



# 外源 SA 浸种对 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 胁迫下黄瓜种子萌发的影响

孙彤彤,武春成,宋士清

(河北科技师范学院,河北 秦皇岛 066000)

**摘要:**为研究外源 SA 浸种对  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫下黄瓜种子萌发的影响,以黄瓜绿岛 7 号为试验材料,首先分别进行 0、60、80、100、120、140、160  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  SA 浸种和 0、100、120、140、160、180  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫两个预试验,比较种子发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数后选择用 80  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  的 SA 浸种,测定 120  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫下黄瓜种子发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数、 $\alpha$ -淀粉酶活性等指标。结果表明:SA 浸种显著提高了  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫下黄瓜种子的发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数和  $\alpha$ -淀粉酶活性,分别提高了 10.72%、6.67%、10.15%、71.70%和 120.56%。说明 SA 浸种对  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  逆境胁迫下黄瓜种子萌发有明显的促进作用和缓解伤害的作用。

**关键词:**水杨酸; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫;黄瓜;种子

温室作为现代设施农业产业中的主体,在解决我国蔬菜供应、提高农民收入、改善城乡居民生活水平和促进农业产业结构调整等方面发挥着及其重要的作用<sup>[1]</sup>。但温室土壤易较快地次生盐渍化,造成不同程度的盐害,严重影响了设施蔬菜的产量和品质,且温室土壤次生盐渍化是国内外设施栽培中普遍存在的技术难题<sup>[2]</sup>。水杨酸(salicylic acid,SA)是植物体内普遍存的一种小分子酚类物质。当植物在生长发育过程中经历逆境胁迫时,SA 可作为植物抗逆反应所需要的信号分子来激活植物防御保护机制,在植物的抗逆过程中起着关键作用<sup>[3-4]</sup>。前人已经研究了外源 SA 对盐胁迫环境下水稻<sup>[5]</sup>、大豆<sup>[6]</sup>、玉米<sup>[7]</sup>、大白菜<sup>[8]</sup>以及黄瓜<sup>[9]</sup>等种子萌发和幼苗生长有缓解作用。另外,前人的研究表明外源 SA 不同处理方式(浸种处理、根部处理和叶面喷施)对黄瓜抗盐的作用效果不同<sup>[10]</sup>。在研究盐胁迫对黄瓜种子萌发的影响时,大多数学者选用 NaCl 作为模拟盐胁迫环境的化学物质,而把  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  作为盐胁迫因子方面的研究鲜为报道。露地次生盐渍土中  $\text{Cl}^{-}$  和  $\text{Na}^{+}$  含量较高,但由于温室封闭的环境

和不同的管理方式,温室盐渍土盐分的主要组分是  $\text{NO}_3^{-}$  和  $\text{Ca}^{2+}$ <sup>[11]</sup>。因此,本文研究了外源 SA 浸种对  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫下黄瓜种子萌发的影响。该试验采用 SA 浸种的处理方式,即催芽前用适宜浓度的 SA 溶液浸泡种子,从而诱导出黄瓜的抗性,缓解盐害对黄瓜造成的伤害,以期外源 SA 在温室黄瓜栽培中的应用奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验于 2017 年在河北科技师范学院园艺科技学院实验室进行。供试黄瓜品种为绿岛 7 号,由河北科技师范学院黄瓜组提供。

### 1.2 方法

1.2.1 不同浓度的  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  对黄瓜种子萌发的影响 共设 6 个处理,即蒸馏水对照、100、120、140、160 和 180  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 。

选用籽粒饱满、大小一致的黄瓜种子,温汤浸种 10 min,加入冷水至 28  $^{\circ}\text{C}$ ,种子充分吸胀 4 h。将浸泡后的种子置于铺有两层滤纸的培养皿中,每皿 30 粒,向培养皿中加入 5 mL 上述各处理液。放在温度为 28  $^{\circ}\text{C}$  的黑暗培养箱中进行催芽培养。每天用相应的处理液冲洗种子,保证处理液浓度不变。3 次重复。

1.2.2 不同浓度的 SA 浸种对黄瓜种子萌发的影响 共设 7 个处理,即蒸馏水对照、60、80、100、120、140、160  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  SA。

选用籽粒饱满、大小一致的黄瓜种子,温汤浸

收稿日期:2018-09-13

基金项目:河北省自然科学基金资助项目(C2016407101);河北省科技计划资助项目(16236901D-03);河北省现代农业产业技术体系资助项目(HBCT2018030209)。

第一作者简介:孙彤彤(1993-),女,在读硕士,从事设施蔬菜及其逆境生理研究。E-mail:1006789732@qq.com。

通讯作者:宋士清(1965-),男,博士,教授,从事设施蔬菜及其逆境生理研究。E-mail:qhdsup@163.com。

种 10 min,将种子分别放于上述各处理液中,28 ℃充分吸胀 4 h。将浸泡后的种子置于铺有两层滤纸的培养皿中,每皿 30 粒,向培养皿中加入 5 mL蒸馏水。放在温度为 28 ℃的黑暗培养箱中进行催芽培养。每天用蒸馏水冲洗种子,保证种子萌发的适宜环境。3 次重复。

1.2.3 外源 SA 浸种对  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫下黄瓜种子萌发的影响 共设 4 个处理,T1:蒸馏水对照;T2:120 mmol·L<sup>-1</sup>  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫;T3:80 mg·L<sup>-1</sup> SA 浸种;T4:80 mg·L<sup>-1</sup> SA 浸种+120 mmol·L<sup>-1</sup>  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫。

选用籽粒饱满、大小一致的黄瓜种子,温汤浸种 10 min,T3 和 T4 在 28 ℃80 mg·L<sup>-1</sup> SA 溶液中吸胀 4 h,T1 和 T2 在 28 ℃蒸馏水中吸胀 4 h。将浸泡后的种子置于铺有两层滤纸的培养皿中,每皿 30 粒,向 T2 和 T4 培养皿中加入 5 mL 120 mmol·L<sup>-1</sup>的  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  溶液,T1 和 T3 则加入等量的蒸馏水。放在温度为 28 ℃的黑暗培养箱中进行催芽培养。T2 和 T4 每天用相应浓度的  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  溶液冲洗种子,保证处理液浓度不变,T1 和 T3 每天用等量的蒸馏水冲洗种子,保证种子萌发水分充足。3 次重复。

1.2.4 测定项目及方法 从处理第 2 天开始每天同一时间记录种子发芽数(以芽长≥2 mm 为准),连续记录 5 d。第 3 天计算发芽势,测定种子 α-淀粉酶活性。第 5 天计算发芽率、发芽指数和活力指数。

发芽势(%)=第 3 天的发芽种子数/供试种子数×100;

发芽率(%)=第 5 天的发芽种子数/供试种子数×100;

发芽指数  $GI = \sum G_t / D_t$  ( $G_t$  为第  $t$  天的种子

发芽数, $D_t$  为相对应的种子发芽天数);  
活力指数  $VI = GI \times S$  ( $GI$  为发芽指数, $S$  为萌发第 5 d 根长,单位 mm)。

种子 α-淀粉酶活性用 3,5-二硝基水杨酸法测定。

1.2.5 数据分析 采用 Excel 2007 软件对试验所得数据进行统计分析,采用 SPSS 20.0 软件 Duncan's 多重比较法进行显著性分析( $P < 0.05$ )。

2 结果与分析

2.1 不同浓度的  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫对种子萌发的影响

由表 1 可知,经  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫处理后的黄瓜种子发芽势、发芽率、发芽指数及活力指数均下降,且随着  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  浓度的增加种子萌发受抑制程度越大。 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  浓度为 100 和 120 mmol·L<sup>-1</sup> 处理的发芽势、发芽指数和活力指数均显著低于 CK,而发芽率与 CK 差异不显著。140、160、180 mmol·L<sup>-1</sup> 处理的发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数均显著低于 CK。120 mmol·L<sup>-1</sup> 处理的发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数均显著高于 160 和 180 mmol·L<sup>-1</sup> 处理。与 CK 相比,120 mmol·L<sup>-1</sup> 处理的发芽势、发芽率和发芽指数分别降低了 39.08%、9.20%和 51.35%。120 和 140 mmol·L<sup>-1</sup> 处理的发芽势和发芽率差异不显著,但 140 mmol·L<sup>-1</sup> 处理的发芽势、发芽率较 CK 显著降低了 55.18%和 21.85%。因此,通过比较选用 120 mmol·L<sup>-1</sup>  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  处理作为 SA 浸种时的盐胁迫浓度。

表 1 不同浓度的  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  对种子萌发的影响

Table 1 Effects of different concentrations of  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  on seed germination

| $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 浓度/(mmol·L <sup>-1</sup> )<br>$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ concentration | 发芽势/%<br>Germination potential | 发芽率/%<br>Germination rate | 发芽指数<br>Germination index | 活力指数<br>Vigor index |
|---|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------|
| 0   | 96.67±0.00 a                   | 96.67±0.00 a              | 39.55±0.58 a              | 2590.94±216.81 a    |
| 100   | 64.44±5.09 b                   | 91.11±6.94 a              | 22.24±1.08 b              | 101.17±17.14 b      |
| 120   | 58.89±17.10 bc                 | 87.78±3.85 ab             | 19.24±2.70 c              | 73.44±9.14 b        |
| 140   | 43.33±3.34 c                   | 75.55±3.85 b              | 15.03±0.61 d              | 48.73±6.23 b        |
| 160   | 15.56±13.48 d                  | 61.11±13.88 c             | 9.81±2.59 e               | 18.41±11.85 b       |
| 180   | 3.33±3.34 d                    | 16.67±6.67 d              | 2.58±0.57 f               | 1.18±0.65 b         |

同一列数据不同字母间表示差异达 0.05 显著水平。下同。  
Different letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

2.2 不同浓度的 SA 浸种对种子萌发的影响

由表 2 可知,在一定浓度范围内用 SA 浸种可以促进黄瓜种子的萌发,但超过该浓度范围则对种子萌发起到抑制作用。60、80、100  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  SA 浸种处理的发芽率、发芽指数和活力指数均显著高于 120、140、160  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  SA 浸种处理的,其中 100  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  SA 浸种处理提高程度最大。SA

浸种浓度为 0、60、80、100  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  处理的发芽势、发芽率和活力指数相互之间差异均不显著。但 100  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  SA 浸种处理的发芽指数显著高于 0、60  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  SA 浸种处理,而与 80  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  SA 浸种差异不显著。考虑到 SA 本身也属于一种盐,对种子萌发有一定伤害,因此选用 80  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  SA 作为浸种浓度。

表 2 不同浓度 SA 浸种对种子萌发的影响

| Table 2 Effects of seed soaking with different concentrations of SA on seed germination |                       |                  |                   |                  |
|---|-----------------------|------------------|-------------------|------------------|
| SA 浸种浓度/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$  | 发芽势/%                 | 发芽率/%            | 发芽指数              | 活力指数             |
| SA soaking concentration  | Germination potential | Germination rate | Germination index | Vigor index      |
| 0   | 86.67±3.34 ab         | 91.11±1.92 ab    | 33.13±0.65 bc     | 2498.67±70.87 a  |
| 60  | 87.78±5.09 ab         | 93.33±3.33 a     | 33.88±1.26 bc     | 2528.23±178.74 a |
| 80  | 88.89±5.09 ab         | 94.44±1.92 a     | 34.63±0.78 ab     | 2735.67±206.76 a |
| 100   | 92.22±3.34 a          | 95.56±1.92 a     | 36.46±1.46 a      | 2975.93±136.54 a |
| 120   | 83.33±3.34 b          | 85.78±1.92 bc    | 31.85±1.34 cd     | 1850.04±365.09 b |
| 140   | 81.11±5.09 b          | 84.44±5.09 c     | 30.68±1.86 d      | 1635.33±663.04 b |
| 160   | 71.11±1.92 b          | 76.67±3.34 d     | 27.46±1.12 e      | 1382.80±205.16 b |

2.3 外源 SA 浸种对  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫下种子萌发的影响

由表 3 可知,与 CK 相比,SA 浸种处理使种子的发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数和  $\alpha$ -淀粉酶活性分别增加了 4.71%、4.65%、8.47%、12.01%和 57.96%, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫处理使种子的发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数和  $\alpha$ -淀粉酶活性比对照显著降低了 34.12%、12.80%、

47.76%、98.31%和 73.72%,SA 浸种 +  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫处理较单独  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  显著提高了黄瓜种子的发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数和  $\alpha$ -淀粉酶活性,即分别提高了 10.72%、6.67%、10.15%、71.78%和 120.56%,但仍显著低于 CK。说明,外源 SA 浸种可以诱导黄瓜种子产生抗性,在一定程度上缓解盐胁迫对种子萌发造成的伤害,但不能完全消除这种伤害。

表 3 外源 SA 浸种对  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫下种子萌发的影响

| Table 3 Effects of seed soaking with exogenous SA on seed germination under $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ stress |                       |                  |                   |                  |   |
|---|-----------------------|------------------|-------------------|------------------|---|
| 处理  | 发芽势/%                 | 发芽率/%            | 发芽指数              | 活力指数             | $\alpha$ -淀粉酶活性/<br>( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) |
| Treatments  | Germination potential | Germination rate | Germination index | Vigor index      | $\alpha$ -amylase activity  |
| 蒸馏水对照(CK)   | 94.44±1.92 a          | 95.56±1.93 b     | 36.01±0.51 b      | 3563.08±472.87 a | 0.685±0.237 b   |
| 120 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$   | 62.22±3.85 c          | 83.33±3.34 d     | 18.81±0.54 d      | 60.34±2.04 b     | 0.180±0.072 c   |
| 80 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ SA 浸种  | 98.89±1.92 a          | 100.00±0.00 a    | 39.06±0.77 a      | 3990.96±343.45 a | 1.082±0.157 a   |
| 80 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ SA 浸种 +<br>120 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$       | 68.89±1.92 b          | 88.89±1.92 c     | 20.72±0.42 c      | 103.65±13.59 b   | 0.397±0.958 bc  |

3 结论与讨论

大量研究表明,SA 可以诱导植物产生抗盐性状,从而推测出 SA 可能与抗盐性有关<sup>[12-13]</sup>。

孙丽娜等<sup>[14]</sup>研究发现,SA 能相对提高盐分胁迫条件下黄瓜的发芽率、速度、发芽指数和活力指数;刘维宝等<sup>[15]</sup>研究发现,一定浓度范围内 SA

能够显著提高盐分胁迫条件下黄瓜种子发芽的数量、速度和质量;张志刚等<sup>[9]</sup>研究表明,SA 浸种处理提高了 NaCl 胁迫下黄瓜种子的发芽势、发芽率和活力指数。本试验结果与前人研究结果一致,即 SA 浸种显著提高了  $120\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫下黄瓜种子的发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数。张士功等<sup>[16]</sup>研究表明,水杨酸通过提高盐胁迫下小麦胚乳内的  $\alpha$ -淀粉酶活性,促进了种子吸水,进而相对提高了小麦的发芽率、发芽势和活力指数。本试验研究结果显示,SA 浸种提高了  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫下黄瓜种子的  $\alpha$ -淀粉酶活性。

种子萌动是植物整个生长周期的起点。盐胁迫引起渗透胁迫,而造成种子吸水困难,进而抑制种子的萌发<sup>[17]</sup>。大量研究表明,盐胁迫可降低毛豆种子<sup>[18]</sup>、广藿香种子<sup>[19]</sup>、花椰菜种子<sup>[20]</sup> 萌发的发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数。本研究中,黄瓜种子在  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫下发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数均显著降低。低浓度 SA 可以提高种子内淀粉酶的活性,促进种子的萌发,而较高浓度的 SA 降低了种子的渗透调节能力,抑制种子吸水,延迟种子的萌发<sup>[21]</sup>。本试验结果显示,0、60、80 和  $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  SA 浸种处理提高了种子发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数,120、140 和  $160\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  SA 浸种处理降低了种子发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数。与彭浩等<sup>[22]</sup>对玉米种子萌发的研究结果一致。

综上所述,SA 浸种提高了  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  胁迫下黄瓜种子的发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数和  $\alpha$ -淀粉酶活性,促进了种子的萌发,诱导了种子对盐胁迫的抗性,缓解了盐胁迫对种子的危害。

## 参考文献:

- [1] 王新坤,李红.我国温室的研究现状与发展趋势[J].排灌机械工程学报,2010,28(2):179-184.
- [2] 童有为,陈淡飞.温室土壤次生盐渍化的形成和治理途径研究[J].园艺学报,1991(2):159-162.
- [3] 彭浩,宋文路,王晓强,等.水杨酸与植物抗性关系研究进展[J].园艺与种苗,2016(2):70-74,78.
- [4] Borsani B,Valpuesta V, Botella M A. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl

and osmotic stress in *Arabidopsis* seedlings[J]. Plant Physiology,2001,126(3):1024-1030.

- [5] 王俊斌,王海凤,刘海学.水杨酸促进盐胁迫条件下水稻种子萌发的机理研究[J].华北农学报,2012,27(4):223-227.
- [6] 倪祥银,齐泽民,廖姝,等.外源水杨酸对 NaCl 胁迫下大豆种子萌发和幼苗生长生理的影响[J].西北植物学报,2014,34(1):106-111.
- [7] 周红菊.水杨酸和葡萄糖对盐胁迫下玉米种子萌发的缓解作用[J].湖北农业科学,2012,51(8):1539-1540.
- [8] 董建新,王彦华,闫春萍.水杨酸对盐胁迫下大白菜种子萌发及幼苗生理特性的影响[J].现代农业科技,2013(6):74.
- [9] 张志刚,尚庆茂.水杨酸和壳聚糖对 NaCl 胁迫下黄瓜种子萌发的促进作用[J].中国蔬菜,2010(8):26-29.
- [10] 沙汉景,刘化龙,王敬国,等.水杨酸调控作物耐盐性生理机制[J].东北农业大学学报,2017,48(3):80-88.
- [11] 童有为,陈淡飞.温室土壤次生盐渍化的形成和治理途径研究[J].园艺学报,1991(2):159-162.
- [12] Raskin I. Role of salicylic acid in plant[J]. Annual Review Plant Physiology Plantmolecular Biology,1992,43:439-463.
- [13] Malamy J. Salicylic acid likely endogenous signal in the resistance responses of tobacco to viral infection[J]. Science,1990,250:1001-1006.
- [14] 孙丽娜,曲敏,任广涛,等.水杨酸对盐胁迫下黄瓜种子萌发和幼苗生长发育的影响[J].东北农业大学学报,2006(4):449-453.
- [15] 刘维宝,陈新红,周羽,等.外源水杨酸对 NaCl 胁迫下黄瓜种子萌发和幼苗根系生长的影响[J].中国农学通报,2013,29(34):166-170.
- [16] 张士功,高吉寅,宋景芝.水杨酸和阿斯匹林对小麦盐害的缓解作用[J].植物生理学报,1999(2):159-164.
- [17] 孙小芳,郑青松,刘友良. NaCl 胁迫对棉花种子萌发和幼苗生长的伤害[J].植物资源与环境学报,2000(3):22-25.
- [18] 贡鑫,刘飞,万发香.外源水杨酸对盐胁迫下毛豆种子萌发和幼苗生理特性的影响[J].南方农业,2016,10(21):188-190.
- [19] 江绪文,李贺勤.外源水杨酸对盐胁迫下广藿香种子萌发和幼苗生长的影响[J].中草药,2015,46(15):2303-2308.
- [20] 王玉萍,董雯,张鑫,等.水杨酸对盐胁迫下花椰菜种子萌发及幼苗生理特性的影响[J].草业学报,2012,21(1):213-219.
- [21] 黄丽华.水杨酸浸种对玉米种子萌发及其生理化的影响[J].肇庆学院学报,2005(2):35-37.
- [22] 彭浩,宋文路,王晓强.水杨酸、脱落酸对盐胁迫下玉米种子萌发和幼苗生长的影响[J].玉米科学,2016,24(6):75-78,87.

## Effects of Exogenous Salicylic Acid on Seed Germination of Cucumber Under $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ Stress

SUN Tong-tong, WU Chun-cheng, SONG Shi-qing

(Hebei Normal University of Science and Technology, Qinhuangdao 066000, China)

**Abstract:** In order to study the effects of exogenous salicylic acid on seed germination of cucumber under  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  stress, Cucumber varietie ‘Green Island No. 7’ was used as the test material. Two preparatory experiments, soaking seeds with 0, 60, 80, 100, 120, 140, 160  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  SA and stressing with 0, 100, 120, 140, 160, 180  $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  respectively, to determining germination potential, germination rate, germination index and vigor index were carried out. Finally, 80  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  SA was used to soak seeds. Germination potential, germination percentage, germination index, vigor index and  $\alpha$ -amylase activity of cucumber seeds were determined under 120  $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  stress. The results showed that SA soaking significantly increased germination potential, germination rate, germination index, vigor index and  $\alpha$ -amylase activity of cucumber seeds under  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  stress by 10.72%, 6.67%, 10.15%, 71.70% and 120.56% respectively. Indicating that SA soaking could promote the germination of cucumber seeds and alleviate the injury of cucumber seeds under the stress of  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .

**Keywords:** salicylic acid (SA);  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  stress; cucumber; seed

(上接第 4 页)

## Effects of Different Subsoiling Years on Soil Physical Properties and Grain Yield of Maize in Semi-arid Area

GAO Pan, LIU Yu-tao, WANG Yu-xian, YANG Hui-ying, XU Ying-ying, WANG Jun-he, TAN Ke-fei

(Qiqihar Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161006, China)

**Abstract:** In order to a comparative study was carried out in the semi-arid areas. The results showed that: before sowing, the soil porosity was 0-10 cm. Two years of subsoiling and successive years of subsoiling could increase the soil porosity. At 10-20 cm, 20-30 cm and 30-40 cm, the one year of subsoiling and two years of subsoiling and consecutive years treatment increased by 9.35%-16.97%, 13.54%-30.82% and 6.46%-8.18% respectively. After harvest, the soil porosity of 0-40 cm soil layer was increased by 9.01%-13.61%, 5.29%-20.92%, 6.15%-16.42% compared with that of non-subsoiling treatment. Before planting, the soil bulk density of deep pine, 2 years deep pine and successive deep loosening treatments were lower than those of non deep loosening treatments, 0.012  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , 0.066  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$  and 0.097  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . After harvest, the soil bulk density of deep pine, 2 years deep pine and successive deep loosening treatments were lower than those of non deep loosening treatments 0.14, 0.17 and 0.15  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . The comparison of the gas phase ratio between two years of deep pine treatment > the year of deep pine treatment > in successive years of deep pine treatment shows that with the increase of depth and frequency of deep loosening, the effect of deep pine treatment on reducing the solid state rate and improving the gas comparison is obvious. Deep pine can improve the yield of corn. Deep pine treatment in the next year, deep pine treatment in successive years and two years of deep pine treatment were 12.08%, 10.50% and 6.34%, respectively. That deep tillage had stimulation effect of different ages, with the following year subsoiling had the best yield increasing effect.

**Keywords:** subsoiling; semiarid area; soil physical properties; grain yield of maize