

不同浓度氯化钠胁迫对万寿菊幼苗生长及生理特性的影响

刘 敏^{1,2}, 厉 悦¹, 梁 艳¹, 田立广¹

(1. 齐齐哈尔大学 生命科学与农林学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006;

2. 东北林业大学 森林植物生态学教育部重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘 要:以盆栽万寿菊幼苗为试材,研究了不同浓度的 NaCl 胁迫对万寿菊幼苗生长及部分生理特性的影响。结果表明:0.20% NaCl 胁迫对万寿菊幼苗生长及生理特性有促进作用;浓度 \geq 0.40%的 NaCl 处理对万寿菊幼苗的生长有明显的抑制作用,并且随着浓度的增大,抑制作用增强,株高及生物量净增长量、叶绿素含量急剧降低,MDA 含量明显增高。由此可以认为,0.40% NaCl 浓度是万寿菊幼苗受到胁迫伤害的阈值;NaCl 胁迫下叶片中脯氨酸含量、SOD 活性、CAT 活性和 POD 活性显著增高,说明万寿菊幼苗通过增加渗透调节物质和保护酶活性等方式来适应 NaCl 的胁迫。

关键词:万寿菊;氯化钠(NaCl);胁迫;生长;生理特性

中图分类号:S 682.1⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)24-0063-04

万寿菊(*Tagetes erecta* L.)属菊科(Compositae)万寿菊属 1、2 a 生草本花卉。其花大色艳,花期长,栽培管理较容易,一直广泛运用于城市园林绿化中。矮型品种可作花坛布置或花丛、花境栽植;高型种作带状栽植时可替代篱垣;其花梗长,切花水养持久,也常作为切花栽培。除具有较高的观赏价值外,万寿菊还含有丰富的叶黄素,因此也具有很高的经济价值,已被广泛栽培。

目前,对万寿菊的研究主要集中在栽培技术^[1-2]、花器官及形态结构^[3]、色素提取^[4]、提取物的抑菌作用^[5-7]等方面,而在万寿菊对环境胁迫响应方面研究较少^[8]。目前,仅有少数学者研究了万寿菊对干旱^[9]、高温^[10]、融雪剂^[11]、钙^[12]、镉^[13]、锰^[14]等方面的抗性,对其耐盐胁迫方面尚鲜见报道。当前,全球盐碱地面积已达 9.5×10^8 hm^2 ,中国盐渍土总面积约 1×10^8 hm^2 ,其中现代盐渍化土壤约 0.37×10^8 hm^2 ,残余盐渍化土壤约 0.45×10^8 hm^2 ,潜在盐渍化土壤约 0.17×10^8 hm^2 ^[15]。幼苗期是植物生命周期中非常重要的一个环节,也是非常脆弱的一个环节,对生态环境因子胁迫的抵抗力非常弱。能否安全度过幼苗期,是植物能否正常生长的一个关键。该试验以盆栽万寿菊幼苗为试材,研究了不同浓度的 NaCl 胁迫对万寿菊幼苗生长及部分生理特性的影响,以期探讨万寿菊对 NaCl 胁迫的适应范围和某些适应的生

理机制,为万寿菊耐盐机理研究和耐盐品种及环境绿化和生产管理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试万寿菊品种“迅雷”种子来源于内蒙古赤峰春禾园艺科研开发有限责任公司。以黑土和园土混合物为栽培基质。土壤理化性质为:碱解氮 136.75 mg/kg,速效磷 16 mg/kg,速效钾 42.5 mg/kg,土壤 pH 7.522,土壤含水量 6.1%,土壤田间最大持水量为 37%。

1.2 试验方法

试验于 2013 年在齐齐哈尔大学生命科学与农林学院实验室的 SPX-300-PG 光照培养箱内进行。光照培养箱的设置:每天设置为 4 段,第 1 阶段为 9:00~15:00,光照强度为 5 000 lx,温度为 25℃;第 2 阶段为 15:00~19:00,光照强度为 2 000 lx,温度为 25℃;第 3 阶段为 19:00~4:00,光照强度为 0 lx,温度为 15℃;第 4 阶段为 4:00~9:00,光照强度为 2 000 lx,温度为 15℃。各处理在光照培养箱中随机放置,并每天随机变换植物在光照培养箱中的位置。2013 年 4 月 11 日万寿菊种子播种于育苗盘中,待苗长出 2 对半真叶时(5 月 7 日)进行分苗,选择生长健壮、均匀一致的幼苗播种于 15 cm \times 13 cm 营养钵中,每盆 1 株。缓苗半个月后(5 月 22 日)采用不同浓度的 NaCl 溶液浇灌进行 NaCl 胁迫处理。各处理采用完全随机设计,NaCl 浓度分别为 0%(CK)、0.20%、0.40%、0.60%、0.80%。每处理 6 次重复,每重复 6 盆。共计 360 株苗。其它管理按万寿菊正常栽培要求进行。NaCl 胁迫处理的第 0 天和第 16 天,测定幼苗的株高、根

第一作者简介:刘敏(1979-),女,博士研究生,副教授,现主要从事植物生态与园林生态等研究工作。E-mail: liuminaa168@126.com.

基金项目:齐齐哈尔大学青年教师科技资助项目(2012K-M23)。

收稿日期:2013-09-13

长、生物量 3 项生长指标;处理的第 16 天采取植物叶片测定叶绿素含量、膜脂过氧化产物丙二醛(MDA)含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化氢酶(CAT)活性、过氧化物酶(POD)活性、游离脯氨酸含量 6 项生理指标。测定时每个指标重复 3 次,取平均值±标准误表示。

1.3 项目测定

1.3.1 生长指标的测定 根长:将选择好的植株洗净,小心不要弄断根系,将洗净的根系平铺在滤纸上,待水分吸干后用直尺测量,并记录数据;株高:将植株平铺在纸上,测量株顶到茎基部的距离;生物量:将选取的完整植株洗净,用滤纸吸去多余水分,尽快称量其鲜重,而后烘干至恒重,测定植物干重。

1.3.2 生理指标的测定 叶绿素含量测定采用 80%丙酮提取比色法^[16];丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸(TBA)比色法^[16];游离脯氨酸含量测定采用酸性茚三酮法^[16];SOD 活性测定采用 NBT(氮兰四唑)显色法^[17];CAT 活性测定采用紫外吸收法^[17];POD 活性测定采用愈创木酚法^[17]。SOD 活性、CAT 活性、POD 活性和 MDA 含量测定时,样品的吸光度值均用 723N 可见光分光光度计测定。

1.4 数据分析

采用 Excel 和 SPSS 19.0 软件进行数据处理、方差分析(Duncan 法)和制图。

2 结果与分析

2.1 不同浓度 NaCl 胁迫对万寿菊幼苗生长指标的影响

从图 1~3 可以看出,万寿菊幼苗的株高、根长和生物量净增长量都是 NaCl 浓度为 0.20%时最大,其各项生长指标与其它处理均存在极显著差异($P<0.01$),其它各处理随 NaCl 浓度增加而降低。0.40%和 0.60%浓度组株高净增长量与 CK 无显著差异($P>0.05$),0.80%浓度的比 CK 极显著降低($P<0.01$)。每个浓度的根长净增长量与 CK 均存在极显著差异($P<0.01$)。而 0.40%和 0.60%浓度之间存在显著差异,但没有达到极显著。0.40%浓度的生物量净增长量与 CK 差异不显著,而其它 3 个高浓度处理生物量净增长量比 CK 极显著降低($P<0.01$)。

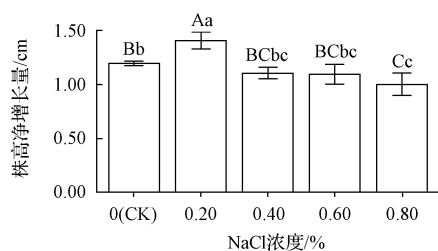


图 1 不同浓度 NaCl 胁迫对幼苗株高净增长量的影响

注:不同大写字母者表示组间差异极显著($P<0.01$);不同小写字母者表示组间差异显著($P<0.05$)。下同。

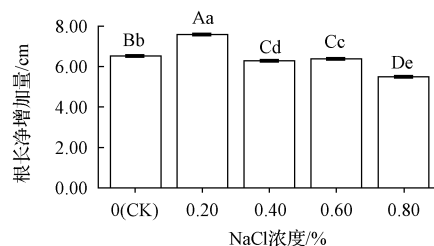


图 2 不同浓度 NaCl 胁迫对幼苗根长净增长量的影响

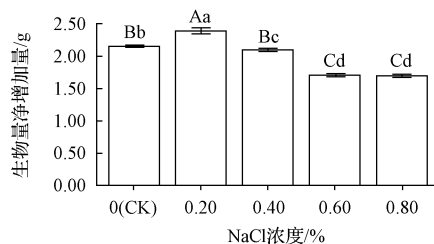


图 3 不同浓度 NaCl 胁迫对幼苗生物量净增长量的影响

2.2 不同浓度 NaCl 胁迫对万寿菊幼苗生理指标的影响

2.2.1 NaCl 胁迫对万寿菊幼苗叶绿素含量的影响 从图 4 可以看出,叶绿素总量、叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量随着 NaCl 浓度的增高变化趋势一致,均表现为先增再降再微增再降的趋势。0.20%浓度的最高,其次为 CK,再次为 0.6%浓度的,0.8%浓度的值最低,叶绿素总含量仅仅为 CK 的 54.27%。叶绿素总量和叶绿素 a 中每个处理之间差异都极显著($P<0.01$),叶绿素 b 中除 0.2%浓度的与 CK 差异不显著($P>0.05$)外,其余各处理间都差异极显著($P<0.01$)。

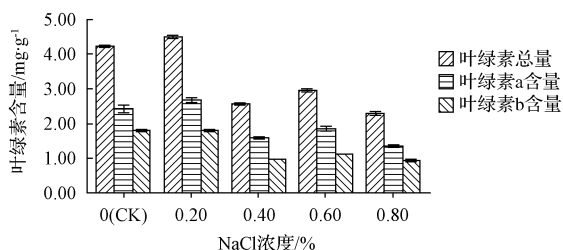


图 4 不同浓度 NaCl 胁迫对幼苗叶片叶绿素含量的影响

2.2.2 NaCl 胁迫对万寿菊幼苗 MDA 含量和脯氨酸含量的影响 从图 5 可以看出,不同浓度 NaCl 处理均增加了万寿菊幼苗叶片中 MDA 含量。但 0.20%浓度的与 CK 差异不显著($P>0.05$),NaCl 浓度 $\geq 0.40\%$ 时 MDA 含量急剧增加,与 CK 相比差异极显著($P<0.01$),是 CK 的 439%~831%。叶片中 MDA 含量是衡量叶片细胞膜受到伤害的指标,因此说明随着 NaCl 浓度增高细胞受伤程度增大。从图 6 可以看出,幼苗叶片中脯氨酸随着 NaCl 浓度的增加而迅速积累,并极显著高于 CK ($P<0.01$),是 CK 的 316%~483%,在 0.80%浓度时达最高值。

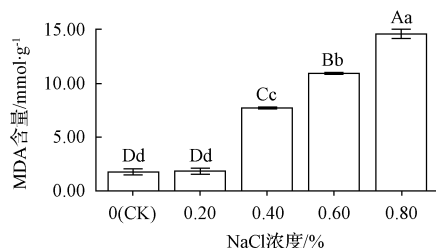


图5 不同浓度 NaCl 胁迫对幼苗叶片 MDA 含量的影响

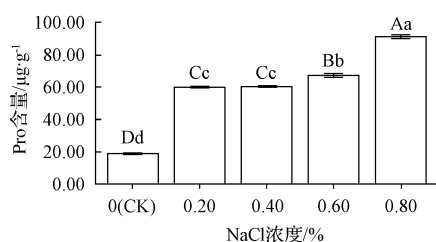


图6 不同浓度 NaCl 胁迫对幼苗叶片脯氨酸含量的影响

2.2.3 NaCl 胁迫对万寿菊幼苗 SOD 活性、POD 活性和 CAT 活性的影响 SOD、POD 和 CAT 都是细胞膜系统的保护酶,在植物受到生态因子胁迫时,对保持体内代谢平衡起着重要的作用。从图 7~9 可以看出,随 NaCl 浓度的增大,万寿菊叶片内 SOD 活性、POD 活性和 CAT 活性均呈现先降低后升高的趋势。都是 0.20% 浓度的为最低值,而 0.80% 浓度的为最高值。除 0.20% 浓度的与 CK 的 POD 活性差异显著外($P < 0.05$),其它各处理相互之间的 SOD 活性、POD 活性和 CAT 活性值均呈差异极显著水平($P < 0.01$)。

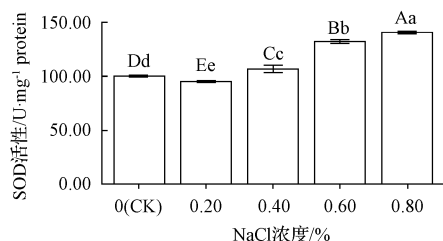


图7 不同浓度 NaCl 胁迫对幼苗叶片 SOD 活性的影响

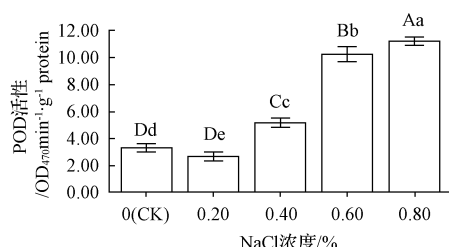


图8 不同浓度 NaCl 胁迫对幼苗叶片中 POD 活性的影响

3 结论与讨论

生长指标是植物对 NaCl 胁迫响应的综合体现及综合适应。该试验结果表明,万寿菊对 NaCl 胁迫比较敏感,低浓度(0.2%)NaCl 溶液对株高、根长和生物量的净

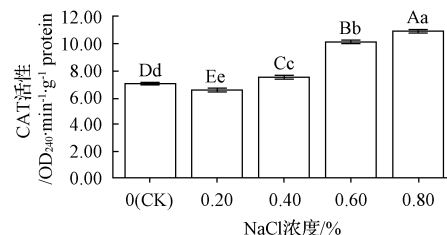


图9 不同浓度 NaCl 胁迫对幼苗叶片 CAT 活性的影响

增长量有促进,而中高浓度($\geq 0.4\%$)对这 3 个指标都起到抑制作用。这与很多学者^[18-21]研究的盐胁迫对植物生长发育的影响结果一致。

叶绿体是植物进行光合作用的主要场所。叶绿素含量是反映植物光合能力的生理指标。该研究显示万寿菊幼苗叶片中的叶绿素总量和叶绿素 a、叶绿素 b 的含量都是在低浓度(0.20%)NaCl 胁迫下有略微升高,而随胁迫浓度的增加则下降显著。说明在中高浓度($\geq 0.40\%$)的 NaCl 胁迫下,幼苗叶片叶绿素合成受影响,从而影响到光合作用,致使植株生长缓慢。这与吴永波等^[22]的研究一致,而与马焕成等^[23]、Werner 等^[24]的研究结果相反。盐分能增加细胞膜透性,加强脂质过氧化作用,最终导致膜系统的破坏。在植物生命活动中干扰或破坏膜结构和功能的因素很多,脂质过氧化作用是最引人重视的一个因素^[25]。MDA 作为脂质过氧化作用的产物,其含量的多少可以代表膜损伤程度的大小^[26]。该研究显示,万寿菊幼苗在中高浓度($\geq 0.40\%$)NaCl 胁迫时,随 NaCl 溶液浓度的增加幼苗叶片内 MDA 含量急剧增加,表明中高浓度($\geq 0.40\%$)NaCl 胁迫使万寿菊幼苗叶片膜结构和功能受损严重,而低浓度(0.20%)影响不大。盐胁迫会造成植物细胞外的水势低于胞内,植物细胞不仅不能吸收到水分,而且内部水分还会向外倒流,引起细胞失水。为维持胞内的水分,保证细胞能进行正常的生理代谢过程,细胞通常会通过渗透调节来降低胞内水势,使水分的跨膜运输朝着有利于细胞生长的方向流动^[25]。脯氨酸就是重要的渗透调节物质。该研究显示,NaCl 胁迫下,万寿菊幼苗叶片中脯氨酸含量急剧上升,显著高于 CK,体现出万寿菊具有一定的渗透调节能力。

很多研究表明,SOD、POD 和 CAT 可在盐胁迫时增强植物细胞活性,加快对活性氧的清除,具有维持活性氧代谢平衡和保护膜结构的功能^[25]。该研究显示,低 NaCl 浓度(0.20%)时,万寿菊叶片中 SOD 活性、POD 活性和 CAT 活性比 CK 略低,而随着 NaCl 浓度的增加 SOD 活性、POD 活性和 CAT 活性显著升高,显著高于 CK。说明万寿菊在 NaCl 胁迫时体内通过增强 SOD、POD 和 CAT 这些保护酶的活性来清除体内的活性氧及其它自由基,以适应 NaCl 胁迫的环境。通过综合分析万寿菊幼苗生长和生理指标在 NaCl 胁迫下的响应可知,低浓度(0.20%)NaCl 溶液是有利于万寿菊幼苗生长

的,能促进苗高的生长和生物量的增加,各项生理指标也处于较好状态。但中高浓度($\geq 0.40\%$)NaCl 溶液处理对万寿菊幼苗的生长有明显的抑制作用,并随着 NaCl 浓度的提高,胁迫的加重,植株受害越显著,株高净增长量、生物量净增长量、叶绿素总量、叶绿素 a 和叶绿素 b 含量急剧降低,MDA 含量明显增高。由此可以认为,0.40% NaCl 是万寿菊幼苗受 NaCl 胁迫伤害的阈值。但植株可以通过一定的生理反应来进行一定程度的调节,例如通过增加脯氨酸的含量、SOD 活性、POD 活性和 CAT 活性等,来适应 NaCl 胁迫环境,反映万寿菊幼苗对 NaCl 胁迫具有一定的适应能力。但由于该试验只是针对万寿菊幼苗期进行了处理,要想探究 NaCl 胁迫最终对万寿菊花型、花色、观赏特性等有什么影响,还有待进一步研究。

参考文献

- [1] Dahiya S S, Narender S, Sukhbir S, et al. Effect of nitrogen and phosphorus on growth, flowering and yield of marigold (*Tagetes erecta* L.) [J]. Environment and Ecology, 1998(16): 855-857.
- [2] 马莉,殷秀琴. 污泥蚯蚓粪对万寿菊生长发育的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(5): 1346-1350.
- [3] 曾丽,赵梁军,张华丽,等. 万寿菊花器官发生与发育的观察[J]. 园艺学报, 2010, 37(5): 785-793.
- [4] 马清香,徐响,高彦祥. 超临界 CO_2 萃取万寿菊花中叶黄素的研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(8): 257-260.
- [5] 师光禄,王有年,王鸿雷,等. 万寿菊根提取物对山楂叶螨谷胱甘肽 S 转移酶和蛋白酶及蛋白质含量的影响[J]. 应用生态学报, 2007, 18(2): 400-404.
- [6] 范志宏,郭春绒,王金胜. 万寿菊根提取物对西瓜枯萎病菌的抑菌活性成分及作用机理研究[J]. 植物病理学报, 2010, 40(2): 195-201.
- [7] 张天柱,曾勇,李辉,等. 14 种菊科植物提取物对松材线虫和淡色库蚊的光活化毒杀作用[J]. 西北植物学报, 2010, 30(4): 645-651.
- [8] 田治国,王飞,张文娥,等. 多元统计分析方法在万寿菊品种抗旱性评价中的应用[J]. 应用生态学报, 2011, 22(12): 3315-3320.
- [9] 田治国,王飞,张文娥,等. 万寿菊属不同品种初花期抗旱特性分析[J]. 西北植物学报, 2011, 31(7): 1390-1399.
- [10] 田治国,王飞,张文娥,等. 高温胁迫对孔雀草和万寿菊不同品种生长和生理的影响[J]. 园艺学报, 2011, 38(10): 1947-1954.
- [11] 梁燕娇,乔聪,白雪,等. 融雪剂胁迫下氮素对蕾期万寿菊生理指标的影响[J]. 东北林业大学学报, 2013, 4(5): 101-117.
- [12] 刘玲,周桃华. 外源钙离子 (Ca^{2+}) 对万寿菊幼苗抗冷性的影响[J]. 安徽农学通报, 2008, 14(18): 113-114.
- [13] 张银秋,台培东,李培军,等. 镉胁迫对万寿菊生长及生理生态特征的影响[J]. 环境工程学报, 2011, 5(1): 195-199.
- [14] 孙玉珍,赵运林,杨小琴. 锰胁迫对 3 种花卉植物生理抗性的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(7): 2644-2645, 2648.
- [15] 伍林涛,杜才富,邵明波. 植物盐胁迫耐受性研究进展[J]. 吉林农业, 2010, 247(9): 51-52.
- [16] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [17] 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: 164-169.
- [18] 杨少辉,季静,王罡宋,等. 盐胁迫对植物影响的研究进展[J]. 分子植物育种, 2006, 4(3): 139-142.
- [19] 孙小芳,刘友良,陈沁. 棉花耐盐性研究进展[J]. 棉花学报, 1998, 10(3): 118-124.
- [20] 王新伟. 同盐浓度对马铃薯试管苗的胁迫效应[J]. 马铃薯杂志, 1998, 12(4): 203-207.
- [21] 许兴,李树华,惠红霞,等. NaCl 胁迫对小麦幼苗生长、叶绿素含量及 Na^+ 、 K^+ 吸收的影响[J]. 西北植物学报, 2002, 22(2): 278-284.
- [22] 吴永波,薛建辉. 盐胁迫对 3 种白蜡树幼苗生长与光合作用的影响[J]. 南京林业大学学报, 2002, 26(3): 19-22.
- [23] 马焕成,王沙生,胡杨. 膜系统的盐稳定性及盐胁迫下的代谢调节[J]. 西南林学院学报, 1998, 18(1): 15-23.
- [24] Worner A, Stelzer R. Physiological response of the mangrove rhizophora mangle grown in the absence and presence of NaCl plant [J]. Cell and Environ, 1990, 13: 243-255.
- [25] 李彦,张英鹏,孙明,等. 盐胁迫对植物的影响及植物耐盐机理研究进展[J]. 中国农学通报, 2008, 24(1): 258-265.
- [26] 王爱国. 丙二醛作为脂质过氧化指标的探讨[J]. 植物生理学通讯, 1986(2): 55-57.

Effect of Different Concentration of NaCl Stress on the Growth and Some Physiological Characteristics of *Tagetes erecta* Seedlings

LIU Min^{1,2}, LI Yue¹, LIANG Yan¹, TIAN Li-guang¹

(1. College of Life Science and Agriculture and Forestry, Qiqihar University, Qiqihar, Heilongjiang 161006; 2. Key Laboratory of Forest Plant Ecology, Ministry of Education, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

Abstract: Taking the seedlings of *Tagetes erecta* as test material, the effect of different concentration of NaCl stress on the growth, and some physiological characteristics of *Tagetes erecta* were studied. The results showed that 0.20% NaCl had a promoting effect on the growth and development of treated plants. When the concentration of NaCl equal to or more than 0.40%, the growth of treated plants were inhibited. Moreover, as the concentration of NaCl solutions increased, the inhibition was strengthened. Height growth, net biomass growth, as well as chlorophyll content were markedly decreased; At the same time, MDA content markedly increased. It was possible that the concentration of NaCl 0.40% was the key value of NaCl stress. Under the NaCl stress, the contents of proline and the activities of SOD activity, CAT activity and POD activity increased, the difference of treated plants and control was significant. It was suggested that *Tagetes erecta* seedlings adapted to salt stress by changing osmoregulation and increasing enzyme activity and so on.

Key words: *Tagetes erecta*; NaCl; stress; growth; physiological characteristics