

植物生长调节剂在特色经济作物上的应用研究进展

刘奕含

鹿邑县农业农村局 河南 周口 477200

摘要: 特色经济作物因其高附加值和对区域经济发展的重要支撑作用而备受关注。然而,其生产常面临产量不稳定、品质参差不齐、采后损耗高等瓶颈问题。植物生长调节剂(Plant Growth Regulators, PGRs)作为一类微量、高效的信号分子,在调控植物生长发育、改善产品品质及增强抗逆性方面展现出巨大潜力。本文系统综述了近年来 PGRs 在果树(以葡萄、柑橘为例)、蔬菜(以番茄、黄瓜为例)、观赏植物(以月季、菊花为例)及药用植物(以人参、三七为例)等主要特色经济作物上的应用研究进展。重点阐述了 PGRs 在促进生根、保花保果、调控果实发育与成熟、改善品质、延缓衰老及提高次生代谢产物含量等方面的具体作用机制与应用效果。同时,本文深入探讨了当前 PGRs 应用中存在的残留风险、环境影响、使用技术不规范及公众认知偏差等挑战,并对未来精准化、智能化、绿色化的发展方向进行了展望,旨在为特色经济作物的优质、高效、安全生产提供理论依据和技术参考。

关键词: 植物生长调节剂; 特色经济作物; 次生代谢产物; 应用技术

引言

农业改革与消费者需求升级,推动特色经济作物产业成为乡村振兴和农业现代化的重要引擎。特色经济作物包括优质水果、名优蔬菜等,对农民增收、地方财政及满足人民美好生活需要意义重大。但特色经济作物生产体系复杂脆弱,易受不良气候、病虫害等因素影响,制约产业效益提升,精准高效调控作物生长发育的技术手段亟待寻求。植物生长调节剂(PGRs)能显著影响植物生理生化过程,自发现以来在农业生产中不可或缺。近年来,随着前沿技术发展,PGRs 应用研究呈精细化等趋势,如优化葡萄无核化处理、延长切花保鲜期、诱导药用植物有效成分合成等^[1]。不过,PGRs 安全性问题受关注,不当使用会致农产品残留超标等。因此,科学合理利用 PGRs 是特色经济作物产业发展亟待解决的核心问题。本文梳理其应用成果,剖析机制效果,评估挑战风险,提出发展建议,为相关人员提供参考。

1 PGRs 在果树上的应用研究进展

果树是特色经济作物的重要组成部分,其果实品质(包括外观、风味、营养和贮藏性)直接决定了市场价值。PGRs 在果树上的应用贯穿于整个生命周期,从苗木繁育到采后处理,均发挥着关键作用。

1.1 葡萄

葡萄作为全球广泛栽培的重要浆果类果树,无核化和优质化是其产业核心目标。在无核化处理上,PGRs 应用最具代表性,传统用“GA3 + 链霉素”或“GA3 +

CPPU”组合,盛花前 10 - 14 天用低浓度 GA3 抑制花粉管伸长形成无籽果实,盛花后 10 - 15 天用高浓度 GA3 并辅以 CPPU 促进幼果细胞分裂膨大,CPPU 能加速细胞分裂进程。果实膨大与品质调控方面,单独用 GA3 或与其他 PGRs 复配可用于有核葡萄膨大,采前喷施 ABA 可提升有色葡萄着色度和糖酸比,采后用 1 - MCP 处理能延长货架期。不过,无核化处理对浓度等敏感,操作不当有诸多问题,当前研究正聚焦开发更安全高效的新型 PGRs 复配方案,探索利用纳米载体技术实现其缓释和靶向输送,以提高利用效率、降低用量。

1.2 柑橘

柑橘类果树有大小年结果现象,部分品种还有果皮粗糙、浮皮等问题。在保花保果与疏花疏果上,生理落果期喷施低浓度 2,4 - D 或 NAA 可减少落果、提高坐果率;花量过大时,盛花期喷施较高浓度 NAA 或乙烯利能化学疏花疏果,节省成本、改善果实品质^[2]。调控果实成熟与采后保鲜方面,晚熟品种采前喷 2,4 - D 可防冻害和落果,采后用 2,4 - D 或 IAA 浸果能防腐保鲜,1 - MCP 处理可延缓果皮老化和水分流失。针对沙田柚等粗皮大果问题,幼果期喷施多效唑可抑制赤霉素合成,控制果皮厚度,让果实更紧实美观。

2 PGRs 在蔬菜上的应用研究进展

蔬菜作为重要的经济作物,其商品性和货架期是决定经济效益的关键。PGRs 在调控蔬菜生长、提高产量和延长保鲜方面应用广泛。

2.1 番茄

番茄作为全球重要果菜,其坐果、膨大和成熟过程受 PGRs 深度调控。在设施栽培里,因缺乏自然授粉媒介或低温寡照,番茄常坐果不良,此时用防落素(PCPA)或 2,4-D 点花是常规保果手段,它们模拟生长素刺激子房膨大,形成无籽或少籽果实。近年研究发现,PCPA 与硼肥、钙肥复配,既能提高坐果率,又能预防脐腐病等生理性病害。乙烯是番茄果实成熟的“开关”,转色期用乙烯利处理可促均匀成熟、便于集中采收;长途运输的番茄采后用 1-MCP 处理,能延缓果实软化等,延长货架期数天至一周以上。此外,采前喷施水杨酸(SA)可激活番茄抗氧化系统,提高其耐贮性。

2.2 黄瓜

黄瓜作为典型的单性结实蔬菜,瓜条顺直度与刺瘤性状对其商品性影响显著。在低温弱光环境下,黄瓜雄花比例上升,影响坐果,此时喷施 GA3 或 CPPU,能有效诱导雌花分化,促使子房不经授粉受精直接发育成商品瓜,实现单性结实,保障产量稳定。而黄瓜出现的弯曲瓜、大肚瓜等问题,多因营养失衡或授粉不均所致。在瓜条快速生长期,叶面喷施芸苔素内酯(BR),可调节植株体内养分分配,促进细胞纵向伸长,降低弯瓜率,让瓜条更顺直。此外,BR 还能增强黄瓜植株抗逆性,减轻高温、盐碱等胁迫对产量和品质造成的不良影响。

3 PGRs 在观赏植物上的应用研究进展

观赏植物的价值核心在于其美学形态和观赏持久性,PGRs 在调控株型、花期和延长瓶插寿命方面具有不可替代的作用。

3.1 月季

月季被誉为“花中皇后”,其切花品质与瓶插寿命备受产业关注。在盆栽月季生产时,为塑造紧凑丰满的株型,常采用多效唑或矮壮素(CCC)灌根或喷施,这些生长延缓剂能抑制赤霉素合成,控制节间伸长,让植株矮化且分枝增多。月季切花的保鲜是采后处理重点,其主要衰老表现为花瓣萎蔫、脱落和蓝变。研究表明,采后用含 STS(硫代硫酸银)或 1-MCP 的保鲜液处理,是有效的保鲜方式,STS 与乙烯受体不可逆结合使其失活,1-MCP 则是更环保安全的乙烯作用抑制剂^[3]。此外,在保鲜液中添加蔗糖作为能量来源,以及杀菌剂如 8-HQC,与 PGRs 协同作用,能进一步延长月季切花的瓶插寿命。

3.2 菊花

菊花作为重要的秋季切花与盆花,花期调控是其周年供应市场的关键技术。菊花是典型的短日照植物,自然条件下花芽分化需昼短夜长环境,为实现反季节栽培,生产上常用遮光处理创造短日照条件,再配合 PGRs 微调花期、改善花质。如在花芽分化初期喷施 GA3,能打破短日诱导后的休眠,提前开花;现蕾期用多效唑,可抑制花茎徒长,让花梗粗壮、花朵硕大。此外,菊花瓶插时下部叶片黄化影响观赏,采后用细胞分裂素(如 6-BA)处理,能有效延缓叶片叶绿素降解,保持叶片鲜绿,提升菊花整体观赏价值,满足市场对高品质菊花的需求。

4 PGRs 在药用植物上的应用研究进展

药用植物的有效成分多为次生代谢产物,其含量和组成直接决定了药材的品质和药效。PGRs 作为重要的信号分子,能够激活次生代谢途径相关基因的表达,从而“定向”提升目标药用成分的积累。

4.1 人参

人参皂苷作为人参的主要活性成分,其合成受不同类型 PGRs 影响。外源施加茉莉酸甲酯(MeJA)是诱导人参皂苷生物合成的有效方法,它作为防御信号分子,能迅速激活参与皂苷合成的关键酶基因表达,显著提升根、茎、叶中总皂苷及特定单体皂苷的含量,水杨酸(SA)也有类似效果。而生长素和赤霉素等促进生长的 PGRs,虽能增加生物量,却会稀释单位干重中的皂苷含量。在人参不定根或愈伤组织的悬浮培养体系里,精确调控培养基中 NAA、KT(激动素)等 PGRs 的比例,可达成生物量增长与皂苷积累的最佳平衡,这为人参皂苷的工厂化生产,获取高含量产品开辟了新途径。

4.2 三七

三七以三七皂苷为主要活性成分,不过其大田栽培周期漫长,通常需 3-7 年,且连作障碍问题突出。为解决这些问题,相关研究取得了一定进展。在缩短栽培周期与提高品质方面,研究发于三七生长旺盛期喷施茉莉酸甲酯(MeJA)或水杨酸(SA),能有效诱导三七皂苷合成。这意味着借助外源信号分子处理,无需延长栽培年限,就有可能提升药材内在品质。而在缓解连作障碍上,连作会使植株生长衰弱、抗病性降低,尝试用芸苔素内酯处理三七幼苗后,发现其能增强植株的抗氧化能力和免疫反应,在一定程度上减轻了连作带来的不良影响,进而间接有利于三七次生代谢产物的稳定积累,为三七的优质高效栽培提供了新思路。

5 PGRs 应用面临的挑战与未来展望

尽管 PGRs 在特色经济作物上的应用取得了显著成效,但其推广和普及仍面临多重挑战。

5.1 主要挑战

(1) 安全风险与残留问题:这是公众最为关切的问题。部分 PGRs (如早期使用的 2,4,5-T) 因毒性问题已被禁用。即使是对人畜低毒的 PGRs,若使用不当(浓度过高、次数过多、临近采收期使用),也可能造成农产品中残留超标,威胁消费者健康。严格的农药最大残留限量(MRLs)标准和日益完善的检测技术,对 PGRs 的安全使用提出了更高要求。(2) 环境影响:PGRs 在土壤和水体中的迁移、转化及对非靶标生物(如蜜蜂、水生生物)的潜在生态风险尚需深入评估。部分 PGRs 的代谢产物可能具有未知的生物活性或毒性^[4]。(3) 使用技术不规范:PGRs 的效果高度依赖于使用浓度、时期、方法及环境条件。许多生产者缺乏专业知识,仅凭经验操作,容易导致药害(如畸形果、落叶、生长停滞)或效果不佳,损害了 PGRs 的整体声誉。(4) 公众认知偏差:“植物激素=动物激素”的错误观念在社会上广泛流传,导致消费者对使用过 PGRs 的农产品产生不必要的恐慌,影响了产业的健康发展。

5.2 未来展望

面对挑战,PGRs 的应用研究正朝着以下方向发展:(1) 精准化与智能化:结合物联网、大数据和人工智能技术,构建基于作物实时生理状态(如激素水平、基因表达谱)和环境参数的智能决策系统,实现 PGRs 的变量、适时、适量施用。例如,利用便携式传感器监测果园冠层微气候,自动触发最优的 PGRs 喷施程序。(2) 绿色化与生物源化:加大对天然来源、易降解、低毒或无毒 PGRs (如油菜素内酯、茉莉酸类、水杨酸类)的研发和推广力度。同时,开发基于微生物(如根际促生菌)的生物刺激素,通过调控植物内源激素平衡来实现类似 PGRs 的效果,更具生态友好性。(3) 作

用机制深度解析:利用 CRISPR/Cas9 等基因编辑技术,深入研究 PGRs 信号通路中的关键节点基因,为设计更高效、更特异的新型 PGRs 或培育对 PGRs 响应更灵敏的作物新品种奠定基础。(4) 标准化与科普教育:建立和完善各类特色经济作物 PGRs 安全使用的技术规程和国家标准。同时,加强面向公众的科学普及工作,澄清误解,引导消费者理性看待 PGRs 在现代农业中的积极作用。

6 结语

植物生长调节剂作为现代农业科技的重要工具,在特色经济作物的优质高效生产中扮演着日益重要的角色。从促进葡萄无核化、保障番茄坐果,到延长月季瓶插寿命、诱导人参皂苷合成,PGRs 的应用已渗透到特色经济作物产业链的各个环节,并取得了丰硕的成果。其核心价值在于能够超越传统栽培措施的局限,对植物的生长发育进行精准、高效的“编程”式调控。然而,机遇与挑战并存。PGRs 的安全性、环境友好性及科学使用规范是其能否被社会广泛接受和持续应用的关键。未来的研究与应用必须坚持“绿色、安全、高效”的原则,一方面要依托科技创新,发展精准、智能、生物源的新型调控技术;另一方面要加强全链条的监管与科普,消除公众疑虑,建立科学合理的使用标准。

参考文献

- [1] 王娟. 植物生长调节剂在作物生产中的应用 [J]. 河北农机,2024,(14):135-137.
- [2] 石雪萍,张海华,邓开英,等. 果蔬中植物生长调节剂应用现状及分析检测方法研究进展 [J]. 食品安全质量检测学报,2025,16(24):209-217.
- [3] 高兴祥,姜兴印,李美,等. 植物生长调节剂的应用现状与建议 [J]. 农药科学与管理,2024,45(09):5-10.
- [4] 张冰雯,牛伟平. 植物生长调节剂在水果生产中的应用现状及前景分析 [J]. 农业技术与装备,2025,(03):178-180.