

外源 SA 浸种对盐胁迫下小油菜幼苗渗透性物质及叶绿素含量的影响

龚宜龙, 刘海燕, 赵海波, 卢艳如, 刘凤兰

(山西师范大学 生命科学院, 山西 临汾 041004)

摘要:为探明外源 SA 浸种对盐胁迫下小油菜幼苗渗透性物质及叶绿素含量的影响,以五月慢小油菜幼苗为试验材料,采用沙培法,研究了不同浓度 SA 在盐胁迫下对小油菜幼苗叶绿素、地上部脯氨酸、地上部可溶性糖和地上部 MDA 含量的影响。结果表明:以蒸馏水浸种为对照,0~0.50 mmol·L⁻¹ 的 SA 使小油菜幼苗叶绿素和地上部的脯氨酸、可溶性糖含量增加,1.00~8.00 mmol·L⁻¹ 的 SA,使其相应指标降低;盐胁迫下,叶绿素含量增加,地上部的脯氨酸、可溶性糖含量降低。以蒸馏水浸种为对照,0~1.00 mmol·L⁻¹ 的 SA 使小油菜幼苗地上部 MDA 含量下降,2.00~8.00 mmol·L⁻¹ 的 SA 使 MDA 增加;盐胁迫下,MDA 含量增加。0.25~1.00 mmol·L⁻¹ 的 SA 有利于改善盐胁迫下小油菜幼苗地上部各项研究指标。

关键词:外源 SA; 小油菜; 盐胁迫; 渗透性物质; 叶绿素

中图分类号:S565.4;Q946.82⁺8.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)07-0075-05 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2016.07.0075

水杨酸(salicylic acid,简称 SA)又称邻羟基苯甲酸或柳酸,是植物体内广泛存在的一种酚酸类化合物,它可以诱导物体体内相关蛋白基因表达而增强植物的抗逆性^[1-2]。近年来关于外源 SA 通过调节植物多种生理代谢从而提高抗逆性的研究已经取得了一定的进展,目前在这方面有王俊斌^[2]等对水稻的研究,张青林^[3]、张彦^[4]、周萌萌^[5]等对番茄的研究,华智锐^[6]等对小麦的研究。因此针对小油菜这一特定植物研究水杨酸的最佳使用浓度就显得尤为重要。

盐胁迫是指在高盐度环境中,植物生长受到影响。中国地域宽广但是耕地面积并不充足,再加上由于耕作的不合理,土壤的质量下降,其中土壤盐渍化就是影响土壤质量的重要原因,且日趋严重。研究表明盐害极大地影响农作物的产量和品质^[2]。因此,研究作物的抗盐能力显得非常重要。

小油菜(*Brassica chinensis* L.)属于十字花科芸薹属,在我国广为栽培,四季均有供应。其丰富的营养价值和医学价值。本文以五月慢小油菜幼苗为试验材料,研究外源 SA 对盐胁迫下小油菜幼苗渗透性物质及叶绿素含量的影响,为进一

步完善小油菜栽培管理技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为油菜品种五月慢小油菜幼苗。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验在山西师范大学二号楼实验室内进行。试验设 SA 0.25 mmol·L⁻¹ (SA0.25)、0.50 mmol·L⁻¹ (SA0.50)、1.00 mmol·L⁻¹ (SA1.00)、2.00 mmol·L⁻¹ (SA2.00)、4.00 mmol·L⁻¹ (SA4.00)、8.00 mmol·L⁻¹ (SA8.00)共 6 个浸种浓度,以蒸馏水(0 mmol·L⁻¹)浸种作为对照组(SA0)。选取颗粒饱满、大小色泽一致的小油菜种子,用 0.1% KMnO₄ 溶液消毒处理 10 min,用蒸馏水清洗若干次后置阴凉处阴干。将小油菜种子均分为 7 等份,分别进行不同 SA 浓度浸种处理 10 h,之后将种子播在装有洗净沙子的 72 孔穴盘中,每天用 1/2 霍格兰营养液浇灌。至幼苗长有 2 片真叶时,改用盐溶液 0 mmol·L⁻¹ (S0)、50 mmol·L⁻¹ (S50)、100 mmol·L⁻¹ (S100)、150 mmol·L⁻¹ (S150)共 4 个盐胁迫浓度,进行浇灌。待幼苗长至四叶一心时,开始进行幼苗的叶绿素总量、MDA、脯氨酸及可溶性糖含量的测定。

1.2.2 测定项目及方法 叶绿素含量采用乙醇-丙酮直接浸提法^[7],丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比酸比色法^[7],脯氨酸(Pro)采用酸性水合茚三酮法^[7],可溶性糖采用苯酚法^[7]。

1.2.3 数据处理 试验数据用 Excel 和 SAS 软件进行统计分析,试验结果用平均值±标准误差

收稿日期:2015-12-15

第一作者简介:龚宜龙(1993-),男,四川省达州市人,在读学士,从事蔬菜生理生态研究。E-mail:122554925@qq.com。

通讯作者:刘凤兰(1964-),女,山西省襄汾县人,硕士,教授,从事农业生态与植物生理学方面的研究。E-mail:fliliu0514@126.com。

表示。

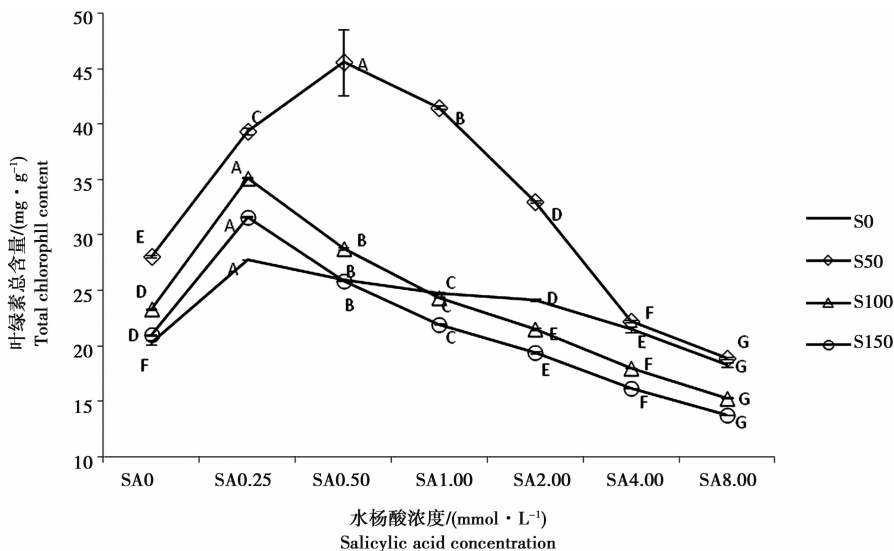
2 结果与分析

2.1 外源水杨酸浸种对盐胁迫下小油菜幼苗叶绿素含量的影响

叶绿素是植物主要的光合色素对光能的吸收、传递和转化发挥着重要作用^[8]。由图 1 可知, SA 浓度 0.25~4.00 mmol·L⁻¹ 的浸种与 SA0 对比, 可发现幼苗的叶绿素含量增加了 37%、28%、22%、19% 和 6%, 且均达到极显著水平($P<0.01$)。SA 浓度为 8.0 mmol·L⁻¹ 时, 幼苗的叶绿素含量下降 10%。由此可知, 低 SA 浓度可以促进叶绿素含量的增加, 高 SA 浓度降低叶绿素的含量。

蒸馏水浸种时, 与 S0 比较, 随着盐浓度的增加, S50、S100、S150 小油菜幼苗叶绿素分别增加了 38%、15% 和 3%。

分析外源水杨酸浸种对盐胁迫下小油菜幼苗叶绿素含量的影响, 从图 1 还可以发现, 在 S0、S100、S150 三个处理下, 随着 SA 浓度的增加其叶绿素含量的变化趋势基本一致, 其 SA 的最佳浸种浓度为 0.25 mmol·L⁻¹。在 SA0.25 处理下, 与 SA0 对比, S0、S50、S100、S150 的叶绿素含量分别增加了 37%、41%、51% 和 51%。说明 0.25 mmol·L⁻¹ 的 SA 对 100 和 150 mmol·L⁻¹ 的盐胁迫缓解效应更好。在 S50 处理下, 其 SA 的最佳浸种浓度为 0.50 mmol·L⁻¹, 与 SA0 对比, S0、S50、S100、S150 的叶绿素含量分别增加了 28%、63%、23% 和 23%。说明 0.50 mmol·L⁻¹ 的 SA 对 50 mmol·L⁻¹ 的盐胁迫缓解效应更好。说明 0.25 mmol·L⁻¹ 的 SA 对盐胁迫下小油菜幼苗的叶绿素含量的合成促进作用更好, 为最适浸种浓度。



不同大写字母代表差异极显著($P<0.01$)。下同。

Different capital letters indicate extremely significant difference at 0.01 level. The same below.

图 1 外源水杨酸浸种对盐胁迫下小油菜幼苗叶绿素含量的影响

Fig. 1 Effects of exogenous salicylic acid on the chlorophyll content of the edible rape seedlings under salt stress

2.2 外源水杨酸浸种对盐胁迫下小油菜幼苗 MDA 含量的影响

丙二醛(MDA)是自由基作用于脂质发生过氧化反应的氧化终产物, MDA 积累量与膜脂质过氧化呈正相关^[9]。由图 2 可知, 与 SA0 对比, SA0.25、SA0.50 和 SA1.00 处理下 MDA 的含量分别降低了 2%、15% 和 21%, 而未全达到极显著水平; SA2.00、SA4.00、SA8.00 处理下 MDA 含量升高。由此可见, 低浓度 SA 能使 MDA 含量降低, 高浓度 SA 使 MDA 含量升高。

蒸馏水浸种时, 与 S0 比较, S50、S100、S150

处理下 MDA 的含量分别增加了 21%、36% 和 45%, 这说明 MDA 含量随盐浓度的增加而增加。

分析外源 SA 浸种对盐胁迫下的小油菜幼苗地上部 MDA 含量的影响, 从图 2 发现 SA1.0 处理下 MDA 的含量最低, 与 SA0 对比, S0、S50、S100、S150 的 MDA 含量分别减少了 21%、28%、34% 和 26%。结果说明 1.00 mmol·L⁻¹ SA 对 100 mmol·L⁻¹ 的盐胁迫缓解效应更好。表明 SA 浓度 1.00 mmol·L⁻¹ 降低盐胁迫下小油菜幼苗地上部 MDA 含量, 减轻膜脂质过氧化作用效果最好, 为最适浸种浓度。

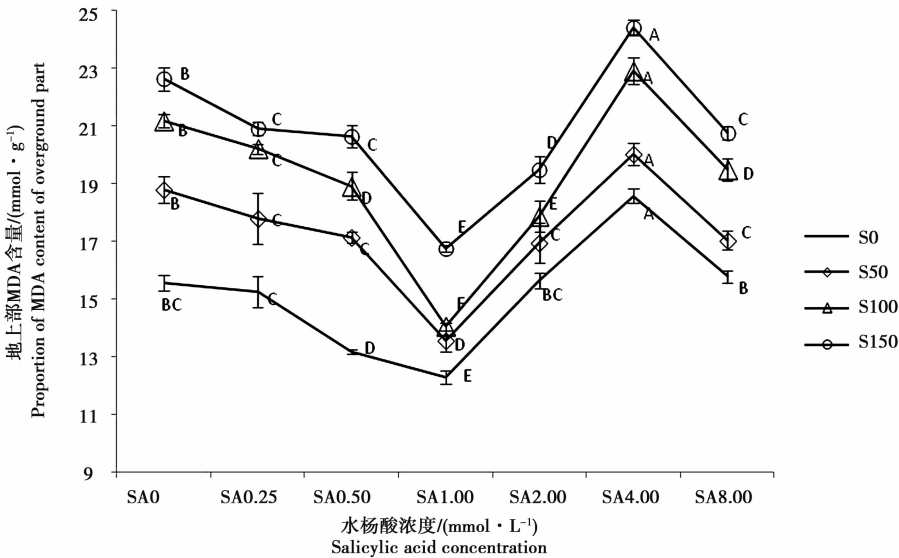


图 2 外源水杨酸浸种对盐胁迫下小油菜幼苗 MDA 含量的影响

Fig. 2 Effects of exogenous salicylic acid on MDA content of the edible rape seedlings under salt stress

2.3 外源水杨酸浸种对盐胁迫下小油菜幼苗脯氨酸含量的影响

脯氨酸(Pro)是植物细胞中重要的渗透调节物质,对细胞膜的完整性和维持压力平衡都起着重要的作用^[10]。由图 3 可知,与 SA0 相比,SA0.25、SA0.50、SA1.00 处理下脯氨酸的含量分别增

加 13%、70%与 31%;SA2.00、SA4.00 与 SA8.00 处理下脯氨酸含量分别减少了 44%、75%与 79%,且数据均达到极显著水平($P<0.01$)。由此可知,低浓度的 SA 可促进脯氨酸的合成,高浓度的 SA 对脯氨酸的合成具有抑制作用。

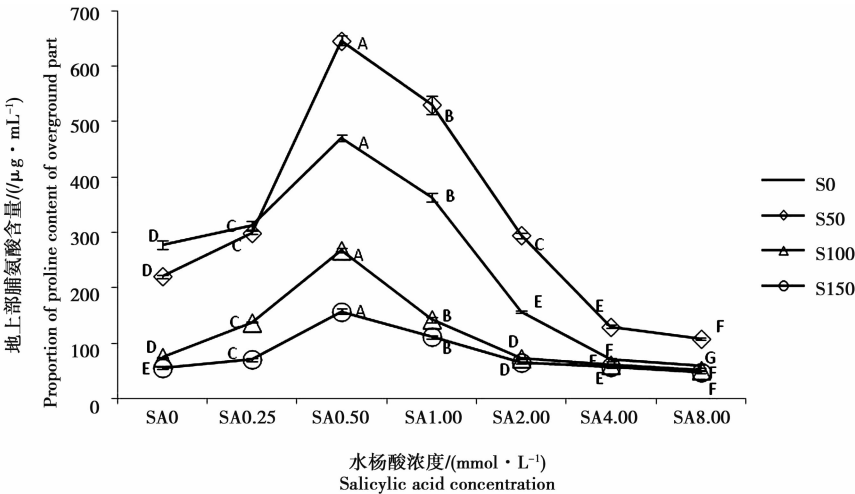


图 3 外源水杨酸浸种对盐胁迫下小油菜幼苗脯氨酸含量的影响

Fig. 3 Effects of exogenous salicylic acid on proline content of the edible rape seedling under salt stress

蒸馏水浸种时,与 S0 相比,S50、S100 与 S150 处理下脯氨酸的含量分别下降了 20%、73%与 80%。这表明盐胁迫对脯氨酸的合成具有抑制作用,且盐浓度越高抑制作用越强。

分析外源 SA 浸种对盐胁迫下小油菜幼苗地上部脯氨酸含量的影响,从图 3 可知 SA0.50 处

理下脯氨酸的含量最高,与 SA0 对比,S0、S50、S100、S150 脯氨酸的含量分别增加了 70%、260%、193%和 184%。说明 0.50 mmol · L⁻¹ 的 SA 对 50 mmol · L⁻¹ 的盐胁迫缓解效应更好。由此说明,0.50 mmol · L⁻¹ 的 SA 提高盐胁迫下小油菜幼苗地上部脯氨酸的含量效果最好,为最适浸

种浓度。

2.4 外源水杨酸浸种对盐胁迫下小油菜幼苗可溶性糖含量的影响

可溶性糖是干旱胁迫的一种小分子溶质,植物细胞中可溶性糖的含量与耐盐性呈正相关。由图 4 可知,与 SA0 相比,随着水杨酸浓度增加,可溶性糖的含量持续增加。SA0.25、SA0.50、SA1.00、SA2.00、SA4.00 和 SA8.00 处理下,可溶性糖分别增加了 42%、162%、139%、54%、33% 与 13%,且均达到极显著水平($P<0.01$)。由此可知,所有 SA 浸种浓度都可使可溶性糖含量增加,只是增加幅度先增大后减小。

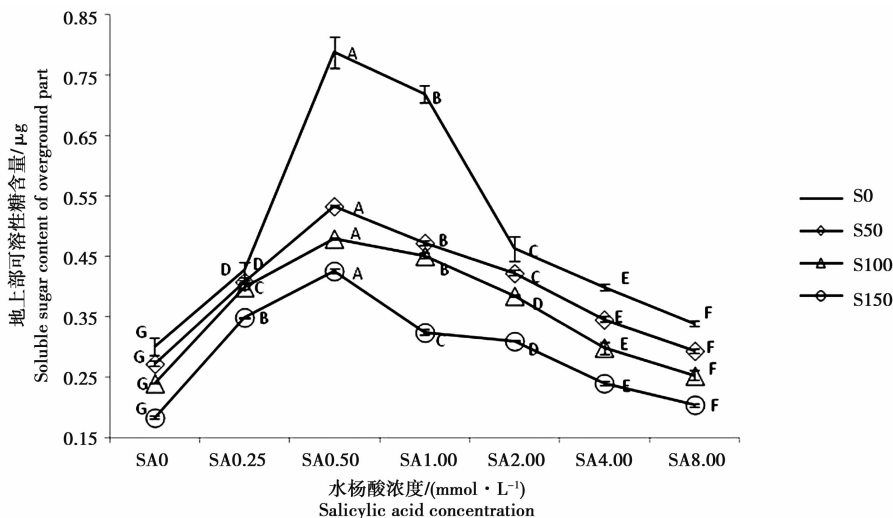


图 4 外源水杨酸浸种对盐胁迫下小油菜幼苗可溶性糖含量的影响

Fig. 4 Effects of exogenous salicylic acid on soluble sugar content of the edible rape seedlings under salt stress

3 结论与讨论

试验结果表明:低浓度的 SA 对叶绿素、脯氨酸(Pro)、可溶性糖的合成都有明显的促进作用,对 MDA 含量的合成有抑制作用。其中 0.25~1.00 mmol·L⁻¹ 的 SA 浸种促进盐胁迫下小油菜地上部叶绿素、脯氨酸(Pro)和可溶性糖含量的合成,抑制丙二醛(MDA)含量的增加效果更好。

叶绿素含量的消长规律是反映叶片生理活性变化的重要指标之一,其与叶片的光合能力有密切关系。本试验结果表明:适宜浓度的 SA 能改善小油菜幼苗叶绿素的含量。这与李华^[10]和王玉萍^[11]等的研究结论一致,但具体的 SA 浓度又有差别,这可能与 SA 对不同的植物叶绿素含量影响的差异性有关。在盐胁迫下,试验中小油菜的叶绿素含量增加,与王素平^[12]和朱士农^[13]等研究的结论一致,但与王玉萍^[11]对花椰菜的研究结果:叶绿素的含量在盐胁迫下呈下降趋势的结

蒸馏水浸种时,与 S0 相比,随着盐浓度的增加可溶性糖的含量分别降低了 20%、73% 和 80%。结果说明盐胁迫对可溶性糖的生成具有抑制作用,且随着盐浓度的增加抑制作用越强。

分析外源水杨酸浸种对盐胁迫下小油菜幼苗地上部可溶性糖含量的影响可知(见图 4),SA0.50 处理下可溶性糖含量最高,与 SA0 对比,S0、S50、S100、S150 可溶性糖的含量分别增加了 162%、95%、100%和 132%。说明 0.50 mmol·L⁻¹ 的 SA 对 150 mmol·L⁻¹ 的盐胁迫缓解效应更好,即 0.50 mmol·L⁻¹ 的 SA 对提高盐胁迫下小油菜幼苗地上部可溶性糖含量效果最好,为最适浸种浓度。

论不一致。这可能是因为叶绿素与叶绿体蛋白的结合在盐胁迫下变得松弛,使叶绿素容易提取而导致的;也可能是在盐胁迫下植物叶片的含水量过低,生长缓慢,从而使提取叶绿素产生浓缩效应的结果,需要作进一步的探究。本试验中盐胁迫下小油菜幼苗的叶绿素含量的最适 SA 浓度为 0.25 mmol·L⁻¹。

丙二醛(MDA)是自由基作用于脂质发生过氧化反应的氧化终产物,MDA 积累量与膜脂质过氧化呈正相关。SA 作为信号分子,可以通过抗氧化酶的活性而提高植物的抗逆性,降低氧化反应,减少 MDA 的含量,但浓度过高则会导致 MDA 的增加,导致细胞膜的过氧化伤害。该试验结果表明:适宜的 SA 能有效的降低盐胁迫下小油菜幼苗 MDA 含量。这与余小平^[14]和何俊瑜^[15]等研究 SA 对盐胁迫下对 MDA 含量影响的结论一致,但具体的最佳水杨酸浓度和盐浓度都有差别,这可能与外源 SA 对不同植物在盐胁迫

下的缓解效应的不同引起,有待于进一步的研究。本试验中外源 SA 对盐胁迫下小油菜幼苗 MDA 含量影响最佳的浓度为 $1.00 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

脯氨酸是植物细胞中重要的渗透性物质,脯氨酸含量的增减对细胞膜的完整性和维持压力平衡都有重要的影响,从而影响植物的抗逆性。该试验结果表明:适宜浓度的 SA 能有效的增加下小油菜幼苗地上部脯氨酸的含量,但过高的 SA 浓度又会使脯氨酸含量降低。这与范美华^[16]和周静^[17]的研究结果一致。结果还表明:在盐胁迫下,脯氨酸的含量降低,这又与范美华^[16]和周静^[17]的结论相悖。在汤华^[18]对玉米的研究中提到,当盐浓度达到植物的耐盐极限时,脯氨酸含量会呈现下降的趋势。试验中脯氨酸随盐浓度的增加而下降,可能与试验材料的耐盐能力有关。该试验结果表明, $0.50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 SA 能明显增加盐胁迫下小油菜幼苗脯氨酸的含量。

可溶性糖是干旱胁迫的一种小分子溶质,其含量的变化对植物的抗逆性有着重要的影响。试验结果表明: $0.50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 SA 能显著的增加可溶性糖的含量,从而增强盐胁迫下小油菜幼苗的生理性干旱。

参考文献:

- [1] 钱前,瞿礼嘉,袁明,等. 2012 年中国植物科学若干领域重要研究进展[J]. 植物学报,2013(3):231-287.
- [2] 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(4):223-227.
- [3] 张林青. 水杨酸对盐胁迫下番茄幼苗生理指标的影响[J]. 北方园艺,2011(21):36-38.
- [4] 张彦. 外源水杨酸对盐胁迫下番茄幼苗生理特性的影

响[J]. 北方园艺,2013(12):8-11.

- [5] 周萌萌,谷建田,张喜春,等. 5-磺基水杨酸对低温下番茄生理生化特性的影响[J]. 中国农学通报,2015(31):68-73.
- [6] 华智锐,李小玲. 水杨酸浸种对小麦品种商麦 5226 盐胁迫的缓解效应[J]. 西北农业学报,2015(9):29-35.
- [7] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2006:68-77.
- [8] 黄玉梅,张杨雪,刘庆林,等. 水杨酸对盐胁迫下百日草种子萌发及幼苗生理特性的影响[J]. 草业学报,2015(7):97-105.
- [9] 韩海霞,姚岭柏,唐亚楠. 外源水杨酸对盐胁迫黄瓜生长及过氧化物酶活性的影响[J]. 贵州农业科学,2015(12):69-71.
- [10] 李华,贺洪军,朱金英,等. 外源水杨酸对黄瓜幼苗盐胁迫伤害的影响[J]. 北方园艺,2010(13):19-21.
- [11] 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(1):213-219.
- [12] 王素平,郭世荣,胡晓辉,等. 盐胁迫对黄瓜幼苗叶片光合色素含量的影响[J]. 江西农业大学学报,2006(1):32-38.
- [13] 朱士农,郭世荣,张爱慧,等. NaCl 胁迫对西瓜嫁接苗叶片抗氧化酶活性及光合特性的影响[J]. 西北植物学报,2008(11):2285-2291.
- [14] 余小平,贺军民,张键,等. 水杨酸对盐胁迫下黄瓜幼苗生长抑制的缓解效应[J]. 西北植物学报,2002(2):193-197.
- [15] 何俊瑜,任艳芳. 水杨酸对盐胁迫下叶用莴苣幼苗生长抑制的缓解效应[J]. 中国蔬菜,2010(8):30-35.
- [16] 范美华,石戈,马玉心,等. NaCl 胁迫下 SA 浸种绿豆幼苗的生长及生理特征[J]. 西北植物学报,2009(3):528-534.
- [17] 周静,徐强,张婷. NaCl 胁迫对不同品种辣椒幼苗生理生化特性的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2015(2):120-125.
- [18] 汤华,柳晓磊. 盐胁迫下玉米苗期农艺性状和脯氨酸含量变化的研究[J]. 中国农学通报,2007(3):244-249.

Effect of Seed Soaking with SA on Osmotic Substances and Chlorophyll Content of the Edible Rape Seedlings Under Salt Stress

GONG Yi-long, LIU Hai-yan, ZHAO Hai-bo, LU Yan-ru, LIU Feng-lan

(College of Life Science, Shanxi Normal University, Linfen, Shanxi 041004)

Abstract: In order to investigate the effect of exogenous SA soaking to osmosis substances and chlorophyll content of *Brassica chinensis* L. seedling under salt stress. Taking Wuyuean seeds as test materials, the effects of different SA concentrations under salt stress on chlorophyll, Proline, soluble sugar and MDA of aerial portion of *Brassica chinensis* L. were studied with sand culture method. The results showed that compared with seed soaking in distilled water, seed soaked with SA from 0 to $0.50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ could increase the chlorophyll, Proline and soluble sugar of aerial portion of *Brassica chinensis* L. seedling, while the related indicators were decreased when seed soaked with SA from 1.00 to $8.00 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$; under salt stress, the content of chlorophyll was increased, while Proline and soluble sugar of aerial portion were decreased. Compared with seed soaking in distilled water, seed soaked with SA from $0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ to $1.00 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ could decrease MDA of *Brassica chinensis* L. seedling, while MDA were increased when seed soaked with SA from $2.00 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ to $8.00 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$; under salt stress, the content of MDA increased. The results showed that seed soaked with SA from 0.25 to $1.00 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, which was beneficial to improve the research indexes of aerial portion of *Brassica chinensis* L. seedlings under salt stress.

Keywords: exogenous salicylic acid; *Brassica chinensis* L.; salt stress; permeable substance; chlorophyll