

EEB 中国农科院资源区划所：NMT 发现外源 SA 促羊草种子吸 O₂ 提升排 Na⁺ 保 K⁺/Ca²⁺ 能力提高种子发芽率



Environmental and Experimental Botany

Volume 188, August 2021, 104498



Exogenous salicylic acid signal reveals an osmotic regulatory role in priming the seed germination of *Leymus chinensis* under salt-alkali stress

Chen Hongna^a, Tao Leyuan^b, Shi Junmei^a, Han Xiaori^a, Cheng Xianguo^b

Show more

+ Add to Mendeley Share Cite

<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104498>

[Get rights and content](#)

一、基本信息

研究使用平台：NMT 植物耐盐创新平台

期刊：Environmental and Experimental Botany

主题：NMT 发现外源 SA 促羊草种子吸 O₂ 提升排 Na⁺ 保 K⁺/Ca²⁺ 能力提高种子发芽率

标题：Exogenous salicylic acid signal reveals an osmotic regulatory role in priming the seed germination of *Leymus chinensis* under salt-alkali stress

影响因子：4.027

作者：中国农业科学院农业资源与农业区划研究所程宪国、陈红娜

获奖情况：该成果获得 2021-2022 年度“中关村优秀 NMT 成果奖”二等奖

二、检测离子 / 分子指标

Ca²⁺、K⁺、Na⁺、O₂

三、样品信息

羊草种子，种子胚顶部

四、中文摘要

渗透调节剂在提高植物种子活力以应对非生物胁迫方面起着重要的调节作用。但种子萌发率较低一直是限制羊草繁殖的障碍因素，特别是在盐碱化的土壤中。本研究通过水杨酸浸种处理羊草种子，探讨外源水杨酸是否参与盐碱胁迫下羊草种子萌发的渗透调节。本文报道了水杨酸对促进羊草种子发芽率的诱导作用。数据表明，盐碱胁迫下，外源水杨酸促进了羊

收稿日期：2023-05-25

编辑作者 E-mail:yanhan@nmtia.org.cn

doi:10.5281/zenodo.8278240

草萌发种子中 O_2 的内流, 从而提高了呼吸强度, 引发了萌发种子的一系列生理变化。外源水杨酸通过调节 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等离子以及脯氨酸、可溶性糖等相容代谢产物的积累, 平衡渗透势, 降低质膜的渗透损伤。外源水杨酸处理增加了盐碱胁迫下羊草种子 Na^+ 的外排, 抑制了 K^+ 和 Ca^{2+} 的外排, 从而降低了盐碱胁迫下羊草种子萌发过程中 Na^+ 的积累, 使更多的 K^+ 和 Ca^{2+} 保留下来, 从而提高了羊草种子萌发过程中抗氧化酶的活性, 减轻了损伤, 促进了信号因子 H_2O_2 的积累, 提高了羊草种子的发芽率。

五、离子 / 分子流实验处理方法

选取 0.1 mM 水杨酸 (SA)、蒸馏水 (对照) 处理, 盐碱土培养 3 d 后的羊草种子测定 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 流速, 另外选取 0.1 mM 水杨酸和对照浸种 12 h 后和盐碱土培养 3 d 后的羊草种子进行 O_2 的测定。

六、离子 / 分子流实验结果

研究采用非损伤微测技术 (NMT) 测定萌发种子表面的 O_2 内流。结果表明, 萌发培养 3 d 后, 0.1 mM SA 处理下萌发种子的 O_2 速率显著高于对照 (图 1H), 但盐碱胁迫下种子的呼吸强度有所降低。此外, 0.1 mM SA 处理后 O_2 内流速率显著高于对照 (图 1I), 说明 SA 可以提高盐碱胁迫下羊草种子的发芽率和活力。

为了进一步探究为什么用 0.1 mM SA 处理会减少 Na^+ 的含量, 而增加 Ca^{2+} 、 K^+ 的积累,

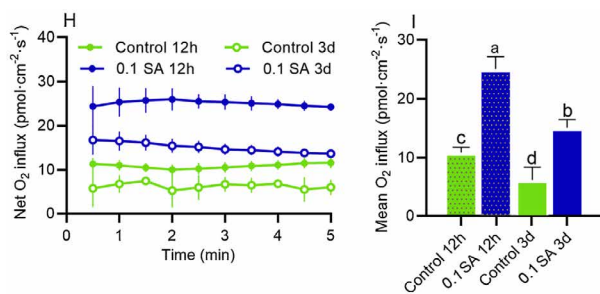


图 1. 羊草种子 O_2 吸收。

研究用 NMT 测量了用 0.1 mM SA 处理和对照组在培养 3 d 后的发芽种子的胚顶部的 Na^+ 、 K^+ 和 Ca^{2+} 的流速和浓度空间成像。结果显示, 0.1 mM SA 处理和对照组都明显表现出 Na^+ 的外排 (图 2A), 但 0.1 mM SA 处理表现出比对照组更高的 Na^+ 外排, Na^+ 的平均速率达到 $1144 pmol \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}$, 与对照组相比, 增加了 4.66 倍 (图 2B)。 Na^+ 浓度空间成像表明, 虽然对照处理下种子表面 Na^+ 含量增加, 但种子表面 Na^+ 积累量明显低于 SA 处理 (图 2C)。与对照 K^+ 的外排不同, 0.1 mM SA 处理下萌发的种子虽然 K^+ 流速较低, 但仍然是内流 (图 2D), 种子胚顶部的平均内流速率仅为 $0.68 pmol \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}$ 。值得注意的是, 对照组中 K^+ 平均外排速率达到 $341.81 pmol \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}$ (图 2E), 对照组中萌发种子表面的 K^+ 浓度也明显低于 SA 处理时的浓度, 表明对照组中发生了巨大的 K^+ 外排 (图 2F)。 Ca^{2+} 流速数据表明, 在用 0.1 mM SA 处理和对照组中, 检测到稳定的 Ca^{2+} 外排 (图 2G)。与对照组相比, 用 0.1 mM SA 处理后的 Ca^{2+} 外排速率明显降低 (图 2H), 用 0.1 mM SA 处理的种子表面的 Ca^{2+} 浓度也比对照组低 (图 2I)。

七、其它实验结果

- 外源 SA 提高了羊草种子的活力和发芽率。
- 盐碱胁迫下外源 SA 影响了种子休眠。
- 盐碱胁迫下外源 SA 激活了羊草种子抗氧化酶系统。
- 外源 SA 缓解了盐碱胁迫对质膜的损伤。
- 盐碱胁迫下外源 SA 改变了 Na^+ 、 K^+ 和 Ca^{2+} 的积累。
- 盐碱胁迫下外源 SA 触发转录水平的变化。

八、结论

综上所述, 合理剂量的外源 SA 可以作为渗透调节剂促进羊草种子萌发, 0.1 mM SA 的施

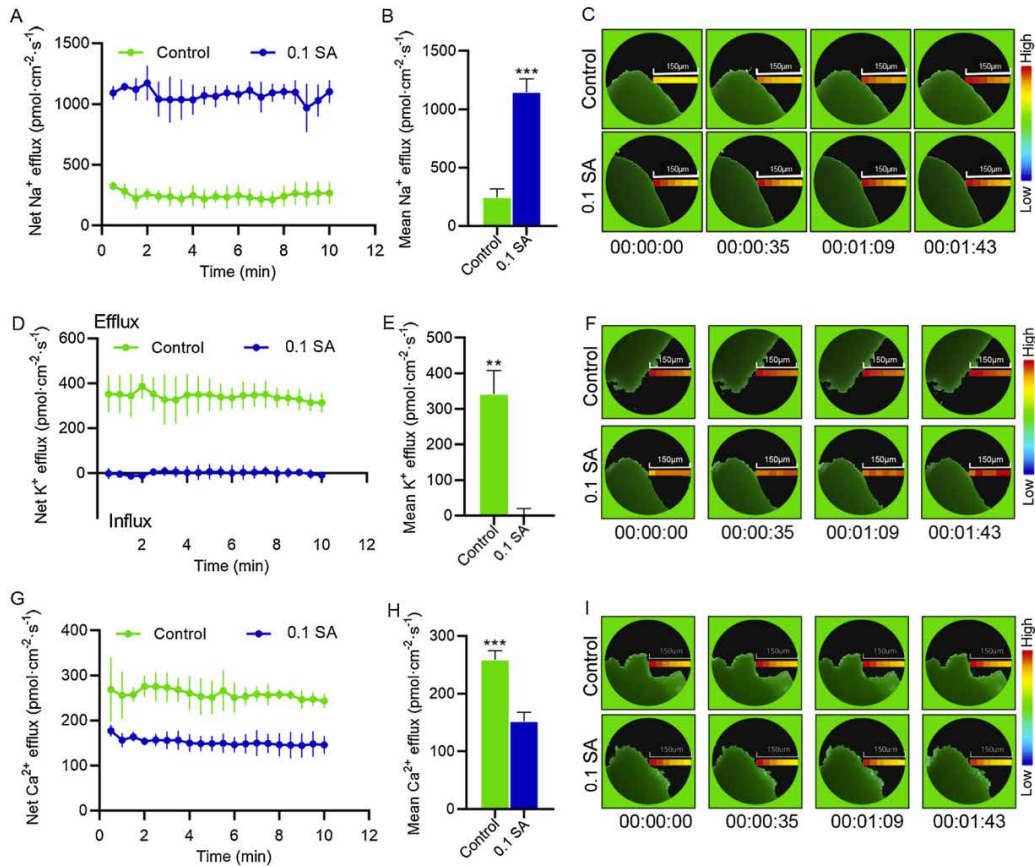


图2. 在盐碱胁迫下，外源 SA 改变了羊草发芽种子表面的离子流速。(A) Na⁺ 的瞬时流速 (B) Na⁺ 平均流速 (C) 种子表面 Na⁺ 浓度空间成像 (0-150 μm)。 (D) K⁺ 的瞬时流速 (E) K⁺ 平均流速 (F) 种子表面 K⁺ 浓度的空间成像 (0-150 μm)。 (G) Ca²⁺ 的瞬时流速 (H) Ca²⁺ 平均流速 (I) 种子表面 Ca²⁺ 浓度空间成像 (0-150 μm)。

用浓度有效提高了盐碱胁迫下羊草种子的活力和萌发。通过增加内源 SA 和 O₂ 流入，SA 在平衡羊草萌发种子中的内源性激素和渗透物方面发挥了重要的渗透调节作用 (图 3)。此外，外源 SA 通过调节信号因子 H₂O₂、渗透物质以及 Na⁺、K⁺、Ca²⁺ 等离子在羊草种子萌发过程中的积累，提高抗氧化酶活性，保护细胞膜的完整性。本研究表明，SA 主要通过调控盐碱胁迫下羊草种子萌发过程中离子分泌和渗透调节物质积累途径发挥作用，外源 SA 将为促进盐碱化土壤羊草种子萌发和繁殖提供有效参考。调节外源 SA 介导的植物种子的生理和渗透响应，也揭示了在非生物胁迫下减轻渗透胁迫对发芽种子的损害的一个启示。

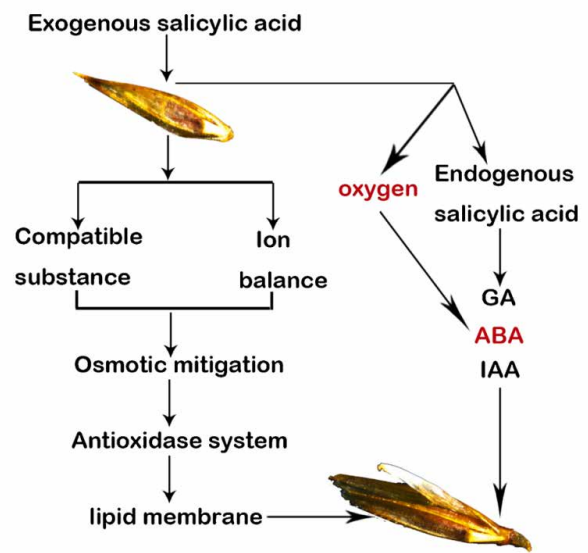


图3. 盐碱胁迫下，SA 介导羊草种子萌发的一种假设调控途径。

九、测试液

0.1 mM CaCl₂, 0.1 mM KCl, 0.5 mM NaCl, 0.3 mM MES, 0.2 mM Na₂SO₄, pH 6.0

关键词：羊草；渗透平衡；引物；水杨酸；种子萌发；盐碱胁迫

文献信息：Chen Hongna, Tao Leyuan, Shi Junmei, Han Xiaori, Cheng Xianguo. Exogenous salicylic acid signal reveals an osmotic regulatory role in priming the seed germination of *Leymus chinensis* under salt-alkali stress, *Environmental and Experimental Botany*, 188, 2021, 104498.

（责任编辑：李雪霏）