
FASE 亮文解读 | 农科院作物所侯鹏研究员团队—可 持续提高玉米籽粒产量及资源利用效率的量化设计 与生产方法

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/35827.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

FASE 亮文解读 | 农科院作物所侯鹏研究员团队—可持续提高玉米籽粒产量及资源利用效率的量化设计与生产方法。 论文标题：Quantitative design and production methods for sustainably increasing maize grain yield and resource use efficiency

期刊：Frontiers of Agricultural Science Engineering

作者：Huaxiang JI, Guangzhou LIU, Wanmao LIU, Yunshan YANG, Xiaoxia GUO, Guoqiang ZHANG, Zhiqiang TAO, Shaokun LI, Peng HOU

发表时间：15 Sept 2025

DOI：10.15302/J-FASE-2025601

微信链接：[点击此处阅读微信文章](#)

绿色增产增效技术

Green Technology for High Yield and Nutrient Use Efficiency

专辑文章介绍

· 第四篇 ·

■ 论文ID

Quantitative design and production methods for sustainably increasing maize grain yield and resource use efficiency

可持续提高玉米籽粒产量及资源利用效率的量化设计与生产方法

文章类型：Review

发表年份：2025年

第一作者：纪华香

通讯作者：侯鹏

Email: houpeng@caas.cn

作者单位：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

Cite this article :

Huaxiang JI, Guangzhou LIU, Wanmao LIU, Yunshan YANG, Xiaoxia GUO, Guoqiang ZHANG, Zhiqiang TAO, Shaokun LI, Peng HOU. Quantitative design and production methods for sustainably increasing maize grain yield and resource use efficiency. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 2025, 12(3): 465-477 DOI:10.15302/J-FASE-2025601

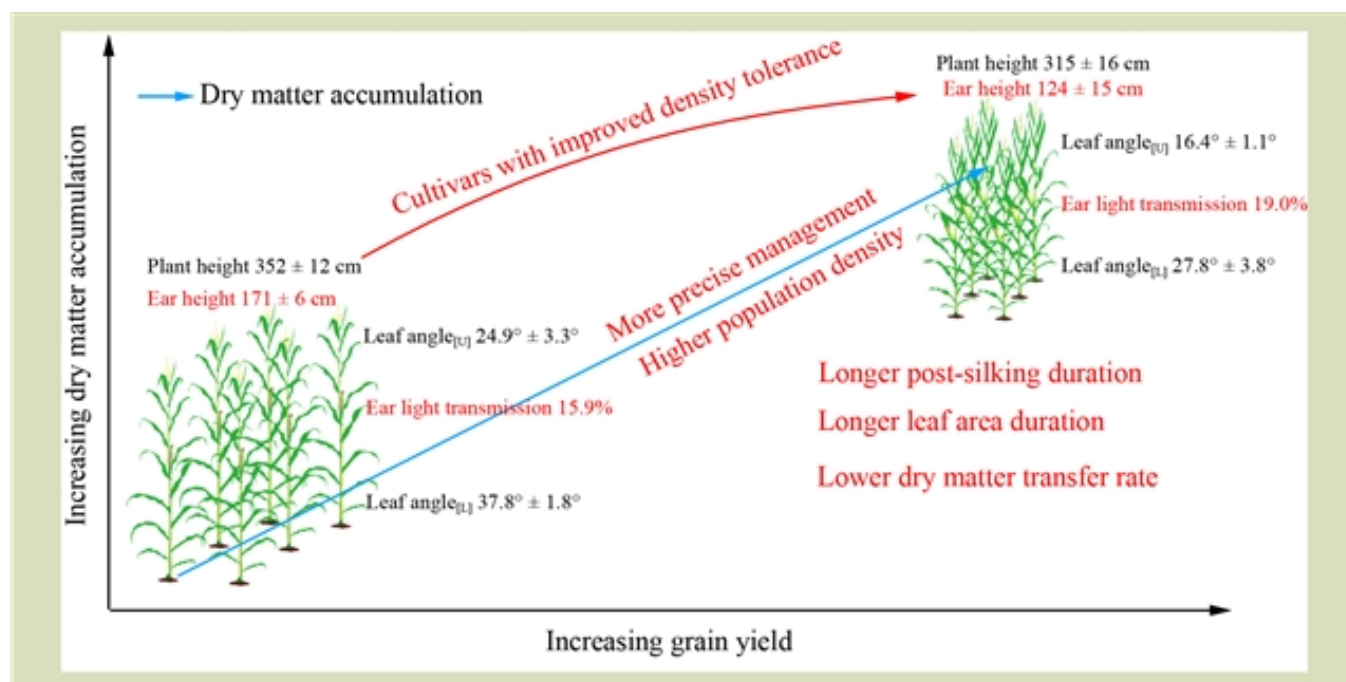
· 文章摘要 ·

由于全球人口持续增长，且耕地资源有限，粮食安全相关问题日益受到关注。玉米是我国产量最高、种植最广泛的粮食作物，在各类作物中具有最高的产量潜力。提高玉米单位面积产量已成为我国农业发展的核心目标之一。本研究总结了当前限制玉米产量及资源利用效率的关键制约因素，包括太阳辐射、温度、水分、土壤资源及极端天气事件等，以及玉米生产过程中存在的主要问题，如品种选择不当、种植密度偏低、施肥方式不合理等。在此基础上，基于量化设计原则对玉米群体进行优化，通过使作物种植密度与太阳辐射水平相匹配、群体结构与适宜品种相匹配、耕层-根系-冠层功能与籽粒产量相匹配，确保玉米生产中籽粒产量和资源利用效率的同步提升。这些措施能够显著提高玉米生产水平及相关经济效益，降低生产成本和环境负荷，为我国实现农业可持续发展提供科学依据和技术支撑。

· 文章亮点 ·

1. 总结了当前限制玉米产量的关键因素。
2. 运用量化设计绿色提高玉米籽粒产量。
3. 绿色生产方式可提高资源利用效率并减轻环境负担。

· Graphical abstract ·



· 研究内容 ·

I 引言

玉米作为我国最重要的粮食、饲料及工业原料作物，提高其产量与供应量是保障粮食安全的直接途径。在耕地面积有限的背景下，提升单位面积产量已成为农业发展的迫切任务，而环境条件与田间管理措施对现代玉米产量提升影响显著。我国玉米种植区域广泛，地理跨度大且气候差异显著，这种区域异质性给生产带来诸多挑战。极端干旱、水涝等极端天气事件直接限制产量的提升；太阳辐射和温度作为光合作用的关键驱动因素，其变化会削弱叶片光合功能，进而制约产量。

品种选择与种植密度偏低是产量提升的主要瓶颈。玉米品种特性差异明显，平展型适合低密度种植，紧凑型则适应高密度。我国玉米单产与美国存在差距，种植密度偏低是重要原因之一。适当提高密度可提高产量，但需与资源条件、品种特性匹配——太阳辐射与种植密度呈线性相关，不同区域的辐射差异决定了最佳密度。因此，运用定量设计原则，匹配种植密度与区域光温条件，选择耐密紧凑型品种，可延长光合时间、提高辐射利用率，从而增加生物量与产量。土壤耕作与施肥管理不当也制约着生产。主产区普遍存在耕层浅、犁底层压实等问题，加之田间管理粗放，施肥过量与利用率低并存，导致土壤蓄水保肥能力下降、产量不稳、环境污染及成本增加。

绿色农业实践注重资源保护与环境友好，是生态发展与高质量农业的核心组成，对保障粮食安全与环境健康至关重要。通过精控生长环境与定量分析，优化种植密度、施肥、灌溉等参数，可实现增产、提质、节资、环保的协同。本文基于定量设计原则，结合气候、土壤等因素，提出匹配种植密度与太阳辐射、群体结构与品种、耕层-根系-冠层功能的系统方案，为农业可持续绿色发展与粮食安全保障提供支撑。

I 定量设计

1. 与太阳辐射水平匹配的密度模式

种植密度和太阳辐射是影响作物产量的重要因素。目前，我国玉米种植密度可根据不同生态区域的太阳辐射资源差异进行优化，采取不同方法提高密度和产量。研究发现，我国太阳辐射从西向东减少，优化种植密度以匹配区域辐射水平可大幅提高产量潜力，这已被产量记录验证。2007 – 2015年在全国42个地点的研究显示，西南、黄淮海、北方和西北玉米区每公顷增加15,000株密度，不额外施氮时，产量分别提高了10.5%、2.7%、5.2%和10.3%。因此，种植密度与区域太阳辐射匹配是缩小产量差距、提高潜力的有效途径。

2. 品种与群体结构的匹配

玉米群体结构对太阳辐射的垂直分布影响很大，进而影响作物的生长发育。过高的种植密度会导致冠层内辐射分布不均，缩短光合作用时间，降低光合效率，不利于产物的积累。因此，适宜群体结构对密植条件下的增产至关重要。品种在一定程度上影响着群体结构，适应高密度的品种可调节群体微气候，通过密植提高产量潜力。

不同玉米品种的植株性状受基因型影响差异较大，决定了密植条件下光的最佳垂直分布。研究表明，低密度种植往往导致叶面积指数小、产量低，建议选择叶片角度大的品种避免辐射资源浪费，且需考虑植株性状优化冠层光分布。高密度种植则应选择叶片角度小、适应密植的品种(图1)。

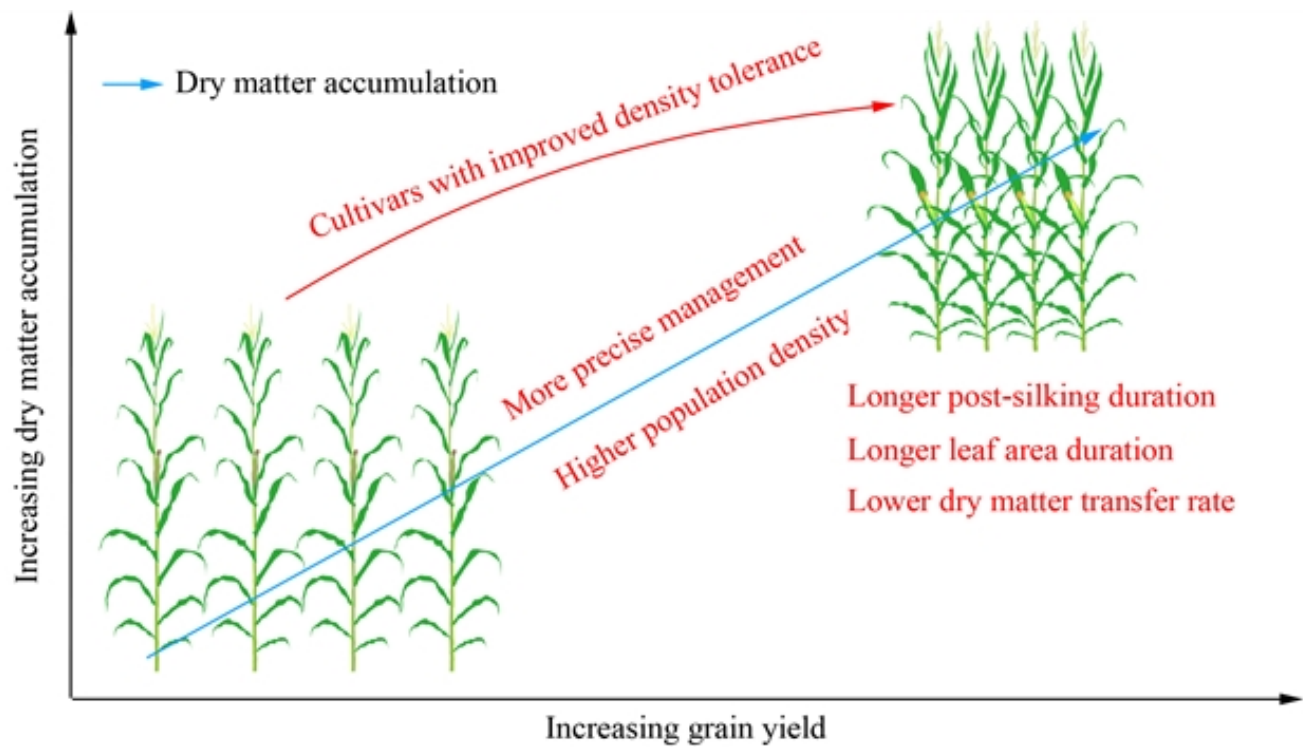


图1 低产和高产玉米品种的群体特征。

3. 通过耕层-根系-冠层功能匹配实现可持续增产增效

土壤理化性质直接影响着玉米的根系形态和分布，良好的土壤条件可促进根系生长。近年来，因耕作次数减少和农机长期使用，土壤紧实、犁底层上移，削弱了土壤的保水保肥能力。

太阳辐射、温度等生态因素影响叶片光合作用，充足的辐射可提高光合效率，促进地上部分向地下运输光合产物，调节根系生长。发达根系能增加土壤水分和肥料吸收，供应地上部分生长，提高根冠比 (图2)。

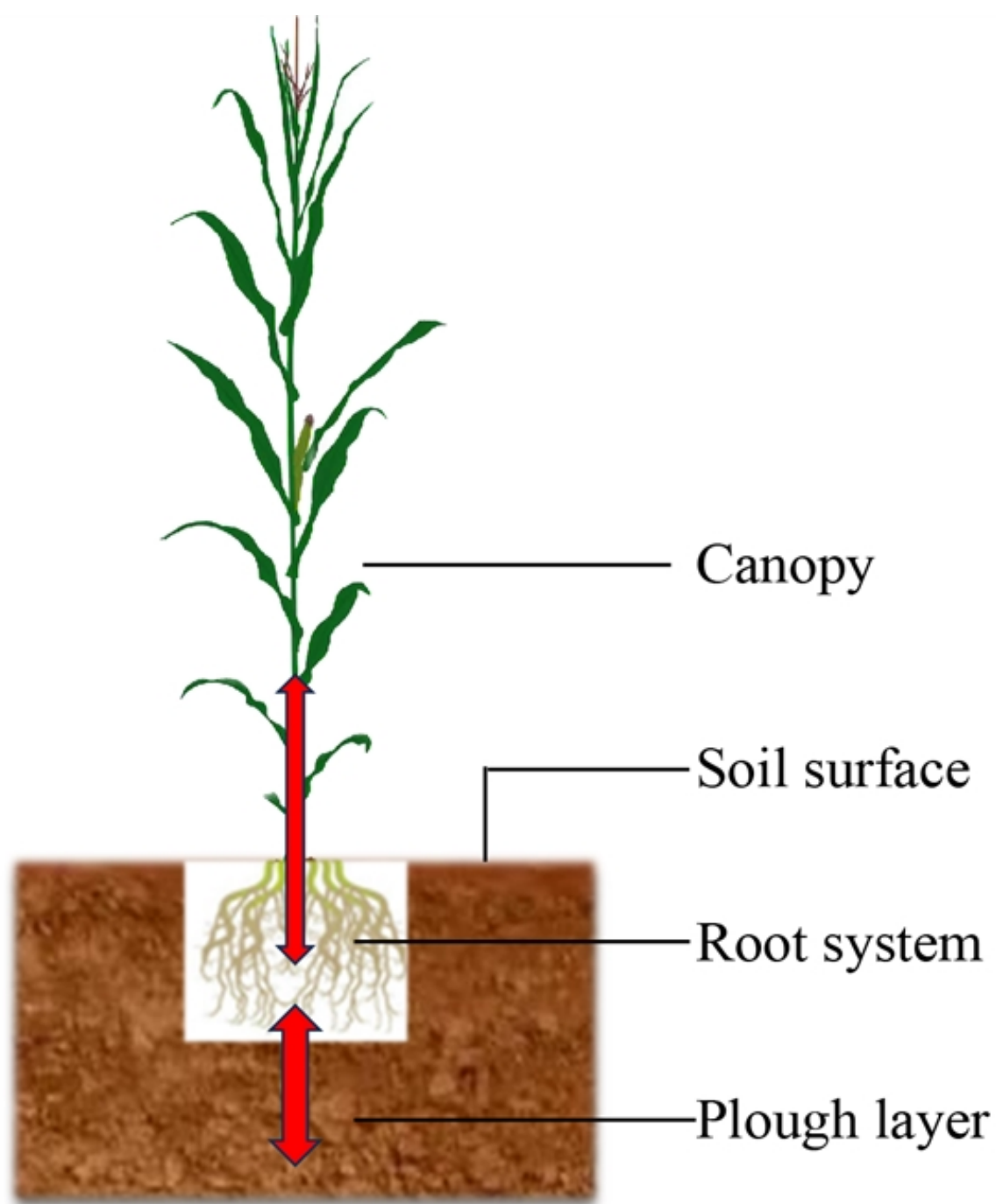


图2 耕层-根系-冠层功能的协同作用。

总体而言，确定适宜的群体需考虑当地耕层、辐射和温度，以提高光合效率、优化冠层结构、提升光温利用效率，同时优化根系结构，促进与地上部分的良好关系以提高产量。

■ 实现可持续增产增效的途径

实现玉米可持续增产增效，需从多方面优化生产方式。作为我国主要粮食作物，玉米的产量与资源利用效率对粮食安全至关重要，而这不仅依赖优良品种，更需改进生产方式。研究显示，田间管理对产量的贡献远高于遗传潜力，品种的贡献约18%，在密植条件下通过精确调控增强抗倒伏能力、提高均匀性和延缓衰老，可实现增产增效。

具体而言，播种前要选择抗病性强、适应高密度、种子质量高的品种，且需与当地辐射和温度条件相适应，叶片角度小的品种更利于密植时光的分布和拦截(图3)，同时根据当地生态条件对种子精确包衣以提高出苗率。种植密度需结合品种、土壤肥力等因素科学确定，过高会导致资源争夺和透光性下降，可通过优化行株距、使用化学药剂等防止倒伏。土壤耕作上，秸秆还田等保护性耕作措施效果显著，深松与秸秆还田结合能改善耕层功能、促进根系生长，利于增产和可持续发展。滴灌施肥作为新型灌溉方式，可精准供应水肥，在西北广泛应用且向其他地区推广，在干旱半干旱地区增产达71%，能有效提高产量和氮肥效率(图4)。

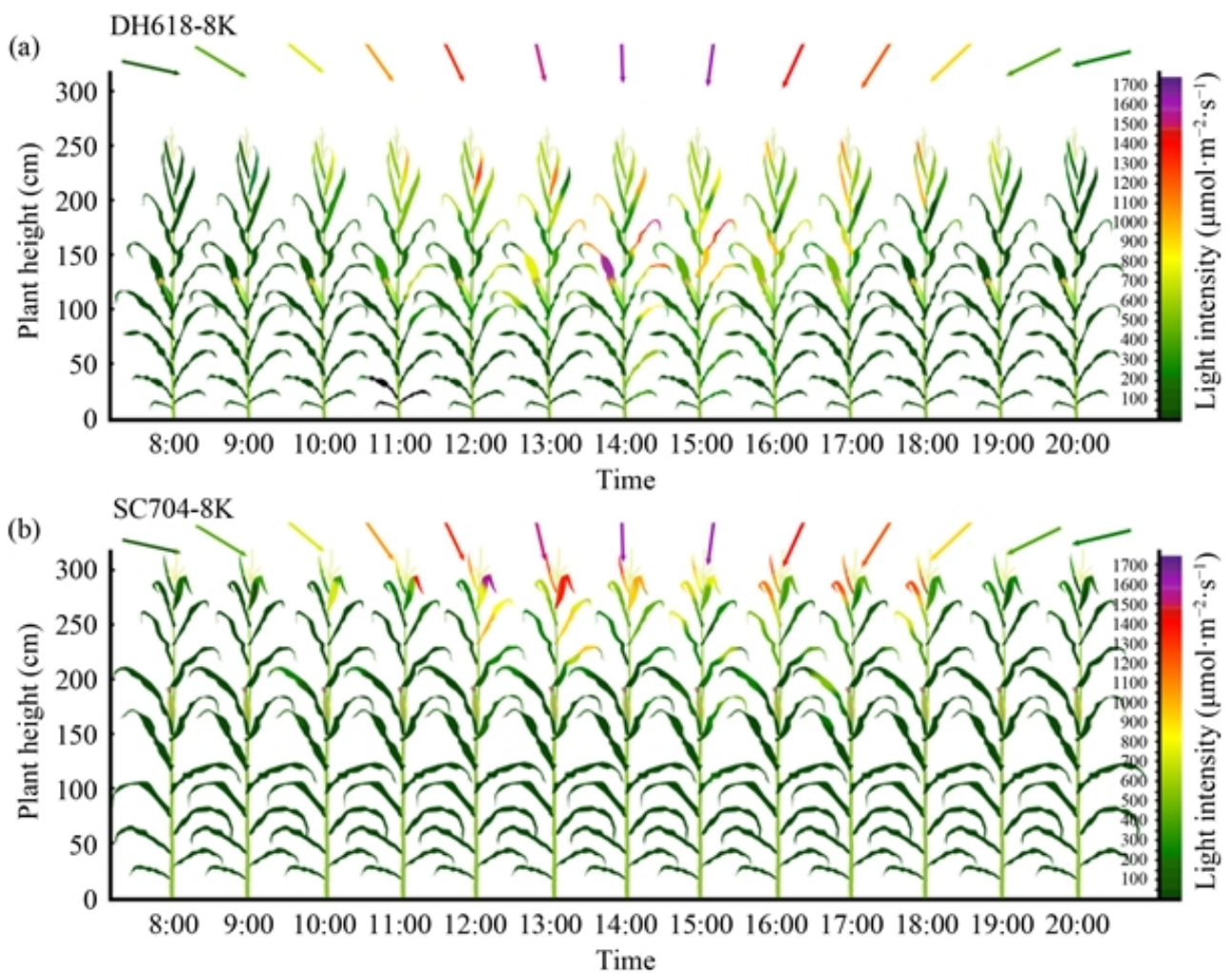


图3 不同株型品种冠层内白天光照强度的变化。

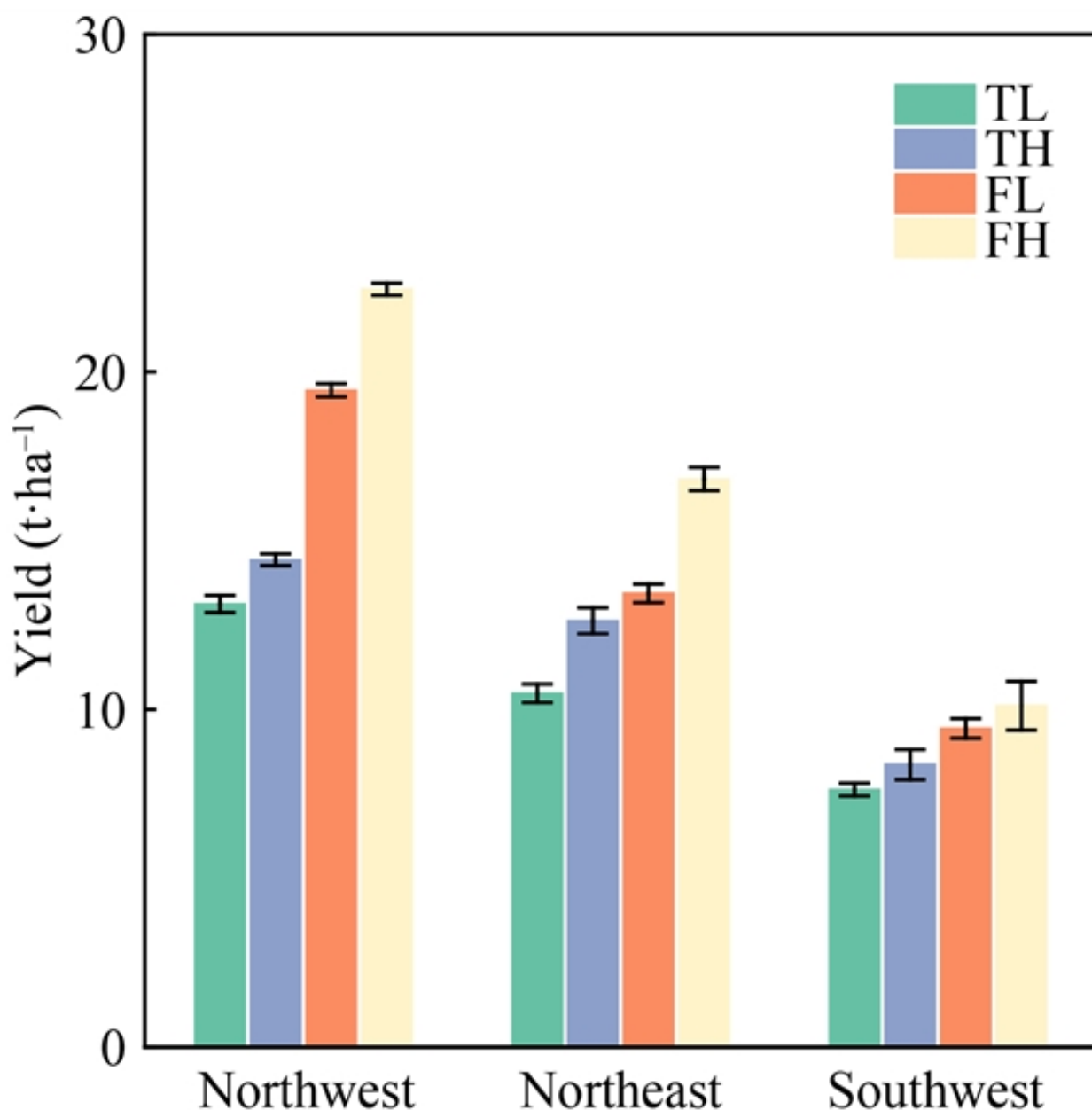


图4 不同管理措施下的玉米产量。

· 结论与展望 ·

通过定量匹配玉米种植密度和品种与太阳辐射、温度、水分和土壤资源，可提高产量潜力。本研究根据气候条件将我国玉米产区分为西南、黄淮海、北方和西北四个区域，不同区域因管理和品种差异产量不同。研究表明，采用定量设计可在不增加环境成本的情况下可持续提高产量和资源利用效率，具体通过种植密度与辐射匹配、群体结构与品种匹配、产量与耕作-根系-冠层功能匹配实现，且适用于我国不同生态区域。基于此，建议在不同气候地区的玉米生产中采用品种选择、提高密度、土壤耕作和滴灌施肥等方法，以增产增效。

《前沿》系列英文学术期刊

