获取更多分类文献专辑

神经研究、毒理（斑马鱼）研究、重金属胁迫、盐胁迫、IAA 研究、极性生长、温度胁迫、水旱胁迫、植物免疫、植物-微生物互作、植物营养 >>点击获取

中关村 NMT 产业联盟
nmtia.org.cn
扫码获取 2021 最新文献

目 录

PBJ 农科院棉花所、浙江农科院：AKR2A 协调 IAA 和 H_2O_2 积累调控棉纤维伸长.....- 1 -

PP：硼通过极性生长素运输促进过渡区根部碱化缓解铝毒.....- 3 -

Nature Plants 杨维才：MLO 整合胚珠信号和 Ca^{2+}信号影响花粉管导向 .....- 5 -

Int J Mol Sci：NMT 为揭示 NRT 异源表达提升植物逆境氮吸收的机制提供证据.....- 8 -

J Proteome Res 林金星：胞外 Ca^{2+}内流对白皮松花粉管发育影响的蛋白质组学和细胞学综合分析 ..... - 11 -

Science：D 型丝氨酸调节谷氨酸受体基因构成的 Ca^{2+}通道 ..... - 13 -

New Phytologist：GhCaM7 调节活性氧促进棉纤维伸长 ..... - 15 -

PBJ 农科院棉花所、浙江农科院：AKR2A 协调 IAA 和 H_2O_2 积累调控棉纤维伸长

1.基本信息

期刊：Plant Biotechnology Journal
主题：AKR2A 协调 IAA 和 H_2O_2 积累调控棉纤维伸长
标题：AKR2A participates in the regulation of cotton fibre development by modulating biosynthesis of very long-chain fatty acids
影响因子：6.840
作者：中国农科院棉花所李付广、浙江省农科院沈国新

2.中文摘要（谷歌机翻）

超长链脂肪酸（VLCFA）的生物合成及其运输是纤维发展所必需的。但是，此过程是否涉及其他监管因素尚不清楚。我们在此报告，棉花中拟南芥基因锚蛋白重复序列蛋白 2A（AKR2A）的过表达促进了纤维的伸长。RNA-Seq 分析用于阐明 AKR2A 调节棉纤维发育的机制。在 AKR2A 转基因品系中，VLCFA 含量和 VLCFA 与短链脂肪酸的比率增加。另外，AKR2A 通过调节乙烯并与植物生长素和过氧化氢的积累协同作用来促进纤维伸长。RNA-Seq 数据分析表明，AKR2A 上调参与 VLCFAs 生物合成，乙烯生物合成，生长素和过氧化氢信号，细胞壁和细胞骨架组织的基因的转录水平。此外，在体外和体内，AKR2A 与拟南芥中的 KCS1 相互作用。此外，AKR2A 过表达品系和 AKR2A/KCS1 共过表达品系的种子中 VLCFA 含量和 VLCFA 与短链脂肪酸的比率显著增加，而 AKR2A 突变体则相反。我们的结果揭示了一种新颖的棉纤维生长机制，关键调节剂 AKR2A 通过介导 VLCFA 生物合成，通过激活激素信号传导级联来促进纤维发育。这项研究为通过基因工程提高纤维产量和质量提供了潜在的候选基因。

3.检测离子/分子指标

IAA，H_2O_2

4.样品信息

棉纤维尖端

5.离子/分子流实验处理方法

开花后 15 d 的棉花纤维

6.离子/分子流实验结果

WT 中 IAA 的平均外排速率为 4262.30 fmol $cm^{-2}s^{-1}$；而 AKR2A-2 和 AKR2A-57 的外排速率平均值分别是 14298.01 fmol $cm^{-2}s^{-1}$ 和 13685.83 fmol $cm^{-2}s^{-1}$，显然 AKR2A-OE 的 IAA 外排速率明显高于 WT。WT 中 H_2O_2 的平均外排速率为 0.02 pmol $cm^{-2}s^{-1}$；而 AKR2A-2 和 AKR2A-57 的吸收速率平均值分别是 0.49 pmol $cm^{-2}s^{-1}$ 和 0.80 pmol $cm^{-2}s^{-1}$。相比于 WT，AKR2A-OE 的 IAA 外排速率和 H_2O_2 吸收速率在纤维伸长过程中明显增加。

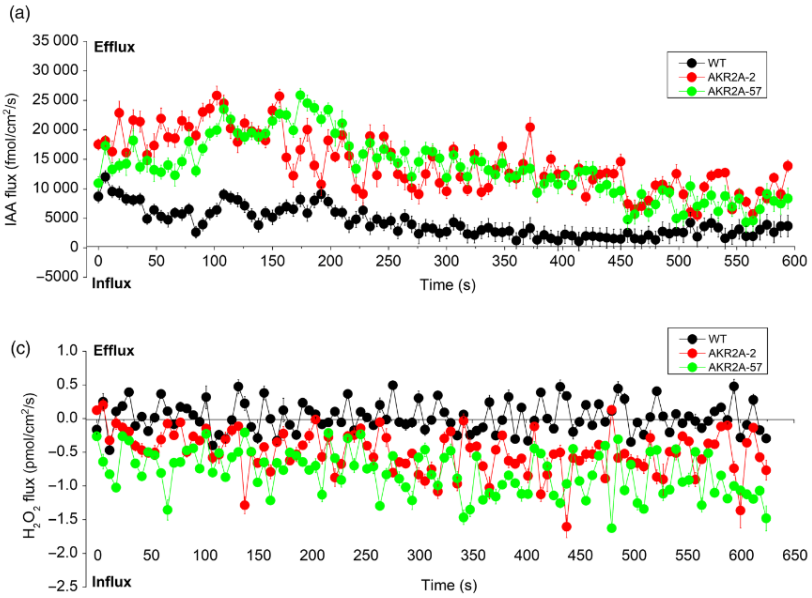

图 1. 过表达 *AKR2A* 和野生型棉花的开花后 15 d 纤维中的 IAA 和 H_2O_2 流速

7.测试液

0.1 mM KCl, 0.1 mM $CaCl_2$, 0.3 mM MES, 0.2 mM Na_2SO_4, 0.1% sucrose, pH 6.0

PP：硼通过极性生长素运输促进过渡区根部碱化缓解铝毒

1.基本信息

期刊：Plant Physiology
主题：硼通过极性生长素运输促进过渡区根部碱化缓解铝毒
标题：Boron Alleviates Aluminum Toxicity by Promoting Root Alkalization in Transition Zone via Polar Auxin Transport
影响因子：5.949
作者：佛山科学技术学院喻敏、李学文、Sergey Shabala

2.中文摘要（谷歌机翻）

硼（B）减轻高等植物中的铝（Al）毒性；然而，这种现象背后的潜在机制仍然未知。本研究使用溴甲酚绿 pH 值指示剂，非损伤微测技术（NMT）来证明 B 促进豌豆（*Pisum sativum*）根的根表面 pH 梯度，导致根过渡区的碱化和伸长区的酸化，而 Al 抑制这些 pH 梯度。B 显著降低了侧根的过渡区（距离顶点约 1.0~2.5 mm）的 Al 积累，从而减轻了 Al 诱导的根伸长抑制。通过 IAA 敏感的铂流速微传感器检测到的净吲哚乙酸（IAA）外排显示极性生长素转运在根过渡区达到峰值，受到 Al 毒性的抑制，而部分回收则是 B.使用拟南芥的电生理实验拟南芥（*Arabidopsis thaliana*）生长素转运蛋白转运蛋白（生长素抗性 1-7;针形成 2 [pin2]）和特异性极性生长素转运蛋白抑制剂 1-萘基酞酸表明，基于 PIN2 的极性生长素转运参与过渡区的根表面碱化。我们的研究结果表明，B 促进由生长素外排转运蛋白 PIN2 驱动的极性生长素转运，并导致质膜-H^+-ATPase 的下游调节，导致根表面 pH 升高，这对于减少这种铝靶向中的 Al 积累是必不可少的。这些发现为外源 B 在减轻植物根尖区中铝积累和毒性中的作用提供了机制解释。

3.检测离子/分子指标

H^+，IAA

4.样品信息

豌豆根，距根尖 0、300、600、900、1200、1500、1800、2100、2400、2700 μm 根表上的点。

5.离子/分子流实验处理方法

4 日龄豌豆幼苗，0 或 25 μM H_3BO_3 处理 2 d，之后 0 或 15 μm $AlCl_3$ 溶液（pH 4.0）中处理 3 h。

6.离子/分子流实验结果

为了研究极性生长素运输是否参与了豌豆根过渡区表面碱化的调控，使用 NMT 技术测定了豌豆根尖中 IAA 的净流速。IAA 净外排速率的曲线与沿根轴的 pH 曲线相似。净 IAA 外排速率在距离根冠交界处 600~1500 μm 之间达到峰值，在+B 植物中 900 μm 处检测到最高的外排速率，在-B 植物中 1200 μm 处检测到最高的外排速率（图 1A）。B 缺乏显著抑制了分生组织和根过渡区 IAA 的净外排。Al 胁迫 3 h 对-B 和+B 植株的 IAA 净外排也有明显的抑制作用，这种抑制作用主要发生在根部过渡区（图 1A）。Al 胁迫后，在分生组织和过渡区，-B 植物的 IAA 净外排速率低于+B 植物。这表明 Al 毒抑制了根过渡区 IAA 的外排，而 B 缺乏则抑制了分生组织和过渡区 IAA 的外排。B 缓解了 Al 毒作用下 Al 诱导的过渡带 IAA 外排减少。

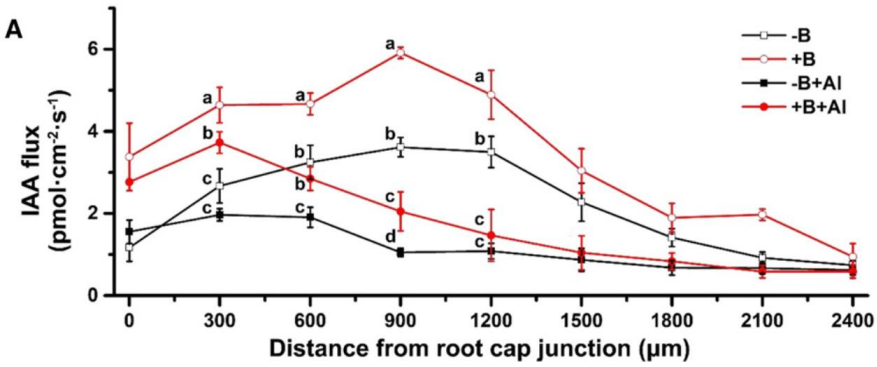

图1. B和Al对豌豆侧根根尖IAA转运的影响

7.测试液

IAA：0.1 mM KCl, 0.1 mM $CaCl_2$, 0.2 mM Na_2SO_4, 0.3 mM MES, pH 4.0

H^+：0.1 mM $CaCl_2$, 0.5mM KCl, pH 4.5

Nature Plants 杨维才：MLO 整合胚珠信号和 Ca^{2+}信号影响花粉管导向

1.基本信息

期刊：Nature Plants
主题：MLO 整合胚珠信号和 Ca^{2+}信号影响花粉管导向
标题：Integration of ovular signals and exocytosis of a Ca^{2+} channel by MLOs in pollen tube guidance
影响因子：13.256
作者：中国科学院遗传与发育生物学研究所杨维才、李红菊

2.中文摘要

Ca^{2+}通道的时空靶向对质膜响应胞外信号用于细胞稳态和细胞间通信具有关键作用，但人们对其了解甚少。本文报道了一个至今未知的环核苷酸门控阳离子通道Ca^{2+}通道（cyclic nucleotide-gated cation channel Ca^{2+} channel，CNGC18）在花粉管对雌性信号反应的定向胞吐（directional exocytosis）机制。三种跨膜MILDEW RESISTANCE LOCUS O（MLO）蛋白的丧失导致拟南芥在感知胚珠信号（ovular cues）时花粉管发生扭曲。分子研究显示，MLOs通过R-SNARE蛋白以反式模式选择性地将含Ca^{2+}通道CNGC18的囊泡固定在质膜上。这些结果揭示了细胞外信号和选择性胞吐的分子整合机制，并阐明了环境刺激引发的最早Ca^{2+}内流的调节机制。

3.检测离子/分子指标

Ca^{2+}，K^{+}，Cl^{-}

4.样品信息

拟南芥花粉管顶端

5.离子/分子流实验处理方法

花粉管发芽后即可检测

6.离子/分子流实验结果

为了验证*mlo5 mlo9*突变体的Ca^{2+}内流可能受损这一假说，通过流速传感器检测了*mlo5 mlo9*花粉管中的Ca^{2+}流速，结果显示，突变体中仍然存在尖端集中的Ca^{2+}梯度，但幅度远低于WT（图1），并且K^{+}和Cl^{-}的流速不受影响（图2）。

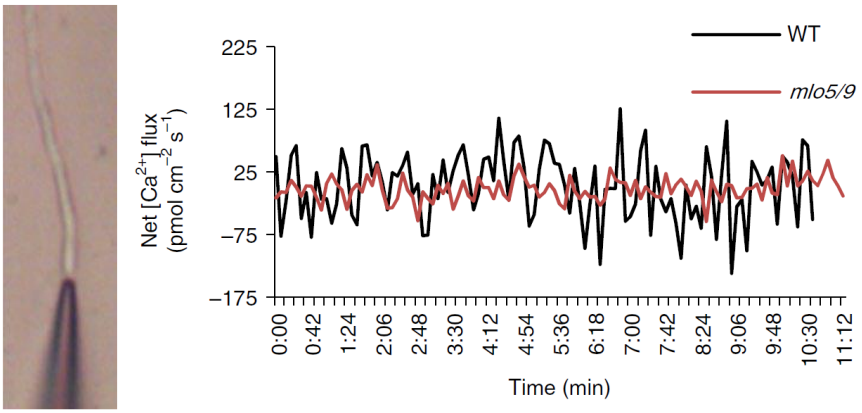

图1. 花粉管尖端附近的离子流速变化

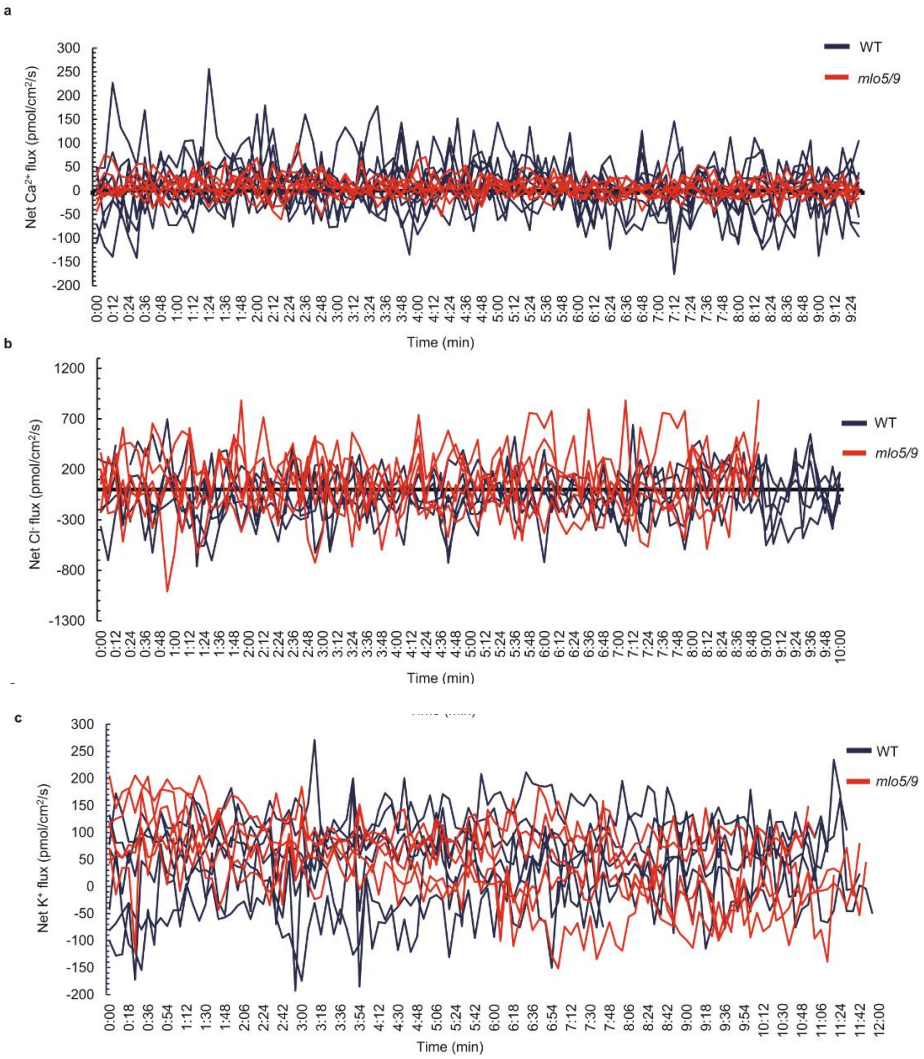

图2. Cl^-和K^+流速正常，但*mlo5/9*花粉管中Ca^{2+}不正常

此外，在*mlo5 mlo9*双突变体中过量表达*CNGC18-GFP*，虽然没有在质膜上富集，但仍可部分缓解*mlo5 mlo9*基因型的花粉管生长缺陷，与*CNGC18-GFP*过表达的花粉管中Ca^{2+}内流速率的升高的结果相对应（图3）。

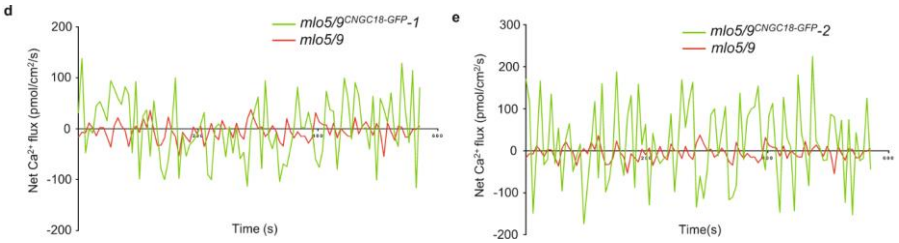

图3. 两个转基因株系的Ca^{2+}流速与*mlo5/9*花粉管比较

7.测试液

0.1 mM KCl, 0.1 mM $CaCl_2$, 1.6 mM H_3BO_4, 0.05 mM MES

Int J Mol Sci：NMT 为揭示 NRT 异源表达提升植物逆境氮吸收的机制提供证据

1.基本信息

期刊：International Journal of Molecular Sciences
主题：NMT为揭示NRT异源表达提升植物逆境氮吸收的机制提供证据
标题：Heterologous Expression of Nitrate Assimilation Related-Protein DsNAR2.1/NRT3.1 Affects Uptake of Nitrate and Ammonium in Nitrogen-Starved *Arabidopsis*
影响因子：4.556
作者：东北农业大学王金刚、周爱民、麻红萍

2.中文摘要（谷歌机翻）

氮是植物生长必不可少的常量营养素。植物主要以硝酸盐（NO_3^-）或铵盐（NH_4^+）的形式吸收和利用N。在这项研究中，硝酸盐转运蛋白DsNRT3.1（也称为硝酸盐同化相关蛋白DsNAR2.1）的特征在于石竹（*Dianthus spiculifolius*）。定量PCR（qPCR）分析表明，DsNRT3.1的表达被NO_3^-诱导。在N饥饿条件下，表达*DsNRT3.1*的转化拟南芥幼苗比野生型具有更长的根和更大的鲜重。亚细胞定位表明DsNRT3.1主要定位于拟南芥根毛细胞的质膜上。非损伤微测技术（NMT）检测表明，N饥饿转化的拟南芥幼苗的根毛具有比野生拟南芥更强的NO_3^-和NH_4^+内流速率。使用NO_3^-或NH_4^+作为唯一氮源的类型苗；相反，当同时存在NO_3^-和NH_4^+时，转化幼苗的NO_3^-流入速率更大。另外，qPCR分析表明，转化的拟南芥中的*AtNRT2*基因（AtNRT2.1-2.6），特别是AtNRT2.5的表达与野生型不同。总体而言，本研究结果表明，*DsNRT3.1*的异源表达通过增强N饥饿拟南芥中NO_3^-和NH_4^+的吸收而影响幼苗的生长。这可能与*AtNRT2*基因的差异表达有关。

3.离子/分子指标

NO_3^-，NH_4^+

4.样品信息

拟南芥根毛

5.离子/分子流实验处理方法

拟南芥（野生型幼苗和N饥饿转化幼苗）萌发后转入无氮1/2MS培养基中培养7 d

6.离子/分子流结果

在1/2MS培养基或无氮1/2MS培养基上生长10 d的幼苗被转移到含有KNO_3（0.1 mM）、NH_4Cl（0.1 mM）或NO_3NH_4（0.5 mM）作为唯一氮源的测试液中。以KNO_3或NH_4Cl为唯一氮源，野生型和转化苗在1/2MS培养基上的根毛表现出明显的NO_3^-或NH_4^+外排，转化苗和野生型苗的外排速率没有显著差异（图1A-D）。然而，在氮饥饿野生型和转化苗的根毛中有明显的NO_3^-或NH_4^+内流（图1E, G）；转化苗的平均内流速率显著高于野生型苗（图1F, H）。

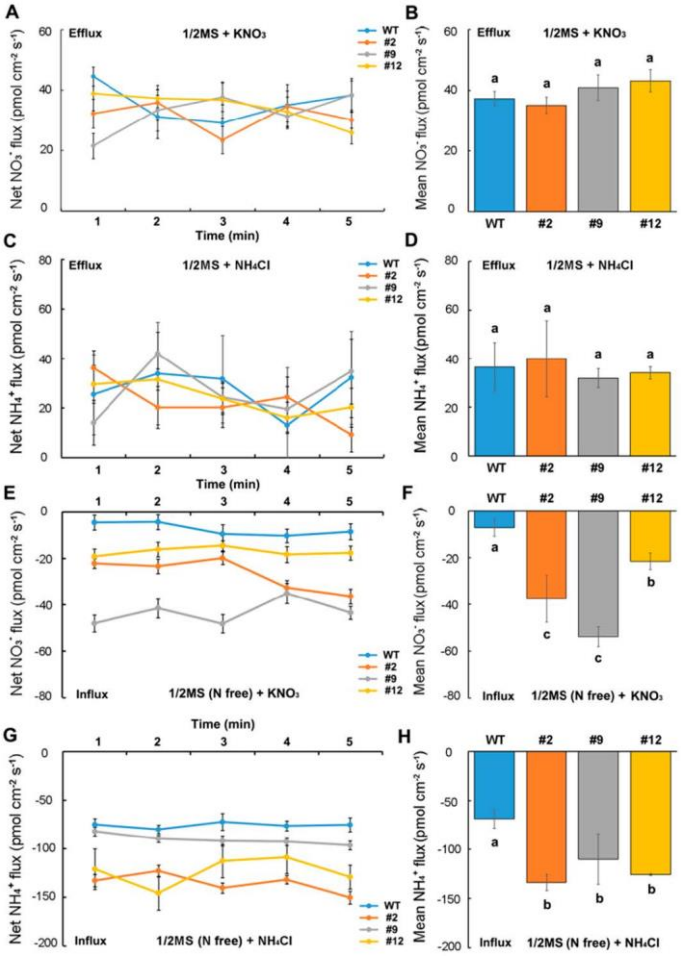

图1. KNO_3或NH_4Cl作为唯一氮源的野生型（WT）和转化拟南芥根毛中的NO_3^-和NH_4^+流速

以NO_3NH_4为唯一氮源，氮饥饿转化苗的根毛表现出比野生型高的NO_3^-内流速率（图2E, F），而NH_4^+内速与野生型相似（图2G, H）。此外，在1/2MS培养基上培养的野生型或转化苗的根毛中NO_3^-和NH_4^+的外排不明显，并且在品系之间没有显著差异（图2A-D）。这表明，与野生型幼苗相比，氮饥饿转化幼苗的根毛具有更强的NO_3^-吸收能力；在没有NO_3^-的情况下，它们也具有更强的NH_4^+吸收能力，表明*DsNRT3.1*的异源表达影响了氮饥饿拟南芥幼苗对NO_3^-和NH_4^+的吸收。

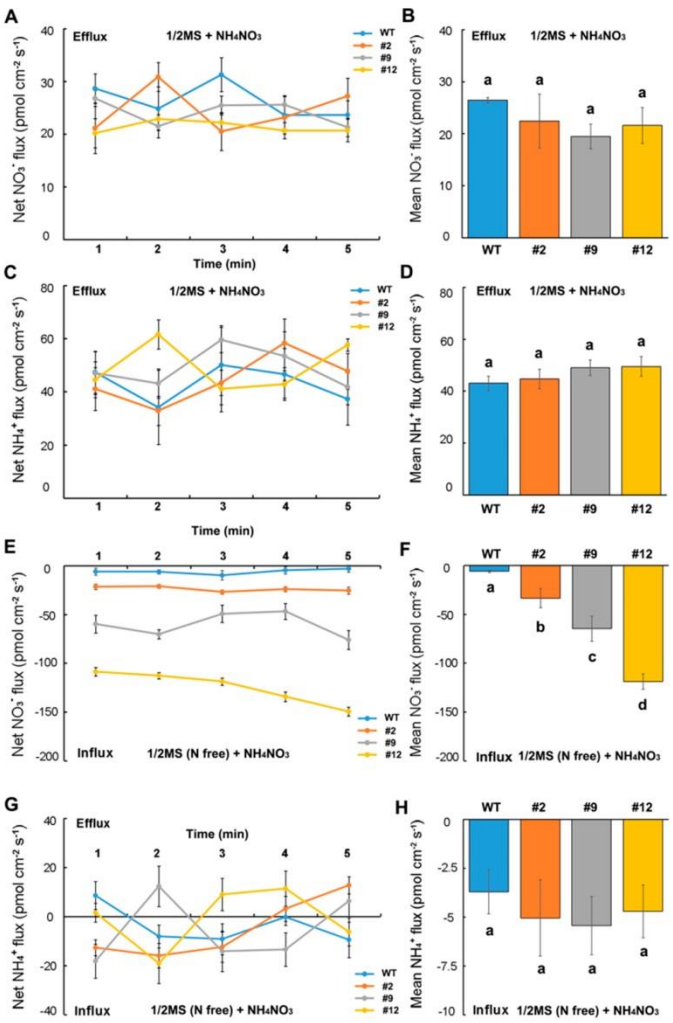

图2.以NO_3NH_4作为唯一氮源的野生型（WT）和转化拟南芥根毛中的NO_3^-和NH_4^+流速

7.其他实验结果

- *DsNRT3.1*的表达受到NO_3^-和K^+的影响。
- 在低浓度NO_3^-或NH_4^+作为唯一氮源的情况下，转化幼苗比野生型幼苗生长得更好。
- 这表明*DsNRT3.1*的异源表达影响转化拟南芥幼苗中*AtNRT2*基因家族成员的表达。

8.结论

*OsMPT3*基因调节了盐胁迫下水稻磷转运和ATP合成的能量供应，引发了参与渗透调节的离子和代谢物积累的变化，从而提高了水稻的耐盐性。本研究证明了CRISPR/Cas9基因编辑技术在植物功能基因研究中的有效应用。

9.测试液

NO_3^-：1.0 mM KNO_3, pH 6.0

NH_4^+：1.0 mM NH_4Cl, pH 6.0

J Proteome Res 林金星：胞外 Ca^{2+}内流对白皮松花粉管发育影响的蛋白质组学和细胞学综合分析

1.基本信息

主题：胞外Ca^{2+}内流对白皮松粉管发育影响的蛋白质组学和细胞学综合分析
期刊：J Proteome Res
标题：Integrative proteomic and cytological analysis of the effects of extracellular Ca^{2+} influx on *Pinus bungeana* pollen tube development
影响因子：5.684
作者：中科院植物研究所林金星、吴小琴

2.中文摘要（谷歌机翻）

Ca^{2+}是控制花粉萌发和管生长的必需离子。但是，通过Ca^{2+}信号传导控制花粉管发育及其与细胞骨架成分，能量提供途径和细胞扩增机制的相互作用仍然难以捉摸。本研究使用抑制剂硝苯地平（Nifdipine，Nif）研究白皮松粉管生长中Ca^{2+}在差异蛋白表达和其他细胞过程中的功能。蛋白质组学分析表明，随着Nif剂量的变化，50种蛋白质表现出差异表达。其中的34个与先前报道的蛋白质同源，并被归类为与尖端生长机制密切相关的不同功能类别。在花粉管膜中用Nif阻断L型Ca^{2+}通道可在短时间内引起数个早期变化，包括细胞外Ca^{2+}内流减少和随后胞浆游离Ca^{2+}浓度（$[Ca^{2+}]_c$）急剧下降，并伴有超微结构能量产生和信号传导中涉及的蛋白质异常和丰度变化。次要的变化包括肌动蛋白丝解聚，内吞/胞吐作用的破坏模式，细胞壁重塑以及这些过程中涉及的蛋白质变化。这些结果表明，胞外Ca^{2+}内流对于维持白皮松花粉管中典型的尖端集中$[Ca^{2+}]_c$梯度是必要的，并且减少了三磷酸腺苷的产生（ATP），细胞骨架的解聚以及异常的内吞/胞吐作用以及细胞壁的刚性增强是造成在用Nif处理的花粉管中观察到的生长停滞的原因。

3.离子/分子指标

Ca^{2+}

4.样品信息

白皮松花粉管

5.离子/分子流实验处理方法

将花粉在标准培养基中培养72 h，然后分别用100、250和500 μM的Nif处理。

6.离子/分子流结果

利用NMT技术，研究检测了生长中的花粉管顶端的Ca^{2+}内流速率。Ca^{2+}内流速率在对照组花粉管顶端占优势，并随着时间的推移而振荡，最大Ca^{2+}内流速率为104.4 pmol $cm^{-2}s^{-1}$（图1）。尽管用250和500 μM Nif处理明显降低了Ca^{2+}内流速率的幅度，但它并没有完全抑制Ca^{2+}花粉管顶端的内流速率。不同浓度的Nif处理后，花粉管顶端的平均最大内流速率分别为54.5 pmol $cm^{-2}s^{-1}$、46.3 pmol $cm^{-2}s^{-1}$和33.83 pmol $cm^{-2}s^{-1}$，表明细胞外Ca^{2+}浓度呈剂量依赖性显著降低。

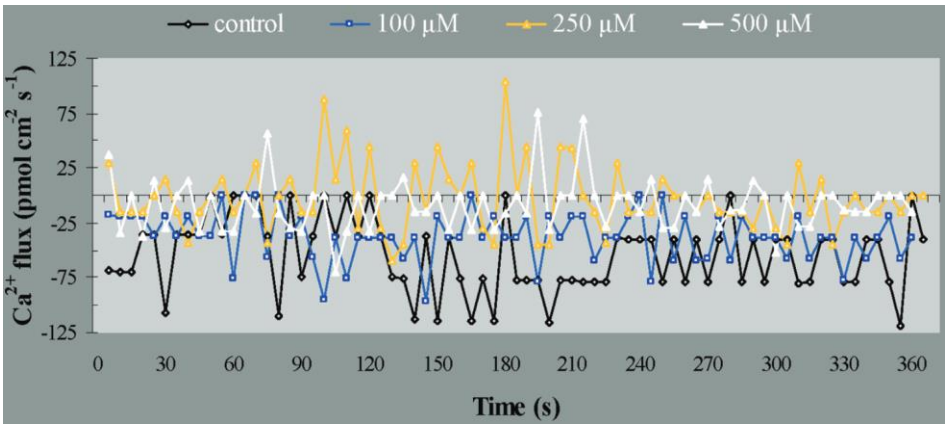

图1. 剂量依赖性的外源Nif对花粉管顶端细胞外Ca^{2+}内流的抑制作用

Science：D 型丝氨酸调节谷氨酸受体基因构成的 Ca^{2+}通道

1.基本信息

主题：D型丝氨酸调节谷氨酸受体基因构成的Ca^{2+}通道
期刊：Science
标题：Glutamate Receptor–Like Genes Form Ca^{2+} Channels in Pollen Tubes and Are Regulated by Pistil D-Serine
影响因子：41.037
作者：里斯本大学Erwan Michard、JoséA. Feijó

2.中文摘要（谷歌机翻）

胞质游离钙浓度（$[Ca^{2+}]_{cyt}$）的升高构成了真核细胞的基本信号转导机制，但是在植物中引发该信号的 Ca^{2+}通道的分子同一性仍在争论中。本研究通过药理学和功能丧失的突变体表明，在烟草和拟南芥中，谷氨酸受体样通道（*GLRs*）促进 Ca^{2+}跨质膜流入，调节顶$[Ca^{2+}]_{cyt}$梯度，从而影响花粉管的生长和形态发生。此外，生长在敲除突变体丝氨酸消旋酶（*SR1*）雌蕊上的野生型花粉管显示出与 GLR 活性降低一致的生长缺陷。本研究的发现揭示了雄配子体和雌蕊组织之间一种新颖的植物信号传导机制，类似于动物神经系统中常见的氨基酸介导的通讯。

3.离子/分子指标

Ca^{2+}

4.样品信息

烟草和拟南芥花粉管顶端

5.离子/分子流实验处理方法

① 1 mM D-Ser, 250 mM CNQX, 250 mM DNQX实时处理
② 172 mM CNQX处理
③ 100 mM D-Ser处理

6.文章简介

2011年3月17日，葡萄牙里斯本大学JoséFeijó教授的研究成果在世界知名杂志《Science》以“Research Article”的形式在线发表，中国农业大学资源环境学院的刘来华教授参与了本项

研究。细胞内游离Ca^{2+}的增加构成了真核细胞基本的信号转导机制，但是Ca^{2+}通道蛋白如何启动信号一直存在争论。在这项研究中科学家使用非损伤微测技术（NMT）测定了氨基酸刺激后花粉管的Ca^{2+}流动，直接证实了植物中具有和动物中相似的神经传递系统。发现谷氨酸受体类似基因（GLRs）减少了通过质膜的Ca^{2+}内流，进而调节花粉管顶端胞质中的Ca^{2+}浓度梯度，最终影响花粉管的生长和形态建成。此外，敲除花粉管丝氨酸消旋酶（SR1的突变体）后GLRs活性下降，导致生长发生缺陷。这项研究揭示了氨基酸调节雄性配子体和雌蕊组织之间全新的信号转导机制，类似于动物神经系统的常见机制。这不仅是植物学的重大发现，对动物学、医学等其他领域的研究也具有很大的参考价值。NMT是一种活体研究技术，无需标记就可以实时地获取离子和小分子的流速，是研究活体信号转导和神经传递系统的最佳手段之一。

New Phytologist：GhCaM7 调节活性氧促进棉纤维伸长

1.基本信息

主题：GhCaM7调节活性氧促进棉纤维伸长
期刊：New Phytologist
标题：The calcium sensor GhCaM7 promotes cotton fiber elongation by modulating reactive oxygen species (ROS) production
影响因子：7.21
作者：华中农业大学张献龙、涂礼莉、唐文鑫

2.中文摘要（谷歌机翻）

纤维伸长率是决定棉花（陆地棉）纤维质量和产量的关键因素。尽管表达谱和功能基因组学提供了一些数据，但是纤维发育的机制仍未得到很好的理解。在此，基于钙离子传感器*GhCaM7*的表达水平相对于其在纤维细胞中处于快速延伸阶段的其他*GhCaMs*高表达水平而被分离出来。*GhCaM7*在野生型和无绒毛/无绒毛突变体中的表达水平分别对应于纤维首字母的存在与否。过表达的*GhCaM7*促进了早期纤维的伸长，而RNAi对GhCaM7的抑制则延迟了纤维的启动并抑制了纤维的伸长。活性氧（ROS）在纤维早期发育中起重要作用。外源过氧化氢（H_2O_2）和Ca^{2+}饥饿诱导的ROS促进了早期纤维的伸长。与野生型相比，*GhCaM7*过表达纤维细胞的ROS浓度升高，而*GhCaM7* RNAi纤维细胞的ROS浓度降低。此外，我们表明，H_2O_2增强了Ca^{2+}的入流，并反馈调节*GhCaM7*的表达。我们得出结论，GhCaM7，Ca^{2+}和ROS是参与早期纤维伸长的三个重要调控因子。GhCaM7可能调节ROS的产生，并在早期纤维发育中充当Ca^{2+}和ROS信号通路之间的分子链接。

3.离子/分子指标

Ca^{2+}

4.样品信息

棉花纤维胚珠

5.离子/分子流实验处理方法

① 不同发育阶段（1、5、10、15、20、25 DPA（DPA：开花后的时间））的纤维细胞顶端Ca^{2+}流速
② 为 20 μM H_2O_2 实时处理 5 DPA 纤维细胞

6.离子/分子流结果

NMT结果分析表明，在纤维细胞尖端的Ca^{2+}内流特征与*GhCaM7*的表达特征相似（图1）。在纤维伸长过程中，Ca^{2+}的内流速率增加，流速在10~15 DPA时达到峰值。然后，在次生壁合成过程中，Ca^{2+}的内流速率下降（图1）。

利用NMT技术，研究检测了生长中的花粉管顶端的Ca^{2+}内流速率。Ca^{2+}内流速率在对照组花粉管顶端占优势，并随着时间的推移而振荡，最大Ca^{2+}内流速率为104.4 pmol $cm^{-2}s^{-1}$（图1）。尽管用250和500 μM Nif处理明显降低了Ca^{2+}内流速率的幅度，但它并没有完全抑制Ca^{2+}花粉管顶端的内流速率。不同浓度的Nif处理后，花粉管顶端的平均最大内流速率分别为54.5 pmol $cm^{-2}s^{-1}$、46.3 pmol $cm^{-2}s^{-1}$和33.83 pmol $cm^{-2}s^{-1}$，表明细胞外Ca^{2+}浓度呈剂量依赖性显著降低。

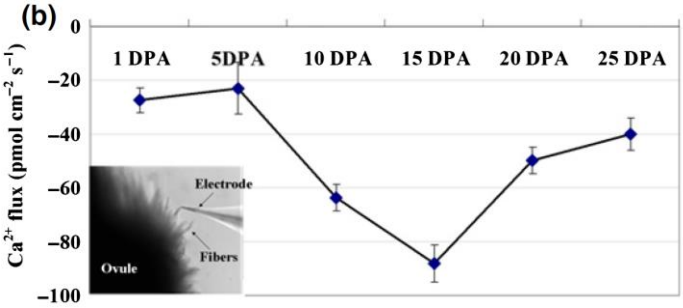

图1.纤维发育过程中的Ca^{2+}流速检测

20 μM H_2O_2后，纤维细胞尖端Ca^{2+}内流速率增加（图2）。

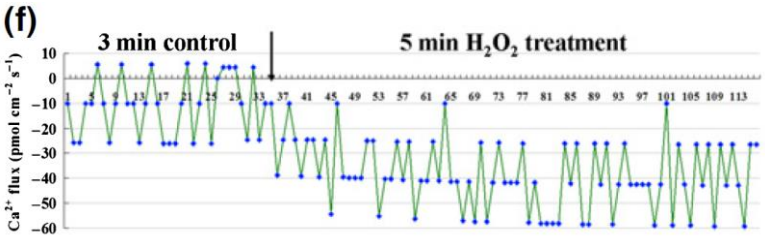

图 2. 20 μM $H_2O_2$5 DPA 纤维细胞时 Ca^{2+}流速的变化情况

7.测试液

0.1 mM KCl, 0.1 mM $CaCl_2$, 0.3 mM MES, 0.2 mM Na_2SO_4, 0.1% sucrose, pH 6.0