

Application Effect Evaluation of Integrated Water and Fertilizer Technology under High-yield Cultivation Mode of Dense Corn Planting

Fu Han Yong Du Yan Xiang Zhiyuan Li Guangming He

Sishui County Sizhang Town Agricultural and Rural Comprehensive Service Center, Sishui, Shandong, 273200, China

Abstract

High-yield corn cultivation through dense planting can increase yield per unit area, but the high density intensifies water and nutrient competition among plant populations, making traditional irrigation and fertilization methods inadequate for precision management. Integrated water and fertilizer management technology achieves directional water and nutrient supply with time-specific regulation through coordinated irrigation and fertilization, demonstrating strong adaptability in dense corn production. This study analyzes the technology's effects on root development, population structure optimization, dry matter accumulation, resource utilization efficiency, and yield formation, while evaluating its economic benefits, ecological impacts, and implementation constraints. The research concludes that integrated water and fertilizer management effectively mitigates competition under dense planting conditions and addresses post-harvest nutrient depletion and water loss issues, playing a crucial role in achieving high yields, stable production, cost efficiency, and sustainable practices. However, its widespread adoption requires localized adaptation and enhanced management protocols with integrated technical solutions.

Keywords

corn; dense planting and high yield; integrated water and fertilizer management; application effects; resource utilization efficiency; cultivation techniques

玉米密植高产栽培模式下水肥一体化技术的应用效果评价

韩福 杜勇 相岩 李志远 贺广明

泗水县泗张镇农业农村综合服务中心, 中国·山东 泗水 273200

摘要

玉米密植高产栽培可提升单位面积产量,但高密度导致群体间水分和养分竞争加剧,传统灌溉施肥方式难以满足精准调控需求。水肥一体化技术通过灌溉与施肥协同,实现水分与养分的定向供给和分时调控,在密植玉米生产中适应性强。文章分析该技术对根系发育、群体结构优化、干物质积累、资源利用效率及产量形成的作用,并评估其经济效益、生态效益及推广制约。研究认为,水肥一体化技术可有效缓解密植条件下的竞争和后期脱肥失水问题,对实现高产、稳产、节本和绿色生产具有重要意义,但推广需因地制宜并完善配套管理与技术集成。

关键词

玉米; 密植高产; 水肥一体化; 应用效果; 资源利用效率; 栽培技术

1 引言

玉米是我国重要的粮食、饲料和工业原料作物,其产量水平直接关系农业供给安全与种植效益。近年来,随着高产创建和单产提升行动不断推进,密植高产逐渐成为玉米栽培的重要技术方向。通过提高合理种植密度,可以增强群体光能截获能力,提升单位面积有效穗数和总生物量,但同时也带来株间竞争加剧、根际资源消耗加快和后期水肥供给压力增大的问题。尤其在传统施肥灌溉模式下,玉米易出现前

期肥水集中、后期供应不足的现象,制约群体生产潜力的充分发挥。水肥一体化技术通过灌溉系统将养分随水精准输送到作物根区,能够提升肥水供给的时效性与匹配度,为密植玉米群体提供更加稳定的生长条件。研究其在密植高产栽培中的应用效果,不仅有利于提高玉米单产,也对推动农业节水减肥和绿色增效具有现实价值。

2 玉米密植高产栽培模式与水肥一体化技术的适配基础

2.1 玉米密植高产栽培模式的主要特征

玉米密植高产栽培是在品种耐密性提高、田间管理水平提升和机械化作业条件改善的基础上形成的一种高效生

【作者简介】韩福(1984-),男,中国山东泗水人,本科,助理农艺师,从事农学研究。

产模式。该模式通过增加单位面积种植株数,提升群体叶面积指数和光能利用潜力,从而为高产形成奠定群体基础。与常规密度相比,密植栽培更加重视群体调控而不是单株扩张,其关键在于协调个体与群体关系,使群体在苗期建成、拔节生长、抽雄吐丝和灌浆成熟等各阶段保持合理结构。密植条件下,植株间通风透光和根区资源竞争更为敏感,一旦肥水调控不当,就容易出现下部叶片早衰、雌雄发育不同步、空秆增多和籽粒灌浆不足等问题。{1}因此,密植高产并非简单增加株数,而是建立在精准管理和综合调控基础上的群体生产方式。

2.2 水肥一体化技术的基本内涵与功能优势

水肥一体化是将灌溉系统与施肥过程有机结合的一项现代农业技术,其核心在于按照作物需水需肥规律,将可溶性肥料随灌溉水定量、定时、定向输送至作物根际区域,实现水分和养分同步供应。与传统漫灌加基施、追施方式相比,该技术在供给精度、利用效率和调控灵活性方面具有明显优势。它能够根据作物不同生育阶段的生长需求进行分次供应,避免前期投入过量、后期脱肥脱水的问题,同时减少深层渗漏和地表径流造成的资源损失。对于玉米这类需肥需水量较大、不同阶段需求差异明显的作物而言,水肥一体化能够提供更加符合生理节律的供给模式,从而增强肥水利用效率和生长稳定性。

2.3 密植玉米对精准水肥管理的现实需求

在密植高产模式下,玉米单位面积生物量显著增加,叶片蒸腾和根系吸收能力增强,群体对土壤水分和养分的消耗速度明显快于常规种植条件。若沿用传统粗放管理方式,往往会出现前期植株生长旺盛而中后期肥水接续不足的问题,导致群体后劲不足、穗粒数下降和粒重受损。与此同时,密植群体株体紧凑、根系分布交叠,一旦局部肥水供给不均,个体间生长差异便会被迅速放大,影响整齐度和成穗稳定性。由此可见,密植玉米更需要建立以精准、分段、协同为特征的肥水管理机制。水肥一体化在时间、空间和数量上都能更好满足这一需求,因此二者具有较强的技术适配关系。

3 水肥一体化技术对玉米密植群体生长的影响

3.1 促进根系发育并增强植株吸收能力

根系是玉米吸收水分和养分的重要器官,其发育状况直接决定群体生产潜力。在密植条件下,根系竞争增强,若土壤局部肥水集中或供给不稳定,容易造成根系分布浅表化和吸收能力下降。{2}水肥一体化通过把肥水精准输送到根系活跃层,能够改善根际环境,促进根系数量增加和活力维持。分阶段供给的方式也有助于根系在不同生育期持续保持较高功能状态,避免因前期肥水过剩导致后期根系早衰。根系吸收能力增强后,玉米对氮、磷、钾及微量元素的获取更为稳定,水分供给也更贴合作物蒸腾和光合作用需求,这为群体均衡生长提供了可靠基础。

3.2 改善群体结构并提高光合生产能力

密植高产玉米能否实现稳产,关键在于群体结构是否合理。水肥一体化条件下,植株获得的肥水供给更加均衡,生长势差异相对减小,株高、茎粗和叶片展开程度更趋协调,有利于形成较为整齐的高质量群体。均衡生长能够降低无效竞争,使群体上中下层叶片受光状态更合理,延缓中下部叶片过早衰老。在抽雄吐丝至灌浆阶段,这种优势尤为明显。群体叶功能期延长后,光合产物积累更为充足,干物质向穗部转运能力增强。对于密植玉米而言,单株生产能力虽相对受到限制,但群体光合能力的增强能够弥补个体不足,从而提升整体产出水平。水肥一体化在改善群体整齐度和延长叶片功能期方面的作用,正是其支撑密植高产的重要原因。

3.3 协调营养生长与生殖生长的动态关系

玉米高产形成依赖营养生长和生殖生长的合理衔接。若苗期和拔节期肥水供应过多,植株容易徒长,形成茎秆脆弱、穗位偏高和倒伏风险增加的问题;若抽雄吐丝和灌浆阶段供给不足,又会影响雌穗分化、授粉结实和粒重形成。水肥一体化技术能够依据生育进程对肥水进行动态调整,使玉米在前期稳健生长、中期形成适宜营养体、后期维持穗部灌浆能力。这样的调控方式有助于提高吐丝整齐度,减少花粒和秃尖现象,同时增强籽粒充实度。对密植群体而言,这种生长重心的合理转移尤为关键,因为高密度种植条件下任何生长失衡都会被放大,最终影响产量稳定实现。

4 水肥一体化技术对玉米产量及资源利用效率的应用效果

4.1 对产量构成因素的提升作用

玉米产量由单位面积穗数、穗粒数和粒重共同决定。密植条件下,单位面积穗数通常具备一定基础,但若肥水供应不能与群体需求相匹配,穗粒数和粒重往往成为限制高产的主要因素。{3}水肥一体化通过改善中后期肥水供应,能够提高雌穗分化质量和授粉受精稳定性,使穗粒数得到较好保障。同时,灌浆期持续而适量的肥水供给可增强叶片功能和籽粒灌浆强度,促进粒重提升。更重要的是,该技术有助于降低空秆率和小穗率,增强群体有效穗形成能力。由此可见,水肥一体化并非只在某一单项构成因素上发挥作用,而是通过改善整体生长环境推动穗数、粒数和粒重之间的协调提升。

4.2 对水分利用效率和肥料利用率的改善效果

传统玉米施肥灌溉往往存在施肥时机与作物需肥节律脱节、灌水量过大和养分流失严重等问题,导致资源利用率偏低。水肥一体化通过少量多次、按需供给的方式显著增强了肥水投入与作物吸收之间的匹配性。水分方面,灌溉更接近根区需求,减少无效蒸发和深层渗漏;肥料方面,养分随水进入活跃根层,降低表层挥发和淋失风险,提高作物吸收比例。对于密植玉米群体而言,资源利用效率的提升不仅意

味着节水节肥,更意味着单位资源能够转化为更多的干物质和经济产量。尤其在水资源相对紧张或化肥减量要求较高的区域,水肥一体化的应用价值更加突出。

4.3 对稳产性和抗逆性的积极影响

玉米生产常受到阶段性干旱、高温、土壤板结和营养失衡等不利因素影响。密植群体因个体间竞争较强,对环境波动更为敏感,一旦遭遇逆境,减产风险往往更高。水肥一体化通过改善根际环境和保障关键时期肥水供给,有助于增强植株抗逆能力。抽雄吐丝期若遇高温干旱,及时供水可减轻花丝干缩和授粉障碍;灌浆阶段若土壤肥力不足,分次追肥可维持叶片功能,延缓衰老。稳定的肥水供给还能够提升茎秆充实度和根系活力,在一定程度上增强抗倒伏能力。因此,从生产实际看,水肥一体化不仅提升高产潜力,也对减轻逆境影响、提高产量实现率具有积极作用。

5 水肥一体化技术应用中的综合评价与推广思考

5.1 经济效益评价:增产与节本并重

水肥一体化技术在玉米密植高产模式中的经济价值主要体现在增产与节本的双重效应上。精准供给能够改善作物群体生长势和籽粒形成条件,使高密度栽培下的玉米产量保持相对稳定的提升。同时,通过科学控制水肥输入量,不仅降低了灌溉和施肥成本,还减少了人工操作需求,有效降低单位面积生产成本。{4}在劳动力成本持续上升的背景下,滴灌和喷灌系统的应用能够提升作业效率和管理精度,从而优化生产投入结构。尽管前期设备安装及维护涉及一定资金支出,但从长期角度考虑,设备使用寿命、适用耕地面积以及持续节本增产效应均能够弥补初期投资压力。在具备规模化经营和基础设施条件的区域,水肥一体化不仅带来直接的经济回报,也为高效农业发展提供可持续支撑。经济效益的评估应超越单季投入产出,充分考虑技术长期应用价值和区域适用性。

5.2 生态效益评价:节水减肥与绿色生产协同

在生态环境维度上,水肥一体化技术能够显著降低农业生产对环境的不利影响。传统灌溉与施肥方式容易导致水肥过量,造成氮素淋失、养分径流以及土壤次生盐渍化等问题,加重环境负担。通过精准控制水肥供给位置和量,技术提升了资源利用效率,减少了浪费和潜在污染。对于推动化肥减量增效、节水农业建设以及面源污染防控具有重要现实意义。密植玉米模式对水肥需求高,若仍采用粗放管理方式,将加剧资源压力和环境风险,而水肥一体化为高产与绿色发展提供了兼顾的解决路径。技术在提升作物生产效率的同

时,也体现了现代农业生态治理的理念,为实现可持续高产提供了科学依据。生态效益的实现不仅依赖技术本身,还需与田间管理、品种选择及栽培模式形成系统配套。

5.3 推广中的制约因素与优化方向

水肥一体化在实际推广过程中仍面临诸多挑战。部分地区耕地零散、经营规模较小,使统一铺设和集中管理难以实施;部分农户对灌溉设备操作、肥料溶解比例及分阶段施肥管理掌握不足,制约了技术效能的充分发挥;还有部分区域水源条件、土壤类型和基础设施状况不完全适合直接应用现有模式。因此,推广应坚持因地制宜,根据具体地块选择合适的灌溉方式和施肥方案,并结合密植模式进行科学调整。同时,应加强技术培训和示范引导,建立完善的服务体系,实现设备、品种、密度、水肥方案与田间管理的有机衔接。通过构建完整技术链条和管理机制,水肥一体化才能真正转化为玉米高产稳产的持续动力,并为农业现代化提供可靠支撑。

6 结语

在玉米密植高产栽培模式下,水肥一体化技术能够围绕作物需水需肥规律实施精准调控,对根系发育、群体建成、干物质积累和产量形成均产生积极影响。其应用效果不仅体现在提升穗粒结构和籽粒充实度上,也体现在增强肥水利用效率、降低资源浪费和提高抗逆稳产能力等方面。{5}相较于传统管理方式,水肥一体化更加契合密植玉米对精准供给和分阶段调控的现实需求,是推动玉米生产由粗放投入向高效绿色转型的重要技术路径。当然,该技术并非孤立发挥作用,还需要与耐密品种选择、合理密植、机械化作业和田间综合管理形成系统集成。未来应进一步强化区域化应用研究和配套模式优化,不断提升水肥一体化在玉米高产创建中的适应性 with 推广价值,为粮食生产提质增效提供更有力的技术支撑。

参考文献

- [1] 张春雷,苑书恒,于代全,等.吉林省西部半干旱区玉米密植高产水肥一体化生产技术效应研究[J].农业与技术,2026,46(03):45-50.
- [2] 孔德强,邢静,于海梅.玉米宽窄行密植水肥一体化栽培技术[J].农业工程技术,2024,44(14):52-53.
- [3] 耿卫东,张冬梅.滴灌玉米水肥一体化高产栽培技术[J].新疆农垦科技,2024,47(04):5-8.
- [4] 张亮,李广印.榆树市玉米水肥一体化高产栽培技术要点[J].特种经济动植物,2025,28(11):158-160.
- [5] 王凤国.建昌县玉米水肥一体化高产栽培技术[J].种子科技,2025,43(08):74-76.