

张 航,战金雨,杨 柳,等. NaCl 胁迫对榆树种子萌发的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(9):127-131.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.09.023

NaCl 胁迫对榆树种子萌发的影响

张 航,战金雨,杨 柳,张廷秀,杨成君

(东北林业大学林学院,黑龙江哈尔滨 150040)

摘要:以榆树种子、榆树实生苗为试验材料,设置 0、50、150、300 mmol/L 共 4 个浓度梯度。研究 NaCl 胁迫对榆树种子萌发和幼苗生长的影响。结果表明,榆树种子对 50 mmol/L NaCl 的盐胁迫有耐受性,而 150 mmol/L NaCl 对榆树种子萌发有显著抑制作用,300 mmol/L NaCl 胁迫对榆树种子抑制作用加重。榆树种子的耐盐适宜范围、种子耐盐半致死浓度、种子耐盐极限浓度分别为 110.39、186.50、308.29 mmol/L。

关键词:榆树;种子萌发;NaCl 胁迫

中图分类号: S718.43;Q945.78

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2021)09-0127-05

植物生长对盐分最为敏感的时期是植物种子的萌发过程。盐胁迫对种子萌发的影响有 2 种,一种为盐分过多引起溶液渗透势降低,造成种子吸水困难,种子萌发受阻;另一种为离子毒害。许多研究发现,盐胁迫对植物种子萌发的抑制程度常与种子自身耐受能力、盐类型、盐浓度、胁迫时间及 pH 值等因素相关^[1-3]。不同植物的种子萌发在盐胁迫的不同浓度条件下会受到抑制或促进的影响,若在

胁迫环境下萌发,证明此种子具有潜在的耐盐性。

榆树(*Ulmus pumila* L.)为榆科榆属,落叶乔木,别称家榆、白榆、钱榆^[4]。适应性强,材质优良,耐瘠薄、耐旱、耐盐碱,是一种较好的速生阔叶用材料的树种,多用于防护林和盐碱地造林。有研究表明,榆树种子在低浓度盐、碱胁迫下萌发正常,但高浓度盐、碱胁迫能明显抑制榆树种子的萌发与生长^[5]。周丹丹等发现速生榆树幼苗的生长量随盐浓度增大而抑制效应明显^[6]。

在盐渍环境下,地球上现存全部植物种类,都有生长抑制现象,但是发生胁迫时不同种子的耐盐能力强弱和生长比率降低的程度不一致,耐盐阈值与致死浓度也因为不同种子而存在差异。植物不同阶段对逆境的耐受能力也有所区别,种子萌发具有抵抗极端环境条件的代表性。现今对林业上的

收稿日期:2020-08-30

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金(编号:2572019BA08);

黑龙江省博士后科研启动金(编号:LBH-Q15005)。

作者简介:张 航(1996—),男,山西朔州人,硕士研究生,主要从事森林植物资源学研究。E-mail:hangernice@163.com。

通信作者:杨成君,博士,副教授,研究方向森林植物资源学。

E-mail:nxyycj@163.com。

参考文献:

- [1]何国权.苏州工业园区彩叶植物调查分析及园林应用[D].南京:南京农业大学,2014.
- [2]徐华金.几种彩叶植物的引种栽培及适应性研究[D].北京:北京林业大学,2007.
- [3]胡卫霞.句容市彩叶苗木产业发展现状及对策研究[D].南京:南京农业大学,2016.
- [4]张佐双,胡东燕,黄亦工.北京地区彩叶园林植物的引种与繁殖的研究[J].北京园林,1997(2):5-10.
- [5]王德芳.北京地区彩叶植物引种栽培研究[J].中国农学通报,2012,28(19):297-302.
- [6]Wang H J,Meng Y E,Zhao X S,et al. Study on the introduction of plants with colored foliage in Zhengzhou area and their adaptability [J]. Agricultural Science & Technology, 2013, 14(2): 279 -

285,375.

- [7]赵 爽.北京地区彩叶树种引种栽培研究[J].北京农业职业学院学报,2010,24(3):35-38.
- [8]李永清.三种彩叶植物在三阳市引种栽培与园林应用研究[D].福州:福建农林大学,2010.
- [9]徐华金,张志毅,王 莹.彩叶植物研究开发现状及展望[J].四川林业科技,2007(1):44-49.
- [10]杨 蒙,秦丽滨.彩叶植物在园林景观配置中的应用方法及前景探讨[J].南方农业,2019,13(9):62-63.
- [11]张晓玮,龚雪梅,李 琳,等.基于层次分析法的皖北地区引种的彩叶植物综合评价[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2018,44(5):580-587.
- [12]翟晓宇.两种风箱果彩叶植物的抗寒性研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2011.
- [13]刘 媛,杨立新.沈阳公园彩叶植物调查及景观评价分析[J].北方园艺,2016(14):78-83.

耐盐植物的抗逆试验,多数为不同基因、家系上的耐盐性选择与比较。对榆树耐盐性的相关研究多是在种、种源水平上进行,集中在盐胁迫对种子萌发期、幼苗生长的光合特性的影响,以及部分生理指标的变化特征等方面^[7-9],对榆树种子具体耐盐能力的研究和多个 NaCl 浓度下榆树生理生化指标的综合研究及耐盐性综合评价仍有很大的研究空间。

1 材料与方法

1.1 试验材料

榆树种子为东北林业大学校园内的成熟种子。

1.2 试验地点与时间

本试验于 2018 年 5 月至 2019 年 6 月在东北林业大学森林植物资源学实验室进行。

1.3 试验方法

NaCl 浓度设置为 0、50、150、300 mmol/L。设置 0 mmol/L 浓度作为对照(CK)。试验材料选取均匀饱满无病虫害的榆树种子,用自来水冲洗干净,再用 5% 次氯酸钠溶液浸种消毒 10 min 后,用无菌水冲洗干净备用。采取滤纸发芽法,把种子摆放在铺有 2 层滤纸的培养皿中,分别加入相应浓度的处理液 10 mL,对照处理需要加入同样体积的蒸馏水,期间隔天每个培养皿补充 10 mL 的处理液或蒸馏水。水平放置于 25 ℃,光照和黑暗交替(光照时间为 16 h,黑暗时间为 8 h)的人工恒温气候箱中观察。每个培养皿 30 粒种子,每个胁迫处理 3 个重复,共进行 7 d 的试验,每天定时记录发芽种子数。试验结束时,每个培养皿随机选取 5 粒种子,测量苗长。计算发芽势和最终的发芽率。以胚根突破种皮 1 mm 作为种子发芽标准。当连续 5 d 不再有种子发芽时作为种子萌发结束。胁迫初期,种子萌发数达到高峰时统计发芽势、第 7 天统计发芽率。

1.4 测定方法

统计种子发芽后的数量,测量统计种子发芽后的苗长,计算不同贮藏条件下的种子发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数。发芽特性的计算公式如下:

发芽势 = 种子萌发初期的高峰发芽数/供试种子数 × 100% ;

相对发芽势 = 处理发芽势/对照发芽势 × 100% ;

发芽率 = 种子最终发芽数/供试种子数 × 100% ;

相对发芽率 = 处理发芽率/对照发芽率 × 100% ;

平均发芽时间 = $\sum(G_t \times t) / \sum G_t$;

发芽指数(G_i) = $\sum(G_t/D_t)$;

活力指数(V_i) = $S \times \sum(G_t/D_t)$;

苗长 = 种子发芽后胚根长 + 下胚轴长;

式中: G_t 表示在时间 t 时的种子发芽数; D_t 表示相应的发芽时间(以天数计); S 表示幼苗的生长势(以苗长表示)。计算各处理的榆树种子发芽指数,用每天的累计种子发芽数除以种子在培养皿中萌发放置的时间(以天数计),待种子发芽结束后,将每天计算得到的数值相加,即为该种子的发芽指数。数据分析主要通过 SPSS 19.0 计算完成,采用 Anove 方法比较均值差异,采用 Duncan's 新复极差法进行多重比较,利用 GraphPad Prism 5 进行数据处理及绘图。

2 结果与分析

2.1 NaCl 胁迫对榆树种子萌发的影响

2.1.1 不同浓度 NaCl 对榆树种子发芽特性的影响

从统计计算的榆树种子的发芽指数(图 1)和活力指数(图 2)来看,随着 NaCl 溶液浓度的增加,榆树种子的发芽指数和活力指数呈下降趋势,根据统计分析后的结果,各处理浓度下榆树种子的发芽指数均差异显著。如图 1 所示,50 mmol/L NaCl 浓度的榆树种子发芽指数最高,较 CK 显著上升 31.56%。NaCl 浓度达到 150 mmol/L 时榆树种子发芽指数显著降低,较 50 mmol/L NaCl 下降了 60.66%,下降为 CK 的 51.76%。300 mmol/L NaCl 溶液处理下的榆树种子,发芽指数较 150 mmol/L 急剧下降了 92.3%,值仅为 CK 的 3.99%。发芽指数可以较为敏感地反映试验时期的种子萌发情况。试验结果表明,虽然中度、重度盐胁迫会抑制榆树种子的发芽指数,但在适当的轻度盐胁迫条件下,发芽指数有所升高,表明榆树种子有显著的耐盐性。如图 2 所示,随着 NaCl 溶液浓度的升高,榆树种子的活力指数呈下降趋势。CK 的榆树种子活力指数最高,均值为 38.03。50 mmol/L NaCl 浓度的榆树种子活力指数较 CK 略下降了 1.85%,可达 CK 的 98.15%,且与 CK 无明显差异。NaCl 浓度达到 150 mmol/L 时,榆树种子活力指数急剧降低,较 50 mmol/L 显著下降 92.15%,下降为 CK 的 7.70%,较 CK、50 mmol/L 差异显著。随着 NaCl 溶液浓度的上升,榆树种子的活力指数继续下降,300 mmol/L 较 150 mmol/L 的活力指数下降了 98.86%,值仅为 CK 的 0.09%,且较 150 mmol/L NaCl 浓度差异不显著。试验结果表明,50 mmol/L

NaCl 浓度的种子活力指数较 CK 虽略下降,但此浓度对榆树种子的萌发影响不显著,证明榆树种子可耐 50 mmol/L NaCl 浓度的盐胁迫。而随着 NaCl 溶液浓度的上升,150、300 mmol/L NaCl 浓度处理下的种子活力指数均显著受到抑制。

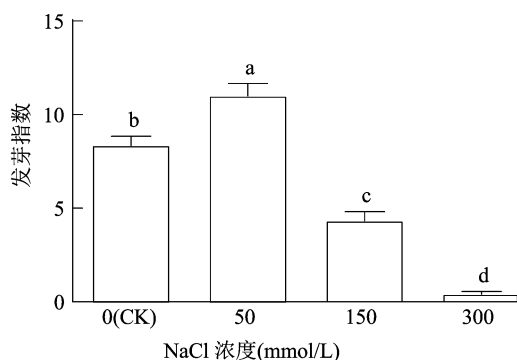


图1 不同浓度 NaCl 胁迫对榆树种子发芽指数的影响

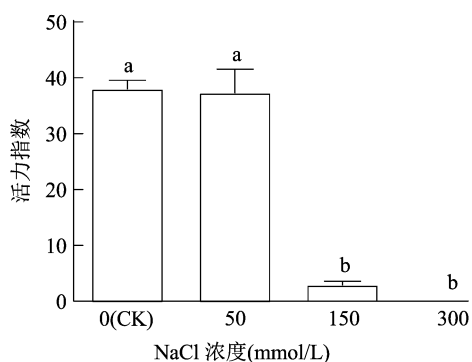


图2 不同浓度 NaCl 胁迫对榆树种子活力指数的影响

2.1.2 不同浓度 NaCl 对榆树种子发芽势、发芽率的影响 如图 3 所示,随着 NaCl 溶液浓度的上升,榆树种子发芽势呈明显下降趋势,且各处理间发芽势均差异显著。CK 的榆树种子发芽势最高,为 77.78%。50 mmol/L NaCl 浓度的榆树种子发芽势较 CK 显著下降 32.22%,NaCl 浓度达到 150 mmol/L 时,榆树种子发芽势显著降低,较 50 mmol/L 下降了 14.44%。300 mmol/L NaCl 溶液处理下的榆树种子,发芽势较 150 mmol/L 急剧下降了 25.56 百分点。其中 50、150、300 mmol/L 与 CK 的相对发芽势为 58.57%、40.00%、7.14%。试验结果表明,在各处理的萌发高峰期,发芽势对比明显,不同浓度的 NaCl 溶液对榆树种子萌发初期的抑制效果明显。其中 300 mmol/L NaCl 胁迫对榆树种子的萌发抑制作用最突出。如图 4 所示,随着 NaCl 溶液浓度的上升,榆树种子发芽率呈先上升后下降趋势。50 mmol/L NaCl 处理的榆树种子发芽率最高,为 85.55%,较 CK 略上升了 2.6%,且较 CK 差异不显

著。NaCl 浓度达到 150 mmol/L 时,榆树种子发芽率显著降低,较 50 mmol/L NaCl 处理下降了 30.38%。300 mmol/L NaCl 溶液处理下的榆树种子,发芽率较 150 mmol/L 急剧下降了 90.91%。其中 50、150、300 mmol/L 与 CK 的相对发芽率为 103.32%、72.07%、6.44%。发芽率是种子利用价值高低的重要指标。试验结果表明,50 mmol/L NaCl 浓度处理对榆树种子的萌发结果数量有一定的促进作用。而随着 NaCl 浓度上升,150、300 mmol/L NaCl 处理对于榆树种子萌发有明显的抑制作用,且 300 mmol/L 的抑制作用最大。

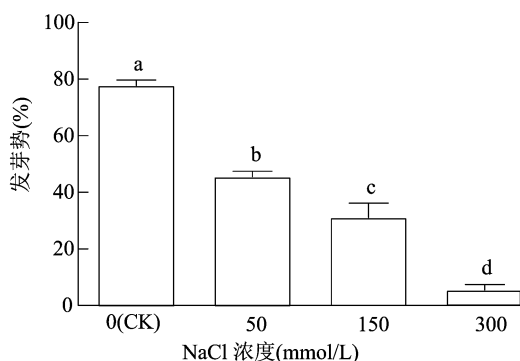


图3 不同浓度 NaCl 胁迫对榆树种子发芽势的影响

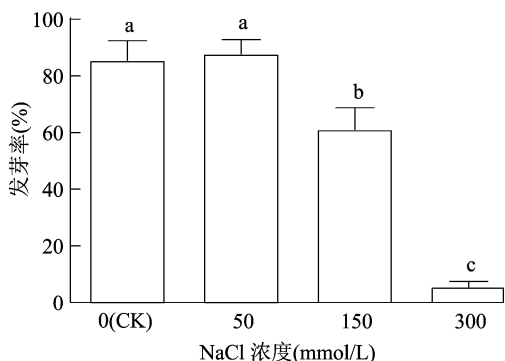


图4 不同浓度 NaCl 胁迫对榆树种子发芽率的影响

2.1.3 不同浓度 NaCl 对榆树种子苗长的影响 如图 5 所示,随着 NaCl 溶液浓度的上升,榆树种子苗长呈明显的下降趋势,且各处理间苗长均差异显著。CK 的榆树种子苗长最长,为 4.55 cm。50 mmol/L NaCl 浓度的榆树种子苗长较 CK 显著下降 25.62%,达 CK 的 74.38%。NaCl 浓度达到 150 mmol/L 时,榆树种子的苗长急剧下降,苗长较 50 mmol/L 显著下降了 79.92%,仅为 CK 的 14.93%。随着 NaCl 溶液浓度的上升,300 mmol/L NaCl 溶液处理下的榆树种子,苗长较 150 mmol/L 显著下降 85.29%,值仅为 CK 的 2.2%。试验结果表明,随着 NaCl 浓度的升高,苗长生长受限,盐胁迫

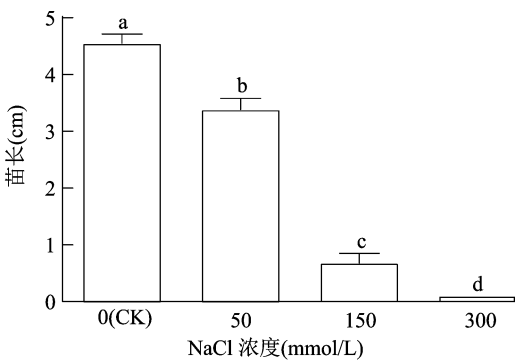


图5 不同浓度 NaCl 胁迫对榆树种子苗长的影响

会抑制榆树幼苗的正常生长。

2.1.4 不同浓度 NaCl 对榆树种子平均发芽时间的影响 如图 6 所示,随着 NaCl 溶液浓度的上升,榆树种子的平均发芽时间呈先下降后上升的趋势,且各处理间均差异显著。300 mmol/L NaCl 处理的榆树种子平均发芽时间最长,为 5 d。50 mmol/L NaCl 浓度的榆树种子平均发芽时间较 CK 显著减少 0.61 d,达 CK 的 80.37%。NaCl 浓度达到 150 mmol/L 时,榆树种子平均发芽时间延长,较 50 mmol/L 延长了 1.84 d,上升为 CK 的 140.08%。随着 NaCl 溶液浓度的上升,榆树种子的平均发芽时间继续延长,300 mmol/L NaCl 溶液处理下的榆树种子,平均发芽时间较 150 mmol/L 增加 0.68 d,值

达到了 CK 的 162.01%。平均发芽时间反映了种子萌发的平均速度。试验结果表明,50 mmol/L NaCl 浓度处理对于榆树种子的萌发速度有显著的促进作用,而随着 NaCl 溶液浓度的上升,150、300 mmol/L NaCl 溶液处理会显著延长榆树种子的平均发芽时间。

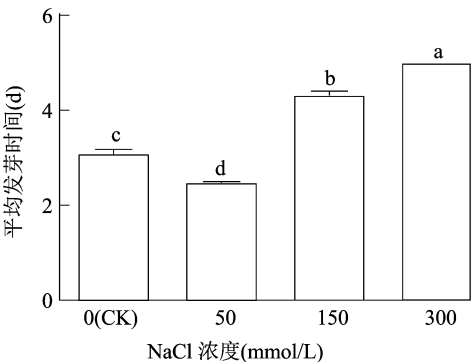


图6 不同浓度 NaCl 胁迫对榆树种子平均发芽时间的影响

2.2 各指标与 NaCl 溶液浓度的回归分析

如表 1 所示,根据各指标与 NaCl 浓度的回归分析,得出各指标的回归方程及榆树种子的耐盐适宜范围、种子耐盐半致死浓度、种子耐盐极限浓度。结果表明,相关系数最高的是发芽率,根据其回归方程得出榆树种子耐盐适宜范围(适宜值)、种子耐盐半致死浓度(临界值)、种子耐盐极限浓度(极限值)分别为 110.39、186.50、308.29 mmol/L。

表 1 NaCl 溶液浓度和各指标的回归分析

指标	回归方程	相关系数	适宜值 (mmol/L)	临界值 (mmol/L)	极限值 (mmol/L)
发芽指数	$y = 10.062 - 0.032x$	0.914	118.47	83.80	288.31
活力指数	$y = 37.378 - 0.142x$	0.895	62.35	129.31	236.44
发芽势	$y = 67.118 - 0.217x$	0.948	40.47	130.08	273.46
发芽率	$y = 95.184 - 0.281x$	0.963	110.39	186.50	308.29
苗长	$y = 4.058 - 0.015x$	0.929	42.87	118.76	240.18
平均发芽时间	$y = 2.743 + 0.008x$	0.903	53.54	149.99	304.30
相对发芽势	$y = 86.270 - 0.278x$	0.949	100.13	169.82	281.33
相对发芽率	$y = 111.696 - 0.330x$	0.952	111.20	186.96	308.17

注:种子耐盐适宜范围(适宜值)指处理指标达到对照指标 75% 时相对应的盐液浓度。种子耐盐半致死浓度(临界值)指处理指标达到对照指标 50% 时相对应的盐液浓度。种子耐盐极限浓度(极限值)指处理指标达到对照指标 10% 时相对应的盐液浓度。

3 讨论

近年来,全国的土壤盐渍化面积日益增大,选择合适的速生抗性树种是改善土壤问题的重要方法。植物对盐分最敏感的时期是种子萌发时期,是品种耐盐性选择、早期植物耐盐性鉴定的重要时期。在盐胁迫下植物种子在吸收土壤水分的同时

也吸收水分中的盐离子,从而使种子内水势下降,影响种子萌发,盐分过高可导致离子毒害和渗透胁迫。目前,在研究种子耐盐能力强弱上所用的指标主要有种子发芽势、发芽率、发芽指数及活力指数等。

本试验通过各项发芽指标,得出结论,随着盐浓度的上升,发芽势、苗长、活力指数呈明显下降趋

势,发芽率、发芽指数呈先上升后下降的趋势,而平均发芽时间则呈先下降后上升的趋势。试验结果表明,榆树种子在 50 mmol/L NaCl 处理下,发芽率、发芽指数均较 CK 有所上升,且发芽指数较 CK 显著上升。而发芽势、苗长、平均发芽时间较 CK 均显著下降。证明 50 mmol/L NaCl 对榆树种子整体的萌发数量、萌发速度虽有显著的促进作用,但对榆树种子萌发初期苗长也有显著的抑制作用。种子活力是种子发芽和出苗率、幼苗生长的潜势、植株抗逆能力和生产潜力的总和,是衡量种子品质的重要指标,此浓度下榆树种子的活力指标较 CK 下降,但无明显差异。因此,榆树种子对 50 mmol/L NaCl 的盐胁迫有耐受性。随着 NaCl 浓度的上升,榆树种子在 150、300 mmol/L NaCl 处理下种子的发芽势、发芽率、发芽指数、苗长均呈显著下降趋势,而平均发芽时间呈显著上升趋势。表明 150、300 mmol/L NaCl 胁迫对榆树种子的整个萌发过程均有显著的抑制作用,而 300 mmol/L NaCl 浓度的盐胁迫对于榆树种子的抑制作用更严重。

在盐胁迫下不同植物的耐盐性有所区别,丁丁等研究发现锦葵科植物能在轻度盐渍化生境(0.4% NaCl)中生长^[10]。刘志洋等发现桔梗在盐浓度为 50 mmol/L 时促进萌发,当盐浓度达到 250 mmol/L 时,桔梗种子不萌发^[11]。周平等发现,白梭梭种子在 0.1 mmol/L NaCl 溶液中种子萌发率较高,在 0.9 mmol/L NaCl 溶液中仍有种子萌发^[12],说明低浓度的盐溶液不抑制种子萌发。相似的结果还出现在 *Cakile maritima*^[13]、*Salicornia rubra*^[14]等物种中。刘庆华等发现番茄的耐盐适宜浓度在 60 mmol/L 以下,150 mmol/L 视为致死浓度^[15]。根据前人的试验结论得出,榆树种子的耐盐性大于锦葵科植物、白梭梭、番茄、桔梗种子。

4 结论

目前盐胁迫多关注于农业产品,而对于改善土壤盐碱化,林业耐盐耐旱的抗性树种的研究才是需要解决的迫切问题。盐胁迫阻止种子萌发有 3 个主要原因:(1)渗透胁迫引起生理缺水,从而影响种子的萌发,胚根的生长也受到抑制。(2)细胞质膜遭到破坏。(3)离子的毒害。本试验研究了 CK、50、150、300 mmol/L NaCl 溶液处理下的榆树种子在盐胁迫下的萌发特性,榆树种子对 50 mmol/L NaCl 的盐胁迫有耐受性,而 150 mmol/L NaCl 处理对榆树

种子萌发有显著的抑制作用,300 mmol/L NaCl 胁迫加重抑制。根据各指标与盐浓度回归分析,得出各指标的回归方程及榆树种子的耐盐阈值在 110.39 ~ 186.50 mmol/L。这与朱建峰等的试验结论^[16]相符。为了解不同浓度 NaCl 胁迫对榆树种子萌发的影响,对榆树种子的耐盐能力做出评价,并为榆树种子的播种条件、盐碱地抗性树种的选择提供指导意见,但其他浓度以及不同胁迫时间后种子萌发与种子特性需要进一步研究。

参考文献:

- [1]李玉梅,姜云天,董雪松. 盐胁迫对东北薄荷种子萌发的影响[J]. 东北林业大学学报,2018,46(2):22-28,34.
- [2]Omami E N, Haigh A M, Medd R W, et al. Changes in germinability, dormancy and viability of *Amaranthus retroflexus* as affected by depth and duration of burial[J]. Weed Research, 1999, 39(5):345-354.
- [3]王进,罗光宏,颜霞,等. 单盐胁迫对蒙古扁桃种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 中草药,2017,48(12):2509-2515.
- [4]中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,1991.
- [5]宋庆云,黄圣,吕艳伟. 盐碱胁迫对白榆种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 种子,2018,37(7):15-18.
- [6]周丹丹,刘德玺,李存华,等. 盐胁迫对朴树和速生白榆幼苗光合特性及叶绿素荧光参数的影响[J]. 西北植物学报,2016,36(5):1004-1011.
- [7]Song F N, Yang C P, Liu X M, et al. Effect of salt stress on activity of superoxide dismutase (SOD) in *Ulmus pumila* L. [J]. Journal of Forestry Research, 2006, 17(1):13-16.
- [8]侯军铭,梁海永,王颖,等. 不同盐碱区白榆、白蜡、紫穗槐、柽柳体内离子分布特征[J]. 中国农学通报,2009,25(9):277-281.
- [9]慕德宇. 离体培养条件下 12 个白榆优良无性系氯化钠盐分抗性筛选的研究[J]. 山东大学学报(理学版),2013,48(3):19-23.
- [10]丁丁,郭艳超,左永梅,等. 光照和 NaCl 胁迫对 3 种锦葵科植物种子萌发的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(19):163-166.
- [11]刘志洋,刘岩. 不同盐碱胁迫对桔梗种子萌发和幼苗生理特征的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(24):144-147.
- [12]周平,黄俊华. 果翅、盐分及干旱胁迫对白梭梭种子萌发的影响[J]. 防护林科技,2012(3):9-13.
- [13]Debez A, Hamed K B, Grignon C, et al. Salinity effects on germination, growth, and seed production of the halophyte *Cakile maritima*[J]. Plant and Soil, 2014, 262:179-189.
- [14]Khan M A, Gul B, Weber D J. Germination responses to *Salicornia rubra* to temperature and salinity[J]. Arid Environ, 2000, 45:207-214.
- [15]刘庆华,雷逢进,刘秀丽,等. NaCl 胁迫对山西主栽番茄品种种子萌发的影响[J]. 北方园艺,2018(17):59-63.
- [16]朱建峰,杨秀艳,张庆国,等. NaCl 胁迫对白榆不同家系种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 种子,2016,35(2):29-32.