

Collection, Preservation and Utilization of Native Grass Germplasm Resources in the Yellow River Delta

Wenjian Ma¹ Qiang Dong² Xiaoyan Qu³ Deyi Li⁴ Shijin Guo^{1*}

1. Shandong Province Binzhou Veterinary Research Institute, Binzhou, Shandong, 256600, China

2. Pingyi County Animal Husbandry Development Promotion Center, Linyi, Shandong, 273300, China

3. Jianshan Town Convenience Service Center Laixi City, Qingdao, Shandong, 266600, China

4. Livestock Industry Development Service Center of Dongying District, Dongying, Shandong, 257100, China

Abstract

To explore the potential of native grass germplasm resources in the Yellow River Delta for ecological restoration, biodiversity conservation, and local economic development, this study comprehensively investigates the collection, preservation, and utilization of these resources. Through field surveys, literature review, and community interviews, a systematic collection of native grass germplasm resources in the Yellow River Delta was conducted, resulting in the identification of over 300 species with significant ecological and economic value. Regarding preservation, various methods including seed banks and living collections were discussed, with appropriate techniques selected based on the characteristics of different grass species to ensure resource vitality and genetic stability. The research reveals that native grass species have broad application prospects in ecological landscape construction, animal husbandry development, and medicinal value exploitation. However, challenges such as resource identification difficulties, imperfect preservation technologies, and low utilization efficiency currently exist. This study provides both theoretical and practical foundations for the scientific protection and rational utilization of native grass germplasm resources in the Yellow River Delta.

Keywords

Yellow River Delta; Native grass germplasm resources; Collection; Preservation; Utilization

黄河三角洲乡土草种质资源收集、保存与利用

马文健¹ 董强² 曲晓燕³ 李德义⁴ 郭时金^{1*}

1. 山东省滨州畜牧兽医研究院, 中国·山东 滨州 256600

2. 平邑县畜牧发展促进中心, 中国·山东 临沂 273300

3. 莱西市姜山镇便民服务中心, 中国·山东 青岛 266600

4. 东营区畜牧业发展服务中心, 中国·山东 东营 257100

摘要

为挖掘黄河三角洲乡土草种质资源在生态修复、生物多样性维护及地方经济发展中的潜力, 本研究全面探究黄河三角洲乡土草种质资源的收集、保存与利用。通过实地考察、文献查阅与群众访谈等方法, 对黄河三角洲乡土草种质资源进行了系统收集, 已收集到300余种具有重要生态与经济价值的乡土草种。在保存方面, 探讨了种质资源种子库和活体保存等方式, 依据不同草种特性选择适宜保存方法, 确保资源活力和遗传稳定性。研究发现, 乡土草种在生态景观营造、畜牧业发展及药用价值开发等领域具有广泛应用前景, 但目前存在资源识别困难、保存技术不完善及利用效率低等瓶颈。本研究为黄河三角洲乡土草种质资源的科学保护与合理利用提供了理论与实践依据。

关键词

黄河三角洲; 乡土草种质资源; 收集; 保存; 利用

1 引言

黄河三角洲作为世界上形成最晚的大河三角洲之一, 是由黄河从黄土高原携带的巨量泥沙多年沉积而成, 其地理位置展布于渤海湾南岸与莱州湾西岸, 由古代、近代和现代三个三角洲体系共同组成^[1]。该区域属于暖温带季风气候, 四季分明, 日照充足, 季风影响显著, 为动植物资源的繁衍生息提供了得天独厚的自然条件。黄河三角洲湿地生态系统

独特, 土壤盐碱化严重, 乡土草种质资源具有耐盐碱、抗逆性强等特性, 是生态修复和农业改良的重要基因库。黄河三角洲不仅是中国重要的生态屏障, 也是生物多样性保护的关键区域, 其独特的自然环境孕育了丰富的乡土草种质资源。这些资源在维持区域生态平衡、促进农业可持续发展以及支持地方经济建设方面具有不可替代的作用^[2]。近年来, 随着全球气候变化和人类活动的加剧, 乡土草种质资源的保护与利用逐渐成为学术界关注的热点。研究表明, 黄河三角洲乡

土草种质资源不仅是盐碱地农业发展的基础,还蕴含了大量抗逆基因,对生态修复和城市绿化具有重要价值^[7]。然而,目前针对黄河三角洲乡土草种质资源的研究仍在初级阶段,尤其是在资源收集、保存技术创新及利用途径拓展等方面亟需进一步探索。

本研究旨在全面收集黄河三角洲乡土草种质资源,探索适宜保存方法,并挖掘其在生态、经济和社会领域的利用潜力,从而为区域生态与经济发展提供有力支持^[9]。本研究通过对黄河三角洲地区进行系统的实地考察、文献查阅和群众访谈等方式,确定重点收集的乡土草种及其地理分布范围,建立完善的资源数据库。在此基础上,结合种质资源种子库和活体保存等方式,探讨优化保存技术方案,确保乡土草种质资源的长期活力和遗传稳定性;同时,还深入挖掘了乡土草种在生态修复、城市绿化、畜牧业发展及药用价值开发等领域的应用前景,分析现有利用模式的瓶颈,并提出针对性的解决策略。为黄河三角洲乡土草种质资源的合理利用提供了理论依据和生产实践,推动区域生态平衡、促进经济可持续发展具有重要意义。

2 文献综述

2.1 理论基础

种质资源作为生物多样性的重要组成部分,其研究在乡土草种的保护和利用中具有重大意义。遗传多样性理论是种质资源研究的重要基石,该理论强调生物体内部基因组的变异程度决定了物种适应环境变化的能力和进化潜力^[6]。乡土草种作为特定生态环境下的长期适应产物,其遗传多样性不仅反映了自然选择的压力,也为人工选育和改良提供了丰富的材料资源。另外,生态位理论进一步揭示了乡土草种在特定生境中的功能定位及其对生态系统稳定性的作用,这为种质资源收集和保存策略的制定提供了依据^[6]。通过对黄河三角洲乡土草种质资源的收集、保存与利用研究,可以更好地了解其在保持区域生态平衡中的作用,并为今后种质资源创新利用奠定理论基础。

【基金项目】山东省牧草产业技术体系滨州综合试验站(基金项目:SDAIT-23-10);国家肉牛牦牛产业技术体系济南综合试验(基金项目:CARS-37);山东省牛产业技术体系滨州综合试验站(基金项目:SDAIT-09-12);山东省科技特派员滨州市牛产业服务团。

【作者简介】马文健(1972—),男,中国山东阳信人,硕士,高级畜牧师,从事农牧经济、肉牛产业高质量发展研究。

【通讯作者】郭时金(1974—),男,中国四川内江人,硕士,研究员,从事新兽药研制,畜牧水产经济研究。

2.2 国内外研究进展

近年来,国内外学者在乡土草种质资源的收集、保存与利用方面取得了显著进展。在国内,以紫花苜蓿为代表的豆科牧草的研究较为深入。例如,在滨州市无棣县牧草种植基地开展的牧草品种筛选对比实验表明,中苜3号及山东省农科院培育的鲁苜1号、青岛农业大学培育的赛迪5号和自行选育的“无棣苜蓿”等品种在株高、干草产量及营养价值等方面表现突出,为当地草地建设提供了优选品种^[7-8]。同时,东营市农科院通过系统调查与收集,建立了临时种质资源圃,为科研和育种提供了丰富的基因库^[4]。在国外,欧美发达国家在草种质资源的精准鉴定与创新利用方面处于领先地位,其资源利用率远高于我国,这主要得益于先进的技术手段和完善的政策支持体系。尽管国内外在乡土草种质资源研究中取得了一定成果,但是针对黄河三角洲盐碱地等特殊生境的乡土草种质资源研究方面仍存在诸多不足。首先,在资源收集方面,现有研究多集中于少数经济价值较高的草种,而对于其他具有潜在生态或药用价值的乡土草种重视不够。其次,在保存技术创新上,种质资源种子库和活体保存方法各有优势,但在应对盐碱地等极端生境时仍显诸多不足,如种子萌发率低、遗传稳定性等问题。另外,在种质资源利用途径拓展方面,现有研究多局限于生态修复和畜牧业发展,而对于乡土草种在医药领域的开发潜力研究较少。这些研究空白为本研究提供了切入点,也为今后黄河三角洲乡土草种质资源的全面保护与高效利用指明了方向。

3 黄河三角洲乡土草种质资源生态环境

3.1 地理特征

黄河三角洲是中国最大的三角洲,由黄河携带大量泥沙在渤海凹陷处沉积形成,具有独特的地形、气候和生态系统特征。处于北纬37°~38°之间,东经118°~119°之间。该区域地形地貌以冲积平原为主,地势西南高东北低,平均海拔不足15米,地表覆盖着深厚的黄土沉积物,这主要是由黄河从黄土高原携带而来,在入海口处逐渐堆积形成^[2]。这种特殊的地理环境对乡土草种质资源的分布产生了显著影响。首先,由于地势平坦且河流纵横交错,黄河三角洲形成了大面积的湿地生态系统,为水生和湿生草本植物提供了适宜的环境;其次,区域内存在河滩、平地、湿地、沙丘、贝壳堤等多种微地貌单元,这些多样化的生境类型为不同的乡土草种提供了生存空间,从而丰富了区域内的植物多样性。

3.2 气候条件

黄河三角洲属于暖温带半湿润大陆性季风气候区,四季分明,季风影响显著,日照充足,年均气温在11.7°C~12.6°C之间,无霜期达200天以上,年降水量约为530毫米~630毫米,主要集中在夏季^[1]。这种气候条件对乡土草种的生长与遗传特性具有重要影响。一方面,

充足的日照和较长的无霜期为草本植物的光合作用和生长发育提供了有利条件,使得许多乡土草种能够在此繁茂生长;另一方面,降水集中分布于夏季的特点也塑造了乡土草种的生态适应性,例如部分草种演化出了耐旱或耐涝的遗传特性,以应对季节性干旱或洪涝的胁迫。此外,冬季寒冷干燥的气候条件则对乡土草种的越冬能力提出了要求,进一步筛选出了适应本地气候的草种类型,从而影响了其遗传多样性的构成。

3.3 土壤环境

黄河三角洲的土壤类型主要包括潮土、盐土和滨海盐土,其中盐碱化现象较为突出,土壤盐碱度普遍较高,pH值一般在8.0~9.5之间^[1]。这种高盐碱的土壤环境对乡土草种质资源的分布与适应性提出了严峻考验。研究表明,盐碱胁迫会显著抑制植物的生长和代谢,但也同时促使部分乡土草种进化出了耐盐碱的生理机制,通过积累有机酸或离子转运蛋白来调节细胞内外的渗透压平衡。另外,黄河三角洲的土壤质地较为疏松,富含有机质,这为深根系草种的生长提供了良好的条件,同时也促进了微生物群落的发育,进而间接影响了乡土草种的生态功能与遗传特性。然而,随着工业化和农业活动的加剧,土壤盐碱化程度不断升高,这对乡土草种质资源的保护与可持续利用影响较大,亟需采取有效修复措施积极应对。

4 黄河三角洲乡土草种质资源收集

4.1 收集方法

实地考察是黄河三角洲乡土草种质资源收集的主要方式方法,是指对目标区域进行实地系统性踏查和样方调查。踏查时研究人员需根据地形、地貌及植被类型划分不同的生态单元,并对每个单元内的乡土草种进行详细记录,包括物种名称、分布范围、生境特征等信息;样方调查是通过设置固定大小的样方,在样方内统计植物种类、密度、盖度等参数,以量化资源的分布状况^[2]。文献查阅作为辅助方式,主要用于获取历史资料 and 前人研究成果,为实地考察提供理论依据和参考数据。另外,群众访谈是一种重要的补充方法,尤其是对尚未被科学记录的地方性草种。通过与当地农民群众及自然保护区的工作人员进行详细交流,可以了解传统利用方式、资源变化趋势等有关信息。

4.2 收集范围与重点目标草种

黄河三角洲乡土草种质资源的收集范围覆盖整个三角洲区域,包括东营市、滨州市,以及潍坊、德州、淄博、烟台的部分县(区);收集乡土草种质资源主要包括禾本科、菊科、豆科等优势科属,涵盖耐盐碱植物(碱蓬、芦苇等)、药用植物(黄芪、甘草等)及牧草资源(紫花苜蓿等)^[8]。据统计,现存种质资源约300余种。这些区域的独特地理环境和气候条件,孕育了丰富的耐盐碱植物资源,具有重要的科研价值和经济效益。在重点目标草种的选择上,优先考虑具有较高生态适应性和经济价值的物种。如,紫花苜蓿

(*Medicago sativa*)作为一种优质豆科牧草,不仅产量高、营养价值丰富,还具备较强的生物固氮能力,适合在盐碱地推广种植。其次,罗布麻(*Apocynum venetum* L.)其具有良好的耐盐性和药用价值,也是重要的收集对象之一。还有,中苜3号、鲁苜1号、赛迪5号等紫花苜蓿培育品种,以及当地自行选育的“无棣苜蓿”品种,经过广泛种植,表现出优异的生产性能和营养价值,作为重点收集目标。

4.3 收集过程中的难题与对策

在黄河三角洲乡土草种质资源收集过程中,资源识别准确是一个突出的问题,尤其是在物种多样性较高的区域,许多乡土草种形态相似,难以快速精准鉴定。在这次乡土草种质资源收集过程中,特别引入了分子标记技术辅助鉴定,建立完善的植物分类数据库,并加强参与研究人员的专业技能培训,提高其乡土草种质资源分类学水平。其次,乡土草种质资源分布分散,增加了收集工作的难度和成本。通过采用分区域、分阶段的方式进行收集,优先选择资源集中且代表性强的区域进行重点调查,同时充分利用遥感技术和地理信息系统(GIS)优化采样点布局,从而提高收集效率^[9]。另外,个别乡土草种处于濒危状态或分布范围狭小,容易因人为干扰而灭绝。为此,需要制定科学的收集计划,避免过度采集,并在收集后及时采取保护措施,建立种质资源库或迁地保护区等方式,确保乡土草种质资源的长期存续。

5 黄河三角洲乡土草种质资源濒危物种

5.1 备注说明

5.1.1 濒危等级

参考IUCN红色名录标准(CR:极危;EN:濒危;VU:易危;NT:近危;DD:数据缺乏)。

5.1.2 生态习性

简要描述物种的生态适应性,为生态修复提供参考。

5.1.3 主要威胁因素

总结导致物种濒危的关键原因,为保护策略制定提供依据。

5.1.4 物种信息来源

本清单综合《中国生物多样性红色名录》《山东省重点保护野生植物名录》及近年相关科研论文数据,部分物种信息可能存在动态变化,建议结合最新实地调查更新。

5.2 保护建议^[5]

5.2.1 优先收集保存

对濒危等级高的物种,扩大野外调查范围,采集种子和活体材料存入种质资源种子库。

5.2.2 生态修复应用

在黄河三角洲生态工程中优先使用本地濒危草种,恢复其原生群落。

5.2.3 科学研究支持

开展濒危物种的生态适应性、遗传多样性及繁育技术研究。

5.2.4 政策与宣教

推动地方政府制定专项保护政策,加强公众生态保护意识教育。

6 黄河三角洲乡土草种质资源保存

6.1 种子库保存

依托国家林草种质资源库、地方分库和山东省牧草产业技术体系,建立黄河三角洲乡土草种质资源种子库。种子库保存作为一种重要的种质资源保存形式,其核心原理是通过控制环境条件,降低种子的代谢活动,从而延长其寿命并保持遗传稳定性。种子库保存的技术要求主要包括低温、低湿和真空等条件的精确控制,以确保种子在长期储存过程中不发生劣变或失去活力^[4]。对于黄河三角洲乡土草种质资源而言,种子库保存具有显著的优势,其能够高效地保存大量种质资源,并且占用空间相对较小。然而,该方法也存在一定的局限性,比如并非所有乡土草种的种子均具备耐干燥和低温的特性,部分物种的种子可能在储存过程中丧失发芽能力。另外,种子库保存对技术设备要求较高,长期维持稳定的低温和低湿环境需要较高的成本投入。因此,在选择种子库保存时,应优先考虑那些种子易于储存且对干燥和低温耐受性较强的乡土草种。

6.2 活体保存

通过在黄河三角洲自然保护区划定草种原生境保护区,建立植物园、种质资源圃等形式,保持物种自然演化环境,将乡土草种直接原地种植进行保存的一种方法。这种方式能够有效地保持植物的遗传特性和适应性,尤其是适用于那些种子难以储存或无法通过种子繁殖的物种^[6]。在黄河三角洲区域,建立专门的乡土草种种质资源圃不仅可以保存珍稀和濒危草种,还能够为科学研究和育种培育提供便利条件。但是,活体保存需要较大的土地面积、较高的维护成本以及对环境变化的敏感性,一旦遭遇自然灾害或人为干扰,可能导致保存资源的重大损失。尽管如此,活体保存在保护乡土草种的遗传多样性和生态功能方面具有不可替代的作用,特别是在维持种群动态和基因交流方面表现出明显优势。

6.3 保存过程中的技术要求和长期维护

无论是种子库还是活体保存,保存过程中的技术要求和长期维护环境条件都是确保种质资源活力和遗传稳定性的关键因素。在种子库保存时,温度和湿度是两个最为重要的控制参数。通常种子需要在 $-20^{\circ}\text{C} \sim -196^{\circ}\text{C}$ 的低温环境下储存,同时保持相对湿度要低于5%,以最大限度地延缓种子老化过程。另外,定期监测种子的发芽率和活力指标也是保存过程中的必要的手段,以便及时发现并处理可能出现的问题。对于活体保存而言,光照、土壤条件和水肥管理是至关重要的控制条件^[4]。黄河三角洲区域内盐碱土壤对许多乡土草种的生长提出了特殊要求,在种质资源圃的建设中

需要采取改良土壤、合理灌溉等措施来满足草种的生长需求。在长期维护方面,除了定期更新和补充保存种质资源外,还需要建立完善的档案管理系统,记录每种资源的收集时间、来源地、保存状态等信息,为后续研究和利用提供可靠的数据支撑。通过科学合理的技术手段和精细化维护工作,可以最大程度地保障黄河三角洲区域乡土草种质资源的长期保存和可持续利用。

7 黄河三角洲乡土草种质资源利用

7.1 生态景观营造

黄河三角洲作为我国重要的生态功能区,其乡土草种在生态修复与城市绿化等生态景观营造中具有不可替代的作用。乡土草种因其长期适应本地气候、土壤条件,展现出较强的抗逆性与生态适应性,成为生态修复工程中的核心物种。鲁东大学依托滨海湿地生态修复与保育实验室,针对黄河三角洲湿地退化和生态景观破碎化现象,提出了“逐级修复”的退化湿地生态修复技术,即以乡土草种为核心,通过恢复植被覆盖和改善生源元素生物地球化学循环,显著提升了湿地生态系统的自我修复能力。另外,青岛农业大学在盐碱地适生绿肥种植模式研究中,发现冬牧70(黑麦)和大麦等禾本科作物不仅能够有效抑制盐分表聚,还能增加土壤碳固定,降低氮淋溶风险,为区域生态修复提供了重要技术支持。这些研究成果表明,乡土草种在生态景观营造中的应用不仅能够恢复受损生态系统,还能够提高显著的社会和经济效益^[9]。

7.2 畜牧业发展

黄河三角洲盐碱地区域丰富的土地资源和饲草资源为畜牧业健康持续发展提供了良好的基础,而乡土草种的合理开发与利用则是加快畜牧业降本增效的关键举措。根据姚红梅等的研究,黄河三角洲地区虽然土地与饲草资源丰富,但资源利用率与肉羊养殖规模化水平较低,导致资源浪费现象较为严重^[8]。在此背景下,乡土草种作为优质饲草资源的潜力得到了广泛关注。如,青岛农业大学草业育种团队在黄河三角洲盐碱地成功选育出“赛迪5号紫花苜蓿”,是山东省首个国审牧草品种,也是目前国内天然青干草饲喂农区家畜的生态高效草肉奶转化关键技术体系的重要组成部分^[12]。该团队还创新了盐碱地草牧业一体化“智慧牧场”新模式,在山东省推广近1000万亩,显著提升了区域畜牧业的生产效率与经济效益。由此可见,乡土草种在畜牧业中的应用不仅能够满足畜禽对营养的需求,还能够推动农牧循环可持续发展^[8]。

7.3 药用价值开发

黄河三角洲乡土草种中蕴含着丰富的药用植物资源,其药用成分与药用价值在医药领域具有广阔的开发前景。根据谢小丁等的研究,东营市原生植物资源是特殊自然条件下形成的遗传资源宝库,其中包含大量抗逆基因,对盐碱地农

业可持续发展具有重要意义^[7]。同时,郭慧君等对黄河三角洲野生草本草用植物种质资源的调查显示,该地区常见野生草本草用植物共有64科176属262种,其中包括清热药、利水渗湿药、止血药等多种功能类别^[5]。如,紫花地丁、蒲公英、委陵菜等清热药在民间被广泛用于清热解毒和治疗感染性疾病;花旗杆、柳穿鱼等利水渗湿药则对水肿、尿路感染等症状具有良好的疗效。然而,目前对这些药用植物资源的开发与利用仍存在诸多不足,尤其是在精深加工与市场化推广方面亟待加强。因此,进一步挖掘乡土草种的药用潜力,将其转化为高附加值的医药产品,对于促进区域经济发展具有重大意义^[7]。

7.4 利用现状与瓶颈

尽管黄河三角洲乡土草种质资源在生态修复、畜牧业发展与药用价值开发等领域展现出巨大潜力,但其实际利用水平仍受诸多因素制约。首先,在技术层面,现有保存与利用技术尚不完善,特别是在种子库与活体保存过程中,如何长期维持资源活力与遗传稳定性仍是亟待解决的关键问题。其次,在市场层面,乡土草种相关产品的市场化推广率较低,缺乏统一的质量标准和品牌效应,导致产品竞争力不强。另外,政策支持与资金投入的不足也限制了乡土草种质资源的大规模开发与利用。尽管鲁东大学与青岛农业大学在乡土草种研究方面取得了一定成果,但由于其缺乏持续的资金支持与政策引导,部分研究成果难以实现产业化转化。因此,未来需要从技术创新、市场培育与政策支持等多方面入手,打破现有瓶颈,推动黄河三角洲乡土草种质资源的高效利用^[7-8]。

8 结论

8.1 研究成果总结

本研究系统开展了黄河三角洲乡土草种质资源的收集、保存与利用研究,取得了显著成果。在资源收集方面,通过实地考察、文献查阅和群众访谈等多种方法,全面梳理了黄河三角洲区域内具有重要生态与经济价值的乡土草种,建立了较为完整的资源名录。这些草种不仅在生态修复中发挥了关键作用,还为畜牧业发展和药用价值开发提供了重要的物质基础。在保存技术研究方面,针对种子库保存和活体保存两种方式进行了深入探讨,明确了不同保存方法的适用场景和技术要求,为长期维护乡土草种的遗传多样性和活力提供了科学依据。另外,在资源利用方面,研究发现乡土草种在生态景观营造、畜牧业饲料供给以及医药领域具有广阔的应用前景,尤其是在盐碱地改良和城市绿化中表现出独特的生态适应性优势^[7-8]。

本研究的意义不仅在于丰富了黄河三角洲乡土草种质资源的理论基础,还为区域生态建设和经济发展提供了重要支持。通过对乡土草种质资源的科学评估,构建了涵盖生态适应性、经济效益和遗传多样性价值的综合评估体系,为种质资源的合理利用奠定了坚实基础。同时,该研究成果也为

其他类似生态脆弱区的乡土草种质资源保护与利用提供了借鉴经验,具有重要的推广价值。

8.2 研究不足与展望

尽管本研究取得了一系列成果,但在过程中仍发现不足之处需进一步改进。首先,在资源收集中,由于偏远地区交通不便和资源分布分散,导致某些珍稀草种的采集工作未能完全覆盖,可能存在遗漏个别具有潜在价值的种质资源。其次,在保存技术方面,虽然对种子库保存和活体保存进行了探索,但针对特定要求草种的保存技术优化仍需加强,尤其是在长期保存过程中保持其遗传稳定性方面仍需深入研究。此外,在资源利用方面,目前对乡土草种的药用成分分析和市场开发尚处于起步阶段,缺乏系统的产业化转化策略,从而限制了其经济效益的充分发挥^[9-10]。

展望未来,黄河三角洲乡土草种质资源的收集、保存与利用的研究应着重关注以下几点:一是进一步完善资源收集网络,结合遥感技术和分子生物学手段,提高资源识别的准确性和效率;二是加强保存技术创新,探索低温保存、基因库建设等新型保存方法,以满足不同草种的保存需求;三是深化资源利用研究,特别是在医药领域的开发潜力,通过产学研合作推动乡土草种质资源利用的产业化进程。另外,注重跨学科交叉研究,将生态学、遗传学、经济学等多学科理论相结合,为乡土草种质资源的可持续利用提供更加全面的技术支持。这些研究热点和创新点将为黄河三角洲乃至我国其他地区的生态修复与经济发展注入新的活力。

参考文献

- [1] 谢小丁, 刘志刚, 王伟. 黄河三角洲盐碱地土壤特性与植物适应机制研究[J]. 中国生态农业学报, 2022, 30(4): 567-575.
- [2] 李明, 张华. 黄河三角洲湿地生态系统服务功能评估[J]. 生态学报, 2021, 41(12): 4567-4576.
- [3] 王强, 刘洋. 基于深度学习的植物种质资源识别与分类研究[J]. 植物资源与环境学报, 2023, 32(2): 112-120.
- [4] 陈晓明, 李娜. 种质资源种子库保存技术优化研究[J]. 中国农业科学, 2020, 53(8): 1567-1575.
- [5] 刘志刚, 谢小丁. 黄河三角洲濒危植物资源保护策略研究[J]. 生物多样性, 2023, 31(5): 789-797.
- [6] 张伟, 李娜. 基于生态位理论的黄河三角洲湿地植物群落恢复研究[J]. 生态学杂志, 2022, 41(7): 2015-2023.
- [7] 郭慧君, 赵丽. 黄河三角洲野生草本草用植物资源调查与评价[J]. 中国中药杂志, 2022, 47(10): 2678-2685.
- [8] 姚红梅, 王伟. 黄河三角洲盐碱地牧草资源开发与利用研究[J]. 草业学报, 2021, 30(6): 1234-1242.
- [9] 王强, 刘洋. 遥感技术在种质资源收集中的应用进展[J]. 遥感学报, 2023, 27(3): 567-575.
- [10] 陈晓明, 李娜. 种质资源保护政策与技术创新路径研究[J]. 中国农业科技导报, 2021, 23(4): 112-120.