

# 苯甲酸及外源物质对番茄种子发芽的影响

宋小丽, 赵 祥

(山西农业大学 动物科技学院, 山西 太谷 030801)

**摘 要:**以番茄为试材, 设置 5 个梯度(0、100、150、200、250  $\mu\text{mol/L}$ ) 苯甲酸浓度胁迫处理番茄种子, 并外源添加不同浓度硝普钠(SNP)、蔗糖、维生素 C, 以探讨苯甲酸对番茄种子发芽的化感及消除化感的效应。结果表明: 随着苯甲酸浓度的增大, 番茄种子的发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数、化感效应指数均呈降低趋势, 说明苯甲酸对番茄种子发芽具有抑制作用; 外源添加 50  $\mu\text{mol/L}$  硝普钠、0.25% 蔗糖对苯甲酸抑制番茄种子发芽的缓解作用较好, 但 50  $\mu\text{mol/L}$  硝普钠对胚根生长具有抑制作用; 0.25 mmol/L 维生素 C 对苯甲酸抑制番茄种子的发芽和胚根生长均起到缓解作用。

**关键词:**番茄; 种子萌发; 化感物质; 苯甲酸; 硝普钠(SNP); 蔗糖; 维生素 C

**中图分类号:**S 641.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)07-0020-04

蔬菜根系可以通过释放化感物质产生促进或抑制蔬菜生长的化感作用。植物化感作用广泛存在于自然界中, 在农业生产中的应用也越来越广泛, 深入研究植物的化感作用有助于在农业生产中进行合理的轮作、间作和套作等, 对促进农业可持续发展具有重要意义<sup>[1-2]</sup>。

**第一作者简介:**宋小丽(1988-), 女, 河南永城人, 硕士研究生, 研究方向为草地生态学。E-mail: xl18235400237@126.com.

**责任作者:**赵祥(1970-), 男, 山西宁武人, 教授, 硕士生导师, 现主要从事草地生态和牧草生理生态等研究工作。E-mail: sxndzhaoxiang@126.com.

**基金项目:**山西农业大学引进人才科研启动资助项目(XB2008018)。

**收稿日期:**2013-12-17

作物根系分泌物中含有自毒物质, 这些自毒物质主要是酚类物质<sup>[3]</sup>。水稻(*Oryza sativa* L.) 秸秆腐解以及根分泌物中的自毒物质包括对-羟基苯甲酸、香豆酸、丁香酸、香草酸、杏仁酸和阿魏酸等<sup>[4]</sup>。大豆(*Glycine max* (L.) Merrill) 根系分泌物中的香豆酸、香豆醛和对-羟基苯甲酸抑制大豆幼苗的生长<sup>[5]</sup>。从黄瓜(*Cucumis sativus* L.) 根系分泌物中鉴定出了对-羟基苯甲酸、苯甲酸、2,5-二羟基苯甲酸、苯丙烯酸等 11 种酚酸类物质, 这些物质对黄瓜根系养分吸收等生理活动和幼苗生长具有直接的影响<sup>[6]</sup>。但苯甲酸对番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill.) 种子发芽的影响国内外相关报道尚不多见。该试验用番茄根系分泌物(苯甲酸)处理番茄种子, 找出合

## Effect of High Temperature Stress on Cell Membrane in Celery Seedlings

ZHU Xin<sup>1,2</sup>, SHEN Huo-lin<sup>2</sup>

(1. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094; 2. Tianjin Agricultural Demonstrated Center, Tianjin 300192)

**Abstract:** Taking 8 lines of celery with different heat resistance that screened out according to the observation of many years in the natural high temperature in summer of Tianjin and Beijing as materials, membrane stability, MDA content and protective enzyme activity were studied under high temperature stress. The results showed that the membrane stability of heat resistant lines were higher than heat sensitive lines, while MDA content was negatively correlated with heat resistance. Changes of each protective enzyme were not identical. CAT activity was positively associated with heat resistance. With the increase of heat treatment temperature, POD activity decreased, but the heat resistant lines increased less than heat sensitive lines in the same high temperature. There was significant difference in SOD activity between the lines, but no significant correlation between different lines.

**Key words:** celery; high temperature stress; membrane stability; MDA; protective enzyme system

适的苯甲酸抑制浓度,并采用硝普钠(SNP)、维生素 C、蔗糖研究苯甲酸抑制番茄种子发芽的缓解作用,旨在为明确番茄的自毒物质及深入研究番茄连作障碍机理奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试番茄 (*Lycopersicon esculentum* Mill.) 种子来自于寿光市诚农种业有限公司,品种为“诚丰 3 号”;苯甲酸为分析纯(AR),天津市天力化学试剂有限公司;维生素 C 为分析纯(AR),天津市福晨化学试剂厂;硝普钠为分析纯(AR),天津市天力化学试剂有限公司;蔗糖,为分析纯(AR),天津市天力化学试剂有限公司。

### 1.2 试验方法

1.2.1 苯甲酸胁迫试验 设置苯甲酸 4 个浓度,分别为 100、150、200、250  $\mu\text{mol/L}$ ,用 2% 酒精溶解苯甲酸,定容至 100 mL 棕色容量瓶中,以不含苯甲酸为对照(CK)。选用均匀大小的培养皿,底部垫 2 层粗滤纸,挑选饱满优质的待测番茄种子,用 2%  $\text{NaClO}$ (1:5)浸种 20 min,反复用蒸馏水冲洗 3 次,洗净后均匀置于培养皿中,每个培养皿播种 50 粒,每种处理设 3 次重复,将不同浓度苯甲酸 7 mL 滴加于培养皿中,人工气候箱内温度 25.0℃,相对湿度 85%,黑暗条件进行番茄种子萌发试验,气候箱内的最上层放 1 层报纸,从第 2 层开始依次向下放培养皿至倒数第 2 层,培养皿上盖 2 层湿毛巾,毛巾以手攥不滴水为宜,试验过程中隔天轮换添加等量的蒸馏水和苯甲酸溶液,保持各处理培养皿溶液浓度相对稳定。每天上午 10:00 和晚上 22:00 记录各培养皿中萌发的种子数,以露白为种子萌发的标准。

1.2.2 外源物质处理种子试验 选取 200  $\mu\text{mol/L}$  苯甲酸,分别设置苯甲酸 200  $\mu\text{mol/L}$ (CK<sub>1</sub>),硝普钠(SNP)+苯甲酸浓度 50、100、200、400  $\mu\text{mol/L}$ ,定容至 100 mL 容量瓶中;蔗糖+苯甲酸浓度 0.250%、0.375%、0.500%、1.000%,定容至 100 mL 容量瓶中;维生素 C+苯甲酸浓度 0.25、0.50、0.75、1.00 mmol/L,定容至 100 mL 容量瓶中。再次挑选饱满优质的待测番茄种子,培养、观测方法同苯甲酸胁迫试验。

### 1.3 项目测定

培养 7 d 计算种子发芽势、发芽率、发芽指数(GI)、活力指数(VI),并测量各处理幼苗的根重。发芽势(%)=发芽初期(规定日期内)正常发芽数/供试种子数 $\times 100\%$ ;发芽率(%)=发芽种子数(发芽总数)/供试种子总数 $\times 100\%$ ;发芽指数(GI)= $\sum(G_t/D_t)$ ;活力指数(VI)=GI $\times S$ ;化感效应指数 RI=1-C/T(当 T $\geq$ C 时),RI=T/C-1(当 T<C 时),其中:G<sub>t</sub>为种子第 t 天的发芽数,D<sub>t</sub>为相应的萌发处理天数,S 代表胚根鲜重,C 为对照值,T 为处理值。

## 1.4 数据分析

原始数据采用 SPSS Statistics 19.0 进行数据处理和统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 苯甲酸胁迫处理对番茄种子发芽的影响

表 1 表明,番茄种子发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数随苯甲酸胁迫浓度增大均呈降低趋势,250  $\mu\text{mol/L}$  苯甲酸处理的发芽势、发芽率与 CK 相比差异显著( $P<0.05$ ),200、250  $\mu\text{mol/L}$  苯甲酸处理组的发芽指数、活力指数与 CK 相比差异显著( $P<0.05$ ),表明苯甲酸胁迫对番茄种子的发芽具有抑制作用,且随苯甲酸胁迫浓度的增加抑制作用逐渐增强。

表 1 苯甲酸胁迫处理对番茄种子发芽的影响

Table 1 Effect of benzoic acid stress on the germination of tomato seeds

苯甲酸 Benzoic acid / $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	发芽势 Germination potential/ %	发芽率 Germination rate/ %	发芽指数 Germination index	活力指数 Vital index
CK	84.00 $\pm$ 4.00a	94.67 $\pm$ 1.33a	17.60 $\pm$ 0.20a	4.93 $\pm$ 0.56a
100	78.00 $\pm$ 1.15a	92.00 $\pm$ 3.06ab	16.78 $\pm$ 0.19a	4.82 $\pm$ 0.54a
150	78.00 $\pm$ 5.77a	91.67 $\pm$ 1.76ab	16.75 $\pm$ 0.32a	4.49 $\pm$ 0.85b
200	74.00 $\pm$ 2.31a	89.33 $\pm$ 4.37ab	14.31 $\pm$ 0.54b	4.01 $\pm$ 0.15c
250	55.33 $\pm$ 5.46b	86.00 $\pm$ 1.15b	12.90 $\pm$ 0.55c	1.77 $\pm$ 0.09d

注:同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ ),下同。

Note: Different small letters in the same column mean significant difference at 0.05 level. The same below.

### 2.2 苯甲酸胁迫处理番茄种子的化感效应指数

化感效应指数(RI)绝对值大小反映化感作用的强度,RI $\geq 0$ 表示不存在抑制作用,即呈促进作用,RI $< 0$ 表示存在抑制作用。表 2 表明,所有浓度苯甲酸胁迫的 RI $< 0$ ,说明苯甲酸胁迫对番茄种子的发芽和胚根生长起到抑制作用,且随浓度的增大化感效应指数逐渐降低,苯甲酸 200、250  $\mu\text{mol/L}$  胁迫处理时番茄种子发芽指数和活力指数分别与其它浓度处理差异显著( $P<0.05$ ),250  $\mu\text{mol/L}$  苯甲酸胁迫处理发芽势与其它浓度处理差异显著( $P<0.05$ )。

表 2 苯甲酸胁迫处理下番茄种子的化感效应指数

Table 2 Allelopathic effect index of tomato seeds under benzoic acid stress

苯甲酸 Benzoic acid / $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	发芽势 Germination potential/ %	发芽率 Germination rate/ %	发芽指数 Germination index	活力指数 Vital index
100	-0.07 $\pm$ 0.05a	-0.03 $\pm$ 0.04a	-0.04 $\pm$ 0.02a	-0.02 $\pm$ 0.02a
150	-0.07 $\pm$ 0.04a	-0.04 $\pm$ 0.01a	-0.05 $\pm$ 0.01a	-0.09 $\pm$ 0.01a
200	-0.11 $\pm$ 0.07a	-0.06 $\pm$ 0.04a	-0.19 $\pm$ 0.04b	-0.19 $\pm$ 0.04b
250	-0.34 $\pm$ 0.06b	-0.09 $\pm$ 0.02a	-0.27 $\pm$ 0.01c	-0.64 $\pm$ 0.01c

## 2.3 硝普钠消除苯甲酸胁迫对番茄种子发芽的影响

表3表明,硝普钠处理的受苯甲酸胁迫的番茄种子发芽势、发芽指数、活力指数均提高,与CK<sub>1</sub>相比差异显著( $P<0.05$ ),但活力指数显著低于CK<sub>1</sub>,随着处理浓度的增大,相关指数逐渐降低,表明所设浓度范围内50  $\mu\text{mol/L}$  硝普钠对苯甲酸胁迫的缓解作用最好。

表3 硝普钠消除苯甲酸胁迫对番茄种子发芽的影响

Table 3 Effect of sodium nitroprusside on the elimination of benzoic acid stress to the germination of tomato seeds

硝普钠 Nitroprusside / $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	发芽势 Germination potential/ %	发芽率 Germination rate/ %	发芽指数 Germination index	活力指数 Vital index
CK <sub>1</sub>	67.33±3.71a	88.00±2.31a	14.69±0.58a	3.96±0.16a
50	82.67±3.71b	92.67±1.76a	18.24±0.78b	3.47±0.15b
100	80.67±2.91b	91.33±1.33a	17.48±0.72b	2.80±0.11c
200	78.00±3.06b	95.33±4.67a	17.13±0.60b	2.05±0.07d
400	78.67±2.67b	93.33±2.40a	16.60±0.47ab	2.06±0.06d

## 2.4 蔗糖消除苯甲酸胁迫对番茄种子发芽的影响

表4可知,除蔗糖1.00%处理外,其它蔗糖处理组番茄种子发芽势、发芽指数与CK<sub>1</sub>相比差异显著( $P<0.05$ ),说明用不同浓度蔗糖处理苯甲酸胁迫下的番茄种子,其发芽速度快而整齐。1.00%蔗糖处理组的发芽指数、活力指数显著低于CK<sub>1</sub> ( $P<0.05$ ),其它浓度显著高于CK<sub>1</sub> ( $P<0.05$ ),表明高浓度1.00%蔗糖对苯甲酸胁迫起到促进作用,低浓度起到缓解作用,且以0.25%处理组效果最好。

表4 蔗糖消除苯甲酸胁迫对番茄种子发芽的影响

Table 4 Effect of sucrose on the elimination of benzoic acid stress to the germination of tomato seeds

蔗糖 Sucrose / %	发芽势 Germination potential/ %	发芽率 Germination rate / %	发芽指数 Germination index	活力指数 Vital index
CK <sub>1</sub>	67.33±3.71a	88.00±2.31a	14.69±0.58a	3.96±0.16a
0.250	82.67±3.71b	90.67±2.91a	18.87±0.50b	8.53±0.23b
0.375	73.33±4.06ab	89.33±1.76a	16.56±0.55a	8.28±0.28b
0.500	83.33±1.33b	89.33±4.67a	17.76±0.65b	7.11±0.26c
1.000	70.67±2.40a	91.33±0.67a	14.17±0.85a	1.03±0.06d

## 2.5 维生素C消除苯甲酸胁迫对番茄种子发芽的影响

由表5可知,0.25 mmol/L 维生素C处理的受苯甲酸胁迫处理的番茄种子的发芽势、发芽指数、活力指数显著高于CK<sub>1</sub> ( $P<0.05$ ),0.75、1.00 mmol/L 维生素C处理的苯甲酸胁迫下的番茄种子活力指数、发芽指数低于CK<sub>1</sub> ( $P<0.05$ ),表明0.25 mmol/L 维生素C对在苯甲酸胁迫下的番茄种子生长缓解效果最好。

表5 维生素C消除苯甲酸胁迫对番茄种子发芽的影响

Table 5 Effect of ascorbic acid on the elimination of benzoic acid stress to the germination of tomato seeds

维生素C Vitamin C / $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	发芽势 Germination potential/ %	发芽率 Germination rate/ %	发芽指数 Germination index	活力指数 Vital index
CK <sub>1</sub>	67.33±3.71a	88.00±2.31a	14.69±0.58a	3.96±0.16a
0.25	81.33±4.67b	92.00±2.00a	17.38±0.90b	6.78±0.35b
0.50	75.33±3.71ab	90.67±1.33a	15.89±0.65ab	3.17±0.13c
0.75	73.33±2.91ab	90.67±0.67a	14.38±0.07a	3.89±0.02a
1.00	68.67±5.93ab	93.33±2.91a	14.34±0.40a	3.15±0.09c

## 3 结论与讨论

化感物质是植物化感作用的媒介,主要通过挥发、雨雾从植物表面淋溶、植物根系分泌、植物残体或凋落物分解等4种途径释放并进入环境,被受体植物吸收而起作用<sup>[7]</sup>。化感作用可以增进对自然生物群落和生态系统结构本质的认识,有利于病虫害及杂草的控制和植物生长的调节<sup>[8]</sup>。香豆素、苯甲酸、羟基肉桂酸、阿魏酸等属于酚酸类物质,现在均被公认为化感物质<sup>[9]</sup>。

张恩平等<sup>[10]</sup>研究表明,苯甲酸是番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill)根系分泌的毒性较大的酚酸类物质之一,与番茄的连作障碍有密切关系。番茄根系所含有的化感物质对多种蔬菜具有生长抑制作用,化感物质浓度越高抑制作用越强,化感物质影响了种子萌发所需要的关键酶类及细胞分裂,使种子萌发过程中缺乏足够的能量,从而降低种子活力<sup>[11]</sup>,该试验证明苯甲酸是番茄根系分泌的化感物质,对番茄种子的发芽和胚根生长具有抑制作用,随苯甲酸浓度增大抑制作用逐渐加强,250  $\mu\text{mol/L}$  苯甲酸对番茄种子发芽和胚根生长的抑制作用最大。

番茄具有较强的自毒作用,但目前对其自毒物质的化学成分研究报道尚少<sup>[12]</sup>。该研究中苯甲酸均对番茄种子发芽和胚根生长均具有抑制作用,且浓度越高,抑制作用越强,表明苯甲酸是番茄的自毒物质。但番茄根系分泌物种类繁多,根系分泌的自毒物质成分及其作用途径、缓解作用等还有待进一步研究。

余细红等<sup>[13]</sup>研究表明,100  $\mu\text{mol/L}$  的 SNP 可有效促进供试油菜(*Brassica napus*)种子的萌发,提高油菜种子的发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数,促进油菜幼苗地上部分的生长,而高浓度的 SNP 对油菜种子萌发有抑制作用,且浓度越高抑制作用越明显。徐艳等<sup>[14]</sup>研究表明,PEG-6000 胁迫条件下,300  $\mu\text{mol/L}$  外源 SNP 处理能显著提高梭梭种子的萌发率,增加幼苗根系和茎伸长生长,提高根系和茎叶的干质量。张菊平等<sup>[15]</sup>研究表明,SNP 对辣椒(*Capsicum annuum* Linn.)种子萌发的影响为低浓度时有促进作用,高浓度时抑制。李江等<sup>[16]</sup>研究表明,0.15、0.60 mmol/L 的 SNP 能显著缓



解 125 mmol/L 的 NaCl 胁迫对水稻(*Oryza sativa* L)种子萌发的抑制,不同程度地提高早期的发芽率。该试验中 50  $\mu$ mol/L 硝普钠对苯甲酸的抑制作用在出苗速度和整齐度上有缓解作用,对胚根生长具有抑制作用,说明所设 SNP 浓度偏高,在所设处理范围内其它硝普钠浓度均不及 50  $\mu$ mol/L 对苯甲酸胁迫的缓解力度,说明所设硝普钠浓度中 50  $\mu$ mol/L 对苯甲酸的缓解作用最好,但 SNP 对苯甲酸胁迫的番茄种子活力指数的缓解浓度还有待进一步研究。

施加一定低浓度的蔗糖溶液有利于提高种子的发芽率,促进种子胚根的伸长,并且提高其简化活力指数,对早期幼苗侧根的生成影响极显著,利于大田生产<sup>[17]</sup>。该试验中 0.25%蔗糖对苯甲酸的抑制作用在出苗速度和整齐度及胚根生长有缓解作用,其它蔗糖浓度均不及 0.25%对苯甲酸的缓解力度。但关于蔗糖在化感物质胁迫下对植物种子发芽的研究还非常有限,该试验研究发现,外源添加低浓度蔗糖对番茄种子发芽、和胚根生长具有缓解作用,高浓度具有抑制作用,说明试验研究结果与其它相关研究相符。

维生素 C 在植物缓解氧化胁迫过程中起着非常重要的作用,同时也是细胞分裂、伸长的调控因素之一,维生素 C 可以拮抗由化学污染物苯甲醛对大豆(*Glycine max* (L) Merrill)种子造成的损伤作用,具体表现为有丝分裂指数和种子发芽率的提高,微核细胞率和染色体畸变率的降低<sup>[18]</sup>。该试验中维生素 C 在苯甲酸胁迫下对番茄种子的出苗速度和整齐度上有缓解作用,0.25 mmol/L 维生素 C 在苯甲酸胁迫下对番茄种子的发芽和胚根生长起到缓解作用,表明施加一定低浓度维生素 C 能减弱由番茄根系分泌的苯甲酸造成的胚根生长受抑制现象。

#### 参考文献

[1] 史荣钢. 植物根系分泌物的生态效应[J]. 生态学杂志, 2004, 23(1):

97-101.

[2] 申建波, 张福锁, 王敬国, 等. 化感作用与可持续农业[J]. 生态农业研究, 1999, 7(4): 34-37.

[3] Yu J Q, Sen Y S, Ya R Q, et al. Autotoxic potential of eueurbit crops [J]. Plant and Soil, 2000, 22(3): 147-151.

[4] Chou C H, Leu L L. Allelopathic substances and interactions of *Delonix regia* (Boj) Raf [J]. Chem Ecol, 1992, 18(12): 353-367.

[5] 杜英君. 连作大豆化感作用的模拟研究[J]. 应用生态学报, 1999, 10(2): 209-212.

[6] Yu J Q. Effects of root exudates of cucumber and allelochemicals Onion uptake by guettmber seedling[J]. Chem Ecol, 1997, 23(3): 817-827.

[7] Blum U, Shafer S R, Lehman M E. Evidence for inhibitory allelopathic interactions involving phenolic acids in field soils: concepts vs an experimental model[J]. Critical Reviews in Plant Science, 1999, 18(5): 673-693.

[8] 李亮亮, 李天来, 张恩平. 作物化感作用研究进展[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(25): 7738-7740.

[9] Chon S U, Choib S K, Jung S. Effects of alfalfa leaf extracts and phenolic allelo chemicals on early seedling growth and root morphology of alfalfa and barnyard grass[J]. Crop Protection, 2002, 21(10): 1077-1082.

[10] 张恩平, 衣宁宁, 李亮亮, 等. 番茄自毒物质对土壤养分的影响[J]. 西南农业学报, 2010, 23(3): 820-823.

[11] 黄高宝, 柴强, 黄鹏. 植物化感作用影响因素的再认识[J]. 草业学报, 2005, 14(2): 16-22.

[12] 彭少麟, 邵华. 化感作用的研究意义及发展前景[J]. 应用生态学报, 2001, 12(5): 780-786.

[13] 余细红, 向亚林, 詹海纯, 等. SNP 对油菜种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 热带农业工程, 2011, 35(5): 28-31.

[14] 徐艳, 余学军, 高岩, 等. NO 对渗透胁迫下梭梭种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 北京林业大学学报, 2011, 33(6): 65-69.

[15] 张菊平, 孟静静, 张焕丽, 等. 外源 NO 对辣椒种子萌发的影响[J]. 北方园艺, 2010(10): 43-45.

[16] 李江, 吴黄铭, 陈惠萍. 外源 CO 和 NO 对水稻种子萌发过程中干旱胁迫损伤的缓解效应[J]. 西北植物学报, 2011, 34(4): 731-738.

[17] 刘丽萍. 外援蔗糖对荞麦种子萌发、幼苗生长和黄铜积累及根系耐盐性的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2006.

[18] 徐明照, 姬惠惠. L-抗坏血酸对苯甲醛损伤大豆种子的拮抗作用[J]. 中国农学通报, 2008, 24(2): 229-232.

## Effect of Benzoic Acid and Exogenous Substances on the Germination of Tomato Seeds

SONG Xiao-li, ZHAO Xiang

(College of Animal Science and Technology, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801)

**Abstract:** Taking tomato as material, 5 different concentration of benzoic acid (0, 100, 150, 200, 250  $\mu$ mol/L) were set to stress tomato seeds, sodium nitroprusside (SNP), sucrose, ascorbic acid were added to explore the germination of tomato allelopathy and eliminate allelopathy effect. The results showed that with the increasing concentration of benzoic acid, tomato seed germination, germination rate, germination index, vigor index, allelopathic effect index showed decreasing trend, indicating that the acid inhibited germination of tomato seeds. Exogenous 50  $\mu$ mol/L sodium nitroprusside, 0.25% sucrose had the better relaxation effect on benzoic acid stress of tomato seed germination, but 50  $\mu$ mol/L sodium nitroprusside inhibited radicle growth. 0.25 mmol/L vitamin C had relaxation effect on inhibited tomato seed germination and radicle growth under benzoic acid.

**Key words:** tomato; seed germination; allelochemicals; benzoic acid; sodium nitroprusside (SNP); sucrose; vitamin C