

## 不同处理对美国山核桃种子发芽的影响

李淑芳<sup>1</sup>, 杨建华<sup>1</sup>, 范志远<sup>2</sup>, 习学良<sup>2</sup>, 陈宏伟<sup>2</sup>

(1. 云南省林业科学院 漾濞核桃研究站, 云南 漾濞 672500; 2. 云南省林业科学院, 云南 昆明 650204)

**摘要:** 对美国山核桃 *Carya illinoensis* 种子分别进行了不同储藏时间、不同储藏方式和不同植物生长调节物质浸种, 结合层积处理的种子发芽试验。结果表明: 美国山核桃种子不宜即采即播, 种子储藏在 2 个月以上用 3~5 °C 冷库保存效果较好, 随着储藏时间的推移, 发芽率会降低; 植物生长调节物质浸种和层积催芽可显著地提高美国山核桃种子的发芽率。层积催芽前最好用植物生长调节物质浸种 8 d, 然后在室内层积催芽 35 d, 发芽速度最快, 田间发芽率可达 91%。表 6 参 20

**关键词:** 经济林学; 美国山核桃; 种子处理; 植物生长调节物质; 层积处理; 发芽率

**中图分类号:** S664.1; S723.1      **文献标志码:** A      **文章编号:** 2095-0756(2011)03-0444-06

## Treatments for germination of *Carya illinoensis* seeds

LI Shu-fang<sup>1</sup>, YANG Jian-hua<sup>1</sup>, FAN Zhi-yuan<sup>2</sup>, XI Xue-liang<sup>2</sup>, CHEN Hong-wei<sup>2</sup>

(1. Yangbi Hickory Research Institute, Yunnan Academy of Forestry, Yangbi 672500, Yunnan, China; 2. Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650204, Yunnan, China)

**Abstract:** A germination test of *Carya illinoensis* seeds was conducted with different storage times and methods as well as various soaking methods using phytohormones, and differing seed stratification procedures. Results showed that seeds of *C. illinoensis* should not be sown immediately after harvest. For seeds stored for more than 2 months, a 3–5 °C cold storage was best; and as storage time increased, germination rate decreased. The germination rate improved remarkably with phytohormones and stratification. Among stratification methods, soaking the seeds in phytohormone for 8 d and then stratifying them indoors for 35 d, produced seed germination rates as high as 91%. [Ch, 6 tab. 20 ref.]

**Key words:** cash forestry; *Carya illinoensis*; seed treatment; phytohormone; stratification; germination rate

美国山核桃 *Carya illinoensis*, 又名长山核桃、薄壳山核桃, 是原产美国和墨西哥北部的重要经济树种, 它既是果用、油用、材用树种, 又是庭园绿化树种<sup>[1]</sup>。法国、南非、澳大利亚、希腊、以色列、中国、日本等国都在引种发展<sup>[2-5]</sup>。中国于 19 世纪末 20 世纪初开始引种美国山核桃, 迄今已在 20 多个省(区、市)有小面积栽培分布<sup>[6]</sup>。从 1974 年开始, 云南省林业科学院先后从国内外引种 54 个品种, 从中选育出了适宜在中、南亚热带气候区域栽培的 5 个优良品种。美国山核桃在云南环境条件下引种成功, 填补了云南省内中高海拔无良好经济林树种的空白, 为当地农户增收提供了条件<sup>[7]</sup>。近年来, 美国山核桃价格节节攀升, 干果售价为 80.00 ~ 160.00 元·kg<sup>-1</sup>。根据“云南省核桃发展规划”, 在未来 10 a 内, 云南栽培的美国山核桃由 670 hm<sup>2</sup> 左右增至 33 万 hm<sup>2</sup>。在政府和科研部门的支持下, 云南各地掀起了一场美国山核桃种植热潮。因国内生产的美国山核桃种子远不能满足生产的需要, 中国每年从国外引进数

收稿日期: 2010-09-07; 修回日期: 2010-12-13

基金项目: 云南省财政厅资助项目(2130106 技术推广)

作者简介: 李淑芳, 研究实习员, 从事林木培育及栽培技术研究。E-mail: lishufang305@yahoo.com.cn。通信作者: 杨建华, 研究实习员, 从事经济林丰产栽培及病虫害防治研究。E-mail: yangjianhua823@yahoo.com.cn

十吨美国山核桃种子, 往往因为到货时间晚, 种子处理措施不当, 发芽率偏低, 导致育苗失败。美国山核桃种子有生理休眠特性, 种子休眠的破除方法<sup>[8]</sup>多样, 其中层积、变温和植物生长调节物质处理是极为常见的 3 种。有研究<sup>[9-12]</sup>表明层积、变温和植物生长调节物质处理能促进美国山核桃种子发芽, 提高其种子的发芽率。目前, 国内对美国山核桃种子萌发特性的研究较少, 因此, 研究不同处理方式对美国山核桃种子发芽的影响, 是当前发展美国山核桃的一个重要问题。本研究在 2009 年 12 月 - 2010 年 5 月, 通过对美国山核桃种子进行不同储藏时间、不同储藏方式和不同植物生长调节物质浸种, 结合层积处理的种子萌发试验, 旨在探索提高美国山核桃种子发芽率的技术途径与方法, 为美国山核桃育苗生产实践提供基础资料和可靠依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

供试种子于 2009 年 10 月中下旬采自云南省林业科学院漾濞核桃研究站, 树龄均在 15 a 以上, 品种为云星。

### 1.2 试 验 方 法

1.2.1 种子的采收与储藏 采集时树体上 60%果实青皮已开裂, 用竹竿敲打果实, 地面捡拾; 对尚未脱皮的果实剥去果皮, 去除不能剥去果皮的果实, 脱去皮的果实即为种子。经种子品质检验, 百粒质量为 570 g, 种仁饱满, 无霉变, 无虫蛀, 品质优良。采收的新鲜种子一般含水量为 25% ~ 35%, 及时在自然通风的室内阴干, 待种子含水率达成 10% ~ 15%时分别进行湿沙储藏、3 ~ 5 °C冷库保存和自然通风室内保存。即采即播、3 ~ 5 °C冷库保存和自然通风室内保存, 播种前均用赤霉素(GA<sub>3</sub>)150 mg·L<sup>-1</sup>浸种 8 d, 种子 50粒·处理<sup>-1</sup>, 重复 2 次。

1.2.2 植物生长调节物质浸种 将 3 ~ 5 °C冷库保存 5 个月的种子用植物生长调节物质浸种 8 d, 植物生长调节物质采用赤霉素(GA<sub>3</sub>), 400 g·kg<sup>-1</sup> 乙烯利(ethrel)水剂及两者混合浸种, 共设置 12 个植物生长调节物质处理和 1 个对照(表 2), 设重复 3 个·处理<sup>-1</sup>, 种子 30 粒·重复<sup>-1</sup>。将种子直接播于沙床, 播后 90 d 检查发芽率。发芽率进行单因素方差分析。

1.2.3 层积催芽 设计 2 种层积催芽前的预处理方法: ①清水浸种 8 d, 换水 1 次·d<sup>-1</sup>; ②GA<sub>3</sub>150 mg·L<sup>-1</sup>浸种 8 d。2 种预处理将种子捞出用一定湿度的细河沙(手握成团, 松开即散)与种子分层混藏, 底层垫沙约 10 cm; 种子以单果紧密平铺 1 层, 2 层种子间沙厚 3 ~ 5 cm, 顶层盖沙 10 ~ 15 cm, 隔 30 cm 插一草束以利通气, 其上再加盖湿草帘保水; 每周检查沙子湿度, 并适时喷水调配沙子湿度。设计种子层积催芽时间 20, 30 和 35 d, 取出种子, 统计各处理开始萌动种子数, 并立即播种到田间。分别于播后 15, 30 和 45 d 观察田间发芽率, 并于播后 45 d 统计烂种子和好种子。

1.2.4 发芽率统计 未发芽的种子用枝剪剪开外种皮, 记录好种子数及烂种子数。发芽率 =  $(n/N) \times 100\%$  ( $n$  为正常发芽种子数,  $N$  为供试种子数); 田间各时期发芽率 =  $(n/N) \times 100\%$  ( $n$  为各时期正常发芽种子粒数,  $N$  为供试种子数); 烂种率 =  $(n/N) \times 100\%$  ( $n$  为烂种子数,  $N$  为供试种子数); 好种率 =  $(n/N) \times 100\%$  ( $n$  为新鲜种子数,  $N$  为供试种子数)。

## 2 结果与分析

### 2.1 储藏处理对发芽率的影响

各储藏处理方式及结果见表 1。由表 1 可看出, 美国山核桃种子即采即播其发芽率并不高, 发芽率仅有 82%; 湿沙储藏 2 个月种子发芽率达 92%, 随着储藏时间的推移, 发芽率降低, 湿沙储藏到 6 个月发芽率仅有 22%; 3 ~ 5 °C冷库储藏的种子, 储藏 4 个月其发芽率高达 95%, 储藏 12 个月其发芽率仍可达 60%, 说明美国山核桃种子经 2 ~ 4 个月低温冷藏处理会提高其发芽率, 往后发芽率同样也会随储藏时间推移而降低; 自然通风室内储藏(干藏)的种子, 发芽率偏低, 储藏 12 个月其发芽率为 0。这些数据说明了美国山核桃种子不宜即采即播, 种子储藏 2 个月以上用 3 ~ 5 °C冷库保存较好。

### 2.2 植物生长调节物质处理对发芽率的影响

各处理发芽率按实际种子数统计(表 2), 对各处理的发芽率进行反正弦转换后, 再进方差分析<sup>[13]</sup>,

表1 种子储藏处理及结果

Table 1 Storage treatments and results of test

储藏方法	不同储藏时间的发芽率/%						
	0月	2个月	4个月	6个月	8个月	10个月	12个月
即采即播	82						
湿沙储藏		92	68	22			
3~5℃冷藏		90	95	88	80	72	60
干藏		80	68	52	32	14	0

结果处理间存在极显著差异(表3)。进一步用 SPSS 软件进行多重比较和差异显著性测验(LSD法)<sup>[14]</sup>。结果显示:除在1%的显著性水平下,植物生长调节物质浸种处理1,处理8,处理12的发芽率与对照间的差异不显著外,其余所用植物生长调节物质浸种处理的发芽率均与对照之间有显著或极显著的差异。处理3和处理6与处理1,处理4,处理8,处理9,处理12及对照间存在显著性差异,且与处理1,处理8,处理12和对照间的差异达到极显著程度;处理4,处理9与处理1,处理8,处理12和对照之间,处理1,处理8,处理12和对照之间也存在显著差异;处理2,处理4,处理5,处理7,处理9,处理10,处理11与对照之间也存在极显著差异,其他处理间无显著差异(表4)。

以上统计结果表明:植物生长调节物质 GA<sub>3</sub> 和 400 g·kg<sup>-1</sup> 乙烯利单独使用或混合使用均可显著提高

表2 植物生长调节物质试验处理及结果

Table 2 Phytohormon treatments and results of test

处理	植物生长调节物质/(mg·L <sup>-1</sup> )		重复	发芽率/%	处理	植物生长调节物质/(mg·L <sup>-1</sup> )		重复	发芽率/%
	GA <sub>3</sub>	乙烯利				GA <sub>3</sub>	乙烯利		
对照(ck)	0	0	1	66.7	处理7	250	250	1	96.7
			2	68.7				2	86.7
			3	65.7				3	86.7
处理1	50	0	1	86.7	处理8	350	350	1	86.7
			2	76.7				2	73.3
			3	80.0				3	76.7
处理2	150	0	1	93.3	处理9	0	50	1	80.0
			2	83.3				2	86.7
			3	86.6				3	80.0
处理3	250	0	1	93.3	处理10	0	150	1	93.3
			2	96.6				2	93.3
			3	93.3				3	90.0
处理4	350	0	1	80.0	处理11	0	250	1	90.0
			2	83.3				2	83.3
			3	86.7				3	86.7
处理5	50	50	1	86.7	处理12	0	350	1	83.3
			2	86.7				2	76.7
			3	83.3				3	80.0
处理6	150	150	1	90.0					
			2	93.3					
			3	100.0					

表 3 方差分析

Table 3 Results of variance analysis

变异来源	平方和	自由度	均方	F	显著性	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>
组间	2 055.721	12	171.310	4.925	**	2.15	2.96
组内	904.387	26	34.784				
总数	2 960.108	38					

说明：\*\*表示在 0.01 水平差异显著。

美国山核桃种子的发芽率。GA<sub>3</sub> 和 400 g·kg<sup>-1</sup> 乙烯利混合浸种的 4 个处理中，处理 6(GA<sub>3</sub> 150 mg·L<sup>-1</sup> + 400 g·kg<sup>-1</sup> 乙烯利 150 mg·L<sup>-1</sup>) 效果最好；GA<sub>3</sub> 单独浸种的 4 个处理中，处理 3(GA<sub>3</sub> 250 mg·L<sup>-1</sup>) 的效果最好；400 g·kg<sup>-1</sup> 乙烯利单独浸种的 4 个处理中，处理 10(400 g·kg<sup>-1</sup> 乙烯利 150 mg·L<sup>-1</sup>) 的效果最好。3 个处理发芽率分别达 94.4%，94.4% 和 92.2%。

### 2.3 层积处理与种子萌动的关系

对 3 种催芽时间的种子在其催芽期结束时检查种子萌动情况。萌动是指种子缝合线靠近胚根的一端明显被胀裂，有的根端膨大，有的白色胚根尖端已突破内种皮。从表 5 的材料看出：层积 20 d，2 种处理的种子几乎都没有萌动的迹象；层积 30 d，清水浸种预处理的种子有 38% 开始萌动，而赤霉素(GA<sub>3</sub>)150 mg·L<sup>-1</sup> 浸种预处理的已有 58% 开始萌动；层积 35 d 清水浸种预处理萌动种子为 69%，GA<sub>3</sub>150 mg·L<sup>-1</sup> 浸种预处理的种子萌动率达 85%。可见层积催芽过程中种子萌动既与催芽时间长短有关又与植物生长调节物质处理有关。根据种子萌动的百分率判断，美国山核桃层积催芽时间 35 d 为宜。

### 2.4 层积催芽对美国山核桃种子田间发芽率的影响

从表 6 可见：清水浸种各处理与 GA<sub>3</sub>150 mg·L<sup>-1</sup> 浸种处理相比较，发芽率较低，发芽速度慢，烂种率更高。清水浸种处理催芽 20 d，发芽率最低，发芽速度最慢，播种后 45 d，好种率仍为 16%，说明其层积时间不足，以至播后 45 d 部分好种子仍未能发芽。

在 2 种预处理中 GA<sub>3</sub>150 mg·L<sup>-1</sup> 浸种 8 d 的 3 个催芽期平均发芽率为 86.67%，其中以层积催芽 35 d 发芽率最高，为 91.00%；清水浸种 8 d 的 3 个催芽期平均发芽率 79.30%，其中也是以催芽 35 d 发芽率最高，为 85.00%，发芽最快；各种预处理均随层积时间缩短，发芽率显著降低。从表 6 还可看出，用清水浸种经层积催芽处理，可显著提高美国山核桃种子的发芽率，但在生产上最好先用植物生长调节物质处理再进行层积催芽，可使美国山核桃种子出苗快且整齐。

表 4 差异显著性测验 (SPSS 法)

Table 4 Significance test of the differences among every treatment (SPSS)

处理	排序号	发芽率平均值/%	5%显著性	1%显著性
处理 6	1	94.4	a	A
处理 3	2	94.4	a	A
处理 10	3	92.2	ab	AB
处理 7	4	90.0	abc	AB
处理 2	5	87.7	abc	AB
处理 11	6	86.7	abc	AB
处理 5	7	85.7	abc	AB
处理 4	8	83.3	bc	AB
处理 9	9	82.2	c	AB
处理 1	10	81.1	d	BC
处理 8	11	80.0	d	BC
处理 12	12	78.9	d	BC
对照(ck)	13	67.0	e	C
标准差		7.50		

表 5 不同处理层积催芽与种子萌动的关系

Table 5 Relation of stratification and seed germination of different treatments in *Carya illinoensis*

处理	层积天数/d	种子萌动率/%
清水浸种 8 d	20	0
	30	38
	35	69
GA <sub>3</sub> 150 mg·L <sup>-1</sup> 浸种 8 d	20	2
	30	58
	35	85

表6 层积催芽对美国山核桃种子田间发芽率和发芽速度的影响

Table 6 Germination rates and germination time of the seeds of *Carya illinoensis* grown in field after different stratification treatments

预处理	层积天数/d	各时期的发芽率/%			烂种率/%	好种率/%
		15 d	30 d	45 d		
清水浸种 8 d	20	12	46	72	12	16
GA <sub>3</sub> 150 mg·L <sup>-1</sup> 浸种 8 d	20	18	58	82	10	9
清水浸种 8 d	30	27	70	81	16	3
GA <sub>3</sub> 150 mg·L <sup>-1</sup> 浸种 8 d	30	39	78	87	13	0
清水浸种 8 d	35	38	73	85	15	0
GA <sub>3</sub> 150 mg·L <sup>-1</sup> 浸种 8 d	35	52	84	91	9	0

### 3 小结与讨论

#### 3.1 结论

美国山核桃种子不宜即采即播,也不宜采用在自然通风室内储藏种子。种子储藏2个月以上用3~5℃冷库保存较好,储藏4个月其发芽率高达95%,储藏12个月其发芽率仍可达60%,美国山核桃种子适当低温冷藏处理会提高其发芽率。随着储藏时间的推移,发芽率会降低。

植物生长调节物质浸种处理可极显著地提高美国山核桃种子的发芽率。赤霉素(GA<sub>3</sub>)和400 g·kg<sup>-1</sup>乙烯利及两者混合浸种的效果均十分显著,其中以GA<sub>3</sub>150 mg·L<sup>-1</sup>+400 g·kg<sup>-1</sup>乙烯利150 mg·L<sup>-1</sup>,GA<sub>3</sub>250 mg·L<sup>-1</sup>和400 g·kg<sup>-1</sup>乙烯利150 mg·L<sup>-1</sup>的3个处理的效果最好,发芽率分别达94.4%,94.4%和92.2%。

美国山核桃种子在3~5℃储藏2~4个月后,层积催芽前先用植物生长调节物质浸种7~9 d,然后在室内自然变温层积催芽35 d,发芽速度最快,田间发芽率可高达91%。

#### 3.2 讨论

除湿沙储藏外的另3种方法在播种前均采用了赤霉素(GA<sub>3</sub>)处理。因此,发芽的结果也许是储藏方式的影响,也许是储藏方式和GA<sub>3</sub>共同作用的影响,未能分别探明两者对发芽率的影响程度,值得进一步实验研究。

植物生长调节物质的处理对美国山核桃种子打破休眠具有一定的促进作用,但外源植物生长调节物质是以何种调控机制促进种子萌发的作用机制尚不清楚<sup>[19]</sup>。对于美国山核桃种子而言,种子内部植物生长调节物质含量的变化以及植物生长调节物质生理启动机制等还有待进一步开展研究,以确定包括赤霉素等在内的各种植物生长调节物质在种子休眠和萌发过程中的具体调节机制。此外,层积沙藏的种子萌发效果好,是由于经过层积储藏处理,可能使种子的含水量、氧化酶活性和可溶性糖有所增加,从而使种子解除休眠而充分萌发<sup>[20]</sup>,但其作用机制还需进一步研究。

本研究从不同储藏时间、不同储藏方式和不同植物生长调节物质浸种,结合层积处理的种子来检验不同处理方法对美国山核桃种子萌发的影响,在未来的研究中,重点应放在选取本研究中种子具有良好发芽率的储藏方式,并运用不同浸种方式且结合层积处理来检测种子发芽率的高低,从而得到最佳储藏方式下最佳的浸种方式和最佳层积时间,以获得较为理想的种子发芽率,并可广泛应用于生产实践,大大提高美国山核桃种子的出苗率。

#### 参考文献:

- [1] 麦克丹尼尔斯 L H. 坚果栽培[M]. 朱金兆, 查多禄, 魏康年, 译. 北京: 中国林业出版社, 1990: 15 - 42.
- [2] 习学良, 范志运, 张雨, 等. 美国山核桃砧苗快速培育技术[J]. 中国南方果树, 2005, 34 (5): 47 - 49.  
XI Xueliang, FAN Zhiyuan, ZHANG Yu, et al. Rapid cultivation techniques of grafting seedlings of *Carya illinoensis* [J]. *South China Fruits*, 2005, 34 (5): 47 - 49.
- [3] 习学良, 范志远, 张雨, 等. 美国山核桃在云南的引种表现及丰产栽培技术[J]. 中国南方果树, 2004, 33 (5):

72 - 74.

XI Xueliang, FAN Zhiyuan, ZHANG Yu, *et al.* Introduced performance and high yield techniques of *Carya illinoensis* in Yunnan [J]. *South China Fruits*, 2004, **33** (5): 72 - 74.

[4] 董润泉, 习学良, 张雨, 等. 美国山核桃在云南的引种适应性报告[J]. 西部林业科学, 2004, **33** (1): 49 - 54.

DONG Runquan, XI Xueliang, ZHANG Yu, *et al.* Report on adaptability of introduced *Carya illinoensis* in Yunnan [J]. *J West China For Sci*, 2004, **33** (1): 49 - 54.

[5] 习学良, 范志远, 董润泉, 等. 美国山核桃在云南的引种研究进展及发展前景[J]. 江西林业科技, 2001 (6): 39 - 41.

XI Xueliang, FAN Zhiyuan, DONG Runquan, *et al.* Introduction and research progress of *Carya illinoensis* and its developmental prospects in Yunnan Province [J]. *J Jiangxi For Sci Technol*, 2001 (6): 39 - 41.

[6] 张日清, 吕芳德. 优良经济树种: 美国山核桃[J]. 广西林业科学, 1998, **27** (4): 202 - 206.

ZHANG Riqing, LU Fangde. A good cash tree: *Carya illinoensis* [J]. *Guangxi For Sci*, **27** (4): 202 - 206.

[7] 廖永坚, 张雨, 董润泉. 美国山核桃栽培管理技术[J]. 落叶果树, 2009 (6): 41 - 43.

LIAO Yongjian, ZHANG Yu, DONG Runquan. Cultivation and management techniques of *Carya illinoensis* [J]. *Deciduous Fruits*, 2009 (6): 41 - 43.

[8] 傅强, 杨期和, 叶万辉. 种子休眠的解除方法[J]. 广西农业生物科学, 2003, **22** (3): 230 - 234.

FU Qiang, YANG Qihe, YE Wanhui. Summarization on methods to relieve seed dormancy [J]. *J Guangxi Agric Biol Sci*, 2003, **22** (3): 230 - 234.

[9] GOFF W D, BRASHER L R, MCGUIRE J A. Germination of unstratified pecans is affected by exposure to high temperature and by soaking [J]. *Sci Hort*, 1992, **50** (1/2): 159 - 163.

[10] REHMAN N, HUSSAIN L, NISA Z U. Germination study on five different varieties of pecan nut [J]. *Pakistan J Biol Sci*, 1999, **2** (3): 917 - 918

[11] DIMALLA G G, VAN STADEN J. The effect of temperature on the germination and endogenous cytokinin and gibberellin levels of pecan nut [J]. *Z Pflanzenphysiol*, 1977, **82**: 274 - 280.

[12] HUSSAIN A, HAQ L, HUSSAIN T. Effect of different stratification period on germination and vigour of pecan nut [J]. *Sarhad J Agric*, 1988, **4** (3): 267 - 270.

[13] 李任波, 邵崇斌. 概率论与数理统计[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2002.

[14] 郝黎仁, 樊元, 郝哲欧, 等. SPSS 实用统计分析[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2002.

[19] 史锋厚, 朱灿灿, 沈永宝, 等. 南京椴种子的萌发与休眠[J]. 福建林学院学报, 2008, **28** (1): 48 - 51.

SHI Fenghou, ZHU Cancan, SHEN Yongbao, *et al.* Germination and dormancy of Nanjing linden seeds [J]. *J Fujian Coll For*, 2008, **28** (1): 48 - 51.

[20] 甘秀文, 樊国盛. 球花含笑种子不同处理的发芽试验[J]. 西部林业科学, 2005, **34** (1): 40 - 42.

GAN Xiuwen, FAN Guosheng. The experiment on the germination of *Michelia sphaerantha* seed under different treatments [J]. *J West China For Sci*, 2005, **34** (1): 40 - 42.