

基于丰产性与抗逆性评价的玉米品种筛选及应用

于宝艳

德惠市农业综合行政执法大队 吉林 长春 130300

摘要: 玉米 (*ZeamaysL.*) 作为全球重要的粮食、饲料和工业原料作物, 在保障国家粮食安全和推动农业经济发展中具有不可替代的作用。然而, 气候变化加剧、极端天气频发以及耕地资源约束日益突出, 对玉米生产的稳定性与可持续性构成严峻挑战。在此背景下, 选育兼具高产潜力与优良抗逆性的玉米新品种成为当前育种工作的核心目标。本文系统阐述了玉米丰产性与抗逆性的内涵与评价指标体系, 综述了传统育种与现代生物技术相结合的品种筛选策略, 并结合近年来我国在黄淮海、东北、西北等主产区开展的区域试验与示范推广案例, 分析了优质品种在实际生产中的表现与效益。研究表明, 构建科学、高效、多维度的综合评价体系, 是实现玉米品种“高产、稳产、绿色、高效”协同提升的关键路径。未来应进一步整合基因组选择、表型组学、人工智能等前沿技术, 推动玉米育种向精准化、智能化方向发展, 为国家粮食安全战略提供强有力的科技支撑。

关键词: 玉米; 丰产性; 抗逆性; 品种筛选; 综合评价; 育种应用

引言

德惠市农业综合行政执法大队相关负责人介绍, 玉米是世界三大粮食作物之一, 全球种植面积超2亿公顷, 总产量逾12亿吨。我国玉米播种面积和产量居粮食作物之首, 是重要口粮、饲料及深加工产业核心原料。随着人口增长、消费升级和畜牧业发展, 玉米需求持续增长。但玉米生产压力重重, 全球气候变化使非生物胁迫事件频发, 病虫害危害加重; 我国人均耕地有限, 中低产田多, 水肥利用效率低, 制约单产潜力释放。如今, 单纯高产难满足现代农业可持续发展需求, 亟需培育“抗逆高产”型玉米品种。丰产性体现品种在理想条件下的最大产量能力, 抗逆性体现品种在逆境中维持正常生理、减少产量损失的能力, 二者存在复杂互作关系, 理想育种目标是实现“高产基础上的稳产”^[1]。因此, 建立玉米品种丰产性与抗逆性综合评价体系, 开展高效筛选与定向改良, 对提升我国玉米产业竞争力、保障粮食安全意义重大。本文将梳理相关理论、方法、技术及实践, 为玉米育种与推广提供参考。

1 玉米丰产性与抗逆性的内涵与评价指标

1.1 丰产性的核心内涵与评价指标

丰产性不仅指品种在理想条件下的最大产量潜力 (YieldPotential), 更强调其在实际生产环境中的稳产能力 (YieldStability)。前者反映遗传潜力, 后者体现环境适应性。常用评价指标包括: (1) 平均产量 (MeanYield): 多点多年试验中的平均籽粒产量 (kg/ha), 是衡量丰产性的基础指标。(2) 产量稳定性系数 (StabilityCoefficient): 如Shukla稳定性方差、回归系数 (b_i) 等, 用于评

估品种在不同环境下的产量波动程度。(3) 收获指数 (HarvestIndex, HI): 籽粒产量与生物量之比, 反映光合产物向经济器官的分配效率。(4) 穗部性状: 如穗长、穗粗、行粒数、百粒重等, 直接影响最终产量构成。

1.2 抗逆性的分类与评价体系

抗逆性可分为非生物胁迫抗性与生物胁迫抗性两大类。

1.2.1 非生物胁迫抗性

(1) 抗旱性: 通过测定叶片相对含水量 (RWC)、气孔导度 (Gs)、根冠比、水分利用效率 (WUE) 等生理指标, 结合干旱胁迫下的产量损失率进行评价。(2) 耐高温性: 重点考察开花期高温对授粉结实的影响, 指标包括花粉活力、吐丝-散粉间隔 (ASI)、结实率等。(3) 耐涝性: 评估淹水条件下根系活力、叶绿素含量及恢复生长能力。(4) 耐盐碱性: 通过盐胁迫下的苗期存活率、株高抑制率、离子平衡 (Na^+/K^+ 比) 等指标衡量。

1.2.2 生物胁迫抗性

(1) 抗病性: 针对玉米大斑病、小斑病、南方锈病、茎腐病等主要病害, 采用田间自然发病或人工接种鉴定, 按病情指数 (DI) 分级评价^[2]。(2) 抗虫性: 重点防控玉米螟、草地贪夜蛾等, 通过虫口密度、蛀茎率、产量损失率等指标评估。

1.3 丰产性与抗逆性的协同关系

值得注意的是, 丰产性与抗逆性并非完全正相关。部分高产品种因代谢旺盛、组织柔嫩, 反而对逆境更为敏感; 而某些抗逆品种可能因资源分配偏向防御机制而导致产量潜力受限。因此, 理想的育种目标应是在维持较高产量潜力的前提下, 显著提升抗逆阈值, 实现“高产

基础上的稳产”。

2 综合评价模型的构建

为科学量化品种的综合表现,本文提出“丰产-抗逆”双维评价模型(Yield-StressResilienceIndex,YSRI):

$$YSRI = w_1 \cdot Y_n + w_2 \cdot S_y + w_3 \cdot R_d + w_4 \cdot R_h + w_5 \cdot R_p$$

其中:

Y_n : 标准化后的平均产量(归一化至0-1);

S_y : 产量稳定性得分(基于AMMI模型或GGE双标图计算);

R_d, R_h, R_p : 分别为抗旱性、耐高温性、抗病性综合评分(按1-5级赋分后标准化);

w_1-w_5 : 各指标权重,采用层次分析法(AHP)结合专家打分确定。

该模型可通过多点试验数据输入,自动计算各品种YSRI值,排序后筛选出综合表现最优者。

3 玉米品种筛选策略与技术进展

3.1 传统育种方法

尽管现代生物技术迅猛发展,传统育种方法仍是玉米品种选育的基石。杂交育种通过优良自交系间的测配组合,充分利用杂种优势,是当前主推品种的主要来源。然而,该方法依赖大量田间测配与多点测试,周期长、成本高。为提高效率,育种家常采用轮回选择策略,在基础群体中连续多代选择综合表现优异的个体进行互交,逐步聚合有利基因,改良群体整体遗传水平。穿梭育种则是应对我国生态多样性的重要手段,通过在海南冬季加代繁殖与北方夏季多点测试交替进行,不仅加快了世代进程,还同步筛选出具有广适性的材料。这些传统方法虽显“笨拙”,但在整合表型选择与经验判断方面仍具不可替代的优势,尤其在缺乏完善分子工具的地区。

3.2 现代生物技术辅助育种

近年来,分子生物学与信息技术的突破极大推动了玉米育种的精准化与高效化。分子标记辅助选择(MAS)利用与目标性状紧密连锁的DNA标记(如SNP),可在苗期甚至种子阶段快速筛选携带抗旱QTL(如ZmVPP1、ZmDREB2A)或抗病基因(如Ht1抗大斑病、Rpp13抗南方锈病)的个体,显著缩短育种周期并提高选择准确性。全基因组选择(GS)则更进一步,基于全基因组高密度SNP芯片数据构建预测模型,对尚未表型的个体进行育种值估计,尤其适用于受多基因控制的复杂性状。基因编辑技术(如CRISPR/Cas9)实现了对关键调控基因的精准修饰,例如敲除负调控抗旱基因ZmOST2可显著增强植株耐旱性,为创制新型抗逆种质提供了强大工具^[3]。与此同时,高通量表型平台的兴起彻底改变了田间数据采集

方式,无人机搭载多光谱、热成像传感器可无损、快速获取大田群体的株高、叶面积指数、冠层温度(反映水分状况)及病害分布等信息,为大规模筛选提供了海量、客观的表型数据支撑。

3.3 多组学整合分析

单一组学数据往往难以全面揭示复杂性状的调控机制。当前趋势是整合基因组、转录组、蛋白组与代谢组等多层组学信息,构建丰产与抗逆性状的分子调控网络。例如,通过联合分析干旱胁迫下的转录组与代谢组数据,可识别出关键的信号通路(如ABA信号通路)及其下游效应分子(如渗透调节物质合成酶);结合GWAS(全基因组关联分析)结果,还能定位调控这些通路的核心基因位点。这种系统生物学视角不仅深化了对抗逆机理的理解,也为设计育种提供了精准靶点,推动玉米育种从“经验驱动”向“知识驱动”转变。

4 应用实践与案例分析

4.1 黄淮海夏玉米区

黄淮海地区是我国最大的夏玉米主产区,光热资源丰富但降水时空分布不均,常在玉米抽雄吐丝期遭遇阶段性干旱(俗称“卡脖旱”),同时南方锈病近年呈爆发趋势。针对这一特点,育种家选育出如“登海605”、“郑单958”改良系及“京农科728”等一批兼具高产、耐密、抗倒伏与抗锈特性的品种。多年多点区域试验表明,这些品种在常规年份亩产可达700-800公斤,而在干旱年份,其减产幅度比普通对照品种低15%-20%,显示出良好的产量稳定性。其中,“京农科728”因早熟、脱水快,特别适合机械化籽粒直收,在该区推广面积迅速扩大。

4.2 东北春玉米区

东北地区春播玉米面临的主要限制因子是春季低温冷害和玉米螟危害。吉林省农业科学院选育的“吉单27”以其极强的耐寒性和早熟特性,在黑龙江北部等有效积温不足2200°C的高寒地区成功推广应用,实现了玉米种植北界的突破。该品种在低温条件下出苗整齐、幼苗生长稳健,且对玉米螟具有一定抗性,田间蛀茎率显著低于感虫品种。在正常年份,其亩产稳定在600公斤以上,为东北高寒区粮食增产提供了重要支撑。“龙单系列”品种也在黑龙江、内蒙古东部大面积种植,表现出良好的综合抗逆性与稳产性。

4.3 西北干旱半干旱区

甘肃、宁夏、新疆等地水资源极度匮乏,水分利用效率成为玉米高产的关键。甘肃省五谷种业选育的“五谷704”以及敦煌种业推出的“敦玉系列”品种,通过深根系、高水分利用效率(WUE)和强光合能力,在节水

10%–15%的条件下仍能实现8%–12%的增产。这些品种在覆膜滴灌等节水栽培模式下表现尤为突出,不仅提高了单产,还缓解了区域水资源压力,成为西北旱作农业绿色发展的典范。

4.4 盐碱地改良区

环渤海滨海地区分布着大面积的盐碱地,传统玉米品种难以正常出苗和生长。中国农业科学院与山东省农科院合作选育的“中玉303”和“鲁单9088”等耐盐品种,通过强化离子选择性吸收和渗透调节能力,在土壤电导率(EC)达4.0dS/m的中度盐碱地上,出苗率仍能保持在85%以上,成熟期植株生长正常,籽粒产量可达相邻非盐碱地块的70%以上。这些品种的推广应用,为盐碱地资源的农业利用开辟了新路径,对保障耕地红线具有战略意义。

5 讨论与展望

尽管我国玉米育种在丰产与抗逆协同改良方面取得显著进展,但仍面临诸多挑战。首先,抗逆性鉴定缺乏统一标准,不同科研单位采用的胁迫强度、评价时期和分级方法各异,导致数据难以横向比较,阻碍了种质资源的共享与利用。其次,田间实际常为干旱、高温、病害等多种胁迫并发的复合逆境,而现有评价体系多聚焦单一胁迫,难以真实反映品种在复杂环境下的综合表现^[4]。再者,当前主推品种遗传基础相对狭窄,多数源自少数骨干自交系,限制了突破性新品种的创制。最后,科研成果向田间应用的转化链条仍不够畅通,良种与良法配套不足,农户对新品种特性的认知有限,影响了品种潜力的充分发挥。

面向未来,玉米育种应着力推进以下方向:一是构建国家级玉米抗逆性鉴定与评价平台,制定统一的技术规程和数据标准,实现资源共享与结果互认;二是加强

多逆境复合胁迫下的生理与分子响应机制研究,利用可控环境设施模拟真实田间胁迫场景,挖掘共调控关键基因;三是大力拓展遗传基础,系统收集、鉴定地方品种和野生近缘种中的优异等位变异,通过远缘杂交或基因编辑引入现代育种体系;四是加速“智慧育种”体系建设,深度融合高通量表型、全基因组预测、人工智能算法与自动化育种平台,实现从“经验选择”到“模型预测”的范式转变;五是强化“品种—技术—服务”一体化推广模式,针对不同品种特性制定精准栽培技术规程,并通过农技培训提升农户科学用种水平。

6 结语

丰产性与抗逆性是现代玉米品种选育的两大核心支柱。本文系统论述了二者生物学内涵、评价指标体系构建方法、筛选技术路径及区域应用成效。研究表明,只有将高产潜力与对主要逆境因子的抗性有机结合,才能培育出真正适应气候变化、保障粮食安全的“绿色超级玉米”。未来,应持续深化基础研究,推动技术创新,完善评价体系,加速优质品种的推广应用,为实现玉米产业高质量发展和国家粮食安全战略目标提供坚实支撑。

参考文献

- [1]朱秀森,刘忠诚,李成军,等.玉米抗逆性新品种选育及配套栽培技术示范推广探究[J].中国种业,2025,(09):69–72.
- [2]王洪涛.玉米病虫害抗性品种筛选及其种植效益分析[J].当代农机,2025,(05):51+53.
- [3]许卫猛,邢永锋,周庆伟,等.黄淮海玉米品种丰产性、稳产性和适应性分析[J].分子植物育种,2025,23(08):2626–2633.
- [4]张世煌,等.玉米抗逆育种研究进展与展望[J].作物学报,2022,48(5):1021–1032.