

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2014.01.019

徐萍, 李进, 吕海英, 等. 不同处理对银沙槐种子休眠破除和幼苗生长的影响[J]. 广西植物, 2014, 34(1):100—104

Xu P, Li J, Lü HY, et al. Effects of different treatments on seed dormancy breaking and seedling growth of *Ammodendron argenteum*[J]. *Guihaia*, 2014, 34(1):100—104

不同处理对银沙槐种子休眠破除和幼苗生长的影响

徐萍, 李进*, 吕海英, 李永洁, 王璐

(新疆师范大学 生命科学学院, 乌鲁木齐 830054)

摘要: 对银沙槐种子破除休眠的适宜方法及其幼苗生长进行研究。结果表明: 破口和沙磨处理休眠破除效果最好, 但容易引起种子腐烂死亡; 分别用 65、80 和 95 °C 热水处理种子, 以 95 °C 1 min 破除种子休眠效果最好, 且幼苗长势好, 65 °C 效果最差, 80 °C 可破除部分种子休眠, 除 80 °C 外延长热水处理时间可导致死种子数增加, 95 °C 则引致大部分种子死亡; 液氮浸种处理效果均显著, 其中以液氮处理 10 min 效果最好, 但幼苗多为不正常苗而致死; 硫酸处理以浸种 120 min 效果最好, 但处理时间过长可导致死种子数增多, 且造成少数幼苗根部腐蚀死亡。综上所述, 打破银沙槐种子休眠的较优处理方法是硫酸 120 min 浸种处理和 95 °C 1 min 热水处理。

关键词: 银沙槐; 种子; 休眠破除; 幼苗生长

中图分类号: Q945.35 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2014)01-0100-05

Effects of different treatments on seed dormancy breaking and seedling growth of *Ammodendron argenteum*

XU Ping, LI Jin*, LÜ Hai-Ying, LI Yong-Jie, WANG Lu

(College of Life Sciences, XinJiang Normal University, Urumqi 830054, China)

Abstract: This paper studied the appropriate method to break *Ammodendron argenteum* seed dormancy and the status of its seedling growth. The results showed that the most effective methods to break dormancy were slit testa and sand grinding. However, they could easily cause rot and death of the seeds. Use 65 °C, 80 °C and 95 °C hot water seeds treatment respectively and it was the 95 °C hot water treatment for 1 min that had the best breaking dormancy effect and the seeds grew well. 65 °C hot water treatment had the worst effect and 80 °C hot water could partially break the seeds dormancy. Except seeds under 80 °C, extending hot water treatment time would increase the seeds death toll and most of the seeds under 95 °C died in extension period. The effects of seed soaking with liquid nitrogen treatment were all significant, in which 10 min's seeds soaking was most effective in breaking dormancy, nonetheless, with abnormal seedling growth leading to death. Soaking with sulfuric acid for 120 min had the best effect in breaking seed dormancy. However, overtime treatment would increase the number of dead seeds and cause rot and death of a few seedling roots. In conclusion, soaking with sulfuric acid for 120 min and 95 °C hot water treatment for 1 min was the better method to break *A. argenteum* seed dormancy.

Key words: *Ammodendron argenteum*; seed; dormancy breaking; seedling growth

收稿日期: 2013-06-24 修回日期: 2013-09-17

基金项目: 国家自然科学基金(31160094); 国家国际科技合作项目(2010DFA92720-15); 新疆师范大学研究生创新基金(20121207)。

作者简介: 徐萍(1987-), 女, 山东昌邑人, 从事植物资源研究, (E-mail) 119xuping@sina.com。

*通讯作者: 李进, 副教授, 硕士生导师, 主要从事植物生理生态和资源利用研究, (E-mail) xjcjlj4@xjnu.edu.cn。

银沙槐(*Ammodendron argenteum*)为豆科银沙槐属沙生落叶灌木,在我国仅分布于新疆伊犁河谷的塔克尔莫乎尔沙漠,具有极强的耐干旱和耐沙埋的能力,现被列为国家级保护植物、新疆Ⅱ级保护物种(梁凤丽,2007)。其作为新疆乡土树种,对沙漠环境有着独特的适应能力,培育银沙槐用于绿化沙漠,对改善生态环境有着非常重要的意义。豆科植物广泛存在物理休眠,主要是由于种子具有致密的种皮或果皮,阻碍了水分吸收从而抑制种子萌发。这给农业生产带来许多不便,造成播后难萌发,不出苗或出苗不整;给种子检验和加工增加工序(颜启传,2001;韩建国,2000)等问题。因此,播前进行种子处理,解除种子休眠,有助于农业生产和植物多样性的保护。

由于天然分布面积狭窄,自然更新能力较差,分布区缺乏保护;种子硬实率较高,人工栽培育苗繁殖率低,需对种子进行播前处理,破除种子休眠,提高种子萌发率、出苗率和整齐度。目前关于破除银沙槐种子休眠方法的报道极少(周君英,1986),采用处理方法较少,且未见对后期幼苗生长是否产生影响。以往我们采用破口方法但会造成工作量大,耗时费力的问题。因此,本文在以往研究的基础上采用不同处理方法,以寻求适宜破除休眠方法,为银沙槐的种子研究和人工驯化栽培提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

银沙槐种子于2011年7月采集伊犁塔克尔莫乎尔沙漠,将其自然晾干后置于室温下保藏备用,储存时间3个月,2011年11月开始实验,千粒质量17.53 g(梁凤丽,2007)。塔克尔莫乎尔沙漠(又名霍城沙漠),位于 $80^{\circ}27'00''\sim 80^{\circ}51'28''$ E, $43^{\circ}50'34''\sim 44^{\circ}09'00''$ N,西与哈萨克斯坦的穆云佐克沙漠(又名卡拉库姆沙漠)隔河对峙,东西长约30 km,南北宽10~35 km,自西向东成一梯形,面积 485 km^2 ($4.85\times 10^4\text{ hm}^2$),年日照时间长,平均 $2\ 900\sim 3\ 000\text{ h}$,年平均气温在 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,年平均降水量在160 mm左右(李进等,2008)。

1.2 处 理 方 法

1.2.1 物理方法 (1)破口处理:用小刀在种皮处割一裂口,放入温水中浸泡3 h;(2)沙磨处理:种子和细沙掺和在一起沙磨至种皮毛糙,洗净后温水浸泡

3 h;(3)湿冷处理:种子与湿沙1:3拌匀(湿度以握沙成团为准),覆6 cm湿沙,置 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱中贮藏3个月;(4)干冷处理:将种子包裹于纸袋中,置于 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱中冷藏3个月;(5)热水处理:设置水温分别为 $65、80、95\text{ }^{\circ}\text{C}$,浸泡时间分别为1、5、10 min;(6)液氮处理:分别浸泡1、5、10、20、30 min,取出放入恒温水浴10 s,取出晾干后洗净。以上对照组均为不作任何处理的正常种子。

1.2.2 化学方法 (1)硫酸处理:98%硫酸分别浸泡0、5、10、20、40、60、120、200 min,再蒸馏水洗净浸种12 h;(2)双氧水处理:浓度分别为0、0.5%、1%、3%、5%、7%浸种12 h,再蒸馏水洗净浸种12 h。以上两组处理的对照组均为蒸馏水浸种12 h。

1.3 种皮透水性测定

挑取洗净健康饱满的种子150粒进行实验,每组实验3个重复,每一个重复均为50粒。

吸水率的测定:将种子以每皿50粒均匀置于带有双层湿润滤纸的洁净培养皿中,恒温培养箱(25 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ 中培养24 h,每隔1 h取出种子,滤纸吸干种子表面水分进行称重,直至重量达到恒重为止(Baskin *et al.*,1998)。吸水量由 $P_t - P_i$ 计算而得,式中 P_i 为种子初始重, P_t 为每次种子吸水后重量。由吸水率($\%$)= $(P_t - P_i)/P_i\times 100\%$ 计算得吸水率。

1.4 发 芽 试 验

依照国际种子检验规程,发芽床采用滤纸法(ISTA,1996)。在洗净烘干的培养皿中放入2层滤纸,种子以每皿50粒均匀置于滤纸上,用称重法补充每天损失的水分以保持滤纸和种子湿润,盖好培养皿上盖,温度(25 ± 2) $^{\circ}\text{C}$,避光催芽。每个处理50粒种子,3次重复,处理后先用5% NaClO溶液消毒5 min,再着床培养(胡小文等,2009)。

每天定时观察,逐日统计种子发芽数。连续5 d种子不发芽,则结束该实验。种子发芽以胚根长至种子长度的1/2为标准。实验结束后,对未萌发的种子用TTC法检测生活力,并计算种子的发芽率、休眠率、死亡率,并分别在出苗后第7天和第14天测定根长、苗高。

发芽率=已发芽种子数/供试种子数 $\times 100\%$;
休眠率=未发芽具生活力种子数/供试种子数 $\times 100\%$;
死亡种子率=死亡种子数/供试种子数 $\times 100\%$ 。

1.5 统 计 分 析

采用Excel和SPSS17.0软件进行数据统计分

析和图表处理,采用单因素方差比较不同处理对种子萌发的影响,处理间均值比较采用 Duncan 多重比较法($P < 0.05$)。分析表中的数据均为 3 次重复的平均值,实验结果以平均值(Mean) ± 标准误(SE)表示。

2 结果与分析

2.1 种皮的透水性

图 1 所示为银沙槐种子种皮的吸水率。由图 1 可知,前 8 h 吸水较快,之后种子吸水处于缓慢阶段,直至 14 h,种子不再吸水,种子达恒重,吸水率仅为 13.79%。表明银沙槐种子种皮的透水性较差,种子的吸水性能很弱。

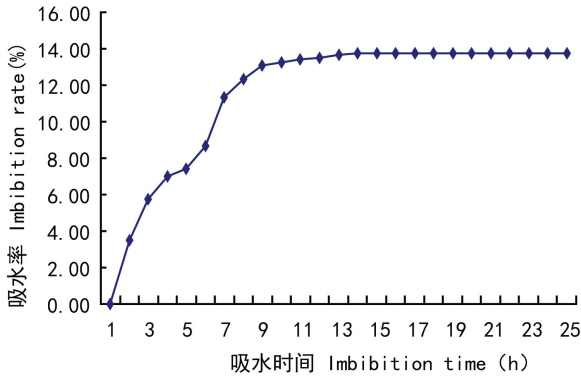


图 1 银沙槐种子吸水率

Fig. 1 Imbibition rate of *A. argenteum* seed

2.2 物理处理方法对银沙槐种子萌发的影响

银沙槐种子经物理方法处理后,发芽情况见表 1、2、3 所示。结果表明,破口和沙磨处理后休眠破除效果最好有显著差异($P < 0.05$),发芽率均达到 70%,但沙磨处理的种子死亡率显著($P < 0.05$)。热水处理以 95 °C 1 min 休眠破除效果最显著($P < 0.05$),但随着处理时间的增加,种子全部死亡,65 °C 处理休眠破除效果不显著($P > 0.05$),80 °C 处理具一定效果,发芽率随时间的增加而提高。液氮处理后种子发芽率均显著高于对照($P < 0.05$),其中以处理 10 min 和 20 min 效果最好,但与对照相比大量种子死亡有显著差异($P < 0.05$),并且大部分为不正常苗,而在低于和高于这两个处理时间时发芽率均有所降低。湿冷有一定破除种子休眠效果,而干冷处理后的休眠破除效果不显著($P > 0.05$)。

表 1 物理处理方法对银沙槐种子发芽率、休眠率和死亡种子率的影响

Table 1 Effects of physical treatments on germination, dormancy and dead seed rates of *A. argenteum*

处理方法 Treatment	发芽率 Germination rate (%)	休眠率 Dormancy rate (%)	死种率 Percentage of dead seed (%)
对照 Control	10.89 ± 3.87 a	86.22 ± 4.12 a	2.89 ± 1.24 a
破口 Slit testa	77.33 ± 4.67 b	14.67 ± 2.40 b	8.00 ± 2.31 a
沙磨 Sand grinding	70.00 ± 1.15 b	14.67 ± 1.76 b	15.33 ± 1.33 b
湿冷 Wet cold	27.33 ± 1.76 c	60.00 ± 4.62 c	12.67 ± 2.91 ab
干冷 Dry cold	11.33 ± 1.33 a	85.33 ± 2.91 a	3.33 ± 1.76 a

注: 同列不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

Note: Different normal letters with in the same columns indicate significant differences at 0.05 level. The same below.

表 2 热水处理对银沙槐种子发芽率、休眠率和死亡种子率的影响

Table 2 Effects of hot water treatments on germination, dormancy and dead seed rates of *A. argenteum*

处理方法 Treatment	发芽率 Germination rate (%)	休眠率 Dormancy rate (%)	死种率 Percentage of dead seed (%)		
对照 Control	10.89 ± 3.87 a	86.22 ± 4.12 a	2.89 ± 1.24 a		
热水 65 °C Hot water	1 min	8.00 ± 2.00 a	89.33 ± 2.40 a	2.67 ± 1.76 a	
	5 min	5.33 ± 1.76 a	90.00 ± 4.16 a	4.67 ± 3.71 ab	
	10 min	4.00 ± 2.00 a	90.67 ± 6.36 a	5.33 ± 4.37 ab	
	80 °C	1 min	14.67 ± 1.76 ab	83.33 ± 1.33 ab	2.00 ± 1.15 a
		5 min	15.33 ± 3.71 ab	74.00 ± 5.03 b	10.67 ± 1.76 b
		10 min	21.33 ± 3.71 b	74.67 ± 3.71 b	4.00 ± 1.15 ab
95 °C	1 min	47.33 ± 8.11 c	42.67 ± 5.70 c	10.00 ± 4.16 b	
	5 min	0.67 ± 0.67 a	3.33 ± 1.33 d	96.00 ± 1.15 c	
	10 min	0	0	100c	

表 3 液氮处理对银沙槐种子发芽率、休眠率和死亡种子率的影响

Table 3 Effects of liquid nitrogen treatments on germination, dormancy and dead seed rates of *A. argenteum*

处理方法 Treatment	发芽率 Germination rate (%)	休眠率 Dormancy rate (%)	死种率 Percentage of dead seed (%)	
对照 Control	10.89 ± 3.87 a	86.22 ± 4.12 a	2.89 ± 1.24 a	
液氮 Liquid nitrogen	1 min	36.00 ± 1.15 b	58.67 ± 0.67 b	5.33 ± 1.33 ab
	5 min	48.00 ± 5.29 c	42.67 ± 3.71 c	9.33 ± 2.91 ab
	10 min	60.00 ± 4.16 d	29.33 ± 2.40 d	10.67 ± 2.40 b
	20 min	54.00 ± 2.31 cd	34.67 ± 1.76 cd	11.33 ± 0.67 b
30 min	49.33 ± 1.33 c	42.00 ± 2.31 c	8.67 ± 3.53 ab	

2.3 化学处理方法对银沙槐种子萌发的影响

银沙槐种子经化学方法处理后,发芽情况如表 4、表 5 所示。98% H_2SO_4 处理 5 min 就可提高种子发芽率,随着处理时间延长,休眠破除效果显著增加($P < 0.05$),到 120 min 处理效果最好,但延长至 200 min 时发芽率有所降低,同时,死亡种子数显著增加($P < 0.05$)。 H_2O_2 浸种处理对种子休眠破除具一定效果,浓度最低时发芽率最好($P < 0.05$),随

表 4 98% H₂SO₄处理对银沙槐种子发芽率、
休眠率的死亡种子率的影响

Table 4 Effects of 98% H₂SO₄ treatments on germination, dormancy and dead seed rates of *A. argenteum*

处理方法 Treatment	发芽率 Germination rate (%)	休眠率 Dormancy rate (%)	死种率 Percentage of dead seed (%)
对照 Control	10.67±1.76 a	82.00±5.77 a	7.33±4.06 a
98% H ₂ SO ₄ 5 min	20.67±2.40 bc	75.33±3.53ab	4.00±1.15 a
10 min	14.67±2.67 ab	80.00±2.00 a	5.33±2.40 a
20 min	22.67±3.71 bc	68.67±3.71 ab	8.67±2.67 a
40 min	28.00±2.00 bcd	66.67±4.06 abc	5.33±2.67 a
60 min	40.67±1.76 e	54.67±4.06d	4.67±2.40 a
120 min	56.00±3.46 f	23.33±2.40e	20.67±1.33 b
200 min	44.67±0.67e	28.00±2.31e	27.33±1.76 b

表 5 H₂O₂处理对银沙槐种子发芽率、
休眠率的死亡种子率的影响

Table 5 Effects of H₂O₂treatments on germination, dormancy and dead seed rates of *A. argenteum*

处理方法 Treatment	发芽率 Germination rate (%)	休眠率 Dormancy rate (%)	死种率 Percentage of dead seed (%)
对照 Control	10.67±1.76 a	82.00±5.77 a	7.33±4.06 a
H ₂ O ₂ 0.50%	23.33±2.91b	66.67±5.21b	10.00±2.31 a
1%	19.33±1.33 bc	75.33±4.81 ab	5.33±3.53 a
3%	18.67±1.33 bd	76.00±3.06 ab	5.33±1.76 a
5%	15.33±3.53 acd	76.00±5.77 ab	8.67±2.40 a
7%	12.00±2.00 ad	83.33±2.91 a	4.67±1.76 a
10%	15.33±2.91 acd	80.00±4.62 ab	4.67±1.76 a

表 6 不同休眠破除方法对银沙槐幼苗生长的影响

Table 6 Effects of different dormancy break treatments on seedling growth of *A. argenteum*

处理方法 Treatment	出苗第 7 天 Grow up to the 7th day		出苗第 14 天 Grow up to the 14th day	
	根长 Root length (mm)	苗高 Seedling height (mm)	根长 Root length (mm)	苗高 Seedling height (mm)
对照 Control	35.52±3.12 a	44.43±3.80 a	45.98±4.33 a	54.78±4.56 a
破口 Slit testa	36.33±2.39 a	45.97±2.24 a	43.98±2.27 a	53.90±2.42 a
沙磨 Sand grinding	36.59±5.94 a	46.38±5.94 a	47.68±6.30 a	58.93±6.02 a
热水 95℃ 1 min hot water	42.67±4.74 a	51.76±5.05 a	53.32±4.93 a	62.49±4.98 a
液氮 10 min liquid nitrogen	22.50±2.70b	27.54±1.57b	30.21±3.01 b	39.19±3.16b
98% H ₂ SO ₄ 120 min	41.41±4.14 a	50.79±3.93 a	53.24±4.64 a	64.19±4.78 a

类型最为普遍。银沙槐种子与大多豆科植物种子类似,存在物理休眠,种皮致密坚硬,透水性差,表层为角质层,其下为排列紧密的栅栏细胞,阻碍了种子萌发时种胚对水分的吸收,而吸水管道种脐较大,在潮湿情况下呈关闭状态,而在干燥时才开启(周君英等,1986),这是种子休眠不易萌发的主要原因。因此,须经特殊处理才能达到吸水催芽的目的。栅栏层细胞被认为是种皮不透性形成的主要原因。如 Corner(1951)认为休眠的形成是种子成熟过程中栅栏层细胞壁紧缩引起的。Egley(1979)也认为高度

着浓度升高发芽率逐渐降低。

2.4 不同休眠破除方法对银沙槐幼苗生长的影响

表 6 所示,几种较优处理对银沙槐幼苗生长影响的结果。出苗第 7 天,液氮 10 min 处理后,严重影响幼苗的正常生长,幼苗的根长和苗高均显著较低($P<0.05$),后期观察发现,大部分幼苗在下胚轴与子叶连接处断裂死亡,植株矮小;其余几种方法处理后,幼苗正常生长,但破口与沙磨处理后幼苗根部发黏,随后腐烂死亡。同样,出苗第 14 天,除液氮 10 min 处理后,其余方法处理后幼苗的根长和苗高显著增加($P<0.05$),且破口处理和沙磨处理后的幼苗继续腐烂死亡。说明破口、沙磨与液氮处理虽能有效破除休眠,提高发芽率,但不利于幼苗的生长,相较而言,热水与 98% H₂SO₄处理对幼苗生长无不利影响。

3 结论与讨论

种皮不透性是引起种子休眠的一个重要原因。Nikolaeva *et al.*(1979), Nikolaeva (2001)根据发生机理将种子休眠分为七大类,其中主要原因是种子具有致密的种皮或果皮,阻碍水分吸收而抑制种子萌发的称为物理休眠,而豆科植物种子中该休眠

木质化的栅栏层细胞壁是种皮不透水的主要因素。所以破除银沙槐种子休眠,促进萌发的主要途径就是通过物理或化学手段软化种皮,增强种皮的透性。

本研究中破口与沙磨两种机械处理,可促进种皮外部角质层的破裂和解体脱离,消除种皮的机械障碍,从根本上达到增强种皮透性,破除休眠的效果。机械方法是破除物理休眠最有效的方法,划破种皮后种子的萌发率明显增加,并且萌发时间开始提早(陈巧巧等,2012)。以砂纸打磨处理扁蓿豆制品系 90-36 种子效果最好,发芽率高达 83.9%,硬实

完全破除(杜建材等,2011);以砂擦处理刺槐种子的休眠,效果显著,发芽率高达 88.67%(曹帮华等,2002)。但由于破口沙磨强度不均匀,会损伤种胚,容易引起种子腐烂死亡,幼苗不能正常生长。

热水处理采取的几个温度梯度中,95℃ 1 min 处理可作为银沙槐种子破除休眠的适宜温度,在此温度及时间处理下,能达到软化种皮的效果,增强种皮透性。每一种豆科植物种子都存在一个休眠破除的临界温度,高于临界温度则休眠被破除,而低于临界温度,则对休眠破除影响较小,且其效果因处理时间不同变化较小;种子亦存在一个致死温度,暴露于该温度下可导致其死亡,但这一过程因处理时间不同而存在较大变异(Auldt *et al.*,1991)。此研究中随着处理时间延长,种子死亡数显著增加直至全部死亡,说明随着时间延长,种胚部分已损伤烫坏,致使不能正常发芽生长。最适温度也是就一定处理时间而言,当 95℃ 处理时间延长时,种子则全部死亡。因此在选择适宜温度同时要注意处理时间的设定,以达到最大程度破除休眠的效果。最适温度处理后能长成正常幼苗,根长与苗高均有所增加。

本研究液氮处理采用直接浸入更易于操作(胡跃高等,2010)。液氮破除休眠效果因物种不同而异,因种子大小不同而效果不同,对小粒种子能有效打破休眠,对大中粒种子无明显效果(胡小文等,2009)。刺槐和胡枝子经液氮处理后表明,处理时间对效果没有显著影响(刘艳等,2010)。本研究中,液氮处理休眠破除效果显著,几个处理时间梯度对处理效果均有显著差异,10 min 浸种处理效果最好。这可能是因为液氮处理时,温度剧变造成种皮发生胀缩性变化,冷冻低温致使种皮破裂,从而提高种皮通透性。但短时间处理后增强透性的强度不够,而随着处理时间的延长冻裂效果逐渐增强,使萌发率提高。虽然液氮处理后能提高发芽率,但幼苗生长受到严重影响,根长和苗高与对照相比显著减少,均不能正常生长。这可能是由于破除种皮机械障碍同时伤及种胚,致使后期幼苗生长过程中幼苗的胚根与子叶连接部位发生断裂,造成幼苗死亡。这与前人研究结果一致(Touchell *et al.*,1993)。

硫酸处理是打破种子物理休眠最常用方法,有研究表明硫酸处理可有效打破种子休眠。紫穗槐种子经硫酸 15 min 处理破除休眠效果显著,萌发率高达 76%(赵小社等,2006)。硫酸处理能够腐蚀种皮,打破种皮栅栏层屏障,促进透性增强,使种皮变

薄,从而打破休眠,提高发芽率。由于银沙槐种子较大,种皮较厚且坚硬,因此所需处理时间较长,以 120 min 为最佳。当处理时间延长至 200 min 时种子死亡数显著增加,这是由于硫酸滞留时间过长,不易为流水冲洗干净而继续腐蚀到种胚结构,致使种子腐烂坏死。硫酸处理对幼苗后期生长影响不大,幼苗正常生长,少数腐烂死亡。

双氧水作为一种强氧化剂,能腐蚀种皮,改善种皮的通透性,促进水分吸收,从而减轻甚至解除种子的休眠。但在本实验中,由于种皮坚硬,氧化强度不够,未完全破除种子休眠,因此休眠破除效果不显著,这与双氧水处理紫穗槐种子(赵小社等,2006)的结果一致。

本研究结果表明,破口、沙磨、热水 95℃ 1 min 浸种处理、液氮 10 min 浸种处理和硫酸 120 min 处理都可破除银沙槐种子的休眠,但各有优缺点。破口处理与沙磨处理的萌发率最好,但造成大量种子腐烂死亡且耗时费力;液氮 10 min 浸种处理和硫酸 120 min 处理的萌发率较好,但液氮 10 min 浸种处理后幼苗不能正常生长,幼苗出现胚根断裂而死亡,且存活的幼苗植株矮小,而硫酸 120 min 处理后的幼苗大部分生长正常,少数腐烂;95℃ 1 min 热水处理的萌发率较其他几种处理低,但幼苗的生长良好,胚根长且叶色鲜绿,无发黏腐烂现象。因此,在生产实践中,选择硫酸 120 min 处理或 95℃ 1 min 热水处理既能有效破除银沙槐种子休眠,又能使幼苗正常生长。

参考文献:

- 韩建国. 2000. 牧草种子学[M]. 北京:中国农业大学出版社:68—83
- 颜启传. 2001. 种子学[M]. 北京:中国农业出版社:73—78
- 梁凤丽. 2007. 银沙槐播种育苗技术[J]. 育苗技术,(9):11—15
- 周君英,王永江,江阿古丽. 1986. 银沙槐种子休眠生理和催芽方法的探讨[J]. 新疆林业科技,(2):26—29
- Auld TD, O'Connell MA. 1991. Predicting patterns of post-fire germination in 35 Eastern Australian Fabaceae [J]. *Austr Ecol*, **16**:53—70
- Baskin CC, Baskin JM. 1998. Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination[M]. London: Academic Press:1—666
- Cao BH(曹帮华),Geng YS(耿蕴书),Mou HX(牟洪香). 2002. Studies on methods of breaking hard seed of black locust(刺槐种子硬实破除方法探讨)[J]. *Seed(种子)*,(4):22—24
- Chen QQ(陈巧巧),Shen YX(沈有信),Yang GR(杨光荣), *et al.* 2012. Classification and ecological relationships of seed dormancy (下转第 33 页 Continue on page 33)