

Promotion Pathways and Practical Optimization of Specialized Silage Corn in the Saline-Alkali Land of the Yellow River Delta

Xiaoji Liu¹ Wenjian Ma² Xiaoning Shang³ Shijin Guo² Xin Li^{2*}

1. Binzhou Guoxing Ecological Agriculture Development Co., Ltd., Binzhou, Shandong, 256606, China

2. Binzhou Institute of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Binzhou, Shandong, 256600, China

3. The People's Government of Yangliuxue Town Bincheng District, Binzhou, Shandong, 256655, China

Abstract

To develop saline-alkali land resources and promote sustainable agricultural development in the Yellow River Delta, a study was conducted using the "germplasm screening-technical system construction-smart management application" approach to analyze the feasibility and technical pathways of specialized silage corn cultivation. The results show that in saline-alkali land with water-soluble salt content $\leq 0.4\%$, by establishing a three-tier system of "germplasm resource bank-breeding research center-experimental demonstration base," selecting salt-tolerant varieties such as Lusi No.1, combining soil improvement, precision cultivation, and intelligent water-fertilizer integration management, silage corn yield per mu can reach 4,000-4,500 kg, significantly improving economic benefits. This indicates that the technology promotion model centered on "crop-land matching" can achieve high-quality agricultural development in saline-alkali land, providing an effective pathway for regional ecological restoration and resource utilization.

Keywords

Saline-alkali land; Silage corn; Promotion pathways; Practical optimization; Yellow River Delta; Water-fertilizer integration

青贮专用玉米在黄河三角洲盐碱地的推广路径与实践优化

刘晓吉¹ 马文健² 尚小宁³ 郭时金² 李新^{2*}

1. 滨州市国兴生态农业开发有限公司, 中国·山东 滨州 256606

2. 山东省滨州畜牧兽医研究院, 中国·山东 滨州 256600

3. 滨城区杨柳雪镇人民政府, 中国·山东 滨州 256655

摘要

为了开发黄河三角洲盐碱地资源、推动农业可持续发展, 试验采用“种质资源筛选—技术体系构建—智能管理应用”方法对青贮专用玉米的种植可行性与技术路径进行了研究。结果表明: 在水溶性盐含量 $\leq 0.4\%$ 的盐碱地, 通过构建“种质资源库—育种研发中心—试验示范基地”三级体系, 筛选鲁饲1号等耐盐碱品种, 结合土壤改良、精准栽培与水肥一体化智能管理, 青贮玉米亩产可达4000-4500 kg, 经济效益显著提升。说明“以种适地”为核心的技术推广模式可实现盐碱地农业高质量发展, 为区域生态修复与资源利用提供有效路径。

关键词

盐碱地; 青贮玉米; 推广路径; 实践优化; 黄河三角洲; 水肥一体化

【基金项目】2026年度滨州市社会科学规划课题(26-SKGH-068)山东省牧草产业技术体系滨州综合试验站(SDAIT-23-10); 山东省牛产业技术体系滨州综合试验站(SDAIT-09-12); 山东省科技特派员滨州市牛产业服务团。

【作者简介】刘晓吉(1982-), 男, 中国江苏连云港人, 本科, 助理农艺师, 从事现代农业研究。

【通讯作者】李新(1980-), 女, 中国山东高唐人, 本科, 畜牧师, 从事畜牧经济, 乡村振兴项目管理咨询研究。

1 引言

黄河三角洲盐碱地面积达1500万亩, 占山东省盐碱地总面积一半以上, 土壤盐渍化严重制约传统作物种植效益。青贮玉米作为高产优质饲草作物, 其耐盐碱特性与短生育期优势使其成为盐碱地农业开发的重要方向。然而, 现有研究多聚焦单一技术环节, 缺乏系统性推广模式与全链条优化方案。本研究通过整合种质资源创新、栽培技术研发与智能管理手段, 提出“以种适地”的推广路径, 旨在破解盐碱地种植瓶颈, 为区域农业绿色转型提供理论支撑与实践参考^[1-3]。

2 材料与方 法

2.1 试验地概况

选择滨州市黄河三角洲典型盐碱地,其主要成因包括:地下水位高导致盐分上升、蒸发量大加速地表积盐、不合理的灌溉方式(如大水漫灌)引发次生盐渍化。土壤含盐量普遍在0.4%-0.6%,pH值8.0-8.5,有机质含量 \leq 1.2%,地下水位1.2-1.5 m。试验地设3个重复区,每区面积5亩,开展为期3年的对比试验。

2.2 改良目标与原则

改良目标:降低土壤盐分,改善物理结构,提升肥力,实现作物稳产高产。

改良原则:因地制宜,工程与生物措施结合,短期改良与长期培肥并重,生态与经济效益协同。

2.3 青贮玉米复种饲用燕麦技术规程

2.3.1 播前准备

品种选择。通过田间耐盐性鉴定与分子标记辅助育种,筛选适宜盐碱地种植的青贮玉米品种,推荐鲁饲1号或峰单17等高抗盐碱、生物产量高的品种^[4-5]。

燕麦:选用国审或省审耐盐碱品种冀饲燕麦1号,种子质量符合GB/T 6142标准,要求纯度 \geq 95%,发芽率 \geq 85%。

土壤改良。深耕与平整:播种前深耕20-30cm,粉碎土块,确保地表平整,减少盐分表聚。

基肥施用:施入磷酸二铵20-30kg/亩,配合商品有机肥(如腐熟牛羊粪300kg/亩),肥料使用符合NY/T 496标准,深耕翻入土层。

灌溉压盐。播前进行冬灌或春灌,灌水量控制在80-100m³/亩,利用淡水淋洗土壤盐分,通过排水沟排出。

2.3.2 播种技术

播种时期。青贮玉米:6月中旬燕麦收获后复种,避免高温期盐害。

燕麦:3月上旬顶凌播种,利用低温抑制盐分上升。

播种方式与密度。青贮玉米:贴茬播种,密度3500-4000株/亩,种肥同播,施氮磷钾复合肥40-50kg/亩。

燕麦:条播,行距15-30cm,播深3-5cm,播后镇压;播种量10-15kg/亩。

2.3.3 田间管理

灌溉与施肥。青贮玉米:苗期、拔节期、灌浆期分次灌溉,总灌水量200-250m³/亩;拔节期追施尿素20kg/亩,灌浆期喷施磷酸二氢钾叶面肥。

燕麦:播后及时灌溉,拔节期追施尿素10-15kg/亩,结合灌溉施肥。

病虫害防治。遵循GB/T 8321农药合理使用准则,重点防治燕麦锈病、玉米螟等,采用生物农药(如枯草芽孢杆菌)与化学防治结合。

杂草控制。玉米播后苗前喷施丁一异一莠去津(总有效成分42%)150-200mL/亩,覆盖玉米行及邻行燕麦,注意药剂均匀。

2.3.4 收获与利用

青贮玉米:乳熟末期至蜡熟初期收获,全株粉碎青贮,确保干物质含量 \geq 30%。

燕麦:抽穗期刈割,留茬5-10cm,青贮或干草利用。

3 盐碱地综合治理策略

3.1 工程改良措施

排水系统建设:修建明沟或暗管排水,控制地下水位在1.5m以下。

覆盖保墒:玉米行间覆盖地膜或秸秆,减少蒸发,抑制盐分上升。

3.2 生物改良技术

种植耐盐先锋植物:如紫花苜蓿,通过根系分泌有机酸改良土壤结构。

微生物菌剂应用:拌种或土壤施入枯草芽孢杆菌等益生菌,增强根系抗盐能力。

3.3 农艺调控技术

“以盐治盐”灌溉:采用滴灌技术,结合水溶性改良剂(如矿源黄腐酸钾),精准调控根系层盐分^[6-8]。

分期营养管理:苗期喷施腐殖酸叶面肥,拔节期补充钙肥防倒伏,灌浆期强化磷钾供给。

表1 盐碱地改良剂配方表

改良剂类型	主要成分及配比	适用土壤类型	使用方法	注意事项
有机改良剂	腐殖酸(30%) + 秸秆粉(50%) + 微生物菌剂(20%)	中度盐碱地(含盐量0.3-0.5%)	撒施:每亩200-300kg,深耕翻入土壤	避免与碱性肥料混用,施后及时灌溉
化学改良剂	石膏(70%) + 硫酸亚铁(20%) + 磷石膏(10%)	重度盐碱地(含盐量 $>$ 0.5%)	撒施:每亩150-200kg,灌溉后翻耕	雨后施用效果更佳,避免过量导致土壤板结
生物改良剂	枯草芽孢杆菌(\geq 10亿/g) + 海藻提取物(5%)	各类盐碱地	拌种或土壤喷施:每亩2-3kg,播种前或苗期施用	储存于阴凉处,避免高温暴晒
复合改良剂	腐殖酸(20%) + 脱硫石膏(40%) + 微生物菌剂(15%) + 磷酸二铵(25%)	轻度盐碱地(含盐量 $<$ 0.3%)	撒施:每亩100-150kg,结合基肥施用	施后覆膜保墒,定期监测土壤pH值

备注:改良剂使用前需根据土壤检测报告(含盐量、pH值、养分状况)调整配比,建议由专业农技人员指导操作。

4 黄河三角洲盐碱地特征及青贮玉米种植可行性

黄河三角洲盐碱地耕层含盐量在 0.4%-0.6%，pH 值 8.0-8.5，有机质含量偏低。该区域年均降水量 550-650 mm，春旱秋涝显著。

耐盐碱适应性。筛选耐盐碱品种后产量损失可控。

轮作潜力。可与饲用燕麦复种，提高土地利用效率。

经济价值。亩产青贮饲料 4000-4500 kg，收益较传统作物提升 30% 以上。

生态修复功能。改善土壤结构，提升有机质含量。

5 青贮专用玉米推广路径

5.1 品种选育与种质资源体系构建

依托国家、山东省牧草产业技术体系科研团队及国家盐碱地综合利用技术创新中心，建立“种质资源库—育种研发中心—试验示范基地”三级体系。收集 3 万余份耐盐碱种质资源，筛选出鲁饲 1 号、峰单 17 等耐盐碱品种，应用分子标记辅助育种技术加速新品种选育进程^[4-5]。

5.2 技术推广模式创新

采用“政府引导+科研支撑+企业带动+农户参与”四级联动模式。即政府提供补贴与培训，科研单位指导技术，企业负责种子供应与收购，农户参与种植或土地流转，通过“田间课堂”等形式推广关键技术。

滨州无棣“企业+合作社+农户”联营模式。无棣县依托山东绿源农牧科技有限公司，构建“企业+合作社+农户”联营体系。企业负责青贮玉米种质资源库建设与新品种推广（如“鲁饲 1 号”），合作社承担技术培训与集中连片种植（面积达 2 万亩），农户通过订单农业保障收益。企业依托山东省牧草产业技术体系专家团队免费提供种质资源和技术服务，合作社组织农机社会化服务，农户按协议价格交售青贮玉米。该模式下，青贮玉米亩产稳定在 4500 kg 以上，企业实现年加工能力 5 万吨，农户亩均增收 800 元。

表 2 滨州无棣县联营模式效益分析

指标	传统种植	联营模式	提升幅度
青贮玉米产量 (kg/亩)	2800	4500	+60.7%
亩均收益 (元)	1500	2600	+73.3%
土壤含盐量 (%)	0.45	0.25	-44.4%
农户参与率	30%	80%	+166.7%

物联网智能管理平台应用。滨州市农业农村局联合华为技术有限公司，开发“盐碱地青贮玉米智慧农业平台”。平台集成土壤墒情监测、病虫害预警、水肥精准施用等功能，农户通过手机 APP 实时查看田间数据并接受管理建议。试点区域（如惠民县李庄镇）的水资源利用率提升 25%，化肥用量减少 18%，青贮玉米品质达标率提高至 95%。政府通过补贴方式为农户配备智能设备，企业负责平台运维，形成“政企农”三方协同的数字化推广路径。

6 结果与分析

6.1 品种适应性

田间试验表明，鲁饲 1 号、峰单 17 在盐碱地表现优异，亩产分别达 4500 kg、4200 kg，较对照品种增产 20%-25% ($P<0.05$)，且干物质含量 $\geq 30\%$ ，符合青贮标准^[9-10]。

6.2 改良效果

土壤盐分：改良后含盐量降至 0.2%-0.3%，pH 值稳定在 7.5-8.0。

有机质提升：由 1.2% 增至 1.5%-1.8%。

节水节肥：智能水肥一体化较传统管理节水 25%，化肥减量 18%，青贮玉米品质达标率提升至 95%^[11-12]。

6.3 推广模式效益

6.3.1 经济效益

亩均成本降低 12%，复种模式下，燕麦+青贮玉米年产值可达 3000 元/亩，较传统单作作物（如棉花）增收 50% 以上^[13]。

6.3.2 生态效益

改良后土壤结构孔隙度增加，生物多样性恢复，碳排放减少。

6.3.3 社会效益

推动盐碱地资源开发，保障饲料粮供给，助力畜牧业发展；促进乡村振兴，提升农户收入与土地可持续利用意识。

表 3 不同处理下青贮玉米产量与土壤指标对比

处理组	亩产 (kg)	土壤含盐量 (%)	pH 值	有机质 (%)
传统种植 (CK)	2800	0.45	8.2	1.2
综合改良组	4500	0.25	7.8	1.6
智能管理组	4200	0.28	7.9	1.5

7 讨论

7.1 “以种适地”模式的优点

耐盐碱品种与配套技术结合，验证了“以种适地”较“改地适种”更具生态经济性，适用于中轻度盐碱地^[14-15]。

7.2 智能技术的推广价值

结合物联网技术，构建盐碱地土壤盐分实时监测系统，精准调控灌溉施肥，显著提升了资源利用效率，但需解决农户操作能力与设备维护成本问题^[16-17]。

7.3 循环农业的必要性

构建“种植-养殖-还田”闭环（如青贮玉米饲喂肉牛，粪肥还田），可进一步放大综合效益，实现资源循环^[18]。

8 结语

青贮专用玉米在黄河三角洲盐碱地的推广验证了“以种适地”模式的可行性。通过构建“种质资源库—育种研发中心—试验示范基地”三级技术体系，筛选出鲁饲 1 号、峰单 17 等耐盐碱品种，在水溶性盐含量 $\leq 0.4\%$ 的地块实现亩产 4000-4500 kg，较传统作物增产显著。结合“政府引导

+ 科研支撑 + 企业带动 + 农户参与”的推广模式，有效提升了技术落地效率与农民参与积极性。实践表明，采用“以水压盐、以肥改土、以种抑盐”的综合改良策略，配合水肥一体化智能管理，可提升资源利用效率 20% 以上，降低化肥施用量 15%-20%，实现生态效益与经济效益协同发展。

参考文献

- [1] 赵可夫, 李法曾. 中国盐生植物[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [2] 张建国, 王克武, 等. 盐碱地治理与利用技术进展[J]. 农业工程学报, 2018, 34(10): 1-10.
- [3] 李新, 付世军, 等. 黄河三角洲盐碱地农业可持续发展路径研究[J]. 中国农学通报, 2020, 36(15): 130-135.
- [4] 郭世金, 刘继山, 等. 耐盐碱玉米种质资源的筛选与评价[J]. 作物杂志, 2022, (3): 45-52.
- [5] 谭延军, 付强, 等. 分子标记辅助选育耐盐碱青贮玉米新品种[J]. 玉米科学, 2023, 31(2): 20-27.
- [6] 王继宁, 李洪涛, 等. 盐碱地土壤改良剂应用效果研究[J]. 土壤通报, 2021, 52(4): 865-872.
- [7] 柴文波, 王军, 等. 沿海滩涂中轻度盐碱地青贮玉米栽培技术规程[J]. 江苏农业科学, 2024, 52(8): 1-6.
- [8] 田军仓, 迟铭, 等. 精准渗滤节水控盐技术在沙质盐碱地的应用[J]. 农业机械学报, 2025, 56(5): 123-130.
- [9] 姜慧新, 纪伟, 等. 青贮玉米品种峰单18的选育及在盐碱地的表现[J]. 饲料研究, 2024, (12): 10-16.
- [10] 贾春林, 袁超, 等. 青贮专用玉米新品种鲁饲1号的特性与栽培要点[J]. 山东农业科学, 2023, 55(6): 80-85.
- [11] 许瀚元, 李淑芬, 等. 水肥一体化对盐碱地青贮玉米产量及水分利用效率的影响[J]. 灌溉排水学报, 2022, 41(7): 32-38.
- [12] 祝庆, 杨欢, 等. 智能灌溉系统在盐碱地玉米种植中的应用效果分析[J]. 节水灌溉, 2023, (4): 50-56.
- [13] 国家盐碱地综合利用技术创新中心. 盐碱地农业经济效益评估方法与应用案例[M]. 北京: 中国农业出版社, 2023.
- [14] 联合国粮农组织. 盐碱地可持续农业管理指南[R]. 罗马: FAO, 2020.
- [15] 田兆山, 东营市丰彩农业服务有限公司. 青贮玉米峰单18在黄河三角洲盐碱地的种植实践报告[R]. 东营: 2024.
- [16] 农业农村部信息中心. 智慧农业技术推广现状与挑战分析[J]. 农业信息化, 2023, (3): 5-12.
- [17] 贾春林. 盐碱地智能管理平台构建与关键技术研究[D]. 山东农业大学博士学位论文, 2025.
- [18] 李洪涛, 祝庆, 等. 盐碱地循环农业模式构建及效益评价[J]. 生态经济, 2024, 40(2): 78-84.