

引文格式: 刘金海, 徐翠, 罗钦, 等. 乙烯利对国产杂交臂形草种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2022, 37(4): 679–683. DOI: 10.12101/j.issn.1004-390X(n).202107004

乙烯利对国产杂交臂形草种子萌发 及幼苗生长的影响*

刘金海^{1,2#}, 徐翠^{1#}, 罗钦¹, 张护³, 赵天永³, 蒋金娟¹, 罗富成^{1**}

(1. 云南农业大学 动物科学技术学院, 云南 昆明 650201; 2. 信阳职业技术学院, 河南省医药生物检测高校工程技术研究中心, 河南 信阳 464000; 3. 云南省红河州畜牧技术推广站, 云南 蒙自 661199)

摘要:【目的】研究外源激素乙烯利(ethephon, ETH)浸种对杂交臂形草(*Brachiaria hybrid*)种子萌发和幼苗生长的影响, 以期筛选 ETH 浸种的最佳质量浓度, 为生产实践提供技术支撑。【方法】以国产莫拉特 II 杂交臂形草种子为试验材料, 采用质量浓度为 0 (CK)、100、200、300、400、500 和 600 mg/L 的 ETH 溶液浸种 24 h, 通过种子发芽试验和幼苗培养, 探究 ETH 对种子萌发和幼苗生长的影响。【结果】6 个质量浓度的 ETH 均能有效提高莫拉特 II 杂交臂形草种子的发芽能力, 种子发芽率与对照 (CK) 差异显著 ($P<0.05$); 400 mg/L ETH 浸种 24 h 的效果最好, 种子的发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数分别是 CK 的 3.64 倍、2.45 倍、2.97 倍和 6.43 倍 ($P<0.05$); 300 和 400 mg/L ETH 浸种 24 h, 幼苗生长发育最好, 根长分别是 CK 的 2.31 倍和 2.42 倍, 苗高均为 CK 的 3.61 倍 ($P<0.05$)。【结论】400 mg/L ETH 溶液浸种 24 h 能显著促进莫拉特 II 杂交臂形草种子的萌发, 同时也能较好地促进其幼苗生长发育, 可在生产上推广应用。

关键词: 杂交臂形草; 乙烯利浸种; 种子活力; 发芽率; 幼苗生长发育

中图分类号: S543.901

文献标志码: A

文章编号: 1004-390X (2022) 04-0679-05

Effect of Ethephon on Domestic *Brachiaria hybrid* seeds Germination and Seedling Growth

LIU Jinhai^{1,2}, XU Cui¹, LUO Qin¹, ZHANG Hu³,
ZHAO Tianyong³, JIANG Jinjuan¹, LUO Fucheng¹

(1. Faculty of Animal Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 2. Xinyang Vocational and Technical College, Henan University Research Center of Medical and Biological Detection Engineering Technology, Xinyang 464000, China; 3. Animal Husbandry Echnology Popularizing Station of Yunnan Province Honghe Prefecture, Mengzi 661199, China)

Abstract: [Purpose] To study the effect of the hormone ethephon (ETH) soaking seeds on improving the seed germination and seedling growth and development of *Brachiaria hybrid*, and to select the best ETH mass concentration to provide technical support for production practice. [Method] Tak-

收稿日期: 2021-07-02

修回日期: 2021-12-14

网络首发日期: 2022-06-20

*基金项目: 云南省现代农业草产业技术体系建设项目 (2017KJTX0018)。

作者简介: #对本文贡献等同, 为并列第一作者。刘金海 (1975—), 男, 河南信阳人, 在读博士研究生, 副教授, 主要从事牧草种质资源与利用研究。E-mail: liujinhai@126.com; 徐翠 (1996—), 女, 云南昆明人, 在读博士研究生, 主要从事草地生态与环境研究。E-mail: 1938928902@qq.com

**通信作者 Corresponding author: 罗富成 (1963—), 男, 四川成都人, 博士, 教授, 主要从事饲草生产与利用研究。E-mail: lfc-999@126.com

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20220616.1501.002.html>



ing *B. hybrid* 'Mulato II' seeds produced by domestic farmers, the mass concentrations were 0 (CK), 100, 200, 300, 400, 500 and 600 mg/L soak the seeds in ETH solution for 24 hours. Through seed germination test and seedling culture, the effect of ETH on seed germination and seedling growth was explored. [Results] Six mass concentrations of ETH treatments could effectively improve the germination of 'Mulato II', compared with CK, all the germination rates had been improved ($P<0.05$). The germination rate, germinating energy, germination index and vitality index of seeds soaked with 400 mg/L ETH were significantly increased by 3.64, 2.45, 2.97 and 6.43 times than those of the CK ($P<0.05$). Seed soaking with ETH at the mass concentrations of 300 and 400 mg/L could significantly increase the root length and seedling height, which was 2.31 and 2.42 times, and both 3.61 times than those of the CK ($P<0.05$). [Conclusion] Seeds soaking in 400 mg/L ETH solution for 24 hours can promote the germination of *B. hybrid* 'Mulato II' seeds and the growth and development of seedlings, and it can be applied in the production.

Keywords: *Brachiaria hybrid*; ethephon soaking; seed vitality; germination rate; seedling growth and development

臂形草属 (*Brachiaria*) 牧草大多原产于非洲乌干达, 全世界约有 50 种^[1]。作为优良的刈割放牧兼用型牧草和水土保持植物, 具有适应性广、抗逆性强、生长繁殖快、营养丰富和利用价值高等特点。中国于 1963 年开始先后从国外引入网脉臂形草 (*B. dictyoneura*)、杂交臂形草 (*B. hybrid*)、伏生臂形草 (*B. decumbens*)、珊状臂形草 (*B. brizantha*) 和刚果臂形草 (*B. ruziziensis*) 等 10 余个种质进行选育利用^[2-3]。经过长期大量的引种栽培试验, 热研 14 号网脉臂形草 (*B. dictyoneura* 'Reyan No.14')、热研 3 号伏生臂形草 (*B. decumbens* 'Reyan No.3') 和莫拉特 II 杂交臂形草 (*B. hybrid* 'Mulato II') 等品种已得到广泛种植利用^[4]。其中杂交臂形草具有叶量丰富、产草量高、耐火烧和耐酸瘦土壤等特点, 已广泛种植于云南省西双版纳、普洱和红河等热带地区, 用于建植高产、优质和持久性强的单播放牧人工草地, 取得了显著的经济、社会和生态效益^[5]; 但由于其种子具有复合休眠现象^[6], 种皮不透水, 种胚存在发芽抑制物, 种子发芽率低, 限制了该牧草在海南、云南和广西等地的推广种植。

目前, 国内外已经对臂形草种子休眠破除问题开展了较多研究, 且主要集中于物理、化学、生物或综合处理等方面^[6-9]。杂交臂形草种子存在内源萌发抑制物, 利用外源性激素浸种能有效提高种子发芽率。SMALL 等^[10]指出: 植物生长素能起到破除种子休眠的效果, 而外源性植物激素既可以减轻亚热带草种因盐胁迫造成的种子休眠,

也能有效破除热带植物种子的休眠^[11]。乙烯作为五大植物激素之一^[12], 不仅能抑制作物的顶端优势、促进分蘖, 也可以促进种子的萌发生根和加速出苗。有研究表明: 乙烯利 (ethephon, ETH) 对玉米 (*Zea mays*)^[13]、多年生黑麦草 (*Lolium perenne*) 和日本结缕草 (*Zoysia japonica*)^[14] 以及纳罗克非洲狗尾草 (*Setaria sphacelata* 'Narok') 等^[15] 休眠种子的萌发均有促进作用。本研究以不同质量浓度的 ETH 溶液浸种处理莫拉特 II 杂交臂形草种子, 探讨 ETH 对其种子活力、萌发及幼苗生长发育的影响, 旨在筛选 ETH 浸种的最佳质量浓度, 为杂交臂形草的栽培利用提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为 2020 年 11 月大田成熟期收获的国产莫拉特 II 杂交臂形草种子, 由云南省红河州河口县鑫利畜牧产业有限公司肉牛养殖场提供。采用荷兰产 Selecta 种子重力分离机将种子清选去杂, 并充分混匀, 用作试验材料。其净度为 100.00%, 发芽率为 6.67%, 千粒质量为 5.69 g。

1.2 试验方法

1.2.1 种子生活力检测

随机取 100 粒种子, 采用 TTC 图像法^[16]测定种子生活力, 3 次重复, 取平均值, 并计算休眠率^[17]: 休眠率=(100-发芽率)×100%。

1.2.2 种子处理

随机取适量种子, 在 2% 的硫酸铜溶液中浸

泡30 min后用纯净水冲洗3~4次,用吸水纸吸干种子表面水分,备用。试验开始前,在室温下将消毒后的种子分别用质量浓度为0(CK)、100、200、300、400、500和600 mg/L的外源ETH(纯度 $\geq 85\%$)溶液浸泡24 h^[15],捞出后用蒸馏水冲洗干净备用。

1.2.3 发芽试验

参考《牧草种子检验规程》^[18],发芽试验采用纸上发芽法。随机选取经处理后的种子各50粒,均匀植入垫有2层湿润滤纸的无菌培养皿,然后将培养皿置于人工气候箱中进行种子萌发培养,培养温度调节为 $(25\pm 1)^\circ\text{C}$,并进行12 h昼夜交替光照,3次重复。培养期21 d。逐日统计各培养皿的种子发芽数,第7天统计种子发芽势,第21天统计种子发芽率。萌发试验结束后,用游标卡尺测量所有幼苗的苗高和根长,然后将幼苗置于 105°C 烘箱中杀青15 min,后降温至 80°C 干燥24 h至恒质量并称量,获得单株苗高、根长和干质量,并按下列公式计算种子发芽指数(GI)和活力指数(VI)^[15]。

$$GI = \Sigma(G_i/D_i);$$

$$VI = GI \times S。$$

式中: D_i 为发芽时间,d; G_i 为与 D_i 相对应的每天发芽种子数; S 为发芽试验结束时正常幼苗单株干质量,g。

1.2.4 数据处理

数据整理和作图用Excel 2010完成,统计分析采用SPSS 26.0完成。数据均以“平均值 $\pm$ 标准误差”表示。

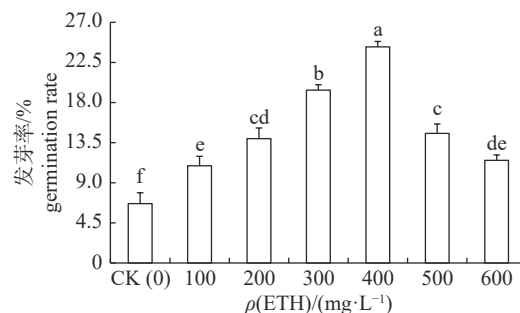
2 结果与分析

2.1 杂交臂形草种子的休眠程度

经检测,莫拉特II杂交臂形草种子的生活力为45.00%。因其基础发芽率为6.67%,二者之差为38.33%,所以试验用‘莫拉特II’杂交臂形草种子的休眠率为38.33%。

2.2 ETH质量浓度对杂交臂形草种子发芽率的影响

由图1可知:随着ETH溶液质量浓度的逐渐增加,种子的发芽率呈先升高后降低的变化趋势,100~600 mg/L ETH浸种均能显著提高种子发芽率($P<0.05$)。其中,400 mg/L ETH浸种后种子的发芽率最高,达到24.24%,是对照(CK)的3.64倍,且显著高于其他处理($P<0.05$)。



注:不同小写字母表示不同质量浓度处理之间差异显著($P<0.05$);下同。

Note: Different lowercase letters indicate significant differences among different mass concentrations ($P<0.05$); the same as below.

图1 ETH质量浓度对杂交臂形草种子发芽率的影响

Fig. 1 Effect of ETH mass concentration on the seed germination rate of *Brachiaria hybrid* seeds

2.3 ETH质量浓度对杂交臂形草种子发芽势的影响

由图2可知:与对照(CK)相比,400和500 mg/L ETH溶液浸种处理均能显著提高臂形草种子的发芽势($P<0.05$)。当ETH质量浓度为400 mg/L时,种子发芽势达到最大值(13.33%),是对照(CK)的2.45倍,但与500 mg/L ETH处理无显著差异($P>0.05$)。随着外源ETH质量浓度的增加,种子发芽势呈先上升后下降的趋势。

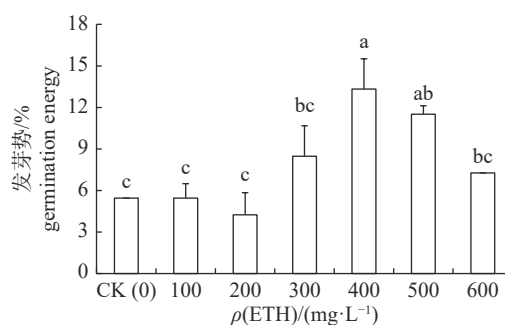


图2 ETH质量浓度对杂交臂形草种子发芽势的影响

Fig. 2 Effect of ETH mass concentration on the germination energy of *B. hybrid* seeds

2.4 ETH质量浓度对杂交臂形草种子发芽指数的影响

由图3可知:随着ETH溶液质量浓度的升高,种子发芽指数呈先升高后降低的变化趋势。与对照(CK)相比,所有浸种处理均在一定程度上提高了种子的发芽指数,但300~500 mg/L ETH处理的种子发芽指数显著高于对照(CK)和其他处理($P<0.05$)。其中,400 mg/L ETH浸种效果最为显著,种子发芽指数达到2.29,是对照(CK)

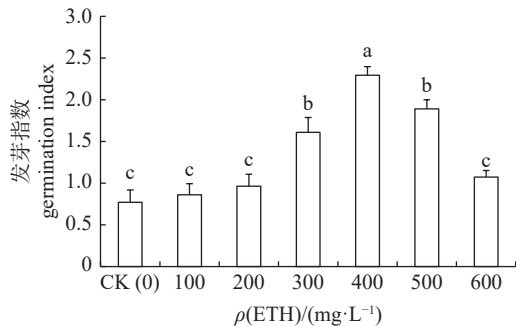


图 3 ETH 质量浓度对杂交臂形草种子发芽指数的影响
Fig. 3 Effect of ETH mass concentration on the germination index of *B. hybrid* seeds

的 2.97 倍，对种子萌发水平的提升效果最佳。

2.5 ETH 质量浓度对种子活力指数的影响

由图 4 可知：种子活力指数的变化与种子发芽指数相似，随 ETH 质量浓度的上升，种子活力指数呈先升高后降低的变化。在 300~500 mg/L ETH 处理时，种子的活力指数达到 0.06~0.09，是对照 (CK) 的 4.52~6.43 倍 ($P<0.05$)，其中 400 mg/L ETH 溶液浸种处理的种子活力指数最高，其对种子活力水平的提升作用最强。

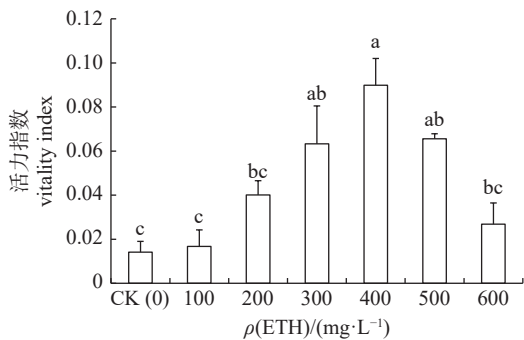


图 4 ETH 质量浓度对杂交臂形草种子活力指数的影响
Fig. 4 Effect of ETH mass concentration on the seed vitality index of *B. hybrid* seeds

2.6 ETH 质量浓度对种子幼苗根长和苗高的影响

由表 1 可知：随着 ETH 质量浓度的增加，种子幼苗的根长和苗高均呈先增大后减小的变化趋势。200~500 mg/L ETH 浸种均能促进幼苗生长，根长和苗高均显著高于对照 (CK) ($P<0.05$)。其中，300 和 400 mg/L ETH 浸种效果最佳，根长分别达到 4.00 和 4.18 cm，是对照 (CK) 的 2.31 倍和 2.42 倍，苗高分别达到 3.42 和 3.39 cm，均为对照 (CK) 的 3.61 倍。

表 1 ETH 质量浓度对杂交臂形草种子
幼苗根长和苗高的影响

Tab. 1 Effect of ETH mass concentration on the seedling
root length and seedling height of
Brachiaria hybrid seeds

$\rho(\text{ETH})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	根长/cm root length	苗高/cm seedling height
CK(0)	1.73±0.11 d	0.94±0.07 d
100	2.11±0.05 cd	1.40±0.12 cd
200	3.20±0.13 b	2.04±0.15 b
300	4.00±0.23 a	3.42±0.06 a
400	4.18±0.17 a	3.39±0.05 a
500	2.70±0.15 bc	1.82±0.06 bc
600	1.68±0.08 d	1.21±0.11 d

注：同列不同小写字母表示处理方法之间差异显著 ($P<0.05$)。
Notes: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences among treatments ($P<0.05$).

3 讨论

3.1 种子生活力及休眠的原因

种子生活力用以指示种子的发芽潜在能力或种胚所具有的生命力，种子的生活力越高其发芽能力或种胚生活力越强。本研究采用 TTC 图像染色法检测到莫拉特 II 杂交臂形草种子的生活力和休眠率分别为 45.00% 和 38.33%，说明其生活力较弱且休眠程度深。种子在休眠过程中，其休眠表现由种子本身的遗传特性和环境因素综合决定^[9,19]。稃片阻隔种子吸水、种皮木质化程度较高不易透水、种子中存在发芽抑制物和种胚后熟不完全等原因造成杂交臂形草种子复合休眠^[6]，导致其种子活力较低，发芽较为困难。

3.2 ETH 对种子萌发的影响

莫拉特 II 种子经 100~600 mg/L ETH 浸种处理后，其发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数均得到不同程度的提高，这与田文杰^[13]用 ETH 浸种处理均可提高玉米种子发芽指标的结果基本一致，说明适宜质量浓度的 ETH 能够提高种子活力，促进种子萌发生长。400 mg/L ETH 浸种后，各发芽指标均达到最高值，这与罗富成等^[15]用 ETH 浸种纳罗克非洲狗尾草种子的研究结果基本相同。习惯上，常以 80% 具有生活力的种子能够正常发芽视为该批种子已经通过休眠^[17]，本研究采用 400 mg/L ETH 溶液浸种处理杂交臂形草种子 24 h，种子发芽能力提升效果最显著，发芽率达到 24.24%，较处理前 (CK) 提高 2.64 倍，但并未完全破除种子休眠，其原因可能与浸种时间有关。种子吸涨后种胚能在较短时间内产生大量乙烯，随着种子萌发进程的变化，胚根会突破种

皮,此时乙烯的释放达到高峰,通过种子激素的调控加快蛋白质和核酸的生物合成与利用,带动细胞内营养物质转移,从而促进种子萌发^[20-21]。有研究表明:采前喷洒 ETH 溶液能缩短采后种子外种皮软化的时间^[22],木质素是种皮中最主要的成分,说明外源添加 ETH 可能影响种皮的木质化程度,增加种皮的透气性和透水性。由于本研究未考虑浸种时间对种子萌发及种皮的影响,因此,后期试验将通过控制 ETH 浸种时间验证随种皮的软化程度是否促进 ETH 进入种胚,弥补休眠种子萌发时所需的乙烯含量,从而促使种子达到破眠效果。

3.3 ETH 对幼苗生长的影响

激素类化合物对植物生长一般具有低浓度促进、高浓度抑制的特点^[23]。杜京旗^[24]认为:同一浓度的相同激素对不同植物种子的萌发特征及幼苗生长影响不同。本研究表明:200~500 mg/L ETH 浸种处理均能促进杂交臂形草幼根和幼芽生长,而 600 mg/L ETH 浸种处理只能促进杂交臂形草幼芽生长,对幼根生长无明显作用,说明 ETH 的浸种质量浓度超过 600 mg/L 时可能会抑制杂交臂形草种子萌发和幼苗生长发育,这与邱长玉等^[25]采用不同浓度 ETH 浸泡桑种 (*Morus alba*) 的研究结果类似。

4 结论

随着 ETH 质量浓度的增加,臂形草种子的萌发及幼苗的生长表现出低质量浓度促进、高质量浓度抑制的特点。300 和 400 mg/L ETH 溶液浸种 24 h 后,莫拉特 II 杂交臂形草幼苗的生长发育最好;400 mg/L ETH 处理后,臂形草种子的发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数能得到显著提高。建议生产上采用 400 mg/L ETH 溶液浸种 24 h,以提高莫拉特 II 杂交臂形草种子的活力水平,促进种子萌发和幼苗生长。

[参考文献]

- [1] 李志丹,高桂娟,白昌军. 6种臂形草属牧草品种比较试验[J]. 热带作物学报, 2009, 30(8): 1186. DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2009.08.026.
- [2] 刘国道,白昌军,王东劲,等. 热研6号珊状臂形草选育研究[J]. 草地学报, 2002, 10(3): 217.
- [3] 白昌军,刘国道. 臂形草属牧草产草量及饲用价值研究[J]. 草地学报, 2001, 9(2): 110. DOI: 10.11733/j.issn.1007-0435.2001.02.007.
- [4] 陈志权,白昌军,刘国道,等. 臂形草属牧草海南西部区域试验[J]. 热带农业科学, 2008, 28(4): 38. DOI: 10.3969/j.issn.1009-2196.2008.04.008.

- [5] 陈兴乾,黄世洋. 杂交臂形草引种试验研究初报[J]. 畜牧与饲料科学, 2009, 30(4): 63. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5190.2009.04.032.
- [6] 段新慧,罗富成,钟声,等. 俯仰臂形草种子休眠原因的研究[J]. 草原与草坪, 2015, 35(1): 49. DOI: 10.3969/j.issn.1009-5500.2015.01.009.
- [7] 洪彩香,张如莲,陈志权. 不同处理方法对3种臂形草属牧草种子发芽率的影响[J]. 热带农业科学, 2004, 24(2): 13. DOI: 10.3969/j.issn.1009-2196.2004.02.004.
- [8] 洪彩香,杨连珍. 温水浸泡处理对热研6号珊状臂形草种子发芽率的影响[J]. 热带农业科学, 2003, 23(4): 10. DOI: 10.3969/j.issn.1009-2196.2003.04.003.
- [9] 王琰,刘金海,朱德荣,等. 机械处理对莫拉特 II 杂交臂形草种子休眠的破除效果[J]. 种子, 2020, 39(4): 150. DOI: 10.16590/j.cnki.1001-4705.2020.04.150.
- [10] SMALL C C, DEENHARDT D, MCDONALD T. Plant growth regulators for enhancing Alberta native grass and forb seed germination[J]. Ecological Engineering, 2019, 142(S): 100003. DOI: 10.1016/j.ecoena.2019.100003.
- [11] KHAN M A, SHAIKH F, ZEHR A, et al. Role of chemicals in alleviating salinity and light related seed dormancy in sub-tropical grasses[J]. Flora, 2017, 233: 150. DOI: 10.1016/j.flora.2017.06.001.
- [12] 余叔文,汤章城. 植物生理与分子生物学[M]. 2版. 北京: 科学出版社, 1998.
- [13] 田文杰. 乙烯利浸种对玉米种子萌发的影响[J]. 现代农业科技, 2018(15): 1. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5739.2018.17.001.
- [14] 程锦,单旭东,李丽菁,等. 乙烯利对两种草坪草种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 草原与草坪, 2020, 40(4): 61. DOI: 10.13817/j.cnki.cyyyp.2020.04.010.
- [15] 罗富成,郭铁敏,彭健,等. 外源激素对纳罗克非洲狗尾草种子休眠的破除效果[J]. 草业科学, 2015, 32(3): 406. DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2014-0279.
- [16] 罗富成,毕玉芬,黄必志. 草业科学实践教学指导书[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2008.
- [17] 张红生,胡晋. 种子学[M]. 2版. 北京: 科学出版社, 2016.
- [18] DB/5300B20001—1991. 牧草种子检验规程[S].
- [19] 江全,郑旭,张康,等. 秤锤树的种实基本性状与种子休眠机理研究[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2021, 41(2): 145. DOI: 10.11929/j.swfu.202006032.
- [20] KETRING D L, MORGAN P W. Ethylene as a component of the emanations from germinating peanut seeds and its effect on dormant Virginia-type seeds[J]. Plant Physiology, 1969, 44(3): 326. DOI: 10.1104/pp.44.3.326.
- [21] KEPČZYŃSKI J, KEPČZYŃSKA E. Ethylene in seed dormancy and germination[J]. Physiologia Plantarum, 1997, 101(4): 720. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1997.tb01056.x.
- [22] 冯彤,庞杰,于新. 采前激素处理对银杏种子的脱皮与保鲜效果的研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(1): 146. DOI: 10.3321/j.issn.1002-6819.2005.01.033.
- [23] 邓晨玥,徐慧齐,呼天明,等. 藏北嵩草种子休眠与发芽特性研究[J]. 草地学报, 2019, 27(2): 421. DOI: 10.11733/j.issn.1007-0435.2019.02.021.
- [24] 杜京旗. 外源植物激素对燕麦种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 种子, 2019, 38(9): 99. DOI: 10.16590/j.cnki.1001-4705.2019.09.099.
- [25] 邱长玉,朱方容,林强,等. 赤霉素和乙烯利对桑树杂交组合种子发芽率的影响[J]. 南方农业学报, 2011, 42(12): 1469. DOI: 10.3969/j.issn.2095-1191.2011.12.007.

责任编辑: 何承刚