

银杏种子常温贮藏技术研究

于 新¹, 李 竞²

(1. 仲恺农业技术学院; 2. 浙江工程学院)

摘 要: 为了探索银杏种子常温贮藏技术, 研究了 6 种贮藏前处理方法对贮藏银杏种子质量及其生理的影响, 其中以 10 g/L 亚硫酸氢钠溶液浸泡处理 1 h, 25℃ 贮藏 30 d, 失水率 1.02%, 硬化率 0.52%, 霉变率 1.36%, 胚长度 3.50 mm, 发芽率 92.57% 为最佳效果, 而同期 CK 组霉变率 89.14%, 发芽率只有 6.53%。针对银杏种子采后主要病原真菌, 采用抑菌圈法筛选出施保功和抑霉唑为银杏种子贮藏保鲜的抑菌剂, 其最适浓度分别为 0.8 g/L 和 1.0 g/L, 而且两者的抑制作用具有明显的互补性。含有 0.8 g/L 施保功和 1.0 g/L 抑霉唑的混合溶液浸泡处理银杏种子 0.5 h, 0.02 mm 聚乙烯薄膜袋包装, 于 20℃ 贮藏 90 d, 霉变率仅 2.51%, 远低于两者单独使用的霉变率, 发芽率仍达到 91.24%, 硬化率、失水率及胚长度分别控制在 2.65%、3.94% 和 4.36 mm。混合抑菌剂处理的银杏种子除脂肪酶活性上升 37.08% 外, 其余各项生理指标均呈下降趋势, 以呼吸强度(RI)下降 69.92% 最为显著。种子的呼吸衰老作用受到明显抑制。B-淀粉酶、过氧化氢酶(CAT)、果胶甲酯酶(PE)、多聚半乳糖醛酸酶(PG)活性虽有下降, 但银杏种子仍保持较高的活力。

关键词: 银杏种子; 常温; 保鲜技术

中图分类号: S379.2; S792.95

文献标识码: A

文章编号: 1002-26819(2002)04-0131-07

银杏(*Ginkgo biloba* L.)为我国特有的种子、叶、材兼用树种, 其种子也称银杏或白果, 具有较高的食用和药用价值。近十多年来, 法国、德国、美国、日本从我国大量进口银杏叶, 用于制造治疗心脑血管疾病的药物。我国山东、江苏、浙江、广东等地大量种植银杏, 并生产出银杏叶和种子为原料的药品、保健食品或作为中药材使用。目前, 我国银杏种子采后贮藏问题日益突出, 已成为银杏产业发展的关键问题之一。银杏贮藏过程中种仁硬化、霉变不仅降低种子的发芽率、出苗率和苗木的生长势, 而且降低了银杏的食用和药用价值, 给从事银杏种植和加工的企业造成损失。银杏种子采后硬化与温度、湿度、呼吸作用及相关的酶活性有关^[1~3]; 霉变则因贮藏条件不适, 技术不当, 病原菌侵染所致; 银杏种子贮藏温度 9℃, RH>80% 的条件下, 可较好地抑制霉变, 降低硬化率^[4,5]; 大量银杏种子低温冷藏在我国农村尚无条件实施, 农民主要采用砂藏和缸藏, 存在贮藏量小、贮藏期短、霉变损失大等问题。贮藏前漂白可减少银杏贮藏过程中的浮水率和硬化率^[2]; 热激处理能显著地抑制银杏种子过氧化氢酶(catalase, CAT)活性及其硬化^[3]; 冷激处理可抑制多聚半乳糖醛酸酶(polygalacturonase, PG)和果胶甲酯酶

(pectinesterase, PE)活性^[6]; 调节贮藏环境气体组成的质量分数为(3%~5%)O₂、(3%~5%)CO₂、70% N₂和10% SO₂, 能够有效控制银杏贮藏过程中的霉变率、呼吸强度(RI)、失水率、硬化率、胚生长、CAT、过氧化物酶(POD)的活性, 而PE活性基本不变^[7]; 银杏种子贮藏霉变的主要病原真菌为 *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Spicaria* sp.^[8]。国外未见银杏种子贮藏技术及采后生理的研究报道。国内银杏贮藏保鲜研究多限于温度、湿度对发芽率、霉变率的影响^[9~12]。辐射保鲜, 因辐射源投入大, 安全管理要求严格, 而且经过辐射的银杏种子, 破坏了内部生理代谢机制, 种子活力降低, 发芽率降低, 甚至不能发芽, 故不适合作为生产中使用的种子^[13]。在生产中, 人们对作为商品出售的银杏种子常进行贮藏前漂白处理。使其外观洁白、干净, 符合购买者的感官要求, 而较少考虑漂白处理对贮藏效果及种子活力的影响^[12]。选择合适的贮藏前处理并探求其生理机理, 具有一定的现实性和迫切性。在农业生产中, 人们注重药剂处理防止种子霉变、失水、虫蛀或促进种子在土壤中吸水、发芽, 尚无人研究抑菌剂处理对银杏种子贮藏生理的影响。

本试验针对银杏采后主要病原菌, 筛选抑菌剂和贮藏前处理方法。研究了贮藏前处理方法和抑菌剂对银杏种子的霉变率、失水率、硬化率、胚生长、发芽率、呼吸强度和B-淀粉酶、CAT、脂肪酶、PG、PE活性的影响, 提出简单易行的银杏常温贮藏技术。以期银杏种植业提供技术支持, 保证优质种子发育成

收稿日期: 20020327

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目(960522); 广东省“科技百项工程”重点资助项目(99B05903X); 广东省教育厅重点资助自然科学基金项目(963303)

作者简介: 于 新(1959-), 男, 副教授, 硕士, 广州市纺织路东沙街24号 仲恺农业技术学院食品科学系, 510225

速生丰产的壮苗。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜银杏种子采自广东省南雄县。脱去外种皮,选大小一致、无腐烂和机械损伤者为试验材料。施宝功和苯来特为杜邦公司产品;特克多为默沙东公司产品;抑霉唑为江苏江阴农药厂产品;多菌灵、甲基托布津为沈阳化工研究院提供。接种用的各种霉菌由本校微生物室从霉变银杏种子分离所得,并确证为银杏采后霉变的病原菌。B-淀粉酶、脂肪酶、PG、PE,活力大于 6 000 IU, Sigma 公司产品;CAT,活力大于 8 000 IU, Whatman 公司产品;其余化学药品均为国产分析纯试剂。

1.2 试验方法

1.2.1 贮前处理

脱去外种皮的银杏种子,分别采用以下方法进行贮前处理:阳光下曝晒、普通紫外灯照射、10 g/L 漂白粉溶液浸泡、10 g/L 石灰水浸泡、10 g/L 亚硫酸氢钠(NaHSO_3)溶液浸泡、60℃ 热水浸泡。处理时间均为 1 h。晾干表面水的银杏种子用 0.02 mm 聚乙烯薄膜袋包装,每袋 500 g,于 25℃ 贮藏。以处理当天为贮藏第 1 d。未处理的种子为对照(CK)。

1.2.2 抑菌剂的筛选

以银杏采后主要病原真菌为抑菌对象,选择果蔬保鲜常用的施宝功、抑霉唑、苯来特、特克多、多菌灵、次氯酸钠、苯甲酸、山梨酸钾、硼砂、甲基托布津为抑菌剂,药剂浓度均为 1 g/L。采用 PDA 培养基,培养皿含药滤纸片($\phi = 0.6\text{ cm}$)抑菌圈法^[14],每皿 3 片。30℃ 培养 96 h,测定抑菌圈直径。另取 1 g/L 的上述抑菌剂溶液分别浸泡银杏种子 0.5 h,晾干表面水,用 0.02 mm 聚乙烯薄膜袋包装,每袋 500 g,于 25℃ 贮藏。

1.2.3 抑菌剂最适浓度试验

取 0.2~1.2 g/L 的施保功和抑霉唑溶液浸泡

银杏种子 10 min。试验方法与条件同上。

1.2.4 生理指标测定

参照文献[15]所述气流法测定呼吸强度(RI);碘量法测定CAT活性;碱液滴定法测定脂肪酶活性、PE活性;3,5-二硝基水杨酸比色法测定B-淀粉酶活性;质量称量法测定失水率;计数统计硬化率、霉变率、发芽率、胚生长情况。以上所有试验设 3 次重复。

2 结果与分析

2.1 贮前处理对银杏种子的贮藏质量和贮藏生理的影响

经前处理的银杏种子在 25℃ 贮藏 30 d 的结果见表 1 和表 2。CK 组的银杏种子胚生长发育较快,失水率仅为 2.54%,但有 5.06% 的种子发生硬化,且 89.14% 的种子发生霉变,发芽率仅为 6.53%,已完全不能作为生产中使用的种子。6 种贮前处理方式都具有抑制霉变的作用。阳光下曝晒使霉变率降至 12.45%,由于失水率高达 17.30%,且 15.25% 的种子发生硬化,发芽率只有 60.83%。紫外灯照射对种子表面有一定的消毒作用,霉变率降至 11.43%,失水率降为 3.26%,发芽率达到 74.32%。10 g/L 漂白粉溶液、10 g/L 石灰水、10 g/L NaHSO_3 溶液处理组的失水率仅为 1.05%、1.46%、1.02%;硬化率也很低,分别为 0.98%、1.27%、0.52%;抑菌作用也十分明显,霉变率大为降低。尤以 10 g/L NaHSO_3 溶液处理组的失水率、硬化率、霉变率在所有试验组中最低,该组胚的长度略低于 CK 组,经显微解剖观察,胚发育正常,发芽率达到 92.57%。为各组最高。10 g/L 漂白粉溶液、10 g/L 石灰水处理组发芽率只有 61.25% 和 65.70%,显微解剖发现未发生霉变的部分种子的胚已经坏死。60℃ 热水浸泡组虽然失水率和硬化率较低,胚发育正常,但是该组 31.23% 的种子发生霉变,发芽率仅 61.36%。试验表明霉变或硬化的银杏种子均不能发芽。

表 1 贮前处理对银杏种子质量的影响(25℃ 贮藏 30 d)

Table 1 Effects of treatments on quality of Ginkgo biloba seeds before storage (25℃, 30 days storage)					
处理方法	失水率/%	硬化率/%	霉变率/%	胚长度/mm	发芽率/%
阳光下曝晒	17.30±1.89a	15.25±0.86b	12.45±1.37b	2.57±0.28a	60.83±3.96a
普通紫外灯照射	3.26±0.23a	4.13±0.47b	11.43±3.35a	4.15±0.46b	74.32±3.70b
10 g/L 漂白粉溶液浸泡	1.05±0.14b	0.98±0.12a	14.52±1.88a	2.31±0.25a	61.25±7.45a
10 g/L 石灰水浸泡	1.46±0.17a	1.27±0.15a	15.68±2.03a	2.86±0.37a	65.70±6.83b
10 g/L NaHSO_3 溶液浸泡	1.02±0.12a	0.52±0.06a	1.36±0.04b	3.50±0.41b	92.57±5.54a
60℃ 热水浸泡	1.33±0.15a	1.64±0.18a	31.23±4.32a	5.37±0.65b	61.36±4.27a
CK	2.54±0.19a	5.06±0.24b	89.14±5.76b	4.13±0.39a	6.53±0.78a

表中同列数据后具有相同字母者表示在 $P < 0.05$ 水平差异不显著,不同字母者表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著(DMRT 法)。

表 2 贮藏前处理对银杏种子贮藏生理的影响(25 ℃, 贮藏 30 d)

Table 2 Effects of treatments on postharvest physiology of Ginkgo biloba seeds before storage (25 ℃, 30 days storage)						
处理方法	呼吸强度 CO ₂	β-淀粉酶活性	脂肪酶活性	CAT 活性 H ₂ O ₂	PE 活性 CHO ⁻	PG 活性
	$\bar{Q}ng \cdot (kg \cdot h)^{-1}$	$\bar{Q}ng \cdot (g \cdot min)^{-1}$	$\bar{Q}ng \cdot (g \cdot min)^{-1}$	$\bar{Q}ng \cdot (g \cdot min)^{-1}$	$\bar{Q}mmol \cdot (g \cdot h)^{-1}$	$\bar{Q}Imol \cdot (g \cdot h)^{-1}$
阳光下曝晒	5.24 ± 2.80a	2.57 ± 0.14a	0.67 ± 0.05a	1.24 ± 0.11a	1.31 ± 0.10a	4.12 ± 0.16a
普通紫外灯照射	3.25 ± 2.51a	3.19 ± 0.21b	0.72 ± 0.09a	1.69 ± 0.14a	1.47 ± 0.13b	4.76 ± 0.19b
10 g/L 漂白粉溶液浸泡	1.23 ± 0.92a	2.73 ± 0.30b	0.49 ± 0.06a	1.56 ± 0.18a	1.04 ± 0.07a	3.57 ± 0.13a
10 g/L 石灰水浸泡	1.27 ± 1.33a	2.97 ± 0.19a	0.44 ± 0.07a	1.78 ± 0.12a	1.12 ± 0.10a	4.21 ± 0.16a
10 g/L NaHSO ₃ 溶液浸泡	1.31 ± 1.08a	3.03 ± 0.18a	0.69 ± 0.08a	3.37 ± 0.23b	1.76 ± 0.13b	4.79 ± 0.21b
60 ℃ 热水浸泡	3.79 ± 2.46b	3.36 ± 0.21a	0.65 ± 0.07a	2.35 ± 0.16b	0.98 ± 0.05a	4.72 ± 0.18a
CK	4.51 ± 0.27a	3.21 ± 0.19a	0.78 ± 0.10b	1.45 ± 0.12a	1.86 ± 0.18a	3.21 ± 0.13a

表中同列数据后具有相同字母者表示在 $P < 0.05$ 水平差异不显著, 不同字母者表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著 (DMRT 法)。

阳光下曝晒组的 RI 为 5.24 mgö(kg · h), 较 CK 组的 RI 为 4.51 mgö(kg · h) 增强 16.19%, 而其余各组的 RI 较低。以 10 g/L 漂白粉溶液、10 g/L 石灰水、10 g/L NaHSO₃ 溶液浸泡抑制银杏种子 RI 最为显著。各组的 β-淀粉酶和脂肪酶活性相差不大。60 ℃ 热水浸泡组较 CK 组 β-淀粉酶活性为高, 其余各组的 β-淀粉酶活性均有所降低。阳光下曝晒组失水较多, β-淀粉酶活性相对最低。各组脂肪酶活性在 0.44~0.78 mgö(g · min) 之间变化。10 g/L NaHSO₃ 溶液组和 60 ℃ 热水组的 CAT 活性显著高于 CK 组, 分别为 3.37 mmolö(g · h)、2.35 mmolö(g · h) 和 1.45 mmolö(g · h)。CK 组 PE 活性为 1.86 mmolö(g · h), 其次为 10 g/L NaHSO₃ 溶液处理组, 二者仅差 0.1 mmolö(g · h)。60 ℃ 热水浸泡对 PE 活性有较强的抑制作用, 该组 PE 活性最低至 0.98 mmolög · h。各组的 PG 活性以 CK 组为最低。

2.2 抑菌剂的筛选

PDA 培养基上含药滤纸片抑菌试验结果见表

3。由抑菌圈的直径可以看出施宝功、抑霉唑、苯来特、特克多对引起贮藏银杏种子霉变的病原菌有较强的抑制作用, 且以施宝功、抑霉唑的抑菌作用最强; 多菌灵、甲基托布津、次氯酸钠作用较弱; 因苯甲酸钠、山梨酸钾、硼砂对供试病原菌无抑制作用, 未列入表 3。1 g/L 的施宝功溶液对 Aspergillus spp. 和 Spicaria sp. 的抑制作用强过抑霉唑, 而对 Penicillium spp. 的抑制效果不及抑霉唑。苯来特与特克多对供试病原菌的抑菌作用趋于一致。多菌灵对 Penicillium spp. 的抑制作用不及苯来特、特克多, 而对 Aspergillus spp. 和 Spicaria sp. 的抑制作用与苯来特、特克多相当。由表 3 可知, 施宝功与抑霉唑抑菌作用具有明显的互补性。1 g/L 的施宝功、抑霉唑、特克多和苯来特处理银杏种子, 于 25 ℃ 贮藏 70 d, 霉变率分别为 9.23%、7.23%、78.36% 和 85.41% (见表 4)。由此可见施宝功、抑霉唑防霉效果优于特克多和苯来特。CK 组贮藏 30 d, 霉变率达 89.14%, 该组 30 d 后已无统计意义。

表 3 抑菌剂的筛选(30 ℃, 96 h)

Table 3 The choice of fungicides (30 ℃, 96 h)							
病原菌	抑菌圈直径öcm						
	施宝功	抑霉唑	苯来特	特克多	多菌灵	基托布津	次氯酸钠
P. citrinum	4.1 ± 0.3a	6.5 ± 0.4b	3.4 ± 0.2b	4.3 ± 0.3b	1.5 ± 0.1a	2.2 ± 0.2a	0.8 ± 0.1b
P. vemiculatum	4.8 ± 0.3b	5.6 ± 0.3b	3.1 ± 0.2a	3.2 ± 0.1a	1.2 ± 0.1a	2.3 ± 0.2b	0.8 ± 0.2a
P. digitatum	4.2 ± 0.3a	5.5 ± 0.3a	3.6 ± 0.2a	3.0 ± 0.2a	1.2 ± 0.1a	2.6 ± 0.3b	0.7 ± 0.1a
P. roqueforti	3.7 ± 0.3a	5.2 ± 0.3a	3.8 ± 0.3b	3.2 ± 0.1b	1.1 ± 0.1a	2.4 ± 0.2a	0.8 ± 0.1b
P. patulum	3.5 ± 0.2a	5.2 ± 0.3a	3.5 ± 0.2a	3.1 ± 0.3b	1.4 ± 0.1a	2.6 ± 0.3b	0.8 ± 0.2b
A. flavus	5.3 ± 0.2b	3.4 ± 0.2a	2.3 ± 0.1a	2.3 ± 0.3a	2.4 ± 0.2b	0.6 ± 0.1a	0.7 ± 0.1a
A. sydowii	6.1 ± 0.3b	3.3 ± 0.2a	2.5 ± 0.2a	2.2 ± 0.2a	2.6 ± 0.3b	0.6 ± 0.1a	0.7 ± 0.1a
A. niger	5.7 ± 0.3b	3.0 ± 0.2a	2.8 ± 0.1a	2.6 ± 0.1a	2.3 ± 0.2a	0.7 ± 0.1a	0.6 ± 0.1a
A. ochraceus	5.9 ± 0.3a	3.5 ± 0.2a	2.1 ± 0.1a	2.8 ± 0.2a	2.4 ± 0.2a	0.7 ± 0.1a	0.6 ± 0.1a
A. candidus	5.4 ± 0.2a	3.6 ± 0.1a	2.9 ± 0.1b	2.8 ± 0.2a	2.1 ± 0.1a	0.6 ± 0.1a	0.6 ± 0.1a
Spicaria sp.	5.5 ± 0.2b	3.1 ± 0.1b	2.7 ± 0.2a	3.9 ± 0.3b	3.2 ± 0.2b	1.3 ± 0.1a	0.7 ± 0.1a

注: CK 组抑菌圈直径为 0, 无抑菌效应。

表中同列数据后具有相同字母者表示在 $P < 0.05$ 水平差异不显著, 不同字母者表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著 (DMRT 法)。

表 4 抑菌剂处理对银杏种子贮藏期间霉变的抑制作用(25 贮藏)

抑菌剂	霉变率δ%						
	10 d	20 d	30 d	40 d	50 d	60 d	70 d
施宝功	0.13±0.00a	0.47±0.06a	1.35±0.15a	2.21±0.23a	4.48±0.31a	7.83±0.46a	9.23±0.85b
抑霉唑	1.07±0.12b	2.69±0.27a	3.33±0.38a	4.15±0.48a	5.04±0.52a	6.24±0.69a	7.23±0.46a
苯来特	1.24±0.17a	6.73±0.88b	24.56±3.41b	36.90±5.79b	49.08±5.87a	62.76±7.43b	78.36±9.24a
特克多	1.03±0.16a	3.96±0.53a	12.62±1.75a	32.11±4.66b	56.71±7.52b	79.06±8.94b	85.41±9.98b
CK	2.46±0.25b	14.78±3.14b	89.14±5.76b				

表中同列数据后具有相同字母者表示在 $P < 0.05$ 水平差异不显著, 不同字母者表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著(DMRT 法)。

2.3 抑菌剂最适使用浓度试验

0.2~1.2 g/L 的施宝功、抑霉唑浸泡处理银杏种子, 于 25 贮藏 90 d, 霉变率的统计结果见表 5。在试验浓度范围内, 施宝功、抑霉唑抑制霉变的作用随浓度增加而加强, 二者的最适使用浓度分别为 0.8

g/L 和 1.0 g/L。若再增加浓度, 对霉变的抑制作用仅有微小增强。

2.4 混合抑菌剂处理银杏种子的保鲜效果

用含施宝功 0.8 g/L、抑霉唑 1.0 g/L 的混合抑菌剂溶液处理银杏种子, 于 25 , 贮藏 90 d, 霉变率为 2.51%, 远低于二者单独使用的霉变率。发芽率仍达到 91.24%。硬化率、失水率及胚长度分别控制在 2.65%、3.94% 和 4.36 mm。混合抑菌剂处理对银杏种子贮藏过程中发芽率影响较小, 但是对霉变率、硬化率、胚生长和失水率均有较强抑制作用(表 6)。

2.5 混合抑菌剂处理对银杏种子贮藏生理的影响

混合抑菌剂处理的银杏种子于 25 , 贮藏 90 d, R I 下降 69.92%; B 淀粉酶、CAT、PE、PG 活性分别下降 37.10%、37.92%、41.75%、28.48%。脂肪酶活性上升 37.08%。CK 组贮藏 35 d 全部霉变, 故未测定其生理指标(表 7)。

表 5 抑菌剂最适使用浓度试验(25 , 贮藏 90 d)
Table 5 Experiment about the optimum used concentration of fungicides(25 , 90 days' storage)

浓度δg · L ⁻¹	霉变率δ%	
	施宝功	抑霉唑
0.2	65.73±7.51b	75.24±8.32b
0.4	32.12±4.74a	43.58±4.16b
0.6	14.54±1.23b	16.37±1.78a
0.8	7.86±0.17a	10.53±1.23a
1.0	7.17±0.15a	6.72±0.34a
1.2	6.53±0.39a	6.45±0.37a

表中同列数据后具有相同字母者表示在 $P < 0.05$ 水平差异不显著, 不同字母者表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著(DMRT 法)。

表 6 混合抑菌剂处理银杏种子的保鲜效果(25 , 贮藏 90 d)

贮藏时间δd	发芽率δ%	霉变率δ%	硬化率δ%	胚长度δmm	失水率δ%
10	94.26±1.23a	0.53±0.04a	0.10±0.02a	1.75±0.18a	0.53±0.09a
20	94.03±1.22a	0.78±0.07a	1.34±0.05a	1.97±0.19b	0.82±0.13a
30	93.78±1.25b	0.96±0.11a	1.47±0.07a	2.12±0.20a	1.13±0.15a
40	93.40±1.24a	1.24±0.15b	1.58±0.09b	2.35±0.23b	1.45±0.16a
50	93.12±1.31a	1.57±0.18b	1.84±0.12b	2.87±0.25a	1.97±0.18a
60	92.77±1.20a	1.83±0.20a	2.12±0.11b	3.34±0.30a	2.36±0.20b
70	92.36±1.23b	2.15±0.21a	2.37±0.12a	3.76±0.32a	3.04±0.21b
80	91.83±1.12b	2.26±0.23a	2.83±0.14a	4.03±0.34b	3.42±0.24b
90	91.24±1.17a	2.51±0.24b	2.65±0.15b	4.36±0.37b	3.94±0.27a

表中同列数据后具有相同字母者表示在 $P < 0.05$ 水平差异不显著, 不同字母者表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著(DMRT 法)。

表 7 混合抑菌剂对银杏种子贮藏生理的影响 (20 , 贮藏 90 d)
Table 7 Effects of mixed fungicides on postharvest physiology of Ginkgo seeds (25 , 90 days storage)

贮藏时间 Öd	呼吸强度 CO ₂ Öm g · (kg · h) ⁻¹	B淀粉酶活性 Öm g · (g · h) ⁻¹	脂肪酶活性 Öm g · (g · h) ⁻¹	CAT 活性 H ₂ O ₂ Öm g · (g · h) ⁻¹	PE 活性 CHO ⁻ Ömmol · (g · h) ⁻¹	PG 活性 ÖLmol · (g · h) ⁻¹
1	4.72 ± 0.51b	3.45 ± 0.31a	0.89 ± 0.05a	1.82 ± 0.21b	1.94 ± 0.23b	3.30 ± 0.28a
10	4.39 ± 0.48a	2.83 ± 0.18a	0.91 ± 0.06a	1.76 ± 0.18b	1.87 ± 0.21b	3.17 ± 0.25b
20	3.82 ± 0.36b	2.67 ± 0.14b	0.92 ± 0.09b	1.61 ± 0.15a	1.74 ± 0.19a	3.13 ± 0.23a
30	2.77 ± 0.25a	2.59 ± 0.20b	0.94 ± 0.08a	1.45 ± 0.16a	1.60 ± 0.18a	3.07 ± 0.21b
40	2.41 ± 0.23b	2.48 ± 0.12a	0.98 ± 0.07a	1.37 ± 0.12a	1.54 ± 0.16b	3.00 ± 0.19a
50	2.06 ± 0.21a	2.41 ± 0.13a	1.03 ± 0.09a	1.28 ± 0.13a	1.43 ± 0.15a	2.89 ± 0.20a
60	1.77 ± 0.19a	2.35 ± 0.19b	1.07 ± 0.10b	1.22 ± 0.12a	1.32 ± 0.13a	2.74 ± 0.18b
70	1.59 ± 0.16a	2.29 ± 0.16a	1.14 ± 0.10a	1.18 ± 0.11a	1.25 ± 0.13a	2.57 ± 0.16a
80	1.48 ± 0.15a	2.23 ± 0.13a	1.19 ± 0.11a	1.15 ± 0.11a	1.17 ± 0.12a	2.43 ± 0.17a
90	1.42 ± 0.13a	2.17 ± 0.15a	1.22 ± 0.13b	1.13 ± 0.12b	1.13 ± 0.08a	2.36 ± 0.15a

表中同列数据后具有相同字母者表示在 $P < 0.05$ 水平差异不显著, 不同字母者表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著 (DMRT 法)。

3 讨 论

1) 银杏种子采后易霉变和硬化, 霉变或硬化的银杏种子均不能发芽。适当的贮前处理不仅减少或抑制病原菌, 改善银杏商品外观, 而且对抑制银杏种子采后 R I 胚生长发育、失水率、硬化率、霉变率和提高发芽率均有显著效果。25 , 30 d 的贮藏试验表明: 虽然 6 种贮前处理试验都具有显著抑制银杏种子霉变的作用, 但由于阳光下曝晒组较 CK 组 R I 增强 16.19%, 失水率和硬化率高达 17.30%, 15.25%, 发芽率只有 60.83%。紫外灯照射仅杀死银杏种子表面的部分病原菌, 对于通过种子表面自然孔口进入中种皮内部的病原菌不起作用, 这些病原菌仍然危害银杏种子的胚或胚乳, 因此本组的发芽率只有 74.32%。10 g/L 漂白粉溶液和 10 g/L 石灰水浸泡处理的抑菌作用明显, 有效降低 R I 霉变率、硬化率、失水率、发芽率。显微解剖发现这 2 组处理的部分种子的胚已经坏死。可能由于漂白粉的强氧化性和石灰水的强碱性对银杏种子的组织和细胞膜损伤或某种生理伤害作用所致。10 g/L NaHSO₃ 溶液组的 R I 失水率、硬化率、霉变率在所有试验组中最低, 该组胚的长度略低于 CK 组, 经显微解剖观察, 胚发育正常, 发芽率达到 92.57%。60 热水浸泡银杏种子, 虽然失水率和硬化率较低, 胚发育正常, 但是该种子组霉变率高, 发芽率仅 61.36%。

所有处理组的 B 淀粉酶活性相差不大。阳光曝晒组 B 淀粉酶活性最低, 仅 60 热水浸泡组较 CK 组 B 淀粉酶活性高。各组脂肪酶活性差别不大, 在 0.44~0.78 mg Ö (g · min) 之间。CK 组 PE 活性为

各组最高, 其次为 10 g/L NaHSO₃ 溶液浸泡组。60 热水浸泡对 PE 活性有较强的抑制作用, 该组 PE 活性最低。各组的 PG 活性以 CK 组最低。综合比较可知, 以 10 g/L NaHSO₃ 溶液贮前处理效果为佳, 该组的呼吸强度较低, 种子贮藏物质消耗较少, 而且 B 淀粉酶活性、脂肪酶活性、CAT 活性较高, PE 和 PG 活性受到抑制, 有益于保持种子内部组织结构完整和细胞膜的结构与功能不被破坏。在适宜的条件下, 水解酶类被激活或者活性增加, 种子生理活动趋于活跃, 才能使膜系统功能正常, 提供种子萌发和幼苗生长所需的能量与物质。

2) 抑菌圈的大小说明某种抑菌剂的抑菌谱、对某些病原菌的抑菌效力和抑菌剂的扩散性。施宝功、抑霉唑、苯来特、特克多对引起银杏种子霉变的病原菌有较强的抑制作用; 多菌灵、甲基托布津、次氯酸钠作用较弱; 苯甲酸钠、山梨酸钾、硼砂无抑制作用。1 g/L 的施宝功对 *Aspergillus* spp. 和 *Spicaria* sp. 的抑制作用强过 1 g/L 的抑霉唑, 而对 *Penicillium* spp. 的抑制效果不及抑霉唑。苯来特与特克的抑菌作用趋于一致, 但对 *Penicillium* spp. *Aspergillus* spp. 和 *Spicaria* sp. 的抑制作用不及施宝功和抑霉唑。多菌灵对 *Penicillium* spp. 的抑制作用不及苯来特、特克多, 而对 *Aspergillus* spp. 和 *Spicaria* sp. 的抑制作用与特克多、苯来特相当。施宝功与抑霉唑抑菌作用具有十分明显的互补性。据此选定施宝功、抑霉唑处理银杏种子, 抑制病原菌较为合适。

3) 在 25 贮藏条件下, 施宝功、抑霉唑溶液浸泡处理银杏种子, 抑制霉变的作用随浓度增加而加强, 二者的最适使用浓度分别为 0.8 g/L 和 1.0

g/L。直接以抑菌剂处理后的银杏种子霉变率为指标,确定施宝功和抑霉唑的用量,与生产实际用量更为吻合,既保证了最佳防腐效果,无药剂浪费,降低银杏种子贮藏成本,又减少药剂在环境中的残留。

4) 用含有 0.8 g/L 施宝功和 1.0 g/L 抑霉唑的混合抑菌剂处理银杏种子,对霉变率、硬化率、失水率及胚生长均有较强抑制作用,其效果远优于二者单独使用。25℃,贮藏 90 d,发芽率仍达到 91.24%,施宝功和抑霉唑对银杏贮藏病原菌的抑制作用具有互补性,也可能存在某种协同作用。由表 2、6、7 所测指标显示,混合抑菌剂处理的银杏种子的贮藏效果优于 10 g/L NaHSO_3 溶液贮前处理效果。混合抑菌剂处理的银杏种子在贮藏过程中除脂肪酶活性上升 37.08% 外,其余各项生理指标均呈下降趋势,以 RI 下降 69.92% 最为显著,种子的呼吸消耗和呼吸衰老作用受到明显抑制。B-淀粉酶、CAT、PE、PG 活性虽有下降,但仍然维持在较高活性水平,可见银杏种子仍保持较高的活力。这是银杏种子经 90 d 贮藏仍具有较高发芽率的进一步佐证。另外,0.02 mm 聚乙烯薄膜袋具有一定的选择性气体透过和调节种子呼吸代谢的作用。

4 结 论

1) 现行的银杏种子贮前处理方法中,以 10 g/L 的亚硫酸氢钠(NaHSO_3)溶液处理效果最好,它可有效地降低银杏种子贮藏期间的呼吸强度(RI)、失水率、硬化率、霉变率,而且 B-淀粉酶、脂肪酶和过氧化氢酶(CAT)活性较高,PE 和 PG 活性受到抑制,胚发育正常,保持较高的发芽率。

2) 银杏种子常温贮藏技术路线为:新采收并脱皮的银杏种子,挑选无机械损伤,无病虫害者为贮藏原料。用 0.8 g/L 的施宝功和 1.0 g/L 的抑霉唑混合溶液浸泡银杏种子,凉干表面水,薄膜袋包装,即可获得常温贮藏的最佳防腐效果,而且贮藏成本较低。混合抑菌剂处理的贮藏效果优于 10 g/L NaHSO_3 溶液处理效果。

[参 考 文 献]

- [1] 冯 彤,于 新,庞 杰等 银杏种子贮藏期硬化生理研究[J]. 西南农业大学学报,1998,20(3): 212~ 215
- [2] 冯 彤,于 新,张百超等 白果贮前漂白处理的保鲜效应及生理机制研究[J]. 食品科学,1999,20(3): 58~ 61.
- [3] Feng Tong, Yu Xin. Effects of heat shock treatment on floating percentage of Ginkgo seed during storage [J]. 西南农业学报,1999,19(3) 93~ 96
- [4] 于 新,冯 彤,余小林等 曲霉及穗酶浸染对银杏种子采后生理的影响[J]. 华南农业大学学报,2001,22: (4) 48~ 51.
- [5] 于 新,冯 彤,张百超等 银杏采后 *Penicillium* spp. 病害生理研究[J]. 西南农业学报,2001,21(4): 90~ 94
- [6] Yu Xin, Feng Tong. Effects of cold shock treatment on floating percentage of Ginkgo seed during storage [J]. 仲恺农业技术学院学报,1998,11(2): 6~ 9
- [7] 于 新,冯 彤,张百超等 银杏种子气调贮藏生理研究[J]. 西南农业学报,2000,20(4): 85~ 89
- [8] 黄小丹,李素春,于 新 银杏采后真菌病害的初步研究[J]. 仲恺农业技术学院学报,1998,11(2): 50~ 55
- [9] 江 涛 银杏的采收、脱皮、分级和贮藏[J]. 林业科技通讯,1997,16(5): 40~ 41.
- [10] 陆登春 温度对银杏保鲜效果的影响[J]. 山西果树,1993,14(2): 38~ 39
- [11] 陆登春 银杏的贮藏保鲜法[J]. 落叶果树,1993,12(4): 38
- [12] 魏 辛 银杏种子保鲜试验[J]. 陕西林业科技,1991,10(3): 73~ 75
- [13] 谢传宗 银杏果仁辐照综合保鲜技术研究[J]. 核农学报,1999,18(3): 56~ 59
- [14] 方中达 植病研究法[M]. 北京: 中国农业出版社,1979 102~ 160
- [15] 上海植物生理学会 植物生理学实验手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社,1985 138~ 201.

Storage Technology of Ginkgo Biloba Seed at Normal Atmospheric Temperature

Yu Xin¹, Li Jing²

(1. Food Science Department, Zhongkai Agrrotechnical College, Guangzhou 510225, China;

2. Science and Technology Research Center, Zhejiang Engineering Institute, Hangzhou 310033, China)

Abstract: In order to study the storage technology of Ginkgo biloba seed at normal atmospheric temperature, the effects of six kinds of pre-storage methods on the quality and physiological characteristics of stored Ginkgo biloba seeds were studied. The results show that the effect of treatment by immersing the seeds in NaHSO_3 solution with 10 g/L for 1 hour, and then storing at 25 °C for 30 days is the best. The water loss, hardening rate, rotting rate, length of embryo and germination capacity of the seeds treated are 1.02%, 0.52%, 1.36%, 3.5 mm and 92.57%, respectively, while 89.14% of rotting rate and only 6.53% of germination capacity from CK. On the other hand, two chemicals, Sporgon and Imazalil were selected by inhibition zone method as inhibitors towards main pathogenic fungi in post-harvest Ginkgo biloba seeds. Their optimal concentrations were 0.8 g/L and 1.0 g/L, respectively, and their obvious complementarity of inhibiting effect was observed. It was found that when the seeds were treated with mixing 0.8 g/L of Sporgon with 1.0 g/L of Imazalil for 30 minutes and then packed in 0.02 mm thick polyethylene bag at 20 °C for 90 days, the rotting rate was only 2.51%, which was much lower than that treated with one of them alone, but the germination capacity was still 91.24%, hardening rate, water loss and length of embryo were 2.56%, 3.94% and 4.36 mm, respectively. The results also indicated that the other physiological characteristics were all decreasing except for increasing by 37.08% of the lipase activity after the seeds were treated with mixed fungus inhibitor. The respiration intensity (RI) was most significantly decreasing by 69.92%. The vitality of Ginkgo biloba seeds was still strong although the RI of the seeds was inhibited remarkably, and catalase (CAT), pectinesterase (PE), polygalacturonase (PG) were slightly decreasing.

Key words: ginkgo biloba seed; normal atmospheric temperature; storage technology