

邹文桐. 锌胁迫对白萝卜种子萌发、幼苗生长和生理的影响[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(3): 141-146.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.03.024

# 锌胁迫对白萝卜种子萌发、幼苗生长和生理的影响

邹文桐

(福建师范大学/近海流域环境测控治理福建省高校重点实验室福清分校, 福建福清 350300)

**摘要:**研究锌胁迫对白萝卜种子萌发和幼苗生长的影响, 以期为探索白萝卜生长发育的耐锌范围提供参考。以“八斤棒春不老”白萝卜为试验材料, 以锌离子( $Zn^{2+}$ )浓度为变量, 采用单因素随机设计, 设7个处理(0.00、0.09、0.17、0.35、0.70、1.04、1.39 mmol/L), 每个处理3个重复, 通过种子萌发试验来研究锌胁迫对白萝卜种子萌发和幼苗生长的影响。当锌浓度为0~0.35 mmol/L时, 白萝卜种子的发芽势、发芽指数、物质消耗率、贮藏物质消耗率、平均芽长、平均根长、平均单株鲜质量均呈现递增趋势, 均以Zn3处理(锌浓度0.35 mmol/L)的最大, 其值分别为53.00%、26.43、18.98%、75.96%、4.56 cm、11.56 cm和93.54 mg; 当锌浓度大于0.35 mmol/L时, 这些指标均下降。当锌浓度为0~0.17 mmol/L时, 白萝卜种子的发芽率、糖消耗率、蛋白质消耗率、蛋白酶活性、 $\alpha$ -淀粉酶活性、 $\beta$ -淀粉酶活性、 $\alpha + \beta$ 淀粉酶活性、平均单株干质量呈递增趋势, 均以Zn2处理(锌浓度0.17 mmol/L)的最大, 其值分别为65.67%、86.94%、28.67%、15.51  $\mu\text{g}/\text{min}$ 、2.58  $\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{min})$ 、12.88  $\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{min})$ 、15.47  $\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{min})$ 、11.01 mg, 相对电导率呈递减趋势, 以Zn2处理(锌浓度0.17 mmol/L)的最小, 其值为10.23%; 当锌浓度大于0.17 mmol/L, 除电导率递增外, 其他指标均下降。总之, 一定量的锌有利于提高白萝卜种子的萌发、幼苗的生长及酶活性, 但浓度过高则起抑制作用。

**关键词:** 锌; 白萝卜; 种子萌发; 幼苗生长; 生理特性

**中图分类号:** S631.101; Q945.78 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)03-0141-05

锌是植物生长的必需营养元素之一<sup>[1]</sup>, 同时也是一种对环境能产生毒害作用的重金属元素<sup>[2]</sup>。近年来, 由于锌矿开采、冶炼、镀锌加工的快速发展, 导致产生大量含锌工业“三废”, 人类将含锌工业“三废”作为改土剂或混合肥料施入土壤中, 致使土壤中的锌超常积累, 成为锌污染土壤<sup>[3]</sup>。华南地区某矿区农田周围的土壤含锌量高达690~4 000 mg/kg; 华北某污灌区土壤中锌含量超过1 500 mg/kg; 而长期施用污泥灌溉的地区, 土壤中锌含量高达370~470 mg/kg。锌污染的土壤造成农作物污染, 进而危害人类的健康<sup>[4]</sup>。关于锌胁迫对植物的生理毒害作用的研究, 国内已经有不少报道, 且主要集中于蓼珠芽<sup>[5]</sup>、高羊茅<sup>[6]</sup>、红小豆<sup>[7]</sup>和油菜<sup>[8]</sup>等植物上。由于蔬菜多被人们直接食用, 其体内重金属的超标将对人们的健康产生巨大的危害。白萝卜为十字花科萝卜属植物, 具有很高的医用和食疗价值, 其主要研究集中在汞<sup>[9]</sup>、铅<sup>[10]</sup>、

砷<sup>[11]</sup>和铜<sup>[12]</sup>等重金属胁迫下生理毒害作用, 在锌胁迫下生理毒害作用的研究较少。因此, 本研究以“八斤棒春不老”白萝卜品种为试验材料, 采用种子萌发试验, 研究锌胁迫对白萝卜种子萌发、幼苗生长和生理的影响, 以初步确定白萝卜生长的耐锌范围, 为十字花科萝卜属其他蔬菜锌胁迫下的耐性研究提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与处理

本试验白萝卜品种为“八斤棒春不老”。挑选大小均一、健康饱满的白萝卜种子, 用0.40%高锰酸钾进行表面消毒6 min, 用自来水冲洗数次, 再用去离子水反复冲洗, 最后用滤纸将水吸干后用于种子萌发试验。本试验设7个锌胁迫处理(表1)。种子先用去离子水浸种, 浸种时间均为3 h, 浸种温度为25  $^{\circ}\text{C}$ , 于生化培养箱中进行。浸种后的种子播种于铺有2张滤纸的9 cm培养皿中, 每皿播种50粒种子, 依次添加10 mL的各处理液, 每个处理3次重复, 将培养皿置于人工气候箱内(参数设定为温度20  $^{\circ}\text{C}$ , 光照14 h/d, 6 000 lx, 黑暗10 h/d, 湿度 $\geq$ 80%)培养, 培养期间每天补充相应的处理液以保

收稿日期: 2019-03-04

基金项目: 近海流域环境测控治理福建省高校重点实验室2017年度开放课题(编号: S1-KF1709)。

作者简介: 邹文桐(1981—), 男, 福建福清人, 硕士, 实验师, 主要从事植物营养生理生化研究。E-mail: wtz\_5267370@163.com。

持处理液浓度基本不变并维持一定湿度。原则是保证种子 2/3 浸没在处理液中,1/3 暴露在外面,以利于种子进行有氧呼吸。24 h 后,开始观察出芽情况(当胚根长 $\geq$ 种子长,胚芽长 $\geq$ 1/2 种子长时为发芽标准)<sup>[13]</sup>,发芽期间每隔 24 h 记录 1 次。

表 1 不同浓度锌胁迫处理

处理	锌( $Zn^{2+}$ )胁迫浓度 (mmol/L)
Zn0 (CK)	0.00
Zn1	0.09
Zn2	0.17
Zn3	0.35
Zn4	0.70
Zn5	1.04
Zn6	1.39

### 1.3 指标测定

电导率测定:处理 24 h 后采样,用电导仪法<sup>[14]</sup>测定电导率。

物质消耗率:处理 48 h 后采样测定,物质消耗率=(发芽前种子质量-发芽后种子烘干质量)/发芽前种子质量 $\times 100\%$ <sup>[15]</sup>。

贮藏物质消耗率:处理 48 h 后采样测定,贮藏物质消耗率=苗干质量(芽+根)/苗各部分干质量(芽+根+籽粒) $\times 100\%$ <sup>[15]</sup>。

$\alpha$ -淀粉酶活性、 $\beta$ -淀粉酶活性和 $\alpha + \beta$ 淀粉酶活性:处理 48 h 后采样,采用 3,5-二硝基水杨酸法<sup>[16]</sup>测定。

蛋白酶活性:处理 48 h 后采样测定,参照李延的方法<sup>[17]</sup>测定,其中酶液提取时将 0.5 g 种子加入 5 mL 的 50 mmol/L 的磷酸缓冲液(含 1% PVP,pH 值 7.0)在冰浴中研磨成匀浆,15 000 g 离心 20 min,倒出上清液即为酶提取液。然后取 1 mL 酶提取液加 2 mL 反应液(内含 1.5 mL 50 mmol/L pH 值 6.0 柠檬酸缓冲液,0.5 mL 新配制的 2% 牛血清蛋白),在 40 °C 下混合培养 2 h,加入 2 mL 10% TTC 终止反应,4 °C 过夜。12 000 g 离心 10 min,吸取 0.2 mL 上清液加 1 mL 无氨蒸馏水,0.1 mL 0.1% ASA 及 3 mL 水合茚三酮试剂,加塞,在沸水浴中反应 15 min,冷水冷却,在 570 nm 处测吸光度( $D_{570\text{nm}}$ )。

糖消耗率:处理 48 h 采样,糖含量测定参照华东师大生物系编写的方法<sup>[18]</sup>。糖消耗率=(发芽前种子糖含量-发芽后种子糖含量)/发芽前种子糖含量 $\times 100\%$ 。

蛋白质消耗率:处理 48 h 采样,蛋白氮含量测

定参照李合生的方法<sup>[16]</sup>。蛋白质消耗率=(发芽前种子蛋白氮含量-发芽后种子蛋白氮含量) $\times 6.25 / (发芽前种子蛋白氮含量 \times 6.25) \times 100\%$ 。

发芽指标:3 d 后统计发芽势,发芽势=前 3 d 发芽种子数/供试种子总数 $\times 100\%$ <sup>[19]</sup>;7 d 后统计发芽率,发芽率=7 d 内发芽种子数/供试种子总数 $\times 100\%$ <sup>[19]</sup>;发芽指数= $\sum G_i / D_i$ ,其中, $G_i$ 为在  $t$  时间内的发芽总数, $D_i$ 为发芽时间<sup>[20]</sup>;第 8 天测定芽长、侧根长<sup>[13]</sup>。

平均单株鲜质量、平均单株干质量参照鲁如坤的方法<sup>[21]</sup>进行测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 锌胁迫对白萝卜种子萌发的影响

试验结果表明,在不同浓度锌胁迫下,白萝卜种子的发芽情况有一定的差异(表 2)。白萝卜种子的发芽势、发芽率、发芽指数整体上呈先升后降的趋势,以 Zn3 处理的发芽势、发芽指数为最高,以 Zn2 处理的发芽率最高,与对照组(Zn0 处理)相比,分别提高了 20.45%、15.31% 和 12.28%。随着锌浓度的继续增加,白萝卜种子的发芽势、发芽率和发芽指数逐渐降低。方差分析结果表明,Zn3 处理的发芽势与 Zn2 处理、Zn4 处理、Zn5 处理之间差异均不显著,与 Zn0 处理、Zn1 处理、Zn6 处理的差异均达到极显著水平( $P < 0.01$ )。Zn3 处理的发芽率与 Zn2 处理、Zn4 处理之间的差异均不显著,与 Zn0 处理、Zn1 处理、Zn5 处理、Zn6 处理之间的差异均达到了极显著水平( $P < 0.01$ )。Zn3 处理的发芽指数与 Zn2 处理之间差异不显著,而与 Zn4 处理之间的差异达到显著水平,与 Zn0 处理、Zn1 处理、Zn5 处理、Zn6 处理之间的差异均达到了极显著水平( $P < 0.01$ )。

表 2 锌胁迫对白萝卜种子萌发的影响

处理	发芽势 (%)	发芽率 (%)	发芽指数
Zn0	44.00 $\pm$ 1.73cC	59.67 $\pm$ 0.58bcB	22.92 $\pm$ 0.11deBC
Zn1	47.67 $\pm$ 2.52bBC	61.00 $\pm$ 2.00bB	24.12 $\pm$ 0.14cB
Zn2	52.67 $\pm$ 2.52aA	65.67 $\pm$ 1.15aA	26.41 $\pm$ 0.32aA
Zn3	53.00 $\pm$ 1.00aA	65.33 $\pm$ 1.15aA	26.43 $\pm$ 0.36aA
Zn4	53.00 $\pm$ 2.65aA	65.00 $\pm$ 1.00aA	25.43 $\pm$ 0.86bA
Zn5	51.00 $\pm$ 1abAB	59.33 $\pm$ 1.15bcB	23.22 $\pm$ 0.29dBC
Zn6	47.67 $\pm$ 0.58bBC	58.33 $\pm$ 1.15cB	22.31 $\pm$ 0.83cC

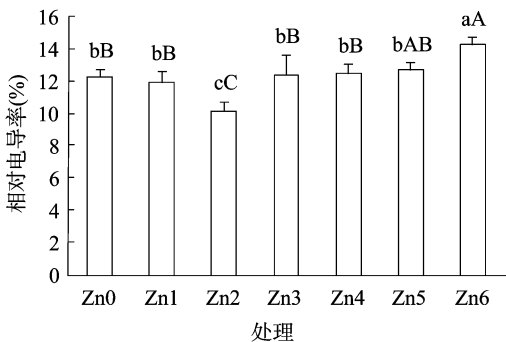
注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著,不同大写字母表示在 0.01 水平上差异显著。下表同。

可见,低浓度锌胁迫显著提高白萝卜种子的发芽势、发芽率和发芽指数,但当锌浓度超出一定范围后,则白萝卜种子的发芽势、发芽率、发芽指数开始显著或极显著降低。因此低浓度的锌有利于白萝卜种子的萌发,当浓度过高时则会出现抑制作用,反而不利于种子萌发。

## 2.2 锌胁迫对白萝卜种子电导率和消耗率的影响

### 2.2.1 锌胁迫对白萝卜种子相对电导率的影响

由图1可得,白萝卜种子的相对电导率随锌胁迫浓度的增加呈现出先降后升的趋势。在Zn2处理时,白萝卜种子的相对电导率达最低,与对照组(Zn0处理)相比,降低了17.03%,差异达到极显著水平( $P < 0.01$ ),当锌浓度超过Zn2处理后,相对电导率将开始逐步上升。在Zn6处理时,白萝卜种子的相对电导率达到最高,与对照组(Zn0处理)相比,极显著上升了15.98%。



不同小写字母表示在0.05水平上差异显著,不同大写字母表示在0.01水平上差异显著。下图同

图1 锌胁迫对白萝卜种子相对电导率的影响

### 2.2.2 锌胁迫对白萝卜种子物质消耗率的影响

由图2可知,白萝卜种子的物质消耗率随锌胁迫的加剧呈先增后减,在Zn3处理时,白萝卜种子的物质消耗率达到最大值,与对照组(Zn0处理)相比,极显著提高44.74%。随锌胁迫的继续加深,其物质消耗率开始下降。

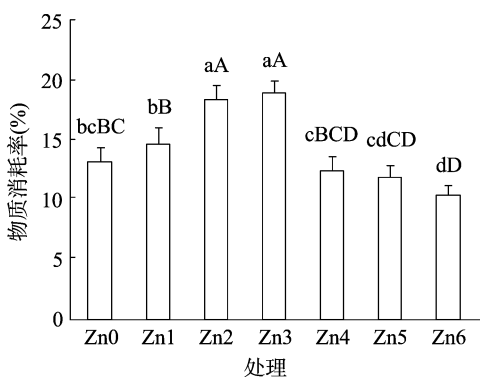


图2 锌胁迫对白萝卜种子物质消耗率的影响

2.2.3 锌胁迫对白萝卜种子贮藏物质消耗率的影响 试验结果(图3)表明,随锌浓度的增加,白萝卜种子的贮藏物质消耗率呈先增后减的趋势,在Zn3处理时达到最高值,与Zn0处理相比,提高了22.12%。方差分析结果表明,Zn3处理的贮藏物质消耗率与Zn2处理之间差异不显著,但与Zn0处理、Zn1处理、Zn4处理、Zn5处理、Zn6处理之间均有极显著差异( $P < 0.01$ )。

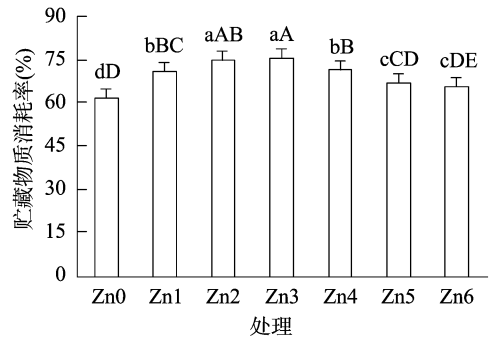


图3 锌胁迫对白萝卜种子贮藏物质消耗率的影响

2.2.4 锌胁迫对白萝卜种子糖消耗率的影响 从图4可以看出,随锌胁迫的加剧,白萝卜种子的糖消耗率在0~0.17 mmol/L时呈现上升的趋势,在Zn2处理时达到最高值,与对照(Zn0处理)相比,极显著提高11.86%。当锌浓度大于0.17 mmol/L(Zn2处理)时,白萝卜种子的糖消耗率逐渐下降,在Zn6处理时,糖消耗率达到最低,与对照组(Zn0)相比,下降了2.64%,但与对照组的差异不显著。

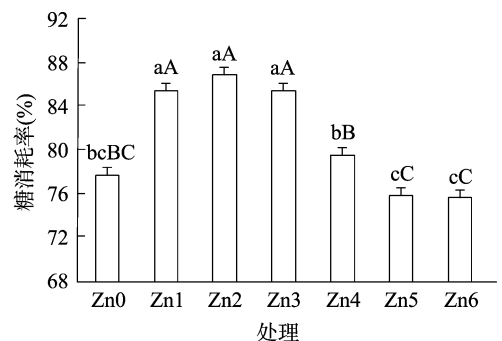


图4 锌胁迫对白萝卜种子糖消耗率的影响

### 2.2.5 锌胁迫对白萝卜种子蛋白质消耗率的影响

由图5可知,随锌浓度的增加,白萝卜种子的蛋白质消耗率在0~0.17 mmol/L时呈现增加的趋势,在Zn2处理时达到最高值,与Zn0处理相比提高了14.40%,差异达到极显著水平( $P < 0.01$ )。当锌浓度大于0.17 mmol/L(Zn2处理)时,其蛋白质消耗率呈逐渐减少,在Zn6处理时,蛋白质消耗率达到最低,

与对照组 (Zn0 处理) 相比,极显著下降了 78.13%。可见,一定浓度的锌胁迫可促进白萝卜种子的萌发,种子的萌发需要消耗种子里的各种物质,导致白萝卜种子物质的消耗(物质消耗率、贮藏物质消耗率、糖消耗、蛋白质消耗)增加,但当锌浓度过高时,高浓度的锌抑制白萝卜种子的萌发,进而减少种子内物质的消耗。因此一定浓度的锌胁迫加速种子内物质的消耗,但当浓度过高时反而降低种子内物质的消耗。

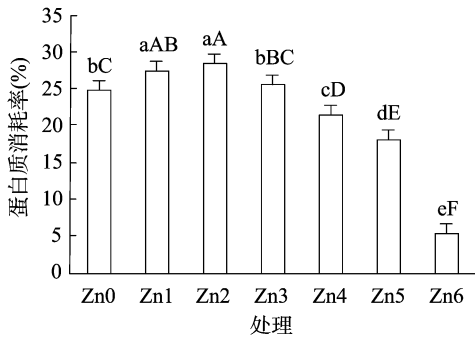


图5 锌胁迫对白萝卜种子蛋白质消耗率的影响

### 2.3 锌胁迫对白萝卜幼苗蛋白酶和淀粉酶活性的影响

#### 2.3.1 锌胁迫对白萝卜幼苗蛋白酶活性的影响

由图 6 可知,白萝卜幼苗蛋白酶的活性随锌浓度的增高呈现先升后降的趋势,在 Zn2 处理时其蛋白酶活性达到最大,与对照组 (Zn0 处理) 相比提高了

159.80%,与对照的差异达到极显著水平 ( $P < 0.01$ )。当锌浓度达到 0.35 mmol/L (Zn3 处理) 后,其蛋白酶活性受到抑制,开始呈现下降的趋势,在 Zn6 处理时,其活性达到最小值,与对照组 (Zn0 处理) 相比降低了 12.90%,与对照的差异不显著。

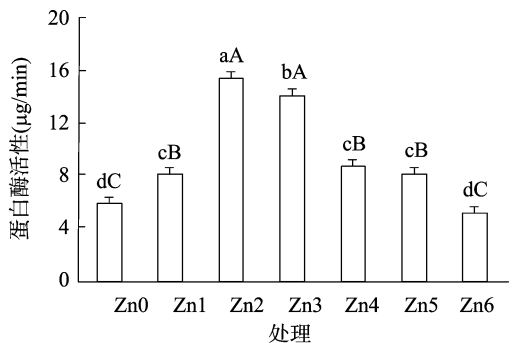


图6 锌胁迫对白萝卜幼苗蛋白酶活性的影响

#### 2.3.2 锌胁迫对白萝卜幼苗淀粉酶活性的影响

由图 7 可以看出,随锌浓度的增加,白萝卜幼苗淀粉酶活性具有一定的差异。 $\alpha$ -淀粉酶、 $\beta$ -淀粉酶、 $\alpha + \beta$  淀粉酶活性均随锌浓度的增加呈先升后降的趋势,均在 Zn2 处理(锌浓度为 0.17 mmol/L)时达到最高值,与对照组比较,分别提高了 159.00%、180.61%、177.24%。方差分析结果表明,Zn2 处理的  $\alpha$ -淀粉酶、 $\beta$ -淀粉酶和  $\alpha + \beta$  淀粉酶活性与 Zn0 处理、Zn1 处理、Zn3 处理、Zn4 处理、Zn5 处理、Zn6 处理之间都存在着极显著差异水平 ( $P < 0.01$ )。

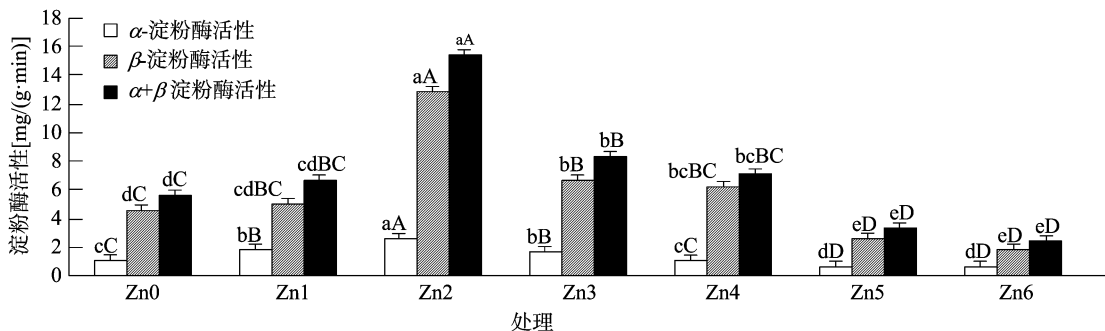


图7 锌胁迫对白萝卜幼苗淀粉酶活性的影响

### 2.4 锌胁迫对白萝卜幼苗生长的影响

试验结果(表 3)表明,随锌浓度的增加,白萝卜幼苗的生长具有一定的差异。白萝卜幼苗的平均芽长、平均根长、平均单株鲜质量和平均单株干质量均随锌浓度的增加呈先增后减的趋势,平均芽长、平均根长和平均单株鲜质量在 Zn3 处理时达到最高,与 Zn0 处理相比,分别极显著提高了 11.22%、23.90% 和 20.65%,而平均单株干质量在 Zn2 处理时达到最高,与对照相比,提高了 12.69%,

与对照的差异达到极显著水平 ( $P < 0.01$ )。因此低浓度的锌胁迫有利于白萝卜幼苗(平均芽长、平均根长、平均单株鲜质量、平均单株干质量)的生长,但当浓度过高时则会开始出现抑制作用,反而不利于白萝卜幼苗的生长。

## 3 讨论

种子萌发是植物感知外界环境的最初生命阶段,同时也是对外界环境变化最敏感的阶段<sup>[22]</sup>,种

表3 锌胁迫对白萝卜幼苗生长的影响

处理	平均芽长 (cm)	平均根长 (cm)	平均单株鲜质量 (mg)	平均单株干质量 (mg)
Zn0	4.10 ± 0.10cC	9.33 ± 0.56cC	77.53 ± 3.60bB	9.77 ± 0.34bCD
Zn1	4.37 ± 0.06bAB	9.78 ± 0.35cBC	79.51 ± 0.52bB	10.09 ± 0.12bBC
Zn2	4.53 ± 0.06aA	10.69 ± 0.54bAB	93.34 ± 5.14aA	11.01 ± 0.51aA
Zn3	4.56 ± 0.12aA	11.56 ± 0.78aA	93.54 ± 1.19aA	10.63 ± 0.17aAB
Zn4	4.28 ± 0.08bBC	9.41 ± 0.61cC	89.01 ± 0.24aA	10.06 ± 0.46bBC
Zn5	4.30 ± 0.06bBC	5.80 ± 0.18dD	75.74 ± 1.38bBC	9.66 ± 0.17bCD
Zn6	3.79 ± 0.11dD	3.69 ± 0.03eE	70.03 ± 1.11cC	9.14 ± 0.20cD

子萌发时期的生长状况直接影响到作物以后的生长和产量。本研究中,白萝卜种子的发芽势、发芽指数、物质消耗率、贮藏物质消耗率、平均芽长、平均根长、平均单株鲜质量均随锌胁迫浓度的增加呈先增后减的趋势,白萝卜种子的发芽率、糖消耗率、蛋白质消耗率、蛋白酶活性、 $\alpha$ -淀粉酶活性、 $\beta$ -淀粉酶活性、 $\alpha + \beta$ 淀粉酶活性、平均单株干质量随锌胁迫的加剧呈低促高抑效应,该研究结果与姜成等研究铜对萝卜种子<sup>[12]</sup>、王瀚等研究铅对萝卜种子<sup>[10]</sup>、房志浩等研究砷对萝卜种子<sup>[11]</sup>的研究有相同点但又有所不同,白萝卜对铜、铅和砷表现为低浓度促进高浓度抑制效应,低促说明白萝卜对低浓度的铜、铅、砷重金属具有一定的耐抗性,而本试验白萝卜部分种子萌发和生长指标对锌表现出中低浓度促进,这可能是由于锌不同于铜、铅和砷等重金属元素,锌本身也是植物生长的必需营养元素之一,所以白萝卜对锌的耐抗性高于对铜、铅和砷等其他重金属元素的耐抗性;高浓度锌抑制种子萌发各种指标可能是由于种子萌发成苗的过程中,必须有物质和能量的不断供应,而贮存物质分解需要酶的参与,因此,与贮存物质分解有关的酶活性降低是导致种子萌发受抑的重要原因,高浓度锌抑制白萝卜种子的淀粉酶活性、蛋白酶活力,导致淀粉、蛋白质的水解速度降低,使种子萌发所需的物质和能量供应不足,同时高锌破坏了白萝卜种子的膜结构,造成营养物质的外渗<sup>[23]</sup>。高浓度锌抑制白萝卜子叶的生长可能是由于大量锌进入体内,破坏白萝卜体内正常的生理代谢平衡,对白萝卜的光合、呼吸代谢等功能产生不良影响,从而使白萝卜生长不良<sup>[24]</sup>。本试验研究与李春龙研究汞对萝卜种子萌发的研究结果<sup>[9]</sup>不一致,汞对萝卜种子萌发的所有指标均表现抑制效应,可能是因为重金属汞的毒性比其他重金属强,白萝卜不属于超富集汞的重金属,对汞并没有表现出抗性。

## 4 结论

高浓度锌胁迫能显著降低白萝卜种子的萌发、子叶的生长和抑制酶活性,表现为白萝卜种子的发芽势、发芽率、发芽指数、物质消耗率、贮藏物质消耗率、糖消耗率、蛋白质消耗率、平均芽长、平均根长、平均单株鲜质量、平均单株干质量的降低,相对电导率的上升,蛋白酶活性、 $\alpha$ -淀粉酶活性、 $\beta$ -淀粉酶活性、 $\alpha + \beta$ 淀粉酶活性下降;但白萝卜对锌胁迫也表现出了一定的耐性,表现为在一定的胁迫程度下,其发芽指标、生长指标和酶指标均有所增加,并可初步判定白萝卜在锌离子浓度为 0.17 ~ 0.35 mmol/L 时表现出耐性。本研究结果为探讨白萝卜在锌污染土壤中的耐锌表现及十字花科萝卜属植物对重金属锌胁迫的耐性提供了参考。

## 参考文献:

- [1] Cakmak I. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species [J]. *New Phytologist*, 2000, 146 (2): 185 - 205.
- [2] 张远兵,刘爱荣,董建国. 9个高羊茅品种种子萌发和幼苗生长对锌胁迫的响应[J]. *中国生态农业学报*, 2010, 18(2): 371 - 376.
- [3] 顾继光,周启星,王新. 土壤重金属污染的治理途径及其研究进展[J]. *应用基础与工程科学学报*, 2003, 11(2): 143 - 152.
- [4] Liao J B, Wen Z W, Ru X, et al. Distribution and migration of heavy metals in soil and crops affected by acid mine drainage: Public health implications in Guangdong Province, China [J]. *Ecotoxicology and environmental safety*, 2016, 124: 460 - 469.
- [5] 赵玉红,蒙祖庆,牛歆雨,等. 铜、锌胁迫对珠芽蓼芽萌发及生理生化特性的影响[J]. *草地学报*, 2014, 22(1): 116 - 121.
- [6] 于凤鸣,刘玉艳,张海荣. 锌对高羊茅种子萌发及生理指标的影响[J]. *北方园艺*, 2013(17): 74 - 77.
- [7] 刘爱玉,郝梦霞. 铜和锌胁迫对红小豆种子萌发的影响[J]. *黑龙江农业科学*, 2014(4): 46 - 48.
- [8] 杨红飞,王友保,李建龙. 铜、锌污染对水稻土中油菜 (*Brassica chinensis* L.) 生长的影响及累积效应研究[J]. *生态环境学报*, 2011, 20(10): 1470 - 1477.

刘序,张如义,杨小建,等. 核桃叶水浸液对萝卜种子萌发的化感作用[J]. 江苏农业科学,2020,48(3):146-151.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.03.025

# 核桃叶水浸液对萝卜种子萌发的化感作用

刘序<sup>1</sup>,张如义<sup>1</sup>,杨小建<sup>2</sup>,王仕林<sup>1</sup>,周海燕<sup>1</sup>,刘丹<sup>1</sup>,李春<sup>2</sup>

(1. 四川省内江市农业科学院,四川内江 641000; 2. 内江市市中区农林局,四川内江 641000)

**摘要:**探究核桃农林复合经营模式中核桃叶对林下农作物生长的化感效应,以萝卜种子为受体,采用生物测定法研究不同质量浓度核桃叶水浸液(20 d 核桃叶腐解液、40 d 核桃叶腐解液和核桃叶浸提液)对萝卜种子萌发及生理特性的影响。结果表明,(1)核桃叶浸提液(E)、20 d 的降解液(D<sub>1</sub>)和40 d 的降解液(D<sub>2</sub>)均明显降低了萝卜种子的发芽率和种子活力指数,并延长了萝卜种子的平均发芽天数。同时,萝卜幼苗的苗高、根长和鲜质量在E、D<sub>1</sub>和D<sub>2</sub>高质量浓度(H)处理下受到明显的抑制作用,在低质量浓度(L)处理下表现促进作用。(2)萝卜种子内抗氧化保护酶活性在核桃叶水浸液E、D<sub>1</sub>和D<sub>2</sub>处理下表现出不同的变化规律,对过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)活性表现出抑制效应,但对超氧化物歧化酶(SOD)活性则表现出促进效应;相比于对照(CK),E、D<sub>1</sub>和D<sub>2</sub>处理均可以显著增加萝卜种子内丙二醛(MDA)的含量,在高质量浓度(EH、D<sub>1</sub>H、D<sub>2</sub>H)处理条件下的MDA含量增加最为明显,分别较CK增加42.1%、44.4%、53.6%。(3)随E、D<sub>1</sub>和D<sub>2</sub>处理液质量浓度的增加,萝卜种子内渗透调节物质可溶性糖(SS)和可溶性蛋白(SP)含量总体上表现出先增后减的趋势,且在低或中浓度下促进作用最为明显,而在高浓度下促进作用逐渐减弱甚至呈现抑制作用。综上,核桃叶释放的化感物质一方面通过降低SS、SP含量影响种子内部渗透调节物质累积和抑制各种抗氧化酶的活性而使抗氧化保护酶系统失衡,在两者共同作用下,受体植物萝卜种子萌发生长受到抑制。

**关键词:**核桃叶;萝卜;水浸液;种子萌发;生理特性;化感作用

**中图分类号:** S631.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)03-0146-06

收稿日期:2018-11-26

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2011BAC09B05)。

作者简介:刘序(1988—),女,四川内江人,农艺师,主要从事农作物遗传育种方面研究。E-mail:847408099@qq.com。

通信作者:王仕林,硕士,研究员,主要从事农作物遗传育种方面研究。E-mail:443033045@qq.com。

化感作用是供体植物分泌到环境中的次生代谢物(化感物质)对自然生态系统及农林农业产生的直接或间接、有利或不利影响的现象<sup>[1-2]</sup>;而化感物质可促进或抑制自然界不同受体植物种子萌发,在其生长发育、群落组成分布及生态系统平衡等过

[9]李春龙. 汞胁迫对萝卜种子萌发、幼苗根际土壤酶活性及土壤微生物的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(7):142-144.

[10]王瀚,何九军,杨小录. 重金属铅Pb(II)胁迫对萝卜种子萌发及幼苗叶绿素合成影响的研究[J]. 种子,2012,31(1):42-44.

[11]房志浩,臧淑艳,马原,等. 砷对黄瓜和萝卜种子萌发及其幼苗生长的影响[J]. 沈阳化工大学学报,2017,31(2):138-142.

[12]姜成,申晓慧,李春丰,等. 铜对黄瓜和萝卜种子萌发和生长的影响[J]. 种子,2012,31(11):16-17,22.

[13]邹文桐. 铅对芥菜种子萌发、幼苗生长及叶片光合色素含量的影响[J]. 云南农业大学学报,2012,27(4):556-561.

[14]张志良,瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 3版. 北京:高等教育出版社,2003:213-214.

[15]周青,曾庆玲,黄晓华,等. 3类抗性种子萌发对酸雨胁迫响应[J]. 生态学报,2004,24(9):2029-2036.

[16]李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2003:134-239.

[17]李延. 龙眼(*Dimocarpus longana* Lour)缺镁胁迫生理及调控

技术研究[D]. 福州:福建农业大学,1999:15-20.

[18]华东师范大学生物系植物生理教研组. 植物生理实验指导[M]. 上海:人民教育出版社,1981:149-150.

[19]张芬琴,金自学. 2种豆科作物的种子萌发对Cd<sup>2+</sup>处理的不同响应[J]. 农业环境科学学报,2003,22(6):660-663.

[20]北京植物生理学会编. 植物生理生化进展(IV)[M]. 北京:科学出版社,1986:154.

[21]鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,1999:203-206.

[22]Chen Y X, He Y F, Luo Y M, et al. Physiological mechanism of plant roots exposed to cadmium[J]. Chemosphere, 2003, 50(6): 789-793.

[23]李延,谢丽静,焦存来,等. Ca<sup>2+</sup>对苯丙烯酸胁迫下黄瓜种子萌发特性的影响[J]. 核农学报,2010,24(6):1309-1313.

[24]邹文桐,曹智. 铜锌复合胁迫对菜薹种子萌发、幼苗生长及子叶生理代谢的影响[J]. 云南农业大学学报(自然科学),2018, 33(4):632-639.