

Study on the Reasons of Dormancy of Wild *Vitex negundo* var. *heterophylla* Seeds and the Germination Conditions of Two Picking Periods

Yue Qiu^{1*}, Yirong Li^{2*}, Min Zhang^{2*}, Yuxia Li¹, Xia Wang^{1,2}, Hui Chen^{1,2#}

¹College of Life Science, Shanxi Normal University, Linfen Shanxi

²College of Life Science, Modern College of Arts and Science, Shanxi Normal University, Linfen Shanxi

Email: 18434371990@163.com, 294367442@qq.com, 1048824058@qq.com, #xhchen_0809@163.com

Received: Sep. 2nd, 2019; accepted: Sep. 20th, 2019; published: Sep. 27th, 2019

Abstract

In this paper, wild *Vitex negundo* var. *heterophylla* seeds collected directly were used as materials to explore the reasons of seed dormancy and effect of two picking periods on germination rate of *Vitex negundo* seeds. *Vitex negundo* seeds were respectively collected on September 26, 2017 (green leaf period) and December 5, 2017 (dead leaf period) with hydro-priming treatment (1 d, 2 d, 3 d), gibberellins treatment (0.5 mg/L, 1 mg/L, 2.5 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L) and polyethylene glycol treatment (5%, 10%, 15%, 20%) to improve germination rate. The results showed that the leaching solution of seeds collected in two periods had a certain inhibitory effect on the germination of rapeseeds, which indirectly indicates one of the reasons for seed dormancy is the inhibitory substances in the seeds. The germination rate of seeds collected in December was higher than that collected at the end of September, which shows that the collection period had a certain effect on the germination of *Vitex negundo* seeds, and the development of seeds collected in December were better than that in September. Seeds collected in December showed the highest germination rate (48.67% ± 5.03%) after hydro-priming for 2 days, the germination rate, which was significantly higher than that of the control group (16.00% ± 4%) (P < 0.01). The germination rate of untreated seeds was low, indicating that the seeds had post-ripening effect. The results showed that the picking period and treatment method played important role in breaking dormancy and increasing germination rate of wild *Vitex negundo* seeds.

Keywords

Wild *Vitex negundo* var. *heterophylla* Seeds, Seed Dormancy, Picking Period, Inhibitory Substance, Germination Rate

*第一作者。

#通讯作者。

野生荆条种子休眠原因及两个采摘时期萌发条件的探究

邱悦^{1*}, 李依蓉^{2*}, 张敏^{2*}, 李宇霞¹, 王霞^{1,2}, 陈惠^{1,2#}

¹山西师范大学, 生命科学学院, 山西 临汾

²山西师范大学, 现代文理学院, 生命科学学院, 山西 临汾

Email: 18434371990@163.com, 294367442@qq.com, 1048824058@qq.com, #xhchen_0809@163.com

收稿日期: 2019年9月2日; 录用日期: 2019年9月20日; 发布日期: 2019年9月27日

摘要

本文以直接采摘的野生荆条种子为材料, 探究了荆条种子休眠原因及两个采摘时期对荆条种子萌发率的影响。作者对2017年9月26日(绿叶期)和同年12月5日(枯叶期)直接采摘的荆条种子, 分别进行了水引发处理(1 d, 2 d, 3 d)、赤霉素处理(0.5 mg/L, 1 mg/L, 2.5 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L)以及聚乙二醇处理(5%, 10%, 15%, 20%), 以提高种子萌发率。结果表明: 两个时期采摘的荆条种子浸提液都对油菜种子的萌发有一定的抑制作用, 间接说明荆条种子休眠原因之一是种子中有抑制物质的存在。12月份采摘的种子萌发率较9月底采摘的高, 说明采摘时期对荆条种子萌发有一定影响, 可能12月份收集的种子发育较9月底的良好; 12月份采摘的种子经水引发2 d后, 萌发率最高为(48.67% ± 5.03%), 比对照(16.00% ± 4%)显著提高(P < 0.01); 未处理种子萌发率低, 暗示种子存在后熟作用。该研究结果表明采摘时期及处理方法对野生荆条种子休眠的破除, 萌发率的提高起着重要作用。

关键词

野生荆条种子, 种子休眠, 采摘时间, 抑制性物质, 萌发率

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

荆条(*Vitex negundo* var. *heterophylla*)为马鞭草科, 牡荆属, 落叶灌木或小乔木[1] [2]。核果呈球形, 果实内含有 1~4 枚呈倒卵形的种子, 果皮呈黑褐色, 外被宿存萼片[3]。花期为 6~8 月, 果期为 7~10 月[4]。荆条可以适应干旱、寒冷的环境, 为阳生植物, 喜光耐荫, 大多数生长于山上的阳面坡。荆条根系发达, 穿透力强, 在土壤中分布较深, 分泌出的酸性物质能将岩石分解为土壤。在土壤中形成的根系网络, 对土壤有固着作用, 是良好的水土保持物种[1]; 荆条的叶和花淡雅, 可作为观赏植物, 花中含有蜜汁, 是优良的蜜源植物, 荆条是医学上重要的植物之一[5], 对多种疾病有治疗作用, 如癌症[6]、糖尿病[7]等, 是一种良好的经济林木[4] [8]。

由于荆条在生态、药用、经济三方面的价值, 国内从上世纪就有很多学者开始对其进行研究。前人

普遍采用低温层积的方法提高荆条种子的发芽率,1988年孙秀琴通过试验得出光照条件下并保持25℃荆条萌发率较高,同时外加800 ppm浓度的赤霉素溶液使荆条种子发芽率达52% [9]。同年,段中奎得出了将荆条种子十月采收并且晾干露天湿沙坑藏后,堆粪沤制或碱液处理后育苗有良好的结果[10]。1989年,郝铁山提出了越冬沙藏的方法,使荆条种子发芽率提高,发芽快,出苗整齐,操作简单,安全可靠[11]。在2006年,乌兰巴特用聚乙二醇处理方法提高了沙棘种子的发芽率[12]。还有作者提出了用水浸、赤霉素及浓硫酸处理的方法来提高荆条种子萌发率,2007年,王晓蓓使用了GA₃处理的方法,种子发芽率达到70%左右,并得出了半褐色荆条种子发芽率高的结果[13]。种子水浸引发能够提高种子的活力[14],促进种子的萌发,提高种子发芽的整齐度和对萌发时不良环境的耐性[15] [16]。2012年,李义强通过水浸处理使荆条种子发芽率达70% [17]。2018年,张宁通过10 min的浓硫酸处理使荆条种子发芽率达到79%左右[18]。2019年毛伟伟的实验表明1-丁基-3-甲基咪唑三氟甲烷磺酸盐的离子液体对荆条幼苗根生长有促进作用,对芽生长有一定抑制作用[19]。

荆条种子萌发率低并且存在休眠期,因此进一步打破种子休眠、提高其发芽率,对于绿化荒山、治理环境、改良山西废弃矿区土壤等问题具有重要的实践意义。

前人研究的荆条种子大多是从种子公司购买,公司可能对种子进行过预处理,本研究所用种子则是作者在山西省临汾市郊区农村从野生植株上采摘的。本研究以两个不同采摘时期的种子为材料,希望通过水引发处理、赤霉素处理、聚乙二醇处理等不同处理,来提高野生荆条种子的萌发率,并且探究荆条种子休眠的部分原因,为山西废弃矿区生态植被恢复提供优良树苗。

2. 实验材料与方法

2.1. 实验材料

野生荆条种子分别于绿叶期(2017年9月26日)和枯叶期(同年12月5日)在临汾市尧都区魏村镇和村南沟采摘。五月慢油菜籽购自郑州富达种业有限公司。

2.2. 实验方法

2.2.1. 前期处理

首先将荆条结果枝除去叶片和枝,留下种子(实际是果实);然后进行去皮去杂处理,除去宿存萼片,用簸箕筛去杂物,绿叶期采集的种子置于培养皿中温室保存备用,枯叶期采集的种子置于4℃冰箱低温保存备用。

2.2.2. 荆条种子中抑制性物质的鉴定

1) 荆条种子浸提液的制备:选取饱满一致的荆条种子(于2017年9月26日和同年12月5日两次采摘),40℃下烘干至恒重,称取荆条种子各15 g置于含150 mL蒸馏水的三角瓶中,封口,置于25℃培养室内24 h。之后,将浸提液倒入离心管中,3000 r/min离心10 min,取上清液(即100%的粗提液) [20]。

2) 种子抑制性物质的活性鉴定:将以上粗提液配制成0%、25%、50%、75%、100%的培养液,具体方法参见吴啸峰的生物活性测定方法[21],取不同浓度的培养液各5 mL,分别注入铺有双层滤纸的60 mm培养皿中,每皿放置50粒油菜种子,将培养皿置于25℃培养室,观察记录,以胚突破种皮为发芽标志。

2.2.3. 种子的消毒

将上述处理后的种子用洗衣粉水浸泡10 min,用水冲洗干净;然后在75%乙醇溶液中浸泡5 min,冲洗干净;再用0.1%升汞浸泡15 min,冲洗干净。

2.2.4. 2017年9月26日采摘的荆条种子的处理

1) 水引发处理：将种子分别置于蒸馏水中1 d、2 d、3 d，对水浸后的种子进行回干处理。

2) 赤霉素处理：将种子分别置于浓度为0.5 mg/L、1 mg/L、2.5 mg/L、5 mg/L、10 mg/L的赤霉素溶液中，1 d后用蒸馏水冲洗干净，再进行种子回干处理。

3) 聚乙二醇处理：将种子分别浸入浓度为5%、10%、15%、20%的聚乙二醇溶液中，2 d后清洗干净，进行种子回干处理。

每个处理3次重复，每次重复有50粒种子，并设对照组。随后将种子放置在铺有两层滤纸的培养皿中，每皿50粒，全部放入光照培养室进行观察培养。每隔2 d在同一时间用移液器向培养皿中补水，以保持种子处于湿润状态，剔除霉烂种子，并观察记录，以胚根长度为种子长度的1/2为萌发标志，培养15 d后统计萌发率。

2.2.5. 2017年12月5日采摘的荆条种子的处理

1) 水引发处理，2) 赤霉素处理，3) 聚乙二醇处理均同上。

之后对种子的处理均同上(除聚乙二醇处理的种子放置在铺有两层纱布的培养皿中)。

2.3. 测定指标与方法

种子发芽率(%) = 种子萌发数/供试种子数。

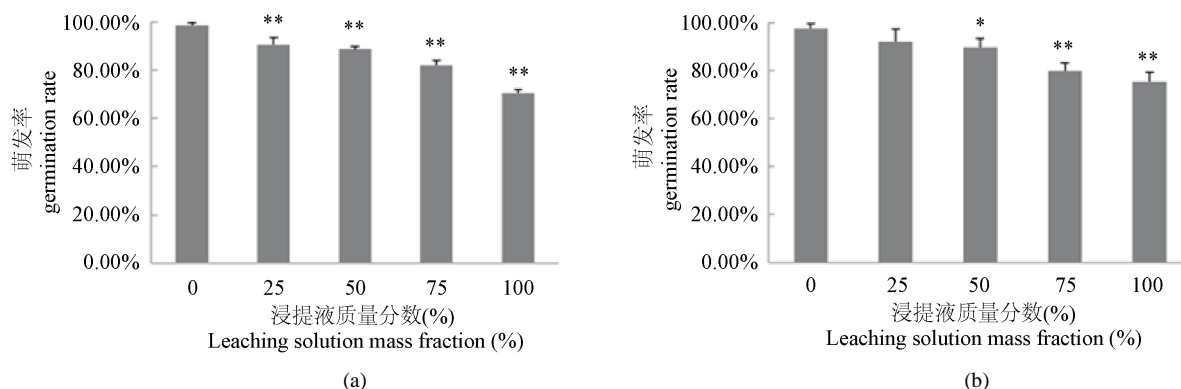
2.4. 数据分析

用Microsoft Excel 2016和SPSS21.0统计分析软件LSD统计法对数据进行显著性检验。

3. 实验结果与分析

3.1. 荆条种子中抑制性物质的鉴定

如图1(a)所示，分别经过0%、25%、50%、75%、100%的荆条种子(2017年9月26日所采收)浸提液处理后，油菜籽发芽率为(98.67% ± 1.15%)、(90.67% ± 3.06%)、(88.67% ± 1.15%)、(82.00% ± 2.00%)、(70.67% ± 1.15%)。可见，随浸提液浓度的增加，萌发率逐渐降低，且与对照差异显著(P < 0.01)，说明荆条种子含有一定量的抑制油菜籽萌发的物质。



注：*代表 P < 0.05；**代表 P < 0.01。

Figure 1. Effect of leaching solution from *Vitex negundo* seeds on germination rate of rapeseed (a) Seeds of *Vitex negundo* were collected on September 26, 2017; (b) Seeds of *Vitex negundo* were collected on December 5, 2017

图 1. 荆条种子浸提液对油菜籽萌发率的影响；(a) 2017年9月26日采摘的荆条种子；(b) 2017年12月5日采摘的荆条种子

如图 1(b)所示, 分别经过 0%、25%、50%、75%、100% 的荆条种子(2017 年 12 月 5 日所采收)浸提液处理后, 油菜籽发芽率分别为(97.78% ± 1.92%)、(92.22% ± 5.09%)、(90.00% ± 5.33%)、(80.00% ± 3.33%)、(75.56% ± 3.85%)。与同年 9 月 26 日采摘的荆条种子浸提液对油菜籽发芽率的影响相比, 两者都随着浸提液浓度增加, 发芽率下降, 但 12 月份采集的荆条种子中抑制性物质相对较低, 因为 25% 的种子浸提液, 对油菜种子萌发的抑制作用不显著。

3.2. 多种处理对 2017 年 9 月 26 日采摘的荆条种子发芽率的影响

对 2017 年 9 月 26 日采集的荆条种子进行了多种处理, 结果为水引发处理最高发芽率为(5.33% ± 1.15%), 赤霉素处理最高发芽率为(6.67% ± 1.15%), 聚乙二醇处理最高发芽率为(4.00% ± 2.00%), 而对照组发芽率仅为(1.33% ± 1.15%), 可见在经过以上三种处理后, 荆条种子的发芽率并无显著提高, 可能是 9 月采收时虽然结果枝已经变为褐色, 但植株的叶片仍为绿色, 荆条还能进行光合作用, 叶片还可以输送一部分营养到结果枝, 推测荆条种子成熟度不高, 胚发育不完全。

3.3. 多种处理对 2017 年 12 月 5 日采摘的荆条种子发芽率的影响

本研究重点对 2017 年 12 月采集的荆条种子进行了以下多种处理, 以探究直接采集的荆条种子的最佳发芽条件。

3.3.1. 水引发处理对种子发芽率的影响

适宜的水引发处理, 能够较好地促进种子萌发。图 2 为水引发荆条种子后萌发 15 天的幼苗。如图 3 所示, 水引发 1 d、2 d、3 d 后的荆条种子发芽率分别为(38.00% ± 2.00%)、(48.67% ± 5.03%)、(30.00% ± 2.00%), 对照组发芽率仅为(16.00% ± 4.00%)。可见水浸引发 2 d 后, 荆条种子的发芽率最高。在水引发 3 d 后, 荆条种子的发芽率下降了约 19%。经方差分析, 可知三种水引发处理与对照都存在显著性差异($P < 0.01$)。

3.3.2. 赤霉素处理对种子发芽率的影响

图 4 为经过不同浓度的赤霉素溶液处理荆条种子后萌发 15 天的幼苗。如图 5 所示, 经过赤霉素浓度 0.5 mg/L、1 mg/L、2.5 mg/L、5 mg/L、10 mg/L 处理的种子发芽率分别为(30.00% ± 4.00%)、(30.67% ± 4.16%)、(33.33% ± 3.06%)、(40.67% ± 5.03%)、(30.00% ± 2.00%), 而对照组发芽率仅为(16.00% ± 4.00%)。其中 5 mg/L 的赤霉素对种子萌发促进作用最好。赤霉素浓度高于 5 mg/L 时, 发芽率会降低。经方差分析, 可知四种赤霉素处理与对照均差异显著($P < 0.01$)。

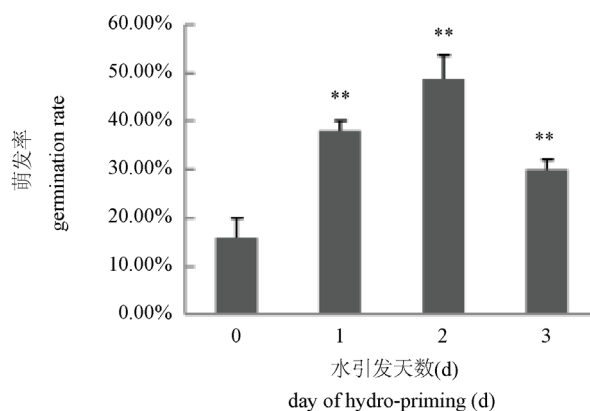
3.3.3. 聚乙二醇处理对种子发芽率的影响

如图 6 所示, 经过 5%、10%、15%、20% 的聚乙二醇处理后, 种子发芽率分别为(6.67% ± 1.15%)、(2.00% ± 2.00%)、(1.33% ± 1.15%)、0%, 对照组发芽率为(20.00% ± 2.00%)。其中 5% 的聚乙二醇处理后荆条种子发芽率最高, 经梯度浓度聚乙二醇处理后种子发芽率逐步下降, 最后降为 0%。由方差分析, 可知四种聚乙二醇处理与对照间差异显著($P < 0.01$)。



Figure 2. Seedlings germinated for 15 days after hydro-priming on *Vitex negundo* seeds

图 2. 水引发荆条种子后萌发 15 天的幼苗



注: **代表 $P < 0.01$ 。

Figure 3. Effect of hydro-priming on germination rate of *Vitex negundo* seeds

图 3. 水引发处理对荆条种子萌发率的影响

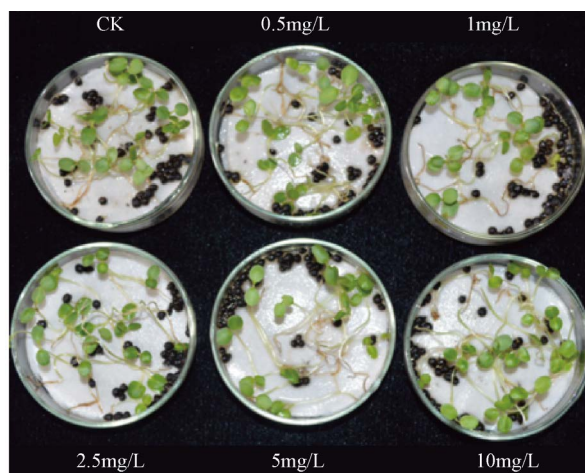
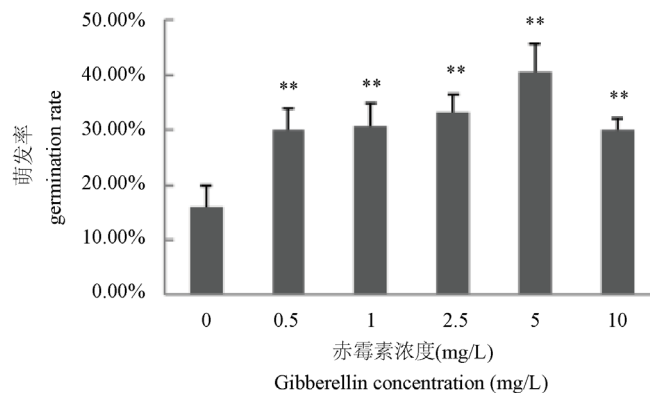


Figure 4. Seedlings germinated for 15 days after different concentrations of gibberellin treatment on *Vitex negundo* seeds

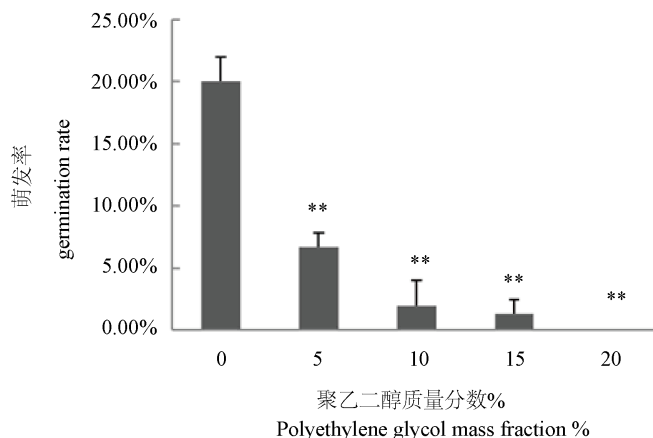
图 4. 不同浓度赤霉素溶液处理荆条种子后萌发 15 天的幼苗



注: **代表 $P < 0.01$ 。

Figure 5. Effect of gibberellin treatment on germination rate of *Vitex negundo* seeds

图 5. 赤霉素处理对荆条种子萌发率的影响



注: **代表 $P < 0.01$ 。

Figure 6. Effect of Polyethylene glycol treatment on germination rate of *Vitex negundo* seeds

图 6. 聚乙二醇处理对荆条种子萌发率的影响

4. 结论与讨论

本文两次取材的荆条种子浸提液分别稀释成 0%、25%、50%、75%、100% 处理五月慢油菜籽, 结果发现, 对照组的油菜籽萌发率最高, 随荆条种子浸提液浓度的提高, 处理后的油菜籽萌发率逐渐下降, 二次取材实验结果均表现为荆条种子中存在抑制油菜种子萌发的物质, 这与他人对紫斑牡丹和红豆杉种子抑制物的鉴定结果相似[20] [21]。根据两次取材即绿叶期(2017 年 9 月 26 日)和枯叶期(同年 12 月 5 日)的荆条种子浸提液稀释成 25% 的溶液处理油菜种子萌发率的结果推测: 绿叶期取材的荆条种子中抑制物质含量高于枯叶期取材的荆条种子。所以, 荆条种子的采摘时间以枯叶期较佳。

本研究着重研究了三种处理方法对 12 月份枯叶期采摘的野生荆条种子的萌发影响, 结果表明水引发 2 d, 荆条种子萌发率最高, 达(48.67% ± 5.03%), 且不同水浸时间均能促进种子萌发, 这与李义强的实验结论大致相同[17], 但李义强最佳水浸处理时间是 3 d, 并且种子萌发率高于本次研究, 这可能由于李义强实验所采用种子是种子公司提供, 而本研究是采摘的野生种子, 实验条件和材料的不同可能导致了结果的差异。赤霉素处理的效果次之, 浓度为 5 mg/L 的赤霉素溶液处理后荆条种子萌发率为(40.67% ± 5.03%), 低于王晓蓓的赤霉素处理结果[16], 这可能与种子没有经过低温层积处理有关。聚乙二醇处理效果最差, 随着聚乙二醇浓度的增加荆条种子萌发率逐渐下降, 可能与种子未完全发育有关。

荆条种子的种皮坚硬, 水浸荆条种子可以使荆条种子的种皮变软, 种子吸水膨胀, 提高种子活力[14], 进而促进种子萌发。荆条种子含有一段休眠期, 通过赤霉素处理使种子打破休眠, 但是在用赤霉素进行处理时, 需要注意赤霉素的浓度, 过高浓度的赤霉素会导致种子的萌发率降低。

2017 年 9 月 26 日(绿叶期)采摘的荆条种子, 同年 10 月开始做的实验, 荆条种子萌发率最高仅为(6.67% ± 1.15%)。而同年 12 月 5 日(枯叶期)采摘的荆条种子经 4 周低温保存后, 于 2018 年 4 月开始实验的荆条种子经过处理, 萌发率最高可达(48.67% ± 5.03%)。绿叶期采摘的荆条种子因种子萌发率非常低, 所以对种子破壳处理, 发现种子大约有 65% 的空壳率, 说明在 9 月份采摘的荆条种子严重地发育不良。另外, 35% 的种子也有休眠, 休眠的原因除了存在抑制性物质, 还可能与胚未发育完全等原因有关。我们直接采摘的野生型荆条种子可能还需要经过一定的低温层积处理[12], 使种子发育完全并打破休眠后才能应用于生产。而枯叶期荆条种子于采摘后经过了一段时间的 4 周低温保存, 可能有助于种子的后熟作用, 打破了种子休眠而促进了萌发。可见, 野生荆条种子不同的采摘时期会对种子萌发率产生一定的影响。

总之, 经过绿叶期和枯叶期两个采摘时间取材和不同处理方法对荆条种子的萌发研究发现, 荆条种子的休眠不仅与荆条果实外有坚硬的果壳有关, 且种子中存在抑制种子萌发的物质, 还需要后熟作用, 另外, 种子四个室中的种子胚发育不一致, 这些原因可能导致了荆条种子萌发率低。但在本研究中并未对荆条种子外壳的抑制性物质的成分进行鉴定, 所以, 荆条种子抑制性物质的成分和性质需要进一步的研究。

基金项目

山西省基础研究项目(No.2012011032)。

参考文献

- [1] 曲波, 张谨华, 陈永强, 杨振荣. 山西荆条分布现状及其群落结构研究[J]. 中国野生植物资源, 2017, 36(6): 65-67+74.
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1993: 145-146.
- [3] 韩保强, 杜一鸣, 张建平, 王亚琴, 赵永光, 徐兴友. 荆条果实的形态、结构与组分[J]. 河北科技师范学院学报, 2013, 27(3): 1-5.
- [4] 崔向东, 刘建敏. 荆条的实用价值及繁育技术[J]. 林业实用技术, 2010(12): 43-44.
- [5] Maruthi Prasad, E., Mopuri, R., Pulaganti, M., Kareem, M.A., Islam, Md.S., Dase Gowda, K.R., Irene, M., Lu, Y. and Kodidhela, L.D. (2017) Molecular Assessment of Protective Effect of *Vitex negundo* in ISO Induced Myocardial Infarction in Rats. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, **92**, 249-253. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.05.078>
- [6] Awale, S., Linn, T.Z., Li, F., Tezuka, Y., Myint, A., Tomida, A., Yamori, T., Esumi, H. and Kadota, S. (2011) Identification of Chrysopenetin from *Vitex negundo* as a Potential Cytotoxic Agent against PANC-1 and a Panel of 39 Human Cancer Cell Lines (JFCR-39). *Phytotherapy Research*, **25**, 1770-1775. <https://doi.org/10.1002/ptr.3441>
- [7] Manikandan, R., Thiagarajan, R., Beulaja, S., Sivakumar, M.R., Meiyalagan, V., Sundaram, R. and Arumugam, M. (2010) 1,2 Di-Substituted Idopyranose from *Vitex negundo* l. Protects against Streptozotocin-Induced Diabetes by Inhibiting Nuclear Factor-Kappa B and Inducible Nitric Oxide Synthase Expression. *Microscopy Research and Technique*, **74**, 301-307. <https://doi.org/10.1002/jemt.20904>
- [8] 陈金法. 荆条的繁殖管理与利用[J]. 特种经济动植物, 2011, 14(5): 37-39.
- [9] 孙秀琴, 田树霞. 荆条种子萌发生理条件的研究[J]. 林业科学研究, 1988, 1(6): 688-690.
- [10] 段中奎, 杨元保, 王秋生. 野生荆条人工繁殖试验及效益研究[J]. 中国水土保持, 1988(7): 29-31.
- [11] 郝铁山, 张均营, 张金香. 荆条育苗试验[J]. 河北林业科技, 1989(2): 23-24.
- [12] 乌兰巴特. 聚乙二醇预处理对沙棘种子萌发的影响[J]. 内蒙古农业科技, 2006(2): 42-43.
- [13] 王晓蓓, 韩烈保, 刘春霞. 优良水土保持灌木——野生荆条种子发芽实验研究[J]. 辽宁林业科技, 2007(4): 30-32.
- [14] 刘春香, 刘军禄, 黄明杰, 孙建福, 刘长林. 萌发后回干对种子耐贮藏性和再萌发的影响研究[J]. 植物学研究, 2018, 7(3): 294-304.
- [15] Paparella, S., Araújo, S.S., Rossi, G., Wijayasinghe, M., Carbonera, D. and Balestrazzi, A. (2015) Seed Priming: State of the Art and New Perspectives. *Plant Cell Reports*, **34**, 1281-1293. <https://doi.org/10.1007/s00299-015-1784-y>
- [16] Zhang, F., Yu, J., Johnston, C.R., Wang, Y., Zhu, K., Lu, F., et al. (2015) Seed Priming with Polyethylene Glycol Induces Physiological Changes in Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Seedlings under Suboptimal Soil Moisture Environments. *PLoS ONE*, **10**, e0140620. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140620>
- [17] 李义强, 宋桂龙, 郭宇. 水浸与赤霉素处理对荆条种子萌发影响研究[J]. 种子, 2012, 31(3): 10-13.
- [18] 张宁, 张壮, 张玮康, 张静, 温会英, 毛伟伟, 都华. 浓硫酸浸种对荆条种子发芽率的影响[J]. 现代农业科技, 2018(12): 143+146.
- [19] 毛伟伟, 王僮, 王勃翰, 郑安, 隋子庚, 韩雨. 不同浓度 1-丁基-3-甲基咪唑三氟甲烷磺酸盐离子液体对荆条种子生长发育的影响[J]. 现代农业科技, 2019(10): 109+115.
- [20] 周理平, 夏欢, 尹定森. 紫斑牡丹种子浸提液对油菜种子萌发的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(25): 15245-15246.
- [21] 吴啸峰. 红豆杉种子抑制物质的初步研究[J]. 植物生理学通讯, 1985(4): 23-26.