

# 耐盐玉米自交系的鉴定

李 亮,高明波,于清涛

(哈尔滨市农业科学院,黑龙江 哈尔滨 150029)

**摘要:**为筛选耐盐玉米自交系,为玉米耐盐品种的选育提供基础,通过盐胁迫下玉米自交系发芽试验,从 200 份玉米自交系中初步筛选获得一份耐盐自交系 NY71。又通过盐胁迫下幼苗生长量、含水量、叶片盐害指数、叶绿素含量以及渗透物质含量的测定试验,最终确定自交系 NY71 为耐盐玉米自交系。

**关键词:**玉米自交系;耐盐性;盐害指数

**中图分类号:**S513 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2017)02-0014-04 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2017.02.0014

全球陆地 10% 的面积为盐渍化土地,各国都有分布。我国盐渍化土地面积巨大约占耕地面积的 1/10。随着工业化进程不断深入、化肥用量的不断增加、灌溉不合理等因素,耕地盐渍化面积不断增加,严重威胁着我国的粮食生产。盐渍化土地可使作物减产 20%~50%,甚至绝收。每年我国由于土壤盐渍化造成的经济损失多达 25 亿元<sup>[1]</sup>。玉米是主要的粮食作物,在我国种植面积居世界第二位。近些年随着我国粮食加工业、畜牧业的迅速发展,玉米用量逐年增加,玉米生产也愈显重要,地位无法替代。向盐渍化土地要产量,是增加玉米总产量的重要方法之一。对耐盐玉米品种的需求在生产上也就显得十分迫切。耐盐玉米自交系的选育与鉴定是耐盐品种选育的关键,所以,耐盐玉米自交系的选育与鉴定也就显得十分重要。

玉米是盐敏感作物,耐盐能力比较低。盐害可以造成玉米细胞质膜损伤、渗透调节能力缺失、光合作用降低、营养离子亏缺等。在盐胁迫下,细胞质膜首先受到盐离子胁迫,导致质膜受伤。 $\text{Na}^+$  在细胞中过度积累,置换质膜上起稳定作用的  $\text{Ca}^{2+}$  离子,从而破坏质膜的稳定,同时也破坏活性氧产生和清除系统的动态平衡,造成膜脂和膜蛋白损伤从而影响膜的正常生理功能<sup>[2-3]</sup>。高盐使土壤溶液水势降低,与根细胞水势接近或低于根细胞水势,根吸水受到抑制,就会发生水分倒流,导致细胞原生质体失水收缩死亡。叶绿体是对盐比较敏感的细胞器,盐胁迫可以造成叶绿体

结构的破坏,对光合系统是一种直接伤害。同时 NaCl 能增强叶绿素酶的活性,加速叶绿素分解,也会造成植物光合作用强度降低<sup>[4-5]</sup>。在盐胁迫下,玉米幼苗通过提高叶片和根系中的可溶性糖含量,对于维持液泡和原生质之间的渗透平衡以及在盐胁迫下维持细胞质中多种酶的活性是十分必要的。同样,盐胁迫下玉米幼苗可溶性蛋白合成能力增强,可溶性蛋白能够降低玉米植株体内的渗透势,防止水分过量散失<sup>[6]</sup>。所以,根据前人的研究,能得出结论。在盐胁迫下,细胞质膜遭受到的破坏小、渗透调节能力损失少、关键细胞器完整程度高,可溶性糖、可溶性蛋白等渗透调节保护物质高的玉米自交系耐盐能力相对较高。

本研究,通过盐胁迫下玉米自交系发芽试验,从 200 份玉米自交系中初步筛选获得一份相对耐盐自交系 NY71。对自交系 NY71 进行了盐胁迫下的幼苗生长量、含水量、叶片盐害指数、叶绿素含量以及渗透物质含量的测定试验,进一步判定自交系 NY71 为耐盐自交系。为玉米耐盐自交系的筛选鉴定提供了理论支持与技术保障,也为耐盐玉米品种的选育提供了重要的基础材料。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

不同遗传背景的 200 份玉米自交系,编号为 NY1~NY200。耐盐自交系齐 319 和盐敏感自交系郑 58。

### 1.2 材料培养和 NaCl 处理

1.2.1 盐胁迫下发芽试验 每份自交系种子先用蒸馏水清洗 3 次,再用 75% 乙醇浸泡 3 min,再用蒸馏水清洗 3 次;用 2% 次氯酸钠浸泡 3 min,取出,用蒸馏水清洗 3 次。置于含 100 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl 浓度的 LB 发芽培养基中,放入培养间,温

收稿日期:2017-01-03

第一作者简介:李亮(1984-),男,黑龙江省哈尔滨市人,硕士,农艺师,从事玉米育种与耐逆性相关研究。E-mail:dongming116@163.com。

度 28 ℃,观察统计发芽率。

1.2.2 玉米幼苗 NaCl 处理 NY71 自交系种子先用蒸馏水清洗 3 次,再用 75%乙醇浸泡 3 min,再用蒸馏水清洗 3 次,28 ℃萌发,挑选发芽一致的种子播种在蛭石中,在自然光照和温室条件下生长,当一叶一心时,把幼苗移到 1/2Hongland 营养液中培养<sup>[7]</sup>,昼夜温度分别为 28 ℃和 20 ℃每天光照 16 h,每 3 d 换 1 次营养液。幼苗三叶一心时进行盐处理:1/2Hongland+150 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl,处理期间每 2 d 换 1 次营养液,营养液 pH6.2,全天气培养。处理 6 d 后采样测定各项指标。

1.2.3 干重及含水量测定 取盐处理下大小生长一致玉米自交系幼苗 7~10 株,分别剪取幼苗根、生长叶(未展开叶)和成熟叶(完全展开叶),迅速用自来水冲洗后,用去离子水冲洗 3 次,用吸水纸吸干,称鲜重,之后在 70 ℃下烘至恒重,称干重。

含水量(%)=(鲜重—干重)/鲜重×100

1.2.4 叶绿素含量 叶绿素含量:采用乙醇丙酮法测定<sup>[8]</sup>。

1.2.5 叶片盐害指数的测定 在盐胁迫处理开始后第 5 天,分别收集长势一致的处理和非处理玉米植株上,测量第二叶总长度和第二叶枯黄长度。在本研究中,以第二片叶受害的面积与第二片叶总面积的比值计算玉米叶片盐害指数。

1.2.6 可溶性糖和可溶性蛋白测定 可溶性糖采用蒽酮-硫酸法测定<sup>[8]</sup>。可溶性蛋白采用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定<sup>[9]</sup>。

2 结果与分析

2.1 NaCl 处理下发芽及幼苗生长情况

通过对不同遗传背景的 200 份玉米自交系进行盐胁迫下的发芽试验,发现 NY71 自交系的发芽率明显高于自交系郑 58 和其它自交系,与耐盐自交系齐 319 的发芽率相似。初步断定玉米自交系 NY71 为耐盐自交系。

玉米幼苗在不同盐浓度处理下,植株生长矮弱,且浓度越大越明显。50 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl 处理时幼苗表现的不明显,在 200 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl 处理后,叶片出现严重失水现象,个别植株枯萎死亡。因此在以后的试验中选择 150 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl 作为盐处理浓度。

2.2 NaCl 处理对玉米幼苗不同部位干重和含水量的影响

150 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl 处理 6 d 后玉米自交系 NY71 幼苗的根系、成熟叶和生长叶的干重分别是 0 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl(CK)处理 6 d 后干重的 84.9%、71.2%和 68.2%。与盐敏感自交系郑 58、耐盐自交系齐 319 相比,NY71 根及成熟叶片干重与齐 319 差异不显著,但二者显著高于郑 58,三者间生长叶干重差异显著(见表 1)。测定结果表明,在盐胁迫下,玉米幼苗干重在不同程度上都有下降,只是不同自交系下降的程度不同。耐盐自交系的干重明显高于盐敏感自交系。

表 1 NaCl 胁迫对玉米幼苗不同部位干重的影响

自交系 Inbred lines	干重与对照相比/% Dry weight than CK		
	根	成熟叶片	生长叶
	Root	Mature leaf	Young leaf
齐 319	85.3 a	68.7 a	70.6 a
郑 58	75.7 b	59.1 b	55.4 c
NY-71	84.9 a	71.2 a	68.2 b

不同小写字母表示达到 0.05 显著水平。下同。  
Different lowercases mean significant difference at 0.05 level. The same below.

盐胁迫下,根系的含水量测定结果显示,不同自交系根系的含水量在一定程度上都有下降,但 NY71 与齐 319 的根系含水量显著高于郑 58,说明它们盐胁迫下水分流失相对较少(见图 1)。

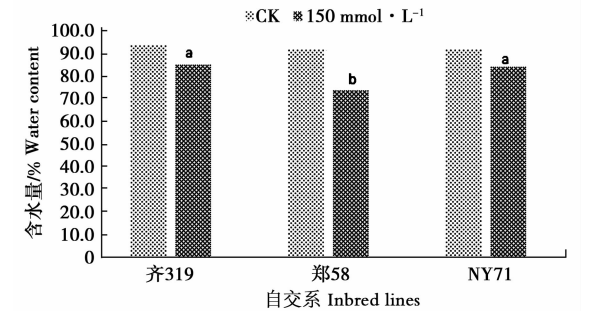


图 1 盐胁迫下玉米幼苗根系含水量变化  
Fig.1 Water content change in root under salt stress

2.3 NaCl 处理下玉米幼苗叶片盐害指数的比较

胁迫条件下受害叶面积与叶片总面积的比值常作为衡量一年生草本植物盐害敏感程度的指标。在本研究中,以第二片叶受害的面积与第二

片叶总面积的比值计算玉米叶片盐害指数。盐胁迫下,郑58的叶面积盐害指数高达82.1%,高于齐319和NY71。齐319和NY71叶片盐害指数分别是24.3%与30.2%,NY71叶片盐害指数略高于齐319。

#### 2.4 NaCl 处理对玉米幼苗叶绿素含量的影响

盐胁迫使玉米叶片中的叶绿素a+b、叶绿素a、叶绿素b含量与对照均显著下降,这可能因为盐胁迫加速了叶绿素分解,使其含量下降。同时,叶绿素a和叶绿素b的变化趋势与叶绿素a+b的变化趋势相似。但在盐胁迫下,NY71与齐319的叶绿素含量略高于郑58(见图2),同时叶绿素a+b的值也略高。表明NY71与齐319的叶绿素降解速度小于郑58,其光合作用能力也就略高,抵御盐胁迫对玉米幼苗造成伤害的能力也就略强。

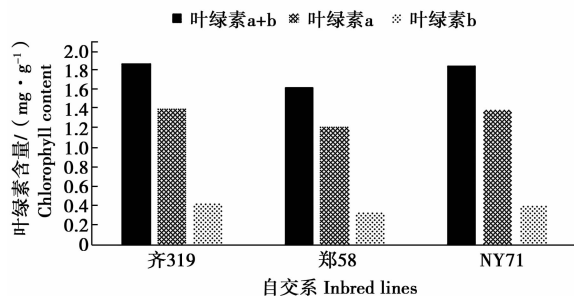


图2 盐胁迫下玉米幼苗叶绿素含量

Fig. 2 Chlorophyll content of maize seedling under salt stress

#### 2.5 NaCl 处理对玉米幼苗渗透调节物质含量的影响

由图3可知,盐胁迫使玉米幼苗叶片中的可溶性糖含量明显增加。NY71和齐319可溶性糖含量的增加程度显著高于郑58。说明在盐胁迫下,玉米幼苗通过提高叶片中的可溶性糖含量来降低渗透势,以适应渗透胁迫。可溶性糖的含量增加,对于维持液泡和原生质之间的渗透平衡以及在盐胁迫下维持细胞质中多种酶的活性是十分必要的。

可溶性蛋白能够降低玉米植株体内的渗透势,防止水分过量散失。从图4可以看出,盐胁迫使玉米幼苗叶片中的可溶性蛋白含量增加。盐处理下NY71、齐319和郑58叶片中可溶性蛋白含量分别为对照的2.7、2.8和2.2倍,NY71和齐319叶片中可溶性蛋白含量增加程度显著高于盐敏感自交系郑58。这表明为适应盐胁迫,玉米幼

苗可溶性蛋白合成能力增强。耐盐自交系可溶性蛋白合成能力要强于盐敏感自交系。

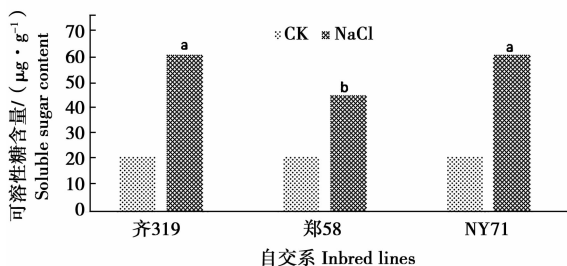


图3 盐胁迫下可溶性糖含量

Fig. 3 Soluble sugar content of maize seedling under salt stress

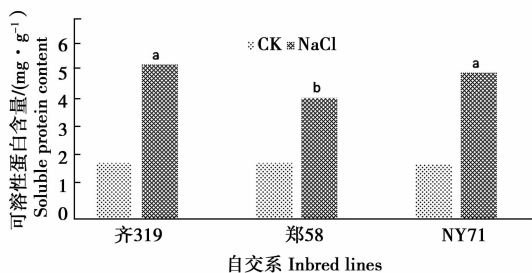


图4 盐胁迫下玉米幼苗可溶性蛋白含量

Fig. 4 Soluble protein content of maize seedling under salt stress

### 3 结论与讨论

植物的耐盐机理复杂,对盐害的应激反应也是复杂的生理生化过程。盐胁迫下,植物的形态和生理生化会发生明显的变化。不同作物或相同作物的不同品种耐盐能力不同,盐胁迫对它们造成的伤害程度也会不同。玉米是盐敏感作物,盐害会严重威胁玉米生长发育,从而导致产量下降甚至是绝产。耐盐玉米品种需求迫切,耐盐玉米材料的选择至关重要。仅从形态上进行耐盐玉米材料的选择并不准确,近些年,人们把在盐胁迫下玉米幼苗的生长量、含水量、叶片盐害指数、叶绿素含量变化以及渗透物质含量变化等生理生化指标作为重要的参考依据,来确定玉米材料的耐盐性,大大提高了材料选择的准确性。盐胁迫下幼苗含水量和干重可以直接反映盐胁迫对植物造成伤害的程度。含水量和干重越低说明伤害越大,受伤害程度越大的材料其耐盐能力也就越小<sup>[10]</sup>。盐害对光合作用的影响主要是通过Cl⁻渗入细胞后使原生质凝聚来破坏叶绿素。叶绿素含量下降,但叶绿素a/b增加。叶绿素a/b的增加

可能是植物对盐胁迫的一种应激反应。叶绿素破坏程度小且叶绿素 a/b 高的材料耐盐性可能高<sup>[6]</sup>。渗透调节是植物适应盐害的主要生理调节方式之一。可溶性糖和蛋白是重要的渗透调节物质。高盐胁迫下,可溶性糖和蛋白含量的增加可在一定程度上缓解植物盐害<sup>[11]</sup>。所以它们含量的变化可以在一定程度上反映植物的耐盐能力。

本研究通过盐胁迫下玉米自交系发芽试验,从 200 份玉米自交系中初步筛选获得一份相对耐盐自交系 NY71。以  $150\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ NaCl}$  对玉米自交系 NY71 幼苗进行胁迫处理,耐盐玉米自交系齐 319 和盐敏感自交系郑 58 为对照。分别测量幼苗的含水量、干重、盐害指数、叶绿素含量及可溶性糖和蛋白的含量。结果表明,盐胁迫下玉米幼苗含水量和干重都明显降低,但自交系 NY71 与耐盐玉米自交系齐 319 的含水量与干重相近,却明显高于盐敏感自交系郑 58;自交系 NY71 盐害指数与齐 319 相似,明显低于郑 58;自交系 NY71 叶绿素含量和叶绿素 a/b 高于郑 58,且与齐 319 相近;自交系 NY71 可溶性糖和蛋白的含量与齐 319 相似,高于郑 58。这些现象与前人的研究结果相似,充分说明自交系 NY71 耐盐能力相对较强,与耐盐自交系齐 319 耐盐能力相近,同时明显高于盐敏感自交系郑 58,为耐盐自交系。所以,本研究通过综合分析在盐胁迫下玉米幼苗表型的变化和生理生化指标的变化来共同确定自交系耐盐能力是一种行之有效的方法。这种方法为耐盐玉米自交系的筛选提供了理论支持

与技术保障,同时也为耐盐玉米品种的选育提供了重要保障。

### 参考文献:

- [1] 罗斌.我国的盐碱化土地与治理技术[J].林业科技通讯,1994(3):8-10.
- [2] 龚明,李英,曹宗巽.植物体内的钙信使系统[J].植物学通报,1998,7(3):19-29.
- [3] Gao Y,Liu Y,Wu M,et al. Ability to remove  $\text{Na}^+$  and retain  $\text{K}^+$  correlates with salt tolerance in two maize inbred lines seedlings[J]. Front Plant SIC,2016,16(7):1716.
- [4] 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.
- [5] 许兴,李树华,惠红霞,等.胁迫对小麦幼苗生长、叶绿素含量及  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  吸收的影响[J].西北植物学报,2002,22(2):278-284.
- [6] 曹让,梁宗锁,武永军.分根交替渗透胁迫下玉米幼苗叶片中游离氨基酸的变化[J].干旱地区农业研究,2004,22(1):49-54.
- [7] 於丙军,罗庆云,刘友良.盐胁迫对盐生野大豆生长和离子分布的影响[J].作物学报,2001,27(6):776-780.
- [8] 张宪政.作物生理研究法[M].北京:农业出版社,1992.
- [9] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2003.
- [10] Pandolfi C,Azzarello E,Mancuso S,et al. Acclimation improves salt stress tolerance in Zea mays plants[J]. J Plant Physiol,2016,201(20):1-8.
- [11] Chyzhykova O A,Palladina T O. The role of amino acids and sugars in supporting of osmotic homeostasis in maize seedlings under salinization conditions and treatment with synthetic growth regulators[J]. Ukr Biokhim ZH,2006,78(1):124-129.

## Salt Tolerance Identification of Maize Inbred Lines

LI Liang,GAO Ming-bo,YU Qing-tao

(Harbin Academy of Agricultural Sciences,Harbin,Heilongjiang 150029)

**Abstract:** In order to select salt tolerance maize inbred lines for the salt tolerance maize variety breeding,200 maize inbred lines germination rate was detected under salt stress. A maize inbred lines NY71 germination rate was the highest. NY71 was identified as a salt tolerance maize line by the determination of maize seeding dry weight,water content,salt stress index,chlorophyll content and osmotic adjustment substance content.

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