

# 盐胁迫对不同基因型甘薯光合、酶活和生物学特性的影响

谢逸萍, 马代夫, 王欣, 孙厚俊, 唐忠厚, 赵永强

(中国农业科学院甘薯研究所, 农业部甘薯生物学与遗传育种重点实验室, 江苏徐州 221121)

**摘要:** 通过对徐薯22、徐508、徐薯25、徐薯18、商薯19等5个不同基因型甘薯品种的盐胁迫研究, 表明在盐胁迫下不同基因型甘薯品种的产量和干率均有所下降, 产量的下降幅度在22.87%~56.35%, 干率的下降幅度在2.33%~7.2%; 当用20%盐水浇灌时, 所有品种均不能生长。对盐胁迫后甘薯叶绿素含量测定结果表明, 盐胁迫对甘薯苗期影响较大, 但对甘薯中期和后期影响不大; 对POD活性测定结果表明, 甘薯品种在受到盐胁迫时, 多数品种的POD活性是不升高的, 甘薯品种对盐胁迫有自我保护。从品种的耐受度、产量、POD活性值等多因素结果表明, 徐薯22和徐薯18对盐有较好的耐受性。

**关键词:** 甘薯; 盐胁迫; 光合作用; 过氧化物酶活性

中图分类号: S531.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2012)增刊-0097-04

## Effect of Salt Stress on Photosynthesis, Enzyme Activity and Biological Characteristics in Different Sweet Potato Genotypes

XIE Yi-ping, MA Dai-fu, WANG Xin, SUN Hou-jun, TANG Zhong-hou, ZHAO Yong-qiang

(Sweet Potato Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Sweetpotato, Ministry of Agriculture, Xuzhou 221121, China)

**Abstract:** We studied 5 genotypes of sweetpotato with salt stress, including Xushu22, Xu508, Xushu25, Xushu18, Shangshu19. The result indicated that the yield and dry rates decreased under salt stress, and the decline range was 22.87%–56.35% and 2.33%–7.2% respectively, and all genotypes could not grow under salt stress with 20% saline water. The study of chlorophyll content in response to salt stress showed that the impact of salt stress was greater on the seeding period than the mid and late period of growth. The test of POD activity with salt stress showed that the POD activity of most genotypes were not elevated, and sweet potato was self-protection to salt stress. Based on the salt tolerance, the yield and the POD activity, the results showed that Xushu 22 and Xushu18 were higher salt tolerance than other genotypes.

**Key words:** Sweetpotato; Salt stress; Photosynthesis; Peroxidase activity

土壤盐渍化是影响农业生产以及生态环境的一个全球性问题。据统计, 全世界的盐渍土面积有9.5亿 $\text{hm}^2$ 之多。随着土地利用程度的加大, 国内外次生盐渍土面积不断扩大, 在人口不断增长的今天, 扩大耕地面积产量, 是摆在人们面前的头等大事。特别是在能源十分紧缺的今天, 如何利用盐渍化土地, 生产生物能源原料, 以达到能源作物不与人争粮、不与粮争地的目的, 已成为政府和科学界关注

的热点。许多研究实践证明, 生物学措施最有前途, 特别是引种经济耐盐植物。

甘薯具有很强的生态适应性, 耐寒、耐旱、耐贫瘠、耐盐碱, 是我国的粮食和能源安全的底线作物, 甘薯不仅可以做为食、饲和工业原料, 还是重要的能源作物, 研究甘薯的耐盐特性, 培育筛选耐盐品种, 对国家粮食安全和能源安全具有很重要的作用。作者利用国家甘薯改良中心的抗逆鉴定池, 对目前生

收稿日期: 2012-07-25

基金项目: 国家现代农业产业技术体系(nycytx-46-B-9); 行业计划(200903001-4-6); 江苏省自然科学基金(BK2011199)

作者简介: 谢逸萍(1962-), 女, 广东罗定人, 研究员, 主要从事甘薯抗病育种和病虫害防控研究。

产中推广应用的能源型高淀粉品种进行了耐盐性鉴定和耐盐性生理机制研究。

## 1 材料和方法

### 1.1 参试品种

徐薯 22、徐 508、徐薯 25、徐薯 18、商薯 19。

### 1.2 处理方法

试验将每一独立水泥池(4 m × 2 m) 设为一处理小区, 每小区分别种植徐薯 22、徐 508、徐薯 25、徐薯 18、商薯 19 等 5 个品种, 每品种种植 10 株。于 7 月 1 日栽种。

试验采用固体海水按一定比例配成不同盐含量海水, 配制不同浓度施用水液含盐量分别为 1.5%, 3.5%, 5.0%, 10.0%, 15.0%, 20.0%, 25.0%, 30.0%, 40.0%, 50.0%, 60.0%, 对照施用清水, 分别于 7 月 30 日、8 月 14 日、9 月 7 日在植物根部附近进行施用, 每株用水量为 500 mL。在 8 月 8 日、8 月 24 日、9 月 17 日进行叶绿素含量测定, 在 8 月 14 日进行叶片过氧化物酶活性测定。在收获时进行产量、生物学特性及干率测定。

### 1.3 测定方法

1.3.1 烘干率测定 采用 60℃ 恒温烘干法。

1.3.2 过氧化物酶活性测定: 在各小区按好中差标准采集 3 株, 每植株取第 3 片展开叶, 每片叶片取半片剪碎, 混合均匀后称取 0.2 g 样品, 加 1 mL 0.1 mol/L Tris HCl 缓冲液(pH 值 8.5) 冰浴研磨匀浆, 4 000 r/min 离心 15 min, 冰箱贮备; 取提取液 0.2 mL 用 0.1 mol/L Tris HCl 缓冲液稀释成 10 mL, 加入反应混合液 2 mL, 将部分混合液移入比色杯中, 准确记录 1 min 时的反应光密度值(OD)。以每分钟光密度变化值表示酶活性大小, 即  $OD_{470}/min$ 。

1.3.3 叶绿素含量测定: 用 FM S22 型脉冲调制式叶绿素荧光分析仪(英国 Han satech 公司) 测定, 每次均测定每株主枝的第 5 片展开叶。

### 1.4 数据分析

采用 DPS V8101 版分析软件。

## 2 结果与分析

### 2.1 盐胁迫对不同基因型甘薯幼苗生长的影响

观察甘薯幼苗生长情况可以看出, 施用水液含盐量在 0~10% 时, 所有参试品种均没出现死苗现象, 施用水液含盐量在 40% 以上, 第 1 次施用后 3 d, 甘薯苗全部死亡, 施用水液含盐量 30%, 甘薯苗在第 2 次施用 7 d 后全部死亡, 施用水液含盐量 20% 时, 只有徐薯 18 和徐 508 两品种有部分甘薯苗

存活。施用水液含盐量 15% 时, 大多薯苗可正常生长, 但也有部分甘薯苗出现死苗, 死苗率分别为徐薯 22 20%; 徐薯 25 50%; 徐薯 18 10%; 商薯 19 60%; 徐 508 20%。由此可见, 徐薯 22、徐薯 18、徐 508 的耐盐性较好。

### 2.2 盐胁迫对不同基因型甘薯产量的影响

从图 1 可以看出, 在盐胁迫下不同基因型甘薯品种的产量均有所下降, 下降幅度在 22.87%~56.35%, 不同基因型甘薯品种对盐的耐受程度是不同的, 最低产量多出现在 3.5% (相当于用 100% 海水浇灌), 从 5 个品种产量表现看徐薯 22 产量最高, 而徐薯 18 下降幅度最小。说明徐薯 22 和徐薯 18 的耐盐性均较好。

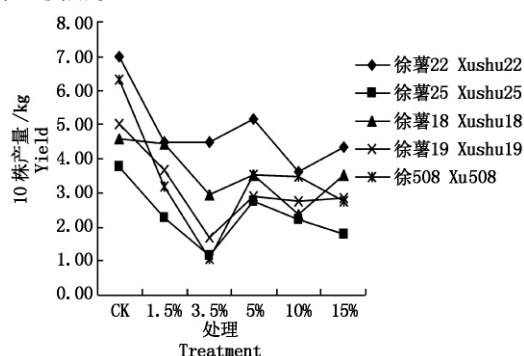


图 1 盐胁迫下甘薯不同基因型产量表现

Fig. 1 Yield performance of different sweet potato genotypes under salt stress

### 2.3 盐胁迫对不同基因型甘薯的叶绿素含量影响

对施盐 7 d 后各品种叶绿素测定。结果表明, 各品种在第 1 次施盐后, 叶绿素含量随施盐含量的增加而减少, 减少的幅度不同, 但在第 2 次、第 3 次施盐后测定品种的叶绿素含量则没有很大变化。分析原因, 植株在第 1 次施盐时, 薯苗较小, 对盐的耐受很差, 施盐后严重影响了叶片的叶绿素合成, 当薯苗长大后, 对盐的耐受程度增加, 盐对植株叶绿素合成的影响降低。统计分析结果也表明, 除徐薯 22 不同盐含量的叶绿素测定值在 5% 水平上有显著差异, 其他品种在 5% 水平上均没有显著差异, 而所有品种在 1% 水平上均无差异(表 1)。表明, 苗期是否成活, 是品种抗盐的关键, 在植株成活后, 盐对各品种的叶绿素合成影响不大。

### 2.4 盐胁迫下不同基因型甘薯的过氧化物酶活性的变化

过氧化物酶(POD) 是酶促防御系统保护酶, 防御活性氧或其他过氧化自由基对细胞膜系统的伤害, 抑制膜脂过氧化, 以减轻盐胁迫对植物细胞的伤害。从表 2 可以看出, 不同基因型甘薯品种在受到盐胁迫后 POD 值高低变化是不一致的, 徐薯 22 和

徐薯 25 酶活下降,徐薯 18 和徐 508 酶活基本保持不变,只有商薯 19 酶活上升,POD 活性随着 NaCl 浓度的增加而逐渐升高,说明该基因型对盐十分敏感,盐对其细胞膜系统有较明显的伤害,品种的耐盐

性较差。而受盐胁迫时,POD 活性降低或不变,说明该基因型对盐的耐受性较好,植物体对逆境的敏感性较弱,由此,验证徐薯 22 和徐薯 18 的耐盐性。

表 1 不同基因型甘薯的叶绿素含量变化

Tab.1 Content of chlorophyll in fresh leaf of different sweet potato genotypes

盐处理量 Salt treated	不同测定时间叶绿素含量 Content of chlorophyll in different testing time														
	徐薯 22 Xushu22			徐薯 25 Xushu25			徐薯 18 Xushu18			商薯 19 Shangshu19			徐 508 Xu508		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
CK	43.93	38.00	40.40ab	32.54	33.08	37.22a	33.80	36.85	35.35a	39.49	39.13	37.20a	39.31	31.18	37.33a
1.5%	35.54	37.24	41.17ab	31.67	37.94	34.31a	26.41	31.26	32.85a	33.81	36.64	40.41a	35.80	29.81	37.46a
3.5%	40.60	42.29	44.49a	34.68	33.26	35.75a	30.72	34.30	37.74a	35.23	37.33	37.75a	38.83	35.21	35.80a
5%	39.18	40.36	36.80ab	35.25	37.50	35.50a	29.80	33.33	33.41a	33.49	36.26	35.96a	38.10	32.00	35.81a
10%	31.73	43.56	36.19ab	23.84	38.14	31.19a	26.70	36.39	30.67a	22.95	43.42	34.63a	36.94	35.96	34.25a
15%	22.77	34.14	32.54b	8.84	31.54	28.32a	24.13	34.80	33.24a	6.81	27.90	31.98a	26.31	34.75	37.89a

注:表中小写字母表示差异达显著水平( $P < 0.05$ );1为8月8日测定的叶绿素含量;2为8月24日测定的叶绿素含量;3为9月7日测定的叶绿素含量。

Notes: The difference in data with different letters reaches the level of  $P < 0.05$ ; 1. Content of chlorophyll tested in Aug. 8th; 2. Content of chlorophyll tested in Aug. 24th; 3. Content of chlorophyll tested in Sep. 7th.

表 2 不同基因型甘薯的过氧化物酶活性变化

Tab.2 Activity of POD in fresh leaf of different sweet potato genotypes

品种名称 Variety	不同盐处理浓度 Different salt concentration			
	CK	1.5%	2.5%	3.5%
徐薯 22 Xushu22	1.069	0.787	0.891	0.485
徐薯 25 Xushu25	0.936	0.831	0.763	0.537
徐薯 18 Xushu 18	1.068	1.165	1.006	1.020
商薯 19 Shangshu19	0.879	1.120	1.060	1.209
徐 508 Xu508	0.786	0.753	0.770	0.817

## 2.5 盐胁迫条件下甘薯的生物学特性变化

在盐胁迫条件下甘薯的最长蔓长、分枝数、干率等生物学特性是有一定变化的,从图 2 可以看出,各品种的最长蔓长随盐浓度的不同,有一定的变化,但没有显著差异,说明盐胁迫对甘薯的蔓长影响很小。

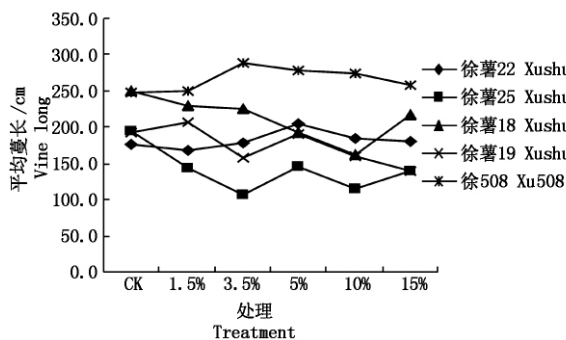


图 2 盐胁迫下甘薯不同基因型蔓长变化情况

Fig.2 Vine long of different sweet potato genotypes under salt stress

从图 3 可以看出,各品种的平均分枝数随盐浓度的不同,变化很大,多数基因型在盐胁迫条件下,表现为分枝数减少,生长势减弱,但也有个别品种

(徐 508) 在盐浓度增加时,分枝数明显增多,这是否是基因型对逆境的特殊反应,还有待进一步研究证实。

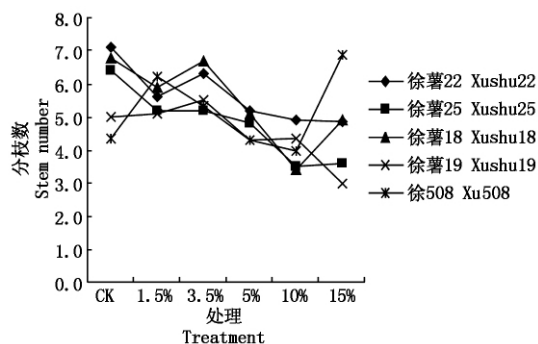


图 3 盐胁迫下甘薯不同基因型分枝数变化情况

Fig.3 Main stem number of different sweet potato genotypes under salt stress

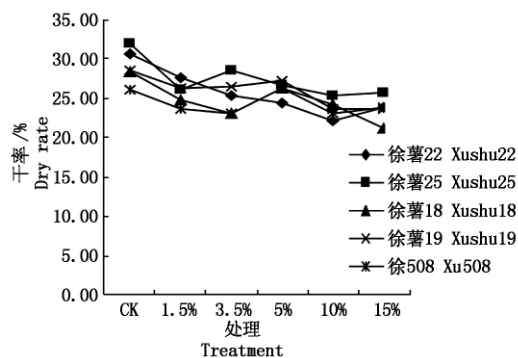


图 4 盐胁迫下不同基因型干率变化情况

Fig.4 Dry matter rate of different sweet potato genotypes under salt stress

从图 4 可以看出,在盐胁迫条件下各品种的干率都有所下降,降幅最大的品种是徐薯 18,下降 7.2 个百分点,降幅最小的品种是徐 508,仅下降了 2.33

个百分点,而徐薯 22、徐薯 25 降幅均在 6 个百分点以上,由此可见,不同基因型在盐胁迫下,干率的下降幅度差异是很大的。在沿海滩涂种植能源型甘薯,不仅要考虑品种的产量,也要兼顾品种干率的表现,选择产量和干率下降幅度都较低品种。

### 3 讨论

甘薯的耐盐性以往也有报道,报道显示甘薯是一种耐盐性较强的作物<sup>[1-5]</sup>,在滨海盐渍地种植,每公顷栽植 45 000 ~ 75 000 株,单株平均产量可达 0.5 kg,但甘薯对盐的最大耐受度、在盐胁迫下不同基因型甘薯的产量、干率、叶绿素含量、POD 活性及生物学特性的变化未见报道。本试验证实,甘薯品种对盐胁迫具有很强的耐受度,在 15% 的盐水浇灌条件下仍可继续生长,但这是在甘薯苗已成活的情况下进行的,甘薯对土壤中盐含量的耐受度如何,还需要在沿海滩涂上进一步研究。

在盐胁迫下,植物体细胞受损,植物体内 POD 活性增高,这是植物对逆境的正常反应,本研究显示,不同品种在盐浓度增高时其 POD 活性值的变化是不同的,这是否是甘薯品种对盐胁迫的抗性,是否在甘薯体内存在着某种物质可以化解盐对细胞膜的损害,还需进行进一步研究。

植物体内叶绿素是植物进行光合作用重要物质,在盐胁迫下,甘薯体内的叶绿素含量,仅在甘薯苗期随施盐浓度的增高而降低,在甘薯生长的中期和后期,盐胁迫对甘薯体内叶绿素含量没有影响,在盐胁迫下,甘薯可以正常的进行光合作用,这点也进一步证实甘薯是耐盐性强的作物。

研究表明,不同基因型品种对盐的耐受度有很大差异,这不仅表现在产量上的差异,同时表现在干率的降低,而干率是能源型品种的一个很重要的指标,在选择海涂能源用甘薯品种时,要同时考虑产量和干率 2 个指标的下降幅度。

#### 参考文献:

[1] 郭小丁,朱礼祥. 在滨海盐渍地鉴定甘薯品种耐盐性[J]. 江苏农业科学, 1993 (6): 17-18.

- [2] 郭小丁,朱礼祥. 甘薯品种资源耐盐性鉴定研究[J]. 盐碱地利用, 1993(2): 36-41.
- [3] 郭小丁,郭景禹. 甘薯品种资源田间耐盐性鉴定研究[J]. 作物品种资源, 1994 (3): 34-36.
- [4] 吕芝香,王正刚. 盐胁迫下  $\text{Ca}^{2+}$  对小麦根无机离子分布和膜脂肪酸的影响[J]. 植物生理学报, 1993, 19(4): 325-332.
- [5] 晏斌,戴秋杰. 钙提高水稻耐盐性的研究[J]. 作物学报, 1995, 21(6): 685-696.
- [6] 章文华,刘友良. 钙对大麦幼苗盐胁迫的缓解效应[J]. 植物生理学通讯, 1992, 28(3): 176-179.
- [7] 赵可夫,卢元芳.  $\text{Ca}^{2+}$  对小麦幼苗降低盐害效应的研究[J]. 植物学报, 1993, 35(1): 51-54.
- [8] 陈如凯,张木清. 甘蔗耐盐研究. IV.  $\text{NaCl}$  胁迫对甘蔗多胺代谢的影响[J]. 作物学报, 1995, 21(4): 479-484.
- [9] 史跃林,罗庆熙.  $\text{Ca}^{2+}$  对盐胁迫下黄瓜幼苗中  $\text{CaM}$ 、MDA 和质膜透性的影响[J]. 植物生理学通讯, 1995, 31(5): 347-349.
- [10] 刘伟,潘廷国. 盐胁迫对甘薯叶片氮代谢的影响[J]. 福建农业大学学报, 1998, 27(4): 490-494.
- [11] 刘伟,魏日凤,潘廷国.  $\text{NaCl}$  胁迫及外源  $\text{Ca}^{2+}$  处理下甘薯幼苗叶片多胺水平的变化[J]. 福建农林大学学报, 2005, 34(2): 244-247.
- [12] 周希琴,吉前华. 盐胁迫下木麻黄幼苗抗氧化酶活性的变化及  $\text{Ca}^{2+}$  对它的调控[J]. 植物生理学通讯, 2004, 40(2): 184-186.
- [13] 李扬,孙存华,贺鸿雁,等. PEG 渗透胁迫对甘薯光合作用的影响[J]. 河南农业科学, 2005, 6: 37-39.
- [14] 龚继明,郑先武,杜保兴,等. 控制水稻重要农艺性状的 QTL 在盐胁迫与非胁迫条件下的对比研究[J]. 中国科学, 2000, 30(6): 561-568.
- [15] 王学军,李仁所,李式军,等. 黄瓜抗盐选择研究[J], 山东农业大学学报: 自然科学版, 2000, 31(1): 71-73.
- [16] 於丙军,吉晓佳,刘俊,等. 氯化钠胁迫下野生和栽培大豆幼苗体内的多胺水平变化[J]. 应用生态学报, 2004, 15(7): 1223-1226.
- [17] 张云华,王荣富,阮龙. 水分胁迫对甘薯叶绿素荧光和光合特性的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(8): 208-210.