

NaCl 对小麦根生长和无机离子分布的影响

吕芝香

(南京大学生物系, 南京 210008)

王正刚

(江苏微生物研究所 无锡 210063)

摘要 培养在含 NaCl 营养液中的幼苗, 根生长被抑制, 线粒体超微结构受损伤。用扫描电镜、X-射线能谱仪和电感耦合等离子直读光谱(ICP)分析发现, 培养在含 NaCl 营养液中的根, 积累大量 Na^+ 和 Cl^- , 而 K^+ 和 Ca^{2+} 的含量降低, 无机离子总量和 Na^+/K^+ 比值提高。

关键词 氯化钠; 无机离子; 根; 线粒体; 超微结构

Effect of NaCl on growth and distribution of inorganic ions in roots of *Triticum aestivum* seedlings Lu Zhi-Xiang (Department of Biology, Nanjing University, Nanjing 210008), Wang Zheng-Gang (Jiangsu Institute of Microbiology, Wuxi 210063), *J. Plant Resour. & Environ.* 1993, 2(4): 34~39

This paper reported the influence of NaCl on the growth and distribution of inorganic ions in roots of *Triticum aestivum* seedlings, as well as the effect of NaCl on ultrastructure of mitochondria. The results showed that the contents of Na^+ and Cl^- in roots of *Triticum aestivum* grown in Hoagland solution containing NaCl were higher than grown in Hoagland solution. On the contrary, the contents of K^+ and Ca^{2+} were lower. Total content of inorganic ions and ratio of Na^+/K^+ were increased. Moreover, the growth of roots were inhibited and ultrastructure of mitochondria had various changes when grown in Hoagland solution containing NaCl.

Key words NaCl; inorganic ion; root; mitochondria; ultrastructure

引 言

植物受到 NaCl 胁迫时, 生长被抑制^[2,8,9], 叶肉细胞线粒体超微结构受损伤^[3]。植物生长被抑制与组织内 Na^+ 含量和 Na^+/K^+ 比值提高有关^[7,14]。在高浓度 NaCl 溶液中, Na^+ 取代根细胞质膜上的 Ca^{2+} ^[6], 引起细胞内 Ca^{2+} 的外流, 影响细胞质中 Ca^{2+} 的含量^[11,12], 并提高 Na^+ 和 Cl^- 的含量^[4]。本文研究 NaCl 对小麦根生长和线粒体超微结构的影响, 以及不同组织细胞无机离子分布和含量的变化, 试图从盐胁迫下植物体无机离子变化来说明盐境对植物伤害的原因。

材料和方法

幼苗的培养 参照吕芝香等(1981)方法^[1], 选取地上部 2.5 cm 扬麦 6 号(Yang mai No. 6)的小麦(*Triticum aestivum* L.), 移栽在 Hoagland 营养液或营养液加 NaCl 200 mM 中, 置于 $50 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 光强和 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 中进行培养, 每天光照 10 h, 更换 2 次培养液。取培养 5 天的根分析无机离子分布和含量, 并观察根的线粒体超微结构, 重复 2~3 次。

根细胞中无机离子的分布 参照刘芷宇等^[6](1988)电子探针技术制备样品, 切下距根尖 1 cm 的横切面, 投入液氮, 移到 SBC-1 型表面处理机上抽真空, 喷碳。用 KYMY-AMRM 扫描电镜观察, X-射线能谱分析仪记录表皮、皮层和中柱薄壁细胞的离子峰值, 用附带标样程序计算机判断各峰值代表的离子种类, 并计算 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 P^{5+} 和 Cl^- 各占该细胞无机离子的百分含量。

无机离子含量的测定 按电感耦合等离子直读光谱仪(ICP)所要求的条件制备样品和定量, 采用 AgNO_3 滴定法测定 Cl^- 的含量。

线粒体超微结构的观察 取中间一条粗的根, 切取距根尖 1 cm 的 3 mm 根段, 切成小块, 用 3% 戊二醛固定 4 h, 然后用磷酸缓冲液漂洗 3 次, 再用 1% 锇酸固定 2 h, 磷酸缓冲液漂洗 3 次, 系列酒精脱水。用 Epon 812 包埋, 采用 IKB-V 型超薄切片机切出 50 nm 的薄片, 经柠檬酸铀和柠檬酸铅双重染色后, 用 JEM-100S 和 JEM-200 电镜观察。

结 果

1. NaCl 对小麦根细胞无机离子分布和含量的影响

培养在 Hoagland 营养液和含 NaCl 营养液中的幼苗, 根的表皮、皮层和中柱薄壁细胞无机离子的含量见图 1。 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Si^{4+} 、 P^{5+} 、 S^{6+} 和 Cl^- 具有不同峰值。培养在含 NaCl 营养液中的根, 表皮、皮层和中柱薄壁细胞的 K^+ 及表皮和皮层细胞的 Ca^{2+} 峰值比培养在 Hoagland 营养液中的细胞低, 而 Na^+ 和 Cl^- 的峰值明显提高, 培养在含 NaCl 营养液中的 Si^{4+} 、 P^{5+} 和 S^{6+} 的峰值高于 Hoagland 营养液中的细胞, 而在两种培养液中 Mg^{2+} 的峰值相似。由此可见, 培养在含 NaCl 营养液中的根细胞, Na^+ 和 Cl^- 的峰值提高, 而 K^+ 和 Ca^{2+} 的峰值降低。

培养在含 NaCl 营养液中的根, 细胞的表皮、皮层和中柱薄壁细胞的 K^+ 百分含量比培养在营养液的细胞分别降低 0.93、0.82 和 1.4 倍; Ca^{2+} 下降 0.32、0.78 和 0.86 倍; P^{5+} 降低 0.28、0.20 和 0.08 倍, 相反, Na^+ 分别提高 3.7、0.7 和 0.35 倍; Cl^- 增加 4.27、2.57 和 4.76 倍(见表 1)。可见, 培养在含 NaCl 营养液中的细胞, Na^+ 和 Cl^- 的百分含量提高, 而 K^+ 、 Ca^{2+} 和 P^{5+} 降低。

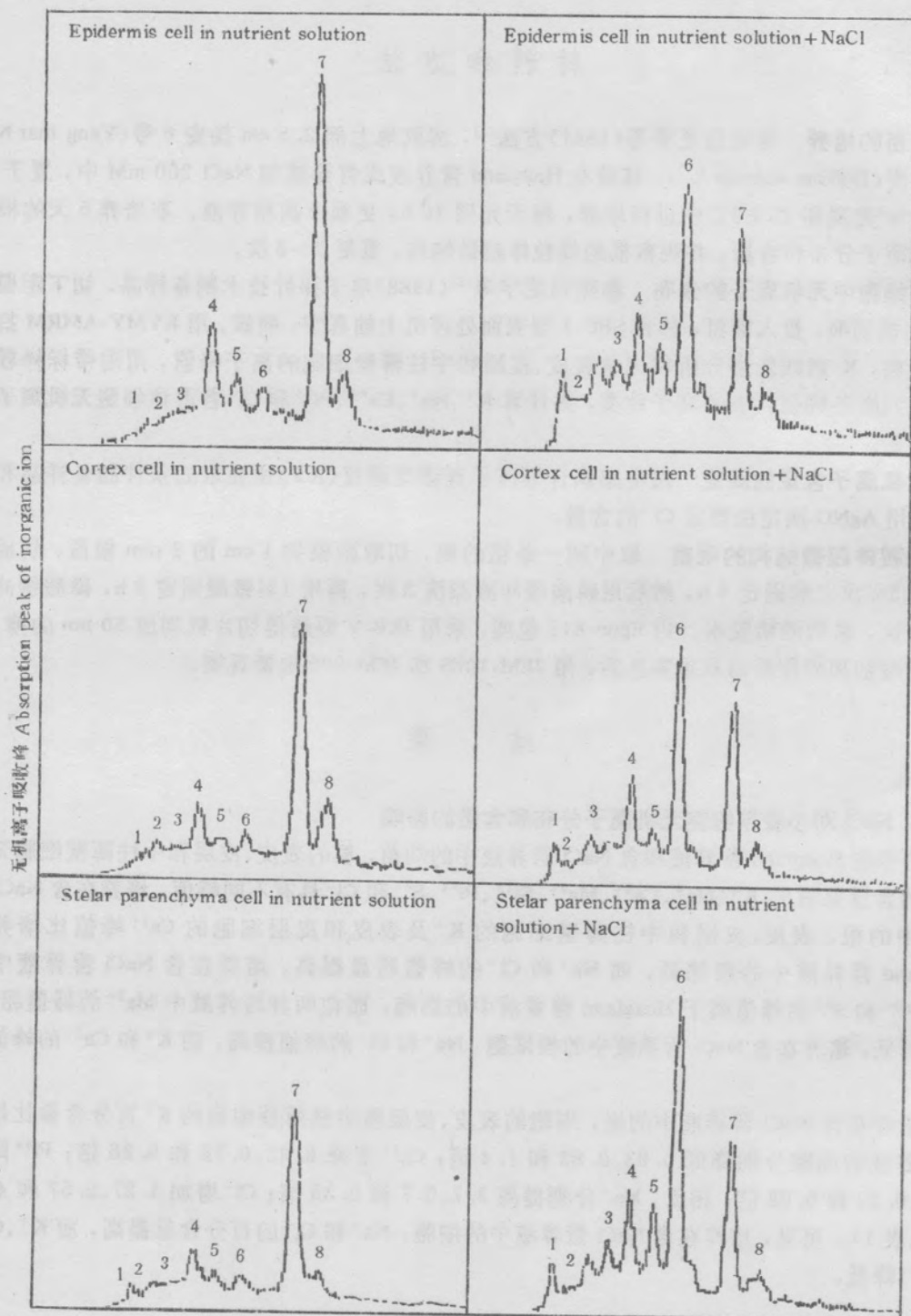


图1 NaCl 对小麦根细胞无机离子含量的影响

Fig 1 Effect of NaCl on the content of inorganic ions in root cells of *Triticum aestivum*

1—Na; 2—Mg; 3—Si; 4—P; 5—S; 6—Cl; 7—K; 8—Ca

表1 NaCl 对小麦根细胞 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Pi^{5+} 和 Cl^- 占无机离子百分率的影响(%)Tab 1 Effect of NaCl on percentage of K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Pi^{5+} and Cl^- in total inorganic ions in cells of different tissues of *Triticum aestivum* root

细胞类型 Cell	营养液 Nutrient solution					营养液+NaCl Nutrient solution+NaCl				
	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Pi^{5+}	Cl^-	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Pi^{5+}	Cl^-
表皮细胞 Epidermis cell	63.09	2.05	6.32	13.56	6.14	32.59	9.57	4.80	10.58	32.59
皮层细胞 Cortex cell	51.14	5.23	15.63	14.85	9.38	28.10	9.05	8.80	12.34	33.50
中柱薄壁细胞 Stellar parenchyma cell	61.34	6.62	3.87	11.66	6.57	25.12	8.94	2.08	10.79	37.82

培养在 Hoagland 营养液和含 NaCl 营养液中的根, K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Pi^{5+} 、 Cl^- 、无机离子总量和 Na^+/K^+ 比值见表2。表2说明, 培养在 Hoagland 营养液中的根, K^+ 和 Ca^{2+} 明显高于培养在含 NaCl 培养液中的根 ($P < 0.01$), 而 Na^+ 、 Pi^{5+} 和 Cl^- 却低于含 NaCl 营养液的根 ($P < 0.01$, $P < 0.05$), 在两种营养液中 Mg^{2+} 的含量没有显著差异, 培养在含 NaCl 营养液中的根, 无机离子总量和 Na^+/K^+ 比值较高(表2)。

表2 NaCl 对小麦根的 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Pi^{5+} 和 Cl^- 含量的影响(mg/g DW)Tab 2 Effect of NaCl on contents of K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Pi^{5+} and Cl^- in roots of *Triticum aestivum*

	无机离子 Inorganic ions						离子总量 Total content of ion	Na^+/K^+
	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Pi^{5+}	Cl^-		
Nutrient solution	10.03±0.78	2.53±0.59	2.62±0.95	2.07±0.82	4.65±1.23	13.78±0.32	35.68	0.25
Nutrient solution+NaCl	5.30±0.86	27.91±1.07	1.26±0.86	1.87±0.96	5.68±0.98	31.86±1.63	72.88	5.3

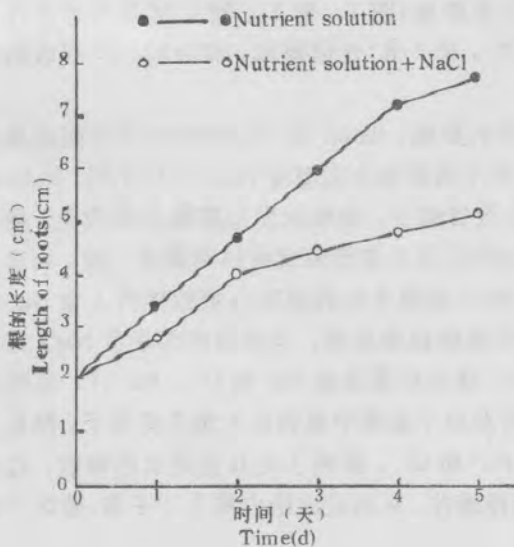


图2 NaCl 对小麦根生长的影响

Fig 2 Effect of NaCl on root growth of *Triticum aestivum*

2. NaCl 对小麦根生长和线粒体超微结构的影响

培养在 Hoagland 营养液和含 NaCl 营养液中的幼苗, 根的生长见图2。在含 NaCl 营养液中的根, 生长受抑制, 随培养时间的延长, 抑制作用更显著 ($P < 0.01$)。

培养在 Hoagland 营养液和含 NaCl 营养液中的小麦根细胞线粒体超微结构见图3。比较图3a和b的结构表明, 生长在 Hoagland 营养液中的幼苗, 根的线粒体超微结构完整, 清晰, 而培养在含 NaCl 营养液中的根, 有一部分线粒体受损伤, 表现为外膜、内膜和嵴膨胀, 结构模糊甚至消失(图3a,b)。

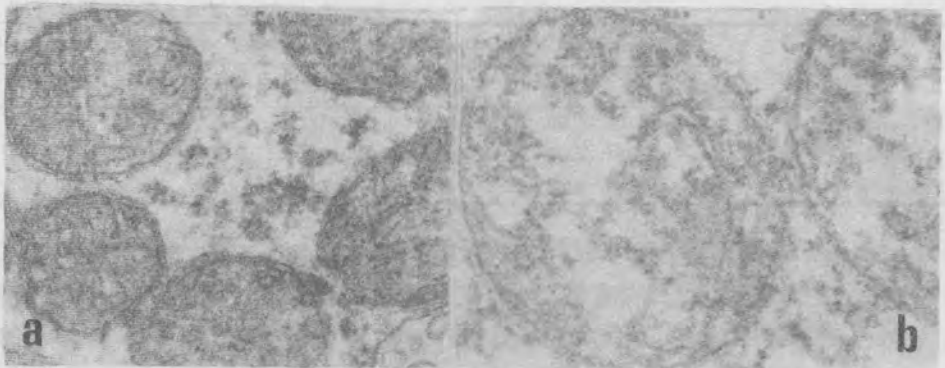


图3 NaCl对小麦根线粒体超微结构的影响

Fig 3 Effect of NaCl on ultrastructure of mitochondria in roots of *Triticum aestivum*

a. 营养液 Nutrient solution $\times 38500$; b. 营养液+NaCl Nutrient solution+NaCl $\times 50000$

讨 论

NaCl胁迫抑制植物生长,在高浓度NaCl溶液中,Na⁺取代质膜上的Ca²⁺,导致膜透性增加,提高细胞Na⁺的含量^[6,10],引起细胞Ca²⁺的外渗,而影响细胞中Ca²⁺的含量。我们测定小麦的根细胞无机离子的吸收峰值和含量进一步证实,培养在含NaCl营养液中的幼苗,根生长被抑制,同时表皮细胞、皮层细胞和中柱薄壁细胞的Na⁺和Cl⁻含量,以及根部Na⁺/K⁺比值比培养在营养液中的根高,而K⁺和Ca²⁺的含量较低(图1,表2),这一结果与培养在含NaCl营养液中的互花米草根,积累大量Na⁺和Cl⁻,Na⁺/K⁺比值提高,而抑制Ca²⁺吸收的结果一致^[4]。

有关盐渍和水分胁迫对植物线粒体超微结构的影响,Smith等^[13](1982)对不同耐盐生态型的匍茎剪股颖(*Agrostis stolonifera*)的研究,观察到不同耐盐生态型对NaCl反应不同,NaCl破坏盐敏感生态型细胞的线粒体结构,表现为嵴的数目减少,线粒体发生膨胀且液泡化,在玉米和小麦的叶肉细胞也得到类似的结果^[3,6]。这与我们用小麦根的试验结果基本一致,表现为外膜、内膜和嵴结构模糊,甚至消失(图3, b)。NaCl抑制生长的原因与植物体内大量Na⁺和Cl⁻以及Na⁺/K⁺比值提高有关^[4,7,14],我们用小麦根的试验证明,当幼苗培养在含NaCl营养液中,根生长受抑制和线粒体超微结构受损伤时,体内积累大量Na⁺和Cl⁻,Na⁺/Cl⁻比值提高(表2)。我们认为盐胁迫伤害小麦根的原因,可能由于盐境中根积累大量无机离子,降低了水势,同时,在高浓度NaCl溶液中,根吸收大量Na⁺和Cl⁻,影响了对其他元素的吸收,过量的Na⁺,会取代质膜上的Ca²⁺,破坏质膜上的选择透性,从而造成胞内离子不平衡,破坏了细胞正常结构和生理功能,从而影响了生长。

参 考 文 献

1 吕芝香,沈恒冠,张增耀等,1981:植物生理学报 7(3):281~286.

- 2 吕芝香, 许 斌, 毕晨光. 1986; 南京大学学报(自然科学版) 22(1): 100~105.
- 3 吕芝香, 赵长清. 1990, 武汉植物学研究 8(2): 122~124.
- 4 吕芝香, 刘珍奇, 仲崇信. 1992; 武汉植物学研究 10(2): 117~122.
- 5 刘芷宇, 旋卫明. 1988; 植物生理学报 14(1): 23~28.
- 6 Ciamporová M. 1980; *Biologia Planta* 22: 444~449.
- 7 Clough B F. 1984; *Aust. J. Plant Physiol.* 11: 419~430.
- 8 Cramer G R, A Lärchli, V S Polito. 1985; *Plant Physiol.* 79: 207~211.
- 9 Kurth E, G R Cramer, A Lärchli. 1986; *Plant Physiol.* 82: 1102~1106.
- 10 Lahaye P A, E Epstein. 1969; *Science* 166: 395~396.
- 11 Lynch J, A Läuchli. 1988; *Plant Physiol.* 87: 351~356.
- 12 Lynch J, V B Polito, A Läuchli. 1989; *Plant Physiol.* 90: 1271~1274.
- 13 Smith M M, M J Hodson. 1982; *J. Exp. Bot.* 33: 886~895.
- 14 Weimberg R. 1986; *Physiol. Plant* 70: 129~135.

(责任编辑: 罗 萱)

《植物资源与环境》征稿简则

- 一、《植物资源与环境》是江苏省植物研究所、江苏省植物学会、中国环境科学学会植物园保护分会联合主办的学报, 季刊, 国内外公开发刊。主要刊登植物资源的考察、开发、利用和物种保护; 自然保护区与植物园的建设和管理; 植物在保护和美化生态环境中的作用; 环境对植物的影响以及与植物资源和植物环境有关学科领域的原始研究论文、研究简报和综述(综述由本刊约稿)等, 不登译稿。
- 二、本刊的主要读者对象为从事植物学、生态学、自然地理学以及农、林、园艺、医药、食品、轻工、自然保护和环境保护等领域的科研、教学、技术人员及决策者。
- 三、来稿要求:
 - (1) 来稿须一式两份(原件及清晰的复印件)。文稿应论点明确, 数据可靠, 文章简炼, 做到齐、清、定。一般研究论文(包括图、表、中英文摘要和参考文献)不超过5个印刷页, 研究简报不超过2个印刷页。
 - (2) 来稿请用钢笔在16开有格稿纸上誊写清楚, 不写连笔字、草字、自创简化字。外文要用打字机隔行打字, 上下角、希文、罗马字等须用铅笔标明, 斜体字用下划直线表示, 黑体字用波纹线表示。标点符号使用要求准确, 连字号(只占半格)和范围号(用波纹号~)须分清。用电脑打字者, 每行请勿超过25字, 每字不小于5×5 mm, 同行错打。
 - (3) 研究论文书写顺序为: 题目, 作者姓名, 作者单位, 所在地区及邮政编码, 中文摘要(300字以内), 关键词(3~5个), 英文摘要(包括英文题目、作者姓名、单位、地区及邮编、摘要内容、关键词等, 约1500个印刷符号, 另附中文, 以便校阅), 正文, 参考文献。研究简报附简单英文摘要, 不附中文摘要, 其它与研究论文相同。
 - (4) 题目: 一般不超过20个字, 中、外文题目应一致, 不要副标题。
 - (5) 作者: 一般不超过5人, 中国作者英文姓名用汉语拼音, 姓和名的第一个字母大写, 双名间用连字号隔开。外籍作者按其习惯书写。
 - (6) 法定计量单位: 以1984年国家计量局公布的《中华人民共和国法定计量单位》为准, 用英文缩写字母表示, 距数字空一格小写, 不加缩写点, 如 cm, kg 等

(下转50页)