

王爱霞,方炎明. NaCl胁迫对不同种源构树种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):257-261.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.074

NaCl胁迫对不同种源构树种子萌发及幼苗生长的影响

王爱霞^{1,2}, 方炎明²

(1. 内蒙古工业大学建筑学院, 内蒙古呼和浩特 010050; 2. 南京林业大学生物与环境学院, 江苏南京 210037)

摘要:选择浙江、江苏连云港、福建3个不同种源的构树(*Broussonetia papyrifera*)种子为试验材料,分析不同浓度盐分胁迫下构树种子的发芽率、发芽指数、活力指数,比较光照、黑暗条件下3个种源构树种子的萌发差异,同时研究了构树种子幼苗的生理特征。研究表明,除浙江种源不萌发外,光照对江苏连云港、福建种源构树种子萌发有明显的促进作用,但对胚根生长有限制作用;低浓度盐碱处理能促进构树种子萌发,发芽率升高;而高盐处理则抑制构树种子萌发,发芽率、发芽指数、活力指数下降,且构树种子的发芽率、发芽指数、活力指数因种源不同而有差异,江苏连云港种源最高,福建种源次之,浙江种源不萌发;在盐分胁迫下,构树种子幼苗的SOD活性呈先降后升趋势;MDA含量随处理浓度的升高而增加;构树种子幼苗的可溶性蛋白含量和游离脯氨酸含量均呈上升趋势,盐浓度为75 mmol/L时,含量达到最高,在100 mmol/L时可溶性蛋白含量下降,而游离脯氨酸含量没有明显变化。综合分析,连云港构树种子在盐处理条件下发芽率较高,抗逆性较强,可作为改善盐碱地的绿化树种。

关键词:构树;盐分胁迫;萌发;生理特征;种源地

中图分类号: Q945.78 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)08-0257-05

全世界约有1/3的盐渍化土壤,严重制约着农业生产,是影响生态环境的重要因素之一。中国有250万hm²以上的各种盐渍土壤,而且还有逐年上升的趋势,因此植物耐盐机理和耐盐作物品种的培育已成为当前的研究热点之一。

收稿日期:2016-02-29

基金项目:内蒙古工业大学博士研究项目(编号:117-841011);国家林业科技支撑计划专题(编号:2006BAD03A1702)。

作者简介:王爱霞(1979—),女,内蒙古呼和浩特人,博士,讲师,主要从事环境生物学研究。E-mail:690236482@qq.com。

养生长期增大^[16]。因此对于土壤水肥影响下番茄开花坐果期和盛果期干物质积累的模拟,需进一步试验得出。

参考文献:

- [1]周青云,王仰仁,叶澜涛,等.不同水肥处理下冬小麦干物质积累动态及模型研究[J].麦类作物学报,2013,33(3):555-560.
- [2]王新,刁明,马富裕,等.滴灌加工番茄叶面积、干物质生产与积累模拟模型[J].农业机械学报,2014,45(2):161-168.
- [3]冯淑梅,张忠学.滴灌条件下水肥耦合对大豆生长及水分利用效率的影响[J].灌溉排水学报,2011,30(4):65-67,75.
- [4]贾彪,钱瑾,马富裕.氮素对膜下滴灌栽培棉花叶面积指数影响的模拟研究[J].农业机械学报,2015,46(2):79-87.
- [5]杨小振,张显,马建祥,等.滴灌施肥对大棚西瓜生长、产量及品质的影响[J].农业工程学报,2014,30(7):109-118.
- [6]石珊珊,周苏玫,尹钧,等.高产水平下水肥耦合对小麦旗叶光合特性及产量的影响[J].麦类作物学报,2013,33(3):549-554.
- [7]李严坤,张忠学,仲爽,等.水肥处理对玉米叶片水分利用效率及其光合特性的影响[J].东北农业大学学报,2008,39(10):15-19.

植物的耐盐性是由多基因决定的数量性状,是多种耐盐性状的综合体现。人们一直尝试通过多种方法培育耐盐作物,近几年来,随着植物抗渗透胁迫基因工程的迅速发展,新的耐盐相关基因不断被发现,但由于对植物耐盐机理的了解还不够深入,到目前为止尚未培育出一种能在盐碱地上高产的作物品种。构树(*Broussonetia papyrifera*)是桑科(Moraceae)构属的乔木树种,构树适应能力较强,耐干旱瘠薄,能忍受大气污染,是一个颇具发展前途的优良速生经济树种和新炭树种,构树在水土保持、涵养水源、抗污吸污、造纸、木炭等方面均具有重要意义。目前,关于构树种子的耐盐研究主要集

- [8]徐刚,张昌伟,李德翠,等.温室番茄光合生产和干物质积累模型的建立[J].内蒙古农业大学学报:自然科学版,2007,28(3):171-176.
- [9]刘娟,熊淑萍,杨阳,等.基于归一化法的小麦干物质积累动态预测模型[J].生态学报,2012,32(17):5512-5520.
- [10]李艳大,汤亮,陈青春,等.水稻地上部干物质积累动态的定量模拟[J].应用生态学报,2010,21(6):1504-1510.
- [11]李永秀,罗卫红,倪纪恒,等.基于辐射和温度热效应的温室水果黄瓜叶面积模型[J].植物生态学报,2006,30(5):861-867.
- [12]倪纪恒,毛罕平.电导率对温室黄瓜叶面积和干物质生产影响的动态模拟[J].农业工程学报,2011,27(12):105-109.
- [13]李永秀,罗卫红,倪纪恒,等.基于辐射和温度热效应的温室水果黄瓜叶面积模型[J].植物生态学报,2006,30(5):861-867.
- [14]李娟,郭世荣,罗卫红.温室黄瓜光合生产与干物质积累模拟模型[J].农业工程学报,2003,19(4):241-244.
- [15]邢英英,张富仓,张燕,等.膜下滴灌水肥耦合促进番茄养分吸收及生长[J].农业工程学报,2014,30(21):70-80.
- [16]李百凤,冯浩,吴普特,等.土壤水分下限对番茄光合速率、品质及产量的影响[J].中国农学通报,2007,23(5):471-476.

中于不同盐浓度下的萌发情况和耐盐机理^[1]及不同处理对萌发的影响^[2],而关于不同种源构树种子耐盐方面的研究未见报道,种子萌芽期是最为脆弱也是最为关键的时期,且不同种源的种子其耐盐性能也各不相同,本研究在控制试验条件下,选择 3 个不同种源的构树种子为试验材料,采用培养皿滤纸萌发的方法,分析光照和黑暗条件下及不同浓度盐胁迫下构树种子的发芽率、发芽指数、活力指数,并对构树种子幼苗的生理特征进行了研究,以期对构树种子萌芽期的耐盐特性提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料

从浙江、连云港、福建 3 个地方采集不同种源同年生的构树种子,采集时间为 2015 年 10 月。

1.2 方法

1.2.1 测定样品的提取 用四分法筛选出纯净饱满种子,消毒,备用。

1.2.2 种子质量、净度、大小及活力的测定 种子质量的测定以 1 000 粒×3 组的平均值为其平均质量(平均值±标准误差)。长度按照以毫米纸为标准,测定 20 粒种子的长轴和短轴,求平均值。净度按照颜启传的方法^[3]测定。活力测定是按照国家标准 GB 2772—1981《林木种子检验方法》,从供试样品中随机取出 50 粒种子通过 TTC 法^[4]测定活力,统计数据。

1.2.3 NaCl 溶液浓度设置 配制 0(对照)、25、50、75、100 mmol/L 不同浓度梯度 NaCl 溶液。

1.2.4 种子培养方法 在培养皿(直径为 9 cm)底部放滤纸 2 张,摆放种子 60 粒,再在种子上面盖 1 张滤纸,然后滴加相应的盐溶液,溶液量以上层滤纸湿润,倾斜时皿底无溶液为宜,每个处理 3 次重复。将培养皿放入温度为(30±1)℃的恒温培养箱内保温培养,分别于 7、10、13、16、19、21 d 统计发芽率、发芽指数、活力指数。

1.2.5 幼苗生理试验 将消毒后的饱满种子种植在直径为

10 cm 的塑料盒内,盒内装有经清洗高温消毒后的石英砂,每盒种植 10 粒种子,重复 3 次。用 Hoagland 营养液培养至出苗后,再加入相应浓度的 NaCl 溶液,培养温度白天 29℃,夜间 24℃,光照 12 h/d,盐胁迫 7 d 后测定幼苗的生理指标。

1.2.6 指标测定与数据处理 当胚根突出种皮时,即被认为发芽^[5],统计种子萌发数,测量胚根长,并按顾增辉等的方法^[6]计算发芽率、发芽指数、活力指数,用种子每隔 3 d 的萌发率来绘制萌发曲线^[7],观察不同处理对种子萌发的影响。

超氧化物歧化酶(SOD)活性采用氮蓝四唑(NBT)法^[8]测定,可溶性蛋白含量采用愈创木酚法^[9]测定,游离脯氨酸含量采用磺基水杨酸法^[7]测定,丙二醛(MDA)含量采用双组分光光度法^[10]测定。

数据处理:利用 Excel 2003 进行计算、绘图,利用 SPSS 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同种源种子特性比较

3 种不同种源构树种子质量参数见表 1。从表 1 可以看出,3 个不同种源构树种子质量存在极显著差异,千粒质量浙江种源最小,为 2.596 g;连云港种源最大,为 3.986 g。3 个不同种源构树种子净度也存在极显著差异,浙江最小,为 57%,连云港最大,为 73%。3 个不同种源构树种子之间形状大小存在显著差异,但每一种源的形状变化很小,几乎都是圆形。3 个种源的构树种子生活力都较高。

千粒质量大,种子内含物多,具有耐储藏、寿命长、成苗率高的特点,连云港种源在此方面具有优势,在种苗繁育中应充分利用。种子形态、净度、大小特征与种子品质、种群繁衍有密切关系,连云港种源在此方面也具有优势,在绿化和造林中应注意利用。种子活力测定结果表明,所用 3 种植物的种子在天然条件下活力都比较高,浙江、连云港、福建种源种子活力分别达 96%、100%、99%,表明天然条件下 3 种种源的种子可直接用于种苗繁殖,育苗成本低。

表 1 不同种源构树种子特性比较

种源地	千粒质量 (g)	净度 (%)	长轴 (mm)	短轴 (mm)	种子活力 (%)
浙江	2.596±0.025C	57C	0.804±0.005cA	0.796±0.010cA	96
连云港	3.986±0.050A	73A	1.101±0.010aA	1.008±0.005aA	100
福建	3.390±0.038B	61B	0.943±0.012bA	0.908±0.005bA	99

注:同列数据后不同小写、大写字母分别表示差异显著($P<0.05$)、极显著($P<0.01$)。

2.2 种子消毒方法的筛选

种子消毒方法有多种,本研究采用 4 种消毒方法对种子进行消毒,消毒结果见表 2,KMnO₄ 对浙江、福建种源构树种子消毒效果最好,污染率很低,分别为 3.3%、1.7%;乙醇对连云港种源构树种子消毒效果最好,污染率为 5.0%。

表 2 不同种类消毒液的消毒效果比较

消毒液	消毒时间	浓度 (%)	种子污染率(%)		
			浙江	连云港	福建
KMnO ₄	2 h	5	3.3	16.3	1.7
乙醇	30 min	70	6.7	5.0	8.3
NaClO	30 min	5	16.7	18.3	15.0
HgCl ₂	30 min	0.1	6.7	10.0	8.3

2.3 NaCl 胁迫对不同种源构树种子萌发的影响

2.3.1 光照对构树种子萌发的影响 光照和盐胁迫下对 3 个不同种源构树种子萌发率的影响见表 3。浙江种源构树种子在光照和黑暗条件下均不能萌发。连云港、福建种源构树种子在 12 h/d 光照和黑暗条件下,均能够正常萌发。与暗中萌发的种子相比,光照条件下种子萌发率比黑暗条件下种子的萌发率高。表明光照可以提高种子发芽率。但 2 种种源构树种子发芽率对光照条件反应存在差异。连云港、福建种子在盐胁迫作用下,无论是光照还是黑暗条件下发芽率都小于对照,与光照 12 h/d 相比,在黑暗条件下发芽率明显下降。表明光照对构树种子萌发有明显促进作用。

2.3.2 盐胁迫对构树种子发芽率的影响 从表 3 还可以看

到,在间歇光照条件下,除浙江种源外,植物在不同浓度盐胁迫下都具有发芽能力,不同种源种子存在差异:连云港、福建构树种子的发芽率在盐浓度为 25 mmol/L 的条件下,均高于对照,说明低浓度的盐胁迫对构树种子的萌发有促进作用;在其他盐浓度条件下,发芽率低于对照,表明高盐胁迫对种子的萌发有抑制作用。3 个种源构树种子对盐的耐受性存在差异。浙江构树种子不萌发,连云港构树种子在不同盐浓度条件下发芽率均高于福建种源,表明连云港种子在高浓度盐胁迫下耐性最强,福建种子次之,浙江种子最差。

表3 光照和盐胁迫对3个种源构树种子萌发指标的影响

种源地	盐分浓度 (mmol/L)	发芽率(%)	
		光照	黑暗
浙江	CK	0	0
	25	0	0
	50	0	0
	75	0	0
	100	0	0
连云港	CK	65.00	21.25
	25	68.75	22.50
	50	33.75	7.50
	75	22.50	3.75
	100	7.50	2.50
福建	CK	23.75	11.25
	25	25.00	12.50
	50	3.75	2.50
	75	2.50	1.25
	100	1.25	1.25

2.3.3 盐胁迫对构树种子发芽指数、活力指数的影响 从图1可以看出,在不同浓度单盐处理下种子发芽指数、活力指数变化明显。随着处理浓度的增加,发芽指数、活力指数都呈下降趋势。盐浓度在 25 mmol/L 时,连云港构树种子的发芽指数低于对照,而活力指数高于对照;福建构树种子的发芽指数稍高于对照,而活力指数低于对照。盐浓度大于 50 mmol/L 时,福建构树种子的发芽指数、活力指数下降趋势都比较缓慢,而连云港构树种子的发芽指数、活力指数呈线性下降趋势;当盐浓度达 100 mmol/L 时,连云港、福建构树种子的发芽指数、活力指数趋于零,表明高浓度盐胁迫构树种子发芽受到严重影响。种子生活力的表征主要有发芽率、发芽势、活力指数、发芽指数等指标。通常生活力高的种子不仅发芽指数高,而且幼苗生长量较大,适应外界不良环境能力强。结果表明,不同浓度盐碱溶液处理对不同种源构树种子活力指数、发芽指数影响不同。连云港构树种子活力指数、发芽能力均高于福建构树种子。

2.3.4 盐胁迫对构树种子发芽速度的影响 盐胁迫影响种子发芽率,同样也会影响植物种子的发芽速度。本研究观察了连云港、福建构树种子在 12 h/d 光照条件下一定时间间隔的发芽率,种子萌发曲线见图2、图3,盐胁迫对2种种源构树种子萌芽速度都有影响,连云港构树种子表现相对轻微,在高浓度盐胁迫下才出现萌发延迟,低浓度时种子的萌发影响较小;福建构树种子表现明显,在低浓度盐胁迫条件下种子萌发率低,且萌发延迟,表明福建构树种子受盐浓度影响更大。

2.4 NaCl 胁迫对构树幼苗生理指标的影响

2.4.1 NaCl 胁迫对构树幼苗SOD活性的影响 SOD是需

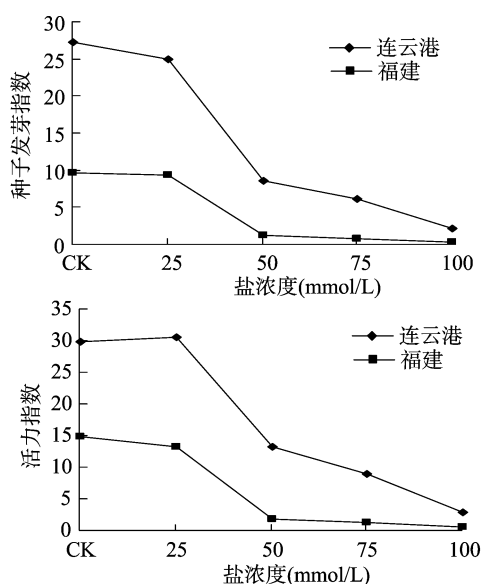


图1 不同浓度盐处理构树种子的发芽指数、活力指数比较

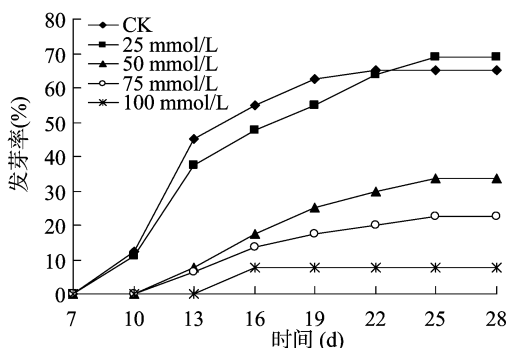


图2 不同浓度盐胁迫下对连云港构树种子萌发的影响

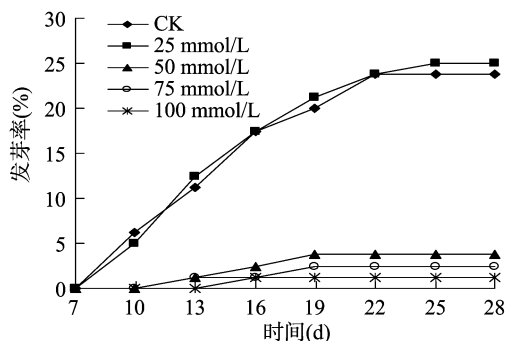


图3 不同浓度盐胁迫下对福建构树种子萌发的影响

氧生物细胞中普遍存在的一种金属酶,可防御活性氧或其他过氧化物自由基对细胞膜系统的伤害,以减轻逆境胁迫对植物细胞的伤害。从图4可以看出,在不同浓度的盐胁迫下,构树种子幼苗SOD活性的变化趋势是先下降后升高,在低浓度盐胁迫作用下,构树种子幼苗SOD活性突然下降,低于对照,随着盐浓度的升高,SOD活性缓慢上升。

2.4.2 NaCl 胁迫对构树幼苗MDA含量的影响 MDA是膜质过氧化的重要产物,能交联脂类、核酸、糖类及蛋白质,破坏膜结构,导致细胞质膜损伤,电解质渗漏严重。MDA可作为植物在逆境条件下发生膜质过氧化作用强弱的指标,它的积累会对膜系统造成不同程度的损害。

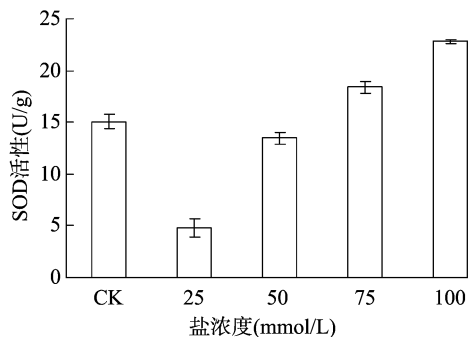


图4 不同浓度盐胁迫对构树种子幼苗 SOD 活性的影响

在盐处理条件下, 构树种子幼苗 MDA 含量发生明显变化(图5), 随着盐处理浓度的增加, MDA 含量逐渐升高, 在 100 mmol/L 时, 增幅最大, 达到最高, 表明盐处理浓度与其体内 MDA 含量呈正相关关系。

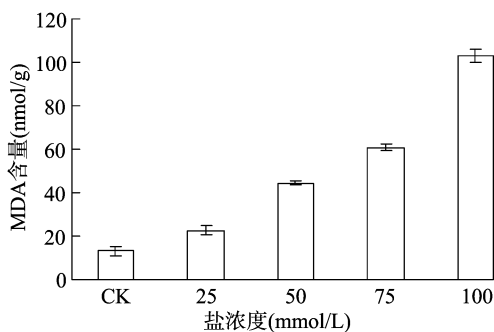


图5 不同浓度盐胁迫对构树种子幼苗 MDA 含量的影响

2.4.3 NaCl 胁迫对构树幼苗可溶性蛋白含量的影响 盐胁迫作用下, 植物体内蛋白质动态平衡被打破, 体内可溶性蛋白积累, 使细胞渗透势下降, 从而细胞可以从外界吸收水分保持其膨压, 使体内各种代谢过程正常进行。在不同浓度的盐处理条件下, 构树种子幼苗的可溶性蛋白含量呈先上升后下降趋势, 在 75 mmol/L 时达到最高, 在 100 mmol/L 时下降, 但高于对照(图6)。

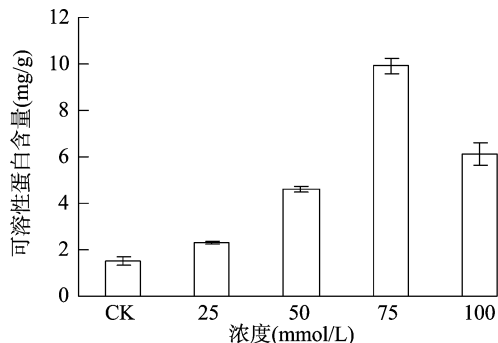


图6 不同浓度盐胁迫对构树种子幼苗可溶性蛋白含量的影响

2.4.4 NaCl 胁迫对构树幼苗游离脯氨酸含量的影响 游离脯氨酸含量的变化在一定程度上反映植物受胁迫的程度以及抵抗逆境的能力。在不同盐浓度处理下, 构树幼苗游离脯氨酸含量呈升高趋势, 而在 100 mmol/L 时, 含量略有下降, 但变化不明显(图7)。

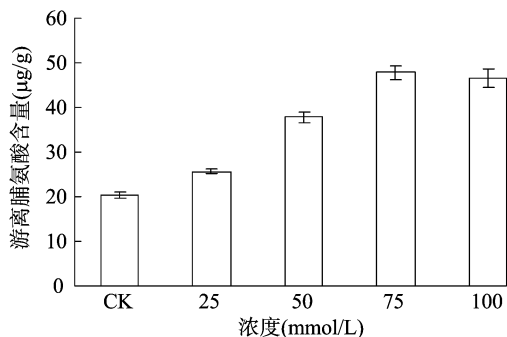


图7 不同浓度盐胁迫对构树种子幼苗游离脯氨酸含量的影响

3 讨论与结论

3.1 种子萌发与光照的关系

种子萌发是受多种内、外因素影响的复杂过程, 浙江种源构树种子不萌发可能是内外因素共同作用的结果。不同植物种子的萌发对光照具有不同的要求。部分种子的萌发严格需要光照。许多植物的种子无论在光照下还是在暗中都萌发很好, 或者在暗中萌发较在光下的好^[11]。本研究结果, 除浙江种源的构树种子外, 其他 2 个种源构树种子无论在光照或暗中都能萌发, 萌发时的发芽率在光照下有显著提高, 说明光照对连云港、福建种源种子萌发有明显的促进作用, 但是对胚根的生长却表现抑制生长。光对种子萌发的影响通过光敏素起作用, 光敏素存在 2 种形式红光吸收型、远红光吸收型^[7], 喜光性种子要求远红光吸收水平高。上述 3 个种源构树种子萌发对光的需求表现不同, 这是植物长期适应环境的结果。3 个种源来源于亚热带地区, 可能由于长期所处的生境日照强度和时间内有差异, 导致 Pfr/Pr 的值不同, 从而影响种子萌芽对光照反应不一。

3.2 盐胁迫与种子萌发的关系

盐胁迫对种子萌发影响的研究已有许多报道, 种子耐盐性因种源不同有一定的差异。盐胁迫对盐生植物和非盐生植物来说, 都造成种子发芽率下降, 发芽时间推迟和延长^[12]。低浓度的盐胁迫对连云港、福建种源构树种子的萌发有促进作用, 与相关报道所说多数植物种子虽在蒸馏水中萌发最好^[13]但低浓度盐溶液却表现为对种子萌发的增效作用^[14]是相符合的。这可能与低盐促进细胞膜渗透调节作用有关, 也可能与微量的无机离子 (Na^+) 激活了某些酶有关, 相关机制有待深入研究。盐胁迫下种子的活力指数呈下降趋势, 胚根生长严重受阻, 这可能和细胞内激素调节有关。构树种子最大的萌发率出现在无盐溶液的对照中。类似的情况出现在许多植物中, 大多数的盐生植物在非盐渍条件下萌发要比在盐渍条件下好^[15]。

在本试验中种子萌发盐耐受能力并不能完全等同于种子真实的萌发盐胁迫耐受能力, 因为自然条件下, 由于多种因素的综合影响, 种子萌发盐耐受能力要比在实验室研究结果高得多, 甚至有可能高出几倍^[16]。对 3 个种源构树种子的耐盐性对比研究表明, 只有连云港构树种子在盐渍化生境中生长较好, 可作为改善盐碱地的绿化树种。

3.3 构树幼苗对 NaCl 胁迫的响应

3.3.1 盐胁迫与 SOD 活性、MDA 含量的关系 在盐胁迫作

用下,植物体内会产生活性氧,导致氧化损伤。活性氧在植物体内存在的时间取决于其抗氧化保护体系的活力,存在时间越长伤害越重。SOD 是植物体内抗氧化保护体系的酶促保护系统中一种重要的金属酶,可清除植物体内的 O_2 。植物在逆境条件下出现的伤害或植物对逆境的不同抵抗力往往与体内保护酶活性有关。而在这些细胞保护酶中,以 SOD 最为重要。SOD 活性的下降与植物体的衰老呈正相关,而 SOD 活性的增加是对逆境的一种适应。连云港构树种子幼苗在 25 mmol/L 时,幼苗体内 SOD 活性下降,其含量低于对照组,这与活性氧的清除系统有关;随着盐浓度的升高,SOD 活性增加,较高保护酶活性可有效减轻膜的损害,缓解盐害,这也是耐盐变异体具有一定耐盐性的重要指标。

植物在盐胁迫下所受的伤害中,脂质过氧化作用是一个重要的方面,而其最终产物就是 MDA^[16-17],MDA 通过影响细胞质膜透性及膜蛋白而影响细胞对离子的吸收和积累及活性氧代谢系统的平衡,最终对细胞造成损伤甚至导致死亡。构树种子幼苗在盐胁迫下,MDA 含量随盐浓度的增大而增加。随着浓度的升高,由于活性氧的作用,加剧了膜脂过氧化而使得 MDA 含量升高,说明盐胁迫条件下,植物受到不同程度的伤害,这也可能与其他生理反应参与了膜损伤过程有关。

3.3.2 盐胁迫与可溶性蛋白含量的关系 可溶性蛋白与调节植物细胞的渗透势有关,高含量的可溶性蛋白可帮助维持植物细胞较低的渗透势,抵抗水分胁迫带来的伤害^[8]。相关研究表明,抗盐性强的植物种类或品种含有较高的可溶性蛋白^[18]。

本试验中随着盐浓度的增加,可溶性蛋白含量总体呈先上升后下降变化趋势。构树种子不同盐处理浓度间表现出一定的差异,在中低盐胁迫下构树种子幼苗可以通过生理代谢的调整合成大量的蛋白质,一方面用于渗透调节,一方面用于合成某些保护性酶类及逆境蛋白;但在高盐条件下,由于构树种子、幼苗体内离子的大量积累造成离子毒害破坏了体内的微环境,扰乱了原有的蛋白质代谢平衡,甚至超过生理调节能力导致蛋白降解。因此,蛋白质含量的变化是植物对盐胁迫的生理响应,是自我调节的表现,同时也是受害的表现。

3.3.3 盐胁迫与游离脯氨酸含量的关系 土壤中盐分过多,使土壤水势降低,植物吸水困难,从而造成细胞缺水,生长受到抑制。植物通过主动增加细胞内溶质降低细胞渗透势,故能从环境中继续吸收水分,这个过程就是渗透调节作用。用于渗透调节的溶质主要是无机离子和水溶性小分子有机物质。本试验结果表明,连云港构树幼苗脯氨酸含量在 NaCl 胁迫下均显著增加。可见 NaCl 胁迫下脯氨酸是构树主要的渗透调节物质。通常认为脯氨酸在植物细胞适应胁迫过程中起到了重要作用。

3.4 结论

(1)种子萌发试验表明,除浙江种源外,光照对连云港、福建种源构树种子的萌发有明显的促进作用,但对胚根生长有限制作用。(2)低浓度盐处理能促进构树种子萌发、发芽率升高,而高盐处理则抑制构树种子萌发,发芽率、发芽指数、

活力指数下降。构树种子的发芽率、发芽指数、活力指数因种源的不同而有差异,连云港种源萌发率最高,福建次之,浙江种源不萌发。(3)在盐分胁迫下,构树种子幼苗的 SOD 活性呈先降后升趋势;MDA 含量随处理浓度的升高而增加。构树种子幼苗的可溶性蛋白含量和游离脯氨酸含量均呈上升趋势,在 75 mmol/L 时,含量达到最高,在 100 mmol/L 时可溶性蛋白含量下降,而游离脯氨酸含量没有明显变化。(4)在盐分胁迫下,种子萌发指标和生理生化指标可以作为构树耐盐性的可靠指标,通过对这些指标的综合分析,连云港构树种子在盐处理条件下发芽率较高,抗逆性较强,可作为改善盐碱地的绿化树种。

参考文献:

- [1]杨帆,丁菲,杜天真.盐胁迫对构树种子萌发及幼苗生理特性的影响[J].种子,2008,27(8):68-71.
- [2]孙永玉,李昆,罗长维,等.不同处理措施对构树种子萌发的影响[J].种子,2007,26(2):22-25.
- [3]颜启传.种子学[M].北京:中国农业出版社,2001:23-26.
- [4]中国标准出版社.中国林业标准汇编:种苗卷[M].北京:中国标准出版社,1998:8-18.
- [5]谢德意,王惠萍,王付欣,等.盐胁迫对棉花种子萌发及幼苗生长的影响[J].种子,2000,27(3):10-11,13.
- [6]顾增辉,徐本美,郑光华.测定种子活力方法之探讨Ⅱ:发芽的生理测定法[J].种子,1982,2(3):11-17.
- [7]黄涛,张君芝,张友德,等.温度、光照和几种药剂处理对黄姜种子萌发的影响[J].华中农业大学学报,1999,18(2):114-116.
- [8]李合生,赵世杰.植物生理生化实验原理[M].武汉:华中农业大学出版社,2000:167-169.
- [9]王晶英,韦文红.植物生理生化技术与原理[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,2003:105-112.
- [10]赵可夫,李军.盐浓度对3种单子叶盐生植物渗透调节剂及其在渗透调节中的贡献[J].植物学报,1999,41(12):1287-1292.
- [11]黄振英,张新时,郑光华.光照、温度和盐分对梭梭种子萌发的影响[J].植物生理学报,2011,27(3):275-280.
- [12]景春梅,刘慧,席琳乔,等.几种草木樨发芽期的耐盐性研究[J].新疆农业科学,2014,51(4):701-707.
- [13]吕有军,叶武威,祝水金.陆地棉种子萌发过程中盐处理对 NaCl 胁迫的缓解作用[J].棉花学报,2005,17(4):256.
- [14]史滢滢,杨静慧,左凤月,等.盐胁迫对3种白刺种子萌发的影响及其耐盐性比较[J].河南农业科学,2014,43(9):124-128.
- [15]李志萍,张文辉,崔豫川. NaCl 和 Na_2CO_3 胁迫对栓皮栎种子萌发及幼苗生长的影响[J].生态学报,2015,35(3):742-751.
- [16]廖祥儒,贺普超.盐胁迫对葡萄叶 H_2O_2 消除系统的影响[J].园艺学报,1996,23(4):389-391.
- [17]廖祥儒,贺普超,万怡震,等.盐胁迫对葡萄离体新梢叶片的伤害作用[J].果树科学,1996,13(4):211-214.
- [18]陈立松,刘星辉.果树对水分胁迫的反应与适应[J].干旱地区农业研究,1999,17(1):88-94.