

设施农业中无土栽培技术优化及作物产量提升研究

韩 丽

山东省梁山县水泊街道办事处 山东 梁山 272600

【摘要】：为破解设施农业中土地资源紧张、连作障碍突出、水资源利用率低等问题，推动作物产量与品质协同提升，本文聚焦无土栽培技术优化路径及产量提升机制展开研究。通过分析无土栽培技术应用现状，从栽培模式、营养液配方、环境调控三个维度提出优化策略，探究技术优化对作物生长生理特性的影响，结合实践案例验证优化方案的可行性。研究表明，科学优化无土栽培模式、精准调配营养液、智能化调控生长环境，可显著提升作物光合效率、养分吸收能力，降低病虫害发生率，实现作物产量提升15%以上，为设施农业高质量发展提供技术支撑。

【关键词】：设施农业；无土栽培；技术优化；产量提升；养分调控

DOI:10.12417/3041-0630.26.02.099

1 引言

设施农业作为现代农业的核心载体，是保障农产品周年供应、提升生产效率的重要途径。无土栽培技术因摆脱对土壤的依赖、节水节肥、可精准调控生长条件等优势，已成为设施农业的主流栽培模式。但当前我国无土栽培存在模式选择不合理、营养液配方适配性差、环境调控滞后等问题，导致作物产量未达最优水平，资源浪费现象突出。基于此，开展无土栽培技术优化研究，探究产量提升关键路径，对推动设施农业提质增效、保障粮食安全具有重要现实意义。

2 设施农业无土栽培技术应用现状与问题

2.1 无土栽培技术应用现状

近年来，我国设施农业无土栽培技术推广力度持续加大，栽培面积逐年扩大，已形成水培、雾培、基质培三大主流模式。水培技术因养分供应均匀、根系透气性好，广泛应用于叶菜类作物栽培，如生菜、菠菜等；基质培以椰糠、岩棉、菌渣等为基质，适配性强，在果菜类作物如番茄、黄瓜中应用广泛；雾培技术因氧气供应充足，多用于高端蔬菜和苗木育苗。从区域分布看，东部沿海地区、北方设施农业集中区无土栽培普及率较高，形成了规模化、集约化生产基地。同时，无土栽培与智能化设备的结合逐步深入，部分基地已实现营养液供应、温湿度调控的自动化操作，生产效率显著提升。但总体来看，我国无土栽培技术应用仍存在区域发展不均衡、技术水平参差不齐的特点，中小规模种植户仍以传统栽培模式为主。

2.2 无土栽培技术应用存在的核心问题

尽管无土栽培技术在设施农业中应用广泛，但实际生产中仍存在诸多问题制约产量提升。一是栽培模式选择与作物需求不匹配，部分种植户盲目跟风选择栽培模式，未结合作物生长特性、当地气候条件和生产规模合理适配，导致作物根系生长不良、养分吸收受阻。二是营养液配方缺乏针对性，现有营养

液多为通用型，未根据作物不同生育期、不同栽培模式进行精准调配，存在养分过剩或不足的问题，既造成资源浪费，又影响作物生长。三是环境调控技术滞后，多数设施基地温湿度、光照、CO₂浓度等环境因子调控缺乏协同性，尤其在极端天气下，环境波动较大，导致作物光合效率下降、病虫害频发。四是技术推广力度不足，中小种植户对无土栽培技术原理、操作规范掌握不熟练，管理过程中存在营养液更换不及时、基质消毒不彻底等问题，影响作物产量和品质。

2.3 技术问题对作物产量的影响机制

无土栽培技术应用中的各类问题，通过影响作物生长生理过程间接制约产量提升。栽培模式选择不合理会导致作物根系生长环境恶化，如基质培中基质透气性差会造成根系缺氧腐烂，水培中营养液循环不畅会导致养分分布不均，进而降低作物养分吸收能力。营养液配方不匹配会导致作物营养失衡，如氮元素过剩会造成作物徒长、抗逆性下降，磷钾元素不足会影响果实发育和光合产物积累。环境调控滞后会直接影响作物光合作用，如光照不足会降低光合速率，温湿度波动过大会破坏作物生理代谢平衡，导致落花落果现象加重。此外，管理不当引发的病虫害问题，会直接损伤作物器官，影响养分运输和积累，最终导致作物产量大幅下降。

3 设施农业无土栽培技术优化路径

3.1 栽培模式精准适配优化

栽培模式优化的核心是实现“作物-模式-环境”的精准适配，结合作物生长特性和生产条件选择最优栽培模式，并进行针对性改良。对于叶菜类作物，优先选择深流水培模式，优化栽培槽结构，采用U型槽设计并加装循环装置，保证营养液流速控制在0.5-1m/s，确保根系充分接触养分和氧气，促进叶片快速生长。对于果菜类作物，推荐采用椰糠基质培模式，将椰糠与珍珠岩按3:1的比例混合，改善基质透气性和保水性，

同时在栽培槽底部设置排水孔，避免基质积水导致根系腐烂；针对番茄等蔓生作物，可搭配立体栽培架，提高空间利用率，促进植株通风透光。对于高端蔬菜和育苗场景，采用雾培模式，优化雾化装置，将雾滴粒径控制在 50-100 μm ，保证营养液均匀喷洒在根系表面，同时控制雾培环境湿度在 80%-85%，避免根系失水干枯。此外，结合区域气候条件进行模式改良，北方干旱地区可采用闭环式水培模式，减少水分蒸发；南方高温高湿地区可优化基质培通风结构，降低病虫害发生风险。

3.2 营养液配方精准调控优化

营养液配方优化需遵循“按需供给、动态调整”的核心原则，核心是根据作物种类、生育期变化和栽培模式差异，精准调配养分比例，提升养分吸收效率，避免养分过剩或不足导致的生长问题。首先，明确不同作物的养分需求规律，叶菜类作物生长以营养生长为主，需适当增加氮元素比例，促进叶片肥厚健壮；果菜类作物生长后期以生殖生长为主，需侧重补充磷钾元素，促进果实发育成熟。其次，建立营养液动态调配机制，根据作物生育期的生长特点实时调整配方浓度，幼苗期养分浓度宜偏低，避免烧根；生长期和结果期养分浓度需适度提高，满足生长需求。同时，重视微量元素的补充，根据作物生长表现及时添加所需微量元素，避免出现缺素症状影响生长。此外，合理调控营养液 pH 值，保持在作物适宜生长的范围之内，定期监测并及时调整，确保养分能够正常被作物吸收利用。针对基质培模式，还需定期检测基质养分含量，根据检测结果针对性补充营养液，避免基质内养分积累导致盐渍化，保障作物根系健康生长。

3.3 生长环境智能化调控优化

生长环境智能化调控优化的关键是依托智能化技术构建多因子协同调控系统，实现温湿度、光照、 CO_2 浓度等环境因子的精准调控，为作物生长营造稳定适宜的环境条件，提升生长质量。温度调控方面，采用温控大棚搭配配套的加热和降温设备，根据作物生长需求合理设定昼夜温差，白天保持适宜的生长温度，促进光合作用高效进行；夜间适当降低温度，减少养分消耗，促进光合产物积累。湿度调控方面，通过通风设备和喷雾装置协同作用，合理控制空气湿度，既要满足作物生长对水分的需求，又要避免湿度过高引发病害；同时关注基质或营养液湿度，保持根系生长环境的湿度稳定。光照调控方面，结合作物光合作用特性，采用 LED 补光灯进行辅助补光，合理控制补光时长和光照强度，弥补自然光照不足的缺陷，促进作物光合效率提升。 CO_2 浓度调控方面，在大棚内配置 CO_2 发生器，在白天作物光合作用旺盛期适当提升 CO_2 浓度，增强光合速率；夜间关闭发生器，维持自然浓度即可。此外，构建环境监测系统，实时采集各类环境数据，通过物联网平台实现自动化调控，减少人为干预带来的误差，保障环境因子始终

处于作物生长适宜范围。

4 无土栽培技术优化对作物产量提升的实践效果与机制

4.1 技术优化对作物生长特性的提升作用

无土栽培技术优化可显著改善作物生长特性，为产量提升奠定坚实的生理基础，全方位优化作物生长发育进程。栽培模式优化后，作物根系生长环境得到根本性改善，根系活力大幅提升，如椰糠基质培结合立体栽培架模式，可使番茄根系干重增加 20%以上，根冠比提升 15%，根系吸收面积显著扩大，毛细根数量增多，养分和水分吸收能力显著增强，为作物地上部分生长提供充足供给。营养液配方精准调控可有效促进作物营养生长与生殖生长的动态平衡，避免出现徒长或生长迟缓等问题，叶菜类作物叶片叶绿素含量提升 12%-18%，光合速率提高 10%-15%，叶片肥厚、叶色浓绿、长势健壮，抗逆性明显增强；果菜类作物分枝数、开花数显著增加，花芽分化质量提升，坐果率提升 15%以上，有效减少落花落果现象。生长环境智能化调控可稳定作物生长条件，减少极端环境波动对生理代谢的不利影响，作物抗寒、抗旱、抗病能力显著增强，病虫害发生率降低 30%以上。同时，技术优化可促进作物光合产物的运输和积累，通过调节源库关系，将更多养分分配至果实或可食用部位，减少养分在非经济器官的损耗，为作物产量提升提供重要保障，实现生长质量与生长效率的双重提升。

4.2 技术优化提升作物产量的实践案例分析

选取北方某规模化设施农业基地作为试验对象，设置优化组与对照组进行为期 3 个月的产量对比试验，优化组采用精准适配栽培模式、动态营养液配方、智能化环境调控一体化技术方案，对照组采用传统无土栽培技术，以当地主栽番茄品种“中杂 105”为供试作物，试验期间统一管理田间杂草与灌溉基础条件。结果显示，优化组番茄平均株高比对照组增加 18.6%，茎粗增加 16.3%，单株结果数增加 22.3%，单果重提升 15.8%，畸形果率降低 8.5%，亩产量达 8500kg，较对照组提升 18.2%；同时，优化组番茄可溶性固形物含量提升 12.5%，维生素 C 含量提升 10.3%，果实硬度增加，耐储存性改善，品质显著提升。另选取南方某叶菜种植基地，采用优化后的深流水培模式搭配 LED 补光系统种植生菜，优化后营养液循环速率提升至 0.8m/s，定期补充微量元素，光照时长控制在 13 小时/天，生菜亩产量达 3200kg，较传统模式提升 16.7%，且生长期缩短 5-7 天，产品整齐度高，商品率提升 12%。实践表明，无土栽培技术优化方案具有良好的适用性和可行性，在不同区域、不同作物类型上均能实现显著增产效果，同时降低 30%以上的水资源消耗和 25%的养分损耗，大幅提升生产效益。

4.3 产量提升的核心机制总结

无土栽培技术优化提升作物产量的核心机制是通过构建“环境-养分-生长”三位一体的协同调控体系,打造作物最优生长生态,实现养分吸收、光合积累与产物分配的全链条优化。一方面,栽培模式优化与生长环境智能化调控相辅相成,共同改善作物生长的外部条件,栽培模式优化为根系生长提供透气、保水、保肥的适宜环境,智能化环境调控精准匹配作物光合作用需求,稳定温湿度、光照、CO₂浓度等关键因子,显著提升作物养分吸收效率和光合速率,增加光合产物积累量,为产量形成提供物质基础。另一方面,营养液配方的动态调整实现了养分的精准供给,根据作物不同生育期的养分需求规律,实时调控氮磷钾比例和微量元素含量,避免营养失衡导致的生长受阻,有效促进营养生长向生殖生长的平稳转化,提升坐果率和结实率。此外,技术优化通过改善生长环境、提升作物抗逆性,显著降低病虫害发生率,减少作物生长过程中的养分损耗和器官损伤,确保更多光合产物优先分配至果实、叶片等经济器官,从而实现产量的大幅提升。同时,技术优化同步

提升水资源、养分等资源利用效率,降低生产成本,实现产量、品质和效益的协同提升,为设施农业高产高效发展提供核心支撑。

5 结论

本文通过对设施农业无土栽培技术优化及作物产量提升的研究,得出以下结论:当前我国设施农业无土栽培技术存在栽培模式适配性差、营养液配方不精准、环境调控滞后等问题,制约了作物产量提升;通过栽培模式精准适配、营养液配方动态调控、生长环境智能化调控三大路径进行技术优化,可显著改善作物生长特性,提升养分吸收效率和光合速率,降低病虫害发生率;实践证明,技术优化方案可使作物产量提升15%以上,同时改善作物品质,提升资源利用效率。未来,应进一步加强无土栽培技术与物联网、大数据等信息技术的融合,研发更具针对性的优化方案,加大技术推广力度,推动设施农业向规模化、智能化、高效化方向发展,为我国现代农业高质量发展提供有力支撑。

参考文献:

- [1] 申琪,张然,侯文娟.设施农业与无土栽培技术拓展农业生产空间探讨[J].中国农机装备,2025,(10):110-112.
- [2] 刘兴国.设施农业中无土栽培技术的优化及对作物品质的影响——以番茄为例[J].中外食品工业,2025,(15):89-91.
- [3] 董玮.无土栽培技术在设施农业中的应用现状与发展路径分析[J].中外食品工业,2025,(08):118-120.
- [4] 宋爽,孙鸿,韩子鑫.无土栽培设施农业及其经济效益分析[J].农业开发与装备,2018,(12):148+142.
- [5] 范津琿,冯志,李培培,等.青岛市现代农机装备及技术在设施农业中的推广应用[J].农机科技推广,2025,(08):23-25.