

# 盐胁迫下柚和橘幼苗体内矿质元素变化的比较研究

马翠兰<sup>1</sup>, 刘星辉<sup>1</sup>, 陈素英<sup>2</sup>

(1.福建农林大学园艺学院,福州 350002; 2.莆田学院环境与生命科学系,福建莆田 351100)

**摘要:**采用沙培法,对盐胁迫下坪山柚和福橘幼苗体内矿质元素的变化进行了研究。结果表明,随着 NaCl 浓度的增加,坪山柚和福橘幼苗根部及地上部 Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup> 含量增加,且相同浓度下,福橘比坪山柚高。40 mmol/L NaCl 胁迫下,坪山柚和福橘幼苗地上部的 K<sup>+</sup>、Fe 含量,根部的 Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Zn 含量显著下降,而根部 Fe 含量及地上部 Zn 含量显著增加。随 NaCl 浓度增大,坪山柚根部 K<sup>+</sup>含量,地上部 Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>含量变化不明显,而福橘根部、地上部上述离子含量在 NaCl 浓度 ≥ 160 mmol/L 时均显著下降。因此,根部 K<sup>+</sup>含量,地上部 Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>含量存在品种间差异,或许可作为耐盐性鉴定指标。NaCl 胁迫降低坪山柚和福橘幼苗根部及地上部 P、Mn 含量,而 Cu 含量在较高浓度 NaCl 胁迫下显著增加。NaCl 胁迫明显降低坪山柚和福橘幼苗地上部 K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>/Na<sup>+</sup>和 Mg<sup>2+</sup>/Na<sup>+</sup>值,其中 K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup>值的变化可考虑作为柑橘耐盐性鉴定的指标。

**关键词:**柚;橘;盐胁迫;矿质营养;耐盐性

中图分类号:Q945.78

文献标识码:A

文章编号:1005-3395(2005)04-0333-05

## Changes in Mineral Element Contents in Pomelo and Citrus Seedlings under Salt Stress

MA Cui-lan<sup>1</sup>, LIU Xing-hui<sup>1</sup>, CHEN Su-ying<sup>2</sup>

(1. College of Horticulture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China;

2. Department of Environments and Life Sciences, Putian College, Putian 351100, China)

**Abstract:** Changes in mineral element contents in young seedlings of *Citrus maxima* cv. Pingshanyou and *C. reticulata* cv. Fuju cultured in plastic pots and treated with various salt concentrations were studied. Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> contents in roots and shoots of Pingshanyou and Fuju seedlings increased with the increase of NaCl concentration. The contents of Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> in roots and shoots of Fuju seedlings were higher than those of Pingshanyou under the same salinity. 40 mmol/L of NaCl significantly decreased Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> and Zn contents in roots and K<sup>+</sup> and Fe contents in shoots of Pingshanyou and Fuju seedlings, whereas markedly increased the contents of Fe in roots and Zn in shoots. As salt concentration increased, K<sup>+</sup> in roots and Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> in shoots of Pingshanyou seedlings exhibited little change, but the above-mentioned mineral ions in Fuju seedlings significantly decreased when the salinity was higher than 160 mmol/L. It was shown that the contents of K<sup>+</sup> in roots and Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> in shoots were related to citrus varieties, which might be used as indices for evaluating the salt tolerance. Under salt stress, P, Mn in roots and shoots of Pingshanyou and Fuju seedlings decreased, but Cu increased obviously at high salt concentration. The value of K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>/Na<sup>+</sup> and Mg<sup>2+</sup>/Na<sup>+</sup> decreased significantly in shoots of Pingshanyou and Fuju seedlings under NaCl stress, of which the value of K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> could be considered as an index for evaluating the salt tolerance of citrus seedlings.

**Key words:** *Citrus maxima* cv. Pingshanyou; *Citrus reticulata* cv. Fuju; Salt stress; Mineral nutrition; Salt tolerance

土壤盐渍化已成为限制农业生产的重要因素。土壤盐渍化,一般指土壤中含有大量的盐分,普遍

意义上是指过高浓度的 Na<sup>+</sup> 和 Cl<sup>-</sup>[1,2]。果树属于对盐敏感的非盐生植物,其耐盐性与植物的发育阶段、

种类及品种有关,并主要取决于根系对离子的选择性吸收和盐分在器官、组织及细胞 3 个层次上的区域化分布<sup>[3]</sup>。有关盐胁迫对果树生长,Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>、K<sup>+</sup>等矿质离子含量影响的研究已有报道<sup>[4-6]</sup>,但关于盐胁迫下果树体内 Fe、Zn、Cu 等微量元素含量的变化及其与耐盐性的关系报道不多。柚 [*Citrus maxima* (Burm.) Merr.] 是热带亚热带名优水果,在柑橘类中属于耐盐性较强的种类,宽皮柑橘的耐盐性有广泛的分离现象<sup>[4]</sup>。因此,本研究以坪山柚和福橘为材料,探讨盐胁迫下幼苗体内矿质元素含量的变化及耐盐机理,以期为柑橘品种耐盐性早期鉴定及耐盐栽培提供理论依据。

## 1 材料和方法

**材料** 供试柚品种为坪山柚 (*Citrus maxima* cv. Pingshanyou) (福建省华安县农技站提供),橘品种为福州福橘 (*C. reticulata* cv. Fujū) (福州市农业局经作站提供)。

**材料处理** 坪山柚和福橘种子经 0.1% KMnO<sub>4</sub> 消毒、冲洗,分别播于装有洗净河沙的木箱中,用 pH 6.2±0.2 的全营养液 (大量元素采用 1/2 Hoagland 营养液,微量元素采用 1/2 Arnon 营养液) 浇灌。待种子萌发至长有 4 片真叶时取出幼苗洗净,用滤纸吸干水分,移入装有洗净细沙的塑料钵 (高 14 cm,钵口直径 13 cm) 中,每钵 3 株,用全营养液预培养 7 d,然后开始盐胁迫处理 (遮荫网中进行)。盐胁迫处理是在全营养液中加入一定量的分析纯 NaCl,配成 40、80、120、160 和 200 mmol/L 5 种盐胁迫液,以不加 NaCl 的全营养液为对照处理,每处理重复 6 次。每 2 d 浇一次,每次用量 200-300 ml,至钵底小孔流出水为止。处理 30 d 后,将幼苗从塑料钵中取出,用无离子水冲去沙粒,滤纸吸干水分,幼苗分地上部 (叶、枝、茎) 和根部,分别烘至恒重,磨成干粉,用于测定矿质营养含量。

**测定方法** Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 及微量元素 Cu、Mn、Zn、Fe 等含量采用浓硝酸-高氯酸消煮法<sup>[7]</sup>,用 WFX-IE2 型原子吸收分光光度计测定。Cl<sup>-</sup> 含量用灰化、硝酸银滴定法<sup>[7]</sup>测定,P 含量用钒钼黄比色法<sup>[8]</sup>测定。

## 2 结果和分析

### 2.1 Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup> 含量

图 1 表明,坪山柚和福橘幼苗地上部 Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup> 含量均高于根部。NaCl 胁迫 30 d,随 NaCl 浓度增加,坪山柚和福橘幼苗地上部及根部 Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup> 含量明显增加,相同浓度下,福橘高于坪山柚。40 mmol/L NaCl 胁迫,坪山柚和福橘幼苗地上部 Na<sup>+</sup> 含量分别为对照的 5.5 倍和 6.0 倍,根部的分别为对照的 5.1 倍和 5.3 倍;120 mmol/L NaCl 胁迫下,坪山柚和福橘地上部 Na<sup>+</sup> 含量分别为对照的 10.1 倍和 12.3 倍,根部的分别为对照的 8.8 倍和 9.4 倍;200 mmol/L NaCl 胁迫下,坪山柚和福橘地上部 Na<sup>+</sup> 含量分别为对照的 16.3 倍和 19.0 倍,根部的分别为对照的 13.4 倍和 14.8 倍。Cl<sup>-</sup> 含量变化类似,表明 NaCl 胁迫使福橘地上部及根部比坪山柚容易积累 Na<sup>+</sup> 和 Cl<sup>-</sup>。

### 2.2 K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 和 P 含量

由表 1 可以看出,坪山柚和福橘幼苗根部 K<sup>+</sup> 含量高于地上部。NaCl 胁迫后,坪山柚和福橘幼苗地上部及根部 K<sup>+</sup> 含量下降。40 mmol/L NaCl 胁迫下,坪山柚和福橘幼苗地上部 K<sup>+</sup> 含量明显下降,根部 K<sup>+</sup> 含量无明显变化;当 NaCl 浓度为 80 mmol/L 时,根部 K<sup>+</sup> 含量明显下降,此后,随着 NaCl 浓度增加,坪山柚根部 K<sup>+</sup> 含量变化不明显,而在 160 mmol/L 和 200 mmol/L NaCl 下,福橘根部 K<sup>+</sup> 含量均明显下降。相同浓度 NaCl 胁迫,坪山柚地上部及根部 K<sup>+</sup> 含量均高于福橘。

坪山柚和福橘幼苗根部 Ca<sup>2+</sup> 含量低于地上部。

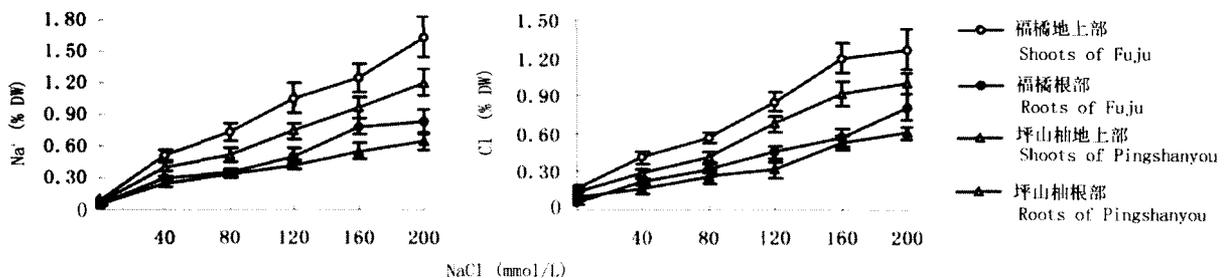


图 1 NaCl 胁迫下坪山柚和福橘幼苗 Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup> 含量的变化

Fig. 1 Changes in Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> contents in shoots and roots of seedlings Pingshanyou and Fujū under NaCl stress

NaCl胁迫明显降低坪山柚和福橘幼苗根部  $\text{Ca}^{2+}$  含量, 40 mmol/L NaCl 胁迫, 仅为对照的 0.89 倍和 0.85 倍, 而 200 mmol/L NaCl 下, 为对照的 0.77 倍和 0.71 倍。低浓度 NaCl 胁迫对坪山柚和福橘幼苗地上部  $\text{Ca}^{2+}$  含量影响不大, 200 mmol/L NaCl 胁迫, 坪山柚和福橘幼苗地上部  $\text{Ca}^{2+}$  含量显著下降(表 1)。

与对照相比, 40 mmol/L NaCl 胁迫使坪山柚和福橘幼苗根部  $\text{Mg}^{2+}$  含量显著下降, 而地上部  $\text{Mg}^{2+}$  含量在 NaCl 浓度达 160 mmol/L 时才显著下降(表 1)。随 NaCl 浓度增大, 坪山柚根部  $\text{Mg}^{2+}$  含量无明显变化, 而福橘根部及地上部  $\text{Mg}^{2+}$  含量在高浓度 NaCl 胁迫下明显降低。

坪山柚地上部、根部 P 含量比福橘高。NaCl 胁迫降低两者根部及地上部 P 含量。其中福橘地上部

及根部受 NaCl 胁迫的影响大(表 1)。

### 2.3 Fe、Mn、Zn、Cu 等微量元素含量

从表 2 看出, NaCl 胁迫提高了坪山柚和福橘根部 Fe 含量, 而地上部则明显降低, 说明 NaCl 胁迫主要影响 Fe 向地上部的运输。当 NaCl 浓度  $\geq 80$  mmol/L 时, 坪山柚根部及地上部 Fe 含量高于福橘, 说明在较高浓度 NaCl 胁迫下, 坪山柚比福橘对 Fe 有较强的吸收力和运转力。

NaCl 胁迫降低坪山柚和福橘地上部及根部 Mn 含量。40 mmol/L NaCl 胁迫, 坪山柚地上部 Mn 含量下降 8.3%, 福橘地上部 Mn 含量下降 21.6%; 200 mmol/L NaCl 胁迫, 坪山柚和福橘地上部 Mn 含量分别下降 26.7%和 48.9%。根部 Mn 含量变化

表 1 NaCl 胁迫下坪山柚和福橘幼苗  $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、P 含量的变化

Table 1 Changes in the contents of  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  and P in seedlings of Pingshanyou and Fujou under NaCl stress

品种 Cultivars	NaCl (mmol/L)	$\text{K}^+$ (% DW)		$\text{Ca}^{2+}$ (% DW)		$\text{Mg}^{2+}$ (% DW)		P (% DW)	
		根部Root	地上部Shoot	根部Root	地上部Shoot	根部Root	地上部Shoot	根部Root	地上部Shoot
坪山柚 Pingshanyou	0	1.094a	0.977a	1.063a	1.383a	0.222a	0.175a	0.167a	0.189a
	40	1.081a	0.869b	0.942b	1.348a	0.204b	0.173a	0.149b	0.180ab
	80	0.954b	0.838b	0.897b	1.343a	0.196b	0.168a	0.155b	0.173b
	120	0.905b	0.821b	0.851b	1.326a	0.194b	0.158b	0.154b	0.167b
	160	0.901b	0.817b	0.845b	1.302ab	0.191b	0.156b	0.156b	0.163bc
	200	0.863b	0.759c	0.822b	1.255b	0.185b	0.151b	0.158b	0.154c
福橘 Fu ju	0	1.060a	0.953a	0.961a	1.357a	0.218a	0.167a	0.162a	0.179a
	40	1.042a	0.827b	0.818b	1.344a	0.184b	0.161a	0.144d	0.178a
	80	0.911b	0.802b	0.811b	1.335a	0.175b	0.161a	0.141d	0.166b
	120	0.883bc	0.786b	0.757b	1.316a	0.174b	0.155b	0.149c	0.152c
	160	0.841c	0.781b	0.721b	1.315a	0.165c	0.141bc	0.156b	0.151c
	200	0.781d	0.702c	0.608c	1.230b	0.161c	0.126c	0.150c	0.148c

多重比较采用新复极差法( $n=6$ ), 同一栏数值后不同字母表示差异显著 ( $p<0.05$ )。下同。

Different letters within a column indicate significant differences at  $p<0.05$  by Duncan's multiple range test. The same for Tables 2 and 3.

表 2 NaCl 胁迫下坪山柚和福橘幼苗 Fe、Mn、Zn、Cu 含量的变化

Table 2 Changes in the contents of Fe, Mn, Zn and Cu in seedlings of Pingshanyou and Fujou under NaCl stress

品种 Cultivars	NaCl (mmol/L)	Fe ( $\mu\text{g g}^{-1}$ DW)		Mn ( $\mu\text{g g}^{-1}$ DW)		Zn ( $\mu\text{g g}^{-1}$ DW)		Cu ( $\mu\text{g g}^{-1}$ DW)	
		根部Root	地上部Shoot	根部Root	地上部Shoot	根部Root	地上部Shoot	根部Root	地上部Shoot
坪山柚 Pingshanyou	0	273.12d	289.78a	362.23a	148.91a	391.92a	88.35c	18.74b	9.51b
	40	326.37c	242.60b	344.81ab	136.52a	379.20b	105.46b	20.47b	10.46ab
	80	398.32b	219.31b	318.27b	121.27b	368.63c	117.81a	21.02b	10.15ab
	120	436.11ab	176.57c	290.11bc	123.50b	362.27c	99.62b	21.46b	10.79a
	160	472.62a	147.22c	275.52c	111.49b	366.41c	96.17bc	22.87ab	10.90a
	200	492.77a	142.39c	270.38c	109.16b	357.65c	94.13bc	25.58a	11.31a
福橘 Fu ju	0	307.44c	347.04a	227.30a	137.62a	301.88a	85.27b	16.77b	8.86b
	40	328.01c	283.90b	213.34a	107.91b	262.03b	110.83a	19.05b	10.14ab
	80	367.14b	217.11c	209.03a	84.33c	260.02b	118.43a	19.88b	9.22b
	120	401.17a	154.23d	206.92a	75.18c	246.01c	94.82b	20.84b	10.96a
	160	433.92a	121.01d	197.87ab	76.49c	246.13c	85.88b	21.10ab	11.07a
	200	447.10a	115.32d	176.66b	70.32c	245.19c	87.23b	24.03a	11.04a

与此类似(表 2)。

NaCl 胁迫明显降低坪山柚和福橘根部 Zn 含量,而地上部 Zn 含量显著增加。相同浓度 NaCl 胁迫坪山柚根部 Zn 含量下降幅度比福橘小。在较低浓度 NaCl 胁迫下坪山柚、福橘地上部 Zn 含量增幅大(表 2)。

坪山柚和福橘地上部及根部 Cu 含量明显低于 Fe、Mn 和 Zn 的含量。低 NaCl 胁迫对坪山柚和福橘地上部及根部 Cu 含量的影响不大。当 NaCl 浓度分别达 120 mmol/L 和 200 mmol/L 时,坪山柚和福橘地上部、根部 Cu 含量显著增加(表 2)。

#### 2.4 $K^+/Na^+$ 、 $Ca^{2+}/Na^+$ 及 $Mg^{2+}/Na^+$ 值的变化

由表 3 可以看出,NaCl 胁迫明显降低坪山柚和福橘幼苗地上部  $K^+/Na^+$  值、 $Ca^{2+}/Na^+$  值和  $Mg^{2+}/Na^+$  值。40 mmol/L NaCl 胁迫,坪山柚和福橘幼苗  $Mg^{2+}/Na^+$  值  $<1$ ; 120 mmol/L NaCl 胁迫,福橘地上部  $K^+/Na^+$  值  $<1$ , 而坪山柚  $K^+/Na^+$  值  $>1$ ; 200 mmol/L NaCl 胁迫时,福橘  $Ca^{2+}/Na^+$  值  $<1$ , 而坪山柚  $Ca^{2+}/Na^+$  值始终大于 1; 相同浓度 NaCl 胁迫,坪山柚  $K^+/Na^+$  值和  $Ca^{2+}/Na^+$  值明显高于福橘。

表 3 NaCl 胁迫下坪山柚和福橘幼苗地上部  $K^+/Na^+$ 、 $Ca^{2+}/Na^+$  及  $Mg^{2+}/Na^+$  值的变化

Table 3 Changes in  $K^+/Na^+$ ,  $Ca^{2+}/Na^+$  and  $Mg^{2+}/Na^+$  values in shoots of Pingshanyou and Fujou seedlings under NaCl stress

NaCl (mmol/L)	$K^+/Na^+$		$Ca^{2+}/Na^+$		$Mg^{2+}/Na^+$	
	Pingshan- you	Fuju	Pingshan- you	Fuju	Pingshan- you	Fuju
0	13.22a	11.08a	18.71a	15.78a	2.37a	1.94a
40	2.14b	1.59b	3.32b	2.58b	0.43b	0.31b
80	1.60bc	1.09bc	2.57bc	1.82bc	0.32bc	0.22bc
120	1.10c	0.74c	1.78c	1.25c	0.21c	0.15c
160	0.85c	0.63c	1.35c	1.06c	0.16c	0.11c
200	0.63c	0.43c	1.04c	0.75c	0.13c	0.08c

### 3 讨论

NaCl 胁迫容易破坏植物细胞内营养平衡,主要是由于  $Na^+$  和 / 或  $Cl^-$  过量积累引起了离子毒害和其他元素亏缺。Zekri 和 Parsons<sup>[9]</sup> 的研究指出,NaCl 胁迫增加了酸橙实生苗叶片中 Na 和 Cl 元素含量,降低了 Ca、Mg 和 K 元素含量,叶片 P、Fe、Mn、Zn 和 Cu 等元素含量无明显变化。本试验结果表明,随着 NaCl 浓度增加,坪山柚和福橘幼苗地上部和根部  $Na^+$ 、 $Cl^-$  含量增加,相同浓度下,福橘比坪山柚高,表明福橘比坪山柚易遭受 NaCl 胁迫的影响。

40 mmol/L NaCl 胁迫,坪山柚和福橘幼苗地上部  $K^+$ 、Fe 含量,根部  $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、Zn 含量显著下降,而根部 Fe 含量及地上部 Zn 含量显著增加。随着 NaCl 浓度增大,坪山柚根部  $K^+$  含量,地上部  $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$  含量变化不明显,而福橘根部  $K^+$  含量,地上部  $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$  含量在 NaCl 浓度达 160 mmol/L 和 200 mmol/L 时均显著下降,说明根部  $K^+$  含量及地上部  $Ca^{2+}$  含量和  $Mg^{2+}$  含量与品种特性有关。 $K^+$  是植物必需的三大营养元素之一,在各种植物的生长及代谢中发挥重要作用。 $K^+$  稳态与植物耐盐性的关系密切<sup>[10]</sup>。 $Ca^{2+}$  是细胞壁的主要成分,对稳定和保护膜有重要作用。 $Mg^{2+}$  是叶绿素的组成成分,其含量稳定可以使叶片保持绿色,减缓衰老。上述变化是幼苗适应根部 NaCl 胁迫的主动反应,是生理代谢适应的表现。NaCl 胁迫下坪山柚和福橘幼苗地上部及根部 Fe、Zn 含量的差异表明,NaCl 主要抑制幼苗根部对 Zn 的吸收和限制 Fe 由根部向地上部的运输。NaCl 胁迫降低坪山柚和福橘幼苗根部及地上部 P、Mn 含量,而高浓度 NaCl 胁迫使 Cu 含量显著增加。NaCl 胁迫下,矿质营养 P、Fe、Mn、Zn 和 Cu 等的变化与 Zekri 和 Parsons<sup>[9]</sup> 的研究结果不同,可能与取材方法、NaCl 胁迫浓度设置及胁迫时间不同有关。

石榴比桃耐盐主要是石榴植株各部位  $K^+/Na^+$  值高于桃,即石榴运转 K-Na 时对  $K^+$  的选择性大于  $Na^+$ ,而桃对  $K^+$  的选择性小于或仅稍大于  $Na^+$ <sup>[9]</sup>。本试验中,NaCl 胁迫明显降低坪山柚和福橘幼苗地上部  $K^+/Na^+$ 、 $Ca^{2+}/Na^+$  和  $Mg^{2+}/Na^+$  值。120 mmol/L NaCl 胁迫,福橘地上部  $K^+/Na^+$  值  $<1$ , 而坪山柚  $K^+/Na^+$  值  $>1$ ; 200 mmol/L NaCl 胁迫时,福橘  $Ca^{2+}/Na^+$  值  $<1$ , 而坪山柚  $Ca^{2+}/Na^+$  值始终大于 1; 相同浓度 NaCl 胁迫,坪山柚  $K^+/Na^+$  和  $Ca^{2+}/Na^+$  值明显高于福橘。因此, K-Na、Ca-Na 选择性强可能是坪山柚比福橘耐盐的原因之一。其中  $K^+/Na^+$  值比  $Ca^{2+}/Na^+$  值对盐胁迫敏感,可考虑作为柑橘耐盐性鉴定的指标。

#### 参考文献

- [1] Flowers T J. Salinisation and horticultural production [J]. *Sci Hort*, 1999, 78:1-4.
- [2] Du Q P(杜青平), Meng Z Q(孟紫强), Yuan B H(袁保红). Studies on toxicity differences of  $SO_3^{2-}$  and  $Cl^-$  in leaf of wheat seedling [J]. *Agro-environ Prot(农业环境保护)*, 2002, 21(4):328-330, 342. (in Chinese)
- [3] Greenway H, Munns R. Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes [J]. *Ann Rev Plant Physiol*, 1980, 31:149-190.

- [4] Cheng Z S(陈竹生), Nie H T(聂华堂), Ji Y(计玉), et al. Identification of salt tolerance in citrus [J]. Acta Hort Sin(园艺学报), 1992, 19(4):289-295. (in Chinese)
- [5] Wang L J(汪良驹), Ma K(马凯), Jiang W B(姜卫兵), et al. Study on contents of sodium and potassium ions of pomegranate and peach plants under sodium chloride stress and their salt tolerance [J]. Acta Hort Sin(园艺学报), 1995, 22(4):336-340. (in Chinese)
- [6] Ma C L(马翠兰), Liu X H(刘星辉), Du Z J(杜志坚). Effects of salt stress on seed germination and seedling growth of pomelo and citrus [J]. J Fujian Agri For Univ(Nat Sci)(福建农林大学学报自然科学版), 2003, 32(3):320-324. (in Chinese)
- [7] 庄伊美. 柑橘营养与施肥 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1994. 170-172.
- [8] 中国土壤学会农业化学委员会. 土壤农业化学常规分析方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1983. 276-277.
- [9] Zekri M, Parsons L R. Calcium influences growth and leaf mineral concentration in citrus under saline conditions [J]. HortScience, 1990, 25:784-786.
- [10] Zhou F(周峰), Li P H(李平华), Wang B S(王宝山). The relationship between the K<sup>+</sup> homeostasis and salt tolerance [J]. Plant Physiol Commum(植物生理学通讯), 2003, 39(1):67-70. (in Chinese)

## 生态系统碳平衡和碳循环研究的理论和方法国际学术研讨会在广州召开

2005年7月1日-3日,由中国科学院华南植物园、广州市科学技术协会、中华海外生态学者联合会、国家自然科学基金委生命科学部、中国生态系统研究网络、南京大学国际地球系统科学研究所、北美生态学会(ESA)亚洲分会联合主办,中国科学院华南植物园承办的“生态系统碳平衡和碳循环研究的理论和方法”国际学术研讨会在广州燕岭大厦顺利召开。

160多名代表参加了会议,其中20多名海外代表。会议针对全球碳平衡和碳循环这一气候变化和区域可持续发展的核心内容,通过国际同行,特别是活跃在这一研究领域的国际知名学者和海外中国学者的交流,了解和掌握研究的前沿领域,旨在促进中国以及区域碳平衡和碳循环研究,提高研究水平,掌握新的研究动向,推动该领域的学术进展,并向政府部门提供决策建议。会上30位代表围绕生态系统碳平衡和碳循环研究的理论进展、生态系统碳平衡和碳循环测度方法、碳平衡和碳循环的模型模拟技术及其应用、碳平衡和碳循环研究中的尺度分析、碳收支研究在政策、管理和贸易中的应用等议题做了口头报告,并有14个墙报展出。

与会代表到鼎湖山站和鹤山站进行了实地考察,并就有关的碳循环研究工作进行了探讨。