

猫尾草种子分类与发芽试验研究*

曾淑燕¹ 李嘉燕² 刘惠娜² 张冬生¹ 范剑明¹
朱昔娇¹ 陈新强¹ 黄锦荣¹

(1. 梅州市林业科学研究所, 广东 梅州 514011; 2. 嘉应学院, 广东 梅州 514011)

摘要 为提高猫尾草 (*Uraria crinita*) 种子的利用率和发芽率, 分类考查其发芽率, 并选用占比含量高的种子, 用酸蚀、高温处理、化学方法和播种覆物等方式提高种子萌发率, 结果显示: (1) 种子分为饱满和干瘪两类。干瘪种子为深褐色, 约占种子总数 10%, 种胚不发芽; 饱满种子可分成黄绿色、橙黄色、褐红色三类, 黄绿色种子占总数超过 70%, 橙黄色和褐红色的种子均少于 10%, 成熟度和吸水性能依次提高, 发芽率依次为 14%、22.67%、2.0%。(2) 选用黄绿色种子, 98% 浓硫酸酸蚀 6 min, 80 °C 的水浸泡种子 10 min, 发芽率分别提高到 66.67% 和 65.33%; 不同浓度赤霉素、硝酸铜溶液处理对发芽没有显著影响; 播种时用杂草覆盖比用黄心土覆盖出苗率高。生产上推荐使用 80 °C 水浴 10 min 处理种子, 提高种子的发芽率和利用率, 播种后覆盖杂草提高出苗率。

关键词 猫尾草; 萌发; 吸水曲线; 播种

中图分类号: S725 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2019) 06-0074-06

Study on Classification and Germination of *Uraria crinita* Seed

ZENG Shuyan¹ LI Jiayan² LIU Huina² ZHANG Dongsheng¹
FAN Jianming¹ ZHU Xijiao¹ CHEN Xinqiang¹ HUANG Jinrong¹

(1. Meizhou Forestry Research Institute, Meizhou, Guangdong 514011, China; 2. Jiaying University, Meizhou, Guangdong 514011, China)

Abstract In order to improve the utilization rate and germination rate of *Uraria crinita* seed, the germination rates of different seeds were examined and the seed with the high proportion were selected to treat by acid etching, high temperature treatment, chemical methods and sowing coverings. The results showed that the seeds are divided into plump seed and dried seed. The dried seeds account for about 10% of the total number of seeds. The dry seeds showed dark brown colour and they do not germinate. Plum seeds can be divided into three types by colour: yellow-green, orange-yellow, and brown-red. The maturity and water absorption performance and the germination rate increase with the seed colour deepening. Yellow-green seeds account for more than 70% of the total, and orange-yellow and brown-red seeds are less than 10%, with germination rate of 14%, 22.67% and 2.0%, respectively. (2) Yellow-green seeds were selected and treated with 98% concentrated sulfuric acid etched for 6 minutes, and immersed in water at 80 °C for 10 minutes. The germination rates were increased to 66.67% and 65.33%, respectively. Treatment with different concentrations of GA₃ and La(NO₃)₃ solution had no significant effect on germination; the rate of emergence was higher when covered with weeds than with yellow soil. It is recommended to treat the seeds with 80 °C water bath for 10 minutes and cover the seed with weeds after

* 基金项目: 广东省林业科技创新项目 (2018KJ CX050)。

第一作者: 曾淑燕 (1970—), 女, 高级工程师, 主要从事森林培育与森林资源开发应用研究, E-mail: mzzsy2008@163.com。

通信作者: 刘惠娜 (1973—), 女, 高级实验师, 主要从事植物生理生态学教学与研究工作, E-mail: lhn@jyu.edu.cn。

sowing in production to improve the germination rate and utilization rate of the seeds.

Key words *Uraria crinita*; germination; water absorption curve; sowing

猫尾草 (*Uraria crinita*) 俗称猫尾草茎, 别名为狐狸尾、石参、猫尾、狗尾射, 虎尾轮等^[1], 是蝶形花科狸尾豆属的多年生直立亚灌木植物^[2]。主要分布在广东省、广西壮族自治区、海南省、福建省、台湾省等地区^[3], 猫尾草生长对土壤要求不高, 耐瘠、干旱、喜生于阴湿沙质地^[4]。全草含有黄酮甙、糖类、酵素和维生素等物质, 《本草纲目》记载石参根: 温补肾阳、滋阴、清肝去湿, 对失眠、多梦有一定疗效, 可以用作汤料, 是具有较高药用价值的药食同源植物, 具有巨大的市场需求。但是近年由于人为过度采挖, 其自然种群极度减少, 天然资源供不应求。猫尾草花为顶生总状花序, 花果期长, 同一采收期种子成熟度差异大, 同时生产上存在种子发芽率低、出苗不整齐的现象, 在试验中发现, 不同成熟度种子类似广金钱草种子呈现不同颜色, 青绿、黄绿、橙黄、黄褐、褐红、黑色等, 成熟度不同呈现饱满有光泽或干瘪皱缩形态, 不同颜色或形态不同的种子发芽率也有差距^[5], 本试验对 2018 年 10 月采收于梅州市的猫尾草种子进行分类, 探究其发芽状况, 同时选用占比含量高的种子, 用酸蚀、高温处理、化学方法和播种覆物等方式进行试验, 提高种子的利用率和发芽率, 为猫尾草的人工种植和开发利用提供技术参考。

1 试验材料与方 法

1.1 试验材料

试验种子为 2018 年 10 月在梅州市大埔县青溪镇河背村采收的猫尾草种子, 由梅州市林业科学研究所技术人员张冬生等人鉴定。

1.2 试验方法

1.2.1 种子分类 随机抽取猫尾草果实 100 粒, 用手搓洗, 去掉猫尾草种子的果皮后, 将种子分为干瘪种子和饱满种子两类, 进一步将饱满种子按黄绿色、橙黄色、褐红色分类, 其中, 黄绿组包括种皮为柠檬黄、黄绿色、青绿色的种子, 外表有光泽。橙黄组包括种皮为土黄色、橙黄色、暗黄色、褐黄色的种子, 外表光泽较少。褐红色组包括红褐色、朱红色、褐色、黑色的种子, 外

表暗淡无光泽。分别记录各类各组种子的数量, 计算各组种子所占比例, 重复 8 次。

1.2.2 种子吸水性能测定 无处理种子吸水曲线测定方法如下: 随机选取黄绿色组、橙黄色组、褐红色组种子各约 0.300 0 g。分别放入烧杯中, 加入适量蒸馏水, 于恒温水浴锅中 30 ℃水浴。分别处理 6、12、24、36、48、60 h 后取出, 用滤纸将种子表面水分吸干, 再称出各组种子质量, 记录数据, 计算吸水率。重复 3 次。

软化处理种子吸水曲线测定方法如下: 随机选取黄绿色组种子约 0.300 0 g。分别用 98% 的浓硫酸酸蚀 6 min, 80 ℃的热水恒温浸泡 10 min, 处理后立即清洗或降温, 分别放入烧杯中, 加入适量蒸馏水, 于恒温水浴锅中 30 ℃水浴。分别在 6、12、24、36、48、60 h 后取出, 用滤纸将种子表面水分吸干, 再称出各组种子质量, 记录数据, 计算吸水率。重复 3 次。

1.2.3 各类种子发芽试验 随机取干瘪种子, 饱满种子黄绿色组, 橙黄色组, 褐红色组猫尾草种子各 50 粒。分别用 25 ℃水浸泡, 用 98% 的浓硫酸酸蚀 6 min、80 ℃热水浸泡 10 min 等预处理, 清洗干净各类种子, 将种子放入培养皿, 再加上蒸馏水, 水量以没过种子为宜。放置于 25 ℃的人工气候箱^[5], 保持水分, 每组 3 个重复。第二天记录种子萌发的粒数, 连续记录 6 d。

1.2.4 酸蚀处理对黄绿色组种子萌发的影响试验 随机选取猫尾草黄绿色组种子分别用 98% 的浓硫酸酸蚀 2、4、6、8 min。酸蚀后均立即用大量清水冲洗 4~6 遍, 然后放置于 25 ℃的人工气候箱, 以未酸蚀的种子作为对照, 每处理 50 粒种子, 3 个重复。第二天记录种子萌发的粒数, 连续记录 6 d。

1.2.5 热水浸泡处理对黄绿色组种子萌发的影响试验 随机选取猫尾草黄绿色组种子分别用 60 ℃和 80 ℃热水各浸泡处理 5、10、15 min。浸泡处理后立即用蒸馏水浸泡将种子温度降至室温, 放置于 25 ℃的人工气候箱, 以未做热水处理种子作为对照。每处理 50 粒种子, 3 个重复。第二天记录种子萌发的粒数, 连续记录 6 d。

1.2.6 赤霉素处理对黄绿色组种子萌发的影响试验 随机选取黄绿色组种子分别放入浓度为 50、100、150、200 mg/L 的赤霉素溶液 (GA₃) 中, 25℃ 浸泡 24 h, 取出种子冲去表面浮液后, 进行发芽试验, 以蒸馏水浸泡作为对照, 并开始计算种子萌发的粒数。每处理 30 粒种子, 3 个重复。每天记录种子萌发的粒数, 连续记录 7 d。

1.2.7 硝酸镧处理对黄绿色组种子萌发的影响试验 随机选取黄绿色组种子分别放入浓度为 5、10、15、20 mg/L 的硝酸镧溶液 (La(NO₃)₃) 中浸泡, 25℃ 浸泡 24 h, 取出种子冲去表面浮液后, 进行发芽试验, 以蒸馏水浸泡作为对照, 并开始计算种子萌发的粒数。每处理 30 粒种子, 3 个重复。每天记录种子萌发的粒数, 连续记录 7 d。

1.2.8 播种覆盖对出苗的影响试验 在梅州林科所苗圃的遮阴 50% 的阴棚进行试验。播种地整成宽 1.2 m, 高 0.4 m 高的畦, 畦面为黄心土与沙按 1:1 的混和土。播种后, 分别用杂草 0.3、0.6、0.9 cm 厚度和用细碎黄心土 0.1、0.2、0.3 cm 厚度覆盖, 无覆盖层为对照组。每种处理为 100 粒种子, 播种时, 先在畦面的边上用标签分别标记覆盖层厚度, 再均匀覆盖杂草或细碎黄心土至标记处。喷透水, 以后视土壤干湿程度喷水。每个处理 3 个重复, 种子开始萌发时, 每天观测一次并记录出苗率, 第 22 天结束观察。

1.3 数据处理

用 Microsoft Excel 2007 进行数据计算, 使用 SPSS19.0 统计软件进行单因素方差分析, 用 Duncan 法进行多个平均数的差异显著性分析。萌发率和发芽指数, 吸水率计算公式如下:

$$(1) \text{发芽率: } G = n/N \times 100\%$$

N 表示种子总数, n 表示为发芽试验后生成正常幼苗种子总数, 发芽率指种子的发芽数占种子总数的百分比。

$$(2) \text{发芽势: } Gr = n/N \times 100\%$$

n 表示为种子发芽高峰期的发芽数量, N 表示种子总数, 它是用来判定种子发芽整齐程度的重要指标。

$$(3) \text{发芽指数: } GI = \sum Gt/Dt$$

Gt 表示为在时间第 t 日的种子萌发的个数; Dt 为相应的发芽日数, 发芽指数越高, 则说明种子的活力就越高。

$$\text{吸水率} = (\text{浸泡后总质量} - \text{浸泡前总质量}) / \text{浸泡前总质量} \times 100\%$$

2 结果与分析

2.1 种子分类及其比例

由表 1 数据分析得知, 10 月份采收的种子, 黄绿色组种子所占的比例比较高且超过 70%, 橙黄色组和褐红色组的种子含量较少, 均少于 10%。因此我们研究影响影响猫尾草种子萌发的因素时, 主要采取黄绿色组种子作为研究对象来进行实验。

2.2 吸水性能的测定结果

由图 1 可知, 未经任何处理下的 3 种颜色组猫尾草种子吸水性能进行比较, 褐红色组 6 h 的吸水率已经达到最高为 109%, 橙黄色组浸泡 6 h 吸水率 23%, 此后吸水率缓慢上升, 24 h 后吸水率基本平衡; 黄绿色种子吸水性能最低, 种子浸泡 6 h 后吸水率不足 4%, 之后吸水率缓慢上升, 36 h 后趋于平衡, 最大接近 13%。可见, 随着种子成熟度的增加, 种皮通透性增加。黄绿色组种皮软化吸水性能显著高于未处理的种子, 浓硫酸酸蚀 6

表 1 猫尾草种子分类及百分比

Table1 The classification of *Uraria crinita* seeds and the percentage of each type

类别 Type	饱满 Plump seed			干瘪 Dry seed
	黄绿色 Greenyellow	橙黄色 Oranger-yellow	褐红色 Brown red	深褐色 Dark brown
平均值 Mean	73.125	8.625	8.500	9.750
标准差 Standard deviation	2.416	2.264	2.563	2.816
变异系数 Variance coefficient	0.033	0.262	0.302	0.289

min、80℃浸泡10min的种子6h后吸水率分别约为58%、16%；此后吸水持续增加，未处理的大部分种子在浸泡48h后都未达到膨胀，酸蚀组吸水率达到95.12%，热水浸泡组吸水率也达到70%以上。酸蚀和热水处理种皮软化，有效地提高种子的吸水率。

2.3 种子萌发试验

2.3.1 各类种子发芽试验结果 各组类猫尾草种子萌发率差异显著 ($P<0.05$)，橙黄色组的萌发率 (22.67%) 显著高于其他各颜色组，其次为黄绿色组，褐红色组可能过熟，部分种胚失水过多，失去活力；干瘪种子表现为种皮吸水软化，不发芽。预处理后黄绿色组种子的发芽率提高显著，橙黄色组种子经80℃热水浸泡10min处理相比无处理和酸蚀，萌发率也有显著提高。预处理后，橙黄色和褐红色组的发芽率均低于黄绿色组，可能是预处理的强度破坏了部分过于成熟的种子种胚 (表2)。

2.3.2 黄绿色组种子浓硫酸酸蚀处理发芽试验结果 如表3可见，黄绿色组猫尾草种子的萌发受浓

硫酸影响显著，在25℃的培养条件下，大部分在第二天开始萌发。猫尾草种子的发芽率，发芽势和发芽指数均随浓硫酸酸蚀的时间增加而呈现先递增后递减的趋势。除酸蚀2和4min之间种子的萌发率没有显著差异外，其余差异显著 ($P<0.05$)，均显著 ($P<0.05$) 高于无处理种子的萌发率。6min酸蚀后发芽效果最好，发芽率66.67%，发芽最整齐，活力最大。酸蚀时间超过6min后，猫尾草种子的发芽率、发芽势、发芽指数则有所下降。因此，用浓硫酸酸蚀提升猫尾草种子萌发率时酸蚀时间控制在6min为宜。

2.3.3 黄绿色组种子热水浸泡处理发芽试验结果 经热水浸泡后黄绿色组猫尾草种子第二天开始萌发。与对照组相比，经60℃热水浸泡随时间萌发虽有提高，但没有显著差异；80℃热水浸泡发芽率显著 ($P<0.05$) 增加，其中5min发芽率显著 ($P<0.05$) 低于10、15min，发芽势和发芽指数没有显著差异，但15min浸泡降低发芽率和发芽势有降低趋势，因此，用热水浸泡提升猫尾草

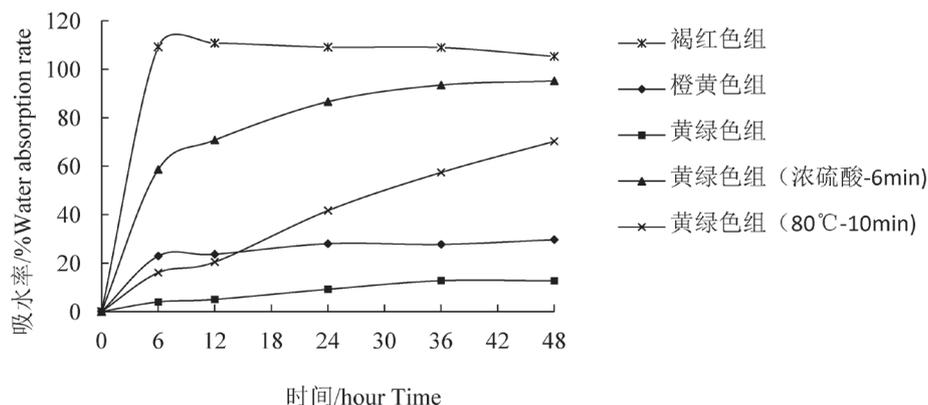


图1 不同处理猫尾草种子的吸水率

Fig.1 Water absorption under different treatments of *Uraria crinita*

表2 预处理的猫尾草种子的萌发 ($\bar{x} \pm SD$)

Table2 Germination of pretreated *Uraria crinita* seeds ($\bar{x} \pm SD$)

处理 Treatment	发芽率/% Germination rate		
	对照 (CK)	酸蚀 acid treatment (98% H_2SO_4 ,6 min)	热水 Hot wate (80℃,10 min)
黄绿色组 Green yellow	14 ± 2Bb	56 ± 6Aa	64.67 ± 4.62Aa
橙黄色组 Orange yellow	22.67 ± 3.26Ba	30.00 ± 10.58Bb	51.33 ± 6.43Ab
褐红色组 Brown red	3.33 ± 2.31Ac	0c	0c
深褐色 (干瘪) Dark brown (dry)	0d		

注：同列不同小写字母表示差异显著，同一行不同大写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters in the same column mean significant differences, and different uppercase letters in the same row mean significant differences ($P<0.05$).

种子萌发率时采用 80 ℃浸泡 10 min 为宜(表 4)。

2.3.4 赤霉素和硝酸镧处理对黄绿色组种子萌发的影响 黄绿色组猫尾草种子用赤霉素和硝酸镧处理对发芽率没有显著的影响,这与种皮致密,阻碍了药剂的作用不无关系。

2.4 覆盖物及覆盖厚度对出苗率的影响

由表 5 所示,杂草覆盖试验组与对照组有显著 ($P<0.05$) 性差异,不同覆盖厚度之间无显著性

差异,黄心土覆盖试验组与对照组无显著性差异。杂草覆盖可能有一定的保温保水性。

3 结论与讨论

3.1 种子着生位置不同,导致所处环境因素不同,会影响种子的成熟度^[6],可以表现在种皮颜色上^[5]。采集于 10 月份的梅州大埔县的猫尾草种子颜色多样,大致分为 3 类,三分之二的种子呈黄

表 3 浓硫酸处理后猫尾草黄绿色组种子萌发情况
Table3 Effect of H₂SO₄ treatment on germination of greenyellow *Uraria crinita*

处理 Treatment	发芽率/% Germination percentage	发芽势 Germination rate	发芽指数 germination index
CK	14.00 ± 2.00d	5.33 ± 1.15c	1.68 ± 0.28c
2 min	28.00 ± 5.66c	11.33 ± 6.11bc	3.57 ± 2.80bc
4 min	31.33 ± 4.61c	12.67 ± 4.16b	3.34 ± 0.70bc
6 min	66.67 ± 3.05a	22.67 ± 1.15a	7.78 ± 0.52a
8 min	50.00 ± 8.00b	16.00 ± 0.00b	6.00 ± 1.25ab

注:同列不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

Note:Different lowercase letters in the same column mean significant differences ($P<0.05$).

表 4 热水浸泡处理后猫尾草黄绿色组种子萌发情况
Table4 Effect of hot water treatment on germination of greenyellow *Uraria crinita*

处理 Treatment	发芽率/% Germination percentage	发芽势 Germination rate	发芽指数 Germination index
CK (25℃)	14.00 ± 2.00c	5.33 ± 1.15b	1.68 ± 0.28c
60℃ -5 min	21.33 ± 5.03c	8.67 ± 4.16b	2.70 ± 0.33bc
60℃ -10 min	22.00 ± 8.71c	8.67 ± 3.06b	3.04 ± 1.25bc
60℃ -15 min	24.00 ± 6.92c	10.00 ± 5.29b	3.34 ± 0.97b
80℃ -5 min	49.33 ± 7.57b	20.67 ± 2.00a	6.55 ± 1.20a
80℃ -10 min	65.33 ± 1.15a	24.67 ± 4.16a	7.87 ± 0.57a
80℃ -15 min	64.00 ± 5.29a	14.60 ± 8.13a	7.87 ± 0.83a

注:同列不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

Note:Different lowercase letters in the same column mean significant differences ($P<0.05$).

表 5 不同药剂处理对黄绿色组猫尾草萌发影响
Table5 Effect of chemical substance treatment on germination of greenyellow *Uraria crinita* %

GA ₃ (mg/L)	发芽率 Germination percentage	La ³⁺ (mg/L)	发芽率 Germination percentage
CK (0)	17.78 ± 1.92a	CK (0)	17.78 ± 1.92a
50	16.81 ± 1.93a	5	16.67 ± 5.77a
100	18.27 ± 1.73a	10	15.56 ± 5.09a
150	16.56 ± 2.35a	15	11.11 ± 5.09a
200	17.05 ± 2.11a	20	15.56 ± 5.09a

注:同列不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

Note:Different lowercase letters in the same column mean significant differences ($P<0.05$).

表 6 覆盖物对猫尾草出苗率的影响

Table 6 Effect of the covering on emergence rate of greenyellow *Uraria crinita*

覆盖物厚度 /cm Thickness of covering	出苗率 /% emergence rate	
	杂草 Weeds	黄心土 Yellow soil
CK (0)	17.67 ± 8.33b	17.67 ± 8.33a
0.3	56.67 ± 5.67a	25.33 ± 6.66a
0.6	63.33 ± 5.51a	22.67 ± 6.43a
0.9	61.33 ± 6.11a	21.33 ± 6.66a

注: 同列不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: Different lowercase letters in the same column mean significant differences ($P < 0.05$).

绿色, 少量种子呈橙黄色和褐红色。各类种子萌发率差异大, 其中橙黄色种子发芽率比较高, 但都不足 25%; 通过吸水率的测定, 发现种子吸水率较低, 吸水率与硬实程度相关, 也影响种子的萌发率^[7], 同时也受种子成熟度的影响。褐红色种子虽然吸水力高, 但可能失水过多, 萌发率极低, 橙黄色的种子吸水率和萌发率均高于黄绿色种子, 但是鉴于其数量较少, 因此, 生产实践中采收种子时建议考虑种子的着生部位, 根据成熟度来分批采集种子, 也可以在种子大部分呈黄绿色至橙黄色时采收。

3.2 种皮硬实影响萌发率的种子可以用多种方法进行种皮软化处理^[8], 各类种子用浓硫酸酸蚀 6 min 和 80 °C 水浸泡 10 min 可有效软化种皮, 提高种子的吸水率, 处理考虑到浓硫酸具有强腐蚀性和危险性, 在实际生产中建议用热水浸泡 10 min 左右即可, 既方便、安全又可节约成本, 达到较高的经济效益。

3.3 用不同浓度赤霉素浸泡处理种子, 可调节种子的内源因素, 从而促进种子打破休眠, 缩短萌发时间, 提高种子萌发率^[9-10]。一定浓度的硝酸镧溶液浸泡种子, 可提高种子的抗逆性, 促进种子萌发^[11-13]。但是在本试验组中用不同浓度的赤霉素、硝酸镧浸泡猫尾草种子, 促进萌发的效果不明显。因此猫尾草种子萌发率低的主要因素可能不是内源抑制物质的限制, 而可能是种子种皮的通透性差等其他因素。

3.4 种子萌发出苗与种子区微气候息息相关。播种后表面再添加覆盖物, 可有效防止土壤水分的快速蒸发^[14-15], 猫尾草播种后用杂草覆盖能提高种子出苗率, 可能也和温度调节较强有关。

参考文献

- [1] 黄明海, 曾日秋. 虎尾轮生物学特性与栽培技术要点[J]. 新农村(黑龙江), 2011(2): 69-69.
- [2] 黄燮才, 杨松年. 实用中草药原色图谱: 四[M]. 南宁: 广西科学技术出版社, 1997: 145.
- [3] 罗献瑞. 实用中草药彩色图集[M]. 广州: 广东科技出版社, 1994: 14-15.
- [4] 张冬生, 江彩华, 肖腊兴, 等. 猫尾草的价值与栽培技术[J]. 广东林业科技, 2007, 23(5): 92-94.
- [5] 廖富林, 黄思梅, 罗来辉, 等. 药膳植物猫尾草种子萌发的初步研究[J]. 种子, 2011, 30(1): 13-16.
- [6] 周静, 王慧杰, 郝建平. 棉株上不同着生部位棉籽发芽特性[J]. 山西农业科学, 2016, 44(1): 23-26.
- [7] 温树荣, 许东先, 唐敏聪, 等. 不同处理对4种金合欢种子萌发的影响[J]. 林业与环境科学, 2019, 35(2): 75-79.
- [8] 张薇, 黄雅婷, 钟平生, 等. 珍稀濒危植物丹霞梧桐种子萌发特性研究[J]. 林业与环境科学, 2018, 34(6): 51-55.
- [9] 高捍东等译. 国际种子检验协会(ISTA)乔灌木种子手册[M]. 南京: 东南大学出版社, 1994.
- [10] 何利平. 刺楸种子休眠原因及解除休眠的研究[J]. 山西林业科技, 2003(4): 22-24.
- [11] 王丽君, 周青. 镧对酸雨胁迫下大豆萌发种子能量动态变化的影响[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(8): 1636-1639.
- [12] 谢祖彬, 朱建国, 褚海燕, 等. 分根法研究镧对水稻生长及其生理参数的影响[J]. 中国稀土学报, 2003, 21(1): 71-76.
- [13] 刘惠娜, 钟东方, 许良政. 低温胁迫下镧对水稻种子萌发的影响[J]. 嘉应学院学报, 2007(3): 72-76.
- [14] 芮超杰, 丁启朔, 李毅念, 等. 基于单片机技术的露播种子区微气候评价[J]. 南京农业大学学报, 2016, 39(6): 1055-1061.
- [15] 李伟, 丁启朔, 何瑞银, 等. 不同耕作和播种模式下稻茬麦种子区微气候特征及出苗效应[J]. 华南农业大学学报, 2018, 39(1): 45-50.