

种子附属物及贮藏方式对 4 种野生灌木种子萌发和生活力的影响

李明远¹, 赵晓英¹, 艾赛提², 杨忆舒¹, 帕如扎·哈力木拉提¹

(1. 新疆师范大学生命科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830054; 2. 乌鲁木齐市柴窝堡国有林场管理处, 新疆 柴窝堡 830076)

摘要:以采于新疆青河县の木賊麻黃(*Ephedra equisetina*)和达坂城柴窩堡的木蓼(*Atraphaxis frutescens*)、戈壁藜(*Iljinia regelii*)和木本猪毛菜(*Salsola arbuscula*)种子为研究对象, 去除种子附属物作对照, 对成熟鲜种子和短期野外土壤中贮藏和室内干贮藏后种子的生活力和萌发进行了研究, 以研究种子附属物及贮藏方式对种子萌发及生活力保持的作用。结果表明: 木賊麻黃、戈壁藜和木本猪毛菜成熟鲜种子在各变温下的萌发率均接近 100%, 木蓼在 4 个温度下萌发率均较低, 大部分种子处于休眠状态。鲜种子的附属物抑制木賊麻黃种子萌发, 促进木蓼种子的萌发。短期贮藏后, 附属物不利于木賊麻黃以及野外贮藏木蓼种子生活力的保持, 有利于野外贮藏的戈壁藜种子生活力的保持。附属物抑制贮藏后木蓼种子的萌发, 对木賊麻黃、戈壁藜贮藏后种子及木本猪毛菜鲜种子的萌发均无影响, 木本猪毛菜无论有无附属物, 贮藏后种子均失去生活力。在植被恢复播种和贮藏中, 可以考虑去除木賊麻黃的种子附属物, 保留木蓼和戈壁藜种子的附属物, 木本猪毛菜种子不宜贮藏至第 2 年。

关键词:种子附属物; 种子生活力; 贮藏; 种子萌发; 植被恢复; 荒漠灌木; 干旱区

中图分类号: Q945 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2021)05-0093-06

DOI: 10.13817/j.cnki.cyycp.2021.05.013

种子附属物指包裹种子的果皮和果翅、苞片、冠毛、果毛等附属结构, 是果实适应传播的重要性状。大多数植物在种子成熟后, 以种子为单位进行传播, 在适宜条件下萌发。而有些植物是以果实或果序为传播和萌发单位^[1-3]。种子附属物除了具有保护和传播种子的功能外, 还对种子萌发具有调节作用。研究表明, 宽翅菘蓝(*Isatis violascens*)^[4]、甜荞(*Fagopyrum esculentum*)和苦荞(*Fagopyrum tataricum*)^[5]的种子附属物对

种子萌发具有促进作用, 而霸王(*Zygophyllum xanthoxylum*)^[6]、白梭梭(*Haloxylon Persicum*)^[7]、钠猪毛菜(*Salsola nitraria*)^[8]、草麻黄(*Ephedra sinica*)^[9]、当归(*Angelica sinensis*)^[10]、塔里木沙拐枣(*Calligonum roborowskii*)^[11]、芸香科桔榆属植物 *Ptelea trifoliata* 和 *P. crenulata*^[12] 的种子附属物对种子萌发具有抑制作用, 百岁兰属 *Welwitschia mirabilis* 的种子附属物对萌发的影响因生境不同而异, 附属物抑制纳米布沙漠种群的种子萌发^[13], 而对意大利 *Naples* 大学的栽培种群的萌发无显著影响^[14]。有关种子附属物对种子活力的保持, 有研究表明: 丝叶芥(*Leptaleum filifolium*)和甘青念珠芥(*Neotorularia korolkovii*)有附属物种子在埋藏一年后仍有 60% 的种子具有生活力^[15], 绵果芥在干贮藏后有附属物种子的生活力显著高于无附属物的种子^[16], 宽翅菘蓝在埋藏 12 个月无附属物种子的生活力高于有附属物种子的^[4]。可见, 附属物对种子生活力的影响因种和贮藏方式而异。

收稿日期: 2021-06-07; 修回日期: 2021-09-13

基金项目: 新疆师范大学逆境生物学重点实验室项目(XJ-NUSYS112017A05); 新疆高校重点项目(XJEDU2019I020); 国家自然科学基金项目(42067068)

作者简介: 李明远(1998-), 男, 河南鄢陵人, 大学。

E-mail: 1094064292@qq.com

赵晓英为通讯作者。

E-mail: zzhaoxy@163.com

灌木是荒漠植被的重要组成部分,对维持荒漠生态系统稳定及生物多样性具有重要作用。灌木常作为退化荒漠植被恢复的候选植物,利用本地野生灌木提高植被成效已成为干旱区植被恢复的趋势^[17]。甘肃古浪县沙漠和绿洲过渡带^[18]、河西走廊^[19]等地引种了麻黄,宁夏盐池引种了沙木蓼(*Atraphaxis bracteata*)、东疆沙拐枣(*Calligonum klementzii*)等^[20],古尔班通古特沙漠在1984年就开始建造人工梭梭(*Haloxylon ammodendron*)林,这些灌木对荒漠地区植被恢复发挥了重要作用。

木贼麻黄(*Ephedra equisetina*)、木蓼(*Atraphaxis frutescens*)、戈壁藜(*Iljinia regelii*)、木本猪毛菜(*Salsola arbuscula*)为灌木,是荒漠草地的优势种或重要组成种,是干旱区植被修复的潜在候选植物,这几种灌木的种子都有附属物(图1)。在植被修复中如果采用种子直播或育苗,首先遇到的问题就是种子生活力和萌发问题。如果当年临冬播种,至第2年春季种子萌发前,种子在野外贮藏了6个月左右,如果是在第二年春季播种,种子则会在仓库贮藏6个月左右。那么,不同贮藏方式附属物对种子生活力的保持、萌发乃至休眠解除有怎样的作用?采集或贮藏种子时,种子附属物是去除还是保留,都是有待研究的问题。基于很多荒漠灌木种子附属物对种子生活力保持有促进作用,但是对种子休眠解除和萌发具有抑制作用,因此,我们假设:(1)这4种荒漠草地灌木的种子附属物有利于其种子生活力的保持;(2)附属物对种子萌发具有抑制作用。

1 材料和方法

1.1 种子采集地自然概况

木贼麻黄采自阿勒泰地区青河县哈依亨(N 46°30'N, E 90°9',海拔1 270 m),该地区年均降水量19.7 mm,年均温1.7℃(1989~2018年,青河县气象局)。戈壁藜、木本猪毛菜和木蓼均采自达坂城地区柴窝堡(N 43°39', E 88°9',海拔1 058.7 m),该区干旱少雨长年大风,年均降水量52.3 mm,年均温7.4℃,年均风速6.4 m/s(1989年至2018年,达坂城气象局),这两个地方均为干旱冷凉地区。

1.2 种子的采集及特性

供试植物在自然条件下以果实为传播和萌发单

位,因此本研究中的种子采集单位为果实。2019年10月于木贼麻黄果实成熟期,2019年6~9月于木蓼、戈壁藜、木本猪毛菜果实成熟期,在其自然群落中随机采收每种植物10株,每株收集30~100粒成熟果实,带回实验室在通风环境下放置两周,自然晾干,将果实充分混匀,装入纸袋,存放在室温干燥环境下备用。对这4种植物的果实及其果皮进行观察拍照,木贼麻黄为裸子植物,其果实为雌球花,种子被肉质“花被”包裹(图1-A);木蓼为蓼科植物,其果实为瘦果,在果期种子被增大的内轮花被片包被(图1-B);戈壁藜和木本猪毛菜为藜科植物,包裹戈壁藜种子的为边缘膜质、中部肥厚并隆起的小苞片(图1-C),包裹木本猪毛菜种子的是果期生有翅的花被片以及宿存的花萼(图1-D),这些均为种子附属物。



图1 4种灌木的果实及种子

Fig. 1 Fruits and seeds of four shrubs

注:A:木贼麻黄;B:木蓼;C:戈壁藜;D:木本猪毛菜

1.3 试验方法

1.3.1 鲜种子的萌发 将每种植物带有附属物和去除附属物的种子各400粒,放置于直径100 mm的培养皿,每个培养皿25粒种子,以90 mm湿润滤纸为基质,4个重复,放入光照培养箱培养,温度设置为5℃/15℃、10℃/20℃、15℃/25℃、15℃/30℃(12 h光/12 h暗,光强8 000 lx),接近这两个生境生长季月平均最低/最高气温。在萌发过程中,保持滤纸湿润,以胚长出2 mm即视为萌发。每天统计萌发的种子数,持续4周。试验结束后用解剖刀剖开未萌发的种子,观察胚并用TTC法检测种子活性,计数发红的有生活力的种子数,计算种子萌发率,萌发率=(萌发种子数/有生活力种子数)×100%^[17]。

1.3.2 种子附属物处理及萌发 于种子成熟当年 10 月,取晾干备用的果实 2 份各 150 粒,其中 1 组为完整果实,带有种子附属物,视为有附属物种子,另一组去除种子附属物只保留种子,视为无附属物种子。两组种子装入纱网袋中,每种植物各 4 袋。其中一组埋放在柴窝堡自然植被的空地(土壤基质基本一致、周围无植物)土中深约 2.5 cm 处,此处理视为野外贮藏,用 50 cm×50 cm 的方形铁网框(四围用木条链结)钉住,以防被风吹走,同时用 DS1923 型纽扣温度计记录种子所在位置的湿度和温度。另一份放在实验室(20℃~23℃,25%~36% RH),接近生产实际中常用的仓库为干热贮藏,每个处理 4 个重复,共 8 袋。于第 2 年 3 月底将 8 袋种子拿出,带回实验室。挑出无生活力的空瘪和腐烂的有附属物种子和无附属物种子,计算无生活力种子的百分比,有生活力种子比率=(有生活力种子数/供试种子数)×100%。剩余有生活力的种子(包括有、无附属物的)放入光照培养箱(12 h 光/12 h 暗,光强 8 000 lx,15℃/25℃变温)培养(鲜种子萌发实验表明此温度几种植物的种子萌发率均最高),每天统计萌发数持续 4 周。实验结束时用 TTC 检测剩余种子的生活力,计数死种子数和有生活力种子数,分别计算有、无附属物种子的萌发率,萌发率=(已萌发种子数/有生活力种子数)×100%。

1.4 数据处理

统计分析采用 SPSS 20.0 软件和 Microsoft Excel 2010 软件对数据进行处理和绘图,萌发试验结果以平均值(Mean)±标准误(SE)表示,采用单因素分析(One-way ANOVA)检验进行差异显著性分析。

2 结果和分析

2.1 鲜种子的萌发

在 4 个温度下木贼麻黄种子的萌发率在 91%~100%,木本猪毛菜和戈壁藜种子的均为 100%(图 2),且萌发速度很快(表 1)。木蓼种子的萌发率均不高,在 5℃/15℃ 下的萌发率最低,为 19%。在 10℃/20℃、15℃/25℃、15℃/30℃ 下的萌发率为 27%~37%,这三个温度间差异不显著($P>0.05$)。

2.2 贮藏处理种子的萌发

贮藏 6 个月后,木贼麻黄无论干热贮藏还是野外

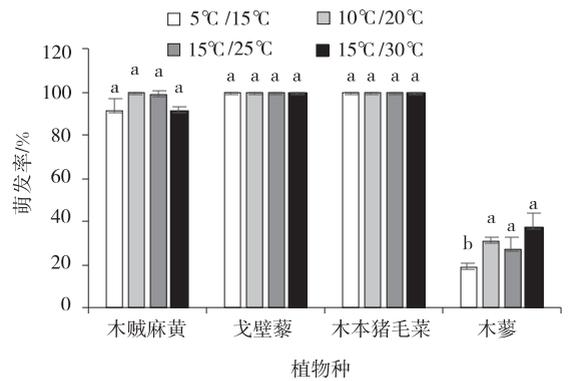


图 2 4 种植物成熟鲜种子在不同培养温度下的萌发率

Fig. 2 Germination percentage of fresh mature seeds of four species under different temperatures

注:小写字母不同表示同种植物不同温度间萌发率差异显著($P<0.05$)

贮藏,均表现为不带附属物的种子生活力明显高于带附属物的种子($P<0.05$)(图 3)。木蓼的种子野外贮藏后不带附属物种子的生活力明显高于带附属物种子的($P<0.05$),而干热贮藏后的差异不显著($P>0.05$)。木本猪毛菜种子无论经过室内贮藏还是野外贮藏,无论带或不带附属物,均失去生活力。戈壁藜带附属物的种子的生活力高于不带附属物种子的,野外贮藏的尤为明显($P<0.05$)。

木贼麻黄成熟时不带附属物的种子萌发率明显高于带附属物的种子($P<0.05$),经干热贮藏和野外贮藏后,带附属物种子的萌发率明显提高,带附属物种子与不带附属物种子差异不显著($P>0.05$)。木蓼鲜种子带附属物种子的萌发率明显高于不带附属物的($P<0.05$)。戈壁藜无论鲜种子还是贮藏后的,有附属物种子和无附属物种子的萌发率均为 100%($P>0.05$)(表 1)。

木贼麻黄的鲜种子和贮藏后的带附属物种子明显比不带附属物的慢($P<0.05$)(表 1)。木蓼鲜种子萌发速度有附属物与无附属物的差异不显著,但干热贮藏后无附属物种子的萌发速度比有附属物的快了近一倍($P<0.05$),而野外贮藏的差异不显著($P>0.05$)。木本猪毛菜和戈壁藜鲜种子和贮藏后种子均在培养 24 h 内开始萌发。在培养第 1 天时,木本猪毛菜带附属物种子的萌发率已超 50%,而不带附属物的萌发率高达 97%,且在第 2 天结束萌发。戈壁藜萌发速度也较快,但带附属物种子与不带附属物种子的差异不显著($P>0.05$)(表 1)。

表 1 有、无附属物种子贮藏后在 15℃/25℃ 下的萌发率和萌发速度

Table 1 Percentage of seed germination and time to reach 50% germination at 15/25℃ for fresh seeds or seeds stored in two different methods with or without appendages

植物种	种子附属物处理	萌发率和萌发速度					
		鲜种子		干热贮藏		野外埋藏	
		GF/%	T50/d	GF/%	T50/d	GF/%	T50/d
木贼麻黄	有附属物	77±6.4 ^{Bb}	20±0.7 ^{Aa}	95±5.0 ^{ABa}	17±1.4 ^{ABa}	100±0 ^{Aa}	16±0.9 ^{Ba}
	无附属物	99±1.1 ^{Aa}	9±0.6 ^{ABb}	94±4.3 ^{Aa}	6±1.4 ^{Bb}	100±0 ^{Aa}	9±0.4 ^{Ab}
木蓼	有附属物	58±6.5 ^{Aa}	15±2.6 ^{Aa}	18±6.1 ^{Bb}	16±1.3 ^{Aa}	45±3.7 ^{Ab}	5±0.4 ^{Ba}
	无附属物	23±5.3 ^{Bb}	17±1.9 ^{Aa}	45±10.1 ^{ABa}	7±1.5 ^{Bb}	75±10.1 ^{Aa}	5±0.6 ^{Ba}
戈壁藜	有附属物	100±0 ^{Aa}	1±0 ^{Aa}	100±0 ^{Aa}	1±0 ^{Aa}	100±0 ^{Aa}	1±0 ^{Aa}
	无附属物	100±0 ^{Aa}	1±0 ^{Ab}	100±0 ^{Aa}	1±0 ^{Aa}	100±0 ^{Aa}	1±0 ^{Aa}
木本猪毛菜	有附属物	100±0 ^{Aa}	2±0 ^a	0 ^{Ba}	腐烂	0 ^{Ba}	腐烂
	无附属物	100±0 ^{Aa}	1±0 ^b	0 ^{Ba}	腐烂	0 ^{Ba}	腐烂

注:GF为总萌发率,T50为达到总萌发率50%时的时间(d)。大写字母不同表示不同贮藏方式差异显著($P<0.05$),小写字母不同表示不同附属物处理间差异显著($P<0.05$)

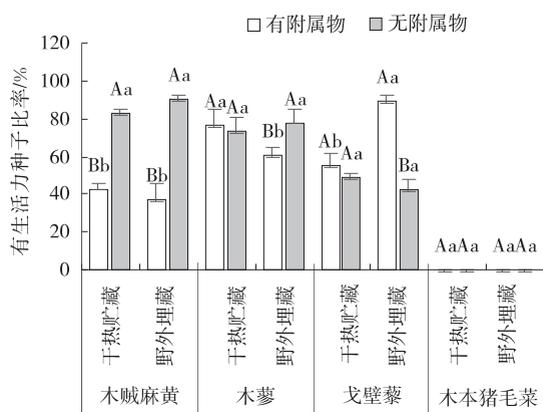


图 3 种子在不同地方贮藏后的具有生活力种子比率

Fig. 3 Effects of seed storage methods on percentage of viable seeds for four species

注:大写字母不同表示不同附属物处理间差异显著($P<0.05$),小写字母不同表示贮藏方式间差异显著($P<0.05$)

3 讨论

3.1 鲜种子的萌发温度

木贼麻黄、木本猪毛菜和戈壁藜种子在 4 个温度下萌发率均接近 100%(图 1),说明在自然条件下,只要条件适宜,3 种植物的大部分种子在生长季的任何时候均可萌发,这与荒漠灌木霸王^[21]和杂草酸模(*Rumex acetosa*)^[22]的种子萌发特性相似。本研究中 3 种植物的生境均为荒漠,降水稀少且不可预测,年均温低,为干旱冷凉地区,在任何时间都可萌发有利于种子在水分条件适宜时即刻萌发,增大建苗机会。木蓼在 4 个温度下萌发率均较低,说明大部分种子是休眠的,与同属植物长枝木蓼的研究结果相似^[23]。

3.2 附属物与种子生活力

第 1 个假设是这 4 种植物的种子附属物有利于其种子活力的保持,但研究结果并未支持这一假设。无论哪种贮藏方式,木贼麻黄去除附属物种子的生活力高于有附属物种子的,说明其附属物不利于种子生活力的保持。本试验中观察到带附属物的木贼麻黄种子发霉严重。有研究表明,包被木贼麻黄种子的肉质花被中含有丰富的有机物、无机盐等营养物质^[24],从而容易滋生微生物,造成种子腐烂的重要原因。而木蓼种子附属物的存在只降低了野外贮藏后种子的生活力,对于干热贮藏后的种子生活力无影响。可能因为木蓼种子外宿存的花被片是开裂的(图 1-B),野外土壤条件下花被片对种子的保护有限,这与宽翅菘蓝的结果一致^[4]。戈壁藜和木本猪毛菜均为藜科植物,果实为胞果,无论哪种贮藏方式,戈壁藜带附属物种子的生活力均高于不带附属物的,可见附属物有利于种子生活力的保持,这与绵果芥^[16]的研究结果一致。木本猪毛菜种子萌发速度快,且很容易失活,不管哪种贮藏方式,有无附属物的种子均很快失活。由此可见,种子生活力的保持和衰退不仅取决于该植物的遗传特性和种子附属物结构,还取决于贮藏条件。

3.3 附属物对种子萌发的影响

第 2 个假设是种子附属物对 4 种植物的种子萌发具有抑制作用,但研究结果并不支持该假设。

对于鲜种子而言,附属物抑制木贼麻黄种子的萌发,促进木蓼种子的萌发,对其他两种的无显著影响。贮藏之后,对木贼麻黄种子萌发无明显影响。可能因

为贮藏后木贼麻黄种子附属物变干并脱离种子,其抑制作用消失,这与草麻黄^[9]成熟鲜种子的研究结果相似。贮藏后,附属物抑制木蓼种子的萌发,类似于同属植物香蓼(*Polygonum viscosum*)^[25]、芸香科桔榆属的两种植物^[12]、霸王^[6]、白梭梭^[7]、高枝假木贼(*Anabasis elatior*)^[26]、几种猪毛菜属植物^[8,27]的研究结果。戈壁藜种子附属物对贮藏后种子的萌发均无影响,可能因为其包裹种子的小苞片贴合紧密,对种子具很好的保护作用。木本猪毛菜种子附属物对成熟鲜种子的萌发无影响,贮藏后无论有无附属物,种子均失去生活力。由此可见,种子附属物对种子萌发的影响取决于种子结构、休眠特性及贮藏条件。在植被恢复实施时的种子采购和贮藏中,木本猪毛菜不宜放到第2年,木贼麻黄、木蓼、种子附属物的去留可以根据种子贮藏条件和播种时段而定,可以保留戈壁藜种子附属物。

从萌发速度来看,木贼麻黄种子附属物使种子萌发延迟了1周,可能因为,木贼麻黄的附属物为肉质花被片,吸水后膨胀阻隔种子与外界联通,当附属物吸水达到饱和状态后,种子才能获得萌发所需要的水分,软化较硬的种皮使胚突破种皮^[28],这与具假种皮的卫矛(*Euonymus alatus*)^[29]、当归(*Angelica sinensis*)^[10]的结果相似。同时,以往研究表明,麻黄的附属物中含有抑制萌发的物质,延迟种子萌发^[9],本研究中木贼麻黄也可能含有抑制萌发的物质,因而延迟种子萌发。本研究中的戈壁藜和木本猪毛菜的鲜种子均在一天内完成萌发,属于快速萌发类型,不易受附属物的影响,这与同为藜科的碱蓬(*Suaeda glauca*)、盐穗木(*Halostachys caspica*)^[30]在2~4 d内完成萌发的特性相似。

4 结论

木贼麻黄、戈壁藜和木本猪毛菜成熟鲜种子在5℃/15℃、10℃/20℃、15℃/25℃、15℃/30℃下萌发率均接近100%,木蓼种子萌发率均很低,大部分种子是休眠的。种子附属物不利于木贼麻黄两种贮藏和木蓼野外贮藏后种子生活力的保持,有利于野外贮藏戈壁藜种子生活力的保持。种子附属物抑制木贼麻黄成熟鲜种子的萌发,促进木蓼鲜种子的萌发,对戈壁藜和木本猪毛菜无显著影响。贮藏后,附属物对种子萌发的影响因贮藏条件和物种而异,木本猪毛菜无论有无附属物,贮藏后种子均失去生活力。在植被恢复播种和贮藏中,可以考虑去除木贼麻黄的种子附属物,保留木

蓼和戈壁藜的种子附属物,木本猪毛菜种子易失活,不宜贮藏至第2年。

致谢:新疆特殊环境物种保护与调控生物学实验室提供实验条件。乔家利等参与萌发试验。

参考文献:

- [1] Gutterman Y. Seed Germination in Desert Plants[M]. Berlin:Springer Verlag,1993.
- [2] 刘志民. 科尔沁沙地植物繁殖对策[M]. 北京:气象出版社,2010.
- [3] 刘晓风,谭敦炎. 24种十字花科短命植物的扩散体特征与扩散对策[J]. 植物生态学报,2007,31(6):1019-1027.
- [4] 周园梅. 宽翅菘蓝果皮与萌发时间对土壤种子库及生活史的影响[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2015.
- [5] 周兵,闫小红,杨芳珍,等. 果皮对不同甜芥和苦芥品种种子萌发特性的影响[J]. 井冈山大学学报(自然科学版),2016,37(6):42-47.
- [6] 余进德. 霸王(*Zygophyllum xanthoxylum*)果翅对种子萌发和土壤种子寿命的影响[D]. 兰州:兰州大学,2009.
- [7] 魏岩,王习勇. 果翅对梭梭属(*Haloxylon*)种子萌发行为的调控[J]. 生态学报,2006,26(12):4014-4018.
- [8] 王梦茹,魏岩. 古尔班通古特沙漠钠猪毛菜种子异型性及其萌发行为研究[J]. 草业学报,2019,28(3):85-92.
- [9] 斯琴巴特尔,哈斯巴根,乌日娜,等. 草麻黄种子发芽生理特性研究[J]. 中药材,2009,32(5):656-659.
- [10] 米永伟,龚成文,王国祥,等. 当归果翅对种子吸水与发芽进程的影响[J]. 植物研究,2021,41(2):174-179.
- [11] 曹当当,迪丽娜尔·阿布拉,艾沙江·阿不都沙拉木. 塔里木沙拐枣果实刺毛对果实扩散及萌发的影响[J]. 植物科学学报,2019,37(5):653-661.
- [12] Talcott Anna J, Graves William R. Cold Stratification and Pericarp Removal Improve Seed Germination of *Ptelea trifoliata* and *Ptelea crenulata*[J]. HortScience, 2020,55(4):503-506.
- [13] Bornman C H, Elsworth J A, Butler V, et al. *Welwitschia mirabilis*: observations on general habit, seed, seedling, and leaf characteristics[J]. Madoqua, 1972, II 1,53-66.
- [14] Di Salvatore M, Carafa, Carratù. Environmental requirements for germination of dispersion units of *Welwitschia mirabilis* Hook. fil[J]. Journal of Arid Environments, 2016,125(FEB):116-121.
- [15] Lu Juan-Juan, Tan Dun-Yan, Baskin Carol C. Delayed dehiscence of the pericarp: role in germination and retention of viability of seeds of two cold desert annual Brassicaceae species[J]. Plant Biology, 2017,19(1):14-22.

- [16] Jannathan Mamut, Tan Dun-Yan, Carol C. Baskin, *et al.* Role of trichomes and pericarp in the seed biology of the desert annual *Lachnoloma lehmannii* (Brassicaceae) [J]. Ecological Research, 2014, 29(1): 33–44.
- [17] 赵晓英, 孙成权, 陈怀顺. 恢复生态学-生态恢复的原理与方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2001.
- [18] 王忠文, 王晓琴, 张杰. 干旱荒漠区麻黄引种种植试验研究[J]. 甘肃科技, 2012, 28(11): 137–138.
- [19] 陈叶, 秦嘉海. 河西走廊荒漠化土壤资源及麻黄草改土培肥效应[J]. 水土保持通报, 2005, 25(3): 69–71.
- [20] 黄利江, 于卫平, 张广才, 等. 几种新引进植物在盐池沙地中的适应性研究[J]. 林业科学研究, 2004, 17(B12): 47–52.
- [21] 王姣. 霸王种子在达坂城原生境的萌发和休眠[D]. 乌鲁木齐: 新疆师范大学, 2017.
- [22] Baskin J M, Baskin C C. Does seed dormancy play a role in the germination ecology of *Rumex crispus*? [J] Weed Science, 1985, 33: 340–343.
- [23] 李晓梅, 赵晓英, 王志勇, 等. 刺木蓼和长枝木蓼种子休眠的解除及萌发条件[J]. 植物研究, 2010, 30(5): 600–603.
- [24] 蔺福生, 刘珊, 张飞虎, 等. 麻黄种子采收及播前处理[J]. 中药材, 1998, 21(7): 325–328.
- [25] 何森, 常进, 刘娇. 香蓼种子休眠与萌发特性[J]. 东北林业大学学报, 2015, 43(1): 17–19.
- [26] 韩建欣, 魏岩, 严成. 果翅和盐分对高枝假木贼种子萌发的影响[J]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学学报, 2011, 34(1): 12–15.
- [27] 王宏飞. 散枝猪毛菜的种子多型性及其生态适应对策[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2007.
- [28] 张燕燕, 陶荣. 环境因子对濒危植物斑种草种子萌发的影响[J]. 现代农业科技, 2020(19): 69–70+75.
- [29] 赵武. 七种植物假种皮与肉质种皮化学成分与功能研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2015.
- [30] 韩占江, 程龙, 李志军, 等. 塔里木盆地 7 种藜科植物种子萌发特性的研究[J]. 种子, 2016, 35(9): 1–5.

Effects of appendages on seed germination and viability of four desert shrubs in China

LI Ming-yuan¹, ZHAO Xiao-ying¹, AI Saiti², PARUZA Hamulati¹

(1. College of Life Science, Xinjiang Normal University, Urumqi, 830054; 2. Chaiwopu Forest Station, Urumqi 830039, China)

Abstract: Seed appendages are important traits for fruit dispersal, and play a role in seed germination and vitality maintenance. The viability and germination of seeds with and without appendage were tested in four species including *Ephedra equisetina* collected from Qinghe County, *Atraphaxis frutescens*, *Iljinia regelii* and *Salsola arbuscula* collected from Chaiwopu, Dabancheng in Xinjiang after short-term storage in field soil and dry room. The results showed that germination percentage was close to 100% under all four different temperatures for three species, but not for *A. frutescens* with most dormant seeds. For fresh mature seeds, appendage inhibited seed germination of *E. equisetina* and promoted the germination of *A. frutescens*. After short storage, the appendages decreased the viability of seeds for *E. equisetina* and *A. frutescens*, but increased viability of *I. regelii* seeds stored in the field. The appendages inhibited germination of stored seeds for *A. frutescens*, and had no effects on germination of stored seeds for both *E. equisetina* and *I. regelii*. All seeds of *S. arbuscula* either with or without appendages lost viability after short storage. The effects of seed appendages on seed viability and germination depended on the seed dormancy characteristics, appendage structure and storage conditions. It is recommended that seed appendages should be removed for *E. equisetina* and be preserved for *A. frutescens* and *I. regelii* for revegetation. Seeds of *S. arbuscula* should not be stored to the following year.

Key words: appendages; arid region; desert shrubs; revegetation; seed germination; storage; viability