



周睿,杨磊,王喜勇,等.濒危药用植物塔吉克阿魏种子萌发特性[J].黑龙江农业科学,2023(12):68-74.

濒危药用植物塔吉克阿魏种子萌发特性

周睿^{1,2},杨磊^{2,3},王喜勇^{2,3},陆婷¹,李文军^{2,3,4}

(1. 新疆农业大学 林学与风景园林学院,新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 中国科学院 新疆生态与地理研究所/荒漠与绿洲生态国家重点实验室/干旱区生态安全与可持续发展重点实验室,新疆 乌鲁木齐 830011; 3. 新疆抗逆植物基因资源保育与利用重点实验室,新疆 乌鲁木齐 830011; 4. 中国塔吉克斯坦生物资源保护与利用联合实验室,新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要:塔吉克阿魏(*Ferula tadshikorum*)是重要的珍稀药用植物资源,探究其种子休眠特性并找到解除休眠的方法,是对其开展种迁地保护和人工种植的基础与前提。以塔吉克阿魏种子为研究材料,通过室内控制试验法对果实和种子基本生物学特性、种子吸水性、种子结构、种子萌发抑制物进行研究,并分析了萌发温度、层积处理、不同浓度 GA₃ 的交互处理对其萌发率、萌发势、萌发指数的影响。结果表明,种皮不阻碍种子吸水,果实形态成熟时种胚形态发育完全。种子粉末浸取液对小白菜种子萌发有显著抑制作用。使用15℃/5℃萌发温度,不使用 GA₃ 浸种,低温层积 45 d 能显著提高塔吉克阿魏种子萌发率。塔吉克阿魏种子休眠类型为生理休眠,是由于种子内萌发抑制物质和种胚生理后熟共同作用引起的。播种前将种子层积 45 d,而后置于 12 h/12 h 昼夜温度变化 15℃/5℃ 的环境下萌发可有效解除种子休眠从而促进种子萌发。

关键词:塔吉克阿魏;种子休眠;层积;赤霉素

濒危物种种子萌发能力直接影响到种群新个体的产生与补充,进而影响种群的稳定性^[1]。在自然条件下萌发率低是许多珍稀濒危植物种群自然更新困难的常见因素。因此,对珍稀濒危植物开展种子萌发特性研究是对珍稀濒危物种有效保护的重要基础。

阿魏属(*Ferula* L.)是伞形科(Apiaceae Lindl.)多年生一次结果或多次结果的草本,约有 180 余种,主要分布在欧洲南部地中海地区和非洲北部,还有伊朗、阿富汗、印度、巴基斯坦、俄罗斯的西伯利亚地区以及中国等地的干旱荒漠地区^[2]。阿魏属的多数种具有重要的药用价值,是药用阿魏的基原植物^[3]。塔吉克阿魏(*Ferula tadshikorum*)是伞形科阿魏属多年生一次结果草本,为塔吉克斯坦南部特有物种,高 1.5~2.5 m,药用成分含量高,是中亚和南亚药用阿魏的重要来源^[4]。近年来,气候变化,土地开垦,过度放牧和不合理挖采等因素,导致塔吉克阿魏种群规模急速减少,被评估为濒危物种(EN, Endangered)^[4]。

当前,众多专家学者对阿魏属部分植物进行了资源分布、植物分类学、营养器官解剖学、生殖生物学、化学成分和药理学、人工繁育及资源保护等方面的研究^[5-10]。研究发现,阿魏属植物通过有性繁殖产生后代,但该属植物的种子普遍存在休眠或萌发不整齐的特点,目前已有对于全裂叶阿魏(*F. dissecta*)、新疆阿魏(*F. sinkiangensis*)、托里阿魏(*F. krylovii*)、阜康阿魏(*F. fukanensis*)、羊食阿魏(*F. ovina*)、多伞阿魏(*F. feruloides*)、绿黄汁阿魏(*F. gummosa*)种子萌发的研究报道^[10-15],除全裂叶阿魏种子不存在萌发困难之外,其余几种阿魏的种子存在萌发困难。其中,新疆阿魏种子被鉴定为生理休眠^[15],绿黄汁阿魏种子则被鉴定为形态生理休眠^[14],这两种阿魏的种子都必须经过 40~60 d 的 3~5℃ 层积处理才能够萌发,而经过变温层积处理的托里阿魏种子和浸水处理的阜康阿魏种子萌发率同样可以提高^[13]。目前专家学者对于塔吉克阿魏只进行了化学成分提取、生殖生物、遗传分化方面的研究^[4,16-18],尚未见到有关塔吉克阿魏迁地保护相关研究报道,一定程度上限制了对该种的有效保护,急需对其开展迁地保护相关研究。

因此,本研究以塔吉克阿魏种子为研究材料,通过室内控制试验法,对其种子进行基本生物学特性、吸水性、种内结构、是否存在萌发抑制物以及不同处理对种子萌发影响的研究,从而探讨该物种种子萌发特性,对塔吉克阿魏的保护和繁育工作具有一定的理论与实际意义。

收稿日期:2023-09-30

基金项目:新疆维吾尔自治区区域协调创新专项(上海合作组织科技伙伴计划及国际科技合作计划)(2021E01020);新疆维吾尔自治区“天山英才”青年科技拔尖人才项目(2022TSYCCX0088);中国科学院西部青年学者项目(2022-XBQNXZ-003)。

第一作者:周睿(1998—),女,硕士研究生,从事园林植物应用研究。E-mail:2518756860@qq.com。

通信作者:陆婷(1970—),女,博士,副教授,从事园艺植物繁殖生物学研究。E-mail:luting0909@126.com。

1 材料与方法

1.1 材料

塔吉克阿魏果实为双悬果,采集果实后将分开的双悬果作为独立种子(生产上可称为“种子”的分果)。2019 年 6 月于塔吉克斯坦南部地区采集成熟的塔吉克阿魏果实。所有种子带回实验室后室温保存备用。

1.2 方法

1.2.1 种子基本生物学特性 使用体视显微镜观察种子形态、颜色、表皮纹理;使用精确度为 0.01 mm 的游标卡尺测量种子的长度、宽度;使用百粒法计算种子的千粒重^[19];使用 1.0% TTC 溶液染色测定种子的生活力^[20]。

千粒重(g)=(试样重/试样粒数)×1 000^[19]

种子生活力(%)=着色种子数量/测定种子数量×100^[20]

1.2.2 种子吸水性 为了解塔吉克阿魏种皮对种子吸水是否有阻碍作用,对种子进行吸水试验。随机选取新鲜的塔吉克阿魏种子,将其置于蒸馏水中在常温(约 25℃)下吸胀,每 1 h 用电子天平对种子进行称量,称量时用滤纸吸干种子表面水分后称量,直至种子质量变化极缓为止,每组处理 100 粒种子,3 次重复^[21]。

吸水率(%)=(浸种后质量-浸种前质量)/浸种前质量×100^[22]

1.2.3 种子结构解剖 为了解塔吉克阿魏种子内部结构,将其解剖观察。随机选取新鲜的塔吉克阿魏种子 10 粒,用小刀沿种子侧线切开,将其置于体视显微镜下观察并拍照^[15],3 次重复。

1.2.4 种子内萌发抑制物 为了解塔吉克阿魏种子内是否有萌发抑制物,将小白菜(*Brassica pekinensis* L.)种子置于塔吉克阿魏种子浸取液中进行萌发试验。随机称取新鲜塔吉克阿魏种子 4 g 研成粉末,在常温(约 25℃)下加入蒸馏水 30 mL 浸提,24 h 后用滤纸过滤出浸取液备用^[23]。随机选取饱满小白菜种子 30 粒,消毒后置于铺垫两层滤纸的培养皿中,加入上述浸取液 5 mL,与加入蒸馏水 5 mL 的小白菜种子做对比,两种处理的小白菜种子于常温(约 25℃)避光条件下进行萌发,每组处理 3 次重复。试验 96 h 后统计并计算小白菜种子的萌发率、萌发势、萌发指数。

萌发率(%)=正常萌发的种子数/供试种子总数×100^[24]

萌发势(%)=萌发高峰日萌发种子数/供试种子总数×100^[25]

萌发指数=∑(Gt/Dt)

其中,Dt 为萌发时间(d),Gt 为与 Dt 相对应的每天萌发种子数^[25]。

1.2.5 不同处理对种子萌发的影响 2019 年 9 月,随机选取新鲜塔吉克阿魏种子 1 200 粒,经 75%酒精消毒 30 s 并用无菌水冲洗后,设置 3 因素的交互试验,即 3 个种子萌发温度(12 h/12 h 昼夜变化,15℃/5℃、20℃/5℃、25℃/10℃),GA₃ 浸种浓度(0,500,1 000,1 500 mg·L⁻¹ 浸种 24 h),4 个低温层积时间(4℃下层积 0,30,45,60 d)^[13,22,24]。每个处理 25 粒种子,将处理后的种子置于 12 h/12 h 昼夜变化条件下在培养皿中进行萌发,每天观察并记录种子萌发数,直至连续 3 d 没有新的种子萌发,统计并计算种子最终萌发率、萌发势及萌发指数,每处理 3 次重复。

1.2.6 数据分析 使用 Origin 2021 和 Excel 2019 软件将数据制作图表,使用 SPSS 22.0 软件对数据进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 种子基本生物学特性

塔吉克阿魏的种子长椭圆形,具边翅,背腹扁压有棱线形隆起,黄色或棕黄色,表面光滑,有浓郁的葱蒜样臭味。长(15.63±1.01) mm,宽(7.01±1.49) mm,千粒重为(27.50±0.72) g,根据种子千粒重划分属于中粒种子;经 TTC 法测定种子生活力为(94.0±3.2)%。

2.2 种子吸水性

由图 1 可知,浸种 0~3 h 塔吉克阿魏种子吸水率快速上升,为急剧吸水阶段;浸种 3~48 h 内种子仍保持较快的吸水速度;浸种 48 h 后种子吸水率趋于稳定,吸水率达到最大值;最终吸水饱和状态时,种子吸水率为(233.07±13.9)%。说明塔吉克阿魏种皮(包括果皮)不阻碍种子吸水,种子不存在物理休眠现象。

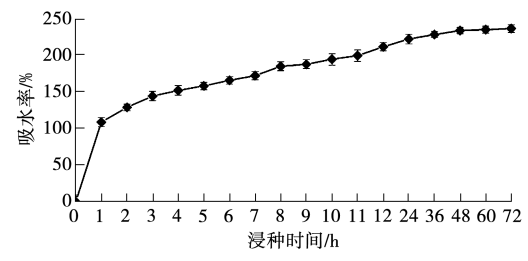
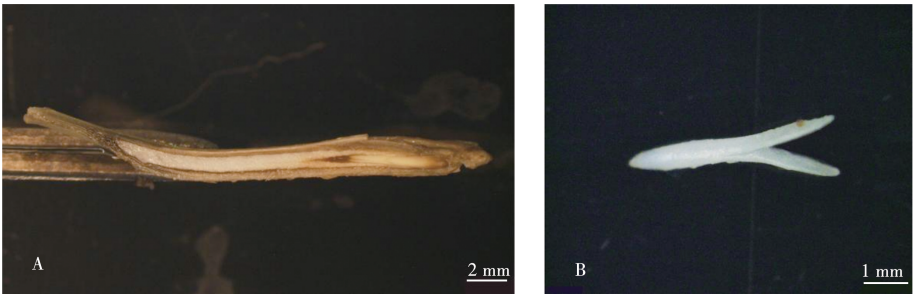


图 1 塔吉克阿魏种子吸水率变化图

2.3 种子解剖结构

由图 2 可知,塔吉克阿魏种子分为种皮、胚乳和胚三部分,种子的胚已经发育完全,分化出子叶、胚轴、胚根等结构。说明塔吉克阿魏果实成熟时种子的种胚分化完全,种子不存在形态休眠。



A. 新鲜种子纵切图;B. 新鲜种子种胚图。

图 2 塔吉克阿魏种子解剖结构

2.4 种内萌发抑制物

由图 3 可知,浸取液处理的小白菜种子萌发率、萌发势、萌发指数均显著低于蒸馏水处理,说明塔吉克阿魏种子浸取液明显抑制小白菜种子的萌发。因此,塔吉克阿魏种子内含的萌发抑制物具有抑制其种子萌发的作用。

2.5 不同处理对种子萌发的影响

2.5.1 温度对种子萌发的影响 不同温度条件下塔吉克阿魏种子的萌发情况如图 4 所示,在不使用 GA₃ 浸种、低温层积和只使用低温层积的条件下,15℃/5℃下的种子萌发状况最好,萌发率、萌发势和萌发指数显著高于 20℃/5℃和 25℃/10℃下的种子;不使用低温层积且不同浓度的 GA₃ 浸

种处理的种子,在 15℃/5℃下的萌发率、萌发势和萌发指数均高于 20℃/5℃和 25℃/10℃下的种子。

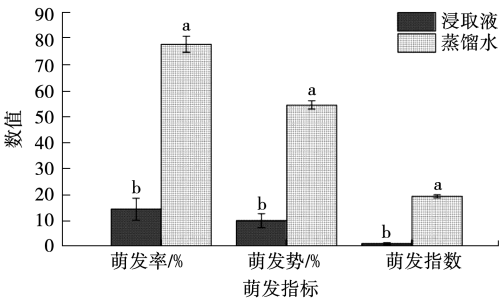


图 3 塔吉克阿魏种子浸取液对小白菜种子萌发的影响
注:不同小写字母表示不同处理间在 $P<0.05$ 水平差异显著。下同。

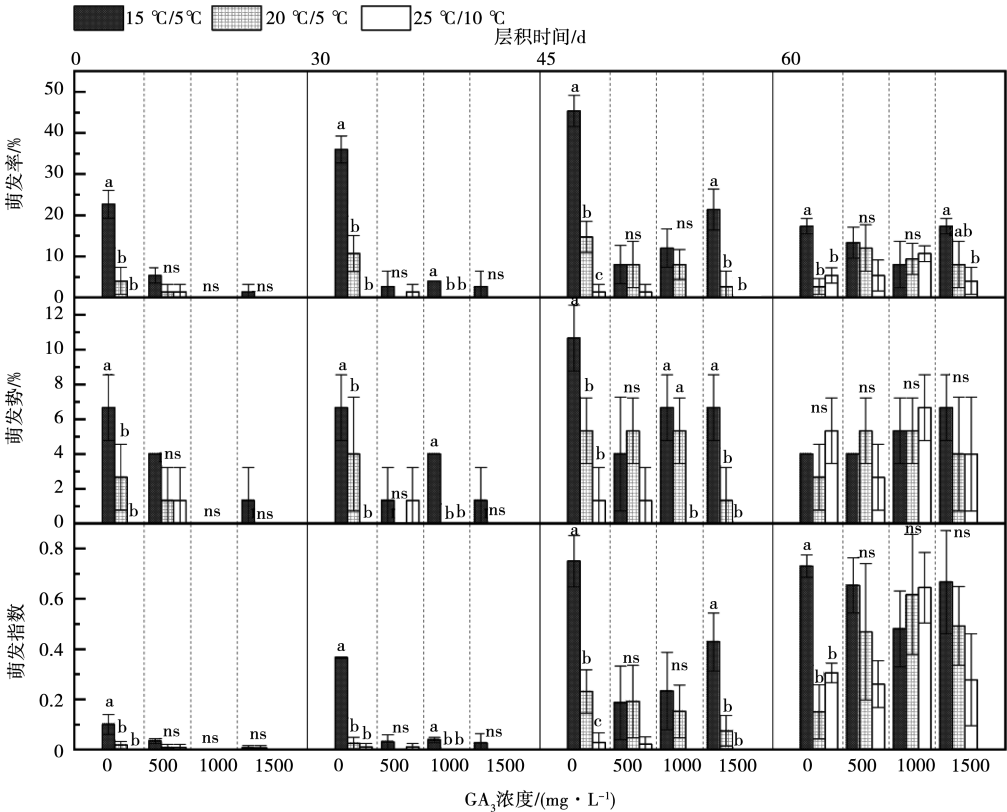


图 4 不同萌发温度处理对塔吉克阿魏种子萌发的影响

2.5.2 GA_3 浓度对种子萌发的影响 由图 5 可知,在低温层积 0,30 和 45 d 条件下,不使用 GA_3 浸种的种子在 15 ℃/5 ℃ 下萌发率、萌发势和萌发指数显著高于其他浓度 GA_3 处理的种子,但在 20 ℃/5 ℃ 和 25 ℃/10 ℃ 条件下则无显著影响;

在低温层积 60 d 条件下,不同浓度 GA_3 浸种对种子的萌发状况无显著性影响;在 3 种交互处理条件下,使用 0 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 浓度 GA_3 浸种的种子萌发状况优于其他浓度 GA_3 浸种的种子。

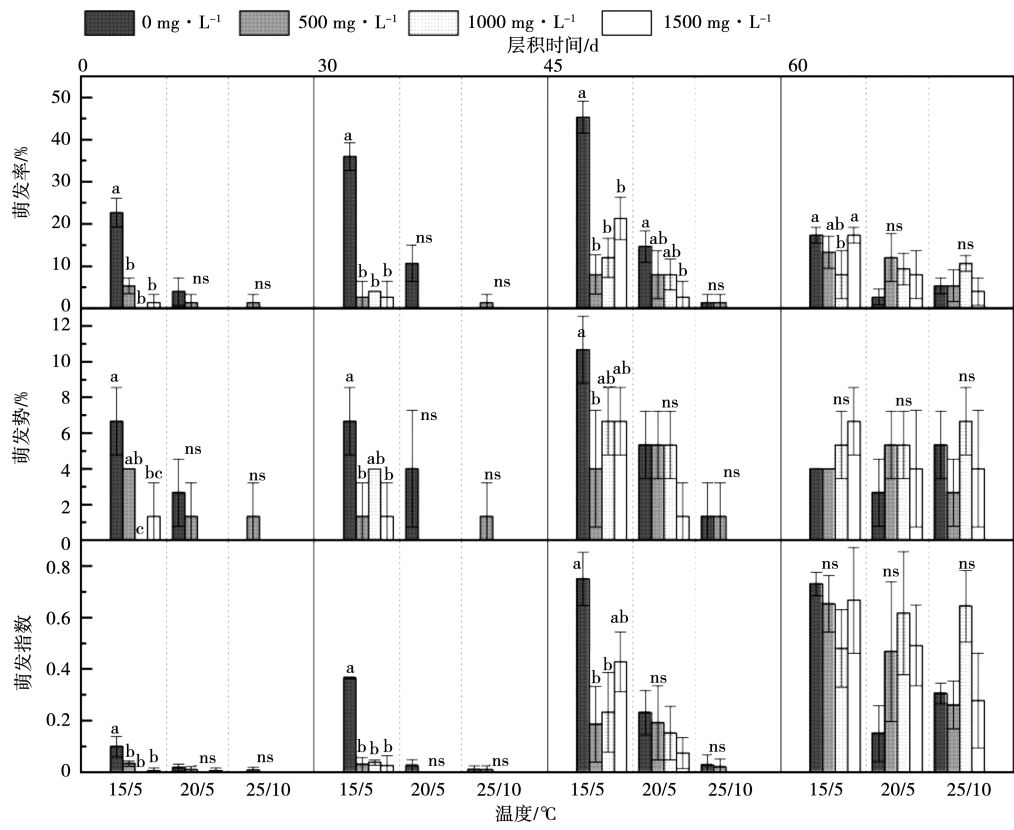


图 5 不同浓度 GA_3 浸种对塔吉克阿魏种子萌发的影响

2.5.3 低温层积对种子萌发的影响 由图 6 可知,在不使用 GA_3 浸种、15 ℃/5 ℃ 下,层积 45 d 处理的种子的萌发率、萌发势和萌发指数显著高于其他层积时间处理的种子,且优于其他温度下种子的萌发情况; GA_3 500 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 浓度处理的种子,萌发率、萌发势和萌发指数在不同萌发温度下均随层积时间的延长而增长,1 000 和 1 500 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 浓度处理的种子,在 15 ℃/5 ℃ 下种子萌发率、萌发势随层积时间先增长后下降,萌发指数随层积时间增长而增长,在 20 ℃/5 ℃ 和 25 ℃/10 ℃ 下种子萌发率、萌发势和萌发指数随层积时间延长而增长;在 3 种交互处理条件下,层积 45 d 处理的种子,在不使用 GA_3 浸种,15 ℃/5 ℃ 条件下种子萌发效果最好,萌发率为 $(45.3\pm 8.2)\%$ 。

3 讨论

3.1 塔吉克阿魏种子休眠类型

国际通用分类中种子休眠分为物理休眠

(PY)、形态休眠(MD)、生理休眠(PD)、形态生理休眠(MPD)和复合休眠(PY+PD)5 种类型^[26]。种皮的透水障碍是造成种子物理休眠的原因,胚未分化完全是引起种子形态休眠的原因^[27],本研究中塔吉克阿魏种子的种皮与果皮不阻碍种子吸水,果实形态成熟时种胚已分化完全,但在适宜萌发条件下塔吉克阿魏种子无法萌发,推测该种子与新疆阿魏和托里阿魏情况类似^[13],种胚虽然形态上成熟,但在生理上却没有成熟,必须在一定条件下完成生理后熟才能萌发^[15]。种子萌发抑制物的存在是种子生理休眠的原因之一,此类物质对同种或异种种子萌发具有延迟或抑制作用^[27],本研究中塔吉克阿魏种子浸取液对小白菜种子的萌发有显著抑制作用,因此该种子内含有萌发抑制物,与同属植物新疆阿魏和阜康阿魏情况相同^[10,23]。综上所述,塔吉克阿魏种子具有生理休眠,与同属植物新疆阿魏为同一种休眠类型^[13]。

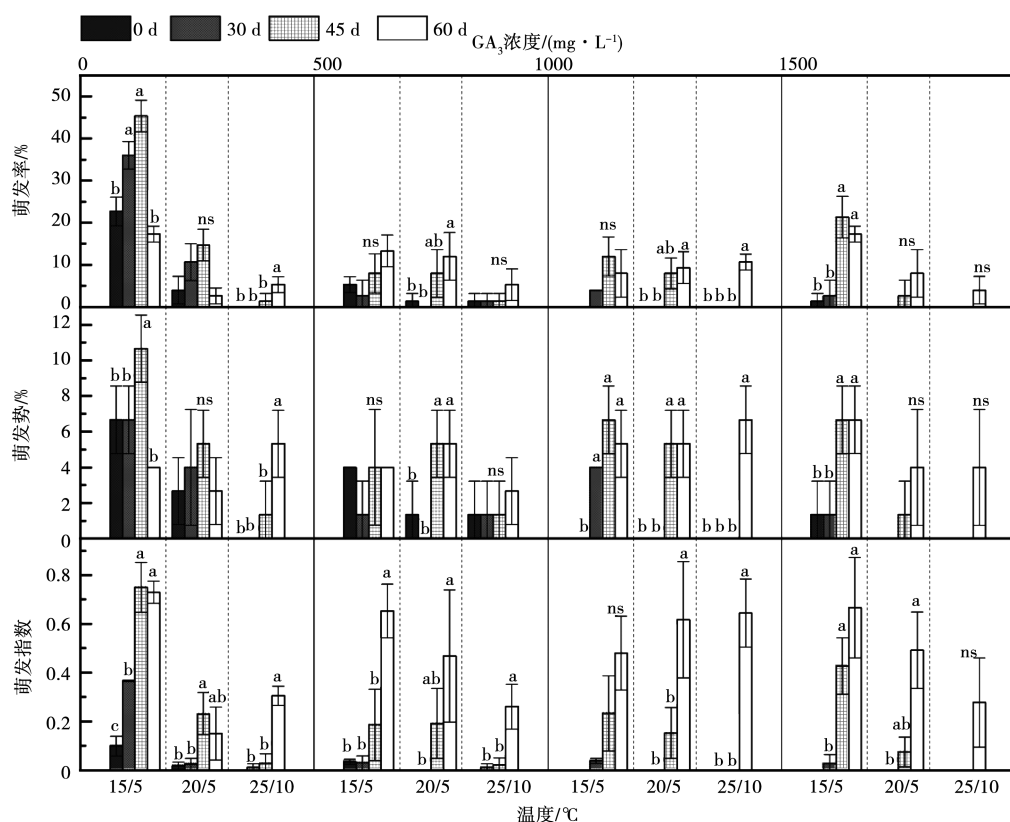


图6 不同低温层积时间对塔吉克阿魏种子萌发的影响

种子休眠是植物长期适应复杂环境条件形成的一种生理生态特性,是植物为了抵御干旱、盐害、低温等各种不良生存环境以延续生命的一种机制,休眠特性与其地理起源和分布地的环境条件有关^[28]。塔吉克斯坦属典型的大陆性气候,境内山地和高原占93%,东南部为冰雪覆盖的帕米尔高原^[29]。塔吉克阿魏主要生长在塔吉克斯坦南部山麓的灰色和白色土壤以及中山区稀疏森林的石质斜坡上^[4],其种子成熟时为高温的7月至8月,区域降水量少土壤水分少,之后种子将度过寒冷和降水量多的冬季,待到春季气温回暖后温度、光照和水分条件均有利于幼苗生长时种子才会萌发。休眠降低了冬季低温对塔吉克阿魏种子萌发和幼苗建植过程中的死亡风险,因此其种子生理休眠和低温层积萌发的状况是该物种长期环境适应的结果。

3.2 塔吉克阿魏种子破眠方法

种子是植物生活史中最关键的阶段,种子的萌发受自身因素和外界因素的共同影响^[30]。温度是影响植物种子萌发和出苗最重要的环境因子之一,物种萌发的温度需求是植物长期形成的一种适应策略^[31]。研究表明,塔吉克阿魏的种子在15℃/5℃下萌发状况最好,表明其种子可以在早春较冷的环境中萌发,迅速占据环境中的空间、

养分,为后期幼苗的生长和竞争奠定有利的基础。GA₃是一种广泛存在的具备高度生理活性的植物激素,可诱导与种子萌发相关酶的合成,促进种子内部物质的转化,进而促进种子萌发^[32]。适宜的GA₃浓度对于种子萌发有促进作用,过高的GA₃浓度则会减弱对种子萌发的促进效果,甚至抑制种子萌发^[33]。在新疆阿魏种子萌发的研究中,GA₃的使用虽然能够加快种子的萌发,但是种子整体萌发率低于不使用GA₃浸种处理的种子^[15],本研究中,适量GA₃处理能够促进塔吉克阿魏的种子在25℃/10℃下的萌发,但种子萌发率均显著低于不使用GA₃浸种0 d层积处理在15℃/5℃下的萌发率。塔吉克阿魏种子与新疆阿魏种子状况类似,表明GA₃对部分植物种子萌发存在抑制作用。低温层积是一种有效的解除种子休眠的方法,可降低种子中的抑制物质含量,使种皮软化、提高透性,完成种胚后熟,解除种胚生理抑制作用引起的生理休眠^[34]。本研究中,不使用GA₃浸种+15℃/5℃+低温层积45 d处理的种子萌发率、萌发势和萌发指数显著高于其他处理,进一步证明低温层积可以有效打破塔吉克阿魏种子的休眠。

综上所述,塔吉克阿魏种子存在生理休眠,是由于种子内萌发抑制物质和种胚生理不成熟共同

作用引起的。低温层积能有效促进塔吉克阿魏种子萌发。在播种前,先将种子进行 45 d 低温层积处理,放置于 15℃/5℃ 环境中萌发可提高种子萌发率,缩短种子萌发时间。相关研究结果可为塔吉克阿魏迁地保护和人工栽培提供科学指导。但本研究仅对塔吉克阿魏种子休眠类型做了初步判断,探讨了萌发的温度、浸种的 GA₃ 浓度、低温层积的时间对种子萌发的影响,对于塔吉克阿魏种子萌发过程中的胚率的变化,种子萌发抑制物存在的类型与部位,以及光照、湿度等多种环境因素共同作用下对种子休眠的影响还需进一步研究。

4 结论

种子萌发是植物生长的最初阶段和关键阶段,种子休眠可以大大减少植物在萌发和幼苗建植过程中的死亡风险。通过室内控制实验法研究塔吉克阿魏果实和种子,塔吉克阿魏种子长(15.63±1.01)mm,宽(7.01±1.49)mm,千粒重(27.50±0.72)g,生活力(94.0±3.2)%;种皮透水性强,不存在物理休眠;成熟时种胚发育完全,不存在形态休眠;适宜的萌发条件为低温层积 45 d,12 h/12 h 昼夜温度变化 15℃/5℃。因此,本研究得出了塔吉克阿魏种子存在生理休眠,15℃/5℃+层积 45 d 可有效解除种子休眠,从而促进种子萌发。本研究结论可为塔吉克阿魏迁地保育过程中,种子播种前的层积催芽提供参考依据。

参考文献:

- [1] 吴小巧,黄宝龙,丁雨龙.中国珍稀濒危植物保护研究现状与进展[J].南京林业大学学报(自然科学版),2004,28(2):72-76.
- [2] PLUNKETT G M, PIMENOV M G, REDURON J P, et al. Apiaceae[M]//Flowering Plants. Eudicots. Cham: Springer International Publishing, 2018: 9-206.
- [3] 郭婷婷,周亚平,党文,等.传统中药阿魏的“前世”与“今生”[J].中草药,2021,52(17):5401-5413.
- [4] YANG L, HISORIEV H, KURBONOVA P, et al. High genetic diversity and low differentiation of endangered *Ferula tadshikorum* M. Pimenov, in Tajikistan[J]. Global Ecology and Conservation, 2021, 28: e01627.
- [5] 谢彩香,石明辉,郭宝林,等.濒危野生新疆阿魏低空遥感资源调查[J].世界科学技术—中医药现代化,2014,16(11):2480-2486.
- [6] 谭秀芳,李晓瑾,杜翠玲,等.药用植物阿魏概况及研究进展[J].中国民族民间医药杂志,2006,15(1):12-15.
- [7] 孙丽,石书兵,朱军,等.阿魏的传统应用及现代研究概况[J].中国现代中药,2013,15(7):620-626.
- [8] 何森.濒危野生新疆阿魏保护措施探索[J].新疆农垦科技,2018,41(5):9-10.
- [9] 何爽,谭敦炎.阿魏的研究进展[J].新疆农业大学学报,2002,25(2):1-7.
- [10] 阿卜杜许库尔·牙合甫,玉山江·依布拉音,海利力·库尔班.阜康阿魏种子打破休眠及其人工种植研究[J].新疆农业科学,2008,45(3):494-497.
- [11] FASIH M, AFSHARI R T. The morphophysiological dormancy of *Ferula ovina* seeds is alleviated by low temperature and hydrogen peroxide[J]. Seed Science Research, 2018, 28(1):52-62.
- [12] SURAN D, BOLOR T, BAYARMAA G A. In vitro seed germination and callus induction of *Ferula ferulaeoides* (Steud.) Korov. (Apiaceae)[J]. Mongolian Journal of Biological Sciences, 2016, 14(1-2):53-58.
- [13] 张梦幻,祁建军,李先恩,等.三种阿魏种子萌发特性的研究[J].中国农业科技导报,2016,18(5):49-53.
- [14] ZARDARI S, GHADERI-FAR F, SADEGHIPOUR H R, et al. Deep and intermediate complex morphophysiological dormancy in seeds of *Ferula gummosa* (Apiaceae)[J]. Plant Species Biology, 2019, 34(3):85-94.
- [15] 田聪.新疆阿魏种子萌发与快速繁殖技术初步研究[D].乌鲁木齐:新疆大学,2008.
- [16] PEREL'SON M E, BANDYSHEV V V, SKLYAR Y E, et al. New terpenoid coumarins from *Ferula tadshikorum*[J]. Chemistry of Natural Compounds, 1976, 12(5):533-537.
- [17] SHAROPOV F S, KHALIFAEV P D, SATYAL P, et al. The chemical composition and biological activity of the essential oil from the underground parts of *Ferula tadshikorum* (Apiaceae)[J]. Records of Natural Products, 2018, 13(1):18-23.
- [18] RAHIMOV S, SAIDOV S. Influence of environmental conditions on the formation of generative organs *Ferula tadshikorum* M. Pimenov[J]. BIO Web of Conferences, 2021, 38:00104.
- [19] 时凯旋,赵凯旋,訾明茹,等.知母种子质量检验方法研究[J].种子,2020,39(9):143-146.
- [20] 陈兵先,张琪,戴彰言,等.水稻种子 TTC 染色及萌发特性研究[J].广东农业科学,2021,48(7):1-8.
- [21] 朱敏嘉,黄俊华,杨文英,等.裕民贝母种子形态休眠特性研究[J].北方园艺,2019(21):109-117.
- [22] 刘占文,赵小亮,李艳宾.新疆阿魏种子休眠特性及发芽条件研究[J].种子,2010,29(6):69-71.
- [23] 李询,董诚明,邢冰,等.多花黄精种子萌发抑制物特性研究[J].种子,2020,39(6):108-110.
- [24] 李海微.大花铁线莲(*Clematis patens*)种子破眠及扦插繁殖技术研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2021.
- [25] 李啟萌,宗宪春.盐胁迫对红黄两种秋葵种子萌发的影响[J].中国林副特产,2021(2):4-6,8.
- [26] 张鹏.种子休眠相关概念及分类研究进展[J].种子,2012,31(7):54-57,61.
- [27] 李蓉,叶勇.种子休眠与破眠机理研究进展[J].西北植物学报,2005,25(11):2350-2355.
- [28] 吴海波,宋博洋,张烁,等.种子休眠与萌发研究中若干问题的探讨[J].种子,2017,36(1):76-81.
- [29] 黄俊华,翟申修,姚雨仙,等.塔吉克斯坦种子植物区系分析[J].干旱区地理,2013,36(4):584-590.
- [30] 李阳,李想,丁芳兵,等.直立委陵菜种子萌发对环境因子的响应[J].陕西农业科学,2021,67(3):44-49.
- [31] 白梦杰,陶奇波,韩云华,等.十种荒漠植物种子萌发对温度的响应[J].草业学报,2019,28(12):53-62.
- [32] YUAN Z H, WANG C T, LI S P, et al. Effects of different plant hormones or PEG seed soaking on maize resistance to drought stress[J]. Canadian Journal of Plant Science, 2014,

94(8):1491-1499.

- [33] 黄宁,刘革宁,杨继生,等.赤霉素浓度和浸种时间对枫香种子萌发的影响[J].种子,2021,40(3):97-101.

- [34] 王娜,张中华,周华坤,等.温度、冷层积和化学试剂处理对3种莎草科植物种子萌发的影响[J].草地学报,2022,30(12):3284-3293.

Seed Germination Characteristics of Endangered Medicinal *Ferula tadshikorum*

ZHOU Rui^{1,2}, YANG Lei^{2,3}, WANG Xiyong^{2,3}, LU Ting¹, LI Wenjun^{2,3,4}

(1. College of Forestry and Landscape Architecture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology/ Key Laboratory of Ecological Safety and Sustainable Development in Arid Lands/Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 3. Xinjiang Key Laboratory of Conservation and Utilization of Plant Gene Resources, Urumqi 830011, China; 4. Sino-Tajikistan Joint Laboratory for Conservation and Utilization of Biological Resources, Urumqi 830011, China)

Abstract: *Ferula tadshikorum* is an important rare medicinal plant resource. Exploring the dormancy characteristics of its seeds and finding ways to break dormancy are the scientific basis and premise for its ex situ conservation and artificial cultivation. Taking its wild seeds as the research material, the basic biological characteristics of fruit and seed, seed water absorption, seed structure and seed germination inhibitors were studied by indoor control experiment method, and the effects of germination temperature, stratification treatment and interaction of different concentrations of GA₃ on germination rate, germination potential and germination index were analyzed. The results showed that, the seed coat did not hinder seed water absorption and the embryo morphology developed completely when the fruit was mature. The seed powder leaching solution had a significant inhibitory effect on the germination of Chinese cabbage seeds. Using 15 °C /5 °C germination temperature, without GA₃ soaking, low temperature stratification for 45 days can significantly improve the germination rate of *F. tadshikorum* seeds. The seed dormancy type of *F. tadshikorum* was physiological dormancy, which was caused by the combination of germination inhibitors in seeds and physiological after-ripening of embryo. Seed stratification for 45 days before sowing and then germination at 15 °C /5 °C can effectively relieve seed dormancy and promote seed germination.

Keywords: *Ferula tadshikorum*; seed dormancy; stratification; gibberellin

(上接第 67 页)

Abstract: In order to clarify the relationship between the occurrence of wild *Helvella elastica* and the ecological environment and soil environment, and then provide some reference for the domestication and cultivation of Wild *Helvella elastica*. This study investigated the ecological environment where wild *Helvella elastica* occurred in Kelan, Shanxi Province, and determined the soil pH and nutrient content (including organic matter, alkali hydrolyzable nitrogen, available phosphorus, available potassium, effective copper, effective zinc, effective iron, effective manganese) in the different soil layer(0,5,10 cm) and different distance(0,50,100 cm). The results showed that the pH of the soil where the wild *Helvella elastica* occurred was between 7.89 and 8.23, showed an alkaline state. And the soil contained organic matter was 26.37 g·kg⁻¹, alkali hydrolyzable nitrogen, available phosphorus, available potassium, effective copper, effective zinc, effective iron, effective manganese were 129.61, 9.16, 157.80, 0.82, 6.12, 4.86 and 15.25 mg·kg⁻¹. The nutrient content in the surface soil where wild *Helvella elastica* occurs was higher than that in the deep soil, and with the increase of soil depth, the content of soil organic matter, alkali hydrolyzable nitrogen, available phosphorus, available potassium, and available manganese were gradually reduced. Meanwhile, the content of organic matter, alkaline hydrolyzable nitrogen, available copper, available zinc, and available iron in occurrence soil were higher than that in non occurrence soil, while the content of available phosphours, available potassium, and available manganese were lower than that in non occurrence soil. According to the grading standards of the second national soil census, it can be seen that wild *Helvella elastica* are more likely to occur in alkaline soil with moderate organic matter content, phosphorus deficiency, and potassium enrichment.

Keywords: *Helvella elastica*; soil pH; soil nutrient; different soil layer