

系统素信号转导研究进展*

汪俏梅¹ 刘 洋¹ 赵普庆¹ 马力耕^{2**}

1. 浙江大学园艺系, 杭州 310029; 2. 河北师范大学生物学系, 石家庄 050016

摘要 系统素最初是指在番茄叶片中发现的与植物防卫反应相关的一种 18 个氨基酸的多肽信号, 随着在茄科植物中其他相类似的多肽防卫信号的发现, 现系统素被定义为茄科植物中具有调节防卫基因功能的一类多肽信号家族。近年来对系统素信号转导的研究取得了很大进展, 不仅在系统素信号转导途径上, 而且在系统素与其他信号转导途径的相互作用上均有了很大进展。文中介绍了系统素的信号转导途径以及系统素与其他信号转导途径, 如与油菜素甾醇类激素(BRs)和紫外线-B(UV-B)信号转导途径之间的相互作用, 并对这一领域的研究进行了展望。

关键词 系统素 信号转导 油菜素甾醇类 tBRI/SR160 茉莉酸

1991 年 Pearce 等在番茄叶片中发现一种由 18 个氨基酸构成的多肽信号——系统素(systemin)^[1], 这是首次在植物中发现的多肽信号。之后, 研究者又相继在植物中发现多种具有信号功能的内源多肽, 这些多肽信号与植物激素协同调节植物的生长发育以及对环境的响应^[2]。近年来, 系统素的结构、功能与信号转导研究不断深入, 其信号转导途径已基本清晰, 随着在其他茄科植物中鉴定到一些功能类似的多肽信号, 系统素的概念也扩展为在茄科植物中调节防卫反应基因的多肽信号家族^[3]。不同信号之间的相互作用研究已经成为信号转导研究领域的研究热点, 近年来, 油菜素甾醇类激素(BR)信号的感知和信号转导途径研究取得很大进展^[4-6], 并且已经发现多肽激素系统素与 BR 被共同的受体 tBRI/SR160 所感知^[7,8], 这是不同信号转导途径之间相互作用研究的一个良好的模式系统, 它引起人们广泛的关注, 并极大地深化了对植物细胞信号转导网络的认识。同时, 对逆境环境信号紫外线-B(UV-B)与系统素信号转导之间的相互作用也有了较深的认识。本文主要介绍系统素信号

转导途径以及系统素与其他信号的相互作用, 并对这一领域的研究进行概括与展望。

1 系统素信号转导模型

系统素是由一种由 200 个氨基酸组成的前体蛋白——系统素原(prosystemin)产生的。在未受伤植物叶片中系统素的含量很低, 但随着植物受伤, 系统素的含量便会急剧增加。从系统素原到系统素的转化过程是一种蛋白质水解作用, 很可能是受伤反应使系统素原和从其他细胞中释放出来的蛋白质水解酶接触, 从而释放出系统素, 但具体的加工机制, 即哪一种蛋白质水解酶在发生作用还不清楚^[9]。由于系统素原不含信号序列和糖基化位点, 因而不是通过分泌途径, 而是在胞质的游离核糖体中合成的, 系统素原的亚细胞定位研究证实了这一点, 系统素原存在于维管薄壁细胞的胞液和细胞核中。维管韧皮薄壁细胞是产生和加工系统素原, 产生防卫性信号转导途径第一步反应的部位^[10]。

现有的研究已经证实了系统素信号转导的途径。茄科植物在植株受昆虫或微生物侵染以及机械

2004-10-12 收稿; 2004-12-08 收修改稿

* 国家杰出青年科学基金(批准号: 30025024)、国家自然科学基金(30000015)、教育部留学回国启动基金、留学回国择优资助课题、教育部骨干教师基金和教育部优秀教师基金资助项目

** 通讯作者: E-mail: ligeng.ma@yale.edu

损伤的情况下,可诱导系统素原的加工而释放出系统素。系统素经维管束运输到整个植株的目标细胞,在目标细胞中与其受体(如番茄中的SR160)结合从而调节复杂的胞内信号级联反应,包括质膜去极化,钙离子通道开放,胞内游离钙离子浓度增加,质膜上的 H^+ -ATP酶失活,促分裂原活化蛋白激酶(MAPK)的活化,钙调素的合成,磷脂酶 A_2 (PLA_2)的活化,以及 PLA_2 作用于膜的磷脂并释放出亚麻酸。之后亚麻酸依次在脂氧合酶(LOX)、丙二烯氧合酶(AOS)、12-O-植物二烯酸(OPDA)还原酶及 β -氧化作用下生成了茉莉酸(JA)。JA在乙烯的共同作用下活化防卫相关基因的转录,这些基因根据表达时间的不同可以分为两类,一类是早期在维管束细胞中表达的各种信号途径组分基因,另一类是晚期在栅栏组织和海绵组织叶肉细胞中表达的蛋白酶抑制基因^[9,11]。

2 系统素和BR信号转导途径的相互作用——共同受体 tBRI/SR160

系统素受体的鉴定是其信号转导研究的关键环节。与系统素的发现相比,系统素受体的鉴定滞后了11年。与其他多数植物细胞信号受体是通过分子生物学手段获取不同,系统素受体是通过生化方法鉴定到的。Meindl等利用放射性标记在野生番茄(*Lycopersicon peruvianum*)的悬浮培养细胞中分离到位于质膜上的系统素结合位点^[12],Scheer等进一步以光亲和标记的方法在同一系统中鉴定到分子质量为160 ku能与系统素结合的具有某些受体特性的蛋白质(SR160)^[13]。之后Scheer和Ryan利用光亲和以及同位素标记的系统素纯化得到了该蛋白,他们结合蛋白序列分析鉴定出SR160的全长cDNA序列^[14]。SR160蛋白的氨基酸序列分析表明,它具备富含亮氨酸重复序列(LRR)的跨膜受体蛋白激酶(RLK)的特征,即含有1个假定的信号序列、1个3-7个亮氨酸的拉链序列、1个含25个LRR功能域的岛屿区域、1个单跨膜功能域和1个蛋白质激酶功能域^[15]。他们还发现,与番茄同属的野生型的烟草植物既不能表达系统素前体基因,也不对系统素发生任何反应。但是,将烟草细胞中转入番茄的SR160基因后,转基因烟草细胞则能表达同样的受体蛋白基因,以及发生番茄类似的碱化反应^[16]。这

一结果表明在番茄中发现的系统素信号转导途径的早期步骤在烟草中同样存在,也进一步说明了SR160受体蛋白在茄科植物系统防卫反应信号转导中的普遍作用。

有趣的是,在所有222种植物LRR-RLKs中,SR160与植物油菜素甾醇类激素(BRs)的受体BRI1最相似,BRI1和SR160都含有25个LRR以及在第21个和22个LRR之间有一个惟一的岛屿区域。众所周知,BRI1岛屿区域内的3个甘氨酸在SR160中是保守的,并且它的变体阻断了BR的结合及其信号转导。SR160的跨膜区和激酶区与BRI1相应区域的同源性分别为83%和90%^[15]。将从番茄BR非敏感性突变体 $abs1$ (altered brassinolide sensitivity1)和 $curl3$ ($cu3$)中鉴定到的BR受体tBRI与SR160进行序列比对,发现除了存在由于来源于不同种类而产生的单个核苷酸的多态性之外,两者的序列几乎完全相同^[17]。

在动物界中,惟一存在的一种能够同时感受两种配基的受体就是哺乳动物催产素受体(OTR),它属于G蛋白偶联受体家族。OTR能同时与多肽激素催产素和甾醇类激素黄体酮(progesterone)结合。因此催产素和黄体酮通过竞争地与同一受体结合,拮抗性地调节类似的生理反应^[18]。BR和系统素对tBRI/SR160的调控作用很明显和催产素-黄体酮系统拥有不同的调节机制^[8]。首先,tBRI1/SR160的功能缺失型突变体能同时减弱BR反应和系统素反应,说明tBRI1/SR160是这两条信号途径的正向调节物质,并且应该能够被这两种激素的任一种配基所激活^[8,18]。其次,在悬浮培养番茄细胞中,BR不会抑制系统素和tBRI1/SR160的结合^[14],但是能抑制番茄叶片中的系统素反应^[16],这说明,BR是结合到不同的配基结合位点上的,并且是通过从系统素途径中吸引更多的tBRI1/SR160到BR信号转导途径来抑制系统素反应的^[7,8]。但tBRI1/SR160在植物发育和防卫反应中的双重功能与果蝇(*Drosophila*)中的受体Toll类似,不同的是,Toll是被同一信号Spätzle激活的,但tBRI1/SR160却能同时感知BR和系统素两种信号,因此tBRI1/SR160是目前为止惟一一个已知的能被两种信号激活,并能导致两种不同反应的受体^[8]。

3 紫外线-B (ultraviolet-B) 和防卫信号共选择(co-opt)受体

Ballare 等发现处于自然光 UV-B 射线(波长为 280—320 nm)照射下的田间植物比生长在人为过滤掉 UV-B 的植物对食草昆虫有更强的抗性^[19], 这促使人们研究 UV-B 反应和伤害反应之间的相互关系, 并比较两者的基因表达模式. 通过研究发现, 两种反应在基因表达上有明显的重叠^[20], 在番茄(*Lycopersicon esculentum*)叶片中, UV-B 辐射和系统素诱导的伤害反应在诱导蛋白酶抑制剂上有协同效应^[21], 而在野生番茄(*Lycopersicon peruvianum*)的悬浮培养细胞中 UV-B 辐射和系统素在培养基的碱性和 MAPK 的活化上也存在协同效应^[22]. 此外, UV-B 信号和伤害信号转导有一些共同的信号转导元件, 如 MAPK, JA, 乙烯和活性氧基团(ROS)^[19,23]. UV-B 与系统素信号途径的共同之处包括 Ca^{2+} 离子的内流, H^+ 离子的胞质内流, MAPK 的活化, NADPH 氧化酶活化产生 H_2O_2 和 ROS, 外质体碱化反应, JA 和乙烯的合成等, 但细胞壁过氧化为 UV-B 反应所特有(图 1).

了解 UV-B 信号的感知以及是否存在特异的 UV-B 受体, 是揭示 UV-B 信号如何能活化系统素伤害反应中共同存在的基因和信号转导元件的关键. 目前已经鉴定出 UV-A 和可见光的受体, 尽管这些受体有可能共调节 UV-B 信号转导途径^[24], 但是一些 UV-B 引起的光形态建成反应不是通过这些受体介导的^[25]. 由于迄今为止尚未找到特定的 UV-B 受体, 因此很有可能与动物细胞中 UV-B 反应通过细胞因子受体介导的情况类似, 植物中高剂量 UV-B 引起的逆境反应也是一种非特异性的 UV-B 识别事件^[26]. 最近, Yalamanchili 等的实验证实了 UV-B 通过激活膜受体和其他逆境共选择信号转导途径^[23]. 苏拉明是一种能抑制系统素和 SR160 的结合的药物, 在野生番茄的悬浮培养细胞中, 苏拉明能够阻遏系统素、寡聚糖诱导子(OEs)和 UV-B 引起的碱化反应以及 MAPK 活性的诱导. 当细胞用系统素或 Ala-17-系统素(系统素和 SR160 结合的竞争性抑制剂)进行预处理时, 系统素和 UV-B 诱导的 MAPK 反应会被削弱, 这表明受体暂时性地

被系统素或 Ala-17-系统素所占据, 会阻止其被 UV-B 激活及诱导 UV-B 信号转导途径. 系统素受体 SR160 对 UV-B 激活系统素信号转导途径中的元件是非常重要的, 但 UV-B 并非只特异性地与系统素受体作用, 它也可能与 OEs 等其他信号的细胞表面受体作用, 并且 SR160 或其他细胞表面受体是否为 UV-B 感应的原初目标也还不清楚.

4 总结与展望

近年来系统素信号转导研究取得较大进展, 其受体得到鉴定, 信号转导途径也已基本清晰, 关于系统素与其他信号(如新型植物激素 BR 和逆境环境因子 UV-B)转导途径之间的相互关系的研究也不断深入(图 1). 这些研究极大地深化了人们对防卫信号转导途径及其信号转导网络在植物对逆境的适应与植物发育中的作用的认知. 但关于系统素与其他信号的相互作用的研究还处于起步阶段, 在很多方面还有待进一步研究.

首先, 在对系统素受体 SR160 的研究上, tBRI1/SR160 感受两种拥有完全不同结构和生理功能的植物激素的具体机制还有待阐明. 系统素和受体的结合, 与 LRR RLK 在蛋白与蛋白的相互作用中的功能是相一致的, 即使在很高的浓度下, BL 还是不能和系统素竞争性地与配基结合, 这很可能是 BR 和系统素被受体的不同部位感知, 或是通过不同的机制被感知, 如 BR 可能先与甾醇结合蛋白形成复合体, 再与 BRI1 结合, 而且在拟南芥(*Arabidopsis thaliana*)中 BRI1 能与另一个结构类似的 LRR RLK——BAK1 形成异源二聚体, 相互磷酸化^[27-29], 因此有必要通过进一步研究揭示 BAK1 和 BRI1 互作激酶是否能够影响配基结合和受体复合体的激酶特异性. 此外, 以番茄为材料进行系统素和 BR 信号转导的进一步研究, 将有助于揭示 tBRI1/SR160 配基结合及下游信号转导途径特异性产生的机制. 与动物的 Toll 途径类似, 系统素和 BR 反应也可能共有一些信号转导组分, 因此, 有必要考察一些 BR 信号转导的已知组分, 如 BAK1, BIN2, BZR1 和 BES1 等是否在系统素信号转导中发挥作用, 以及利用一些 BRI1 缺失的番茄突变体(如 *cu3* 和 *cu3^{abs}*)进行系统素反应与信号转导的研究; 或者反过来, 利用系统素的信号转导组分与相

突变体进行 BR 反应与信号转导的研究, 目前我们正在进行这方面的研究. 这些研究将有助于理解

SR160/tBRI1 如何感知 BR 和系统素信号, 以及选择性活化两种不同的激素信号转导途径的机制.

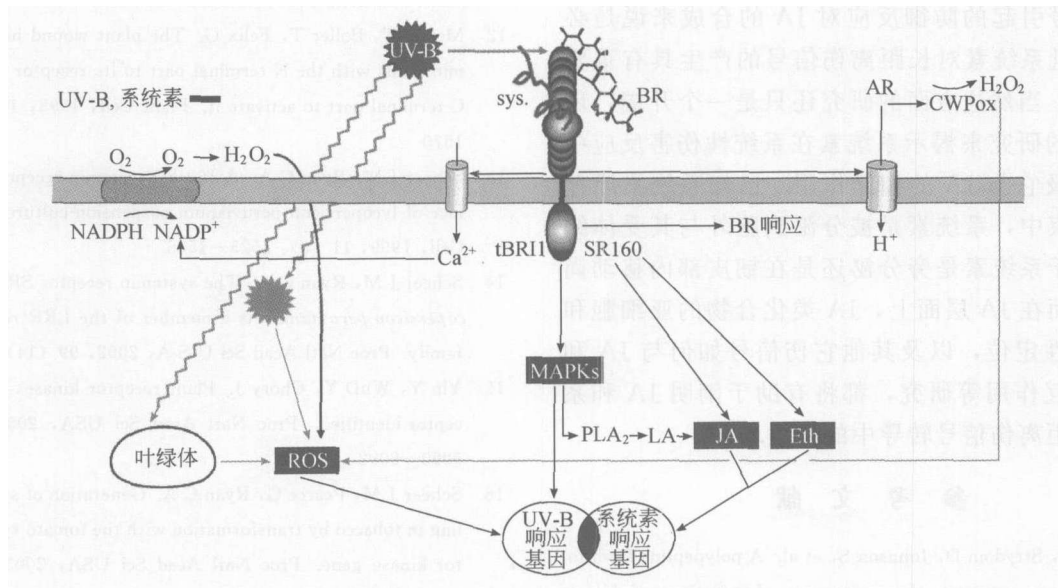


图1 系统素、BR 和 UV-B 三者互相作用途径^[20].

在番茄叶片细胞中, 系统素和 BR 通过共同的受体 tBRI1/SR160 感受两种激素信号. UV-B 除可能和系统素共用受体 SR160 外, 同时 UV-B 和系统素都会引起: (1) Ca^{2+} 离子胞质内流; (2) H^+ 离子胞质内流和外质体碱化反应; (3) 激活 MAPKs; (4) JA 和乙烯的合成; (5) Ca^{2+} 胞质内流激活 NADPH 氧化酶类, 产生 H_2O_2 和活性氧基团. PM, 细胞膜; CWPox, 细胞壁过氧化; JA, 茉莉酸; LA, 亚麻酸; ROS, 活性氧基团; Eth, 乙烯; MAPKs, 促分裂原活化蛋白激酶; PLA₂, 磷脂酶 2; UV-B, 紫外光 B; BRs, 油菜素甾醇类

其次, UV-B 和系统素等防卫信号共选择受体还只是一种假设, 需要更多的实验来证实, 如研究对 UV-B 发生反应时 SR160 的胞内激酶功能域是否会发生磷酸化, 以及 UV-B 对受体突变的效应. 此外, 在胞内部位鉴定连接受体和 MAPK 级联反应的中间组分也是非常重要的, 这一组分可能作为联系包括 UV-B 和系统素等各种不同输入信号的一个关键点发挥作用^[30].

近年来, BR 与重要环境因子——光信号之间的相互作用研究取得较大进展, 已经发现两者之间的相互作用发生在多个层次上^[6]. BR 与光信号之间的相互作用的重要证据来自对 BR 合成突变体 *det2* 的研究, *det2* 在暗中表现为去黄化的表型. 我们通过基因芯片技术研究发现导致这种表型的原因是这一突变在暗中诱导了部分光控基因的表达^[30]. 此外, BR 信号和光信号还通过 BAS1 基因相互作用, BAS1 是细胞色素 P450 家族(CYP72B1)成员, 它通过 C26-羟化活性调节 BR 水平和光反应; 而一

种暗诱导的小 G 蛋白 Pra2 可能调节光和 BR 信号在去黄化过程中的相互作用, 同时, 光也能调节 BR 的生物合成和信号转导过程^[6]. 由于 SR160/BRI1 是系统素和 BR 信号的双重受体, 因此, UV-B 与 BR 信号转导途径之间很可能也存在相互作用. 总之, 进一步研究 UV-B 对生长发育调节者 BR 和防卫信号系统素的双重受体的效应, 以及这些信号转导途径之间的相互作用, 不仅有助于揭示 UV-B 作为逆境环境因子对生长发育的效应, 也将深化人们对于系统素信号转导网络的理解.

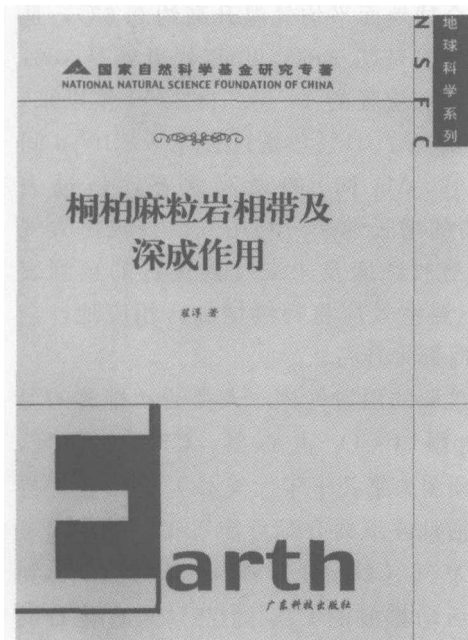
最后, 长距离信号转导途径的研究是目前信号转导研究领域的一个研究热点. 番茄等茄科植物中的伤害信号反应是长距离信号转导研究的一个良好系统. 最近 Howe 小组以 JA 生物合成与信号转导突变体, 以及系统素的信号转导突变体为材料, 通过经典的嫁接实验, 对传统的系统素是系统伤害信号的观点提出质疑, 并进一步提出 JA 或者十八烷酸途径的衍生物才是系统性伤害反应中的长距离伤害信

号^[31-33], 系统素可能只在受伤部位附近起作用, 其功能可能是转移 JA 到未受伤部位^[34,35]. 但系统素或者伤信号引起的防御反应对 JA 的合成来说是必须的, 并且系统素对长距离伤信号的产生具有重要的作用^[33]. 当然这方面的研究还只是一个开端, 还需进一步的研究来揭示系统素在系统性伤害反应中的作用以及它与 JA 的相互作用. 已知系统素原存在于维管束中, 系统素是被分泌到胞外与其受体结合的, 关于系统素是旁分泌还是在韧皮部内移动尚待阐明. 而在 JA 层面上, JA 类化合物的亚细胞和组织特异性定位, 以及其他伤信号如何与 JA 和系统素相互作用等研究, 都将有助于阐明 JA 和系统素在长距离伤信号转导中的作用.

参 考 文 献

- Pearce G, Strydom D, Johnson S, et al. A polypeptide from tomato leaves activates the expression of proteinase inhibitor genes. *Science*, 1991, 253: 895—898
- 马力耕, 孙大业. 植物细胞多肽第一信号. *科学通报*, 2000, 45(9): 1920—1927
- Ryan C A, Pearce G. Systemins: A functionally defined family of peptide signals that regulate defensive genes in Solanaceae species. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2003, 100 Suppl (2): 14577—14580
- Wang Z Y, Nakano T, Gendron J, et al. Nuclear-localized BZR1 mediates Brassinosteroid-induced growth and feedback suppression of Brassinosteroid biosynthesis. *Development Cell*, 2002, 2: 505—513
- Clouse S D. Brassinosteroid signal transduction: Clarifying the pathway from ligand perception to gene expression. *Molecular Cell*, 2002, 10: 973—982
- Wang Q M, Ma L G. Brassinosteroid signal transduction: An emerging picture. *Chinese Science Bulletin*, 2003, 48 (18): 1906—1912
- Szekeres M. Brassinosteroid and systemin: Two hormones perceived by the same receptor. *Trends Plant Sci*, 2003, 8 (3): 102—104
- Wang Z Y, He J X. Brassinosteroid signal transduction - choices of signals and receptors. *Trends Plant Sci*, 2004, 9 (2): 91—96
- Ryan C A. The systemin signaling pathway: Differential activation of plant defensive genes. *Biochimica et Biophysica Acta*, 2000, 1477 (1-2): 112—121
- Narvaez-Vasquez J, Ryan C A. The cellular localization of pro-systemin: A functional role for phloem parenchyma in systemic wound signaling. *Planta*, 2004, 218 (3): 360—369
- Schaller A. Oligopeptide signaling and the action of systemin. *Plant Mol Biol*, 1999, 40 (5): 763—769
- Meindl T, Boller T, Felix G. The plant wound hormone systemin binds with the N-terminal part to its receptor but needs the C-terminal part to activate it. *Plant Cell*, 1998, 10 (9): 1561—1570
- Scheer J M, Ryan C A. A 160-kD systemin receptor on the surface of *Lycopersicon peruvianum* suspension-cultured cells. *Plant Cell*, 1999, 11 (8): 1525—1536
- Scheer J M, Ryan C A. The systemin receptor SR160 from *Lycopersicon peruvianum* is a member of the LRR receptor kinase family. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2002, 99 (14): 9585—9590
- Yin Y, Wu D Y, Chory J. Plant receptor kinases: Systemin receptor identified. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2002, 99 (14): 9090—9092
- Scheer J M, Pearce G, Ryan C A. Generation of systemin signaling in tobacco by transformation with the tomato systemin receptor kinase gene. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2003, 100 (17): 10114—10117
- Montoya T, Nomura T, Farrar K, et al. Cloning the tomato *Curl3* gene Highlights the putative dual role of the leucine-rich repeat receptor kinase tBRII/SR160 in plant steroid hormone and peptide hormone signaling. *Plant Cell*, 2002, 14 (12): 3163—3176
- Grazzini E, GroblEwski T, O' Donnell D, et al. Inhibition of oxytocin receptor function by direct binding of progesterone. *Nature*, 1998, 392 (6675): 509—512
- Ballare C, Scopel A L, Stapleton A E, et al. Solar ultraviolet - B radiation affects seedling emergence, DNA integrity, plant morphology, growth rate, and attractiveness to herbivore insects in *Datura ferox*. *Plant Physiol*, 1996, 112: 161—170
- Stratmann J. Ultraviolet-B radiation co-opts defense signaling pathways. *Trends Plant Sci*, 2003, 8 (11): 526—533
- Stratmann J W. UVB/UVA radiation activates a 48kDa myelin basic protein kinase and potentiates wound signaling in tomato leaves. *Photochem Photobiol*, 2000, 71: 116—123
- Holley S R. Convergence of signaling pathway induced by systemin, oligosaccharide elicitors, and ultraviolet-B radiation at the level of mitogen-activated protein kinases in *Lycopersicon peruvianum* suspension-cultured cells. *Plant Physiol*, 2003, 132 (4): 1728—1738
- Yalamanchili R D, Stratmann J. Ultraviolet-B activates components of the systemin signaling pathway in *Lycopersicon peruvianum* suspension-cultured cells. *J Biol Chem*, 2002, 277 (32): 28424—28430
- Wade H K, Bibikova T N, Valentine W J, et al. Interactions within a network of phytochrome, cryptochrome and UV-B pho-

- totransduction pathways regulate chalcone synthase gene expression in *Arabidopsis* leaf tissue. *Plant J*, 2001, 25 (6): 675—685
- 25 Boccalandro H E, Mazza C A, Mazzella M A, et al. Ultraviolet-B radiation enhances a phytochrome-B-mediated photomorphogenic response in *Arabidopsis*. *Plant Physiol*, 2001, 126: 780—788
- 26 Brosche M, Strid A. Molecular events following perception of ultraviolet-B radiation by plants. *Plant Physiol*, 2003, 117: 1—10
- 27 Nam K H, Li J. BRI1/BAK1, a receptor kinase pair mediating brassinosteroid signaling. *Cell*, 2002, 110: 203—212
- 28 Li J, Wen J, Lease K A, et al. BAK1, an *Arabidopsis* LRR receptor-like protein kinase, interacts with BRI1 and modulates brassinosteroid signaling. *Cell*, 2002, 110: 213—222
- 29 Li J M. Brassinosteroids signal through two receptor kinases. *Curr Opin Plant Biol*, 2003, 6: 494—499
- 30 Ma L G, Zhao H, Deng X W. Analysis of the mutation effects of the COP/DET/FUS loci on genome expression profiles reveals their overlapping yet not identical roles in regulating *Arabidopsis* seedling development. *Development*, 2003, 130: 969—981
- 31 Li L, Li C, Lee G I, et al. Distinct roles for jasmonate synthesis and action in the systemic wound response of tomato. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2002, 99: 6461—6421
- 32 Lee G I, Howe G A. The tomato mutant spr1 is defective in systemin perception and the production of a systemic wound signal for defense gene expression. *Plant J*. 2003, 33 (3): 567—576
- 33 Li C Y, Liu G H, Xu C C. The tomato suppressor of Prosystemin-mediated responses2 (Spr2) gene encodes a fatty acid desaturase required for the biosynthesis of jasmonic acid and the production of a systemic wound signal for defense gene expression. *Plant Cell*, 2003, 15: 1646—1661
- 34 Stratmann J. Long distance run in the wound response - jasmonic acid is pulling ahead. *Trends Plant Sci*, 2003, 8 (6): 247—250
- 35 Ryan C A, Moura D S. Systemic wound signaling in plants: A new perception. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2002, 99 (10): 6519—6520



国家自然科学基金研究专著

《桐柏麻粒岩相带及深成作用》翟淳 著

广东科技出版社 定价：120.00 元

本书系统地阐述了桐柏山大别山北部豫南地区麻粒岩相带地质演化、深成地质作用和构造作用，并首次翔实地论证了这里发育的中高压麻粒岩类、紫苏花岗岩类、孔兹岩类、碱性杂岩类和构造混杂岩类及榴辉岩类，还综合分析了这里发育的黑硬绿泥石变质带、高压超高压变质带和巨型糜棱岩带，且仔细地认真地和不同地区的相同岩类相似变质带进行了类比，提出了自己的见解和新的认识。该书还是一部实用的区域岩石学专著。

该书资料丰厚，数据翔实，还附有大量图表，具有较高的学术水平和实用价值。可供从事前寒武纪地质、变质岩、矿物学、矿床学、地球化学、构造地质学及区域地质工作的生产、科研和教学人员参考，也可作为地质院校高年级大学生、研究生的参考书。