

盐碱胁迫对香樟幼苗离子吸收与分配的影响^①

颜路明¹, 郭祥泉²

(1 闽江学院美术学院环境艺术教研室, 福州 350108; 2 三明市林业局, 福建三明 365000)

摘要:以 2 年生香樟幼苗为材料, 采用不同浓度 NaHCO_3 和 Na_2CO_3 (1 : 1) 混合溶液 (0、50、100、200、300 mmol/L) 处理, 研究香樟幼苗对 Fe^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ 的吸收和分配。结果表明: 随盐碱胁迫程度的增加, 香樟幼苗根系和茎器官中的 K^+ 含量呈下降趋势, 而叶片中的 K^+ 含量呈逐步上升趋势, 其中叶片中的 K^+ 含量最高, 其次是根系, 茎器官中的 K^+ 含量最低; 香樟幼苗根系、茎、叶片中的 Na^+ 含量呈逐步上升趋势, 其中根系中的 Na^+ 含量最高, 其次是叶片, 茎器官中的 Na^+ 含量最低; 香樟幼苗根系、茎、叶片中的 K^+/Na^+ 呈逐步下降趋势, 其中茎器官中的 K^+/Na^+ 最高, 其次是叶片, 根系中的 K^+/Na^+ 最低。低盐碱胁迫 (0 ~ 100 mmol/L) 提高根、茎、叶器官中 Fe^{2+} 的含量, 提高香樟叶片中叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素的含量; 而高盐碱胁迫 (100 ~ 300 mmol/L) 则降低根器官中 Fe^{2+} 的含量, 增加茎、叶器官中 Fe^{2+} 的含量, 明显降低叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素的含量, 根器官中 Fe^{2+} 的含量最高, 其次是茎器官, 叶器官中 Fe^{2+} 的含量最低。盐碱胁迫对香樟幼苗根、茎、叶器官中 Mg^{2+} 的含量影响差异不显著。盐碱胁迫初期, 香樟幼苗通过将 Na^+ 截留在根部, 促进根器官对 K^+ 、 Fe^{2+} 等营养元素的吸收和转运, 提高自身对低盐碱胁迫 (0 ~ 100 mmol/L) 的耐受性; 高盐碱胁迫 (100 ~ 300 mmol/L) 严重影响香樟幼苗对 K^+ 、 Fe^{2+} 等营养元素的吸收和转运, 影响香樟正常生长发育。

关键词: 盐碱胁迫; 香樟幼苗; 离子吸收与分配

中图分类号: S156.4; S722.5

香樟 (*Cinnamomum camphora* (L.) Presl) 为樟科樟属常绿乔木, 原产于我国长江流域及以南地区, 现日本、朝鲜和越南等地也有分布, 随我国城市园林建设步伐的加快, 香樟作为城市优良树种, 在我国应用越来越广泛。香樟喜温暖湿润的气候, 不耐干旱贫瘠, 苏北部分地区绿地土壤 pH 为 8.4 ~ 9.0, 有机质匮乏^[1]。而在盐碱条件下, 香樟会发生不同程度的黄化, 黄化的速度随 pH 的升高而加快^[2], 盐碱环境是香樟在我国北方地区正常生长的主要限制因子之一^[3]。研究盐碱环境对香樟生长发育的影响机理, 能为进一步选育耐盐碱品种提供理论依据。我国北方地区盐碱地多为复合型, 主要盐碱成分有 NaHCO_3 和 Na_2CO_3 , 兼有 NaCl 和 Na_2SO_4 , 盐化与碱化作用往往相伴发生^[4], 碱性盐胁迫对植物生长发育造成的危害往往高于中性盐^[5]。碱性环境不但会影响植物对土壤中的有效铁等金属离子的吸收利用, 还会影响叶片内叶绿素的合成、光合作用中电子传递、氧化还原反应和植物对氮的吸收利用^[6], 张丽华等^[7]的研究表明, 苏打盐

碱胁迫大大降低了香樟幼苗的光合速率, 影响同化物的积累。目前, 关于盐碱胁迫对香樟离子吸收及分配的影响研究较少, 本研究以 2 年生香樟幼苗为材料, 采用不同浓度盐碱处理, 研究香樟幼苗对 Fe^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ 吸收、转运和利用的情况, 为进一步研究香樟耐盐碱机理提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料为选自园林实验地樟属植物资源圃中生长一致的 2 年生盆栽香樟幼苗 (有机质: 珍珠岩: 田园土 = 1 : 1 : 2, 每盆种植土 10 kg, 含盐量 1.68 g/kg, pH 8.0), 用苗 50 株, 分为 5 组, 分别标记为 A0、A1、A3、A6、A9。于 2015 年 4 月 10 号开始以清水为对照, 每隔 1 天浇灌 1 次不同浓度 (50、100、200、300 mmol/L) 的 NaHCO_3 和 Na_2CO_3 (1 : 1) 混合溶液各 800 ml, 共 4 次, 第 8 天用烘干法检测各组香樟幼苗种植盆中土壤含盐量, 分别为 1.64、1.74、2.63、4.23、

基金项目: 2014 年闽江学院校级科研专项 (MYZ14027) 资助。

作者简介: 颜路明 (1973—), 男, 福建仙游人, 硕士, 讲师, 研究方向为园林生态。E-mail: 402655592@qq.com

6.77 g/kg; pH 分别为 8.0、8.5、9.3、9.5、9.7; 香樟幼苗出现不同程度萎蔫现象, 随盐碱胁迫程度增加, 萎蔫现象越严重, 但未见死亡迹象; 检测香樟幼苗根、茎、叶器官中的 Fe^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ 含量和叶绿素含量, 3 次重复, 取平均值进行统计。

1.2 试验方法

叶绿素含量的测定采用乙醇法, Fe^{2+} 、 Mg^{2+} 含量测定采用原子吸收分光光度计法, K^+ 、 Na^+ 含量测定采用火焰光度计法^[8]。

1.3 数据处理

采用 SPSS 19.0 进行数据统计与分析, 采用 Microsoft Excel 制图。

2 结果与分析

2.1 盐碱胁迫对香樟幼苗不同器官中 K^+ 、 Na^+ 吸收与分配的影响

由表 1 可知, 随盐碱胁迫程度的增加, 香樟幼苗根系和茎器官中的 K^+ 含量呈下降趋势, 而叶片中的 K^+ 含量呈逐步上升趋势, 盐碱胁迫程度越高, 下降或升高得越快。处理 A9 根系和茎中 K^+ 含量分别比

对照 A0 下降了 33.5% 和 36.5%, 叶片中 K^+ 含量比对照 A0 上升了 21.8%。总体来看, 叶片中的 K^+ 含量最高, 其次是根系, 茎器官中的 K^+ 含量最低, 在低盐碱胁迫(0 ~ 100 mmol/L)下差异不明显, 在高盐碱胁迫(100 ~ 300 mmol/L)下差异显著。随盐碱胁迫程度的增加, 香樟幼苗根系、茎、叶片中的 Na^+ 含量均呈逐步上升趋势, 盐碱胁迫程度越高, 升高得越快, 处理 A9 根系、茎、叶中 Na^+ 含量分别比对照 A0 提高了 60.9%、65.7%、142.7%。总体来看, 根系中的 Na^+ 含量最高, 其次是叶片, 茎器官中的 Na^+ 含量最低, 在低盐碱胁迫(0 ~ 50 mmol/L)下差异不明显, 在高盐碱胁迫(50 ~ 300 mmol/L)下差异显著。随盐碱胁迫程度的增加, 香樟幼苗根系、茎、叶片中的 K^+/Na^+ 呈逐步下降趋势, 盐碱胁迫程度越高, 下降得越快, 处理 A9 根系、茎、叶中 K^+/Na^+ 分别比对照 A0 降低了 58.7%、61.7%、49.8%。总体来看, 其中茎器官中的 K^+/Na^+ 最高, 其次是叶片, 根系中的 K^+/Na^+ 最低, 在低盐碱胁迫(0 ~ 100 mmol/L)下差异不明显, 在高盐碱胁迫(100 ~ 300 mmol/L)下差异显著。

表 1 盐碱胁迫对香樟幼苗不同器官中 K^+ 、 Na^+ 吸收与分配的影响
Table 1 Effects of saline-alkali stress on assimilations and distributions of K^+ and Na^+ in camphor seedlings

处理	K^+ 含量(mg/g)			Na^+ 含量(mg/g)			K^+/Na^+		
	根	茎	叶	根	茎	叶	根	茎	叶
A0	9.744 a	7.961 a	11.958 b	2.717 c	0.615 c	1.353 c	3.589 a	12.952 a	8.839 a
A1	9.206 a	6.666 b	12.061 b	3.497 b	0.552 c	1.404 c	2.633 b	12.07 a	8.588 a
A3	7.806 b	6.551 b	12.531 b	3.578 b	0.792 b	2.454 b	2.182 b	8.224 b	5.107 b
A6	6.987 bc	5.214 c	14.613 a	4.125 a	0.851 b	2.865 ab	1.694 c	6.124 bc	5.101 b
A9	6.479 c	5.055 c	14.569 a	4.371 a	1.019 a	3.284 a	1.482 c	4.96 c	4.436 c

注: 不同小写字母代表处理间差异在 $P < 0.05$ 水平显著, 下同。

2.2 盐碱胁迫对香樟幼苗不同器官中 Fe^{2+} 、 Mg^{2+} 吸收、分配及叶绿素含量的影响

由表 2 可知, 随盐碱胁迫程度的增加, 香樟幼苗根系中的 Fe^{2+} 含量呈先升后降趋势, 处理 A3 根系中 Fe^{2+} 含量达最高值, 比对照 A0 提高了 2.4%, 之后开始大幅下降, 处理 A9 根系中 Fe^{2+} 含量比处理 A3 降低了 22.1%; 随盐碱胁迫程度的增加, 香樟幼苗茎、叶片中的 Fe^{2+} 含量均呈逐步上升趋势, 盐碱胁迫程度越高, 升高得越快, 处理 A9 茎、叶中 Fe^{2+} 含量分别比对照 A0 提高了 19.6%、13.0%。低盐碱胁迫(0 ~ 100 mmol/L)提高根、茎、叶器官中 Fe^{2+} 的含量, 促进香樟根系对 Fe^{2+} 的吸收, 并促进根系中 Fe^{2+} 向茎、叶器官的分配, 但差异不显著; 而高盐碱胁迫(100 ~ 300 mmol/L)则降低根器官中 Fe^{2+} 的含量, 抑制了根

系对 Fe^{2+} 的吸收, 促进 Fe^{2+} 向茎、叶器官的分配。总体来看, 根器官中 Fe^{2+} 的含量最高, 其次是茎器官, 叶器官中 Fe^{2+} 的含量最低。

盐碱胁迫对香樟幼苗根、茎、叶器官中 Mg^{2+} 的含量影响差异不显著。根器官中 Mg^{2+} 的含量波动范围在 2.101 ~ 2.441 mg/g, 茎器官中 Mg^{2+} 的含量波动范围在 2.026 ~ 2.528 mg/g, 叶器官中 Mg^{2+} 含量的波动范围在 2.544 ~ 2.78 mg/g, 总体来看, 叶片中 Mg^{2+} 的含量最高, 其次是根器官, 茎器官中 Mg^{2+} 的含量较低。

随盐碱胁迫程度的增加, 香樟幼苗叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素的含量呈先升后降趋势, 低盐碱胁迫(0 ~ 100 mmol/L)明显提高了香樟叶片中叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素的含量, 处理 A3 的叶绿素 a、

表 2 盐碱胁迫对香樟幼苗不同器官中 Fe^{2+} 、 Mg^{2+} 吸收、分配及叶绿素含量的影响
Table 2 Effects of saline-alkali stress on assimilations and distributions of Fe^{2+} and Mg^{2+} and contents of chlorophyll in camphor seedlings

处理	Fe^{2+} (mg/g)			Mg^{2+} (mg/g)			叶绿素(mg/g)		
	根	茎	叶	根	茎	叶	叶绿素 a	叶绿素 b	总叶绿素
A0	0.707 a	0.494 b	0.378 b	2.248 a	2.026 b	2.772 a	0.938 b	0.428 b	1.366 b
A1	0.710 a	0.510 b	0.386 b	2.317 a	2.528 a	2.629 a	1.095 a	0.436 b	1.531 a
A3	0.724 a	0.532 ab	0.398 ab	2.101 a	2.142 b	2.78 a	1.109 a	0.512 a	1.621 a
A6	0.628 b	0.563 a	0.421 a	2.105 a	2.131 b	2.544 a	0.934 b	0.424 b	1.358 b
A9	0.564 c	0.591 a	0.427 a	2.441 a	2.127 b	2.713 a	0.725 c	0.371 b	1.096 c

叶绿素 b 和总叶绿素的含量达最高值, 比对照 A0 分别提高了 18.2%、19.6%、18.7%, 之后开始大幅下降, 高盐碱胁迫(100 ~ 300 mmol/L)明显降低了叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素的含量, 处理 A9 中叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素的含量分别比处理 A3 降低了 34.6%、27.5%、32.4%。

3 讨论与结论

3.1 盐碱胁迫对香樟幼苗 K^+ 、 Na^+ 的吸收与分配的影响

盐碱环境中, Na^+ 是主要的有害因素之一, 能在植物细胞质膜内外建立起高程度跨膜 Na^+ 电势梯度, 促使 Na^+ 从外界环境被动运输到植物细胞内。胞质中过多的 Na^+ 能破坏细胞内的离子稳态、引起生物膜功能紊乱、抑制许多胞质酶的活性和细胞代谢, 进而影响细胞分裂、生长、发育和光合作用^[9]。一般认为, K^+ 在植物抗盐碱中起作用, 是植物维护细胞膜完整性和功能性所必须的活性离子^[10]。而在盐碱胁迫下, 由于 Na^+ 和 K^+ 有相似的水合半径, 植物吸收 Na^+ 的同时竞争限制对 K^+ 的吸收^[11]。植物在盐碱环境中能否保持一个高的胞质 K^+/Na^+ 比值至关重要^[12]。从本试验结果来看, 随着盐碱胁迫加重, 香樟幼苗根、茎、叶器官中 Na^+ 的含量不断增加, Na^+ 在根、茎、叶中的浓度的次序从高到低依次为根>叶>茎, 根系中 Na^+ 的含量是茎、叶器官的 2~3 倍, Na^+ 主要累积在根部, 香樟幼苗可能通过将 Na^+ 截留在根部, 以减少茎、叶器官 Na^+ 的含量, 从而保证地上部器官的正常生长发育不受高浓度 Na^+ 的影响, 这与李晓宇等^[12]结果是一致的。随着盐碱胁迫加重, 外界环境中高浓度的 Na^+ 又会抑制植物对 K^+ 的正常吸收, 从而导致香樟幼苗根、茎器官中 K^+ 的含量随盐碱胁迫加重而逐渐降低, 在盐碱处理浓度为 300 mmol/L 时, 根系和茎中 K^+ 含量分别比对照下降了 33.5% 和 36.5%。值得注意的是, 随盐碱胁迫加重, 香樟叶片中的 K^+ 含量逐渐提高, 在盐碱处理浓

度为 300 mmol/L 时, 叶片中 K^+ 含量比对照上升了 21.8%。原因可能是在盐碱胁迫初期, 香樟幼苗具备一定的耐盐碱能力, 可能通过加快 K^+ 从根部向地上部器官的转运率, 提高叶片中 K^+ 的浓度, 以缓解 Na^+ 对叶片细胞正常功能的影响。另外, 在盐碱处理浓度为 300 mmol/L 时, 香樟幼苗根系、茎、叶器官中 Na^+ 含量却分别比对照提高了 60.9%、65.7%、142.7%, 叶器官中 K^+ 含量的上升幅度远远低于 Na^+ 含量的上升幅度, 从而导致香樟幼苗根、茎、叶中 K^+/Na^+ 均随盐碱胁迫加重而逐渐降低, 其中, 茎器官中的 K^+/Na^+ 最高, 其次是叶片, 根部 K^+/Na^+ 最低, 因而可以推测, 在高盐碱胁迫(100 ~ 300 mmol/L)下香樟各器官中 Na^+ 含量的升高已严重影响了植物对 K^+ 的吸收与分配, 尤其是根系对 K^+ 的吸收。

3.2 盐碱胁迫对香樟幼苗不同器官中 Fe^{2+} 、 Mg^{2+} 吸收与分配的影响

盐碱土对植物正常生长发育的毒害主要是盐胁迫和高 pH 胁迫这两种因素相互作用产生的复合毒害, 其中高 pH 胁迫可直接危害作物根系, 影响植物根器官对营养物质的吸收、转运以及植物内部的离子平衡, 比盐胁迫危害更大^[13]。原因可能是高 pH 的盐碱环境促使根表面细胞间质 pH 升高, 阻碍细胞壁的松弛, 抑制根细胞伸长和根毛发生, 降低根系活力, 进而影响植物对水分和养分的吸收^[5]。许多研究表明, 低浓度盐碱胁迫促进紫花苜蓿苗期根系的生长、增加根尖的数量, 提高了植物根系活力, 而高浓度盐碱胁迫抑制植物根系生长, 减少根尖数量, 降低根系活力^[5,14]。武德等^[17]研究发现碱性盐胁迫使刺槐总叶绿素和叶绿素 a 的含量随胁迫程度的增加呈现先升高后降低的趋势。因而, 多数植物能耐短时间或低程度盐碱胁迫, 而在高浓度盐碱胁迫下, 植物的生长发育会受到抑制。从本实验结果来看, 低浓度盐碱胁迫(0 ~ 100 mmol/L)提高根、茎、叶器官中 Fe^{2+} 的含量, 促进香樟根系对 Fe^{2+} 的吸收, 并促进 Fe^{2+} 向茎、叶器官的分配, 也相应提高了香樟叶片中叶绿素 a、

叶绿素 b 和总叶绿素的含量；而高盐碱胁迫(100 ~ 300 mmol/L)则明显降低根器官中 Fe^{2+} 的含量，根系活力降低，抑制了根系对 Fe^{2+} 的吸收，也明显降低了地上部叶片叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素的含量，在盐碱处理浓度为 300 mmol/L 时，香樟幼苗根系中 Fe^{2+} 含量比处理 A3 降低了 22.1%，叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素的含量分别比处理 A3 降低了 34.6%、27.5%、32.4%。随苏打盐碱胁迫程度的增加，香樟幼苗茎、叶器官中 Fe^{2+} 的含量呈上升趋势，但上升幅度并不大，可以推测高盐碱胁迫在一定程度上促进了 Fe^{2+} 向茎、叶器官的分配，原因可能是盐碱胁迫时间较短，植物具备一定的耐盐碱能力，使叶片中仍保持较高的 K^+ 浓度，调控根系吸收的离子尽可能地转移到茎、叶片器官，保持植物本身正常的生长发育。也有人提出盐碱条件下黄化植物的根部 Fe^{2+} 的含量高于地上部器官，因而推论导致植物缺铁性黄化的原因应该是有效铁从根部向茎、叶器官的运输受到阻碍^[16]。本试验中的数据表明，香樟幼苗根系中 Fe^{2+} 的含量最高，其次是叶片，茎中 Fe^{2+} 的含量最低，也得到类似的结果，因而可以认为高浓度盐碱胁迫抑制了香樟幼苗对 Fe^{2+} 的吸收，同时也影响了 Fe^{2+} 从根部向茎、叶器官的运输。许多研究表明，植物体内叶绿素含量的高低与活性铁含量之间存在良好的相关性^[17-20]，也有人认为缺铁不是引起香樟黄化的主要原因^[21]，失绿叶片的铁含量不变或者反而升高^[22-23]。从本试验结果可以看出，随盐碱胁迫程度的增加，香樟幼苗叶片中 Fe^{2+} 的含量缓慢增加，而叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素的含量却在降低，具体原因尚需进一步研究。 Mg^{2+} 是构成叶绿素的主要组分，陈超燕等^[19]认为在盐碱条件下，樟树叶片随着黄化程度的加剧与叶片中速效磷、速效钾和镁的含量相关性不明显。而许惠等^[9]认为健康和黄化香樟叶片中 N、P、Mg、Fe 的含量差异极显著。从本试验结果来看，盐碱胁迫对香樟幼苗根、茎、叶器官中 Mg^{2+} 的含量影响差异不明显，这也可能与试验条件有关，具体原因尚需进一步研究。

综上所述，在盐碱胁迫初期，低盐碱胁迫(0 ~ 100 mmol/L)条件下，香樟幼苗通过将 Na^+ 截留在根部，促进根器官对 K^+ 、 Fe^{2+} 等营养元素的吸收和转运，提高了茎、叶器官中 K^+/Na^+ 和叶绿素含量，提高自身的耐盐碱性；而在高盐碱胁迫(100 ~ 300 mmol/L)条件下，随着根器官 Na^+ 含量的增加，严重影响了香樟幼苗对 K^+ 、 Fe^{2+} 等营养元素的吸收和转运，茎、叶器官中 K^+/Na^+ 大幅下降，叶片中叶绿素含量迅速

降低，耐盐碱性下降，香樟生长发育受到严重影响。

参考文献：

- [1] 夏永久, 刘好霞. 宿迁市宿城区园林土壤养分状况初析[J]. 安徽农学通报, 2011, 17(23): 112-113
- [2] 马白菡, 谢宝多. 成土母质土壤(pH)对樟树黄化病的影响[J]. 中南林学院学报, 1992, 12(1): 49-56
- [3] 韩浩章, 王晓立, 刘宇, 江宇飞. 香樟黄化病现状分析及其治理研究[J]. 北方园艺, 2010(13): 232-235
- [4] 张晓磊, 刘晓静, 齐敏兴, 刘艳楠, 蒯佳林. 混合盐碱对紫花苜蓿苗期根系特征的影响[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(3): 340-346
- [5] 闰永庆, 王文杰, 朱虹, 石溪蝉, 刘兴亮, 祖元刚. 混合盐碱胁迫对青山杨渗透调节物质及活性氧代谢的影响[J]. 应用生态学报, 2009, 20(9): 2 085-2 091
- [6] 金亚波, 韦建玉, 王军. 植物铁营养研究进展: 生理生化[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(32): 10 215-10 219
- [7] 张丽华, 工晓立, 工梦秋, 韩浩章. 苏打盐碱胁迫对香樟幼苗光合特性的影响[J]. 北方园艺, 2012, 23(9): 91-93
- [8] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 68-72, 111-112
- [9] 许惠. 生理黄化香樟的叶片养分特征研究[J]. 安徽农学通报, 2009, 15(3): 137-139
- [10] 王宝山, 赵可夫. 小麦叶片中 Na、K 提取方法的比较[J]. 植物生理学通讯, 1995, 31(1): 50-52
- [11] Horie T, Schroeder JI. Sodium transporters in plants. Diverse genes and physiological function[J]. Plant Physiology, 2004, 136: 2 457-2 412
- [12] 李晓宇, 蔺吉祥, 李秀军, 穆春生. 羊草苗期对盐碱胁迫的生长适应及 Na^+ 、 K^+ 代谢响应[J]. 草业学报, 2013, 22(1): 201-209
- [13] Shi DC, Wang DL. Effects of various salt-alkaline mixed stresses on *Aneurolepidium chinense* (Trin.) Kitag[J]. Plant and Soil, 2005, 271: 15-26
- [14] 陈敏, 李平华, 王宝山. Na^+ 转运体与植物的耐盐性[J]. 植物生理学通讯, 2007, 43(4): 617-622
- [15] Passioura JB. Root signals control leaf expansion in wheat seedlings growing in drying soil[J]. Australian Journal of Plant Physiology, 1988, 15(5): 687-693
- [16] 郭伟, 于立河. 盐碱胁迫对小麦幼苗根系活力和苯丙氨酸解氨酶活性的影响[J]. 作物杂志, 2012(1): 31-34
- [17] 武德, 曹帮华, 刘欣玲, 张大鹏. 盐碱胁迫对刺槐和绒毛白蜡叶片叶绿素含量的影响[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(3): 51-54
- [18] 武建林, 李有文, 李立平, 信秀丽, 刘庆玲, 柯用春. 植物黄化与氮磷钾营养的关系[J]. 西北农业学报, 2004, 13(1): 104-108
- [19] 陈超燕, 刘洪剑, 束庆龙, 刘晓莉, 张鑫. 影响市区樟树黄化病的主要因素研究[J]. 林业科学研究, 2008, 21(5): 625-629
- [20] 刘海星, 张德顺, 商侃侃, 陈香波, 达良俊. 不同黄化程度樟树叶片的生理生化特性[J]. 浙江林学院学报, 2009, 26(4): 479-484

- [21] 毛富春, 张凤云, 赵先贵, 张克丽. 美味猕猴桃叶片有效铁含量与黄叶病相关性研究[J]. 西北农业学报, 2002, 11(2): 54–56
- [22] 孙国强, 李胜华, 夏希纳. “绿亨铁王”防治香樟黄化病药效分析[J]. 中国森林病虫, 2001(S1): 19–21
- [23] Mengel K, Bubl W, Scherer HW. Iron distribution in vine leaves with HCO₃⁻ induced chlorosis[J]. Plant Nutrition, 1984, 7: 715–724

Effects of Saline-alkali Stress on Ion Absorption and Distribution of Camphor Seedling

YAN Lu-ming¹, GUO Xiang-quan²

(1 Department of Environmental Art, Academy of Fine Arts, Minjiang University, Fuzhou 350108, China;

2 Sanming City Forestry Bureau, Sanming, Fujian 365000, China)

Abstract: The biennial camphor seedling was used as test material and treated under different concentrations of NaHCO₃ and Na₂CO₃ to study the assimilations and distributions of Fe²⁺, Mg²⁺, K⁺ and Na⁺ by camphor seedling. The results showed that, with the increase of salinity-alkalinity stress degree, K⁺ contents in roots and stems decreased but increased in leaves and K⁺ content was highest in leaves, followed by in roots and in stems; Na⁺ contents in roots, stems and leaves increased, and Na⁺ content was highest in roots, followed by in leaves and in stems; K⁺/Na⁺ in roots, stems and leaves decreased, and K⁺/Na⁺ was highest in stems, followed by in leaves and in roots. Fe²⁺ contents in stems, roots and leaves increased under low salinity stress (0–100mmol/L), contents of chlorophyll a, b and total chlorophyll in leaves increased; Fe²⁺ contents in roots, contents of chlorophyll a, b and total chlorophyll in leaves decreased significantly under high salinity stress (100–300 mmol/L), Fe²⁺ contents in stems and leaves increased. Fe²⁺ content was highest in roots, followed by in stems and in leaves. The effects of salinity-alkalinity stress on the assimilation and distribution of Mg²⁺ were not significant. The assimilation and distribution of Fe²⁺ and K⁺ in camphor seedlings is promoted by intercepting Na⁺ in the roots in the early stage of salinity-alkalinity stress, and then improve the tolerance of low salinity-alkalinity stress (0–100 mmol/L). The assimilation and distribution of Fe²⁺ and K⁺ in camphor seedlings are intensively inhibited under high salinity-alkalinity stress (100–300 mmol/L), thus hinder the normal growth of camphor seedlings.

Key words: Salinity-alkalinity stress; Camphor seedling; Ion absorption and distribution