



万发香,张炜,陈伯清. Na_2CO_3 胁迫对不同生菜种子萌发的影响[J]. 黑龙江农业科学,2019(9):47-53.

Na_2CO_3 胁迫对不同生菜种子萌发的影响

万发香,张 炜,陈伯清

(淮阴工学院 生命科学与食品工程学院,江苏 淮安 223003)

摘要:为选育耐盐性生菜品种,以3种不同品种的生菜种子(紫叶生菜、玻璃生菜和结球生菜)为试验材料,研究不同浓度的 Na_2CO_3 (0,5,10,20,30,40,50 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)对3种不同生菜品种的发芽势、发芽率、发芽指数、根长、生物量、丙二醛含量以及电导率等的影响。结果表明:在不同浓度的 Na_2CO_3 胁迫下,发芽指标和生长指标均呈现出先上升后下降的趋势,同时,幼苗的丙二醛含量及根系电导率呈先下降后上升的趋势。说明低浓度的 Na_2CO_3 (5 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)对生菜种子的萌发及幼苗的生长有一定的促进作用,当 Na_2CO_3 浓度较高(≥ 10 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)时,则会抑制种子的萌发及生长,并随着 Na_2CO_3 浓度的增加,抑制效果越来越明显。采用隶属函数法对各项指标进行综合分析,确定3种生菜的碱性盐抗性强弱依次为:紫叶生菜 \approx 玻璃生菜 $>$ 结球生菜。

关键词:生菜; Na_2CO_3 胁迫;种子萌发

生菜又称叶用莴苣,原产于欧洲地中海沿岸,菊科莴苣属中以嫩叶或叶球供食的一、二年生草本植物,其营养价值较高,深受百姓的喜爱,属栽植面积较大的蔬菜种类之一^[1]。但随着土壤盐碱化的加剧,造成生菜种子发芽率低、出苗整齐度不一致、产量及品质下降等一系列问题,严重制约生

菜高产优质化生产^[2-3]。

目前关于盐胁迫对种子萌发及幼苗生长的影响研究,大多集中于番茄^[4-5]、茄子^[6]、棉花^[7]、粳稻^[8]及豆科作物^[9]等,而关于生菜种子萌发特性的研究大多集中在重金属胁迫或中性盐胁迫方面^[10-13]。而关于碱性盐胁迫方面的研究报道相对较少^[14]。因此,本试验以3种不同的生菜品种为研究对象,探究不同浓度 Na_2CO_3 对3种生菜种子萌发的影响,旨在为耐盐性生菜品种的鉴定、选育和提高其耐盐性提供理论依据。

收稿日期:2019-03-29

基金项目:淮安市科技项目(HAN2015001)。

第一作者简介:万发香(1986-),女,博士,讲师,从事园艺作物逆境研究。E-mail:wangfaxiang@hyit.edu.cn。

Effects of Different Planting Densities on Economic Characters and Yield of Seed Zucchini

JIAN Cai-yuan, SU Wen-bin, REN Xiao-yun, FAN Fu-yi, GUO Xiao-xia, HUANG Chun-yan, Li Zhi

(Institute of Characteristic Crops, Inner Mongolia Academy of Agriculture and Animal Husbandry Sciences, Hohhot 010031, China)

Abstract: In order to improve the yield per unit area of seed zucchini, in this experiment, Jindi 1, a self-bred variety of Inner Mongolia Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, was used as the research object to study the effects of different planting densities on the economic characteristics and yield of seed zucchini. The results showed that different planting densities had different effects on the fruit number and grain weight of single melon. The planting density was 1 700-2 000 plants per 667 m^2 , the number of melon per plant and the seed of a single melon weight were the highest, and the seed of a single melon weight 43-49 g. It reached a significant level. When the planting density was 2 000-2 300 plants per 667 m^2 , all the characters were excellent, 100 seeds weight was more than 17 g, the yield was stable at 134-148 $\text{kg}\cdot 667\text{ m}^2$, and the melon length and commodity characters of seeds were good, which was the most suitable planting density.

Keywords: seed zucchini; density; economic characters; yield

1 材料与方法

1.1 材料

供试生菜品种紫叶生菜、结球生菜、玻璃生菜,沧州津科力丰种苗有限责任公司生产。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 本试验选用紫叶生菜、结球生菜和玻璃生菜 3 种生菜品种进行试验。试验采用培养皿滤纸发芽法研究碳酸钠溶液对生菜种子发芽的影响。试验设置 6 种浓度梯度的碱性盐,分别为碳酸钠浓度 5, 10, 20, 30, 40, 50 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理组,以未作处理的做对照。每个培养皿中放入 30 粒生菜种子。将种子放在恒温培养箱(28 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ 中培养,每天更换滤纸并向每个培养皿中添加对应浓度处理液,对照组添加蒸馏水培养。试验重复 3 次。试验过程中每天记录发芽数(标准为胚根长度大于种子纵径长度的一半)。

1.2.2 测定项目及方法 试验第 3 天时统计种子发芽势,第 7 天统计种子发芽率,并根据公式计算发芽指数和盐害指数^[5,13]。培养 14 d 后,测定幼苗根长、鲜重、干重,并根据公式计算含水量,同时测定幼苗的丙二醛含量和根系电导率^[15]。并利用模糊数学中求隶属函数的方法对各个指标进行数据处理和换算,求出各个相对指标在不同盐浓度下的隶属值,再把每一相对指标在不同盐浓度下的隶属值累加求平均值^[16]。

1.2.3 数据分析 每个处理重复 3 次,数据为 3 次重复测定的平均值。试验数据采用 SPSS 19.0 软件进行方差分析,并用 Excel 2010 处理数据和作图。

2 结果与分析

2.1 碳酸钠胁迫对不同品种生菜种子萌发的影响

发芽势和发芽率是种子发芽速度和整齐度的主要指标,也是种子质量评价的重要依据^[17]。由表 1 可知,3 个品种的发芽势和发芽率随 Na_2CO_3 胁迫浓度的增加,呈先上升后下降的趋势,且当 Na_2CO_3 浓度为 5 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,其发芽势和发芽率均有不同程度的增加,但未与对照达到显著差异水平,而当 Na_2CO_3 浓度达到 20 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上时,3 个品种的发芽势和发芽率均与对照达到显著性差异。

发芽指数是指种子在失去发芽力之前已发生劣变的数量,发芽指数是种子萌发的速度与整齐度的反映,更能灵敏地表现种子活力^[18]。由表 1 可知,随 Na_2CO_3 浓度的增加,3 种生菜的发芽指数也呈现先增加后降低的趋势。其中,当 Na_2CO_3 浓度为 10 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,紫叶和结球生菜均与对照未达到显著性差异,但其他各处理组与对照组相比均达到显著差异水平;而对于玻璃生菜,当 Na_2CO_3 浓度不超过 10 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,其与对照组未达到显著性差异,但 Na_2CO_3 浓度达到 20 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上时,与对照组相比,达到显著性差异。而盐害指数方面,当 Na_2CO_3 浓度为 5 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,玻璃和结球生菜与对照组均未达到显著差异水平,但两处理组间达到显著差异水平,且随 Na_2CO_3 浓度的继续增加,其各处理组与对照组均达到显著性差异;而紫叶生菜,当 Na_2CO_3 浓度达到 20 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上时,与对照组达到显著差异水平。由以上数据可知,当 Na_2CO_3 浓度为 50 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,3 种生菜的发芽势、发芽率、发芽指数均为 0。因此,接下来的试验未对这一浓度进行过多研究。

2.2 碳酸钠胁迫对不同品种生菜幼苗根长的影响

植物的根系是最先感受到碱性盐胁迫信息的部位,植物通过损害自身根系来适应高 pH 的盐害环境,以便继续生长^[19-20]。如图 1 所示,随着 Na_2CO_3 浓度的升高,生菜幼苗的根长均呈下降趋势,与对照组相比,紫叶生菜在不同浓度下分别下降 44.2%、78.9%、87.4%、88.3%、93.7%;玻璃生菜分别下降 54.5%、72.3%、85.5%、88.1%、90.6%;结球分别下降 48.5%、79.3%、90.1%、92.2%、95.1%,且 3 种生菜与对照组均达到差异显著水平。由此可见, Na_2CO_3 胁迫对结球生菜根长生长的抑制效应最大。

2.3 碳酸钠胁迫对不同品种生菜幼苗鲜重、干重及含水量的影响

鲜重是指鲜活的植物体在采集之后立即测出的重量,是衡量一个植物含水量的重要指标。植物干重是指植物在烘干后保持恒重后所测的重量,它是除鲜重外另一个衡量植物含水量的重要指标。通过计算植物幼苗的含水量可以进一步分析生菜幼苗在 Na_2CO_3 胁迫下的代谢能力的变化^[21-22]。

表 1 碳酸钠胁迫对不同品种生菜种子萌发的影响

Table 1 Effects of sodium carbonate stress on seed germination of different lettuce varieties

品种 Varieties	处理浓度 Concentration/ (mmol·L ⁻¹)	发芽势 Germination potential	发芽率 Germination rate/%	发芽指数 Germination index	盐害指数 Salt damage index
紫叶	0	83.33±4.71 a	90.00±4.08 a	11.80±0.61 b	0.00±0.00 e
	5	86.67±2.36 a	91.00±0.00 a	13.37±0.63 a	-0.21±4.55 e
	10	80.00±4.08 a	86.67±2.36 a	11.27±0.54 b	3.61±2.55 e
	20	63.33±2.36 b	66.67±2.36 b	8.17±0.18 c	25.87±1.76 d
	30	43.33±2.36 c	46.67±2.36 c	6.24±0.32 d	48.04±3.41 c
	40	13.33±2.36 d	13.33±2.36 d	1.72±0.16 e	85.05±3.15 b
	50	0.00±0.00 e	3.33±2.36 e	0.13±0.09 f	96.19±2.70 a
玻璃	0	76.67±6.24 a	81.67±2.36 a	11.67±0.77 a	0.00±0.00 f
	5	80.00±4.08 a	82.33±4.71 a	11.88±0.61 a	-1.96±0.77 f
	10	75.00±0.00 a	76.67±2.36 b	11.49±0.61 a	6.13±0.17 e
	20	61.67±4.71 b	65.00±4.08 c	8.11±0.89 b	20.47±3.24 d
	30	46.67±2.36 c	50.00±4.08 d	5.69±0.54 c	38.85±3.58 c
	40	20.00±0.00 d	23.33±2.36 e	1.99±0.30 d	71.45±2.62 b
	50	0.00±0.00 e	1.67±1.36 f	0.07±0.05 e	98.04±2.77 a
结球	0	55.00±4.08 ab	58.33±2.36 ab	6.10±0.48 b	0.00±0.00 f
	5	60.00±4.08 a	60.67±2.36 a	7.49±0.48 a	-6.06±2.57 f
	10	50.00±4.08 b	53.33±2.36 b	5.58±0.27 bc	8.33±6.80 e
	20	36.67±2.36 c	38.33±2.36 c	4.62±0.32 c	34.09±5.90 d
	30	31.67±2.36 c	31.67±2.36 d	3.36±0.40 d	45.45±6.43 c
	40	8.33±4.71 d	8.33±4.71 e	1.00±0.71 e	85.35±8.93 b
	50	0.00±0.00 d	1.67±2.36 f	0.17±0.24 e	96.97±4.29 a

不同小写字母表示同一个品种中不同处理之间在 $P<0.05$ 水平上差异显著性,下同。
Different lowercase letters indicate significant difference in $P<0.05$ levels between different treatments in the same cultivar,the same below.

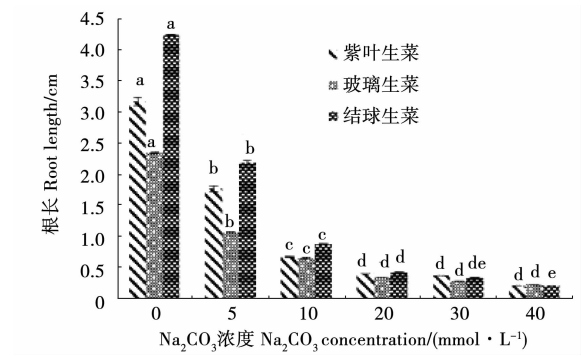


图 1 不同浓度 Na₂CO₃胁迫对生菜幼苗根长的影响
Fig. 1 Effects of different concentrations of Na₂CO₃ stress on root length of lettuce seedlings

由表 2 可知,在 Na₂CO₃的胁迫下,生菜幼苗的鲜重均随 Na₂CO₃浓度的增加呈先升高后降低的趋势。当 Na₂CO₃浓度为 5 mmol·L⁻¹时,3 种生菜幼苗鲜重较对照组分别增加 14.8%,16.8%和 23.7%;当 Na₂CO₃浓度为 10,20,30 和 40 mmol·L⁻¹时,紫叶生菜幼苗鲜重较对照组分别降低11.7%、27.4%、39.0%、52.2%;玻璃生菜降低32.2%、33.0%、44.8%、52.2%;结球生菜降低20.8%、46.1%、62.0%、70.3%,与对照组相比,3 种生菜均表现出显著性差异。通过以上数据,可以推断出 Na₂CO₃胁迫对于结球生菜幼苗的鲜重影响最大。

表 2 碳酸钠胁迫对不同品种生菜幼苗鲜重、干重及含水量的影响

Table 2 Effects of sodium carbonate stress on fresh weight,dry weight and water content of different lettuce seedlings

品种 Varieties	处理浓度 Concentration/ (mmol·L ⁻¹)	单株鲜重 Fresh weight per plant/mg	干重 Dry weight per plant/mg	含水量 Water content/%
紫叶生菜	0	14.22±0.79 b	0.66±0.05 a	95.36±0.21 ab
	5	16.33±0.72 a	0.70±0.06 a	95.68±0.40 a
	10	12.56±0.57 c	0.58±0.02 a	95.36±0.08 ab
	20	10.33±0.27 d	0.46±0.03 b	95.23±0.01 bc
	30	8.67±0.72 e	0.43±0.08 b	95.02±0.16 bc
	40	6.80±0.31 f	0.35±0.03 b	94.90±0.23 c
玻璃生菜	0	17.22±1.03 b	0.80±0.22 a	95.37±0.18 b
	5	20.11±0.87 a	0.81±0.10 a	95.97±0.29 a
	10	11.67±1.19 c	0.55±0.06 b	95.29±0.13 b
	20	11.53±0.24 c	0.55±0.01 b	95.22±0.08 bc
	30	9.51±0.29 d	0.46±0.02 b	95.15±0.05 bc
	40	8.23±0.21 d	0.42±0.01 b	94.91±0.15 c
结球生菜	0	27.22±1.37 b	1.22±0.15 a	95.47±0.22 b
	5	33.67±0.54 a	1.33±0.02 a	96.04±0.20 a
	10	21.56±0.83 c	1.00±0.06 b	95.37±0.14 b
	20	14.67±0.72 d	0.70±0.05 c	95.23±0.08 bc
	30	10.33±0.82 e	0.49±0.04 d	95.22±0.03 bc
	40	8.07±0.63 f	0.41±0.05 d	94.88±0.27 c

类似幼苗鲜重的变化,随着 Na₂CO₃ 浓度的增加,3 种生菜幼苗的干重均先升高后降低。当 Na₂CO₃ 浓度为 5 mmol·L⁻¹ 时,紫叶生菜、玻璃生菜、结球生菜的干重分别增加 6.1%、1.3% 和 9.0%,但与对照组相比,3 种生菜未表现显著性差异;而 Na₂CO₃ 浓度达到 10 mmol·L⁻¹ 时,与对照组相比,3 种生菜的干重分别降低 12.1%、31.3% 和 18.0%,且玻璃和结球生菜与对照达到差异显著水平;当 Na₂CO₃ 浓度为 20、30 和 40 mmol·L⁻¹ 时,紫叶生菜幼苗干重较对照组的下降量分别为 30.3%、34.8% 和 47.0%;玻璃生菜为 31.3%、42.5% 和 47.5%;结球生菜为 42.6%、59.8% 和 66.4%。与对照组相比,3 种生菜均表现出显著性差异。与鲜重所得结果一致,Na₂CO₃ 胁迫对结球生菜幼苗的干重影响仍是最大的。

由于 Na₂CO₃ 的影响,幼苗鲜重与干重均发生不同程度的变化,因此含水量也发生相应的变化。如表 2 所示,当 Na₂CO₃ 浓度为 5 mmol·L⁻¹ 时,紫叶生菜、玻璃生菜、结球生菜幼苗的含水量分别提高了 0.33%、0.63% 和 0.60%,且与对照组相比,玻璃和结球生菜均表现出显著性差异;当 Na₂CO₃ 浓度为 10 mmol·L⁻¹ 时,紫叶生菜幼苗的含水量并未有所变化,玻璃生菜和结球生菜幼苗的含水量分别下降了 0.08% 和 0.10%,相比,3 种生菜与对照组未达到差异显著水平。当 Na₂CO₃ 浓度为 20、30、40 mmol·L⁻¹ 时,3 种生菜幼苗的含水量下降分别为 0.14%、0.36% 和 0.48%(紫叶生菜),0.16%、0.23% 和 0.48%(玻璃生菜),0.25%、0.26% 和 0.62%(结球生菜),且与对照组均达到显著性差异。

2.4 碳酸钠胁迫对生菜幼苗 MDA 含量的影响

丙二醛(MDA)是膜脂过氧化最重要的产物之一,其含量的多少直接反映植物对逆境环境反应的强弱以及细胞膜脂的过氧化程度^[23]。本试验通过测量生菜幼苗丙二醛的含量,可以检测出不同浓度 Na₂CO₃对生菜幼苗细胞膜脂过氧化影响的差异。

由图 2 可得,当 Na₂CO₃浓度增加时,3 种生菜幼苗的丙二醛含量均呈现先下降后上升的趋势。当 Na₂CO₃浓度为 5 mmol·L⁻¹时,与对照组相比,紫叶生菜的降幅最大,达到了 22.7%,而玻璃生菜与结球生菜仅为 7.6%和 5.7%,但 3 种生菜间未表现出显著差异;当 Na₂CO₃浓度达 10, 20, 30, 40 mmol·L⁻¹时,3 种生菜幼苗的丙二醛含量均得到显著性增加,相比对照组,分别上升 25.0%、155.7%、248.9%、300.1%(紫叶生菜)、65.6%、240.2%、293.2%、348.0%(玻璃生菜)、96.9%、205.2%、273.4%、324.5%(结球生菜),各处理间均达到显著性差异,但同一处理下不同品种间 MDA 含量差异不显著。结果表明,当 Na₂CO₃浓度较低(5 mmol·L⁻¹)时,Na₂CO₃可以缓解生菜细胞膜脂的过氧化;而当 Na₂CO₃浓度较高时,则会加剧生菜幼苗细胞膜脂的过氧化。

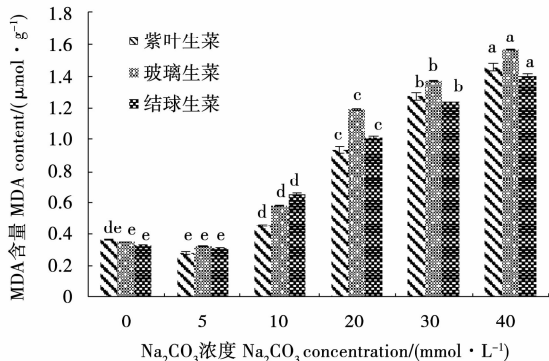


图 2 不同浓度 Na₂CO₃胁迫对生菜幼苗 MDA 含量的影响

Fig. 2 Effects of different concentrations of Na₂CO₃ stress on MDA content in lettuce seedlings

2.5 碳酸钠胁迫对生菜幼苗根系相对电导率的影响

植物的电导率是衡量植物细胞膜选择透性能力的一个指标。因此,通过研究植物电导率的变

化即可探究出质膜受伤害程度和植物抗性的强弱^[24-25]。

由图 3 可知,当 Na₂CO₃浓度较低(5 mmol·L⁻¹)时,3 种生菜幼苗的根系电导率均有下降,分别为 4.4%(紫叶生菜)、1.9%(玻璃生菜)、20.2%(结球生菜)。当 Na₂CO₃浓度达到 10, 20, 30, 40 mmol·L⁻¹时,3 种生菜幼苗根系相对电导率较对照组均有不同程度的增加,其中,紫叶生菜为 35.9%、213.9%、238.8%、301.5%;玻璃生菜: 51.6%、154.2%、184.4%、211.1%;结球生菜 66.4%、178.8%、209.3%、271.7%,且 3 种生菜幼苗根系电导率的变化较对照组相比,均表现出显著性差异。结果表明,当 Na₂CO₃浓度为 10 mmol·L⁻¹时,对结球生菜幼苗的根系电导率影响最大,而当 Na₂CO₃浓度达到 20 mmol·L⁻¹或更高时,对紫叶生菜幼苗的根系相对电导率影响最大。由此可见,生菜幼苗根系在 Na₂CO₃胁迫下的反应较为敏感,在逆境条件下,生菜幼苗的根系电导率不断升高,说明幼苗根系细胞膜受到的伤害程度也不断加深,并且不同品种的生菜品种碱性盐抗性差异较大。

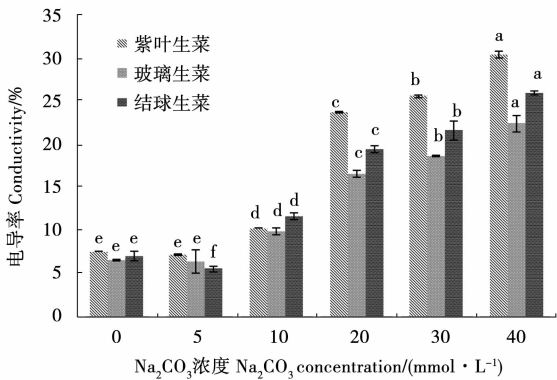


图 3 不同浓度 Na₂CO₃胁迫对生菜幼苗根系电导率的影响

Fig. 3 Effects of different concentrations of Na₂CO₃ on the electrical conductivity of lettuce roots

2.6 3 个生菜品种抗碱性盐的综合评价

由表 3 可知,通过不同 Na₂CO₃浓度下 3 种生菜种子 4 个发芽相关指标、幼苗 4 个根长及生物量相关指标和 2 个生理生化指标进行隶属函数法的综合分析评判。结果发现,其中紫叶生菜和玻璃生菜的碱性盐抗性相近,结球生菜的碱性盐抗性最弱。

表 3 生菜抗碱性盐隶属函数值及综合评价值

Table 3 Anti-alkaline salt membership function value and comprehensive evaluation value of lettuce

品种	相对发芽势	相对发芽率	相对发芽指数	相对盐害指数	相对根长	相对鲜重	相对干重	相对含水量	相对电导率	相对MDA	综合评价值	排序
Varieties	Relative germination potential	Relative germination rate	Relative germination index	Relative salt damage index	Relative root length	Relative fresh weight	Relative dry weight	Relative water content	Relative conductivity	Relative MDA	Comprehensive evaluation value	Order
紫叶	0.565	0.596	0.545	0.596	0.345	0.484	0.472	0.493	0.560	0.609	0.527	1
玻璃	0.628	0.630	0.596	0.630	0.302	0.421	0.459	0.422	0.571	0.601	0.526	2
结球	0.489	0.527	0.453	0.527	0.310	0.423	0.450	0.340	0.586	0.560	0.467	3

3 结论与讨论

当 Na₂CO₃ 浓度为 50 mmol·L⁻¹ 时,3 种生菜的萌发都受到了严重抑制,已达到了致死浓度。因此后续的一些试验也未对这一浓度进行讨论。

3.1 碳酸钠胁迫对生菜种子萌发特性的影响

本试验中通过研究种子的发芽势、发芽率、发芽指数及盐害指数来体现种子对萌发环境的适应程度。在 Na₂CO₃ 的胁迫下,低浓度的 Na₂CO₃ 对生菜种子的萌发有一定的促进作用,但当 Na₂CO₃ 浓度达到 20 mmol·L⁻¹ 时,Na₂CO₃ 对生菜种子萌发到显著性的抑制。且 Na₂CO₃ 的胁迫作用对紫叶生菜种子的萌发特性影响最大,对结球生菜种子的萌发特性影响最小。由于低浓度的 Na₂CO₃ 处理液对于生菜种子的萌发有一定的促进作用,试验仅在浓度为 5 mmol·L⁻¹ 时表现出这一特性,因此 Na₂CO₃ 处理液的最佳促进浓度仍需进一步通过缩小试验浓度梯度来寻找。

3.2 碳酸钠胁迫对生菜幼苗生长指标的影响

从生菜幼苗根长的变化可知,较高浓度的 Na₂CO₃ 胁迫严重影响了生菜幼苗根的生长。可能的原因有以下两种:①水是新陈代谢的重要物质条件,由于外界水势较低,导致幼苗根系吸水困难,植物根系细胞发生不同程度的皱缩,细胞膜的流动性受到了影响,从而导致内部代谢废物和有毒物质不能够及时排出到植物体外,抑制了根的生长;②高浓度的盐环境导致幼苗根系发生伤流,大量的无机离子、植物激素类以及氨基酸类从植物根部流失,从而影响了幼苗根系的正常生理代谢^[26]。本试验结果表明,随着 Na₂CO₃ 浓度的增加,3 种生菜幼苗的鲜重、干重及含水量均呈现出了先上升后下降的趋势,表明低浓度的 Na₂CO₃

对生菜幼苗鲜重的形成以及干物质的积累有一定的促进作用。综合 3 种生菜幼苗根长、鲜重、干重及含水量的变化情况,可以推断出 Na₂CO₃ 胁迫对紫叶生菜的影响最小,而对结球生菜的影响最大。

3.3 碳酸钠胁迫对生菜幼苗生理指标的影响

通过对 3 种生菜幼苗的丙二醛含量的变化程度的分析,发现当 Na₂CO₃ 浓度为 5 mmol·L⁻¹ 时,对紫叶生菜幼苗丙二醛含量的影响最大,对结球生菜和玻璃生菜的影响较小;当 Na₂CO₃ 浓度为 10 mmol·L⁻¹ 时,对结球生菜幼苗丙二醛含量的影响最大,对紫叶生菜和玻璃生菜的影响较小,而当 Na₂CO₃ 浓度达到 20 mmol·L⁻¹ 或更高时,对玻璃生菜的影响最大,对紫叶生菜和结球的影响较小。

从 3 种生菜幼苗的根系相对电导率的变化情况可以看出,当 Na₂CO₃ 浓度为 5 mmol·L⁻¹ 时,Na₂CO₃ 胁迫对结球生菜的幼苗根系相对电导率影响最大,对玻璃生菜和紫叶生菜的影响较小;当 Na₂CO₃ 浓度为 10 mmol·L⁻¹ 时,Na₂CO₃ 胁迫对结球生菜的幼苗根系相对电导率影响最大,对紫叶生菜和玻璃生菜的影响较小;当 Na₂CO₃ 浓度达到 20 mmol·L⁻¹ 或更高时,Na₂CO₃ 胁迫对紫叶生菜的幼苗根系电导率影响最大,对玻璃生菜和结球生菜的影响较小。

综上所述,不同浓度 Na₂CO₃ 胁迫对生菜种子萌发、幼苗的 MDA 含量及根系电导率变化均具有显著的影响,低浓度盐胁迫时,植株会通过自身的调节作用以适应胁迫环境,对植株生长具有一定的促进作用,但在高浓度碱性盐胁迫下,则会对植株生长产生抑制作用而造成减产。

参考文献:

[1] 刘爱华,王永飞. 土壤水分胁迫对生菜幼苗部分生理指标的影响[J]. 西北农业学报,2010,19(6):144-147.

- [2] 王爽,李晓晓,于成志,等.盐胁迫对三种叶用蔬菜生长及品质的影响[J].北方园艺,2015(20):13-16.
- [3] 祁向玲,邹志荣.NaCl胁迫对两品种生菜生理特性的影响[J].仲恺农业技术学院学报,2008(2):14-18,62.
- [4] 杨若鹏,李爷福,李杰.蛭石引发对盐胁迫下番茄种子萌发、幼苗生长及生理特性的影响[J].江苏农业科学,2018,46(4):135-139.
- [5] 刘庆华,雷逢进,刘秀丽,等.NaCl胁迫对山西主栽番茄品种种子萌发的影响[J].北方园艺,2018(17):59-63.
- [6] 赵跃锋,任晓雪,陈昆.盐胁迫对茄子种子萌发、光合指标及叶绿素荧光参数的影响[J].天津农业科学,2018,24(8):4-6,10.
- [7] 李双男,郭慧娟,王晶,等.不同盐碱胁迫对棉花种子萌发的影响[J].种子,2018,37(1):38-45.
- [8] 贺奇,王昕,马洪文,等.盐胁迫下梗稻种子发芽特性及耐盐性评价[J].中国稻米,2018,24(1):28-32.
- [9] 张凤银,陈禅友,高红霞.不同菜豆品种对NaCl盐胁迫的响应[J].江汉大学学报(自然科学版),2018,46(4):293-298.
- [10] 吴以学,艾天成,陈春.高浓度铬胁迫对生菜种子萌发及幼苗的影响[J].长江大学学报(自科版),2013,10(23):70-71.
- [11] 徐劼,胡博华,戈涛,等.镉胁迫对生菜种子萌发及幼苗生理特性的影响[J].湖北农业科学,2014,53(20):4892-4896.
- [12] 金晶炜,许岳飞,熊俊芬,等.砷胁迫对生菜种子萌发和幼苗细胞膜透性的影响[J].北方园艺,2009(12):50-52.
- [13] 傅宗正,张卫华.盐胁迫对五种紫色生菜种子萌发特性的影响[J].黑龙江农业科学,2017(9):64-69.
- [14] 徐卫红,徐秀芳.Na₂CO₃胁迫对生菜种子萌发的影响[J].上饶师范学院学报,2011,31(6):59-61.
- [15] 王学奎,黄见良.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2015.
- [16] 张志飞,武建新,曾宁波,等.66份白三叶种质资源萌发期耐盐性综合评价[J].草业科学,2018,35(9):2157-2165.
- [17] 朱亚,赵永平,王致和,等.盐胁迫对不同品种甜高粱种子萌发和幼苗生理特性的影响[J].江西农业学报,2017,29(7):9-13.
- [18] 王妮妮.混合盐碱胁迫对皂荚种子萌发的影响[J].东北林业大学学报,2017,45(4):14-18,27.
- [19] 窦声云,周学丽,莫玉花.Na₂CO₃胁迫对老芒麦和星星草种子萌发的影响[J].草业科学,2010,27(9):124-127.
- [20] 寇贺,曹敏建,那桂秋.Na₂CO₃和NaCl对大豆种子萌发胁迫效应的比较研究[J].种子,2007(12):27-31.
- [21] Munns R. Comparative physiology of salt and water stress[J]. Plant, Cell and Environment, 2002, 25(2):239-250.
- [22] Zhu J K. Cell signaling under salt, water and cold stresses[J]. Current Opinion in Plant Biology, 2001(5):401-406.
- [23] 韦小丽,徐锡增,朱守谦.水分胁迫下榆科三种幼苗生理生化指标的变化[J].南京林业大学学报(自然科学版),2005(2):47-50.
- [24] Tanji K K. Agricultural salinity assessment and management[M]. ASCE Publications,1996.
- [25] 张润花,郭世荣,李娟.盐胁迫对黄瓜根系活力、叶绿素含量的影响[J].长江蔬菜,2006(2):47-49.
- [26] 却志群,沈春修,陈林.NaCl胁迫对莴苣种子萌发与幼苗生长的影响[J].北方园艺,2013(9):12-15.

Effects of Sodium Carbonate Stress on Germination of Different Lettuce Seeds

WAN Fa-xiang,ZHANG Wei,CHEN Bo-qing

(College of Life Science and Food Engineering, Huaiyin Institute of Technology, Huaian 223003, China)

Abstract: In order to breed salt tolerant lettuce varieties, in this experiment, three different varieties of lettuce seeds (purple leaf lettuce, glass lettuce, and lettuce) were used as experimental materials to study the effects of Na₂CO₃ stress (0, 5, 10, 20, 30, 40 and 50 mmol·L⁻¹) on germination potential, germination rate, germination index, root length, biomass, malondialdehyde content and electrical conductivity. The results showed that the germination index and growth index showed a trend of increasing first and then decreasing under different concentrations of Na₂CO₃ stress. At the same time, the malondialdehyde content and root conductivity of the seedlings decreased first and then increased. It indicated that low concentration of Na₂CO₃ (5 mmol·L⁻¹) could promote the germination and seedling growth of lettuce. When the concentration of Na₂CO₃ was high (≥10 mmol·L⁻¹), it would inhibit the germination and growth of seeds. As the concentration of Na₂CO₃ increased, the inhibitory effect became more and more obvious. The subordinate function method was used to comprehensively analyze the indicators, and the alkaline salt resistance of the three lettuces was determined as follows: purple leaf lettuce ≈ glass lettuce > knotted lettuce.

Keywords: lettuce; sodium carbonate stress; seed germination