

[编者按] 本期刊出近两年在非《腐植酸》杂志上发表的, 腐植酸与土壤减排、土壤治理、水体净化等环境领域相关的中外文献摘要 18 篇, 供读者参阅。

## 中外腐植酸文摘

### 一、优化水铁矿-腐植酸复合材料对镉、铅污染土壤的稳定化

为解决土壤重金属污染问题, 用高温改性腐植酸制备出水铁矿-不溶性腐植酸(Fh-IHA)复合材料, 通过扫描电镜(SEM)、比表面积(BET)、X射线衍射(XRD)、傅里叶红外光谱(FTIR)分析Fh-IHA的表面特性, 结合田间稳定试验研究施加Fh-IHA对土壤pH、有机质(OM)、铵态氮(A-N)、有效磷(A-P)、速效钾(A-K)和镉、铅形态的影响。结果表明, Fh-IHA表面粗糙、比表面积大、含有多种官能团, 可通过表面络合、静电吸附结合镉、铅离子; 稳定化修复后土壤pH轻微降低, 有机质升高, 铵态氮、有效磷、速效钾转变为缓效养分; 稳定态镉、铅百分比含量分别升高22.1%~34.0%、15.6%~21.4%, 且经90 d监测未出现活化现象。研究表明, Fh-IHA对土壤中重金属镉、铅稳定效果显著, 可作为一种环境友好的土壤重金属污染修复材料。

来源:《环境化学》, 2022, 41(8): 2693~2702。

### 二、改性泥炭土对稻田土壤汞污染的修复效果研究

采用不同的巯基物质、硒化物等对泥炭土进行改性, 同时通过淹水土培试验, 探讨不同材料、不同巯基比例及不同添加量改性泥炭土对稻田土壤汞的钝化修复效果, 评估泥炭土在土壤汞污染修复中的应用潜力。结果表明, 未改性草本泥炭土能明显降低土壤中甲基汞及有效态汞含量, 平均降低率分别为14%、23%, 在修复土壤汞污染方面具有一定的开发潜力。泥炭土经巯基及亚硒酸钠改性后对土壤甲基汞和有效态汞的降低作用均显著提升, 平均降低率为37%~55%。当泥炭土经巯基乙酸与硒混合改性后, 对甲基汞的降低效果进一步提升, 平

均降低率达71%。综合结果表明, 改性泥炭对土壤甲基汞和有效态汞具有显著的降低作用, 可应用于稻田土壤汞的原位钝化修复。

来源:《西南大学学报(自然科学版)》, 2022, 44(12): 1~8。

### 三、腐植酸负载对凹凸棒土吸附Zn(II)的影响

在高效去除废水中Zn(II)的吸附材料中, 凹凸棒土(PAL)被认为极具应用前景。为验证腐植酸(HA)对PAL吸附Zn(II)的影响, 本研究采用静态吸附实验, 对比腐植酸/凹凸棒土(HA/PAL)与纯PAL对Zn(II)的吸附率, 并对PAL和HA/PAL去除水中Zn(II)的性能与机理进行了研究。结果表明, PAL达到吸附平衡的时间为120 min, 温度对吸附过程的影响很小, 增加PAL投加量和减少Zn(II)的初始质量浓度使PAL对Zn(II)的吸附率增大; HA/PAL在120 min时达到吸附平衡, HA/PAL对Zn(II)的吸附过程受温度的影响同样不大, 投加量的增加和Zn(II)初始质量浓度的减小提高了HA/PAL对Zn(II)的吸附率; PAL对Zn(II)的吸附过程符合Langmuir模型, 准一级动力学模型能更好地拟合PAL的实验数据; 而HA/PAL对Zn(II)的吸附过程更符合Freundlich模型, 准一级动力学模型同样能更好地拟合HA/PAL的实验数据; 根据热力学参数, PAL和HA/PAL对Zn(II)的吸附过程均为吸热过程。在相同工况下, PAL的吸附率均高于HA/PAL, 且所有实验工况对PAL的影响均大于其对HA/PAL的影响; SEM、BET和FT-IR的表征结果表明, HA成功负载在了PAL表面, 减小了PAL的比表面积。

来源:《华南理工大学学报(自然科学版)》, 2022, 50(4): 110~118。



#### 四、腐植酸对 Se (IV) 的吸附特征与机制

通过扫描电镜、元素分析和红外光谱研究了腐植酸的结构形态,通过分析腐植酸对 Se (IV) 的吸附动力学特征、吸附等温曲线、外界条件对腐植酸吸附 Se (IV) 的影响以及腐植酸对 Se (IV) 的解吸特性,探讨了腐植酸对 Se (IV) 的吸附特征及机制。结果表明,腐植酸腐殖化程度高,比表面积较大,可为 Se (IV) 提供更多的吸附位点。腐植酸对 Se (IV) 的吸附能力随 pH 降低以及 Se (IV) 初始浓度、腐植酸含量增加而增强。腐植酸对 Se (IV) 的吸附主要发生在前 15 min,吸附过程符合准二级动力学方程; Freundlich 等温吸附模型能较好地描述其等温吸附过程。腐植酸对 Se (IV) 的吸附与 C=O、C-O、C=C、O-H、N-H 等官能团相关,吸附机制为静电引力与配体交换。

来源:《土壤》,2022,54(4):827~833。

#### 五、改性褐煤对酸性矿山废水中 Cr (VI) 的吸附性能研究

为解决褐煤对酸性矿山废水中 Cr (VI) 吸附饱和和量有限的问题,采用超声波辅助  $Al_2(SO_4)_3$  及高温焙烧改性褐煤。通过吸附等温线、吸附动力学原理等方法研究铝盐改性褐煤吸附 Cr (VI) 的特性和机理,并且利用 SEM、BET、XRD 以及 FTIR 表征褐煤改性前后的微观结构变化。结果表明,超声波辅助  $Al_2(SO_4)_3$  改性并经过 500 °C 高温焙烧后的褐煤对 Cr (VI) 的吸附效果好。改性褐煤对 Cr (VI) 的吸附率比原褐煤提升了 62.24%,对 Cr (VI) 的饱和吸附容量为 1.04 mg/g。通过 SEM、BET 和 XRD 测试可知,褐煤在经过  $Al_2(SO_4)_3$  超声震荡和高温焙烧后,原有的微晶结构并未被破坏,但改性褐煤表面变得十分粗糙,出现一些分布不均匀的细小孔状结构,平均孔径有所增加。通过 FTIR 测试可知,褐煤分子结构中的 -CH, 环烷烃、脂肪烃中的 -CH<sub>3</sub> 与附着在褐煤表面的氧原子结合,生成含羧基化合物和酚羟基。褐煤结构中的烷烃和烯烃支链、C=O、芳环中 C=C 骨架以及醇类 -OH 均有所减少,生成较小的羟基类、羧基类的小分子有机物。褐煤结构中的自由水和结合水蒸发使表面出现细小孔隙。改性褐煤表面的羟基、羧基等含氧官能

团的增加为吸附过程提供了更多的吸附位点,从而提高褐煤的吸附能力。

来源:《工业水处理》,2022,42(5):103~109。

#### 六、泥炭地碳源汇功能与“双碳”目标

应对气候变化、实现“碳达峰与碳中和”(以下简称“双碳”)已成为世界各国共同倡导的目标;而理解自然系统的碳源汇功能,对实现这一目标具有重要的意义。泥炭地是世界上分布最为广泛的湿地类型,对全球碳循环和气候变化有着十分重要的影响,其在实现“双碳”目标中的重要性受到越来越多的关注,这也使泥炭地碳循环研究成为前沿领域。本文简要回顾了国内外泥炭地碳循环的研究现状,阐述了泥炭地的碳源汇特征(包括 CO<sub>2</sub> 净交换、CH<sub>4</sub> 排放、溶解有机碳迁移、碳累积)、变化及驱动机制,并对其在实现“双碳”目标中的作用进行了分析。总体来说,泥炭地碳循环对全球碳源汇估算具有重要的影响,未来需进一步加强对泥炭地分布和碳库的研究,强化泥炭地生态环境演变规律、碳循环-相关过程对气候变化的敏感度以及薄弱地区等的针对性研究。在此基础上,科学地可持续管理和恢复退化泥炭地,如人为水文调节,以保持甚至增加其碳汇潜力和储存碳的稳定性,可发挥泥炭地在“双碳”时代的最大碳汇潜力,也将是减缓气候变暖经济而高效的途径之一。

来源:《第四纪研究》,2023,43(2):324~335。

#### 七、不同水位管理对恢复泥炭地土壤 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 排放的影响

泥炭地水文条件影响泥炭地生物地球化学循环,控制和维持着泥炭地生态系统的结构和功能,是泥炭地生态恢复的重要前提。然而,目前关于恢复泥炭地土壤碳排放对不同水位的响应尚不明确。以长白山区天然(NP)、退耕(DP)及实施不同水文管理的恢复泥炭地[低水位(LR)、高水位(HR)与高低交替水位(H-LR)]为研究对象,采用静态箱-气相色谱法对研究区泥炭地进行生长季(6月—10月)土壤 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 排放监测。结果表明,温度和水分变化是研究区泥炭地土壤 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 排放季

节变化的主控因子。H-LR 受水位控制的影响, 生长季土壤 CO<sub>2</sub> 排放速率波动剧烈, 其他水位管理恢复区土壤 CO<sub>2</sub> 排放速率呈单峰型排放模式, 且均与近地表温度呈指数相关 ( $P < 0.05$ )。除 HR 外, 土壤 CO<sub>2</sub> 排放速率与水位呈显著负相关 ( $P < 0.05$ )。生长季, 研究区 HR 土壤 CH<sub>4</sub> 排放速率呈双峰型, H-LR 与 NP 的土壤 CH<sub>4</sub> 排放呈单峰型, 与近地表温度呈指数相关 ( $P < 0.05$ ), LR 水位与 CH<sub>4</sub> 排放速率显著正相关 ( $P < 0.05$ )。研究区不同水位管理恢复泥炭地土壤碳排放差异显著, 虽然 HR 的土壤 CO<sub>2</sub>-C 累积碳排放量显著低于其他水位恢复区, 但其土壤 CH<sub>4</sub>-C 累积碳排放量和综合增温潜势显著高于其他水位恢复区 ( $P < 0.05$ )。LR 的累积碳排放量显著低于退化泥炭地, 且其综合增温潜势最低。因此, 建议在泥炭地恢复初期将低水位管理作为短期策略, 以更好地恢复泥炭地碳汇功能, 减弱其增温潜势。

来源: 《生态学报》, 2023, 43 (11): 4583 ~ 4593。

#### 八、煤基与生物基腐植酸配施对土壤结构改良的影响

本研究采用土壤培养方法, 通过将煤基腐植酸与生物基腐植酸按不同质量比设计成复合腐植酸改良半生土, 以不施腐植酸为对照 (CK), 分析培养 10、25、50 d 时复合腐植酸对土壤团聚体、孔隙度等结构指标的影响。结果显示, 土壤各项理化指标整体改良效果表现为 50 d > 25 d > 10 d; 土壤团聚体含量、平均质量直径随煤基腐植酸含量增加而增加, 单施煤基腐植酸时最佳, 培养 50 d 时土壤团聚体较 CK 组增加 116.36%, 平均质量直径较 CK 组增加了 21.8%; 比较发现, 培养 10 d 时土壤总孔隙度、田间持水量随生物基腐植酸比例增大而增加, 容重随之降低, 而培养 25 d 和 50 d 时, 总孔隙度和田间持水量则随煤基腐植酸比例增大而增加, 容重随之降低; 煤基和生物基腐植酸 7 : 3 组合最佳, 50 d 时该组合下土壤总孔隙度和田间持水量分别较 CK 组增加 10.46% 和 43.52%, 容重降低 7.66%。综合分析, 煤基腐植酸和生物基腐植酸均可有效改善土壤结构, 当混合质量比为 7 : 3 时效

果最佳。该混合比例的复合腐植酸可综合生物基腐植酸和煤基腐植酸的优点, 有效改善土壤结构, 为退化土壤修复提供一定的技术支撑和科学依据。

来源: 《农业资源与环境学报》, 2024, 41 (1): 83 ~ 91。

#### 九、腐植酸与不同耕作措施对盐碱土碳库和微生物群落结构的影响

盐碱地作物苗期遇降雨或漫灌容易使土壤结皮, 导致土壤碳库代谢受阻、微生物生存环境恶化, 为阐明施用腐植酸后苗期深松、镇压措施对盐碱土碳库及微生物群落的影响, 利用大田试验, 设旋耕 + 腐植酸 (HA)、旋耕 + 苗期浅松 + 腐植酸 (QHA)、旋耕 + 苗期镇压 + 腐植酸 (ZHA) 3 种处理, 以旋耕不施腐植酸为对照 (CK), 通过测定土壤酸碱度 (pH)、电导率 (EC)、有机碳 (TOC)、无机碳 (SIC) 及细菌、真菌群落结构揭示其变化规律。结果表明, 增施腐植酸可有效降低土壤 pH, 使土壤 SIC 含量小幅降低, 同时增加土壤 TOC 含量, 且以浅松处理增幅最显著, 达 40.36%。增施腐植酸可导致土壤微生物生物碳量 (MBC) 小幅降低, 浅松、镇压会进一步增加降幅; 增施腐植酸使 K<sup>+</sup> 显著提高, 增加 K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup>, 极大减少 Na<sup>+</sup> 伤害, 提高作物的耐盐性。相关性分析发现, 微生物与环境因子关系密切, 其中 Gemmatimonadetes (芽单胞菌门)、Planctomycetes (浮酶菌门)、Mortierellomycota、Rozellomycota 与土壤 pH 呈显著正相关; Acidobacteria (酸杆菌门)、Mortierellomycota、Glomeromycota、Mucoromycota 与 SIC 呈显著正相关; Rozellomycota 与 pH、SIC 呈显著正相关; Firmicutes、Ascomycota 与 TOC 呈显著正相关, Verrucomicrobia (疣微菌门) 与 MBC 呈极显著正相关, Chytridiomycota 与 DOC 呈显著正相关。综合分析各项指标发现, 增施腐植酸配合苗期浅松处理下盐碱土碳库及微生物群落结构最优。

来源: 《作物杂志》, 2024 (1): 157 ~ 165。

#### 十、水铁矿 - 人工合成类腐植酸复合材料的土壤重金属钝化效果及机制

水铁矿 - 天然腐植酸复合材料 (FH-NHA) 已广泛应用于土壤重金属污染修复, 但来源不同的天



然腐植酸活性位点存在较大差异,导致钝化效果不可控,限制其实际应用。本文以优化的非生物腐植化工艺合成了结构性质可控的人工合成类腐植酸(SHLA),并进一步制备了水铁矿-人工合成类腐植酸复合材料(FH-SHLA)。基于土壤模拟实验,结合土壤二乙三胺五乙酸(DTPA)提取态和改进的BCR提取态重金属含量的变化,解析了FH-SHLA施用后的重金属钝化效果和对土壤理化性质的影响,结合扫描电子显微镜、傅里叶红外光谱和X射线光电子能谱等手段揭示了其重金属钝化机制。结果表明,FH-SHLA会显著改变土壤理化性质,土壤pH、阳离子交换容量、电导率和有机碳含量等均有不同程度的提高;施加FH-SHLA培养30d后,土壤中DTPA提取态Pb、Cd和Zn含量分别降低了65.98%、29.68%和60.89%,降低效果均优于FH和FH-NHA;FH-SHLA显著促进了土壤Pb、Cd和Zn由有效态(酸溶态+可还原态)向稳定态(可氧化态+残渣态)转变,钝化效果优于FH和FH-NHA;结合强度系数和钝化效率明显提高,迁移系数和生态风险指数明显降低,FH-SHLA有效降低了重金属污染土壤生态风险。FH-SHLA的土壤重金属钝化机制包括表面络合、沉淀作用和阳离子- $\pi$ 作用。水铁矿-人工合成类腐植酸复合材料在重金属污染土壤修复领域具有很好的应用潜力。

来源:《农业环境科学学报》,2023,42(8):1710~1720。

#### 十一、腐植酸钠和十二烷基苯磺酸钠修复多菌灵农药类污染地块研究

杂环类农药是农药化工场地中一种有机污染物,其性质稳定,可长期吸附于土壤颗粒表面,导致受其污染的场地难以修复。为寻找杂环类农药污染地块的有效修复方法,以某多菌灵农药生产企业污染土壤为对象,研究了腐植酸钠和十二烷基苯磺酸钠两种表面活性剂对土壤中多菌灵、有机质以及淋滤液中COD(Cr)、氨氮的增溶洗脱效应。结果表明,5mg/L的腐植酸钠对土壤中多菌灵和有机质的增溶效果最显著,去除率分别可达81%和82%;十二烷基苯磺酸钠在780mg/L时对土壤中

多菌灵的增溶效果最为显著,去除率可达85%,在195mg/L时对有机质的增溶效果最为显著,去除率可达72%。淋滤液中,15mg/L的腐植酸钠在初始阶段和总淋滤过程中对COD(Cr)的淋洗效果最佳;5mg/L的腐植酸钠对氨氮的总淋滤效果最好。综合评估,15mg/L的腐植酸钠淋滤效果优于十二烷基苯磺酸钠。

来源:《环境卫生工程》,2023,31(1):69~73。

#### 十二、腐植酸与pH/阳离子作用对微塑料吸附菲和阿特拉津的影响

为研究腐植酸与pH/阳离子相互作用对微塑料吸附水中菲和阿特拉津产生的影响,选取了新制和老化聚乙烯(PE和APE)和聚苯乙烯(PS和APS)微塑料。吸附等温线结果显示,微塑料对菲和阿特拉津的吸附均符合Freundlich模型( $R^2>0.96$ )。同种微塑料吸附菲的能力( $\lg K_f=0.805\sim 1.422$ )>吸附阿特拉津的能力(0.611~0.688),与污染物水溶性有关;老化微塑料吸附菲和阿特拉津的能力>新制微塑料的吸附能力(APS吸附菲的能力<PS除外),与微塑料表面极性和PE结晶度的变化有关。相同pH条件下, $\text{Ca}^{2+}$ 浓度对这4种微塑料吸附腐植酸的影响显著高于 $\text{Na}^+$ ;随 $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$ 浓度的增加,微塑料对腐植酸的吸附量显著增大(增幅分别可达1个数量级和1.8倍)。相比 $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$ ,pH对微塑料吸附腐植酸的影响相对较小(随pH增大,降幅分别不超过90%和65%)。而且,相同 $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$ 浓度条件下,离子浓度越低,pH对腐植酸在微塑料上吸附的影响越显著。腐植酸与pH/阳离子相互作用显著影响微塑料对菲和阿特拉津的吸附。总体上,微塑料对菲的吸附量随 $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$ 浓度的升高而升高,随pH的升高而下降;对阿特拉津的影响则相反。相关性分析结果显示,微塑料对腐植酸的吸附量与对菲的吸附量显著正相关,但是与对阿特拉津的吸附量显著负相关。增溶作用和空间阻力分别是影响微塑料吸附菲和阿特拉津的主要机制。

来源:《环境化学》,2023,42(10):3239~3246。

### 十三、碳材料促进微生物驱动土壤有机碳调控

土壤碳排放不仅是温室气体的主要来源之一,而且威胁着生物多样性、农业生产力和粮食安全。调节和控制土壤碳库是全球许多国家的政治实践。工程意义上的碳库管理要大得多,超出了法律和监测的范畴,因为它必须包含积极主动的元素来储存活性碳。生物地球化学告诉我们,土壤微生物对有效管理碳含量至关重要。因此,向土壤中添加碳材料并不是直接固碳,因为经过适当设计的材料与土壤微生物群的相互作用可能产生两种结果:代谢导致添加的碳不可持续利用,或者是微生物生长对人类活动的生物放大效应和对额外CO<sub>2</sub>的固定。我们综述了管理土壤碳的潜在方法,特别关注了添加人造碳材料来控制土壤碳及其生物动力学的新兴实践。值得注意的是,所谓“生物炭”的研究已经相对成熟,而人工腐殖质(A-HS)在微生物固碳中的作用还处于发展阶段。然而,研究表明,A-HS的制备和应用是一个巨大的生物杠杆,因为它们直接与环境 and 生物土壤系统群落建设相互作用。我们认为A-HS可以在稳定土壤碳库中发挥核心作用。

译者:中国科学院沈阳应用生态研究所王树强。

译自: Carbon materials advancing microorganisms in driving soil organic carbon regulation, *Research*, 2022, DOI: 10.34133/2022/9857374。

### 十四、超滤与腐植酸络合对地下水中溶解性锰的去除性能及机理研究

采用超滤(UF)与腐植酸(HA)络合去除地下水中的锰(Mn),研究了UF耦合HA络合去除Mn的性能、影响因素及机理。单独使用UF不能有效去除溶解性二价锰[Mn(II)],投加一定量的HA可提高去除效果。当C/Mn摩尔比大于50时,Mn(II)的去除率最高(>90%),此时渗透液中Mn(II)的浓度小于0.05 mg/L。此外,Mn(II)的去除还受到跨膜压差(TMP)、溶液pH和共存阳离子的干扰。通过原子力显微镜(AFM)、能量色散谱(EDS)、X射线光电子能谱(XPS)、<sup>13</sup>C交叉极化/魔角旋转核磁共振 [<sup>13</sup>C CP/MAS NMR]和二维相关光谱(2D-COS)分析了Mn(II)的去除机理。结果表明,Mn(II)与

HA的羧基(-COOH)和酚羟基(酚-OH)基团络合产生了大分子配合物。随后,随着过滤时间的延长,配合物可以被UF膜有效截留并形成滤饼层。需要注意的是,在较高的C/Mn摩尔比下,Mn(II)的去除率高于HA,这表明Mn(II)的去除不仅是通过分子筛分的方式,还受到滤饼层的静电吸引。在连续试验中,这种组合工艺可有效去除Mn(II),通过合理的操作可避免超滤膜的不可逆污染。这些结果表明,UF与HA络合可以作为去除地下水中溶解态Mn(II)的可行策略。

译者:中国腐植酸工业协会李双。

译自: Removal performance and mechanism of the dissolved manganese in groundwater using ultrafiltration coupled with HA complexation, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2022, 10(6): 108931。

### 十五、含腐植酸的有机肥料和有机无机复合肥料的利用效率

全球粮食安全受到极端气候事件、生态和地缘政治局势恶化、地缘政治局势艰难和供应链中断等因素的威胁。因此,提高农业作物的生产力、恢复被破坏的土地、提高土壤肥力等问题成为当务之急。本文介绍了工业生产的液体腐植酸有机肥料和腐植酸有机无机复合肥料的理化性质和生物活性测定结果,并通过实验对其应用效果进行了评价。研究选择在私人农场使用的液体腐植酸有机肥料和腐植酸有机无机复合肥料为样品,对游离腐植酸含量、腐植酸灰分含量、碱含量、水溶性、生物活性等指标进行了测定。所有样品都达到了刺激植物生长的效果。这表明腐植酸类物质作为有机肥料和有机无机复合肥料的主要成分,在提高农业生产力方面具有巨大潜力。在所有研究指标中,以褐煤为原料制得的腐植酸肥料样品性能最好。

译者:中国腐植酸工业协会李双。

译自: Efficiency of use of organic and organomineral fertilizers with humic acids in the composition, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2023, 1154(1), DOI: 10.1088/1755-1315/1154/1/012064。



## 十六、腐植酸诱导的水稻叶片代谢的变化

使用腐植酸类物质作为生物刺激剂是促进农业可持续生产的有前途的方法之一。腐植酸生物刺激剂激发了不同的分子、生化和生理反应，促进了养分的有效利用和对非生物胁迫的保护。了解腐植酸类物质促进植物变化的本质对于创新和量身定制生物刺激剂技术至关重要。细胞代谢物是反应链的最终目标，代谢组学方法有助于揭示与植物响应相关的途径。本研究旨在评估在水培系统中应用腐植酸(HA)诱导的水稻叶片的整体代谢变化。通过<sup>1</sup>H NMR和GC-TOF/MS分析发现，所有HA处理的叶片主要代谢物种类都显著减少，包括脂质、有机酸、氨基酸和碳水化合物。在HA处理的植物中，较高浓度的代谢物可以作为HA生物活性的标记物，包括氨基酸、三羧酸循环中间产物、脂质和与植物胁迫响应相关的芳香族化合物。

译者：中国腐植酸工业协会李双。

译自：Changes in metabolic profile of rice leaves induced by humic acids, *Plants*, 2022, 11 (23) : 3261.

## 十七、在碳酸钙和生物炭存在下植物残体合成过程中腐植酸的形成

研究堆肥有机肥中有机质的转化机理是现代土壤生态学和土壤化学的迫切课题。本研究的目的是确定将新形成的腐植酸(HAs)转化为对微生物和生化影响抗性增强的形式的机制。对植物残体分解过程中获得的HAs在培养实验(0、30、90 d)中进行了研究。以桦木和白杨木为原料，在550 °C下快速热解产生碳酸钙和生物炭，作为堆肥混合物。分解的植物残体是新鲜的地上三叶草(*Trifolium pratense* L.)、黑麦(*Secale cereale* L.)和干燕麦秸(*Avena sativa* L.)。用0.1 M NaOH和0.1 M Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>得到HAs。然后，用0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>将HAs与黄腐酸(FAs)分离。不稳定HAs(HAs1)的含量以其在0.1 M NaOH中的含量来估算。以HAs在0.1 M Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>和0.1 M NaOH中含量的差值来计算稳定HAs(HAs2)的含量。根据国际腐殖质学会的建议进行了用于元素组成和核磁共振分析的HAs的制备。已证明了将新形成的HAs转化为稳

定的形式(腐植酸钙)的可能性，其在HAs组成中的占比达到40%~50%。但在不同试剂的作用下，HAs的转化机理不同。在碳酸钙存在的情况下，是由新形成的HAs重排的物理化学过程引起的。而在生物炭存在的情况下，是由腐殖化过程的强化和芳构化程度的增加引起的，这可通过光密度的增加来证实，也可通过HAs分子中碳氧比例的增加和氢比例的降低来证实。了解腐殖化早期HAs的形成和转化机制，有助于优化获取有机肥的方法。

译者：中国腐植酸工业协会韩立新。

译自：Humic acids formation during compositing of plant remnants in presence of calcium carbonate and biochar, *Agronomy*, 2022, 12 (10) : 2275 ~ 2275.

## 十八、从生物质到腐植酸：有没有捷径可走？

生物质废弃物的酸性水处理有利于产生水热炭和含有糖类、呋喃和芳香族化合物的水热溶液，而碱性水热条件有利于其腐殖化形成水热腐植酸(HHA)。本文比较了在碱性水热条件下水热炭、水热溶液及其混合物的腐殖化潜力，进一步揭示了它们对HHA的贡献。结果表明，HHA的主要来源是水热炭，占混合物中总HHA产量的70%，而水热溶液仅占17%。此外，存在于水热炭中的HHA(表示为HHA<sub>acid</sub>)的含量为32%，而经过碱性水处理后获得的水热炭衍生的HHA(表示为HHA<sub>alk</sub>)增加到65%，接近于来自商品煤或褐煤的腐植酸。进一步将水热炭分离成水热黄腐酸(HFA)、稳定的HHA(S-HHA<sub>acid</sub>)、不稳定的HHA(N-HHA<sub>acid</sub>)和剩余物质(RS)4种组分，旨在揭示碱性水热条件下HHA增产的主要途径。RS+HFA、RS+N-HHA<sub>acid</sub>和RS的半合成反应均对HHA<sub>alk</sub>的增量有贡献，其中第1个组合(RS+HFA)的贡献最大(75%)。通过超高效液相色谱-质谱(UPLC-MS)分析HHA<sub>alk</sub>的分子水平结构，揭示了水热炭碱性水热腐殖化的途径。这一深入分析填补了生物质废弃物水热腐殖化机理方面的知识空白。

译者：中国科学院沈阳应用生态研究所李鹏程。

译自：From biomass to humic acid: is there an accelerated way to go? *Chemical Engineering Journal*, DOI: 10.1016/j.cej.2022.139172.