

刘金龙, 辛寒晓, 范学明, 等. 盐胁迫下鱼蛋白多肽对樱桃番茄种子发芽特性的影响[J]. 江苏农业学报, 2017, 33(3): 662-666.  
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2017.03.026

## 盐胁迫下鱼蛋白多肽对樱桃番茄种子发芽特性的影响

刘金龙<sup>1</sup>, 辛寒晓<sup>2</sup>, 范学明<sup>2</sup>, 刘丽英<sup>1</sup>, 孙中涛<sup>1</sup>

(1. 山东农业大学生命科学学院, 山东 泰安 271018; 2. 山东佐田氏生物科技有限公司, 山东 济南 250000)

**摘要:** 为研究鱼蛋白多肽对樱桃番茄种子萌发过程中盐胁迫的缓解作用, 以樱桃番茄品种杭杂 5 号为试材, 在 100 mmol/L NaCl 胁迫下, 探讨不同浓度(0 g/L、1 g/L、3 g/L、5 g/L、7 g/L)的鱼蛋白多肽溶液浸种预处理对樱桃番茄种子发芽特性的影响。结果表明: 适宜浓度的鱼蛋白多肽对樱桃番茄种子浸种预处理后, 其发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、鲜质量、芽高、胚根长、胚根的抗氧化酶[超氧化物歧化酶(*SOD*)和过氧化物酶(*POD*)]活性明显提高, 丙二醛(MDA)含量显著降低, 且以 5 g/L 鱼蛋白多肽溶液处理效果最佳。说明一定浓度的鱼蛋白多肽浸种预处理能缓解盐胁迫对樱桃番茄种子萌发的影响。

**关键词:** 樱桃番茄; 发芽特性; 鱼蛋白多肽; 盐胁迫

**中图分类号:** S641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2017)03-0662-05

## Effects of fish protein polypeptide on salt-stressed cherry tomato seed germination

LIU Jin-long<sup>1</sup>, XIN Han-xiao<sup>2</sup>, FAN Xue-ming<sup>2</sup>, LIU Li-ying<sup>1</sup>, SUN Zhong-tao<sup>1</sup>

(1. College of Life Sciences, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China; 2. Shandong Zuotianshi Biotechnology Co. Ltd., Jinan 250000, China)

**Abstract:** The alleviation of salt stress by fish protein polypeptide were studied on cherry tomato Hangza5 subjected to different concentrations (0 g/L, 1 g/L, 3 g/L, 5 g/L, 7 g/L) of fish protein polypeptide. Seed germination characteristics were employed to indicate the alleviation. All concentrations of fish protein polypeptide generated increased germination rate, germination vigor, germination index, vigor index, fresh weight, seedling height and radical length, as well as superoxide dismutase (*SOD*) and peroxidase (*POD*) of cherry tomato but a declined content of malondialdehyde (MDA), among which, the concentration of 5 g/L showed the best effect. In conclusion, the fish protein polypeptide is capable of alleviating cherry tomato seed germination suppression caused by salt stress.

**Key words:** cherry tomato; germination characteristic; fish protein polypeptide; salt stress

樱桃番茄又名圣女果、珍珠果、小西红柿, 为茄科番茄属一年生草本植物, 含有丰富的维生素和番茄红素等多种生物活性物质<sup>[1]</sup>。因其具有降血压、

降胆固醇、提高人体抵抗力等功效, 而深受大众青睐<sup>[2]</sup>。近年来, 随着人们生活水平的提高及饮食结构的改善, 人们对食品消费方式与消费结构日趋多元化, 促使瓜果、蔬菜等农副产品的需求量越来越大, 栽培面积也随之逐年递增。然而, 由于工业污染物的大量排放、农业生产中不合理的灌溉及化学肥料的不科学施用等因素, 致使设施蔬菜地次生盐渍化呈加重趋势<sup>[3]</sup>。据报道, 我国盐碱地地区面积为 3 600 hm<sup>2</sup>, 约占总耕地面积的 10%<sup>[4]</sup>。盐胁迫是制

收稿日期: 2017-01-16

基金项目: 山东省科技重大专项(2015ZDXX0502B04)

作者简介: 刘金龙(1990-), 男, 天津蓟县人, 硕士研究生, 主要从事生物活性肽的生产技术与生物活性研究。(Tel)

15664440178; (E-mail) 1254702404@qq.com

通讯作者: 孙中涛, (Tel) 0538-8242908; (E-mail) zhtsun@sdau.edu.cn

约植物种子萌发的主要逆境因子之一<sup>[5]</sup>。种子萌发是植物发育起点,也是植物后期生长发育的基础,土壤盐分过高不仅影响种子的萌发,而且还会造成植物生理干旱,阻碍其正常生长,最终会严重制约中国设施蔬菜产业的发展<sup>[6]</sup>。大量研究结果证实,施用外源物质可以显著缓解盐胁迫对植物的伤害<sup>[7-12]</sup>。因此,研究可提高植物耐盐性的外源物质,对设施蔬菜产业的可持续发展具有重要意义。

鱼蛋白多肽是鱼蛋白的水解产物,主要以罗非鱼、草鱼和鲢鱼等海洋生物为原料,利用生物酶解技术制备的高分子化合物,具有较高的开发与利用价值<sup>[13-16]</sup>。周兆禧<sup>[17]</sup>等研究结果表明,多肽是第5大类植物激素以外的又一新型植物生长调节物质,在植物生长发育、作物产量提高、果实品质改善等方面具有重要调控作用。已有在玉米<sup>[18]</sup>、梨<sup>[19]</sup>、葡萄<sup>[20]</sup>、桃<sup>[21]</sup>、荔枝<sup>[22]</sup>和芒果<sup>[23]</sup>等作物上的应用研究,但在樱桃番茄上的研究尚未见报道。为了明确鱼蛋白多肽对盐胁迫下樱桃番茄种子萌发的促进效果及其最佳适用浓度,本研究在盐胁迫下,分析不同浓度的鱼蛋白多肽对樱桃番茄种子发芽特性的影响,为促进鱼蛋白多肽应用于盐碱地区樱桃番茄生产提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试樱桃番茄品种为杭杂5号,购自泰安市泰山区农大种业公司;NaCl(纯度>99.50%),购自天津市凯通化学试剂有限公司;鱼蛋白多肽(纯度>86.57%),由山东佐田氏生物科技有限公司提供。

### 1.2 试验方法

在预试验基础上,筛选出樱桃番茄中度盐胁迫的最佳浓度(100 mmol/L NaCl)。选择籽粒饱满、大小一致的樱桃番茄种子,经5%次氯酸钠消毒10 min后,用吸水纸吸干种子表面水分,再分别用不同浓度的鱼蛋白多肽溶液和等量蒸馏水浸种处理(表1)。浸种24 h后用蒸馏水冲洗干净,然后将其放置于垫有双层滤纸的培养皿(直径9 cm)内,分别在培养皿内添加10 ml 100 mmol/L NaCl溶液(对照组添加等量蒸馏水),每皿60粒,每个处理重复4次。于恒温培养箱(27±1)℃下黑暗培养。萌发期间定时定量补充NaCl溶液和蒸馏水。樱桃番茄种子萌发以胚根突破种皮为萌发标准,每天统计种子的萌发

情况,在第4 d统计发芽势,第7 d结束发芽试验。

表1 试验设计

Table 1 Test design

处理	鱼蛋白多肽浓度 (g/L)	NaCl 浓度 (mmol/L)
CK	0	0
T1	0	100
T2	1	100
T3	3	100
T4	5	100
T5	7	100

### 1.3 测定指标及方法<sup>[24]</sup>

发芽势( $GE$ )= $(N_4/T) \times 100\%$ ,  $N_4$ 表示第4 d发芽种子数,  $T$ 表示供试种子总数。发芽率( $GR$ )= $(N_7/T) \times 100\%$ ,  $N_7$ 表示第7 d发芽种子数。发芽指数( $GI$ )= $\sum G_t/D_t$ ,  $G_t$ 表示在 $t$ 时间内发芽数,  $D_t$ 表示相应的发芽天数。活力指数( $VI$ )= $GI \times S$ ,  $S$ 为幼苗平均鲜质量。

在第7 d发芽结束后,从每个处理随机选取20株樱桃番茄幼苗。用直尺测量胚根长和胚轴长,用分析天平称量樱桃番茄幼苗的鲜质量。采用氮蓝四唑还原法<sup>[25]</sup>测定超氧化物歧化酶( $SOD$ )活性,采用愈创木酚方法<sup>[25]</sup>测定过氧化物酶( $POD$ )活性,采用硫代巴比妥酸检测法<sup>[26]</sup>测定丙二醛(MDA)含量。

### 1.4 数据处理

采用Microsoft Excel 2013和SPSS 19.0软件对试验数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 盐胁迫下鱼蛋白多肽对樱桃番茄种子萌发的影响

由表2可知,在100 mmol/L NaCl(T1)单独处理时,樱桃番茄种子的发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数均显著低于对照组(CK),分别降低了44.88%、46.02%、56.47%、66.12%。采用1~7 g/L鱼蛋白多肽对樱桃番茄浸种预处理后,其发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数随着鱼蛋白多肽浓度的增加呈现先增高后降低趋势,其中以5 g/L鱼蛋白多肽溶液(T4)处理效果最佳,其发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数与T1相比,分别提高了59.95%、56.19%、71.71%、92.68%。

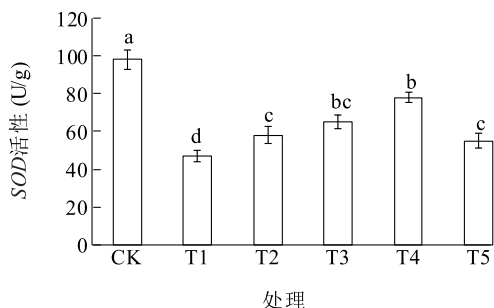
表 2 盐胁迫下不同浓度的鱼蛋白多肽对樱桃番茄种子萌发的影响  
Table 2 Effects of different concentrations of fish protein polypeptide on the germination of cherry tomato seeds under salt stress

处理	发芽率 (%)	发芽势 (%)	发芽指数	活力指数
CK	87.67±3.14a	51.33±2.17a	33.86±1.83a	1.21±0.71a
T1	48.32±1.71e	27.71±0.95d	14.74±0.74e	0.41±0.21d
T2	55.46±2.10d	35.23±1.28bc	18.64±1.42d	0.53±0.23c
T2	64.37±2.36c	36.36±1.72bc	21.17±1.73c	0.61±0.31bc
T4	77.29±2.71b	43.28±2.10b	25.31±1.93b	0.79±0.45b
T5	57.57±1.82d	30.14±1.31c	19.20±1.03c	0.59±0.27bc

各处理见表 1。同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

## 2.2 盐胁迫下鱼蛋白多肽对樱桃番茄幼苗生长的影响

在盐胁迫 (T1) 下, 樱桃番茄幼苗鲜质量、芽高和胚根长均有所下降, 与对照 (CK) 相比分别降低了 59.23%、49.21%、50.90% (表 3)。采用不同浓度的鱼蛋白多肽溶液对樱桃番茄浸种预处理后, 其鲜质量、芽高和胚根长均有不同程度提高, 其中 5 g/L 鱼蛋白多肽溶液 (T4) 处理增幅最大, 与 T1 相比, 分别提高了 73.31%、21.61%、48.85%。



各处理见表 1。不同小写字母表示处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

图 1 盐胁迫下不同浓度鱼蛋白多肽溶液对樱桃番茄种子胚根中 SOD、POD 活性的影响

Fig.1 Effects of different concentrations of fish protein polypeptide on SOD and POD activities of cherry tomato radicle under salt stress

## 2.4 盐胁迫下鱼蛋白多肽对樱桃番茄胚根丙二醛含量的影响

在盐胁迫 (T1) 下, 樱桃番茄胚根中 MDA 含量显著升高 ( $P < 0.05$ ), 与对照组相比提高了 1.65 倍 (图 2)。而随着施用鱼蛋白多肽浓度的增加, 樱桃番茄胚根中的 MDA 含量呈现先降低后升高趋势, 且处理间差异显著。其中 5 g/L 鱼蛋白多肽处理

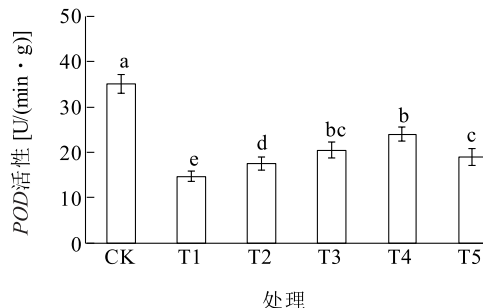
表 3 盐胁迫下不同浓度的鱼蛋白多肽对樱桃番茄幼苗生长的影响  
Table 3 Effects of different concentrations of fish protein polypeptide on the growth of cherry tomato seedling under salt stress

处理	鲜质量 (mg)	芽高 (cm)	胚根长 (cm)
CK	47.14±2.06a	7.56±0.86a	4.42±0.52a
T1	19.22±1.74d	3.84±0.33d	2.17±0.21e
T2	24.13±1.82c	4.10±0.42c	2.31±0.33d
T2	28.22±1.65bc	4.21±0.46c	2.83±0.35c
T4	33.31±1.52b	4.67±0.52b	3.23±0.42b
T5	23.22±1.44c	4.31±0.37bc	2.79±0.38c

各处理见表 1。同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

## 2.3 盐胁迫下鱼蛋白多肽对樱桃番茄胚根抗氧化酶活性的影响

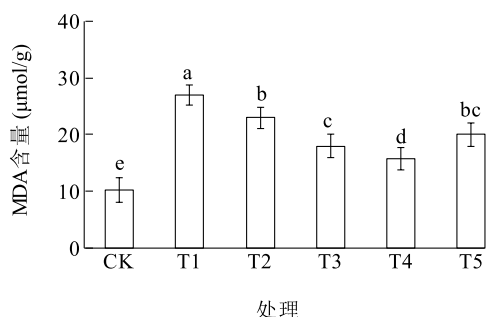
由图 1 可知, 在盐胁迫 (T1) 下, 樱桃番茄胚根的 SOD 和 POD 活性显著降低 ( $P < 0.05$ ), 与对照组 (CK) 相比分别降低了 52.04%、58.12%。采用不同浓度的鱼蛋白多肽溶液浸种预处理樱桃番茄种子, 有效地提高了胚根的 SOD 和 POD 活性, 这 2 种抗氧化酶活性均呈现先增高后降低的趋势。其中以 5 g/L 鱼蛋白多肽溶液 (T4) 处理效果最佳, 与 T1 相比, SOD 和 POD 活性分别提高了 65.96%、63.27%。



(T4) 效果最佳, 与 T1 相比降低了 41.48%。

## 3 讨论

种子萌发期是植物发育的起点, 也是衡量作物耐盐性强弱的关键阶段<sup>[27]</sup>。发芽率、发芽势及发芽指数能潜在地反映植物种子萌发速率、发芽整齐度和出苗健壮等特性, 活力指数可反映种子生长势和



各处理见表1。不同小写字母表示处理间差异显著( $P < 0.05$ )。

图2 盐胁迫下不同浓度鱼蛋白多肽溶液对樱桃番茄胚根中MDA含量的影响

Fig.2 Effects of different concentrations of fish protein polypeptide on MDA contents of cherry tomato radicle under salt stress

生长活力<sup>[28]</sup>。有研究表明,多肽是一类新型植物生长调节物质,在增强植物抗逆性方面发挥着重要调控作用<sup>[29-31]</sup>。本研究结果表明,在盐胁迫下,樱桃番茄种子的发芽率、发芽势、发芽指数及活力指数均明显下降。说明盐胁迫抑制了樱桃番茄种子的萌发。适宜浓度的鱼蛋白多肽溶液浸种预处理后,其发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数明显提高,而且樱桃番茄幼苗的鲜质量、芽高、胚根长也明显提高。说明鱼蛋白多肽可以有效缓解盐胁迫带来的负效应,提高樱桃番茄种子的芽率、发芽势、发芽指数和活力指数,并促进幼苗的生长。这与海藻糖<sup>[32]</sup>、腐植酸<sup>[33]</sup>等在番茄上的缓解效果相似。

通常植物机体活性氧(ROS)的产生与清除被多种抗氧化酶所调控而处于动态平衡状态。但在逆境时,机体内抗氧化防御系统功能紊乱,促使植物机体活性氧迅速积累,导致膜质过氧化加强,细胞膜受损<sup>[34]</sup>。*SOD*和*POD*是重要的抗氧化酶,在清除多余活性氧方面发挥着重要调控作用,同时是衡量机体抗逆强弱的重要参考指标。本研究结果表明,在盐胁迫下,樱桃番茄种子胚根的抗氧化酶(*SOD*和*POD*)活性明显降低。用适宜浓度的鱼蛋白多肽溶液对樱桃番茄种子浸种预处理后,其胚根的抗氧化酶(*SOD*和*POD*)活性显著提高,且以5 g/L的鱼蛋白多肽溶液浸种预处理效果最佳。说明鱼蛋白多肽缓解盐胁迫的效果存在明显剂量效应,这与韩广泉等<sup>[35]</sup>的研究结果一致。

在逆境下,植物机体活性氧代谢平衡被破坏,体

内活性氧大量积累,膜质过氧化,分解形成丙二醛(MDA),MDA含量的变化可作为衡量植物氧化损伤的指标之一<sup>[36]</sup>。本研究结果表明,在盐胁迫下,樱桃种子胚根的MDA含量明显提高。而适宜浓度的鱼蛋白多肽对樱桃番茄浸种预处理后,其胚根MDA含量显著降低。说明适宜浓度的鱼蛋白多肽溶液浸种预处理可以减轻樱桃番茄膜质过氧化,从而减缓盐胁迫对樱桃番茄种子萌发的抑制作用。这与张瑞腾等<sup>[37]</sup>的研究结果相似。

综上所述,盐胁迫下樱桃番茄种子的萌发明显受到抑制,而用5 g/L鱼蛋白多肽溶液对樱桃番茄种子浸种预处理后,其发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、鲜质量、芽高、胚轴长、胚根的*SOD*和*POD*活性明显提高,MDA含量显著降低。可见,适宜浓度的鱼蛋白多肽浸种预处理,能有效缓解盐胁迫对樱桃番茄种子萌发的抑制。

#### 参考文献:

- [1] 秦艳红,郇海燕,房祥军,等.超声波和巴氏杀菌后樱桃番茄汁的品质变化动力学[J].食品科学,2016,37(12):261-266.
- [2] 常培培,梁燕,张静,等.5种不同果色樱桃番茄品种果实挥发性物质及品质特性分析[J].食品科学,2014,35(22):215-221.
- [3] 鲍维巨,方巍,张琪晓,等.不同浓度NaCl胁迫处理对番茄种子发芽的影响[J].安徽农业大学学报,2011,38(2):227-231.
- [4] 赵莹,杨克军,李佐同,等.外源糖浸种缓解盐胁迫下玉米种子萌发[J].应用生态学报,2015,26(9):2735-2742.
- [5] 赵宁,徐志然,曲斌,等.外源 $\gamma$ -氨基丁酸对盐碱胁迫下甜瓜种子萌发的影响[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2016,42(1):40-46.
- [6] 罗黄颖,杨丽文,高洪波,等. $\gamma$ -氨基丁酸浸种对番茄种子及幼苗耐盐性调节的生理机制[J].西北植物学报,2011,31(11):2235-2242.
- [7] 苏江硕,陈素梅,管志勇,等.外源钙离子对NaCl胁迫下菊花幼苗生理特性的影响[J].江苏农业科学,2016,44(9):199-203.
- [8] 常青山,张利霞,黄青哲.外源NO供体硝普钠对NaCl胁迫下夏枯草种子萌发的影响[J].北方园艺,2016(11):155-160.
- [9] 侯林琳,张佳蕾,郭峰,等.盐胁迫下外源 $\text{Ca}^{2+}$ 对花生植株性状的影响[J].山东农业科学,2015,47(10):25-28.
- [10] 杨艺,常丹,王艳,等.盐胁迫下茉莉酸(JA)及茉莉酸甲酯(MeJA)对棉花种子萌发及种苗生化特性的影响[J].种子,2015,34(1):8-13.
- [11] 马光.外源一氧化氮对盐胁迫下大豆幼苗生理指标的影响[J].江苏农业科学,2015,43(7):96-97.
- [12] 韩金龙,李慧,蒯经,等.核黄素对盐胁迫下杜梨叶片抗氧化系统的影响[J].江苏农业学报,2015,31(4):893-898.

- [13] 张 岩,吴燕燕,李来好,等.酶法制备海洋活性肽及其功能活性研究进展[J].生物技术通报,2012(3):42-48.
- [14] 苏永昌,刘淑集,王 茵,等.罗非鱼多肽饮料的制备及抗氧化抗疲劳作用[J].福建水产,2013,35(2):112-117.
- [15] 陈丽丽,赵 利,白春清,等.草鱼多肽的抗氧化活性与抗疲劳作用研究[J].河南工业大学学报(自然科学版),2015,36(6):74-82.
- [16] 江虹锐,邵 勇,刘小玲,等.罗非鱼鱼皮胶原多肽对体外肠道肿瘤的影响[J].食品科学,2015,36(21):196-200.
- [17] 周兆禧,杜中军,陈业渊,等.多肽在农作物生长发育中的作用研究进展[J].广东农业科学,2008(11):145-147.
- [18] 任洪雷,李春霞,龚士琛,等.大豆多肽对玉米种子萌发及苗期生物效应的影响[J].安徽农业科学,2016,44(21):61-63.
- [19] 王长江,唐志鹏,李明富,等.多肽对青花梨品质和耐贮性的影响[J].安徽农业科学,2010,38(17):9195-9196.
- [20] 邓海燕,曾小岑,刘 萍,等.多肽及不同施肥配方对巨峰葡萄产量、品质和主要矿质元素吸收的影响[J].安徽农业科学,2011,39(6):3400-3404.
- [21] 郭 瑞,周 平,金 光,等.多肽对桃生长发育及品质的影响[J].中国南方果树,2015,44(3):141-143.
- [22] 李松刚,陈业渊,杜中军,等.多肽对荔枝成花、果实发育、产量和果实品质的影响[J].热带作物学报,2010,31(4):567-569.
- [23] 杜 邦,周兆禧,李贵利,等.多肽在凯特芒果上的应用效果[J].热带作物学报,2009,30(11):1608-1611.
- [24] 林桂玉,杨天慧,刘永光.外源 ABA 对盐胁迫下番茄种子萌发及生物发光的影响[J].北方园艺,2015(9):32-35.
- [25] 王学奎.植物生理生化实验原理和技术[M].2版.北京:高等教育出版社,2011.
- [26] 李合生.植物生理生化实验原理与技术[M].北京:高等教育出版社,2001:260-261.
- [27] 王占军,王 静,焦小雨,等.盐胁迫及外源钙处理对盐肤木种子萌发的影响[J].基因组学与应用生物学,2016,35(3):706-714.
- [28] 胡凯凤,孙丽芳,邓 杰,等.苏打碱胁迫对玉米种子萌发的影响[J].种子,2016,35(6):41-45.
- [29] 陶 亮.外源多肽对 NaCl 胁迫下巴西蕉幼苗生理特性的影响[D].海口:海南大学,2010.
- [30] 李效超,王 蕊,李新国,等.大豆多肽对巴西蕉幼苗抗冷性的影响[J].热带作物学报,2009,30(5):570-574.
- [31] 安佳佳,李新国,李茂富,等.大豆多肽对高温胁迫下巴西蕉幼苗生理特性的影响[J].中国农学通报,2010,26(19):387-391.
- [32] 马光恕,廉 华,杨 瑾,等.海藻糖对 NaCl 胁迫下番茄种子萌发的缓解效应[J].北方园艺,2010(1):38-40.
- [33] 马太光,李海平,郭秀霞,等.铅胁迫下腐植酸对番茄种子萌发及抗氧化系统的影响[J].山西农业大学学报(自然科学版),2016,36(8):572-575.
- [34] 王 蕊,王应军,马星宇,等.镉、铈对铜胁迫下豌豆幼苗抗氧化酶系统的影响[J].核农学报,2013,27(6):873-878.
- [35] 韩广泉,李 俊,宋曼曼,等.硒对盐胁迫下加工番茄种子萌发及抗氧化酶系统的影响[J].石河子大学学报(自然科学版),2010,28(4):422-426.
- [36] 杨 艺,常 丹,王 艳,等.盐胁迫下茉莉酸(JA)及茉莉酸甲酯(MeJA)对棉花种子萌发及种苗生化特性的影响[J].种子,2015,34(1):8-13.
- [37] 张瑞腾,张 佳,周可杰,等.NaCl 胁迫下腐植酸浸种对番茄种子发芽的影响[J].腐植酸,2016(2):11-14.

(责任编辑:张震林)