

# Effects of Plant Growth Regulators and Physical Treatments on Seed Germination of Oregano (*Origanum vulgare* L.)

Qiyu Lu<sup>1</sup>, Dong Cai<sup>2</sup>, Zhipeng Xu<sup>1</sup>, Xinbao Liu<sup>1</sup>, Shouzheng Lv<sup>1</sup>, Hua Fan<sup>2</sup>, Bin Xu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>College of Prataculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing Jiangsu

<sup>2</sup>Guangdong Hainachuan Biotechnology Co., Ltd., Guangzhou Guangdong

Email: 673058612@qq.com, \*54165273@qq.com

Received: Apr. 13<sup>th</sup>, 2019; accepted: Apr. 29<sup>th</sup>, 2019; published: May 7<sup>th</sup>, 2019

## Abstract

Using seed germination of *Origanum vulgare* L. as materials, effects of seed coat color, thickness of covering soil, light, stratification, ultrasonic and plant growth regulators (GA<sub>3</sub>, NAA, 6-BA and ethephon) treatments on seed germination of oregano (*Origanum vulgare* L.) were analyzed. The result showed that oregano seeds are insensitive to light condition and require no covering soil. Stratification and ultrasonic treatments had no significant impact on oregano seed germination rate but could improve seed germination potential. Treatments with proper concentrations of plant growth regulators (e.g. 10 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>, 0.1 mg·L<sup>-1</sup> 6-BA, or 0.01 mg·L<sup>-1</sup> NAA) significantly increased seed germination rate and germination potential ( $P < 0.05$ ), among which 10 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> treatment led to the best result with 23.6% increased seed germination rate and 42.2% increased seed germination potential, respectively.

## Keywords

Oregano, Germination Rate, Germination Potential, Plant Hormone, Ultrasonic

# 植物生长调节剂和物理处理对牛至种子萌发的影响

卢奇宇<sup>1</sup>, 蔡东<sup>2</sup>, 许志鹏<sup>1</sup>, 刘信宝<sup>1</sup>, 吕守正<sup>1</sup>, 樊化<sup>2</sup>, 徐彬<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>南京农业大学草业学院, 江苏 南京

<sup>2</sup>广东海纳川生物科技股份有限公司, 广东 广州

Email: 673058612@qq.com, \*54165273@qq.com

\*通讯作者。

文章引用: 卢奇宇, 蔡东, 许志鹏, 刘信宝, 吕守正, 樊化, 徐彬. 植物生长调节剂和物理处理对牛至种子萌发的影响[J]. 植物学研究, 2019, 8(3): 204-211. DOI: 10.12677/br.2019.83027

收稿日期: 2019年4月13日; 录用日期: 2019年4月29日; 发布日期: 2019年5月7日

## 摘要

以牛至(*Origanum vulgare* L.)种子为材料, 研究了种皮颜色、覆土厚度、光照、低温层积、超声波及不同植物生长调节剂(GA<sub>3</sub>、NAA、6-BA和乙烯利)对牛至种子发芽影响。结果表明, 牛至种子成熟度高的发芽率高, 牛至种子发芽对光照不敏感, 但播种后不宜覆土, 低温层积和超声波处理均不能显著提高牛至种子的发芽率, 但可以提高其发芽势。适宜浓度的植物生长调节剂处理(例如10 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>、0.1 mg·L<sup>-1</sup> 6-BA和0.01 mg·L<sup>-1</sup> NAA)均能够有效提高牛至种子的发芽率和发芽势( $P < 0.05$ ); 其中10 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>处理效果最佳, 使得发芽率和发芽势较未处理对照分别提高了23.6%和42.2%。

## 关键词

牛至, 发芽率, 发芽势, 植物激素, 超声波

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. 前言

牛至(*Origanum vulgare* L.), 又名披萨草、止痢草、小叶薄荷、五香草等, 是唇形科牛至属芳香类植物, 在地中海地区、中亚、北美及我国云贵高原、新疆和皖南山区等地均有野生种分布[1]。牛至精油含有30多种抗菌化合物, 具有很强的抑菌作用, 可作为全混合日粮中的饲料添加剂, 降低动物饲养中的抗生素使用量[1][2][3][4]。近年来, 随着抗生素残留及病原菌抗药性增强等一系列问题的出现, 牛至干草和牛至精油的需求量逐年增高[4]。牛至的繁殖可用沙盘扦插、分株和播种等方法[5]。一般认为播种是大多数农作物最经济有效的种植方法。但牛至种子产量低、价格高, 且种子的休眠期长、发芽率低, 构成了牛至大规模种植生产中的重要限制因子[5][6][7]。

牛至的花序为伞房状圆锥花序, 不同花序和同一花序内不同小花的开花期不均一。这一特性导致牛至种子收获时成熟度不均一。此外, 牛至种子极小, 千粒重仅~0.1克, 并且休眠级高[6]。这些因素导致牛至种子发芽率低、发芽不整齐。国外的相关研究表明, 牛至种子的休眠受到种皮限制和种子生理状态限制, 未处理的牛至种子发芽率仅为25.8% [6]。经过7天的4℃层积处理后, 牛至种子的发芽率可以提高至39%; 赤霉素(GA<sub>3</sub>)和聚乙二醇处理均能有效提高牛至种子的发芽率[6][7]。但聚乙二醇非常粘滞, 处理后的种子很难清洗干净, 实际操作中很不方便。此外, 不同报道中推荐的牛至种子处理方法也有差异。例如, Farashah等推荐使用0.1 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> [6], 但Vladimir等发现1.0 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>处理牛至种子的效果最佳, 而4天的4℃层积处理不能有效促进牛至种子萌发[7]。针对其他唇形科植物种子萌发低的问题, 有学者发现植物激素和超声波处理也能有效提高其发芽率[8][9]。例如, GA<sub>3</sub>、6-苄氨基腺嘌呤(6-BA)和萘乙酸(NAA)以及4℃低温层积处理都能有效提高紫苏的种子发芽率[8]; 另外, 使用5~20 min超声波处理可以极显著地提高薄荷种子的发芽率[9]。这些报道为有效提高牛至种子发芽率和发芽势提供了参考, 但还需要进一步明晰能够简单、稳定和有效地促进牛至种子萌发的方法。

促进种子萌发的常用方法包括机械、化学试剂和植物激素等。根据前期报道, 本实验通过对牛至种

子进行物理(包括超声波、4℃层积、光照条件和覆土厚度)和激素(GA<sub>3</sub>、NAA、6-BA 和乙烯利)处理,分析处理后牛至种子发芽率和发芽势的变化,探究牛至种子萌发率低的影响因素和最佳处理方法,为牛至的生产应用提供参考。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 材料

实验所用牛至为商业品种“美国牛至1号”,千粒重为0.118 g。将种子放于干燥的低温冷藏库中备用。挑选大小一致,饱满的种子用于实验。

### 2.2. 方法

#### 2.2.1. 处理方法

以直径9 cm的培养皿为发芽床,垫2层滤纸,将种子均匀铺在滤纸上,每皿50粒种子,分别用2 mL水(对照)或2 mL不同浓度的生长调节剂溶液润湿滤纸,用塑料薄膜封口保持湿润,置于培养室中萌发,温度保持在25℃恒温,光照强度为75.47 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,光照周期为每天12小时(h),每个处理设置6个重复。

种子发芽实验的各处理方法如下:1)将种子在以下生长调节剂条件下萌发:GA<sub>3</sub>(1、5、10、50、100 mg·L<sup>-1</sup>)、NAA(0.01、0.1、1 mg·L<sup>-1</sup>)、乙烯利(ETH; 50、100、200 mg·L<sup>-1</sup>)和6-BA(0.01、0.1、1 mg·L<sup>-1</sup>)。2)超声波处理:将牛至种子在的45 kHz功率比为80%的超声波仪(型号“X025-12DTS”,南京先欧仪器制造有限公司)分别处理5、10、15、20、25分钟(min),温度设定为25℃,处理后将种子放置于培养皿中发芽。3)低温处理:将牛至种子于清水中浸泡2 h预冷后,在4℃环境下分别放置5、10、15天,处理后将种子放置于培养皿中发芽。4)光照处理:参照房海灵[10]报道方法,将牛至种子放于正常光照或完全黑暗处萌发。除黑暗处理外,其他种子萌发条件均在光下(光照强度为75.47 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,光照周期为每天12 h)。

根据上述处理得到结果,并且将显著提高牛至种子发芽率和发芽势的处理进行两两组合,观察这些组合处理对牛至种子萌发的影响,并且分析组合处理对牛至种子萌发的交互作用。

#### 2.2.2. 数据统计分析

种子的发芽率和发芽势分别按下列公式计算:发芽率 = (10 d内全部发芽种子粒数/供试种子粒数) × 100%;发芽势 = (5 d内发芽种子粒数/供试种子粒数) × 100% [9]。将每个处理与对照进行比较,采用SPSS13.0统计分析软件Duncan式统计法对实验数据进行差异显著性检验,采用SPSS13.0中的一般线性模型(General linear model)对组合处理的交互作用进行分析。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 不同物理处理对牛至种子萌发的影响

如图1所示,牛至种子的成熟度不均,表现为种子色泽呈现差异。根据种子种皮的色泽,我们将牛至种子分为“深褐色”、“浅褐色”和“近白色”三种,分别占比为88%、11%和1%。种皮色泽深的牛至种子发芽率较高,三种颜色的种子发芽率分别为53%、26%和6%。

供试牛至种子的千粒重为0.118 g,种子细小。覆土厚度对牛至种子发芽率有显著影响( $P < 0.01$ )。对照(不覆土)种子的萌发率为53.0%;覆土0.5 cm种子发芽率降低至19.3%,而子叶能够伸出土层的萌发种子比例仅占4.7%;当覆土厚度1.0 cm以上时,没有萌发种子能够伸出土层以上。



**Figure 1.** Color of oregano seeds. (a) Commercial seeds appearance; (b) Light brown oregano seeds; (c) Dark brown oregano seeds; (d) Nearly white oregano seeds. Bar represents 1 mm

**图 1.** 牛至种皮色泽。(a) 牛至商品种子; (b) 浅褐色牛至种子; (c) 深褐色牛至种子; (d) 近白色牛至种子。图中横线表示 1 mm

覆土不仅需要种子萌发损耗更多能量,也使得种子处于黑暗环境。为了区分光照对牛至种子萌发的影响,我们将牛至种子放置在完全黑暗和正常光照下发芽。结果如表 1 所示:光照条件对牛至种子的发芽率和发芽势均没有显著差异,说明牛至种子萌发对光照不敏感。但在黑暗条件下,胚轴过度伸长至~1.0 cm,不利于培养壮苗。

**Table 1.** Effect of light, stratification and ultrasonication treatment on germination characteristics of oregano seeds

**表 1.** 光照、层积和超声波处理对牛至种子萌发特性的影响

处理 Treatment	发芽率 Germination rate/% ± SE	发芽势 Germination potential/% ± SE
对照 Control	53.0 ± 1.7	40.5 ± 0.9
黑暗 Under Dark	54.7 ± 2.4	39.3 ± 1.3
5 天层积 days of stratification	54.7 ± 1.3	46.3 ± 2.3**
10 天层积 days of stratification	52.0 ± 1.2	44.0 ± 1.0
5 min 超声波 ultrasonic	52.7 ± 1.3	42.0 ± 1.8
10 min 超声波 ultrasonic	53.3 ± 1.8	43.3 ± 1.3
15 min 超声波 ultrasonic	55.0 ± 1.9	45.5 ± 1.3*
20 min 超声波 ultrasonic	57.3 ± 1.8	46.0 ± 1.4**
25 min 超声波 ultrasonic	53.8 ± 1.7	45.8 ± 2.4*

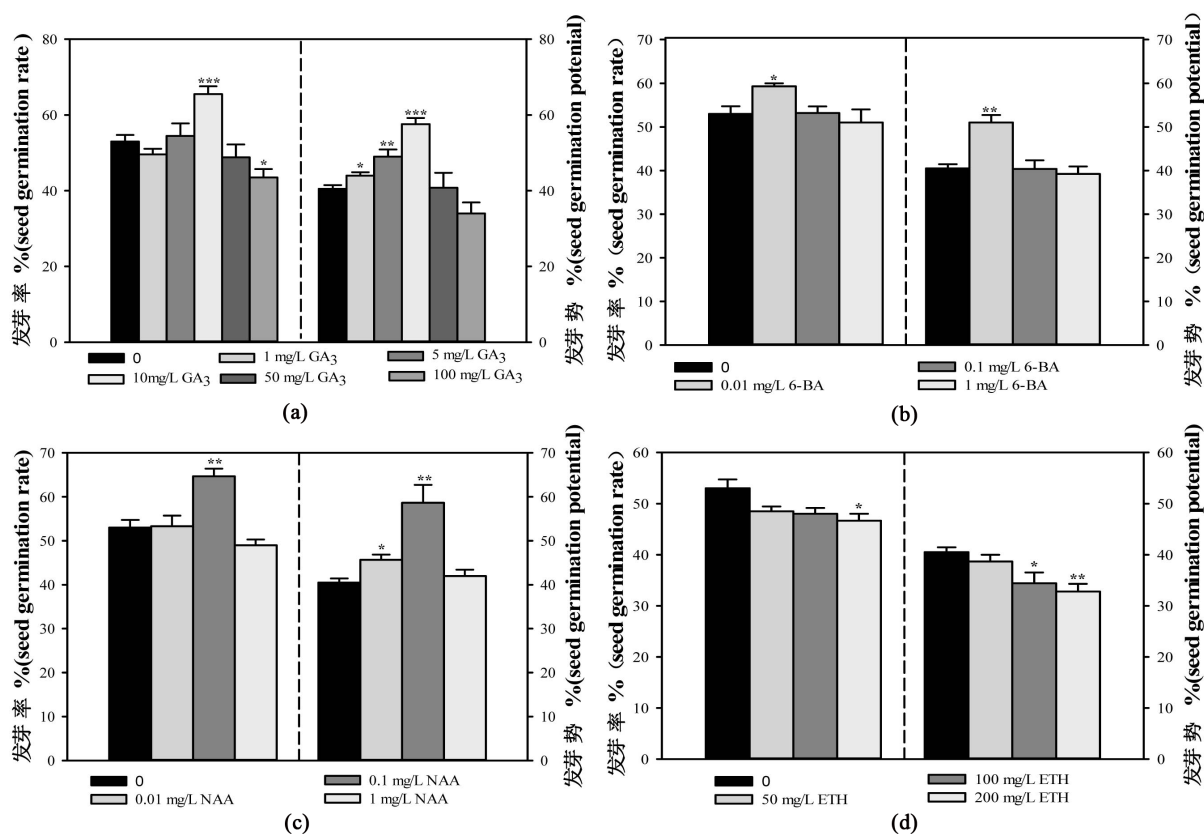
Note: \*represents  $P < 0.05$ ; \*\*represents  $P < 0.01$ . 注: \*代表  $P < 0.05$ ; \*\*代表  $P < 0.01$ 。

部分植物种子萌发需要低温层积处理。由表 1 可以看出, 5~10 天的层积处理对牛至种子发芽率没有显著影响。5 天的层积处理显著地提高了种子的发芽势( $P < 0.01$ ), 发芽势较未处理对照种子提高了 14.3%。

此外, 不同时间的超声波处理(5, 10, 15, 20 和 25 min)对种子发芽率没有显著影响。超声波处理 20 min 显著提高了种子的发芽势( $P < 0.01$ ), 发芽势较未处理对照提高了 13.6% (表 1)。

### 3.2. 不同激素对牛至种子萌发的影响

以不同浓度的 GA<sub>3</sub>、6-BA、NAA 和乙烯利(ETH)处理牛至种子, 结果如图 2 所示。与对照相比, 随着 GA<sub>3</sub> 的处理浓度增至 10 mg·L<sup>-1</sup>, 牛至种子的发芽率和发芽势均达到最高值, 分别为 65.5%和 57.6%, 显著高于对照( $P < 0.01$ ), 分别提高了 23.6%和 42.2%。但过高浓度的 GA<sub>3</sub> 浓度(如 100 mg·L<sup>-1</sup>)反而抑制了其种子发芽率。



**Figure 2.** Effects of different concentrations of plant growth regulators on germination characteristics of oregano seed. (a) GA<sub>3</sub>; (b) 6-BA; (c) NAA; (d) ETH. Note: \*represents  $P < 0.05$ ; \*\*represents  $P < 0.01$ ; and \*\*\*represents  $P < 0.001$

**图 2.** 不同质量浓度的生长调节剂处理对牛至种子萌发特性的影响。(a) GA<sub>3</sub>; (b) 6-BA; (c) NAA; (d) ETH。注: \*代表  $P < 0.05$ ; \*\*代表  $P < 0.01$ ; \*\*\*代表  $P < 0.001$

与不同浓度的 GA<sub>3</sub> 处理相似, 6-BA 和 NAA 处理均显著提高了牛至种子的发芽率和发芽势, 0.01 mg·L<sup>-1</sup> 6-BA 和 0.1 mg·L<sup>-1</sup> NAA 分别为最佳处理浓度。而过低或过高浓度的 6-BA 或 NAA 处理则对牛至种子发芽影响不显著。此外, ETH 处理不能提高牛至种子萌发, 100~200 mg·L<sup>-1</sup> ETH 显著抑制了牛至种子发芽(图 2)。

### 3.3. 几个组合处理对牛至种子萌发特性的影响

根据上述实验结果, 选取以下几个单因子处理进行两两组合: 0.01 mg·L<sup>-1</sup> 6-BA、10 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>、0.1 mg·L<sup>-1</sup> NAA 及 20 min 超声波处理。实验结果显示(表 2), 与空白对照组相比, 4 种组合处理均不能显著提高牛至种子的发芽率和发芽势。而 GA<sub>3</sub> × BA 及 BA × NAA 两个组合处理均导致种子发芽率和发芽势显著低于对照组。结果表明, 与单因子处理相比, 四个两两组合间均产生了显著的负向交互作用( $P \leq 0.01$ )。

**Table 2.** Effect of ultrasonication, low temperature and light condition on germination characteristics of oregano seeds. (a) Ultrasonic treatment; (b) Low temperature treatment; (c) Dark treatment**表 2.** 超声波、低温和光照条件对牛至种子萌发特性的影响。(a) 超声波处理; (b) 低温处理; (c) 黑暗处理

处理 Treatment	发芽率 Germination rate/% ± SE	发芽势 Germination potential/% ± SE	对发芽率的交互作用 Interaction effect for germination rate	对发芽势交互作用 Interaction effect for germination potential
<b>对照 Control</b>	53.0 ± 1.7	40.5 ± 0.9		
<b>GA<sub>3</sub></b>	65.5 ± 2.1**	57.6 ± 1.6**		
<b>BA</b>	59.3 ± 0.7**	51.0 ± 1.7**		
<b>NAA</b>	64.7 ± 1.8**	58.7 ± 4.0**		
<b>Ultrasonic</b>	57.3 ± 1.8	46.0 ± 1.4		
<b>GA<sub>3</sub> × 6-BA</b>	41.5 ± 0.9*	34.0 ± 1.4**	<i>P</i> < 0.001	<i>P</i> < 0.001
<b>GA<sub>3</sub> × NAA</b>	50.7 ± 0.7	39.5 ± 0.9	<i>P</i> < 0.001	<i>P</i> < 0.001
<b>BA × NAA</b>	42.7 ± 1.3*	27.5 ± 1.7**	<i>P</i> < 0.001	<i>P</i> < 0.001
<b>GA<sub>3</sub> × Ultrasonic</b>	56.0 ± 1.8	48.0 ± 0.9	<i>P</i> < 0.001	<i>P</i> < 0.01

注: \*代表  $P < 0.05$ ; \*\*代表  $P < 0.01$ 。各激素的浓度分别为:  $0.01 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  6-BA、 $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  GA<sub>3</sub> 和  $0.1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  NAA, 超声波处理时间为 20 min。

#### 4. 讨论

种子萌发的内在限制因素包括种皮限制、种子内存在萌发抑制物质、种胚需要完成后熟等, 外部限制因素包括萌发所需的温度、光照、水分、氧气等适宜条件[11]。本研究通过不同种子分类、物理和激素处理, 对限制牛至发芽的上述因素进行了分析。本实验结果表明, 一定浓度的 GA<sub>3</sub>、6-BA 和 NAA 都可以促进牛至种子的萌发, 且找到了 GA<sub>3</sub>、6-BA 和 NAA 的适宜处理浓度, 而过高浓度的激素处理都会抑制牛至种子的萌发。此外, 在单独使用激素的最佳浓度下, 两两组合不同激素, 不但没有促进牛至种子萌发, 反而抑制了种子的萌发(发芽率或发芽势低于对照)。这一结果表明, 牛至种子内的植物激素含量和激素平衡是显著影响其种子萌发特性的关键因素。各处理中,  $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  GA<sub>3</sub> 处理提高种子发芽率和发芽势的效果最佳。该浓度的 GA<sub>3</sub> 远远高于之前关于牛至种子处理的报道[6] [7], 而该浓度的 GA<sub>3</sub> 处理并未造成牛至幼苗的徒长, 对培育壮苗无不良影响。

由于牛至不同分枝的花序开花期不一致, 收获的种子中常有发育不成熟的种子。随着牛至种子的成熟, 种皮色泽逐渐加深至深褐色。因此, 我们根据牛至种子的颜色, 对牛至种子的成熟度进行了大致的区分。结果发现, 浅色种子发芽率低, 但仅占总数的比例仅约 12%, 而深褐色的种子发芽率也只有 53%。结果说明, 种子成熟度不均一是造成牛至种子发芽的低的因素之一。但外表呈“深褐色”的种子发芽率依然较低, 表明部分种子发育不成熟并非主要制约牛至种子发芽率低的主要因素。

不同植物的细小种子对覆土的要求不同。例如, 百里香种子的覆土厚度不能超过 0.5 cm [12], 而覆土 2 cm 对胡萝卜种子萌发和培育壮苗最为有力[10]。本研究发现覆土厚度对牛至种子萌发非常关键。覆土 0.5 cm 后, 不但种子发芽率显著降低, 能够伸出土层的萌发种子比率仅为 4.7%。牛至种子发芽对光照或黑暗环境处理不敏感(表 1)。因此, 覆土导致牛至种子发芽率降低与光照无关, 可能主要是由于牛至种子小, 没有足够营养储备突破土层。因此, 建议牛至种子播种时可以与细沙混匀后, 均匀撒在土壤表面, 不需要额外覆土。

超声波和层积处理是提高细胞内酶活性及细胞的新陈代谢速度, 打破种子休眠的常用方法[13]。本实验结果表明超声波处理能够使部分种子的萌发时间缩短, 即显著提高了种子发芽势。层积处理均不能显著提高种子的萌发率, 表明牛至种子对层积处理不敏感。

植物激素是调节种子萌发的关键物质。其中,赤霉素、细胞分裂素、生长素和乙烯等激素常用于解除种子休眠,促进种子萌发[14]。GA<sub>3</sub>可以有效促进了 $\alpha$ -淀粉酶、蛋白酶和其他水解酶的合成,使贮藏物质大量分解,并输送到新生器官供生长使用,是种子萌发的关键促进激素。另外,赤霉素还能提高萌发种子中的生长素含量,生长素类物质(如NAA)能够促进胚芽和培根细胞的伸长,有效促进种子萌发[14]。例如,NAA处理对另一种唇形科植物薄荷的种子萌发起到显著促进作用[15]。6-BA是一种人工合成的嘌呤衍生物,具有很强的细胞分裂素活性,使用6-BA处理植物可以促进细胞分化,诱导芽的分裂[16]。有报道表明,用6-BA对种子进行处理,可以促进种子生长的物质的累积,诱导其迅速发芽[14]。此外,乙烯能解除脱落酸和其他抑制物质对种子萌发的抑制作用[14]。因此,乙烯利(ETH)常被用来促进种子萌发,例如150 mg/L的乙烯利(ETH)可以提高美女樱种子的发芽率[17]。但我们的实验结果表明,ETH不能促进牛至种子萌发,相反,高浓度的ETH(>50 mg·L<sup>-1</sup>)抑制了牛至种子萌发。

## 5. 结论

综上所述,牛至种子成熟度不一,种子萌发对覆土敏感,而对光照条件和低温层积处理均不敏感。适宜浓度的GA<sub>3</sub>等植物激素处理能够有效提高牛至种子的发芽率和发芽势,不会导致幼苗徒长,且方法简单易行,适宜在生产实践中采用。

## 基金项目

牛至种质资源及高产栽培技术研究(项目编号:2017-153)。

## 参考文献

- [1] 宫海燕,欧依塔,热娜·卡斯木.不同产地牛至挥发油的主成分分析[J].中国现代应用药学,2018,35(2):239-243.
- [2] Chun, S., Vattem, D.A., Lin, Y.-T. and Shetty, K. (2005) Phenolic Antioxidants from Clonal Oregano (*Origanum vulgare*) with Antimicrobial Activity against *Helicobacter pylori*. *Process Biochemistry*, **40**, 809-816. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2004.02.018>
- [3] Botsoglou, N.A., Florou-Paneri, P., Christaki, E., Fletouris, D.J. and Spais, A.B. (2002) Effect of Dietary Oregano Essential Oil on Performance of Chickens and on Iron-Induced Lipid Oxidation of Breast, Thigh and Abdominal Fat Tissues. *British Poultry Science*, **43**, 223-230. <https://doi.org/10.1080/00071660120121436>
- [4] 王英俊,蒋貽海,车传燕,等.国产天然牛至香酚预混剂药效评价[J].黑龙江畜牧兽医,2016(3):150-152.
- [5] 谢党恩,永雪薇.新疆牛至的人工引种栽培初步研究[J].新疆中医药,2004,22(6):41-42.
- [6] Farashah, H.D., Afshari, R.T., Sharifzadeh, F. and Chavoshinasab, S. (2011) Germination Improvement and  $\alpha$ -Amylase and  $\beta$ -1, 3-Glucanase Activity in Dormant and Non-Dormant Seeds of Oregano (*Origanum vulgare*). *Australian Journal of Crop Science*, **5**, 421-427.
- [7] Vladimira, F., Verab, P., Milicac, A. and Tatjana, M. (2014) *Origanum heracleoticum* L. and *Origanum vulgare* L. Seeds Germination Stimulators. *Journal of Lekovite Sirovine*, **34**, 81-91. <https://doi.org/10.5937/leksir1434081F>
- [8] 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.
- [9] 房海灵,李维林,梁呈元.不同前处理条件对薄荷种子萌发的影响[J].2009,18(4):53-57.
- [10] 武喆,闫秋艳,张光星.覆土厚度及覆盖物对胡萝卜种子出苗的影响[J].种子科技,2007,25(6):43-44.
- [11] 杨文钰,关华.种子萌发生理研究进展(I)[J].种子,2002(5):31-32.
- [12] 李青,高润宏.不同温度、光照和覆土厚度对百里香种子萌发的影响[J].内蒙古农业大学学报(自然科学版),2008,29(4):34-38.
- [13] 庄南生,王英,唐燕琼,等.超声波处理柱花草种子的生物学效应研究[J].草业科学,2006,23(3):80-82.
- [14] Miransari, M., Smith, D.J.E. and Botany, E. (2014) Plant Hormones and Seed Germination. *Environmental and Experimental Botany*, **99**, 110-121. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.11.005>
- [15] 牛文昊,赵岩.不同激素前处理对薄荷种子萌发的影响[J].2012,40(21),10857-10858+10869.

- 
- [16] 田再民, 程校云, 高建梅, 等. 激动素浸种对玉米巡天 969 种子萌发及生长的影响[J]. 2015, 21(7): 49-50.  
[17] 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]. 2014, 33(6): 72-74.

**知网检索的两种方式:**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5665, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱: [br@hanspub.org](mailto:br@hanspub.org)