

- [7] 管海波, 黄忠京, 银小玲, 等. 当归藤红色素稳定性研究 [J]. 食品研究与开发, 2012, 33(10): 232-235.
- [8] 卢森华, 李耀华, 陈 勇, 等. 当归藤不同部位挥发油成分 GC-MS 分析 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40 (2): 733-735.
- [9] 卢森华, 陈 勇, 曾海生, 等. 当归藤水提物和醇提物急性毒性实验研究 [J]. 中国医药导报, 2012, 9 (19): 29-30.
- [10] 魏中璇, 刘 鼎, 陈 勇, 等. 当归藤抗炎、镇痛及抗凝血有效部位的研究 [J]. 中药材, 2015, 38 (11): 2376-2380.
- [11] 卢森华, 刘 鼎, 李怡萱, 等. HPLC 法测定当归藤中儿茶素的含量[J]. 中国医药科学, 2014, 4(1): 117-119.
- [12] 贺 年. 用紫外分光光度法测定当归藤中儿茶素含量的效 果研究[J]. 当代医药论丛, 2014, 12(17): 31-32.
- [13] 管海波, 银小玲, 覃江克, 等. 紫外分光光度法测定当归藤中儿茶素含量 [J]. 安徽农业科学, 2011, 39 (18): 10854-10855.
- [14] 卢森华, 梁晓乐, 陈 勇, 等. 当归藤的药材性状与显微特征鉴定 [J]. 中药材, 2012, 35(2): 213-216.
- [15] 蔡 穗, 余 娇, 梁 雁, 等. 当归藤的显微鉴别 [J]. 华西药学杂志, 2012, 27(6): 672-673.
- [16] 林 源, 陈 敏. 小儿柴桂退热颗粒的 UPLC 指纹图谱及聚类、主成分分析 [J]. 中国药房, 2018, 29 (4): 474-477.
- [17] 刘东方, 赵丽娜, 李银峰, 等. 中药指纹图谱技术的研究进展及应用 [J]. 中草药, 2016, 47(22): 4085-4094.

不同处理对远志种子萌发和幼苗生长的影响

曹福麟, 杨冰月, 罗 露, 李 洁, 雷瑞祥, 魏艳妮, 胡本祥*, 彭 亮*
(陕西中医药大学, 陕西 咸阳 712046)

摘要: 目的 探索不同处理对远志 *Polgala tenuifolia* Willd. 种子萌发和幼苗生长的影响。方法 测定种子净度、吸水率。以未超声处理和蒸馏水浸泡为对照, 观察并测定经超声处理和不同植物生长调节剂浸泡后的远志种子发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数和幼苗根长及株高、干重、湿重的变化。结果 种子净度为 80.42%, 吸水率为自然风干种子的 1.77 倍。种子的最佳处理条件为超声时间 20 min, 温度 70 ℃, 输出功率 200 W。10~30 mg/L 2, 4 二氯苯氧基乙酸, 150、200、250 mg/L 水杨酸和不同浓度细胞激动素对种子萌发有着不同程度的促进作用, 其中以 150 mg/L 水杨酸效果最好, 发芽率为对照组的 1.123 倍。不同质量浓度 2, 4 二氯苯氧基乙酸对幼苗生长均有不同程度的抑制作用。不同质量浓度水杨酸和细胞激动素对幼苗生长有不同程度的促进作用。3 种外源激素总体效果为细胞激动素优于水杨酸优于 2, 4 二氯苯氧基乙酸。**结论** 该方法能有效提高种子萌发率及成苗率, 对远志的种苗培育和人工栽培具有重要的现实指导意义。

关键词: 远志; 超声波; 浸种处理; 种子萌发; 幼苗生长

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-1528(2020)02-0422-06

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2020.02.028

收稿日期: 2019-07-26

基金项目: 国家中药标准化项目 (ZYBZH-Y-QIN-36; 202410001); 陕西中医药大学“泰药”品质评价及资源开发学科创新团队项目 (2019_QN01); 2018 年中医药公共卫生服务补助专项“全国中药资源普查项目”(财社〔2018〕43); 公益性行业(中医药)科研专项经费项目 (201507002-1-08)

作者简介: 曹福麟 (1994—), 男, 硕士生, 从事中药质量标准化控制技术研究。Tel: 15929219398, E-mail: 374246190@qq.com

*通信作者: 胡本祥 (1960—), 男, 教授, 硕士生导师, 从事中药质量控制标准及中药规范化栽培技术研究。Tel: 13891085127, E-mail: hbx800823@126.com

彭 亮 (1985—), 男, 副教授, 博士, 从事中药资源与评价与及中药材质量控制标准研究。Tel: 18064331198, E-mail: ppengliang@126.com

网络出版日期: 2019-09-26

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1368.R.20190926.0850.002.html>

Effects of different treatments on seed germination and seedling growth of *Polgala tenuifolia*

CAO Fu-lin, YANG Bing-yue, LUO Lu, LI Jie, LEI Rui-xiang, WEI Yan-ni,
HU Ben-xiang*, PENG Liang*

(Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang 712046, China)

KEY WORDS: *Polgala tenuifolia* Willd.; ultrasonic; seed handling; seed germination; seedling growth

远志为远志科远志属多年生草本植物远志 *Polgala tenuifolia* Willd. 或卵叶远志 *Polygala sibirica* L. 的干燥根。始载于《神农本草经》，为临床常用药，我国大宗药材之一^[1]。随着临床需求的日益增多，远志的野生资源逐渐减少。近年来，我国已陆续建成远志栽培生产基地，陕西渭南澄县、合阳与山西闻喜、新绛等为主要产区，远志作为山西道地药材之一，有“关远志”之称^[2]。但由于劳动强度大、投入高、栽培技术不易掌握，其生产规模一直难以扩大。目前，远志市场需求较大，导致种质资源急剧减少，部分产区资源也濒临枯竭。因此，开展远志种植资源与可持续利用的研究势在必行^[3]。

近年来，超声波在提高转基因效率、诱导微生物变异、促进植物种子萌发等领域得到广泛应用和发展^[4]。一系列研究证明，采用超声处理可以促进种子萌发和幼苗生长，提早成熟，增加产量。王顺民等^[5]研究证明，超声波处理可促进苦荞麦的种子萌发以及促进还原糖和总黄酮的积累。赵萌萌等^[6]研究证明，超声波可促进黄豆种子的萌发。阿继凯等^[7-8]研究表明，唐古特大黄种子经超声波处理，种子萌发和幼苗平均根长、鲜重、叶片面积等明显增长。植物生长调节剂是一种人工合成化合物，具有生理活性、类似植物激素的特点^[9]，对植物生长发育具有调控作用，对一些植物种子萌发表现出促进或抑制作用^[10]。

利用超声波处理及外源激素浸泡后，可提高药用植物种子的萌发。但关于超声波和外源激素对远志种子萌发及幼苗生长的影响报道较少。本实验以远志种子为材料，研究不同处理方式对种子萌发及幼苗生长的影响，以期为其种苗培育、规范化栽培提供理论依据。

1 材料

1.1 仪器 KQ-200DE 型超声波清洗器（昆山市超声仪器有限公司）；人工培养箱（上海跃进医疗

器械有限公司）；FA2104 型电子分析天平（上海民桥精密科学仪器有限公司）。

1.2 试剂与药物 外源激素为 2, 4 二氯苯氧基乙酸、水杨酸、细胞激动素，批号分别为 170115、Z22J9Y64166、H26M9H57028。蒸馏水为自制。远志种子采自陕西省淳化县远志规范化栽培基地，千粒质量 3.23 g，经陕西中医药大学胡本祥教授鉴定为远志 *Polygala tenuifolia* Willd. 的种子。

2 方法

2.1 净度测定 种子净度是衡量种子质量的四大指标之一，也是种子检验的必检项目。净度分析所需种子数至少包含 2 500 粒，而送检样品的质量应至少超过净度分析的 10 倍。随机称取 8 g 种子，挑出大小或质量上有明显不同的混杂物，然后称定净种子质量，重复 3 次。

2.2 吸水率测定 称取 1 g 无杂质、无破损的远志种子，放置于烧杯中加蒸馏水让其在室温下充分吸水膨胀，分别于 2、4、8、12、24、36、48、60、72 h 时取出种子，并用滤纸吸干种子表面水分，重复 3 次。采用质量法测定种子吸水进程，并根据种子吸水后的质量变化计算吸水速率^[3-4]，绘制吸水率曲线，计算公式为吸水率 = (浸种后质量 - 浸种前质量) / 浸种前质量 × 100%。

2.3 种子预处理

2.3.1 超声处理 将远志种子消毒后用 3 层纱布包裹束口，进行超声处理，温度变化控制在 3 ℃ 以内。然后以 2 层滤纸为苗床，排列于 9 cm 培养皿中，每组 30 粒，适时加入蒸馏水使苗床保持湿润。以超声波功率 0 W 处理为对照组，种子放置在培养箱中暗培养，萌发温度 25 ℃，每组重复 3 次。每天定时观察，记录种子萌发数。

2.3.2 正交试验设计 为了获取最佳的超声处理条件，采用不同超声时间 (A)，不同超声温度 (B)，不同超声功率 (C) 组合设计成 $L_9(3^4)$ 正交试验，见表 1。

表1 因素水平

Tab. 1 Factors and levels

水平	A 超声时间/min	B 超声温度/℃	C 超声功率/W
1	40	70	50
2	10	50	200
3	40	40	200
4	10	70	100
5	20	70	200
6	40	50	100
7	20	50	50
8	20	40	100
9	10	40	50

2.3.3 不同植物生长调节剂处理 选取大小均一，饱满，无病虫害的远志种子，先用蒸馏水浸泡12 h，再用2%的次氯酸钠消毒15 min，最后用蒸馏水冲洗种子至无次氯酸钠味。2, 4-二氯苯氧基乙酸质量浓度分别为10、20、30、40、50 mg/L，水杨酸质量浓度分别为100、150、200、250、300 mg/L，细胞激动素质量浓度分别为20、30、40、50、60 mg/L，均设5个质量浓度梯度。分别取各质量浓度激素20 mL浸泡远志种子12、12、1 h。以蒸馏水处理的种子作为对照组。

将浸泡后的种子排列在放有2层滤纸的90 cm培养皿中，每皿30粒种子，重复3次。在恒温恒湿培养箱中25 ℃培养。每天定时补充蒸馏水并记录种子萌发数，以第3日计算发芽势、第9日计算发芽率及发芽指数。发芽结束后，从每个培养皿随机选取5株幼苗，用游标卡尺测量根长、株高，结果取平均值。测定鲜重后干燥至恒定质量，测干重。计算公式为发芽率=发芽种子总数/供试种子总数×100%；发芽势=规定时间发芽种子总数/供

试种子总数×100%；发芽指数=Σ(G_i/D_i)，式中G_i在不同时间的发芽数，D_i发芽日数，Σ为总和；活力指数(VI)=S×ΣG_i/D_i(S为幼苗根长)。

2.4 数据处理 采用单因素方差分析进行显著性检验。Origin2016作图。

3 结果与分析

3.1 远志种子净度与吸水率的测定结果 种子净度约为80.42%。图1表明，种子吸水率前24 h急速上升，24~36 h渐趋平缓，36 h后进入稳定期，吸水率最高达57.62%，是自然风干种子质量的1.77倍。

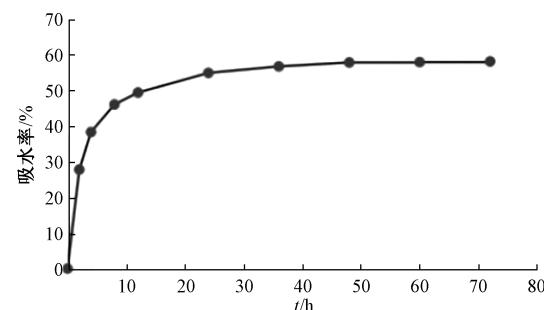


图1 种子吸水率曲线

Fig. 1 Water absorption curve of seeds

3.2 超声波处理对远志种子活力的影响 表2~3显示，以株高、根长、发芽率和发芽指数的综合评分为评价指标，根据R值，可直观看出各因素影响程度依次是B>C>A，即温度的影响作用最大，其次是功率和时间。由K值分析得出最佳提取方案为A2B3C3；方差分析结果表明温度(B)有影响($P<0.05$)，因此，综合3种因素对种子各项指标的影响，确定A2B3C3(超声20 min，温度70 ℃，功率200 W)为最佳处理条件。

表2 试验设计与结果

Tab. 2 Design and results of tests

试验号	A 超声时间/t	B 超声温度/℃	C 超声功率/W	株高/cm	根长/cm	发芽率/%	发芽指数/%	综合评分
对照组				0.42	3.73	77	39	73.5
1	40	70	50	0.80	3.34	77	39	80.9
2	10	50	200	0.81	4.06	77	39	85.2
3	40	40	200	0.80	3.70	72	39	81.4
4	10	70	100	0.87	4.23	75	43	86.2
5	20	70	200	0.80	4.25	72	47	88.3
6	40	50	100	0.72	3.73	60	28	65.8
7	20	50	50	0.77	3.32	72	41	81.7
8	20	40	100	0.78	3.37	80	41	82.3
9	10	40	50	0.62	1.96	68	36	64.1
K ₁	83.1	75.9	75.6	-	-	-	-	-
K ₂	84.1	77.6	82.7	-	-	-	-	-
K ₃	76.0	89.7	84.9	-	-	-	-	-
R	8.1	13.8	9.3	-	-	-	-	-

表3 方差分析

Tab. 3 Analysis of variance

来源	离均差平方和	自由度	方差	F值	P值
A	116.009	2	58.004	0.332	-
B	341.136	2	170.568	0.976	<0.05
C	144.382	2	72.191	0.413	-
D(误差)	349.349	2	174.164	-	-

3.3 超声波处理对远志幼苗生长的影响 表2显示, 远志幼苗在T4处理下根及株高显著长于对照组, 在T2、T5处理下对幼苗根长也有一定的促进作用。除T9处理显著抑制幼苗根长外, 其他处理组对幼苗根长的影响均不显著。

3.4 不同外源激素对远志种子萌发的影响 表4显示, 远志种子经不同质量浓度2, 4-二氯苯氧基乙酸处理后, 种子的发芽率随处理质量浓度的增大呈先增高后降低的趋势。经20~40 mg/L 2, 4-二氯苯氧基乙酸处理后的远志种子发芽率逐渐下降,

但均高于对照组, 其中20 mg/L时发芽率高于对照组($P<0.05$), 50 mg/L时发芽率低于对照组, 但无显著性差异。表明当2, 4-二氯苯氧基乙酸质量浓度大于20 mg/L时会抑制远志种子萌发。不同质量浓度2, 4-二氯苯氧基乙酸处理后远志种子活力指数与对照组相比差异显著呈下降趋势, 其中, 在50 mg/L时达到最低, 仅为对照组的14.2%。当水杨酸浓度为150~300 mg/L时, 发芽率与活力指数均高于对照组, 差异有统计学意义($P<0.05$), 其中150 mg/L时发芽率最高, 活力指数最高。当细胞激动素质量浓度为20~60 mg/L时, 发芽率均高于对照组, 但差异无统计学意义($P>0.05$)。活力指数呈先升高后下降的趋势, 其中30~60 mg/L时均高于对照组, 40 mg/L时达到最高, 差异有统计学意义($P<0.05$), 质量浓度在20 mg/L时, 活力指数低于对照组($P<0.05$)。当质量浓度为40 mg/L

表4 不同外源激素对种子萌发的影响($\bar{x}\pm s, n=3$)Tab. 4 Effects of different exogenous hormones on germination of seeds ($\bar{x}\pm s, n=3$)

外源激素	质量浓度/(mg·L ⁻¹)	发芽势	发芽率	发芽指数	活力指数
2,4-二氯苯氧基乙酸	对照组	63.33±10.2 ^d	80.00±0.57 ^c	51.86±2.87 ^b	148.8±1.23 ^a
	10	50.00±1.53 ^e	83.33±1.73 ^b	42.41±1.00 ^d	82.70±1.01 ^b
	20	80.00±6.65 ^a	90.00±1.15 ^a	52.76±0.56 ^b	27.96±0.78 ^d
	30	73.33±2.64 ^b	83.33±1.73 ^b	53.60±1.14 ^{ab}	36.45±0.56 ^c
	40	73.33±2.64 ^b	79.89±0.57 ^a	55.31±0.57 ^a	37.06±0.37 ^c
	50	66.67±2.08 ^c	78.89±1.53 ^c	49.97±0.60 ^c	20.99±0.22 ^e
水杨酸	对照组	63.33±11.0 ^e	80.00±0.57 ^d	51.86±0.89 ^c	148.8±1.21 ^f
	100	53.33±2.88 ^d	80.00±2.08 ^d	59.29±1.53 ^b	164.2±1.65 ^e
	150	81.67±2.08 ^a	90.00±1.53 ^a	61.71±2.08 ^a	344.3±2.34 ^a
	200	76.11±3.05 ^b	84.44±2.08 ^c	52.04±2.64 ^c	192.0±1.44 ^d
	250	63.331±.73 ^c	50.00±1.00 ^b	59.43±0.34 ^b	218.7±0.79 ^b
	300	54.44±4.51 ^d	49.67±1.15 ^b	46.69±0.77 ^d	196.1±0.56 ^c
细胞激动素	对照组	63.33±2.52 ^e	80.00±0.58 ^b	51.86±0.56 ^b	148.8±1.02 ^d
	20	70.00±1.15 ^b	86.76±3.79 ^a	49.60±1.04 ^c	179.6±0.45 ^c
	30	70.00±2.52 ^b	86.76±0.58 ^a	52.69±2.03 ^b	237.6±0.44 ^b
	40	74.44±11.3 ^a	83.33±0.58 ^b	52.02±1.32 ^b	293.4±1.45 ^a
	50	71.11±3.51 ^b	86.76±2.51 ^a	48.35±0.87 ^c	238.8±3.05 ^b
	60	70.00±0.58 ^b	86.76±2.08 ^a	56.69±4.50 ^a	198.9±2.20 ^c

注:与对照组比较,不同小写字母表示 $P<0.05$ 。

时发芽势最好。

3.5 不同外源激素对远志种子幼苗生长的影响 表5显示, 不同质量浓度2, 4-二氯苯氧基乙酸与对照组比较对幼苗株高没有影响($P>0.05$)。10~50 mg/L时幼苗根长均低于对照组, 在50 mg/L时达到最低, 表面随着质量浓度的增大对根长有着显著的抑制作用。不同质量浓度2, 4-二氯苯氧基乙酸对鲜重及干重均表现出显著的抑制作用。

表6显示, 在不同质量浓度水杨酸处理下, 幼

苗株高呈先降低后增高的趋势, 且均大于对照组, 并在250 mg/L时达到最大值, 与对照相比差异有统计学意义($P<0.05$)。除100 mg/L时根长低于对照组($P>0.05$), 其余质量浓度根长均大于对照组, 在150 mg/L时根长大于对照组和其他质量浓度, 达到5.58 cm, 为对照组的1.94倍, 差异有统计学意义($P<0.05$), 表明在此质量浓度下可显著促进远志幼苗的根长。当水杨酸<150 mg/L时, 幼苗鲜重显著高于对照, 可能幼苗早期生长良好。不同质量浓度水杨酸对幼苗干重没有显著影响。

表5 2, 4-二氯苯氧基乙酸对种子幼苗生长的影响 ($\bar{x} \pm s$, n=3)Tab. 5 Effects of 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid on seedling growth of seeds ($\bar{x} \pm s$, n=3)

质量浓度/(mg·L ⁻¹)	株高/cm	根长/cm	鲜重/mg	干重/mg
对照组	0.57±0.20 ^a	2.87±1.01 ^a	18.71±0.55 ^a	1.49±0.06 ^a
10	0.59±0.28 ^a	1.95±0.15 ^a	16.18±1.10 ^b	1.39±0.36 ^a
20	0.51±0.26 ^a	0.53±0.26 ^b	4.57±0.08 ^d	0.63±0.54 ^a
30	0.56±0.10 ^a	0.68±0.66 ^b	15.44±0.67 ^{bc}	1.27±0.88 ^a
40	0.58±0.26 ^a	0.67±0.35 ^b	13.77±0.78 ^c	0.93±0.07 ^a
50	0.42±0.15 ^a	0.42±0.21 ^b	1.11±0.22 ^e	0.47±0.33 ^a

注:与对照组比较,不同小写字母表示 P<0.05。

表6 水杨酸对种子幼苗生长的影响 ($\bar{x} \pm s$, n=3)Tab. 6 Effects of salicylic acid on seedling growth of seeds ($\bar{x} \pm s$, n=3)

质量浓度/(mg·L ⁻¹)	株高/cm	根长/cm	鲜重/mg	干重/mg
对照组	0.57±0.32 ^b	2.87±0.50 ^b	18.71±1.20 ^b	1.49±0.05 ^a
100	0.79±0.21 ^a	2.77±0.53 ^b	23.33±0.45 ^a	1.66±0.10 ^a
150	0.66±0.20 ^a	5.58±0.70 ^a	20.60±0.67 ^b	1.63±0.05 ^a
200	0.76±0.12 ^a	3.69±3.16 ^{ab}	19.07±1.23 ^b	1.42±0.31 ^a
250	0.80±0.23 ^a	3.68±0.90 ^{ab}	20.90±2.01 ^b	1.63±0.08 ^a
300	0.80±0.25 ^a	3.40±0.92 ^{ab}	16.41±0.07 ^c	1.40±0.16 ^a

注:与对照组比较,不同小写字母表示 P<0.05。

表7显示,幼苗株高呈先降低后升高的趋势,当20~30 mg/L细胞激动素株高大于对照,但无显著性差异,当细胞激动素≥40 mg/L时株高值逐渐增加,并在60 mg/L时达到最大,差异有统计学意义($P<0.05$)。在40 mg/L时根长达到最大,为5.64 cm,为对照组的1.96倍,差异有统计学意义($P<0.05$),表明在此质量浓度下对幼苗根长的生

长有显著促进作用。随着细胞激动素质量浓度的增大,幼苗鲜重呈逐渐增大的趋势,细胞激动素<30 mg/L鲜重显著小于对照,细胞激动素≥30 mg/L鲜重显著高于对照,表明在此质量浓度范围内,对幼苗的生长具有良好的促进作用。不同质量浓度对幼苗干重没有显著影响。

表7 细胞激动素对种子幼苗生长的影响 ($\bar{x} \pm s$, n=3)Tab. 7 Effects of cytokinin on seedling growth of seeds ($\bar{x} \pm s$, n=3)

质量浓度/(mg·L ⁻¹)	株高/cm	根长/cm	鲜重/mg	干重/mg
对照组	0.57±0.26 ^b	2.87±1.89 ^b	18.71±0.59 ^d	1.49±0.09 ^a
20	0.59±0.20 ^b	1.00±0.25 ^c	10.58±0.25 ^e	1.01±0.10 ^a
30	0.48±0.25 ^b	4.51±1.55 ^{ab}	22.07±0.38 ^c	1.76±0.15 ^a
40	0.64±0.20 ^a	5.64±1.68 ^a	25.03±0.42 ^b	1.86±0.06 ^a
50	0.70±0.20 ^a	4.94±1.89 ^{ab}	26.44±0.50 ^b	1.93±0.15 ^a
60	0.75±0.26 ^a	3.51±2.87 ^{ab}	27.54±0.45 ^a	2.05±0.04 ^a

注:与对照组比较,不同小写字母表示 P<0.05。

4 讨论

远志种子小,部分种子有休眠,隔年种子发芽率很低。而种子发芽势、发芽率、发芽指数等又是衡量种子质量的关键性指标,发芽率、发芽势和发芽指数高则种子发芽速度快、发芽能力强、出苗整齐。近年来栽培育种工作者研究了很多打破休眠、促进发芽的方法,其中超声波处理和激素处理使用比较多^[11-12]。

4.1 超声波处理 超声波技术在药材栽培中已有一定的应用,具有广泛的应用前景^[13],可促进药用植物种子提高发芽率、加快幼苗生长,具有比野生或栽培的药用植物生长速度快的优点^[14]。正交

试验与方差分析结果表明,不同超声处理组对远志种子活力及幼苗生长的影响不同。当远志种子在超声时间20 min,温度70 °C,输出功率200 W条件下,各项指标均达到最佳。这可能与适度的超声波作用于种子的细胞时,会产生胞内微流、胞内质的旋转及涡流运动,提高细胞膜和细胞壁的穿透性,从而促进种子的新陈代谢^[15]。

4.2 激素处理 外源激素法已成为阐明种子萌发的激素调控机制、调节幼苗生长等方面研究的重要手段,在多个物种得到广泛应用^[16]。经过比较发现,不同外源激素在不同浓度对远志种子生长的影响不同。从发芽势、发芽率及活力指数来看,不同

质量浓度细胞激动素处理后的远志种子3项指标均高于对照组，也高于其他激素组。2,4二氯苯氧基乙酸和水杨酸均表现出典型的低质量浓度促进，高质量浓度抑制的趋势。其中，10~30 mg/L 2,4二氯苯氧基乙酸处理时均对远志种子的发芽率有不同程度的促进作用，以20 mg/L的效果最好，发芽率达90%，比对照组高1.13倍。以150 mg/L水杨酸效果最好。当2,4二氯苯氧基乙酸 ≥ 30 mg/L，水杨酸 ≥ 200 mg/L时，对远志种子萌发的各项指标均有不同程度的抑制作用，3个激素组结合发芽势及活力指数相比，为细胞激动素>水杨酸>2,4二氯苯氧基乙酸。

不同外源激素对远志幼苗生长的影响不同。不同质量浓度2,4二氯苯氧基乙酸处理下对幼苗生长各项指标均表现出明显的抑制作用。水杨酸对幼苗根长的影响表现出先增高后降低的趋势，并在150 mg/L时达到最大，与对照组相比明显伸长。随着细胞激动素质量浓度升高，幼苗鲜重及干重呈逐渐升高的趋势，表明，在种子萌发到幼苗生长的不同阶段，所需的激素浓度也是不一样的。

综上所述，适宜的超声处理和植物生长调节剂浸种处理能够有效促进远志种子的萌发及幼苗的生长。综合本实验研究结果，认为最适宜的超声参数为超声时间20 min，温度70 °C，输出功率200 W。外源激素整体效果为细胞激动素优于水杨酸优于2,4二氯苯氧基乙酸。

参考文献：

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典：2015年版一部 [S]. 北京：中国医药科技出版社，2015：156-157.
- [2] 苏晶，陶慕珂，陈晓虎，等. 远志质量问题及中药材产地加工探讨[J]. 中国药事，2018，32(11)：1467-1472.
- [3] 赵云生，万德光，严铸云，等. 远志资源生产现状调查

- [J]. 亚太传统医药，2014，10(14)：1-3.
- [4] 李刚，王乃亮，罗娘娇，等. 超声波处理对当归种子萌发及活力的影响[J]. 西北师范大学学报（自然科学版），2007，43(3)：75-77.
- [5] 王顺民，汪建飞. 超声波处理对苦荞麦萌发、芽苗还原糖和总黄酮含量及抗氧化活性的影响[J]. 食品与机械，2017，33(1)：163-168.
- [6] 赵萌萌，崔向军，汪斌，等. 超声波处理对黄豆种子萌发过程的影响[J]. 湖南农业科学，2013(7)：39-42.
- [7] 阿继凯，杨君丽，董汇泽. 超声波对唐古特大黄种子萌发的影响[J]. 青海大学学报（自然科学版），2008，30(5)：87-88.
- [8] 张卫华，李会山，董汇泽. 超声波与赤霉素处理对大黄种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 安徽农业科学，2008，36(33)：14411-14412.
- [9] Barker D G, Bianchi S, Blondan F, et al. *Medicago truncatula*, a model plant for studying the molecular genetics of the *Rhizobiium-legume symbiosis*. [J]. Plant Mol Biol Rep, 1990, 8(1) : 40-49.
- [10] 黄涛，安衍茹，彭亮，等. 外源激素处理对远志种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 中国实验方剂学杂志，2018，24(20)：50-55.
- [11] 李志飞，陈兴福，徐进，等. 激素处理、光照、温度对北柴胡出苗特性的影响[J]. 中国中药杂志，2014，39(8)：1401-1406.
- [12] 郭孝武. 超声技术在药用植物种植栽培中的应用[J]. 世界科学技术-中医药现代化，2000(2)：2-26.
- [13] 赵瑜，肖娅萍. 不同处理对绞股蓝种子萌发的影响[J]. 中草药，2007，38(11)：1723-1725；93.
- [14] 武睿，郭晔红，萧明明，等. 超声波处理对锁阳种子萌发特性影响研究[J]. 甘肃农业大学学报，2010，45(6)：84-87.
- [15] 万贵香，马琳，张坚. 不同浓度的外源激素对黄芩愈伤组织的生物量和黄芩苷含量的影响[J]. 中国中药杂志，2012，37(24)：3799-3802.
- [16] 黄涵签，付航，王妍，等. 不同处理对北柴胡种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 中草药，2017，48(24)：5247-5251.