



· 热点评述 ·

独脚金内酯信号途径的新发现——抑制子也是转录因子

姚瑞枫^{1*}, 谢道昕^{2*}

¹湖南大学生物学院, 化学生物传感与计量学国家重点实验室, 植物功能基因组学与发育调控湖南省重点实验室, 长沙 410082

²清华大学生命科学学院, 生物信息学教育部重点实验室, 清华-北大生命科学联合中心, 北京 100084

摘要 植物激素信号传导途径中的抑制子(repressor) DELLA、AUX/IAA、JAZ和D53/SXML均结合下游转录因子并抑制其转录活性, 从而阻遏激素响应基因的表达; 激素分子则激活信号传导链降解抑制子、释放转录因子, 从而诱导响应基因表达并介导相应的生物学功能。中国科学院遗传与发育生物学研究所李家洋研究团队最新的研究发现, 独脚金内酯(SL)信号途径中的SXML6、SXML7和SXML8是具有抑制子和转录因子双重功能的新型抑制子, 他们还通过研究SL转录调控网络发现了大量新的SL响应基因, 揭示了SL调控植物分枝、叶片伸长和花色素苷积累的分子机制。这些重要发现为探索植物激素作用机理提供了新思路, 具有重要科学意义和应用前景。

关键词 植物激素, 独脚金内酯, 抑制子, 转录因子, 双重功能, 负反馈调节

姚瑞枫, 谢道昕 (2020). 独脚金内酯信号途径的新发现——抑制子也是转录因子. 植物学报 55, 397–402.

植物的正常生长发育需要适宜的光照、温度、水分和各种营养元素。在整个生命周期中, 植物还需不断地应对各种环境变化。植物激素是植物自身产生的、微量浓度就能引起植物生理效应的信号分子, 在调节植物生长发育、应对环境变化和防御病虫害等方面具有重要作用, 影响植(作)物的生存、产量和品质。迄今研究得较为深入的植物激素包括生长素、赤霉素、乙烯、细胞分裂素、脱落酸、油菜素内酯、水杨酸、茉莉素和独脚金内酯共9类小分子激素及一些重要的多肽类激素; 同时, 一氧化氮和多胺类生长调节物质也受到高度关注(黎家和李传友, 2019)。

独脚金内酯(strigolactone, SL)是一类新近被鉴定为植物激素的萜类小分子化合物(Gomez-Roldan et al., 2008; Umehara et al., 2008), 其命名基于它最初被发现的功能——促进独脚金属(*Striga*)寄生杂草的种子萌发, 及其化学结构特征——内酯(lactone)。SL分子早在7.25–12亿年前便已出现, 伴随植物从水生向陆生演化这一重大事件(Waters et al., 2017), 并逐渐演化出一系列重要生物学功能。

作为一种新型植物激素, SL在调控植物生长发育及环境适应性的多个方面具有重要功能, 包括调控植

物分枝、茎秆粗细和叶片形态等地上部分的株型, 以及主根长度、侧根和根毛密度等地下部分的株型, 还能介导植物对灰霉菌、干旱及营养匮乏等生物/非生物逆境胁迫的抗性(Wang et al., 2017)。作为根际信号分子, SL从根部分泌到土壤中, 促进丛枝菌根真菌与植物形成菌根共生, 有助于陆生植物吸收营养和水分, 却也可被根寄生杂草利用于促进自身种子萌发, 从而寄生在宿主植物根部。此外, SL还表现出抑制乳腺癌等肿瘤的活性(Zwanenburg and Blanco-Ania, 2018)。

SL如何发挥生物学功能一直是植物领域的重要科学问题。得益于拟南芥(*Arabidopsis thaliana*)、水稻(*Oryza sativa*)、豌豆(*Pisum sativum*)和矮牵牛(*Petunia hybrida*)等模式植物完备的遗传研究体系, SL的生物合成、转运及信号传导机理研究取得了一系列重要进展(Bürger and Chory, 2020)。SL由全反式- β -胡萝卜素经过一系列酶催化加工而来, 目前已在不同植物中发现了25种以上的天然SL分子。根据其是否具有完整的ABC-ring三环结构, 可将它们分为典型SL和非典型SL两类, 但它们均有1个共同的保守结构——D-ring (图1)。水稻、拟南芥及其它物种(包括寄

收稿日期: 2020-05-28; 接受日期: 2020-06-02

基金项目: 湖湘青年英才支持计划(No.814201900218)

* 通讯作者。E-mail: ryao@hnu.edu.cn; daoxinlab@tsinghua.edu.cn

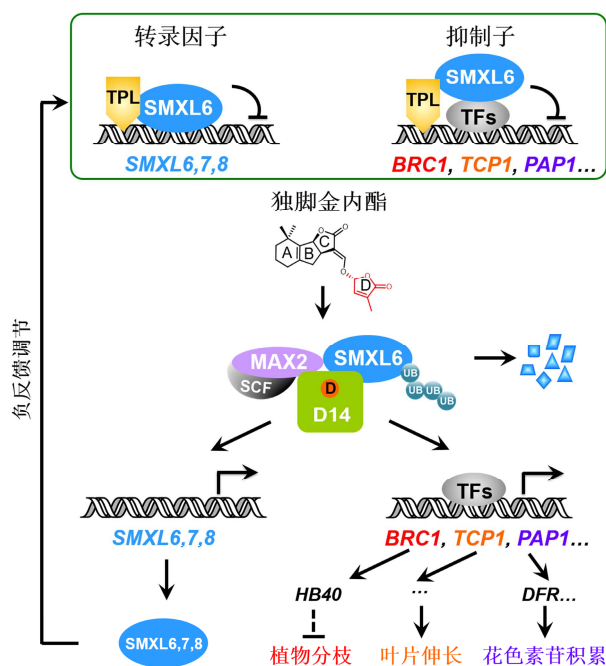


图1 独脚金内酯信号通路中抑制子SMXL6,7,8的双重功能工作模型

独脚金内酯信号通路中的SMXL6,7,8是具有双重功能的新型抑制子: SMXL6,7,8作为抑制子招募TPL共抑制子并直接结合下游转录因子抑制其转录活性,从而阻遏独脚金内酯(SL)响应基因的表达;同时SMXL6,7,8又作为转录因子直接结合并抑制SMXL6,7,8基因的启动子。SL被D14感知,诱导SMXL6,7,8-D14-MAX2复合体形成,导致SMXL6,7,8通过泛素化-蛋白酶体途径降解,从而解除SMXL6,7,8对下游转录因子以及自身基因启动子的抑制,一方面激活BRC1、TCP1和PAP1等响应基因的转录,最终调控植物分枝、叶片伸长和花色素苷积累等生物学过程;另一方面解除对SMXL6,7,8启动子的抑制,激活SMXL6,7,8自身基因的表达,形成维持SL通路稳态的负反馈调控体系。SCF: Skp1-Cullin-F-box; UB: 泛素

Figure 1 Working model for the dual-function repressors SMXL6,7,8 in strigolactone signaling

SMXL6,7,8 in the strigolactone signaling pathway act as novel repressors with dual functions: SMXL6,7,8 act as repressors that recruit TPL co-repressor proteins and bind transcription factors to inhibit their transcriptional activity, thereby suppressing expression of strigolactone (SL)-responsive genes; meanwhile, SMXL6,7,8 also serve as transcription factors that directly bind and inhibit the promoters of SMXL6,7,8 genes. SL is perceived by D14 to trigger formation of SMXL6,7,8-D14-MAX2 complex and further induce SMXL6,7,8 degradation via the ubiquitination-proteasome pathway. The SL-induced SMXL6,7,8 degradation releases transcription factors to activate expression of the SL-responsive genes such as BRC1, TCP1 and PAP1 essential for plant branching, leaf elongation, and anthocyanin biosynthesis.

thesis, respectively. Such SMXL6,7,8 degradation also de-represses the SMXL6,7,8 suppression on the SMXL6,7,8 promoters to activate the expression of SMXL6,7,8 genes, which forms a negative feedback regulation loop that maintains the homeostasis of SL pathway. SCF: Skp1-Cullin-F-box; UB: Ubiquitin

生植物独脚金(*S. hermonthica*)中的D14蛋白或其旁系同源蛋白被证明为SL的受体,发现这些受体蛋白具有双重功能——既作为酶催化SL的水解反应,又作为受体感知SL信号(Hamiaux et al., 2012; Zhao et al., 2013; de Saint Germain et al., 2016; Yao et al., 2016, 2017, 2018; Uraguchi et al., 2018; Shabek et al., 2018; Seto et al., 2019)。

李家洋团队和中国农业科学院作物科学研究所万建民团队在2013年分别发现了水稻SL信号通路的抑制子D53 (Jiang et al., 2013; Zhou et al., 2013)。D53基因发生显性突变产生的功能获得性突变体d53对SL不敏感,呈现矮化多分蘖表型。SL可促进D14与D53及F-box蛋白D3互作,诱导D53泛素化修饰和降解,从而抑制植物分枝。D53中含有EAR基序,李家洋团队发现D53能够招募TPL共抑制子(co-repressor),进而结合转录因子IPA1蛋白并抑制其转录激活功能(Jiang et al., 2013; Song et al., 2017; Ma et al., 2017)。此外,他们还发现D53通过拮抗SL诱导的细胞分裂素降解酶基因OsCKX9转录,促进细胞分裂素的积累(Duan et al., 2019)。李家洋团队进一步鉴定了水稻D53在拟南芥中的同源蛋白,发现拟南芥SMXL2、SMXL6、SMXL7和SMXL8是SL信号通路的抑制子,其中SMXL2通过SL和KAR (karrikin)两条信号通路调控下胚轴伸长(Wang et al., 2020b),而SMXL6、SMXL7和SMXL8 (SMXL6,7,8)调控植物分枝和叶片形态(Wang et al., 2015)。

李家洋团队近期的研究发现SMXL6,7,8是具有抑制子和转录因子双重功能的新型抑制子,初步阐明了SL调控植物分枝、叶片伸长和花色素苷积累的转录调控机理(Wang et al., 2020a) (图1)。他们还通过对SL类似物rac-GR24手性异构体GR24^{4D0}处理的拟南芥进行转录组分析,成功鉴定了401个响应基因(约90%为新发现的SL响应基因),揭示SL可能通过调控细胞骨架发挥生理功能,并发现SL通过诱导抗旱关键基因AFL1的表达调控植物抗旱性(Wang et al., 2020a)。该研究建立了SMXL6,7,8依赖EAR基序

抑制 *BRC1* 表达进而降低脱落酸(ABA)含量、促进植物分枝的转录调控途径(图1)。他们发现抑制腋芽伸长的关键转录因子 *BRC1* 可激活其靶基因 *HB40* 的表达, 促进ABA的合成, 抑制腋芽伸长从而减少植物分枝; 而 *SMXL6* 则依赖其EAR基序抑制 *BRC1* 基因的表达, 抑制ABA合成, 促进植物分枝。GR24^{4DO} 诱导抑制子 *SMXL6* 的降解, 释放转录因子 *BRC1*, 激活 *HB40* 的表达, 提高ABA含量, 从而抑制植物分枝(Wang et al., 2020a) (图1)。

此外, 该研究发现调节叶片发育的 *TCP1* 基因以依赖 *D14* 的方式受到GR24^{4DO} 的诱导, 进而通过一系列遗传表型和基因表达分析证明 *SMXL6,7,8* 通过抑制 *TCP1* 表达而抑制叶片伸长, 且该抑制作用依赖其EAR基序, 从而建立了SL控制叶片发育的转录调控途径(图1)。研究还发现SL通过解除 *SMXL6,7,8* 对转录因子 *PAP1*、*PAP2*、*MYB113* 和 *MYB114* 的抑制作用, 激活花色素苷合成基因 *DFR*、*ANS* 和 *TT7* 的表达, 从而促进花色素苷的积累(Wang et al., 2020a) (图1)。

抑制子 *SMXL6,7,8* 也是转录因子, 可通过直接结合DNA调控基因的表达(Wang et al., 2020a)。*SMXL6* 蛋白直接结合 *SMXL6,7,8* 基因的启动子并抑制其转录, *SMXL7* 也可结合 *SMXL6,7,8* 基因的启动子, *SMXL8* 则可结合 *SMXL7* 基因的启动子, 而 *SMXL7* 基因启动子的ATAACAA基序是 *SMXL6* 蛋白结合并抑制 *SMXL7* 基因的启动子所必需的。这些结果表明, *SMXL6,7,8* 可作为转录因子直接结合DNA并负调控 *SMXL6,7,8* 自身基因的转录, 从而维持自身的稳态和适度的SL信号响应(图1, 图2A)。

此前的研究表明, *SMXL6,7,8* 招募TPL/TPR共抑制子(Wang et al., 2015), 直接结合下游转录因子(如 *BES1*、水稻IPA1在拟南芥中的同源蛋白 *SPL9* 及 *SPL15*)并抑制这些转录因子对 *BRC1* 基因的转录, 进而调控植物分枝(Fang et al., 2020; Hu et al., 2020; Xie et al., 2020)。D53/*SMXL6,7,8* 类似于赤霉素信号途径的 *DELLA*、生长素信号途径的 *AUX/IAA* 及茉莉素信号途径的 *JAZ* 等抑制子, 均可通过直接结合下游信号蛋白(转录因子)抑制其转录活性, 从而阻遏激素响应基因的表达。当体内激素含量上升时, 激素分子通过激活信号传导链降解抑制子、释放下游转录因子, 从而诱导激素响应基因的表达, 以调控相应的生物学

功能(图1, 图2)。与赤霉素、生长素及茉莉素类似, SL在诱导其抑制子D53/*SMXL6,7,8*降解的同时却促进 *D53/SMXL6,7,8* 基因的表达(Jiang et al., 2013; Stanga et al., 2013; Wang et al., 2015), 但是其具体调控机制并不清楚。

李家洋团队最新的研究发现抑制子 *SMXL6,7,8* 也是转录因子, 揭示了SL诱导 *SMXL6,7,8* 自身基因表达的调控机制, 并初步阐明了SL调控植物分枝、叶片伸长和花色素苷积累的转录调控机理(Wang et al., 2020a), 为探索植物激素作用机理提供了新思路, 具有重要科学意义和应用前景。*SMXL6,7,8* 作为新型抑制子, 既招募TPL/TPR共抑制子并结合下游转录因子(如 *BES1* 和 *SPL9/15* 蛋白)抑制其转录活性, 从而阻遏SL响应基因的表达, 同时, 又作为转录因子直接结合 *SMXL6,7,8* 自身基因的启动子并抑制其表达。当植物体内SL含量上升时, SL被受体D14感知从而诱导 *SMXL6,7,8-D14-MAX2* 复合体形成, 导致 *SMXL6,7,8* 通过泛素化-蛋白酶体途径降解, 解除了 *SMXL6,7,8* 对下游转录因子的抑制, 进而激活SL响应基因(如 *BRC1*、*TCP1* 和 *PAP1*)的转录, 最终调控植物分枝、叶片伸长和花色素苷积累等生物学过程; 同时, SL诱导 *SMXL6,7,8* 的降解也解除了 *SMXL6,7,8* 对其自身的转录抑制, 从而激活 *SMXL6,7,8* 基因的表达。SL既诱导 *SMXL6,7,8* 蛋白的降解又激活 *SMXL6,7,8* 基因的表达, 形成了一个精细调控 *SMXL6,7,8* 丰度所必需的反馈调控回路(图1, 图2A)。

赤霉素、茉莉素和生长素信号途径中的抑制子(*DELLA*、*JAZ* 和 *AUX/IAA*)可招募共抑制子并结合下游转录因子, 但这些抑制子是否具有转录因子的功能尚不清楚(图2B–D), 且这些抑制子是否类似于 *SMXL6,7,8* 可以作为转录因子直接结合自身基因的启动子进而调控自身基因的表达, 还有待进一步验证。拟南芥 *SMXL* 家族的其它成员以及 *SMXL6,7,8* 在水稻中的直系同源蛋白D53和D53-Like是否也具有转录因子的功能? *SMXL6,7,8* 作为转录因子是否直接结合并调控其它基因的启动子? *SMXL6,7,8* 除了通过抑制ABA的生物合成调控植物分枝之外(Wang et al., 2020a), 是否也通过调控生长素和细胞分裂素的合成控制植物分枝? 对这些问题的回答将有助于进一步解析SL信号传导途径, 以及深入理解SL调控植物生长发育的分子机制。

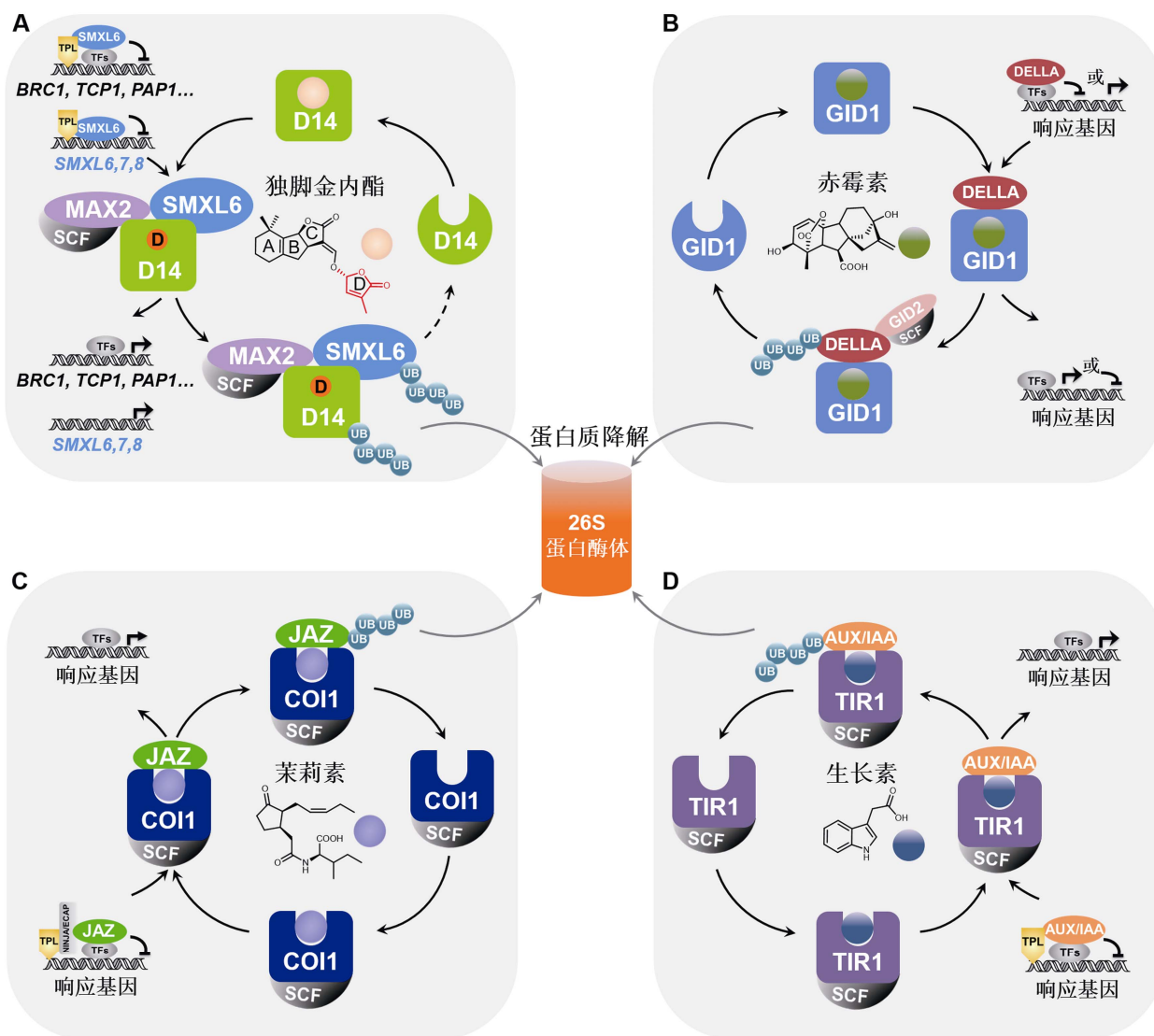


图2 独脚金内酯、赤霉素、茉莉素及生长素信号途径中抑制子的功能比较

植物激素独脚金内酯(A)、赤霉素(B)、茉莉素(C)及生长素(D)信号传导途径中的抑制子DELLA、AUX/IAA、JAZ和D53/SMXL均通过结合下游信号蛋白(转录因子)调控其转录活性,从而阻遏激素响应基因的表达。激素分子被相应的受体识别后激活其信号传导链,诱导抑制子通过泛素化-蛋白酶体途径降解,促进响应基因表达并介导相应的生物学功能。独脚金内酯(SL)信号传导途径中的抑制子SMXL6,7,8同时还作为转录因子直接结合并抑制SMXL6,7,8基因的启动子;SL诱导SMXL6,7,8降解,从而解除SMXL6,7,8对自身基因启动子的抑制,激活SMXL6,7,8自身基因的表达,形成维持SL通路稳态的负反馈调控体系(A)。

Figure 2 Comparison of the repressor proteins in strigolactone, gibberellin, jasmonate and auxin signaling pathways

The repressor proteins D53/SMXL, DELLA, JAZ, and AUX/IAA in the signaling pathways of strigolactone (A), gibberellin (B), jasmonate (C) and auxin (D) bind and inhibit downstream transcription factors, thereby suppressing the expression of hormone-responsive genes. Hormone molecule is recognized by corresponding receptor protein and activates the signal transduction chain to induce the degradation of the repressor protein via ubiquitination-proteasome pathway, then triggering response gene expression and related biological processes. Moreover, the repressor proteins SMXL6,7,8 in strigolactone (SL) signaling pathway can also directly bind and inhibit the promoter of SMXL6,7,8 gene as transcription factors. SL induces the degradation of SMXL6,7,8 to release its repression on the SMXL6,7,8 promoters to activate the expression of SMXL6,7,8 genes, forming a negative feedback regulation loop (A) essential for the homeostasis of SL pathway.

参考文献

- 黎家, 李传友 (2019). 新中国成立70年来植物激素研究进展. 中国科学: 生命科学 49, 1227–1281.
- Bürger M, Chory J (2020). The many models of strigolactone signaling. *Trends Plant Sci* 25, 395–405.
- de Saint Germain A, Clavé G, Badet-Denisot MA, Pillot JP, Cornu D, Le Caer JP, Burger M, Pelissier F, Retailleau P, Turnbull C, Bonhomme S, Chory J, Rameau C, Boyer FD (2016). A histidine covalent receptor and butenolide complex mediates strigolactone perception. *Nat Chem Biol* 12, 787–794.
- Duan J, Yu H, Yuan K, Liao Z, Meng X, Jing Y, Liu G, Chu J, Li J (2019). Strigolactone promotes cytokinin degradation through transcriptional activation of *CYTOKININ OXIDASE/DEHYDROGENASE 9* in rice. *Proc Natl Acad Sci USA* 116, 14319–14324.
- Fang Z, Ji Y, Hu J, Guo R, Sun S, Wang X (2020). Strigolactones and brassinosteroids antagonistically regulate the stability of the D53-OsBZR1 complex to determine *FC1* expression in rice tillering. *Mol Plant* 13, 586–597.
- Gomez-Roldan V, Fermas S, Brewer PB, Puech-Pages V, Dun EA, Pillot JP, Letisse F, Matusova R, Danoun S, Portais JC, Bouwmeester H, Bécard G, Beveridge CA, Rameau C, Rochange SF (2008). Strigolactone inhibition of shoot branching. *Nature* 455, 189–194.
- Hamiaux C, Drummond RSM, Janssen BJ, Ledger SE, Cooney JM, Newcomb RD, Snowden KC (2012). DAD2 is an α/β hydrolase likely to be involved in the perception of the plant branching hormone, strigolactone. *Curr Biol* 22, 2032–2036.
- Hu J, Ji Y, Hu X, Sun S, Wang X (2020). BES1 functions as the co-regulator of D53-like SMXLs to inhibit *BRC1* expression in strigolactone-regulated shoot branching in *Arabidopsis*. *Plant Commun* 1, 100014.
- Jiang L, Liu X, Xiong G, Liu H, Chen F, Wang L, Meng X, Liu G, Yu H, Yuan Y, Yi W, Zhao L, Ma H, He Y, Wu Z, Melcher K, Qian Q, Xu H, Wang Y, Li J (2013). DWARF 53 acts as a repressor of strigolactone signaling in rice. *Nature* 504, 401–405.
- Ma H, Duan J, Ke J, He Y, Gu X, Xu TH, Yu H, Wang Y, Brunzelle JS, Jiang Y, Rothbart SB, Xu H, Li J, Melcher K (2017). A D53 repression motif induces oligomerization of TOPLESS corepressors and promotes assembly of a corepressor-nucleosome complex. *Sci Adv* 3, e1601217.
- Seto Y, Yasui R, Kameoka H, Tamiru M, Cao MM, Teruchi R, Sakurada A, Hirano R, Kisugi T, Hanada A, Umehara M, Seo E, Akiyama K, Burke J, Takeda-Kamiya N, Li WQ, Hirano Y, Hakoshima T, Mashiguchi K, Noel JP, Kyojuka J, Yamaguchi S (2019). Strigolactone perception and deactivation by a hydrolase receptor DWARF14. *Nat Commun* 10, 191.
- Shabek N, Ticchiarelli F, Mao HB, Hinds TR, Leyser O, Zheng N (2018). Structural plasticity of D3-D14 ubiquitin ligase in strigolactone signaling. *Nature* 563, 652–656.
- Song X, Lu Z, Yu H, Shao G, Xiong J, Meng X, Jing Y, Liu G, Xiong G, Duan J, Yao X, Liu C, Li H, Wang Y, Li J (2017). IPA1 functions as a downstream transcription factor repressed by D53 in strigolactone signaling in rice. *Cell Res* 27, 1128–1141.
- Stanga JP, Smith SM, Briggs WR, Nelson DC (2013). *SUPPRESSOR OF MORE AXILLARY GROWTH2 1* controls seed germination and seedling development in *Arabidopsis*. *Plant Physiol* 163, 318–330.
- Umehara M, Hanada A, Yoshida S, Akiyama K, Arite T, Takeda-Kamiya N, Magome H, Kamiya Y, Shirasu K, Yoneyama K, Kyojuka J, Yamaguchi S (2008). Inhibition of shoot branching by new terpenoid plant hormones. *Nature* 455, 195–200.
- Uraguchi D, Kuwata K, Hijikata Y, Yamaguchi R, Imaizumi H, Am S, Rakers C, Mori N, Akiyama K, Irle S, McCourt P, Kinoshita T, Ooi T, Tsuchiya Y (2018). A femtomolar-range suicide germination stimulant for the parasitic plant *Striga hermonthica*. *Science* 362, 1301–1305.
- Wang B, Wang Y, Li J (2017). Strigolactones. In: Li JY, Li CY, Smith SM, eds. *Hormone Metabolism and Signaling in Plants*. London: Academic Press. pp. 327–359.
- Wang L, Wang B, Jiang L, Liu X, Li X, Lu Z, Meng X, Wang Y, Smith SM, Li J (2015). Strigolactone signaling in *Arabidopsis* regulates shoot development by targeting D53-like SMXL repressor proteins for ubiquitination and degradation. *Plant Cell* 27, 3128–3142.
- Wang L, Wang B, Yu H, Guo H, Lin T, Kou L, Wang A, Shao N, Ma H, Xiong G, Li X, Yang J, Chu J, Li J (2020a). Transcriptional regulation of strigolactone signaling in *Arabidopsis*. *Nature* 583, 277–281.
- Wang L, Xu Q, Yu H, Ma H, Li X, Yang J, Chu J, Xie Q, Wang Y, Smith SM, Li J, Xiong G, Wang B (2020b). Strigolactone and karrikin signaling pathways elicit ubiquitination and proteolysis of SMXL2 to regulate hypocotyl elongation in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell* 32, 2251–2270.
- Waters MT, Gutjahr C, Bennett T, Nelson DC (2017). Strigolactone signaling and evolution. *Annu Rev Plant Biol*

- 68, 291–322.
- Xie Y, Liu Y, Ma M, Zhou Q, Zhao Y, Zhao B, Wang B, Wei H, Wang H (2020). *Arabidopsis* FHY3 and FAR1 integrate light and strigolactone signaling to regulate branching. *Nat Commun* 11, 1955.
- Yao R, Ming Z, Yan L, Li S, Wang F, Ma S, Yu C, Yang M, Chen L, Chen L, Li Y, Yan C, Miao D, Sun Z, Yan J, Sun Y, Wang L, Chu J, Fan S, He W, Deng H, Nan F, Li J, Rao Z, Lou Z, Xie D (2016). DWARF14 is a non-canonical hormone receptor for strigolactone. *Nature* 536, 469–473.
- Yao R, Wang F, Ming Z, Du X, Chen L, Wang Y, Zhang W, Deng H, Xie D (2017). ShHTL7 is a non-canonical receptor for strigolactones in root parasitic weeds. *Cell Res* 27, 838–841.
- Yao R, Wang L, Li Y, Chen L, Li S, Du X, Wang B, Yan J, Li J, Xie D (2018). Rice DWARF14 acts as an unconventional hormone receptor for strigolactone. *J Exp Bot* 69, 2355–2365.
- Zhao LH, Zhou XE, Wu ZS, Yi W, Xu Y, Li SL, Xu TH, Liu Y, Chen RZ, Kovach A, Kang YY, Hou L, He YZ, Xie C, Song WL, Zhong DF, Xu YC, Wang YH, Li JY, Zhang CH, Melcher K, Xu HE (2013). Crystal structures of two phytohormone signal-transducing α/β hydrolases: karrikin-signaling KAI2 and strigolactone-signaling DWARF14. *Cell Res* 23, 436–439.
- Zhou F, Lin Q, Zhu L, Ren Y, Zhou K, Shabek N, Wu F, Mao H, Dong W, Gan L, Ma W, Gao H, Chen J, Yang C, Wang D, Tan J, Zhang X, Guo X, Wang J, Jiang L, Liu X, Chen W, Chu J, Yan C, Ueno K, Ito S, Asami T, Cheng Z, Wang J, Lei C, Zhai H, Wu C, Wang H, Zheng N, Wan J (2013). D14-SCF^{D3}-dependent degradation of D53 regulates strigolactone signaling. *Nature* 504, 406–410.
- Zwanenburg B, Blanco-Ania D (2018). Strigolactones: new plant hormones in the spotlight. *J Exp Bot* 69, 2205–2218.

New Insight into Strigolactone Signaling

Ruifeng Yao^{1*}, Daoxin Xie^{2*}

¹Hunan Provincial Key Laboratory of Plant Functional Genomics and Developmental Regulation, State Key Laboratory of ChemolBiosensing and Chemometrics, College of Biology, Hunan University, Changsha 410082, China; ²Ministry of Education Key Laboratory of Bioinformatics, Tsinghua-Peking Joint Center for Life Sciences, School of Life Sciences, Tsinghua University, Beijing 100084, China

Abstract It is well-known that DELLA, AUX/IAA, JAZ and D53/SMXL act as repressor proteins that bind and repress transcription factors to suppress expression of hormone-responsive genes, while hormone molecules trigger signal transduction to induce degradation of these repressor proteins and eventually activate expression of hormone-responsive genes essential for various biological processes. The research team led by Dr. Jiayang Li recently reported that SMXL6, SMXL7 and SMXL8 (SMXL6,7,8) in strigolactone (SL) signaling pathway serve as dual-function repressor proteins which act as both repressors and transcription factors. They found that SMXL6,7,8 can function as transcription factors by directly binding to the promoters of SMXL6,7,8 genes and repressing their expression. In addition, they identified a large number of novel SL-responsive genes, and revealed molecular mechanisms underlying how SL regulates shoot branching, leaf elongation and anthocyanin biosynthesis. These important findings provide new insights into our understanding of plant hormone action, which are scientifically significant and agriculturally important.

Key words phytohormone, strigolactone, repressor, transcription factor, dual functions, negative feedback regulation

Yao RF, Xie DX (2020). New insight into strigolactone signaling. *Chin Bull Bot* 55, 397–402.

* Authors for correspondence. E-mail: ryao@hnu.edu.cn; daoxinlab@tsinghua.edu.cn

(责任编辑: 朱亚娜)