

doi:10.11937/bfyy.20180200

不同浓度硒处理对茄子幼苗生理特性及 硒富集的影响

潘绍坤¹, 鲁荣海¹, 向娟¹, 刘磊¹, 林立金², 陈玲¹

(1. 成都市农林科学院 园艺研究所, 四川 成都 611130; 2. 四川农业大学 果蔬研究所, 四川 成都 611130)

摘要:以茄子为试材,通过盆栽试验,将幼苗种植于不同浓度硒(0、5、10、25、50、75、100 mg·kg⁻¹)的土壤中,研究不同浓度硒对茄子幼苗生理特性及硒富集的影响。结果表明:随土壤硒浓度的增加,茄子幼苗的根系、茎秆、叶片和地上部分生物量及叶绿素含量呈降低的趋势,但均未表现出明显的毒害症状,说明茄子幼苗对土壤硒胁迫具有一定的耐性。随土壤硒浓度的增加,茄子幼苗的净光合速率和蒸腾速率呈先增加后降低趋势,而其胞间CO₂浓度和气孔导度则呈降低趋势。茄子幼苗的超氧化物歧化酶、过氧化物酶和过氧化氢酶活性随土壤硒浓度的增加呈先增加后降低的趋势,当土壤硒浓度为5 mg·kg⁻¹时,茄子幼苗的这3种抗氧化酶活性均达到最大值。茄子幼苗的根系、茎秆硒含量随土壤硒浓度的增加均呈增加的趋势,而叶片的硒含量则呈先增加后降低的趋势(最大值出现在土壤硒浓度为50 mg·kg⁻¹,其值为147.26 mg·kg⁻¹)。这些结果说明,茄子幼苗对硒胁迫的耐性较强,且硒富集量较高。

关键词:茄子幼苗;硒;生物量;光合作用

中图分类号:S 641.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2018)16-0013-06

1817年,非金属元素硒被瑞典化学家BERZELIUS发现并命名,刚开始一直被认为是一种有毒元素。直到1957年,SCHWARZ等^[1]首次证明了硒是动物的必需营养元素。随着医学的发展,硒被证明是人类和其它动物必需的微量元素之一,推荐的硒供给量为50~200 μg·d⁻¹^[2],硒的最大安全摄入量为400 μg·d⁻¹^[3]。硒具有抗癌、

抗衰老、防肿瘤和增强人体免疫力等作用^[4]。如果日常硒的摄入量不足,会导致大骨病、克山病、心脑血管等病症的发生^[5]。由于土壤中的硒含量普遍比较低,导致很多地区土壤存在缺硒的情况,其中在中国就有72%的地区不同程度的缺硒^[6]。随着生活水平的逐步提高,人们对自身的健康越来越重视,人体补硒开始逐渐得到关注,其中通过食用含硒量较高的食物是一条最为安全且有效的补硒途径,但如果长期通过食用硒含量较高的鱼、肉补硒则会造成补硒过量甚至硒中毒,而价廉物美的蔬菜可通过吸收土壤中的无机硒,将其转化为人体所需要的有机硒,并且蔬菜是人们日常生活的主要食物^[3,7]。因此,蔬菜成为了人体补充硒元素的重要途径。

近年来,施加外源硒对植物生长发育的影响已成为国内外研究的热点。茄子是人们日常膳食中最喜爱的蔬菜之一,且茄子生育期长,分枝及繁

第一作者简介:潘绍坤(1980-),女,四川乐山人,硕士,高级农艺师,现主要从事蔬菜育种及栽培技术等研究工作。E-mail:1464096735@qq.com.

责任作者:陈玲(1964-),女,本科,研究员,研究方向为蔬菜遗传育种与栽培。E-mail:365683649@qq.com.

基金项目:国家大宗蔬菜产业技术体系资助项目(CARS-23-G-34);四川省十三五育种攻关资助项目(2016NZ0033);四川蔬菜创新团队岗位资助项目(nycyt-x-31);成都市科技局重大专项资助项目。

收稿日期:2018-04-02

殖力强,分布广泛,茄子的根、茎、叶还可入药^[8],如果再搭配硒的保健功能,其效果更佳。杜振宇等^[9]研究表明,土壤含硒量在 $3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以下时,可促进茄子的生长和硒富集。另有研究表明,低浓度($<0.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)硒促进番茄幼苗生长,高浓度($>0.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)则抑制其生长^[10]。由于硒能在植物体内和土壤中累积,所以不同浓度的硒均可能对植物产生毒害作用^[11]。鉴于此,该试验以茄子为试材,在土壤中添加不同浓度的硒,研究不同浓度硒对茄子生理特性及硒富集的影响,以期对富硒蔬菜的开发提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试茄子品种为“蓉杂茄8号”,由成都市农林科学院园艺研究所提供。

1.2 试验方法

2017年5月,将取自成都市农林科学院农田的潮土风干,过5 mm筛,分别称取3.0 kg装于15 cm×18 cm(高×直径)的塑料盆内。将 $\text{Na}_2\text{O}_3\text{Se} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 溶液加入土壤中,使土壤硒含量分为0(CK)、5、10、25、50、75、100 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,保持土壤田间持水量为80%,放置60 d,不定期翻土混合,使土壤充分混合均匀。2017年6月,将茄子种子进行播种育苗,待5片真叶展开后移栽至盆中(2017年7月),每盆4株,每个处理重复5次。经常浇水以保持土壤田间持水量为80%。

1.3 项目测定

2017年9月,选取生长位置一致的成熟叶片,采用LI-6400便携式光合测定仪(LI-COR Inc., USA)测定其光合作用,人工控制 CO_2 浓度为400 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、温度为25℃、光照强度为1000 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,测定叶片净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)和胞间 CO_2 浓度(C_i),每处理3次重复,于每日10:00开始测定(30 min内测完),连续测定3 d。之后,取茄子幼苗中部位置相同的成熟叶片测定光合色素(叶绿素a、叶绿素b、叶绿素总量和类胡萝卜素)含量^[12]、超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化物酶

(POD)活性和过氧化氢酶(CAT)活性^[13]。最后,对茄子幼苗整株收获,用自来水将其根系、茎秆、叶片清洗干净,再用去离子水冲洗3次,于110℃杀青15 min,75℃烘干至恒质量,粉碎,按照氢化物发生-原子荧光光谱测定方法^[14]测定硒含量。

1.4 数据分析

试验数据均采用SPSS统计软件分析,差异显著性采用Duncan新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同浓度硒对茄子幼苗生物量的影响

由表1可知,当土壤硒浓度为5 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,茄子幼苗的生物量较对照有增加趋势,其根系、茎秆、叶片及地上部分生物量较CK分别增加了4.18% ($P < 0.05$)、21.08% ($P < 0.05$)、31.31% ($P < 0.05$)和25.60% ($P < 0.05$)。当土壤硒浓度高于10 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,随土壤硒浓度的增加,茄子幼苗的根系、茎秆、叶片及地上部分生物量均呈降低的趋势,说明土壤施硒抑制了茄子幼苗的生长,且土壤硒浓度越大,抑制作用越大。与CK相比,土壤硒浓度为10、25、50、75、100 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,茄子幼苗的根系生物量分别较CK减少了15.36% ($P < 0.05$)、29.92% ($P < 0.05$)、47.98% ($P < 0.05$)、53.64% ($P < 0.05$)、54.31% ($P < 0.05$),其地上部分生物量分别较CK减少了15.73% ($P < 0.05$)、31.50% ($P < 0.05$)、34.87% ($P < 0.05$)、39.97% ($P < 0.05$)、72.79% ($P < 0.05$)。从根冠比来看,当土壤硒浓度高于10 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,茄子幼苗的根冠比随土壤硒浓度的增加而增大,说明茄子幼苗以增加根系所占比重的方式增强其对硒胁迫的抗性。

2.2 不同浓度硒对茄子幼苗光合色素含量的影响

由表2可知,当土壤硒浓度为5 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,茄子幼苗的光合色素含量达到最高,其叶绿素a含量、叶绿素b含量及叶绿素总量较CK分别增加了7.11% ($P < 0.05$)、2.78% ($P < 0.05$)、6.04% ($P < 0.05$)。当土壤硒浓度高于10 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,茄子幼苗叶绿素b含量及叶绿素总量均随土壤硒浓度的增加而降低,这与其生

表 1 不同浓度硒对茄子幼苗生物量的影响

Table 1 Effects of different selenium concentrations on the biomass of eggplant seedlings

处理 Treatments/(mg · kg ⁻¹)	根系 Roots/(g · 株 ⁻¹)	茎秆 Stems/(g · 株 ⁻¹)	叶片 Leaves/(g · 株 ⁻¹)	地上部分 Shoots/(g · 株 ⁻¹)	根冠比 Root-shoot ratio
0(CK)	0.742±0.009b	1.390±0.012b	1.102±0.010b	2.492±0.022b	0.298
5	0.773±0.008a	1.683±0.014a	1.447±0.015a	3.130±0.029a	0.247
10	0.628±0.005c	1.177±0.015c	0.923±0.013bc	2.100±0.027c	0.299
25	0.520±0.007d	0.990±0.009d	0.717±0.007cd	1.707±0.016d	0.305
50	0.386±0.004e	0.972±0.006e	0.651±0.009d	1.623±0.015e	0.238
75	0.344±0.006f	0.889±0.013f	0.607±0.005e	1.496±0.018f	0.230
100	0.339±0.004g	0.500±0.008g	0.178±0.003f	0.678±0.011g	0.500

注:数据后的小写字母表示 5%水平的差异,下同。
Note: The data followed by lowercase letters indicate significant difference at 5% level, the same as follows.

表 2 不同浓度硒对茄子幼苗光合色素含量的影响

Table 2 Effects of different selenium concentrations on the photosynthetic pigment content in eggplant seedlings

处理 Treatments /(mg · kg ⁻¹)	叶绿素 a 含量 Chlorophyll a content /(mg · g ⁻¹)	叶绿素 b 含量 Chlorophyll b content /(mg · g ⁻¹)	叶绿素含量 Total chlorophyll content /(mg · g ⁻¹)	类胡萝卜素含量 Carotenoid content /(mg · g ⁻¹)	叶绿素 a/b Chlorophyll a/b
0(CK)	0.985±0.035c	0.324±0.005b	1.309±0.040b	0.196±0.007b	3.039
5	1.055±0.235a	0.333±0.074a	1.388±0.309a	0.212±0.037a	3.168
10	0.990±0.090b	0.316±0.034c	1.306±0.124c	0.188±0.012c	3.139
25	0.880±0.040d	0.286±0.005d	1.166±0.045d	0.184±0.007d	3.081
50	0.830±0.030e	0.259±0.011e	1.089±0.041e	0.157±0.004e	3.211
75	0.760±0.060f	0.231±0.030g	0.991±0.090f	0.133±0.002g	3.312
100	0.740±0.220g	0.241±0.072f	0.981±0.296g	0.151±0.032f	3.077

物量的变化规律一致,说明土壤硒抑制了茄子幼苗叶绿素的合成,进而降低其光合作用。土壤硒浓度为10 mg · kg⁻¹时,茄子幼苗的叶绿素 a 含量较 CK 增加了 0.51%($P<0.05$)。当土壤硒浓度高于 10 mg · kg⁻¹时,茄子幼苗叶绿素 b 含量分别较 CK 降低了 2.47%($P<0.05$)、11.73%($P<0.05$)、20.06%($P<0.05$)、28.70%($P<0.05$)、25.62%($P<0.05$)、16.81%($P<0.05$)、24.29%($P<0.05$)、25.06%($P<0.05$)。在不同硒浓度处理条件下,茄子幼苗的叶绿素 a 含量的降低幅度小于叶绿素 b 的降低幅度,说明茄子幼苗叶绿素 b 对硒的敏感性高于叶绿素 a。此外,茄子幼苗的叶绿素 a/b 随土壤硒浓度的增加呈增加的趋势,最大值(3.312)出现在土壤硒浓度为 75 mg · kg⁻¹。

2.3 不同浓度硒对茄子幼苗光合作用的影响

表 3 显示,当土壤硒浓度为 5 mg · kg⁻¹时,茄子幼苗的净光合速率和蒸腾速率在所有处理中最高,分别为 CO₂ 33.12 μmol · m⁻² · s⁻¹ 和

CO₂ 9.58 μmol · mol⁻¹,比 CK 增加了 11.37%($P<0.05$)和 3.60%($P<0.05$),净光合速率和蒸腾速率随着土壤硒浓度的增加,呈先上升后下降趋势,当土壤硒浓度为 75、100 mg · kg⁻¹时,茄子幼苗的净光合速率和蒸腾速率显著低于 CK($P<0.05$),表明低浓度的硒对茄子幼苗的净光合速率和蒸腾速率有一定的提高作用,但高浓度的硒抑制了茄子幼苗的净光合速率。茄子幼苗的气孔导度和胞间 CO₂ 浓度随着土壤硒浓度的增加呈显著下降趋势,当土壤硒浓度为 100 mg · kg⁻¹时达到最低,分别为 H₂O 0.037 mol · m⁻² · s⁻¹ 和 CO₂ 59.20 μmol · mol⁻¹,比 CK 降低了 96.27%($P<0.05$)和 80.44%($P<0.05$)。

2.4 不同浓度硒对茄子幼苗抗氧化酶活性的影响

从表 4 可以看出,随着土壤硒浓度的增加,茄子幼苗的 SOD、POD、CAT 活性呈先增加后降低的趋势。当土壤硒浓度为 5 mg · kg⁻¹时,茄子幼苗的 SOD、POD、CAT 活性达到最高,分别为 280.00 U · g⁻¹、6.58 U · g⁻¹ · min⁻¹ 和

表3 不同浓度硒对茄子幼苗光合作用的影响

Table 3 Effects of different selenium concentrations on the photosynthesis of eggplant seedlings

处理 Treatments/(mg·kg ⁻¹)	净光合速率 Pn/(CO ₂ μmol·m ⁻² ·s ⁻¹)	气孔导度 Gs/(H ₂ O mol·m ⁻² ·s ⁻¹)	胞间 CO ₂ 浓度 Ci/(CO ₂ μmol·mol ⁻¹)	蒸腾速率 Tr/(CO ₂ μmol·mol ⁻¹)
0(CK)	29.74±0.92e	0.991±0.053a	302.66±0.47a	9.25±0.45d
5	33.12±1.03a	0.959±0.047b	290.48±5.32c	9.58±0.41a
10	31.60±0.29b	0.856±0.068d	288.34±3.71e	9.04±0.31e
25	30.80±0.96c	0.850±0.040e	290.32±2.21d	9.43±0.20b
50	30.67±0.37d	0.912±0.062c	294.82±4.73b	9.39±0.25c
75	25.68±0.25f	0.346±0.037f	235.64±10.15f	5.55±0.43f
100	7.39±0.07g	0.037±0.001g	59.20±6.26g	0.78±0.02g

表4 不同浓度硒对茄子幼苗抗氧化酶活性的影响

Table 4 Effects of different selenium concentrations on the antioxidant enzyme activity of eggplant seedlings

处理 Treatments/(mg·kg ⁻¹)	超氧化物歧化酶活性 SOD activity/(U·g ⁻¹)	过氧化氢酶活性 CAT activity/(U·g ⁻¹ ·min ⁻¹)	过氧化物酶活性 POD activity/(U·g ⁻¹ ·min ⁻¹)
0(CK)	271.77±3.53c	2.83±0.63f	222.15±24.48g
5	280.00±7.06a	6.58±1.98a	589.44±11.31a
10	273.53±10.00b	4.73±1.43b	485.73±49.68b
25	270.85±18.56d	4.40±0.40c	474.33±10.92d
50	268.24±16.48e	3.65±0.35d	480.30±205.83c
75	242.94±2.94f	3.30±0.90e	444.77±127.70e
100	224.71±29.42g	2.16±0.30g	418.43±90.50f

589.44 U·g⁻¹·min⁻¹,其中 SOD 活性较 CK 提高了 3.03%($P<0.05$),而 CAT、POD 活性分别为 CK 的 2.33、2.65 倍。当土壤硒浓度为 25、50、75、100 mg·kg⁻¹时,茄子幼苗的 SOD 活性均低于 CK,分别较 CK 降低了 0.34%($P<0.05$)、1.30%($P<0.05$)、10.61%($P<0.05$)和 17.32%($P<0.05$)。只有土壤硒浓度为 100 mg·kg⁻¹时,茄子幼苗的 CAT 活性才低于 CK,较 CK 降低了 23.67%($P<0.05$)。土壤硒浓度为 10、25、50、75、100 mg·kg⁻¹时,茄子幼苗的 POD 活性均高于 CK,分别是 CK 的 2.19、2.14、2.16、2.00、1.88 倍。这些结果说明低浓度的硒处理能提高茄子幼苗的抗性。

2.5 不同浓度硒对茄子幼苗硒含量的影响

随土壤硒浓度的增加,茄子幼苗的根系硒含

量均呈增加的趋势,且各处理与 CK 相比均达显著水平($P<0.05$,表 5),而叶片硒含量呈先增加后降低再降低的趋势。在土壤硒浓度为 0 mg·kg⁻¹时,茄子幼苗各个器官硒含量的大小顺序为:根系>茎秆>叶片;在土壤硒浓度为 5、10、25、50、75 mg·kg⁻¹时,茄子幼苗各个器官硒含量的大小顺序为:根系>叶片>茎秆;在土壤硒浓度为 100 mg·kg⁻¹时,茄子幼苗各个器官硒含量的大小顺序为:根系>茎秆>叶片。当土壤硒浓度为 100 mg·kg⁻¹时,茄子幼苗的根系和茎秆硒含量最高,分别是 CK 的 76.11、6.76 倍;当土壤硒浓度为 50 mg·kg⁻¹时,茄子幼苗的叶片硒含量最高,是 CK 的 11.50 倍。这些结果说明在不同土壤硒浓度条件下,硒在茄子幼苗体内的分布是不相同的。

表5 不同浓度硒对茄子幼苗硒含量的影响

Table 5 Effects of different selenium concentrations on the selenium content in eggplant seedlings

mg·kg⁻¹

处理 Treatments	根系 Roots	茎秆 Stems	叶片 Leaves
0(CK)	21.32±0.65g	13.31±0.13g	12.81±0.11g
5	64.25±1.31f	15.83±0.21f	29.28±0.24f
10	151.98±4.64e	18.75±0.26e	43.33±0.38e
25	197.62±6.03d	38.44±0.33d	49.72±0.39d
50	441.80±11.73c	64.16±0.36b	147.26±3.45a
75	617.52±17.35b	89.94±0.49a	82.90±0.42b
100	1 622.89±24.89a	34.63±0.31c	59.86±0.44c

3 讨论与结论

试验研究表明,随土壤硒浓度的增加,茄子幼苗的根系、茎秆、叶片及地上部分生物量逐渐降低,这是因为植物受到外界环境胁迫后,其根系受损,根系的吸收能力下降,植株生长受阻所致^[15-16]。就根冠比而言,土壤施硒后茄子幼苗的根冠比有降低也有升高。

叶绿素是植物代谢过程中进行光合作用、同化物质的基础。林匡飞等^[17]研究发现,当土壤硒含量超过 $50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 后,水稻叶片叶绿素含量受到显著抑制。该研究表明,高于 $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的土壤硒浓度显著降低了茄子叶片光合色素含量,但有所不同的是呈现出一定的波状起伏,当土壤硒浓度为 $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,茄子幼苗的光合色素含量最大;当土壤硒浓度较高($\geq 10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)时,茄子幼苗的叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、叶绿素总量及类胡萝卜素含量均呈降低趋势。在光合作用过程中, CO_2 从空气中向叶片叶绿体光合部位的传播受到众多因素的影响(如胞间 CO_2 浓度、气孔导度等),而气孔是植物叶片中最重要的气体运输通道,直接控制了 CO_2 向叶片的传导以及叶片的蒸腾效率^[18]。该研究表明,茄子幼苗的净光合速率和蒸腾速率随着土壤硒浓度的增加呈先上升后下降趋势。当土壤硒浓度为 $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,净光合速率和蒸腾速率在所有处理中最大,说明低浓度硒对茄子幼苗的光合速率和蒸腾速率有一定的促进作用,但施高浓度硒时茄子幼苗开始受到胁迫,光合速率和蒸腾速率下降,从而影响光合作用。茄子幼苗的气孔导度和胞间 CO_2 浓度随着土壤硒浓度的增加呈显著下降趋势。

在逆境条件下,植物体内产生 O_2^- , 植物体内的 O_2^- 由 SOD 清除, H_2O_2 则由 CAT 及 POD 清除,其活性高低与植物抗逆性大小有一定相关性。在适度逆境诱导下活性增加,可以提高植物对逆境的适应能力^[19]。该研究表明,随着土壤硒浓度的增加,茄子幼苗的 SOD、POD、CAT 活性呈先增加后降低的趋势,且 POD、CAT 活性均显著高于 CK。当土壤硒浓度为 $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,茄子幼苗的 SOD、POD、CAT 活性达到最大值,这些结果说明低浓度的硒处理能提高茄子幼苗的

抗氧化酶活性,而高浓度的硒处理则抑制了茄子幼苗的抗氧化酶活性。

土壤施低浓度硒($\leq 3.00 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)条件下,茄子植株的硒含量随施硒量的增加而显著增加^[20]。张心敏等^[21]对茄子进行不同浓度(400、200、100、50、10 $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)的无机硒(Na_2SeO_3)溶液喷施处理试验,结果表明,喷施的硒浓度越高,茄子的硒吸收率越大。该研究表明,随土壤硒浓度的增加,茄子幼苗根系、茎秆和叶片中的硒含量较 CK 均显著增加。在土壤硒浓度为 $0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,茄子幼苗各个器官硒含量的大小顺序为:根系>茎秆>叶片;在土壤硒浓度为 5、10、25、50、75 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,茄子幼苗各个器官硒含量的大小顺序为:根系>叶片>茎秆;在土壤硒浓度为 $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,茄子幼苗各个器官硒含量的大小顺序为:根系>茎秆>叶片。

参考文献

- [1] SCHWARZ K, FOLTZ C M. Selenium as an integral part of factor 3 against dietary necrotic liver degeneration[J]. Journal of American Chemical Society, 1957, 79(12): 3929-3933.
- [2] LEVANDER O A. A global view of human selenium nutrition[J]. Annual Review of Nutrition, 1987, 7(1): 227-250.
- [3] 杨光圻. 膳食硒需要量和安全摄入量范围研究结果述要[J]. 营养学报, 1992(3): 318-321.
- [4] ZHAO C, REN J, XUE C, et al. Study on the relationship between soil selenium and plant selenium uptake[J]. Plant and Soil, 2005, 277(2): 197-206.
- [5] 施桂芳, 张江, 李红娟. 微量元素硒与相关疾病的营养治疗[J]. 微量元素与健康研究, 2001, 18(4): 51-52.
- [6] 刘金旭, 陆肇海, 苏琪. 家畜家禽的硒营养缺乏的调查研究: I. 我国饲料牧草含硒量的分布(初报)[J]. 中国农业科学, 1985, 18(4): 76-81.
- [7] 屈兰竺, 杨松杰, 嵯苏, 等. 微量必需元素硒的作用探析[J]. 中国农学通报, 2010, 26(7): 94-97.
- [8] 任英. 茄子的药用价值及其食疗[J]. 中国民间疗法, 1998(4): 55.
- [9] 杜振宇, 史衍玺, 王清华. 施硒对茄子吸收转化硒和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(3): 298-301.
- [10] 施和平. 植物中的硒及其生理作用[J]. 植物学报, 1995, 1(增): 31-36.
- [11] 王远亮. 生物硒的研究进展[J]. 生物化学与生物物理进展, 1987, 14(6): 28-34.
- [12] 郝再彬, 苍晶, 徐仲. 植物生理学实验[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004.
- [13] 张以顺. 植物生理学实验教程[M]. 北京: 高等教育出版

社,2009.

[14] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000.

[15] ŠOTTNÍKOVÁ A, LUNÁČKOVÁ L, MASAROVÍČOVÁ E, et al. Changes in the rooting and growth of willows and poplars induced by cadmium[J]. *Biologia Plantarum*, 2003, 46: 129-131.

[16] ZHOU W B, QIU B S. Effects of cadmium hyperaccumulation on physiological characteristics of *Sedum alfredii* Hance (Crassulaceae)[J]. *Plant Science*, 2005, 169: 737-745.

[17] 林匡飞, 徐小清, 金霞, 等. 硒对水稻的生态毒理效应及临界

指标研究[J]. *应用生态学报*, 2005, 16(4): 678-682.

[18] 应小芳, 刘鹏. 铝胁迫对大豆叶片光合特性的影响[J]. *应用生态学报*, 2005, 16(1): 166-170.

[19] 黄永杰, 杨集辉, 杨红飞, 等. 锌对水生生长及活性氧代谢的影响[J]. *中国农学通报*, 2009, 25(5): 160-164.

[20] 杜振宇, 史衍玺, 王清华. 施硒对茄子吸收转化硒和品质的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2004(3): 298-301.

[21] 张心敏, 丁霄霖, 秦昉, 等. 几种蔬菜的硒结合规律和农艺优化研究[J]. *无锡轻工大学学报*, 1997(4): 9-14.

Effects of Different Selenium Concentrations on Physiological Characteristics and Selenium Accumulation of Eggplant Seedlings

PAN Shaokun¹, LU Ronghai¹, XIANG Juan¹, LIU Lei¹, LIN Lijin², CHEN Ling¹

(1. Institute of Horticultural Research, Chengdu Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Chengdu, Sichuan 611130; 2. Institute of Pomology and Olericulture, Sichuan Agricultural University, Chengdu, Sichuan 611130)

Abstract: The pot experiment was conducted to plant the eggplant seedlings in the different concentrations (0, 5, 10, 25, 50, 75, 100 mg · kg⁻¹) of selenium (Se) soil, and the physiological characteristics and Se accumulation of eggplant seedlings were studied. The results showed that with the increase of soil Se concentrations, the roots, stems, leaves and shoots biomass, and the chlorophyll content of eggplant seedlings were significantly decreased, but there were no obvious symptoms of poison, indicating that the eggplant seedlings had a certain tolerance to Se stress. With the increase of soil Se concentrations, the net photosynthetic rate and transpiration rate of eggplant seedlings firstly increased and then decreased, while the intercellular CO₂ concentration and stomatal conductance decreased. The superoxide dismutase, peroxidase and catalase activities of eggplant seedlings firstly increased and then decreased with the increase of soil Se concentration, when the soil Se concentration was 5 mg · kg⁻¹, the antioxidase activity of eggplant seedlings reached the maximums. The Se contents in roots and stems of eggplant seedlings were increased with the increase of soil Se concentration, and the Se content in leaves were firstly increased and then decreased (the maximum value appeared in soil Se concentration was 50 mg · kg⁻¹, and its value was 147.26 mg · kg⁻¹). These results indicated that eggplant seedlings had strong tolerance to Se stress, and had higher Se accumulation.

Keywords: eggplant seedlings; selenium; biomass; photosynthesis