

引发处理对低发芽力小麦种子萌发和生理特性的影响

孙娟 王新栋 郟彦敏 牛雪婧 王丽娜 耿立格

(河北省农林科学院粮油作物研究所/河北省作物遗传育种重点实验室, 050035, 河北石家庄)

摘要 为探讨引发处理对小麦种子萌发及生理特性的影响, 筛选低发芽力小麦种子引发的最佳方法, 以人工老化处理后发芽率 32.67% 的冀麦 325 小麦种子为研究对象, 利用 PEG 6000、赤霉素 GA₃ 和维生素 B₁ 等 3 类共 9 种引发剂, 采用不同浓度浸种处理 8、16 和 24 h, 研究不同引发处理对小麦种子发芽势、发芽率、发芽指数、电导率、超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化物酶 (POD) 和过氧化氢酶 (CAT) 活性等萌发指标的影响。结果表明, 不同引发处理均可显著提高老化小麦种子的发芽力。引发剂对小麦种子发芽势、发芽率和发芽指数产生显著影响, 其中维生素 B₁ 和维生素 B₂ 引发效果最佳; 随着引发时间的延长, 小麦种子发芽势、发芽率和发芽指数均有显著提高, 引发 16 和 24 h 效果显著优于 8 h。对引发后小麦种子发芽率提高至 85% 以上引发组合的浸出液电导率和 SOD、POD、CAT 活性进行测定, 明确 0.08% VB₁ 浸泡 16 h 为初始发芽率 32.67% 冀麦 325 小麦种子的最佳引发方法。

关键词 小麦; 种子引发; 种子萌发; 种子发芽力; 生理特性

小麦 (*Triticum aestivum* L.) 是重要的粮食作物, 全球小麦种质资源约 85 万份, 我国长期保存的有 4.9 万份^[1]。丰富的种质资源为新品种培育提供了重要的物质基础。然而, 目前仍有部分小麦资源分散保存于农户、育种团队和种子企业等。在种质资源收集保护过程中, 存在种子量少、存放年份久和发芽率低等问题, 常导致珍贵资源流失或损耗。

种子引发 (seed priming) 是基于种子萌发的生物学机制提出的种子处理方法。该处理是将种子置于具有一定渗透势的溶液中, 使其缓慢吸水, 以减少吸胀损伤, 促进种子萌发, 提高萌发时间的稳定性和萌发整齐度^[2]。对低发芽力种子进行引发处理, 可提升种子萌发速度和质量, 进而增强种子活力, 改善后期田间生产幼苗品质, 提高苗期抗逆性。将引发种子用于大田直播, 出苗快且增产显著, 可替代苗期移栽, 节省繁种和生产成本^[3], 使种子具备明显的生长优势和生产潜力^[4]。

种子引发方法包括渗透调节、基质引发和滚筒引发^[5]。其中, 渗透引发是利用渗透调节物质控制介质渗透压以调节种子吸水的方法, 也是最为常用的引发方法^[6]。常用的渗透调节种子引发剂有聚乙二醇 (PEG)、无机盐溶液、植物生长调节剂和维生素等^[7]。

PEG 作为一种高分子渗透调节剂, 可促进植物细胞膜修复, 加快种子萌发速度并提高种子发芽率, 且对种子无毒害作用^[8]。相关研究^[8]表明, PEG 引发处理能够提升野菊花、白菜、远志、燕麦、紫苏、大麦和玉米等种子的发芽率, 降低种子电解质泄漏率, 同时提高超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化物酶 (POD) 和过氧化氢酶 (CAT) 等酶的活性^[9-11]。在植物生长调节剂中, 吲哚乙酸 (IAA)、赤霉素 (GA₃) 和 6-苄基腺嘌呤 (6-BA) 等对种子萌发具有显著影响。适宜浓度的 IAA 浸种处理可提高香椿种子的发芽率, 增加幼苗生长量和干物质积累^[12-13]。GA₃ 引发处理可提高种子发芽率^[14-16], 保护细胞膜的完整性^[16], 增强种子内 SOD 和 POD 的活性, 减轻质膜氧化损伤^[17]。6-BA 可促进种子出苗和分蘖芽的产生^[14], 提高植株幼苗的抗逆能力^[15]。维生素是植物体内酶促反应的辅酶或辅酶的重要组成部分, 用维生素处理植物种子能够显著提高种子的发芽势和发芽率^[18-20]。上述研究多采用单个引发剂、多个浓度或多个引发剂、单一浓度对单一作物种子进行引发处理, 而利用多种引发剂、不同引发浓度和引发时间对种子进行综合引发的研究鲜见报道。

本研究以低发芽力的冀麦 325 (发芽率 33.67%)

作者简介: 孙娟, 主要从事农作物种质资源安全保存和鉴定评价研究, E-mail: sunjuan112528@126.com

耿立格为通信作者, 主要从事农作物种质资源收集保存、鉴定评价和共享利用研究, E-mail: genglige@126.com
基金项目: 河北省农林科学院科技创新专项课题 (2024KJCXZX-LYS-15); 国家科技资源共享服务平台项目 (NCGRC-2024-023)

收稿日期: 2025-01-15; 修回日期: 2025-02-11; 网络出版日期: 2025-05-08

种子作为研究对象, 选用渗透调节剂 PEG 6000、植物生长调节剂 (GA₃、IAA 和 6-BA) 以及维生素 (VB₁、VB₂、VB₆、VB₁₂ 和 V_c) 这 3 类共 9 种引发剂溶液, 对小麦种子开展渗透处理。通过分析不同引发剂、不同浓度及不同浸泡时间对低发芽力小麦种子萌发和生理指标的影响, 筛选出适宜低发芽力小麦种子的最佳引发方法, 并对比种子引发处理前后小麦种子萌发及生理生化指标的变化, 旨在为小麦种质资源中濒危种子的拯救、安全保存与创新利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为小麦品种冀麦 325, 由河北省农林科学院粮油作物研究所小麦育种研究室提供。

1.2 试验方法

1.2.1 小麦种子人工老化 试验于 2023 年 4-7 月在河北省农林科学院粮油作物研究所试验室进行。选取籽粒饱满、大小、形状和成熟度一致的种子分置于纱袋中, 保持透气, 于 SRG-500A 人工气候箱 (杭州硕联仪器有限公司) 中老化, 老化条件为 40 °C、相对湿度 75%, 经 30 d 老化处理后, 获得发芽率为 32.67% 的种子作为引发试验的初始材料。

1.2.2 老化小麦种子的引发 试验设置引发剂、引发浓度和引发时间 3 个因素的小麦引发试验。3 类 9 种引发剂, 包括 PEG 6000、GA₃、IAA、6-BA、VB₁、VB₂、VB₆、VB₁₂ 和 V_c; 设置低、中和高浓度 3 种引发浓度, 各引发剂和引发浓度见表 1; 引发时间设为 8、16 和 24 h。共 81 个处理, 不经引发剂处理的自然生长小麦种子为对照 (CK), 每处理设 3 次重复, 每个重复设 50 粒小麦种子进行

引发。引发处理后, 将种子置于 CTB870D 种子干燥箱 (河北正大怡和科技有限公司) 中进行干燥, 种子含水量达到 7%~8% 后进行发芽率检测和生理指标测定。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 小麦种子发芽指标 按照国际种子检验规程^[21]进行标准发芽试验, 发芽试验在 ZLC-1500A 种子发芽箱 (杭州硕联仪器有限公司) 中进行, 发芽条件为 20 °C, 无光照, 每重复 50 粒种子, 3 次重复, 计算发芽势、发芽率和发芽指数: 发芽势 (%) = (第 3 天正常发芽种子数/供试种子粒数) × 100; 发芽率 (%) = (第 7 天正常发芽种子数/供试种子粒数) × 100; 发芽指数 (GI) = ∑ (Gt/Dt), 式中, Dt 为发芽日数, Gt 为与 Dt 相对应的每天发芽种子数。

1.3.2 电导率 参照朱银等^[22]的方法测定电导率, 每个样品设 3 次重复, 每次重复随机选取 50 粒大小均匀且无损伤的种子, 用去离子水冲洗 3 次, 用滤纸吸干浮水, 将种子置于洁净的 150 mL 烧杯中, 加入 100 mL 去离子水, 于 20 °C 恒温条件下浸泡 24 h, 用 SG3 电导率仪 (梅特勒-托利多, 瑞士) 测定浸泡液的电导率。以去离子水为对照, 每重复实际电导率 = 重复电导率读数 - 对照读数。

1.3.3 抗氧化酶活性 采用氮蓝四唑 (NBT) 还原法^[19]测定 SOD 活性, 以反应被抑制 50% 时的酶液用量作为 1 个酶活性单位; 采用愈创木酚法^[23]测定 POD 活性; 采用紫外吸收法^[24]测定 CAT 活性。

1.4 数据处理

数据为 3 次重复的平均值 ± 标准误; 使用 SPSS 23.0 一般线性模型进行多因素邓肯方差分析; 使用 Excel 2016 软件进行计算和制图。

2 结果与分析

2.1 不同引发处理对小麦种子萌发的影响

2.1.1 对小麦种子萌发的显著性检验 为确定对小麦种子引发效果影响显著的因素, 对不同引发处理后小麦种子的发芽势、发芽率和发芽指数进行显著性测验 (表 2)。不同引发剂和引发时间对发芽势、发芽率和发芽指数影响均达极显著水平; 引发剂 × 引发时间对发芽势、发芽率和发芽指数的影响达极显著水平; 提高小麦种子萌发效果最显著的因素为引发剂, 引发时间次之。

2.1.2 对小麦种子萌发的影响 9 种引发剂对初始

表 1 不同引发剂试验用引发浓度

Table 1 Priming concentration for different priming agents %

引发剂类型 Priming agent type	引发剂 Priming agents	浓度 Concentration		
		低 Low	中 Medium	高 High
渗透调节剂 Osmotic regulator	PEG 6000	10.000	20.000	30.000
植物生长调节剂 Plant growth regulator	GA ₃	0.010	0.020	0.040
	IAA	0.005	0.010	0.020
	6-BA	0.010	0.020	0.040
维生素 Vitamin	VB ₁	0.020	0.040	0.080
	VB ₂	0.020	0.040	0.080
	VB ₆	0.020	0.040	0.080
	VB ₁₂	0.020	0.040	0.080
	V _c	0.020	0.040	0.080

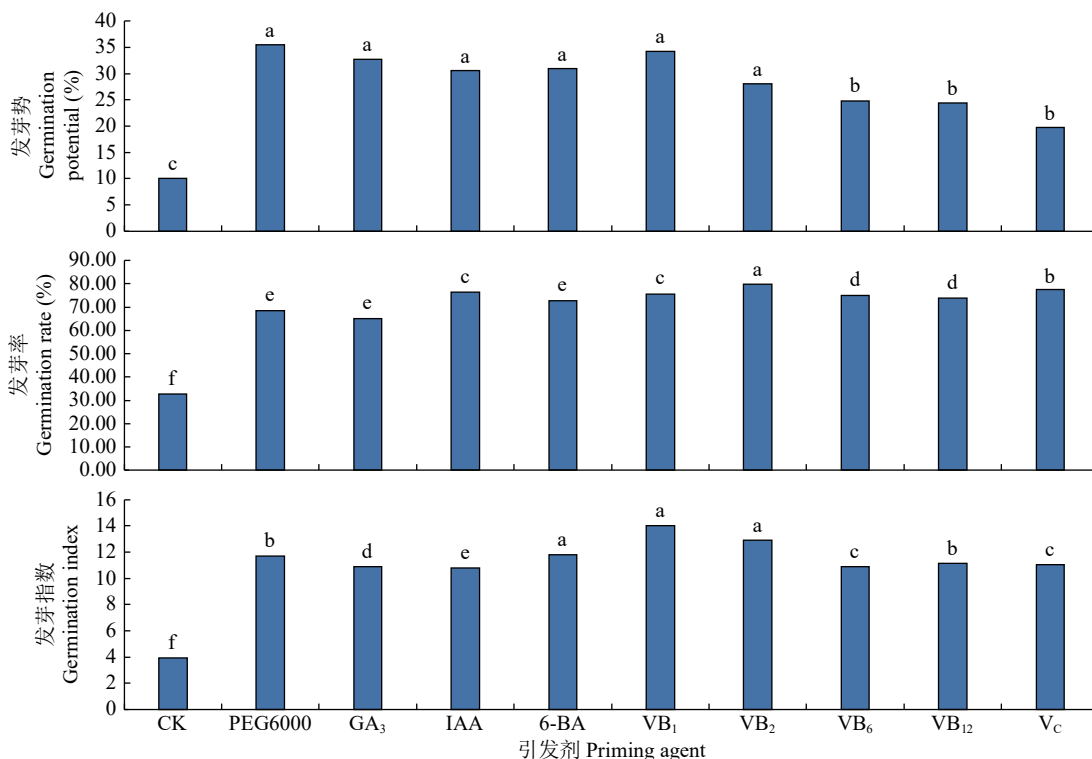
表 2 小麦引发处理双因素效应检验 (F 值)
Table 2 Double factor effect test of wheat priming treatment (F-value)

变异来源 Source of variation	自由度 <i>df</i>	发芽势 Germination potential	发芽率 Germination rate	发芽指数 Germination index
引发剂 Priming agent	8	99.03**	14.036**	117.98**
引发时间 Priming time	2	24.01**	11.38**	35.01**
引发剂×引发时间 Priming agent×Priming time	16	2.38**	2.95**	2.69**

“**” 表示在 $P < 0.01$ 水平上极显著。
“***” indicates extremely significant at $P < 0.01$ level.

发芽率 32.67% 小麦种子的发芽势、发芽率和发芽指数均产生显著影响 (图 1)。其中, PEG 6000 对小麦种子发芽势的提升最大, 从 10.00% 提高至

35.48%; VB₂ 对发芽率提升最大, 从 32.67% 提高至 79.78%; VB₁ 对发芽指数提升最大, 从 3.94 提高至 14.03。



不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。下同。
Different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$). The same below.

图 1 引发剂对小麦种子萌发的影响
Fig.1 Effects of priming agents on germination of wheat seeds

3 个引发时间对小麦种子发芽势、发芽率和发芽指数的影响显著 (图 2)。引发处理 16 h 对小麦种子发芽势、发芽率和发芽指数的提升最大, 分别从 10.00% 提高至 32.99%, 从 32.67% 提高至

35.48%; VB₂ 对发芽率提升最大, 从 32.67% 提高至 79.78%; VB₁ 对发芽指数提升最大, 从 3.94 提高至 14.03。

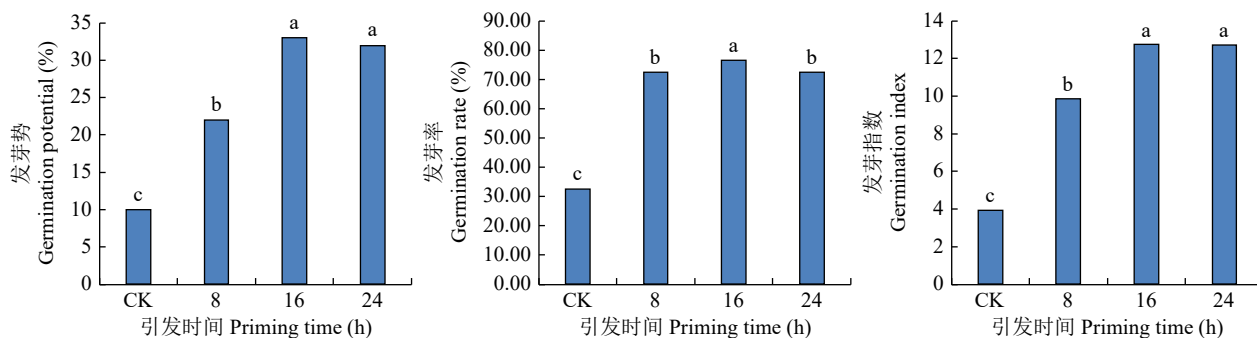


图 2 引发时间对小麦种子萌发的影响
Fig.2 Effects of priming time on germination of wheat seeds

76.54%，从3.94提高至12.74。

综上，VB₁和VB₂对小麦种子萌发的促进效果较好；引发16 h和24 h效果显著高于8 h，其中引发16 h效果最佳。

2.1.3 VB₁和VB₂各引发组合对小麦种子萌发的影响 基于前文分析结果，对VB₁和VB₂各组合进一

步分析（表3）可知，VB₁和VB₂各组合均可显著提高种子发芽力，促进种子萌发，其中利用0.04%和0.08%浓度的VB₁浸泡24 h后发芽势提升效果最佳，从10.00%提高至77.33%；0.04% VB₂浸泡16 h后发芽率提升效果最佳，从32.67%提高至90.00%；0.02% VB₂浸泡16 h后发芽指数提升效果最佳，从

表3 VB₁和VB₂引发处理对小麦种子萌发的影响
Table 3 Effects of VB₁ and VB₂ priming treatments on wheat seed germination

处理 Treatment	引发剂 Priming agent	引发时间 Priming time (h)	浓度 Concentration (%)	发芽势 Germination potential (%)	发芽率 Germination rate (%)	发芽指数 Germination index
CK				10.00±8.43f	32.67±9.35c	3.94±1.01e
T1	VB ₁	8	0.02	52.00±6.66c	74.67±1.55b	12.29±1.52c
T2	VB ₁	8	0.04	45.33±9.18d	74.00±4.68b	11.52±0.54d
T3	VB ₁	8	0.08	73.33±12.22a	76.00±11.47b	13.75±0.84c
T4	VB ₂	8	0.02	46.67±10.83d	76.00±10.53b	11.13±1.59d
T5	VB ₂	8	0.04	32.00±13.48e	74.00±12.39b	9.58±0.77d
T6	VB ₂	8	0.08	25.33±7.37f	70.67±3.27b	9.01±0.28d
T7	VB ₁	16	0.02	76.67±5.09a	81.33±3.98b	15.89±0.83a
T8	VB ₁	16	0.04	64.00±3.95b	79.33±8.10b	13.01±1.49c
T9	VB ₁	16	0.08	76.00±5.41a	90.67±7.89a	15.99±1.13a
T10	VB ₂	16	0.02	68.00±4.58b	87.33±4.77a	17.13±2.51a
T11	VB ₂	16	0.04	68.00±5.26b	90.00±3.94a	14.75±1.99b
T12	VB ₂	16	0.08	54.67±2.14c	86.00±0.00a	12.34±0.68c
T13	VB ₁	24	0.02	54.67±11.18c	67.33±9.55b	13.01±3.11c
T14	VB ₁	24	0.04	77.33±1.42a	82.00±4.22b	14.90±1.04b
T15	VB ₁	24	0.08	77.33±8.77a	80.00±6.61b	15.92±0.63a
T16	VB ₂	24	0.02	72.00±7.62a	84.00±4.76b	16.45±1.72a
T17	VB ₂	24	0.04	74.67±5.56a	76.00±1.55b	13.50±0.90c
T18	VB ₂	24	0.08	62.67±7.78b	77.33±3.95b	12.32±1.61c

不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$).

3.94提高至17.13。

发芽率 $\geq 85\%$ 为合格小麦种子^[25]，经引发后种子发芽率 $\geq 85\%$ 的引发处理有4个，分别为T9、T10、T11和T12处理。

2.2 种子引发对小麦种子生理特性的影响

2.2.1 对种子浸出液电导率的影响 比较发芽率 $\geq 85\%$ 的4个引发处理的种子浸出液电导率，结果（图3）表明，引发处理后小麦种子电导率较CK均显著降低，各处理间差异不显著，其中T9处理引发后电导率降幅最大，从80.76 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 降至23.46 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。

2.2.2 对小麦种子抗氧化酶活性的影响 对引发处理后小麦种子发芽率 $\geq 85\%$ 的4个处理进行SOD、POD和CAT活性测定。经4个引发处理后，SOD活性均显著高于CK处理，各处理间影响不显著，其中T9处理引发后的SOD活性增幅

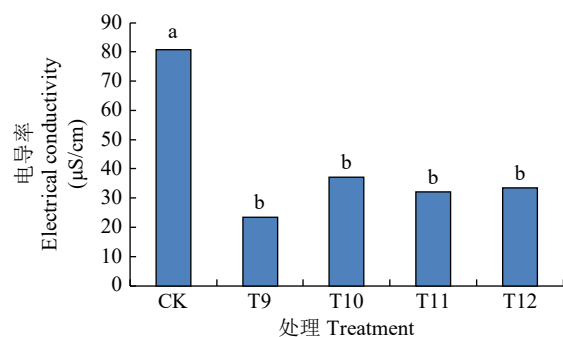


图3 4个引发处理对小麦种子电导率影响

Fig.3 Effects of four priming treatments on electrical conductivity of wheat seeds

最大，从109.33 U/g增至365.67 U/g（图4a）。引发处理后小麦种子POD活性如图4b所示，各处理均较CK显著提高，其中T9、T10和T11处理提高效果优于T12处理，T10处理引发后POD活性最高，POD活性从322.00 U/g提高到2942.67 U/g。

各处理对小麦种子 CAT 活性的影响（图 4c）表明，经 4 种引发处理后，CAT 活性均显著提高，但 4 个处理间无显著差异，其中，T9 处理引发后 CAT 活性为 76.17 mg/g，T10 处理引发后 CAT 活性为 77.19 mg/g。

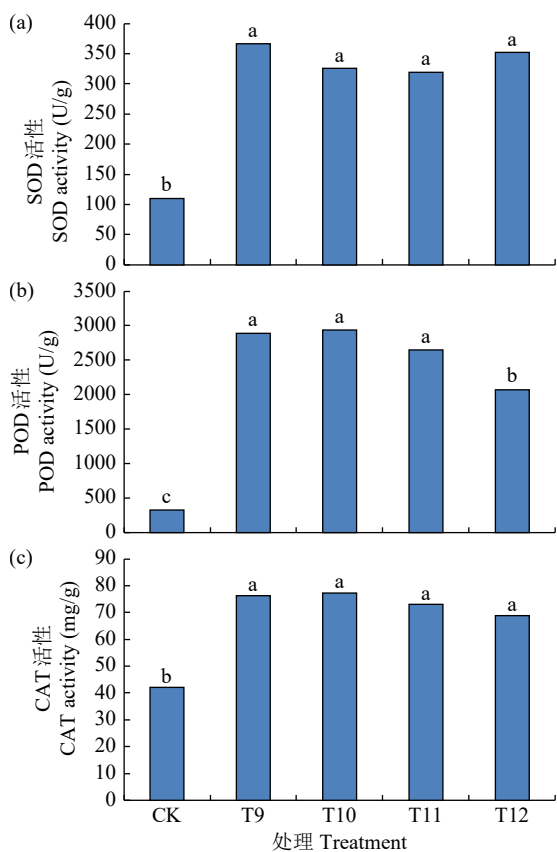


图 4 4 个引发处理对小麦种子抗氧化酶活性的影响
Fig.4 Effects of four priming treatments on antioxidant enzyme activities in wheat seeds

3 讨论

种子老化是贮藏过程中普遍存在的现象，种子引发可有效提升多种作物种子的活力^[26]。在小麦种子引发方面，前人采用不同方法均取得了一定成效，利用 10% PEG 6000 浸泡 24 h，可使小麦种子发芽率从 72%提升至 90%^[27]；用 6 mmol/L 氯化钙浸泡 12 h，发芽率从 83.33%提高到 96.00%^[28]；0.04%壳聚糖浸泡 1 h，发芽率从 81%升至 92%^[29]；0.08%氨基青霉素浸泡 24 h，发芽率从 75%提高到 88%^[30]。且上述研究所用小麦材料的初始发芽率均高于 70%。本试验采用 0.08% VB₁ 浸泡 16 h，将初始发芽率仅为 32.67%的小麦种子发芽率提高至 90.67%，引发后老化种子发芽率达到健康种子水平（发芽率≥85%），引发效果较上述研究更为显著。

本研究发现，VB₁ 和 VB₂ 的引发效果显著优于其他 7 种引发剂。程梓祺等^[18]研究表明，0.01% VB₁ 浸泡甜菜种子 24 h 后，其浸出液相对电导率从 104.66 μS/cm 降至 53.33 μS/cm。而李洋等^[31]研究显示，0.1 g/L VB₁ 浸种 24 h 会抑制郑单 958 和先玉 335 玉米品种的萌发。此外，分别采用 VB₁ 和 VB₂ 对甜玉米^[32]和菜豆^[33]进行引发处理，结果显示 VB₁ 的引发效果优于 VB₂，且 0.01% VB₁ 浸种 24 h 后，甜玉米发芽率从 60.00%提升至 67.15%；10 mg/L VB₁ 浸种 24 h 后，菜豆种子发芽率从 60.00%提高到 61.33%。由此可见，VB₁ 和 VB₂ 的引发效果因作物种类不同而存在差异。本试验结果表明，经 VB₁ 和 VB₂ 引发处理的小麦种子，其发芽力得到提高，膜透性较对照显著降低，酶活性较对照明显增强。这一结果可能与 VB₁ 和 VB₂ 参与种子内部生理生化反应的独特机制有关，它们或许能够更有效地激活种子内部的代谢途径，加速种子萌发进程。不过，VB₁ 和 VB₂ 具体的引发机制尚未完全明确，仍需进一步研究。

4 结论

通过对比 9 种不同引发剂、3 个浓度及 3 个引发时间对低发芽力小麦种子萌发的影响，发现各引发剂均能显著提升小麦种子的发芽力，其中 VB₁ 和 VB₂ 的引发效果优于其余 7 种引发剂；引发 16 h 和 24 h 的效果显著优于 8 h 的处理。为进一步探究 VB₁ 和 VB₂ 的引发效果，对发芽率≥85%的 4 个处理开展浸出液电导率以及 SOD、POD、CAT 活性测定，最终确定 0.08% VB₁ 浸泡 16 h 是初始发芽率为 32.67%的冀麦 325 种子的最佳引发方法。

参考文献

- [1] 卢新雄, 辛霞, 刘旭. 作物种质资源安全保存原理与技术. 北京: 科学出版社, 2019.
- [2] Heydecker W. Germination of an idea: The priming of seeds. Nottingham: University of Nottingham, 1973.
- [3] Wallace G P. Low water potential and presowing germination treatments to improve seed quality. New York: Food Products Press, 1995.
- [4] 陈子敬, 于茜, 丁云玉, 等. 种子引发对芹菜种子发芽、幼苗生长及产量的影响. 种子, 2016, 35(4): 26-29.
- [5] 辛艳. 引发技术是提高种子活力的新手段. 种子科技, 2002(5): 281-282.
- [6] 高树仁, 邓杰, 侯立龙. 渗透引发对玉米种子萌发的影响. 安徽农学通报, 2021, 27(20): 72-73.
- [7] 崔婷, 唐启源. 种子活力保持与提高技术研究进展. 作物研究, 2014, 28(4): 435-439, 446.
- [8] Kibinza S, Bazin J, Bailly C, et al. Catalase is a key enzyme in seed recovery from ageing during priming. Plant Science, 2011, 181(3): 309-315.

- [9] 李季平, 古红梅, 吴诗光, 等. 聚乙二醇 (PEG) 处理对小麦萌发种子生理生化特性的影响. 河南农业科学, 2002, 31(6): 4-6.
- [10] 唐祥儒, 孙群, 高俊凤, 等. PEG 预处理引发绿豆种子的某些生理生化变化. 植物生理学通讯, 1995(3): 189-191.
- [11] 解秀娟. 引发对紫花苜蓿种子盐逆境下发芽及幼苗生理生化变化的影响. 杭州: 浙江大学, 2003.
- [12] 康冰, 陈彦生, 张小红. GA₃、6-BA 及 IAA 对香椿种子发芽及幼苗生长的影响. 植物生理学通讯, 2001, 37(5): 399-400.
- [13] 吴丽芳, 朱永友, 王义彰. IAA、NAA 对白三叶种子发芽的影响. 草业科学, 2000, 17(1): 60-61.
- [14] 王兴, 徐琛, 苍晶, 等. 外源 6-BA 对小麦种子萌发及越冬期植株冻害的缓解作用. 麦类作物学报, 2013, 33(2): 357-363.
- [15] 李娜, 王琳丹. 6-BA 拮抗脱落酸缓解渗透胁迫对种子萌发的抑制. 植物生理学报, 2014, 50(4): 389-394.
- [16] 蔡春菊, 范少辉, 曹帮华, 等. PEG 和 GA₃ 引发处理对老化毛竹种子理化特性的影响. 南京林业大学学报 (自然科学版), 2018, 42(2): 40-46.
- [17] 王宁, 付亚军, 袁美丽, 等. GA₃ 浸种对入侵植物节节麦种子破眠及发芽特性的影响. 草业学报, 2020, 29(2): 73-81.
- [18] 程梓祺, 兴旺, 刘大丽, 等. 不同浓度维生素 B₁ 对甜菜种子引发的影响. 中国糖料, 2023, 45(3): 60-65.
- [19] 唐瑞. 在盐胁迫下外源维生素浸种对小麦发芽及幼苗生长的影响. 成都: 中国科学院研究生院 (成都生物研究所), 2007.
- [20] 王珂, 杨玉爱, 袁可能. 维生素 (B₆, C, PP) 对小麦生理特性及生长的影响. 科技通报, 1995, 11(5): 301-305.
- [21] 国际种子检验协会, 农业部全国农作物种子质量监督检测中心, 浙江大学种子科学中心. 1996 国际种子检验规程. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [22] 朱银, 颜伟, 杨欣, 等. 电导法测定小麦种子活力. 江苏农业科学, 2014, 42(9): 78-80.
- [23] 孙群, 王建华, 孙宝启. 种子活力的生理和遗传机理研究进展. 中国农业科学, 2007, 40(1): 48-53.
- [24] 颜启传, 胡伟民, 宋文坚. 种子活力测定的原理和方法. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [25] 全国农作物种子标准化技术委员会. 粮食作物种子 第 1 部分: 禾谷类: GB 4404.1-2008. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [26] 王冬梅, 黄上志. 种子渗透调节的机制及最佳渗透条件的选择. 种子, 1996(5): 7-9.
- [27] 孙耀中, 李兰芬, 许滨莲. PEG 渗透调节对小麦种子活力的影响. 河北农业技术师范学院学报, 1995, 9(4): 71-74.
- [28] 古力尼尕尔·吐尔洪, 张金汕, 李丹丹, 等. 不同引发剂处理对春小麦种子活力及生理特性的影响. 新疆农业科学, 2024, 61(4): 869-877.
- [29] 姜山, 朱启忠, 张真豪, 等. 壳聚糖对小麦种子萌发及幼苗生理生化特性的影响. 湖北农业科学, 2011, 50(7): 1332-1334.
- [30] 刘萍, 齐付国, 丁义峰, 等. 青霉素和氨基青霉素对小麦种子萌发及幼苗生理生化的影响. 华北农学报, 2004, 19(3): 66-68.
- [31] 李洋, 李春雷, 路明, 等. 植物激素、维生素引发老化玉米种子的研究. 作物杂志, 2015(6): 150-154.
- [32] 李振轮, 何凯, 石纹豪, 等. 外源维生素浸种对甜玉米种子萌发和幼苗生长的影响. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2014, 42(6): 48-54.
- [33] 李振轮, 李鑫强, 朱培. 维生素浸种和电场处理对菜豆生长发育初期的影响. 西南大学学报 (自然科学版), 2013, 35(5): 145-151.

Effects of Priming Treatment on Germination and Physiological Characteristics of Wheat Seeds with Low Germination Ability

Sun Juan, Wang Xindong, Qie Yanmin, Niu Xuejing, Wang Lina, Geng Lige

(Institute of Cereal and Oil Crops, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences / Hebei Key Laboratory of Crop Genetic and Breeding, Shijiazhuang 050035, Hebei, China)

Abstract To investigate the effects of priming treatments on the germination and physiological characteristics of wheat seeds and to screen the optimal priming method for wheat seeds with low germination ability, Jimai 325 seeds with a germination rate of 32.67% after artificial aging treatment were used as the research object. Nine priming agents from three categories, including PEG 6000, gibberellic acid (GA₃), and Vitamin B₁ (VB₁), were applied at different concentrations for soaking durations of 8 h, 16 h, and 24 h. The study examined the effects of various priming treatments on germination indicators, such as germination potential, germination rate, germination index, electrical conductivity, and the activities of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD), and catalase (CAT). The results showed that all priming treatments significantly enhanced the germination capacity of aged wheat seeds. The priming agents had significant impacts on germination potential, germination rate, and germination index, with VB₁ and VB₂ showing the best priming effects. As the priming time was extended, the germination potential, germination rate, and germination index of wheat seeds all significantly increased, with the effects of 16 h and 24 h being significantly better than those of 8 h. By measuring the leachate electrical conductivity and the activities of SOD, POD, and CAT for priming combinations that increased the germination rate to over 85%, it was determined that soaking in 0.08% VB₁ for 16 h is the optimal priming method for Jimai 325 wheat seeds with an initial germination rate of 32.67%.

Key words Wheat; Seed priming; Seed germination; Seed germination ability; Physiological characteristics