

刘志洋,刘 岩. 不同盐碱胁迫对桔梗种子萌发和幼苗生理特征的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(24):144-147.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.24.038

# 不同盐碱胁迫对桔梗种子萌发和幼苗生理特征的影响

刘志洋,刘 岩

(长春科技学院,吉林长春 130600)

**摘要:**以桔梗种子为材料,分别用浓度为 0、50、100、150、200、250 mmol/L 的  $\text{NaHCO}_3$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液胁迫处理种子,研究不同浓度的胁迫溶液对种子萌发和幼苗生理特征指标的影响。结果表明:当盐碱浓度不高于 50 mmol/L 时,胁迫溶液对桔梗种子萌发和幼苗生长无显著影响;当盐碱浓度为 100 mmol/L 时,桔梗幼苗丙二醛(MDA)含量与对照间差异不显著,且超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)活性达到最大值;当盐浓度达到 250 mmol/L 时,桔梗种子不能萌发和生长。由结果可知,桔梗种子和幼苗具有较强的耐盐碱能力,桔梗种子可在浓度不高于 100 mmol/L 的  $\text{NaHCO}_3$  或  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  胁迫处理下萌发和生长, $\text{Na}_2\text{CO}_3$  胁迫对桔梗幼苗的抑制作用强于  $\text{NaHCO}_3$  胁迫。

**关键词:**盐碱胁迫;桔梗;种子;萌发;发芽率;生理指标

**中图分类号:** Q945.78;S184 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)24-0144-03

桔梗(*Platycodon grandiflorus*)为桔梗科桔梗属多年生草本植物,含有皂苷、桔梗酸、桔梗糖、菊糖等多种成分,具有抗炎、抗肿瘤、降血糖、降血脂、镇静、解热等功效<sup>[1-2]</sup>,已被广泛应用于中药产品、畜禽饲料添加剂及保健品的开发中<sup>[3-4]</sup>。种子萌发和幼苗生长是植物生长的关键阶段,目前关于桔梗种子萌发和幼苗生长的研究多集中在干旱、低温、水分胁迫和浸种处理等方面<sup>[5-8]</sup>,而关于盐碱胁迫的研究鲜有报道。近年来,桔梗在吉林省得到了广泛种植和推广,特别是在西部地区,桔梗的种植面积在不断扩大,但是土地盐碱化已成为制约桔梗种植的重要因素。本试验通过模拟吉林省西部土壤的盐碱条件,研究不同盐浓度胁迫对桔梗种子萌发和幼苗生理特征的影响,以期对吉林省西部地区种植桔梗提供参考。

## 1 材料与方法

本试验于 2016 年 7—10 月在长春科技学院医药学院实验室中进行。

### 1.1 试验材料

桔梗种子购自茗州种业种植有限公司,经长春科技学院医药学院专家鉴定为桔梗(*Platycodon grandiflorus*)种子。

### 1.2 主要试剂

次氯酸钠、碳酸氢钠、碳酸钠等常规分析纯试剂,购自天津市科密欧化学试剂有限公司。

### 1.3 主要仪器

光照培养箱(型号为 GZH-158A),购自杭州汇尔仪器设备有限公司;高压灭菌锅(型号为 MLS 3780),购自日本三洋株式会社;分析天平(型号为 XS105DU),购自梅特勒-托利

多公司。

### 1.4 试验设计

分别用  $\text{NaHCO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  配制成浓度为 50、100、150、200、250 mmol/L 的胁迫溶液。采用滤纸上发芽法,将优质桔梗种子用 1%  $\text{NaClO}$  溶液消毒 4 min 后,用蒸馏水清洗干净,然后均匀排列在垫有双层滤纸的培养皿中,每个培养皿 100 粒,分别用 5 mL 不同盐碱浓度的溶液进行处理,每个处理 3 个重复,以蒸馏水处理为对照(CK),在温度为 25 ℃、光照度为 4 000 lx、光—暗周期为 12 h—12 h 的条件下进行培养,每天于同一时间统计种子的发芽情况,发芽后第 3 天计算发芽势,第 10 天计算发芽率和发芽指数。选择长势良好的桔梗幼苗,用蒸馏水冲洗干净后,用 Hoagland 液进行培养至定苗,每个蛭石钵选择生长一致的幼苗 20 株,待生长至 4 叶期时,分别加入上述不同浓度的胁迫溶液,以蒸馏水为对照,每个处理设 3 个重复,连续胁迫处理 7 d,测定各处理组桔梗叶片的生理指标。

### 1.5 种子萌发指标测定

相关公式如下:

发芽势 = (3 d 内发芽种子数/种子总数) × 100%;

发芽率 = (10 d 内发芽种子数/种子总数) × 100%;

发芽指数 =  $\sum G_i/D_i$ , 其中  $D_i$  为发芽时间,  $G_i$  为对应时间的发芽种子数;

相对盐害率 = (对照发芽率 - 胁迫发芽率)/对照发芽率 × 100%。

种子萌发后第 12 天,分别从每个重复中取 10 株幼苗,测量胚根长、胚芽长,并计算根芽比,同时称量幼苗鲜质量。根芽比 = (胚根长/胚芽长) × 100%。

### 1.6 幼苗生理指标的测定

参考相关文献测定桔梗叶片超氧化物歧化酶(superoxide dismutase,简称 SOD)、过氧化物酶(peroxidase,简称 POD)活性及丙二醛(malondialdehyde,简称 MDA)含量<sup>[9]</sup>。

### 1.7 数据的统计分析

用 SPSS 19.0 对试验数据进行统计分析。

收稿日期:2017-07-19

基金项目:长春科技学院科研启动基金(编号:2015017)。

作者简介:刘志洋(1983—),女,吉林长春人,硕士,讲师,主要从事园艺植物与植物生理研究。E-mail:liuzy83@163.com。

通信作者:刘 岩,硕士,副教授,主要从事中药材栽培与资源研究。E-mail:93140428@qq.com。

2 结果与分析

2.1 盐碱胁迫对种子萌发的影响

盐碱胁迫对种子发芽率、发芽势、发芽指数和相对盐害率的影响如表 1 所示。可以看出,随着胁迫溶液浓度的增加,种子的发芽率、发芽势、发芽指数逐渐降低,相对盐害率则逐渐增加;当盐浓度为 50 mmol/L 时,种子的发芽率、发芽势、发芽指数与对照组相比有不同程度的增加,相对盐害率降低,但差异均不显著;当盐浓度≥100 mmol/L 时,种子的发芽率、发芽

势、发芽指数显著低于对照组( $P<0.05$ ),相对盐害率则显著高于对照组( $P<0.05$ );当  $\text{NaHCO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的浓度 = 250 mmol/L 时,种子的发芽率、发芽势、发芽指数为 0,相对盐害率达到 100%。

$\text{NaHCO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  2 种胁迫溶液对种子萌发的影响存在一定的差异,当浓度为 150 mmol/L 时, $\text{Na}_2\text{CO}_3$  处理组种子的发芽势显著低于  $\text{NaHCO}_3$  组;当浓度为 200 mmol/L 时, $\text{Na}_2\text{CO}_3$  处理组种子的发芽率、发芽势显著低于  $\text{NaHCO}_3$  组, $\text{Na}_2\text{CO}_3$  处理则表现出更强的胁迫和抑制作用。

表 1 盐碱胁迫对种子萌发的影响

处理	盐浓度(mmol/L)	发芽率(%)	发芽势(%)	发芽指数	相对盐害率(%)
CK	0	94.25±3.24a	72.47±1.97a	32.21±1.03a	0±0f
$\text{NaHCO}_3$	50	95.07±4.10a	73.21±1.08a	32.67±2.00a	-0.87±0.08f
	100	85.69±2.92b	60.24±1.81b	26.56±1.07b	9.08±0.94e
	150	62.48±3.75c	39.05±0.96c	19.84±2.76c	33.71±1.15c
	200	40.02±1.73d	26.72±2.09e	12.61±2.77d	57.54±3.84b
	250	0±0f	0±0g	0±0e	100.00±0a
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	50	94.72±3.68a	74.29±2.15a	33.15±1.76a	-0.50±0.06f
	100	80.50±2.70b	56.45±2.11b	24.16±1.08b	14.59±0.88d
	150	58.19±1.68c	32.88±1.99d	15.23±2.95c	38.26±2.06c
	200	36.49±2.65e	19.13±2.34f	9.44±2.05d	62.34±3.25b
	250	0±0f	0±0g	0±0e	100.00±0a

注:同列数据后标有不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。下表同。

2.2 盐碱胁迫对幼苗生长的影响

盐碱胁迫对幼苗芽长、根长、鲜质量和根芽比的影响如表 2 所示。可以看出,随着盐碱浓度的增加,幼苗芽长、根长、鲜质量和根芽比逐渐降低,当盐浓度达到 250 mmol/L 时,幼苗不能生长。当盐浓度为 0、50、100 mmol/L 时,桔梗幼苗的芽长、鲜质量和根芽比差异不显著,但均显著高于其他处理组

( $P<0.05$ );当盐浓度为 150、200 mmol/L 时,桔梗幼苗的芽长差异不显著,但均高于盐浓度为 250 mmol/L 的处理组( $P<0.05$ );当盐浓度为 150 mmol/L 时,根长、鲜质量和根芽比均显著高于盐浓度为 200 mmol/L 的处理组( $P<0.05$ )。

在相同盐浓度条件下, $\text{NaHCO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  胁迫对幼苗的芽长、根长、鲜质量和根芽比无显著影响。

表 2 盐碱胁迫对幼苗生长的影响

处理	盐浓度(mmol/L)	芽长(cm)	根长(cm)	鲜质量(g)	根芽比(%)
CK	0	0.58±0.08a	1.85±0.13a	0.070±0.009a	3.19±0.17a
$\text{NaHCO}_3$	50	0.57±0.08a	1.84±0.10a	0.071±0.011a	3.20±0.23a
	100	0.45±0.09a	1.25±0.19b	0.057±0.015a	2.75±0.32a
	150	0.35±0.07b	0.68±0.08c	0.031±0.006b	1.96±0.27b
	200	0.23±0.06b	0.28±0.05d	0.015±0.005c	1.22±0.15c
	250	0±0c	0±0e	0±0d	0±0d
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	50	0.57±0.10a	1.87±0.25a	0.069±0.015a	3.28±0.26a
	100	0.41±0.08a	1.09±0.13b	0.048±0.012a	2.65±0.35a
	150	0.27±0.06b	0.57±0.09c	0.025±0.009b	2.05±0.28b
	200	0.16±0.07b	0.21±0.10d	0.016±0.005c	1.30±0.19c
	250	0±0c	0±0e	0±0d	0±0d

2.3 盐碱胁迫对幼苗生理指标的影响

不同浓度盐碱胁迫对桔梗幼苗叶片中 MDA 含量、POD 和 SOD 活性的影响如表 3 所示。可以看出,随着胁迫浓度的增加,幼苗叶片中的 MDA 含量逐渐增加,当盐胁迫溶液浓度大于 100 mmol/L 时,MDA 含量显著高于对照组;当盐浓度为 150 mmol/L 时, $\text{Na}_2\text{CO}_3$  胁迫组的 MDA 含量显著高于  $\text{NaHCO}_3$  胁迫组( $P<0.05$ ),说明在  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  胁迫下桔梗的膜脂过氧化程度高于  $\text{NaHCO}_3$  胁迫,对桔梗幼苗的损伤较大;在其他浓度下, $\text{Na}_2\text{CO}_3$  胁迫组的 MDA 含量略高于  $\text{NaHCO}_3$  胁

迫组,但差异不显著。

由表 3 还可以看出,POD 活性随着胁迫浓度的增加而逐渐升高,当盐浓度为 100 mmol/L 时达到最大值,之后逐渐降低;当盐浓度为 50 mmol/L 时,POD 活性显著高于对照组( $P<0.05$ );当盐浓度为 100 mmol/L 时,POD 活性显著高于除盐浓度为 50 mmol/L 外的其他处理组( $P<0.05$ );当盐浓度为 150 mmol/L 时,POD 活性下降,与对照组差异不显著;当盐浓度为 200、250 mmol/L 时,POD 活性显著下降( $P<0.05$ ),低于对照组。此外可以看出,不同类型的盐碱处理对

POD 活性无显著影响。

由表 3 还可见,SOD 活性先升高后逐渐降低,当盐浓度为 100 mmol/L 时,SOD 活性达到最大值,并显著高于其他处理组( $P<0.05$ );当盐浓度为 150 mmol/L 时,SOD 活性显著高于对照组( $P<0.05$ );当盐浓度为 200、250 mmol/L 时,SOD 活性显著下降,显著低于对照组( $P<0.05$ )。此外,不同类型盐碱处理对 SOD 活性无显著影响。

表 3 盐碱胁迫对幼苗生理特征的影响

处理	盐浓度 (mmol/L)	MDA 含量 ( $\mu\text{g/g}$ )	POD 活性 [U/(min·g)]	SOD 活性 [U/(min·g)]
CK	0	1.484 ± 0.057d	2.108 ± 0.105b	1.209 ± 0.087d
NaHCO <sub>3</sub>	50	1.586 ± 0.063d	2.517 ± 0.171a	1.544 ± 0.105c
	100	1.598 ± 0.045d	2.743 ± 0.118a	2.175 ± 0.122a
	150	1.687 ± 0.066c	2.205 ± 0.094b	1.813 ± 0.081b
	200	1.743 ± 0.067a	1.831 ± 0.090c	0.672 ± 0.045e
	250	1.805 ± 0.085a	1.650 ± 0.101c	0.452 ± 0.037e
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	50	1.594 ± 0.059d	2.506 ± 0.125a	1.540 ± 0.088c
	100	1.615 ± 0.072d	2.755 ± 0.130a	2.154 ± 0.116a
	150	1.701 ± 0.103b	2.154 ± 0.109b	1.921 ± 0.142b
	200	1.806 ± 0.100a	1.773 ± 0.098c	0.757 ± 0.055e
	250	1.877 ± 0.091a	1.582 ± 0.077c	0.526 ± 0.040e

3 讨论与结论

种子萌发过程中对盐分最为敏感,种子在吸收水分的同时也吸收萌发液中的盐离子,从而降低种子内水势,利于种子的萌发,但是浓度过高可导致离子毒害和渗透胁迫<sup>[10-11]</sup>。研究表明,桔梗具有一定的耐盐碱能力<sup>[12]</sup>,桔梗受到盐碱胁迫后,脯氨酸、可溶性糖等有机溶质的大量积累可提高植物的抗胁迫能力,降低胁迫伤害<sup>[13]</sup>。在本研究中,当盐碱胁迫浓度≤50 mmol/L时,对桔梗种子的萌发和幼苗的生长无显著影响,并在一定程度上促进了种子的萌发;当盐浓度≥100 mmol/L 时,桔梗种子的萌发和幼苗生长均受到了不同程度的抑制;当盐浓度达到 250 mmol/L 时,桔梗种子不能萌发生长。张晓燕等研究指出,当 NaCl 浓度≤100 mmol/L 时,桔梗细胞膜的相对透性可通过自身调节适应盐浓度的变化,但当盐浓度大于 100 mmol/L 时,细胞膜透性则逐渐增加<sup>[14]</sup>,与本试验结果一致。

由于毒害机制的差异,不同类型盐碱对种子萌发和生长的胁迫作用存在差别,碱性盐的胁迫作用强于中性盐,而且碱性盐的 pH 值可抑制水分的吸收并破坏细胞结构与功能<sup>[11,15]</sup>。本研究中 NaHCO<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 属于碱性盐,当盐浓度为 200 mmol/L 时,Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 处理组种子的发芽率、发芽势显著低于 NaHCO<sub>3</sub> 组,这可能是由于在相同浓度下 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 胁迫溶液的碱性稍强,产生 pH 值胁迫造成的。本研究发现,在相同盐浓度条件下,NaHCO<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 胁迫对幼苗的芽长、根长、鲜质量和根芽比无显著影响。

MDA 是膜脂过氧化的产物,其大小反映了膜的受损程度<sup>[16]</sup>。SOD、POD 分别是植物抗氧化系统的重要组成和活性较高的适应性酶,能直接反映植物修复能力和受损程度<sup>[17]</sup>。徐芬芬研究发现,随着 Na<sup>+</sup> 浓度的增长,菠菜幼苗 MDA 含量逐渐增加,SOD、POD 活性则呈先升高后降低的变化趋势,与本研究结果一致<sup>[16]</sup>。在本研究中,当盐碱浓度 ≤100 mmol/L 时,

桔梗 SOD、POD 活性增加,表明低浓度盐碱胁迫激发了桔梗种子的保护酶活性。本研究发现,NaHCO<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 2 种胁迫溶液对桔梗 SOD、POD 活性的抑制无显著差异,但可显著影响 MDA 含量,表明 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 胁迫对桔梗幼苗的抑制作用强于 NaHCO<sub>3</sub> 胁迫溶液,这与胁迫溶液的 pH 值胁迫有关,在相同浓度条件下,高 pH 值不但会消耗植物更多的能量,还可造成结构和功能的损伤<sup>[18]</sup>。

综上,不同浓度的 NaHCO<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 对桔梗种子萌发和幼苗生理的影响不同,随着盐碱胁迫溶液浓度的增加,种子的发芽率、发芽势、发芽指数、幼苗芽长、根长、鲜质量、根芽比逐渐降低,MDA 含量逐渐升高,SOD、POD 活性则先升高后降低;当盐浓度≤50 mmol/L 时,胁迫溶液对桔梗种子萌发和幼苗生长无显著影响;当盐浓度为 100 mmol/L 时,桔梗幼苗丙二醛含量与对照差异不显著,且超氧化物歧化酶和过氧化物酶活性达到最大值;当盐浓度达到 250 mmol/L 时,桔梗种子不能萌发和生长。初步判断,桔梗种子可在浓度不高于 100 mmol/L 的 NaHCO<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 胁迫处理下萌发和生长,Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 胁迫对桔梗幼苗的抑制作用强于 NaHCO<sub>3</sub> 胁迫。

参考文献:

[1]王 瑶,杨晓杰,张 晶,等. 料水比对桔梗多糖提取率及抗氧化活性的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医,2017(2):170-172.

[2]宋 宁,李柯妮,王康才,等. 根外喷施铜、锰、锌对桔梗生长及品质的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(9):285-289.

[3]Huang C W, Lee T T, Shih Y C, et al. Effects of dietary supplementation of Chinese medicinal herbs on polymorphonuclear neutrophil immune activity and small intestinal morphology in weanling pigs [J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,2012,96(2):285-294.

[4]张 岩,刘 颖,陶韵文,等. 传统中药材桔梗的研究进展[J]. 黑龙江医学,2013,37(7):638-640.

[5]刘自刚,沈 冰,张 雁. 干旱胁迫对桔梗种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2015,43(10):162-168.

[6]刘自刚,沈 冰,张 雁. 桔梗种子萌发对低温、干旱及互作胁迫的响应[J]. 生态学报,2013,33(8):2615-2622.

[7]王峰伟,马延康,焦广斌,等. 水分胁迫对桔梗生长发育的影响[J]. 西北师范大学学报(自然科学版),2010(5):5-8.

[8]陈 娟,雷 霁,王 磊,等. 4 种化学试剂浸种对桔梗种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 西北农业学报,2010,19(4):100-105.

[9]蔡庆生. 植物生理学实验[M]. 北京:中国农业大学出版社,2013:150-162.

[10]穆永光. 盐碱胁迫对紫穗槐生长和生理的影响[D]. 长春:东北师范大学,2016:4-7.

[11]代明龙,王 平,孙吉康,等. 盐碱胁迫对植物种子萌发的影响及生理生化机制研究进展[J]. 北方园艺,2015(10):176-179.

[12]贾晓东,任全进,浦 东,等. 耐盐碱药赏两用植物的筛选和利用[J]. 江苏农业科学,2010(6):287-289.

[13]郝 凤,刘晓静,张晓磊,等. 混合盐碱胁迫对紫花苜蓿苗期氮磷吸收及生理特性的影响[J]. 中国沙漠,2015,35(5):1268-1274.

[14]张晓燕,陶 梅,李春晓. 盐胁迫对桔梗试管苗渗透调节物质含量的影响[J]. 林业科技,2014,39(4):18-21.

高 宇,崔世茂,宋 阳,等. CO<sub>2</sub> 加富对番茄幼苗生长及光合特性的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(24):147-149.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.24.039

# CO<sub>2</sub> 加富对番茄幼苗生长及光合特性的影响

高 宇,崔世茂,宋 阳,孙世君

(内蒙古农业大学农学院,内蒙古呼和浩特 010019)

**摘要:**以番茄泰科宝石 F<sub>1</sub> 为试验材料,设 4 个 CO<sub>2</sub> 浓度(350 ± 50)、(600 ± 50)、(800 ± 50)、(1 000 ± 50) μL/L,分别对应 CK、C1、C2、C3 等 4 个处理探究 CO<sub>2</sub> 施肥对番茄幼苗生长和光合特性的影响。结果表明,苗期增施 CO<sub>2</sub> 显著提高番茄幼苗的株高、茎粗、叶面积,与 CK 相比,分别平均提高 12.52% ~ 53.21%、8.23% ~ 30.68%、16.40% ~ 64.16%,同时也显著提高番茄的净光合速率和胞间 CO<sub>2</sub> 浓度,较 CK 分别平均提高 5.34% ~ 23.96% 和 23.79% ~ 53.76%;降低了幼苗叶片气孔导度。随着 CO<sub>2</sub> 浓度增加,番茄幼苗的株高、茎粗、叶面积、叶片 SPAD 值和净光合速率均呈先增加后降低趋势,总体表现为:C2 > C3 > C1 > CK,即(800 ± 50) μL/L(C2)为最佳 CO<sub>2</sub> 施用量。

**关键词:**番茄;CO<sub>2</sub> 加富;幼苗生长;光合特性

**中图分类号:** S641.201 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)24-0147-03

番茄是世界上最主要的蔬菜之一,也是设施栽培面积最大的蔬菜之一,它的消费量在蔬菜中位居第二<sup>[1-2]</sup>。番茄不仅含有丰富的抗氧化物质和维生素,而且还具有预防心脏病和消除人体自由基等多种功能<sup>[3-4]</sup>。按照设施蔬菜栽培高产、优质、高效、生态、安全的要求,我国设施蔬菜取得了迅猛的发展。截至 2010 年底,我国设施蔬菜年种植面积分别占我国设施栽培面积的 95% 和世界设施园艺面积的 80%,成为世界上设施面积最大的国家<sup>[5]</sup>。在我国,设施园艺的发展基本解决了蔬菜供应不足的问题,但也存在一定问题。设施环境相对封闭,CO<sub>2</sub> 得不到补充,经常处于亏缺状态,被认为是影响作物生长发育和产量的重要因子<sup>[6]</sup>,因此对棚室作物补充 CO<sub>2</sub> 是提高作物产品产量的重要途径之一<sup>[7]</sup>。CO<sub>2</sub> 施肥能够促进作物生长和提高产量已有研究<sup>[8-12]</sup>。大量研究表明,CO<sub>2</sub> 施肥使得番茄植株株高、茎粗、叶面积等生长指标显著提高<sup>[3-19]</sup>。CO<sub>2</sub> 给植物提供了更多光合作用的原料,避免了由于 CO<sub>2</sub> 含量不足对光合作用产生限制。Wu 等认为,高浓度 CO<sub>2</sub> 有利于提高作物光合作用以及生长、产量和水分利用效

率<sup>[7]</sup>。本试验针对日光温室低浓度 CO<sub>2</sub>,探索 CO<sub>2</sub> 加富对番茄苗期生长和光合特性的影响,以期得到番茄温室栽培适宜的 CO<sub>2</sub> 施用量,为实现内蒙古日光温室蔬菜栽培的高产提供理论指导与技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试材料为泰科宝石 F<sub>1</sub> 番茄。育苗基质为蒙大育苗基质(由内蒙古蒙肥生物科技有限公司生产,主要成分为草炭、蛭石、腐熟羊粪)。

### 1.2 试验地概况

试验于 2017 年 4—7 月在内蒙古农业大学教学试验基地日光温室中进行。测得的当天温室气温见表 1。

表 1 测定当天 09:00—11:00 温室内气温

时间	各处理时间下的气温(℃)			
	6 d	12 d	18 d	24 d
09:00	26.5	26.5	25.0	24.0
10:00	29.0	33.0	29.0	30.5
11:00	32.0	35.0	35.0	30.5

### 1.3 试验设计

设置 4 个 CO<sub>2</sub> 浓度,(600 ± 50)、(800 ± 50)、(1 000 ± 50)、(350 ± 50) μL/L,分别计为 C1、C2、C3、CK 4 个处理。4 月 3 日于实验室浸种 4~6 h 后置于 28℃ 的培养箱中催芽,4 月 5 日进行播种育苗。育苗采用 50 穴的穴盘,每穴 1 粒,每处理 6 盘,3 次重复,播种后覆盖蛭石,浇透水。试验在同一温室内进行,采用随机区组设计,设 3 个处理和 1 个对照,每

收稿日期:2017-07-13

基金项目:国家自然科学基金(编号:31060269);内蒙古自治区科技计划(编号:20110710);教育部博士点基金(编号:20101515110005);山西省煤基重点科技攻关项目(FY201402-09)。

作者简介:高 宇(1990—),男,内蒙古包头人,硕士研究生,研究方向为设施园艺及抗性生理。E-mail:15849126675@163.com。

通信作者:崔世茂,教授,博士生导师,研究方向为设施园艺及抗性生理。E-mail:13789411831@163.com。

[15] 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, 54(1): 8-21.

[16] 徐芬芬. 盐碱胁迫对菠菜种子萌发的影响及其生理差异[J]. 种子, 2015, 34(1): 77-79.

[17] 李 莉, 张一弓, 贾纳提, 等. 盐碱胁迫下新疆野豌豆种子萌发及幼苗生理响应[J]. 草业学报, 2016, 25(9): 46-53.

[18] 代莉慧, 蔡 禄, 张鲁刚, 等. NaCl 和 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 胁迫对盐爪爪种子萌发过程中生理生化变化的研究[J]. 种子, 2011, 30(11): 53-55.