

不同处理方式对克氏针茅种子萌发 及活力的影响研究^①

李金还, 刘美茹, 牛建行, 王 冉,
宋吉轩, 吕 俊, 宗学风, 王三根

西南大学 农学与生物科技学院/南方山地农业教育部工程研究中心, 重庆 400715

摘要: 目前内蒙古地区典型草原退化较为严重, 要恢复原有的生态环境, 提高草原生产力, 可从建群种之一克氏针茅 *Stipa krylovii* 的人工辅助繁殖入手. 自然状况下, 克氏针茅的种子萌发率太低, 为此采用多种无机化合物、不同温度以及植物生长调节剂赤霉素(GA₃)对克氏针茅种子处理不同时间, 研究不同处理对克氏针茅种子萌发的影响. 结果表明适当的理化措施可提高克氏针茅种子发芽率与活力指数, 其中效果最显著的处理为 30% 过氧化氢浸种 20 min, 发芽率可达 50%, 发芽势为 25%, 分别比对照增长 9 倍, 25 倍; 其次为 300 mg/L GA₃ 浸种 48 h, 发芽率为 45.70%, 发芽势为 28.33%, 分别比对照增长 8 倍, 28 倍. 克氏针茅种子出芽率低的原因可能是由于种皮限制. 该研究结果可为规模化繁殖克氏针茅, 恢复草原生态环境, 提高草原生产力提供重要的参考价值.

关键词: 克氏针茅; 种子; 萌发; 发芽率; 种子活力

中图分类号: Q945

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2015)07-0067-08

内蒙古草原区处于亚洲中部草原亚区, 其有效天然牧场为 6 818 万 hm², 占全国草场面积的 27%, 是我国最大的草场和天然牧场. 其中最主要的地带性植被就是以针茅属 *Stipa* 植物建群的针茅草原, 可利用针茅草原面积为 2 096.14×10⁴ hm², 占内蒙古草原区可利用草原面积的 32.96%. 在典型草原中, 克氏针茅群落(Ass. *S. krylovii*)占典型草原针茅总面积的 56.78%, 其次是大针茅群落(Ass. *S. grandis*)为 37.94%^[1]. 克氏针茅 *Stipa krylovii* 具有抗旱、耐寒、耐贫瘠和春季返青早等特点, 是亚州中部典型草原的建群种^[2]. 克氏针茅为多年生密丛型禾草, 旱生草原种, 植株具有发达的根系, 地上部分由多数分蘖形成密集的草丛, 叶层高 20~30 cm, 生殖枝高 50~60 cm, 丛幅直径通常为 30~40 cm, 还是一种良好的饲用植物, 含有较高的粗蛋白质和粗脂肪, 春季和夏季抽穗前, 各种牲畜均喜食^[3].

对于草原上的多数植物来说, 植物的繁衍主要以营养繁殖为主, 但一旦遇上恶劣环境, 将会以种子进行繁殖. 长期以来由于盲目无序地滥垦、滥牧、滥挖、滥采, 使一些植物结实能力降低, 种子活力下降或进入较长休眠期, 导致种子出芽率降低, 严重破坏生态系统平衡, 是造成草原退化的重要机制之一. 草原退化、沙化现象严重, 优质牧草锐减、质量不断降低, 载畜能力越来越低, 危害巨大. 鼠害、虫害严重, 毒草、不可食牧草比例增大, 草地生产力较 20 世纪 50 年代普遍下降了 30%~50%^[4]. 目前内蒙古地区典型草原退化较为严重, 要恢复原有的生态环境, 提高草原生产力, 可从建群种之一克氏针茅的人工辅助繁殖入手. 但是, 针茅种子发芽率极低, 严重迟滞了草原生产力恢复的进程, 因此需要对克氏针茅种子的萌发特性和

① 收稿日期: 2014-01-11

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 项目)(2014CB138806); 中国 111 计划项目(104510-205001).

作者简介: 李金还(1990-), 女, 重庆万州人, 硕士研究生, 主要从事植物生理生化研究.

通信作者: 王三根, 教授.

提高发芽率开展卓有成效的工作。

前人对针茅属植物从不同角度进行了研究^[5-7],例如在宏观方面主要研究了放牧对针茅属植物的影响^[5-7],针茅植物对水分、土壤和 CO₂ 的响应^[8-10],从微观角度则主要研究了针茅属植物的形态变异、花粉结构等等^[11-13]。但关于克氏针茅种子萌发及活力的研究少见。本文从非生物因子对种子萌发的影响方面展开研究,重点研究理化措施对克氏针茅种子萌发的影响,探索有利于克氏针茅萌发的最优条件,为草原生产力的提高提供有价值的参考资料。

1 材料与方法

1.1 材料来源

克氏针茅 *Stipa krylovii* 种子于 2013 年 11 月在锡林浩特的中国科学院内蒙古草原生态系统定位站附近采集,位置为 43°50'67" N, 116°10'16" E, 海拔 1 187 m, 年均降水量 445 mm, 蒸发量 1 330~1 640 mm, 处于中温带半干旱气候区, 年均气温 6~7 °C。将清理干净带颖壳(内、外稃)的颖果放在纸袋中, 置于干燥处贮藏。

1.2 种子基本情况测定

种子质量用精度为 0.001 的天平, 测定 1 000 粒种子的质量, 3 次重复, 计算平均值。种子大小的测定用最小刻度为 0.02 mm 的游标卡尺测量 10 粒种子的长度和直径, 3 次重复, 计算平均值。种子含水量的测定需选取 50 粒饱满且无病虫害种子, 称质量后置于 105 °C 烘干, 并测定种子干质量, 3 次重复^[14]。

$$\text{种子含水量(SMC)} = \frac{\text{种子烘干前的质量} - \text{种子烘干后的质量}}{\text{种子烘干后的质量}} \times 100\%$$

1.3 种子处理方法

1) 温度处理: 温度处理分为恒温 and 变温处理, 恒温处理为种子发芽前 -20 °C, 蒸馏水浸种 3 d; 4 °C, 蒸馏水浸种 24 h, 48 h; 50 °C, 蒸馏水浸种 3 h。变温处理为 4 °C, 蒸馏水浸种 16 h 后, 37 °C 再浸种 8 h。

2) 赤霉素(GA₃)处理: 用 100, 200, 300 mg/L 赤霉素溶液分别浸种 24 h, 48 h。

3) 氢氧化钠(NaOH)处理: 用 5, 10, 20 g/L NaOH 溶液浸泡 2 h。

4) 氯化钙(CaCl₂)处理: 用 10, 20 g/L CaCl₂ 溶液浸种 24 h。

5) 过氧化氢(H₂O₂)处理: 用 30% H₂O₂ 浸种 20 min。

6) 硝酸钾(KNO₃)处理: 用 2% KNO₃ 溶液分别浸种 24 h, 48 h。

7) 硫酸(H₂SO₄)处理: 用 50%, 75%, 98% H₂SO₄ 浸泡 10 min, 然后用蒸馏水冲洗 3 次。

1.4 发芽实验

种子发芽实验于 2013 年 12 月—2014 年 7 月在西南大学农学与生物科技学院植物生理生化实验室进行, 采用纸上发芽方法, 即将各处理组完成处理的种子用 10% 次氯酸钠(NaClO)消毒 20 min 后, 用蒸馏水冲洗 3~4 遍, 洗去残留的 NaClO, 然后放入铺有 3 层滤纸且用蒸馏水浸湿的发芽床中, 每个发芽床 20 粒种子, 每个处理 3 个重复, 所有处理组均以未经任何处理的针茅种子为对照, 消毒后进行纸培。将培养皿置于 30 °C (8 h 光照)~15 °C (16 h 黑暗)、湿度为 70% 的光照培养箱中进行发芽培养。

1.5 种子发芽相关指标与活力测定

种子萌发以种子露白为标志, 发芽实验进行 7 d 后, 记录发芽种子数, 以后每 3 d 定时记录发芽种子数, 并测量苗长, 精确到 0.01 cm, 一共记录 8 次, 21 d 后结束发芽实验^[2]。结束发芽试验后, 计算逐日萌发数, 累积萌发率, 发芽率^[15], 发芽势, 发芽指数, 活力指数^[16]。种子活力测定是将 30 粒种子 37 °C 浸种 6 h, 剥除种皮后放入试管中, 加入 5 mL 0.3% TTC 溶液, 在 37 °C 恒温水浴箱中放置 18 h。取出后, 凡种胚着红色或着粉红色的为活种子, 种胚与胚乳着色呈白色的为死种子, 并记录数量, 以经沸水煮后的克氏针茅种子为对照组, 3 次重复^[1]。

发芽率

$$GR = (\text{发芽种子数} / \text{供试种子总数}) \times 100\%$$

发芽势

$$GP = (在发芽前\ 10\ d\ 内发芽种子数 / 供试种子总数) \times 100\%$$

发芽指数

$$G_i = \sum G_t / D_t \times G_t$$

G_t : 在时间第 t 日的发芽数; D_t : 相应的发芽日数.

活力指数

$$V_i = G_i \times S$$

S : 幼苗的生长势(用苗的长度表示).

种子活力

$$GV = (有活力的种子数 / 种子总数) \times 100\%$$

1.6 数据处理

利用 Excel, SPSS 软件对试验数据进行差异性分析, 相关分析及作图.

2 结果分析

2.1 克氏针茅种子基本性状调查

由表 1 可得, 克氏针茅种子小而轻, 具稃、芒附属物, 种子为细长型, 两端小中间大, 种子内供生长所需的营养物质含量较少, 而且很多种子为空壳. 种子含水量又称种子含水率, 其多少是影响种子寿命的重要因素, 含水率高的种子寿命会缩短, 含水率低的种子能保存较长时间, 比较耐贮藏^[17]. 种子活力测定结果为 88.73%, 而其他针茅种类, 如大针茅 *Stipa grandis* 种子活力为 83.18%, 短花针茅 *Stipa breviflora* 为 86.96%, 贝尔加针茅 *Stipa baicalensis* 为 86.46%^[18], 说明本试验所用克氏针茅种子大部分都已度过休眠期, 生活力较强, 但仍有少数种子处于休眠期, 或是种子内营养物质已被消耗.

表 1 克氏针茅种子基本性状

千粒质量/g	长度/mm	直径/mm	种子含水量/%	种子活力/%
5.686±0.096	15.22±0.088	1.87±0.075	19.33±0.50	88.73±0.96

2.2 不同处理对克氏针茅种子累积萌发率的影响

从图 1 可以看出, -20 °C 处理 3 d, 4 °C 处理 48 h, 4 °C 处理 24 h, 50 °C 处理 3 h 这 4 组与 CK 相比, 种子累积萌发率有所提高. 其中, 差异明显组为 4 °C 处理 48 h 组和 -20 °C 处理 3 d 组. 4 °C 处理 48 h 组曲线上上升趋势明显, 而 -20 °C 处理 3 d 组曲线呈平缓上升趋势.

赤霉素处理后的种子累积萌发率均高于 CK. 在趋势图(图 2)中可见一个急剧上升点, 即 300 mg/L 赤霉素浸种 48 h 处理组的克氏针茅种子累计萌发率在第 9 天时从 3.33% 上升到 28% 左右. 此外, 各质量浓度赤霉素对种子累积萌发率的影响曲线与温度对种子累积萌发率的影响曲线相比, 上升趋势更明显, 最优处理组为 300 mg/L 赤霉素浸种 48 h(图 2).

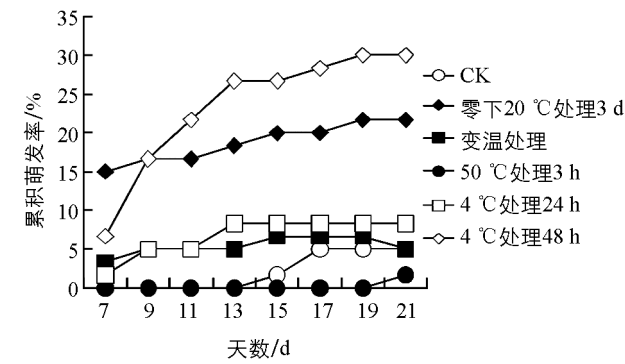


图 1 温度对克氏针茅种子累积萌发率的影响

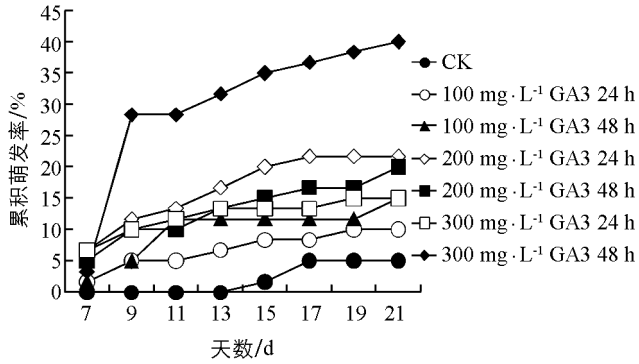


图 2 赤霉素对克氏针茅种子累积萌发率的影响

在实验过程中, 浓硫酸浸泡克氏针茅种子后, 其种皮全部被腐蚀, 相当于变成裸种子的发芽试验, 在前 3 d 种子露白数可达 6 粒. 但随后可观察到已萌发的种子有发霉现象, 可能是由于硫酸浓度太高, 刺激太

强,种胚被破坏,进而无法继续生长.经较低百分浓度(75%,50%)H₂SO₄处理后的种子萌发数少于CK,故未列出.从图3中可以看出,30% H₂O₂处理组的累积萌发率曲线呈上升趋势,而其余各组与CK相比,差异不明显,种子累积萌发率曲线均呈平缓趋势,累积萌发率集中在15%以下.

2.3 不同处理对克氏针茅种子发芽率和发芽势的影响

从温度对克氏针茅种子发芽率和发芽势的影响中可知,−20℃处理3 d,4℃处理48 h后的发芽率,发芽势与CK相比,有显著提高($p<0.05$).4℃处理48 h组发芽率可达37.50%,发芽势可达21.67%;而−20℃处理3 d组发芽率为21.67%,发芽势为16.67%.其余各组发芽率,发芽势与CK相比差异均不具有统计学意义(表2).

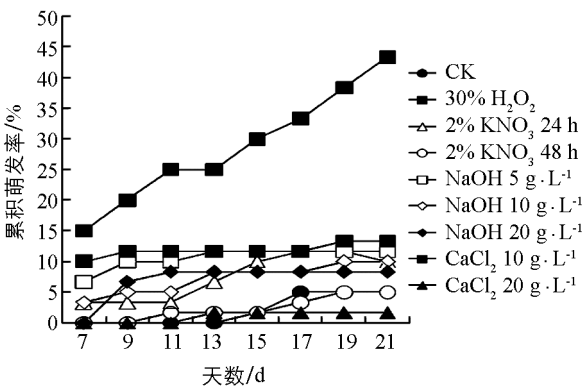


图3 化学无机物对克氏针茅种子累积萌发率的影响

表2 温度对克氏针茅种子发芽率和发芽势的影响

处 理	发芽率/%	发芽势/%
CK	5.00±5.00c	0.00±0.00c
−20℃处理3 d	21.67±3.53b	16.67±5.00ab
变温处理	5.00±0.00c	5.00±0.00bc
50℃处理3 h	1.67±2.88c	0.00±0.00c
4℃处理24 h	8.33±5.00bc	5.00±5.00bc
4℃处理48 h	37.50±3.53a	21.67±2.88a

注：不同小写字母表示差异具有统计学意义($p<0.05$)；下同.

从表3中观察到各质量浓度赤霉素均可提高种子的发芽率,发芽势.用赤霉素浸种24 h,最适质量浓度为200 mg/L,发芽率为21.67%,发芽势为13.33%;赤霉素浸种48 h时,最适质量浓度为300 mg/L,但发芽率较200 mg/L GA₃处理24 h提高了1倍,而发芽势提高了近2倍.对比各组发芽率,最优处理组为300 mg/L GA₃浸种48 h,发芽率达45.7%;然后是200 mg/L GA₃处理48 h组,发芽率为25.70%.二者与其他各组相比差异具有统计学意义($p<0.05$).各组发芽率由大到小依次为300 mg/L GA₃处理48 h、200 mg/L GA₃处理48 h、200 mg/L GA₃处理24 h、200 mg/L GA₃处理24 h、100 mg/L GA₃处理48 h、100 mg/L GA₃处理24 h、CK.而对比各组发芽势,最优处理组仍为300 mg/L GA₃处理48 h,发芽势为28.33%,与其他各组相比,差异具有统计学意义($p<0.05$);其次是200 mg/L GA₃处理24 h处理组,发芽势为13.33%.各组发芽率由大到小依次为300 mg/L GA₃处理48 h、200 mg/L GA₃处理24 h、300 mg/L GA₃处理24 h、100 mg/L GA₃处理48 h、200 mg/L GA₃处理48 h、100 mg/L GA₃处理24 h、CK.

表3 赤霉素对克氏针茅种子发芽率和发芽势的影响

处 理	发芽率/%	发芽势/%
CK	5.00±5.00d	0.00±0.00c
100 mg·L ^{−1} GA ₃ 处理24 h	10.00±5.00d	5.00±5.00bc
100 mg·L ^{−1} GA ₃ 处理48 h	15.00±2.88cd	11.67±7.63b
200 mg·L ^{−1} GA ₃ 处理24 h	21.67±2.88bc	13.33±2.88b
200 mg·L ^{−1} GA ₃ 处理48 h	25.70±3.53a	10.00±5.00bc
300 mg·L ^{−1} GA ₃ 处理24 h	15.00±2.88cd	11.67±2.88b
300 mg·L ^{−1} GA 处理48 h	45.70±3.53a	28.33±7.63a

表 4 化学无机物对克氏针茅种子发芽率和发芽势的影响

处 理	发芽率/%	发芽势/%
CK	5.00±5.00b	0.00±0.00c
30% H ₂ O ₂	50.00±5.74a	25.00±0.00a
2% KNO ₃ 处理 24 h	10.00±5.00b	3.33±2.88bc
2% KNO ₃ 处理 48 h	5.00±4.66b	1.67±2.88bc
5 g·L ⁻¹ NaOH	11.67±3.53b	10.00±3.53bc
10 g·L ⁻¹ NaOH	10.00±5.00b	5.00±5.00bc
20 g·L ⁻¹ NaOH	8.33±5.74b	8.33±5.74bc
10 g·L ⁻¹ CaCl ₂	13.33±7.68b	11.67±5.74b
20 g·L ⁻¹ CaCl ₂	1.67±2.87b	0.00±0.00c

30% H₂O₂ 浸种可显著提高种子的发芽率和发芽势($p<0.05$), 发芽率达 50%, 发芽势达 25%, 较赤霉素处理和不同温度处理后的种子发芽率, 发芽势都更高. 2% KNO₃ 浸种 24 h 与 48 h 相比, 前者发芽率, 发芽势更高. 氢氧化钠处理种子, 种子发芽率随质量浓度的增加而下降, 5 g/L NaOH 处理组, 发芽率为 11.67%, 发芽势为 10%. 氯化钙处理种子较优质量浓度仍为低质量浓度, 且 10 g/L CaCl₂ 处理组的发芽势与对照相比, 差异具有统计学意义($p<0.05$). 无机化合物处理克氏针茅种子的最佳方法为 30%过氧化氢浸种 20 min, 其他化合物处理后的种子发芽率都在 10%左右, 均不可取(表 4).

2.4 不同处理对克氏针茅种子发芽指数和活力指数的影响

由表 5 可以看出, 4℃处理 48 h, 4℃处理 24 h, -20℃处理 3 d 这 3 组发芽指数与对照相比差异具有统计学意义($p<0.05$). 4℃处理 48 h, -20℃处理 3 d 这两组的活力指数与对照相比差异具有统计学意义($p<0.05$). 最优温度处理为 4℃处理 48 h 组, 发芽指数为 0.76, 活力指数为 3.52. 活力指数, 发芽指数从高到低依次均是 4℃处理 48 h、-20℃处理 3 d、4℃处理 24 h、变温处理、CK、50℃处理 3 h.

表 5 温度对克氏针茅种子发芽指数和活力指数的影响

处 理	发芽指数	活力指数
CK	0.06±0.05d	0.28±0.07c
-20℃处理 3 d	0.40±0.04b	2.52±0.09b
变温处理	0.15±0.05cd	0.60±0.08c
50℃处理 3 h	0.02±0.02d	0.02±0.03c
4℃处理 24 h	0.26±0.10bc	0.66±0.19c
4℃处理 48 h	0.76±0.04a	3.52±0.11a

中低质量浓度赤霉素浸种后, 发芽指数与 CK 相比差异具有统计学意义($p<0.05$), 从大到小依次为 300 mg/L 处理 48 h 组、200 mg/L 处理 48 h 组、200 mg/L 处理 24 h 组、300 mg/L 处理 24 h 组. 另外, 300 mg/L 处理 48 h 组的活力指数达 6.30, 与其他组相比差异具有统计学意义($p<0.05$), 而其他浓度赤霉素处理组活力指数均在 2.0(表 6).

表 6 赤霉素对克氏针茅种子发芽指数和活力指数的影响

处 理	发芽指数	活力指数
CK	0.06±0.05e	0.28±0.07b
100 mg·L ⁻¹ GA ₃ 处理 24 h	0.19±0.07de	1.13±0.17b
100 mg·L ⁻¹ GA ₃ 处理 48 h	0.21±0.06de	1.41±0.08b
200 mg·L ⁻¹ GA ₃ 处理 24 h	0.45±0.05bc	2.02±0.16b
200 mg·L ⁻¹ GA ₃ 处理 48 h	0.51±0.12b	1.03±0.23b
300 mg·L ⁻¹ GA ₃ 处理 24 h	0.32±0.09cd	2.39±0.13b
300 mg·L ⁻¹ GA ₃ 处理 48 h	0.94±0.03a	6.30±0.11a

表 7 无机化合物对克氏针茅种子发芽指数和活力指数的影响

处 理	发芽指数	活力指数
CK	0.06±0.05c	0.28±0.07c
30% H ₂ O ₂	0.83±0.12a	7.38±0.28a
2% KNO ₃ 24 h	0.21±0.09c	0.98±0.15bc
2% KNO ₃ 48 h	0.07±0.05c	0.24±0.14c
5 g·L ⁻¹ NaOH	0.11±0.04c	0.64±0.04bc
10 g·L ⁻¹ NaOH	0.20±0.03c	1.22±0.09bc
20 g·L ⁻¹ NaOH	0.18±0.07c	1.03±0.08bc
10 g·L ⁻¹ CaCl ₂	0.47±0.05b	1.62±0.08b
20 g·L ⁻¹ CaCl ₂	0.02±0.04c	0.11±0.19c

从表 7 可以看出,发芽指数和活力指数较高组为 30% H₂O₂ 和 10 g/L CaCl₂ 处理组,二者与其他组相比差异具有统计学意义($p<0.05$).活力指数除 30% H₂O₂ 处理组外,均在 2.0 以下.30% H₂O₂ 处理组的活力指数为 7.38,与 300 mg/L GA₃ 处理 48 h 组相比,提高了 17.1%;与 4 ℃处理 48 h 组相比,提高了 1 倍.但 30% H₂O₂ 处理组的发芽指数与 300 mg/L 处理 48 h 组相比,则减少了 13.3%.

3 讨 论

内蒙古草原退化严重,优质牧草锐减,其建群种之一克氏针茅的种子发芽率极低.本试验表明,在自然状况下,其种子发芽率只有 5%左右.因此,本文用多种理化措施处理,对克氏针茅种子的萌发特性、提高种子发芽率及种子活力进行了研究.

发芽率反映了种子发芽的多少,发芽势反映了种子发芽的快慢和整齐度,发芽指数能够反映种子在整个发芽期的综合活力,活力指数既能反映种子发芽率、发芽速度,又能反映生长势及生长活力^[19].种子累积萌发率可以动态反映种子的发芽情况^[20].种子活力则是种子出苗率、幼苗生长的潜势、植株抗逆能力和生产潜力的总和,是种子品质的重要指标^[21].从本试验中可以看到,克氏针茅种子活力为 88.73%,说明针茅种子大部分都已度过休眠期,生活力较强.但发芽率最高也仅为 50%,可以推测可能是外部因素的原因导致克氏针茅种子出芽少.在测定种子活力的方法中,先将种子种皮去掉,再利用 TTC 染色,而在用无机化合物或是植物生长调节剂,不同温度处理种子时并未剥除种皮.魏琳等^[22]也提出种皮可能是限制针茅种子发芽的原因.

温度是决定种子萌发的主要生态因子,特别是在高温的夏天,温度将会延迟需要低温萌发种子的萌发,或不萌发而表现出休眠的状态,导致产量下降^[23].低温浸种可使种子置于湿冷环境中,软化了种皮,增加了种子的透水通气性,进一步促进种子萌发.4 ℃低温浸种 48 h,发芽率达 38%,后期可从延长浸种时间方面进一步探究.

据焦德志等^[24]报道,赤霉素能打破羊草种子休眠,促进种子萌发.张芹等^[25]指出赤霉素可提高暴马丁香发芽率,主要是因为赤霉素可提高种子萌发过程中的可溶性糖质量分数和可溶性蛋白质质量分数,可溶性糖既可以作为种子萌发过程中的能量来源,又可以为胚的生长提供原料;部分可溶性蛋白是参与种子萌发过程中各种代谢的酶蛋白,其质量分数在一定程度上反映了种子代谢活力的强弱,同时可溶性蛋白质还可为种子萌发提供氮素营养.赤霉素还可以促进生长素类物质合成,提高种子内淀粉酶活性,加快种子的代谢活动,从而提高种子萌发能力^[26-27].从本实验也可以看出,赤霉素可显著提高克氏针茅种子的发芽率等一系列与种子萌发相关的指标参数.

浓硫酸具有很强的腐蚀性,浸泡种子后,种皮被浓硫酸全部腐蚀,前 3 d 的累计发芽率可达 30%,可以推测出克氏针茅种子发芽率低的关键因素是种皮.已有研究表明^[28],种子的附属物主要阻碍胚根突破种皮、阻碍大量的萌发抑制物渗出种子以及阻碍气体、水分与光的交换,从而影响种子的萌发.由于硫酸质量浓度太高,种子内部营养物质被破坏,种子逐渐腐烂,不能抵抗恶劣的环境,因此将实验设计为降低硫酸质量浓度,但结果表示无显著正效应,由此可推断出硫酸浸种不可取.

Ca²⁺ 不仅仅是一种营养元素,更是一种信号物质,可对植物的新陈代谢和生长发育进行调控^[29].CaCl₂ 为最常用的萌发刺激物,通过调节种子内部生理状态以促进萌发.在本实验中,种子经 10 g/L CaCl₂ 浸泡

后,萌发率与对照相比提高了 1 倍以上,但仅为 13.33%;20 g/L CaCl_2 浸种对种子萌发没有正效应,可推测抑制克氏针茅萌发的原因可能不是种子内部生理状态的问题。

张国云等^[30]研究氢氧化钠可促进蒿草种子萌发,可能是因为 NaOH 溶液处理蒿草种子可以破坏种子角质层,增大种皮细胞间隙,有利于蒿草种子与外部之间的物质交流。另一方面,NaOH 溶液处理蒿草种子可以有效降低蒿草种子中的种皮抑制物质,如内源脱落酸质量分数,从而提高种子发芽率。在本实验室中,发芽率随氢氧化钠质量浓度增加而下降,因此 NaOH 最佳质量浓度应为 5 g/L。

硝酸盐作为一种信号分子参与调控植物生长发育的多个生理过程,如控制开花时间,根系发育和释放种子休眠等,它能解除燕麦、钻果大蒜芥和拟南芥等种子的休眠^[31]。用 2% KNO_3 浸种 24 h,48 h 后克氏针茅种子萌发率与对照相比差异无统计学意义,可能是与硝酸钾质量浓度有关,但更可能是由于种子外部因素抑制了克氏针茅种子的萌发。

过氧化氢不仅对种皮有一定的腐蚀作用,还可以分解释放氧气进而促进种子的呼吸,这样可以增加种子与外界空气和水分的交流,从而软化种皮后打破种子休眠^[32]。从实验结果可以看出,过氧化氢处理针茅种子后的效果是所有处理中最好的,不但发芽率能达 50%,其发芽指数可达 0.83,活力指数可达 7.38。

4 结 论

种子萌发需要一定的内在条件和外在条件,掌握种子萌发所需要的条件,获得早出苗,出全苗的苗子是获得高产的第一步。本研究结果表明,克氏针茅种子发芽率低的原因很大程度上是因为种皮的限制,但针茅种子为细长型,剥除种皮耗时费力,所以最佳处理为用 30% 过氧化氢(H_2O_2)浸种 20 min,10% NaClO 消毒 20 min,蒸馏水冲洗 3~4 遍,洗去残留的 NaClO ,然后将种子放入铺有 3 层滤纸且用蒸馏水浸湿的发芽床中进行萌发。发芽率可达 50%,发芽势可达 25%,而发芽指数可达 0.83,活力指数可达 7.38。本研究结果可为规模化繁殖克氏针茅,提高草原生产力,恢复草原生态环境提供重要的参考价值。

参考文献:

- [1] 徐丽君. 四种针茅种子萌发及其幼苗生长的研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2006.
- [2] 李青丰, 易 津, 张力君, 等. 针茅种子萌发检验标准及幼苗发育特征的研究 [J]. 草业科学, 1995, 12(4): 50—52.
- [3] 中国科学院中国植物志编委会. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 2004: 268—277.
- [4] 罗天相, 刘 莎. 中度放牧干扰对草地生物多样性影响的思考 [J]. 安徽农业科学, 2007, 35(21): 6567—6568, 6612.
- [5] 段敏杰, 高清竹, 万运帆, 等. 放牧对藏北紫花针茅高寒草原植物群落特征的影响 [J]. 生态学报, 2010, 30(14): 3892—3900.
- [6] GAO Hui, GAO Yu-bao, HE Xing-dong. Impacts of Grazing and Mowing on Reproductive Behaviors of *Stipa grandis* and *Stipa krylovii* in A Semi-Arid Area [J]. Journal of Arid Land 2014, 6(1): 97—104.
- [7] 姜 威. 增温与放牧对高寒草甸异针茅和垂穗披碱草种群遗传多样性的影响 [D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2014.
- [8] YUAN Zhi-you, LI Ling-hao, HAN Xing-guo, et al. Soil Characteristics and Nitrogen Resorption in *Stipa krylovii* Native to Northern China [J]. Plant and Soil, 2005, 273(1—2): 257—268.
- [9] WANG Yu, ZHOU Guang-sheng, WANG Yu-hui. Environmental Effects on Net Ecosystem CO_2 Exchange at Half-Hour and Month Scales over *Stipa krylovii* Steppe in Northern China [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2008, 148(5): 714—722.
- [10] LI Yue, LIU Ying-hui, WANG Ya-lin, et al. Interactive Effects of Soil Temperature and Moisture on Soil Mineralization in A *Stipa krylovii* Grassland in Inner Mongolia, China [J]. Journal of Arid Land, 2014, 6(5): 571—580.
- [11] ZHAO Nian-xi, GAO Yu-bao, WANG Jin-long, et al. Genetic Diversity and Population Differentiation of the Dominant Species *Stipa krylovii* in the Inner Mongolia Steppe [J]. Biochemical Genetics, 2006, 44(11—12): 513—526.
- [12] HAN Bing, ZHAO Meng-li. Genetic Comparisons Between Seed Bank and *Stipa krylovii* Plant Populations [J]. Russian Journal of Genetics, 2011, 47(9): 1084—1090.
- [13] 毛礼米, 杨小丽. 禾本科针茅族(*Stipeae*)7 种花粉形态比较研究 [J]. 微体古生物学报, 2011, 28(2): 169—180.
- [14] 宗学风, 王三根. 植物生理研究技术 [M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 2011.
- [15] 孙丽萍, 宁 布, 包来晓. 牧草种子活力测定方法的研究 [J]. 中国草地, 1991(3): 67—71.
- [16] 国家技术监督局. GB/T 3543. 1-3543. 7-1995. 农作物种子检验规程 [M]. 北京: 中国标准出版社, 1995.
- [17] 李淑娴, 吴 雷, 李运红, 等. 低恒温烘干法测定种子含水量条件的研究 [J]. 种子, 2011, 30(5): 72—74.

- [18] 徐丽君, 赵 钢, 王 波, 等. 三种针茅种子萌发特性及幼苗生长的研究 [J]. 中国草地学报, 2006, 28(1): 41—44.
- [19] 吴 纲, 肖小君, 何开跃, 等. NaCl 胁迫对枸树种子发芽及幼苗生理生化指标的影响 [J]. 江苏林业科技, 2009, 36(4): 8—12.
- [20] 李发明, 刘淑娟, 张莹花, 等. 光照和沙埋对沙生针茅种子萌发与幼苗出土的影响 [J]. 中国农学通报, 2013, 31(29): 47—52.
- [21] 赵艳艳, 胡晓辉, 邹志荣, 等. 不同浓度 5-氨基乙酰丙酸(ALA)浸种对 NaCl 胁迫下番茄种子发芽率及芽苗生长的影响 [J]. 生态学报, 2013, 33(1): 62—70.
- [22] 魏 琳. 本氏针茅和克氏针茅种子萌发期和苗期抗旱性研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
- [23] 李晓宇, 蔺吉祥, 穆春生, 等. 外源植物激素对羊草种子形成及萌发的影响 [J]. 中国农学通报, 2012, 28(23): 11—14.
- [24] 焦德志, 龚 孟, 潘学岩, 等. 不同植物激素对羊草种子萌发和幼苗生长的影响 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(3): 1188—1190.
- [25] 张 芹, 徐学山, 李保会, 等. 不同处理条件对暴马丁香种子萌发的影响 [J]. 北方园艺, 2014(1): 54—57.
- [26] 郭慧琴, 任卫波, 李 平, 等. 2,4-表油菜素内酯和赤霉素互作对羊草种子萌发及幼苗生长的影响 [J]. 草业科学, 2014, 31(6): 1097—1103.
- [27] 刘春华, 王 鹏, 夏 超, 等. 种子休眠与萌发相关激素突变体研究进展 [J]. 作物杂志, 2014(3): 139—142.
- [28] 张国云, 呼天明, 王俭珍, 等. 不同处理对西藏 7 种嵩草种子果皮结构和发芽率的影响 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2008, 36(11): 21—28.
- [29] 王永娟, 周 妍, 金勇男, 等. 不同类型盐胁迫及外源钙离子对玉米和大豆种子萌发特性的影响 [J]. 吉林农业科学, 2014, 39(4): 6—11.
- [30] 张国云, 李艳芳, 呼天明. 氢氧化钠及低温层积处理对嵩草种子萌发的影响 [J]. 西北农业学报, 2010, 12(19): 104—108.
- [31] 宋冰燕. 稗草和莠苣种子休眠与萌发生理的研究 [D]. 吉首: 吉首大学, 2013.

Influence of Different Treatment Methods on the Seed Germination and Vigor of the *Stipa krylovii*

LI Jin-huan, LIU Mei-ru, NIU Jian-hang, WANG Ran,
SONG Ji-xuan, LV Jun, ZONG Xue-feng, WANG San-gen

School of Agronomy and Biotechnology, Southwest University/Engineering Research Center of
South Upland Agriculture, Ministry of Education, Chongqing 400715, China

Abstract: As the degradation of Inner Mongolian typical steppe area has been getting more serious in recent years, we should work at manually assisted breeding of the constructive species, *Stipa krylovii* to break seed dormancy and promote seed germination. Taking into consideration the fact that *S. krylovii* seed has low germination rate, in this study *S. krylovii* seed was made to germinate in different treatments of inorganic compounds, temperature and gibberellin (GA_3) for different time duration so as to provide reference for large scale breeding of *S. krylovii*, restoration of grassland ecological environment and improvement of grassland productivity. The results showed that proper physicochemical measures improved germination rate and vigor index of *S. krylovii* seed, and presoaking with 30% H_2O_2 for 20 min had the most significant effect on the seed germination of *S. krylovii*, the germination rate being 50% and germination vigor being 25%, a 9- and 25-fold increase compared with CK. Seed presoaking in 300 mg/L GA_3 solution for 48 hours gave a germination rate was 45.70% and a germination vigor of 28.33%, a 8- and 28-fold increase over CK, respectively. Seed coat limitation may be the main reason of low seed germination rate of *S. krylovii*.

Key words: *Stipa krylovii*; seed; germination; germination rate; seed vigor

