

# NaCl 处理对南瓜幼苗生长的影响及耐盐机制分析

孙梦瑶, 王震贤, 陈学进, 姜立娜, 周俊国, 翟于菲

(河南科技学院园艺园林学院 河南新乡 453000)

**摘要:**为探究盐胁迫对南瓜生长发育的生理调控机制,本研究选取耐盐性差异显著的两个南瓜品系(360-3、20-8)为试材,通过幼苗期盐胁迫试验,系统分析其生理响应特征。试验设置 0(CK)、200、300 mmol·L<sup>-1</sup> 3 个 NaCl 浓度梯度,分析盐胁迫对南瓜幼苗生长、生理代谢及抗氧化酶活性的影响。结果表明,随着 NaCl 浓度升高,两份南瓜材料的幼苗株高显著降低,其中 20-8 的降幅更为显著。叶片相对含水量(RWC)和干鲜质量随盐浓度增加呈下降趋势,但耐盐品系 360-3 的 RWC 在盐胁迫下维持稳定,显著优于 20-8。盐胁迫加剧细胞膜损伤,两份南瓜材料的电导率随盐浓度升高显著上升。抗氧化酶活性响应中,360-3 在 300 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl 处理下超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)活性较对照(0 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl)分别显著提高 230.91%、284.72%、40.82%,远高于 20-8 的 103.03%、24.96%、22.89%。两份南瓜材料在 300 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl 处理下的过氧化氢(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)含量较对照分别显著升高 37.07%和 39.95%,表明抗氧化系统能有效缓解氧化损伤。综上,材料 20-8 耐盐性差,而材料 360-3 通过更强的保水能力和抗氧化酶激活机制表现出更强的耐盐性。

**关键词:**南瓜;盐胁迫;抗氧化酶;生理响应

中图分类号:S642.1

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2026)01-087-07

## Effects of NaCl treatment on the growth of pumpkin seedlings and analysis of salt tolerance mechanism

SUN Mengyao, WANG Zhenxian, CHEN Xuejin, JIANG Lina, ZHOU Junguo, ZHAI Yufei

(College of Horticulture and Landscape Architecture, Henan University of Science and Technology, Xinxiang 453000, Henan, China)

**Abstract:** To investigate the physiological regulatory mechanism of salt stress on pumpkin growth and development, two pumpkin lines (360-3 and 20-8) with significantly different salt tolerance were used as experimental materials. A seedling-stage salt stress experiment was conducted to systematically analyze their physiological response characteristics. Three NaCl treatment concentrations of 0, 200, and 300 mmol·L<sup>-1</sup> were applied to examine the effects of salt stress on seedling growth, physiological metabolism, and antioxidant enzyme activity. The results showed that with the increase of NaCl concentration, the seedling height of both lines decreased significantly, with a greater reduction observed in 20-8. The relative water content (RWC) of leaves and dry fresh mass decreased with the increase of salt concentration; However, RWC in the salt-tolerant line 360-3 remained stable and was significantly better than that of 20-8. Salt stress aggravated cell membrane damage, and the relative electrical conductivity of the two pumpkin materials increased significantly with the increase of salt concentration. In the response to antioxidant enzyme activity, under the treatment of 300 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl, the activity of superoxide dismutase, peroxidase, and catalase in 360-3 were significantly increased by 230.91%, 284.72%, and 40.82%, respectively, compared with the control, which were substantially higher than 103.03%, 24.96%, and 22.89% of 20-8, respectively. The hydrogen peroxide content of the two materials under 300 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl increased by 37.07% and 39.95%, respectively, indicating that salt-tolerant line 360-3 more effectively alleviates oxidative damage through its antioxidant system. In conclusion, line 360-3 exhibits stronger salt tolerance than 20-8, mainly due to its superior water retention capacity and enhanced antioxidant enzyme activity under salt stress.

**Key words:** Pumpkin; Salt stress; Antioxidant enzyme; Physiological response

收稿日期:2025-06-08;修回日期:2025-07-16

基金项目:河南省科技攻关(242101110244);河南省自然科学基金(252300420662);河南省大学生创新训练项目(202310467039)

作者简介:孙梦瑶,女,在读硕士研究生,研究方向为蔬菜种质资源与育种。E-mail:1986160764@qq.com

通信作者:翟于菲,女,讲师,主要从事蔬菜遗传育种与生物技术等研究工作。E-mail:zhaiyufei2012@163.com

土壤盐渍化是指土壤表层或心土层中积累了过多的可溶性盐分,导致土壤盐分含量过高,从而影响作物的正常生长和发育<sup>[1]</sup>。南瓜(*Cucurbita moschata*)属葫芦科一年生草本植物,原产于墨西哥地区,作为南瓜属中主要的栽培种之一,在世界各地广泛栽培<sup>[2]</sup>。南瓜作为一种重要的经济作物,其经济价值和医用价值均十分显著<sup>[3]</sup>。南瓜根系发达,抗逆性强,还可用作葫芦科其他作物如西瓜、黄瓜、甜瓜等的嫁接砧木,以提高对土传病害和非生物胁迫的耐受性<sup>[4]</sup>。目前我国盐渍化土地面积已达1亿hm<sup>2</sup>,直接影响南瓜产业的经济效益达数十亿元,土壤盐渍化成为制约其进一步拓展的难题<sup>[5]</sup>。盐胁迫对南瓜的生长、发育和产量造成显著影响<sup>[6]</sup>。因此,深入研究南瓜盐胁迫的响应机制,探索提高南瓜耐盐性的方法,对南瓜产业的可持续发展具有重要意义。

近年来,关于植物耐盐机制的研究多集中于抗氧化酶系统(如超氧化物歧化酶SOD、过氧化物酶POD、过氧化氢酶CAT)的调控作用<sup>[7]</sup>。盐胁迫诱导的活性氧(ROS)过量积累会引发膜脂过氧化反应,而SOD、POD和CAT的协同作用可有效清除ROS,缓解氧化损伤<sup>[8]</sup>。耐盐植物在盐胁迫下能显著增强SOD和POD活性,同时降低过氧化氢(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)含量,表明其抗氧化系统具有高效响应能力<sup>[9]</sup>。目前关于南瓜耐盐性机制的研究多集中于单一生理指标方面,而对多指标协同响应的系统性研究较少。

鉴于此,笔者以两个南瓜品系(360-3、20-8)为试验材料,采用土培法模拟盐渍环境,通过设置0(对照)、200、300mmol·L<sup>-1</sup>的NaCl浓度梯度,系统研究盐胁迫对南瓜幼苗生理特性的影响,以期阐明南瓜的耐盐机制提供理论依据,同时也为南瓜耐盐品种选育和栽培技术优化提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料

试验材料为两份耐盐性不同的中国南瓜自交系360-3(耐盐)和20-8,由河南科技学院园艺园林学院南瓜遗传育种课题组提供。两份材料选取饱满、大小一致的种子于55℃温水浸种催芽后播于72孔标准塑料穴盘(54cm×28cm×4cm)中。

### 1.2 试验设计

试验于2024年10—12月在河南省新乡市河南科技学院园艺园林学院综合实验室育苗室内进行,采用随机区组排列。幼苗生长试验,360-3和

20-8两份材料各设3个NaCl浓度,分别为0(对照)、200、300mmol·L<sup>-1</sup>。幼苗在穴盘中生长至2叶1心时,移栽到装满育苗基质(草炭、蛭石、珍珠岩体积比3:1:1)的花盆(7cm×7cm×8cm)中,每个处理定植10株,每盆移栽1株幼苗。移植后缓苗1d,然后进行不同浓度盐溶液浇灌。植株生长期间每株苗浇灌20mL盐溶液,2d浇灌1次,随着植株的生长,浇水量及浇水天数因植株生长情况而改变。不同处理之间除NaCl浓度不同外,其他管理措施均相同。幼苗处理2周后采样,测定相关的生长及生理指标,每个处理3次生物学重复。

### 1.3 测定指标及方法

1.3.1 生长指标测定 南瓜幼苗的株高用钢尺测量,测量范围为从土层上方到最新生长的子叶叶柄处,每个处理3次重复。

1.3.2 干、鲜质量测定 取植株地上部分称鲜质量,将地上部分放入烘箱中80℃烘干称质量为干质量,每个处理3次重复。

1.3.3 相对含水量(RWC)测定 盐胁迫处理后,南瓜的地上部分鲜质量记录为WF;将叶片完全浸入蒸馏水48h,使其充分吸水,擦干叶片表面水分称量,记录为WT;将地上部分放入干燥箱中80℃烘干称其干质量,记录为WD。根据公式计算相对含水量,每个处理3次重复。 $RWC\% = (WF - WD) / (WT - WD) \times 100^{[10]}$ 。

1.3.4 电导率测定 取0.1g南瓜叶片转入离心管中,加入10mL蒸馏水,用纱布裹紧试管口,用真空泵抽气20~30min(以抽出细胞间隙中的空气),缓放入空气,室温下保持30min,多次摇动;使用电导率仪检测溶液电导率,记为S1;随后在沸水浴(100℃)中30min,冷却至室温后,再次检测电导率,记为S2;根据公式计算电导率。电导率/%=(S1/S2)×100<sup>[11]</sup>,每个处理3次重复。

1.3.5 酶活性测定 采用北京索莱宝科技有限公司生产的试剂盒分别测定南瓜叶片中超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性及过氧化氢(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)含量,每个处理3次重复。

### 1.4 数据分析

采用Microsoft Excel 2021软件对试验数据进行处理和绘图,采用DPS(2006)软件进行数据分析,采用Duncan's检验法进行差异显著性检验及多重性比较(P<0.05),采用IBM SPSS Statistics软件进行隶属函数分析、相关性分析和主成分分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同浓度 NaCl 处理对南瓜幼苗生长发育的影响

2.1.1 不同浓度 NaCl 处理对南瓜幼苗表型的影响 由图 1 可知,盐胁迫处理下南瓜幼苗生长势弱,植株大小受到明显影响,整体呈现萎蔫状态。从植株的表型观察可以看出,在对照组(CK)中,两份材料均表现出正常的生长状态,叶片展开良好,茎秆直立。然而,在 200 和 300 mmol·L<sup>-1</sup> 盐处理下,20-8 表现出明显的盐胁迫症状,包括叶片萎蔫、发黄以及茎秆弯曲,而耐盐品系 360-3 则在相同条件下仍保持较高的叶片展开度和茎秆直立性,表明 360-3 比 20-8 具有更强的耐盐性。

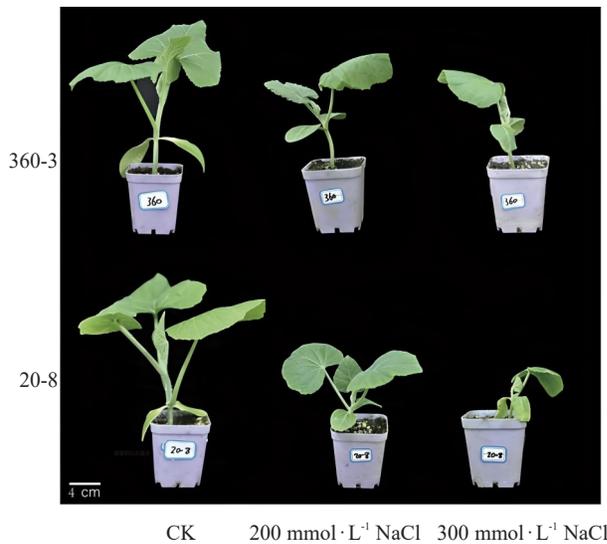
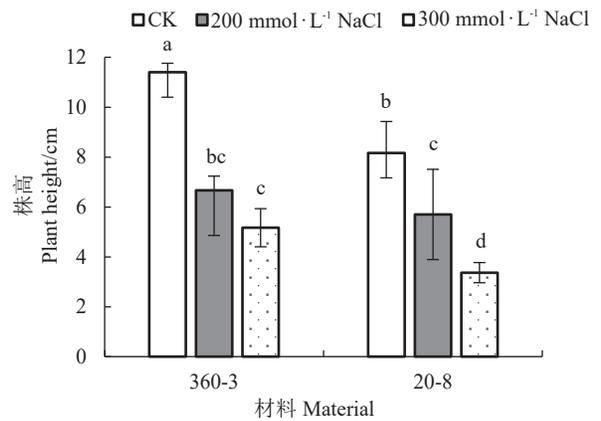


图 1 不同浓度 NaCl 处理对南瓜幼苗生长的影响  
Fig. 1 Effects of different concentrations of NaCl treatment on the growth of pumpkin seedlings

2.1.2 不同浓度 NaCl 处理对南瓜幼苗株高的影响 由图 2 可知,随着 NaCl 处理浓度的升高,南瓜幼苗的株高呈逐渐下降的趋势,200、300 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl 处理的 360-3、20-8 南瓜幼苗株高均显著低于 CK,但 360-3 南瓜幼苗的株高均高于 20-8。由此可以看出,随着 NaCl 浓度的增加,南瓜株高逐渐降低,表明盐胁迫会抑制南瓜幼苗生长。

2.1.3 不同浓度 NaCl 处理对南瓜幼苗地上部分干鲜质量的影响 由图 3 可知,盐胁迫下南瓜幼苗地上部分干鲜质量均显著下降,表明盐胁迫对植物的生长和生理代谢产生了多方面的负面影响,如水分胁迫、渗透失衡和离子毒性等,因此作物生长会因盐胁迫而严重受限。但 360-3 在盐胁迫下的地上



注:不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。下同。  
Note: Different small letters indicate significant difference between treatments at 0.05 level. The same below.

图 2 不同浓度 NaCl 处理对南瓜幼苗株高的影响  
Fig. 2 Effects of different concentrations of NaCl treatment on plant height of pumpkin seedlings

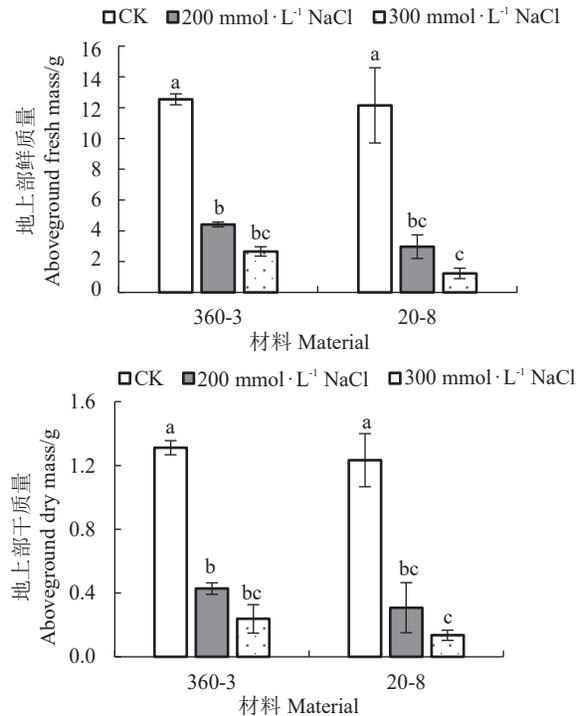


图 3 不同浓度 NaCl 处理对南瓜幼苗地上部干鲜质量的影响

Fig. 3 Effects of different concentrations of NaCl treatment on the aboveground dry and fresh mass of pumpkin seedlings

部干质量和鲜质量均高于 20-8,表明耐盐品系 360-3 在盐胁迫下仍能保持较好的生长状态。

### 2.2 不同浓度 NaCl 处理对南瓜生理指标的影响

2.2.1 不同浓度 NaCl 处理对南瓜叶片相对含水量(RWC)的影响 由图 4 可知,随着 NaCl 浓度升高,南瓜叶片相对含水量整体呈下降趋势。在相同的

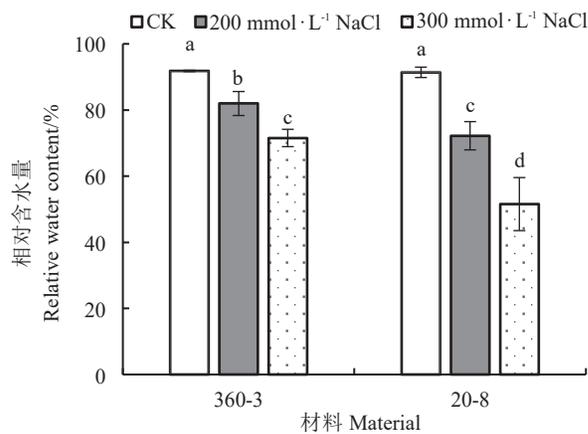


图4 不同浓度 NaCl 处理对南瓜叶片相对含水量的影响  
Fig. 4 Effects of different concentrations of NaCl treatment on relative water content of pumpkin leaves

盐浓度下,20-8 的相对含水量普遍低于耐盐品系 360-3,材料 20-8 对盐胁迫更为敏感,耐盐性较差。以上结果表明,耐盐品系 360-3 在盐胁迫下保水能力优于 20-8,前者可以维持较高的水分含量,从而减轻盐胁迫对植物生长的影响。

2.2.2 不同浓度 NaCl 处理对对南瓜叶片电导率的影响 由图 5 可知,随着 NaCl 浓度的增加,两种南瓜材料叶片的电导率均呈上升趋势。耐盐品系 360-3 在相同 NaCl 浓度下的电导率普遍低于 20-8。高浓度 NaCl(300 mmol·L<sup>-1</sup>)处理对两份材料的电导率影响最为显著,表明盐胁迫对细胞膜完整性产生了负面影响,在高盐胁迫下,细胞膜受损程度加剧,导致电解质渗漏增加。

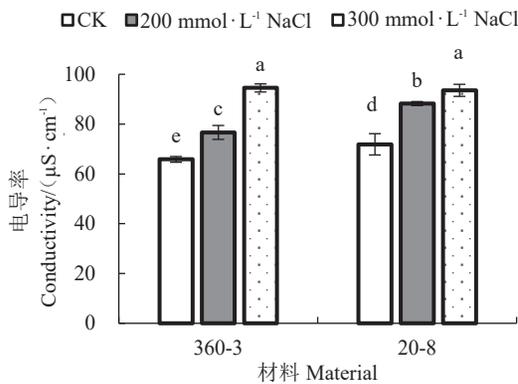


图5 不同浓度 NaCl 处理对南瓜叶片电导率的影响  
Fig. 5 Effects of different concentrations of NaCl treatment on conductivity of pumpkin leaves

### 2.3 不同浓度 NaCl 处理对叶片抗氧化酶活性的影响

2.3.1 不同浓度 NaCl 处理对叶片 SOD 活性的影响 由图 6 可知,在盐胁迫处理下,南瓜叶片中 SOD 活性均随 NaCl 浓度的增加呈逐渐上升的趋

势,且均在 300 mmol·L<sup>-1</sup> 处理下活性最高,与对照组 (CK) 相比,耐盐品系 360-3 显著提高了 230.91%,而 20-8 仅显著提高了 103.03%,表明盐胁迫显著诱导了 SOD 活性的增强。SOD 活性的升高反映了南瓜对盐胁迫的适应性响应,是其耐盐性增强的重要生理标志。

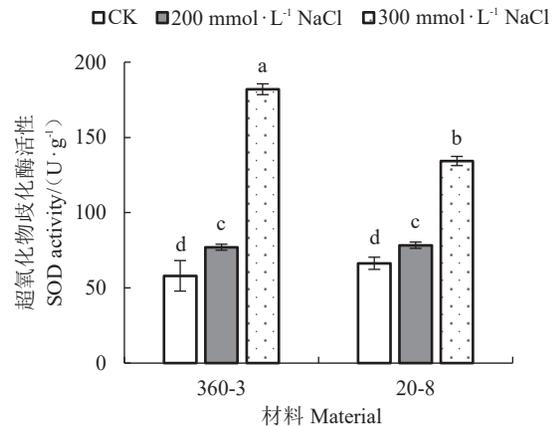


图6 不同浓度 NaCl 处理对南瓜叶片 SOD 活性的影响  
Fig. 6 Effects of different concentrations of NaCl treatment on SOD activity of pumpkin leaves

2.3.2 不同浓度 NaCl 处理对叶片 POD 活性的影响 由图 7 可知,在不同浓度 NaCl 处理下,南瓜叶片的 POD 活性表现出显著变化。随着 NaCl 浓度的增加,POD 活性呈逐渐上升的趋势,且均在 300 mmol·L<sup>-1</sup> 处理下活性最高,与对照组相比,耐盐品系 360-3 显著提高了 284.72%;而 20-8 仅显著提高了 24.96%,表明盐胁迫诱导了 POD 活性的增强,通过增强抗氧化能力缓解氧化损伤,从而提高耐盐性。

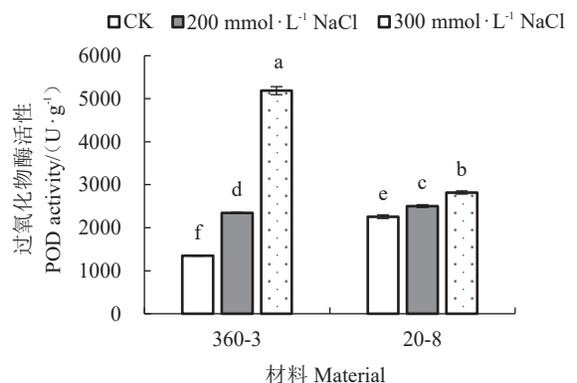


图7 不同浓度 NaCl 处理对南瓜叶片 POD 活性的影响  
Fig. 7 Effects of different concentrations of NaCl treatment on POD activity of pumpkin leaves

2.3.3 不同浓度 NaCl 处理对南瓜叶片 CAT 活性的影响 由图 8 可知,随着 NaCl 浓度的增加,南瓜叶片的 CAT 活性呈逐渐上升趋势,尤其是在高浓度 (300 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl) 处理下,CAT 活性显著提高,与

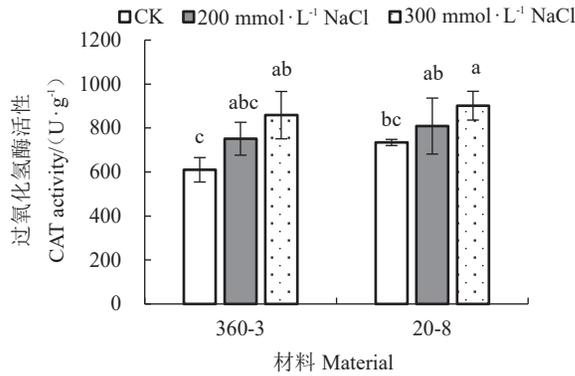


图8 不同浓度NaCl处理对南瓜叶片CAT活性的影响  
Fig. 8 Effects of different concentrations of NaCl treatment on CAT activity of pumpkin leaves

对照组相比,耐盐品系360-3显著提高了40.82%,而20-8仅显著提高了22.89%。这表明在高浓度盐胁迫下,植物通过增强抗氧化酶活性来应对氧化应激。

2.3.4 不同浓度NaCl处理对南瓜叶片H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>含量的影响 由图9可知,在不同浓度NaCl处理下,H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>含量随NaCl浓度的增加呈逐渐上升趋势,且在300 mmol·L<sup>-1</sup>处理下含量最高。与对照组相比,耐盐品系360-3的H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>含量在200和300 mmol·L<sup>-1</sup>盐胁迫下显著升高了14.25%和37.01%,而品系20-8的增幅更为显著,分别达到了23.89%和39.95%。表明在高盐胁迫下,耐盐品系360-3能够通过更有效的活性氧清除机制减轻氧化损伤。这进一步支持了360-3具有更强的抗氧化能力的观点。

2.4 南瓜幼苗耐盐性评价

通过对不同处理条件下植物相关指标进行隶

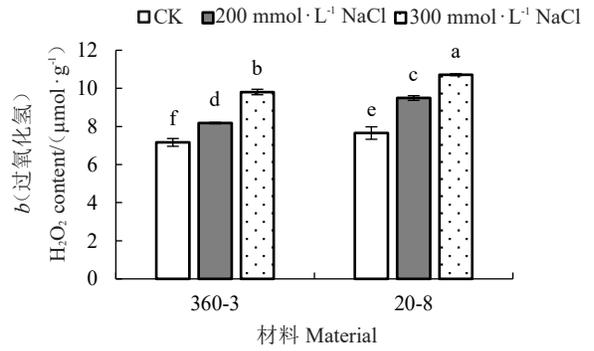


图9 不同浓度NaCl处理对南瓜叶片H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>含量的影响  
Fig. 9 Effects of different concentrations of NaCl treatment on H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> content of pumpkin leaves

属函数分析和主成分分析,计算综合得分(D),得分越高,耐盐性越强,由表1可知,所有盐处理组的D值均低于CK,且在相同盐胁迫下,材料360-3的耐盐性强于20-8。表2是南瓜幼苗在盐胁迫下不同生理指标与综合得分D值之间的相关性分析。在

表1 南瓜幼苗耐盐性综合评价

Table 1 Comprehensive evaluation of salt tolerance of pumpkin seedlings

处理 Treatment	U(X <sub>i</sub> )	D	排名 Rank
360-3(CK)	1.363	1.000	1
360-3(200 mmol·L <sup>-1</sup> NaCl)	0.089	0.484	3
360-3(300 mmol·L <sup>-1</sup> NaCl)	-1.016	0.036	5
20-8(CK)	0.908	0.815	2
20-8(200 mmol·L <sup>-1</sup> NaCl)	-0.238	0.352	4
20-8(300 mmol·L <sup>-1</sup> NaCl)	-1.106	0.000	6

表2 南瓜幼苗盐胁迫下生理指标的相关性分析

Table 2 Correlation analysis of physiological indexes of pumpkin seedlings under salt stress

指标 Index	SOD 活性 SOD activity	POD 活性 POD activity	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 含量 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> content	CAT 活性 CAT activity	电导率 Conductivity	株高 Plant height	相对含水量 RWC	地上部干质量 Aboveground dry mass	地上部鲜质量 Aboveground fresh mass	D
SOD 活性 SOD activity	1									
POD 活性 POD activity	0.931**	1								
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 含量 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> content	0.763	0.619	1							
CAT 活性 CAT activity	0.770	0.695	0.954**	1						
电导率 Conductivity	0.835*	0.767	0.971**	0.954**	1					
株高 Plant height	-0.688	-0.612	-0.937**	-0.985**	-0.925**	1				
相对含水量 RWC	-0.663	-0.446	-0.967**	-0.890*	-0.883*	0.894*	1			
地上部干质量 Aboveground dry mass	-0.673	-0.593	-0.904*	-0.876*	-0.912*	0.914*	0.870*	1		
地上部鲜质量 Aboveground fresh mass	-0.684	-0.615	-0.897*	-0.880*	-0.913*	0.917*	0.857*	0.999**	1	
D	-0.849*	-0.755	-0.961**	-0.961**	-0.977**	0.950**	0.903*	0.945**	0.948**	1

注:\*表示在0.05水平显著相关;\*\*表示在0.01水平极显著相关。

Note: \* represents significant correlation at 0.05 level; \*\* represents extremely significant correlation at 0.01 level.

盐胁迫下,综合得分( $D$ )与多项生理指标呈显著或极显著相关。其中, $H_2O_2$ 含量、CAT活性和电导率与综合得分呈极显著负相关,表明活性氧积累水平可有效表征植株在盐胁迫下的生理损伤程度,且抗氧化酶过度激活和细胞膜透性增加是反映幼苗受损的关键特征;与之相反,株高及地上部干鲜质量与综合得分呈极显著正相关,表明形态指标能在一定范围内对盐胁迫作出响应。综上表明,各生理参数与综合得分之间相关性紧密,可作为盐胁迫下南瓜幼苗耐性评价的量化依据。

### 3 讨论与结论

盐胁迫是制约植物生长发育的重要环境因素,导致根系和地上部离子浓度升高,引发离子毒害、渗透胁迫和氧化损伤,进而干扰植物代谢<sup>[12]</sup>。幼苗期生长对植物早期形态建成至关重要,因此探究盐胁迫下幼苗的生长发育具有重要价值<sup>[13]</sup>。在盐胁迫条件下,株高、地上部鲜质量、地上部干质量和相对含水量等指标常被用来揭示盐胁迫对植物生长发育的影响<sup>[14]</sup>。因此,笔者将幼苗的株高、鲜质量、干质量、相对含水量、电导率和抗氧化酶活性等指标作为盐胁迫下南瓜幼苗耐盐性的评价指标。

笔者以耐盐性差异显著的两个南瓜品系360-3和20-8为试材,通过设置不同的NaCl浓度梯度,系统探究盐胁迫对南瓜生长发育及生理特性的影响。随着NaCl浓度的升高,两份材料的株高均呈显著下降趋势,表明盐胁迫对南瓜幼苗的形态发育具有显著抑制作用,与滕文丽等<sup>[15]</sup>的研究结果相似。相对含水量是逆境胁迫下植物水分状况和生长状态的重要指标,能有效反映植物的生存能力<sup>[16]</sup>,在干旱、盐碱或高温等胁迫条件下,RWC的下降表明植物水分亏缺。杨国会等<sup>[17]</sup>研究表明,盐胁迫下RWC随着盐浓度升高而增加。本研究结果表明,盐胁迫下南瓜幼苗的RWC整体呈下降状态,20-8的RWC随NaCl浓度升高显著下降,但耐盐品系360-3的RWC在相同处理下明显高于20-8,表明耐盐品系360-3通过更强的保水能力维持细胞膨压,从而缓解盐胁迫引起的生理干旱。电导率能够反映盐胁迫对植物细胞膜系统的破坏及其抗逆能力<sup>[18]</sup>,电导率升高表明对细胞膜损伤加大。韩菊学等<sup>[19]</sup>研究表明,玉米叶片中相对电导率随NaCl浓度的升高而上升。本研究结果表明,随着盐浓度升高,两份材料的电导率均呈显著上升趋势,表明盐胁迫下细胞膜透性增加,膜系统受损。

盐胁迫诱导植物体内活性氧(ROS)积累,干扰正常代谢并损害细胞膜完整性<sup>[20]</sup>。在盐胁迫条件下,植物会启动酶促防御系统来抵御胁迫带来的伤害。SOD、POD、CAT等是关键抗氧化酶,通过清除ROS来减轻盐胁迫造成的损伤<sup>[21]</sup>。张腾国等<sup>[22]</sup>研究表明,随着盐浓度的增加,油菜叶片SOD、POD和CAT活性不断升高。本研究中,两份材料的抗氧化酶(SOD、POD、CAT)活性均随盐浓度升高显著增强。同时, $H_2O_2$ 含量在盐胁迫下显著升高,说明盐胁迫加剧了氧化损伤,且抗氧化酶清除速率低于ROS的产生速率,但耐盐品系清除ROS的效率更高。

综上所述,笔者系统分析了盐胁迫下南瓜幼苗的生长指标与生理响应,发现在不同浓度NaCl处理下,南瓜幼苗均受到一定程度的伤害。但耐盐品系360-3在电导率、地上部干质量和鲜质量、相对含水量、株高、抗氧化酶活性和过氧化氢含量等多个方面表现均优于20-8。这些特性表明耐盐品系360-3在盐胁迫下的保水能力、膜稳定性及抗氧化酶活性协同作用,使其能够有效应对高盐环境下的渗透胁迫和氧化损伤,具有更强的生长优势和抗逆能力。本研究结果为南瓜耐盐材料筛选及栽培技术优化提供了重要的理论依据。耐盐材料360-3可作为耐盐砧木或育种亲本材料,用于提高南瓜及其他葫芦科作物在盐渍化土壤中的适应性。此外,结合不同盐碱土类型的环境模拟,可为制定区域化抗盐栽培方案提供更精准的指导,从而推动南瓜产业的可持续发展。

### 参考文献

- [1] MOEZ H, CHANTAL E, MARIAMA N, et al. New insights on plant salt tolerance mechanisms and their potential use for breeding[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2016, 7: 1787.
- [2] BARTOSZ K, ANNA G M. The profile of carotenoids and other bioactive molecules in various pumpkin fruits (*Cucurbita maxima* Duchesne) cultivars [J]. *Molecules*, 2019, 24(18): 3212.
- [3] 赵玉安, 王慧瑜, 曹辉. 南瓜的营养价值和功能特性[J]. *食品研究与开发*, 2004, 25(2): 95-97.
- [4] 张棣蕊, 张梦夏, 尚庆茂. 砧用南瓜幼苗根系表型分析及高渗透胁迫耐受性评价[J]. *中国蔬菜*, 2024(6): 65-73.
- [5] 王伟奇, 张蒙, 秦肇辰, 等. 南瓜耐盐性研究进展[J]. *中国蔬菜*, 2020(10): 18-26.
- [6] 邢乃林, 张蕾琛, 应泉盛, 等. 不同浓度盐胁迫对南瓜幼苗的影响[J]. *浙江农业科学*, 2016, 57(7): 1078-1081.
- [7] 王大江, 刘昭, 路翔, 等. 植物耐盐机制研究进展及展望[J]. *华北农学报*, 2024, 39(5): 80-92.
- [8] 章建红, 洪春桃, 沈登锋, 等. 盐胁迫对薄壳山核桃幼苗抗氧化

- 酶活性的影响[J].北方园艺,2022(18):23-28.
- [9] 刘会芳,王强,韩宏伟,等.盐碱及复合盐碱胁迫对番茄幼苗光合特性及抗氧化酶活性的影响[J].新疆农业科学,2024,61(11):2658-2666.
- [10] 宋跃.菊芋 AQP 基因家族鉴定及其逆境应答功能研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2022.
- [11] 陈建勋,王晓峰.植物生理学实验指导[M].广州:华南理工大学出版社,2006.
- [12] ZHAO X Y, BAI X, JIANG C F, et al. Phosphoproteomic analysis of two contrasting maize inbred lines provides insights into the mechanism of salt-stress tolerance[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2019, 20(8): 1886-1886.
- [13] 沈兰兴,张小村,孔凡美,等.耐盐黄瓜品种鉴定及萌芽期盐胁迫对黄瓜苗期耐盐性的影响[J].肥料与健康,2024,51(4):33-40.
- [14] 时丕彪,蒋润枝,沈明晨,等.盐胁迫对南瓜幼苗生长及光合特性的影响[J].农学学报,2021,11(12):74-79.
- [15] 滕文丽,武占会,刘明池,等.不同浓度 NaCl 处理对设施番茄生长发育及品质的影响[J].北方园艺,2024(23):41-48.
- [16] 崔凯,吴连军,张靖媛.盐胁迫下茉莉酸甲酯调控紫花苜蓿幼苗生长机制研究[J].现代农业科技,2022(12):153-160.
- [17] 杨国会,石德成.NaCl胁迫对甘草叶片相对含水量及保护酶活性的影响[J].河南农业科学,2009(12):104-106.
- [18] 程玉琦.印度南瓜对温度胁迫的生理响应及 mRNA 可变剪切分析[D].福州:福建农林大学,2024.
- [19] 韩菊学,汤琴文,宋利茹,等.不同盐胁迫对玉米种子萌发及幼苗生长的影响[J].河西学院学报,2024,40(5):62-71.
- [20] 薛鑫,张芊,吴金霞.植物体内活性氧的研究及其在植物抗逆方面的应用[J].生物技术通报,2013(10):6-11.
- [21] 龚吉蕊,赵爱芬,张立新,等.干旱胁迫下几种荒漠植物抗氧化能力的比较研究[J].西北植物学报,2004,24(9):1570-1577.
- [22] 张腾国,胡馨丹,李萍,等.盐及低温胁迫对油菜 ROS 和抗氧化酶活性的影响[J].兰州大学学报(自然科学版),2019,55(4):497-505.