

2014 年中国沿海果树产业发展学术研讨会论文集

2014 Zhongguo Yanhai Guoshu
Chanye Fazhan Xueshu Yantaohui Lunwenji

● 中国沿海果树产业发展学术研讨会组委会 主编



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

T326.13-53
1

2014 年中国沿海果树产业发展学术研讨会论文集

中国沿海果树产业发展学术研讨会组委会 主编

中国农业大学出版社

• 北京 •

内 容 简 介

为了展示我国沿海果树产业发展的新技术、新模式以及最新的研究成果等,特将 2014 年中国沿海果树产业发展学术研讨会征集到的有关学术论文整理成论文集。该论文集主要分为研究论文、技术规程、发展策略与研究进展、摘要、部分已发表的论文收录五部分。

图书在版编目(CIP)数据

2014 年中国沿海果树产业发展学术研讨会论文集/中国沿海果树产业发展学术研讨会组委会主编. —北京:中国农业大学出版社,2014. 5

ISBN 978-7-5655-0970-4

I. ①2014… II. ①中… III. ①果树业-可持续性发展-中国-文集 IV. ①F326.13-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 095100 号

书 名 2014 年中国沿海果树产业发展学术研讨会论文集

作 者 中国沿海果树产业发展学术研讨会组委会 主编

策划编辑 梁爱荣

责任编辑 梁爱荣

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62818525,8625

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

e-mail cbsszs @ cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2014 年 5 月第 1 版 2014 年 5 月第 1 次印刷

规 格 787×1 092 16 开本 13.5 印张 320 千字

定 价 35.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

编 委 会

主 编 房经贵 俞明亮

副主编 (按姓氏拼音为序)

陈俊伟	戴洪义	李新国	蔺 经	刘进余
渠慎春	王 涛	吴伟民	易干军	

前 言

在我国,沿海省份是经济最活跃与最发达的地区,也是我国最重要的果品生产基地之一。它们的果树产业发展模式、新技术的开发以及生产的效益一直走在全国的前列。沿海省份所拥有的滩涂是人类赖以生存的重要环境之一。合理开发与利用沿海滩涂发展果树产业不仅带来了很大的经济效益,而且有着显著的生态效益。我国广大果树研究工作者为此做出了突出贡献。以江苏省为例,其经济发达,大陆海岸线长,沿海滩涂面积大,地处北亚热带和暖温带的过渡地带,适宜生长的果树种类丰富,果树栽培新模式的开发与推广以及沿海土壤改良与果树种植等一直是南京农业大学、江苏省农科院等科研院所重视的研究工作,并且已经取得了一定的成效。为了展示我国沿海果树业的新技术、新模式以及最新研究成果,加强我国沿海果树抗逆性等各相关研究领域的科研人员之间的交流与合作,推动我国沿海果树业持续高效地稳步发展,由中国园艺学会果树专业委员会主办,南京农业大学园艺学院、江苏省农业科学院园艺研究所和江苏省园艺学会联合承办 2014 年中国沿海果树产业发展学术研讨会。

为使本次学术会议的举办更好地达到促进学术交流,加强研究人员间的合作,进一步推动我国沿海果树区域化与产业化的目的,研讨会组委会广泛地征集与收录关于我国沿海省份果树产业现状与发展前景、栽培新技术与新模式以及沿海果树抗逆研究与抗逆栽培等方面的论文。我们将征集到的参会论文以及收集的部分有关论文编辑成册,以供广大果树工作者以及对沿海果树业发展感兴趣的科技人员借鉴。由于论文的征集、审改、编辑和出版时间紧迫,不当之处,敬请指正。

本次会议得到了中国园艺学会果树专业委员会、南京农业大学园艺学院、江苏省农业科学院园艺研究所和江苏省园艺学会的大力支持,在此深表感谢。

2014 年中国沿海果树产业发展学术研讨会组委会

2014 年 5 月 15 日

目 录

研究论文

NaCl 胁迫下豆梨盐高抗和敏感株系 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 积累及选择性吸收、运输 比较研究.....	李晓刚 蔺经 王中华 杨青松 常有宏/3
黄河三角洲不同果园土壤盐分与养分特征及其对葡萄生长发育的影响	樊连梅 房经贵 原永兵 刘更森/11
沧州梨主产区梨茎蜂危害特点及防治技术研究	刘进余 赵国栋 张立树 李志欣 孙秀坤 岳雷/18
江苏沿海地区欧亚种葡萄的引种试验及利用探析.....	顾克余 周步海 李绍恺/23
江苏沿海滩涂白刺引进及利用前景探讨.....	张书龙 许鸿利 张蛟蛟 崔世友/28

技术规程

无公害鸭梨节水控产提质栽培技术规程	刘进余 李志欣 张立树 孙秀坤 岳雷 张卫东 任志清 刘冲/33
----------------------------	----------------------------------

发展策略与研究进展

江苏沿海地区葡萄设施栽培技术探讨.....	王西成 吴伟民 赵密珍 钱亚明 王壮伟/41
葡萄抗逆相关基因的克隆与研究进展.....	慕茜 王西成 吴伟民 贾海峰 张演义/46
台风对浙东沿海果业的影响及对策.....	王涛/55
我国无花果产业现状及发展前景展望.....	郭强 王成 王振斌 白玉梅 郭正兵/60
山东沿海大樱桃栽培现状与发展前景.....	赵方贵 刘洪庆 刘新/68
我国果树耐盐碱相关研究情况.....	余心怡 王壮伟 渠慎春/76
山东烟台红富士苹果的生产现状与前景.....	侯应军 赵方贵 渠慎春/88
果实日灼发生机制及防护.....	李晓颖 徐红霞 陈俊伟/95
当今果树无公害生产的综合策略	房经贵 易干军/100
山东半岛设施果树土壤质量与改良	文杨 王小青 姜卫兵/108
江苏境内黄河故道地区土壤改良与果树产业的发展	纠松涛 俞明亮 渠慎春 冷翔鹏 房经贵/117
我国苹果主产区由沿海向内地西移北扩趋势的原因及分析	宁传丽 慕茜 刘更森 宋长年/127
沿海滩涂综合开发利用技术及典型开发模式的研究	黄振喜 张瑞 上官凌飞 董清华/135
江苏沿海地区果树产业发展策略探讨	韩键 文杨 姜卫兵/147

山东石榴产业发展战略研究	郝兆祥	侯乐峰/152
江浙沿海地区葡萄的病虫害防治	王保菊 王晨 贾海峰 王梦琦	房经贵/160

摘 要

滨梅的引种繁育与开发利用	王小敏 李维林 张春红	吴文龙/167
浙江白沙枇杷品种资源与产业化	陈俊伟 徐红霞	李晓颖/170
盐胁迫下香蕉钙信号启动与钙、钾离子平衡调控	周双云 高龙燕 王文昌 李绍鹏	李新国/172
山东省苹果品种发展布局分析和矮砧密植栽培技术及矮砧选择区划建议	张玉刚 祝军 刘更森	戴洪义/174
果树 ta-siRNA 合成-作用级联研究进展	张长青 李海玲 张硕	房经贵/176
草莓的张棚罩果技术	谢飞 谢佳玲 谢佳丽	张长青/177
江苏森茂生态科技有限公司概况		/178

部分已发表的研究论文收录

桃优质无公害栽培技术	马瑞娟 杜平 俞明亮 沈志军	宋宏峰/183
梨棚架栽培架体搭建及整形修剪技术	杨青松 蔺经 盛宝龙 颜志梅 李小刚	常有宏/187
江苏发展葡萄的条件和策略	房经贵 章镇 陶建敏	张建梅/195
江苏省沿海滩涂葡萄栽培策略	冷翔鹏 吴伟民 房经贵 宋长年	赵密珍/198
葡萄“飞鸟型”篱架抗风简易避雨棚栽培技术	程前 陶然 程传云 冷翔鹏 徐鹏程	房经贵/204

研 究 论 文

NaCl 胁迫下豆梨盐高抗和敏感株系 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 积累及 选择性吸收、运输比较研究*

李晓刚**, 蔺经, 王中华, 杨青松, 常有宏***

(江苏省农业科学研究院园艺学院, 南京 210014)

摘要:以豆梨盐高抗株系 Pr7 和敏感株系 Ps19 组培苗为试材, 比较了 0.9% NaCl 盐胁迫下植株体内 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量及选择性吸收、运输差异。研究表明, 盐胁迫下, 豆梨体内 Na^+ 含量迅速提高, K^+ 含量降低; 根部 Na^+ 含量较高, 叶片 Na^+ 含量最低, 而 K^+ 、 Ca^{2+} 含量在叶片中最高, 其中 Ca^{2+} 在组织中分布顺序为叶>茎>根。从供试 2 个豆梨株系组织间 Na^+ 含量差异来看, Ps19 盐处理下 Na^+ 含量上升幅度远大于 Pr7, 其叶片中 Na^+ 含量更是高出 57.34%。Ps19 Ca^{2+} 含量在根、茎、叶中均大幅高于对照, 而 Pr7 株系根、茎 Ca^{2+} 含量高于对照, 叶片含量则低于对照。从 K^+/Na^+ 比值来看, Pr7 株系 K^+/Na^+ 略大于 1, 而 Ps19 则小于 1。Pr7 选择性吸收增大幅度大于敏感单株, 而选择性运输下降幅度又低于 Ps19。表明盐胁迫下这种对离子的选择性吸收和运输能力的差异, 是高抗株系和敏感株系不同耐盐性的重要生理机制。

关键词:豆梨; 盐胁迫; 离子; 吸收

目前土壤盐碱化是一个世界性的难题, 是严重影响植物生长发育的主要非生物胁迫因子之一, 是制约农业及畜牧业发展的重要问题。盐胁迫对植物造成的危害主要是离子毒害、渗透胁迫和营养不平衡。盐碱土中 Na^+ 是主要的阳离子, 盐胁迫破坏了植物中的离子稳态, 而使细胞质中 Na^+ 大量积累导致离子毒害、渗透胁迫及营养缺乏等(Hasegawa 等, 2000)。高浓度的 Na^+ 对其他离子(如 K^+ 、 Ca^{2+})的吸收产生拮抗作用, 抑制根系对 K^+ 、 Ca^{2+} 的吸收, 使植株发生营养亏缺(Syed 1999; 李品芳等, 2001); 还可以可置换质膜和细胞内膜系统所结合的 Ca^{2+} , 膜所结合的离子中 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 增加, 膜结构破坏及功能改变, 增加了质膜的透性, 致使细胞内钾、磷和有机溶质外渗(Tuna 等, 2007); 同时由于外界大量 Na^+ 进入细胞, 影响一些酶的结构和功能, 破坏细胞的新陈代谢, 导致盐害。

为了生存, 植物形成了相应的适应机制, 在形态及生理生化代谢上进行一些调整, 以适应

* 基金项目: 农业科技成果转化(2013GB2C1001)

** 作者简介: 李晓刚, 副研究员。研究方向: 梨资源评价与新品种选育研究, E-mail: xiaogangli @ aliyun. com. cn。

*** 通讯作者: 常有宏, 研究员。研究方向: 果树优新品种选育及栽培技术研究, E-mail: cyh @ jaas. ac. cn。

或忍耐环境胁迫,即胁迫诱导了植物体内不同的生物化学和生理学上的反应。如植物能进行选择吸收土壤中的无机离子,特别是对 Na^+ 和 K^+ 的选择吸收,可能是植物减轻盐害的一个因子。此外,盐分在根、茎、叶不同器官的分布不同,茎叶对 Na^+ 或总无机离子净积累量高于根部,地上部积累大量离子,有利于增大地上部和根部的渗透势差,促进水分从根部向地上部运输,利于改善地上部的水分状况,促进生长(李品芳等,2001;张海燕,2002)。盐胁迫下大麦、小麦、大豆的根系可截留大部分的 Na^+ ,往地上部运输盐离子少。

耐盐砧木的应用可以提高栽培品种的抗性,豆梨是我国梨主要砧木,由于其耐湿热,耐瘠薄,生产中大量应用。而对豆梨盐胁迫响应机制,特别是盐胁迫下豆梨体内的离子稳态、分布及转运机制的研究报道较少。本研究以豆梨试管苗为试材,以 NaCl 溶液为盐分胁迫条件,对盐分胁迫下豆梨体内离子积累、分布和转运机制进行系统分析,旨在为豆梨的耐盐栽培及提高耐盐性奠定基础,同时也为研究植物耐盐机制提供一定的理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料及处理

实验材料为江苏省农科院园艺研究所筛选的不同盐敏感性豆梨具根试管苗(Pr7 和 Ps19)。试管苗增殖培养基为 $\text{MS}+6\text{-BA } 0.6 \text{ mg/L}+\text{NAA } 0.2 \text{ mg/L}+30\% \text{ 蔗糖}+5 \text{ g/L}$ 琼脂,生根培养基为 $1/2 \text{ MS}+\text{IBA } 1.5 \text{ mg/L}+20\% \text{ 蔗糖}+5 \text{ g/L}$ 琼脂。

挑选苗龄为 30 d 的健壮豆梨生根试管苗,接入含 0.9% 的 NaCl 继代培养基($\text{MS}+0.6 \text{ mg/L } 6\text{-BA}+0.2 \text{ mg/L NAA}$)中进行培养,以不加 NaCl 的培养基为对照。每个处理 3 次重复。培养室条件为:温度(27 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ 、光照周期 15 h/d、光照强度 1 500~2 000 lx。14 d 后测定盐害指数、干物质积累量,并测定盐胁迫后植株根、茎、叶中的 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量。

1.2 盐害指数及干物质积累测定

1.2.1 盐害指数分级标准

盐害分级标准参照樊秀彩(2004)的方法:0 级—生长正常,无盐害症状;1 级—轻度盐害,叶尖、叶缘或叶脉有少部分变黄;2 级—中度盐害,叶片 10%~30% 面积焦枯;3 级—重度盐害,30%~60% 叶片面积焦枯;4 级—极重度盐害,>60% 叶片面积焦枯,叶片脱落或死亡。

$$\text{盐害指数 SI} = \frac{\sum (\text{盐害级值} \times \text{相应盐害级值叶片数})}{\text{盐害最高级值} \times \text{总叶片数}} \times 100\%$$

1.2.2 干物质积累测定

每瓶 4 株计作一个测量单位,称取测定前后组培苗重量,求其差值。

1.3 钠、钾、钙、镁的测定

1.3.1 样品处理

准确称取湿样 1~1.5 g,于 100 mL 三角瓶中,加硝酸:高氯酸(4:1)混合酸消化液,上盖小漏斗。静置 8~12 h,再置于电热板上加热消化,直至无色透明为止。加几毫升水,加热以

除去多余的硝酸。等烧杯中的液体接近 2~3 mL 时,取下冷却。用水洗并转移到 25 mL 容量瓶中,定容至刻度。取与消化试样相同量的混合酸消化液,按上述操作做试剂空白测定。

1.3.2 钠、钾、钙、镁的测定方法

用离子发射光谱法(ICP 法)(仪器采用德国耶拿公司生产的型号为 Zeenit 700 的原子吸收仪)测定各离子的含量。其中钠、钾的测定,参照 GB/T 5009.91—2003《食品中钾、钠的测定》,钙、镁含量参照《蔬菜及其制品中铜、铁、锌、钙、镁、磷的测定》(GB/T 23375—2009)的方法进行测定。测定结果见表 1。

表 1 培养基中各 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量				Mg/L
培养基类型	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
MS	0.005	0.78	0.12	0.04
MS+0.6% NaCl	6.01	0.78	0.12	0.04

试验数据均采用 Excel 2000 进行整理及统计分析。

1.4 元素选择性吸收

按下列公式计算离子吸收和运输的 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 选择性比率(selectivity ratio, $S_{\text{K,Na}}$ 、 $S_{\text{Ca,Na}}$ 和 $S_{\text{Mg,Na}}$):

根 $S_{\text{K,Na}} = (\text{根系 } \text{K}^+ / \text{Na}^+) / (\text{培养基 } \text{K}^+ / \text{Na}^+)$
地上部 $S_{\text{K,Na}} = (\text{地上部 } \text{K}^+ / \text{Na}^+) / (\text{根系 } \text{K}^+ / \text{Na}^+)$
根 $S_{\text{Ca,Na}} = (\text{根系 } \text{Ca}^{2+} / \text{Na}^+) / (\text{培养基 } \text{Ca}^{2+} / \text{Na}^+)$
地上部 $S_{\text{Ca,Na}} = (\text{地上部 } \text{Ca}^{2+} / \text{Na}^+) / (\text{根系 } \text{Ca}^{2+} / \text{Na}^+)$
根 $S_{\text{Mg,Na}} = (\text{根系 } \text{Mg}^{2+} / \text{Na}^+) / (\text{培养基 } \text{Mg}^{2+} / \text{Na}^+)$
地上部 $S_{\text{Mg,Na}} = (\text{地上部 } \text{Mg}^{2+} / \text{Na}^+) / (\text{根系 } \text{Mg}^{2+} / \text{Na}^+)$

2 结果与分析

2.1 NaCl 胁迫下不同盐敏感性具根试管苗生长比较

处理 14 d 后,随着盐浓度升高,豆梨干物质增长比例降低(表 2)。0.3% NaCl 下,耐盐株系干物质增长比例为 2.62%,与对照的增长比例差异不显著,0.6% NaCl 下,下降到 2.13%,显著低于对照及 0.3% NaCl 处理,0.9% NaCl 处理下,则仅有 1.67%,又显著低于 0.6% NaCl 下的增长比例。敏感单株下降幅度远大于高抗单株,0.3% NaCl 下,仅为 1.57%,较对照下降了 49.84%,到 0.9%的 NaCl 处理下,也仅有 1.29%的增长比例。

具根试管苗的盐害指数与茎段苗类似,随着盐浓度的升高,呈上升趋势,且敏感单株的伤害程度远大于高抗单株。但与无根苗相比,盐害指数有所降低。与露天水培条件下相比,盐害指数也有一定程度降低。

2.2 Na^+ 在体内的分布

从表 3 可以看出,对照苗根、茎、叶中 Na^+ 含量处于极低水平,在 3.1~4.66 mg/g FW。

而在盐处理(0.9% NaCl)下,植物体内 Na^+ 含量大幅高于对照,敏感单株高出幅度又大于高抗单株。Pr7 株系 Na^+ 含量在 28.97~34.47 mg/g FW,较对照高出了 7.41~7.98 倍,Ps19 含量在 45.58~49.39 mg/g FW,较对照高 13.65~15.72 倍。不同组织中 Na^+ 提高幅度不同,含量大小依次为根>茎>叶。Pr7 和 Ps19 根中 Na^+ 含量分别为 34.47 和 49.39 mg/g FW,较叶片中高出 15.96%和 7.7%。

表 2 NaCl 胁迫对具根苗干物质积累的影响 %

盐浓度	Pr7		Ps19	
	干物质增长比例	盐害指数	干物质增长比例	盐害指数
0	2.85 a	0.00 c	3.13 a	0.00 d
0.3	2.62 a	0.00 c	1.57 b	23.82 c
0.6	2.13 b	6.25 b	1.33 b	46.49 b
0.9	1.67 c	12.50 a	1.29 b	60.37 a

表 3 盐胁迫下不同组织元素含量(mg/g FW)

株系	处理	器官	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+/Na^+	$\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$	$\text{Mg}^{2+}/\text{Na}^+$
Pr7	CK	根	4.32	53.73	1.02	0.36	12.44	0.24	0.08
		茎	4.66	59.66	2.70	2.00	12.80	0.58	0.43
		叶	3.91	45.61	3.10	1.89	11.68	0.79	0.48
	盐处理	根	34.47	41.86	3.10	0.87	1.21	0.09	0.03
		茎	32.07	47.01	4.35	2.11	1.47	0.14	0.07
		叶	28.97	39.18	2.05	1.81	1.35	0.07	0.06
Ps19	CK	根	3.58	58.38	1.19	0.43	16.32	0.33	0.12
		茎	3.10	63.43	2.89	1.51	20.46	0.93	0.49
		叶	3.34	49.87	2.63	2.09	14.94	0.79	0.63
	盐处理	根	49.39	42.22	0.57	0.54	0.85	0.01	0.01
		茎	48.72	48.46	1.31	2.30	0.99	0.03	0.05
		叶	45.58	39.81	0.52	1.34	0.87	0.01	0.03

2.3 K^+ 在体内的分布

盐处理下,豆梨不同组织 K^+ 含量均有不同程度降低(表 3)。处理前,试管苗 K^+ 含量在 45.61~63.43 mg/g FW,处理后只有 39.18~48.46 mg/g FW,较对照低 14.09%~23.60%。不同组织间来看,处理前后,均以茎中 K^+ 含量最高,其次是根中,叶中含量最低。从下降幅度来看,又以根中下降幅度最大,叶片中下降幅度最小。

不同无性系 K^+ 变化趋势一致,只是盐处理下,高抗单株 K^+ 含量较处理前下降幅度小,其中高抗单株下降幅度为 14.09%~21.20%,而敏感单株则下降了 20.17%~23.60%。

K^+/Na^+ 比值可以看出,盐处理下, K^+/Na^+ 大幅低于对照,敏感单株减少幅度远大于高

抗单株。

2.4 Ca²⁺在体内的分布

正常生长下,豆梨叶根中 Ca²⁺ 含量最低,仅为茎叶含量的 32.90%~45.24%。盐处理下,叶片 Ca²⁺ 含量大幅下降,与根含量相当,远低于茎的含量。

不同无性系,变化趋势存在一定差异。高抗单株,盐处理下,根、茎 Ca²⁺ 含量上升,叶片含量则降低,其中根上升 204%,茎上升 61.11%。敏感单株根、茎、叶的 Ca²⁺ 含量均大幅降低,处理后,根、茎含量分别为对照的 47.89%和 45.33%,叶中含量仅为对照的 19.77%。

盐胁迫下,Ca²⁺ /Na⁺ 比值大幅降低,并且敏感单株下降幅度大于高抗单株。组织间差异来看,叶片下降幅度最大,其次是根。

2.5 Mg²⁺在体内的分布

正常情况下,根中 Mg²⁺ 含量最低,茎和叶片中含量相当。高抗单株根中 Mg²⁺ 含量仅为茎、叶的 18%和 19.04%,而敏感单株则为 28.47%和 20.57%。盐处理下,根和茎中 Mg²⁺ 含量出现一定幅度上升,叶片中则出现一定程度下降。高抗单株根中 Mg²⁺ 含量分别较对照上升了 141.66%,远大于敏感单株 25.58%的升幅。高抗单株叶片中下降了 4.23%,远低于敏感单株 35.88%的降幅。

从 Mg²⁺ /Na⁺ 比值来看,盐胁迫下,Mg²⁺ /Na⁺ 也出现大幅降低,茎和叶片下降幅度大于根。

2.6 盐胁迫下元素选择性吸收及运输的变化

表 4 表明,盐处理下,根系对钾、钙、钠和镁离子的吸收选择性增强;与之对应,豆梨根系吸收钠、钾、钙、镁离子后,向茎叶中运输的选择性也明显增强。K⁺ 的选择性吸收系数最大,Mg²⁺ 的选择性运输系数最大。高抗单株根系对 K⁺ 选择性吸收大于敏感单株,而选择性运输略低于敏感单株。对 Ca²⁺ 的选择性吸收和运输,则是高抗单株大于敏感单株,尤其是选择性吸收,是敏感单株的 7.78 倍。

表 4 NaCl 胁迫对豆梨离子选择性的影响

材料	盐浓度 /%	选择性吸收系数			选择性运输系数		
		AS _{K,Na}	AS _{Ca,Na}	AS _{Mg,Na}	TS _{K,Na}	TS _{Ca,Na}	TS _{Mg,Na}
Pr7	0	0.07	0.01	0.01	0.99	2.86	5.39
	0.9	9.36	4.51	3.77	1.16	1.17	2.55
Ps19	0	0.10	0.01	0.02	1.08	2.58	4.70
	0.9	6.59	0.58	1.63	1.09	1.69	3.55

3 讨论

3.1 盐分胁迫下 Na⁺ 的吸收差异

盐胁迫下,Na⁺ 会在植物体内大量累积,但在不同组织间存在较大差异。盐胁迫下,黄

瓜(王素平等,2007)茎中 Na^+ 含量最高,叶片中含量最低。盐胁迫下,水稻不同器官部位中 Na^+ 的区域化分布特征明显,各部位的 Na^+ 含量由低到高依次为绿叶、根、茎鞘和枯叶。下部老叶能优先积累较多 Na^+ 而枯黄;绿叶吸收 Na^+ 相对较少,维持较低的 Na^+ 水平(陈惠哲等,2007)。盐胁迫下大麦、小麦、大豆的根系可截留大部分的 Na^+ ,往地上部运输盐离子少;在 NaCl 胁迫下棉花体内 95% 以上的 Na^+ 积累在地上部(叶武威等,2006)。本试验中,盐胁迫下,豆梨株体内 Na^+ 大量累积,组织间含量大小顺序为根>茎>叶。 Na^+ 在根部积累,可以减轻对代谢旺盛的干扰作用,同时可以使植物利用这些积累在根部的盐离子进行渗透调节,降低植物的水势,保持植物吸收水分的能力,以减少造成生理干旱。盐胁迫将 Na^+ 截留在根部,避免了 Na^+ 向叶片运输,使叶片光合器官免受伤害和叶片积累过多的 Na^+ 而造成离子毒害。

从供试 2 个豆梨株系组织间 Na^+ 含量差异来看,敏感单株盐处理下 Na^+ 含量上升幅度远大于高抗单株,其叶片中 Na^+ 含量更是较高抗单株高出 57.34%。敏感单株,叶片中过多的 Na^+ ,加重了对叶片的伤害,进而株体伤害严重。可能是豆梨对盐敏感性不同的原因之一。

3.2 盐分胁迫下 K^+ 的吸收差异

由于 Na^+ 和 K^+ 理化性质相似, K^+ 结合转运蛋白的转运位点会因大量 Na^+ 的竞争而与 Na^+ 结合。在本试验中,盐胁迫下豆梨不同组织 K^+ 含量和 K^+/Na^+ 比值均有不同程度降低(表 2)。这与在黄瓜、白杨等植物在盐胁迫下,体内 K^+ 含量呈明显下降趋势相一致(王素平等,2007; 杨敏生等,2003)。但并不是所有的基因型都有相同的反应,例如,李树华等(2002)研究表明,随土壤盐浓度的升高,植株中 Na^+ 、 K^+ 含量均有所增加,但 K^+ 的增加幅度小于 Na^+ 的增加幅度。Santa-Cruz A 等(1999)认为盐胁迫下番茄植株根中 K^+ 的浓度,与对照无明显差异。

植物细胞质中 K^+/Na^+ 受到严格的动态调控,低质量分数盐胁迫使石榴、桃叶片 K^+/Na^+ 明显提高,高质量分数盐胁迫使 K^+/Na^+ 值降低,且存活植株各部分 $\text{K}^+/\text{Na}^+ > 1$,死亡植株的 $\text{K}^+/\text{Na}^+ < 1$ (汪良驹等,1995),因此,植物保持细胞质高的 K^+/Na^+ 的能力成为植物盐适应的决定因子之一。本实验中,盐胁迫下,敏感单株 K^+ 含量和 K^+/Na^+ 比值下降远大于高抗单株。并且高抗单株, K^+/Na^+ 略大于 1,而敏感单株则小于 1,表现出明显盐害症状,这与盐胁迫下形态观测结果一致。

3.3 盐分胁迫下 Ca^{2+} 的吸收差异

Ca^{2+} 是生物膜的稳定剂,对保持生物膜的完整性和选择性具有重要作用。植物对钙的吸收、贮运能力强弱,也是耐盐性指标之一。 Ca^{2+} 有助于提高植物对 K^+ 选择性吸收的能力,维持 K^+/Na^+ 的稳定,同时 Ca^{2+} 是非盐生植物在 NaCl 胁迫时的主要渗透调节物质。盐胁迫下,南瓜幼苗地上部和地下部的 Ca^{2+} 基本保持不变或略有升高, $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值明显升高(李卫欣等,2010)。苜蓿根中 Ca^{2+} 与盐浓度呈正相关,茎叶中的 Ca^{2+} 与盐浓度相关性不明显(景艳霞等,2011)。本试验中,盐胁迫下,豆梨叶片 Ca^{2+} 含量大幅降低,Pr7 根、茎中 Ca^{2+} 则大幅升高,而 Ps19 则大幅降低。

盐胁迫下,豆梨对钙选择性吸收提高,而选择性运输下降。可见过多的钙贮存在根系中。根系中钙的提高,又有利于促进离子的选择性吸收、运输和分配。钙能维持细胞膜的正常状态,保持质膜超极化状态,促进根细胞质膜 K^+ 通道开放和根对 K^+ 的吸收,增强根对钾离子和钠离子的选择性吸收。试验供试的两个不同敏感性单株比较还发现,高抗单株选择性吸收增大幅度大于敏感单株,而选择性运输下降幅度又低于敏感单株。盐胁迫下这种对盐吸收和运输能力的差异,影响到 Ca^{2+} 的吸收与分配,进而进一步影响离子的 Na^+ 、 K^+ 的吸收与分配。

参考文献

- [1] Hasegawa P M, Bressan R A, Zhu J K, et al. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual review of plant biology*, 51(1): 463-499.
- [2] Santa-Cruz A, Acosta M, Rus A, et al. 1999. Short-term salt tolerance mechanisms in differentially salt tolerant tomato species. *Plant Physiology and Biochemistry*, 37(1): 65-71.
- [3] Syed M A. 1999. Nutrient uptake by plants under stress conditions. In: Mohammad Pessarakli. *Handbook of Plant and Crop Stress*. New York: Marcel Dekker, Inc: 285-313.
- [4] Tuna A L, Kaya C, Ashraf M, et al. 2007. The effects of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. *Environmental and Experimental Botany*, 59(2): 173-178.
- [5] 陈惠哲, Natalia Ladatko, 朱德峰, 等. 2007. 盐胁迫下水稻苗期 Na^+ 和 K^+ 吸收与分配规律的初步研究. *植物生态学报*, 31(5): 937-945.
- [6] 樊秀彩, 刘崇怀, 潘兴, 等. 2004. 水培条件下葡萄砧木对氯化钠的耐性鉴定. *果树学报*, 21(2): 128-31.
- [7] 景艳霞, 袁庆华. 2011. NaCl 胁迫对苜蓿幼苗生长及不同器官中盐离子分布的影响. *草业学报*, 20(2): 134-139.
- [8] 李品芳, 侯振安, 龚元石. 2001. NaCl 胁迫对苜蓿和羊草苗期生长及养分吸收的影响. *植物营养与肥料学报*, 7(2): 211-217.
- [9] 李树华, 许兴, 惠红霞, 等. 2002. 土壤盐碱胁迫对春小麦 K^+ 、 Na^+ 选择性吸收的影响. *西北植物学报*, 22(3): 587-594.
- [10] 李卫欣, 王鹏, 金亚征, 等. 2010. NaCl 胁迫对不同南瓜品种幼苗 Na^+ 、 K^+ 含量的影响. *湖北农业科学*, 49(5): 1071-1074.
- [11] 汪良驹, 马凯, 姜卫兵. 1995. NaCl 胁迫下石榴和桃植株 Na^+ 、 K^+ 含量与耐盐性研究. *园艺学报*, 22(4): 336-340.
- [12] 王素平, 郭世荣, 胡晓辉, 等. 2007. NaCl 胁迫对黄瓜幼苗体内 K^+ 、 Na^+ 和 Cl^- 分布的影响. *生态学杂志*, 26(3): 348-354.
- [13] 杨敏生, 李艳华, 梁海永. 2003. 盐胁迫下白杨无性系苗木体内离子分配及比较. *生态学*

报,23(2): 271-277.

- [14] 叶武威,庞念厂,王俊娟,等. 2006. 盐胁迫下棉花体内 Na^+ 的积累、分配及耐盐机制的研究. 棉花学报,18(5): 279-283.
- [15] 张海燕. 2002. 盐胁迫下盐地碱蓬体内无机离子含量分布特点的研究. 西北植物学报, 22(1):129-135.
- [16] GB/T 5009.91—2003. 2003. 食品中钾、钠的测定. 北京:中国标准出版社.
- [17] GB/T 23375—2009. 2009. 蔬菜及其制品中铜、铁、锌、钙、镁、磷的测定. 北京:中国标准出版社.