

## Vascular transcription factors guide plant epidermal responses to limiting phosphate conditions

Jos R. Wendrich<sup>1,2\*</sup>, BaoJun Yang<sup>1,2\*</sup>, Niels Vandamme<sup>3,4\*</sup>, Kevin Verstaen<sup>3,4\*</sup>, Wouter Smet<sup>1,2</sup>,  
Celien Van de Velde<sup>1,2</sup>, Max Minne<sup>1,2</sup>, Brecht Wybouw<sup>1,2</sup>, Eliana Mor<sup>1,2</sup>, Helena E. Arents<sup>1,2</sup>, Jonah Nolf<sup>1,2</sup>,  
Julie Van Duyse<sup>5,6</sup>, Gert Van Isterdael<sup>5,6</sup>, Steven Maere<sup>1,2</sup>, Yvan Saeys<sup>3,4†</sup>, Bert De Rybel<sup>1,2†</sup>

磷是植物生长发育所必须的大量元素之一，磷缺乏会显著地抑制植物的生长。在缺磷土壤中，植物通过增加其根系根毛密度，提高对磷的吸收。植物根系中维管细胞的增殖受到转录因子 TMO5(MONOPTEROS 5)/LHW(LONESOME HIGHWAY)形成的异源二聚体复合体的调控【1,2】。TMO5/LHW 复合体通过调控它的直接下游靶标 *LOG4*(LONELY GUY4)和 *LOG3* 的表达以控制细胞增殖【3】。*LOG4* 和 *LOG3* 编码细胞分裂素合成途径的限速酶【4】。TMO5/LHW 复合物仅存在于木质部细胞，通过产生细胞分裂素，扩散到邻近的原形成层细胞，诱导 DOF 转录因子促进细胞增殖【5】。目前，低磷诱导根表皮细胞增殖的分子机制尚不清楚。

近日，比利时根特大学（Ghent University）Bert De Rybel 团队在 *Science* 在线发表了题为 *Vascular transcription factors guide plant epidermal responses to limiting phosphate conditions* 的研究论文，揭示了植物维管特异性转录因子 TMO5/LHW 介导的细胞分裂素信号调控低磷条件下植物表皮细胞增殖的分子机制。

该研究首先建立了拟南芥根尖组织单细胞转录组(single cell RNA-sequencing, scRNA-seq)，并绘制了拟南芥根尖细胞谱系的蓝图。研究发现，TMO5/LHW 复合体的靶基因主要在根毛细胞中富集，说明 TMO5/LHW 在根毛发育中起到作用。*tmo5* 突变体表现出正常根毛密度，而过表达 TMO5 和 LHW 导致根毛密度显著增加。低磷可以显著增加拟南芥根毛密度，而 *tmo5 tmo5-like1* 双突变体在低磷条件下根毛密度没有变化，这说明低磷下根毛密度增加依赖于 TMO5 功能。

进一步研究发现，维管细胞中 TMO5/LHW 复合体触发维管细胞中可移动细胞分裂素的生物合成，并通过改变表皮细胞的长度和细胞命运增加根毛密度。低磷可能触发木质部细胞中生长素信号的增加，诱导 TMO5/LHW 途径和下游细胞分裂素的生物合成。然后细胞分裂素向外扩散，直接影响外胚细胞的长度和命运。因此，TMO5/LHW 依赖的细胞分裂素信号跨越多个组织层传递到表皮细胞，促进根毛生长以获取磷。这些结果也说明，细胞分裂素信号将根表皮反应与维管细胞中磷酸盐消耗的感知联系起来。



总之，该研究发现 **TMO5/LHW** 转录复合体是根毛响应低磷条件所必需的，同时揭示了细胞分裂素信号是如何将低磷感知与表皮反应联系起来的，从而使植物能够有效地从土壤中获得磷。研究结果为改良植物磷吸收效率提供了新的视角。

参考文献：

【1】JB.DeRybel, M. Adibi, A. S. Breda, J. R. Wendrich, M. E. Smit, O. Novák, N. Yamaguchi, S. Yoshida, G. Van Isterdael, J. Palovaara, B. Nijssse, M. V. Boekschoten, G. Hooiveld, T. Beekman, D. Wagner, K. Ljung, C. Fleck, D. Weijers, Integration of growth and patterning during vascular tissue formation in Arabidopsis. *Science* 345, 1255215 (2014).

【2】K. Ohashi-Ito, D. C. Bergmann, Regulation of the Arabidopsis root vascular initial population by LONESOME HIGHWAY. *Development* 134, 2959 - 2968 (2007).

【3】Ohashi-Ito, M. Saegusa, K. Iwamoto, Y. Oda, H. Katayama, M. Kojima, H. Sakakibara, H. Fukuda, A bHLH complex activates vascular cell division via cytokinin action in root apical meristem. *Curr. Biol.* 24, 2053 - 2058 (2014).

【4】T. Kuroha, H. Tokunaga, M. Kojima, N. Ueda, T. Ishida, S. Nagawa, H. Fukuda, K. Sugimoto, H. Sakakibara, Functional analyses of LONELY GUY cytokinin-activating enzymes reveal the importance of the direct activation pathway in Arabidopsis. *Plant Cell* 21, 3152 - 3169 (2009).

【5】S. Miyashima, P. Roszak, I. Sevilem, K. Toyokura, B. Blob, J. O. Heo, N. Mellor, H. Help-Rinta-Rahko, S. Otero, W. Smet, M. Boekschoten, G. Hooiveld, K. Hashimoto, O. Smetana, R. Siligato, E.-S. Wallner, A. P. Mähönen, Y. Kondo, C. W. Melnyk, T. Greb, K. Nakajima, R. Sozzani, A. Bishopp, B. De Rybel, Y. Helariutta, Mobile PEAR transcription factors integrate positional cues to prime cambial growth. *Nature* 565, 490 - 494 (2019).

论文链接：<https://doi.org/10.1126/science.aay4970>