

密植与施肥互作对玉米产量及农艺性状的影响

高 磊 洪 竹 李 健 李 颖*

巴彦淖尔市现代农牧事业发展中心 内蒙古 巴彦淖尔 015000

摘 要：玉米密植与施肥互作是现代农业玉米绿色增产的核心技术路径，通过科学调控种植密度与肥料配比，可实现光热资源高效利用与养分精准供给的协同效应。该互作模式显著调控玉米产量构成关键要素，深刻影响株高、茎秆、叶片及抗逆性等核心农艺性状，通过调控光合效率、养分吸收、群体结构与生长发育进程形成协同增效机制，对挖掘玉米产量潜力、推动农业可持续生产具有重要实践价值。

关键词：玉米；密植与施肥互作；产量形成；农艺性状

引言：玉米是我国种植范围最广、总产量最高的粮食作物，其高产稳产对保障我国粮食安全具有不可替代的作用。增密种植是挖掘玉米单位面积产量潜力的核心举措，科学施肥则是缓解密植群体资源竞争、调控作物生长发育的关键手段。当前农业生产中密植与施肥配比失衡，常导致植株抗逆性下降、产量潜力无法充分释放，亟须厘清二者互作的调控效应与内在机制，为玉米高产高效栽培提供科学支撑。

1 玉米密植与施肥互作的重要性

玉米密植与施肥互作是优化群体结构与提升资源利用效率的关键途径。合理密植可提高单位面积株数，增强群体光截获能力，但需配合精准施肥以维持养分平衡；适量施肥通过调节氮、磷、钾配比，促进光合效率提升与养分吸收动力学优化。二者协同可缓解高密度种植下的竞争压力，避免倒伏、早衰等风险，同时提升茎秆机械强度与叶片保绿性，此类互作机制研究，为玉米高产稳产提供科学支撑，助力光能、养分资源高效利用，契合现代农业可持续发展需求，具有重要实践价值与理论意义^[1]。

2 密植与施肥互作对玉米产量的影响

2.1 密植与施肥互作对玉米千粒重的影响

密植与施肥互作对玉米千粒重的影响体现为多因素协同调控的生理过程。适度密植可优化群体空间结构，提升光能捕获效率，促进光合产物向籽粒分配；合理施肥则通过调节氮、磷、钾等养分供应比例，保障籽粒发育所需营养平衡。二者交互作用时，高密度种植需配套精准施肥方案，避免养分竞争导致籽粒灌浆受阻；低密度下过量施肥可能引发营养生长过剩，抑制生殖生长，导致千粒重降低。研究证实，适宜密植与施肥组合可激

活玉米籽粒淀粉合成相关酶活性，增强籽粒充实度；同时通过调控根系分布模式，优化水分与养分吸收效率，间接促进千粒重提升。动态监测不同生育期密植与施肥的互作效应，可为田间管理提供科学依据，实现玉米千粒重的稳定增长与产量优化。

2.2 密植与施肥互作对玉米穗粒数的影响

密植与施肥互作通过调控生殖器官发育与养分分配动态影响玉米穗粒数。高密度种植优化群体穗位分布，提升单位面积穗数潜力，但需配合精准施肥维持单穗发育平衡；适量氮肥激活花药发育相关酶活性，促进雌穗小花分化与胚乳细胞增殖，磷钾肥则通过调节蔗糖转运蛋白活性与脱落酸/生长素比例，优化籽粒灌浆效率。密植梯度与施肥量存在非线性关系，过度密植易引发穗部养分供应不足，导致小花退化率上升；施肥失衡则可能引发碳氮代谢紊乱，抑制籽粒胚乳发育。此类互作机制研究，可揭示穗粒数形成的生理阈值与调控节点，为玉米穗粒数精准调控提供分子与生理层面的科学依据，助力产量潜力高效释放^[2]。

2.3 密植与施肥互作对玉米有效穗数的影响

密植与施肥互作通过调控玉米群体结构与养分分配，直接影响有效穗数形成。密植增加群体规模，但高密度下植株间竞争加剧，可能导致部分植株因养分、光照不足而无法正常结穗，降低有效穗数；合理施肥可补充关键养分，缓解竞争压力，支撑更多植株完成穗部发育，提升有效穗数。二者协同需平衡群体密度与养分供给——高密度种植时，充足施肥能维持有效穗数稳定；低密度时，适度增密配合精准施肥可激发群体增产潜力；有效穗数变化受密植程度与施肥量双重影响，需结合土壤肥力、品种特性及气候条件综合调控。通过优

化密植与施肥配比,既能避免高密度导致的养分竞争过度,又能防止低密度下的资源浪费,最终实现有效穗数与产量的同步提升,达成玉米高效生产目标。

2.4 密植与施肥互作对产量构成的协同效应

密植与施肥互作通过动态平衡群体结构与养分供给,形成产量构成的协同增效机制。密植优化光能截获与资源分配效率,提升群体光合潜力;施肥精准补充氮、磷、钾等关键养分,保障生殖生长阶段养分需求。二者协同可放大单株与群体效益——高密度种植下,合理施肥缓解养分竞争,维持穗粒数与有效穗数稳定;低密度时,适度增密配合精准施肥激发群体增产潜力。协同效应需结合土壤肥力、品种特性及气候条件综合调控,通过优化密植与施肥配比,实现穗粒数、有效穗数与单穗重的同步提升,最终达成产量构成要素的协同优化。这种互作模式既避免高密度导致的资源过度竞争,又防止低密度下的资源浪费,是玉米高效生产的核心策略。

3 密植与施肥互作对玉米农艺性状的影响

3.1 密植与施肥互作对玉米株高的影响

密植与施肥互作通过调节玉米生长环境直接影响株高发育。高密度种植可增加群体竞争压力,促使植株向上生长争夺光照资源,但过度密植会抑制个体营养分配,导致株高增长受限;合理施肥能补充氮、磷、钾等关键营养元素,促进细胞分裂与伸长,尤其在拔节期至抽雄期对株高提升作用显著。二者互作时,低密度配合高肥力可优化光合产物分配,使株高呈现均衡增长;而高密度与低肥力组合易引发营养竞争失衡,抑制株高发育;实验表明,适宜密肥配比能协调群体与个体矛盾,避免株高过度增高导致的倒伏风险,同时保障营养生长向生殖生长顺利过渡,最终实现株高与产量的协同提升,为玉米高效栽培提供科学依据。

3.2 密植与施肥互作对玉米茎秆性状的影响

密植与施肥互作对玉米茎秆性状的影响体现在多维度协同调控中。高密度种植加剧植株间光照与养分竞争,促使茎秆纵向伸长以争夺光资源,但过度密植易导致茎秆纤细、节间过长,降低抗倒伏能力;适量施肥通过促进细胞壁增厚与木质素合成,增强茎秆机械强度,优化抗折性。不同施肥配比下,密植效应存在差异:氮肥过量可能加剧茎秆徒长,而磷钾肥配合可平衡营养分配,提升茎秆结构稳定性。生育期特异性亦显著,苗期密植与施肥互作主要影响茎秆分化速率与节间形成,而成熟期则更多作用于茎秆木质化程度与抗折强度。此类互作机制研究,可为玉米抗倒栽培提供精准调控路径,

助力资源高效利用与产量稳定性提升,具有重要实践指导价值^[3]。

3.3 密植与施肥互作对玉米叶片性状的影响

密植与施肥互作对玉米叶片性状的影响呈现动态平衡特征。高密度种植促使叶片趋向窄长形,减少单叶遮荫面积以适应群体光竞争,但过度密植可能导致叶面积指数过高,降低群体光能利用率;合理施肥通过调节叶绿素合成与光合酶活性,优化叶片光合效能。氮素供给影响叶片氮代谢平衡,适量增氮可提升叶绿素含量与光合速率,过量则可能引发叶片徒长或早衰;磷钾肥配合能增强叶片抗逆性,延缓衰老进程。生育阶段差异显著,苗期密植与施肥互作主要影响叶片分化速率与叶脉发育,而抽雄期则更多作用于叶片光合产物积累与衰老调控。此类互作机制研究,可为玉米叶片功能优化提供精准调控方向,助力群体光合效率提升与资源高效利用,具有重要科研与实践价值。

3.4 密植与施肥互作对玉米抗逆性状的影响

密植与施肥互作对玉米抗逆性状的影响呈现多维度调控特征。高密度种植加剧群体内通风透光竞争,可能增加倒伏、病害发生风险;适量施肥通过优化营养分配,增强茎秆木质素沉积与叶片抗逆酶活性,提升抗倒伏及抗病能力。氮磷钾配比差异显著影响抗逆表现:氮肥过量可能削弱茎秆机械强度,而磷钾肥配合能强化根系发育与提高水分利用效率,增强抗旱性。生育阶段特异性明显,苗期密植与施肥互作主要调控根系吸水能力与抗旱基因表达,抽雄期则更多作用于叶片保绿性及抗病相关代谢通路;此类互作机制研究,可为玉米抗逆栽培提供精准调控靶点,助力群体抗逆性提升与资源高效利用,对保障玉米稳产高产具有重要科研与实践意义,符合现代农业精准调控需求。

4 玉米密植与施肥互作的协同调控机制

4.1 密植与施肥互作对光合效率的调控

密植与施肥互作通过精细调控玉米光合生理过程提升光合效率。高密度种植优化群体光分布格局,增强光截获能力,但需配合合理施肥以避免中下部叶片光衰减;适量氮肥促进叶绿素合成与 Rubisco 酶活性,提升光能转化效率,磷钾肥则通过调节气孔导度与光合产物运输,增强光合产物积累能力。密植梯度与施肥量存在最佳组合阈值,过度密植或施肥失衡均可能导致光合效率下降;生育阶段特异性显著,苗期密植与施肥互作主要影响叶面积扩展速率与光合机构发育,抽雄期则更多作用于光合产物向生殖器官的分配效率。此类互作机制

研究,可为玉米光合效率精准调控提供理论支撑,助力群体光能利用最大化与产量潜力释放,契合现代农业高效生产需求^[4]。

4.2 密植与施肥互作对养分吸收的调控

密植与施肥互作通过调控根系发育与养分吸收动力学优化玉米养分利用效率。高密度种植加剧根系空间竞争,促进侧根增生以扩大养分吸收面积,但过度密植可能导致根系养分吸收能力饱和;合理施肥通过调节土壤养分有效性,缓解竞争压力,提升氮、磷、钾等关键养分吸收速率。氮素供给影响根系氮代谢酶活性,适量增氮可促进根长与根表面积扩展,过量则可能抑制根系发育;磷钾肥配合能增强根系抗逆性,优化养分向地上部的运输效率;苗期密植与施肥互作主要调控根系吸水吸肥能力与养分储备,抽雄期则更多作用于生殖器官养分分配与籽粒灌浆效率。此类互作机制研究,可为玉米养分高效吸收提供精准调控策略,助力资源节约与产量稳定性提升,符合现代农业可持续发展需求。

4.3 密植与施肥互作对群体结构的调控

密植与施肥互作通过动态调整玉米群体空间配置优化结构功能。高密度种植促使植株形成紧凑株型,减少单株占地面积以提升单位面积株数,但过度密植可能导致群体郁闭,降低通风透光性能;合理施肥通过调节叶片大小与角度,优化群体叶面积指数与光分布格局。氮素供给影响叶片扩展速率,适量增氮可促进叶丛发育,增强群体光截获能力,过量则可能引发叶片徒长,加剧群体内部竞争;磷钾肥配合能强化茎秆支撑力,优化群体抗倒伏性能。生育阶段差异显著,苗期密植与施肥互作主要调控群体分蘖速率与叶丛形成,抽雄期则更多作用于群体光合产物分配与生殖器官空间配置。此类互作机制研究,可为玉米群体结构优化提供精准调控依据,助力群体光能利用与资源效率提升。

4.4 密植与施肥互作对生长发育的调控

密植与施肥互作通过协调玉米生长周期与器官发育

节奏优化整体生长进程。高密度种植加速营养生长阶段进程,促进株高与叶面积快速扩展,但需配合合理施肥以避免生长失衡;适量氮肥推动细胞分裂与分生组织活性,磷钾肥则通过调节激素平衡与能量代谢,优化生殖生长启动时机。密植梯度与施肥量存在动态平衡关系,过度密植或施肥过量均可能扰乱生长节律,导致生育期延迟或早衰;生育阶段特异性显著,苗期密植与施肥互作主要调控根系与叶丛同步发育,抽雄期则更多作用于雌雄穗分化与籽粒发育协调性。此类互作机制研究,可为玉米生长发育精准调控提供理论依据,助力生长周期优化与产量潜力释放^[5]。

结束语:玉米密植与施肥的互作效应,贯穿于玉米产量形成、农艺性状调控的全生育期进程。二者的科学适配,可通过优化群体结构、提升光合与养分利用效率,实现产量构成要素的协同提升,同时增强植株抗逆能力,平衡高产与稳产的双重需求。厘清密植与施肥互作的调控机制,可为玉米高产高效栽培技术体系的构建提供核心支撑,对推动玉米产业绿色可持续发展、筑牢粮食安全防线具有重要意义。

参考文献

- [1] 李懿璞,王贝州,许政晗,等. 品种和密度互作对沿黄灌区玉米杂交种农艺及产量相关性状的影响 [J]. 广东农业科学,2025,52(12):58-68.
- [2] 刘王涛,赵晓茹,贾慧敏,等. 分层施肥对渭北旱塬密植春玉米根系及产量的影响 [J]. 西北农业学报,2025,34(6):1000-1009.
- [3] 卢亚妮,侯青光,李宏滇,等. 施肥量与种植密度对田润 189 玉米主要农艺性状及产量的影响 [J]. 安徽农业科学,2024,52(10):34-38.
- [4] 刘婧,陈志国. 肥密耦合对玉米品种德美亚 3 号产量及主要农艺性状的影响 [J]. 现代化农业,2024(1):30-33.
- [5] 陈银银,常洪庆,高意帆,等. 高密度条件下玉米品种边行优势评价及其指标筛选 [J]. 玉米科学,2025,33(10):50-60.