

## NMT 文献速递

福建农林林文雄、李忠：NMT 发现 *Lsi1* 促水稻根吸 Ca/K/H 排 Na 为其维持水稻细胞膜稳定性提升耐寒能力提供证据

Plant Growth Regulation  
https://doi.org/10.1007/s10725-022-00890-1

ORIGINAL PAPER



## Overexpression of the rice gene *Lsi1* (low silicon gene 1) enhances plant-microbe interactions that result in improved chilling tolerance

Yuebin Xie<sup>1</sup> · Muhammad Waqas<sup>1</sup> · Muhammad Umar Khan<sup>2</sup> · Chaojie Lan<sup>2</sup> · Peiying Weng<sup>2</sup> · Jingnan Zou<sup>1</sup> · Xin Wu<sup>1</sup> · Wenxiong Lin<sup>1,2</sup> · Zhong Li<sup>1,2</sup>

Received: 25 December 2021 / Accepted: 21 July 2022  
© The Author(s), under exclusive licence to Springer Nature B.V. 2022

### 一、基本信息

研究使用平台：NMT 温度胁迫创新平台

期刊：Plant Growth Regulation

主题：NMT 发现过表达 *Lsi1* 促水稻根吸 Ca/K/H 排 Na 为维持低温下水稻细胞膜稳定性提高抗寒性提供证据

标题：Overexpression of the rice gene *Lsi1* (low silicon gene 1) enhances plant-microbe interactions that result in improved chilling tolerance

影响因子：3.242

作者：福建农林大学林文雄、李忠、谢粤斌

### 二、检测离子 / 分子指标

Ca<sup>2+</sup>、K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、H<sup>+</sup>

### 三、样品信息

水稻根（距根尖 600 μm 根表上的点）

### 四、中文摘要

低温是一种阻碍植物生长的环境现象。相关研究主要是基于空中植物的部分。相比之下，低温胁迫下植物地下部分与根际微生物群相互作用的研究还不够充分。低硅基因 1 (*Lsi1*) 在 Dular 水稻 (*Oryza sativa* L.) 中过表达后，其脯氨酸 (Pro) 浓度明显高于野生型 Dular。这种过表达主要通过

收稿日期：2023-3-16

编辑作者 E-mail: yanhan@nmtia.org.cn

$\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{K}^{+}$  和  $\text{H}^{+}$  的吸收和  $\text{Na}^{+}$  的外排来维持细胞的渗透平衡。根尖中钙的沉积和质膜  $\text{H}^{+}$ -ATPase 活性测定结果与离子流速测定结果一致。此外，高通量测序还发现了 84 个属在不同的根际（包括根际（R）、根际（RS）和根际（N））中存在显著差异。鉴定出的细菌与光合成、能量代谢、氮固定和防御有关，在些过表达植株中显著增加。相比之下，与植物相关的致病微生物数量明显减少。研究表明，过表达植物根系中离子平衡的稳定性影响土壤中微生物群落的结构。综上所述，Lsi1 基因过表达增强了水稻的耐寒性，并对其潜在机制进行了综合分析，可为其在水稻植株抗逆性中的作用提供进一步的证据。

## 五、离子 / 分子流实验处理方法

1.5 叶期的水稻幼苗在白天  $15^{\circ}\text{C}/14\text{ h}$ ，夜晚  $10^{\circ}\text{C}/10\text{ h}$  下处理 48h

## 六、离子 / 分子流实验结果

本研究使用了非损伤微测技术（NMT）评估参与低温响应、维持渗透平衡和根系防御信号传导的一些重要离子的流速。WT 和 OS 之间的离子流速存在显著差异（图 1 和图 2）。 $\text{Ca}^{2+}$  流速表明，与 WT 相比，OS 根的  $\text{Ca}^{2+}$  内流速率更高。此外，WT 植物的根部偶尔会吸收和释放  $\text{Ca}^{2+}$ 。此外，OS 植株整体吸收  $\text{Ca}^{2+}$ ，吸收率达到  $54.31\text{ pico mole} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。然而，野生型植株总体上表现出  $\text{Ca}^{2+}$  外排，速率达到  $0.92\text{ pico mole} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。OS 根对  $\text{K}^{+}$  的吸收显著，吸收率达到  $12.78\text{ pico mole} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，但是 WT 的

根系  $\text{K}^{+}$  大量外排，其速率达到  $157.02\text{ pico mole} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。从  $\text{Na}^{+}$  的流速来看，OS 植株根系排出的  $\text{Na}^{+}$  较多，达到  $43.02\text{ pico mole} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，与野生型植株的  $14.04\text{ pico mole} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  有显著差异。同样，在 OS（ $10.21\text{ pico mole} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ）和 WT（ $0.09\text{ pico mole} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ）之间， $\text{H}^{+}$  的外排速率也有显著差异。上述结果说明在低温胁迫下，OS 植物吸收了  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{K}^{+}$  和  $\text{H}^{+}$ ，同时观察到  $\text{Na}^{+}$  的外排，维持了细胞膜功能的稳定性，增强了植物的抗寒性。

## 七、其它实验结果

- 在低温和常温下，与 WT 相比，OS 中的 Si 含量显著增加。常温下 OS 和 WT 的 Pro 含量无显著差异。与常温相比，低温下 OS 和 WT 中 Pro 含量显著升高，OS 中 Pro 含量显著高于 WT。此外，低温胁迫下 OS 植株 Pro 和 Si 含量增加，保护细胞膜系统免受破坏，增强植株抗寒能力。
- 研究发现在低温胁迫下，与 WT 相比，OS 中  $\text{Ca}^{2+}$  沉积更多，表明  $\text{Ca}^{2+}$  参与了低温响应，而在常温下则没有差异。本研究的离子吸收结果也表明，OS 植物在低温胁迫下可以吸收大量  $\text{Ca}^{2+}$ 。根系钙沉积实验证实，低温下 OS 根系钙含量显著高于 WT。此外，在低温条件下，OS 表现出比 WT 更高的  $\text{H}^{+}$ -ATPase 活性，这增加了 OS 中离子吸收和外排的能量水平。
- 高通量测序的结果表明，与光合作用、能量代谢、固氮和防御相关的微生物数量在低温下显著上调，而与致病性相关的微生物的数量显著下调。

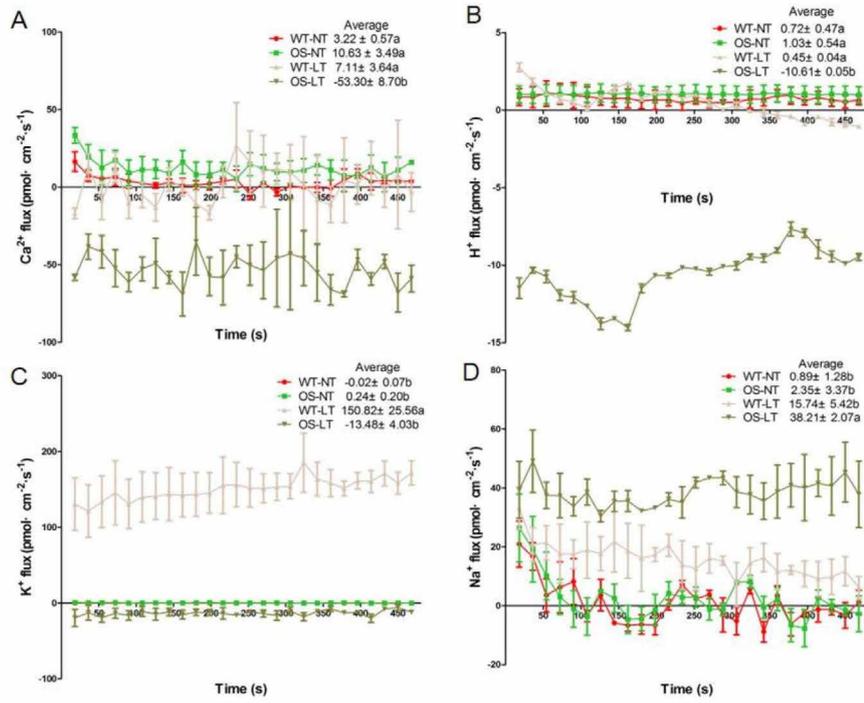


图 1. WT 和 OS 中 Ca<sup>2+</sup> (A)、H<sup>+</sup> (B)、K<sup>+</sup> (C) 和 Na<sup>+</sup> (D) 的流速。NT: 常温。LT: 低温。正值代表外排, 负值代表吸收。

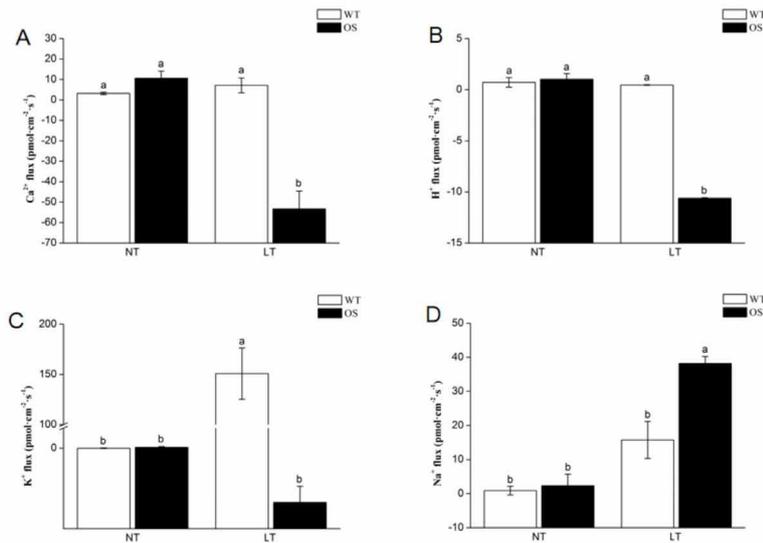


图 2. WT 和 OS 中 Ca<sup>2+</sup> (A)、H<sup>+</sup> (B)、K<sup>+</sup> (C) 和 Na<sup>+</sup> (D) 的平均流速。NT: 常温。LT: 低温。正值代表外排, 负值代表吸收。

## 八、结论

本结果表明, Lsi1 基因在对低温耐受的反应中起着关键作用。NMT 结果表明, OS 吸收了大量的  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{H}^+$  以及少量的  $\text{K}^+$ 。然而,  $\text{Na}^+$  大量外排以维持细胞渗透压的平衡。使用钙沉积法定位 OS 根中的钙含量, 发现其显著高于 WT, 这证实了根离子吸收  $\text{Ca}^{2+}$  的结果。此外, OS 根膜上的  $\text{H}^+$ -ATPase 活性显著高于 WT, 这表明植株具有更强的能量代谢, 有助于抵抗外界的低温环境。此外, 高通量测序结果表明, 与光合作用、能量代谢、固氮和防御相关的微生物数量在低温下显著上调, 而与致病性相关的微生物的数量显著下调。此外, 过表达的植物在低温条件下能够及时应对胁迫, 植物本身也能通过一系列反应耐受不利条件。总之, Lsi1 基因过表达增强了水稻的耐寒性, 并对其潜在机制进行了综合分析, 可为其在水稻植株抗逆性中的作用提供进一步的证据。

## 九、测试液

0.1mM  $\text{CaCl}_2$ , 0.1mM KCl, 0.1mM NaCl, 0.3mM MES, pH 6.0

关键词: 低温; 水稻; 渗透调节; 互作; 根际微生物;  $\text{Ca}^{2+}$ ; 能量代谢; 植物类

文献信息: Xie, Y., et al. Overexpression of the rice gene Lsi1 (low silicon gene 1) enhances plant-microbe interactions that result in improved chilling tolerance. *Plant Growth Regul* 98, 525–538 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10725-022-00890-1>

(责任编辑: 李雪霏)