

榉树种子休眠与萌发特性探讨

李国祥¹, 孙兰平², 张克亮^{2*}

(1. 扬州大学实验农牧场, 江苏 扬州 225009; 2. 扬州大学园艺与植物保护学院, 江苏 扬州 225009)

摘要:通过对榉树种子吸水特性及不同休眠打破方式(划破种皮、低温层积和野外埋藏)的试验,初步探讨了榉树种子的休眠与萌发特性。结果表明,新成熟的榉树种子具有生理休眠,种子在不同温度下的萌发率均小于10%;低温层积3个月或野外浅层(深1 cm)埋藏可打破种子休眠。休眠打破后,前者处理的种子在5/15℃(夜晚/白天)中第40天萌发率达(66±6)%;后者处理的种子在10/20℃(夜晚/白天)中第18天萌发率可达(82±6.22)%。

关键词:榉树;种子休眠;冷层积;野外埋藏;萌发

中图分类号:Q945.35;S792.19

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2020.06.005

Seed dormancy and germination of *Zelkova serrata*

Li Guoxiang¹, Sun Lanping², Zhang Keliang^{2*}

(1. Experimental Farm of Yangzhou University, Yangzhou 225009, China; 2. College of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract: In order to study the dormancy and germination of *Zelkova serrata*, seed imbibition character and the effect of various dormancy breaking treatment (scarifying the seed coat, cold stratification, and burial in the field) on germination were preliminarily determined. The results indicated that seeds of *Z. serrata* had physiological dormancy, less than 10% fresh seeds germinated naturally under different temperatures. Cold stratification for 3 months and burial in the field (1 cm depth) could break the dormancy successfully, and the highest seed germination percentage of pretreatment with cold stratification could reach (66±6)% at 5/15℃ (N/D) for 40 d and that of pretreatment with shadow burial could get (82±6.22)% at 10/20℃ (N/D) for 18 d. This study plays a theoretical and fundamental role in the breeding of *Z. serrata*.

Key words: *Zelkova serrata*; Seed dormancy; Cold stratification; Field burial; Germination

种子作为植物繁殖的重要载体,在植物生活史中扮演着重要的角色。从全球范围来看,绝大多数植物新成熟的种子都具有休眠^[1-2]特性。榉树(*Zelkova serrata*),为榆科榉属,国家二级重点保护树种。榉树的树形优美,秋叶红艳,是重要的园林绿化树种;同时,树皮与树叶还具有清热解毒的功效^[3-4]。种子繁殖是榉树繁殖的主要手段,然而,榉树种子的休眠特性导致了榉树的出苗率低,阻碍了榉树的开发利用^[5]。目前,对榉树的研究主要集中在幼苗生长^[6-7]、组织培养^[8]和遗传育种改良^[9-10]等方面,而对榉树种子的萌发特性和休眠打破研究较少。因此,研究榉树种子的休眠与萌发特性,找出

打破种子休眠的最佳方法和最适的萌发环境,对榉树的育苗有参考价值。

1 材料和方法

1.1 材料

成熟榉树种子于2019年10月采自扬州大学文汇路校区,采收后的种子置于阴凉通风处自然晾干。为防止种子生理状态发生改变,试验在14 d内进行。

1.2 方法

1.2.1 种子大小、质量和含水量的测定 随机选取榉树种子10粒在电子天平上称量,随后放入75℃烘箱中48 h,测量种子干质量以及种子含水量。同

收稿日期:2020-08-08;修回日期:2020-08-28

基金项目:中央财政林业科技推广示范资金项目“榉树等优良乡土树种精品苗木高效培育技术示范与推广”(苏[2018]TG08)

作者简介:李国祥(1963-),男,江苏邗江人,技师,大学专科毕业。主要从事林业栽培研究。

*通信作者:张克亮(1988-),男,山东济南人,讲师,博士。主要从事种子休眠与萌发研究。

时,随机选取 20 粒种子用游标卡尺测量长度、宽度、厚度和种胚长度。

1.2.2 种子的吸水特性 随机选取种子 200 粒,分成 8 组,每组 25 粒,其中 4 组种子用手术刀划破种皮,称量种子最初质量记为 W_i 。然后将种子放置在铺有 2 层湿润滤纸的培养皿中,分别吸胀 0,0.5,1,2,4,6,8,10,12,24,36,48 h 后取出,用滤纸迅速擦干,称量记为 W_f ,称完放回培养皿中。种子吸水率 W_r 计算公式为:

$$W_r = [(W_f - W_i) / W_i] \times 100\%$$

1.2.3 新成熟种子的萌发特性 试验设置 4 组,每组种子 25 粒。将种子放置在铺有 2 层滤纸的培养皿中,分别加入蒸馏水 6 mL。将培养皿置于 5/15,10/20,15/25,20/30 °C (夜晚/白天) 的培养箱内。设置 12 h 光照/12 h 黑暗和全黑暗 2 种试验条件。每隔 5 d 观察 1 次萌发数。萌发测试 40 d 后,计算最终萌发率。

1.2.4 划破种皮对休眠打破的影响 试验设置 4 组,每组种子 25 粒,其中 2 组种子用手术刀进行划破种皮处理。随后在 5/15,10/20,15/25,20/30 °C (夜晚/白天) 温度和 12 h 光照/12 h 黑暗条件下进行萌发试验。每隔 5 d 观察萌发数 1 次。萌发测试 40 d 后,计算最终萌发率。

1.2.5 冷层积对休眠打破的影响 将 3 个分别装有 400 粒榉树种子的饭盒放在 4 °C 冰箱中层积,每个月取出 1 盒,进行萌发试验(具体方法同 1.2.4)。每隔 2 d 观察萌发数 1 次。萌发测试 40 d 后,计算最终萌发率。

1.2.6 野外埋藏对休眠打破的影响 将榉树种子装在 3 个尼龙网袋中,每袋装种子 100 粒,于 2019 年 11 月分别在 1,3,5 cm 的深度下埋藏 1 个月。埋藏结束后取出种子,进行萌发试验(具体方法同划破种皮打破休眠试验)。每隔 2 d 观察 1 次萌发数。萌发测试 18 d 后,计算最终萌发率。

1.2.7 数据统计与分析 所有数据采用 SPSS 20.0 进行统计分析。采用二因子方差分析(Two-Way ANOVA)分析温度和光照对新成熟种子、划破种皮、野外埋藏种子萌发率的影响以及层积时间和温度对种子萌发率的影响。如果方差分析显著,采用 LSD 比较不同处理间的差异。

2 结果与分析

2.1 种子大小、质量和含水量

新成熟的榉树种子为不规则的扁球心形,种子棕

褐色或黄褐色。种子千粒重为 (14.642 ± 0.665) g。种子长度、宽度、厚度分别为 (4.053 ± 0.210) , (3.657 ± 0.092) , (2.523 ± 0.046) mm。种子含水量为 7.82%。种胚和种子长度比值为 (0.762 ± 0.014) 。

2.2 种子吸水特性

新成熟的榉树种子可以吸水,划破种皮可以增加种子的吸水速率和吸水量。种子在前 12 h 吸水较快,划破种皮的种子和完整种子的吸水率分别为 $(60.86 \pm 3.50)\%$, $(55.67 \pm 1.46)\%$; 经过 24 h 后,种子质量几乎不再增加,此时划破种皮的种子和完整种子的吸水率分别为 $(64.27 \pm 2.57)\%$, $(57.56 \pm 0.82)\%$ (见图 1)。

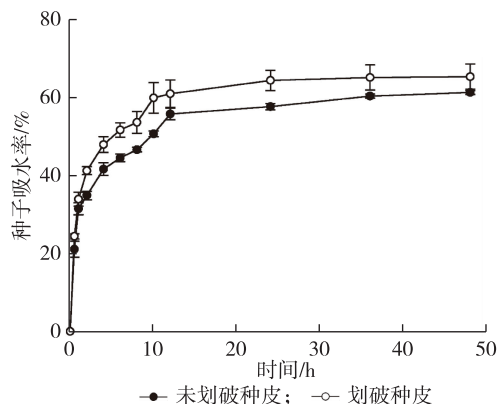


图 1 榉树新成熟种子的吸水曲线

2.3 新成熟种子的萌发

不论在光照还是黑暗条件下,新成熟的榉树种子在 40 d 内不同温度下的萌发率均 $< 10\%$ (见图 2),表明新成熟的榉树种子处于休眠状态。温度对种子萌发的影响显著 ($P=0.016$),种子仅在 5/15,10/20 °C 下可以萌发,而在 15/25,20/30 °C 下不能萌发。光照 ($P=0.766$),以及光照与温度的交互作用 ($P=0.636$),对种子萌发率的影响不显著。

2.4 种皮划破处理对打破休眠的影响

不管是完整的种子还是划破种皮处理,榉树种子的萌发率在不同温度和光照条件下都小于 10%,表明划破种皮不能有效提高榉树种子的萌发率 ($P=0.344$),但划破种皮处理可以使种子萌发时间提前 15 d (见图 3)。

2.5 冷层积对休眠打破的影响

随着冷层积时间的延长,种子的萌发率逐渐增加 ($P<0.05$),且层积 3 个月后,置于 5/15 °C (N/D) 条件下种子的萌发率显著高于其他温度 ($P<0.05$),第 40 天萌发率为 $(66 \pm 6)\%$ (见图 4)。

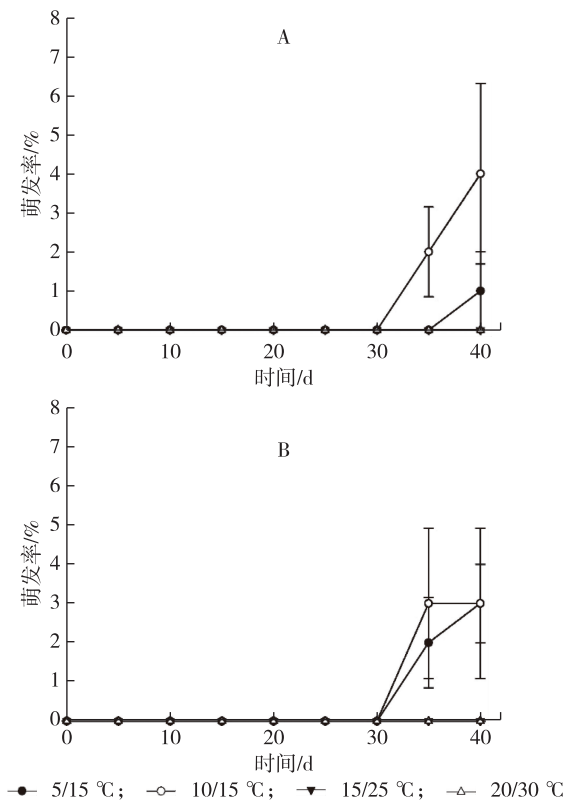


图 2 新成熟的桉树种子在不同温度条件下光照 (12 h/12 h) (A) 和全黑暗 (B) 中的萌发率

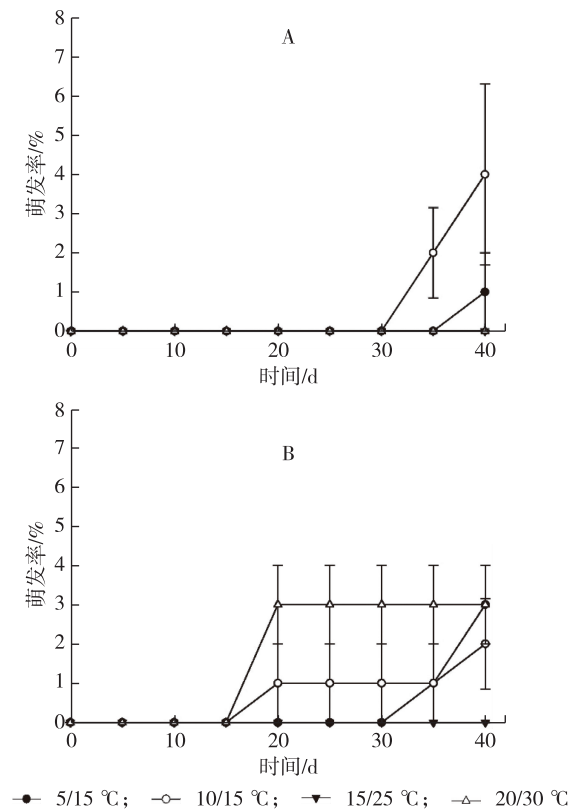


图 3 新成熟的桉树种子在未划破种皮 (A) 和划破种皮 (B) 后不同温度条件下的萌发率

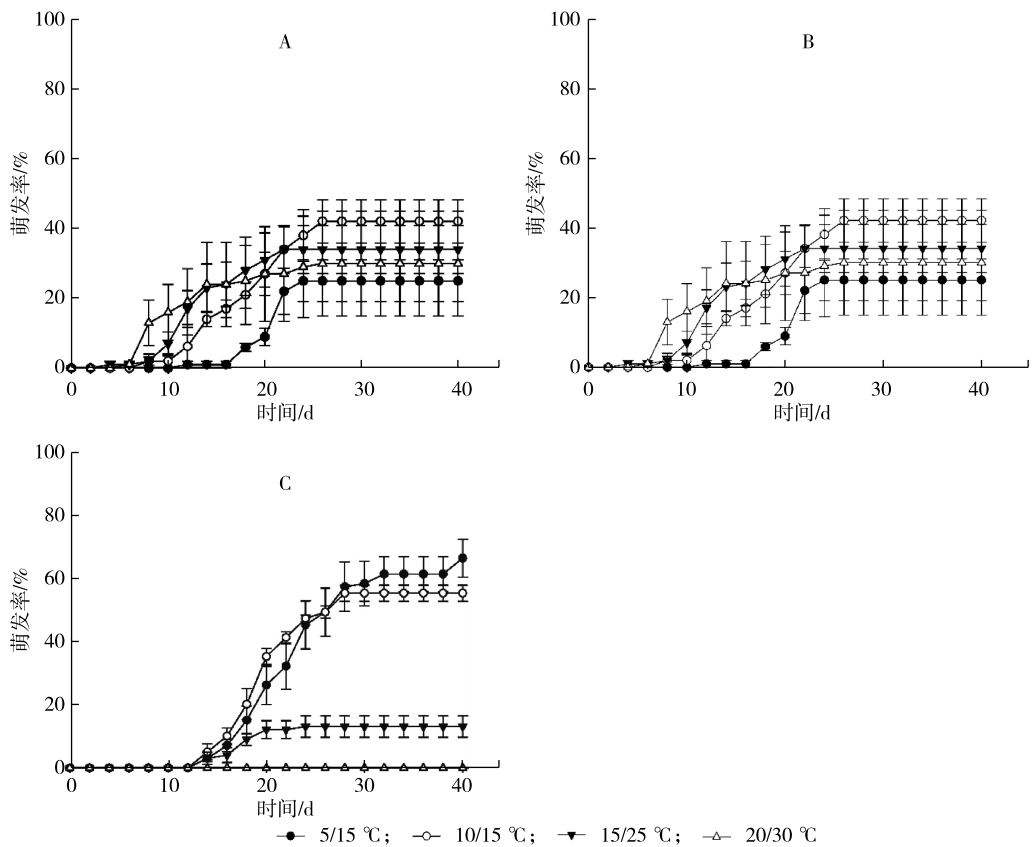


图 4 新成熟的桉树种子在不同温度条件下冷层积 1 个月 (A)、冷层积 2 个月 (B) 和冷层积 3 个月 (C) 的萌发率

2.6 野外埋藏对休眠打破的影响

野外埋藏能有效打破榉树种子休眠,且萌发率在 10/20 ℃ 温度条件下增长最明显,但不同埋藏深度间萌发率存在差异 ($P < 0.05$) (见图 5)。埋藏深 1 cm 的种子休眠打破最快,18 d 后萌发率达 (82 ± 6.22)%,深 3 cm 的次之 (74 ± 4.76)%,埋藏深度 5 cm 种子休眠释放率最低。

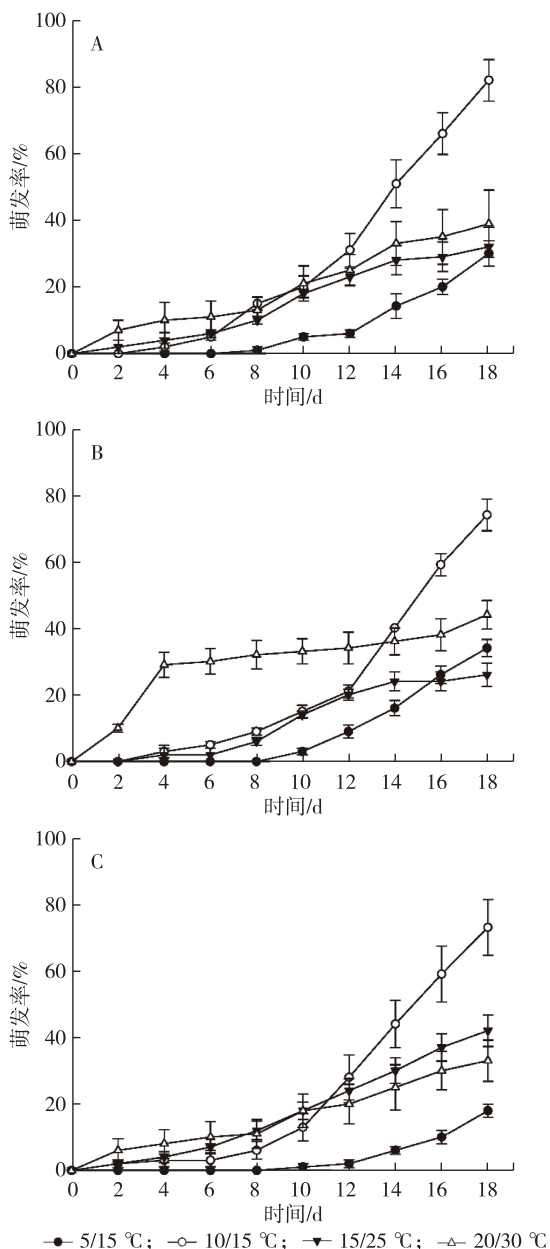


图 5 新成熟的榉树种子在不同温度条件下埋藏 1 cm(A)、3 cm(B)和 5 cm(C)的萌发率

3 讨论

种子只有在适宜的时间和空间下萌发,才能保

障幼苗的存活,实现种群的成功更新^[11]。本研究中,新成熟的榉树种子在各温度和光照条件下萌发率均低于 10%,说明榉树种子存在休眠特性。这与前人的研究结果相似,沈建军等^[3]对榉树种子进行不同温(40,60,80 ℃)水中浸种和不浸种处理后,其发芽率均为 0。种皮的不透水或不透气一般是种子休眠的主要原因之一^[12],在相同的温度和光照条件下,与完整种子相比,划破种皮后的白花草木樨(*Melilotus albus*)种子萌发率能提高 96%^[13]。在本研究中,新成熟的榉树种子能够快速吸水,吸水 12 h 即可达到饱和状态,且划破种皮后萌发率没有显著提高,因此榉树种子不具有物理休眠或复合休眠的特性,种皮不是造成种子休眠的主要原因。此外,榉树种子的 E/S 值(胚与种子的长度比值)为 0.762,这表明榉树种子不存在形态休眠或者形态生理休眠^[13-14]。因此,根据文献[1]的划分标准,榉树种子属生理休眠。

冷层积被广泛用于模拟温带植物种子在冬季所经历的情况,很多种子需要低温才能产生休眠解除^[15],如 *Selinum carvifolia* 和林当归(*Angelica sylvestris* L.)^[16]。本研究发现,冷层积能有效打破榉树种子的休眠,且随着冷层积时间的延长,种子萌发率逐渐增加。这可能是榉树种子在长期进化过程中对环境适应的对策,这种对策可以防止榉树种子在成熟后的冬季萌发,减少幼苗在冬季寒冷低温下的灭绝风险。同时,层积 3 个月后,榉树种子在凉爽的(夜/昼 5/15,10/20 ℃)温度条件下萌发效果最显著,这与田英翠等^[17]的研究结果相符。榉树对较低温度的萌发需求,可以保证种子在早春温度上升时迅速的萌发,以尽早占据生态位。

当种子埋在自然生境中,埋藏深度在 1 cm 的种子休眠被有效解除,置于夜/昼温度 10/20 ℃下,种子萌发率显著提高。研究表明,湿沙贮藏也能显著提高榉树种子的萌发率^[3,17]。然而,随着埋藏深度的增加,萌发率有所下降,但仍然显著高于对照,这与王彦荣等^[18]对 3 种荒漠植物种子的研究结果相似。这种差异可能是由不同埋藏深度土壤温度不同所致。从生态学角度看,埋藏较浅的种子打破休眠更快,可以更早地参与种群更新,而位于土壤深层的种子萌发率较低,种子可以有更多的机会保留在土壤中,有利于土壤种子库的维持。从林业生产角度来看,榉树种子随着播种深度的增加,种子萌发率下降,所以在实际播种中,为了保证最大的出

苗率,建议种子浅播。除此之外,前人的研究发现,赤霉素处理也能显著提高种子的萌发率^[3,17],但赤霉素和冷层积或野外埋藏的交互作用是否会进一步提高榉树种子的萌发率,还需进一步探讨。

综上所述,本文通过对榉树种子休眠与萌发特性的研究,发现新成熟的榉树种子具有生理休眠,冷层积和浅层(1 cm)的野外埋藏能打破种子休眠。种子在夜/昼温度 5/15,10/20 ℃ 下具有较高的萌发率。在实际生产过程中,可以对采收的榉树种子在冬季进行沙藏,来年春季进行播种。

参考文献:

- [1] BASKIN C C, BASKIN J M. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination (2nd ed.) [M]. San Diego: Elsevier/Academic Press, 2014.
- [2] 姚林君,张克亮,熊作明,等.种子形态生理休眠研究进展[J].生态学杂志,2019,38(1):247-255.
- [3] 沈建军,黄旭波,柏明娥,等.榉树种子形态特征与萌发特性研究[J].浙江林业科技,2011,31(6):56-59.
- [4] 汪灵丹,张日清.榉树的研究进展[J].广西林业科学,2005,(4):188-191,211.
- [5] 舒三洪,梅小华,谢禄山.榉树播种育苗技术[J].湖南林业科技,2013,40(6):47-49.
- [6] CHO M S, MENG L, SONG J H, et al. The effects of biochars on the growth of *Zelkova serrata* seedlings in a containerized seedling production system [J]. Forest Science and Technology, 2017, 13(1):25-30.
- [7] WANG J, FU Z, REN Q, et al. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, photosynthesis, and nutrient uptake of *Zelkova serrata* (Thunb.) Makino seedlings under salt stress [J]. Forests, 2019, 10(2):186.
- [8] 张日清,刘海龙,汪灵丹,等.榉树组培芽继代增殖的影响因素[J].经济林研究,2013,31(3):54-58.
- [9] 窦全琴,张敏,黄利斌,等.榉树优树子代苗期及幼林期生长变异初步研究[J].江苏林业科技,2014,41(3):1-4.
- [10] 蒋华伟,姜红卫,李静会,等.榉属的研究进展[J].江苏林业科技,2012,39(5):51-54.
- [11] HUANG Z, LIU S, BRADFORD K J, et al. The contribution of germination functional traits to population dynamics of a desert plant community [J]. Ecology, 2016, 97(1):250-261.
- [12] 郭聪聪,沈永宝,史锋厚.白皮松种子休眠研究进展[J].南京林业大学学报(自然科学版),2019,43(2):175-183.
- [13] ZHANG Y, ZHANG K L, JI Y S, et al. Physical dormancy and soil seed bank dynamics in seeds of *Melilotus albus* (Fabaceae) [J]. Flora, 2020, 266:151600.
- [14] ZHANG K L, ZHANG Y, WALCK J L, et al. Non-deep simple morphophysiological dormancy in seeds of *Angelica keiskei* (Apiaceae) [J]. Scientia Horticulturae, 2019, 255:202-208.
- [15] YE X, LI L, BASKIN C C, et al. Sand burial helps regulate timing of seed germination of a dominant herb in an inland dune ecosystem with a semiarid temperate climate [J]. Science of the Total Environment, 2019, 680:44-50.
- [16] VANDELOOK F, BOLLE N, VAN ASSCHE J A. Multiple environmental signals required for embryo growth and germination of seeds of *Selinum carvifolia* (L.) L. and *Angelica sylvestris* L. (Apiaceae) [J]. Seed Science Research, 2007, 17:283-291.
- [17] 田英翠,曹受金,曹基武.六种榉树种子形态特征及萌发特性的研究[J].北方园艺,2014(11):71-74.
- [18] 王彦荣,杨磊,胡小文.埋藏条件下3种干旱荒漠植物的种子休眠释放和土壤种子库[J].植物生态学报,2012,36(8):774-780.
- [17] 吴雪霞,朱月林,朱为民,等.外源一氧化氮对 NaCl 胁迫下番茄幼苗生理影响[J].中国农业科学,2006,39(3):575-581.
- [18] 付晓,张海洋,梁晓艳,等.蒲公英对 NaCl 单盐和海水复合盐胁迫的生理响应[J].山东农业科学,2020(2):33-37.
- [19] 马海燕,任小林,周会玲.一氧化氮处理砧木酥梨的保鲜效果[J].河南农业科学,2007(5):98-101.
- [20] 刘文瑜,杨宏伟,魏小红,等.外源 NO 调控盐胁迫下蒺藜苜蓿种子萌发生理特性及抗氧化酶的研究[J].草业学报,2015,24(2):85-95.
- [21] 郑庆柱,谭海运,高雪,等.干旱、盐胁迫及盐旱复合胁迫对青稞幼苗生理生化特性的影响[J].江苏农业科学,2020,48(1):97-103.
- [22] 刘银萍.洛阳红花期花瓣抗氧化酶 SOD、POD 和 CAT 活性的研究[J].河南林业科技,2020,40(3):13-15,41.

(上接第22页)

- [12] BELIGNI M V, LAMATTINA L. Nitric oxide counteracts cytotoxic processes mediated by reactive oxygen species in plant tissues [J]. Planta, 1999, 208:337-344.
- [13] 肖强,陈娟,吴飞华,等.外源 NO 供体硝普钠(SNP)对盐胁迫下水稻幼苗中叶绿素和游离脯氨酸含量以及抗氧化酶的影响[J].作物学报,2008,34(10):1849-1853.
- [14] LESHEM Y Y, HARAMATY E. The characterization and contrasting effects of the nitric oxide free radical in vegetative stress and senescence of *Pisum sativum* Linn. Foliage [J]. Journal of Plant Physiology, 1996, 148(3-4):258-263.
- [15] 张吉立,刘振平.氯化钠胁迫对园艺作物种子萌发及幼苗生长发育的影响[J].黑龙江农业科学,2007(1):50-53.
- [16] 李翠芳,刘连涛,孙红春,等.外源 NO 对棉花幼苗氧化损伤和保护酶活性的影响[J].华北农学报,2013,28(4):158-162.