

NaCl处理下蓝莓幼苗生长和生理生化指标动态变化

张晓婷^{1,2}, 贾文飞^{1,2}, 魏晓琼^{1,2}, 韦建辰^{1,2}, 徐振彪^{3,4}, 徐德冰^{2,4}, 王颖^{1,2}, 吴林^{1,4*}

(1. 吉林农业大学园艺学院, 长春 130118; 2. 吉林省蓝莓研究中心, 长春 130021; 3. 山东理工大学生命科学院, 山东 淄博 255049; 4. 淄博普蓝农业科技有限公司, 山东 淄博 256300)

摘要:本研究为不同浓度(0、30、60、90、120、150、180、210 mmol/L) NaCl处理下半高丛蓝莓品种‘北陆’的生长及生理生化指标在不同时间(0、10、20、30、40、50 d)的动态变化。结果表明:半高丛蓝莓幼苗‘北陆’有一定的耐盐性,低浓度的NaCl处理可持续促进蓝莓幼苗生长,且长期处于60 mmol/L NaCl处理的环境可提高其耐盐性。蓝莓幼苗的株高和冠幅随着高浓度持续NaCl处理明显下降,均在50 d达到最低;试验处理后期,随着NaCl浓度的不断增加蓝莓幼苗叶片叶绿素的含量呈下降趋势;180 mmol/L NaCl处理下蓝莓幼苗的可溶性糖在处理30 d时含量升高幅度最大,Pro含量在处理20 d达到最大值,此浓度下蓝莓幼苗耐盐处理的临界时间为20~30 d;不同浓度NaCl处理对蓝莓幼苗POD活性和MDA含量的影响在不同时期存在差异,并随试验时间的增加差异明显。

关键词:蓝莓; NaCl处理; 生长形态; 叶绿素; 生理生化指标

中图分类号: S663.9

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2022)02-0115-05

Dynamic Variation of Growth and Physiological and Biochemical Indexes of Blueberry Seedlings under NaCl Treatment

ZHANG Xiaoting^{1,2}, JIA Wenfei^{1,2}, WEI Xiaoqiong^{1,2}, WEI Jianchen^{1,2}, XU Zhenbiao^{3,4}, XU Debing^{2,4}, WANG Ying^{1,2}, WU Lin^{1,4*}

(1. College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun 130118; 2. Jilin Blueberry Research Center, Changchun 130021; 3. School of Life Sciences, Shandong University of Technology, Zibo 255049; 4. Zibo Pulan Agricultural Technology Co., Ltd., Zibo 256300, China)

Abstract: In this experiment, different concentrations (0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 mmol/L) of NaCl were used to treat the blueberry cv. 'Northland' seedlings, in order to get dynamic variation of growth morphology and physiological and biochemical indexes of blueberry at different days (0, 10, 20, 30, 40, 50 d). The results showed that the half-high bush blueberry seedlings 'Northland' had certain salt tolerance, the low concentration of NaCl could promote the growth of blueberry seedlings, and the salt-tolerance could be improved in the environment of 60 mmol/L NaCl for a long time. The plant height and crown width of blueberry seedlings decreased with the increase of NaCl treatment, and the 50 d were the lowest. In the later stage of treatment; the chlorophyll content of blueberry seedlings decreased with the increase of NaCl concentration. The soluble sugar content of the blueberry seedlings treated with 180 mmol/L NaCl was the highest at the 30th day of the test, and the Pro content reached the maximum at the 20th day of the test. The critical time for the salt-tolerant treatment of the blueberry seedlings was 20~30 d; The effects of NaCl treatment on the POD activity and MDA content of blueberry seedlings were different at different periods, and the difference was obvious with the increase of test time.

Key words: Blueberry; NaCl treatment; Growthform; Chlorophyll; Physiological and biochemical indicators

收稿日期: 2019-12-06

基金项目: 长春市科技发展计划项目(18DY022、GH170250); 淄博市科学技术发展计划项目(2017kj080008)

作者简介: 张晓婷(1993-), 女, 在读博士, 主要从事植物抗性研究。

通讯作者: 吴林, 男, 硕士, 教授, E-mail: 310710966qq.com

在20世纪初,土壤盐分胁迫已成为危害农作物的主要非生物胁迫^[1],土壤盐渍化是我国乃至世界主要的环境问题之一^[2-3]。土壤盐渍化以土壤溶液含 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 及 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 Cl^- 和 SO_4^{2-} 浓度高为主要特征,尤其是 Na^+ 和 Cl^- 含量高^[4]。我国存在大量盐碱地,耕地中盐渍化面积达到920.9万 hm^2 ,占全国耕地面积6.62%^[5],主要分布在西北、华北、东北和沿海地区^[6],且各地区土壤盐分差异较大。蓝莓为杜鹃花科(Ericaceae)越橘属(Vaccinium)植物,原产于北美。1981年我国开始引种蓝莓^[7],由于蓝莓具有较高的经济价值^[8],可用来大规模生产,大部分地区农民都有种植蓝莓的愿望。前人对蓝莓品种半高丛‘蓝丰’和南高丛‘奥尼尔’的研究表明^[9],低浓度盐胁迫对不同蓝莓品种的生长影响程度不同。同时,对蓝莓进行水分胁迫和干旱胁迫^[10]研究其不同生理反应,得出较耐旱的品种和较耐涝品种,但对盐胁迫相关报道较少,因此本研究基于不同盐分处理下,对蓝莓进行生长形态及生理生化特性的动态研究,更加直观明了揭示其变化状态,明确半高丛蓝莓耐盐范围,提高其抗盐性,为盐渍化地区经济建设提供优良的种植材料。

1 试验地概况

2018年5月在吉林农业大学蓝莓产业化创新科研实践基地温室进行改土栽培,土壤基质为草炭土:园土=1:1,施硫磺粉进行pH调节,使其土壤pH维持在5.0左右,并测得土壤盐度为0.02%,速效氮质量分数79.62 mg/kg、有效磷质量分数7.59 mg/kg、速效钾质量分数86.84 mg/kg、有机质质量分数28.79 g/kg。试验地所在区域属温带季风气候,位于东经125°33',北纬43°87',海拔219 m,年平均温度5.5℃,年平均降水量570.3 mm,无霜期135 d左右。

2 材料与方 法

2.1 试验材料

试验材料均为生长势一致、无病虫害的营养繁殖苗,2年生半高丛蓝莓品种‘北陆’。

2.2 试验处理

盐(NaCl)处理试验于2018年6月中旬开始进行,每1株蓝莓试验苗栽植于1个花盆(外口径21 cm,内口径17.7 cm,高12 cm,底径11.5 cm,配有托盘)中,加等量基质,通过称重和计算,保证每盆实际装入基质的干重为(1.0±0.01) kg。设置

NaCl溶液浓度分别为0(CK)、30、60、90、120、150、180 mmol/L,每个处理10株,3次重复。每盆每隔10 d一次性缓缓注入NaCl溶液500 mL,共施5次,加盐前3 d控水,以利盐水在土壤中扩散。试验期间若发现试验盆下托盘有渗出溶液,则将其倒回土壤中;同时,盆面覆盖塑料薄膜,每隔一天补水一次,使盆土含水量保持在35%~50%。在试验处理的5个时间(0、10、20、30、40、50 d)分别测定其生长指标,且进行混合采样,测定其各项生理生化指标。

2.3 试验方法

植株的株高、冠幅采用钢卷尺测量。叶绿素质量分数测定:结合高俊凤的丙酮比色法^[11]和冀荣华等^[12]的方法加以改良。将叶片清洗干净并用吸水纸擦干,称取0.1 g置于具塞刻度试管中,加入无水乙醇:丙酮=1:1的混合液10 mL,进行黑暗处理。12 h后观察叶片完全变白,使用分光光度计分别于波长645 nm和663 nm下测定吸光度值,采用以下公式求得各叶绿素质量分数:

$$C_a = 12.72A_{663} - 2.59A_{645}$$

$$C_b = 22.88A_{645} - 4.67A_{663}$$

$$C_T = C_a + C_b = 20.29A_{645} + 8.05A_{663}$$

$$\text{叶绿素质量分数} = \frac{\text{色素浓度} \times \text{提取液体积}}{\text{样品总量}}$$

采用蒽酮比色法进行可溶性糖含量测定^[13]。脯氨酸(Pro)含量测定采用磺基水杨酸提取法^[14]。丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸法测定^[15]。

2.4 数据整理与分析

采用Excel 2010完成数据基本处理,采用SPSS 16.0对试验数据进行分析。

3 结果与分析

3.1 不同浓度NaCl处理对蓝莓幼苗生长形态的动态研究

3.1.1 不同浓度NaCl处理对蓝莓幼苗株高的动态影响

由图1可知,蓝莓幼苗的株高随着NaCl浓度的增加基本上呈先升后降趋势,随着NaCl处理时间的增加,蓝莓幼苗的株高差异趋于明显,其中90 mmol/L NaCl处理下达到最高值,且在第50天与其他处理差异显著。180 mmol/L NaCl处理下蓝莓幼苗的株高在短时间内有少量增高,而后直线下降,到第50天最低,同时,观察到此时幼苗叶片失绿较严重,大部分叶片已脱落,植株呈病态。

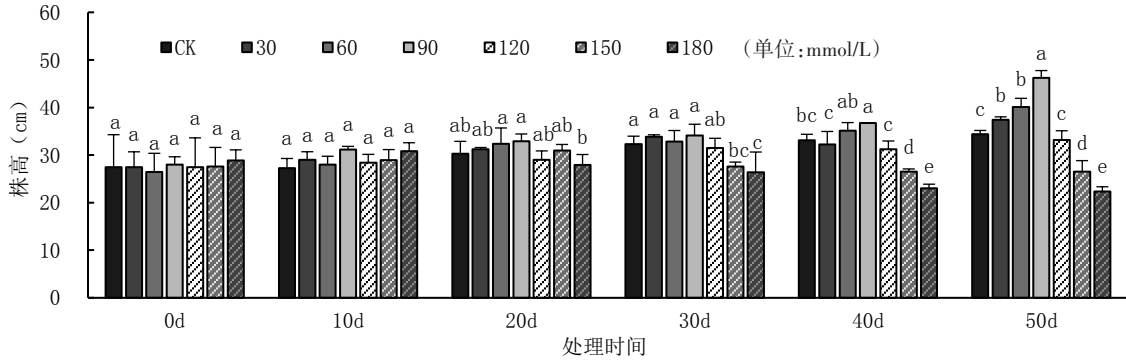


图1 不同浓度 NaCl 处理对蓝莓幼苗株高的动态影响

3.1.2 不同浓度 NaCl 处理对蓝莓幼苗冠幅的动态影响

通过分析图 2 得出, 90 mmol/L NaCl 处理下蓝莓幼苗的冠幅随着时间平稳增加; 低于这一浓度 NaCl 处理其冠幅随着时间逐渐增加; 高于这一浓度

NaCl 处理其冠幅在短时间内会有少量增加, 20 d 以后明显降低。试验处理在 20 d 及以后同一时间内、不同 NaCl 浓度下, 对蓝莓幼苗冠幅的影响不同, 其中 180 mmol/L NaCl 处理下其冠幅均低于 CK, 且随着时间增加, 这一差距越来越大。

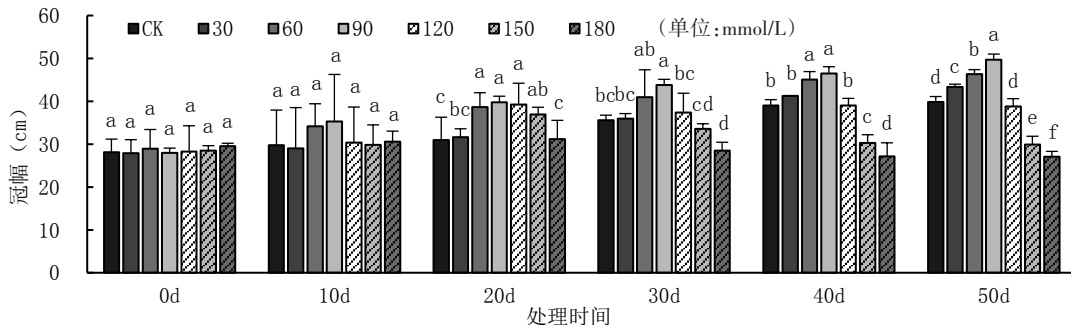


图2 不同浓度 NaCl 处理对蓝莓幼苗冠幅的动态影响

3.2 不同浓度 NaCl 处理对蓝莓幼苗叶片叶绿素含量的动态影响

试验处理第 50 天时, 随着 NaCl 浓度的不断增加蓝莓幼苗叶片叶绿素的含量呈下降趋势(图 3)。当 NaCl 处理为 180 mmol/L 时, 短时间(10 d)内蓝莓幼苗叶片叶绿素的含量增加, 超过这一时间, 则

随着时间增加不断降低, 第 50 天观察到叶片失绿严重, 且落叶率达 44.43%。30 mmol/L NaCl 处理下, 蓝莓幼苗叶片叶绿素含量随时间依次升高; 其他浓度 NaCl 处理下均在 20 d 时叶片叶绿素含量达到最大值, 而后依次降低, 趋于稳定。

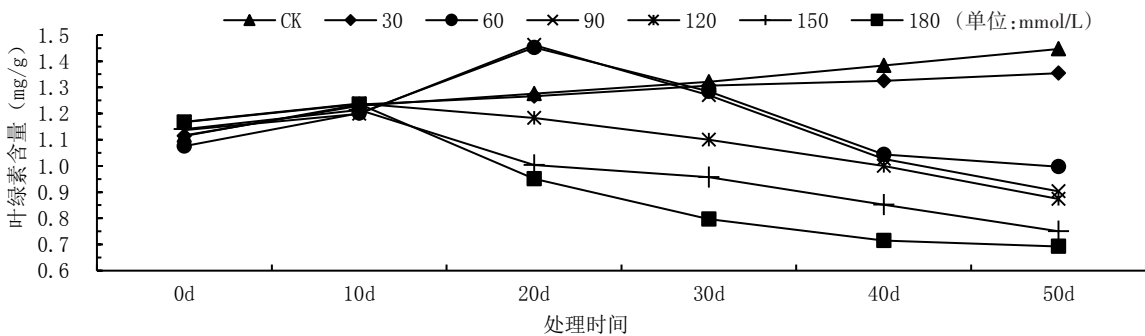


图3 不同浓度 NaCl 处理对蓝莓幼苗叶片叶绿素含量的动态影响

3.3 不同浓度 NaCl 处理对蓝莓幼苗生理生化指标的动态影响

3.3.1 不同浓度 NaCl 处理对蓝莓幼苗可溶性糖含量的动态影响

在不同时期内, 同一浓度 NaCl 处理蓝莓幼苗

可溶性糖含量的变化存在差异(图 4)。试验处理超过 20 d, 明显看出同一时期蓝莓幼苗的可溶性糖含量随着盐浓度的增加呈上升趋势; 而在 20 d 以内, 同一时期其可溶性糖含量变化规律不明显。同时, 在试验处理 30 d 时, 180 mmol/L NaCl 处

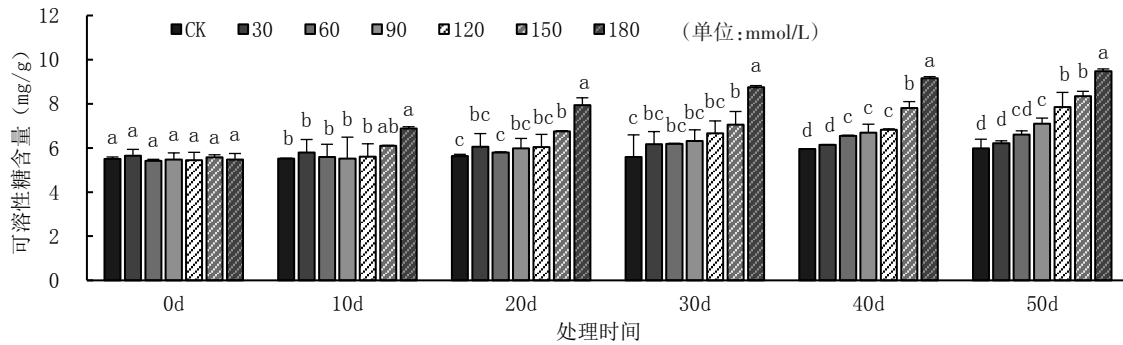


图4 不同浓度NaCl处理对蓝莓幼苗可溶性糖含量的动态影响

理下其可溶性糖含量升高幅度最大,该时间可能为此浓度下蓝莓幼苗耐盐处理的临界时间。

3.3.2 不同浓度NaCl处理对蓝莓幼苗Pro含量的动态影响

180 mmol/L NaCl处理下,蓝莓幼苗Pro含量在

试验处理20 d达到最大值(图5)。试验处理30 d及以后,观察到蓝莓幼苗的Pro含量呈规律性的先升后降,其中试验处理50 d时,120 mmol/L NaCl处理下其Pro含量较CK增加了48%,达到最大值(21.70 $\mu\text{g/g}$),此时蓝莓幼苗的抗盐性较强。

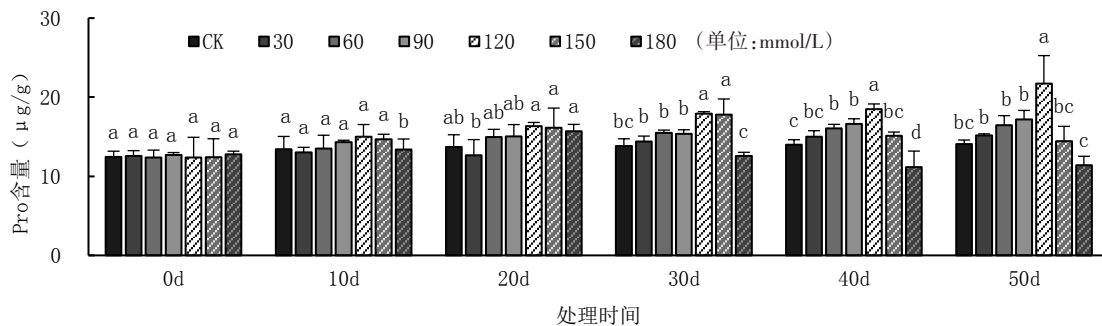


图5 不同浓度NaCl处理对蓝莓幼苗Pro含量的动态影响

3.3.3 不同浓度NaCl处理对蓝莓幼苗POD活性的动态影响

同一时期,不同浓度NaCl处理对蓝莓幼苗POD活性的影响存在差异(图6)。试验处理50 d时,蓝莓幼苗的POD活性随着NaCl浓度的不断增加先上升后下降,在60 mmol/L NaCl处理下达到

最大值。180 mmol/L NaCl处理下蓝莓幼苗的POD活性在短时间(10 d)内增加,试验处理10 d达到最大值,而后趋于平稳,试验处理50 d时骤然下降到最小7.0 $\text{mg}/(\text{g}\cdot\text{min})$;60 mmol/L NaCl处理下蓝莓幼苗的POD活性随着试验处理时间平稳增加,到40 d趋于稳定。

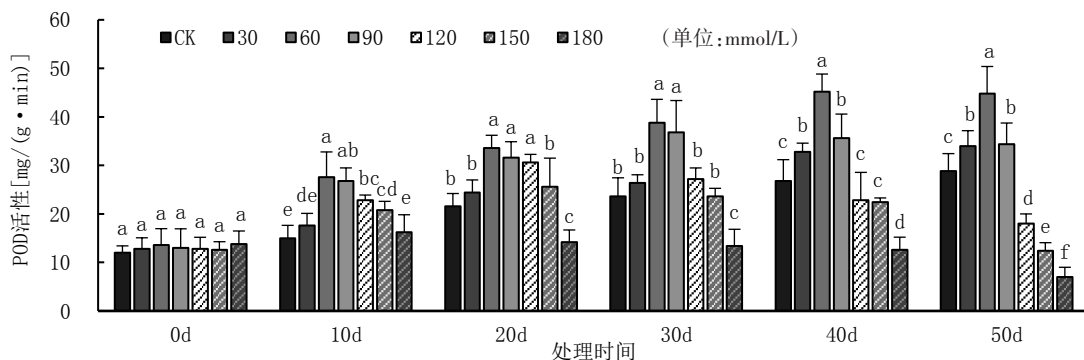


图6 不同浓度NaCl处理对蓝莓幼苗POD活性的动态影响

3.3.4 不同浓度NaCl处理对蓝莓幼苗MDA含量的动态影响

蓝莓幼苗在不同浓度NaCl处理下的MDA含量随着时间变化,差异越来越明显(图7)。180

mmol/L NaCl处理下,蓝莓幼苗MDA含量在试验处理20 d达到最大(6.254 0 $\mu\text{mol/g}$),而后下降趋于平稳;150 mmol/L NaCl处理下,其MDA含量随着时间增加升高,且前期升高的幅度较后期大;低

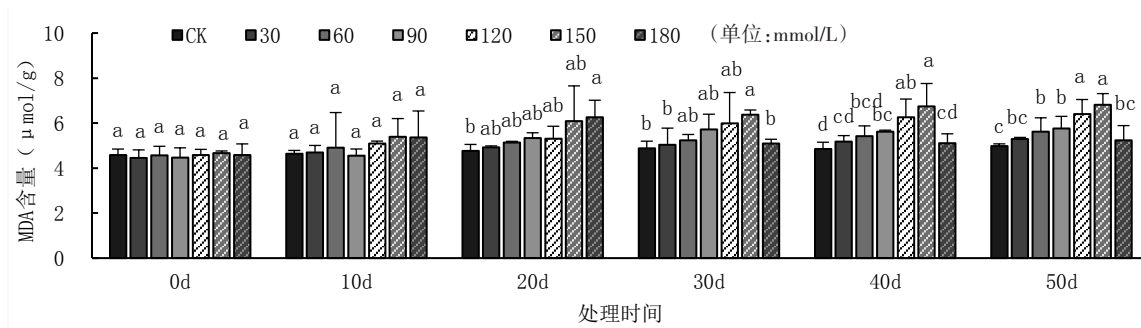


图7 不同浓度NaCl处理对蓝莓幼苗MDA含量的动态影响

于150 mmol/L NaCl处理时,其MDA含量随着时间逐渐增加,抗逆性增强。

4 结论与讨论

生长量是反映植物耐盐性的最直接的指标^[16-17],不同程度的盐胁迫直接影响蓝莓幼苗株高和冠幅的生长,影响其生长发育。牟咏花等^[18]的研究结果表明,番茄植株的生长速率随着NaCl胁迫的持续明显下降,这符合本试验高浓度NaCl处理下蓝莓幼苗的株高和冠幅在试验处理50 d均最低。在盐胁迫处理下植物的光合色素降解^[19],从而降低叶片的光合作用,减弱叶片的净光合速率和暗呼吸^[20]。试验处理第50天时,随着NaCl浓度的不断增加蓝莓幼苗叶片叶绿素的含量呈下降趋势,张华新等^[21]的研究中也得出相似结论。作为对植物盐胁迫反应的主要渗透调节物质,可溶性糖含量的增加会增强植物的耐盐性。本试验与李焕勇等^[22]的结论相似,还观察到180 mmol/L NaCl处理下蓝莓幼苗的可溶性糖在试验处理30 d时含量升高幅度最大,该时间可能为此浓度下蓝莓幼苗耐盐处理的临界时间;在盐胁迫环境中Pro的合成速率大于其分解速率^[23],在植物体内积累来提高细胞的渗透性,防止细胞质脱水和细胞结构被破坏,以此提高植物的抗逆性^[24]。丛靖宇等^[25]在对甜高粱渗透胁迫的研究中得出,随着渗透胁迫加大,甜高粱体内Pro含量明显升高,杨洪兵等^[26]在盐胁迫下对不同荞麦幼苗进行试验,证明其叶片质膜透性结果不同。同时,本试验还显示180 mmol/L NaCl处理下蓝莓幼苗的Pro含量在试验处理20 d达到最大值。所有的逆境均可以导致活性氧产生从而引发氧化破坏,植物为了保护其免受氧化破坏拥有一些有效系统去清除活性氧,其中保护酶系统是一个关键的防御机制^[27]。翁锦周等^[28]对桉树幼苗进行NaCl胁迫的试验表明,随着胁迫时间的延长桉树活性氧清除能力有所提高,与本试验结果一致。在盐胁迫环境中细胞质膜最

先受到盐离子胁迫,MDA是膜质过氧化的主要产物之一,可直接反映膜质过氧化程度,从而体现盐胁迫程度^[29]。本试验结果显示,蓝莓幼苗在低于150 mmol/L NaCl处理时,其MDA含量随着时间缓慢增加,抗逆性增强,这与刘强等^[30]在盐胁迫下对五味子幼苗相关研究的结论相似,也符合孟长军等^[31]的研究结果。

综上所述,半高丛蓝莓幼苗‘北陆’有一定的耐盐性。高浓度的NaCl处理在短时间内促进蓝莓幼苗生长,临界时间为20~30 d;低浓度的NaCl处理可持续促进蓝莓幼苗生长,且长期处于60 mmol/L NaCl处理的环境可提高其耐盐性。

参考文献:

- [1] Zhu J. Plant salt tolerance[J]. Trends in Plant Science, 2001, 6(2): 66-71.
- [2] Alshammary S F, Qian Y L, Wallner S J. Growth response of four turfgrass species to salinity[J]. Agricultural Water Management, 2004, 66(2): 97-111.
- [3] Demmig-Adams B, Adams W W. Photoprotection and Other Responses of Plants to High Light Stress[J]. Annual Review of Plant Biology, 1992, 43(1): 599-626.
- [4] 赵可夫. 植物抗盐生理[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1993: 318-320.
- [5] 全国土壤普查办公室. 中国土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 355-356.
- [6] 王佳丽, 黄贤金, 钟大洋, 等. 盐碱地可持续利用研究综述[J]. 地理学报, 2011, 66(5): 673-684.
- [7] 吴林. 中国蓝莓35年—科学研究与产业发展[J]. 吉林农业大学学报, 2016, 38(1): 1-11.
- [8] 李亚东, 刘海广, 张志东, 等. 我国蓝莓产业现状和发展趋势[J]. 中国果树, 2008(6): 67-69.
- [9] 乌凤章, 朱心慰, 胡锐锋, 等. NaCl胁迫对2个蓝莓品种幼苗生长及离子吸收、运输和分配的影响[J]. 林业科学, 2017, 53(10): 40-49.
- [10] 陈雪妮, 李建挥, 吴毅, 等. 水分胁迫对2个蓝莓品种叶绿素荧光特性的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2019, 39(8): 109-114, 138.
- [11] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安: 世界图书出版公司, 2000: 101-103.

- 量评价[J].中国烟草学报,2007,13(3):3-6.
- [13] 丁云生,何悦,曹金丽,等.大理州烤烟主要化学成分特征及其可用性分析[J].中国烟草科学,2009,30(3):13-18.
- [14] 罗华,邓小华,张光利,等.邵阳市主产烟县烤烟化学成分特征与可用性评价[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2009,35(6):623-627.
- [15] 黎妍妍,黄元炯,许自成,等.河南烟区烟叶质量可用性的综合评价[J].安徽农业科学,2006,34(9):1903-1904.
- [16] 魏春阳,王信民,蔡宪杰,等.基于雷达图的烤烟烟叶主要化学成分协调性综合评价方法[J].中国烟草学报,2009,15(5):48-58.
- [17] 覃迎资,林北森,周文亮,等.广西百色烤烟主要化学成分特性与聚类分析[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2014,40(2):134-138.
- [18] 田野,邓小华,王少先,等.黔西南州烤烟化学成分可用性评价[J].作物研究,2014,28(6):626-629.
- [19] 肖谨,邓小华,田峰,等.湘西自治州烤烟化学成分可用性评价[J].云南农业大学学报(自然科学版),2014,29(5):706-710.
- [20] 王育军,周冀衡,李强,等.曲靖烟叶化学成分可用性及其对感官评吸质量的影响[J].烟草科技,2014(11):67-74.
- [21] 李强,周冀衡,杨荣生,等.曲靖烤烟主要化学成分及其协调性空间分布[J].生态学杂志,2012,31(4):862-869.
- [22] 罗登山,王兵,乔学义.《全国烤烟烟叶香型风格区划》解析[J].中国烟草学报,2019,25(4):1-9.
- [23] 刘丹,朴世领,郑仙霞,等.干旱胁迫下氮对烤烟生长及生理特性的影响[J].吉林农业科学,2008,33(2):29-31,52.
- [24] 李洪勋.不同施氮量和密度对烤烟产量和质量的影响[J].吉林农业科学,2008,33(3):22-26.
- (责任编辑:王昱)

~~~~~

(上接第119页)

- [12] 冀荣华,郑立华,邓小蕾,等.基于反射光谱的苹果叶片叶绿素和含水率预测模型[J].农业机械学报,2014,45(8):269-275.
- [13] 杨磊,贾佳,祖元刚.蓝莓总花色苷匀浆的提取条件优化及抗氧化活性[J].食品科学,2009,30(20):27-33.
- [14] 张治安,陈展宇.植物生理学实验技术[M].长春:吉林大学出版社,2008:118-123.
- [15] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:184-263.
- [16] 薛志忠,杨雅华,李海山,等.NaCl胁迫对菊芋幼苗及根系生长的影响[J].江苏农业科学,2017,45(6):132-134.
- [17] Samra J S. Sodicity tolerance of grapes with reference to the uptake of nutrients[J]. Indian Journal of Horticulture, 1985, 42(1/2): 12-17.
- [18] 牟咏花,张德威. NaCl胁迫下番茄苗的生长和营养元素积累(简报)[J].植物生理学通讯,1998(1):14-16.
- [19] 廖祥儒,贺普超,朱新产,等.盐渍对葡萄光合色素含量的影响[J].园艺学报,1996,23(3):300-302.
- [20] Stroganow B P. Structure and function of plant cells in saline habitats[J]. Halsted Press New York, 1973(10): 38-41.
- [21] 张华新,宋丹,刘正祥.盐胁迫下11个树种生理特性及其耐盐性研究[J].林业科学研究,2008(2):168-175.
- [22] 李焕勇,杨秀艳,唐晓倩,等.NaCl处理对小果白刺叶片主要渗透调节物质和激素水平的影响[J].东北林业大学学报,2019,47(5):30-35.
- [23] 管志勇,陈素梅,陈发棣,等.32个菊花近缘种属植物耐盐性筛选[J].中国农业科学,2010,43(19):4063-4071.
- [24] Pushpam R, Rangasamy S R S. Variations in chlorophyll contents of rice in relation to salinity[J]. Crop Research Hisar, 2000(2):197-200.
- [25] 丛靖宇,杨冠宇,张焯,等.不同品种甜高粱幼苗耐渗透胁迫能力的研究[J].华北农学报,2010,25(4):136-140.
- [26] 杨洪兵,李发良.盐胁迫下川芥3号和川芥4号生理特性的比较[J].吉林农业科学,2014,39(3):14-17.
- [27] Garratt L C, Janagoudar B S, Lowe K C, et al. Salinity tolerance and antioxidant status in cotton cultures[J]. Free Radical Biology and Medicine, 2002, 33(4): 502-511.
- [28] 翁锦周,林江波,陈永快,等.NaCl胁迫对桉树幼苗膜脂过氧化与膜保护酶系统的影响[J].福建农业学报,2007,22(2):197-201.
- [29] 李小艳.七种柳树对NaCl盐胁迫的生长生理响应[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2018.
- [30] 刘强,刘剑锋,王占武.叶面喷施肉桂酸对盐胁迫下北五味子幼苗生长和抗氧化系统的改善作用[J].东北林业大学学报,2019,47(6):17-20.
- [31] 孟长军,杜喜春,赵银萍.外源水杨酸对喜树幼苗盐害胁迫缓解效应的生理机制初探[J].东北农业科学,2018,43(3):23-27.
- (责任编辑:刘洪霞)