



# 土壤盐碱化对玉米胁迫的研究进展

赵 伟

(黑龙江省农业科学院 玉米研究所,黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:**土壤盐碱化严重影响了土壤的理化性质,玉米作为重要的粮食作物之一,耕地盐碱化程度的逐年加剧严重影响了玉米的产量和品质。为提高在盐碱化土地上玉米的生物产量,进行玉米的耐盐育种十分必要。文章主要分析了盐胁迫对玉米生长的影响、玉米耐盐性的表现适应性、提高玉米抗盐性的途径等研究内容,为促进玉米耐盐育种的开展奠定理论基础。

**关键词:**玉米;盐胁迫;耐盐性

当土壤中可溶性盐浓度超过一定限度时就会造成土壤的盐碱化,会严重影响土壤理化性质<sup>[1]</sup>。近年来,由于化肥的过量施用及缺乏正确合理的灌溉方式,导致耕地盐碱化程度逐渐加重,盐碱化土地面积逐年加大,造成耕地面积的缩减,盐碱地农业发展已成为现代农业中迫切需要解决的问题之一<sup>[2]</sup>。改良土壤盐碱化主要有物理改良、化学改良、生物改良和水利改良等方法,物理改良可以采用深耕平垄/淡水压碱、挖沟排碱等方法,主要是增加土壤的通气透水性以降低盐碱度;化学改良则是使用土壤改良剂等化学成分;生物改良是种植耐盐碱植物,通过耐盐碱植物的吸收作用降低土壤可溶性盐浓度,水利改良则是通过改变传统的灌溉方式实现降低土壤盐碱化程度的目的<sup>[3]</sup>。但是这些方法不能从最根本上解决土壤盐碱化的问题。我国土壤盐碱化程度的加剧,严重影响了粮食作物的生产,玉米是我国的重要的粮食作物之一,而且是盐敏感作物<sup>[4]</sup>,所以了解盐害对玉米的伤害作用、耐盐性的表现适应现象和如何提高玉米的抗盐性研究方向都具有重要的意义,现在国内已有研究人员正着手于玉米耐盐碱方面的研究,而且取得了重大的进展。文章分析了盐胁迫对玉米生长的影响、玉米耐盐性的表现适应性、提高玉米抗盐性的途径等研究内容,旨在为玉米耐盐育种奠定理论基础。

## 1 盐胁迫对玉米的伤害作用

一般玉米在土壤盐分超过 0.2%~0.5%时

出现吸水困难,盐分高于 0.4%时玉米体内水分易外渗,生长速率显著下降,严重时会导致植物死亡<sup>[5]</sup>。盐害对玉米的伤害主要表现在 7 个方面。

### 1.1 生长抑制

盐胁迫可抑制玉米组织和器官的生长及分化,会造成玉米植株发育迟缓。随盐处理浓度的升高,玉米的整株鲜重生长速度有明显下降趋势,相比较而言,玉米幼苗的根比茎叶更容易受盐胁迫的影响。短时间内,玉米植株受到盐胁迫的影响,生长速率受到抑制,随着根系渗透压的降低而下降。盐胁迫初期玉米植物叶面积生长受到抑制作用,盐浓度逐渐升高,叶面积停止生长,整个植株鲜重及干重开始降低。盐胁迫对玉米植株的主要作用方式是抑制植株的光合面积,从而减少植株的碳同化量<sup>[6]</sup>。

### 1.2 渗透胁迫

盐分的升高会使玉米的水势与渗透压降低、细胞膨胀压增加。盐碱土壤中,盐分的升高会导致叶片的水势明显下降,其含水量保持不变<sup>[2]</sup>。渗透调节能力是植物耐盐所必须拥有的特点<sup>[7]</sup>。渗透调节有两种方式:一是在细胞中大量聚合  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Cl}^-$  等无机离子<sup>[8]</sup>,二是植物为适应外界的低水势作用,会在细胞中储藏大量的氨基酸、糖醇类、可溶性有机物等,以达到调节细胞内外水势压差的作用。Zhao 等<sup>[9]</sup>认为植物在盐胁迫下,无机离子和可溶性有机物是不可或缺的调节物质。

### 1.3 离子胁迫

在盐碱化的作用下,盐浓度升高和作用时间加长会导致玉米黄化幼苗组织中  $\text{Na}^+$  含量提高,根中  $\text{Na}^+$  含量升高的比率更大。 $\text{Ca}^{2+}$  含量会显著降低,当  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  达到一定比例后玉米幼苗

收稿日期:2018-09-15

基金项目:粮食丰产增效科技创新资助项目(2018YFD0300102)。

作者简介:赵伟(1982-),男,硕士,助理研究员,从事玉米遗传育种研究。E-mail:wei825@126.com。

的生长将会受到抑制。无论是  $\text{Ca}^{2+}$  含量浓度升高还是  $\text{NaCl}$  浓度增加都会使植物受到盐胁迫的危害,因而会导致细胞膜透性升高,细胞质不断流出。植物为减少受到外界损害,会启动一系列的自我保护措施。作物在盐胁迫作用下,会将保护酶(SOD、POD、CAT)系统激活,使细胞质膜和脂肪酸免受有害物质的氧化作用,从而达到自我保护的目的<sup>[10]</sup>。

#### 1.4 光合效率降低

土壤中盐度超过一定范围后,玉米植株光合能力下降。盐度越大、作用时间越长,光合能力下降越明显<sup>[11]</sup>。时间较短的盐胁迫下,主要受到抑制作用的部位是玉米气孔,随着胁迫时间的增加,会导致叶肉细胞光合能力降低。玉米在盐胁迫作用下光合速率会明显降低,其原因可能主要表现在 5 个方面:(1)玉米植株受到高盐浓度下的盐毒害;(2)由于玉米叶片的细胞膜脱水严重,从而影响叶片对  $\text{CO}_2$  的渗透性;(3)盐分浓度升高,会导致衰老叶片增多;(4)盐胁迫作用下,叶片气孔关闭,从而降低对  $\text{CO}_2$  的吸收作用;(5)逆境下细胞质结构自主调节,导致一些酶活性发生改变。

#### 1.5 呼吸作用不稳

植物生长过程中许多支持植物生长的营养物质都是由呼吸作用提供的,其中,大量呼吸作用产生的中间产物又是合成许多重要有机物的基本原料。植物在盐胁迫条件下,合成大量抵抗盐胁迫的有机渗透调节物的过程中需要消耗许多能量。玉米叶片的呼吸作用会受到盐分浓度增加的抑制,盐分低时有利于呼吸,盐分高时限制呼吸。盐分超过一定比率后,呼吸消耗量增加,净光合速率降低,抑制玉米植株生长<sup>[12]</sup>。植物的光合作用和呼吸作用既是相辅相成、又是相互独立的,在盐胁迫的作用下,植物的光合作用和呼吸作用都受到不同程度的影响,造成整个植物体的很多营养缺失,对植物未来生长影响极大。

#### 1.6 蛋白质合成受到阻碍

玉米植株中盐分的增加会抑制其蛋白质的合成,加速蛋白质降解。在盐胁迫作用下,核酸分解速度高于合成速度,蛋白质合成受阻,同时高盐下氨基酸生物合成受阻<sup>[13]</sup>。

#### 1.7 有毒物质的积累

在盐胁迫下,玉米幼苗体内总无机离子含量增加,主要是  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$  含量的增加,而  $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$

等离子的含量减少,这些增加的离子对植物可产生离子毒害,例如通过干扰 N、P、K、Ca、Mg、Fe 等矿质元素的吸收而干扰植物的正常新陈代谢。在  $\text{Na}^+$  含量的过量吸收过程中,许多营养物质的吸收都会受到抑制,进而引起玉米植株的缺素症状<sup>[14]</sup>。

## 2 玉米耐盐性的表现适应性

玉米是一种盐敏感作物,其耐盐胁迫的方式主要表现在稀盐作用、拒盐作用和微生物作用 3 个方面<sup>[15]</sup>。

### 2.1 稀盐作用

玉米在盐胁迫下,通过细胞自身的生理机制进行抗逆调节,大量的吸水和增加肉质化程度,从而将吸入到体内的大量盐分进行稀释,使体内的盐浓度保持在一定的水平,还可以通过细胞内区域化作用将高盐浓度稀释。

### 2.2 拒盐作用

玉米植株可以通过在木质部丰富的较老根区增加对  $\text{Na}^+$  的积累,从而减少植株较嫩部位对  $\text{Na}^+$  的吸收,迫使  $\text{Na}^+$  大量的积累在根部,进而减轻  $\text{Na}^+$  对幼苗地上部位的侵害,达到拒盐效果。

### 2.3 微生物作用

玉米在盐胁迫下,通过细胞质内积累对原生质无伤害的物质,来调节细胞渗透势,从而起到抵抗渗透胁迫危害的作用。研究表明,在盐胁迫下,玉米细胞内甘氨酸、甜菜碱含量增加,作为渗透调节物质,适合于用来保持原生质与环境的渗透平衡,防止水分散失。

## 3 提高玉米抗盐性的途径

### 3.1 利用转基因技术培育抗盐玉米新品种

采用现代生物技术和传统育种方法相结合,挖掘和利用玉米的耐盐相关基因,进行玉米的耐盐碱性种质资源改良与新品种选育已成为现代育种的主要方法之一。近年来已经克隆到一些玉米耐盐的相关基因,并且得到很好的应用。杨爱芳等<sup>[16]</sup>将玉米优良自交系 DH4866 转入 *betA* 基因,结果发现无论是转化后的纯系还是组配的杂交组合其耐盐碱性都得到明显的提高。

程艳松等<sup>[17]</sup>将自交系 178 和综 31 转入 3 个拟南芥抗盐基因 *sos1*、*sos2*、*sos3*,进行抗盐性比较试验时发现,导入基因的愈伤组织明显比非导入

的愈伤组织耐盐性提高,表型结果也显示出,转基因玉米植株根冠比明显高于对照品种,其根系发达程度也显著高于对照品种。

### 3.2 钙及微量元素的应用

玉米在盐胁迫下降低了对某些微量元素等的吸收产生元素缺乏症。能在玉米生长大喇叭口期,进行外部的叶面微肥喷施,可以在很大的程度上减轻玉米缺素症的影响,进而提高玉米的耐盐碱性。目前对 Ca、La、Si、Se 研究较多。水稻在 0.5% NaCl 胁迫作用下,适当喷施  $\text{Ca}^{2+}$ ,会使其植株内的  $\text{Na}^+$  含量明显减低,降低水稻植株从地下部向地上部进行  $\text{Na}^+$  的运输,进而达到自我保护、降低膜通透性的效果。郭立红等<sup>[18]</sup>研究表明,热激诱导的玉米抗盐性可以通过  $\text{Ca}^{2+}$  处理得到提高。将水稻种子进行适当浓度的 Si 元素处理可以提高盐胁迫下的水稻种子的萌发能力。

### 3.3 抗盐剂的应用

利用玉米抗盐剂进行玉米浸种处理,可使玉米幼苗叶片的  $\text{Na}^+$  含量下降, $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{K}^+$  含量增加,进而提高叶片的蒸腾速率、光合速率和干物质的吸收,避免盐害对玉米生长的影响,达到抗盐保苗、增加产量的效果。山东农业大学逆境所将 5 种化合物配制成复合制剂,再加入助剂和一些营养元素合成抗盐剂。此抗盐剂有助于增强细胞膜系统的稳定性,使细胞的保水和吸养能力都得到明显好转,从而进行抵御外来盐离子胁迫的作用,使出苗率得到改善,从而达到作物耐盐、增产的效果。在 0.3%~0.6% NaCl 的胁迫环境中使用植物抗盐剂,可以明显提高小麦、棉花的产量,可达 16% 以上<sup>[19]</sup>。

### 3.4 其它措施

进行合理有效的施肥和整地处理,多施有机肥、深翻深松、合理灌溉等方式,也可提高玉米的抗盐性。大量施入有机肥和进行秸秆还田是改善盐碱化土壤的最有利的措施之一,最好不施或少施碳铵、硫铵等化肥。张锐等<sup>[20]</sup>研究表明,土壤的物理性状可以通过大量使用有机肥得到改善,也可增强盐碱土的脱盐、抑盐作用,使土壤中盐分的活性得到抑制。采取灌溉方式也可以改善土壤环境,在有淡水灌溉条件的区域,播前进行大水漫灌,对土壤可以起到稀盐作用。深翻深松可以打破土壤犁底层,使土壤中盐分随着降水而得到流失,从而降低土壤中盐分含量的效果。

总之,只有合理地综合运用玉米抗盐性方面的技术,才能达到更为显著的效果<sup>[21-22]</sup>。

## 4 展望

玉米的抗盐性状是由多基因控制的数量性状<sup>[7]</sup>。只有正确地认识盐胁迫对玉米产生的种种不利效应和它的作用机理,才能更好的克服盐害对玉米生长的威胁,研究玉米耐盐性的作用机理,选育耐盐性玉米品种,促进盐碱地条件下的玉米高产稳产,对进一步加强盐碱土的治理和开发具有重要意义。

### 参考文献:

- [1] 宇振荣. 中国土地盐碱化及其防治对策研究[J]. 农业生态环境, 1997, 13(3): 1-5.
- [2] 周道玮, 李强, 宋彦涛, 等. 松嫩平原羊草草地盐碱化过程[J]. 应用生态学报, 2011(6): 1423-1430.
- [3] 周和平, 张立新, 禹锋, 等. 我国盐碱地改良技术综述及展望[J]. 现代农业科技, 2007(11): 159-161.
- [4] Abbasi G H, Akhtar J, Anwar H M, et al. Screening of maize hybrids for salt tolerance at seeding stage under hydroponic condition [J]. Soil Environment, 2012, 31(1): 83-90.
- [5] 许祥明, 叶和春. 植物抗盐机理的研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2000, 6(4): 379-387.
- [6] 孙验玲, 徐远超, 李帅, 等. 玉米耐受盐胁迫的调控机理研究进展[J]. 山东农业科学, 2016, 48(11): 157-163.
- [7] 余叔文, 汤章城. 植物生理与分子生物学[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [8] Hasegawa P M, Bressan R A, Zhu J K, et al. Plant cellular and molecular responses to high alinity[J]. Plant Physiology and Molecular Biology, 2000, 51(2): 463-499.
- [9] Zhao K F. Effect of salinity on the contents of osmotica of monocotyle-donous halophytes and their contribution to osmotic adjustment[J]. Acta Botanica Sincia, 1999, 41(12): 1287-1292.
- [10] 商学芳, 董树亭, 郑世英, 等. 玉米种子萌发过程中  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  和  $\text{Ca}^{2+}$  含量变化与耐盐性的关系[J]. 作物学报, 2008, 34(2): 333-336.
- [11] Munns R. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses[J]. Plant Cell Environ, 1993, 16: 15-24.
- [12] 汪行玉, 王正秋. NaCl 对玉米和棉花光合作用与渗透调节能力影响的比较[J]. 植物生理学通讯, 2001(4): 303-305.
- [13] 张显强. NaCl 胁迫对玉米幼苗叶片蛋白质降解和脯氨酸积累的影响[J]. 贵州农业科学, 2002, 30(2): 3-4.
- [14] 王丽燕, 赵可夫. 玉米幼苗对盐胁迫的生理响应[J]. 作物学报, 2005, 31(2): 264-266.
- [15] 常红军. 植物盐胁迫生理[J]. 安阳师范学院学报, 2006(5): 149-151.



# 华北地区大棚蔬菜根结线虫防控研究进展

刘润强<sup>1</sup>, 李丹宁<sup>1</sup>, 肖 兵<sup>1</sup>, 李新峥<sup>2</sup>, 田雪亮<sup>1</sup>, 乔永刚<sup>1</sup>

(1. 河南科技学院 资源与环境学院, 河南 新乡 453003; 2. 河南科技学院 园艺园林学院, 河南 新乡 453003)

**摘要:**根结线虫是现今设施蔬菜、经济作物以及观赏植物中的“癌症”病害之一,对华北地区大棚蔬菜造成了巨大的危害。由于根结线虫的隐蔽性、抗药性、耐寒性、耐淹性等特性导致防控根结线虫受到了极大的限制。为探寻大棚蔬菜根结线虫的综合防治措施,现就华北地区大棚蔬菜根结线虫病的病原种类、发病症状和致病机理进行了综述,对今后的防控技术及趋势进行了展望,并提出了相应建议。

**关键词:**根结线虫; 防控技术; 大棚蔬菜

动物界中的一个较大类群——线虫,对经济作物、景观植物的侵害能造成数以亿计的损失,又因线虫寄生性强且寄主范围广,故线虫危害的防控一直是界内人士的热门研究<sup>[1]</sup>。在我国报道的

根结线虫有 39 种,其中有爪哇根结线虫(*Meloidogyne javanica*)、花生根结线虫(*Meloidogyne arenaria*)、北方根结线虫(*Meloidogyne hapla*)和南方根结线虫(*Meloidogyne incognita*)这 4 种最为常见,且危害最为严重<sup>[2]</sup>。根结线虫危害后受害植株根部呈现念珠状、手指状,须根增多,严重时多个根结相互交织在一起,膨大的部分活力显著低于健株。根结线虫通常在 5~30 cm 的土壤中最为活跃,可随雨后水流进行远距离移动。

因华北地区优越的自然条件,适合多种作物生长,蔬菜自给率高,且有一定的输出率,主要的

收稿日期:2018-06-21

基金项目:国家十三五重点研发计划资助项目(2016YFD0201000)。

第一作者简介:刘润强(1983-),男,博士,副教授,从事农药新剂型开发及应用研究。E-mail: liurunqiang1983@126.com。

通讯作者:李新峥(1965-),男,学士,教授,从事设施蔬菜优质高效栽培研究。E-mail: lxx2283@126.com。

- [16] 杨爱芳,张可炜,尹小燕,等. 转 *betA* 基因培育玉米耐盐杂交种[C]//中国细胞生物学学会,中国细胞生物学学会第八届会员代表大会暨学术大会论文摘要集. 南京:中国细胞生物学学会,2003.
- [17] 程艳松,杨会,侯丽宏,等. 三个拟南芥抗盐基因在玉米基因组中整合、表达及抗盐性能的研究[J]. 中国农学通报, 2008, 24(2): 211-218.
- [18] 郭丽红,陈善娜,龚明. 钙对玉米幼苗热诱导抗盐性的影响[J]. 植物生理学通讯, 2004, 40(1): 19-21.

- [19] 王宝山,张宝泽,赵可夫. 植物抗盐剂提高盐碱地作物产量的依据和效果[J]. 山东农业科学, 1995(6): 31-33.
- [20] 张锐,严慧峻,魏由庆,等. 有机肥在改良盐渍土中的作用[J]. 土壤肥料, 1997(4): 11-14.
- [21] 杨晓慧,蒋卫杰,魏珉,等. 提高植物抗盐能力的技术措施综述[J]. 中国农学通报, 2006, 22(1): 88-91.
- [22] 张永峰,殷波. 玉米耐盐性研究进展[J]. 玉米科学, 2008, 16(6): 83-85.

## Research Progress of Soil Salinization Stress on Maize

ZHAO Wei

(Maize Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

**Abstract:** Soil salinization seriously affects the physical and chemical properties of soil. Maize is one of the important food crops in China. The increasing salinization of cultivated land seriously affects the yield and quality of maize. In order to improve the biological yield of maize on saline-alkali soil, it is necessary to carry out salt tolerance breeding of maize. In this paper, the effects of salt stress on maize growth, apparent adaptability of maize salt tolerance and ways to improve maize salt tolerance were reviewed, which laid a theoretical foundation for promoting maize salt tolerance breeding.

**Keywords:** maize; salt stress; salt tolerance