

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201503041

李樱花, 郭松, 李在留, 等. 掌叶木种皮障碍及种子各部位内源抑制活性的研究 [J]. 广西植物, 2016, 36(4):443-448

LI YH, GUO S, LI ZL, et al. Seed coat obstacle and endogenous inhibitory activity of various parts of *Handeliidendron bodinieri* seed [J]. Guihaia, 2016, 36(4):443-448

## 掌叶木种皮障碍及种子各部位内源抑制活性的研究

李樱花<sup>1</sup>, 郭松<sup>1,4</sup>, 李在留<sup>1,2,\*</sup>, 李雪萍<sup>3</sup>, 李德麟<sup>1</sup>, 包满珠<sup>2</sup>

(1. 广西大学 林学院, 南宁 530004; 2. 华中农业大学 园艺林学学院, 武汉 430070; 3. 河南科技大学 林学院, 河南 洛阳 471003; 4. 南京林业大学 江苏省林业生态工程重点实验室, 南京 210037)

**摘要:** 掌叶木(*Handeliidendron bodinieri*)是残遗于中国的稀有单种属植物,因人为破坏、生境特殊及自身特性的影响,资源稀少,被列为国家一级重点保护野生珍稀濒危植物。该研究以掌叶木种子为材料,研究了4种不同发芽条件下(带种皮、浓硫酸处理种皮、完全去除种皮、仅露出胚根)种子萌发性、种皮透水性、掌叶木果皮、假种皮、种皮和种仁四个部位不同浓度甲醇浸提物(0、3.125、6.25、12.5、25 mg/mL)对白菜种子萌发及幼苗生长的影响以及掌叶木各部位浸提物对种子萌发的影响。结果表明:(1)掌叶木种皮具有一定的透水性,为掌叶木种子的萌发提供必要的透水透气条件,不影响种子萌发前的水分吸收,但掌叶木种皮的机械阻碍、易霉变对种子的萌发影响较大。(2)掌叶木的果皮、假种皮、种皮和种仁甲醇浸提物对白菜种子的萌发和生长都有影响,尤其对白菜幼根的生长有较强的抑制作用,抑制强度依次是种仁>果皮>假种皮>种皮,且随着浓度的升高,抑制作用增强。该研究结果揭示了掌叶木种子难发芽、发芽率低的原因,为掌叶木的人工扩繁和保护与利用奠定了基础。

**关键词:** 掌叶木种子, 种皮障碍, 透水性, 萌发性, 发芽抑制活性

**中图分类号:** Q945 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2016)04-0443-06

## Seed coat obstacle and endogenous inhibitory activity of various parts of *Handeliidendron bodinieri* seed

LI Ying-Hua<sup>1</sup>, GUO Song<sup>1,4</sup>, LI Zai-Liu<sup>1,2,\*</sup>, LI Xue-Ping<sup>3</sup>, LI De-Lin<sup>1</sup>, BAO Man-Zhu<sup>2</sup>

(1. College of Forestry, Guangxi University, Nanning 530004, China; 2. College of Horticulture and Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 3. College of Forestry, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China; 4. Jiangsu Key Laboratory of Forestry Ecological Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

**Abstract:** *Handeliidendron bodinieri* is the relict of rare plant single taxa in China, due to man-made destruction, the special growth environment and the influence of its own characteristics, with fewer resources, *Handeliidendron* is listed as national key protection wild treasure and endangered plants. In order to study the effects of rare and endangered *H. bodinieri* testa on seed germination, through dealing with different conditions (with the seed coat, concentrated sulfuric acid processed testa, the complete removal of the seed coat, revealing only radicle) of seed germination, seed coat per-

收稿日期: 2015-03-27 修回日期: 2015-07-06

**基金项目:** 国家自然科学基金(31060053, 31560200); 广西自然科学基金(2011GXNSFB018016); 广西大学大学生实验技能和科技创新能力训练基金(SYJN20131620) [Supported by the National Natural Science Foundation of China (31060053, 31560200); Natural Science Foundation of Guangxi (2011GXNSFB018016); Students' Experimental Skills and Scientific and Technological Innovation Ability Training Foundation of Guangxi University (SYJN20131620)].

**作者简介:** 李樱花(1991-), 女, 云南大理人, 硕士, 研究方向为种苗繁育理论与技术, (E-mail) 904410264@qq.com。

**\*通讯作者:** 李在留, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事濒危植物保护与利用研究, (E-mail) lizailiu666@163.com。

meable skin and the perivarp, aril, seed coat and kernel of *Handeliiodendron* in different concentrations (0, 3.125, 6.25, 12.5 and 25 mg/mL) of methanol extracts of planting cabbage seed germination and seedling growth were studied. The results were as follows: (1) *H. bodinieri* testa had good permeability, water absorption without affecting before seed germination. But testa mechanical obstruction, easy to mold had great impact on seed germination and growth. (2) Methanol extracts from fruit shells, arils, seed coats and kernels of *H. bodinieri* seeds affected the germination and growing of Chinese cabbage seeds and especially greatly affected the growth of radicle. The intensity of inhibition activity was: kernel > fruit shell > aril > seed coat. And the inhibition activity enhanced with the increasing of concentration. The research results revealed the reasons of germination difficulty and the low germination rate and as well to establish the foundation for the artificial propagation and protection and use of *H. bodinieri*.

**Key words:** *Handeliiodendron bodinieri* seed, testa mechanical obstruction, permeability, germination, germination inhibitory activity

掌叶木 (*Handeliiodendron bodinieri*) 属无患子科掌叶木属油料植物, 是优良的生物质能源物种, 是我国特有的珍稀濒危野生物种, 是第三纪孑遗植物, 也是优良的观叶、观果园林绿化树种 (罗献瑞和陈德昭, 1985)。然而, 掌叶木的资源量少, 仅分布于贵州南部和广西西北部的石灰岩山地, 目前分布面积和种群数量锐减, 濒危状况日益严重 (傅立国和金鉴明, 1992)。首先, 自然条件下种子萌发率低及鼠类啃食破坏种子是掌叶木濒危的重要原因 (熊志斌等, 2003), 其次种仁含油量高达 52.6%, 在湿润条件下容易腐烂丧失发芽能力, 在干燥环境下种子失水快, 不能发芽 (黄仕训和骆文化, 2001)。目前对掌叶木的分类学 (吴征镒等, 2003)、形态学 (曹丽敏等, 2006)、群落生态学特征 (张著林等, 2000)、种子生态特征 (熊志斌等, 2003)、引种保护 (张著林和林昌虎, 2006)、遗传多样性 (Wang et al, 2007)、种子离体培养与玻璃化逆转 (李在留等, 2010)、贮藏条件对种子生理特性的影响 (彭建等, 2013) 以及种子萌发过程中过氧化物酶 (POD) 和超氧化物歧化酶同工酶 (SOD) 的动态变化 (李磊等, 2014) 等进行了相关的研究报道, 但对种皮障碍及内源抑制物方面的研究报道甚少。

本研究通过对掌叶木种子透水性、种皮在不同发芽处理条件下 (带种皮、浓硫酸处理种皮、完全去种皮、仅露出胚根) 的萌发性研究, 以及种子不同部位 (果皮、假种皮、种皮和种仁) 的甲醇浸提物在不同浓度梯度下对白菜种子萌发及幼苗生长的影响, 揭示掌叶木种子难发芽、发芽率低的机理, 为进一步研究其发芽抑制物打破和解除其发芽抑制, 促进种子发芽提供科学依据和理论指导, 为人工扩繁和掌叶木的保护与利用奠定基础。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料

掌叶木种子采自广西百色市乐业县梅家庄附近, 种子千粒重为 199.3 g。白菜种子品种为“早熟五号”, 购自南宁市康蓝农业科技有限公司。纯净度 95%, 发芽率 95%。

### 1.2 方法

1.2.1 掌叶木种子的萌发试验 随机选取子粒饱满、大小均匀的掌叶木种子 240 粒, 采用四分法分成四组, 每组 20 粒, 各设 3 个重复。灭菌: 将实验用具 (放有湿润滤纸直径 9 cm 的培养皿、刀、镊、蒸馏水) 在灭菌锅中高温灭菌 30 min, 之后紫外光灭菌 15 min。消毒和处理: 在浸种前对种子残留的假种皮进一步清除, 用常温蒸馏水浸泡 24 h, 倒去浸泡液, 再用蒸馏水清洗, 对 4 个组进行如下处理: (1) 带种皮, 用 37.22% 的次氯酸钠消毒 10 min; (2) 带种皮, 用 98% 的浓硫酸浸泡 15 min; (3) 37.22% 的次氯酸钠消毒 10 min 后, 用小刀破坏种皮 (在保证尽量不伤害种子的前提下露出胚根), 再取 0.5% 的高锰酸钾消毒 1 min; (4) 完全剥去种皮, 得到种仁, 再用 0.5% 的高锰酸钾消毒 1 min。培养: 在消毒完毕后用灭菌水清洗种子, 多次清洗直到清洗液基本透明为止, 放置在事先准备好的垫有滤纸且贴好标签的 9 cm 培养皿内, 接种完毕后置于光照培养箱中 (25 ℃、16 h/d) 进行种子发芽培养, 每天检查并记录发芽情况, 并及时补充水分使滤纸保持湿润。观察: 后期每天定时观察记录种子的萌发及幼苗生长情况, 拍照和记录。

按照以下公式计算种子的发芽率 (以胚根长于种子直径为发芽标准) 及发霉率。

发芽率(%) = 发芽种子数/共检测种子数×100%

发霉率(%) = 发霉种子数/共检测种籽数×100%

1.2.2 掌叶木种子的透水性试验 随机选取籽粒饱满、大小均匀的掌叶木种子 180 粒,先用 98% 的浓硫酸浸泡处理 30 min,待种皮被浓硫酸腐蚀后,再用流水冲洗干净,得到破壳种子,以未处理的带有种皮的种子作对照(CK),取破壳种子以及对照各 30 粒,设 3 个重复。先于万分之一电子天平称重,然后放入蒸馏水中于 25 ℃ 室温下浸泡,6 h 后取样 1 次,之后每隔 12 h 取样 1 次,用滤纸吸干样品表面水分,迅速称重,直至恒重,记录数据。

按照以下公式计算种子的吸水率,分析种皮的透水性。

吸水率(%) = (吸水后重量-干重)/干重×100%

1.2.3 掌叶木种子各部位甲醇浸提物的制备 取掌叶木新鲜的果皮 222.84 g、假种皮 94.67 g,种皮 71.73 g,种仁 269.20 g。于 35 ℃ 烘箱中烘干,之后用粉碎机(200 V,1 200 W,280 r/min)粉碎。置于广口瓶中,依次加入 3 倍体积(400 mL)80% 的甲醇溶液。搅拌,摇匀后于超声波振荡器(40 ℃,250 W)内超声提取 30 min,静置于 4 ℃ 冰箱中密闭浸提 24 h,倒出浸提液,密封保存,再加入 3 倍体积 80% 的甲醇溶液,重复浸提 2 次。3 次超声波甲醇浸提完成后,分别合并各部位浸提液,采用旋转蒸发仪(55 ℃,60 r/min)将甲醇浸提液旋蒸浓缩,置于通风橱中,得到各部位的固态甲醇浸提物。

1.2.4 掌叶木种子各部位甲醇浸提物对白菜种子萌发和幼苗生长的影响 挑选颗粒饱满、大小一致的白菜种子,用 0.1% 高锰酸钾溶液消毒 5 min,蒸馏水冲洗数次后,用蒸馏水常温浸泡 6 h(于 25 ℃ 室温)。灭菌过程同上述的掌叶木种子发芽试验。置床:依次称量果皮、假种皮、种皮和种仁各 0.5 g,用蒸馏水溶解,定容到 20 mL,按 2 倍梯度配制 3.125、6.25、12.5、25 mg/mL 的培养液。用蒸馏水作为对照组标记为 CK(0 mg/mL)。分别取上述不同浓度的浸提液 3 mL 倒入事先准备好的直径 9 cm 培养皿中,放置 50 粒白菜种子,每个处理 3 个重复,置床完毕置于恒温光照培养箱中培养(25 ℃、16 h/d),36 h 后统计白菜籽的发芽率(以胚根长于白菜籽直径为发芽标准),7 d 后测量苗高和根长。

1.2.5 数据分析 数据采用 Excel 2003 软件和 DPS 软件进行处理分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 种子萌发结果

经过 2 周的实验观察和统计,各处理组的掌叶木种子的萌发和幼苗生长情况如表 1 所示。

表 1 掌叶木种子的萌发情况  
Table 1 Germination of *H. Bodinieri* seed

不同处理 Different treatments	发芽率 Germination rate (%)	发霉率 Mould rate (%)	根长 Root length (cm)	苗高 Seedling height (cm)
带种皮 With the seed coat	0	50	0	0
浓硫酸处理种皮 Concentrated sulfuric acid processed testa	0	0	0	0
完全去除种皮 Complete removal seed coat	76	18	4~6	2~5
仅露出胚根 Reveale only radicle	46	54	3~5	1~2

带种皮的种子在萌发过程中出现褐化现象,第 1 周无霉烂现象,2 周后有种子发霉,发霉率为 50%,发芽率为 0;用浓硫酸处理种皮的种子不发芽,无霉烂现象;完全剥去种皮的种子生长情况良好,2 d 后胚根开始伸展,5 d 后开始萌发,发芽率 76%,发霉率 18%,7 d 后根长 2~4 cm,10 d 后均有嫩叶长出,14 d 后根长 4~6 cm,有须根长出,苗高为 2~5 cm,长势良好。局部剥去种皮仅露出胚根的种子同样在 2 d 后胚根开始伸展,5 d 后胚根长约 1 cm,每组均有 50% 的种子撑破种皮,发芽率 46%,1 周时胚根局部发霉,发霉率 54%,后期长势良好,之后不再存在霉烂现象;10 d 20% 长出嫩叶,根长 2~3 cm;14 d 后苗高 1~2 cm;16 d 后种皮脱落,子叶展开,根不再伸长,须根较少。可见,种皮的机械障碍严重阻碍了幼苗子叶的伸展以及胚根的伸长。

### 2.2 种子透水性分析

通过对掌叶木完整种子(对照组)和破皮种子(处理组)吸水率的测定,发现当实验进行到 138 h 后种子的吸水率基本保持不变。根据试验数据,计算出吸水率,变化趋势如图 1 所示。

种子吸水 6 h 后,两组种子均下沉,在种子吸水过程中,破壳种子前期相对对照的吸水速度较快,6 h 时吸水率达 36.72%;然后是一个缓慢的吸水过程;直到 102 h 后,吸水率达到最大,为 40.96%,吸

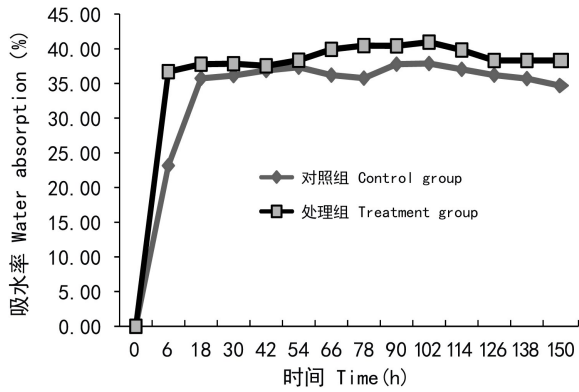


图1 种子吸水率变化曲线

Fig. 1 Cure of the seed after absorption

水率增加 4.24%;之后吸水率稍有下降,随后是一个更加缓慢的吸水过程;直到 138 h 后种子吸水达到饱和,吸水率为 38.3%。与破壳种子相比,对照组在前期同样是一个快速吸水过程,6 h 时吸水率已达 23.1%,18 h 之后便是一个缓慢吸水的过程,此时吸水率为 35.7%,之后吸水率基本保持不变。138 h 时吸水已达到饱和,吸水率为 37.78%。达到饱和时,破壳种子的吸水率比对照大,为 40.4%。

### 2.3 各部位甲醇浸提物对白菜种子发芽率和幼苗生长的影响

2.3.1 对白菜种子发芽率的影响 经过 48 h 的培养,对照组的发芽率为 97.60%,统计各组的发芽率见表 2。

表 2 不同浓度浸提物对白菜种子发芽率的影响

Table 2 Effects of methanol extract on seed germination of cabbage seed

发芽率 Germination rate (%)	甲醇浸提物浓度 Methanol extract concentration (mg/mL)				
	0	3.125	6.25	12.5	25
果皮 Perivarp	97.60	92.80	93.40	90.40	90.00
假种皮 Aril	97.60	96.40	94.80	93.20	93.20
种皮 Seed coat	97.60	98.00	97.60	98.80	95.60
种仁 Kernel	97.60a	92.00ab	95.20a	94.00a	88.00b

注:字母相同表示差异不显著;字母不同表示差异显著。

Note: The same letters indicate no significant difference; Different letters indicate significant differences.

用 DPS 软件的方差分析结果表明,掌叶木种子不同部位间的  $P$  值为 0.075 5,果皮、假种皮和种皮每个处理下各浓度之间的  $P$  值依次为 0.902 5、0.648 1、0.653 3,均大于 0.05,对白菜发芽率影响差异不显著。种仁处理组的各浓度之间  $P$  值为 0.021 9,存在 5% 水平下的显著性差异,且高浓度 25

mg/mL 的浸提物的抑制性最强。

2.3.2 对白菜幼苗生长的影响 经过连续 1 周的观察、记录,对照组 (0 mg/mL) 的胚轴平均长度 0.6~0.8 cm,胚根长度 4.0~4.5 cm,根系较发达有须根,子叶生长良好。其余各处理组的白菜幼苗长势各不相同,如图 2 所示。

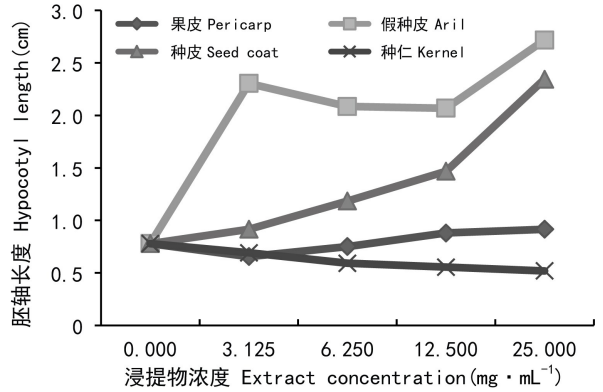


图 2 不同浓度浸提物对白菜胚轴长度的影响

Fig. 2 Effects of different concentration of methanol extract on cabbage hypocotyl length

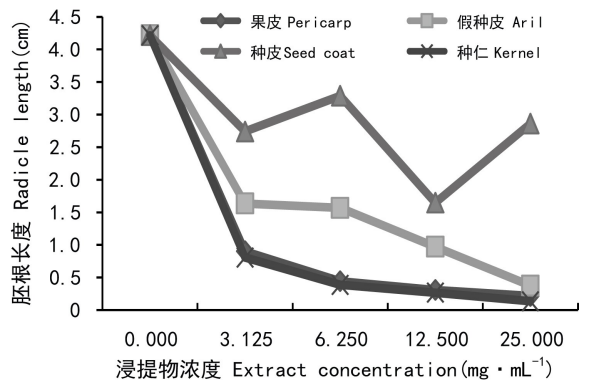


图 3 不同浓度浸提物对白菜胚根长度的影响

Fig. 3 Effects of different concentration of methanol extract on cabbage radical length

(1) 果皮组随着浓度的升高,胚轴长度依次为 0.6、0.7、0.8、0.9 cm,有促进作用,且促进作用随着浓度的升高增强。随着浓度的升高胚根长度依次为 0.9、0.4、0.3、0.2 cm,胚根生长受到很大程度的抑制,呈褐色,有根毛。(2) 假种皮组随着浓度的升高,胚轴长度依次为 2.3、2.1、2.1、2.7 cm,均高于对照组,胚根长度依次为 1.6、1.5、1.0、0.4 cm,胚根生长受到抑制,随着浓度升高,胚根从白色变成褐色,高浓度大部分倒立生长。(3) 种皮组随着浓度的升高,胚轴长度依次为 1.0、1.2、1.5、2.3 cm,均高于对



表 3 不同浓度浸提液对白菜幼根和胚轴长度影响的多重比较  
Table 3 Multiple comparison on radical length and hypocotyl length of cabbage

不同部位 Different parts	均值 Average value	幼根长度 (1%极显著水平) Radical length (1% very significantly level)	不同部位 Different parts	均值 Average value	胚轴长度 (1%极显著水平) Hypocotyl length (1% very significantly level)
CK	4.1573	A	假种皮 Aril	2.1652	A
种皮 Seed coat	3.1857	A	种皮 Seed coat	1.5909	AB
假种皮 Aril	1.8334	A	果皮 Perivarp	0.9432	B
果皮 Perivarp	1.2304	B	种仁 Kernel	0.7617	B
种仁 Kernel	1.1917	B	CK	0.7612	B

注: 同列数据后不同字母表示差异显著, 相同字母表示差异不显著。

Note: Different letters in the same column indicate significant differences, the same letters in the same column indicate no significant difference.

对照组, 随着浓度升高促进作用增强; 胚根长度依次为 2.7、3.2、1.6、2.8 cm, 胚根的生长受到抑制, 随着浓度升高, 胚根从白色变成褐色, 高浓度大部分倒立生长。(4) 种仁组: 随着浓度的升高, 胚轴长度依次为 0.7、0.6、0.55、0.5 cm, 胚根长度依次为 0.8、0.4、0.3、0.1 cm, 胚根胚轴的生长均受到抑制, 且随浓度升高抑制作用增强, 胚根均呈现褐色。

用 DPS 软件对数据进行方差分析, 得到掌叶木种子不同部位对幼根和胚轴长度的影响存在 1% 水平的极显著差异。其中, 种仁和果皮对幼根的抑制作用较显著, 种皮和假种皮对幼苗和胚轴长度的促进作用较显著。

### 3 讨论

种皮是种子外面的覆盖物, 具有保护种子不受外界机械损伤和防止病虫害侵入的作用。豆类等种子的种皮坚硬, 当种子成熟时, 由于种皮的不透水性、不透气性, 阻碍了胚的生长而出现了种子休眠, 这种由于种皮的影响而使活性胚在适宜环境中仍然不能萌发的现象, 称为种皮障碍 (王宏飞和魏岩, 2007)。由于掌叶木种子的透水性较好, 因此其种皮障碍就是种子萌发率低的主要原因之一。种皮障碍不仅阻碍了子叶突破种皮, 且露出的胚根也因为种皮的机械阻碍而不能正常生长。

在一些种子的果皮、种皮、胚乳、胚或子叶中含有香豆素、生物碱、有机酸、酚类、醛类、脱落酸等, 对种子的萌发起着一定的抑制作用。冬青种皮具有一定的透水性, 能为种子的萌发提供必要的透水透气条件, 且种皮浸提液对白菜种子的萌发, 苗高和根的生长具有抑制作用 (王宁等, 2006)。青钱柳种皮的甲醇浸提液对白菜种子发芽率、种子生活力及幼苗高生长、根生长均有抑制作用, 且浓度越高, 抑制作

用越大 (杨万霞, 2005)。叶械种皮浸提液对白菜种子胚根生长的抑制效应比种子萌发的抑制效应要强 (张化疆等, 1991), 这与掌叶木的抑制效应相一致。五角枫种子的发芽抑制物质主要存在于种皮和种胚 (卢芳和李振华, 2014), 蒜头果果实中各部位的抑制活性依次是果皮 > 种皮 > 种胚 (丁俊峰等, 2008), 而掌叶木抑制作用最强的部位是种仁和果皮。南方红豆杉种子的种皮和胚乳均抑制白菜幼苗的萌发及苗高和根的生长, 且种仁抑制作用较强, 这与本实验结果相近, 只是掌叶木种皮和假种皮浸提液会促进胚轴的生长。胚根是植物生长的关键, 胚根发育成根, 具有固定植物体, 吸收水分和无机盐的作用。本实验中掌叶木各部位甲醇浸提物均抑制白菜种子胚根的生长, 且高浓度种仁和果皮组处理下的白菜幼苗呈现倒立趋势, 根尖枯黄, 其抑制物质的种类和作用机理尚不清楚, 有待深入研究。

掌叶木的种胚在培养皿中能够很快发芽, 可见其种子不存在种胚后熟现象, 在实际生产过程中可通过去除种皮来促进种子的萌发, 提高发芽率。但因为去皮效率较低, 所以, 寻找突破种皮障碍以及内源抑制物的研究, 提高种子发芽率的有效方法将是以后研究的重点。

### 4 结论

#### 4.1 掌叶木种皮的机械作用对种子萌发的影响

掌叶木种皮具有一定的透水性, 种皮的存在对水分的自由流动产生的阻碍作用较小, 对种子萌发吸水无太大影响。在本次实验中, 带种皮的掌叶木种子均不能萌发, 且均陆续出现霉烂现象, 浓硫酸处理种皮的种子均不发芽, 也无褐化及霉烂现象; 剥去种皮的种子发芽率最高, 为 75%, 发霉率最低, 为 18.5%; 局部剥去种皮的种子发芽率比剥去种皮组

低29%,发霉率高36%,且其幼苗的生长(胚根和苗高)受到抑制。由此可得,种皮的机械作用阻碍了掌叶木种子的正常萌发和生长。

#### 4.2 甲醇提取物对白菜种子的发芽率的影响

在3.125~25 mg/mL的浓度范围内,果皮、假种皮、种皮及种仁不同浓度的甲醇浸提物均在一定程度上抑制白菜种子的发芽,各部位之间的影响差异不显著。其中,种仁的抑制作用最强,且抑制作用随着浓度的升高逐渐加强。

#### 4.3 甲醇提取物对白菜幼苗生长的影响

在3.125~25 mg/mL的浓度范围内,掌叶木种子不同部位不同浓度的甲醇浸提物对白菜胚根和胚轴的生长均存在影响。(1)对根生长的影响:四个部位的甲醇浸提物均抑制白菜幼根的生长,对根长度的抑制强度依次为种仁>果皮>假种皮>种皮,且随着浓度的升高抑制作用增强。(2)对胚轴生长的影响:种仁和果皮浸提物对胚轴伸长起抑制作用,种皮和假种皮的浸提物对胚轴伸长起到促进作用,其中高浓度的假种皮浸提物促进作用最强。种仁部位抑制白菜种子幼苗地上部位的质量增长,且抑制作用随着浓度的升高而增强,其余各部位浸提物均有促进白菜幼苗地上部分质量增长的作用,促进强度依次为假种皮>种皮>果皮。

综上所述,掌叶木的果皮、假种皮、种皮和种仁四个部位含有内源抑制物质,抑制白菜种子的萌发和生长,其中种仁和果皮均抑制白菜幼苗根的生长,高浓度种仁的抑制作用最强。其具体成分有待于进一步研究。

#### 参考文献:

CHAO LM, XIA NH, DENG YF, 2006. Floral organogenesis of *Handeliendron bodinieri* (Sapindaceae) and its systematic implications [J]. *Acta Phytotax Sin*, 44(4): 393-400. [曹丽敏, 夏念和, 邓云飞, 2006. 掌叶木的花器官发生及其系统学意义 [J]. *植物分类学*, 44(4): 393-400.]

DING JF, CHAO JH, LIN JC, et al, 2008. Rare and endangered plant garlic fruit germination inhibitor research. [J]. *J Mudanjiang Norm Univ*, (2): 1-3. [丁俊峰, 曹建华, 林建超, 等, 2008. 珍稀濒危植物蒜头果果实发芽抑制物研究 [J]. *牡丹江师范学院学报*, (2): 1-3.]

FU LG, JIN JM, 1992. China plant red data book: rare and endangered plants [M]. Beijing: Science Press. [傅立国, 金黎明, 1992. 中国植物红皮书: 珍稀濒危植物 [M]. 北京: 科学出版社.]

HUANG SX, LUO WH, 2001. Biological behaviors and conservation of *Handeliendron bodinieri* [J]. *Rural Eco-Environ*, 17(1): 21-23, 36. [黄仕训, 骆文华, 2001. 稀有植物掌叶木生物学特性及其保护 [J]. *农村生态环境*, 17(1): 21-23, 36.]

LUO XR, CHEN DZ, 1985. *Flora of China: Sapindaceae* [M]. Beijing: Science Press. [罗献瑞, 陈德昭, 1985. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社.]

LI ZL, GUO S, CHENG Q, et al, 2010. Rversal of *handeliendron* seed *in vitro* culture and vitrification [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 26(17): 60-64. [李在留, 郭松, 程晴, 等, 2010. 掌叶木种子的离体培养与玻璃化逆转研究 [J]. *中国农学通报*, 26(17): 60-64.]

LI L, LI XP, GUO S, et al, 2014. Analyse of peroxidase and superoxide dismutase isozymes during seed germination on *Handeliendron bodinieri* (Levl.) [J]. *Northern Hortic*, (17): 102-105. [李磊, 李雪萍, 郭松, 等, 2014. 掌叶木种子萌发过程中过氧化物酶和超氧化物歧化酶同工酶分析 [J]. *北方园艺*, (17): 102-105.]

LU F, LI ZH, 2014. *Acer* mono seed germination studies in different parts of the inhibition [J]. *Seed*, 33(1): 44-47. [卢芳, 李振华, 2014. 五角枫种子不同部位发芽抑制作用的研究 [J]. *种子*, 33(1): 44-47.]

NIAN HH (年慧慧), ZHANG CC (张春椿), LI XX (李校贤), et al, 2012. Preliminary study on the activity of endogenesis inhibitory substances of extracts of *Taxus Mairiei* (Lemee et Levl.) S. Y. Hu ex Liu [J]. *J Zhejiang Chin Med Univ*, 36(9): 1 021-1 024. [年慧慧, 张春椿, 李校贤, 等. 不同处理方法南方红豆杉种子浸提液内源抑制物活性研究初探 [J]. *浙江中医药大学学报*, 36(9): 1 021-1 024.]

PENG J, LI ZL, LI L, et al, 2013. Effects of different storage condition on physiological characteristics of *Handeliendron bodinieri* seeds [J]. *Northern Hortic*, (7): 63-66. [彭健, 李在留, 李磊, 等, 2013. 不同贮藏条件对掌叶木种子生理特性的影响 [J]. *北方园艺*, (7): 63-66.]

WU ZY, LU AM, TANG YC, et al, 2003. China angiosperm genera were review [M]. Beijing: Science Press. [吴征镒, 路安民, 汤彦承, 等, 2003. 中国被子植物科属综论 [M]. 北京: 科学出版社.]

WANG J, GAO PX, KANG M, 2007. Isolation and characterization of polymorphic microsatellite markers for the endangered tree *Handeliendron bodinieri* (Sapindaceae) [J]. *Conser Gen*, 14(3): 9 363-9 366.

WANG HF, WEI Y, 2007. *Salsola* seed polymorphism and solid pattern [J]. *Biodivers Sci*, 15(4): 419-424. [王宏飞, 魏岩, 2007. 紫翅猪毛菜的种子多型性及其结实格局 [J]. *生物多样性*, 15(4): 419-424.]

WANG N, WU J, ZHANG GJ, et al, 2006. Holly seed bioassay testa permeable shell and seed coat extract of [J]. *Henan Sci Technol*, 24(4): 528-531. [王宁, 吴军, 张桂菊, 等, 2006. 冬青种壳种皮透水性及种皮浸提液的生物鉴定 [J]. *河南科技*, 24(4): 528-531.]

YANG WX, 2005. Biometrics paliurus methanol extract of the seed coat [J]. *J Plant Res Environ*, 14(4): 11-14. [杨万霞, 2005. 青钱柳种皮甲醇浸提液的生物测定 [J]. *植物资源与环境学报*, 14(4): 11-14.]

XIONG ZB, RAN JC, TAN CJ, et al, 2003. The seed ecological characteristics of endangered *Handeliendron bodinieri* [J]. *Acta Ecol Ecol*, 23(4): 820-825. [熊志斌, 冉景丞, 谭成江, 等, 2003. 濒危植物掌叶木种子生态特征 [J]. *生态学报*, 23(4): 820-825.]