

# 贮藏方式对伊犁绢蒿种子萌发及生理特性的影响

武文超<sup>1</sup>, 汤丽斯<sup>1</sup>, 刘慧霞<sup>1</sup>, 崔雨萱<sup>1</sup>, 孙强<sup>2</sup>, 孙宗玖<sup>1,3</sup>

(1. 新疆农业大学草业与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆维吾尔自治区草原总站, 新疆 乌鲁木齐 830049; 3. 新疆草地资源与生态自治区重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830052)

**摘要:**通过对常温贮藏(N)、常温真空贮藏(NZ)、零下低温贮藏(C)、真空零下低温贮藏(CZ)、零下低温贮藏(F)及真空零下低温贮藏(FZ)6个月的伊犁绢蒿种子萌发特征、千粒重、含水率、相对电导率及可溶性糖含量的测定,探讨贮藏方式对伊犁绢蒿种子萌发及种子质量的影响,并通过隶属函数综合评价方法筛选最适贮藏方式。结果表明:真空低温贮藏下伊犁绢蒿种子含水率、千粒重均高于非真空常温贮藏,且CZ种子含水率显著高于其他处理 26.90%~142.27%,FZ、CZ千粒重较NZ、N高22.61%~26.42%( $P<0.05$ );N、NZ胚根长显著高于FZ,FZ、CZ胚芽长、幼苗干重均显著高于NZ、N,而低温真空贮藏下发芽率、出苗率高于常温贮藏;可溶性糖含量真空处理高于非真空处理,FZ、CZ较N、C显著增加34.27%~56.18%,而相对电导率低温贮藏显著低于常温贮藏,C、CZ、F、FZ较N、NZ显著降低33.15%~43.56%。综上,伊犁绢蒿种子活力 $FZ>CZ>NZ>F>C>N$ ,伊犁绢蒿种子最佳贮藏方式为真空零上和零下贮藏。

**关键词:**伊犁绢蒿;贮藏方式;种子萌发;可溶性糖含量;综合评价

**中图分类号:**S54 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2022)01-0133-09

**DOI:** 10.13817/j.cnki.cyycp.2022.01.018



种子活力是检验种子品质的重要指标,也是衡量种子寿命长短的重要依据。高活力种子具有明显的生长优势和生产潜力,在农业生产方面具有十分重要的意义<sup>[1]</sup>。种子活力以及寿命因植物种类不同而存在明显差异,如在常温贮藏下绿豆(*Vigna radiata*)、小豆(*V. ahgularis*)种子寿命可达数十年,而柳树(*Salix babylonica*)种子寿命只有短短几十个小时<sup>[2]</sup>。同时,种子活力也与其成熟度、贮藏温度、贮藏湿度、基质等因素息息相关<sup>[3]</sup>。如垂穗披碱草(*Elymus nutans*)在

盛花期后25~31 d收获,其种子活力最大<sup>[4]</sup>;花生(*Arachis hypogaea*)<sup>[5]</sup>、於术(*Atractylodes macrocephala*)种子低温贮藏可有效延缓老化<sup>[7]</sup>;−15℃贮藏10个月的扁穗冰草(*Agropyron cristatum*)种子发芽率显著高于20℃贮藏处理,而胚根长、胚芽长则因种子含水量差异表现并不一致<sup>[6]</sup>。因此,寻找适宜贮藏条件对优良种质资源长期贮藏具有重要现实意义和应用价值。

目前,不同贮藏方式对种子活力的影响已有较多报道,研究物种多为作物、蔬菜、花卉等,方式主要集中于低温贮藏、液氮超低温贮藏、干藏、真空或不同因素组配<sup>[8-9]</sup>,且其影响种子活力的生理生化机制可能有所不同。种子千粒重、含水率反映种子饱和度及质量<sup>[11]</sup>,发芽率、发芽势及发芽指数反映其萌发活力及其整齐度,胚根长、胚芽长和幼苗干重反映种子萌发后幼苗生长的茁壮度<sup>[12]</sup>,而可溶性糖含量则为种子萌发提供能量供给,决定其是否能正常萌发为成株<sup>[13-14]</sup>,

**收稿日期:**2020-12-30; **修回日期:**2021-04-09

**基金项目:**国家基础资源调查专项(2017FY100200);新疆农业大学校级研究生创新项目(XJAUGRI2020014)资助

**作者简介:**武文超(1995-),男,内蒙古赤峰人,硕士研究生。E-mail:595106607@qq.com  
孙宗玖为通信作者。E-mail:nmszj@21cn.com  
孙强为通信作者。E-mail:549136952@qq.com

相对电导率则表征种子细胞膜结构和功能完整性,反映了其活力保持状态<sup>[15]</sup>。真空密封包装可使普通小麦(*Triticum aestivum*)种子糖类物质高于室温贮藏,延长其贮藏期限<sup>[8]</sup>。霍平慧等<sup>[9]</sup>指出,超干处理后苜蓿(*Medicago sativa*)种子发芽率明显提高,相对电导率显著降低。液氮超低温贮藏3年的粮食、蔬菜、花卉等21个品种种子发芽率无显著变化,但生长势降低、酶活性升高<sup>[10]</sup>。相对而言,有关草种质特别是生态修复野生种质种子的最佳储藏方式研究相对较少。

伊犁绢蒿(*Seriphidium transiliense*)作为菊科绢蒿属半灌木,具有抗旱、抗寒、耐牧、营养价值高、寿命长和适应性强等特点<sup>[16]</sup>,是新疆退化荒漠草地补播的首选草种之一。目前,随荒漠草地生态修复项目的实施,伊犁绢蒿种子需求量日益增多,导致其种子采收量大幅增加,但其种子多在常温下贮藏,这可能会影响其种子萌发活力,进而影响其补播成效。伊犁绢蒿种子多在10月收获<sup>[17]</sup>,而播种一般在翌年3月才开始进行,导致其在常温下贮藏时间达到半年甚至更久。同时,野外退化草地补播时,初期伊犁绢蒿种子会大量发芽,但后期萌发的幼苗出现大量死亡<sup>[18]</sup>,这可能与种子贮藏过程中自身贮藏能量消耗过多,导致其萌发后期能量供应不足有关。因此,为了更好地保存伊犁绢蒿种子活力,本研究采用贮藏温度(常温、零上低温、零下低温)、包装条件(真空、非真空)双因素实验设计,以贮藏6个月的种子为对象,通过对其萌发特征、生长指标、相对电导率及可溶性糖的测定,明确不同贮藏方式对其种子活力相关指标的影响,筛选最佳贮藏方式,以期生产中伊犁绢蒿种子的高质量保存提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试材料

伊犁绢蒿野生种子于2019年10月31日采自乌鲁木齐水磨沟区伊犁绢蒿荒漠草地(N 43°47', E 87°41', 海拔453 m)。在试验区内随机布设5个10 m×10 m的样方,齐地刈割后形成混合样带回室内<sup>[19]</sup>。室内自然风干、脱粒后立即用自封袋进行贮藏。贮藏前伊犁绢蒿种子可溶性糖含量为(11.1±0.1)mg/kg,相对电导率为(10.6±0.3)%,千粒重为(179.4±2.5)mg,种子含水率为(8.1±0.6)%,发芽率为(88.0±1.6)%。

### 1.2 实验设计

采用双因子(贮藏温度、包装条件)实验设计<sup>[20]</sup>,贮藏温度设置常温(15~25℃)、零上低温(3~5℃)、零下低温(-15~-20℃)3个处理,包装条件设置真空(-50~-60 kPa)、非真空(乌鲁木齐地区的标注大气压:0.9 kPa)2个处理,总计6个处理组合,即常温贮藏(N)、常温真空贮藏(NZ)、零上低温贮藏(C)、真空零上低温贮藏(CZ)、零下低温贮藏(F)、真空零下低温贮藏(FZ)。贮藏时间为6个月。

纸上萌发实验:萌发实验开始前,每种贮藏方式取大小一致、籽粒饱满的伊犁绢蒿种子4份,每份50粒。种子经70%酒精消毒30~60 s,蒸馏水冲洗3~5次后,置于直径为90 mm,铺有双层滤纸的玻璃培养皿中,在光照培养箱(GTOP-380B,浙江托普仪器有限公司)中进行发芽实验。发芽温度为昼25℃/夜15℃(昼/夜=12 h/12 h),光强为110 μmol/(m<sup>2</sup>·s)。自种子着床之日起,以胚根突破种皮1 mm,胚芽为种子长1/2作为发芽标准,每日定时记载种子发芽数,补充蒸馏水,15 d结束萌发实验,计算种子萌发指标。

发芽率% = 发芽种子数/参试种子总数×100%;

发芽势% = 7天内发芽种子数/参试种子总数×100%;

发芽指数  $G_t = \sum G_t / D_t$

式中: $G_t$ 为发芽指数; $G_t$ 为在时间 $t$ 的发芽数; $D_t$ 为相应的发芽天数。

实验结束时立即进行胚根长、胚芽长及幼苗干重的测定。每培养皿随机选取幼苗10株,用精度为1 mm刻度尺测量其胚根长及胚芽长,用精度0.1 mg电子天平称取10株幼苗干重(80℃,24 h)<sup>[21]</sup>。

盆栽实验:与种子萌发实验同时进行。将各处理下贮藏的伊犁绢蒿种子播种于花盆(直径15 cm,深20 cm,干土重400 g)中,每盆100粒,播种深度2 mm,重复4次。播后用喷壶均匀洒水,直至土壤湿透,最后将花盆置于室内有日光照射的地方培养。为了避免外界条件的干扰,花盆随机排列,每天调整位置,并保持表土湿润。逐日统计出苗数,15 d结束萌发实验,并计算出苗率。出苗率% = 出苗种子数/参试种子总数×100%。实验结束时立即随机选取5株幼苗进行干重(80℃,24 h)测定。

### 1.3 贮藏种子相关指标的测定

对不同贮藏方式下伊犁绢蒿种子进行千粒重、含

水率、相对电导率、可溶性糖的测定,其中千粒重用精度 0.1 mg 电子天平直接称量,含水率采用烘干法<sup>[21]</sup>,均重复 3 次;相对电导率采用电导法<sup>[22]</sup>,可溶性糖采用蒽酮比色法<sup>[22]</sup>,均重复 4 次。

相对电导率的测定<sup>[22]</sup>:称取伊犁绢蒿种子 0.1 g,用蒸馏水冲洗 5 次,吸干表面附水后,加双蒸水 6 mL,用电导仪测定浸泡液的初始电导率值( $a_1$ ),然后加盖置于 20 ℃ 恒温培养箱中 6 h,测定浸出液电导率( $a_2$ ),再将其置于 100 ℃ 水中煮沸 1 h,冷却至室温,测定浸泡液电导率( $a_3$ ),按照公式(1)进行计算。

$$\text{相对电导率}(\%) = (a_2 - a_1) / (a_3 - a_1) \times 100\% \quad (1)$$

可溶性糖的测定<sup>[22]</sup>:称取研磨至粉末状的伊犁绢蒿种子 0.1 g 置于试管中,加入 5 mL 蒸馏水后封口,置于沸水中提取 30 min,冷却后过滤,定容在 25 mL 容量瓶内。吸取 0.5 mL 定容液,加蒸馏水 1.5 mL,加入 1 mL 9% 苯酚溶液,摇匀,再快速加入 5 mL 浓硫酸,摇匀,显色并测定光密度。由标准曲线方程( $y = 0.9045x - 0.0272$ ,  $R^2 = 0.999$ )计算可溶性糖含量。

#### 1.4 数据分析

采用 SPSS 23.0 软件中 Two-way ANOVA 分析试验因素对测试指标的效应;利用 One-way ANOVA 进行 6 个处理组合间测试指标差异分析。利用 Origin 2018 绘图,数据以“均值±标准差”表示。

采用 SPSS 23.0 对供试指标进行主成分分析,结合隶属函数评价法<sup>[23]</sup>筛选伊犁绢蒿种子最适贮藏方式。首先按照公式(2)进行指标数据标准化处理,然后按照公式(3)、(4)、(5)、(6)依次计算标准差系数( $S_t$ )、权重系数( $C_t$ )、隶属函数值( $D_t$ )及综合评价价值( $E$ )。

$$R(x_t) = \frac{x_t - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (2)$$

$$S_t = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{Mit} - \bar{x}_t)^2}}{\bar{x}_t} \quad (3)$$

$$C_t = \frac{S_t}{\sum_{i=1}^m S_t} \quad (4)$$

$$D_t = R(x_t) \times C_t \quad (5)$$

$$E = \sum_{i=1}^n [R(x)_i \times C_i] \quad (6)$$

式中: $t = 1, 2, 3, \dots, n$ ,  $x_t$  表示第  $t$  个指标值,  $x_{\min}$  表示第  $t$  个指标的最小值,  $x_{\max}$  表示第  $t$  个指标的最大值。

## 2 结果与分析

### 2.1 贮藏温度和包装条件对伊犁绢蒿种子萌发效应

贮藏温度、包装条件对伊犁绢蒿种子的千粒重、含水率、胚芽长、可溶性糖、盆栽出苗率以及盆栽幼苗干重有极显著影响( $P < 0.01$ ),对发芽率、发芽势、发芽指数无显著影响;胚根长、相对电导率仅在不同贮藏温度间表现极显著差异( $P < 0.01$ );而包装条件显著影响幼苗干重( $P < 0.05$ )。两者交互显著影响发芽率、含水率、胚芽长、可溶性糖、盆栽出苗率以及盆栽幼苗干重(表 1)。

表 1 贮藏温度和包装条件对伊犁绢蒿种子萌发的主效应和交互作用分析

Table 1 The analysis of main effects and interactions between storage temperature and packing condition on seed germination of *S. transiliense*

指标	贮藏温度	包装条件	包装条件×贮藏温度
发芽率	1.51	0.01	6.08**
发芽势	3.39	0.13	0.30
发芽指数	2.77	0.03	0.48
千粒重	70.22**	11.13**	0.86
含水率	77.92**	373.78**	32.08**
胚根长	9.03**	1.31	0.02
胚芽长	2 425.79**	1067.49**	129.60**
幼苗干重	0.15	7.15*	1.76
相对电导率	124.82**	2.04	1.63
可溶性糖	133.03**	378.52**	38.00**
盆栽出苗率	72.06**	58.57**	12.58**
盆栽幼苗干重 D	8.52**	74.04**	3.63*

注:\*、\*\*分别表示处理间差异显著水平分别达到 0.05、0.01 水平。下同

### 2.2 种子含水率和千粒重

不同贮藏方式间伊犁绢蒿种子含水率存在显著差异( $P < 0.05$ ),其中 CZ 种子含水率最高,为 5.33%,比其他处理高 26.90%~142.27%,而 N 最低,仅为 2.20%。真空贮藏显著高于非真空贮藏,低温显著高于常温(图 1-A)。千粒重 FZ(172.00 mg)、F(163.66 mg)间差异不显著,显著高于 NZ(132.67 mg)、N(128.67 mg)、C(145.00 mg),且低温储藏显著高于常温贮藏,零下低温贮藏显著高于零上低温贮藏(图 1-B)。

### 2.3 发芽率、发芽势及发芽指数

C、F、NZ、CZ、FZ 间伊犁绢蒿种子发芽率差异不显著,为 85.0%~87.8%,且 C、F、NZ 显著高于 N( $P < 0.05$ ),而发芽势(图 2-B)、发芽指数(图 2-C)各处理间差异不显著( $P > 0.05$ ),其值分别为

51.0%~68.5%、6.7~8.3。

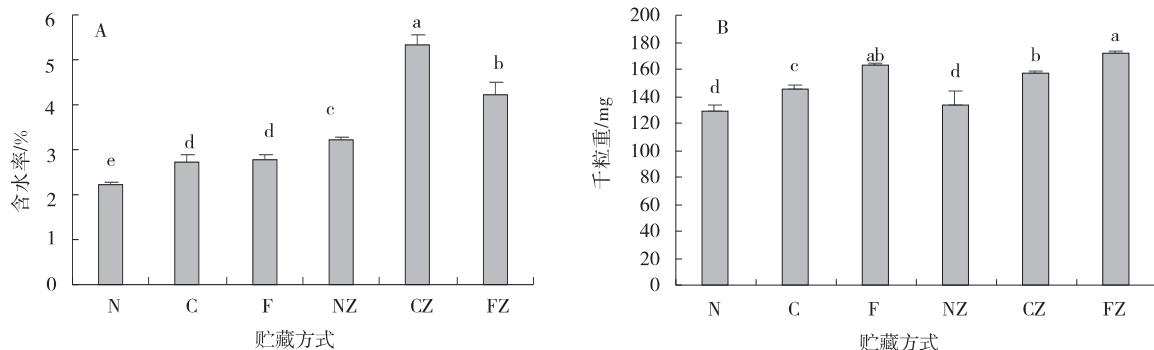


图 1 不同贮藏方式下伊犁绢蒿种子的含水率及千粒重

Fig. 1 Seed water content and 1000-grain weight of *S. transiliense*

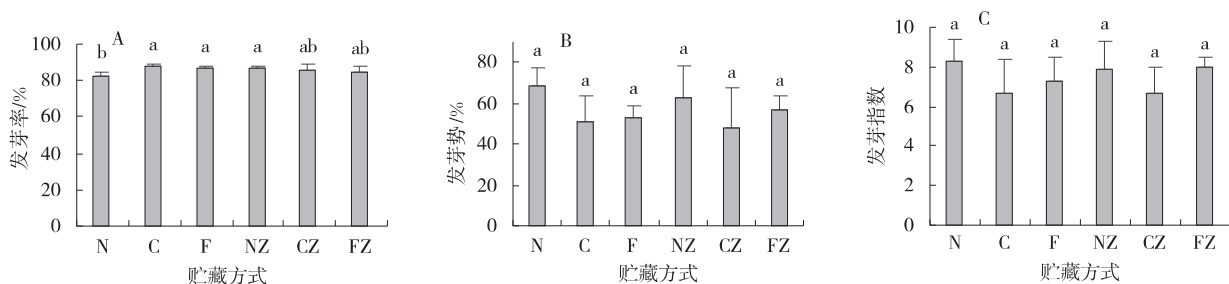


图 2 不同贮藏方式下伊犁绢蒿种子萌发指标

Fig. 2 Seed germination indexes of *S. transiliense*

### 2.4 胚根长、胚芽长及幼苗干重

伊犁绢蒿种子胚根长 N、NZ 显著高于其他 4 种处理 34.57%~233.33%,且 C(12.84 mm)、CZ(10.48 mm)较 F、FZ 显著提高 46.86%~122.38%(图 3-A)。胚芽长 FZ(13.21 mm)、CZ(11.09 mm)相对较高,显著高于其他 4 种处理 47.88%~56.25%,且低温贮藏显著高于常温贮藏,真空贮藏显著高于非真空贮藏(图 3-B)。幼苗干重 FZ、CZ、NZ、N、C 间差异不显著( $P > 0.05$ ),而 F 显著低于 CZ、FZ( $P < 0.05$ )(图 3-C)。

### 2.5 可溶性糖及相对电导率

伊犁绢蒿种子可溶性糖含量 FZ、CZ 较 N、C、F、NZ 显著增加 34.27%~56.18%,而 F、NZ 则显著高于 N、C 6.31%~16.32%( $P < 0.05$ )(图 4-A)。相对电导率 N、NZ 显著高于 C、CZ、F、FZ( $P < 0.05$ ),且 C、CZ、F、FZ 间差异不显著(图 4-B)。总体表明,低温贮藏下种子相对电导率显著低于常温贮藏(图 4-B),而可溶性糖含量则真空处理显著高于非真空处理(图 4-A)。

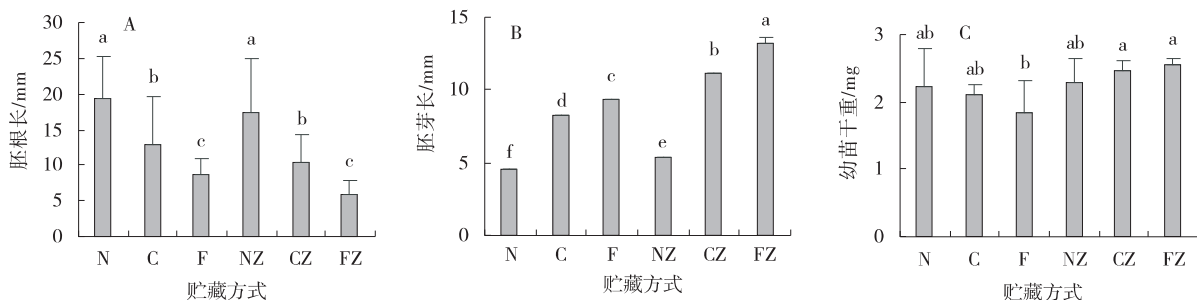


图 3 不同贮藏方式下伊犁绢蒿种子胚根长、胚芽长、幼苗干重

Fig. 3 Radical length, germ length and seedling dry weight of *S. transiliense*

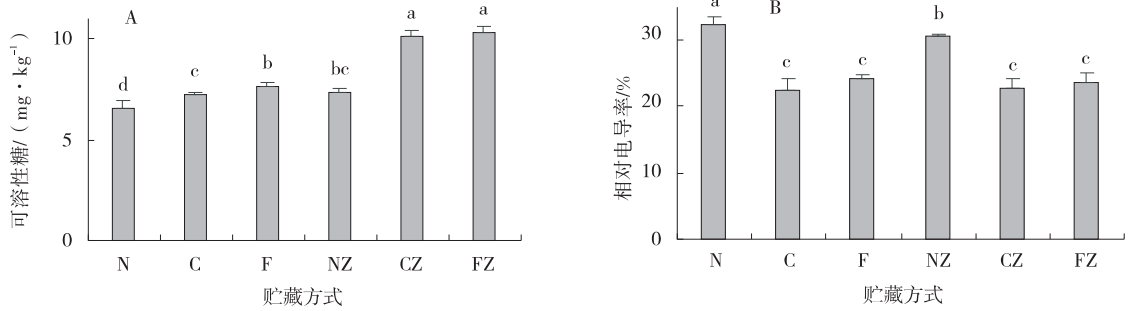


图 4 不同贮藏方式下伊犁绢蒿种子可溶性糖和相对电导率

Fig. 4 Seed soluble sugar and relative conductivity of *S. transiliense*

## 2.6 综合评价

为避免各测试指标间相互干扰,通过主成分分析将测定的 10 个指标合成 3 个新的综合因子,累计贡献率为 79.31%(表 2),其中第一主成分(I)中胚芽长、可溶性糖的因子负荷均在 0.9 以上,可以理解为种子萌发后生长的健壮程度;第二主成分(II)中发芽势、发芽指数的因子负荷均在 0.8 以上,可理解为种子萌发速度;第三主成分(III)中发芽率的因子负荷最高,可理解为种子发芽状况。以新合成的 3 个变量 I、II、III 为指标进行隶属函数综合评价(表 3)表明,FZ、CZ、NZ 处理效果明显优于 F、C、N。

## 2.7 盆栽验证

盆栽条件下伊犁绢蒿种子出苗率 FZ 最高,为 41.0%,显著高于其他处理 28.13%~115.78%,F、CZ 较 N、C、NZ 显著提高 39.13%~68.42%,而 N、C、NZ 间无显著差异(图 5-A)。FZ、CZ 处理伊犁绢蒿幼苗

干重显著高于其他处理 23.26%~71.03%,且 NZ 较 N、C 显著提高 30.36%~55.72%(图 5-B)。

表 2 伊犁绢蒿种子各综合指标因子负荷量及贡献率

Table 2 Characteristic vector and contribution ratio of comprehensive indexes of *S. transiliense*

指标	综合因子		
	I	II	III
发芽率	-0.112	-0.595	0.468
发芽势	-0.409	0.828	0.209
发芽指数	-0.223	0.816	0.454
含水率	0.810	0.197	-0.313
千粒重	0.871	-0.101	0.335
胚根长	-0.669	-0.266	-0.306
胚芽长	0.964	0.039	0.152
幼苗干重	0.523	0.319	-0.442
可溶性糖	0.919	0.215	-0.180
相对电导率	-0.799	0.249	-0.308
贡献率/%	47.75	20.37	11.19

表 3 不同贮藏方式下伊犁绢蒿种子活力特征的综合评价

Table 3 Comprehensive evaluation of seed vigor of *S. transiliense* under different storage methods

贮藏方式	综合指标			隶属函数值			综合评价值 E	排序
	I	II	III	D(I)	D(II)	D(III)		
FZ	1.265	0.419	0.517	0.311	0.281	0.244	0.836	1
CZ	0.725	-0.544	1.158	0.250	0.036	0.333	0.618	2
NZ	-1.473	0.719	0.488	0.000	0.357	0.240	0.597	3
F	0.470	0.226	-1.243	0.221	0.232	0.000	0.453	4
C	-0.916	-0.135	0.071	0.063	0.140	0.182	0.385	5
N	-0.070	-0.685	-0.990	0.159	0.000	0.035	0.194	6
Ct				0.311	0.357	0.333		

## 3 讨论

与收获初期相比,常温贮藏 6 个月后伊犁绢蒿种子发芽率、含水率、千粒重、可溶性糖均出现降低,降幅依次为 6.25%、72.84%、28.28%、40.72%,而相对电导率则增加 68.19%,表明常温贮藏引起伊犁绢蒿种

子活力的丧失,需要寻找适宜贮藏方式来缓解种子的活力丧失速度,这与刘雄盛等<sup>[24]</sup>的研究结果相一致。伊犁绢蒿种子在零上、零下低温及真空贮藏下其千粒重、含水率、可溶性糖含量等指标与收获初期比降低幅度相对较小,为 3.91%~34.57%,相对电导率增加幅度较低,为 55.66%。这可能是由于种子在不同贮藏

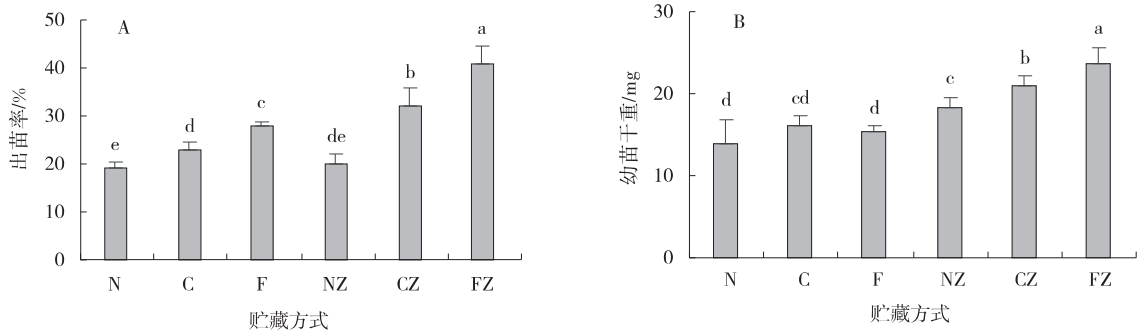


图5 盆栽条件下不同贮藏方式伊犁绢蒿种子出苗率及幼苗的干重

Fig. 5 Seedling percentage and seedling weight of *S. transiliense* under potting condition

环境下的呼吸方式不同,真空条件下种子只能进行无氧呼吸,非真空条件下种子可以进行无氧呼吸及有氧呼吸,且低温下呼吸相对缓慢,导致其营养物质消耗存在差异<sup>[25]</sup>,这也为筛选适宜贮藏方式减缓种子活力丧失提供了依据。

对发芽率、发芽势、发芽指数而言,王桔红等<sup>[26]</sup>指出,室温贮藏和短期低温贮藏间旱生灌木种子最终发芽率基本相同,张凤<sup>[27]</sup>也认为,低温(-20~4℃)贮藏不能显著改变大豆种子发芽率、发芽势,但王泽等<sup>[28]</sup>则指出,低温(-18~4℃)贮藏下梭梭种子发芽率、发芽势、发芽指数及胚鲜重均显著高于常温贮藏。本研究发现,低温促进了伊犁绢蒿种子的发芽率,但真空与低温组合后这种促进作用消失,而对于常温贮藏的种子经真空处理后,其发芽率也得到明显提高,贮藏方式对发芽势、发芽指数影响不显著。这可能是由于贮藏温度与包装条件间的相互叠加引起种子体内生理生化响应的相互抵消而引起,但其具体原因还有待于进一步研究。

研究表明<sup>[29]</sup>,真空低温处理白菜种子的胚芽长和幼苗干重高于非真空处理,在常温低湿处理下的烤烟(*Flue cured Tobacco*),种子萌发后的胚根长度与新采收种子无显著差异<sup>[30]</sup>,而室温贮藏的大豆种子幼苗干重会随含水量的下降呈现下降趋势<sup>[31]</sup>。本研究发现,常温及真空常温贮藏比低温及真空低温贮藏显著促进了伊犁绢蒿种子萌发后胚芽的伸长,抑制了胚根的增长,而对幼苗干重影响不显著,这可能是由于种子在萌发过程中,真空减少了种子呼吸能量消耗,低温处理下种子细胞酶的活性受到抑制,从而使种子体内能量保留相对较多<sup>[31]</sup>,同时由于种子在萌发时是胚芽首先突破种皮,种子体内的营养物质首先会维持胚芽的生长,从而抑制胚根的生长<sup>[32-33]</sup>;而幼苗干重在各处理之间

不显著可能与种子贮藏时间相对较短有关,因此还需进一步研究。

种子在贮藏过程中,相对电导率与种子活力呈现负相关,种子活力强,萌动时细胞修复受损能力强,种子浸出液的电导率低,反之则电导率高<sup>[34]</sup>。张俊等<sup>[35]</sup>研究发现低温、真空贮藏条件下种子相对电导率明显低于室温贮藏,且可溶性糖含量显著增加。本研究表明,低温、真空贮藏下伊犁绢蒿种子相对电导率显著降低,而可溶性糖含量则显著增加,这与前人研究<sup>[34-35]</sup>基本一致。可能是由于种子在贮藏过程中其体内的可溶性糖可以增加细胞质的浓度及质量,可以降低种子的生理活动速率<sup>[36]</sup>,从而使种子可溶性糖含量消耗和相对电导率增加减慢,最终缓解种子的老化。

盆栽条件下真空零下低温贮藏、零下低温贮藏、零上低温贮藏的伊犁绢蒿出苗率显著高于室温贮藏、零上低温贮藏、室温真空贮藏,且盆栽出苗率远低于纸上发芽率,这可能一方面与萌发种子体内贮藏能量的多少决定幼苗的生长状态相关<sup>[37]</sup>,低温、真空下伊犁绢蒿种子体内可溶性糖含量显著高于常温、非真空条件;另一方面可能是由于自然环境下种子出苗不仅取决于其体内的营养物质的积累状况,还与其生长环境条件存在一定关系<sup>[38]</sup>。与纸上发芽所处适宜生长条件相比,盆栽试验条件下伊犁绢蒿种子萌发所处室温环境及土壤中的不确定因素均会对其种子萌发出苗产生负面影响,进而导致其出苗率降低<sup>[39]</sup>。盆栽真空贮藏下伊犁绢蒿幼苗重显著高于非真空处理,且以真空零上低温贮藏最好,其次为零上低温贮藏。可能是由于真空贮藏降低了种子部分生理活动,使其体内可溶性糖含量保留相对较多<sup>[40]</sup>,细胞膜受损程度降低,引起种子萌发后幼苗生长较为旺盛。

主成分分析可以利用测试指标间内在联系,通过

降维减少其信息的重叠,隶属函数分析可以消除单一指标评价产生的片面性,使评价结果更为客观准确,与实际较为接近<sup>[41]</sup>。本研究发现,纸上发芽条件下真空贮藏的伊犁绢蒿种子活力明显优于非真空贮藏,而低温贮藏明显高于常温储藏,这与本研究的盆栽试验结果基本吻合。

## 4 结论

6个月存贮时间下真空、低温贮藏均可延缓伊犁绢蒿种子千粒重、含水率、可溶性糖含量的降低,阻碍细胞膜透性的增加,延长了种子萌发活力。6种贮藏方式下,伊犁绢蒿种子以真空零上和零下低温为最佳贮藏方式。

### 参考文献:

[1] 罗丽萍,刘星星,殷勤,等.利用近红外技术检测芸萁属种子活力[J].南昌大学学报(理科版),2017,41(1):66-71.

[2] 边子星,颜彩燕,姚肖健,等.濒危华石解种子活力测定方法研究[J].热带作物学报,2017,38(3):403-407.

[3] 周文冠,孟永杰,陈锋,等.植物种子寿命的生理及分子机制研究进展[J].西北植物学报,2017,37(2):408-418.

[4] 乔安海,韩建国.垂穗披碱草种子成熟过程中活力变化及适宜收获期研究[J].安徽农业科学,2010,38(22):11847-11850.

[5] 史普想,王铭伦,王福青,等.不同含水量的花生种子低温贮藏对种子活力及幼苗生长的影响[J].安徽农学通报,2007(12):386-390.

[6] 杨晗,刘鸿飞,杨合龙,等.贮藏温度和种子含水量对扁穗冰草种子质量的影响[J].草业科学,2016,33(10):2033-2040.

[7] 胡晓甜,刘守赞,白岩,等.於术种子生活力对不同储存温度的响应研究[J].中药材,2017,40(11):2520-2523.

[8] 伍少云,周国雁.中期种质库贮藏下真空和非真空包装普通小麦种子的衰老特性及寿命差异[J].作物学报,2011,37(6):1109-1115.

[9] 霍平慧,李剑峰,师尚礼,等.碱性盐胁迫对超干贮藏苜蓿种子幼苗生长及抗性的影响[J].中国农业科学,2014,47(13):2643-2651.

[10] 石思信.植物种子的低温和超低温 $<-196\text{ }^{\circ}\text{C}>$ 保存[J].种子,1988,7(1):48-50.

[11] 时伟芳,贾佳,冯鹏飞,等.春小麦种子物理指标与种子活力关系的初步分析[J].中国农业大学学报,2016,21(7):1-12.

[12] 李婷,朱长波,李俊伟,等.海水胁迫对海稻86种子萌发

和幼苗生长的影响[J].南方农业学报,2018,49(7):1297-1303.

[13] 许鹏.新疆草地资源及其利用[M].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1993.

[14] 陈丽培,沈永宝.油松种子萌发初始阶段物质代谢的研究[J].北京林业大学学报,2010,32(2):69-73.

[15] 郝海坤,黄志玲,曹艳云,等.不同贮藏温度对柚木种子萌发和生理生化的影响[J].种子,2015,34(4):37-42.

[16] 赵培培,赵长江,于立河,等.低温下硅对春小麦种子萌发及抗氧化和渗透调节系统的影响[J].麦类作物学报,2014,34(6):823-831.

[17] 张晶,崔国盈,赵伟,等.乌鲁木齐市伊犁绢蒿种子基地建设初报[J].草食家畜,2013(5):69-72.

[18] 汤丽斯,孙宗玖,武文超,等.生物菌剂浸种对干旱胁迫下伊犁绢蒿种子萌发的影响[J].中国草地学报,2021,43(2):17-27.

[19] 汤丽斯,孙宗玖,李培英,等.微生物菌剂对伊犁绢蒿种子发芽特征的影响[J].草业科学,2020,37(4):612-624.

[20] 林程.贮藏包装条件对杂交水稻种子贮藏及活力等的影响[D].杭州:浙江大学,2017.

[21] 朱进忠,安沙舟,张博,等.草业科学实践教学指导[M].北京:中国农业出版社,2009.

[22] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2006.

[23] 孙宗玖,李培英,阿不来提,等.种子萌发期38份偃麦草种质耐盐性评价[J].草业科学,2012,7(2):1105-1113.

[24] 刘雄盛,王鸿彬,晏巢,等.不同种源江南油杉种子基本生物学特性差异比较[J].西部林业科学,2017,46(4):1-6.

[25] 张栋,黎颖锋,邓柄权,等.不同贮藏条件对米老排种子含水率和萌发特性的影响[J].林业科技通讯,2016(8):21-24.

[26] 王桔红,陈文,张勇,等.贮藏条件对河西走廊四种旱生灌木种子萌发的影响[J].生态学杂志,2011,30(3):477-482.

[27] 张凤.低温贮藏对不同含水量种子活力的影响[D].泰安:山东农业大学,2014.

[28] 王泽,任财,梁燕,等.不同贮藏条件对梭梭种子萌发活力的影响[J].湖北农业科学,2020,59(8):121-125.

[29] 由晓晴.白菜种子前处理技术及花粉贮藏条件的研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2019.

[30] 李振华,林永杰,刘一灵,等.常温低湿储藏对烤烟种子活力和萌发特性的影响[J].中国农业大学学报,2014,19

(1):80-86.

- [31] 张云兰,陶梅,郭欣荣,等. 谷子、绿豆、豌豆和红小豆种子贮藏最适合含水量研究[J]. 种子,2001,20(3):16-20.
- [32] 张晓媛,赵利,阿那尔,等. 控制劣变对不同含水量羊草种子生理特性的影响[J]. 草地学报,2012,20(5):899-906.
- [33] 杨颖,李夔宁,童明伟. 小麦种子的真空冷冻干燥处理[J]. 重庆大学学报(自然科学版),2002,25(8):61-64.
- [34] 赵勇. 当归种子贮藏生理特性研究兰州[D]. 兰州:甘肃中医学院,2011.
- [35] 张俊,刘娟,臧秀旺,等. 不同贮藏方式下花生种子萌发能力及生理变化研究[J]. 中国农业科技导报,2018,20(6):19-27.
- [36] 姚侠妹,张瑞娥,偶春,等. 人工老化处理对桔梗种子生

理生化特性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2015,43(2):203-209+216.

- [37] 李振华,王建华. 种子活力与萌发的生理与分子机制研究进展[J]. 中国农业科学,2015,48(4):646-660.
- [38] 徐恒恒,黎妮,刘树君,等. 种子萌发及其调控的研究进展[J]. 作物学报,2014,40(7):1141-1156.
- [39] 白亚利,云岚,宋百枝. 新麦草种子贮藏时间对种子活力的影响[J]. 种子,2015,34(8):33-38.7-22.
- [39] 李慧,范希峰,滕珂,等. 不同扦插条件对奇岗芒插条生根的影响[J]. 草原与草坪,2020,40(4):107-113.
- [40] 裴云霞,曹健,杜克兵,等. 贮藏温度对枫香种子耐贮性的影响[J]. 林业科学研究,2020,33(5):55-60.
- [41] 赵硕,赵颖雷,潘学勤,等. 甘蓝种子的人工老化及其生物学效应[J]. 北方园艺,2019(24):7-13.

## Effects of storage methods on the seed germination and physiological characteristics of *Seriphidium transiliense*

WU Wen-chao<sup>1</sup>, TANG li-si<sup>1</sup>, LIU Hui-xia<sup>1</sup>, CUI Yu-xuan<sup>1</sup>, SUN Qiang<sup>2</sup>,  
SUN Zong-jiu<sup>1,3</sup>

(1. College of Pratacultural and Environmental Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. Grassland station of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi, 830049, China; 3. Key Laboratory of Grassland Resources and Ecology of Xinjiang, Urumqi 830052, China)

**Abstract:** In order to investigate the effect of storage mode on germination and seed quality, the germination characteristics, 1000-grain weight, moisture content, relative conductivity and soluble sugar content of *Seriphidium transiliense* seeds stored at normal temperature (N), vacuum-normal temperature (NZ), cool temperature (C), vacuum-cool temperature (CZ), freezing temperature (F) and vacuum-freezing temperature (FZ) for six months were measured. Then, the optimum storage mode was selected by comprehensive evaluation of membership function. The results showed that the water content and 1000-grain weight of the seeds of *S. transiliense* stored in vacuum at low temperature were higher than those of the seeds stored in non-vacuum at room temperature, and that the water content of the seeds treated by CZ was significantly higher than that of the seeds treated by other methods by 26.90%~142.27%. Further, The experiments also showed that the 1000-grain weight of the seeds treated by FZ and CZ was 22.61%~26.42% higher than that of the seeds treated by NZ and N ( $P < 0.05$ ). The radicle length of the seeds treated by N and NZ was significantly higher than FZ, the embryo length and seedling dry weight of the seeds treated by FZ and CZ were significantly higher than those of the seeds treated by NZ and N, while the germination rate and emergence rate of the seeds treated by under low temperature and vacuum storage were higher than those of the seeds under normal temperature storage. The soluble sugar



content of the seed in vacuum treatment was higher than that of the seed in non-vacuum treatment. Compared with that of the seed treated by N and C, the soluble sugar content of the seed treated by FZ and CZ increased by 34.27%~56.18%. Compared with that of the seed treated by N and NZ, the seed relative conductivity of the seed treated by C, CZ, F and FZ decreased by 33.15%~43.56%. To sum up, the seed vigor of *S. transiliense* could be ranked as follows: FZ>CZ>NZ>F>C>N. The optimal storage mode of *S. transiliense* seed was vacuum-cool temperature and vacuum-freezing temperature.

**Key words:** *Seriphidium transiliense*; storage methods; seed germination; soluble sugar content; comprehensive evaluation

(上接 137 页)

## Current cultivation and application prospect of rye in northeast Yunnan

OUYANG Qing<sup>1</sup>, ZHONG Sheng<sup>1</sup>, SHEN Rong<sup>2</sup>, LI Shi-ping<sup>1</sup>, YUAN Fu-jin<sup>1</sup>,  
Ren Jian<sup>3</sup>, LIU Yan-pei<sup>1</sup>

(1. Yunnan Academy of Grassland and Animal science, Kunming 650212, China, ; 2. Agricultural Bureau of Qiaojia County, Qiaojia 654600, China, ; 3 Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

**Abstract:** The variety origin, current cultivation & utilization status, disease occurrence and production performance as well as farming method of *Secale cereale* L. in northeast Yunnan were investigated in detail by household interview and field survey. The results indicated that the rye was introduced into northeast Yunnan in the mid-1960 s. After long-term cultivation and self-selection, it has become an excellent forage species in alpine mountainous area. The crude protein could reach 18.6% at booting stage, and plants could be grazed several times before booting stage. The average yield of hay could reach 6 187 kg/hm<sup>2</sup>. The annual planting area in Northeast Yunnan is more than 18 000 hm<sup>2</sup>. Rye is suitable to use as fodders in 2000-2500 m mountain area in winter and spring. The promotion and application of rye in northeast Yunnan is of great significance to alleviate the seasonal confliction in dry season between fodder shortage and livestock needs and ensure the sustainable development of grass and animal husbandry in Yunnan.

**Key words:** northeast Yunnan; rye; forage cultivation; comparative benefit; application prospect