

耐盐碱植物研究进展

唐相亭, 金研铭

(吉林农业大学 园艺学院, 吉林 长春 130118)

摘要:概述了耐盐碱植物有关领域的研究进展,包括环境因素对植物的影响、植物耐碱的生理生化基础、植物耐碱分子生物学和耐碱植物的开发利用等4个方面。同时对耐盐碱植物研究的意义和展望进行了简要探讨。

关键词:植物;碱化土;耐盐碱性;研究进展

中图分类号:Q 948.116 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)22-0181-04

在世界范围内,盐碱土的分布广泛存在,并呈现不断恶化的趋势,从而使得盐碱土的改良成为一项繁重而紧迫的任务。盐碱土的改良主要有工程措施、化学措施、物理措施和生物措施,其中以生物措施更具有可行性^[1]。在众多的生物措施中,利用耐盐碱的植物对土壤进行改良是最为生态科学的^[2-3],一是耐盐碱植物通过根系的扩展改变土壤结构,使土壤的持水力和通气性得到改善;二是耐盐碱植物通过覆盖地面减少地表水分的蒸发,从而限制地下水中的盐分在土壤表层的积累;三是耐盐碱植物通过构建植物群落改善其周围的小环境,起到改善盐碱地小气候的作用。

当前的一些植物耐碱性研究主要集中在一些耐盐碱性比较强的植物和大田作物上,而且研究重点主要为盐碱土的离子胁迫及渗透胁迫,对高 pH 环境的胁迫研究较少。因此应加强高 pH 环境胁迫方面的研究,并结合植物离子胁迫及渗透胁迫方面的适应机制提出植物耐盐碱的综合机理,从而为增强植物的耐碱性、提高耐碱作物产量和改善碱化土的生态环境提供有益借鉴。

1 土壤碱化对植物的影响

盐碱土是一种重要的土壤污染物,对植物新陈代谢具有重要的影响,而其中又以碱化土对植物的影响最深^[4]。据联合国教科文组织和粮农组织不完全统计,全世界盐碱土面积约 10 亿 hm^2 ,而我国盐碱土面积约 1 亿 hm^2 ^[5],东

北地区的碱化土面积占全国碱化土面积的 70%以上^[6]。通常情况下土壤碱化是与土壤盐化相伴发生的,然而当前大部分的研究集中在植物耐盐性方面,对植物耐碱性研究相对较少。由表 1 可知,土壤碱化除了渗透调节和离子毒害作用之外,还有高 pH 对植物的影响,同时高 pH 对渗透调节和离子毒害还具有一定的促进作用。植物根系外侧的高 pH 环境会造成土壤中金属离子以及含磷化合物的沉淀,并显著影响某些无机离子的吸收,如 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 、 NO_3^- 和 H_2PO_4^- 等,干扰植物组织的离子平衡和 pH 平衡^[4,7],从而使植物面临生理干旱、离子毒害和离子失衡等不良的影响。王小平等^[8]在研究西红柿对盐碱胁迫的生理反应和适应性试验中,随着土壤 pH 的升高,植物体内的 Na^+ 含量会迅速升高并达到毒害的水平。

表 1 盐碱胁迫对植物生长发育的影响

土壤碱化对植物影响	作用机制
渗透胁迫	土壤盐分过多会造成土壤溶液的渗透势下降,从而使植物吸水困难,形成生理干旱
离子胁迫	土壤中高浓度的 Na^+ 会置换细胞膜结合的 Ca^{2+} ,从而破坏细胞膜结构,改变细胞膜的功能,造成细胞内 K^+ 、磷和有机溶质的外渗
高 pH 胁迫	高 pH 环境容易造成土壤中金属离子以及含磷化合物的沉淀,并影响某些无机离子的吸收

由于土壤碱化主要是由碱性盐的积累所造成的,如 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 等,在植物大量吸收 Na^+ 的情况下,会导致植物的渗透失衡,对微量元素和营养物质的利用产生影响,干扰植物的新陈代谢,进而阻碍植物体的生长^[9-10],而对于那些耐碱性不强的植物来说,碱化土会造成植物的死亡,李瑞昌等^[11]在对 2 种地被竹的盐碱胁迫处理试验表明,2 种地被竹在碱胁迫初期低盐低碱处理下,生长加速,但随着胁迫的时间延长和处理的浓度增大,植物的生长量明显下降,与此同时在高碱高盐的处理下 2 种地被竹全部死亡。此外,水分和气候也会影响到植物的耐碱性,水分的缺乏和气候的干旱都会加剧土

第一作者简介:唐相亭(1988-),男,硕士,现主要从事园林植物栽培生理与景观生态等研究工作。E-mail:tangxt 539@163.com.

责任作者:金研铭(1962-),男,副教授,现主要从事园林植物栽培生理与景观生态等研究工作。

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2009BADB3B03);长春科技合作计划资助项目(09YJ29);吉林省科技发展计划重点资助项目(20090221);吉林省科技应用基础研究资助项目(201105070)。

收稿日期:2012-07-18

壤的碱化程度。

2 植物耐碱机理

植物在长期的进化过程中,形成了对不同环境的适应机制,植物体内的各种酶、蛋白质和渗透调节物质等对植物适应不同的环境生长起到了关键作用。碱性土对植物的胁迫主要有离子胁迫、渗透胁迫和高 pH 胁迫等,植物若要在碱性环境下正常生长,必须具有克服这几种胁迫的能力。

2.1 无机离子的吸收调节

植物组织为应对细胞内外不同的离子浓度,一般通过限制体外无机离子进入植物体。体外的高浓度离子通过根系的吸收、转运蛋白运载和跨膜运输等环节来最终影响植物的生长发育过程^[9-12]。郑少玲等^[13]研究表明,耐性较强的水稻在面临离子胁迫时,其中柱薄壁细胞对 Na^+ 有相对积累的作用,以减少过量 Na^+ 向地上部的运输给植物组织造成的伤害,从而提高植物耐离子胁迫的能力。

2.2 渗透调节

渗透胁迫是盐碱胁迫的重要组成部分,在植物根系所处环境离子浓度较高时,植物会通过合成和分泌一些渗透调节物质如脯氨酸、可溶性糖、多胺等来调节胞内外的渗透平衡^[9,14],从而适应外部碱性环境。如脯氨酸就是植物体内的一种重要调节物质^[15],植物通过不断地积累脯氨酸来适应不同的盐碱环境。王辛等^[16]通过对松嫩平原盐碱地星星草的适应性研究表明,在盐碱环境下星星草增强渗透调节能力可以通过不断积累脯氨酸等有机质来实现,从而适应松嫩草原盐碱地的环境。

2.3 有机酸的积累

当植物处于碱性环境中时,植物根系处于高 pH 的环境中,就需要植物加大有机酸的积累来平衡体外高 pH 的环境,如合成草酸、琥珀酸、酒石酸、苹果酸和柠檬酸等。不同的植物组织适应碱胁迫的机制不同,严红等^[17]对碱地肤适应盐碱环境的试验表明其在碱胁迫下表现不同的适应机制,茎叶与根系中所积累的有机酸的种类及含量明显不同。

2.4 抗氧化酶的合成

在植物遭受碱胁迫后,会引起膜质过氧化,破坏膜系统的完整性,植物体会自动产生清除活性氧的保护机制,而其中以抗氧化酶的作用最为重要,如过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)和超氧化物歧化酶(SOD)等^[18],它们协调作用,维护活性氧代谢平衡,其中超氧化物歧化酶(SOD)在植物的保护酶体系中居于核心地位。杨国会等^[19]研究发现甘草幼苗可以通过增加 POD 和 SOD 等酶的分泌来减轻不同强度的碱胁迫作用。

3 植物耐碱的分子生物学研究

相对于植物的耐盐机理及耐盐相关的基因研究,对

植物的耐碱方面的研究比较匮乏,对植物耐碱性的研究主要集中在二方面,一是对耐碱植物抗性生理特征和相关指标的研究;二是对植物耐碱基因的鉴定、筛选、克隆及分子标记方面,当前研究以后者最为集中。在植物耐碱性基因的研究方面以耐碱性较强的植物如羊草、星星草和怪柳等为研究对象。

随着植物适应盐碱胁迫研究的不断深入,植物体内发现了一些调节体内 pH 环境平衡的基因。其中一种是编码位于膜上的反向运输蛋白,如 AtCHX23 编码位于叶绿体膜上 Na^+/H^+ 反向运输的蛋白,在周围环境 pH 值较高时其对维持植物生存具有重要的作用,主要通过参与调节细胞质和叶绿体机制的 pH 环境平衡起作用^[20]。另外一种就是编码位于质膜上的 H^+ -ATP 酶,即 P 类质子 ATP 酶,在植物细胞中其主要通过将质子从原生质体泵到质外体并产生电化学的质子梯度^[21],从而驱动无机离子与有机溶质的运输,保持质内外的 pH 环境恒稳态^[22],管清杰等^[23]和张欣欣等^[24]在水稻种克隆出与质子泵代谢相关的一些基因,如 RMtATP6、PM- H^+ -ATPase 等,在对一些转基因植株的抗性研究也证实了其耐盐碱能力高于其它类型,且植株开花优于其它植株。

从植物耐碱机理的研究中可知,有机酸代谢对植物适应碱胁迫具有重要的作用,植物根系通过大量分泌有机酸来改善植物根际的酸碱度,从而提高植物抗碱胁迫的能力。Tahash 等^[25]把能够合成大麦麦根酸的基因 NaatA 和 NaatB 转入水稻体内,发现生长在碱性土壤中的转化株产量比非转化株高 4.1 倍。根据植物在碱胁迫情况下自身会形成较强的保护酶体系,克隆调控相关氧化酶体系的基因,如调控过氧化氢酶(CAT)的基因、调控过氧化物酶(POD)的基因和调控超氧化物歧化酶(SOD)的基因,对增强植物的抗碱性具有重要的作用。管清杰等^[26]通过将水稻体内调控抗坏血酸氧化酶基因克隆到烟草体内,使烟草能够很好的应对盐碱胁迫产生的 H_2O_2 对植物的毒害。

4 耐碱植物的开发利用

目前我国的植物耐碱性研究取得了一定的成绩,这些研究主要集中在耐盐碱的一些植物材料,如碱地肤^[27]、羊草^[28]、星星草^[16]等,以及一些大田作物,如水稻^[9,13,23,26]、小麦^[29]等。由于碱地肤在生理生态方面拥有对盐碱地的特殊适应机制,使得松嫩平原的盐碱草甸上经常出现以碱地肤为共建群种或建群种的植物群落,郑慧莹等^[27]根据植物种类组成以及盐碱生境将碱地肤植物群落分为 6 个群落,分别是羊草-碱地肤、虎尾草-碱地肤、星星草-碱地肤、朝鲜碱茅-碱地肤、碱地肤、角碱蓬-碱地肤群落,这为研究盐碱地上最适植物组织群落提供了依据。一直以来,人们对拟南芥进行了一系列的研

究,包括利用分子遗传学、功能基因组学等手段揭示植物生长发育和抗胁迫的机制^[30]。孙菲菲等^[30]对高 pH 对拟南芥种子萌发的影响进行了研究,周跃等^[31]对拟南芥在碱胁迫下胞间丝所起的作用进行了研究。齐春艳等^[32]对水稻耐碱突变体在苏打盐碱胁迫下的生理响应进行了研究。同时我国沿海地区也分布着大量的盐碱地^[33],引进种植耐盐碱植物是改良盐碱地的重要措施之一,如在黄河三角洲地区通过种植白刺,不仅改善了盐碱地环境,而且还获得了很好的经济效益^[34]。这些都为研究植物在碱条件下的生理生化反应、信号转导和耐碱品种选育等提供了依据。

5 展望与建议

当前在植物对高 pH 胁迫的生理响应、基因表达调控等方面取得了一定的研究成果,但大部分研究都集中在耐盐碱的一些植物材料和一些大田作物上,这些植物材料都不具有普遍性,涉及单纯的碱胁迫条件处理影响植物的种子萌发和苗期发育的研究较少。同时大多数植物的抗性研究主要集中在植物的抗盐性方面,而对由碱性盐如 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 等造成的碱胁迫方面研究较少。

我国有丰富的植物资源可供研究,在研究植物抗碱性时应将传统方法与现代分子生物学技术相结合,对携带抗碱基因的优良植物进行鉴定分析,同时将已经筛选出来的优良抗碱基因导入抗性强的植物,来增强植物的抗碱性。同时由于对耐盐碱土壤的优良种质资源还没有进行系统综合的分析研究,造成了我国在盐碱土的生物改良方面滞后很多,这就需要人们加强与国际先进技术的交流合作,提高我国在植物耐盐碱方面的技术水平,从而选育出抗碱性强的优质种源。

参考文献

- [1] 邓绍云,邱清华. 中国盐碱土壤修复研究综述[J]. 北方园艺, 2007(22):171-174.
- [2] 赵可夫,范海,江行玉,等. 盐生植物在盐渍土壤改良中的作用[J]. 应用与环境生物学报, 2002,8(1):31-35.
- [3] 范亚文. 种植耐盐植物改良盐碱土的研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学, 2001.
- [4] Chen W C, Cui P J, Sun H Y. Comparative effects of salt and alkali stresses on organic acid accumulation and ionic balance of seabuckthorn[J]. Industrial Crops and Products, 2009;351-358.
- [5] 王遵亲. 中国盐渍土[M]. 北京:科学出版社, 1993;325-344.
- [6] Shi D C, Sheng Y M. Effect of various salt-alkaline mixed stress conditions on sunflower seedlings and analysis of their stress factors[J]. Environmental and Experimental Botany, 2005;8-21.
- [7] Jozefaciuk G, Muranyi A, Alekseeva T. Effect of extreme acid and alkali treatment on soil variable charge[J]. Geoderma, 2002,109;225-243.
- [8] Wang X P, Geng S J, Ri Y J. Physiological responses and adaptive strategies of tomato plants to salt and alkaline stresses[J]. Scientia Horticulturae, 2011,130;248-255.
- [9] 祁栋灵,郭桂珍,李明哲. 水稻耐盐碱性生理和遗传研究进展[J]. 植物遗传资源学报, 2007,8(4):486-493.
- [10] Cha-um S, Supaibulwattana K, Kirdmanee C. Comparative effects of salt stress and extreme pH stress combined on glycinebetaine accumulation, photosynthetic abilities and growth characters of two rice genotypes[J]. Rice Science, 2009,16(4):274-282.
- [11] 李瑞昌,曹帮华. 盐碱胁迫对两种地被竹生长指标的影响[J]. 北方园艺, 2011(13):83-87.
- [12] 吴成龙,周春霖,尹金来. 碱胁迫对不同品种菊芋幼苗生物量分配和可溶性渗透物质含量的影响[J]. 中国农业科学, 2008,41(3):901-909.
- [13] 郑少玲,严小龙. 盐胁迫下不同水稻基因型根内 Na^+ 和 Cl^- 的分布情况比较[J]. 华南农业大学学报, 1996,17(4):24-28.
- [14] 易善军,孙振元,韩蕾. 植物耐碱机理及相关基因研究进展[J]. 世界林业研究, 2011,24(1):28-32.
- [15] 恽锐,郑慧莹. 松嫩平原碱化草甸朝鲜碱茅、獐毛耐盐碱特性的比较研究[J]. 植物生态学报, 1996,20(4):322-329.
- [16] 王苹,李建东,欧勇玲. 松嫩平原盐碱化草地星星草的适应性及耐盐生理特性的研究[J]. 草地学报, 1997,5(2):80-84.
- [17] Yan H, Zhao W, Jiao X Q. Analysis of organic acids accumulated in kochia scoparia shoots and roots by reverse-phase high performance liquid chromatography under salt and alkali stress[J]. Chemical Research in Chinese Universities, 2006,17(4):315-318.
- [18] 吴成龙,尹金来,徐阳春. 碱胁迫对菊芋幼苗生长及其光合作用和抗氧化作用的影响[J]. 西北植物学报, 2006,26(3):447-454.
- [19] 杨国会,石德成. NaCl 和 Na_2CO_3 胁迫对甘草幼苗膜质过氧化作用的影响[J]. 湖北农业科学, 2009,48(10):2411-2413.
- [20] Takahashi K, David R. Copenhagen. Modulation of neuronal function by intracellular pH[J]. Neuroscience Research, 1996,24(2):109-116.
- [21] 柳参奎,张欣欣,程玉祥. “植物细胞内 pH 调控系统”是适应环境逆境的一个耐性机制[J]. 分子植物育种, 2004,2(2):179-186.
- [22] 赵彦坤,张文胜,王幼宁. 高 pH 对植物生长发育的影响及其分子生物学研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2008,16(3):783-787.
- [23] 管清杰,程玉祥,高野哲夫,等. 水稻质膜 H^+ -ATPase 基因对拟南芥遗传转化及其抗盐性分析[J]. 分子植物育种, 2007,5(4):451-454.
- [24] 张欣欣,柳参奎. 水稻线粒体 ATP 合成酶小亚基基因的鉴定及解析[J]. 分子植物育种, 2003,1(5/6):605-612.
- [25] Takahashi M, Nakanishi H, Kawasaki S. Enhanced tolerance of rice to low iron availability in alkaline soils using barely nicotianamine aminotransferase genes[J]. Nature Biotechnology, 2001,19;466-469.
- [26] 管清杰,罗秋香,夏德习. 水稻 OsAPX1 基因在烟草中的表达及其抗盐性研究[J]. 分子植物育种, 2007,5(1):1-7.
- [27] 郑慧莹,沈全光,阎田. 碱地肤的生态、生理适应性及其群落特征[J]. 植物生态学报, 1998,22(1):1-7.
- [28] 马红媛,梁正伟. 不同 pH 值土壤及其浸提液对羊草种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 植物学通报, 2007,24(2):181-188.
- [29] 李清芳,辛天蓉,马成仓. pH 值对小麦种子萌发和幼苗生长代谢的影响[J]. 安徽农业科学, 2003,31(2):185-187.
- [30] 孙菲菲,赵彦坤,张文胜. 高 pH 对拟南芥萌发和主根伸长的影响[J]. 中国农学通报, 2007,23(7):285-289.
- [31] Zhou Y, Yang Z J, Guo G Q. Microfilament dynamics is required for root growth under Alkaline stress in Arabidopsis[J]. Journal of Integrative Plant Biology, 2010,52(11):952-958.

园艺植物组培育苗技术研究进展

黄丽娜, 陈清西

(福建农林大学 园艺学院, 福建 福州 350002)

摘要:近年来利用组培技术快速繁育园艺植物苗木取得了飞跃的发展。在阐述当前园艺植物组培育苗产业现状、组培新技术发展的基础上,对国内外组培技术进行了对比,分析了国内组培育苗技术存在的主要问题,针对这些问题提出了相应的建议。

关键词:园艺植物;组培育苗;现状;存在问题;发展对策

中图分类号:S 603.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)22-0184-05

组织培养育苗技术是生物技术中应用最广、最具现实意义的技术领域,组织培养是实现种苗工厂化生产最重要的途径。近年来,离体快繁和植物脱毒等组培技术已在兰花、马铃薯、草莓以及一些以无性繁殖为主的名贵树种^[1]植物中广泛应用,组培技术的发展对解决农作物种苗脱毒、苗木快繁具有重要意义。

1 组培育苗产业的现状

1943年,美国学者在试验中发现,植物生长点附近病毒浓度很低,有的甚至是无病毒^[2]。由此展开了利用植物茎尖组织培养获得脱病毒苗的研究,并利用脱毒苗进行快速繁殖,从而在农业生产上生产大量脱毒种苗^[3]。1958年,彭爱红等^[4]自报道了胡萝卜韧皮部细胞培养获得了完整植株,并且能够开花结实的信息后,组培技术由此开始逐渐运用于农业生产。

第一作者简介:黄丽娜(1987-),女,在读硕士,研究方向为观赏花卉。E-mail:609910851@qq.com.

责任作者:陈清西(1964-),男,教授,博士生导师,现主要从事园艺植物栽培生理的教学与科研工作。E-mail:cqx0246@163.com.

收稿日期:2012-06-18

我国植物快速繁殖和无病毒种苗生产的研究始于20世纪70年代。由于组织培养具有繁殖速度快、繁殖系数大,可获得无病毒植株,周年生产,经济效益高等优点,近年来,组培技术得到广泛的应用,在育苗、育种方面尤为突出。据估计,目前在生物技术产业方面,全球的年交易额约为1500亿美元,其中有一半以上是与农业有关。而植物组培苗的贸易额更是占到10%,达到了150亿美元,并且每年的增长速度均达到15%^[5],发展速度飞快。兰花的种苗生产可称是组培育苗技术最典型的运用。1960年,茎尖组织培养技术运用成功,获得无病毒兰花组培苗,通过原球茎继代培养实现了兰花试管苗的周年生产^[6]。之后组培技术逐渐完善,兰花通过组培技术逐步形成商品化生产规模,形成了“兰花工业”的产业新格局。由此世界各地也兴起离体快繁和脱毒育苗的高潮。据统计,1985组培苗年产量只有1.3亿株,到了1991年则增长到5.13亿株,目前则超过10亿株^[7]。伴随组培产业的发展,组培企业不断增加,规模也不断扩大。美国的Wyford国际公司研究培育出了1000余个的新品种,年产组培苗达到3000万株,苗木

[32] 齐春艳,梁正伟,杨福. 水稻耐碱突变体ACR78在苏打盐碱胁迫下的生理响应[J]. 华北农学报, 2009, 24(1): 20-25.

[33] 刘贞,董文字,周广柱. 滨海城市盐碱地园林绿化技术探讨[J]. 北方

园艺, 2008(4): 180-183.

[34] 张建锋,邢尚军,孙启祥. 黄河三角洲重盐碱地白刺造林技术的研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(6): 144-147.

Research Advances of Salt-alkaline Tolerance in Plants

TANG Xiang-ting, JIN Yan-ming

(Jilin Agriculture University College of Horticultural, Changchun, Jilin 130118)

Abstract: The advances in 4 aspects of plants salt-alkaline tolerance, including the effect of environmental factors, physiological and biochemical mechanisms, molecular biology in plant alkaline tolerance, and breeding development in salt-alkaline tolerant plants were discussed. Significance and suggestions for the research were provided.

Key words: plants; alkaline soil; salt-alkaline tolerance; research progress