

不同盐碱区菊芋植株 K⁺ 和 Na⁺ 的分布特征

张国新, 王秀萍, 刘雅辉, 薛志忠 (河北省农林科学院滨海农业研究所,河北唐山 063200)

摘要 [目的]研究不同盐碱区域对菊芋离子分布的影响。[方法]以红块茎菊芋品种 JY1 及白块茎菊芋品种 NY1、BY1 为试验材料,研究了非盐、轻盐、重盐 3 种不同盐碱区条件下块茎、茎干和叶片的离子分布特征。[结果]随着土壤盐分的增加,菊芋茎干和叶片的 K⁺ 含量均增加,其中茎干中 K⁺ 含量显著增加,重盐下达到 16.1 mg/g,达叶片的 7.0 倍以上;块茎 K⁺ 含量的变动幅度不大。随土壤盐分的增加,茎干、叶片、块茎的 Na⁺ 含量逐渐升高,其中茎干的增加幅度最大,重盐条件下 Na⁺ 含量较非盐条件下增加 11.0 倍以上;叶片 Na⁺ 含量的变化幅度不显著;重盐条件下,各部位 Na⁺ 含量从高到低依次为:茎干、块茎、叶片。植株各部位的 K⁺/Na⁺ 从高到低依次为叶片、块茎、茎干。[结论]该研究可为耐盐品种的筛选及不同盐碱地条件下的菊芋栽培提供理论基础。

关键词 盐碱区;菊芋;离子分布

中图分类号 S632.9 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)33-0015-02

Distribution Characteristics of K⁺ and Na⁺ in *Helianthus tuberosus* L. in Different Saline and Alkaline Area
ZHANG Guo-xin, WANG Xiu-ping, LIU Ya-hui et al (Institute of Coastal Agriculture, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Tangshan, Hebei 063200)

Abstract [Objective] To study the effects of different saline and alkaline areas on the ion distribution in *Helianthus tuberosus* L. [Method] With red tuber variety JY1 of *H. tuberosus* and white tuber varieties NY1, BY1 of *H. tuberosus* as test materials, ion distribution characteristics in the tuber, stem and leaves of *H. tuberosus* in three kinds of saline and alkaline areas of non-saline, low-saline and heavy-saline were studied. [Result] With the increase of soil salinity, K⁺ content in the stem and leaves of *H. tuberosus* increased. K⁺ content in the stem of *H. tuberosus* significantly increased, and it reached 16.1 mg/g in heavy-saline area, which was 7.0 times higher than that in the leaves. K⁺ content in the tuber of *H. tuberosus* had little change. With the increase of soil salinity, Na⁺ content in the stem, leaves and tuber of *H. tuberosus* gradually increased. Na⁺ content in the stem had the maximum increasing amplitude, and that under heavy salt conditions was 11.0 times higher than that under non salt conditions. Na⁺ content in the leaves of *H. tuberosus* had no significant change. Under heavy salt conditions, the order of Na⁺ content in different parts was stem > tuber > leaves. The order of K⁺/Na⁺ in different parts was leaves > tuber > stem. [Conclusion] The research can provide theoretical basis for the screening of salt-tolerant varieties and the cultivation of *H. tuberosus* in different saline and alkaline areas.

Key words Saline and alkaline area; *Helianthus tuberosus* L.; Ion distribution

菊芋(*Helianthus tuberosus* L.) 又名洋姜、鬼子姜,隶属菊科向日葵属多年生草本植物^[1],原产于北美,生长于我国大部分省区。菊芋属于多功能型植物,块茎果聚糖含量占鲜重的 15% 左右,其主要成分为菊粉,是生产糖和生物乙醇的优质原料^[2-4];茎杆和块茎又是牛羊猪等优质饲料^[5-6];此外,叶片也是生产抗氧化剂和提取物的较好原料。菊芋是优质的经济生态型植物,由于其耐盐性较强,在盐碱滩涂区具有较好的应用前景,目前菊芋的耐盐性研究主要集中在盐分对形态指标、光合参数、渗透物质等方面^[7-9]。K⁺ 和 Na⁺ 作为植物耐盐调节关键离子,其分布与运输在很大程度上能反映植物的耐盐特性^[10],目前已对多种植物、作物的盐胁迫下 K⁺ 和 Na⁺ 进行了研究^[11-18],但不同盐碱区域下菊芋 K⁺ 和 Na⁺ 变化的报道较少。笔者对 3 个类型盐碱区域菊芋的 K⁺ 和 Na⁺ 的分布特征进行了研究,探讨不同生境条件下菊芋的耐盐特性,旨在为耐盐品种筛选及不同盐碱立地条件的菊芋栽培提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 唐山沿海区包括乐亭、滦南、曹妃甸、丰南、汉沽、芦台 6 县(区),海岸线长度 196.5 km²,滩涂及盐碱地 1 100 km²,土壤类型为潮土及滨海盐土,质地多为黏质土

壤,中部以砂壤为主,土壤含盐量 0.7‰~25.0‰,pH 在 8.0 左右。受海水侵蚀等因素的影响,盐碱地主要分布在距海岸线 20 km 内,盐渍化土壤成沿海带状纵深分布^[19]。

1.2 试验方法 菊芋品种为 JY1(红块茎)、NY1(白块茎)、BY1(白块茎),2015 年 4 月播种,播种地块为曹妃甸区六农场、十一农场、八里滩。土壤状况见表 1。在 10 月下旬菊芋生长末期,每个样区取样 5 株,取植株中间位置叶片、茎杆,随机选取地下中等大小块茎切片,采集样品通过 105 ℃烘箱杀青 10 min,80 ℃烘干至恒重。称取 0.2 g 干物质,在马弗炉 550 ℃灰化 4 h,使用 HNO₃ 溶解,用蒸馏水定容至 50 mL。使用 FP-640 型火焰光度计测定 K⁺ 和 Na⁺ 含量,利用 Excel 软件进行数据统计与分析。

表 1 种植区土壤状况 Table 1 The soil indices in the planting areas					
种植区域 Planting areas	质地 Texture	含盐量 Salt content ‰	含盐量 程度 Degree of salt content	K ⁺ 含量 K ⁺ content mg/kg	Na ⁺ 含量 Na ⁺ content mg/kg
六农场 Farm No. 6	轻壤	0.64	非盐	18.2	1.3
十一农场 Farm No. 11	中壤	2.60	轻盐	46.9	21.3
八里滩 Balitan	黏壤	5.30	重盐	249.6	1 320.4

2 结果与分析

2.1 不同盐碱区菊芋植株内 K⁺ 的分布特征 从图 1 可以看出,随着土壤盐分的增加,菊芋茎干和叶片的 K⁺ 含量显著

增加,尤其茎干中的 K^+ 含量增加幅度最大,其中在非盐条件下茎干保持了较低的 K^+ 含量,在轻盐胁迫下迅速升高,达到 $3.2 \sim 15.3 \text{ mg/g}$;在重盐土壤条件下,JY1、NY1、BY1 品种的茎干 K^+ 含量分别达 16.1 、 15.9 、 16.3 mg/g ,较非盐条件下分别提高 8.5 、 27.3 、 50.9 倍;3 个品种块茎 K^+ 含量随盐分的增加呈先升高后降低的趋势,其含量范围为 $8.2 \sim 11.7 \text{ mg/g}$,总体变动幅度不大。从不同部位分布来看,非盐条件下块茎保持了较高的 K^+ 含量,在重盐条件下茎干 K^+ 含量最高,较块茎和叶片 K^+ 含量分别提高 1.6 和 7.0 倍以上。

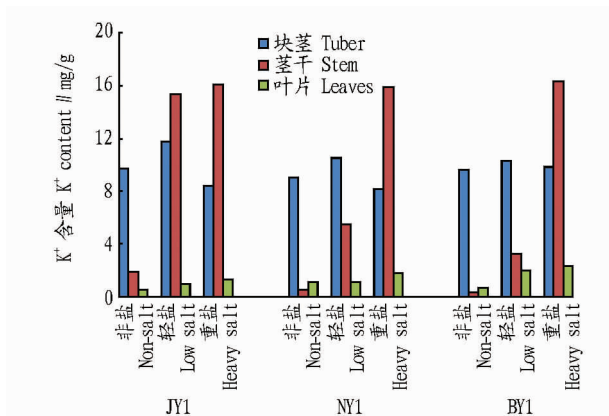


图1 不同盐碱区菊芋植株内 K^+ 的分布

Fig. 1 The distribution of K^+ in *H. tuberosus* plants in different saline and alkaline areas

2.2 不同盐碱区菊芋植株内 Na^+ 的分布特征 从图2可以看出,随着土壤盐分的增加,茎干、叶片、块茎的 Na^+ 含量逐渐升高,其中在重盐条件下3个品种茎干的 Na^+ 含量达到 $84.7 \sim 110.4 \text{ mg/g}$,较非盐下增加 11.0 倍以上;除 JY1 品种轻盐条件下 Na^+ 含量略高于重盐外,随盐分增加而逐渐增大,3 个品种在重盐条件下块茎 Na^+ 含量达到 $13.3 \sim 19.5 \text{ mg/g}$,较非盐提高 $3.0 \sim 6.0$ 倍,在3种盐碱条件下,茎干 Na^+ 含量较叶片分别提高 29.1 、 183.7 和 57.9 倍。

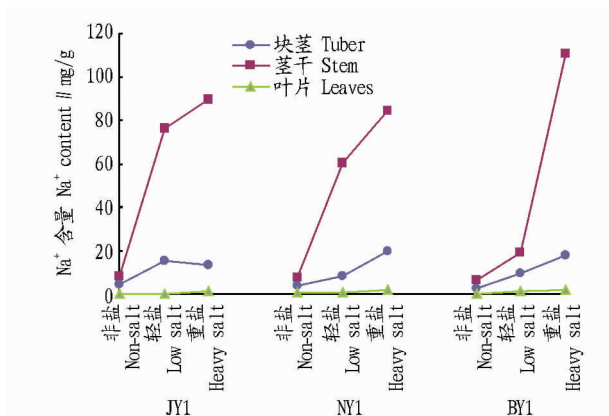


图2 不同盐碱区菊芋植株内 Na^+ 的分布

Fig. 2 The distribution of Na^+ in *H. tuberosus* plants in different saline and alkaline areas

2.3 不同盐碱区菊芋植株内 K^+/Na^+ 的分布特征 植物体内维持高的 K^+/Na^+ 是植物耐盐过程的决定因素。从图3可以看出,3 个品种茎干的 K^+/Na^+ 变化不同,白块茎品种

NY1、BY1 随盐分增加逐渐升高,红块茎品种 JY1 随盐分的增加而逐渐减少,在重盐下3个品种的 K^+/Na^+ 比值趋于稳定,达 $0.15 \sim 0.19$ 。从叶片 K^+/Na^+ 来看,白块茎品种 NY1 和 BY1 随盐分增加而逐渐降低,但红块茎品种 JY1 在轻盐条件下最高,达到 5.64 ,而重盐条件下略低;3 个品种块茎 K^+/Na^+ 的变化趋势一致,不同含盐量条件下从高到低依次为非盐、轻盐、重盐。从植株部位 K^+/Na^+ 来看,叶片中 K^+/Na^+ 最高,达到 2.34 ,而茎干仅为 0.15 。

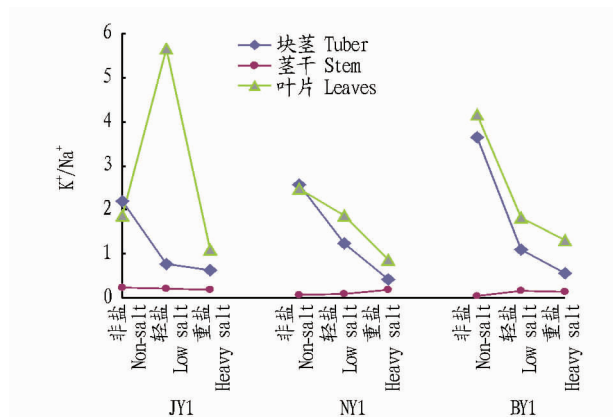


图3 不同盐碱区域菊芋植株内 K^+/Na^+ 的变化

Fig. 3 The changes of K^+/Na^+ in *H. tuberosus* plants in different saline and alkaline areas

3 结论与讨论

随土壤盐分的增加,菊芋茎干、叶片的 K^+ 含量显著增加,块茎 K^+ 含量呈先增加后降低的趋势,但变幅不大;在重盐条件下,茎干 K^+ 含量较块茎、叶片分别提高 1.6 和 7.0 倍以上。

随着土壤盐分的增加,茎干、叶片、块茎的 Na^+ 含量逐渐升高,其中茎干的增幅最大,重盐条件下 Na^+ 含量较非盐条件增加 11 倍以上;叶片 Na^+ 含量的变化幅度不显著;重盐条件下 Na^+ 含量从高到低依次为茎干、块茎、叶片。

从 K^+/Na^+ 分布特征来看,不同类型品种茎、叶变化不一。其中,2 个白块茎品种的变化趋势一致,茎干内 K^+/Na^+ 随盐分的增加而逐渐升高,叶片随盐分增加而逐渐降低;红块茎品种茎干 K^+/Na^+ 随盐分的增加而逐渐升高,叶片在轻盐达到最高值;植株各部位的 K^+/Na^+ 从高到低依次为叶片、块茎、茎干。

在盐分胁迫下,过多的 Na^+ 对植株具有毒害作用; K^+ 作为活化作用的阳离子,在维持植物细胞渗透压、酶活性等方面具有重要作用。该研究中菊芋 K^+ 和 Na^+ 的分布结果,与隆小华等^[20]的研究结果一致,菊芋根、茎、叶的 Na^+ 均增加,叶片的 Na^+ 含量显著低于根和茎,说明盐分胁迫下菊芋为了抵制盐害,将大量盐分储存在茎干中,从而保持叶片内 Na^+ 含量处于较低水平,使叶片减小盐害,尽量保证较正常的光合作用。维持较高的 K^+/Na^+ 是植物耐盐的关键因素^[10],在盐分胁迫下菊芋叶片的 K^+/Na^+ 最高,说明叶片被吸收 Na^+ 的同时,也在主动吸收大量的 K^+ 离子,提高 K^+/Na^+ ,以减少

(下转第 41 页)

3 栽培技术要点

徐稻 8 号属大穗型品种,适宜采取“力争足穗,主攻大穗,提高结实率,增加千粒重”的高产栽培策略,应在前期壮秧的基础上,促早发,奠定足穗基础;中期控上促下,稳苗健株,促进强根壮秆,孕育大穗形成;后期促保兼顾,水气协调,养根保叶,提高结实率和千粒重。

3.1 适期播种,培育壮秧 在河南沿黄、山东南部、江苏淮北、安徽沿淮及淮北地区作麦茬稻种植,适宜播种期为 5 月中上旬,播种前用药剂浸种,湿润育秧净秧田播种量 300 ~ 375 kg/hm²,旱育秧净秧田播种量 450 ~ 525 kg/hm²,大田用种量 45 ~ 60 kg/hm²,秧龄 30 ~ 35 d,一叶一心时揭膜炼苗,早施断奶肥,巧施送嫁肥,移栽前 3 ~ 5 d 打好“送嫁药”,培育带蘖 2 ~ 3 个的壮秧。

3.2 适时移栽,合理密植 徐稻 8 号适宜在 6 月中旬前后移栽。合理的行株距能够改善群体内部通风透光的田间小气候,减轻病虫害的发生,有利于高产群体结构的形成。一般行株距 25.0 cm × 13.3 cm,中高肥条件下栽插 30.0 万 ~ 33.0 万穴/hm²,插 2 ~ 3 株/穴,基本苗 105 万 ~ 120 万个/hm²,做到浅插、匀插,促进早发。

3.3 科学肥料运筹 多年试验、示范和生产实践表明,该品种熟期适中,分蘖力较强,茎秆粗壮,耐肥抗倒,穗大粒多,肥料运筹上要求“前重、中控、后补”。对于产量为 9 750 ~ 10 500 kg/hm² 的稻谷,总施氮量为 270 ~ 300 kg/hm²,肥料运筹策略:①重施基肥,以有机肥为主,搭配磷钾肥。在秸秆还田的基础上,可施用猪厩肥有机肥 4 500 ~ 6 000 kg/hm²,如果基肥施化肥,应在耕地前先施磷酸二铵 150 kg/hm²,栽前施尿素 150 kg/hm²、氯化钾 90 kg/hm²。为防止肥料流失,整地要求薄水,不得大水漫灌。②重施分蘖肥,在栽插后 3 ~ 5 d,施尿素 150 kg/hm²;过 5 ~ 7 d,施尿素 90 kg/hm² (或碳铵 300 kg/hm²)。③早施穗肥,查叶龄定施肥时间,在叶龄余数

3.5 ~ 3.0 叶时施促花肥,施尿素 90 kg/hm²、磷酸二铵 75 kg/hm²、氯化钾 60 kg/hm²;在叶龄余数 2.0 ~ 1.5 叶时施保花肥,施尿素 90 kg/hm² 左右。

3.4 合理水浆管理 水浆管理上宜采用薄水插秧,水层深度 1 ~ 2 cm;寸水活棵,薄水分蘖,促秧苗尽早扎根、返青、活棵,严禁大水漫灌。活棵后浅水勤灌,灌水深度以 3 cm 为宜,待其自然落干,再上新水,如此反复,达到以水调肥,以水调气,以气促根,促分蘖早发快发。栽后茎蘖数 300 万/hm² 左右,要进行第 1 次排水轻搁田,达到田边裂小缝的标准。复水后让其其自然落干,进行第 2 次搁田,要达到田间陷脚不超过 2 cm 的标准。复水后当田间总茎蘖数达到预期成穗数的 1.1 倍时采取重搁田,达到“群体叶色自然退淡,叶片上举,地面有小裂缝,白根铺满地”的要求。孕穗期至抽穗扬花期应建立浅水层,叶龄余数 3.5 ~ 2.5 叶时复水,以保颖花分化和抽穗扬花。灌浆结实期间歇灌溉,干干湿湿,以利养根保叶,活熟到老,收割前 5 ~ 7 d 断水。

3.5 及时防治病虫害 全生育期密切注意病虫害测报,秧田做好稻蓟马、蚜虫、稻飞虱等的防治;本田期重点抓好二化螟、大螟、稻纵卷叶螟、稻飞虱以及纹枯病、条纹叶枯病和黑条矮缩病的防治工作;抽穗前后注意防治穗颈瘟。在抽穗期可药肥混喷,提高结实率和千粒重,确保水稻生长正常夺高产^[1-2]。

4 适种区域

徐稻 8 号适宜在河南沿黄、山东南部、江苏淮北、安徽沿淮及淮北地区种植。

参考文献

[1] 刘延刚,许立春,李相奎,等. 中梗稻临稻 15 号的特征特性与超高产栽培技术 [J]. 江苏农业科学,2009(1):90-92.
[2] 张大友,王玉龙,徐殿云,等. 水稻新品种扬育梗 2 号特征特性与栽培技术 [J]. 江苏农业科学,2012(4):109-110.

(上接第 16 页)

盐分毒害。红块茎与白块茎 2 个类型品种的地上部 K⁺/Na⁺ 变化不同,可能与品种的耐盐特性有关。

参考文献

[1] CHEN K, HU G Q, KEUTGEN N, et al. Effects of NaCl salinity and CO₂ enrichment on pepino (*Solanum muricatum* Ait.): II. Leaf photosynthetic properties and gas exchange [J]. Scientia horticulturae, 1999, 81(1): 43-56.
[2] DENORROY P. The crop physiology of *Helianthus tuberosus* L.: A model oriented view [J]. Biomass and Bioenergy, 1996, 11(1): 11-23.
[3] 孙雪梅,王丽慧,钟启文. 贮藏期菊芋块茎碳水化合物含量变化动态研究 [J]. 北方园艺, 2011(11): 131-134.
[4] 袁文杰,任剑刚,赵心清. 一步法发酵菊芋生产乙醇 [J]. 生物工程学报, 2008, 24(11): 1931-1936.
[5] 赵晓川,王卓龙,孙金艳. 菊芋在畜牧生产中的应用 [J]. 黑龙江农业科学, 2006(6): 39-40.
[6] 王亚锴,刘红,刘军,等. 菊芋及其提取物在畜牧业生产中的应用研究进展 [J]. 河南农业科学, 2013, 42(9): 11-13.
[7] 隆小华,刘兆普,郑青松,等. 不同浓度海水对菊芋幼苗生长及生理生化特性的影响 [J]. 生态学报, 2005, 25(8): 1881-1889.
[8] 陆艳,叶慧君,耿守保,等. NaCl 胁迫对菊芋幼苗生长和叶片光合作用参数以及体内离子分布的影响 [J]. 植物资源与环境学报, 2010, 19(2): 86-91.

[9] 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, 18(3): 13-16, 100.
[10] 赵春梅,崔继哲,金荣荣. 盐胁迫下植物体内保持高 K⁺/Na⁺ 比率的机制 [J]. 东北农业大学学报, 2012, 43(7): 155-160.
[11] 闫道良,郭予琦. NaCl 处理对海滨锦葵 N、P 和 Na⁺、K⁺ 含量及其化学计量特征的影响 [J]. 核农学报, 2015, 29(6): 1211-1217.
[12] 侯军铭,梁海永,王颖,等. 不同盐碱区白榆、白蜡、紫穗槐、怪柳体内离子分布特征 [J]. 中国农学通报, 2009, 25(9): 277-281.
[13] 闫道良,王猛,燕志,等. 水淹及盐胁迫对海滨锦葵生长及 Na⁺、K⁺ 离子积累的影响 [J]. 生态科学, 2014, 33(2): 226-231.
[14] 罗以筛,隆小华,黄增荣,等. 苏北沿海滩涂盐肥对油菜生长及离子分布效应研究 [J]. 土壤, 2009, 42(1): 95-100.
[15] 侯建华,于海峰,安玉麟,等. 盐分胁迫对向日葵 K⁺、Na⁺ 吸收与分配的影响 [J]. 华北农学报, 2013, 28(2): 139-143.
[16] 萨如拉,刘景辉,刘伟,等. 盐碱胁迫对燕麦幼苗 Na⁺、K⁺ 含量及产量的影响 [J]. 西北农业学报, 2014, 23(3): 50-54.
[17] 苏国兴. 盐胁迫下桑树器官和组织 K⁺、Na⁺ 分布特点研究 [J]. 蚕业科学, 2002, 28(3): 256-260.
[18] 陈惠哲, LADATKO N, 朱德峰,等. 盐胁迫下水稻苗期 Na⁺ 和 K⁺ 吸收与分配规律的初步研究 [J]. 植物生态学报, 2007, 31(5): 937-945.
[19] 张国新,王秀萍,鲁雪林,等. 冀东滨海区土壤盐碱状况分析 [J]. 中国农学通报, 2012, 28(26): 243-246.
[20] 隆小华,刘兆普,王琳,等. 半干旱地区海涂海水灌溉对同品种系菊芋产量构成及离子分布的影响 [J]. 土壤学报, 2007, 44(2): 300-306.