



综述 • Review

赤霉素的应用研究进展

林经文

(贺州学院 食品与生物工程学院 广西 贺州 542899)

摘要 赤霉素 (GA) 作为一种植物生长素, 在植物生长和发育过程中有重要的作用。近年来, 随着对赤霉素作用机制的深入研究, 人们对其应用的认识也在不断深化。本文根据最新的研究进展综述了赤霉素在植物生长和发育中起着重要的调控作用, 它不仅在农林业生产中具有广泛的应用, 还在生物学研究和医药领域发挥着重要作用。

关键词 赤霉素; 植物生长; 生物合成途径; 农林业生产; 生物医药

文章编号 019-2024-0122

Research Progress on the Application of Gibberellin

Lin Jingwen

(School of Food and Biological Engineering, Hezhou University, Hezhou 542899, China)

Abstract Gibberellin (GA), as a plant growth hormone, plays a crucial role in the growth and development of plants. In recent years, with deeper research into the mechanisms of gibberellin action, understanding of its applications has also deepened. This article reviews the latest research progress on gibberellin's significant regulatory role in plant growth and development. It not only has extensive applications in agricultural and forestry production but also plays an important role in biological research and medicine.

Keywords Gibberellin; Plant growth; Biosynthetic pathway; Agricultural and forestry production; Biomedicine

赤霉素 (GA) 是一种天然存在的植物生长素, 也被称为激素类似物。它在植物体内起着调节生长和发育的重要作用^[1]。赤霉素类、生长素、细胞分裂素、脱落酸、乙烯以及油菜素

甾醇并称植物六大激素。赤霉素最初在 1926 年由美国植物学家 E. Karrer 首次发现并从白蜡树中提取出来。自那时以来, 赤霉素的研究取得了长足的进展, 对农业和生物学领域都产生

收稿日期: 2023-09-02 录用日期: 2023-09-30

通讯作者: 林经文; 单位: 贺州学院 食品与生物工程学院 广西 贺州

引用格式: 林经文. 赤霉素的应用研究进展[J]. 现代精准农业快报, 2023, 1(1): 1-5.

了广泛的应用。目前发现的赤霉素类物质已经超过了 140 种, 根据发现顺序的不同, 可分别命名为: GA1, GA2, GA3,GA140^[2]。

1 赤霉素在植物生长中的作用

赤霉素可以促进植物根、茎、叶的生长, 它促进的是节间的生长, 而不是增加节间节数。它还能诱导种子产生淀粉酶, 促进种子发芽, 大大缩短发芽周期^[3]。例如宋兆锋等^[4]利用赤霉素处理花生种子后, 种子快速萌动发芽, 赤霉素处理可以大大提高花生种子活力, 打破花生种子休眠, 促进花生种子萌发和胚轴伸长。清浅^[5]对香橙砧无核沃柑幼树叶面喷施不同浓度赤霉素与尿素, 解决了柑桔幼树开花多影响春梢生长与树冠扩大以及人工疏花成本高的问题。有学者认为不同的植物有不同的最适 GA 浓度, 过高的 GA 浓度会抑制花芽的发育, 曹尚银等^[6]通过对苹果施加了 GA, 发现红富士、首红苹果的花芽分化遭到一定的延迟。于兵等^[7]采用外源赤霉素通过调节种子淀粉酶活性、提高淀粉分解速率和提高可溶性糖含量, 为种子萌发提供能量, 实现了破除种子休眠的作用, 为鳗草种子快速萌发技术提供了理论依据和科学基础。

2 赤霉素生物合成途径及调控

赤霉素在植物中的合成和代谢非常复杂。它通常由植物生长点和新生组织中的细胞合成, 并通过植物体内的运输系统传递到其他部位。赤霉素影响植物的生长和发育的多个方面, 包括促进细胞分裂、细胞伸长和分化。在幼苗的伸长过程中, 赤霉素起着至关重要的作用, 而在花朵形成和果实发育过程中也发挥重要的调控作用^{[8][9]}。在自然界中, 植物中的赤霉素合成往往有限, 所以人工培养工程菌

种产赤霉素决定了植物生长的质量和产率。郝小花等^[10]利用 CRISPR/Cas9 技术获得基因编辑两个不同的 sGA3ox 基因合成不同活性 GA 来调控水稻生长和发育。谈心等^[11]研究了古巴焦磷酸合酶 (CPS)、内根 - 贝壳杉烯合成酶 (KS)、GA-7- 氧化酶 (GA7ox)、GA-13- 羟化酶 (GA13ox) 等关键酶在参与赤霉素生物合成过程中起着重要作用。赤霉素通过调节植物基因表达和信号传导途径来发挥其作用, 基因调控的研究也为生物工程和农业生物技术等领域的应用提供了理论基础^{[12][13]}。葛明然等^[14]采用 RT-PCR (Reverse Transcription-Polymerase Chain Reaction) 技术克隆山药赤霉素合成酶基因 (DoGA20ox1), 分析该基因在不同品种山药不同器官及不同发育阶段的表达模式, 构建瞬时、植物表达载体进行 DoGA20ox1 基因功能研究, 为解析山药块茎调控分子机制提供了理论依据。

3 赤霉素发酵现状

赤霉素发酵生产的技术已经相对成熟, 中国是全球最大的赤霉素生产国家, 国内有多家企业专门从事赤霉素的生产, 赤霉素的产量、质量和技术水平均在不断提高^[15]。除了中国, 其他国家也在进行赤霉素的生产和研究。例如, 日本、韩国、美国等国家也都有赤霉素的生产企业, 这些国家在赤霉素发酵生产技术方面积累了丰富的经验, 并且不断进行创新和改进^[16]^[17]。通过物理、化学等手段的诱变可以提高赤霉素发酵生产的产量和质量, 这些方法可以引起菌株基因的突变, 从而改变其代谢途径和产物合成能力^[18]。诱变获得的一些优良的赤霉素产生菌株在产量、稳定性和抗性方面具有优势, 能够提高赤霉素的发酵生产效率^{[19][20]}。此外, 基因工程技术也在赤霉素发酵生产中得到

应用,通过改造赤霉菌的代谢途径和调控基因的表达,可以进一步提高赤霉素的产量和质量^[21]。但是,赤霉素发酵生产的发展还面临一些挑战,其中包括发酵条件的优化、菌种改良、废水处理等方面。随着对植物生长调节剂需求的不断增长,赤霉素发酵生产技术的研究和应用仍然具有广阔的发展前景^[22]。

4 赤霉素在农林业生产中的应用

除了在植物中的作用外,赤霉素也被广泛应用于农林业生产中,取得了许多重要的进展^[23-24]。在农林业生产中,赤霉素被广泛用作植物生长调节剂。它可以促进种子萌发和幼苗生长,增加植物的高度和叶片面积,提高产量和品质。赤霉素可以改善果树的花芽分化和开花,促进果实膨大和成熟^[25-26]。此外,赤霉素还可以延缓植物的衰老过程,延长果实的保鲜期,如沐杨^[27]利用赤霉素溶液浸泡处理香蕉延长了其贮藏期。因此,赤霉素在农业生产中被广泛用于作物栽培、果树管理和蔬菜保鲜等方面。它不仅可以增加农作物的产量和品质,还可以提高农作物的耐旱性和抗病性。赤霉素可以调节作物的开花时间和果实的发育速度,使农民能够灵活控制农作物的生长周期和收获时间。另外,赤霉素也被用作植物组织培养的重要工具,用于促进植物体外组织的生长和再生。Chen^[28]利用藤黑赤霉素 ZH-34 直接生物降解将丁香酚转化为松柏醛及其他高附加值产品。朱海燕等^[13]采用不同赤霉素浓度对巨峰葡萄枝条冬芽进行处理,进而发现巨峰葡萄的最短冬芽萌芽时间及最高萌芽率的赤霉素浓度。王瑛泽等^[29]研究了不同磷肥用量水平和赤霉素喷施浓度均显著提高了胡麻叶片羧化酶活性,增加了胡麻全生育期干物质积累量和籽粒产量。

5 赤霉素在生物医药中的应用

赤霉素的应用不仅局限于农业领域,还被广泛用于生物科学研究和医药领域。在生物科学研究中,赤霉素常被用作外源信号分子,用于研究细胞分裂、细胞伸长和分化等基本生物过程。在医药领域,赤霉素具有抗癌活性,可以抑制肿瘤细胞的生长和扩散,研究人员已经成功地将赤霉素应用于抗癌药物的开发中。赤霉素还具有抗菌和抗病毒的作用,可以用于制备抗菌药物和抗病毒药物。在临床应用中,赤霉素被用作抗癌药物的前体或合成中间体,用于治疗某些类型的癌症,如冠心病、白血病和乳腺癌。Hu^[30]利用伪原薯蓣皂苷(pseudoprotodioscin, PPD)通过赤霉菌生物转化分离得到甾体类皂苷,已在中国用于治疗心肌缺血症状多年。赤霉素可以促进骨细胞的增殖和分化,促进骨骼的生长和修复。此外,赤霉素还可以调节免疫系统的功能,增强人体的抵抗力。基于这些特性,赤霉素被广泛应用于肿瘤治疗、骨科医学和免疫调节等领域的研究和临床实践中。

6 问题与展望

赤霉素虽然在农林业生产和生物医药中的应用已经取得了一些成果,但仍然存在一些问题需要解决。例如,赤霉素的应用剂量和使用时机需要进一步研究和优化,以提高其应用效果。此外,赤霉素的生产成本较高,限制了其大规模应用。赤霉素的生产成本较高主要是由于其生产过程的复杂性和低产量所致^[31]。因此,需要开展更多的研究,降低赤霉素的成本。为了降低赤霉素的生产成本,可以从以下几个方面进行研究:(1)优化发酵工艺:通过改进赤霉素的生产菌株,优化发酵条件和培养基组成,提高菌株的产量和产酸效率,从而减少生产成本;(2)提高纯化工艺:赤霉素的提纯工艺对

成本也有较大影响。研究和开发更高效、更经济的赤霉素提纯和纯化工艺,可以降低生产成本;(3) 利用生物技术手段 应用生物技术手段,如基因工程和代谢工程,改造赤霉素合成途径,提高产量和转化效率,从而降低生产成本;(4) 开拓新的生产途径:通过研究开发新的生产途径,如利用微生物转化、植物组织培养或化学合成等方法,可以探索更经济、高效的赤霉素生产方式。赤霉素的研究具有非常重要的意义,我们可以预见随着现代农业、生物医药的发展,国内外的研究机构和企业越来越重视对赤霉菌的开发利用研究,对赤霉素作用机制的进一步研究和技术的不断发展,赤霉素的应用领域将会更加广泛,并为农林业生产和科学研究带来更多的突破。

利益冲突声明: 本文不存在任何利益冲突。

参考文献

- [1] 李琦. 赤霉素对植物生长影响的研究进展 [J]. 农家参谋, 2018(05):86.
- [2] 王卫. 高产赤霉素菌株选育及发酵工艺优化 [D]. 中南林业科技大学, 2015.
- [3] 倪军. 赤霉素对小桐子侧芽生长的调控 [D]. 中国科学技术大学, 2015.
- [4] 宋兆锋, 陈小姝, 李美君等. 低温胁迫下赤霉素对花生萌发特性的影响及转录组分析 [J/OL]. 花生学报 :1-12[2023-08-15].
- [5] 清浅. 赤霉素和尿素组合抑制无核沃柑幼树花芽分化及促进树体生长 [J]. 中国果业信息, 2023,40(06):57.
- [6] 曹尚银, 张俊昌, 魏立华. 苹果花芽孕育过程中内源激素的变化 [J]. 果树科学, 2000(04):244-248.
- [7] 于兵, 杨启文, 张彦浩等. 赤霉素和弱酸对鳊草种子萌发和生理特性的影响 [J]. 渔业科学进展, 2023,44(04):26-34.
- [8] 黄先忠, 蒋才富, 廖立力等. 赤霉素作用机理的分子基础与调控模式研究进展 [J]. 植物学通报, 2006(05):499-510.
- [9] 阳文龙, 李锡香, 张晓辉等. 萝卜赤霉素生物合成和信号转导相关基因的全基因组鉴定及表达分析 [J]. 华北农学报, 2022,37(06):1-14.
- [10] 郝小花, 胡爽, 赵丹等. OsGA3ox 通过合成不同活性 GA 调控水稻育性及株高 [J/OL]. 遗传 :1-15[2023-08-15]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1913.R.20230720.0947.02.html>
- [11] 谈心, 马欣荣. 赤霉素生物合成途径及其相关研究进展 [J]. 应用与环境生物学报, 2008(04):571-577.
- [12] 李燕娇, 吴建明, 周慧文等. 植物赤霉素生物合成关键基因 GA3-oxidase 的研究进展 [J]. 分子植物育种, 2022,20(16):5339-5346.
- [13] 张国华, 张艳洁, 丛日晨等. 赤霉素作用机制研究进展 [J]. 西北植物学报, 2009,29(02):412-419.
- [14] 葛明然, 张艳芳, 邢丽南等. 山药 (*Dioscorea opposita* Thunb.) 赤霉素合成酶基因 oGA20ox1 的克隆及功能研究 [J]. 西北农业学报, 2023,32(06):919-928.
- [15] 庄木坤. 赤霉素高产菌株改造与发酵研究 [D]. 华中农业大学, 2007.
- [16] 彭辉, 施天穹, 聂志奎等. 微生物发酵产赤霉素的研究进展 [J]. 化工进展, 2016,35(11):3611-3618.
- [17] 武文竹, 陈俊英, 白净等. 赤霉素高产菌株选育及其固态发酵研究进展 [J]. 河南农业科学, 2016,45(07):1-6.
- [18] 林璐, 彭辉, 聂志奎. 植物生长调节剂赤霉素高产菌株的诱变选育 [J]. 化学与生物工程, 2022,39(12):60-64.
- [19] 赵炎生, 肖灿鹏, 苏宝亮等. 赤霉素产生菌的激光、化学复合诱变育种研究 [J]. 激光生物学报, 1997(04):27-33.
- [20] 钱海伦, 肖灿鹏, 张瑞坤. 赤霉素产生菌的诱变育

- 种[J].中国药科大学学报,1991(04):218-220.
- [21] 石海燕,张玉星.高等植物赤霉素 20- 氧化酶基因的克隆、表达及其调控技术的研究进展[J].贵州农业科学,2011,39(04):19-22.
- [22] 冷远服,罗明典.赤霉素的工业生产及其发展前景[J].生物工程进展,1989(04):43-46.
- [23] 母洪娜,杨秀莲,王良桂.赤霉素在农林业生产中的应用研究进展[J].江苏农业科学,2014,42(02):15-18.
- [24] 刘静静,戴绍军.种子萌发过程中响应脱落酸与赤霉素的蛋白质组变化研究进展[J].现代农业科技,2012(01):11+13.
- [25] 王洪梅,周显昌,周志军等.赤霉素促进针叶树开花结实技术的研究进展[J].林业科技,2011,36(03):11-15.
- [26] 朱海燕,韩晓丽.赤霉素对解除葡萄休眠的影响[J].安徽农业科学,2023,51(14):48-50.
- [27] 沐杨.外源赤霉素处理延长香蕉贮藏期[J].中国果业信息,2023,40(07):50.
- [28] Chen P,Zhang H,Zheng P. Direct biodegradation of eugenol to coniferyl aldehyde and other higher value-added products by *Gibberella fujikuroi* ZH-34[J]. Electronic Journal of Biotechnology,2019,38.
- [29] 王瑛泽,曹智,高玉红等.赤霉素和磷肥配合施用对胡麻光合酶活性及其产量形成的影响[J].干旱地区农业研究,2023,41(04):71-82.
- [30] Hong-Xiu H,Ran-Ran G,Zhao-Hui G, et al. Microbial transformation of pseudoprotodioscin by *Gibberella fujikuroi*. [J]. Journal of Asian natural products research,2018,20(7).
- [31] 温玥.外施赤霉素和多效唑对油茶花芽形成和果实品质的影响[D].北京林业大学,2019.