

# Hortic Res 山西大学金竹萍：NMT 发现 H<sub>2</sub>S 促保卫细胞排 Cl<sup>-</sup>/H<sup>+</sup> 抑制吸 K<sup>+</sup> 为干旱下 H<sub>2</sub>S 调控气孔运动的机制提供证据

**Horticulture Research**

Volumes Advance Access Collections Publish Alerts About

Horticulture Resear  Advanced Search

**JOURNAL ARTICLE**

H<sub>2</sub>S-mediated balance regulation of stomatal and non-stomatal factors responding to drought stress in Chinese cabbage

Wenze Zhang, Lei Wang, Liping Zhang, Xiangqun Kong, Jiao Zhang, Xin Wang, Yanxi Pei, Zhuping Jin Author Notes

Horticulture Research, Volume 10, Issue 3, March 2023, uhac284, <https://doi.org/10.1093/hr/uhac284>  
Published: 23 December 2022 Article history

PDF Split View Cite Permissions Share

VIEWS 212 ALTMETRIC ?  
More metrics information

Email alerts  
Article activity alert  
Advance article alerts

## 一、基本信息

研究使用平台：NMT 水旱胁迫创新平台

期刊：Horticulture Research

主题：NMT 发现 H<sub>2</sub>S 信号显著诱导 Cl<sup>-</sup> 和 H<sup>+</sup> 的跨膜外流，抑制 K<sup>+</sup> 内流，从而导致气孔关闭，明确了 Cl<sup>-</sup> 通道是 H<sub>2</sub>S 调控大白菜气孔运动的主要靶标

标题：H<sub>2</sub>S-mediated balance regulation of stomatal and non-stomatal factors responding to drought stress in Chinese cabbage

影响因子：7.291

作者：山西大学裴雁曦、金竹萍、张文泽、王磊

获奖情况：该成果获得 2022-2023 年度“中关村优秀 NMT 成果奖”一等奖

## 二、检测离子 / 分子指标

Cl<sup>-</sup>、K<sup>+</sup>、H<sup>+</sup>

## 三、样品信息

大白菜叶片保卫细胞

## 四、中文摘要

越来越多的证据表明，硫化氢（H<sub>2</sub>S）作为一种新型气体信号分子，可以通过诱导气孔关闭来增强植物的抗旱性，与此同时也会提高光合效率，这一矛盾现象背后的机制尚不清楚。本研究从气孔因素和非气孔因素两个方面探讨了 H<sub>2</sub>S 信号响应干旱胁迫的平衡调控机制。结果表明，外源 H<sub>2</sub>S 可以增加光合色素的积累，减轻干旱胁迫对叶片的伤害，同时生理浓度的 H<sub>2</sub>S 在转录水平上调控核酮糖 1,5-二磷酸羧化酶 / 加氧酶（BrRuBisCO）的表达和活性，究其原因可能是通过 H<sub>2</sub>S 对其大亚基 BrRBCL 进行硫磺基化修饰实现的。最后，利用非损伤微测技术（NMT）检测了保卫细胞中 Cl<sup>-</sup>、K<sup>+</sup> 和 H<sup>+</sup> 的离子流速，结果表明，H<sub>2</sub>S 信号显著诱导 Cl<sup>-</sup> 和 H<sup>+</sup> 的跨膜外流，抑制 K<sup>+</sup> 内流，从而导致气

收稿日期：2023-06-29

编辑作者 E-mail:yanhan@nmtia.org.cn

doi:10.5281/zenodo.8213378

孔关闭, 明确了  $\text{Cl}^-$  通道是  $\text{H}_2\text{S}$  调控大白菜气孔运动的主要靶标。综上所述,  $\text{H}_2\text{S}$  信号不仅可以激活位于保卫细胞膜上的离子通道蛋白诱导气孔关闭, 还可以调控非气孔因子 RuBisCO 的转录表达和活性, 提高叶片的光合效率。因此, 干旱胁迫下  $\text{H}_2\text{S}$  信号通路对气孔因素和非气孔因素的调控之间存在一种有益的平衡, 需进一步了解, 以便在实际应用中提高作物产量。

### 五、离子 / 分子流实验处理方法

一月龄的白菜叶片下表皮在不同条件下处理 15 min

### 六、离子 / 分子流实验结果

本研究利用非损伤微测技术 (NMT) 检测

了保卫细胞中  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{K}^+$  和  $\text{H}^+$  的离子流速, 发现  $\text{H}_2\text{S}$  信号显著诱导  $\text{Cl}^-$  和  $\text{H}^+$  的跨膜外流, 抑制  $\text{K}^+$  内流, 从而导致气孔关闭, 明确了  $\text{Cl}^-$  通道是  $\text{H}_2\text{S}$  调控大白菜气孔运动的主要靶标 (图 1)。

### 七、其它实验结果

- 硫化氢增加了光合色素的积累, 促进了干旱胁迫下的大白菜的生长
- 硫化氢提高了干旱胁迫下的光合速率和水分利用效率
- 硫化氢在干旱胁迫下上调 BrRuBisCO 转录水平的表达
- 硫化氢可以巯基化 BrRBCL 进而提高 RuBisCO 的活性
- 硫化氢诱导了大白菜叶片的气孔关闭

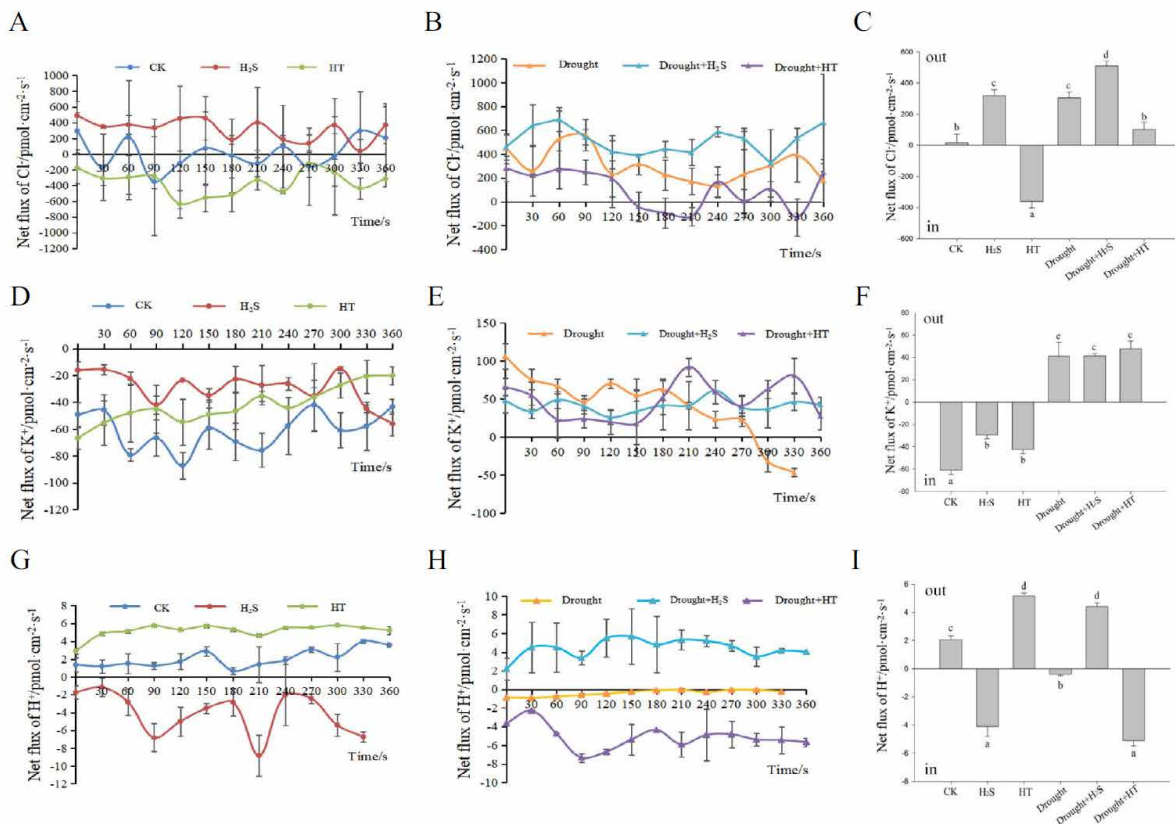


图 1 干旱胁迫下  $\text{H}_2\text{S}$  对大白菜幼苗叶下表皮保卫细胞中  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{H}^+$  净离子流的影响, 正值代表外排, 负值代表内流。

## 八、结论

$H_2S$  信号在大白菜叶片气孔和非气孔因子之间存在一种平衡调控，在诱导气孔关闭减少水分散失的同时，可最大限度提高光合效率，促进碳同化作用。

## 九、测试液

$H^+$ ， $K^+$  的测试液成分为：0.1 mM KCl，0.1 mM  $CaCl_2$ ，0.1 mM  $MgCl_2$ ，0.5 mM NaCl，0.3 mM MES，0.2 mM  $Na_2SO_4$ ，pH 6.0。

$Cl^-$  的测定液成分为：0.05 mM KCl，0.05 mM  $CaCl_2$ ，0.05 mM  $MgCl_2$ ，0.25 mM NaCl 和 0.2 mM  $Na_2SO_4$ ，pH 6.0。

关键词： $Cl^-$ ； $K^+$ ； $H^+$ ； $H_2S$ ；干旱胁迫；大白菜；保卫细胞；气孔；根；植物类

文献信息：Zhang W, Wang L, Zhang L, Kong X, Zhang J, Wang X, Pei Y, Jin Z.  $H_2S$ -mediated balance regulation of stomatal and non-stomatal factors responding to drought stress in Chinese cabbage. *Hortic Res.* 2022 Dec 23;10(3):uhac284. doi: 10.1093/hr/uhac284. PMID: 36938567; PMCID: PMC10018781.

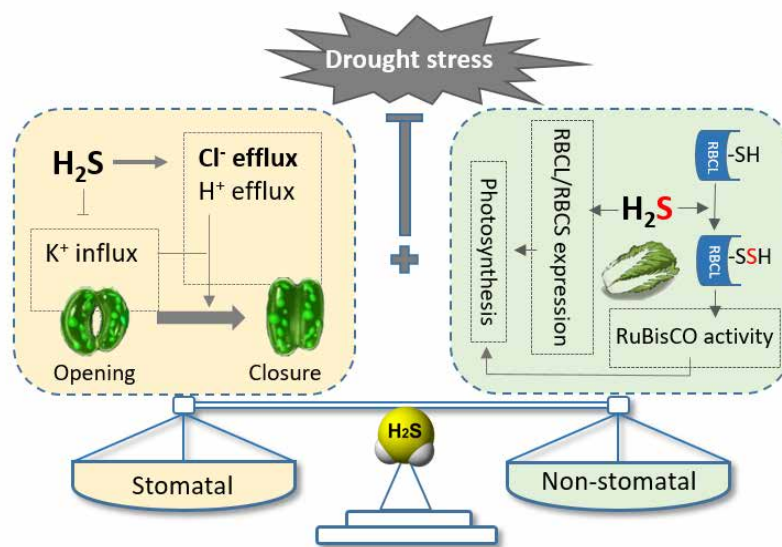


图 2  $H_2S$  信号平衡气孔因子与非气孔因子对于干旱胁迫的响应模型。

（责任编辑：李雪霏）