

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.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.06.033

NaCl 胁迫对菊芋幼苗及根系生长的影响

薛志忠¹, 杨雅华¹, 李海山², 张国新¹, 刘淑君¹

(1. 河北省农林科学院滨海农业研究所,河北曹妃甸 063299;2. 河北省农林科学院,河北石家庄 050031)

摘要:以菊芋品种 BY19 为试验材料,分别用含 0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0% NaCl 的 1/2 Hoangland 营养液及对照清水(CK1)、1/2 Hoangland 营养液(CK2)浇灌处理菊芋幼苗,以模拟滨海地区单盐胁迫条件,分析不同浓度 NaCl 对菊芋幼苗成活率、株高、叶片叶绿素、地上鲜质量、地上干质量、地下鲜质量、地下干质量、总根长、总根表面积、总根体积等指标的影响。结果表明,随着盐分的增加,菊芋的各项指标均呈逐渐下降趋势。在 0.2% NaCl 低浓度胁迫时,各指标下降不明显,差异未达到显著水平;当 NaCl 浓度为 0.4% 时,除地上鲜质量指标外,其余指标与 CK2 差异均达到显著水平,其中总根长、总根表面积、总根体积等指标高于 CK1,且差异显著。当 NaCl 浓度 $\geq 0.6\%$ 时,菊芋幼苗生长受到严重影响,各项指标与 CK1、CK2 差异均达到显著水平。0.4% NaCl 能够明显抑制菊芋幼苗生长,可作为菊芋耐盐鉴定筛选的参考浓度。

关键词:菊芋;NaCl 胁迫;幼苗;根系

中图分类号:S632.901 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2017)06-0132-03

我国约有盐碱地 2 600 万 hm^2 ,主要分布在新疆、甘肃等西北干旱、半干旱地区。其中,河北省盐碱地面积约 60 万 hm^2 ,滨海盐碱地主要分布在沧州、唐山、秦皇岛等沿海地区,以 Na^+ 和 Cl^- 含量最高^[1]。唐山曹妃甸及沧州海兴、黄骅、中捷和南大港等区域地下水矿化度 $> 5 \text{ g/L}$,pH 值 7.5~8.5,土壤盐渍化严重,有中重度盐碱地面积约 15 万 hm^2 ;另外,秦皇岛沿海还有大面积的沙地,如何改良和利用盐碱地成为政府和人民关注的热点。虽然实行灌溉洗盐、土壤改良等措施可达到改良盐碱地的目的,但因其成本高、时效性短所以难以长期开展。种植耐盐碱植物可操作性强、成本低、见效快,既能实现盐碱土地资源可持续利用,又能实现它的经济价值。

菊芋(*Helianthus tuberosus* L.),俗称洋姜、鬼子姜,为菊科向日葵属多年生草本植物,生态适应性强,耐寒、耐旱、耐贫瘠、耐盐碱。菊芋属吸盐植物,根系发达、地上部分生物量大,能够改良盐土、恢复生态。它既是生物能源作物,又是糖料作物、饲料作物、蔬菜作物,经济效益显著。因此,菊芋是滨海盐碱地适宜经济作物。

许多学者以单盐或单碱模拟胁迫条件,重点研究了幼苗期菊芋的生理生化变化^[2-6]。有关盐分胁迫对其形态指标变化的影响研究较少。本试验以引进菊芋品种为试验材料,对 NaCl 盐胁迫下菊芋幼苗成活率、株高、鲜干质量以及根系生长变化进行研究,探讨 NaCl 盐胁迫对菊芋幼苗及根系生长的影响,旨在为滨海地区引进筛选生态适应性强、耐盐性好的菊芋品种提供理论数据支撑。

收稿日期:2016-01-28

基金项目:河北省自然科学基金(编号:C2013301065);河北省财政专项(编号:2012055002)。

作者简介:薛志忠(1983—),男,河北抚宁人,硕士,助理研究员,主要从事植物生理及分子生物学研究工作。E-mail: nksxzz@163.com。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试菊芋品种编号为 BY19,为红皮耐盐菊芋品种。

1.2 试验方法

取具有发芽能力的菊芋块茎,冲洗干净后切取带 1 个芽眼部分播种于装有 1 kg 蛭石的发芽盒中,埋深 1 cm 左右,用 1/2 Hoangland 营养液浇灌。放置于光照培养箱中培养,培养条件为昼夜温度 $(28 \pm 0.5)^\circ\text{C}/(20 \pm 0.5)^\circ\text{C}$,光照 10 h/d,光强 $800 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。待菊芋块茎出苗 3~4 d 后,选取长势一致的幼苗,每盒留苗 20 株。此时进行 NaCl 盐胁迫处理,用含 0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0% NaCl 的 1/2 Hoangland 营养液及清水、1/2 Hoangland 营养液进行浇灌处理,分别用 T1、T2、T3、T4、T5、CK1、CK2 表示。第 1 天每盒浇灌 1 L,以后每天根据水分蒸发量补充水分。每处理均 3 次重复。菊芋幼苗生长 30 d 后,进行植株成活率、叶片叶绿素含量、株高、地上鲜质量、地上干质量、地下鲜质量、地下干质量、总根长、总根表面积、总根体积等指标测定。

1.3 测量指标

1.3.1 植株成活率、叶片叶绿素含量的测定 植株存活率 = 存活植株数量/植株总数量 $\times 100\%$;叶片叶绿素含量利用 SPAD-502 进行测定;株高为土壤表面到植株生长点的植株高度,用直尺测量。

1.3.2 地上鲜质量、地上干质量、地下鲜质量、地下干质量的测定 菊芋植株连根拔起,用去离子水冲洗干净后迅速用滤纸吸净水分,将植株分为地上植株、根系 2 个部分称质量,即为地上鲜质量、地下鲜质量。将组织放入烘箱 105°C 杀青 15 min 后,再调至 80°C 烘干至恒定质量,称取的质量即为干质量。

1.3.3 菊芋总根长、总根表面积、总根体积的测定 菊芋植株连根拔起,利用台式扫描仪(EPSON EXPERSION V700)扫

描幼苗根系图像,并用 WinRHIZO 图像分析软件分析了幼苗总根长、总根表面积和总根体积。

1.4 数据处理

应用 Excel 和 SPSS 统计软件对数据进行统计和分析,显著性检验采用 S - N - K ($P < 0.05$) 多重比较法。

2 结果与分析

2.1 盐胁迫对菊芋幼苗成活率的影响

在菊芋引种生态适应性试验中,发现菊芋在中度盐土条件下一般均可发芽,只是发芽时间延迟;但如盐分过高,幼苗几天内会萎蔫死亡^[7]。因此,本试验首先对 NaCl 胁迫条件下菊芋幼苗成活率进行了研究。由表 1 可以看出,随着盐分的增加,菊芋幼苗成活率呈现下降趋势。其中,0.2% NaCl 胁迫条件下菊芋成活率为 98%,与 CK2 差异不显著,表明 0.2% NaCl 对菊芋成活率影响不大;0.4% NaCl 胁迫条件下菊芋成活率为 82%,与 CK2 差异显著,说明 NaCl 浓度达到 0.4% 时,菊芋幼苗成活率已经受到影响;≥0.6% NaCl 胁迫条件下菊芋幼苗成活率低于 50%,与 CK1、CK2 差异均达到显著水平。说明 NaCl 浓度 ≥0.6% 时,菊芋幼苗生长受到强烈抑制,成活率下降较为严重。

表 1 NaCl 盐胁迫对菊芋幼苗成活率、株高、叶绿素含量 (SPAD 值) 的影响

处理	成活率 (%)	株高 (cm)	SPAD 值
CK1	84.00 ± 4.183b	20.02 ± 2.395b	35.16 ± 1.405b
CK2	99.00 ± 2.236a	24.84 ± 0.856a	38.44 ± 5.194a
T1	98.00 ± 2.739a	22.94 ± 2.195a	37.48 ± 1.424ab
T2	82.00 ± 2.739b	18.18 ± 1.087b	34.86 ± 1.539b
T3	46.00 ± 4.183cd	14.92 ± 1.507c	30.32 ± 3.723c
T4	47.00 ± 2.739c	7.94 ± 0.764d	26.94 ± 2.624d
T5	42.00 ± 2.739d	5.18 ± 0.792e	26.86 ± 2.363d

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下表同。

2.2 盐胁迫对菊芋株高生长的影响

株高是植株生长的形态指标,也是最能直接判断盐分胁迫下幼苗生长状况的重要指标。由表 1 可以看出,随着盐分的增加,菊芋幼苗株高呈现下降趋势。表明盐分胁迫会抑制菊芋株高生长,且这种抑制作用随着盐分的增大而逐渐提高。其中,0.2% NaCl 胁迫条件下菊芋幼苗株高与 CK2 差异不显著,表明 0.2% NaCl 对菊芋株高生长抑制作用不大;0.4% NaCl 胁迫条件下,幼苗株高为 18.18 cm,与 CK2 差异显著,

表明 NaCl 浓度为 0.4% 时,菊芋株高生长已经受到抑制。≥0.6% NaCl 胁迫条件下,菊芋幼苗株高生长受到强烈抑制,株高与 CK1、CK2 差异均达到显著水平。当 NaCl 浓度达到 1.0% 时,株高为 5.18 cm,仅为 CK2 的 20.8%。

2.3 盐胁迫对菊芋叶片 SPAD 值的影响

叶绿体是光合作用的主要场所,叶绿素含量的多少直接影响光合作用的强弱。本试验使用 SPAD - 502 叶绿素仪在无损状况下测定叶片叶绿素的相对含量。由表 1 可以看出,随着盐分的增加,菊芋叶片 SPAD 值呈现下降趋势。表明盐分胁迫会影响菊芋叶片 SPAD 值,进而影响植株光合作用。0.2% NaCl 胁迫条件下,叶片 SPAD 值与 CK2、CK1 差异不显著,表明 0.2% NaCl 对菊芋幼苗叶片 SPAD 值受到的影响不大;NaCl 浓度为 0.4% 时,叶片 SPAD 值与 CK2 差异显著,但与 CK1 差异不显著; >0.4% NaCl 胁迫条件下,菊芋幼苗叶片 SPAD 值受影响加重,叶绿素含量下降,叶片 SPAD 值与 CK1、CK2 差异均达到显著水平。

2.4 盐胁迫对菊芋植株鲜质量和干质量的影响

由表 2 可以看出,随着盐分的增加,菊芋地上鲜质量、地下鲜质量、地上干质量、地下干质量均呈现下降趋势,且 T1 ~ T5 处理菊芋植株地上鲜质量、地下鲜质量、地上干质量、地下干质量均低于 CK2。表明盐分胁迫会抑制菊芋生长发育,影响植株物质吸收与积累。

≤0.4% NaCl 胁迫条件下,地上鲜质量与 CK2 差异不显著;当 NaCl 浓度达到 0.6% 时,菊芋幼苗地上鲜质量受到明显抑制,植株地上部分开始出现萎蔫,鲜质量急剧下降,降幅约 55%;NaCl 浓度达到 1.0% 时,地上鲜质量仅有 0.330 g,为 CK2 的 19.67%。

0.2% NaCl 胁迫条件下,地上干质量与 CK2 差异不显著;≥0.4% NaCl 胁迫条件下,地上干质量与 CK2 差异达到了显著水平;当 NaCl 浓度为 0.6% 时,地上干质量与 CK1、CK2 差异均达到显著水平,菊芋幼苗地上干物质积累受到严重的影响,干物质积累进一步下降,降幅约为 36%,较地上鲜质量降幅有所降低,说明高盐浓度对植株地上鲜质量的影响大于对植株地上干质量的影响。

0.2% NaCl 胁迫条件下,地下鲜质量、地下干质量与 CK2 差异不显著;≥0.4% NaCl 胁迫条件下,地下鲜质量、地下干质量与 CK2 差异均达到显著水平。当 NaCl 浓度为 0.4% 时,地下鲜质量、地下干质量与 CK1 差异均达到显著水平,且大于 CK1。说明在一定盐分浓度下,营养液有效缓解了盐害作用,促进了植株生长。

表 2 NaCl 盐胁迫对菊芋幼苗及根系鲜质量、干质量的影响

处理	地上鲜质量 (g)	地上干质量 (g)	地下鲜质量 (g)	地下干质量 (g)
CK1	1.252 ± 0.135 4b	0.147 4 ± 0.014 1b	0.180 ± 0.015 8c	0.014 6 ± 0.002 6c
CK2	1.678 ± 0.124 0a	0.178 8 ± 0.009 7a	0.444 ± 0.024 1a	0.032 8 ± 0.002 4a
T1	1.672 ± 0.115 4a	0.167 2 ± 0.005 3a	0.414 ± 0.018 2a	0.031 6 ± 0.002 3a
T2	1.584 ± 0.115 9a	0.150 6 ± 0.015 7b	0.366 ± 0.011 4b	0.021 6 ± 0.001 5b
T3	0.718 ± 0.103 5c	0.096 4 ± 0.012 0c	0.168 ± 0.019 2c	0.007 6 ± 0.001 5d
T4	0.372 ± 0.076 9d	0.090 4 ± 0.006 1c	0.114 ± 0.024 1d	0.006 6 ± 0.001 5d
T5	0.330 ± 0.080 0d	0.072 4 ± 0.012 5d	0.070 ± 0.015 8e	0.005 2 ± 0.002 2d

2.5 盐胁迫对菊芋根系生长的影响

在盐胁迫条件下,植物根系是最早、最直接感受逆境胁迫信号的部位,不仅是吸收养分和水分的器官,而且是多种物质同化、转化或合成的重要器官,其生长发育状况和活力强弱对植物的耐盐能力至关重要^[8]。由表 3 可以看出,随着盐分的增加,菊芋根系总根长、总根表面积、总根体积均呈下降趋势。0.2% NaCl 胁迫条件下,菊芋根系总根长、总根表面积、总根体积均与 CK2 差异不显著;≥0.4% NaCl 胁迫条件下,菊芋

根系总根长、总根表面积、总根体积与 CK2 差异均达到显著水平;当 NaCl 浓度为 0.4% 时,菊芋根系总根长、总根表面积、总根体积与 CK1 差异均达到显著水平,且大于 CK1。当 NaCl 浓度为 0.6% 时,菊芋根系总根长、总根表面积、总根体积迅速下降,且与 CK1、CK2 差异达到显著水平。总根长为 122.131 cm,是 CK1 的 67.9%、CK2 的 46.2%。总根表面积为 14.310 4 cm²,是 CK1 的 55.8%、CK2 的 18.6%。总根体积为 0.133 8 cm³,是 CK1 的 45.9%、CK2 的 7.5%。

表 3 NaCl 盐胁迫对菊芋幼苗根系生长的影响

处理	总根长 (cm)	总根表面积 (cm ²)	总根体积 (cm ³)
CK1	179.776 ± 10.735 5c	25.643 6 ± 2.835 1c	0.291 8 ± 0.038 8c
CK2	264.132 ± 11.756 8a	76.865 0 ± 3.073 5a	1.781 4 ± 0.078 5a
T1	259.838 ± 14.276 0a	68.954 2 ± 2.307 1a	1.457 6 ± 0.031 2a
T2	214.807 ± 13.696 3b	46.895 6 ± 3.247 5b	0.815 4 ± 0.061 6b
T3	122.131 ± 12.179 6d	14.310 4 ± 1.291 1d	0.133 8 ± 0.012 9d
T4	57.690 ± 7.513 0e	9.160 4 ± 1.382 2e	0.116 0 ± 0.020 7d
T5	46.423 ± 6.711 9e	7.681 6 ± 0.923 1e	0.101 4 ± 0.012 0d

3 讨论与结论

植物的耐盐能力是植物形态适应和生理适应的综合体现,是由植物的遗传特性决定的^[9]。幼苗期是植物耐盐的敏感阶段,形态指标的变化能直接反映逆境胁迫,盐碱胁迫会造成植物明显的生长迟缓^[10],影响植物生物量的积累。生物量积累是维持植物生物活性和评价各种胁迫对植物影响的最大指标^[11]。本试验研究结果表明,随着盐分的增加,菊芋幼苗成活率、株高、叶片叶绿素含量、地上鲜质量、地上干质量、地下鲜质量、地下干质量、总根长、总根表面积、总根体积等指标均呈下降趋势。在 0.2% 低盐胁迫时下降不明显,而在高盐度处理时显著降低。当 NaCl 浓度为 0.4% 时,菊芋幼苗生长已经受到抑制,除地上鲜质量指标外,其余指标均与 CK2 差异达到显著水平。其中,幼苗成活率、株高、SPAD 值、地上干质量指标与 CK1 差异不显著;地上鲜质量、地下鲜质量、地下干质量、总根长、总根表面积、总根体积等指标高于 CK1 且差异显著,说明在 0.4% NaCl 胁迫条件下,添加营养液能有效缓解盐害作用,促进了植株生长。当 NaCl 浓度≥0.6% 时,菊芋幼苗生长受到严重影响,叶片萎蔫,生长缓慢,各项指标与 CK2、CK1 差异均达到显著水平。

综上分析可以看出,0.4% 盐分浓度能够明显抑制菊芋幼苗生长,可作为菊芋耐盐鉴定筛选的参考浓度。

参考文献:

[1] 张国新,杨 扬,薛志忠. 菊芋应用价值及其在河北滨海盐碱区

的发展前景[J]. 河北农业科学,2011,15(8):72-74.
[2] 薛志忠,杨雅华,李可晔,等. 菊芋耐盐碱性研究进展[J]. 北方园艺,2014(9):196-199.
[3] 张国新,郝桂琴,刘雅辉,等. 盐分胁迫对菊芋幼苗生长指标的影响[J]. 河北农业科学,2014(3):13-16,100.
[4] 吴成龙,周春霖,尹金来,等. NaCl 胁迫对菊芋幼苗生长及其离子吸收运输的影响[J]. 西北植物学报,2006,26(11):2289-2296.
[5] 隆小华,倪 妮,金善钊,等. 北方滨海盐碱地冬季咸水结冰灌溉对菊芋生长及离子分布的影响[J]. 农业环境科学学报,2012,31(1):161-165.
[6] 郭 丽,王殿奎,王明泽,等. 盐碱胁迫对菊芋种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 黑龙江农业科学,2010(8):96-97.
[7] 赵俊香,刘守伟,吴凤芝. 盐碱胁迫对 4 种菊芋材料种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 作物杂志,2015,1(1):133-137.
[8] 王素平,郭世荣,李 璟,等. 盐胁迫对黄瓜幼苗根系生长和水分利用的影响[J]. 应用生态学报,2006,17(10):1883-1888.
[9] 李秀芬,朱金兆,刘德玺,等. 黄河三角洲地区 14 个树种抗盐性对比分析[J]. 上海农业学报,2013,29(5):28-31.
[10] Hernández J A, Olmos E, Corpas F J, et al. Salt-induced oxidative stress in chloroplasts of pea plants[J]. Plant Science, 1995, 105(2):151-167.
[11] Gong B, Wen D, Vanden L K, et al. Comparative effects of NaCl and NaHCO₃ stress on photosynthetic arameters, nutrient metabolism, and the antioxidant system in tomato leaves[J]. Scientia Horticulturæ, 2013, 157(3):1-12.