

# 外源物质处理促进砂生槐种子萌发的效应分析

刘莹<sup>1,2</sup>,李媛<sup>1,3</sup>,刘彬<sup>1</sup>,普布次仁<sup>4</sup>,王玉婷<sup>4</sup>,杨桂娟<sup>1</sup>,王军辉<sup>1</sup>,麻文俊<sup>1\*</sup>

(1. 中国林业科学研究院 林业研究所,国家林业局林木培育重点实验室,北京 100091;2. 西北农林科技大学 林学院,陕西 杨陵 712100;  
3. 中南林业科技大学 林学院,湖南 长沙 410004;4. 西藏自治区林木科学研究院,西藏 拉萨 850000)

**摘要:**以2015年采自西藏的3个不同群体的砂生槐种子为研究对象,对4种不同外源物质处理下砂生槐种子萌发相关多项指标和已萌发种子的胚芽和胚根长度进行测量和分析,以期获得最佳的促萌方法。结果表明:1)4种外源物质处理中H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>对种子萌发的促进作用最显著,发芽率最高可达对照的29倍,发芽势、发芽指数、活力指数最高可达对照的33~73倍,其他3种化学物质处理作用较弱,处理间无显著差异,且不同群体对同一处理的反应不同。2)群体5的萌发指标在对照处理下显著高于群体1和群体3,在外源物质处理下种子萌发指标按增幅大小顺序为群体1>群体3>群体5,胚芽和胚根长度缩短程度按大小顺序为群体1>群体3>群体5,群体1最敏感,群体5不敏感。3)群体1和群体3最佳促萌处理为98%的H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,发芽率分别可达58%和39.33%,群体5的最佳处理为80%的H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,发芽率可达48%,且以上浓度下对应群体的发芽势、发芽指数、活力指数均达最大值,其他3种外源物质亦有与群体对应的最优处理浓度,同一外源物质处理下,发芽率最高的处理浓度与其他指标的最优处理浓度不一定相同,过高的温度、过高浓度的激素和酸处理对胚芽和胚根长度有负面作用,在促萌育苗方面应综合考虑选择。

**关键词:**砂生槐;外源物质;群体;萌发特性

**中图分类号:**S792.26      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2018)04-0030-06

## Effects on Promotion of *Sophora moorcroftiana* Seed Germination under Exogenous Substances Treatment

LIU Ying<sup>1,2</sup>, LI Yuan<sup>1,3</sup>, LIU Bin<sup>1</sup>, Puburenci<sup>4</sup>, WANG Yu-ting<sup>4</sup>, YANG Gui-juan<sup>1</sup>,  
WANG Jun-hui<sup>1</sup>, MA Wen-jun<sup>1\*</sup>

(1. Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation of State Forestry Administration, Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 2. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. College of Forestry, Central South University of Forestry & Technology, Changsha, Hunan 410004, China; 4. Forestry Science Research Institute of Tibet Municipality, Lhasa, Xizang 850000, China)

**Abstract:** Taking the seeds of *Sophora moorcroftiana* that were collected from three plant communities in Tibet in 2015 as research objects, effects of four exogenous substances on the promotion of seed germination and growth were investigated. Parameters related to seed germination and the growth of radicle and plumule were measured and analyzed to obtain the best germination promotion method. It was found that 1) among four substances, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> was the most effective one to the seed germination, in which the germination rate could be 29 times higher than the control, and the germination potential, GI and VI were 33—73 times than those of the control. For the rest of other three substances, no significant promotion effects and differences were observed, moreover, seeds from different population showed different results in a same

收稿日期:2017-10-24 修回日期:2018-03-03

基金项目:林业公益性行业科研专项(201504109)。

作者简介:刘莹,女,在读硕士,研究方向:林木遗传育种。E-mail:452305570@qq.com

\* 通信作者:麻文俊,男,助理研究员,研究方向:林木遗传育种。E-mail:mwjlx@sina.com

treatment. 2) In the control, the germination indices of the seeds from population No. 5 was significantly higher than those of population No. 1 & No. 3. While in different treatments, the germination indices was in the order of No. 1>No. 3>No. 5, while the germ and radicle length decrease was also in the order of No. 1 >No. 3>No. 5. 3) The best exogenous substance for the germination of the seeds of population No. 1 and population No. 3 was 98% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, and the germination rate was 58% and 39.33% respectively. The best treatment for the seed germination of population No. 5 was 80% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, and the germination rate could reach 48%. Under the above concentration of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, the germination potential, GI and VI all reached the best. The other three exogenous substances treatments also had its best concentration. In a same treatment, the concentration for the highest germination rate and other indexes was not necessarily the same. High temperature, high concentration hormone and acid treatment all negatively affect the germ and radicle length, so all those factors should be taken into account for seedling and germination promotion.

**Key words:** *Sophora moorcroftiana*; exogenous substance; population; germination characteristics

砂生槐(*Sophora moorcroftiana*)又名“西藏狼牙刺”,为豆科槐属多年生矮灌木<sup>[1]</sup>,生长于海拔 2 800~4 400 m 的山坡和河漫滩砂质地,在雅鲁藏布江河谷的砂地及冲、洪积扇地,常大片分布<sup>[2]</sup>。是西藏特有种,也是半固定沙地上的先锋灌丛植物<sup>[3]</sup>。由于受生长条件的影响,砂生槐的根系发达,具有极强的抗旱、耐瘠薄、抗风沙等生态适应性和很好的防风固沙、保持水土的功能<sup>[4]</sup>,在维护高原生态方面起着重要的作用。不仅如此,砂生槐还具有较高的饲用和药用价值<sup>[5-6]</sup>。砂生槐有种子繁殖和根蘖繁殖两种繁殖方式,在没有根的流沙上主要靠种子繁殖固定沙面。但在自然条件下,砂生槐种子发芽率低,仅为 10% 左右,严重地制约了砂生槐植株的繁殖<sup>[7]</sup>。而且近年来流域内沙地逐渐扩大,植被退化严重<sup>[8]</sup>。研究表明<sup>[9-10]</sup>人类的粗放经营、管理不善及掠夺式利用,是引起植被退化的主导因素。郭其强<sup>[11]</sup>等提出在未来研究中,重点应该是在对现有资源的保护下,加强对砂生槐人工种群的扩繁和栽植面积的扩大。目前,对砂生槐种子萌发特性和幼苗生长的研究并不深入和完整。幸福梅<sup>[12]</sup>等研究发现砂生槐硬实率可达 95%,作为典型的硬实种子,切破种皮和酸碱处理均能在很大程度上提高砂生槐种子的发芽率,但发芽率较其他豆科植物种子依旧较低,并且指出切破种皮往往会伤害种胚,强酸处理完种子之后的残留均在很大程度上限制其广泛使用。索朗德吉<sup>[13]</sup>等测定了砂生槐种子的硬实率,研究了发芽床,沸煮处理和消煮浸种处理等对砂生槐种子萌发的影响。目前为止,处理因素对种子萌发后幼苗生长的具体影响研究缺乏。选用了砂生槐 3 个群体的种子,调查测定了不同浓度梯度 6-BA、GA<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 和不同温度蒸馏水处理下的萌发和生长指标,分析了 4 种处理对砂生槐种子萌发和幼苗胚芽、胚根生长的影响,旨在获得更适宜的砂生槐种

子处理条件以提高其萌发率和生活力,并揭示处理对幼苗生长的影响,为植被重建和利用以及后续研究提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

砂生槐种子于 2015 年采自西藏自治区,共 3 个群体,采集点信息见表 1。

表 1 供试砂生槐 3 个群体来源信息  
Table 1 Source information of the three *Sophora moorcroftiana* population for the experiment

群体	采样地点	经度/E	纬度/N	海拔/m
1	日喀则市东南尼仓村	88°55′08″	29°19′00″	3 832
3	萨迦县吉定镇西嘎村	87°38′08″	29°05′15″	4 058
5	贡嘎县岗堆镇森布日村	87°38′08″	29°17′39″	3 582

1.2 试验设计

以 6-BA、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、GA<sub>3</sub>、蒸馏水的浓度或温度为处理因素,每种处理 4 次重复,每重复 50 粒种子。具体处理浓度和温度条件见表 2。

表 2 试验设计  
Table 2 Experimental design

试剂种类	处理条件	处理梯度			
6-BA	浓度/(mg·L <sup>-1</sup> )	0	50	100	200
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	浓度/%	0	60	80	98
GA <sub>3</sub>	浓度/(mg·L <sup>-1</sup> )	0	200	400	600
蒸馏水	水温/℃	25	60	80	100

1.3 试验方法

每个群体随机抽取 3 200 粒种子,分成 64 份,每份 50 粒,然后分别包入医用纱布,并标记。首先,用 0.4% 的高锰酸钾浸泡消毒 30 min,然后用蒸馏水冲洗 5 次。冲洗干净后吸干水分备用。6-BA 处理:用不同浓度的 6-BA 溶液浸泡砂生槐种子 24 h; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理:用不同浓度的 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浸泡砂生槐种子 60 min; GA<sub>3</sub> 处理:用不同浓度的 GA<sub>3</sub> 浸泡砂生

槐种子 24 h;蒸馏水处理:用不同始温的蒸馏水水浸泡砂生槐种子 24 h,12 h 换 1 次水。各处理后用蒸馏水冲洗 5 次。

将处理过的砂生槐种子播于培养皿中,每个培养皿底部放滤纸 2 张,添加 10 mL 蒸馏水,浸湿滤纸,每天 10:00 补充水分,并观察记录不同处理下种子每天的发芽数量。当连续 2 d 没有新增发芽时结束实验,最终用直尺测量胚芽胚根长度和胚芽长度,并计算以下指标:

发芽率= 种子发芽数/供试种子数×100%

相对发芽率= 种子发芽率/对照发芽率×100%

发芽势= 发芽达到高峰期的种子发芽数/供试种子数×100%

发芽指数  $GI=\sum(Gt/Dt)$

式中, $Gt$  为第  $t$  天发芽数, $Dt$  为发芽的天数( $t$ )。

活力指数  $VI=GI\times L$

式中, $L$  为幼苗长度(cm)。

1.4 数据分析

运用 Excel 2007 和 SPSS22.0 进行数据整理与分析,并用 Duncan 法进行多重比较。

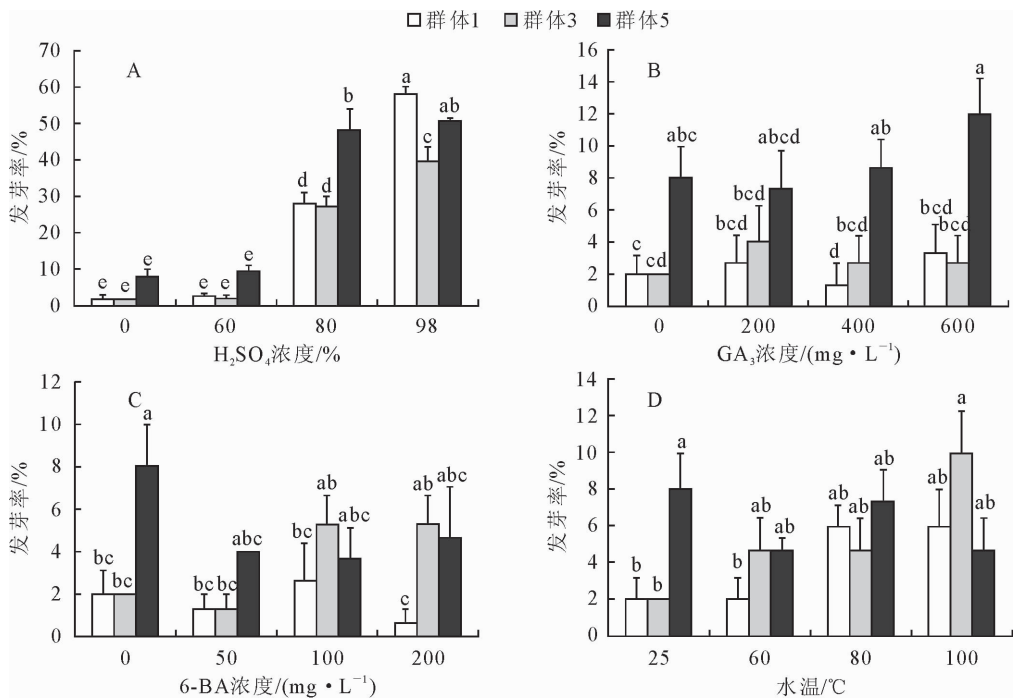
2 结果与分析

2.1 不同外源物质处理对发芽特性的影响

2.1.1 发芽率 方差分析结果表明,4 种外源物质处理之间, $H_2SO_4$  处理对发芽率的提高效果最好,

与  $GA_3$ 、6-BA、温度处理下的发芽率差异极显著 ( $F=25.275,P<0.01$ ), $GA_3$ 、6-BA、温度处理之间的发芽率无显著差异,且对发芽率的影响无明显规律性(图 1)。3 个群体之间,群体 5 的发芽率显著高于群体 1 和群体 3 ( $F=6.750,P<0.05$ ),群体 1 和 3 无显著差异,在对照处理下群体 1、群体 3、群体 5 的发芽率分别为 2%、2%、8%。不同浓度  $H_2SO_4$  处理下,除对照和 60% 的处理无显著差异外,其他浓度处理之间差异均极显著,3 个群体的发芽率随着处理浓度的升高而增大,在处理浓度为 98% 时均达到最大值,群体 1、群体 3、群体 5 的发芽率分别为 58%、39.33%、50.67%。在  $GA_3$  处理下(图 1B),群体 1 和 5 的发芽率均在处理浓度为 600 mg/L 时最大,为 3.33% 和 12%,群体 3 的发芽率在浓度为 200 mg/L 时最大,为 4%。6-BA 处理下(图 1C),群体 1 和群体 3 的发芽率在浓度为 100 mg/L 时最大,为 2.67% 和 5.33%,群体 5 在对照(0 mg/L)处理下发芽率最高。在不同水温浸种处理下(图 1D),群体 1 和群体 3 的发芽率随着温度的升高而提升,分别在 80℃ 和 100℃ 时达最大值,为 6% 和 10%,群体 5 则在对照(25℃)处理下发芽率最高。

2.1.2 发芽始期 不同处理下种子发芽始期如图 2 所示,群体 1、群体 3、群体 5 在对照处理下发芽始期分别为 4、6、3 d。4 种外源物质适当的浓度均可使发芽始期提前,但不同处理和群体间差异较大。



注:不同小写字母 a、b、c、e 表示同种化学处理下平均值显著差异 ( $P<0.05$ );不同的大写字母 A、B、C、D 为图片顺序标注。

图 1 不同的处理对种子发芽率的影响

Fig. 1 The effects of different treatment on the germination rate of seeds

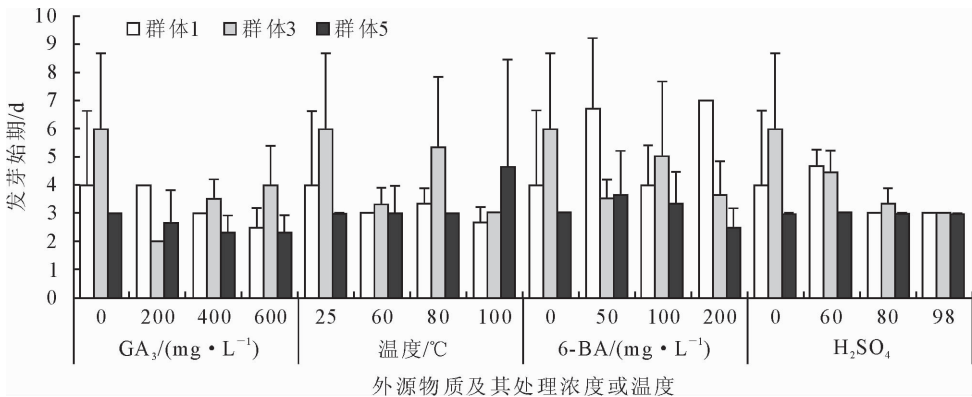


图 2 不同外源物质处理对发芽初始时间的影响

Fig. 2 Effects of different treatments on the germination initial time

在 GA<sub>3</sub> 处理下,3 个群体的发芽始期均出现了不同程度提前,群体 1 和群体 3 发芽始期分别在处理浓度为 600 mg/L 和 200 mg/L 最早,较对照提前了 1.5 d 和 4 d,群体 5 在 GA<sub>3</sub> 浓度为 400 mg/L 和 600 mg/L 时发芽最早,较对照提前了 0.76 d。在不同水温浸种处理下,群体 1 和群体 3 发芽始期均不同程度提前,在 100℃ 时达最早,分别较对照提前了 1.33 d 和 3 d,群体 5 发芽始期基本不变。在 6-BA 处理下,群体 1 的发芽始期推后或不变;群体 3 的发芽始期不同程度提前,在浓度为 50 mg/L 时最早发芽,较对照提前了 2.5 d,群体 5 在浓度为 200 mg/L 时发芽始期最早,较对照提前了 0.5 d。在不同浓度 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理下,群体 1 发的芽始期在浓度为 80% 和 98% 时最早,较对照均提前了 1 d;群体 3 的发芽始期随着浓度的增大而不断提前,当 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 的浓度为 98% 时最早发芽,较对照提前了 3 d;群体 5 的始发芽始期在不同浓度下无明显变化。

**2.1.3 发芽势、GI、VI** 本文通过发芽势、GI、VI 等来评估不同外源物质处理对砂生槐种子萌发整齐程度、萌发能力和芽苗生长的整齐健壮程度的影响。由表 3 可知,对比所有处理,群体 1 和群体 3 在浓度为 98% 的 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理下 3 项指标均达最大值,分别为 51.3%、28.73、994.95 和 35.3%、19.12、658.93,较对照提高了 33.4~73.3 倍和 21.5~50.4 倍;群体 5 在浓度为 80% 的 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理下指标最大,发芽势、GI、VI 分别为 44.7%、26.31、902.1,较对照提高了 8.3~9.5 倍。除 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 外,其他外源物质处理随着浓度提高或温度升高 3 项指标无明显的规律性变化。不同浓度 GA<sub>3</sub> 处理对 3 个群体的发芽势、GI、VI 均有一定程度的提高,群体 1、群体 3、群体 5 的 3 项指标分别在 GA<sub>3</sub> 浓度为 400、200、600 mg/L 达最大值,群体 1 较对照提高 3.5~5.7 倍,群体 3 较对照可提升 5.6~8.5 倍,群体 5 较对照提升 2 倍左右。不同水温浸种处理对群

体 1 和群体 3 的 3 项指标均有所提升,分别在 80℃ 和 100℃ 时达指标最大值,群体 1 较对照提高 3~5 倍,群体 3 较对照可提升 6.7~13.3 倍,群体 5 的指标值只在处理温度为 80℃ 时得到了提升,VI 值较对照提升了 2.4 倍,其他指标提升幅度不明显。群体 1、群体 3、群体 5 分别在 6-BA 浓度为 100、200、200 mg/L 时 3 项指标达最大值,群体 1、群体 3 和群体 5 的 3 项指标提升幅度分别为 1.6~2.8、2.2~5.7 倍和 1.03~1.48 倍,群体 5 的提升幅度最小。

2.2 不同外源物质处理对幼苗生长的影响

由表 4 可知,在对照处理下,群体所有外源物质处理下群体 1 和群体 3 的胚芽和胚根长度均低于对照。在 GA<sub>3</sub> 处理下,群体 1 的胚芽和胚根长度在处理浓度为 200 mg/L 时最低,分别为对照的 54.8% 和 35.9%,群体 3 的长度在处理浓度为 400 mg/L 时最低,为对照的 62.1% 和 25.6%。在不同水温处理下,群体 1 和群体 3 的胚芽和胚根长度均在处理温度为 100℃ 时最低,群体 1 为对照的 52.9% 和 32.2%,群体 3 为对照的 78.8% 和 59.6%。在 6-BA 处理下,群体 1 和群体 3 的胚芽和胚根长度均在处理浓度为 200 mg/L 时最低,群体 1 为对照的 32.3% 和 19.6%,群体 3 为对照的 68.5% 和 34%。在 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理下,群体 1 的胚芽和胚根长度在处理浓度为 98% 时最低,为对照的 55.6% 和 32.2%,群体 3 在处理浓度为 80% 时达到最低值,为对照长度的 72.4% 和 42.1%。群体 5 在 GA<sub>3</sub> 处理下的胚芽和胚根长度均高于对照,在处理浓度为 400 mg/L 时最长(43.7 mm, 26.4 mm),为对照的 1.28 倍和 1.54 倍。群体 5 在不同水温处理下,胚芽和胚根长度在 80℃ 浸种处理下达最大值(69.5 mm, 18.7 mm),为对照的 2.03 倍和 1.09 倍,但在 100℃ 时长度值达温度处理最低值,为对照长度的 84.8% 和 67.2%。群体 5 在 6-BA 处理下的胚芽和胚根长度均低于对照,在处理浓度为 200 mg/L 时最低,为对

照长度的 90.3％和 62.6％。群体 5 在 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理（34.3 mm,18.7 mm）,在处理浓度为 98％时最低,下的胚芽和胚根长度在处理浓度为 60％时最长 为对照的 96.8％和88.9％。

表 3 不同外源物质处理下砂生槐不同群体的发芽特性

Table 3 Germination characteristics of different populations of *S. moorcroftiana* under different treatments

试剂 种类	处理 条件	发芽势％			GI			VI		
		群体 1	群体 3	群体 5	群体 1	群体 3	群体 5	群体 1	群体 3	群体 5
GA <sub>3</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> )	0	0.7c	0.7c	4.7abc	0.77cd	0.65d	3.17bcd	29.76c	30.65c	107.22abc
	200	2.0bc	6.0abc	6.0abc	1.11bcd	4.16ab	3.96abc	37.08c	172.35abc	165.16abc
	400	4.0bc	4.0bc	6.7ab	2.66bcd	2.26bcd	4.20ab	159.60abc	62.91bc	181.87ab
	600	4.0bc	5.0abc	10.0a	2.38bcd	2.70bcd	6.44a	88.37bc	114.47abc	243.49a
水温/℃	25	0.7c	0.7c	4.7bc	0.77b	0.65b	3.17a	29.76b	30.65b	107.22ab
	60	2.0bc	4.0bc	4.7bc	1.38b	2.43b	2.85b	51.80b	66.60b	56.49b
	80	4.0bc	2.7bc	6.0ab	2.46b	1.71b	3.43a	105.94ab	64.39b	254.81a
	100	3.3bc	9.3a	2.0bc	2.75b	5.69a	1.97b	88.54ab	206.61ab	58.70b
6-BA/(mg·L <sup>-1</sup> )	0	0.7b	0.7b	4.7b	0.77ab	0.65ab	3.17ab	29.76a	30.65a	107.22a
	50	0.7b	2.0b	4.0b	0.46b	1.16ab	2.13ab	3.80a	44.43a	63.17a
	100	2.0b	3.3b	4.7b	1.42ab	2.06ab	2.95ab	48.00a	89.93a	90.88a
	200	0.0a	4.0b	7.0b	0.38a	2.23ab	3.57ab	7.60a	66.89a	110.82a
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /％	0	0.7e	0.7e	4.7e	0.77e	0.65e	3.17e	29.76e	30.65e	107.22e
	60	2.0e	2.0e	6.7e	0.96e	0.93e	4.40e	35.52e	38.51e	145.61e
	80	26.7cd	20.0d	44.7ab	15.15cd	12.31d	26.31a	578.32cd	394.94d	902.10a
	98	51.3a	35.3bc	40.0b	28.73a	19.12bc	24.23ab	994.95a	658.93bc	801.68ab

注:不同小写字母 a、b、c、e 表示同种化学处理下平均值显著差异(P<0.05)。表 4 同。

表 4 不同外源物质处理对砂生槐胚芽和胚根长度的影响

Table 4 Effects of Different Treatments on *S. moorcroftiana* germ and radicle length

试剂 种类	处理 条件	胚芽长度/mm			胚根长度/mm		
		群体 1	群体 3	群体 5	群体 1	群体 3	群体 5
GA <sub>3</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> )	0	62.0±31.0a	43.5±18.0abc	34.2±1.5c	46.0±0a	28.5±14.5abc	17.1±1.1cd
	200	34.0±6c	41.0±2abc	38.7±5.9bc	16.5±2.5cd	22.3±0.8bcd	21.8±5.4bcd
	400	60.0±0ab	27.0±3c	43.7±1.4abc	40.0±0ab	7.0±2d	26.4±1.2bcd
	600	36.3±6.8c	35.7±9.7c	38.6±6.2bc	20.0±6.5cd	11.7±11.7cd	21.7±5.9bcd
水温/℃	25	62.0±0a	43.5±18.5a	34.2±1.5a	46.0±0a	28.5±14.5b	17.1±1.1bc
	60	37.5±2.5a	37.5±0.5a	31.4±2.1a	20.5±0.5bc	18±1bc	15.2±0.2bc
	80	40.6±5.3a	41.7±3.3a	69.5±31.0a	21.8±5.5bc	20.7±4.3bc	18.7±3.3bc
	100	32.8±2.0a	34.3±3.8a	29.0±4a	14.8±1.9bc	17.0±2.6bc	11.5±2.5c
6-BA/(mg·L <sup>-1</sup> )	0	62.0±0a	43.5±18.5ab	34.2±1.5b	46.0±0a	28.5±14.5b	17.1±1.0bc
	50	30.0±0b	37.5±4.5b	30.7±3.9b	15.0±0bc	16.0±4bc	14.2±2.9bc
	100	34.5±1.5b	40.0±14.5b	31.5±4.8b	17.7±1.7bc	20.5±6.8bc	14.3±6.6bc
	200	20.0±0b	29.8±3.8b	30.9±2.4b	9.0±0cbc	9.7±2.8c	10.1±5.1bc
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /％	0	62.0±0a	43.5±18.5b	34.2±1.5cd	46.0±0a	28.5±14.5b	17.1±1.1b
	60	37.0±1.5bcd	41.5±0.5bcd	34.3±2.6bcd	20.3±2.6b	26.0±0b	18.7±2.3b
	80	38.0±0.6bcd	31.5±2.8d	34.5±0.6cd	19.9±1.0b	12.0±1.9b	17.1±0.9b
	98	34.5±0.8d	34.5±0.7cd	33.1±0.2d	14.8±1.0b	16.0±0.1b	15.2±0.3b

2.3 最佳促萌条件的选择

在种子萌发率和出苗能力上来看,H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理明显优于其他 3 种处理,是最有效的处理方法。对发芽率、发芽始期、发芽势、GI、VI 等指标的最优处理浓度进行综合分析,群体 1 和群体 3 最佳促萌处理为浓度为 98％的 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浸种 60 min,群体 5 的最佳处理为浓度为 80％的 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浸种 60 min。其他 3 种外源物质处理也均对种子萌发有所裨益,在 GA<sub>3</sub> 处理下,群体 1、群体 3、群体 5 的最优处理分别为 600、200、600 mg/L 浓度的 GA<sub>3</sub> 浸种 24 h。在 6-BA 处理下,群体 1 和群体 3 的最优处理皆为 100 mg/L 浸种 24 h。在不同水温浸种处理下,群体 1

和群体 3 的最优处理分别为用 80℃和 100℃初始水温浸种 24 h(12 h 换 1 次水)。6-BA 和温度处理会使群体 5 的发芽率低于对照,此 2 种外源物质处理不适用于群体 5。

3 结论与讨论

研究指出在固定沙地边缘砂生槐主要靠种子繁殖固定沙面,稳定沙地中砂生槐的繁殖主要靠根蘖繁殖,即在沙地上,砂生槐是发生于种子繁殖,发展于根蘖繁殖<sup>[8]</sup>。为使其能更好地发挥价值,进行植被重建,对其种子萌发特性的研究是很有必要的。试验结果表明,同一群体在同一外源物质不同浓度

或温度处理下,其发芽率、发芽始期、发芽势、发芽指数、活力指数和胚芽、胚根长度等指标的变化趋势并不完全一致的。如群体 5 在浓度为 98% 的 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理下发芽率略高于在 80% 的 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理,但其发芽势、GI、VI 及胚芽、胚根长度均较低。试验中存在高发芽率的处理下出现长势不齐、长势弱等情况,而有的处理发芽率并不是最高的,但种子发芽的整齐程度、活力及幼苗生长情况却是最佳的。找寻更优的砂生槐促萌技术就是为优质苗木的培育提供技术和理论支撑,王文娟<sup>[14]</sup>等研究了不同沙埋深度下砂生槐种子萌发率和出苗率,以生物量来表示幼苗的生长情况,杜坤<sup>[15]</sup>等对砂生槐不同种源的种子、幼苗性状进行了系统分析。本文从萌发能力、生长状况方面进行综合评价,获得的最佳促萌处理为高浓度 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理,群体 1 和群体 3 最佳促萌处理为 98% 的 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,可使发芽率从 2% 提升至 50% 左右,发芽势、GI、VI 提高 22~73 倍,发芽时间提前;群体 5 的最佳处理为 80% 的 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,可使发芽率从 8% 提升至 48%,可使发芽势、GI、VI 提高 8~9.5 倍。适宜的温度和激素处理对种子的萌发也有一定的作用,总体上对砂生槐的萌发和生长的促进作用较弱。关于浓 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 的显著效果,林少敏<sup>[7]</sup>提出砂生槐种子的休眠由种皮障碍所致,而强酸强碱可销蚀种皮,使种皮厚度变小,从而提高萌发能力。

结果表明,群体 5 的萌发性状整体上要优于群体 1 和群体 3。在对照条件下,群体 5 的发芽始期要早于群体 1 和群体 3,且发芽率、发芽势、GI、VI 均大于群体 1 和群体 3,各指标可达群体 1 和群体 3 的 3.5~6.7 倍,但在外源物质的处理下,各项指标按提升幅度排序为群体 1>群体 3>群体 5,在 98% 的硫酸处理下群体 1 的各项指标超过群体 5 达到最大。不同处理下群体 5 的胚芽、胚根长度亦有别于群体 1 和群体 3,由表 4 的分析发现胚芽和胚根长度缩短程度按大小顺序为群体 1>群体 3>群体 5。即群体 5 对高温和激素以及酸处理的耐受能力大于群体 1 和 3,而群体 1 对外源物质有更大的敏感性,各项指标提升幅度最大。这种差异是来自于遗传变异还是海拔等环境的影响,有待于进一步研究。但总体而言,对种子进行过高浓度的激素、酸处理和高温度水处理会对发芽后幼苗的生长产生负面影响,这与张胜提出的浓硫酸处理的缺陷一致<sup>[16]</sup>,因此,不能盲目追求发芽率的提高,要依据需求合理选择适宜的促萌技术,以期达到最优效果。

砂生槐有防风固沙、保持水土等重要的生态作用,并且具有较高的饲用和营养价值。由于不同群体的萌发能力具有显著差异,所以探究提高砂生槐

种子萌发和芽苗生长能力的方法具有重要的现实意义。而本研究所设置的浓度或温度梯度具有较大跨度,因此,还需进一步探索不同处理条件的交互效应,从而切实提高促萌技术的实用性。

参考文献:

[1] 中国科学院青藏高原综合科学考察队. 西藏植物志(第二卷)[M]. 北京:科学出版社,1985.

[2] 林少敏. 西藏砂生槐[J]. 草业科学,2002,19(3):34.

[3] 赵阿曼,刘志民,康向阳. 西藏特有植物砂生槐天然居群遗传多样性研究[J]. 生物多样性,2003,11(2):91-99.

[4] 张胜,赵垦田,向瑞. 西藏砂生槐研究综述[J]. 内蒙古林业科技,2009,35(1):57-59.

[5] 中国医学百科全书编辑委员会. 中国医学百科全书——藏医学[M]. 上海:上海科学技术出版社,1999.

[6] 王文娟,贺达汉,刘军和. 西藏砂生槐研究现状及其利用价值评价[J]. 安徽农业科学,2008,36(33):14513-14515.

[7] 林少敏. 西藏砂生槐种子萌发特性研究[J]. 草业科学,2002,19(5):30-32.

[8] 赵文智. 砂生槐沙生适应性初步研究[J]. 植物生态学报,1998,22(4):379-384.

ZHAO W Z. A preliminary study on the adaptability of *Sophora moorcroftiana* [J]. Acta Phytocologica Sinica, 1998, 22(4):379-384. (in Chinese)

[9] 杨小林,官照红,马和平. 拉萨半干旱河谷砂生槐灌丛群落退化程度评价[J]. 西北林学院学报,2012,27(5):11-14.

YANG X L, GONG Z H, MA H P. Evaluation on the degradation of shrub community of *Sophora moorcroftiana* in semi-arid valley of Lhasa[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012, 27(5):11-14. (in Chinese)

[10] 向瑞. 拉萨半干旱河谷砂生槐灌丛种子库及退化现状研究[D]. 拉萨:西藏大学,2010.

[11] 郭其强,罗大庆,方江平,等. 西藏砂生槐的研究现状及其利用与保护对策[J]. 西北林学院学报,2009,24(1):98-101.

GUO Q Q, LUO D Q, FANG J P, et al. Research status, utilization and protection measures of *Sophora moorcroftiana* in Tibet[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(1):98-101. (in Chinese)

[12] 幸福梅,杨小林,赵垦田. 不同种源砂生槐种子萌发特性的比较研究[J]. 种子,2015,34(7):1-4.

[13] 索朗德吉,赵垦田,杨小林. 不同处理方法对西藏砂生槐种子发芽的影响[J]. 绿色科技,2012,1(1):69-71.

[14] 王文娟,贺达汉,刘一岑,等. 植物生长调节剂对砂生槐种子发芽特性的影响[J]. 湖北农业科学,2010,49(9):2158-2160.

[15] 杜坤,王军辉,贾子瑞,等. 不同种源砂生槐种子及幼苗生长变异研究[J]. 西北林学院学报,2012,27(4):144-148.

DU K, WANG J H, JIA Z R, et al. Variations of the seed and seedling growth of *Sophora moorcroftiana* from different provenances[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012, 27(4):144-148. (in Chinese)

[16] 张胜. 西藏砂生槐抗旱育苗技术研究[D]. 拉萨:西藏大学,2009.