

盐碱胁迫对 M-81E 甜高粱种子萌发及 幼苗生长的影响

贝盏临, 张 欣, 魏玉清*

(北方民族大学 生物科学与工程学院, 宁夏 银川 750021)

摘要: 以 M-81E 甜高粱为材料, 分别用 0.3%~2.4% 的 NaCl 溶液和 pH 值 7.0~9.6 的 NaOH 溶液对其种子进行单盐、碱胁迫, 测定其发芽率, 并用 0.3%~0.9% 的 NaCl 溶液, pH 值 7.0~9.6 的 NaOH 溶液对其苗期进行盐碱混合胁迫处理, 测定其存活率、相对生长率、相对含水量、束缚水含量、叶绿素含量。结果表明: M-81E 甜高粱种子耐单盐、单碱胁迫能力极强; M-81E 甜高粱种子发芽率与盐质量分数相关极显著, 发芽率随着盐质量分数下降而下降, 耐盐极限为 1.8%~2.1%; 在 pH 值 7.0~9.6 时, M-81E 甜高粱种子发芽率与碱度相关不显著。M-81E 甜高粱苗期耐盐碱能力很强, 在盐质量分数 0.9%、pH 值 9.0 胁迫下苗期存活率很高, 达 94.44%; 相对生长率、叶绿素含量、相对含水量随盐碱度增强而降低, 且盐碱混合胁迫越强下降越快; 束缚水含量随盐碱度增强而增高, 且盐碱混合胁迫使束缚水含量增加更快; 相关分析表明, 随盐质量分数升高高粱各指标与 pH 值相关指数增大, 相关性增强; 盐碱胁迫影响幼苗生长, 盐碱胁迫之间具有协同效应。

关键词: 甜高粱 M-81E; 种子萌发; 幼苗生长; 盐碱胁迫; 发芽率; 存活率

中图分类号: S514 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2012)02-0045-05

Effects of Salinity-alkalinity Stress on Seed Germination and Seedling Growth of Sweet Sorghum M-81E

BEI Zhan-lin, ZHANG Xin, WEI Yu-qing*

(Department of Biological Science and Engineering, Norther Nationality University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: The seeds of sweet sorghum M-81E were treated by single salt and alkali stress with NaCl solution of 0.3%–2.4% and NaOH solution of pH 7.0–9.6, and then the germination rate was determined. In the experiment, the seedlings of sweet sorghum was also treated by mixed salt-alkali stress with NaCl solution of 0.3%–0.9% and NaOH solution of pH 7.0–9.6, and then their survival rate, relative growth rate, relative water content, bound water content, and chlorophyll content were determined. The results showed that the seeds of sweet sorghum M-81E exhibited strong single salt and single alkali resistance. The seed germination rate and salt concentration were extremely significantly correlated. When salt concentration decreased, the germination rate decreased. The salt tolerance limit of sweet sorghum M-81E was 1.8%–2.1%. Within pH 7.0–9.6 the seed germination rate of sweet sorghum M-81E was not significantly correlated with alkali concentration. The seedlings of sweet sorghum M-81E had high salt-alkali tolerance, and their survival rates reached 94.44% under the stress of 0.9% salt and pH 9.0. Relative growth rate, relative water content and chlorophyll content decreased with increase of salinity and alkalinity. The stronger the salinity-alkalinity stress, the faster they declined. Bound water content increased with enhancement of salinity and alkalinity, and the salinity-alkalinity complex stress

收稿日期: 2011-07-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(31060180); 国家民委生态系统模型及应用重点实验室项目(2010SY08)

作者简介: 贝盏临(1975-), 男, 宁夏盐池人, 讲师, 硕士, 主要从事植物资源与利用的教学和科研工作。

E-mail: realpal00147@163.com

* 通讯作者: 魏玉清(1969-), 男, 宁夏银川人, 研究员, 博士, 主要从事生物质能源研究。E-mail: weiyuqing@hotmail.com

made it increased faster. The correlation analysis showed that with salt concentration rise the relevant index of each index with pH increased and the correlation enhanced. Salinity-alkalinity stress affected seedling growth, and there was cooperative effect between salinity and alkalinity stress.

Key words: sweet sorghum M-81E; seed germination; seedling growth; salinity-alkalinity stress; germination rate; survival rate

土壤盐渍化是世界性的资源问题和生态问题。目前,盐碱地约占陆地总面积的 25%,总计 9.543 8 亿 hm^2 ,分布在世界各大洲干旱和沿海地区,有 100 多个国家遭受不同程度的盐碱侵害。我国有 9 913 万 hm^2 盐渍土壤,主要分布在华北、东北、西北内陆地区以及长江以北的沿海地带,仅西北部地区土地盐碱化面积就占土地总面积的 13.7%,而且呈不断扩大、加重的趋势^[1]。在人口不断增加、耕地日趋减少和淡水资源不足的严重压力下,如何利用盐渍土壤,发展高科技农业,提高作物产量就成为国际上生物科学领域迫切需要解决的问题之一。而土壤盐分组成复杂,既含有 NaCl 等中性盐,又含有碱性盐。这种由不同盐类混合而引起的混合盐碱胁迫对植物生长的破坏作用可能比单一盐类(如 NaCl)引起的盐害更严重。但目前国内外对植物盐害的研究大都集中在 NaCl 上^[2],有关混合盐碱胁迫对植物的伤害研究很少。

M-81E 甜高粱是高粱的一个变种,是从布劳利×(布劳利×丽欧)的杂交后代选育出的纯系甜高粱品种,在美国密西西比国家糖料作物田间站育成,1983 年投向生产,1984 年引入我国,2007 年规模种植。M-81E 甜高粱植株超过 4.2 m,在北方种植生育期超过 160 d,生长耗水量仅为玉米的 1/3。单株茎秆质量可达 1 kg,每公顷产茎秆 5 025 kg 左右,茎秆富含糖分,茎秆出汁率 67%,汁液锤度 14.8~16.1 度。因茎秆节间长,也是一个甜秆品种,可以直接加工成食用糖浆,可经发酵生成乙醇,使其成为重要的生物能源作物,代替化石能源,减少环境污染。茎秆是上等饲料,可用于畜牧业。茎秆的纤维也是造纸的上等原料。用甜高粱取代玉米等粮食作物作为原料生产乙醇,不仅能节约粮食、降低成本,有力地带动发酵产业、振兴乙醇生产行业,而且能推进可再生能源事业和畜牧业的发展。

M-81E 甜高粱是极少数具有耐盐碱能力的作物之一,在中低盐碱土上仍能正常生长,在内陆碱土地地区多有种植。中国西北地区拥有广袤的砂荒地和盐碱地,由于日照时间长、昼夜温差大,特别适合种植耐盐碱的能源作物 M-81E 甜高粱。目前,对食用高粱的 NaCl 盐害研究较多^[3],而对 M-81E 甜高粱的研究,尤其是混合盐碱胁迫对其影响却鲜有报道^[4]。本研究根据宁夏盐碱地盐碱化特点,进行人工模拟研

究,对 M-81E 甜高粱施以 9 种盐碱度的盐碱胁迫处理,测定 M-81E 甜高粱的各种协变反应,鉴定 M-81E 甜高粱苗期耐盐碱能力,以期为 M-81E 甜高粱在盐碱地种植提供依据。

1 材料和方法

1.1 材料与试剂

M-81E 种子购买于辽宁省朝阳市畜牧研究所。

NaCl、蔗糖、NaOH、丙酮和无水乙醇(均为北化精细化学品有限责任公司生产),浸提液(丙酮:无水乙醇=2:1),去离子水,标准酸碱液,干净砂土。

1.2 试验方法

M-81E 甜高粱种子均匀播种于盛有洗净的细沙,直径为 17 cm 的塑料花盆中,保持土壤湿度与生长温度。出苗后每天 17:00 用水浇灌。

1.2.1 M-81E 甜高粱种子耐单盐、单碱胁迫能力鉴定 (1)用去离子水配制不同质量分数梯度盐液,盐质量分数梯度为 $\text{CK}_1:0\%$, $\text{A}_1:0.3\%$, $\text{A}_2:0.6\%$, $\text{A}_3:0.9\%$, $\text{A}_4:1.2\%$, $\text{A}_5:1.5\%$, $\text{A}_6:1.8\%$, $\text{A}_7:2.1\%$, $\text{A}_8:2.4\%$,统计发芽率。(2)用去离子水配制不同质量分数梯度碱液,分别为 $\text{CK}_1:\text{pH}$ 值 7.0, $\text{B}_1:\text{pH}$ 值 7.5, $\text{B}_2:\text{pH}$ 值 7.8, $\text{B}_3:\text{pH}$ 值 8.1, $\text{B}_4:\text{pH}$ 值 8.4, $\text{B}_5:\text{pH}$ 值 8.7, $\text{B}_6:\text{pH}$ 值 9.0, $\text{B}_7:\text{pH}$ 值 9.3, $\text{B}_8:\text{pH}$ 值 9.6,统计发芽率。①发芽率=发芽种子数/供试种子数 $\times 100\%$ ^[5]。②耐盐极限质量分数(%)测定^[6]:以发芽率达对照发芽率 10%以下相对应的盐质量分数为种子耐盐极限质量分数。

1.2.2 M-81E 甜高粱苗期耐盐碱混合胁迫能力鉴定

(1)材料培养:苗高大约在 5 cm 左右,选择生长一致的幼苗移栽到塑料花盆中,每盆栽植 18 株,共 30 盆,分为 10 组,每组设 3 个重复,混合盐碱胁迫 7 d。

(2)混合盐碱条件模拟设计:设盐质量分数梯度为 $\text{C}_1:0.3\%$, $\text{C}_2:0.6\%$, $\text{C}_3:0.9\%$,碱质量分数梯度为: $\text{D}_1:\text{pH}$ 值 7.8, $\text{D}_2:\text{pH}$ 值 8.4, $\text{D}_3:\text{pH}$ 值 9.0, CK :蒸馏水, C_1D_1 , C_1D_2 , C_1D_3 , ..., C_2D_1 , ..., C_3D_3 共设 10 组不同盐碱梯度的混合盐碱胁迫。

(3)胁迫指标的测定:

①存活率测定:存活率=存活株数/总株数 $\times 100\%$ 。

②相对生长率测定:小心从每盆取出 10 株植株,用自来水冲洗干净,再用蒸馏水冲洗,并用吸水纸吸

去表面附着的水分。分别称鲜质量(FW),置于 80 °C 干燥箱中干燥 24 h 至恒定质量,称干质量(DW),计算含水量和相对增长率。

含水量 = $(FW - DW) / DW \times 100\%$;

日相对增长率(RGR) $^{[6]}$ = (胁迫处理结束时的鲜质量 - 胁迫处理开始时的鲜质量) / 胁迫处理持续时间;

相对增长率 = 处理组日相对增长率 / 对照组日相对增长率 $\times 100\%$ 。

③叶绿素测定 $^{[6]}$:色素的提取:从同处理组每个重复栽种盆中随机抽取 2 株高粱苗,用水洗净后擦干,捣碎。精确称取 0.2 g 装入 25 mL 容量瓶内,加入浸提液(丙酮:无水乙醇 = 2:1)定容至 25 mL。轻轻振荡容量瓶,使得在提取液内均匀分布,放于黑暗处浸提。

测定光密度:待浸提 16 h 后,取其提取液转入比色皿中,以浸提液为对照,分别测定在 645 nm 和 663 nm 波长处的吸光值。每个样品重复测定 3 次。

计算公式: $Ca = 12.7 OD_{663} - 2.69 OD_{645}$;

$Cb = 22.9 OD_{645} - 4.68 OD_{663}$;

$Ct = Ca + Cb = 8.02 OD_{663} + 20.21 OD_{645}$ 。

式中 Ca、Cb、Ct 分别为叶绿素 a 质量浓度、组分叶绿素 b 质量浓度和总叶绿素质量浓度,单位为 mg/L。计算出叶绿素的总质量浓度,再根据稀释倍数分别计算每克高粱液中叶绿素的含量。

④相对含水量(RWC):取叶称其鲜质量,然后在蒸馏水中浸泡 24 h 后称其饱和鲜质量,后将其在 80 °C 下烘干,称其干质量。

$RWC = (\text{鲜质量} - \text{干质量}) / (\text{饱和鲜质量} - \text{干质量}) \times 100\%$ 。

⑤束缚水和自由水:采用手持糖量计法测定,取称量瓶称质量(W_1)后,每瓶装适量叶片并称质量(W_2),分别加入质量分数为 65% (C_1) 蔗糖溶液 5 mL,再称质量(W_3)后将各瓶置于摇床暗处 4~6 h 不时轻摇,用手持糖量计测定各瓶糖液质量分数 C_2 ,据公式计算:

自由水含水量 = $[(W_3 - W_2) \times (C_1 - C_2) / C_2] / (W_2 - W_1) \times 100\%$;

束缚水含水量 = 总含水量 - 自由水含水量。

1.3 数据处理

所有数据均为 3 次重复的平均值。所测得的数据用 SPSS 和 Excel 进行相关数学分析。

2 结果与分析

2.1 M-81E 甜高粱种子耐盐、碱能力

2.1.1 盐、碱胁迫下 M-81E 甜高粱发芽率 M-81E 甜高粱种子在萌发过程中,随着盐质量分数的增大,

种子的发芽率有明显降低的趋势(图 1),在盐质量分数为 1.8% 时发芽率为 13.33%,盐质量分数为 2.1% 时发芽率为 6.67%,盐质量分数为 2.4% 时发芽率为 0.00%,说明 M-81E 甜高粱种子的耐盐权限质量分数在 1.8%~2.1%。

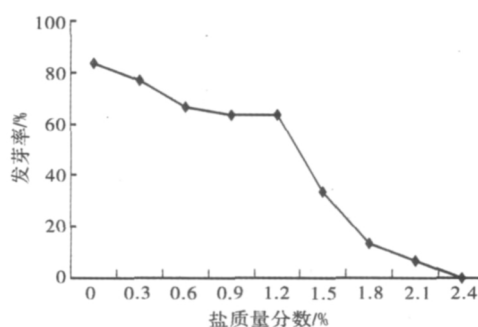


图1 盐胁迫下 M-81E 甜高粱种子发芽率

M-81E 甜高粱种子在萌发过程中,在 pH 值 7.0~9.6,随着 pH 值的增大,种子的发芽率没有明显变化(图 2)。当 pH 值为 9.6 时种子发芽率为 76.67%,与对照的 83.33% 相比相差不大。说明 pH 值为 7.0~9.6 时单碱胁迫对种子萌发影响不大。

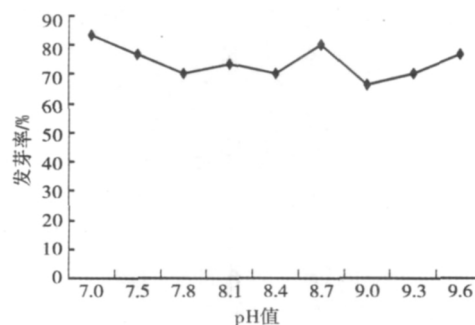


图2 碱胁迫下 M-81E 甜高粱种子发芽率

2.1.2 盐、碱胁迫与 M-81E 甜高粱种子发芽率的相关性 盐胁迫与种子发芽率相关性极其显著 ($r = -0.967^{**}$, $P < 0.01$),而碱胁迫与种子发芽率相关性不显著。说明单盐胁迫影响种子萌发,而 pH 值 7.0~9.6 单碱胁迫不影响 M-81E 甜高粱种子萌发 ($r = -0.421$, $P > 0.05$)。

2.2 M-81E 甜高粱幼苗耐盐碱能力

2.2.1 盐碱混合胁迫对 M-81E 甜高粱苗生长的影响 盐碱对作物的正常生长有抑制作用,而高质量分数的盐碱则能危及作物的生存。不同作物的耐盐碱能力不同,可以用存活率和相对增长率来反映。

试验中,M-81E 甜高粱幼苗存活率随盐碱度升高变化无规律可言,用盐质量分数为 0.9%,pH 值为 9.0 盐碱混合液直接胁迫 M-81E 甜高粱幼苗,存活率最低为 94.44%,与对照相比略有下降,但仍在 90% 以

上(图 3)。这表明 M-81E 甜高粱苗期具有很强的耐盐碱性。

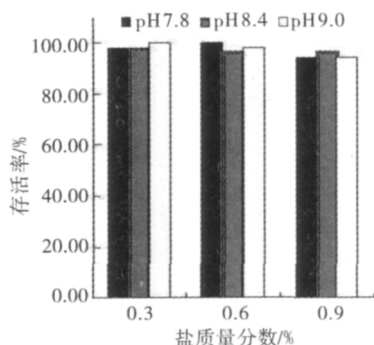


图 3 盐碱胁迫下 M-81E 甜高粱苗期存活率

图 4 所示, M-81E 甜高粱幼苗经盐碱胁迫后, 所有胁迫值都低于对照组值(对照组的相对生长率为 100%), 随着盐碱度的增大, M-81E 甜高粱幼苗相对生长率呈总体下降趋势, 说明随盐碱度的增强, 受抑制程度增大。结果表明, 盐质量分数越高, 抑制程度越高, 且随着碱性的增强, 盐质量分数对生长抑制的程度加大; pH 值越高, 抑制程度越高, 且随着盐质量分数的增强, pH 值对生长抑制的程度加大, 这说明盐质量分数和碱度之间具有很强的协同效应, 这点与羊草^[7]、向日葵^[8]试验结果相同。

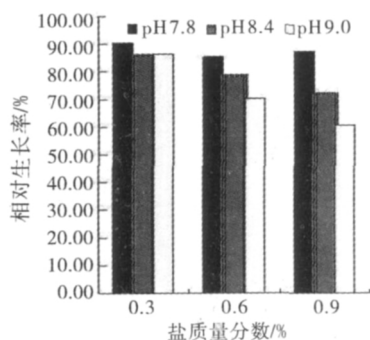


图 4 盐碱胁迫下 M-81E 甜高粱苗期相对生长率

2.2.2 盐碱混合胁迫对 M-81E 甜高粱苗期水分生理的影响 随着盐质量分数和碱度升高, 水势降低, 高粱苗吸水困难。严重时, 苗组织中的水分会外渗, 造成生理干旱, 使得光合作用等过程受抑制, 体内的相对含水量降低, 束缚水含量地升高^[9]。

不同质量分数盐碱胁迫后 M-81E 甜高粱幼苗相对含水量如图 5 所示。从图 5 可以看出, 所有胁迫值都低于对照组值(84.17%), 主要是盐碱逆境下生长的作物, 由于体内与土壤中的水势不平衡, 导致水分向土壤中流失, 造成体内水分亏缺, 相对含水量下降。而且随着盐碱度的升高, 相对含水量呈下降趋势, 这是由于高粱幼苗体内外的水势差越来越大, 导致体内水分不同程度的外渗, 因此相对含水量下

降。从碱度变化来看, 盐质量分数越大相对含水量下降也越多; pH 值越大相对含水量越低, 即随盐质量分数和碱度的增强表现为相对含水量的下降, 并且由变化可以看出, 高盐高碱的共同作用导致其相对含水量的下降幅度增大, 说明盐质量分数和碱度两胁迫因子表现出使胁迫增强的协同效应。

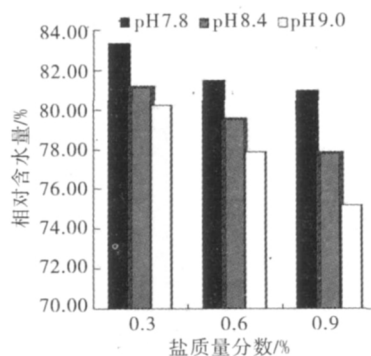


图 5 盐碱胁迫下 M-81E 甜高粱苗期相对含水量

由图 6 可看出, 盐碱混合胁迫对 M-81E 甜高粱幼苗束缚水含量的影响, 所有胁迫值都高于对照组值(对照组为 24.14%), 并且整体呈上升趋势, 这可能是高粱幼苗在盐碱条件下表现出的一种适应性。随着盐质量分数的增加束缚水含量明显上升; 随 pH 值的升高, 束缚水含量也明显上升, 并且在高盐高碱共同作用下, 幅度增大。并且由变化可以看出, 高盐高碱的共同作用也同样导致束缚水含量的上升幅度增大。

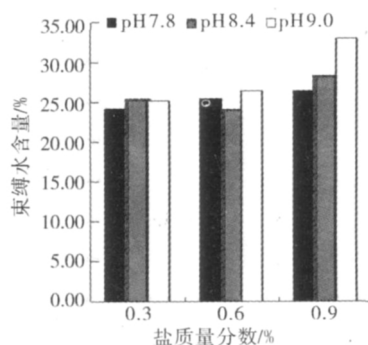


图 6 盐碱胁迫下 M-81E 甜高粱苗期束缚水含量

2.2.3 盐碱胁迫对 M-81E 甜高粱苗期叶绿素含量的影响 图 7 所示, 受不同程度盐碱胁迫作用的高粱幼苗其叶绿素含量较对照(0.23 mg/g)均有所下降。同一盐质量分数下均表现为随着 pH 值增大叶绿素含量下降且盐质量分数越大叶绿素含量下降也越大; 同一 pH 值下均表现为随着盐质量分数增大叶绿素含量下降且 pH 值越大叶绿素含量下降也越大。即随盐碱度的增强表现为叶绿素含量下降, 由变化可以看出, 高盐高碱的共同作用导致下降幅度增大, 说明盐胁迫和碱胁迫表现出协同效应。另外, 从高粱幼苗

叶色也可以看出,中、重度盐碱条件下生长的高粱幼苗有叶色发黄现象,且随盐碱度的增强,叶色发黄加重。而轻度盐碱条件下生长的高粱幼苗叶色发黄不明显。

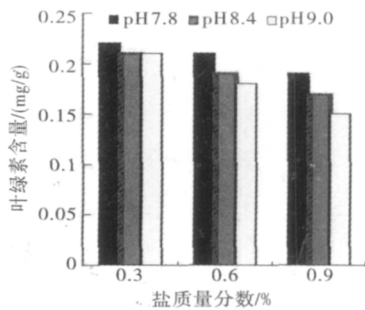


图7 盐碱胁迫下 M-81E 甜高粱苗期叶绿素含量

2.2.4 盐碱胁迫与苗期各胁迫指标间的相关性 从表1可知,盐碱胁迫与存活率相关性不显著,而随着盐质量分数升高,pH值与相对生长率、叶绿素含量、相对含水量、束缚水含量的相关性升高。其中盐质量分数为0.9%时,pH值与相对生长率相关性为-0.998*,pH值与叶绿素含量、相对含水量相关性分别为-1.000**、-0.999**,以上结果表明,盐度和碱度是影响高粱幼苗相对生长率、叶绿素含量、相对含水量、束缚水含量的主要因素,且盐度和碱度两协变因素间存在协同效应。

表1 盐碱胁迫与高粱苗期各指标间的相关分析

项目	存活率	相对生长率	叶绿素含量	相对含水量	束缚水含量
C ₁ pH	0.866	-0.866	-0.866	-0.974	0.800
C ₂ pH	-0.499	-0.997	-0.982	-0.999*	0.404
C ₃ pH	0.000	-0.998*	-1.000**	-0.999**	0.969

注:**表示在0.01水平相关,*表示在0.05水平相关。

3 结论与讨论

本试验结果表明:M-81E 甜高粱种子耐单盐、单碱胁迫能力极强;M-81E 甜高粱种子发芽率与盐质量分数相关极其显著,发芽率随着盐质量分数增大而下降,耐盐极限质量分数为1.8%~2.1%;在pH值7.0~9.6时 M-81E 甜高粱种子发芽率与碱度相关不显著;M-81E 甜高粱苗期耐盐碱能力很强,在盐质量分数为0.9%,pH值为9.0胁迫下存活率还高达94.44%;相对生长率、叶绿素含量、相对含水量随盐碱度增强而降低,且盐碱混合胁迫越强下降越快;束缚水含量随盐碱度增强而增大,随盐碱混合胁迫增强束缚水含量增加越快;相关分析表明,随盐质量分数升高各协变指标与pH相关增强;盐碱胁迫具有协同效应。

以往的研究中多以NaCl作为胁迫指标^[10],并以

相关研究结果作为寻求植物抗盐机制的证据。然而,单独NaCl胁迫作用并不能代表盐碱地中盐害与碱害并存的真实情况。考虑上述原因,本试验采用盐碱混合胁迫的方法对幼苗进行混合盐碱胁迫处理。

M-81E 甜高粱苗期具有较强的抗盐碱能力。盐碱胁迫对7日龄高粱幼苗的正常生长有明显的抑制作用,相对生长率显著下降。Mumls^[11]认为,生长在盐碱条件下的作物,影响植株生长的因子主要是根系当中的Na⁺、Cl⁻。长期生长在盐碱条件下,由于吸水困难和蒸腾加剧,导致叶片Na⁺、Cl⁻质量分数增高,细胞质中高质量分数的Na⁺、Cl⁻干扰代谢,光合作用下降,从而降低了作物的生长速率。盐碱混合胁迫对生长的影响更为明显^[12-13]。受盐碱混合胁迫的高粱幼苗含水量显著下降,此结果与Yang等^[14]的研究结果一致。这与地上部分蒸腾失水及根系破坏吸水能力减弱有关。

在盐碱混合胁迫中,盐质量分数与pH值间有明显的相关性和协同效应。各指标在高盐低碱或高碱低盐下,受胁迫影响相对较小;而在盐质量分数和pH值都较高时(高盐高碱)受伤害程度明显加强。盐与碱的协同效应使高粱幼苗相对生长率、叶绿素含量、相对含水量、束缚水含量明显降低。

参考文献:

- [1] 毛秀红,刘翠兰,燕丽萍,等.植物盐害机理及其应对盐胁迫的策略[J].山东林业科技,2010(4):128-130.
- [2] Paul M H,Ray A B. Plant cellular and molecular response to high salinity [J]. Annu Rew Plant Physiol Plant Mol. Biol,2000,51:463-499.
- [3] 董锋.宁夏引黄灌区耕地土壤盐渍化调查与抗盐植物选育[M].银川:宁夏人民出版社,2006:142-143,190-194.
- [4] 魏玉清,任贤,贝盏临.利用盐碱地种植甜高粱生产燃料乙醇的产业化前景分析[J].安徽农业科学,2010,38(21):11279-11282,11396.
- [5] Chen S L,Li J K,Fritz E,et al. Sodium and chloride distribution in roots and transport in three poplar genotypes under increasing NaCl stress[J]. Forest Ecology and Management,2002,168:217-230.
- [6] 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,2000:134-137,194-197.
- [7] Shi D C,Wang D L. Effects of various salt-alkali mixed stresses on *Aneurolepidium* Chinense (Trin) Kitag [J]. Plant and Soil,2005,271:15-26.
- [8] Shi D C,Sheng Y M. Effect of various salt-alkaline mixed stress conditions on sunflower seedlings and analysis of their stress factors[J]. Environmental and Experimental Botany,2005,54:8-21.
- [9] 刘振业,刘贞琦.光合作用的遗传和育种[M].贵阳:贵州人民出版社,1984.
- [10] 汤章城.现代植物生理学实验指南[M].北京:中国科学技术出版社,1999:308.
- [11] Mumls. R and Terma at AA Aust T[J]. Plant Physiol, 1986,13:364-370.
- [12] 盛彦敏.向日葵对不同程度中碱性复合盐胁迫的生理响应[D].长春:东北师范大学,1999.
- [13] 石德成,盛彦敏,赵可夫.复杂盐碱的生态条件的人工模拟及其对羊草生长的影响[J].草业学报,1998,7(1):36-41.
- [14] Yang W, Nowton R J. Salinity tolerance in sorghum [J]. Crop Sci,1990,30:775-785.