗调处理时间等条件。浓度过高,处理时间过长,反而会抑制种子萌发;浓度过低,处理时间过短,达不到理想的处理效果。种子的种类和批次不同,所采用的最适 PEG 浓度、渗调处理时间和温度各不相同。花生和大豆种子最适宜的 PEG 浓度分别为 20% 和 30%,处理时间分别为 8~12 和 48 h,处理温度分别为 15 和 17^[17]。另外,PEG+H₂O₂ 处理种子比仅用 PEG 处理效果好。以分子量为 10 000、浓度为 20% 的 PEG 和 2% 的 H₂O₂ 混合,处理 24 h,马尾松种子的活力指数为 77.701,仅用 PEG 处理的马尾松种子活力指数为 62.249。原因可能是,H₂O₂ 一方面为种子提供了充足的氧气,另一方面具有消毒作用,为种子萌发创造了更有利的条件。因此,人们常常在 PEG 渗调处理种子(特别是老化种子)前,先用 2% 的 H₂O₂ 消毒数分钟,但是浓度适合才能起到消毒作用,过低不能进行有效消毒,过高不利于种子的萌发^[18]。

4 PEG 渗调处理对种子抗逆性的影响(抗旱、抗盐、耐高温、抗寒)

播种前进行 PEG 渗调处理,能大大提高种子吸胀阶段的抗逆性^[19]。从某种意义上说,PEG 处理对种子萌发起到一种水分胁迫作用,但必须在种子的耐受范围内,才能激活体内包括抗氧化酶在内的一系列保护机制启动,从而引起机体内抗氧化活性的增强,加速活性氧自由基的清除,减少对种子萌发的不利因素,提高种子的活力水平。受水分胁迫影响小的种子,较抗旱。PEG 作为高渗溶液,可作为渗调剂模拟干旱逆境,阻塞植物的疏导组织,使植物在干旱条件下,作出较小的自我调整就能适应环境,抗旱性也会增强。刘长利等^[20]以适当浓度的 PEG 6000 模拟干旱条件,以甘草种子作为实验材料,结果表明,甘草种子在适当浓度的 PEG 6000 干旱胁迫下,不但可以提高种子发芽率,而且可以提高甘草幼苗的抗旱性。PEG 渗调处理可提高种子的抗盐性,用 10% 的 PEG 渗调处理提高了刺槐种子对盐胁迫的抵抗能力^[21]。PEG 渗调处理能提高玉米种子活力及耐高温能力,增强玉米种子萌发的呼吸作用,提高萌发期间淀粉酶、脂肪酶和转氨酶的活性^[22]。

低温下,细胞抵御活性氧伤害的重要保护酶 SOD 和 CAT 活性下降,MDA 大量积累,往往表现为细胞膜透性增大,电解质和有机物质大量外渗。PEG 能有效降低 SOD 和 CAT 活性下降的幅度,缓解 MDA 含量的增加,有利于消除体内有毒物质的积累,对细胞起着保护作用,从而增强种子的抗冷性。PEG 渗调处理多数应用在油料种子和豆类种子上,以提高种子的活力及抗寒力。PEG 渗调处理可以提高水稻、大豆和花生等种子活力及抗寒性,促进菜豆、花椰菜、菜心和番茄等种子的萌发和幼苗生长,增加产量。在种子呼吸代谢中起关键作用的酶主要是脱氢酶,脱氢酶活力的下降趋势与种子生命力的下降趋势一致。对吸胀冷害极其敏感的大豆种子经 PEG 渗调处理后,脱氢酶的活性、细胞的呼吸作用及抗冻性均增强^[23-24]。低温吸胀会对黄瓜种子造成不同程度的伤害,而 PEG 渗调处理可减轻该伤害,使种子内电解质的渗漏

量减少^[25]。因此,应用 PEG 渗调处理降低种子因低温吸胀而造成的伤害是一种有效的措施。

5 PEG 渗调处理对种子细胞膜和基因组 DNA 修复的影响

种子是有生命的有机体,生理成熟时,活力达到最高水平,随着贮藏时间的延长,活力逐渐降低,直到活力完全丧失^[26]。种子老化在组织细胞水平上体现为细胞衰老或死亡,是种子贮藏过程中不可避免的生理现象,常给农业生产带来很大损失,而导致种子活力下降的一个重要原因是膜系统的劣变^[27-28]。种子活力下降伴随膜的破坏,透性增大,溶质外渗增多,水浸液电导率增大,PEG 渗调处理后,膜的完整性得到修复,溶质外渗量减少,电导率明显下降,植物种子的活力提高。水浸液电导率的高低是膜系统完好率的标志,电导率越低,膜系统完好率越高^[29-30]。

在种子吸水萌发的过程中,植物受损伤的主要原因之一是自由基的产生及其引起的膜脂过氧化,从而产生有毒物质 MDA。MDA 是膜脂过氧化作用的主要产物之一,是表示膜脂过氧化程度和膜结构稳定性最直接的指标^[31]。PEG 渗调处理有减缓膜脂过氧化的作用,有利于降低有毒物质 MDA 的积累,对细胞具有保护作用。PEG 渗调处理烟草种子后,烟草幼苗叶片中 MDA 的含量和水浸液电导率降低,表明 PEG 在一定程度上能防止细胞膜脂过氧化,减少细胞内电解质外渗,稳定细胞膜结构^[2]。

种子发生劣变引起种子质量下降,主要原因是 DNA 损伤积累、膜的损伤以及蛋白质合成能力的丧失。随着种子的老化,DNA 聚合酶和 DNA 连接酶的活性逐渐下降,DNA 修复能力受到严重损伤。老化种子经 PEG 渗调处理后,DNA 的修复机制得以一定程度的恢复^[32]。黄瑶等^[33]研究了 PEG 渗调处理对老化黄瓜种子基因组 DNA 损伤的修复,结果表明,PEG 渗调处理可使老化黄瓜种子的基因组 DNA 损伤得到比较明显的修复。

6 PEG 渗调处理对不同老化程度种子的影响

PEG 渗调处理老化程度不同的种子会产生不同的处理效果。PEG 渗调处理不同老化程度的长白落叶松种子,其发芽率有不同程度的提高,且老化程度越深,PEG 处理效果越明显^[6]。PEG 渗调处理可提高谷子种子的发芽率和活力,对活力的影响最为显著。种子活力越低,PEG 渗调处理效果越好,对作物增产越显著^[1]。就世界上重要的花卉种子一串红而言,PEG 渗调处理可以提高劣质种子或中等活力种子的发芽率,但对于优良一串红种子,若用 PEG 渗调处理,反而会降低活力^[34]。因此,用 PEG 在播种前处理老化种子很有价值。

7 PEG 渗调处理植物种子的应用前景与局限性

茎瘤芥种子的寿命短,老化问题显得比较突出,给茎瘤芥生产造成了严重的经济损失。为了解决茎瘤芥种子的老化问题,可以借鉴前人的研究成果,探讨 PEG 在茎瘤芥种子上的应用,以期得到 PEG 渗调处理老化茎瘤芥种子的最佳方案。一般来说,PEG 渗调处理可以提高植物种子的活力。但 PEG 处理也存在一定的局限性,如价格昂贵,仅在高价植物种子中有商业应用,处理过程中通气性差,处理后难以从种子上除去等^[35-36]。因此,目前 PEG 渗调处理植物种子的大规模商业化有一定难度。

参考文献

- [1] 智慧, 陈洪兵, 凌莉. PEG 对谷子种子活力和田间产量影响的研究[J]. 种子, 1998(6): 11-14.
- [2] 张燕, 方力, 吴业池, 等. PEG 浸种处理提高烟草种子活力的效应[J]. 种子, 2003(6): 26-29.
- [3] 王飞, 丁勤, 杨峰. PEG 预处理对老化杜梨种子活力的影响[J]. 种子, 1999(4): 20-22.
- [4] 张云贵, 谢永红. PEG 在模拟植物干旱胁迫和组织培养中的应用[J]. 亚热带植物通讯, 1994, 23(2): 61-64.
- [5] 傅家瑞. 花生种子萌发前期生理与提高种质的途径[J]. 中山大学学报, 1994, 33(2): 115-121.
- [6] 王绍林, 赵晶明, 赵春明, 等. 聚乙二醇 PEG 溶液对长白落叶松种子活力的影响[J]. 齐齐哈尔师范学院学报, 1995, 15(1): 46-50.
- [7] 郑郁善, 王舒凤, 陈礼光, 等. 衬质处理提高超干贮藏林木种子活力研究[J]. 福建林学院学报, 2002, 22(2): 97-100.
- [8] 郑光华. 种子生理研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 405-414.
- [9] 刘永庆. PEG 高渗预处理对番茄种子活力的影响[J]. 湖南农学院学报, 1994, 20(1): 42-46.
- [10] 顾龚平, 吴国荣, 陆长梅, 等. PEG 处理对大豆幼苗活力及活性氧代谢的影响[J]. 中国油料作物学报, 2000, 22(2): 26-30.
- [11] 刘杰, 刘公社, 齐冬梅, 等. 聚乙二醇处理对羊草种子萌发及活性氧代谢的影响[J]. 草业学报, 2002, 11(1): 59-64.
- [12] 徐树传, 黄建成, 林国强, 等. 高温吸胀 PEG 提高菜用大豆种子活力的研究[J]. 福建省农科院学报, 1996, 11(3): 23-27.
- [13] 王玉彦, 朱国鹏, 曹振木. 不同渗透剂对蕃木瓜种子发芽特性及幼苗生长的影响[J]. 中国南方果树, 2006, 35(1): 39-40.
- [14] 韩建国, 钱俊芝, 刘自学. PEG 渗透处理改善结缕草种子活力的研究[J]. 中国草地, 2000(3): 22-28.
- [15] ALISON A POWELL, LOUISE J YULE, JING HAI CHUN, et al. The influence of aerated hydration seed treatment on seed longevity as assessed by the viability equations[J]. Journal of Experimental Botany, 2000, 51(353): 2031-2043.
- [16] BRADFORD K J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions[J]. Hui Si, 1986, 21(5): 1105-1112.
- [17] 丁永乐, 杨铁钊, 郑宪滨, 等. PEG 对烤烟种子萌发和幼苗生理特性的影响[J]. 河南农业科学, 2000(1): 8-10.
- [18] 喻方圆, 刘远. 聚乙二醇渗透处理对马尾松种子活力的影响[J]. 南京林业大学学报, 2000, 24(1): 38-40.
- [19] 董丽华, 王宁, 姚爱兴. 不同品种早熟禾种子萌发期抗旱性研究[J]. 农业科学研究, 2005, 26(2): 6-8.
- [20] 刘长利, 王文全, 刘胜利. 干旱胁迫对甘草种子吸胀萌发的影响[J]. 中草药, 2004(2): 1402-1405.
- [21] 曹帮华, 毛培利, 牟洪香. PEG 预处理对刺槐种子抗盐性的影响[J]. 种子, 2004, 23(3): 19-21.
- [22] 洪法水, 王旭明, 马成仓. PEG 预处理提高玉米种子活力和萌发代谢的效应[J]. 安徽农业科学, 1995, 23(2): 111-113.
- [23] 燕义唐, 梁峥. 低温吸胀对 PEG 引发大豆种子呼吸和氧化磷酸化的影响[J]. 植物学报, 1989, 31(6): 441-448.
- [24] 张燕, 李天飞, 方力, 等. 聚乙二醇处理对烟草种子活力及幼苗抗冷性的影响[J]. 中国烟草学报, 2002, 8(3): 30-34.
- [25] 杨永青, 汪晓峰, 王淑华. 渗透调节对低温伤害敏感大豆种子质膜氧化还原活性的影响[J]. 植物生理与分子生物学报, 2004, 30(5): 589-594.
- [26] 孙艳, 崔鸿文, 王飞, 等. PEG 渗透处理对黄瓜种子活力及耐低温能力的影响[J]. 北方园艺, 1994(6): 1-3.
- [27] 王怀玉. 提高大白菜种子活力的方法研究[J]. 西南农业学报, 2003, 16(2): 89-92.
- [28] 宋松泉, 程红焱, 龙春林. 种子生物学研究指南[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 91-92.
- [29] 智慧, 陈洪兵, 凌莉. PEG 处理对提高谷子种子活力方法的研究[J]. 种子, 1998(3): 11-14.
- [30] 黄祥富, 蒋明兰, 廖军. PEG 渗透对苦瓜种子活力和膜脂过氧化的影响[J]. 种子, 1999(2): 7-9.
- [31] 李朝苏, 刘鹏, 徐根娣, 等. 铝浸种对荞麦种子萌发和幼苗生理的影响[J]. 生态学报, 2006(26): 2041-2047.
- [32] 乔爱民, 傅家瑞. PEG 渗透引发处理对菜薹老化种子 DNA 损伤的修复作用[J]. 园艺学报, 2000, 27(1): 62-64.
- [33] 黄瑶, 乔爱民, 孙敏, 等. 渗透修复黄瓜陈种子基因组 DNA 损伤修复的 RAPD 研究[J]. 西南师范大学学报, 2005, 30(1): 141-144.
- [34] 靳万贵, 刘彤, 蒋晓玲, 等. PEG 处理对提高一串红种子活力的研究[J]. 种子, 2002(5): 24-25.
- [35] 阮松林, 薛庆中. 植物的种子引发[J]. 植物生理学通讯, 2002, 38(2): 198-202.
- [36] 王彦荣. 种子引发的研究现状[J]. 草业学报, 2004, 13(4): 7-12.

(上接第2218页)

2.2 分析

(1) 在相同赤霉素处理条件下, 不同温度段对芹菜的发芽势、发芽率、活力指数、苗重、淀粉酶活性和可溶性糖含量的影响相同, 但从图1~6均可看出中温段芹菜种子各种活性指标明显高于低温和高温段, 说明芹菜种子萌发适温应为10~20℃, 这与杨妙贤等^[11]的研究结果相一致。

(2) 分析图1~6数据并结合分析可知, 温度对芹菜种子的萌发起决定性的作用, 赤霉素对芹菜种子的萌发仅起到辅助提高的作用, 其中200 ng/kg 的赤霉素浓度对芹菜种子萌发时的发芽势、发芽率、活力指数、苗重、淀粉酶活性以及可溶性糖含量影响最大。当处理温度为10~20℃时, 发芽势分别比100和300 ng/kg 处理下提高了9.7%和5.6%, 发芽率提高了10.0%和1.7%, 活力指数提高了5.1%和9.7%, 苗重提高了3.2%和11.3%, 淀粉酶活性提高了5.7%和13.6%, 可溶性糖含量提高了7.3%和17.4%。

3 结论

研究表明, 温度是影响种子萌发的主要原因, 赤霉素起到协同促进作用, 因此, 在芹菜种子萌发过程中特别是在芹

菜的反季节栽培中, 要特别注意萌发温度的调控。温度以10~20℃最适宜, 同时在此温度条件下辅以浓度200 ng/kg 的赤霉素浸种, 可提高芹菜种子的萌发率和幼苗的存活力。

参考文献

- [1] 鞠剑峰. 赤霉素及低温对芹菜种子萌发出苗的影响[J]. 种子世界, 2003(3): 34-36.
- [2] 赵美华, 逯保德, 靳职文. 打破芹菜种子休眠方法的探讨[J]. 山西农业科学, 2000, 28(3): 59-61.
- [3] 国际种子检验协会. 国际种子检验规程[M]. 李家义, 译. 上海: 上海科普技术出版社, 1995.
- [4] BURGOS MS, MESSMER M M, STAMP P, et al. Flooding tolerance of spelt compared to wheat: A physiological and genetic approach[J]. Euphytica, 2001: 122: 287-295.
- [5] 国家技术监督局. 农作物种子检验规程 GB/T 3543-1995[M]. 北京: 中国标准出版社, 1995.
- [6] 李合生. 现代植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.
- [7] 高峻凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 科学技术出版社, 2006.
- [8] R 伯恩斯坦. 全美经典学习指导: 系列统计学原理[M]. 史道济, 译. 北京: 科学技术出版社, 2002.
- [9] 饶贵珍, 李建青. GA₃、NBR 处理芹菜种子对其发芽力的影响[J]. 中国种业, 2000(3): 19-20.
- [10] 张艳玲, 孙守如, 王兰菊, 等. 低温处理对芹菜种子发芽的影响[J]. 河南农业大学学报, 1998, 32(1): 746.
- [11] 杨妙贤, 郑慧明. 芹菜种子反季节发芽技术研究[J]. 种子, 2005, 24(9): 86-87.