



中国科协生命科学学会联合体
China Union of Life Science Societies

TOP 10 SCIENTIFIC ADVANCES IN LIFE SCIENCES OF CHINA 2016

中国生命科学十大进展

中国科协生命科学学会联合体 编

2016



中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

中国生命科学十大进展 2016

中国科协生命科学学会联合体 编

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目（CIP）数据

中国生命科学十大进展. 2016 / 中国科协生命科学学会联合体编. — 北京: 中国科学技术出版社, 2018.6

ISBN 978-7-5046-7892-8

I . ①中… II . ①中… III . ①生命科学-科学进展-中国-2016
IV . ①Q1-0

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 327784 号

选题策划 符晓静
责任编辑 符晓静 范晓丽
责任校对 杨京华
责任印制 徐 飞

出版发行 中国科学技术出版社
地 址 北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮 编 100081
发行电话 010-62173865
传 真 010-62173081
网 址 <http://www.cspbooks.com.cn>

开 本 787mm×1092mm 1/16
字 数 151 千字
印 张 10.25
版 次 2018 年 6 月第 1 版
印 次 2018 年 6 月第 1 次印刷
印 数 1-5000 册
印 刷 北京盛通印刷股份有限公司

书 号 ISBN 978-7-5046-7892-8/Q · 208
定 价 58.00 元

（凡购买本社图书，如有缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责调换）

作者简介

中国科协生命科学学会联合体（简称“学会联合体”）是中国科协首个学会联合体，是非法人联合组织，由中国科协所属生命科学领域的 11 家全国学会联合发起，于 2015 年 10 月 15 日在北京召开成立大会。

学会联合体的成立不仅是科技体制改革的重要举措，更是群团工作改革的创新举措，也是顺应现代科技发展规律的具体举措。生命科学领域是体现学科高度交叉融合的典型学科，也是目前我国在国际上最有影响力的学科领域，最有可能实现从跟跑转为并跑、领跑。学会联合体重在创建学科和人才间有机互动、协同高效、资源开放共享的长效机制，形成共谋发展、联合攻关、协同改革的稳定体系，其所提供的大平台能够进一步突出科学家在科学研究及科技创新中的主体性，能够更好地发挥科技社团的组织和引导作用，促进成员之间的信息交流与资源共享，营造出一个很好的创新环境。学会联合体通过开展大学科交流，促进学科间融合合作，通过合作，使更多的资源共享、共用，引导和促进协同创新。充分发挥学会联合体平台、集成优势，通过开展重大评估、设立重大奖项、提出重大计划、承担重要职能，凝聚各方科学家和广大科技工作者，提升国际话语权。

目前，学会联合体成员包括中国动物学会、中国植物学会、中国昆虫学会、中国微生物学会、中国生物化学与分子生物学会、中国细胞生物学学会、中国植物生理与植物分子生物学学会、中国生物物理学会、中国遗传学会、中国实验动物学会、中国神经科学学会、中国生物工程学会、中国中西医结合学会、中国生理学会、中国解剖学会、中国生物医学工程学会、中国营养学会、中国药理学会、

中国抗癌协会、中国免疫学会、中华预防医学会、中国认知科学学会共 22 家全国学会。



成立背景

学科发展需求

生命科学是一门发展迅速、多学科交叉的前沿学科，它与人民健康、经济建设和社会发展有着密切关系，是当今世界最受关注的基础自然科学之一。近年来，中国生命科学学界取得了举世瞩目的成就，这与生命科学领域各学会在推动学科发展中所发挥的积极关键性的作用分不开的。

学会发展需求

加强各学会之间的沟通与资源共享，提升中国生命科学的国际影响力，更好地承接政府职能转移，加速学会的自身发展。

中国科协支持

在中国科协的倡议下，先由生命科学领域的 11 家学会作为发起单位，正式成立“生命科学学会联合体”，逐步邀请、吸纳中国科协所属生命科学领域全部全国学会加盟，使联合体能够成为切实为各家学会服务，进一步加强与中国科协联系，大力推进我国生命科学发展的纽带。

宗旨与使命

学会联合体由中国科协所属全国生命科学领域各学会按照“自愿、平等、合作”的原则发起成立，各与生命科学相关学会可自愿申请加入学会联合体。学会联合体在不干涉各学会自身工作的前提下，为更好地适应国家科技创新发展总体要求，探索科技社团的管理创新模式，促进资源互补和共同进步，推动科学普及、学术交流、咨询培训、合作开发、人才培养，加强生命科学与人类健康知识与文化传播，为国家经济与社会全面发展作贡献。学会联合体接受各成员学会的监督。

学会联合体的宗旨

——公平·合作·责任·发展

学会联合体的使命

- 团结生命科学工作者，促进我国生命科学的繁荣和发展
- 建立和完善学术和人才资源共享机制，促进科技人才的成长和提高，加速青年人才培养
- 增强与政府职能部门的沟通以促进政府职能向学会转移，促进成员学会的协同发展，增强学会承接政府转移职能能力
- 促进科学技术的普及和推广，加强产学研用相结合
- 促进国内外合作交流，提升我国生命科学社团的整体竞争力，更好地为国家经济建设，全民科学素质提高，及广大从事生命科学研究科技工作者服务
- 联合成员学会协同合作，完成单个学会无法开展的工作

本书编委会

中国科协生命科学学会联合体主席团

(按学会代码排序)

- | | |
|-----|---------------------|
| 孟安明 | 中国动物学会理事长 |
| 武维华 | 中国植物学会理事长 |
| 康 乐 | 中国昆虫学会理事长 |
| 邓子新 | 中国微生物学会理事长 |
| 李 林 | 中国生物化学与分子生物学学会理事长 |
| 陈晔光 | 中国细胞生物学学会理事长 |
| 陈晓亚 | 中国植物生理与植物分子生物学学会理事长 |
| 饶子和 | 中国生物物理学会理事长 |
| 张亚平 | 中国遗传学会理事长 |
| 秦 川 | 中国实验动物学会理事长 |
| 段树民 | 中国神经科学学会理事长 |
| 高 福 | 中国生物工程学会理事长 |
| 陈香美 | 中国中西医结合学会理事长 |
| 王晓民 | 中国生理学会理事长 |

张绍祥 中国解剖学会理事长

曹雪涛 中国生物医学工程学会理事长

杨月欣 中国营养学会理事长

杜冠华 中国药理学会理事长

郝希山 中国抗癌协会理事长

田志刚 中国免疫学会理事长

王陇德 中华预防医学会

陈 霖 中国认知科学学会理事长

前言 | Preface

生命科学是一门发展迅速、多学科交叉的前沿学科，它与人类生存、人民健康、经济建设和社会发展有着密切关系，是当今世界最受关注的基础自然科学之一。近年来，中国生命科学学界取得了举世瞩目的成就，这与生命科学领域各学会在推动学科发展中所发挥的积极关键性作用分不开。为了加强各学会之间的沟通与资源共享，提升中国生命科学的国际影响力，更好地承接政府职能转移，加速学会的自身发展，由中国科学技术协会倡议，先由生命科学领域的 11 家学会作为发起单位，于 2015 年 10 月正式成立“中国科协生命科学学会联合体”。

2016 年，中国科协生命科学学会联合体健康发展，有序运行，不断开拓创新、搭建平台，各项工作成绩显著。生命科学学会联合体目前规划了 6 项功能，即搭建高水平学科交叉的学术交流平台、预测生命科学发展方向、规划并实施承接政府转移职能工作、完善生命科学领域科技人才选拔培养评价体系、科学普及以及加强国际交流与合作。

为了推动生命科学领域的创新性发展，充分展示和宣传我国生命科学领域的重大科研成果，自 2015 年起中国科协生命科学学会联

合体以公平、公正、公开为原则开展年度“中国生命科学十大进展”项目评选工作。2016年，由18家成员学会推荐，经生命科学领域同行专家审核与评选，评选结果提请学会联合体主席团核定，报请中国科协批准，确定了本年度“中国生命科学十大进展”。入选的2016年“中国生命科学十大进展”分别为（排名不分先后）：（1）清华大学谢道昕、饶子和、娄智勇等的“植物分枝激素独脚金内酯的感知机制”；（2）清华大学杨茂君团队的“线粒体呼吸链超级复合物的结构与功能”；（3）同济大学高绍荣团队的“组蛋白甲基化修饰在早期胚胎发育中的建立与调控”；（4）中国科学院上海生物化学与细胞生物学研究所许琛琦团队的“基于胆固醇代谢调控的肿瘤免疫治疗新方法”；（5）中山大学中山眼科中心刘奕志团队的“内源性干细胞介导功能性晶状体再生治疗婴幼儿白内障”；（6）北京中医药大学徐安龙团队的“活性RAG型转座子的发现揭示抗体V(D)J重组的起源”；（7）中国科学院遗传与发育生物学研究所杨维才团队的“植物雌雄配子体识别的分子机制”；（8）中国科学院动物研究所周琪团队的“精子tsRNAs可作为记忆载体介导获得性性状跨代遗传”；（9）中国科学院上海神经科学研究所仇子龙团队的“MECP2转基因猴的类自闭症行为表征与种系传递”；（10）中国科学院微生物研究所高福团队的“埃博拉病毒入侵机制研究”。

这10项成果不仅代表了中国生命科学领域在2016年取得的重大进展，也是世界生命科学领域的重要成果。这些研究成果不仅揭示了生命的新的奥秘，同时也为生命科学新技术的开发、医学新突破和生物经济的发展打开了新的希望之门。祝贺取得这些重要科学进展的科学家和他们的研究团队，对他们敢为天下先的勇气表示钦佩。

中国科协生命科学学会联合体主席团

2017年1月

目录 | Contents

1	植物分枝激素独脚金内酯的感知机制	1
2	你的心头也有星辰大海 —— 带你领略呼吸的奥秘	11
3	小鼠植入前胚胎的组蛋白修饰图谱	25
4	通过调节胆固醇代谢增强小鼠 CD8 ⁺ T 细胞的抗肿瘤 免疫反应	37
5	守护光明，筑梦“再生” —— 内源性干细胞原位再生 功能性晶状体	55
6	人类抗体重排起源的发现	75
7	探秘植物雌雄配子体识别的分子机制	85
8	精子小 RNA 介导父亲获得性代谢紊乱的代际传递	103
9	当猴子患上了自闭症	121
10	埃博拉病毒入侵宿主细胞的分子机制研究	133



植物分枝激素独脚金内酯的感知机制

姚瑞枫 娄智勇 谢道昕

引言

地球形成初期，大气中没有游离氧，此时的地球是一个没有生命的世界。蓝藻和植物在地球上的出现使大气中的氧含量逐步增加到现有水平，逐渐在高空形成臭氧层，阻挡太阳紫外线的直接辐射，改变了整个地球的生态环境，使生物界得以在地球上进化和发展；植物参与土壤形成，为地球上其他生物提供了赖以生存的栖息和繁衍后代的场所；植物是自然界中的初级生产者，为地球上一切生命提供能源，整个动物界都是直接或间接依靠植物界才获得生存和发展。

植物是大自然赋予人类的宝贵财富，影响人类的衣、食、住、行等各个方面，日常生活中随处可见植物的踪影：我们每天食用的粮食和蔬果来自于植物，每天穿着的棉麻衣服来自于植物，在建造房屋家具和交通工具时也会用到植物；植物还可用于生物质能源提炼、药品生产以及景观建设等，不胜枚举。植物为人类提供的资源，超乎你的想象。

为了更好地保护和利用植物，首先我们要研究和了解植物。比如，分枝就是植物生长发育过程中较普遍的基本特征之一，具有重要的生物学意义：分枝的形成与否影响植物的整体株型及光捕获能力，调节植物对外界物质和能量的吸收利用及同化作用，最终有助于植物适应外界环境变化、保证自身生存和繁殖。那么植物的分枝是如何形成的？受到哪些因素的影响呢？

植物的分枝不是随意发生的，而是受到植物自身遗传物质、生长发育信号及外界环境信号等精细调控。被子植物分枝形成的最常见形式是：叶腋分生组织在植物的生长过程中逐渐形成，受到激活后经过不断地细胞分裂形成腋芽，腋芽的生长被进一步激活后发育成植物分枝。也就是说，植物可以通过对叶腋分生组织和腋芽的活性调节来控制分枝的形成，而这一调节过程中涉及的生长发育信号主要是各种植物激素——生长素、细胞分裂素以及新型激素分子独脚金内酯。

■ 植物激素及其受体

植物激素是一些由植物体合成，可以从合成部位输送至作用部位，微量浓度就可以使植物体产生某种生理反应的活性有机信号分子。植物激素在调控植物自身生长发育及协调植物与周围环境相互作用等多个方面起到关键作用，不可或缺。最早被公认的植物激素有生长素、赤霉素、细胞分裂素、脱落酸和乙烯；新型植物激素主要有油菜素内酯、茉莉素、水杨酸和独脚金内酯。

植物激素受体是植物细胞识别植物激素的眼睛，是一种能与植物激素

特异性结合，并在结合后能引起特定的生物学效应的蛋白质分子。激素被其受体识别是激素发挥生理功能至关重要的第一步。

上述九大类经典植物激素中，除独脚金内酯外，其他激素活性分子都是其前体分子遵循常规的“底物－酶”相互作用机制、经过激素合成通路中一系列的合成酶加工而来，进而被受体蛋白识别并以可逆的方式结合，触发激素信号传导链、产生激素的生物学效应，最终释放同一个激素活性分子。

植物激素调控植物的繁衍生息，与人类生存环境和农业生产密切相关；阐明植物激素的受体感知机制，对于揭示植物生命活动的本质、提高植物的生存和繁衍能力、改善生态环境和保障粮食安全具有重要意义。

独脚金内酯的研究历史

独脚金内酯（strigolactones, SLs）是一类萜类小分子化合物，其命名基于它的化学结构（内酯, lactone）以及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。词根“Striga”在西方指的是类似于吸血鬼的老巫婆，通过吸食那些年轻受害者的生命力而生存。不难联想，被称为 *Striga* 的独脚金属寄生杂草，就是以吸器附着在宿主植物根上窃夺宿主的营养物质和水分，导致作物枯竭而死^[1]。早在 20 世纪四五十年代，人们就发现一个有趣的现象，属于列当科的列当属（*Orobanche*）和独脚金属（*Striga*）寄生杂草只有在宿主植物根的附近才能正常萌发^[2-4]。人们猜测植物根分泌了某种能促进萌发的化合物，而根据当时分离出的该类化合物在弱酸性条件下相对稳定而在碱性条件不稳定的性质，推断该类化合物含有内酯键或酯键^[5,6]。直到 1966 年，研究者从棉花根部浸出液中分离出一个能强烈诱导独脚金种子萌发的小分子，命名为 strigol，也就是独脚金内酯的一种——独脚金醇，其分子式为 $C_{19}H_{22}O_6$ （图 1-1）^[7]。

随后, strigol 的结构得到了解析^[8,9]。目前已鉴定的植物内源性(天然) SLs 在化学结构上都包含一个三环内酯(ABC-ring)和一个由烯醇醚键连接在一起的单环内酯(D-ring)(图 1-1); 不同形式的天然 SLs 主要是 ABC-ring 上不同形式或位置的基团修饰引起的, 而各种天然 SLs 的 D-ring 严格保持不变^[10]。

寄生杂草的种子通过感受宿主植物根部分泌的 SLs 来识别宿主, SLs 激活杂草种子中的 SL 信号通路, 诱导杂草种子萌发并寄生于宿主, 从而威胁宿主植物的生存^[11]。这种现象给农业生产带来了巨大的危害, 仅独脚金属对于耕地的感染, 就会造成全世界每年百亿美元级别的经济损失, 影响世界粮食安全^[12,13]。

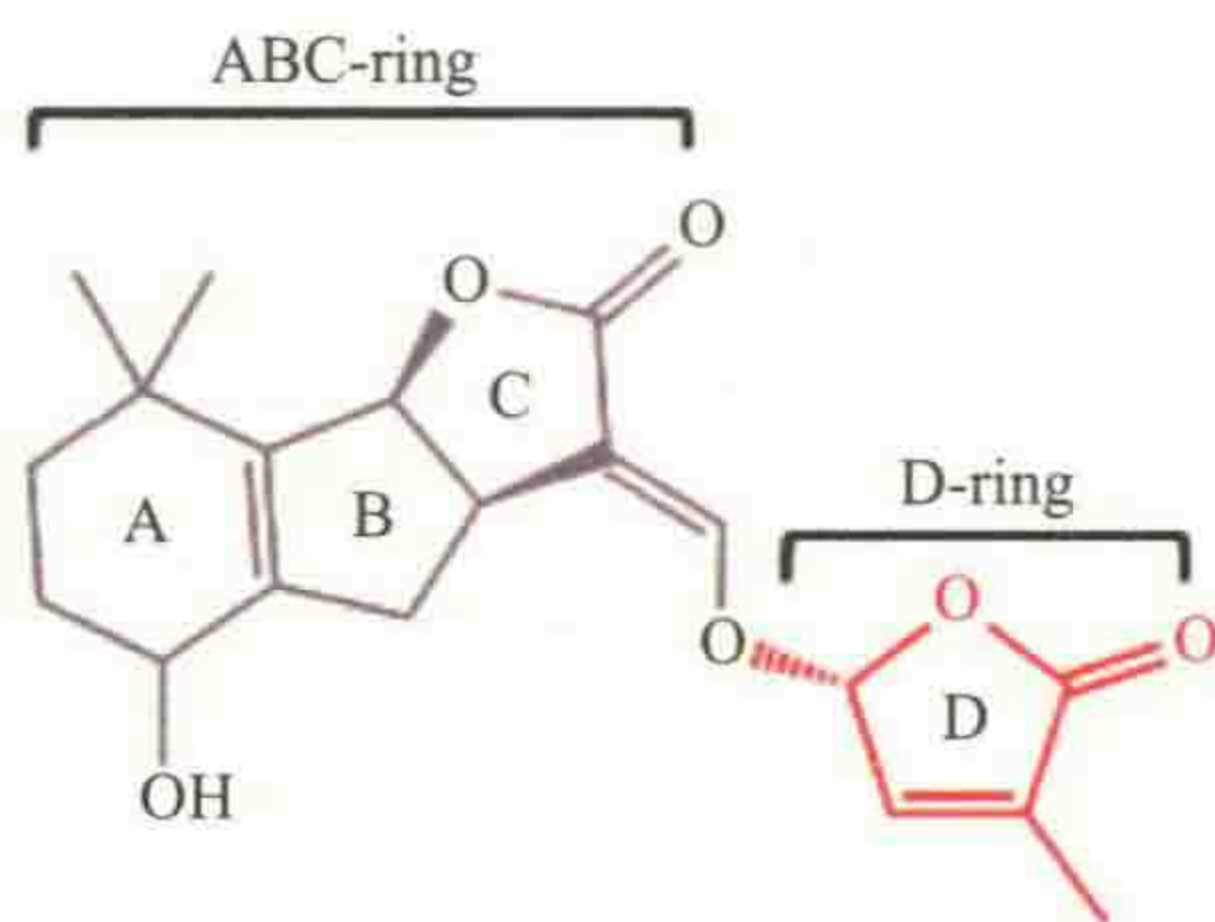


图 1-1 独脚金内酯的分子结构^[8,9]

独脚金内酯被发现近 40 年后, 才有研究表明独脚金内酯可作为诱导因子促进丛枝菌根真菌(arbuscularmycorrhizal fungi, 简称 AMF)和宿主植物形成共生关系^[14]。植物根系分泌到土壤中的 SLs 能促进 AMF 菌丝的分枝, 菌丝向外延伸、扩大搜索植物根系的范围, 接触到植物根系后形成共生关系。AMF 和陆地上 80% 的植物形成共生关系^[15], 主要帮助植物吸收土壤中的营养元素和水分, 同时它从植物根系获取糖类物质作为生命活动所需的能量和碳源。陆生植物和丛枝菌根真菌的共生关系在距今 4.6 亿年前就已经存在了^[16], 而此时高等植物尚未出现; 这种共生关系一直保留到现在, 说明它对于陆生植物的重要性。而寄生杂草可能是在进化过程中利用了这一古老的信号分子, 使之能通过感受 SLs 来识别宿主^[11]。

直到 2008 年, 独脚金内酯才被证明作为一种新型植物激素参与抑制植物分枝^[17,18]。如前所述, 植物的分枝受到严格调控以保证自身的生存和

繁殖；不难理解，分枝在农业生产中是一个重要的农艺性状，对于作物产量有重要影响。

独脚金内酯不仅调控植物分枝、寄生杂草萌发及共生真菌生长，还介导植物对营养匮乏及病原菌等逆境胁迫的抗性反应^[19]。在缺磷、缺氮等低营养胁迫的条件下，独脚金内酯在植物体中的合成上调，被运输到相应的作用部位，或抑制植物地上部分的分枝以减少营养消耗，或促进植物地下部分的根毛形成和伸长以增加营养吸收，从而在整体上调整植物株形以适应逆境胁迫。独脚金内酯还能促进植物对真菌病原菌（如核盘菌）和细菌病原菌（如丁香假单胞菌）的抗性；外源施加独脚金内酯还可直接抑制真菌病原菌（如灰霉菌）的生长^[19]。

近年来，植物学界高度重视对独脚金内酯作用机理的研究。随着一系列多分枝突变体的鉴定和分析以及生物化学和蛋白结构功能等方面的研究，植物激素独脚金内酯的生物合成途径及其调控植物分枝的信号通路的解析取得了显著进展^[19]。其中一个有意思的发现是，独脚金内酯能被 α/β 水解酶 D14 蛋白水解为没有活性的小分子^[20]。另一大进展是，水稻中 SL 信号通路的抑制蛋白 D53 被发现^[21, 22]，随后 D53 在拟南芥中的直系同源蛋白 SMXL6/7/8 也得到了鉴定^[23, 24]。SL 促进 D14-D3/MAX2^[20] 及 D14-D53/SMXL 相互作用，D3/MAX2 参与形成 SCF^{D3/MAX2} 泛素连接酶复合体^[25]，泛素化 D53/SMXL 并使之通过 26S 蛋白酶体降解，从而解除 D53/SMXL 对 SL 信号通路的抑制作用，达到抑制植物分枝的效果^[21-24]。然而，人们却一直不知道独脚金内酯的活性分子是什么、更不知道该活性分子与哪个（哪些）蛋白直接结合，独脚金内酯的感知机制一直是悬而未决的关键科学难题。

植物分枝激素独脚金内酯的感知机制研究取得突破

自 2008 年发现独脚金内酯作为一种新型植物激素调控植物分枝以来，谢道昕教授一直与饶子和教授及姜智勇教授等通力合作，综合采用分子遗传学、生物化学、结构生物学、生物质谱、化学生物学、结构生物学等多方面的研究手段，研究植物分枝激素独脚金内酯的受体感知机制。

经过长期探索和研究，发现了独脚金内酯的活性分子 CLIM (covalently-linked intermediate molecule)，阐明了独脚金内酯活性分子直接结合受体蛋白 D14 的分子机制，解决了独脚金内酯的受体感知机制这一重大科学难题。其相关研究成果发表于 2016 年 8 月 25 日出版的国际知名学术期刊《自然》(*Nature*)^[26]。D14 作为一种新型的激素受体蛋白，具有生成和识别激素活性分子的双重功能：D14 首先参与合成独脚金内酯活性分子 CLIM，然后通过共价键不可逆地结合 CLIM、变构激活后招募下游蛋白 (MAX2/D3 等)、触发信号传导链、调控植物分枝，最终水解 CLIM、释放没有活性的分子 (D-OH) (图 1-2)。

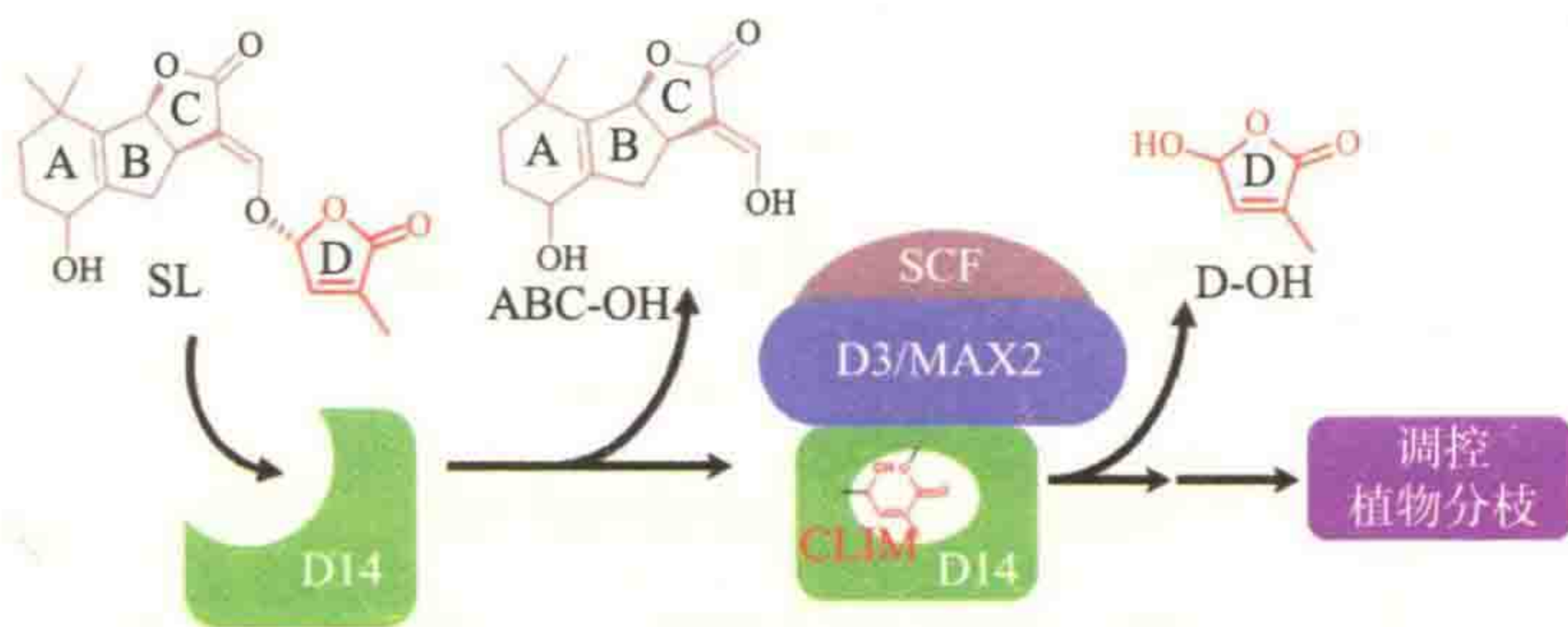


图 1-2 独脚金内酯调控植物分枝的受体感知机制^[26]

这一新型的“受体-激素”识别机制的发现引起了国内外相关领域的广泛关注，迅速成为 ESI 热点论文和 ESI 高被引论文，被遴选为国际知名