

# 盐分胁迫对向日葵 $K^+$ 、 $Na^+$ 吸收与分配的影响

侯建华<sup>1</sup>, 于海峰<sup>2</sup>, 安玉麟<sup>2</sup>, 陈泽彬<sup>1</sup>, 李素萍<sup>2</sup>, 聂惠<sup>2</sup>, 郭树春<sup>2</sup>

(1. 内蒙古农业大学, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 内蒙古农牧业科学院, 内蒙古 呼和浩特 010031)

**摘要:** 为了研究盐分胁迫对向日葵幼苗  $K^+$ 、 $Na^+$  吸收和分配的影响, 在大田和室内盆栽环境下通过不同浓度盐分胁迫, 研究  $K^+$ 、 $Na^+$  的变化。结果表明: 随土壤盐含量的升高, 向日葵根、茎、叶中  $Na^+$  含量均有所增加,  $K^+$  表现为减少, 因而  $K^+ / Na^+$  值明显下降; 各器官  $K^+ / Na^+$  值表现为: 叶 > 茎 > 根部, 且叶与根和茎的  $K^+ / Na^+$  值差异显著。随着盐碱胁迫的增强, 各器官的  $K^+ / Na^+$  下降程度存在差异, 其中叶的  $K^+ / Na^+$  下降显著。不同品种的  $K^+$ 、 $Na^+$  含量及  $K^+ / Na^+$  不同, 耐盐性强的品种在盐碱胁迫下  $K^+ / Na^+$  值降低幅度小。油用向日葵吸收的  $Na^+$  主要积累于根部, 阻止  $Na^+$  向地上部运输的拒盐机制是向日葵具有较强耐盐性的主要原因之一。

**关键词:** 盐分胁迫; 向日葵;  $K^+$ ;  $Na^+$

中图分类号: S565.5 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2013)02-0139-05

## Research on Changing of $K^+$ 、 $Na^+$ of Sunflower under Salinity Stress

HOU Jian-hua<sup>1</sup>, YU Hai-feng<sup>2</sup>, AN Yu-lin<sup>2</sup>, CHEN Ze-bin<sup>1</sup>, LI Su-ping<sup>2</sup>, NIE Hui<sup>2</sup>, GUO Shu-chun<sup>2</sup>

(1. Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, China; 2. Inner Mongolia Academy of Agriculture and Animal Husbandry Sciences, Huhhot 010031, China)

**Abstract:** In order to research on changing of  $K^+$ 、 $Na^+$  of sunflower under salinity stress. In the fields and indoor potted environment, the changing of  $K^+$  and  $Na^+$  of sunflower under different concentrations of salinity stress was studied. The results showed that: with increasing of soil salinity, sodium content of roots, stems and leaf of sunflower increased, content of potassium reduced, and thus the  $K^+ / Na^+$  was significantly decreased; value of  $K^+ / Na^+$  of leaves was higher than of stems than of roots, and the value of  $K^+ / Na^+$  of leaves was significantly different from of roots and of stems. As salinity stress enhancement, the  $K^+ / Na^+$  of various organs decreased differently, especially the ratio of potassium and sodium decreased significantly. Different varieties had different content of potassium and sodium, the ratio of potassium and sodium of salt-tolerant varieties decreased less under salinity stress. Sodium of oil sunflower absorption accumulated in the roots, mechanism of refusing salt that prevented sodium transporting to the aboveground is one of the main reason of sunflower with strong salt tolerance.

**Key words:** Salt stress; Sunflower;  $K^+$ ;  $Na^+$

我国北方天气干燥, 降水量少, 土壤盐渍化较严重。向日葵是一种适应性强、较耐盐碱的作物, 是开发盐碱地, 治理盐渍化土壤的先锋作物。目前全国共有 1/3 的向日葵种植于盐渍化土地<sup>[1-2]</sup>, 目前国内对向日葵耐盐性的研究不多, 本试验研究了不同浓度复盐胁迫下向日葵  $K^+$ 、 $Na^+$  的变化, 用以评价供试材料的耐盐性, 探索向日葵耐盐的部分机理, 为抗盐新品种鉴定及选育提供材料和方法。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试材料

大田种植的 10 个向日葵杂交种分别由内蒙古农牧业科学院提供 9 个、市场上主推杂交种 1 个。另外内蒙古农牧业科学院提供了 4 个杂交种及 3 个亲本材料进行室内盆栽试验。

收稿日期: 2012-12-03

基金项目: 国家科技支撑计划“油料作物抗灾与节本增效关键技术研究示范”子课题(2009BADA8B04)

作者简介: 侯建华(1962-), 女, 内蒙古呼和浩特人, 教授, 博士, 主要从事作物遗传育种研究。

通讯作者: 于海峰(1980-), 男, 内蒙古通辽市人, 副研究员, 硕士, 主要从事向日葵育种研究。

## 1.2 试验方法

2010–2011 年在巴彦淖尔市杭锦后旗陕坝镇账房村盐碱试验地,分别种植在正常盐分(0.12%, CK)、中度(0.35%)和重度盐分(0.52%)的地块中,田间试验采用随机区组设计,对照3次重复,盐处理4次重复。选用向日葵苗期(五叶一心期)在每小区随机取5株,进行地上部的叶、茎及地下部根的风干以及磨细过1 mm筛试样。室内盆栽环境下通过重度(0.58%)、中度(0.41%)、轻度(0.22%)3种不同浓度盐分胁迫,对照盐分为0.03%。

## 1.3 $K^+$ 、 $Na^+$ 含量的测定

采用火焰光度法测定<sup>[3]</sup>。采取新鲜向日葵幼苗的叶片经过110.5℃杀青30 min后,置于70~80℃烘干至恒质量,用粉碎机磨碎,称取通过420 μm筛的干样1.0 g加入30 mL去离子水,摇匀后置于沸水浴中2 h,冷却后定容至50 mL测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 盐碱胁迫下苗期向日葵体内 $Na^+$ 的变化

从图1可以看出,盐碱胁迫下苗期向日葵不同器官  $Na^+$  累积浓度明显不同,并均高于对照。 $Na^+$  在根、茎和叶中的浓度次序从高到低依次为根>茎>叶,说明  $Na^+$  在苗期主要积累在向日葵的根部。随着盐碱胁迫的增强,根、茎、叶中的  $Na^+$  浓度增加,并且在胁迫最强时,达到最大值。中、重度胁迫下,  $Na^+$  浓度在根中的平均浓度分别是茎、叶中  $Na^+$  平均浓度的1~2倍和3~4倍,说明盐碱胁迫促使了  $Na^+$  向向日葵上部转移。向日葵植株内  $Na^+$  浓度的增加,将导致离子毒害作用。从本试验结果看,叶片中  $Na^+$  浓度变化最为明显,这与盐碱地向日葵首先在叶部表现盐碱害症状相一致。

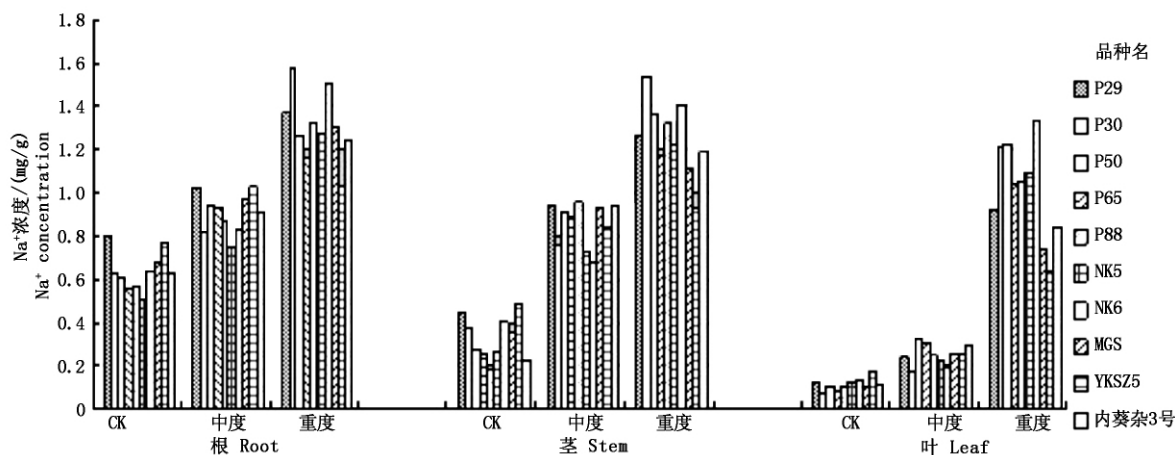


图1 苗期各品种不同器官中  $Na^+$  含量的变化

Fig. 1 Changes of  $Na^+$  content of different organs of each species at the seedling stage

### 2.2 盐碱胁迫下苗期向日葵植株 $K^+$ 变化

从图2可以看出,  $K^+$  在向日葵不同器官的分布特点为:叶片中含量最高,与茎和根中含量差异明

显,茎中  $K^+$  含量略高于根中  $K^+$  含量。随着盐碱胁迫增强,向日葵根、茎和叶中  $K^+$  整体表现为下降的趋势,说明盐碱胁迫抑制了向日葵对  $K^+$  的吸收。但

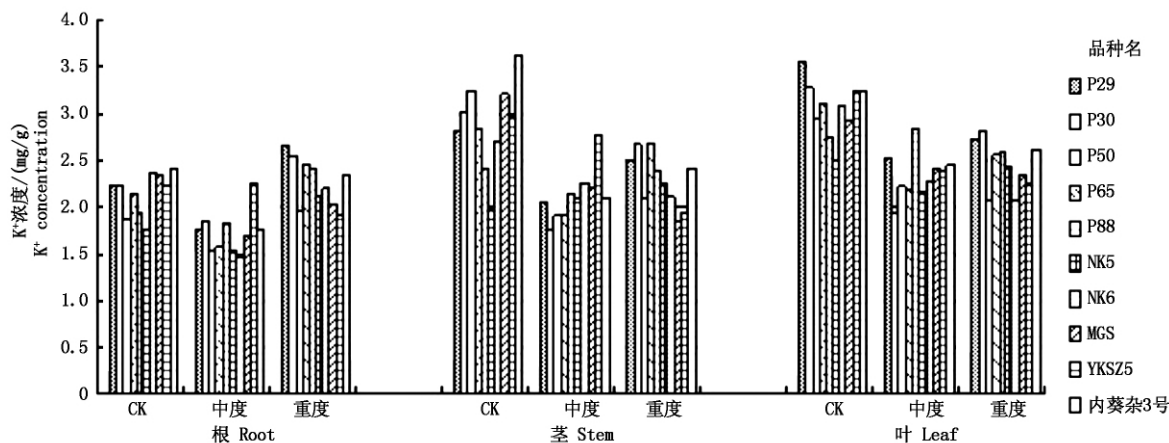


图2 苗期各品种不同器官中  $K^+$  含量的变化

Fig. 2 Changes of  $K^+$  content of different organs of each species at the seedling stage

影响的程度不同,在盐碱地盐分 $\geq 0.52\%$ 时,根、茎、叶中的  $K^+$  呈下降趋势。 $K^+$  不仅是植物生长发育必需的大量元素,同时也是重要的渗透调节物质。向日葵在盐碱胁迫下  $K^+$  浓度的降低,意味着正常生长发育将受到影响。随着盐碱胁迫增加,向日葵植株中  $Na^+$  浓度增加而  $K^+$  浓度减少,存在拮抗作用。因此,有必要对  $Na^+$ 、 $K^+$  的吸收和  $Na^+/K^+$  作进一步探讨。

### 2.3 盐碱胁迫对苗期向日葵植株不同器官的 $K^+/Na^+$ 影响

从图 3~5 可以看出,由于盐碱胁迫,向日葵苗期各器官中  $K^+$ 、 $Na^+$  分配的量不同,含量也不同。盐碱胁迫下苗期向日葵根、茎、叶的  $K^+/Na^+$  表现出

一致的变化规律,规律性明显。 $K^+/Na^+$  从小到大的次序依次为根  $>$  茎  $>$  叶,叶与根和茎的  $K^+/Na^+$  差异显著。随着盐碱胁迫的增强,各器官的  $K^+/Na^+$  均呈下降趋势,但变化的程度存在差异。其中叶的  $K^+/Na^+$  下降显著,可以采用叶的  $K^+/Na^+$  指示盐碱对苗期向日葵的潜在危害。

### 2.4 品种耐盐碱性比较

从表 1 可以看出,向日葵苗期叶片中  $K^+/Na^+$  的含量在不同盐碱胁迫下含量不同,随着盐碱胁迫的增强  $K^+/Na^+$  值逐渐降低。以杂交种 P29 为例,与对照相比,中度盐碱胁迫下的  $K^+/Na^+$  值降低了 72.41%,重度盐碱胁迫下  $K^+/Na^+$  值降低了 92.52%。

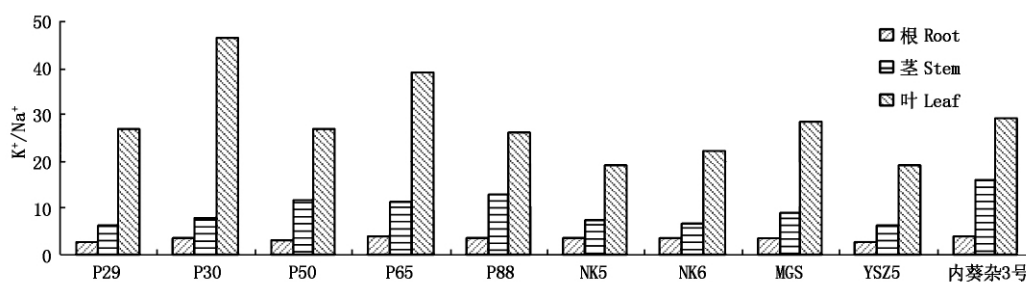


图 3 0.21% (CK) 盐碱胁迫下向日葵各部位  $K^+/Na^+$  值

Fig. 3 Value of  $K^+/Na^+$  of each organ of sunflower under 0.21% (CK) salinity stress

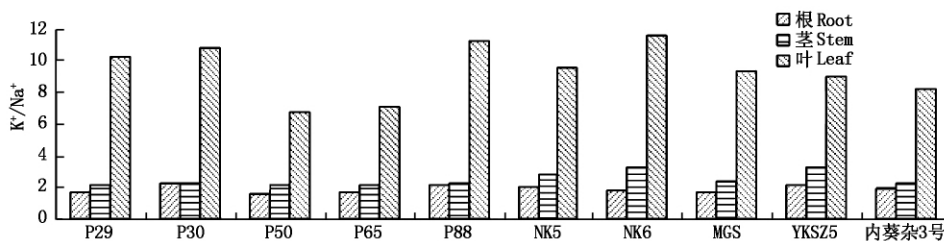


图 4 中度盐碱(0.35%)胁迫下向日葵各部位  $K^+/Na^+$  值

Fig. 4 Value of  $K^+/Na^+$  of each organ of sunflower under moderate salinity (0.35%) stress

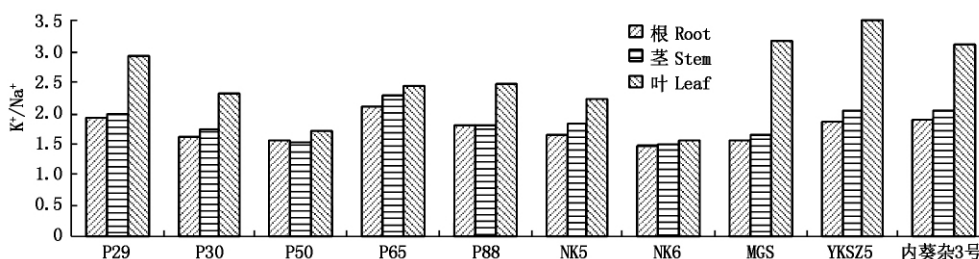


图 5 重度盐碱胁迫(0.52%)下向日葵各部位  $K^+/Na^+$  值

Fig. 5 Value of  $K^+/Na^+$  of each organ of sunflower under severe salinity (0.52%) stress

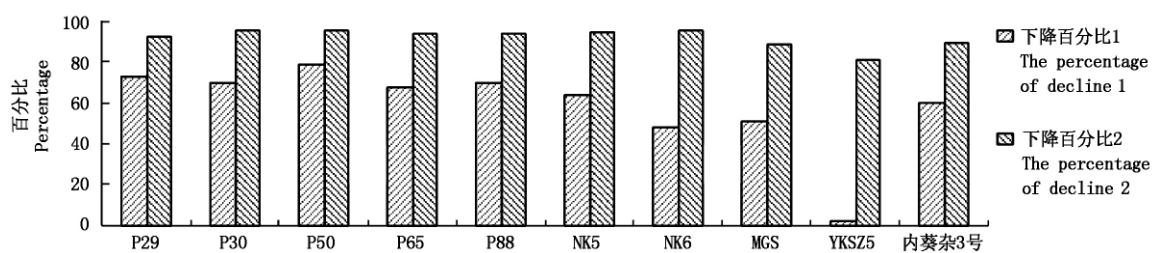


图 6 中度(0.35%)和重度(0.52%)盐碱胁迫下叶片  $K^+/Na^+$  下降百分比

Fig. 6 The percentage of decline of leaves under moderate (0.35%) and severe salinity (0.52%) stress

从图 6 可以看出,与 CK 中  $K^+/Na^+$  值对比,中度盐碱胁迫下品种 NK6、MGS、YKSZ5、内葵杂 3 号  $K^+/Na^+$  降低幅度较小,说明耐盐性高于其他品种,

同理,重度盐碱胁迫下品种 MGS、YKSZ5、内葵杂 3 号耐盐性高于其他品种。

表 1 盐碱胁迫下叶片  $K^+/Na^+$  值变化

Tab. 1 The changing of  $K^+/Na^+$  of leaves under salinity stress

品种 Variety	CK(0.21%) Control	中度(0.35%) Moderate	下降百分比 1 The percentage of decline 1	重度(0.52%) Severe salinity	下降百分比 2 The percentage of decline 2
P29	39.89	11.01	72.41	2.99	92.52
P30	48.37	14.49	70.05	2.30	95.24
P50	40.09	8.46	78.91	1.85	95.38
P65	42.52	13.75	67.67	2.54	94.02
P88	42.36	12.76	69.86	2.53	94.03
NK5	43.71	15.94	63.53	2.25	94.85
NK6	32.32	16.90	47.71	1.56	95.18
MGS	29.39	14.36	51.14	3.43	88.33
YKSZ5	19.68	19.17	2.57	3.80	80.70
内葵杂 3 号	33.77	13.44	60.18	3.62	89.29

注:下降百分比 1 = (CK - 中度) / CK × 100%; 下降百分比 2 = (CK - 重度) / CK × 100%。

Note: The percentage of decline 1 = (CK - moderate) / CK × 100%. The percentage of decline 2 = (CK - severe) / CK × 100%.

表 2 盐胁迫下供试材料幼苗根、茎、叶中  $K^+/Na^+$  的变化

Tab. 2 Changes of  $K^+/Na^+$  of seedling root, stem and leaf of the test materials under salinity stress

盐浓度 / % Concentration	材料 Material	根 $K^+/Na^+$ $K^+/Na^+$ of root	茎 $K^+/Na^+$ $K^+/Na^+$ of stem	叶 $K^+/Na^+$ $K^+/Na^+$ of leaf
0.03	内葵杂 3 号	3.80aA	14.30aA	33.77aA
	内葵杂 4 号	3.64bB	13.86bB	32.09bB
	K55 × K59	3.59bB	13.12cC	29.76cC
	K55 × K58	3.55bcB	12.65dD	29.41cC
	K58	3.64bcB	11.36efE	25.65eD
	K55	3.55cB	11.27fE	26.31dD
	K59	3.60cB	11.55eE	25.60eD
0.22	内葵杂 3 号	2.89aA	8.32aA	23.60aA
	内葵杂 4 号	2.66cC	8.05bB	22.69bB
	K55 × K59	2.65cC	7.77cC	20.76cC
	K55 × K58	2.59dD	7.43dD	20.93cC
	K58	2.43eE	6.64eE	16.60dD
	K55	2.32fF	6.35eE	16.84dD
	K59	2.75bB	6.57fF	16.55dD
0.41	内葵杂 3 号	1.98aA	2.33bB	13.44aA
	内葵杂 4 号	1.69bAB	2.24cC	13.29aA
	K55 × K59	1.72bAB	2.42aA	11.76cC
	K55 × K58	1.62bABC	2.20dC	12.46bB
	K58	1.64cdCD	1.93eD	7.55dD
	K55	1.63cBCD	1.43gF	7.37dD
	K59	1.10dD	1.59fE	7.51dD
0.58	内葵杂 3 号	1.89aA	2.06aA	3.62aA
	内葵杂 4 号	1.78bB	1.85cC	3.55bA
	K55 × K59	1.69cC	2.05aA	2.99cB
	K55 × K58	1.64dD	1.95bB	2.76dC
	K58	1.53eE	1.81dC	2.54eD
	K55	1.50fE	1.75eD	2.53eD

注:不同品种间大写字母代表 0.01 水平上差异,小写字母代表 0.05 水平上差异,表 3 同。

Note: Capital letter show significant at 0.01 level, lowercase show significant at 0.05 level. The same as Tab. 3.

## 2.5 室内盆栽盐胁迫下向日葵幼苗根、茎、叶中 $K^+/Na^+$ 的变化

向日葵叶片中  $K^+/Na^+$  最高,茎其次,根最低,

盐胁迫下伤害率的变化也是同样顺序。盐胁迫下细胞内离子平衡被破坏,导致  $K^+/Na^+$  降低,而且随着胁迫的加剧降幅加大。对照组根部的  $K^+/Na^+$  基本

处在一个水平 3.55 ~ 3.80 , 7 个供试材料间差异不大(表 2 3)。受到盐胁迫以后 , 降幅差异比较明显 , 在 0.22% 的盐胁迫下内葵杂 3 号根的 K<sup>+</sup> /Na<sup>+</sup> 是 2.89 , 较对照受到的伤害率为 23.93% , 是受到伤害最轻的 , K55 根的 K<sup>+</sup> /Na<sup>+</sup> 是 2.32 , 受到的伤害率为 34.51% , 是受到伤害最重的。随着盐胁迫的增大 , 伤害增大。当达到 0.58% 浓度的胁迫时 , 7 个品种的伤害率都超过了 50% , 最大的 K55 达到了

57.89%。在盐胁迫下茎 K<sup>+</sup> /Na<sup>+</sup> 伤害率比根大 , 最高可达 86.62% , 但是品种间差异不大。对照组中 7 个品种叶片 K<sup>+</sup> /Na<sup>+</sup> 是 33.77 ~ 25.6 , 差异极显著 , 受到盐胁迫后大幅度下降 , 在 0.58% 的盐胁迫下为 2.53 ~ 3.62 , 材料间差异显著减少。在盐胁迫下叶片 K<sup>+</sup> /Na<sup>+</sup> 伤害率最大 , 最高可达 90.62% , 但是品种间差异不大。

表 3 盐胁迫下供试材料幼苗根、茎叶中 K<sup>+</sup> /Na<sup>+</sup> 的伤害率

Tab.3 Damage ratio of K <sup>+</sup> /Na <sup>+</sup> of seedling root ,stem and leaf of the test materials under salinity stress %				
盐浓度 / % Concentration	材料 Material	根 K <sup>+</sup> /Na <sup>+</sup> K <sup>+</sup> /Na <sup>+</sup> of root	茎 K <sup>+</sup> /Na <sup>+</sup> K <sup>+</sup> /Na <sup>+</sup> of steam	叶 K <sup>+</sup> /Na <sup>+</sup> K <sup>+</sup> /Na <sup>+</sup> of leaf
0.22	内葵杂 3 号	23.93eE	41.84bB	30.09cB
	内葵杂 4 号	26.79cC	41.90bB	29.29dC
	K55 × K59	26.04dD	40.80cB	30.24cB
	K55 × K58	27.12cC	41.31bcB	28.82dC
	K58	33.17bB	41.53bcB	35.29bA
	K55	34.51aA	43.67aA	36.00aA
	K59	23.77eE	43.13aA	35.33bA
0.41	内葵杂 3 号	47.86eE	83.68bB	60.18cB
	内葵杂 4 号	53.58cC	83.80bB	58.59dC
	K55 × K59	52.07dD	81.59cB	60.47cB
	K55 × K58	54.25cC	82.62bcB	57.64dC
	K58	68.80aA	83.06bcB	70.58bA
	K55	65.43bB	87.35aA	72.00aA
	K59	69.51aA	86.26aA	70.66bA
0.58	内葵杂 3 号	50.23dC	85.60abAB	89.29aA
	内葵杂 4 号	50.98dC	86.62aA	88.93aA
	K55 × K59	52.89cB	84.35bAB	89.97aA
	K55 × K58	53.85bB	84.62bAB	90.62aA
	K58	57.89aA	84.03bB	90.08aA
	K55	57.77aA	84.43bAB	90.39aA

3 结论与讨论

随土壤盐浓度的升高 , 向日葵根、茎、叶中 Na<sup>+</sup> 含量均有所增加 , K<sup>+</sup> 表现为减少 , 因而 K<sup>+</sup> /Na<sup>+</sup> 值明显下降; 地上部 K<sup>+</sup> /Na<sup>+</sup> 值 > 根部 , 地上部各器官 K<sup>+</sup> /Na<sup>+</sup> 值为: 叶 > 茎 , 说明生长旺盛的器官拒 Na<sup>+</sup> 能力强于其他器官 , 叶与根和茎的 K<sup>+</sup> /Na<sup>+</sup> 值差异显著。随着盐碱胁迫的增强 , 各器官的 K<sup>+</sup> /Na<sup>+</sup> 下降程度存在差异 , 其中叶的 K<sup>+</sup> /Na<sup>+</sup> 下降显著 , 可以采用叶的 K<sup>+</sup> /Na<sup>+</sup> 指示盐碱对苗期向日葵的危害程度。不同品种的 K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup> 含量及 K<sup>+</sup> /Na<sup>+</sup> 不同 , 耐盐性强的品种在盐碱胁迫下 K<sup>+</sup> /Na<sup>+</sup> 值降低幅度小。油葵吸收的 Na<sup>+</sup> 主要积累于根部 , 阻止 Na<sup>+</sup> 向地上部运输的拒盐机制是向日葵具有较强耐盐性的主要原因之一。

拒盐机制是向日葵有耐盐性的重要原因之一。在很多盐生植物中 , 选择吸收 K<sup>+</sup> 与植物的抗盐性密切相关<sup>[4-6]</sup>。另一方面 , 很多非盐生植物选择吸

收 K<sup>+</sup> 而排斥 Na<sup>+</sup> , 尤其在细胞质中 , 利用较高浓度的 K<sup>+</sup> 进行渗透调节以提高抗盐性。

参考文献:

[1] 杨劲松. 土壤盐渍地球化学研究的进展及发展的趋势[J]. 土壤, 1991, 4: 206-209.

[2] 黎立群. 盐碱土的基本知识[M]. 北京: 科学出版社, 1986: 45-49.

[3] 再吐尼古丽·库尔班, 吐尔逊·吐尔洪, 阿扎提·阿不都古力, 等. 甜高粱对盐碱地改良效果的研究初报[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(8): 1418-1421.

[4] 聂惠, 于海峰, 刘浩明. 向日葵对盐胁迫的反应及其抗盐机理的研究进展[J]. 内蒙古农业科技, 2008(6): 23-25.

[5] 吕金岭, 董永. 盐逆境胁迫下施钾对降低小麦盐害的生理效应研究[J]. 江西农业学报, 2007(3): 43-44.

[6] 郑青松, 刘海燕, 隆小华, 等. 盐胁迫对油菜幼苗离子吸收和分配的影响[J]. 中国油料作物学报, 2010(1): 69-74.