

董 静,邢锦城,朱小梅,等. 苏北沿海滩涂盐碱地上不同类型甘薯品种耐盐性比较[J]. 江苏农业科学,2017,45(18):85-88.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.18.022

苏北沿海滩涂盐碱地上不同类型甘薯品种耐盐性比较

董 静,邢锦城,朱小梅,丁海荣,刘 冲,赵宝泉,温祝桂,洪立洲

(江苏沿海地区农业科学研究所,江苏盐城 224002)

摘要:对9个不同类型甘薯品种在盐碱地条件下的生长状况及 Na^+ 和 K^+ 含量的分配差异进行了系统分析,以期筛选出适宜在苏北沿海滩涂盐碱地栽植的耐盐甘薯品种。研究表明,甘薯不同品种间的耐盐性存在差异,主要产量性状如鲜薯产量、薯块干率、薯干产量等在不同甘薯品种间均表现出显著差异。鲜薯和薯干产量可作为综合评价甘薯品种耐盐性的理想指标,并以此筛选出较为耐盐品种如NZ-1、NJ-72、W50-20、XS-33等。耐盐甘薯叶片与根系中的 K^+ 比值较高,根部积累 Na^+ 较多,叶片部 Na^+ 较少。因此 Na^+ 与 K^+ 离子在体内的吸收与分布差异可能是导致甘薯耐盐性相对强弱的重要原因。同时,对甘薯种植前后土壤的主要理化性质进行了分析,结果表明,甘薯种植后试验区内土壤表层的含盐量显著降低,而土壤养分指标均有不同程度的提高。表明甘薯是一种耐盐性较强的作物,盐碱地种植能起到降低土壤盐分、改良土壤的作用,是提高苏北滩涂盐碱地利用率的有效途径。

关键词:甘薯;盐碱地;耐盐性;产量性状; Na^+ ; K^+

中图分类号: S531.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)18-0085-04

甘薯 [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] 为旋花科一年生或多年生蔓生性草本块根植物,是重要的粮食、饲料以及工业原

料,在世界粮食生产中总产排第7位^[1]。我国是世界上最大的甘薯生产国,作为本国的第四大粮食作物,甘薯在粮食生产和能源安全方面发挥着重要作用。近年来,随着人们对甘薯营养价值认识的提高和保健意识的增强,甘薯作为可改善人体营养的保健食品得到广泛关注^[1]。

江苏沿海滩涂总面积达68.7万 hm^2 以上,居于全国首位,其中沿海多为淤泥质海岸,而海岸仍在逐年淤积成为新的滩涂陆地,成为江苏省农业发展的重要后备土地资源^[2]。沿海滩涂作为海岸带重要湿地资源,土地含盐碱较高,适宜种植的经济作物少。研究表明,甘薯在滨海盐渍土含盐量达

收稿日期:2016-05-16

基金项目:江苏沿海地区农业科学研究所科研基金(编号:YHS201404)。

作者简介:董 静(1988—),女,江苏盐城人,硕士研究生,研究实习员,主要从事耐盐植物栽培利用研究。E-mail: dongjingyc@163.com。

通信作者:洪立洲,硕士,研究员,主要从事土壤肥料与盐土农业工程研究。Tel:(0515)88334141;E-mail: ychonglz@163.com。

[7] 虞瑞娟,杨翠娥,黄晶晶. 油菜机直播播期试验分析[J]. 上海农业科技,2013(6):62.

[8] 浦惠明,龙卫华,高建芹,等. 油菜全程机械化生产配套农艺技术研究 I. 不同播期和密度对直播油菜产量和经济性状的影响[J]. 江苏农业科学,2009(3):48-50.

[9] 喻义珠,杨正山,张梅生,等. 甘蓝型杂交油菜高产栽培技术研究[J]. 江苏农学院学报,1998,19(3):28-32.

[10] 喻义珠,张梅生,杨正山,等. 杂交油菜超高产栽培技术研究[J]. 中国油料,1997,19(4):28-31.

[11] 卞 悦,潘国珠,蒋国民,等. 杂交油菜高产群体质量及调控技术研究[J]. 江苏农业科学,1998(5):29-32.

[12] 李 强,陈跃华,林 萍,等. 播期对冬油菜干物质积累及经济性状的影响[J]. 西南农业学报,2010,10(1):51-55.

[13] 刘建霞,郑华斌,孔平圆,等. 移栽时期与栽培方式对油菜干物质积累的影响[J]. 作物研究,2015,29(2):132-136.

[14] 刘晓伟,鲁剑巍,李小坤,等. 直播冬油菜干物质积累及氮磷钾养分的吸收利用[J]. 中国农业科学,2011,44(23):4823-4832.

[15] 吴丽军,孙小凤,张 荣,等. 春油菜干物质积累与硒的吸收、累积及分配特性研究[J]. 中国农学通报,2013,29(33):141-145.

[16] 戴 敬,徐俊兵,喻义珠,等. 冬油菜春后干物质积累与产量的

关系[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版),2005,26(1):77-80.

[17] 张 敏,陶诗顺,黄 露,等. 甘蓝型杂交油菜干物质积累、分配及其与产量关系研究[J]. 中国种业,2009(11):51-53.

[18] 白 鹏,冉春艳,谢小玉. 干旱胁迫对油菜蕾薹期生理特性及农艺性状的影响[J]. 中国农业科学,2014,47(18):3566-3576.

[19] 陈正刚,鲁剑巍,李 剑,等. 施肥及氮肥用量对杂交油菜氮磷钾吸收量及产量的影响[J]. 中国农学通报,2011,27(22):253-257.

[20] 邓家琴,潘中山,万江红,等. 杂交油菜蕾薹肥不同施用量对产量的影响[J]. 耕作与栽培,2012(4):38.

[21] 杨益花,张亚洁,苏祖芳. 施氮量对杂交水稻产量构成因素和干物质积累的影响[J]. 天津农学院学报,2005,25(1):5-8.

[22] 宋明丹,李正鹏,冯 浩. 不同水氮水平冬小麦干物质积累特征及产量效应[J]. 农业工程学报,2016,32(2):119-126.

[23] 李 佳,曹国军,耿玉辉,等. 不同供氮水平对春玉米干物质积累及氮素吸收利用的影响[J]. 中国农学通报,2014,30(27):208-212.

[24] 马宗斌,严根土,刘桂珍,等. 施氮量对黄河滩区棉花叶片生理特性、干物质积累及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2013,19(4):849-857.

0.5% 条件下仍具有一定的产量,但品种间差异较大^[3]。江苏沿海滩涂地少人多,在滩涂盐碱地上种植甘薯,引进、筛选耐盐甘薯新品种,可提高存在土壤障碍的非耕地资源的利用率^[4],因此,在滩涂区发展甘薯产业具有广阔前景。

甘薯适应性较强,耐旱、耐盐碱、用途广、稳产性高。前人对不同甘薯品种耐盐碱程度的研究多集中在室内^[5-7],目前对盐碱地直接种植甘薯进行不同基因型耐盐性鉴定鲜有报道。本研究以沿海滩涂绿色生态开发利用为目标,利用江苏省盐城市大丰区金海农场盐碱地,开展耐盐甘薯种质的田间筛选试验,根据这批不同基因型甘薯的田间农艺性状与经济性状表现,筛选出较为耐盐碱的品种。同时分析甘薯栽植前后土壤主要理化性质的变化,研究甘薯种植改良盐渍化土壤的效果,为沿海滩涂甘薯推广种植及进一步的开发利用提供技术依据。

1 材料与方法

1.1 材料

选择白肉甘薯品种(系)3个,分别为SY-303、N104-2、XYS-35;紫肉甘薯品种(系)6个,分别为XS-33、N6-8、XS-5、NJ-72、NZ-1、W50-20作为供试材料,由江苏省徐州甘薯研究中心提供。

1.2 试验方法

田间小区试验于2015年6—10月在江苏省盐城市大丰区金海农场进行。采用起垄净作栽培方式,垄距0.9 m,株距0.2 m,小区面积25 m²,每个品种(系)3次重复,随机区组排列。种植密度为3 100株/hm²,四周设保护行3行,栽植125 d后收获。氮肥(尿素)用量为150 kg/hm²,磷肥(P₂O₅)用量为135 kg/hm²。

1.3 测定项目和和方法

1.3.1 甘薯性状的测定 收获前10 d在每小区第1垄选取具代表性的甘薯6株进行取样,取样部位分别为第1张幼叶、成熟叶、须根和块根,并测定每个品种(系)主蔓长、基部分枝

数、叶片数和茎粗;收获期分区进行考种,每小区随机取样5个,将块根洗净切成丝状均匀混合后取100 g样置于80℃烘箱内烘干至恒质量,称质量,记为薯块干率。记录小区内甘薯地上部茎叶鲜质量、须根及块根鲜质量。

1.3.2 钠、钾含量的测定 将叶片和须根洗净分别置于105℃烘箱内杀青15 min后,80℃烘干至恒质量,重复3次。取叶片和块根干样各0.5 g,马弗炉灰化后,用1.0 mmol/L盐酸溶解并定容到50 mL容量瓶内,随后稀释20倍,利用原子吸收分光光度计分别测定相应的离子含量。

1.3.3 土样的测定 甘薯栽植前及收获后分别取0~20 cm土壤样本,分析含盐量、速效氮含量、速效钾含量、速效磷含量、有机质含量等,土样基本性状用常规方法测定^[8]。

1.4 数据处理

采用Excel 2003和SPSS 19.0对数据进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 盐碱地条件下不同甘薯品种农艺性状与经济性状比较

2.1.1 农艺性状比较 大部分甘薯品种生长良好,表现出较强的耐盐性。从表1可以看出,主蔓长以NZ-1最长,达190.83 cm,N104-2最短;基部分枝数、单株结薯数差异均不显著。单株叶片数、茎粗、主蔓长不同甘薯品种间差异明显。

2.1.2 经济性状比较 从表2可以看出,鲜薯产量、茎叶产量、薯块干率、薯块鲜质量、须根质量等均表现出显著差异。有研究认为,甘薯茎粗与基部分枝数和最长蔓长之间有某种相关性,但缺乏统一认识,甚至存在相互矛盾的结论^[9-12]。本研究并未发现有何规律,这可能与供试甘薯品种有关。鲜薯产量以NZ-1最高,与产量最低的N6-8相比,产量增加534.06 kg/hm²,增幅达43.43%。薯干产量最高的为NJ-72,W50-20次之,其中XYS-35产量最低,与NJ-72相比薯干产量降低了36.61%。由鲜薯产量和薯干产量可知,较为耐盐的品种主要有NZ-1、NJ-72、W50-20、XS-33等。

表1 不同甘薯品种在盐碱地条件下的农艺性状比较

品种	结薯数(个/株)	分枝数(个)	叶片数(张/株)	茎粗(cm)	主蔓长(cm)
XS-5	4.00 ± 1.00a	9.00 ± 2.65a	91.67 ± 21.46a	0.47 ± 0.03abcd	86.70 ± 12.43a
SY-303	4.67 ± 1.15a	11.67 ± 3.79a	197.00 ± 21.66d	0.52 ± 0.01bcde	127.73 ± 11.65b
W50-20	5.67 ± 2.08a	10.00 ± 2.00a	182.23 ± 75.57bcd	0.53 ± 0.04cde	142.83 ± 20.41b
NZ-1	5.00 ± 1.00a	11.00 ± 3.61a	108.33 ± 22.28a	0.48 ± 0.04abcd	190.83 ± 15.77c
NJ-72	4.33 ± 1.53a	11.33 ± 3.51a	122.67 ± 37.85ab	0.54 ± 0.04de	129.53 ± 21.74b
XYS-35	5.33 ± 0.58a	14.67 ± 3.06a	191.33 ± 27.50cd	0.43 ± 0.05a	117.90 ± 17.61b
XS-33	6.33 ± 1.53a	10.67 ± 1.53a	127.33 ± 37.07abc	0.45 ± 0.05ab	127.27 ± 18.01b
N6-8	5.67 ± 2.31a	9.33 ± 3.21a	110.67 ± 15.18a	0.58 ± 0.03d	116.90 ± 20.11b
N104-2	5.33 ± 1.53a	13.67 ± 1.53a	147.00 ± 22.11abcd	0.47 ± 0.04abc	76.17 ± 13.48a

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。表2同。

与普通土壤种植相比,在盐碱地中的不同甘薯品种小薯个数显著增多,大薯数量有所降低。此外,试验发现薯块干率亦有所变化,如NZ-1在非盐碱地种植,其薯块干率为27.2%左右,本试验中仅为25.12%,下降幅度达7.65%;SY-303的干率一般为29.0%~31.0%,在盐碱地里种植其薯块干率仅为24.79%。其原因一方面是因为苏北沿海滩涂土地含盐碱高,有碍甘薯的生长;另一方面本试验区濒临黄

海,海风较大且气温低,导致甘薯前期茎叶生长缓慢,不利于干物质的积累。

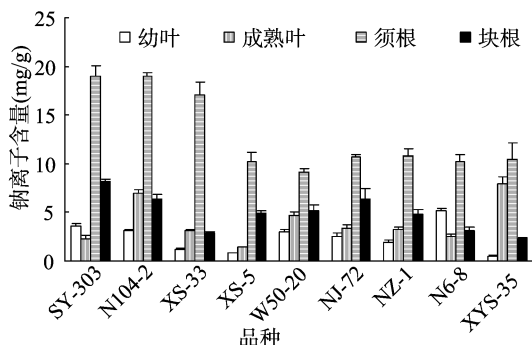
2.2 盐碱地条件下不同甘薯品种钠、钾含量与分配比较

2.2.1 不同甘薯品种体内Na⁺吸收与分配 盐胁迫可导致植物体内Na⁺过量吸收。植物体内一旦积累过多的Na⁺则会破坏代谢中酶的结构和功能,降低酶活^[13],影响细胞正常的新陈代谢,进而对植物体产生伤害。从图1可以看出,甘薯不

表2 不同甘薯品种在盐碱地条件下的生物量与产量性状比较

品种	鲜薯产量 (kg/hm ²)	茎叶产量 (kg/株)	薯块干率 (%)	须根鲜质量 (kg/株)	薯块鲜质量 (kg/株)	薯干产量 (kg/hm ²)
XS-5	1 248.97 ± 154.80a	0.39 ± 0.02ab	29.43 ± 0.16d	0.07 ± 0.03ab	0.67 ± 0.10a	367.48 ± 45.04abc
SY-303	1 478.60 ± 215.98a	0.80 ± 0.12d	24.79 ± 1.85bc	0.06 ± 0.02ab	0.73 ± 0.10a	364.49 ± 36.31abc
W50-20	1 618.47 ± 140.66b	0.68 ± 0.08cd	28.50 ± 2.40d	0.05 ± 0.02ab	0.75 ± 0.14a	463.11 ± 74.03cd
NZ-1	1 763.73 ± 158.30b	0.38 ± 0.09a	25.12 ± 0.79bc	0.03 ± 0.02a	1.09 ± 0.16b	442.24 ± 28.56bcd
NJ-72	1 711.93 ± 137.91b	0.75 ± 0.07d	27.75 ± 1.39cd	0.03 ± 0.02a	0.72 ± 0.10a	475.43 ± 51.40d
XYS-35	1 447.87 ± 111.30ab	0.54 ± 0.10bc	20.91 ± 1.81a	0.07 ± 0.01ab	0.70 ± 0.09a	301.39 ± 53.68a
XS-33	1 685.63 ± 183.50b	0.72 ± 0.07d	24.10 ± 1.38b	0.09 ± 0.01b	0.62 ± 0.08a	405.16 ± 34.51bcd
N6-8	1 229.67 ± 230.94a	0.73 ± 0.10d	22.01 ± 2.31ab	0.06 ± 0.01ab	0.81 ± 0.10a	369.53 ± 60.50abc
N104-2	1 680.77 ± 243.91b	0.77 ± 0.09d	28.35 ± 2.02d	0.08 ± 0.04b	1.08 ± 0.09b	351.34 ± 90.59ab

同品种不同部位的 Na⁺ 含量具有很大差异。与各器官相比, Na⁺ 主要积累在甘薯根部,且须根中 Na⁺ 含量均显著高于块根部。叶片中 Na⁺ 含量普遍较低,除 SY-303 和 N6-8 外,其他甘薯品种成熟叶片中 Na⁺ 含量均高于嫩叶。Na⁺ 在根部积累,可减轻对地上部代谢活动的干扰,有利于根部的盐离子进行渗透调节,进而降低水势^[14],保持植物吸收水分的能力,从而减少生理性干旱,这可能是植物适应盐害的一种机制。

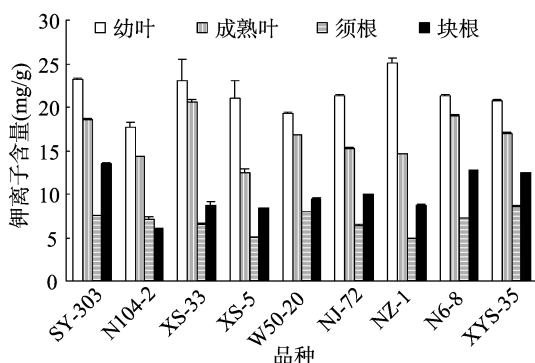
图1 Na⁺在不同甘薯品种不同器官中的分布

2.2.2 不同甘薯品种体内 K⁺ 吸收与分配 K 是植物所必需的三大营养元素之一,参与许多生理过程,在细胞的生长及代谢中发挥重要作用。甘薯对钾素吸收受甘薯品种、土壤理化性质、气候条件以及水分管理等因素的影响。从图 2 可以看出,在盐碱地环境条件下,甘薯叶片中积累的 K⁺ 显著高于根系部分,其中 XS-33、NJ-72、NZ-1 等叶片与根系中的 K⁺ 比值明显高于其他品种。嫩叶中 K⁺ 含量均高于成熟叶片,绝大多数甘薯品种中块根部 K⁺ 含量高于须根部。

在盐胁迫下,植物细胞内 Na⁺ 积累过多可影响植物对 K⁺ 的吸收,K⁺ 含量降低,则 K⁺/Na⁺ 比例失调,会造成离子毒害进而严重影响植物的正常生长^[15],因此 K⁺/Na⁺ 通常用于植物可在盐渍土壤中正常生长的一项判定指标。本研究中西甘薯叶片部分的 K⁺/Na⁺ 显著大于根系部分,这是因为根系最先接触盐离子胁迫,大量 Na⁺ 进入根系,对 K⁺ 的选择性吸收降低;而地上部分则需要经过体内木质部薄壁细胞重新吸收再运输到韧皮部最后才将 Na⁺ 运往根部,因此对叶片的 Na⁺ 的影响要晚于根系部分。

2.3 甘薯种植对试验区土壤基本理化性质的影响

土壤全盐量是表征土壤盐化程度的一项重要指标,从表 3 可以看出,在苏北滩涂盐渍土上种植甘薯后土壤盐分明显下降。氮、磷、钾作为作物生长必需的营养元素,对于作物生

图2 K⁺在不同甘薯品种不同器官内的分布

长发育具有极其重要的作用。本试验研究发现,甘薯收获后,土壤速效氮、速效磷以及速效钾含量分别增加了 22.22%、11.34% 和 10.22%。原因主要有:(1)甘薯种植后其庞大的茎叶及藤蔓覆盖了地表,减少了土壤水分的地面蒸发,植物蒸腾作用取而代之,从而抑制盐分随土壤水分的蒸发而上升所产生的地表积盐现象;(2)甘薯生长中后期茎叶脱落物及根系脱落物腐解有利于土壤有机物含量的增加,从而导致氮素和土壤微生物数量的增加,而后者的活动以及根系分泌物等可提高土壤难溶物质的溶解度^[16],促进了钙、磷、钾等盐的溶解;(3)甘薯根系发达,在生长过程中密集根系对土壤进行穿插、切割和挤压,这对于土壤结构的改良发挥了显著作用,促进盐分淋溶到耕作层以下。

表3 甘薯试验区土壤基本理化性质

土样	全盐量 (g/kg)	速效氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
甘薯种植前	3.05	69.93	22.58	196.60
甘薯收获后	1.62	85.47	25.14	216.70

3 讨论与结论

3.1 甘薯盐离子的吸收及分配与耐盐性的关系

盐胁迫对植物的伤害作用主要是通过离子胁迫使其细胞膜受损,通透性增大,选择性降低造成的^[17]。作物的耐盐性与其对盐离子的吸收、运输及积累调控能力有关。通常认为,耐盐植物能够抑制 Na⁺ 向上部转运,并促使其在液泡内积累,降低其在细胞质或者细胞壁中的浓度,从而减轻盐分毒害作用^[18]。从本研究结果可以看到,盐碱地条件下甘薯叶片部分的 K⁺/Na⁺ 比值较高,这与朱小梅等关于盐胁迫下黑枸杞叶片中的 K⁺、Na⁺ 含量变化的研究结论^[19] 相一致。盐碱

胁迫下,耐盐甘薯叶片与根系中的 K^+ 比值较高,留存在根部的 Na^+ 较多,而分配到叶片的 Na^+ 较少,从而可以减轻 Na^+ 对叶片等器官的伤害,使其功能得以正常发挥。由此推测,盐离子吸收与分布的差异可能是导致这 9 种甘薯耐盐性相对强弱的重要原因。

3.2 甘薯耐盐碱能力的评定

自然条件下各种生物因素和环境因素错综复杂,因此对甘薯耐盐性评定的研究不应局限于某一种单盐,而应建立在生产实践的基础上。盐分胁迫下,植物具有较高的 K^+/Na^+ 比,通常被认为是耐盐品种的重要标志之一。甘薯品种间差异较大,其不同器官中的 Na^+ 、 K^+ 离子含量可作为一项生理指标,但仅靠某一项生理指标的测定结果难以准确判断品种的耐盐性,需要综合多项生理指标评定结果才更可靠。前人研究表明,薯干产量和鲜薯产量之间呈极显著正相关,白肉甘薯鲜薯产量、薯干产量与单株结薯数呈显著正相关,但该规律可能不适用于紫薯^[9]。此外,甘薯农艺性状与产量性状受多重环境因素影响,白肉甘薯与紫薯各性状间相关性并不完全一致。因此在生产实践中,对于简单的品种间耐盐性试验比较,我们更倾向于使用可以量化的产量指标,如鲜薯产量和薯干产量。只要该甘薯品种在盐碱地条件下鲜薯产量和薯干产量较高,且藤蔓部分生长旺盛,就可以判定这个甘薯品种较为耐盐碱,适合在该地区种植。

3.3 盐碱地种植甘薯的经济效益与生态效益

研究表明,甘薯根系较为发达,可作为一种拓荒性的作物种植于干旱、贫瘠地区。苏北沿海滩涂土壤为冲积盐土类,表层多为中度盐渍化土壤,略呈碱性^[20]。本试验结果证明,甘薯在苏北滩涂盐碱地上种植也可获得较好的产量。滩涂盐碱地由于地面覆盖度小,春秋蒸发强烈,而雨季淋盐作用强烈,因此返盐和淋盐周期性进行。甘薯生长期茎叶多为匍匐生长,在沿海滩涂地区种植耐盐型甘薯可逐步提高盐碱地的植被覆盖率,降低表层土壤的水分蒸发,减少盐分在地表的积累。盐分降低有利于耐盐性较弱的物种生长,可进一步增加地表覆盖度,将地表含盐量维持在较低的水平。甘薯不仅块根营养、经济价值高,收获后的茎叶等副产物也可作为动物饲料或肥料,促进地力培肥等生态效益,环境负担小。因此,栽植甘薯是提高盐碱地利用率的有效途径,有利于苏北滩涂盐碱地区生态环境的改善。

在江苏苏北滩涂盐碱地上种植甘薯,甘薯不同品种间的耐盐性存在差异。基部分枝数、单株结薯数差异不显著;鲜薯产量、茎叶产量、薯块干率、薯块鲜质量、叶片数、须根质量、主蔓长、茎粗等均表现出显著差异。鲜薯和薯干产量可作为综合评价甘薯品种耐盐性的理想指标,基于此筛选出较为耐盐品种有: NZ-1、NJ-72、W50-20、XS-33 等。

耐盐甘薯叶片与根系中的 K^+ 比值较高,根部积累 Na^+ 较多,叶片部 Na^+ 较少。由此推测, Na^+ 在体内的分配及地上部对 K^+ 的选择性吸收是影响甘薯耐盐性强弱的原因,但应以鲜薯和薯干产量为主要评价指标。

甘薯种植前,试验区内土壤属于中度盐渍化土壤,而收获后,变成轻度盐渍化土壤。同时试验区内各土壤养分指标随着盐分的降低,亦有不同程度的增加。其中土壤速效氮含量、速效磷含量、速效钾含量分别增加了 22.22%、11.34%、10.22%。

参考文献:

- [1] 后 猛,李 强,唐忠厚,等. 不同生态环境对甘薯主要品质性状的影响[J]. 中国生态农业学报,2012,20(9):1180-1184.
- [2] 刘友兆,吴春林,马 欣. 江苏滩涂资源开发利用研究[J]. 中国农业资源与区划,2004,25(3):6-9.
- [3] 郭小丁,郭景禹,钮福祥,等. 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.
- [4] Wang Q. Time for commercializing non-food biofuel in China[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2011, 15(1): 621-629.
- [5] Luan Y S, Zhang J, Gao X R, et al. Mutation induced by ethyl methanesulphonate (EMS), *in vitro* screening for salt tolerance and plant regeneration of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) [J]. Plant Cell Tiss Org Cult, 2007, 88: 77-81.
- [6] Dasgupta M, Sahoo M R, Kole P C, et al. Evaluation of orange-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) genotypes for salt tolerance through shoot apex culture under *in vitro* NaCl mediated salinity stress conditions[J]. Plant Cell Tissue and Organ Culture, 2008, 94(2): 161-170.
- [7] 戚冰洁,曹月阳,许建平,等. 盐分胁迫对不同品种甘薯苗期离子吸收和分配的影响[J]. 中国土壤与肥料,2013(6):77-82.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业科学技术出版社, 2000:25-110.
- [9] 卢会翔,唐道彬,吴正丹,等. 甘薯产量、品质及农艺性状的基因型与环境效应研究[J]. 中国生态农业学报,2015,9(23):1158-1168.
- [10] 滕 艳,黄廷荣,唐道彬,等. 钾肥基施不同用量对甘薯产量及农艺性状的影响[J]. 西南大学学报(自然科学版),2014,36(9):44-48.
- [11] 汪宝卿,王庆美,张海燕,等. 北方甘薯农艺性状与产量的相关性及其灰色关联度分析[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2010,27(4):296-299.
- [12] 杨爱梅,雷书声,董国靖,等. 甘薯数量性状相关性分析及遗传距离研究[J]. 华北农学报,1997,12(3):77-82.
- [13] 杨敏生,李艳华,梁海永,等. 盐胁迫下白杨无性系苗木体内离子分配及比较[J]. 生态学报,2003,23(2):271-277.
- [14] 阎秀峰,孙国荣,李 晶,等. 碱性盐胁迫下星星草幼苗中几种渗透调节物质的变化[J]. 植物研究,1999,19(3):347-355.
- [15] Gu Y F, Ding S Y, Li T T, et al. Effects of saline stress on dry matter partitioning and ecophysiological characteristics of winter wheat seedlings[J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(2): 840-845.
- [16] Larcher W. Kophysologie der pflanzen [J]. Verlag Fugen Ulmer Stuttgart, 1994, 146: 572-576.
- [17] 刘莉萍,刘兆普,隆小华. 2种盐土改良剂对苏北滨海盐碱土壤盐分及植物生长的影响[J]. 水土保持学报,2014,28(2): 127-131.
- [18] Ashraf M, Orooj A. Salt stress effects on growth, ion accumulation and seed oil concentration in an arid zone traditional medicinal plant ajwain (*Trachyspermum ammi* L. Sprague) [J]. Journal of Arid Environments, 2006, 64: 209-220.
- [19] 朱小梅,洪立洲,王茂文,等. 刈割对 NaCl 胁迫下枸杞幼苗生物量,总黄酮及 K^+ 、 Na^+ 含量的影响[J]. 水土保持学报,2015,29(3):214-218.
- [20] 刘 冲,王茂文,丁海荣,等. 苏北沿海滩涂不同栽培模式对马齿苋鲜菜产量的影响[J]. 华北农学报,2015,30(6):153-158.