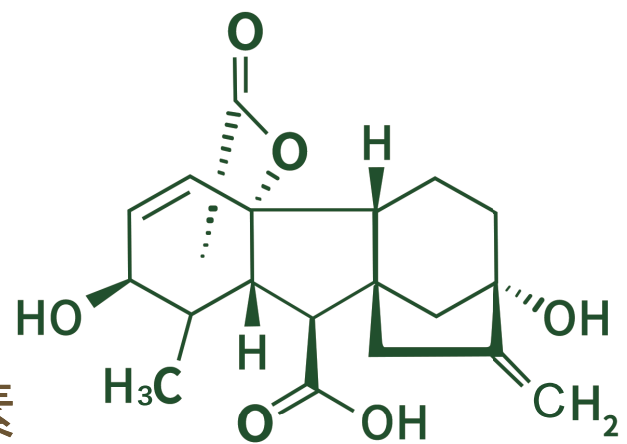


“万能”的赤霉素



GA₃的分子结构

撰文 刘学英

在技术层面上，“绿色革命”的核心内容是矮秆高产农作物品种的应用和推广。那么，农作物是怎么变矮的呢？在那个时期，人们对于基因的本质刚开始有所认知，知道了基因是决定生物体存在方式的内在因素，生、长、衰、病、老、死等一切生命现象都与基因有关。直到20世纪90年代，随着植物分子生物学和基因组学的日益发展，科学家们才逐渐解锁了农作物矮化的“生命密码”。

“绿色革命”通过遗传改良将农作物变矮，在分子水平上，是利用了一些控制着农作物矮秆或半矮秆的基因，在水稻中是*sd1* (*semi-dwarf 1*) 基因，在小麦中是*Rht1* (*Reduced height 1*) 基因，这些基因均被称为“绿色革命”基因。直至2002年以后，这些控制着农作物株高的“绿色革命”基因才被相继定位和克隆，并且随着基因功能的解析，基因的作用途径也越来越明晰。这些基因均与一种植物激素——赤霉素 (*gibberellins*, *GA*s) 紧密相关。

植物激素是植物体内天然存在的、微量的、简单的小分子化合物，对于调节植物的不同生长发育过程和环境应答具有十分显著的作用。目

前已知植物体内产生的激素包括生长素、赤霉素、细胞分裂素、脱落酸、乙烯和油菜素甾醇六大激素，以及多胺、水杨酸类、茉莉酸 (酯) 等新近确认的植物激素。人们在了解了天然植物激素的化学结构和功能特性之后，可以通过人工合成的方法合成与植物激素具有类似生理效应的物质，如类似生长素的吲哚丙酸 (IPA)、二氯苯氧乙酸 (2,4-D) 等，也可以从微生物中提取。利用这些方法获得的类似物或植物激素被统称为植物生长调节剂，将它们应用到农业生产上，可以调节作物的生长发育过程。现在，植物生长调节剂的种类繁多，应用广泛，对于提高农作物产量、增加农业经济效益和农产品的市场竞争力具有非常重要的作用。

赤霉素是在萌发的种子、幼芽、生长着的叶、盛开的花、雄蕊、花粉粒、果实以及根系中天然合成的一种植物激素，是植物体内具有广泛生理功能的几大内源激素之一。最初，赤霉素不是从植物中而是从水稻的一种病原菌——赤霉菌的分泌物中分离的。赤霉菌是一种呈白色至淡红色的真菌。水稻感染赤霉菌后会出现疯长的现象，株高会比正常植株高出一半左右，并

导致水稻提前抽穗，严重影响结实率。生产上把这种水稻病害称为“恶苗病”，是水稻的主要病害之一。用赤霉菌侵染水稻或者用赤霉菌的培养液喷施水稻，都会使水稻徒长增高50%。

发现赤霉素30年后的1956年，赤霉素才被确定为普遍存在于高等植物中，一些类似赤霉素的物质。在高等植物中，赤霉素这个四环双萜化合物家族庞大，化学结构复杂，其基本结构是赤霉素烷，有4个环；根据碳原子数可分为C₁₉和C₂₀两类。在赤霉素烷上，由于双键、羟基数目和位置，以及结合的葡萄糖苷或葡萄糖酯的不同，形成了种类繁多的赤霉素大家族。目前，从植物、真菌、细菌中分离和鉴定出结构明确的赤霉素已多达136种。根据发现的先后顺序，分别将赤霉素以GA₁、GA₂……GA₁₃₆表示。赤霉素的存在形式包括有生理活性的自由态和无生理活性的结合态两种，且不同形式的赤霉素之间可以相互转化。在如此众多的赤霉素中，只有一小部分具有调节植物生长的生理效应，如GA₁、GA₃、GA₄和GA₇等，且它们的活性不同。例如，GA₁和GA₄是许多植物的主要活性赤霉素，GA₁的生理活性较低，而GA₄的生理活性较高。

目前，赤霉素还不能人工合成，但是在很早之前人们就可以规模化生产赤霉素了。利用赤霉菌在麸皮、蔗糖和无机盐等培养物中发酵，然后将发酵液进行溶媒萃取、浓缩等处理来提取赤霉菌代谢产生的赤霉素。我国从1958年开始研究赤霉素，1969年正式研制成功并实现了赤霉素的产

业化生产。目前，赤霉素已被开发出种类繁多的新型绿色环保的产品，其中GA₃是目前我国农、林、园艺上应用最广泛的一种植物生长调节剂。

赤霉素在植物的不同生长发育阶段发挥的作用不同，其在农业生产上的主要作用包括：打破营养繁殖器官和种子休眠促进发芽，促进营养生长，诱导开花促进雄花分化，保花保果促进生长，缓解衰老及保鲜，提高制种产量等。几乎90%以上的蔬菜、果树和大田作物都能用到赤霉素。人们对于不同的蔬菜、水果和粮食作物，在什么生长发育阶段施用多大浓度的赤霉素早已有了成功的经验。例如，应用赤霉素，有助于打破小麦、玉米、高粱、大豆等种子休眠，促进萌发，提高发芽率，使出苗整齐一致；促进马铃薯、番茄、水稻、小麦、棉花、大豆、烟草、果树等作物的生长、发芽、开花结果、增产；在无籽葡萄品种开花时可促进无籽果实的发育；可使芹菜、菠菜、散叶生菜等蔬菜叶片肥大；促进黄瓜、茄子、番茄坐果；促进土豆、豌豆、扁豆发芽；延长西瓜贮存期，等等。

从最初发现至今，赤霉素一直被广泛用于农业生产和科学研究中。赤霉素在提高农业生产能力、增加农产品产量等方面发挥了极其重要的作用，其应用范围之广泛，谓之农业生产中的“万能药”一点也不为过。

(责编 桑新华)



赤霉素等植物生长调节剂的应用对提高农作物产量、增加农业经济效益和农产品的市场竞争力具有非常重要的作用 供图/一品沙田(汇图网)