

# Effects of Different Accelerating Germination Treatments on Germination of *Verbena hybrida* Seeds

Cai Xing, Sechenbaater\*

College of Life Science and Technology, Inner Mongolia Normal University, Hohhot Inner Mongolia  
Email: 616141333@qq.com, \*siqinbt@imnu.edu.cn

Received: Oct. 28<sup>th</sup>, 2019; accepted: Nov. 20<sup>th</sup>, 2019; published: Nov. 27<sup>th</sup>, 2019

## Abstract

Different physical and chemical germination treatments could improve the germination of *Verbena hybrida* seeds. Gibberellin (GA<sub>3</sub>) and 6-BA solution were soaked, low concentration promoted germination, and high concentration inhibited germination. The appropriate concentrations of gibberellin (GA<sub>3</sub>) and 6-BA were 20 mg·L<sup>-1</sup> and 10 mg·L<sup>-1</sup>, respectively. As for the low temperature and high humidity sand substrate treatment for 20 d, 30% hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) soaking treatment for 10 min, 50°C hot water soaking treatment for 8 h, the germination rate was 58.48%, 64.11% and 61.06%, respectively, compared with the control group. A very significant level ( $p < 0.01$ ) was achieved, and the germination effect was remarkable.

## Keywords

*Verbena hybrid*, Seeds, Accelerating Germination

# 不同催芽处理对美女樱种子萌发的影响

邢彩, 斯琴巴特尔\*

内蒙古师范大学生命科学与技术学院, 内蒙古 呼和浩特  
Email: 616141333@qq.com, \*siqinbt@imnu.edu.cn

收稿日期: 2019年10月28日; 录用日期: 2019年11月20日; 发布日期: 2019年11月27日

## 摘要

不同的物理、化学法催芽处理可以改善美女樱种子发芽。外源赤霉素(GA<sub>3</sub>)和6-BA溶液浸种处理, 低浓度促进发芽、而高浓度抑制发芽。赤霉素(GA<sub>3</sub>)和6-BA适宜浓度分别为20 mg·L<sup>-1</sup>和10 mg·L<sup>-1</sup>。低温高湿

\*通讯作者。

沙基层积处理20 d、30%过氧化氢(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)浸种处理10 min、50℃热水浸种处理8 h, 其发芽率分别比对照组提高58.48%、64.11%和61.06%, 与对照组差异达到极显著水平( $p < 0.01$ ), 催芽效果显著。

## 关键词

美女樱, 种子, 催芽

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

美女樱(*Verbena hybrida*)又名铺地锦、美人樱, 为马鞭草科(Verbenaceae)马鞭草属(*Verbena* Linn.)草本植物, 原产于南美洲热带[1]。美女樱耐寒、耐旱、耐盐碱、耐土壤瘠薄, 花色秀丽, 观赏价值高, 是一种不可多得的园林景观植物[2]。美女樱全草可以入药, 有凉血、散瘀、清热、解毒、止痒、驱虫、消胀等功能[3] [4]。美女樱体细胞二倍体核型,  $2n = 10$ , 不同品种之间核型对称性较高, 表明不同品种之间变异进化程度较低[5]。美女樱主要以种子繁殖, 但种子直播发芽缓慢、不整齐, 发芽率只有 22.5%左右[6], 导致美女樱商业化栽培生产效益不理想。我国于上世纪 80 年代从美国、日本引种美女樱, 目前在全国各地广泛引种驯化栽培[7] [8] [9]。美女樱种子有直立性双子叶, 无胚乳[6], 千粒重为  $1.90 \pm 0.72$  g, 籽粒大、颜色深, 种子具有较大的活力, 生命力为 2 年[10]。为提高美女樱种子发芽率, 促进栽培生产, 学者们开展了一些探索, 但结果不尽一致[11] [12] [13] [14] [15]。本文用不同的物理、化学方法催芽处理, 以期提高美女樱种子发芽率, 为其栽培生产提供技术支撑。

## 2. 材料与方方法

### 2.1. 材料

实验用美女樱种子由内蒙古捷怡种子有限公司提供。选用大小均匀、籽粒饱满、无病虫害受损的美女樱种子备用。

### 2.2. 种子发芽试验

取经挑选的 50 粒美女樱种子, 用 0.1% HgCl<sub>2</sub> 消毒 8 min, 无菌水冲洗几次, 经不同物理、化学法催芽处理后均匀摆放在垫有 2 层滤纸, 加蒸馏水充分浸湿的直径为 9 cm 的培养皿里, 置于白天(16 h)温度为 25℃, 夜间温度为 20℃ 的恒温培养箱中进行黑暗培养。每种处理重复 3 次。发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数按国际种子检验协会(International seed testing association, ISTA)法[16]测定。以胚根露出种皮 2 mm 为种子萌发的标准, 发芽第 10 天测定种子发芽率。日平均发芽率、峰值、发芽值、发芽系数等反映种子生命力指标按陶嘉龄等[17]方法测定。

发芽率(%) = 发芽第 10 天发芽种子总数/供试种子总数 × 100;

发芽势(%) =  $(\sum G_f) / N$ ;  $G_f$  为发芽量达到峰值时逐日发芽种子数,  $N$  为供试种子数;

发芽指数 =  $\sum (G_i / D_i)$ ; 式中:  $G_i$  为 10 d 内逐日发芽的种子数,  $D_i$  为相对应的天数;

日平均发芽率/% = 总发芽率/总发芽天数;

峰值/粒数·d<sup>-1</sup> = 达到高峰日时的发芽量/达到高峰值的天数;

发芽值 = 峰值 × 日平均发芽率;

发芽系数 =  $\left[ \frac{\sum \text{逐日发芽量}}{\sum (\text{逐日发芽量} \times \text{相应天数})} \right] \times 100$ ;

活力指数 = 发芽指数 × 根长。

采用 SPSS17.0 统计软件进行数据分析。表格中标示\*和\*\*分别表示该数据与对照组差异达到显著( $p < 0.05$ )和极显著水平( $p < 0.01$ )。

## 2.3. 不同催芽处理对美女樱种子萌发的影响

### 2.3.1. 化学法处理对美女樱种子萌发的影响

用过氧化氢( $\text{H}_2\text{O}_2$ )处理: 用 30% 过氧化氢( $\text{H}_2\text{O}_2$ )分别浸泡处理 5、10、15、20 min, 用大量清水清洗。

用赤霉素( $\text{GA}_3$ )溶液浸种处理: 用 0、5、10、15、20、40、80、120、160  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  赤霉素( $\text{GA}_3$ )溶液浸种 8 h。

用 6-苄基腺嘌呤(6-BA)溶液浸种处理: 浓度分别为 0、5、10、15、20、40、80、120、160  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的 6-苄基腺嘌呤(6-BA)溶液浸种处理 8 h。

### 2.3.2. 物理法处理对美女樱种子萌发的影响

热水浸种处理: 水温为  $40^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$  热水每间隔  $10^\circ\text{C}$  设一个梯度, 分别浸种处理 8 h。

低温、高湿沙基层积处理: 用  $5^\circ\text{C}$  高湿沙基层积处理分别 20 d、30 d、40 d、50 d、60 d、70 d、80 d。以未经层积处理种子作对照。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 化学法处理对美女樱种子萌发的影响

#### 3.1.1. 过氧化氢( $\text{H}_2\text{O}_2$ )处理对美女樱种子发芽的影响

用 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$  不同时间处理对美女樱种子发芽的影响如表 1。未经处理对照组美女樱种子发芽率为 36.00%, 处理 5 min 后提高至 47.33%, 处理 10 min 后增至 59.08%, 与对照的差异均达到显著水平。但再延长处理时间, 发芽率下降。

#### 3.1.2. 不同浓度 $\text{GA}_3$ 溶液浸种处理对美女樱种子发芽的影响

用不同浓度  $\text{GA}_3$  处理对美女樱种子发芽率的影响呈抛物曲线形。当  $\text{GA}_3$  浓度  $\leq 10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时极显著促进美女樱种子发芽( $p < 0.01$ ), 当  $\text{GA}_3$  浓度  $\geq 10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时, 随  $\text{GA}_3$  浓度的提高其促进作递减, 当  $\text{GA}_3$  浓度  $\geq 120 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时抑制美女樱种子发芽。由发芽指数、活力指数可以看出,  $\text{GA}_3$  是通过提高美女樱种子活力而促进其种子发芽的(表 2), 具体表现是其发芽率、发芽势、日平均发芽率、峰值、发芽值的提高, 直观的表现是发芽时间提早了。

#### 3.1.3. 不同浓度 6-BA 溶液浸种处理对美女樱种子发芽的影响

不同浓度 6-BA 浸种处理对美女樱种子发芽的影响也表现出低浓度促进, 高浓度抑制特性。当 6-BA 浓度分别为  $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  和  $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时, 美女樱种子发芽率分别比对照提高 28.83% 和 35.60%。但当 6-BA 浓度  $\geq 20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  时对美女樱种子发芽有明显的抑制作用, 其抑制浓度比  $\text{GA}_3$  更低, 抑制作用更显著(表 3)。

### 3.2. 物理法处理对美女樱种子萌发的影响

#### 3.2.1. 不同温度热水浸种处理对美女樱种子发芽的影响

由表 4 可知, 水温在  $\geq 60^\circ\text{C}$  时对美女樱种子萌发都有不同程度的促进作用, 其中  $50^\circ\text{C}$  热水处理效果最佳, 发芽率达 82.67%, 与对照差异达到极显著水平( $p < 0.01$ )。大于  $75^\circ\text{C}$  水温对美女樱种子由明显的烫伤作用, 抑制种子萌发。

**Table 1.** Effect of 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> on seeds germination of *Verbena hybrida*  
**表 1.** 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 处理对美女樱种子发芽的影响

处理时间/min	发芽率/%	发芽势	发芽指数	日平均发芽率/%	峰值(第 6 天)	发芽值	发芽系数	活力指数
CK	36.00 ± 4.32	9.67 ± 1.25	37.83 ± 4.95	3.60 ± 0.43	8.00 ± 1.63	37.33 ± 9.98	13.60 ± 0.12	38.04 ± 0.15c
5	47.33 ± 2.49**	14.33 ± 0.47**	52.93 ± 5.65**	4.73 ± 0.25**	10.05 ± 2.49*	55.47 ± 16.19*	14.41 ± 0.17**	48.89 ± 0.14b
10	59.08 ± 4.98**	19.00 ± 0.82**	67.89 ± 6.52**	5.91 ± 0.16**	11.00 ± 7.12*	67.87 ± 17.56*	14.22 ± 0.17**	60.23 ± 0.14a
15	34.67 ± 1.89**	10.33 ± 1.25	39.98 ± 3.65	3.47 ± 1.89**	7.56 ± 2.49	37.33 ± 1.25	13.89 ± 0.20	37.34 ± 0.14d
20	29.00 ± 2.49**	7.67 ± 1.25*	25.21 ± 2.28*	2.89 ± 0.16**	6.67 ± 1.89*	24.27 ± 7.57*	13.02 ± 0.03*	28.42 ± 0.09c

**Table 2.** Effect of different concentration GA<sub>3</sub> on seeds germination of *Verbena hybrida*

**表 2.** 不同浓度 GA<sub>3</sub> 溶液浸种处理对美女樱种子发芽的影响

GA <sub>3</sub> /mg·L <sup>-1</sup>	发芽率/%	发芽势	发芽指数	日平均发芽率/%	峰值(第 6 天)	发芽值	发芽系数	活力指数
CK	40.67 ± 4.11	12.00 ± 1.63	43.63 ± 3.64	4.07 ± 0.31	1.33 ± 0.94	5.07 ± 3.60	14.86 ± 0.30	66.72 ± 8.88
5	70.00 ± 2.83**	24.00 ± 3.27**	92.49 ± 6.43**	7.00 ± 0.48**	16.00 ± 4.32**	113.20 ± 10.04**	15.47 ± 0.18	181.06 ± 49.48**
10	71.333 ± 1.89**	28.00 ± 4.32**	107.09 ± 7.91**	7.13 ± 0.38**	22.00 ± 1.63**	156.67 ± 8.38**	15.90 ± 0.16**	205.84 ± 6.39**
15	57.33 ± 2.49**	10.00 ± 1.63	66.27 ± 6.52**	5.73 ± 0.31**	18.00 ± 4.32**	104.13 ± 8.38**	15.09 ± 0.27	118.78 ± 6.43*
20	56.67 ± 0.94**	17.33 ± 2.49	71.67 ± 6.74**	5.67 ± 0.10**	13.33 ± 1.89*	75.47 ± 10.04**	15.33 ± 0.32	113.26 ± 21.91*
40	45.33 ± 1.89	12.67 ± 2.49	46.36 ± 6.87	4.53 ± 0.10	8.00 ± 0.00	36.27 ± 1.51	14.44 ± 0.34	69.72 ± 14.82
80	46.67 ± 1.89	8.67 ± 0.94	56.95 ± 5.30	4.67 ± 0.28	8.00 ± 1.63	37.60 ± 1.51	15.11 ± 0.40	82.12 ± 21.54
120	38.00 ± 1.63	5.33 ± 2.49	43.96 ± 1.12	3.80 ± 0.31	8.00 ± 1.63	30.67 ± 3.35	15.03 ± 0.26	59.85 ± 1.56
160	34.00 ± 1.63*	2.67 ± 0.94	32.52 ± 3.14	3.40 ± 0.28*	6.67 ± 0.94	22.67 ± 3.35	14.34 ± 0.10	42.90 ± 10.69

**Table 3.** Effect of different concentration 6-BA on seeds germination of *Verbena hybrida*

**表 3.** 不同浓度 6-BA 溶液浸种处理对美女樱种子发芽的影响

GA <sub>3</sub> /mg·L <sup>-1</sup>	发芽率/%	发芽势	发芽指数	日平均发芽率/%	峰值(第 6 天)	发芽值	发芽系数	活力指数
CK	39.33 ± 1.89	8.67 ± 0.94	36.06 ± 3.66	3.93 ± 0.19b	8.00 ± 1.63	31.73 ± 5.37	13.79 ± 0.10	79.9 ± 1.59
5	50.67 ± 0.94**	14.00 ± 2.49*	45.03 ± 3.34*	5.07 ± 0.09**	11.33 ± 0.94	57.47 ± 5.37**	13.78 ± 0.23	92.96 ± 3.29**
10	53.33 ± 3.39**	10.67 ± 2.49*	39.74 ± 3.60	5.33 ± 0.34**	8.67 ± 0.94	46.53 ± 6.58*	13.35 ± 0.21	95.66 ± 1.36**
15	40.67 ± 0.94	7.33 ± 0.94	33.02 ± 3.12	4.07 ± 0.094	8.00 ± 1.63	32.53 ± 6.58	13.46 ± 0.43	80.12 ± 11.22
20	26.67 ± 2.49**	3.33 ± 0.94*	16.71 ± 3.12**	2.67 ± 0.25**	2.67 ± 0.94**	7.6 ± 1.70**	12.84 ± 0.24**	75.40 ± 5.74
40	22.67 ± 0.94**	0.00*	10.50 ± 1.08**	2.27 ± 0.09**	1.33 ± 0.94**	3.07 ± 2.17**	12.05 ± 0.19**	58.52 ± 10.44**
80	17.33 ± 0.94**	0.00*	8.53 ± 1.66**	1.73 ± 0.09**	0.67 ± 0.94**	1.20 ± 1.70**	12.17 ± 0.31**	54.02 ± 11.03**
120	16.00 ± 1.63**	0.00*	11.79 ± 1.46**	1.60 ± 0.16**	1.33 ± 2.49**	5.20 ± 1.70**	13.14 ± 0.27**	45.13 ± 4.36**
160	12.00 ± 1.63**	0.00*	6.82 ± 1.67**	1.20 ± 0.16**	0.67 ± 0.94**	0.80 ± 0.09**	12.51 ± 0.36**	39.39 ± 4.21**

**Table 4.** Effect of different temperature hot water soaking treatment on germination of *Verbena hybrida* seeds  
**表 4.** 不同温度热水浸种对美女樱种子发芽的影响

处理温度/℃	发芽率/%	发芽势	发芽指数	日平均发芽率/%	峰值(第 6 天)	发芽值	发芽系数	活力指数
CK	51.33 ± 1.89	12.67 ± 2.49	46.15 ± 1.53	5.13 ± 0.19	4.00 ± 1.63	20.27 ± 7.84	13.93 ± 0.23	23.23 ± 2.15
40	48.67 ± 2.49	12.00 ± 2.83	44.00 ± 4.22	4.87 ± 0.25	9.33 ± 0.94*	26.93 ± 4.63	14.54 ± 0.13	16.00 ± 7.35
45	66.00 ± 4.32*	23.33 ± 2.49**	60.02 ± 3.35*	6.60 ± 0.43*	13.33 ± 2.49*	88.40 ± 18.68**	14.20 ± 0.25	52.10 ± 5.82**
50	82.67 ± 1.89**	38.00 ± 2.83**	111.94 ± 4.59**	8.27 ± 0.19**	23.33.00 ± 3.27**	210.93 ± 16.18**	14.72 ± 0.01	135.53 ± 20.66**
55	74.67 ± 5.73*	38.33 ± 2.40**	96.32 ± 5.07**	7.47 ± 0.57*	22.00 ± 3.27**	162.40 ± 15.44**	14.99 ± 0.02*	71.55 ± 25.30**
60	73.33 ± 2.49*	39.33 ± 2.49**	92.57 ± 5.06**	7.33 ± 0.25*	16.67 ± 0.94**	122.40 ± 10.51**	14.82 ± 0.03	52.44 ± 17.69**
65	67.33 ± 2.49*	38.00 ± 3.27**	83.11 ± 0.85**	6.73 ± 0.25*	16.00 ± 1.63**	108.00 ± 13.69**	14.90 ± 0.20	82.33 ± 14.33**
70	47.33 ± 2.41	21.33 ± 3.40*	49.16 ± 4.12	4.73 ± 0.47*	4.67 ± 3.40	22.53 ± 15.97d	14.29 ± 0.39	44.79 ± 9.70*
75	1.33 ± 0.94**	0.00**	1.69 ± 0.80**	0.13 ± 0.09*	0.00	0.00**	8.89 ± 0.23**	0.59 ± 0.04**
80	0.00**	0.00**	0.00**	0.00**	0.00	0.00**	0.00**	0.00**

**Table 5.** Effect of low-temperature and high-humidity sand-based stratification on the germination of *Verbena hybrida* seeds  
**表 5.** 低温、高湿沙基层积处理对美女樱种子发芽的影响

处理天数/d	发芽率/%	发芽势	发芽指数	日平均发芽率/%	峰值(第 6 天)	发芽值	发芽系数	活力指数
CK	43.33 ± 2.49	15.33 ± 3.77	29.77 ± 1.27	4.33 ± 0.25	2.67 ± 2.49	11.87 ± 4.20	13.27 ± 0.24	65.70 ± 7.58
20	68.67 ± 4.11**	37.33 ± 1.89**	63.13 ± 4.83**	6.87 ± 0.41**	12.00 ± 3.27*	83.20 ± 26.52**	13.93 ± 0.13	177.27 ± 7.70**
CK	50.00 ± 3.27	28.67 ± 7.54	40.99 ± 5.49	5.00 ± 0.33	6.67 ± 3.40	32.27 ± 15.38	13.44 ± 0.16	107.50 ± 25.74
30	77.33 ± 2.49**	37.67 ± 4.11*	70.68 ± 2.50**	7.73 ± 0.25**	18.67 ± 3.40**	144.40 ± 27.39**	13.15 ± 0.24	181.47 ± 8.20**
CK	42.67 ± 3.77	29.33 ± 3.40	45.01 ± 4.41	4.27 ± 0.38	4.67 ± 1.89	20.27 ± 8.89	14.40 ± 0.04	101.05 ± 16.37
40	76.00 ± 3.27**	40.67 ± 5.25*	76.32 ± 2.51**	7.60 ± 0.33**	17.33 ± 5.25**	133.07 ± 21.64**	14.20 ± 0.18	230.67 ± 21.63**
CK	50.00 ± 1.63	28.67 ± 1.89	38.15 ± 1.40	5.00 ± 0.16	4.67 ± 2.49b	23.47 ± 12.55	13.32 ± 0.10	92.49 ± 6.63
50	71.33 ± 5.25**	34.00 ± 3.27	57.18 ± 3.65**	7.13 ± 0.52**	15.33 ± 3.77**	111.33 ± 33.50**	13.43 ± 0.37	156.2 ± 10.25**
CK	44.00 ± 1.63	23.33 ± 2.49	40.80 ± 3.74	4.40 ± 0.16	4.67 ± 0.94	20.53 ± 4.20	13.90 ± 0.18	85.45 ± 5.93
60	60.67 ± 2.49**	33.33 ± 2.49*	48.96 ± 1.07**	6.07 ± 0.25**	12.00 ± 2.83*	77.20 ± 18.77*	13.56 ± 0.19	132.23 ± 5.79
CK	41.33 ± 3.40	24.00 ± 3.27	36.86 ± 3.70	4.13 ± 0.34	5.67 ± 1.70	34.67 ± 15.47	13.63 ± 0.26	76.16 ± 10.56
70	54.67 ± 3.40**	28.00 ± 1.63	41.52 ± 2.39	5.47 ± 0.34**	12.00 ± 2.83*	61.20 ± 19.46*	13.50 ± 0.17	105.44 ± 10.80*
CK	37.33 ± 2.49	20.67 ± 0.94	34.55 ± 2.25	3.73 ± 0.25	5.33 ± 1.89	19.47 ± 5.48	13.92 ± 0.20	74.61 ± 8.58
80	52.00 ± 5.89**	23.33 ± 2.49	35.40 ± 0.41	5.20 ± 0.59**	8.67 ± 1.89	45.87 ± 13.55*	13.34 ± 0.17	86.04 ± 8.33

### 3.2.2. 低温、高湿沙基层积处理对美女樱种子发芽的影响

用低温、高湿沙基层积处理不同时间对美女樱种子发芽均有不同程度的促进作用(表 5), 其中处理 30 d 的效果最佳, 发芽率达到 77.33%, 再延长处理时间, 其促进效果呈递减之势。

## 4. 讨论与结论

种子是农业生产最基本的生产要素, 现代农业离不开种子科学技术的发展。国际种子检验规程(International Rules for Seed Testing) [16]对种子质量的精辟表述是“农业上最大的威胁之一是播下的种子没有生产潜力, 不能使所栽培的品种获得丰收。”目前, 种子发芽率低仍是限制美女樱栽培生产的瓶颈因素之一。本实验结果表明, 用过氧化氢、热水浸种处理以及低温、高湿层积处理和 GA<sub>3</sub> 处理都可以显著提高美女樱种子发芽率。说明, 美女樱种子发芽率低的部分原因是由于种皮限及种胚未完成生理后熟作用所致。前人实验也证明, GA<sub>3</sub> 溶液浸种处理可以促进美女樱种子发芽。徐小玉等[11]等用浓 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消毒 1 h, 用 30℃~40℃蒸馏水浸泡 3 h, 再用不同浓度 GA<sub>3</sub> 溶液浸种处理 48 h 发现, 当 GA<sub>3</sub> 浓度≤350 mg·L<sup>-1</sup> 时, 对美女樱种子发芽具有明显的促进作用。李宁毅等[12]用 1% HClO 消毒 20 min, 用 30℃蒸馏水浸泡 24 h, 再用不同浓度 GA<sub>3</sub> 溶液浸种 46 h 发现, 当 GA<sub>3</sub> 浓度≤300 mg·L<sup>-1</sup> 时对美女樱种子发芽具有明显的促进作用。而在本实验中, 0.1% HgCl<sub>2</sub> 消毒 8 min, 用不同浓度 GA<sub>3</sub> 溶液浸种处理 8 h 发现, 当 GA<sub>3</sub> 浓度≤10 mg·L<sup>-1</sup> 时促进美女樱种子发芽, 而当 GA<sub>3</sub> 浓度≥120 mg·L<sup>-1</sup> 时明显抑制美女樱种子发芽。造成不同实验所促进美女樱种子发芽 GA<sub>3</sub> 溶液适宜浓度有如此大的差异, 可能与处理方式的不同有关。美女樱种子发芽期间吸水在 24 h 内基本达到饱和状态, 其中其吸涨吸水在初始 2 h 内完成, 达总吸水量的 60% [10]。所以开始用 GA<sub>3</sub> 溶液浸种处理可以有效提高对 GA<sub>3</sub> 的吸收, GA<sub>3</sub> 催芽效应明显。低温、高湿沙基层积处理可以显著提高美女樱种子发芽率, 处理 20 d 时发芽率和日平均发芽率分别比对照提高 58.48%和 58.66%, 发芽指数和活力指数分别比对照提高 1.12 倍和 1.70 倍; 而处理 30 d 时发芽率和日平均发芽率分别比对照提高 54.66%和 54.50%, 发芽指数和活力指数分别比对照提高 0.72 倍和 0.69 倍。再延长层积处理时间, 发芽率呈递减趋势。王凯则建议[18], 播种前需浸种 12 h, 并在 5℃条件下冷藏 10 d 左右可以有效提高发芽率。徐疏影实验表明[19], 低温处理 5 d 后发芽率比对照组提高 1.33 倍。说明, 美女樱种子完成后熟作用所需低温诱导时间不长。不同浓度 6-BA 溶液浸种处理也表现出低浓度促进, 高浓度抑制, 但其促进效应不如 GA<sub>3</sub> 显著。除此之外, 包括籽粒饱满度、成熟度及种子年龄等与种子活力相关的内部因素也是影响种子发芽率的关键因素, 在栽培生产中应加以注意。

## 基金项目

内蒙古自然科学基金资助项目(2015MS0369)。

## 参考文献

- [1] 赵旭明, 黄鹏跃. 细叶美女樱生物学特性研究[J]. 山东林业科技, 2009, 39(6): 57-58 + 25.
- [2] 赖瑞云, 张炜鹏, 林建忠. 优良草花: 美女樱[J]. 亚热带植物通讯, 2000, 29(2): 50-51.
- [3] 周守标. 优良地被草花-美女樱[J]. 植物杂志, 1991(3): 22.
- [4] 赖瑞云, 张炜鹏, 林建忠. 优良草花-美女樱[J]. 亚热带植物科学, 2000, 29(2): 50-51.
- [5] 刘焯, 张刘宽, 魏瑞研, 等. 4 种美女樱染色体核型分析[J]. 河北农业大学学报, 2018, 41(5): 94-98.
- [6] 汪玉, 沈向群, 吕清璐, 等. 美女樱种子生物学特性及萌发实验研究[J]. 种子, 2010, 29(3): 46-50.
- [7] 张桂莲. 美女樱的繁育及栽培要点[J]. 园林科技信息, 2001(2): 12-13.
- [8] 贾春蕾. 美女樱的引种栽培试验[J]. 金华职业技术学院学报, 2004, 4(3): 40.
- [9] 冯慧敏, 孙冬青, 秦荣, 等. 大兴安岭地区六种引种植物抗旱性研究[J]. 吉林农业, 2014(1): 23.

- 
- [10] 张思远, Roman Holobuwicz. 对提高美人樱种子采后质量的几个因素的研究[J]. 种子科技, 2001, 19(3): 160-162.
- [11] 徐小玉, 张凤银, 曹阳. 赤霉素和乙烯利对美女樱种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 种子, 2014, 33(6): 72-74.
- [12] 李宁毅, 苏胜举, 李立. GA<sub>3</sub>和6-BA对美女樱种子萌发特性及幼苗生长的影响[J]. 种子, 2009, 28(11): 59-61.
- [13] Jansen van Vuuren, P.J. and Lubbe, A.C. (2000) The Influence of Temperature on the Germination of Seed of a Commercial *Verbena hybrid*. *Acta Horticulturae*, **515**, 23. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.515.23>
- [14] Chojnowski, M. and Wilkonska, A. (1998) Germination Responses of Seeds of Three *Verbena X Hybrida*.
- [15] Chojnowski, M., Wilkonska, A. and Grzesiuk, M. (2000) Cultivars to Temperature and Scarification Treatments. *Journal of Fruit & Ornamental Plant Research*, **6**, 95-101.
- [16] 国际种子检验协会编. 1996 国际种子检验规程[M]. 农业部全国农作物种子质量监督检测中心, 浙江大学种子科学中心, 译. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [17] 陶嘉龄, 郑光华. 种子活力[M]. 北京: 科学出版社, 1991: 107-110.
- [18] 王凯. 美女樱栽培技术[J]. 现代化农业, 2016(11): 24-25.
- [19] 徐疏影. 浙南美女樱的引种育苗栽培初报[J]. 温州农业科技, 2010(1): 44-45.