

肿柄菊在环境修复及资源化利用方面的应用研究综述

庞海媛, 刘旭辉, 覃勇荣*, 杨 辉

河池学院化学与生物工程学院, 广西 河池

收稿日期: 2026年7月31日; 录用日期: 2026年8月30日; 发布日期: 2026年9月9日

摘 要

为了深入挖掘外来植物肿柄菊在生态环境保护及资源化利用方面的潜力, 变废为宝, 作者查阅了国内外相关文献资料, 分析说明了肿柄菊的生长特性、植株形态结构特征及其与生态功能之间的内在联系, 系统梳理了该物种在土壤改良、污染环境修复、农业面源污染防控、生态农业、医疗保健、优质饲料开发等领域的应用现状及作用效果, 在说明肿柄菊利用价值的同时, 也客观分析了其资源化利用过程中可能存在的生态风险, 并提出了相应的管控对策和措施, 旨在为外来植物的变害为利、充分发挥其生态效益提供理论依据和技术参考。

关键词

外来植物, 肿柄菊, 资源化利用, 环境修复

A Review on the Application of *Tithonia diversifolia* A. Gray in Environmental Remediation and Resource Utilization

Haiyuan Pang, Xuhui Liu, Yongrong Qin*, Hui Yang

School of Chemistry and Bioengineering, Hechi University, Hechi Guangxi

Received: July 31, 2026; accepted: August 30, 2026; published: September 9, 2026

Abstract

To thoroughly explore the potential of the invasive plant *Tithonia diversifolia* A. Gray in ecological conservation and resource utilization, transforming waste into valuable resources, the author reviewed

*通讯作者。

文章引用: 庞海媛, 刘旭辉, 覃勇荣, 杨辉. 肿柄菊在环境修复及资源化利用方面的应用研究综述[J]. 环境保护前沿, 2026, 16(9): 1449-1457. DOI: 10.12677/aep.2026.169146

domestic and international literature, analyzing the growth characteristics, morphological structure, and intrinsic connections with ecological functions. The study systematically examined the current applications and effects of this species in soil improvement, environmental remediation, agricultural non-point source pollution control, ecological agriculture, healthcare, and high-quality feed development. While highlighting the utilization value of *Tithonia diversifolia* A. Gray, it also objectively assessed potential ecological risks during its resource utilization and proposed corresponding management strategies and measures. The aim is to provide a theoretical basis and technical reference for converting the harm of invasive plants into benefits and fully leveraging their ecological benefits.

Keywords

Exotic Plants, *Tithonia diversifolia* A. Gray, Resource Utilization, Environmental Remediation

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

肿柄菊(*Tithonia diversifolia* A. Gray)是菊科肿柄菊属植物,一年生高大草本,原产于中美洲热带及亚热带地区,适宜在光照充足、温暖湿润的环境中生长,具有极强的环境适应性,耐干旱、耐贫瘠,可在沙质土、坡地、荒地及受扰动土壤中正常定植,目前已广泛扩散至我国云南、广东、广西等南方地区,并形成一定的入侵态势[1][2]。近年来,围绕肿柄菊的生物质炭化还田、作为土壤改良剂、重金属及有机污染物植物修复载体、农田养分调控等方面的研究不断增多,同时其化学成分与药理作用的相关研究,也为其综合利用提供了重要的理论支撑[3]。笔者根据已发表的相关文献,在认真梳理前人的实验研究成果基础上,从土壤生态改良、污染环境修复、生态农业应用三大核心生态环保维度,分析说明肿柄菊的应用效果与作用机制,同时结合其入侵特性提出风险管控建议,旨在推动其从“入侵有害物种”向“生态环保资源”转变。

2. 研究的目的意义

本文旨在系统阐明肿柄菊的形态结构特征、生理生态特性及其作为环境修复材料的优势,总结其在土壤改良、污染修复、生态农业等领域的应用效果与作用机制,梳理国内外相关研究进展,明确当前研究与实际应用中存在的核心问题,提出科学可行、风险可控的利用对策,为肿柄菊在生态环境治理领域的合理开发、规范化应用提供理论支撑与技术思路。理论上,本研究可进一步完善外来入侵植物资源化利用的理论体系,丰富生态修复植物材料的研究范畴,深化植物形态结构、生理特性与生态环保功能关联性的研究,为同类入侵植物的资源化利用提供理论借鉴;实践上,可实现肿柄菊“变废为宝、以用代治”目标,既能为退化土壤改良、矿区污染环境修复、农业面源污染治理提供低成本绿色材料,又能有效管控其入侵扩散风险,减少化学农药与人工修复剂的使用,兼顾生态效益、经济效益与社会效益,进一步推动热带、亚热带地区生态农业与环境治理协同发展。

3. 肿柄菊的研究进展

3.1. 土壤改良与农业推广应用

肿柄菊生物量大,富含氮、磷、钾等各种营养元素,是热带贫瘠耕地优质的绿色有机肥源。其残体

还田可显著提升土壤有机质、阳离子交换量及速效氮、磷、钾含量,有效改良酸化黏重土壤结构,促进秋葵、番茄、辣椒、山药、木薯等热带作物生长,提高作物产量,增加果实矿质营养积累,改善农产品的品质[4]-[7]。Adekiya 等在稀树草原阿尔福尔开展木薯田间实验进一步证实,肿柄菊与牛粪搭配施用,可达到与化肥相当的增产效果,且种植经济效益更高,适合非洲热带地区低成本有机农业推广[8]。Nantambi 等通过配比优化实验,发现肿柄菊、鸡粪与生物炭复合堆肥,可显著提升肥料养分含量与稳定性,降低肥害风险,更适合田间规模化施用[9]。此外,肿柄菊生物炭可改善土壤 pH、有机碳储量与保肥能力,促进园艺作物生长。印尼、东南亚及西非多地的试验,相继明确了肿柄菊堆肥、液态肥在辣椒、葱、番茄育苗中的最佳施用模式[10]-[12]。立足于“入侵杂草资源化”的研究思路,人们进一步挖掘了肿柄菊的农用开发价值。从养分检测的结果来看,肿柄菊的粗蛋白含量比较高,若与其他矿质元素通过配比均衡,该植物有望成为一种新型高蛋白饲草原料[2];同时,肿柄菊粗提取物对果蝇兼具触杀、胃毒趋避与熏蒸多重杀虫活性,多样化的作用位点,使肿柄菊提取物不易诱杀害虫的抗药性,从而具有复合型植物源驱虫、杀虫剂的优良特性[13]。相关研究结果表明,肿柄菊还田能够优化土壤结构、提高土壤肥力,有利于我国南方贫瘠退化耕地的地力修复[14]。除此之外,肿柄菊粗提取物表现出优异的除草、抑菌、杀虫及杀线虫效果,是研发植物源绿色农药的优质原料,与当下绿色农业、病虫害生态防控发展理念高度契合。但一些研究结果发现,未腐熟鲜材大量还田会释放黄酮、倍半萜内酯等化感物质,易抑制作物幼苗生长,因此标准化腐熟处理与科学还田阈值是其安全资源化利用的关键前提。

当前土壤改良研究主要采用田间小区对照试验与室内土培模拟试验两种方式为主,二者各有优缺点。室内土培试验条件可控性强、不受气候与环境干扰,可精准探究养分矿化、土壤理化指标变化的过程和机制,是基础理论研究的重要手段,但试验环境脱离田间真实的水肥、温度和微生物环境,因此实验结果可能与大田研究结果有较大差异,需要进一步的实验验证才能将成果推广转化。田间小区试验的实验环境比较贴近农业生产实际场景,但受降雨、温度、土壤异质性干扰大,试验重复性较差,不同地域研究所得结果存在一定差异,这也是现有研究数据难以统一标准化的主要原因。现有的相关研究多聚焦短期(一季作物生长周期)土壤的改良效果,缺乏 3 年以上长期定位监测数据,肿柄菊有机物料对土壤微生物群落演变、土壤碳库平衡的长效影响机制尚不清晰;同时不同还田量、腐熟程度、配施比例的最优参数尚未统一,并且缺乏行业应用标准。

3.2. 污染环境修复应用

一些学者在研究石油烃污染场地修复时发现,肿柄菊凭借其发达的根系和极强的抗逆性,可联同生物炭一起改良土壤孔隙结构、优化根际微生物环境,强化植株对废油污染土壤中石油烃的吸收降解能力。同时,肿柄菊对汞、镉、铅等重金属具有超强的富集能力,尤其适用于金矿废弃地等重金属污染土壤的植物修复,如果搭配竹生物炭,可进一步提升其生长性能和重金属富集效能[15]。此外,相关实验研究结果证实,肿柄菊茎秆纤维含量高、密度低,适配生物质复合材料进行加工,能够解决污染修复后大量植株残体的处置难题,从而形成当下人们推崇的植物修复 + 生物质高值利用闭环模式[16]。总而言之,肿柄菊凭借其广谱抗逆性、高生物量、强污染净化能力及可循环利用特性,在复合污染场地修复中具有不可替代的应用潜力。今后应利用多学科技术手段,解析肿柄菊对有机污染物 - 重金属复合胁迫的响应机制,补齐原位场地修复工程数据,完善环境修复与资源化利用一体化的技术标准,推动肿柄菊从试验性修复物种走向产业化生态修复应用。

3.3. 生态入侵风险评估与管控

基于全球生态位模拟与区域野生植物群落调查的综合结果,气候变暖显著扩宽了肿柄菊的温度与降

雨适应阈值,推动其潜在适生区整体呈现北移、上移的扩张趋势,使得热带至亚热带广阔地带均面临较高的入侵风险,其中非洲中部、东南亚、南美以及我国华南与西南地区共同构成全球核心高风险分布带。肿柄菊具有极强的种子繁殖和无性扩张能力,可以借助风力、水流、动物携带及道路交通来实现远距离扩散,并且呈现向高纬度、高海拔区域持续扩张的特征[17]-[20]。研究者分别从种群与个体水平揭示了生境类型、路域生态环境对肿柄菊种群特征的调控规律,证实不同生境下肿柄菊可通过调整植株高度、生物量分配、繁殖投入等功能性状快速适应新生境,这是其成功入侵的重要生态策略。学者通过野外群落调查证实,该物种入侵会抢占光照、水肥等核心土壤资源,与本土植被形成剧烈种间竞争,广泛抑制本土植物种子萌发与幼苗建成,大幅降低土壤种子库多样性,扰动土壤理化性质并阻滞本土植被的自然恢复[21] [22]。当前肿柄菊入侵风险评估主要依托 MaxEnt 等生态位模型开展大尺度适生区预测[23],但现有模型大多偏重气候因子,对土壤属性、植被竞争压力、人为扰动等局地变量纳入不足。静态气候模型能够识别宏观潜在分布范围,却难以反映道路建设、耕地撂荒等人类活动带来的实际入侵风险,容易造成小尺度生境风险预测偏差。同时风险评估多停留在适生区划层面,对不同生境下的入侵危害等级、扩散速率、经济-生态损失量化研究较为缺乏;对不同土地利用类型(如农田、自然保护区、矿区边坡)的分级风险评估体系尚未完善,难以为精细化管控提供直接依据。

肿柄菊风险评估与管控仍存在模型精细化不足、危害量化薄弱、防控技术手段单一、资源化伴随次生入侵风险等现实问题。后续风险评估应当融合气候、土壤、土地利用、人为干扰等多类因子,构建多因子耦合的动态风险预警模型,并开展不同生境的危害分级评价;在风险防控上,应倡导预防优先、分级管控,强化引种与传播源头监管,完善结籽前物理清除技术,推进本土植物替代群落重建;要谨慎对待资源化开发问题,厘清治理与利用的边界,建立采收-转运全流程风险管控制度,在风险可控前提下,实现入侵危害削减与资源潜力挖掘的平衡,为肿柄菊以及同类外来入侵植物的管理提供参考。

3.4. 化感作用

围绕肿柄菊不同器官、不同凋落物及根系分泌物开展的多组化感试验,证实肿柄菊根、茎、叶及凋落物均具有显著化感潜力。肿柄菊叶片富含倍半萜内酯、黄酮类化感物质,既能抑制邻近植物种子萌发和幼苗生长,又可构筑抗虫抗病化学防御体系,加之其依靠根系分泌的酸及与菌根共生化解土壤难溶性磷的养分攫取策略,共同造就其极易入侵的竞争力[24]-[26]。研究表明,肿柄菊浸提物可以抑制水稻、绿豆、小白菜等作物与杂草的种子萌发和幼苗生长,化感抑制的强度与浓度、器官部位具有高度的关联性。同时,研究进一步证实肿柄菊叶片凋落物具有较强土壤残留化感效应,会长期影响农田种子库的萌发与植被的更新,这是其影响本土植物群落演替的关键机制[27]-[29]。田间调查结果显示,肿柄菊极易入侵坡耕地、旱地及撂荒地,严重干扰水稻、蔬菜、杂粮等农作物正常生长,对我国南方农田生态系统造成长期和持续的生态危害[26]-[29]。除植物化感外,一些研究者还发现肿柄菊提取物可以大幅度调控小菜蛾雌虫的产卵与趋避行为,对线虫也具有明显毒杀活性,对多种植物病原真菌、细菌都具有抑制效果,因此,随着研究的不断深入,肿柄菊有望成为植物源病虫害防控的重要资源植物[30] [31]。

当前,关于肿柄菊化感作用的研究,仍存在室内研究与野外研究结果不一致、原位试验数据缺乏、关键化感物质的作用不清等问题。后续研究应减少单一化感物质和单一因素(如浸提液浓度)化感作用的生物测定,不仅开展盆栽试验、小区试验、不同浓度梯度的野外(原位)试验,而且结合色谱质谱技术分析被测土壤中化感物质的动态变化,以便准确区分资源竞争与化感干扰的作用占比,客观评价化感作用在外来种入侵过程中的实际地位。同时,立足化感效应,为肿柄菊绿肥安全还田、植物源农药开发,以及外来入侵种危害解析提供理论支撑。

3.5. 生物活性物质的开发利用

在肿柄菊的提取液中,人们发现了150多种化合物,其中除了倍半萜内酯之外,还有黄酮类、醇类、酯类等化合物。肿柄菊根部提取物对其周围植物有显著抑制作用,其根部释放的化学物质可以降低其周边植物种子的萌发率,干扰酶活性或者破坏受体植物的细胞膜完整性,阻碍其根系发育[32][33]。药理试验结果表明,肿柄菊提取物与单体化合物兼具抗肿瘤、抗病毒、抑菌、抗炎等多种生物活性。其标志性组分圆叶肿柄菊素A能够调控CYP724B1、MYB80相关基因通路,阻断番茄斑萎病毒的基因复制与植株维管束远距离传播,在植物抗病毒领域具有极高的实用价值[34]。从肿柄菊中分离的多种倍半萜内酯活性组分,证实其可诱导白血病、口腔表皮样癌细胞凋亡,并具有突出的抗肿瘤潜力[35][36];借助糖尿病大鼠模型试验结果表明,肿柄菊提取物可调控炎症因子、改善机体代谢,在免疫调控与糖尿病并发症干预方面具有巨大的开发潜力[37][38]。此外,针对壮药肿柄菊开展的生药学与形态组织学研究,不仅细化了药材外观性状与显微鉴别特征,还补齐了本土药材的系统鉴定体系[39]。科研人员围绕肿柄菊叶片活性成分,完成小鼠急性、亚急性毒性检查,验证其在药用剂量范围内无明显毒性副作用。上述研究结果,为后续的肿柄菊药用产品开发,提供了关键的毒理学安全依据[40]。

据了解,肿柄菊抗病毒相关研究仍停留在实验室阶段,多数试验集中于室内离体生物测定、盆栽人工接毒条件下开展。试验体系可控但与大田复杂环境存在差距,大田环境中温度、雨水冲刷、微生物降解会造成活性成分衰减,室内得到的抗病毒效果不一定能够直接复现于田间生产。当前研究大多使用植物粗提物开展活性筛选,对真正发挥抗病毒功能的关键单体化合物的分离、鉴定、构效关系解析仍然不足;不同产地、采集季节、器官部位的肿柄菊样本本次生代谢物组分波动较大,造成提取物活性重复性较差,原料标准化问题尚未解决。肿柄菊在植物抗病毒方面具有良好的开发前景,但与产品化应用仍有一定的距离。后续研究应在明确核心活性单体的基础上,加大力度开展构效关系研究,尽快完善原料筛选标准,推进剂型研制与多点田间药效试验;同时建立原料采收过程的外来种入侵风险管控措施,在风险可控前提下,挖掘外来入侵植物的药用、农用价值,为农作物病毒绿色防控提供新的路径和备选资源。

3.6. 植物保护与病虫害防治

国外一些相关研究结果表明,肿柄菊的提取物具有优异的生物防治潜力与工业资源利用价值。肿柄菊水提取物与醇提取物对菜青虫、桃蚜、银叶粉虱等常见农业害虫具有显著的毒杀效果,且对蜜蜂、瓢虫等有益天敌安全性高,生态兼容性良好。肿柄菊叶片精油富含萜与倍半萜类活性成分,不仅可以驱避冈比亚按蚊,杀灭蚊虫幼虫,同时还可以有效抑制番茄青枯病等土传病原菌,实现虫害、螨虫与土传病害的一体化绿色防控。农田生态试验结果进一步证明,施用肿柄菊植物源药剂或者间作其近缘植株,能有效保育农田天敌昆虫群落,顺应热带绿色农业生态控害的发展理念[41]-[44]。

总体来看,当前肿柄菊杀虫活性研究大多局限于实验室离体与室内盆栽条件。实验昆虫多为实验室饲养的模式昆虫,环境条件稳定可控,缺少大田复杂环境实验的验证。田间环境中的光照降解、雨水淋溶、微生物分解均会造成活性组分损耗,室内测得的毒力、驱避效果很难直接等同于田间实际防效。现阶段的研究多数采用植株粗提物开展活性筛选,对发挥杀虫作用的关键单体化合物分离鉴定不够深入,活性物质的构效关系尚不清晰。肿柄菊植株不同采收时期、不同器官、不同产地的次生代谢组分差异较大,直接造成其提取物杀虫活性不稳定且重复性差,原料标准化体系难以建立。肿柄菊在农业虫害绿色防控方面虽有较大的应用潜力,但仍处于基础研究阶段,距离农药产品开发还有较多瓶颈亟待突破。后续研究应进一步明确杀虫关键活性单体,优化高效、低成本提取纯化工艺,建立原料质量控制标准;开展室内-小区-大田对比试验,系统评价防效、持效期以及对非靶标生物的安全性,并完善原料采收全过程风险管控措施,在入侵风险可控前提下,挖掘肿柄菊的植保利用价值,为农作物病虫害绿色防控提

供新的方案。

3.7. 工业材料应用

利用肿柄菊为原料开发的系列产品在工业防护领域具有广阔的应用前景。油气防腐试验结果表明,肿柄菊提取物不仅能显著降低低碳钢的碳酸腐蚀速率,还能作为环保型天然的缓蚀剂应用于油气管道与储罐防腐工程[45]。肿柄菊的茎秆纤维力学性能优良,可用于制备轻质的生物质复合材料。此外,国外已建立成熟的肿柄菊生物碱分离纯化工艺,可为其在医药、农用化工等领域的深加工和产业化提供技术支撑[16]。目前,肿柄菊在天然纤维、生物质炭等工业材料领域虽具有一定的开发潜力,但其原料稳定性、加工工艺、生态风险以及经济效益等问题仍亟待解决。后续研究应当重点开展原料预处理工艺优化,完善纤维改性、生物炭定向制备技术,加强中试放大试验,评价复杂实际工况下材料的使用性能;同时建立原料采收、转运的风险防控方案,在生态风险可控的前提下,进一步挖掘肿柄菊的工业利用价值,为入侵植物资源化利用提供新的路径。

4. 存在的主要问题

虽然人们对肿柄菊的研究取得了一些理论成果和实践经验,但是,当前,肿柄菊在生态环保领域的应用及资源化利用方面仍有一些不足之处,存在的问题主要有以下几个方面:

第一,对肿柄菊耐受不良环境因子胁迫及其修复污染环境的作用机制缺乏深入了解。现有的许多研究仅集中在肿柄菊生态应用效果验证方面,缺乏对肿柄菊根系-微生物-土壤污染物的互作机制、养分活化与污染物富集的分子生理机理、次生代谢产物调控土壤微生态的具体路径等核心问题的研究,因此现有的理论研究成果可能难以支撑高效应用技术的研发。

第二,现有的肿柄菊在环境修复和资源化利用方面的应用技术缺乏标准化和规范化。比如,肿柄菊生物炭制备工艺、土壤改良与污染环境修复的施用量、施用方式、配比等关键参数尚无统一标准,相关技术仍然停留在室内盆栽试验阶段,缺乏可复制、可推广的田间应用规范,规模化、产业化应用条件尚未完善,加之肿柄菊为外来入侵植物,在资源化利用过程中具有种子扩散、植株野外逃逸的风险,目前生态风险评估指标、全程监测机制与防控技术规范等方面的工作虽已取得一些进展,但仍未形成完备体系,容易引发本土生态系统破坏的次生问题。

第三,可在环境修复工程实践中推广应用的成果比较少。现有的研究多聚焦在单一应用方向,未形成“植株采收-生物质炭化-活性物质提取-土壤改良与污染修复”的全链条综合利用模式,资源利用率与经济附加值较低,难以实现可持续利用,且多数研究仅仅局限于实验室与小范围试验,长期定位田间试验、区域示范工程较少,实际应用效果、稳定性及长期生态效应缺乏验证,因此无法满足大规模生态治理工程的需求。

5. 对策与建议

针对上述存在问题,笔者在认真梳理之后,提出以下意见和建议。

第一,积极开展跨学科的研究,揭示肿柄菊在污染环境修复中的作用机理。借助多学科研究方法和技术手段,进一步研究肿柄菊的根系分泌物、根际微生物和土壤养分、污染物之间的相互作用机制,深入了解其活化土壤养分、富集重金属、耐受恶劣环境的内在机理,探究其次生代谢产物对各种环境质量变化的调控规律,为后续相关环境修复技术优化提供理论依据和数据支撑。

第二,建立标准化及可推广的环境修复应用技术规程。应针对各种退化农田土壤、矿业废弃地、尾矿坝等重金属异常区土壤、有机污染土地等不同场景,不断优化肿柄菊茎秆还田、修复土壤、制备生物炭等技术参数,制定统一规范的操作标准,使实验室研究成果能够真正落地,并投入实际工程使用。

第三, 必须严格把牢生态红线, 全程管控风险。有条件的地方, 可以采用定点种植、集中收割、严控种子扩散、统一炭化利用的生产管理方式, 从根源上避免肿柄菊在野外肆意繁殖。同时, 建立完整的风险评价和监测体系, 做好各种应急防控措施, 在资源化利用的同时, 牢牢把控生物入侵风险。

第四, 不断完善全链条的肿柄菊资源利用模式。整合土壤修复、生物质利用、生物炭制作、有效成分提取等相关技术, 实施闭环管理, 合理构建一体化的高效利用产业链, 提高肿柄菊的经济利用价值和生态效益。

第五, 加大示范推广和政策扶持力度。在南方退化耕地、矿区废弃地等区域开展试点示范, 借助生态补偿相关政策推动产业化发展, 打造可复制、可推广的环境治理模式, 满足大规模生态修复工程的实际需要。

基金项目

桂西北地方资源保护与利用工程中心(桂教研[2012]9 号), 河池学院高层次人才科研启动费项目(XJ2018GKQ015, XJ2018GKQ016), 广西高校大学生创新创业训练计划项目(202610605030)。

参考文献

- [1] 崔清国, 彭华, 李仁强, 等. 生境类型对入侵植物肿柄菊(*Tithonia diversifolia*)种群和个体水平特征的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(11): 4671-4677.
- [2] 罗瑛, 刘壮, 赵君华, 等. 肿柄菊的矿物质元素分析及评价[J]. 热带农业工程, 2009, 33(3): 36-39.
- [3] 赵贵钧, 郑友兰, 陆文铨, 等. 肿柄菊的化学成分及药理作用研究进展[J]. 现代药物与临床, 2010, 25(2): 102-108+123.
- [4] Amos, E.I., Chukwuemeka, O.H., Adenike, A.O., Oluwadamilare, I.G. and Gboyega, A.C. (2026) Organic Inputs for Climate-Smart Agriculture: Effects of Sunflower (*Tithonia diversifolia*) Leaf Residues and Extracts on Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Yield and Soil Nutrient Dynamics. *Acta Horticulturae et Regioteurariae*, **29**, 15-30. <https://doi.org/10.2478/ahr-2026-0003>
- [5] Oyeyiola, Y.B., Babajide, P.A., Babarinde, S.A., Olabode, O.S., Tanga, M., Lewu, F.B., et al. (2026) *Tithonia diversifolia* Biochar (Tithochar) Reduced Glyphosate Residue and Nutrient Leaching. *Environmental Earth Sciences*, **85**, Article No. 149. <https://doi.org/10.1007/s12665-025-12761-9>
- [6] Agbede, T.M. (2025) Influence of *Tithonia diversifolia* Biochar on Selected Soil Physicochemical Properties, Leaf Nutrient Concentrations and Broccoli Growth. *Scientific Reports*, **15**, Article No. 8084. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-91844-w>
- [7] Okunlola, F.O., Aboyeji, C.M., Adekiya, A.O., Ejue, W.S., Aremu, C., Erere, A., et al. (2023) Potentials of Plantain Peel and *Tithonia diversifolia* Leaves as Soil Amendments in Enhancing Performance and Nutritional Contents of Tomato (*Solanum lycopersicum*). *Heliyon*, **9**, e14737. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14737>
- [8] Adekiya, A.O., Faronbi, O.A., Adekiya, S.M., Oloniluyi, A.O. and Lawal, T.E. (2025) Enhancing Cassava Yield Value and Profitability through *Tithonia diversifolia* and Cow Dung Applications in a Tropical Derived Savanna Alfisol. *Scientific Reports*, **15**, Article No. 42684. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-26753-z>
- [9] Nantambi, H.R., Lubwama, M. and Kigozi, J. (2026) Optimised Co-Composting of Chicken Manure with Biochar and *Tithonia diversifolia* for Enhanced Nutrient Recovery and Reduced Phytotoxicity. *Environmental Technology*, **47**, 1739-1752. <https://doi.org/10.1080/09593330.2026.2629044>
- [10] Meiriani, and Sidauruk, U.A. (2026) Increasing the Growth and Production of Shallots by Giving Tithonia Liquid Organic Fertilizer and Biosaka. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **1583**, Article ID: 012005. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1583/1/012005>
- [11] Nantambi, H.R., Lubwama, M. and Kigozi, J. (2025) Preparation and Characterization of Encapsulated Biochar-Blended Compost Pellets with Biopolymer Coating for Controlled Nutrient Release and Water Retention. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, **27**, 3762-3778. <https://doi.org/10.1007/s10163-025-02338-w>
- [12] Aboyeji, C.M. (2022) Effects of Application of Organic Formulated Fertiliser and Composted *Tithonia diversifolia* Leaves on the Growth, Yield and Quality of Okra. *Biological Agriculture & Horticulture*, **38**, 17-28. <https://doi.org/10.1080/01448765.2021.1960604>

- [13] 刘琦, 杨美林, 秦小萍, 等. 肿柄菊粗提物对果蝇胃毒、驱避、触杀、熏蒸效果的研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(33): 253-256.
- [14] 张余杰, 秦小萍. 肿柄菊有机肥料的研究进展[J]. 化学与生物工程, 2013, 30(11): 15-18.
- [15] Ogunremi, O.O., Amubieya, O.F., Ogunkunle, C.O. and Fatoba, P.O. (2025) Efficacy of Biochar on the Phytoremediation Potential of *Tithonia diversifolia* on Spent Oil-Contaminated Soil. *BMC Environmental Science*, **2**, Article No. 12. <https://doi.org/10.1186/s44329-025-00026-6>
- [16] Selvaraj, M., Akash, S. and Mysamy, B. (2023) Characterization of New Natural Fiber from the Stem of *Tithonia diversifolia* Plant. *Journal of Natural Fibers*, **20**, Article ID: 2167144. <https://doi.org/10.1080/15440478.2023.2167144>
- [17] 陈剑, 王四海, 杨卫, 等. 外来入侵植物肿柄菊群落动态变化特征[J]. 生态学杂志, 2020, 39(2): 469-477.
- [18] 陈剑, 王四海, 朱枫, 等. 外来入侵植物肿柄菊在云南的扩散风险研究[J]. 广西植物, 2021, 41(5): 789-798.
- [19] 焦杨, 程希平, 王四海. 外来入侵植物肿柄菊的异速生长特征[J]. 西部林业科学, 2020, 49(1): 156-161.
- [20] 邓自发, 安树青, 智颖颢, 等. 外来种互花米草入侵模式与爆发机制[J]. 生态学报, 2006, 26(8): 2678-2686.
- [21] Boral, D. and Moktan, S. (2022) Mapping the Spatial Distribution of the Invasive Mexican Sunflower *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) in South East Asia. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, **15**, 425-434. <https://doi.org/10.1016/j.japb.2022.03.006>
- [22] Obiakara, M.C. and Fourcade, Y. (2018) Climatic Niche and Potential Distribution of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray in Africa. *PLOS ONE*, **13**, e0202421. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202421>
- [23] 刘晓彤, 袁泉, 倪健. 中国植物分布模拟研究现状[J]. 植物生态学报, 2019, 43(4): 273-283.
- [24] Dora, Z.A., Nurjanah, U., Setyowati, N., Marlin, and Hairani, P.M. (2025) Allelopathic Effects of Mexican Sunflower (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray) Aqueous Extract on Rice (*Oryza sativa* L.) Test Plants Germination and Early Growth. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, **26**, 43-55. <https://doi.org/10.9734/jaeri/2025/v26i3674>
- [25] Kato-Noguchi, H. and Kato, M. (2025) Defensive Compounds Involved in the Invasiveness of *Tithonia diversifolia*. *Molecules*, **30**, Article 1946. <https://doi.org/10.3390/molecules30091946>
- [26] Ixmattlahua-Rodríguez, C.A., Torres-Molina, J., Ortiz-Celiseo, A., Alejandre-Rosas, J.A. and López-Zamora, L. (2025) Influence of Edaphic Characteristics on the Foliar Phytobiochemical Composition of Wild Populations of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray in Veracruz. *Planta*, **263**, Article No. 33. <https://doi.org/10.1007/s00425-025-04898-5>
- [27] 龙绛雪, 李依鸿, 黄素丹. 鬼针草和肿柄菊提取物对小白菜种子萌发的化感作用[J]. 厦门理工学院学报, 2021, 29(5): 83-89.
- [28] 梁晓华, 李璐, 王波, 等. 肿柄菊水浸液对 5 种植物的化感作用[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(1): 99-103.
- [29] 杨海艳, 罗中泽, 李桂花, 等. 肿柄菊对绿豆和水稻种子的化感作用[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(13): 7576-7578.
- [30] 王占娣, 贾琳, 赵静, 等. 入侵植物肿柄菊提取物对小菜蛾雌虫的行为调控[J]. 应用昆虫学报, 2024, 61(2): 351-357.
- [31] 郝妮娜, 杨美林, 秦小萍, 等. 肿柄菊提取物对 7 种植物病原菌的抑菌作用[J]. 中国农学通报, 2011, 27(21): 272-275.
- [32] 王美琪. 入侵植物肿柄菊根中的化学成分及其植物毒活性研究[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2023.
- [33] 沈静, 师瑞雪, 鲁佳佳, 等. 肿柄菊化学成分研究进展[J]. 广东化工, 2023, 50(5): 185-188.
- [34] 张雨欣, 张小芳, 张梦秋, 等. 圆叶肿柄菊素 A 调控 CYP724B1 抑制番茄斑萎病毒 NSm 和 NSs 基因复制研究[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2026, 46(3): 125-132.
- [35] Tran, M.T., Do, T.Q., Phi, T.D., Nguyen, T.T.H., Litaudon, M., Tran, T.H., et al. (2024) New Cytotoxic Sesquiterpene Lactones from the Leaves of *Tithonia diversifolia* and Their Apoptosis Effect Evaluation in KB Cancer Cells. *Chemistry & Biodiversity*, **21**, e202401934. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202401934>
- [36] Thuy, T.T., Thuy Linh, N.T., Cham, B.T., Hoang Anh, N.T., Quan, T.D., Tam, N.T., et al. (2022) Sesquiterpenoids from *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray Induce Apoptosis and Inhibit the Cell Cycle Progression of Acute Myeloid Leukemia Cells. *Zeitschrift für Naturforschung C*, **78**, 65-72. <https://doi.org/10.1515/znc-2021-0154>
- [37] Istikharah, R., Nugrahaningsih, D.A.A., Sadewa, A.H. and Wahyuningsih, M.S.H. (2022) Standardised Ethanol Extract of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) a Gray Leaves Improve Insulin Sensitivity and Increase Mitochondrial DNA Copy Numbers in Skeletal Muscles of Streptozotocin-Nicotinamide-Induced Rats. *Malaysian Journal of Medical Sciences*, **29**, 43-53. <https://doi.org/10.21315/mjms2022.29.3.5>
- [38] Chunudom, L., Thongsom, M., Karim, N., Rahman, M.A., Rana, M.N. and Tangpong, J. (2020) *Tithonia diversifolia* Aqueous Fraction Plays a Protective Role against Alloxan-Induced Diabetic Mice via Modulating GLUT2 Expression. *South African Journal of Botany*, **133**, 118-123. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.07.007>

-
- [39] 黄琳芸, 黄瑞松, 屈信成. 壮药肿柄菊的生药学研究[J]. 中国民族医药杂志, 2018, 24(5): 43-44.
- [40] Egbule, D.K., Oji, A.P. and Nnadi, C.O. (2023) Sub-Chronic Toxicological Evaluation of the Sesquiterpene Lactone-Enriched Fraction of *Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray in Experimental Rats. *Biology and Life Sciences Forum*, **24**, Article 1. <https://doi.org/10.3390/iect2023-14801>
- [41] Davirao, L.M. and Rojo, A.M. (2026) Biopesticidal Potential of Wild Sunflower Leaf Extract (*Tithonia diversifolia*) against Green Peach Aphids (*Myzus persicae*) of Pak Choi. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **1616**, Article ID: 012074. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1616/1/012074>
- [42] Moukhtar, M., Moïse, A., Ltanoua, W., Kosini, D., Pra, D.K., Abraham, T.S., *et al.* (2025) Insecticidal Effects of Aqueous Extracts of Carica Papaya, *Tithonia diversifolia* and Strychnos Spinosa Leaves on the Population Density of Aphis Gossypii and the Foraging Activity of Apis Mellifera on Bell Pepper in Ngaoundéré, Cameroon. *Asian Journal of Research in Biochemistry*, **15**, 15-28. <https://doi.org/10.9734/ajrb/2025/v15i3383>
- [43] Almeida, S.P., Soares-da-Silva, J., Vale, E.S.M., Roque, R.A., Melo Filho, A.A. and Tadei, W.P. (2025) Larvicidal and Adulticidal Activity of Extracts and Essential Oil of *Hyptis dilatata* Benth against *Aedes (Stegomyia) Aegypti* (Linnaeus, 1762), *Anopheles* spp and *Anopheles darlingi* Root, 1926. *Brazilian Journal of Biology*, **85**, e294225. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.294225>
- [44] Akeumbiwo Tchumkam, C., Kojom Foko, L.P., Ndo, C., Essangui Same, E., Cheteug Nguetsa, G., Eya'Ane Meva, F., *et al.* (2023) Chemical Composition and Repellent Activity of Essential Oils of *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) Leaves against the Bites of *Anopheles coluzzii*. *Scientific Reports*, **13**, Article No. 6001. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31791-6>
- [45] Kehinde, J., Daniyan, A., Voisey, K., *et al.* (2025) The Inhibitory Effect of *Chromolaena odorata* and *Tithonia diversifolia* on Low-Carbon Steel in Carbonic Acid (H₂CO₃) Environments for Slurry Pots in Oil and Gas Applications. *Results in Surfaces and Interfaces*, **21**, Article ID: 100676.