

低温预处理对不同储存时间黄帚橐吾种子发芽的影响

任钊江¹, 王玉琴², 王宏生², 宋梅玲²

(1. 青海大学农牧学院, 青海 西宁 810016; 2. 青海大学畜牧兽医科学院(青海省畜牧兽医科学院), 青海 西宁 810016)

摘要:黄帚橐吾是分布在高寒草甸的一种常见毒害草, 研究黄帚橐吾种子萌发的影响因素, 对于探索黄帚橐吾在高寒草地上的扩散机制以及有效防除黄帚橐吾具有重要意义。通过对不同年份采集的黄帚橐吾种子进行不同的低温预处理, 比较其发芽率、发芽指数、根长和苗长等的变化, 探讨低温预处理对黄帚橐吾种子萌发和幼苗生长的影响。结果表明: 经过4℃预处理24 h和-20℃预处理2 h, 当年采集的黄帚橐吾种子发芽率有明显提高; 经过-20℃预处理2 h, 黄帚橐吾种子发芽指数无明显变化, 4℃处理24 h后发芽指数也无明显变化, 但经过48、72 h的4℃低温预处理后, 发芽指数显著低于对照; 随着4℃处理时间的延长, 黄帚橐吾根长和苗长均有降低的趋势, 而经过短时间(0.5 h)的-20℃预处理, 储存1年后的黄帚橐吾种子苗长显著高于对照, 根长无显著变化。综上所述, 储存1年的黄帚橐吾种子的萌发活力低于当年采集的种子, 但经过低温预处理后二者在发芽指数和苗长上的差距有所减小。因此, 低温处理可以改善黄帚橐吾种子经过长期储存而引起的萌发活力降低的现象, 但长时间低温处理会对黄帚橐吾幼苗的生长产生一定的抑制。

关键词: 温度; 预处理; 黄帚橐吾; 发芽率; 发芽指数

中图分类号: S451 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2022)01-0075-07

DOI: 10.13817/j.cnki.cycp.2022.01.010



种子萌发是种子植物生活史中实现种群更新和物种延续的关键环节之一^[1]。植物种子发芽能力是其价值的重要体现。种子萌发期和幼苗建植期易受外界环境的影响, 导致其死亡率较高^[2]。种子能否成功发芽并定植是其种群更新的重要因素^[3]。植物种子发芽能力受多种环境因素的影响, 其中温度是影响发芽能力的重要因素, 由于温度影响种子内部各种酶的活性, 进而影响种子内部物质的转运以及种子和外界的物质交换, 温度过高或过低都不利于种子萌发^[4]。种子萌发及萌发后的生长状况受温度条件的影响, 其萌发所需的最适温度往往与其起源地生态条件和所处的生存环

境有关^[5]。因此, 研究温度对种子萌发的影响对于明确其在特定生长环境中的发芽和生长机制具有重要意义。

尽管种子可在较大的温度范围内完成萌发过程, 但低温处理后, 种子的休眠状态和发芽特征等却有显著差异^[6]。种子休眠是指在预定的时间范围内本该有生命活力体征的种子, 在预计正常、利于种子萌发的一些环境因子的组合条件下, 不能按期正常萌发的一种生物现象^[7]。休眠是植物的一种生存策略, 不但可以为种子的传播以及扩散争取时间, 还能促使种子在合适环境条件下萌发, 可以有效地调节种子萌发的时空分布^[8]。种子休眠对于植物而言是有利的生态适应特征, 但却成为人工育种的主要障碍, 需要较长时间或者复杂的催芽方法才可令种子萌发, 给草业生产造成一定程度的困难^[9]。因此, 寻找有效打破种子休眠的方法具有重要的现实意义。解除种子休眠的方法有多种: 用物理方法去除种皮的硬实性, 减少种皮对发芽的

收稿日期: 2021-01-15; 修回日期: 2021-11-04

基金项目: 青海省科技成果转化专项(2019-SF-151)

作者简介: 任钊江(1998-), 男, 山西人, 学士。

E-mail: ll1458293678@163.com

宋梅玲为通信作者。E-mail: meilings@163.com

障碍,提高种子发芽率;化学物质和激素刺激种子发芽;清水漂洗和光照处理解除休眠;低温层积加快种子后熟,促进种子发芽等^[8-9]。有研究报道,适当的低温预处理能够打破种子休眠,提高萌发率^[6]。运用低温预处理的方法,研究种子发芽率和幼苗生长的变化,有利于探究和揭示植物种子的萌发机制。

青藏高原高寒草甸是我国高山草原的典型代表,具有温度低、相对湿度高、生长季节短等特征^[10]。黄帚橐吾(*Ligularia virgaurea*)是菊科、橐吾属多年生灰绿色草本植物,是一种对高寒草甸有着严重危害的毒害草,是高寒草地退化的标志性有毒植物之一^[11],在青藏高原有着极强的入侵能力,对草地生产力和畜牧业发展造成了严重的影响^[12]。黄帚橐吾体内可以产生特殊挥发物质,如萜类物质,抑制草原上其他植物种子的萌发及生长,使原本正常的草原退化,且其无性繁殖能力强大,如根茎繁殖,最终形成黄帚橐吾的单优势种群^[12]。有研究发现,黄帚橐吾种子在较大的温度范围内均可萌发,且光照、种子大小等均会对黄帚橐吾种子的萌发和幼苗生长产生不同程度的影响^[13-14],也有研究发现黄帚橐吾种子的萌发率不高^[4,13],具体原因可能是种子休眠难以被打破,也可能是种子萌发期间对外界环境条件过于敏感^[15]。本研究以黄帚橐吾种子为对象,通过模拟高寒环境低温或超低温的条件,观察黄帚橐吾种子萌发率、萌发速度和萌发后幼苗生长的变化,研究不同低温预处理对黄帚橐吾种子萌发的影响,以期对毒害草型退化草地治理以及黄帚橐吾的有效防除提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 种子来源

供试种子来自于青海省海北藏族自治州海晏县青海湖乡达玉德吉村(N 37°4'1", E 100°52'48"),海拔 3 230 m,气候属高原大陆性气候,年均气温 0.2~3.4 °C,年均降水量 277.8~499.5 mm,降水多集中在 5—9 月,年均日照 2 580~2 750 h。草地类型以草甸化草原为主,以线叶嵩草(*Kobresia capillifolia*)、矮嵩草(*K. humilis*)、垂穗披碱草(*Elymus nutans*)为主要建群种,伴生种为高原早熟禾(*Poa alpigena*)、中华羊茅(*Festuca sinensis*)、扁蓿豆(*Melissitus ruthenica*)等,牧草生长期 4—5 个月,土壤以高山草甸土为主。种子采集时间为 2018 年 9 月底和 2019 年 9 月底,两次均

于同一地点采集,采集区域面积为 1.0 hm²,随机采集种子,将黄帚橐吾花序剪下装入样袋,置于实验室风干后手动将种子脱落,室温下储藏,温度约为 20 °C。

1.2 试验设计

于 2020 年 1 月初进行室内发芽试验,观察不同温度预处理后黄帚橐吾种子萌发能力的变化。

本试验设置了 2 个温度预处理,分别为 -20 °C 和 4 °C, -20 °C 下的种子处理时间分别为 0.5、1 和 2 h, 4 °C 下的种子处理时间分别为 24、48 和 72 h。使用 TP 法进行种子萌发试验,培养皿(直径为 9 cm)内放置 2 层干燥滤纸,用装有蒸馏水的注射器润湿滤纸,每个培养皿放置 50 粒种子。每个处理设置 4 个重复。置于光照培养箱中,变温 15~25 °C(10 h/14 h)条件下培养,光照强度 3 000 lx。试验期间始终保持滤纸湿润,并且每天记录发芽种子数,试验时间为 17 d。最后,每个培养皿内随机选取 5 株幼苗,测定并记录根长(胚根延伸长度)和苗长(胚芽延伸长度),计算发芽指数和发芽率。

发芽指数: $GI = \sum(Gt/Dt)$

式中, Gt 为在时间 t 日的发芽数, Dt 为相应的发芽天数^[16]。

1.3 统计分析

所有数据均采用 Excel 计算并作图,使用 SPSS 20.0 软件进行统计分析。相同年份,不同处理之间的发芽指数、发芽率、根长和苗长的差异显著性采用单因素方差分析方法进行检验。不同年份,相同处理之间的发芽指数、发芽率、根长和苗长的差异显著性采用独立样本 T 检验,显著性区间定义为 95% 水平。

2 结果与分析

2.1 4 °C 预处理对黄帚橐吾种子发芽率与发芽指数的影响

2018 年采集的黄帚橐吾种子经过 4 °C 预处理 24、48 和 72 h 后发芽率与对照相比均有所提高(图 1),其中,24 h 处理下达到显著水平($P < 0.05$)。2019 年采集的黄帚橐吾种子经过 4 °C 预处理 24 和 48 h 后,其发芽率显著高于对照,处理 72 h 后种子发芽率与对照无显著差异($P > 0.05$)。2019 年采集的黄帚橐吾种子发芽率在各处理时间下均显著高于 2018 年采集的种子($P < 0.05$)。

采于 2018 年的黄帚橐吾种子经过 4 °C 预处理 24 h

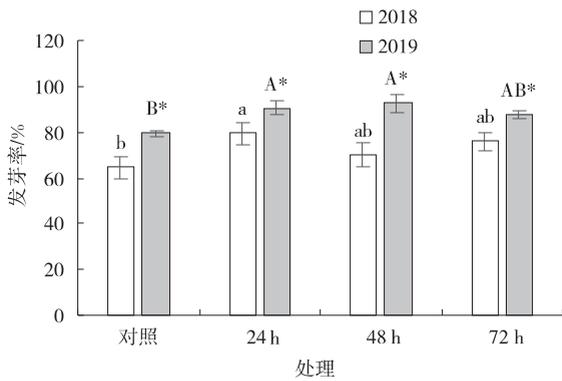


图 1 4 °C 预处理下黄帚橐吾种子发芽率

Fig. 1 Germination rate of *Ligularia virgaurea* seeds pretreated at 4 °C

注：* 表示不同年份之间差异显著 ($P < 0.05$)，不同小写字母表示 2018 年种子在不同处理时间之间差异显著 ($P < 0.05$)，不同大写字母表示 2019 年种子在不同处理时间之间差异显著 ($P < 0.05$)。下同
和 48 h 后，其发芽指数与对照之间差异不显著 ($P > 0.05$)，而处理 72 h 后发芽指数显著低于对照 ($P < 0.05$) (图 2)。2019 年采集的黄帚橐吾种子经 4 °C 处理 24 h 后与对照差异不显著，处理 48、72 h 后，发芽指数显著低于对照 ($P < 0.05$)。2019 年采集的黄帚橐吾种子发芽指数高于 2018 年采集的种子，而经过 4 °C 预处理后 2 个年份间差异不显著 (图 2)。

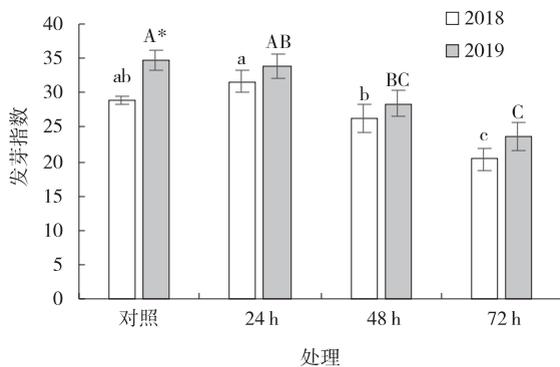


图 2 4 °C 预处理下黄帚橐吾种子发芽指数

Fig. 2 Germination index of *Ligularia virgaurea* seeds pretreated at 4 °C

2.2 4 °C 预处理对黄帚橐吾种子根长与苗长的影响

采于 2018、2019 年的黄帚橐吾种子经过 4 °C 预处理 24 h 后，其幼苗根长与对照差异不显著 ($P > 0.05$)，而处理 48 h 和 72 h 后，其根长显著低于对照 ($P < 0.05$) (图 3)。2019 年采集的黄帚橐吾种子根长在各处理时间下均显著高于 2018 年采集的种子 ($P < 0.05$)。

2018 年采集的黄帚橐吾种子经过 4 °C 预处理 24、48 h

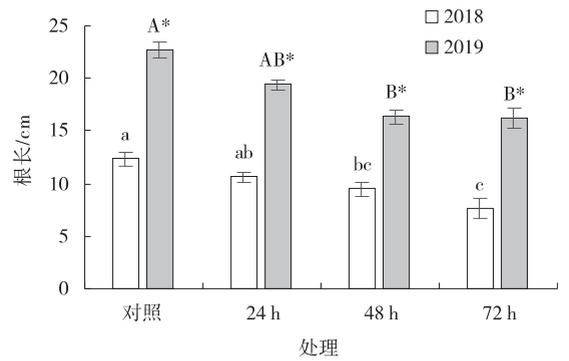


图 3 4 °C 预处理下黄帚橐吾种子根长

Fig. 3 Root length of *Ligularia virgaurea* seeds pretreated at 4 °C

后，种子苗长相比于对照没有显著差异 ($P > 0.05$)，处理 72 h 后，其苗长显著低于对照 ($P < 0.05$) (图 4)。采于 2019 年的黄帚橐吾种子经过 4 °C 预处理 24、48 和 72 h 与对照相比均显著降低 ($P < 0.05$)。2019 年采集的黄帚橐吾种子苗长显著高于 2018 年，经过 4 °C 预处理后 2 个年份间无显著差异 (图 4)。

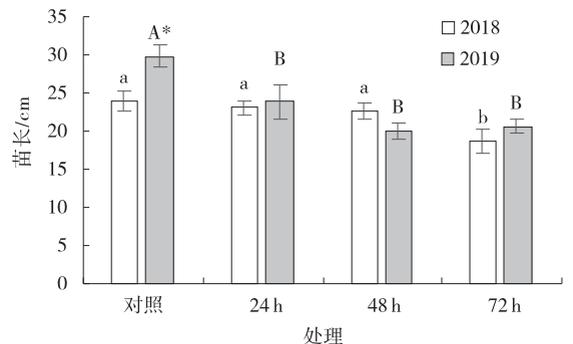


图 4 4 °C 预处理下黄帚橐吾种子苗长

Fig. 4 Seedling length of *Ligularia virgaurea* seeds pretreated at 4 °C

2.3 -20 °C 预处理对黄帚橐吾种子发芽率与发芽指数的影响

2018 年采集的黄帚橐吾种子经过 -20 °C 预处理 0.5、1 和 2 h 后发芽率与对照相比无显著变化 ($P > 0.05$)。而 2019 年采集的种子经过 -20 °C 处理 0.5、1 和 2 h 后发芽率均显著高于对照 ($P < 0.05$)。2019 年采集的黄帚橐吾种子发芽率在各处理下均显著高于 2018 年采集的种子 (图 5)。

2018 年与 2019 年采集的黄帚橐吾种子经过 -20 °C 预处理 0.5、1 和 2 h 后发芽指数与对照相比均无显著差异 ($P > 0.05$)。2019 年采集的黄帚橐吾种子发芽指数高于 2018 年采集的种子 ($P < 0.05$)，而经过 -20 °C 预处理后，二者之间无显著差异 (图 6)。

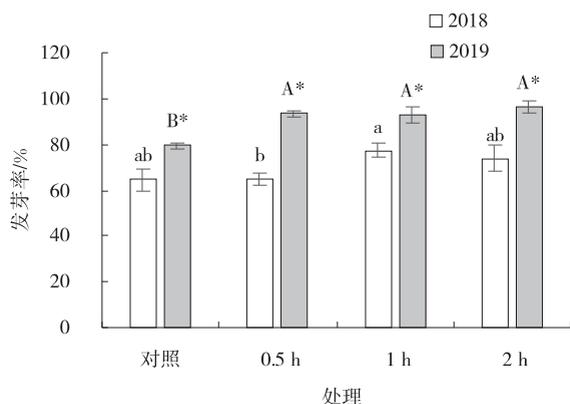


图5 -20 °C 预处理下黄帚橐吾种子发芽率

Fig. 5 Germination rate of *Ligularia virgaurea* seeds

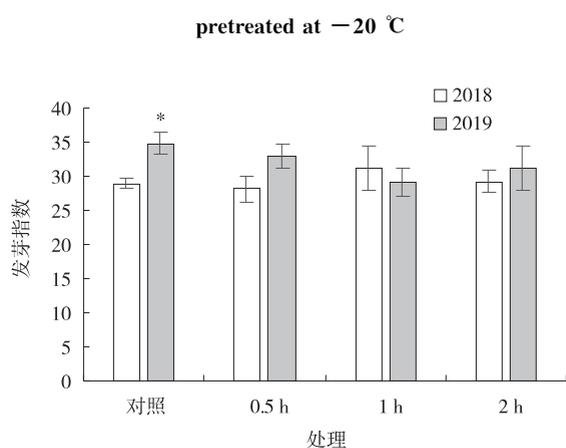


图6 -20 °C 预处理下黄帚橐吾种子发芽指数

Fig. 6 Germination index of *Ligularia virgaurea* seeds

pretreated at -20 °C

2.4 -20 °C 预处理对黄帚橐吾种子根长与苗长的影响

采于2018年和2019年的黄帚橐吾种子经过-20 °C预处理0.5、1和2 h后幼苗的根长与对照相比均无显著变化($P>0.05$)。在各处理下,2019年采集的黄帚橐吾根长均显著高于2018年采集的种子($P<0.05$)(图7)。

2018年采集的黄帚橐吾种子经过-20 °C预处理0.5 h后种子苗长与对照相比显著提高($P<0.05$)(图8),处理1 h和2 h后相比于对照没有显著差异。2019年黄帚橐吾种子经过-20 °C预处理0.5 h和1 h后相比于对照没有显著差异($P>0.05$),处理2 h后相比对照显著降低。2019年采集的黄帚橐吾的苗长显著高于2018年($P<0.05$),但是经过-20 °C预处理后,2个年份之间差异不显著(图8)。

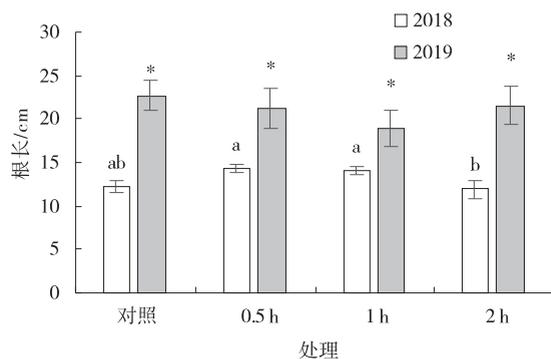


图7 -20 °C 预处理下黄帚橐吾种子根长

Fig. 7 Root length of *Ligularia virgaurea* seeds pretreated at -20 °C

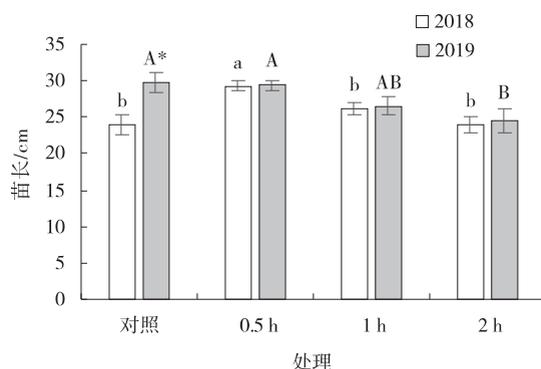


图8 -20 °C 预处理下黄帚橐吾种子苗长

Fig. 8 Seedling length of *Ligularia virgaurea* seeds pretreated at -20 °C

3 讨论

温度过低,会抑制种子内酶的结构和代谢,从而影响酶的活性,最终抑制种子的正常代谢和发芽^[17-18]、延长种子萌发时间^[19],但低温也可打破种子的热休眠,促进种子萌发^[20]。在不同情况下,低温对种子发芽造成的影响也不同。本研究中黄帚橐吾种子的发芽率普遍不高,与之前的研究结果一致^[4,21],这或许与黄帚橐吾种子自身的保护机制有关系^[22]。也有研究结果证明,在生境不适宜种子萌发时,黄帚橐吾种子可能存在选择性休眠,一部分随着扩散媒介散播到其他生境中,而没有扩散的种子当环境一旦适宜时就会萌发^[14]。温度的变化能促进种子胚的发育,进而提高种子的萌发率^[23]。本研究中无论是4 °C预处理还是-20 °C预处理均提高了黄帚橐吾种子的发芽率,这可能是由于低温预处理增加了黄帚橐吾种子的活力或促进了种子胚的发育,进而提高其发芽率,这是黄帚橐吾种子长期在高寒环境下生存而产生的适应性机制。另一方面,采于2019年的黄帚橐吾种子的发芽率普遍高

于采自2018年的种子,有研究表明,黄帚橐吾种子储存时间越长,萌发率越低^[14],本研究与之一致。另外,2018年生长季降水量低于2019年,因此,同一时间采集的种子,2个年份之间的成熟度存在差异,这也是不同年份间黄帚橐吾种子发芽率有差异的原因之一。

发芽指数是发芽率指标的细化和深化,它放大了种子活力的特征^[24]。本研究中,随着4℃预处理时间的延长,黄帚橐吾种子的发芽指数逐渐降低,虽然短时间的低温刺激会使种子焕发出活力,然而长时间的低温预处理则使发芽的周期延长,但黄帚橐吾的种子仍然具有活力并最终萌发,这为其在多变的环境条件下的生存和扩张提供了保障^[14]。前人的研究也发现低温会延长种子的萌发持续时间^[14,19],这是黄帚橐吾种子长期适应高寒环境形成的机制,通过延长种子的萌发周期确保在草地中占据更大的生存空间。对于不同年份采集的种子,本研究发现对照条件下2019年的黄帚橐吾种子的发芽指数高于2018年,而经过4℃与-20℃预处理后,两个年份之间差异不显著,表明黄帚橐吾种子储存时间越长,种子的萌发活力可能越低,与之前的研究结果一致^[14]。但是,低温预处理对于长时间储存的黄帚橐吾种子,起到了提高其萌发活力的作用,进而在萌发速度上减少了与新鲜种子之间的差距。

在植物一生中,种子萌发后的生长情况对植物后期的建植至关重要^[13],种子萌发后其根长和苗长随着外界环境胁迫强度的增加而降低^[25]。之前的研究表明,植物种子的萌发和幼苗生长发育会因浸种初始温度的不同而不同^[26]。本研究发现经过4℃低温处理后,随着处理时间的延长,黄帚橐吾种子萌发后其根长和苗长均呈现降低的趋势,而-20℃处理后,黄帚橐吾幼苗的根长和苗长与对照相比差异不大,甚至高于对照,这是由于黄帚橐吾种子连续处于低温环境下(24、48或72h),其萌发和生长活力受到了影响,种子根长和苗长随着外界环境胁迫强度的增加而降低^[13],而-20℃处理虽然温度达到极低状态,但处理时间不长(0.5、1或2h),与其高寒的生存环境相近,一旦条件适宜,黄帚橐吾种子的发芽和生长还可能受到一定的促进。这与黄帚橐吾长期在高寒环境下生存形成的生存机制有关。值得注意的是,2019年采集的种子在-20℃预处理后,其苗长有所降低,这可能主要由于新采集的种子还未经过足够时间的后熟等过

程,应对外界环境突然变化的能力仍未发育完全,不能为幼苗的生长提供足够的养分。因此,黄帚橐吾种子的萌发与生境的气候、土壤、生长年份等均有密切联系,具体的机制仍需要进一步研究。

4 结论

综上所述,低温预处理可以提高黄帚橐吾种子的发芽率;短期的低温处理对于黄帚橐吾幼苗的生长有促进作用,对发芽指数影响不大;而低温处理时间过长,则会对种子的发芽指数和幼苗的生长产生不利的影响;存储时间越长,黄帚橐吾种子的萌发活力越低,但是,一定的低温预处理能减缓存储时间造成的影响。这对于黄帚橐吾种群在高寒草地群落中的长期生存和扩张可能发挥了有利作用。

参考文献:

- [1] 邢福,郭继勋,王艳红. 狼毒种子萌发特性与种群更新机制的研究[J]. 应用生态学报,2003,14(11):1851-1854.
- [2] 黄丹,许岳香,胡海波. 植物种子休眠原因与机理的研究进展[J]. 植物生态学报,2007,34(4):25-32.
- [3] 王桔红,崔现亮,陈学林,等. 旱生植物萌发特性及其与种子大小关系的比较[J]. 植物生态学报,2007,31(6):1037-1045.
- [4] 宋梅玲,王玉琴,王宏生. 不同温度和水分胁迫对高寒草地毒杂草黄帚橐吾种子发芽的影响[J]. 青海畜牧兽医杂志,2020,50(2):43-48.
- [5] 傅家瑞. 种子生理[M]. 北京:科学出版社,1985.
- [6] Baskin C C, Milberg P, Anderson L. Seed dormancy-breaking and germination requirements of *Drosera anglica*, an insectivorous species of the Northern Hemisphere [J]. *Acta Oecologica*,2001,22(1):1-8.
- [7] 曹宗巽. 植物生理学下册[M]. 北京:高等教育出版社,1985:145.
- [8] 黄跃华,温盛伟. 自然科学基础[M]. 上海:上海交通大学出版社,2016:173.
- [9] 赵凯玥,杜利霞,马晓莉,等. 禾草种子休眠研究进展[J]. 草学,2019(4):10-14.
- [10] Bu H Y, Chen X L, Xu X L, *et al.* Seed mass and germination in an alpine meadow on the eastern Tsinghai-Tibet plateau[J]. *Plant Ecology*,2007,191:127-149.
- [11] 刘左军,杜国祯,陈家宽. 不同生境下黄帚橐吾(*Ligularia virgaurea*)依赖的繁殖分配[J]. 植物生态学报,2002,26(1):44-50.
- [12] 马瑞君,王明理,朱学泰,等. 黄帚橐吾挥发物的化感作

- 用及其主要成分分析[J]. 应用生态学报, 2005, 16(10): 1826—1829.
- [13] 豆存艳. 青藏高原高寒草地有毒植物黄帚橐吾的野外菌根生态学特征及其种子萌发特性研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2012.
- [14] 何彦龙. 黄帚橐吾 (*Ligularia virgaurea*) 种子萌发及幼苗生长特性的研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2007.
- [15] Muller C H. Phytotoxins as plant habitat variables[J]. Recent Advances in Phytochemistry, 1970, 3:106—121.
- [16] Belesky D P, Stringer W C, Plattner R D. Influence of endophyte and water regime upon tall fescue accessions [J]. Annals of Botany, 1989, 64(3):343—349.
- [17] 丁雪梅, 李海燕, 杨允菲, 等. 温度对两种野生禾草种子发芽的影响[J]. 草原与草坪, 2004, 24(1):25—29.
- [18] 高茜, 徐洪雨, 李振松, 等. 低温胁迫对紫花苜蓿种子萌发的影响[J]. 草原与草坪, 2020, 40(4):34—39.
- [19] 史小华, 马广莹, 金亮, 等. 温度及赤霉素处理对兰香草种子萌发特性的影响[J]. 分子植物育种, 2021, 19(16): 5522—5527.
- [20] 李永华, 白文红. 低温处理对香菜种子发芽的影响[J]. 河南农业科学, 2000(2):32—33.
- [21] 马瑞君, 杜国祯, 刘左军, 等. 青藏高原东部三种橐吾属植物更新对策的研究 I 从开花到种子萌发[J]. 草业学报, 2002, 11(2):29—36.
- [22] 王玉琴, 尹亚丽, 鲍根生, 等. 温度及培养基对黄花棘豆种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2019, 39(1):48—53.
- [23] 谢晓辉. 种子休眠机理在智能催芽室控制中的应用[J]. 福建农机. 2019(2):29—31.
- [24] 成广雷, 张海娇, 赵久然, 等. 临界胁迫贮藏条件下不同基因型玉米种子活力及生理变化[J]. 中国农业科学, 2015, 48(1):33—42.
- [25] 周娟娟, 尹国丽, 魏巍, 等. 两种鹅观草种子萌发对温度和水分响应[J]. 中国草地学报, 2014, 36(2):98—103.
- [26] 李文杨. 不同浸种温度对白菜种子萌发与幼苗生长的影响[J]. 现代农业科技, 2018(1):54—55.

Effect of different low temperature pretreatment time on seed germination of *Ligularia virgaurea*

REN Zhao-jiang¹, WANG Yu-qin², WANG Hong-sheng², SONG Mei-ling²

(1. College of Agriculture and Animal Husbandry, Qinghai University, Xining 810016, China; 2. Qinghai Academy of Animal and Veterinary Sciences, Qinghai University, Xining 810016, China)

Abstract: *Ligularia virgaurea* is a common poisonous weed distributed in alpine meadow. The study of factors affecting the seed germination of *L. virgaurea* is of great significance to explore the spread mechanism and efficient control of *L. virgaurea* in alpine plateau. In this study, the seeds of *L. virgaurea* collected in different years were pretreated at low temperatures to compare the germination rate, germination index, root length and seedling length of *L. virgaurea*, so as to explore the effect of low temperature pretreatment on the seed germination and seedling grow of *L. virgaurea*. The results showed that the germination rate of *L. virgaurea* seeds pretreated at 4 °C for 24 h and -20 °C for 2 h increased significantly. The experiment also indicated that the germination index of *L. virgaurea* seeds did not change significantly within 2 h after -20 °C pretreatment, nor did it change significantly after 4 °C pretreatment for 24 h. However, the germination index of *L. virgaurea* seeds after 48 h and 72 h at 4 °C pretreatment was significantly lower than that of the control. The results further implied that with the extension of treatment time at 4 °C, both root length and seedling length of *L. virgaurea* decreased. However, after a short time (0.5 h) at -20 °C, the seed seedling length of *L. virgaurea* was significantly higher than that of the control after one year of storage, but there was no significant change in root length. As a whole, the seeds of *L. virgaurea* collected in 2018 had lower germination vitality than that collected in 2019, but the difference between two years in germination index and seedling length decreased after low temperature

pretreatment. In conclusion, low temperature treatment will promote the germination of *L. virgaurea* seeds which have lower germination vitality with the prolonged storage time. However, long time of low temperature pretreatment will influence the growth of *L. virgaurea* seedlings. These results will provide basic data for the study of germination mechanism of *L. virgaurea* and the effective control of poisonous weeds in alpine grassland.

Key words: temperature; pretreatment; *Ligularia virgaurea*; germination rate; germination index

(上接 79 页)

The study on the relationship between VOR index and biomass and species diversity of grassland in fuyun district of Xinjiang

GUO Jian-xing^{1,2}, YE Mao^{1,2}, YIN Xi-kai^{1,2}, ZHANG Kai-li^{1,2},
ZHAO Fan-fan^{1,2}

(1. *College of Geography and Tourism Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China*; 2. *Xinjiang Laboratory of Lake Environment and Resources in Arid Zone, Urumqi 830054, China*)

Abstract: To understand the impact of grassland biomass on species diversity and grassland ecosystem health, the grassland community in Fuyun area of Xinjiang was studied in 2020. The relationship among grassland biomass, species diversity and grassland ecosystem was investigated by calculating Margalef diversity index, Simpson dominance index, Shannon-Wiener richness index, Alatalo evenness index and VOR evaluation index. The results show that: 1) There are significant differences in biomass between the Shenzhongshan forest area and the Shakuerbulake forest area in the Fuyun area ($P < 0.05$); there are obvious differences in Margalef richness index and Shannon-Wiener diversity index between Shakuerbulake area and other forest areas ($P < 0.05$); the Simpson dominance index and the Alatalo evenness index in the Kayierte forest area and the Shakuerbulake forest area are significantly different ($P < 0.05$). (2) In the evaluation of VOR index in each forest area, the Shakuerbulake forest area is at an unhealthy level. (3) The grassland species diversity and VOR index in Fuyun area increased first with the increase of biomass, and then decreased to a certain extent, showing a typical "single peak" relationship, which is mainly related to grassland productivity, interspecies symbiosis and competition.

Key words: grassland biomass; species diversity; VOR index; fuyun district Xinjiang