

密植精准调控技术对新疆鲜食糯玉米商品品质的影响

吕建晔^{1,2} 丁万红³ 刘强⁴ 张鹏鹏² 唐勇³
任红松⁵ 薛军² 明博² 李少昆^{1,2}

(¹宁夏大学农学院, 750021, 宁夏银川; ²中国农业科学院作物科学研究所/农业农村部作物生理生态重点实验室, 100081, 北京;
³新疆维吾尔自治区农业科学院乌鲁木齐综合试验站, 830000, 新疆乌鲁木齐; ⁴伊犁哈萨克自治州农业科学研究所,
835000, 新疆伊犁; ⁵新疆维吾尔自治区农业科学院农业质量标准与检测技术研究所, 830091, 新疆乌鲁木齐)

摘要 针对我国鲜食糯玉米种植密度低和增密易导致商品率下降的产业瓶颈, 于 2024-2025 年在新疆伊犁河谷灌区开展田间试验。以万糯 2000 为材料, 设置 79 500、84 000 和 88 500 株/hm² 3 个密度梯度, 以及常规水肥 (CK) 与密植精准调控 (T1) 2 种管理模式, 分析其对果穗商品性状、水肥利用效率及经济效益的影响。结果表明, T1 处理可显著缓解增密对商品品质的负面效应。与 CK 处理相比, T1 处理合格商品穗数提高了 12.85%~16.11%, 商品率提升了 10.96%~14.01%, 空秆率降低了 24.82%~31.48%, 秃尖长度显著缩短, 灌溉水生产力和氮肥偏生产力分别提高了 54.42%~73.89% 和 15.82%~30.42%。经济效益分析显示, T1 处理下净收益较 CK 处理提高了 18.19%~25.62%, 其中以 79 500 株/hm² 密度结合 T1 处理的经济效益最优, 净收益达 2.57 万元/hm²。综上, 在密植精准调控条件下实施适度密植, 可协同提升鲜食糯玉米的商品品质、资源效率与经济效益。

关键词 鲜食糯玉米; 适度密植; 精准调控; 商品品质; 水肥调控

鲜食玉米 (*Zea mays* L.) 风味独特且营养丰富, 已成为我国特色玉米产业的重要组成部分, 在促进农民增收与农业结构调整中发挥着重要作用^[1-3]。然而, 我国鲜食糯玉米生产普遍存在种植密度偏低的问题, 当前密度 (3.75 万~6.00 万株/hm²) 远低于籽粒玉米, 限制了产量潜力的发挥^[4-5]。生产者普遍对增加密度可能引发的果穗整齐度下降、秃尖率增加、商品品质与经济效益受损等问题存在顾虑^[6-8]。因此, 探索能够协同提升产量与商品品质的适宜种植密度是产业发展的关键。

新疆维吾尔自治区是我国玉米的高产区域, 其光热资源丰富, 规模化和机械化生产水平高, 在籽粒玉米的密植高产创建方面屡创纪录^[9]。近年来, 该地区凭借其集约化生产优势, 鲜食玉米加工产业迅速发展。值得注意的是, 部分生产实践开始借鉴当地已成熟的籽粒玉米密植高产经验, 将滴灌水肥一体化等精准调控技术移植于鲜食玉米管理, 并取得了初步的增产提质效果。密植精准调控技术能够实现水分和养分的精准同步供应, 已在籽粒玉米上被证实可有效缓解群体竞争及提高水肥利用效率^[10-12]。然而, 该技术模

式在鲜食玉米生产中的系统性效益、其与常规管理方式在商品品质形成与经济效益上存在的差异, 以及该模式的优化空间目前尚缺乏针对性的研究论证。

基于此, 本研究以新疆伊犁河谷规模化产区为平台, 通过设置种植密度与管理模式的双因子试验, 系统比较常规水肥管理技术与密植精准调控技术对鲜食糯玉米商品性状、资源利用效率及经济效益的影响, 旨在定量解析该技术模式的增效机制, 明确其比较优势, 为鲜食玉米在高效生产体系中的技术优化与效益提升提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2024 和 2025 年在新疆伊犁天一农业有限公司种植基地 (43°40' N, 80°51' E) 进行, 试验地为砂壤土。在每年播种前, 采集 0~30 cm 耕层土壤样品, 测定其基础肥力指标 (表 1)。2024 和 2025 年鲜食玉米生长季 (5 月 1 日~8 月 20 日) 的总降水量分别为 211.7 和 213.4 mm, 生长季日均气温分别为 24.0 和 25.9 °C (图 1)。

作者简介: 吕建晔, 主要从事玉米高产高效栽培理论研究, E-mail: lvjianye1113@163.com

李少昆为通信作者, 主要从事玉米生态生理及高产高效栽培理论研究, E-mail: lishaokun@caas.cn

基金项目: 新疆维吾尔自治区重点研发专项 (2023B02041-2)

收稿日期: 2025-12-09; 修回日期: 2026-01-19; 网络出版日期: 2026-04-13

表 1 试验地土壤理化性质
Table 1 Physical and chemical properties of soil in the test site

年份 Year	有机质 Organic matter (g/kg)	速效氮 Available N (mg/kg)	有效磷 Available P (mg/kg)	速效钾 Available K (mg/kg)	总盐 Total salt (g/kg)	pH
2024	10.83	67.2	24.23	256.6	2.66	7.86
2025	9.95	58.7	29.80	185.0	2.58	8.53

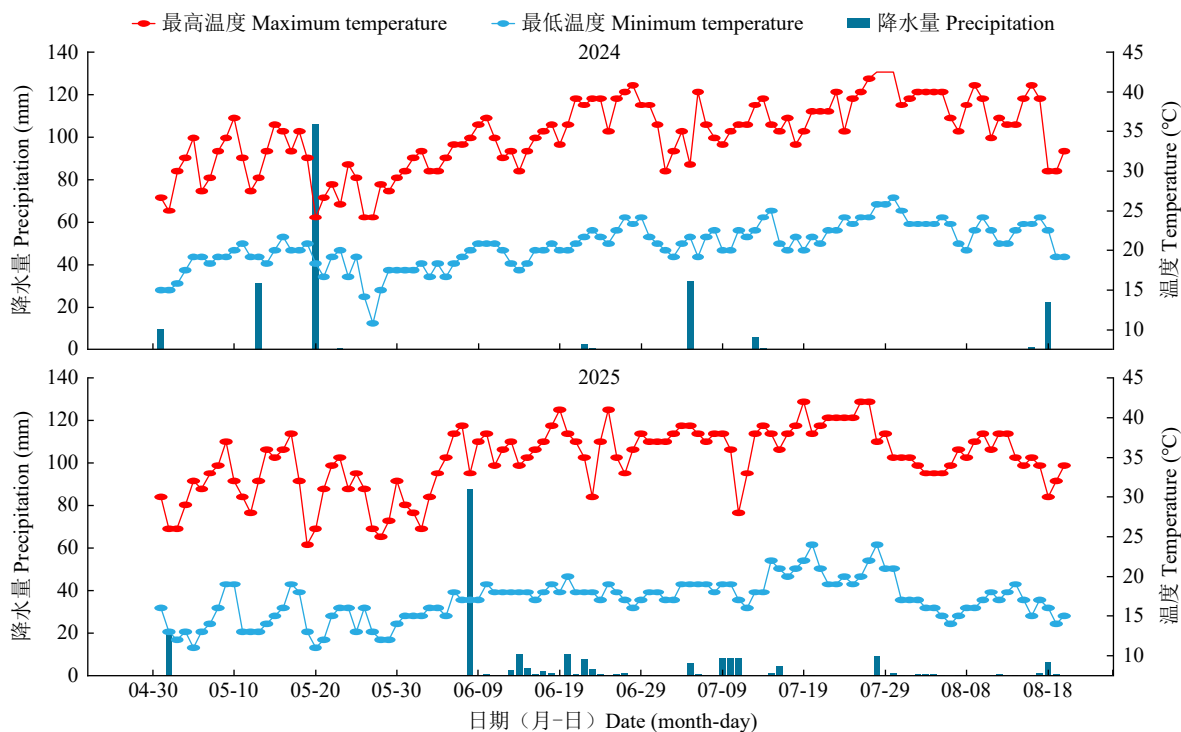


图 1 2024 和 2025 年鲜食糯玉米生长季的日气温和降水量
Fig.1 Daily temperature and precipitation during the growing season of fresh waxy maize in 2024 and 2025

1.2 试验设计

试验采用裂区设计。主处理（主区）为水肥管理模式，设常规水肥管理（CK）和密植精准调控管理（T1）2 个水平；副处理（副区）为种植密度，设 79 500（D1）、84 000（D2）和 88 500 株/hm²（D3）3 个水平。每个处理组合重复 3 次，小区面积 140 m²。

供试品种为当地主栽白糯中熟品种“万糯 2000”。各处理氮（N）、磷（P₂O₅）和钾（K₂O）施入总量一致，分别为 300、90 和 180 kg/hm²。CK 处理为当地传统管理模式，全生育期灌水 4 次（为减少水资源浪费，使用管带输送至小区），总灌水量 6000 m³/hm²，所有肥料作基肥和 6 展叶期（V6）追肥一次性施用；T1 处理参考当地高产籽粒玉米管理的高产模式，通过滴灌系统在全生育期分 10 次供水，总灌水量 4500 m³/hm²，肥料通过滴灌系统分别作基肥及 V6 期、9 展叶期（V9）、12 展叶期（V12）、V12 期后 10 d（V12+10 d）、吐

丝期（R1）追肥共分 6 次施入（表 2）。采用宽窄行种植（宽行 70 cm，窄行 30 cm），滴灌带铺设于窄行中央。分别于 2024 年 5 月 2 日和 2025 年 5 月 15 日播种，于 8 月 8 日和 8 月 20 日乳熟期（R3）收获。田间病虫害防治均按当地高产方案统一进行。

表 2 不同处理的肥料施用时期和施用量

处理 Treatment	施肥时期 Fertilizer application period	肥料施用量 Fertilizer application amount		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
CK	基施	45	45	45
	V6	255	45	135
T1	基施	45	45	45
	V6	75	30	45
	V9	45	0	45
	V12	45	15	45
	V12+10 d	60	0	0
	R1	30	0	0

1.3 测定项目与方法

1.3.1 商品性状与产量构成 于 R3 期每小区收取 3 个固定样方 (2 m×5 m) 内的所有果穗。统计样方内总穗数 (收获穗数) 和空秆数, 计算空秆率。根据鲜食玉米商品标准, 筛选合格商品穗 (穗长 16~24 cm, 穗粗≥4 cm, 单穗重≥250 g, 且无严重病虫害为害或畸形), 计算商品率: 商品率 (%) = (合格商品穗数/收获穗数) × 100。从每个小区收获的果穗中, 按平均穗重法随机抽取 30 穗, 测量穗长、穗粗和秃尖长度。

1.3.2 水肥利用效率 基于鲜果穗产量计算灌溉水生产力和氮肥偏生产力, 以反映商品生产层面的资源利用效率, 灌溉水生产力 (IWP, kg/m³) = 鲜果穗产量 (GY, kg/hm²) / 总灌水量 (I, m³/hm²), 氮肥偏生产力 (PFPN, kg/kg) = GY (kg/hm²) / 总施氮量 (F, kg/hm²)。

1.3.3 经济效益 根据试验当年的当地市场价格 (2024 和 2025 年鲜食糯玉米合格鲜果穗批发价分别为 0.7 和 0.8 元/穗), 详细核算各处理的总投入与总产值, 总投入包括种子、肥料、农药、滴灌设

施折旧和人工及机械作业等成本, 总产值=合格商品穗数×市场单价, 计算净收益和产投比, 净收益 (万元/hm²) = 总产值-总投入, 产投比=总产值/总投入。

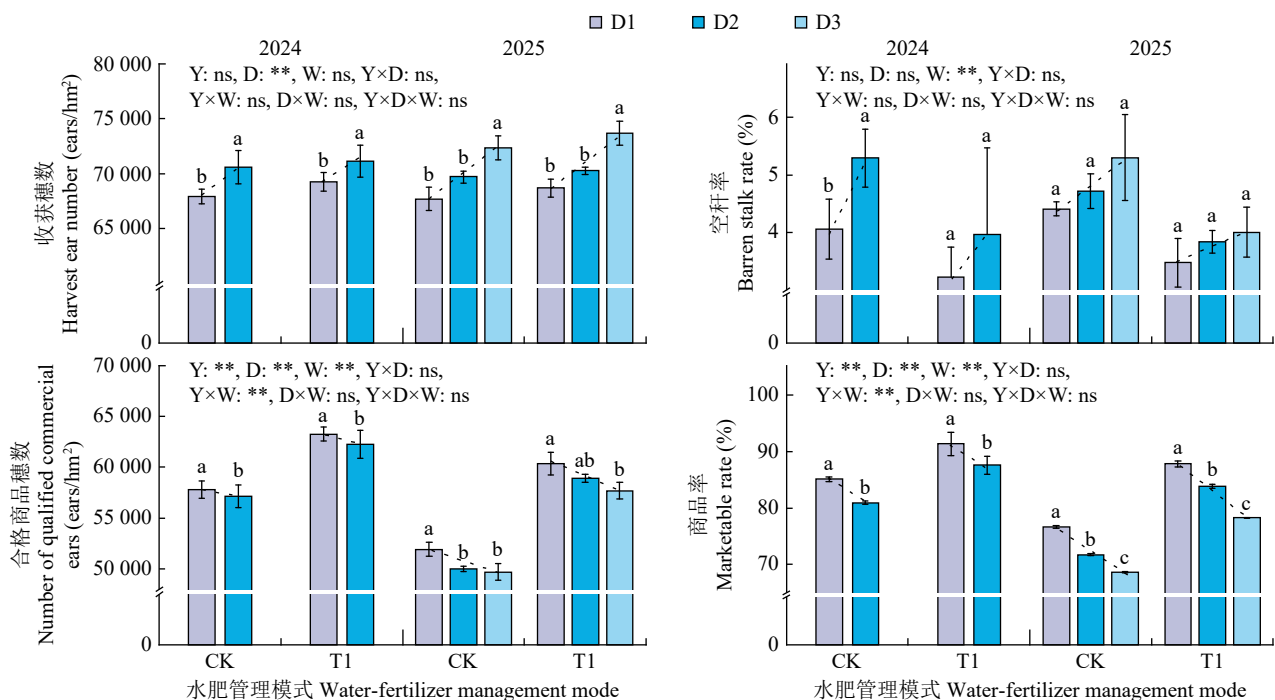
1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel 2023 整理数据。使用双因素方差分析 (ANOVA) 检验水肥管理模式、种植密度及其交互作用对各项指标的显著性。对达到显著水平 ($P < 0.05$) 的因子, 用 Duncan's 新复极差法进行多重比较。采用 Origin 2024 软件绘制图表。

2 结果与分析

2.1 密度与水肥管理对鲜食糯玉米商品性状与合格率的影响

种植密度与水肥管理模式对鲜食糯玉米的商品性状及合格率产生了显著影响 (图 2, 表 3)。方差分析表明, 种植密度极显著影响收获穗数、合格商品穗数与商品率, 但对空秆率及穗部性状无显著影响。而水肥管理模式则极显著影响空秆率、合格商品穗数、商品率及所有穗部性状, 此外, 水肥



不同小写字母表示不同密度处理间存在显著差异 ($P < 0.05$)。Y、D 和 W 分别表示年份、种植密度和水肥管理模式。“*”和“**”分别表示在 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 水平上影响显著和极显著, “ns”表示影响不显著。下同。

Different lowercase letters indicate significant differences among different density treatments ($P < 0.05$). Y, D and W represent the year, planting density and water-fertilizer management mode, respectively. “*” and “**” indicate significant and extremely significant influences at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ levels, respectively, “ns” indicates no significant influence. The same below.

图 2 不同种植密度和水肥管理对鲜食糯玉米果穗商品性状的影响

Fig.2 Effects of different planting densities and water-fertilizer management on commercial characteristics of fresh waxy maize ears

表 3 不同种植密度和水肥管理对鲜食糯玉米穗部性状的影响
Table 3 Effects of different planting densities and water-fertilizer management on ear traits of fresh waxy maize

年份 Year	处理 Treatment	种植密度 Planting density	穗重 Ear weight (g)	穗长 Ear length (cm)	穗粗 Ear diameter (cm)	秃尖长度 Bald tip length (cm)
2024	CK	D1	309.33±34.49a	20.07±1.03a	5.22±0.23a	1.68±1.13a
		D2	306.82±33.00a	20.07±1.03a	5.14±0.20a	1.66±0.60a
	T1	D1	331.31±18.43a	20.84±0.83a	5.43±0.12a	0.90±0.83a
		D2	323.59±20.58a	20.76±0.87a	5.36±0.18a	1.13±0.98a
2025	CK	D1	289.69±18.67a	19.55±0.59a	4.95±0.10a	2.00±0.43a
		D2	296.82±9.23a	19.63±0.72a	4.99±0.11a	1.83±0.52a
		D3	288.48±11.07a	19.09±0.99a	4.92±0.11a	1.91±0.81a
	T1	D1	326.58±12.77a	20.79±0.26a	5.20±0.12a	1.35±0.28a
		D2	326.01±11.14a	20.81±0.25a	5.15±0.11a	1.32±0.26a
		D3	318.02±18.19a	20.57±0.56a	5.12±0.08a	1.37±0.31a
		Y	ns	ns	ns	ns
	D	ns	ns	ns	ns	
	W	**	**	**	**	
	Y×D	ns	ns	ns	ns	
Y×W	ns	ns	ns	ns		
D×W	ns	ns	ns	ns		
Y×D×W	ns	ns	ns	ns		

不同小写字母表示不同密度处理间存在显著差异 ($P < 0.05$)。“*”和“**”分别表示在 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 水平上影响显著和极显著，“ns”表示影响不显著。下同。

Different lowercase letters indicate significant differences among different density treatments ($P < 0.05$). “*” and “**” indicate significant and extremely significant influences at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ levels, respectively, “ns” indicates no significant influence. The same below.

管理与密度对商品率的交互作用达显著水平。不同年份间，2024 年的合格商品穗数与商品率极显著高于 2025 年，而收获穗数、空秆率及穗部性状无显著差异。

具体而言，随密度增加，商品率呈下降趋势。与低密度 (D1) 相比，CK 处理在 D2 和 D3 密度下的商品率平均分别下降 5.65% 和 10.46%。T1 处理表现出相似的下降趋势，但降幅有所减缓，分别为 4.37% 和 10.91%，说明水肥调控在一定程度上缓解了增密对商品率的负面影响。然而，T1 处理的核心优势在于其在同一密度下的商品率显著优于 CK 处理。与 CK 处理相比，T1 处理在 D1、D2 和 D3 密度下，商品率平均分别提升 10.96%、12.50% 和 14.01%。这一提升主要源于合格商品穗数的大幅增加和空秆率的有效控制。T1 处理使合格商品穗数提高了 12.85% (D1) ~16.11% (D3)，同时使空秆率降低了 24.82% (D1) ~31.48% (D3)。

在穗部性状上，T1 处理显著优化了单穗表现 (表 3)。与 CK 处理相比，T1 处理的平均穗重、穗长和穗粗在各密度下均显著增加，其中穗重在 D3 密度下提升幅度最大，达 10.24%；同时，T1 处理显著降低了秃尖长度，降幅在 28.27% (D3) ~

39.46% (D1)。综上，T1 处理通过保障个体发育，在群体层面协同提升了果穗的商品品质与均匀度。

2.2 密度与水肥管理对鲜食糯玉米水肥利用效率的影响

在总灌水量减少 25% 的条件下，T1 处理实现了水肥资源利用效率的显著提升 (图 3)。在 IWP 方面，T1 较 CK 处理平均提高了 54.42%~73.89%，在 D1 密度下提升幅度最大，在最高密度 D3 下提升幅度最小。在 PFPN 方面，T1 较 CK 处理提高了 15.82%~30.42%，提升幅度随密度增加而减小，在 D1 密度下提升最大 (30.42%)。2025 年的水肥利用效率较 2024 年有所下降。

资源效率对密度的响应分析表明，在 CK 处理下，IWP 与 PFPN 随密度增加而缓慢提升，主要依赖于总产量的增加。而在 T1 处理下，2 项效率指标均在 D2 密度下达到最高值，之后在 D3 密度下有所回落，表明在精准水肥调控下，存在使资源效益最大化的最优密度区间，约 84 000 株/hm²，过度增密则可能导致水肥的边际效益下降。

2.3 密度与水肥管理对鲜食糯玉米经济效益的影响

经济效益分析结果 (表 4) 显示，T1 处理在

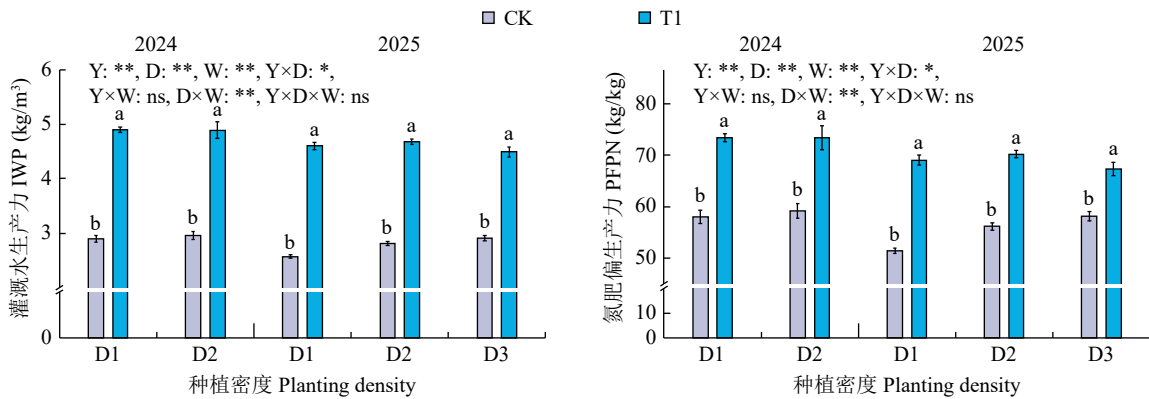


图3 不同种植密度和水肥管理对鲜食糯玉米水肥利用效率的影响

Fig.3 Effects of different planting densities and water-fertilizer management on water and fertilizer use efficiency of fresh waxy maize

D1、D2 和 D3 密度下，净收益较 CK 处理分别平均提高 18.19%、20.17%和 25.62%。然而，T1 处理下不同密度中以 D1 密度最高，而非产量潜力更高的 D2 或 D3 密度。2 年平均数据显示，T1D1 处理的净收益达 2.57 万元/hm²，分别较 T1D2 和 T1D3 处理高 4.03%和 8.27%。从产投比来看，T1 处理同

样全面优于 CK 处理，平均提高 5.73%~9.35%。同样地，在 T1 处理下，D1 密度的产投比最高。综合分析表明，尽管 T1 处理能显著提升高密度下的产量和商品率，但增密的同时带来了种子成本的增加以及资源利用效率的边际递减。从经济效益最大化的目标出发，在本试验条件下，采用 T1 处理并配

表 4 不同种植密度和水肥管理对鲜食糯玉米经济效益的影响

Table 4 Effects of different planting densities and water-fertilizer management on economic benefits of fresh waxy maize

年份 Year	处理 Treatment	种植密度 Planting density	总投入 (万元/hm ²) Total input (×10 ⁴ yuan/hm ²)							总收入 (万元/hm ²) Total revenue (×10 ⁴ yuan/hm ²)	净收益 (万元/hm ²) Net income (×10 ⁴ yuan/hm ²)	产投比 Ratio of output to input
			X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	总计 Total			
2024	CK	D1	0.47	0.30	0.24	—	0.28	0.66	1.94	4.05b	2.11b	2.09ab
		D2	0.47	0.30	0.25	—	0.28	0.66	1.96	4.00b	2.04b	2.04b
	T1	D1	0.37	0.23	0.24	0.30	0.28	0.66	2.07	4.43a	2.36a	2.14a
		D2	0.37	0.23	0.25	0.30	0.28	0.66	2.08	4.36a	2.28a	2.10ab
2025	CK	D1	0.45	0.30	0.24	—	0.28	0.66	1.92	4.15c	2.23c	2.16c
		D2	0.45	0.30	0.25	—	0.28	0.66	1.94	4.00d	2.06d	2.06d
		D3	0.45	0.30	0.27	—	0.28	0.66	1.95	3.98d	2.03d	2.04d
	T1	D1	0.35	0.23	0.24	0.30	0.28	0.66	2.05	4.83a	2.78a	2.36a
		D2	0.35	0.23	0.25	0.30	0.28	0.66	2.06	4.71ab	2.65ab	2.29b
		D3	0.35	0.23	0.27	0.30	0.28	0.66	2.07	4.62b	2.55b	2.23bc

X₁: 人工; X₂: 灌溉用水; X₃: 种子; X₄: 灌溉设施; X₅: 机械作业; X₆: 肥料、地膜和农药。

X₁: labor; X₂: irrigation water; X₃: seeds; X₄: drip irrigation facilities; X₅: mechanical operation; X₆: fertilizers, mulch films and pesticides.

合 D1 密度是实现最优经济回报的栽培策略。

3 讨论

3.1 破解鲜食糯玉米增密降质矛盾的关键技术

本研究发现，单纯增加种植密度虽能提高收获穗数，但会显著降低鲜食糯玉米的商品率，这与前人^[12-13]在籽粒玉米上观察到的密度增加导致群体竞争加剧和个体发育变差的现象一致。这一结果验证了产业中对于“增密可能损害商品性”

的普遍顾虑。其生理原因在于高密度群体易引起植株间对光、水和养分的激烈竞争，导致部分弱势株发育滞后，表现为空秆率上升和果穗整齐度下降，最终影响合格商品穗的比例^[6,8]。本研究证实了 T1 处理能够系统性地缓解上述矛盾，T1 处理在 3 个测试密度下，商品率较 CK 处理提升了 10.96%~14.01%。这一显著的提质效应源于 2 个协同机制：一是通过分次和精准施肥，特别是 R1 期的氮素追施，保障了顶端籽粒灌浆，从而将秃尖

长度平均降低了 28% 以上，这与毛圆圆等^[12]提出分次追氮是缓解密植竞争胁迫的途径的结论相符；二是通过高频次和小流量的滴灌供水，在根区创造了持续且均匀的水肥环境，有效降低了植株间的生存压力，使空秆率大幅下降 24.8%~31.5%，从而提升了群体的整齐度和合格穗率^[14]。因此，T1 处理通过水肥供需在时间与空间上的精准匹配，为鲜食玉米在较高密度下实现穗多与穗好的协同发展提供了可行的技术路径。

3.2 协同提升资源效率峰值与经济效益

在资源利用层面，T1 处理展示了强大的协同增效能力，在节水 25% 的前提下，IWP 和 PFPN 分别实现了 54.4%~73.9% 和 15.8%~30.4% 的提升。这显著高于李传哲等^[10]报道的一般增幅，这可能得益于新疆地区强光热资源与砂壤土质相结合，使得滴灌水肥的移动性与有效性更为突出。T1 处理下的资源利用效率在 D2 密度下达到峰值，而后在 D3 密度下降，表明即使有精准调控，过度增密仍会导致水肥的边际回报递减，存在一个使资源效益最大的最优密度区间。

本研究中，经济效益分析结果指向了生产决策中的核心问题，即最高的资源效率或产量潜力不等同于最高的经济回报。尽管 T1 处理在 D3 密度下商品率提升幅度最大（14.01%），且净收益较 CK 处理提升也最多（25.62%），但在 T1 处理内部进行横向比较时，D1 密度获得了最高的净收益（2.57 万元/hm²）和产投比。这可能是由于 D3 密度下产量和商品率虽然提升显著，但其基础单产和商品率较低，且增密带来了额外的种子成本；同时，水肥利用效率在 D3 密度下已呈回落趋势。因此，D1 密度凭借其更高的商品率基础、更低的额外成本以及仍处高位的水肥效率，实现了总经济效益的最大化。杨国虎等^[7]关于密度影响经济效益的研究表明，鲜食玉米生产决策必须同时考量技术的增产提质能力与该能力在不同密度下的成本效益比。本研究揭示了在密植精准调控技术框架下，鲜食糯玉米生产存在农学最佳密度（约 84 000 株/hm²，资源效率最高）与经济最佳密度（79 500 株/hm²，净收益最高）的差异，产业应用应以经济效益为导向，据此确定具体的适度密植标准。本研究将源于籽粒玉米的密植高产技术体系优化应用于鲜食糯玉米，是破解产业增密降质

瓶颈的有效途径，所确立的密植精准调控技术模式为新疆及类似生态区鲜食玉米的高质量发展提供了理论依据。

4 结论

2 年田间试验结果表明，T1 处理通过水肥精准供应有效缓解了新疆鲜食糯玉米高密度群体的竞争胁迫。与 CK 处理相比，T1 处理使鲜果穗产量平均提高 15.82%~30.42%，商品率提升 10.96%~14.01%，并显著优化了穗部性状。在总灌水量减少 25% 的前提下，T1 处理使 IWP 与 PFPN 分别提高 54.42%~73.89% 和 15.82%~30.42%，同时实现了节水、减肥与增产。综合产出、品质与成本效益分析表明，T1 处理结合 D1 种植密度可实现经济效益最大化，净收益达 2.57 万元/hm²。

参考文献

- [1] 李紫琪, 古艳婷, 郭燕枝, 等. 我国鲜食玉米标准体系及营养标准研究. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(18): 5964-5973.
- [2] 徐丽, 卢柏山, 赵久然. “甜味糯”新型鲜食玉米及其代表品种京科糯 768 的选育. 植物遗传资源学报, 2023, 24(1): 317-324.
- [3] 赵久然, 卢柏山, 史亚兴, 等. 我国糯玉米育种及产业发展动态. 玉米科学, 2016, 24(4): 67-71.
- [4] Zhang W Q, Fan Y L, Zhang S, et al. Waxy maize yield in response to a novel plant growth regulator and plant density. International Journal of Agriculture and Biology, 2019, 22(2): 304-312.
- [5] Wang Z H, Niu S D, Yao X Y, et al. Grain yield and nutrient absorption and utilization of spring-sown waxy maize under different plant densities and fertilization modes. Journal of Integrative Agriculture, 2025, 24(1): 1-44.
- [6] Pierik R, de Wit M. Shade avoidance: phytochrome signaling and other aboveground neighbor detection cues. Journal of Experimental Botany, 2014, 65(11): 2815-2824.
- [7] 杨国虎, 李新, 王承莲, 等. 种植密度影响玉米产量及部分产量相关性状的研究. 西北农业学报, 2006, 15(5): 57-60, 64.
- [8] Zuber M S, Kang M S. Corn lodging slowed by sturdier stalks. Crops and Soil Magazine, 1978, 30(5): 1-32.
- [9] Wang Y G, Zhang G Q, Li R F, et al. Pathways to increase maize yield in Northwest China: a multi-year, multi-variety analysis. European Journal of Agronomy, 2023, 149: 126892.
- [10] 李传哲, 许仙菊, 马洪波, 等. 水肥一体化技术提高水肥利用效率研究进展. 江苏农业学报, 2017, 33(2): 469-475.
- [11] Liu G Z, Yang Y S, Guo X X, et al. A global analysis of dry matter accumulation and allocation for maize yield breakthrough from 1.0 to 25.0 Mg ha⁻¹. Resources, Conservation and Recycling, 2023, 188: 106656.
- [12] 毛圆圆, 薛军, 翟娟, 等. 水肥一体化条件下密植高产玉米适宜追氮次数研究. 植物营养与肥料学报, 2022, 28(12): 2227-2238.
- [13] 范虹, 殷文, 胡发龙, 等. 绿洲灌区密植对氮肥减量玉米产量的补偿潜力. 中国农业科学, 2024, 57(9): 1709-1721.
- [14] 翟娟, 薛军, 张园梦, 等. 水肥一体化条件下施氮量对密植春玉米茎秆抗倒伏性状的影响. 玉米科学, 2021, 29(5): 137-144.

Effects of Precision Regulation for Dense Planting on Commercial Quality of Fresh Waxy Maize in Xinjiang

Lü Jianye^{1,2}, Ding Wanhong³, Liu Qiang⁴, Zhang Pengpeng², Tang Yong³,
Ren Hongsong⁵, Xue Jun², Ming Bo², Li Shaokun^{1,2}

(¹College of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, Ningxia, China; ²Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Crop Physiology and Ecology, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100081, China; ³Urumqi Comprehensive Experiment Station, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830000, Xinjiang, China; ⁴Institute of Agricultural Sciences of Ili Kazakh Autonomous Prefecture, Ili 835000, Xinjiang, China; ⁵Institute of Agricultural Quality Standards and Testing Technology, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, Xinjiang, China)

Abstract To address the industry bottlenecks of low planting density and the decline in marketable rate caused by densification of fresh waxy maize in China, field experiments were conducted in the irrigated region of the Ili River Valley, Xinjiang, from 2024 to 2025. Using Wannuo 2000 as the material, three density gradients (79 500, 84 000, and 88 500 plants/ha) and two management modes [conventional water and fertilizer management (CK) and precision regulation in dense planting (T1)] were established to analyze their effects on ear commercial traits, water and fertilizer use efficiency, and economic benefits. The results showed that the T1 treatment significantly alleviated the negative effects of increased density on commercial quality. Compared with the CK, T1 increased the number of qualified commercial ears by 12.85%-16.11%, improved the marketable rate by 10.96%-14.01%, reduced the barren stalk rate by 24.82%-31.48%, and significantly shortened the bald tip length. Irrigation water productivity and nitrogen partial factor productivity increased by 54.42%-73.89% and 15.82%-30.42%, respectively. Economic benefit analysis showed that the net income under the T1 treatment increased by 18.19%-25.62% compared with the CK treatment, among which the combination of 79 500 plants/ha density and T1 treatment achieved the optimal economic benefit, with a net income of 25 700 yuan/ha. In conclusion, implementing moderate densification under precision regulation conditions can synergistically improve the commercial quality, resource efficiency, and economic benefits of fresh waxy maize.

Key words Fresh waxy maize; Moderate dense planting; Precision regulation; Commercial quality; Water-fertilizer regulation