

不同处理对北柴胡种子萌发及幼苗生长的影响

黄涵签, 付航, 王妍, 王潇晗, 杨世海*

吉林农业大学中药材学院, 吉林 长春 130118

摘要: **目的** 研究不同预处理方式及培养温度对北柴胡种子萌发和幼苗生长的影响, 为北柴胡人工栽培提供科学依据。**方法** 测定种子千粒质量、净度、含水量及吸水率, 采用双层滤纸培养法, 将预处理后的种子置于 20 ℃ 恒温 40% 光照的培养箱中培养, 不同培养温度处理组蒸馏水浸泡 24 h 后在对应温度的培养箱中培养, 观察种子发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数和幼苗根长及苗高的变化。**结果** 种子净度约 91.51%, 千粒质量为 (2.83 ± 0.03) g, 吸水率为自然风干种子质量的 2.24 倍, 含水量约 7.3%。不同激素对种子的处理效果不同, 其中 0.6 mg/L 6-BA 处理效果最好; 水浴能普遍提高幼苗活力指数, 40 ℃ 水浴显著促进了北柴胡种子萌发, 幼苗生长; 15 ℃ 环境下种子的萌发率最高, 但幼苗根长、苗高较低。**结论** 北柴胡种子预处理方式为浸泡在 0.6 mg/L 6-BA 中, 40 ℃ 水浴 2 h, 初始培养温度为 15 ℃, 萌发后移至 20 ℃ 下继续培养, 可有效提高种子萌发率及成苗率, 对北柴胡的种子育苗及人工栽培具有重要指导意义。

关键词: 北柴胡; 浸种处理; 种子萌发; 吸水率; 幼苗生长

中图分类号: R286.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2017)24-5247-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2017.24.029

Effects of different treatments on seed germination and seedling growth of *Bupleurum chinense*

HUANG Han-qian, FU Hang, WANG Yan, WANG Xiao-han, YANG Shi-hai

College of Chinese Medicine Materials, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China

Abstract: **Objective** To study the effects of different pretreatment methods and culture temperatures on Seed Germination and seedling growth of *Bupleurum chinense*, in order to provide scientific basis for artificial cultivation of *B. chinense*. **Methods** Several physiological indexes such as the weight, pure rate, content of moisture, the rate of water absorption per thousand seeds were measured. Adopting a double-layer filter paper culture method, the pretreated seeds were cultured in the incubator at 20 ℃ in the 40% light. In different culture temperature treatment groups, the seeds were soaked in distilled water 24 h and then cultured in the corresponding temperature incubator. The germination energy, germination percentage, germination index, vigor index of seeds, and the root length and the shoot height of the seedling were recorded. **Results** The pure rate of seeds was 91.51%, the weight of one thousand seeds was (2.83 ± 0.03) g and the weight of seed after absorbing water was about 2.24 times more than the weight of naturally dried seed. The content of moisture of seeds was 7.3%. Different hormones had different effects on seeds, among them the effect of 0.6 mg/L 6-BA treatment was the best. Water bath could increase the seedling vigor index, and 40 ℃ of its temperature significantly promoted the seed germination and seedling growth. The germination rate of seeds was the highest under the condition of 15 ℃, but the root length and seedling height were lower. **Conclusion** The suitable condition for seed pretreatment and culture temperature of *B. chinense* established in this research can effectively improve the germination rate and seedling rate, which is of great significance for seed breeding and artificial cultivation of *B. chinense*.

Key words: *Bupleurum chinense* DC.; soaking treatment; seed germination; rate of water absorption; seedling growth

北柴胡 *Bupleurum chinense* DC. 为伞形科柴胡属植物, 味辛、苦, 性微寒, 具有疏散退热、疏肝解郁、升阳举气的功效。北柴胡广泛分布于全国大

部分地区, 目前野生资源已满足不了市场需求, 已开展人工种植, 但柴胡种子细小、种量较少, 同时还存在种皮较厚、发芽率低、种子萌发时间不一致、

收稿日期: 2017-06-26

基金项目: 甘草等 7 种中药饮片标准化建设 (ZYBZH-Y-JL-25)

作者简介: 黄涵签 (1994—), 女, 在读硕士, 研究方向为中药资源开发研究。Tel: 15590558722 E-mail: jumbaby@163.com

*通信作者 杨世海, 教授, 博士生导师, 研究方向为中药生物技术、中药育种、药用植物栽培。Tel: 15568877267 E-mail: jlyangs@163.com

出苗不整齐、部分种子存在休眠现象等问题,严重影响了柴胡的人工种植发展规模和生产效益^[1-2]。本实验采用不同预处理方式及环境培养温度处理北柴胡种子,观察种子萌发及幼苗生长的变化,以期筛选出适宜的北柴胡预处理方式及培养环境,对北柴胡的人工种植提供参考。

1 材料

北柴胡种子购自黑龙江省北柴胡种植基地,经吉林农业大学中药材学院杨世海教授鉴定为北柴胡 *Bupleurum chinense* DC. 的干燥成熟种子,保存于 4 °C 冰箱中。

2 方法

2.1 种子净度的测定

种子净度分析实验所需试样量应至少包含 2 500 粒种子,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,挑出其中在大小或质量上明显不同的混杂物,然后称量净种子质量,重复 3 次。

2.2 种子千粒质量

种子的千粒质量代表种子的饱满程度,是农业生产上的重要指标之一,可以计算单位质量的粒数和播种量。分别采用百粒法,五百粒法和千粒法测定种子千粒质量,从净种子中随机数取需要的粒数,3 次重复。

2.3 种子含水量的测定

先将样品盒预先烘干(130 °C, 1 h),放在干燥器中冷却后称定质量。从充分混匀的供试样品中随机称取 3 份独立样品放入样品盒中一起称定质量。采用高温烘干法:130~133 °C, 3 h 内每隔 0.5 h 称质量 1 次。根据烘后失去的质量计算种子水分百分率,计算到小数点后 1 位。

2.4 种子吸水率的测定

称取 1 g 北柴胡净种子,室温下置于烧杯中加蒸馏水吸胀,分别于 2、4、8、12、24、36、48、60、72 h 取出种子,用滤纸吸干种子表面水分,3 次重复。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。

2.5 种子发芽率的测定

2.5.1 预处理方式考察

(1) 药剂处理:分别用 4 种不同化学药剂浸泡北柴胡种子 24 h,具体见表 1。

(2) 水浴处理:将北柴胡种子分别置于 30、35、

表 1 不同药剂处理浓度

Table 1 Different treatment concentrations

药剂	处理
6-苄氨基腺嘌呤(6-BA)	0.2、0.5、0.6、0.7 mg·L ⁻¹
赤霉素(GA ₃)	100、150、200、250 mg·L ⁻¹
萘乙酸(NAA)	10、25、50、100 mg·L ⁻¹
水杨酸	0.1、0.5、1、5 mmol·L ⁻¹

40、45 °C 4 种不同温度中水浴 2 h。

以上处理后的种子经 3% H₂O₂ 消毒 10 min,蒸馏水清洗 3 次,置于垫有棉花及双层滤纸的平皿上,每皿 100 粒,重复 3 次,于 20 °C 培养箱中培养,光照度 60%,室温下浸泡 2 h 为对照。

2.5.2 培养温度的确定 蒸馏水浸泡 24 h 后分别于 15、25 °C 和 15~25 °C 变温(高温光照 8 h、低温黑暗 16 h) 3 个培养温度下培养,光照度 60%,每皿 100 粒,重复 3 次,20 °C 处理为对照^[5]。

测定第 30 天种子的发芽势、发芽率、发芽指数、苗高和活力指数^[6]。

发芽势=前 11 天发芽种子数/种子总数

发芽率=前 22 天发芽种子数/供试种子数

发芽指数= $\sum(G_t/D_t)$

活力指数= $S \times$ 发芽指数

G_t 指在 t 日内的发芽数, D_t 为相应的天数, S 为种子发芽苗平均高度

2.6 数据处理

采用单因素方差分析(One-way ANOVA)进行显著性检验。

3 结果与分析

3.1 北柴胡种子净度、千粒质量、含水量和吸水率的测定结果

种子净度约 91.51%,千粒质量为(2.83±0.03) g,含水量约 7.3%。种子吸水率曲线见图 1。前 12 h

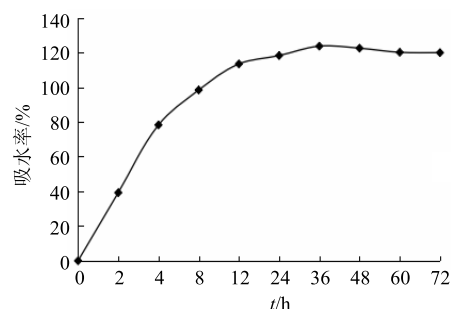


图 1 北柴胡种子吸水率曲线

Fig. 1 Water absorption rate curve in seeds of *B. chinense*

种子吸水率急速上升, 12~24 h 渐趋平缓, 24 h 后基本稳定, 吸水率最高达 123.63%, 即自然风干种子质量的 2.24 倍。

3.2 不同处理对北柴胡种子萌发和幼苗生长的影响

3.2.1 6-BA 处理 从表 2 可以看出, 分别用 0.2、0.5、0.6、0.7 mg/L 的 6-BA 处理北柴胡种子, 其发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数都表现先上升

后下降的趋势。0.6 mg/L 6-BA 处理后的北柴胡种子, 发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数、根长和苗高与其他组相比有显著优势, 分别比对照增加 14.00、17.00、15.48、35.51、2.33 和 2.00。0.5 mg/L 处理组仅发芽率、发芽指数和活力指数比对照高 ($P < 0.05$)。0.7 mg/L 处理组的发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数都比对照高, 但根长和苗高比对照低。

3.2.2 GA₃ 处理 由表 3 可知, GA₃ 质量浓度分别

表 2 6-BA 对柴胡种子萌发和幼苗生长的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

Table 2 Effect of 6-BA on seed germination and seedling growth of *B. chinense* ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

质量浓度/(mg·L ⁻¹)	发芽势	发芽率/%	发芽指数	根长/mm	苗高/mm	活力指数
0	25.33±6.24 ab	31.67±6.34 ab	7.33±1.95 b	7.00±3.35 a	20.00±5.97 ab	14.66±3.89 b
0.2	18.33±1.25 b	29.00±0.82 b	11.31±0.83 b	3.17±1.57 a	13.50±2.63 b	15.27±1.12 b
0.5	25.33±3.09 ab	33.00±2.16 ab	12.79±0.97 b	6.80±5.04 a	18.60±3.61 ab	23.78±1.81 b
0.6	39.33±4.92 a	48.67±9.74 a	22.81±3.45 a	9.33±3.40 a	22.00±4.16 a	50.17±7.59 a
0.7	26.33±8.96 ab	33.33±7.41 ab	13.71±3.46 b	6.00±2.94 a	15.50±2.50 ab	21.26±5.36 b

不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平上差异显著, 下表同

Different lower case letters indicate significance at $P < 0.05$, following tables are same

表 3 GA₃ 对柴胡种子发芽势、发芽率和发芽指数的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

Table 3 Effect of GA₃ on potential germination, germination percentage and germination index in seeds of *B. chinense* ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

质量浓度/(mg·L ⁻¹)	发芽势	发芽率/%	发芽指数
0	25.33±6.24 a	31.67±6.34 a	7.33±1.95 a
100	10.33±8.73 ab	19.00±10.61 a	6.22±4.57 a
150	1.67±1.25 b	20.67±6.34 a	4.46±1.59 a
200	1.67±0.47 b	9.67±4.64 a	2.71±1.01 a
250	3.00±0.82 b	16.33±6.13 a	3.79±1.09 a

为 100、150、200、250 mg/L, 4 个质量浓度梯度的发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数的变化趋势不一致, 发芽势最高仅 10.33, 最低为 1.67, 均显著低于对照, 发芽率最高为 20.67, 最低为 9.67, 发芽指数最高为 6.22, 最低为 2.71, 与对照相比无显著差异 ($P < 0.05$)。4 种质量浓度的 GA₃ 对种子的萌发无明显作用, 且染菌率极高, 严重抑制了种子成苗。

3.2.3 NAA 处理 由表 4 可知, 用不同质量浓度 NAA 处理北柴胡种子后发现, 发芽势随着质量浓度的上升而降低, 最高为 10 mg/L 处理后的 19.00, 最低为 100 mg/L 的 2.00。

表 4 NAA 对柴胡种子萌发和幼苗生长的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

Table 4 Effect of NAA on seed germination and seedling growth of *B. chinense* ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

质量浓度/(mg·L ⁻¹)	发芽势	发芽率/%	发芽指数	根长/mm	苗高/mm	活力指数
0	25.33±6.24 a	31.67±6.34 a	7.33±1.95 a	7.00±3.35 a	20.00±5.97 a	14.66±3.89 a
10	19.00±6.38 ab	26.33±5.91 ab	6.86±1.80 a	3.60±2.06 a	16.70±2.76 a	11.46±3.01 ab
25	15.00±4.32 ab	31.00±12.83 a	7.51±3.11 a	5.50±2.87 a	21.60±4.82 a	16.23±6.71 a
50	4.67±1.25 bc	10.33±1.25 ab	2.01±0.23 a	0 b	0 b	0 b
100	2.00±0.82 c	7.00±1.41 b	1.30±0.41 a	0 b	0 b	0 b

发芽率、发芽指数和活力指数的变化趋势相同。在 10~25 mg/L 时上升, 25 mg/L 达到最大值为, 25~100 mg/L 时下降。25 mg/L 时的发芽指数、苗高和活力指数与对照相比无显著区别, 但有数值上的优势 ($P < 0.05$)。高质量浓度时 (50、100 mg/L) 显著抑制种子的萌发及幼苗生长。

3.2.4 水杨酸处理 由表 5 可知, 0.1 mmol/L 水杨酸处理后的种子发芽势、发芽指数比对照高, 发芽率、根长、苗高和活力指数比对照低; 1 mmol/L 处理后的发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数分别比对照高 1.67、4.66、2.56 和 2.55, 在数值上有轻微优势, 根长和苗高比对照低; 高浓度 (5 mmol/L)

表 5 水杨酸对柴胡种子萌发和幼苗生长的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 3$)Table 5 Effect of SA on seed germination and seedling growth of *B. chinense* ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

浓度/(mmol·L ⁻¹)	发芽势	发芽率/%	发芽指数	根长/mm	苗高/mm	活力指数
0	25.33±6.24 a	31.67±6.34 a	7.33±1.95 a	7.00±3.35 ab	20.00±5.97 a	14.66±3.89 a
0.1	26.33±1.25 a	28.00±1.63 ab	8.84±0.67 a	3.10±2.47 b	14.80±5.13 a	13.09±0.99 ab
0.5	20.33±3.30 a	28.33±4.11 ab	7.56±0.67 a	3.90±1.97 b	16.60±3.61 a	12.54±1.12 ab
1.0	27.00±4.32 a	36.33±4.92 a	9.89±1.97 a	4.50±2.73 b	17.40±3.61 a	17.21±3.43 a
5.0	2.33±2.05 b	11.67±8.34 b	1.99±1.43 b	9.50±4.86 a	21.50±5.57 a	4.29±3.06 b

时显著抑制了北柴胡种子的萌发及幼苗的生长。

3.2.5 水浴处理 分别用 4 种水浴温度处理北柴胡种子, 如表 6 所示, 30 ℃和 35 ℃水浴后, 种子仅发芽指数和活力指数比对照高, 发芽势、发芽率、幼苗根长、苗高都比对照低。在 40 ℃时达到最佳

值, 其发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数分别为 38.67、50.67、16.79 和 40.46, 与对照有显著差异 ($P < 0.05$), 此时幼苗根长健壮, 染菌率低, 成苗率高。45 ℃水浴后种子发芽指数和活力指数, 幼苗根长和苗高都比对照高。

表 6 水浴温度对柴胡种子萌发和幼苗生长的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 3$)Table 6 Effect of water bath temperature on seed germination and seedling growth of *B. chinense* ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

温度/℃	发芽势	发芽率/%	发芽指数	根长/mm	苗高/mm	活力指数
30	18.67±1.25 b	26.33±4.03 b	10.10±1.15 b	3.32±2.12 b	17.23±5.19 b	20.19±2.30 b
35	22.33±2.05 ab	28.67±0.47 b	10.48±1.06 b	3.50±3.04 b	17.63±5.29 b	18.48±1.87 b
40	38.67±8.01 a	50.67±8.99 a	16.79±2.86 a	8.70±4.24 ab	24.10±5.89 a	40.46±6.89 a
45	22.00±4.08 b	30.33±2.62 b	9.29±1.42 b	10.20±5.76 a	22.80±5.83 a	21.17±3.23 b
室温	25.33±6.24 ab	31.67±6.34 b	7.33±1.95 b	7.00±3.35	20.00±5.97 ab	14.66±3.89 b

3.2.6 环境温度 北柴胡种子浸泡 24 h 后分别放在 4 种环境温度下培养, 如表 7 所示, 环境温度对北柴胡种子的发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数的影响都很大。低温及低高变温环境(15 ℃和 15/25

℃)下 4 个参数与对照相比有显著差异 ($P < 0.05$), 特别是 15 ℃下, 分别比对照高 16.34、36.33、18.76 和 29.69, 而幼苗根长和苗高比对照低。25 ℃的各项数值都不如对照。

表 7 环境温度对柴胡种子萌发和幼苗生长的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 3$)Table 7 Effect of environment temperature on seed germination and seedling growth of *B. chinense* ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

温度/℃	发芽势	发芽率	发芽指数	根长/mm	苗高/mm	活力指数
15	41.67±3.68 a	68.00±1.41 a	26.09±1.50 a	4.29±2.43 a	17.00±5.04 a	44.35±2.55 a
25	12.33±2.49 c	21.00±2.16 b	6.32±1.06 b	6.80±3.99 a	19.20±4.60 a	12.14±2.04 b
15/25	52.00±2.45 a	56.67±4.11 a	24.19±1.92 a	3.71±2.37 a	16.57±3.31 a	40.08±3.18 a
20	25.33±6.24 b	31.67±6.34 b	7.33±1.95 b	7.00±3.35 a	20.00±5.97 a	14.66±3.89 b

4 讨论

北柴胡种子小, 部分种子有严重休眠, 自然状态下当年生种子发芽率仅为 30%~40%, 隔年种子基本不发芽。北柴胡种子极低的发芽率给人工栽培带来了巨大困难, 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, 激素处理是使用的比较多的方法之一^[7-10]。

4.1 药剂处理

经过本实验对比发现, 不同药剂在不同浓度对北柴胡种子生长的影响不同。细胞分裂素 6-BA 表

现出典型的低浓度促进、高浓度抑制规律, 在 0.6 mg/L 时, 显著促进种子的萌发, 促进细胞分裂, 苗长增长, 种子的发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数, 及幼苗的根长和苗高都显著高于对照。一定浓度 GA₃ 处理后的北柴胡种子, 萌发率与对照无显著差异, 这与胡继鹰等^[1]和郝建平^[11]的研究结果相同, 他们认为激素对种子的萌发没有促进作用。反观发现 GA₃ 对柴胡种子萌发有明显促进作用的实验, 周洁等^[12]在实验中用的 31 号柴胡原产日本, 为三岛柴胡; 李志飞等^[10]在实验中用的 GA₃ 浓度为

1×10^{-5} mol/L, 其种子的种质和激素浓度与本实验均不相同。因此, 笔者认为, 不同种质的种子发芽特性不同, 其适宜的激素和浓度也不同, 适宜的浓度, 是激素发挥作用的关键。水杨酸能在一定程度上提高种子的发芽率、发芽势、发芽指数等, 具有促进种子萌发和幼苗生长的作用^[13-14]。本实验中 1 mmol/L 水杨酸促进种子萌发, 5 mmol/L 水杨酸促进胚根生长。可以看出, 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。

4.2 水浴处理

柴胡种子休眠与其内部的激素平衡及内源抑制物质等有关, 周艳玲等^[15]研究发现, 清水浸泡后柴胡种子内部的抑制物质会浸出, 从而提高种子的发芽率。本实验中水浴后的种子活力指数都普遍高于对照, 40 ℃下水浴 2 h, 种子发芽势、发芽率和发芽指数等都较其他处理组有显著差异, 这与沈路莹^[16]的实验结果相同。笔者猜测, 40 ℃水浴, 促进了萌发抑制物质的浸出, 能有效地软化种皮, 杀死部分内生菌, 提高种子内酶的活力, 为种子的萌发及幼苗的生长提供良好的前提条件。

4.3 培养温度

不同种子的适宜发芽温度不同。孟祥才等^[17]发现狭叶柴胡种子萌发的适宜温度为 20 ℃; 杨成民等^[18]发现中柴 1 号、三岛柴胡和山西柴胡的萌发适宜温度为 15~25 ℃, 甘肃柴胡的适宜温度为 20~30 ℃。本实验中 15 ℃恒温条件下北柴胡种子的萌发率最高, 但幼苗的根长及苗高相对较低, 低温有助于种子的萌发但不利于幼苗的生长。这也与实际生产中的温度相吻合, 人工栽培北柴胡通常在 3 月下旬播种, 此时东北的气温正是 15 ℃左右, 到幼苗破土而出时, 气温逐渐升高, 白天最高温度能达 20~30 ℃, 或 30 ℃以上。

适宜的激素和浓度、恰当的浸种温度和合适的培养温度能够有效的促进北柴胡的萌发及幼苗的生长。综合本实验研究结果, 认为北柴胡种子预处理方式为浸泡在 0.6 mg/L 6-BA 中, 40 ℃水浴 2 h, 初始培养温度为 15 ℃, 萌发后移至 20 ℃下继续培养。

参考文献

- [1] 胡继鹰, 张正磷, 何德刚. 柴胡种子处理对发芽及生长的影响 [J]. 中药材, 2004, 27(8): 553-554.
- [2] 肖雪峰, 刘丽, 郭巧生, 等. 通关藤种子萌发条件的研究 [J]. 中草药, 2015, 46(5): 746-750.
- [3] 高珂, 吴素瑞, 金钺, 等. 狭叶柴胡新品种中红柴 1 号种子发芽特性研究 [J]. 中国种业, 2014(9): 44-46.
- [4] 孙群, 刘文婷, 梁宗锁, 等. 丹参种子的吸水特性及发芽条件研究 [J]. 西北植物学报, 2003, 23(9): 1518-1521.
- [5] 刘建成, 龚卫华, 向芬, 等. 不同处理对鱼香草种子萌发的影响 [J]. 中草药, 2012, 43(5): 1000-1002.
- [6] 谭玲玲, 胡正海. 不同浸种处理对桔梗种子萌发和幼苗生长的影响 [J]. 中草药, 2013, 44(4): 468-472.
- [7] 张春平, 何平, 何俊星, 等. 不同处理对药用紫苏种子萌发特性的影响 [J]. 中草药, 2010, 41(8): 1361-1365.
- [8] 李灵芝, 李海平, 梁二妮. 水杨酸对黄瓜种子萌发和幼苗生长的影响 [J]. 安徽农业科学, 2008, 36(10): 3983-3984.
- [9] 张东向, 李善文, 袁成志, 等. 三岛柴胡种子萌发条件及愈伤组织诱导初步研究 [J]. 种子, 2009, 28(9): 33-35.
- [10] 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.
- [11] 郝建平, 徐笑飞, 杨东方, 等. 北柴胡快速繁殖及种子萌发条件研究 [J]. 中草药, 2008, 39(5): 752-756.
- [12] 周洁, 李云飞, 王昌付, 等. 不同外源物质对 31 号柴胡种子萌发的影响 [J]. 中国种业, 2016(11): 42-44.
- [13] 向华, 饶力群, 肖立锋. 水杨酸对水稻种子萌发及其生理生化影响 [J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2003, 29(1): 12-14.
- [14] 朱利君, 张红敏. 水杨酸对北柴胡种子萌发的影响 [J]. 江苏农业科学, 2013, 41(2): 206-208.
- [15] 周艳玲, 赵敏, 彭元举, 等. 狭叶柴胡种子萌发与内源抑制物质 [J]. 植物研究, 2009, 29(3): 329-332.
- [16] 沈路莹. 柴胡种子处理技术及播种密度研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014.
- [17] 孟祥才, 孙晖, 颜丙鹏, 等. 狭叶柴胡种子发芽特性研究 [J]. 种子, 2008, 27(2): 63-65.
- [18] 杨成民, 曹海禄, 魏建和, 等. 发芽温度及种质对柴胡种子萌发的影响 [J]. 中草药, 2007, 38(3): 426-429.