

鄱阳湖湿地三种优势植物枯落物分解及 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 含量数据集研发

张全军¹, 段后浪^{2,3}, 吴东丽¹, 夏少霞^{2,3*}, 于秀波^{2,3*}

1. 中国气象局气象探测中心, 北京 100081;

2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 生态系统网络观测与模拟重点实验室, 北京 100101;

3. 中国科学院大学, 北京 100049

摘要: 作者基于 2017–2018 年在鄱阳湖南矶山国家级自然保护区白沙湖开展的野外原位分解试验, 构建了芦苇、南荻和藁草三种优势湿地植物枯落物分解过程中干物质、木质素、纤维素、全碳、全氮、全磷及稳定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 的高时间分辨率数据集。数据涵盖分解第 15、30、60、90、120 和 150 天的时间序列, 系统记录了各指标的动态变化。结果表明, 三类枯落物的分解速率及元素释放模式存在显著物种差异: 干物质、木质素和纤维素的瞬时衰减系数均呈现先升后降的趋势, 并在第 15 天达到峰值, 芦苇分解速率始终最高, 南荻最低; 碳、氮、磷的相对归还指数均表现为芦苇>藁草>南荻; $\delta^{13}\text{C}$ 整体呈下降趋势, $\delta^{15}\text{N}$ 在分解初期波动显著。本数据集为解析湿地枯落物分解的驱动机制、量化碳氮磷循环过程及模型构建提供了关键数据支撑, 对评估湿地碳汇功能及生态管理具有重要意义。数据集存储为.shp 和.xlsx 格式, 由 9 个数据文件组成, 数据量为 73.8 KB (压缩为 1 个文件, 64.2 KB)。

关键词: 干物质; 木质素; 纤维素; 碳氮同位素; 磷

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2026.04.12>.

CSTR: <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2026.04.12>

数据可用性声明:

本文关联实体数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志 (中英文)》出版, 可获取:

<https://doi.org/10.3974/geodb.2025.10.06.V1> 或 <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2025.10.06.V1>.

1 前言

湿地植物枯落物分解是驱动碳、氮等生源要素生物地球化学循环的关键过程, 其动态直接影响湿地的碳汇功能与全球碳收支平衡^[1]。由于淹水-落干交替及缺氧环境显著抑制分解速率, 湿地系统积累了大量的有机质, 成为重要的惰性碳库。枯落物分解速率对环境变

收稿日期: 2025-11-18; 修订日期: 2026-07-06; 出版日期: 2026-08-25

*通讯作者: 夏少霞, 中国科学院地理科学与资源研究所, xiasx@igsrr.ac.cn; 于秀波, 中国科学院地理科学与资源研究所, yuxb@igsrr.ac.cn

数据引用方式: [1] 张全军, 段后浪, 吴东丽等. 鄱阳湖湿地三种优势植物枯落物分解及 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 含量数据集研发[J]. 全球变化数据学报, 2026, 10(4): 495–503. <https://doi.org/10.3974/geodp.2026.04.12>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2026.04.12>.

[2] 张全军, 段后浪, 吴东丽等. 鄱阳湖湿地三种优势植物枯落物分解及 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 含量数据集[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2025. <https://doi.org/10.3974/geodb.2025.10.06.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2025.10.06.V1>.

化极为敏感,其微小波动可在多个尺度上显著影响碳通量^[2-4]。枯落物分解过程主要受基质质量调控,木质素、纤维素、氮、磷含量及其化学计量比(C/N、N/P、Lignin/N)以及不同碳组分显著影响分解速率和路径^[5,6]。目前,如何构建一个能适用于不同物种及分解阶段的统一预测指标,仍是当前研究面临的一个挑战。本研究构建了鄱阳湖芦苇、南荻和藁草三种优势植物的枯落物在分解过程中化学成分及 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 含量数据集,以期量化湿地碳循环过程及响应机制提供关键数据支撑,为构建多因子驱动模型、识别阶段特异性指标提供了结构化和可重用的数据基础。

稳定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 的分馏效应对解析有机物转化途径和微生物代谢过程具有示踪作用^[7,8]。分馏强度受到基质化学属性、外源氮输入及微生物群落活动的复合影响^[9,10],但其量化关系研究仍然不足。本研究提供的高时间分辨率同位素变化数据,可用于辨析分馏的主控因子,评估环境干扰效应,并为模型参数化提供验证依据。

鄱阳湖作为典型季节性洪水脉冲湿地,水位剧烈变动形成了大面积洲滩生境,支撑了以芦苇、南荻和藁草为代表的高生物量植被^[11-14]。其枯落物分解过程直接调控该区域的养分循环与碳固存潜力。然而,该系统性的原位观测数据仍相对匮乏,制约了相关机制的深入研究。本研究通过原位分解试验获取的长期动态数据集,旨在量化:(1)三种优势物种枯落物分解速率和化学组成的动态差异;(2)碳、氮、磷释放模式的物种特异性;(3)稳定同位素在分解过程中的分馏规律。可服务于区域碳氮循环模拟、生态水文效应评估及湿地管理策略优化,具有重要的科研与应用价值。

2 数据集元数据简介

《鄱阳湖湿地三种优势植物枯落物分解及 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 含量数据集》^[15]的名称、作者、地理区域、数据年代、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表1。

3 数据研发方法

3.1 数据采集区域

本次研究将数据采集区域界定为白沙湖。该湖泊地处鄱阳湖南矶山国家级自然保护区,是区内具有代表性的碟形子湖泊(图1)。该保护区地处鄱阳湖南部三角洲前缘,赣江主要支流入湖区域,属亚热带湿润季风气候区,年均降水量充沛,气候季节性变化显著,夏季高温多雨,冬季温凉少雨。区域水位受赣江、修水、信江、饶河、抚河等五河来水与长江洪水的双重顶托和消长影响,形成极具规律的水文节律:每年4月至9月为丰水期,湖水水位上涨,淹没大部分洲滩;10月至次年3月为枯水期,湖水消退,出露大面积草洲、泥滩和沼泽湿地。这种周期性水文动态塑造了该区域独特且典型的湿地生态系统结构^[11-14]。

选择白沙湖作为试验地点,主要基于其高度代表性的碟形湖形态和完整的水陆交替过程。该类湖泊及其周边洲滩湿地是保护区内物质循环和能量流动的关键场所,尤其在水位回落期形成土壤肥沃、水热条件优越的暴露区,极适宜湿生、水生植物群落的发育。其中,藁草、南荻和芦苇作为保护区内最具代表性的三种优势植物,广泛分布于湖滨至湖心的洲

表 1 《鄱阳湖湿地三种优势植物枯落物分解及 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 含量数据集》元数据简表	
条 目	描 述
数据集名称	鄱阳湖湿地三种优势植物枯落物分解及 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 含量数据集
数据集短名	LitterDEC_PLW
作者信息	张全军, 中国气象局气象探测中心, zhangqj@cma.gov.cn 段后浪, 中国科学院地理科学与资源研究所, duanhl@igsnr.ac.cn 吴东丽, 中国气象局气象探测中心, wudongli666@126.com 夏少霞, 中国科学院地理科学与资源研究所, xiasx@igsnr.ac.cn 于秀波, 中国科学院地理科学与资源研究所, yuxb@igsnr.ac.cn
地理区域	鄱阳湖
数据年代	2017–2018
数据格式	.xlsx、.shp
数据量	73.8 KB
数据集组成	样地地理位置、样品干物质分解率、木质素分解数据、纤维素分解数据、全碳相对归还指数、全氮相对归还指数、全磷相对归还指数、 $\delta^{13}\text{C}$ 含量、 $\delta^{15}\text{N}$ 含量
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101, 中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	(1) “数据” 以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放, 用户免费浏览、免费下载; (2) 最终用户使用 “数据” 需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源; (3) 增值服务用户或以任何形式散发和传播 (包括通过计算机服务器) “数据” 的用户需要与《全球变化数据学报》(中英文) 编辑部签署书面协议, 获得许可; (4) 摘取 “数据” 中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10% 引用原则, 即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%, 同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[16]
数据和论文检索系统	DOI, CSTR, Crossref, DCI, CSCD, CNKI, SciEngine, WDS, GEOSS, PubScholar, CKRSC, OARL

滩梯度上, 群落结构清晰, 生物量大, 构成了鄱阳湖湿地植被的主体和主要碳氮载体。藁草具秋、春草交替生长的特殊物候, 南荻和芦苇则呈显著季节性生物量积累和枯落物输入, 三者共同主导了该区域枯落物的产生与分解过程^[4,6]。鉴于白沙湖洲滩湿地具有原生植被保存良好、人类干扰较小、优势物种分布集中等特征, 其为开展湿地植物枯落物分解试验提供了理想场所。

3.2 野外试验设计

3.2.1 样地设置

原位分解试验于 2017 年 11 月 15 日启动, 正值鄱阳湖湿地进入枯水期。试验地点选在白沙湖一处典型草洲, 位于湖心水体约 500 m 以外的洲滩带。在该区域内划定一个矩形区域 (长约 300 m, 宽约 20 m), 均匀布设了 5 个固定样方 (每个约 4 m²), 作为分解试验的重复单元, 样方间距约 50 m。该区域在枯水期持续出露水面, 丰水期淹没历时较短, 植被以芦苇、南荻和藁草三种优势种为主, 群落生长状况良好, 分布均匀, 具备开展分解试验的理想条件。

3.2.2 样品准备

采集样地附近衰老的芦苇、南荻和藁草叶片, 去离子水洗净, 剪成 10 cm 段混匀 (消

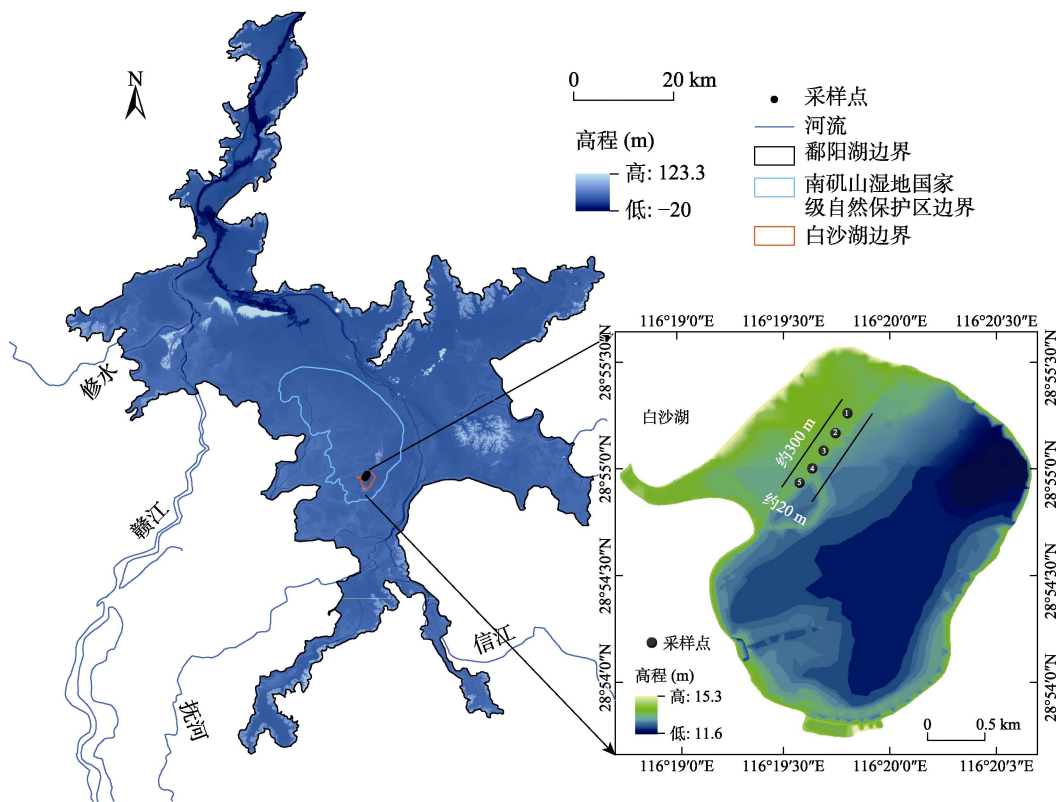


图 1 样点在鄱阳湖湿地中的位置示意图

除尺寸效应)。120 ℃杀青 1 h 后，60 ℃烘至恒重。样品按以下 3 种处理装入分解袋：芦苇样品（5 g）、南荻枯落物（5 g）、薹草枯落物（5 g）。分解袋为 100 目（孔径 0.15 mm）、15 cm×20 cm 白色尼龙网袋，可防止样品流失并允许微生物活动。

3.2.3 野外布设与采样

将准备的分解袋固定于预设样点。使用 PVC 管将袋体贴近地表固定，避免相互挤压及破坏原生枯落层。分解袋在 5 个样方中随机布设，确保每个采样时间点的每个物种都有其指定的重复数。分别于布设后第 15、30、60、90、120、150 天回收样品。每次回收芦苇样品 3 个重复，南荻样品 3 个重复，薹草样品 5 个重复。最后一次采样（第 150 天）在 2018 年 4 月 15 日完成，此后样地被洪水淹没，试验终止。

3.3 室内试验

每次取回分解袋后，首先清除附着于样品表面的泥沙、藻类及其他外来杂质，随后将样品转移至牛皮纸信封中，并放入 60 ℃恒温烘箱内持续烘干，直至重量不再发生变化。之后准确称量样品的干重，研磨成细粉后分装于带编号的聚乙烯样品袋中密封保存，以备后续分析测定。每个重复样品的粉末均单独进行各项化学和同位素指标测定，后续计算其平均值和标准差。

本研究各项化学指标的测定方法与仪器如下：纤维素和木质素含量，依据酸性洗涤-

碘量法测定^[17,18]; 全碳和全氮含量, 使用 Vario Max CN 型元素分析仪 (Elementar, Germany) 测定; 全磷含量, 采用 Optima 5300DV 型电感耦合等离子体发射光谱仪 (Perkin-Elmer, America) 测定^[6]; 稳定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$, 则利用 Thermo 公司的元素分析仪与 Delta Plus Finnigan MAT 253 型质谱仪联用测定^[6], 其计算公式为:

$$\delta^{13}\text{C} = \frac{{}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}_{\text{sample}}}{{}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}_{\text{standard}}} - 1 \quad (1)$$

$$\delta^{15}\text{N} = \frac{{}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}_{\text{sample}}}{{}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}_{\text{standard}}} - 1 \quad (2)$$

本次测定以美洲拟箭石化石 (Pee Dee Belemnite, PDB) 作为碳稳定同位素的参照标准, 以空气中氮气作为氮稳定同位素的参照标准^[6]。在仪器分析中, 重复样品的标准误为: $\delta^{13}\text{C}$ 不超过 0.1‰, $\delta^{15}\text{N}$ 不超过 0.4‰。

3.4 分解模型与参数估算

残留率 (The remaining rate, R_t) 的计算公式如下^[6]:

$$R_t = \frac{M_t}{M_0} \times 100\% \quad (3)$$

式中, R_t 为 t 时刻残留率 (%), M_t 与 M_0 分别表示 t 时刻与初始的枯落物干重 (g), t 代表分解时间 (d)。

瞬时衰减系数 (The instantaneous loss rate, k) 采用 Olson 负指数衰减模型^[18]:

$$M_t = M_0 e^{-kt} \quad (4)$$

式中, k 值用于表征 t 时刻的瞬时衰减系数, 其值越大, 意味着分解越快。 M_t 与 M_0 分别表示 t 时刻与初始的枯落物干重 (g), t 为分解时间 (d)。

相对归还指数 (relative return index, RRI) 的计算公式如下:

$$RRI_t = \frac{M_0 \times C_0 - M_t \times C_t}{M_0 \times C_0} \times 100\% \quad (5)$$

式中, C_t 与 C_0 分别为某元素在 t 时刻与初始时刻的浓度 (%); 在本研究中, 分别以 $CRRI$ 、 $NRRI$ 和 $PRRI$ 代表全碳、全氮和全磷的相对归还指数。

4 数据结果

4.1 数据集组成

数据包括样区地理位置以及枯落物分解相关数据, 分别以 .shp 和 .xlsx 格式存储。枯落物分解相关数据 Excel 文件, 包括 8 个 sheet, 分别为干物质、木质素、纤维素、全碳、全氮、全磷、 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 这 8 个指标在分解试验开始第 15、30、60、90、120、150 天的动态监测数据, 包括测定值、平均值和标准差。各指标详细数据情况如表 2 所示。

4.2 数据结果分析

数据结果表明, 芦苇、藁草和南荻三种植物枯落物的干物质、木质素和纤维素的瞬时衰减系数均表现出先迅速升高、后下降并最终趋于稳定的变化趋势, 三者均在分解第 15 天达到最大值, 90 天后基本保持稳定。在各测定时间点, 干物质、木质素和纤维素的瞬时衰

减系数均表现为芦苇最高，藁草次之，南荻最低（图 2a、2b、2c）。

表 2 测定指标及其统计量

指标	计算统计量（单位）			
干物质	初始质量（g）	残留量（g）	瞬时衰减系数	残留率（%）
木质素	占干物质残留量百分比（%）	残留量（g）	瞬时衰减系数	残留率（%）
纤维素	占干物质残留量百分比（%）	残留量（g）	瞬时衰减系数	残留率（%）
全碳	占干物质残留量百分比（%）	残留量（g）	相对归还指数（%）	
全氮	占干物质残留量百分比（%）	残留量（g）	相对归还指数（%）	
全磷	占干物质残留量的比例（mg/kg）	残留量（g）	相对归还指数（%）	
$\delta^{15}\text{N}$	占干物质残留量千分比（‰）			
$\delta^{13}\text{C}$	占干物质残留量千分比（‰）			

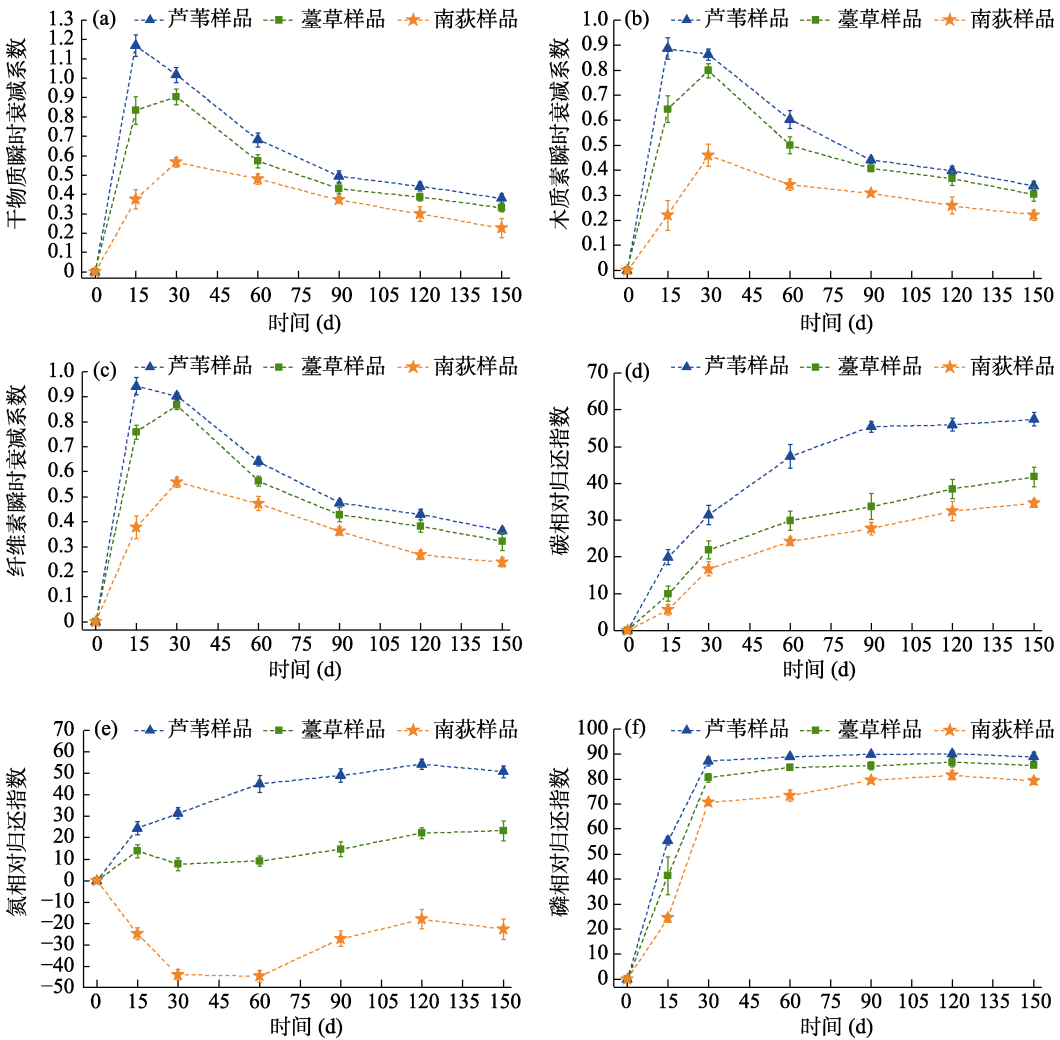


图 2 枯落物分解过程中各成分随时间变化特征统计分析图

从碳、氮、磷的相对归还指数来看, 所有采样时间点均呈现出一致规律: 芦苇最高, 藁草次之, 南荻最小 (图 2d、2e、2f)。在分解过程中, 三种枯落物的碳相对归还指数始终为正值, 并持续上升; 氮的相对归还指数因物种而异, 芦苇始终保持正值并持续上升, 南荻则一直为负值, 且呈现先降后升的趋势; 磷的相对归还指数在所有物种中均为正值, 整体表现为先迅速上升后趋于稳定, 并在分解约 30 天后达到平稳状态。

尽管三类枯落物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值在整个分解期间均呈波动状态, 但其位次关系始终保持不变: 芦苇最低, 藁草居中, 南荻最高 (图 3a)。在变化趋势上, 芦苇 $\delta^{13}\text{C}$ 整体显著下降, 仅在第 30 天和 90 天出现异常高值; 南荻 $\delta^{13}\text{C}$ 则在分解 15 天后显著降低。与之不同, 藁草 $\delta^{13}\text{C}$ 虽在 90 天和 150 天出现高值, 但其余时段也呈现出显著的下降趋势。

在氮同位素 $\delta^{15}\text{N}$ 方面, 三类枯落物均在分解初期 (前 15 天) 变化最为明显, 之后呈现波动状态 (图 3b)。在氮同位素 $\delta^{15}\text{N}$ 的动态上, 三类枯落物均在分解前期 (0–15 天) 变化最为显著, 随后其值呈波动趋势 (图 3b)。在整个分解过程中, $\delta^{15}\text{N}$ 值在各时间点上的排序始终为芦苇>藁草>南荻。总体而言, 所有枯落物的 $\delta^{15}\text{N}$ 在分解期间均呈小幅上升; 分解至 90 天时, 藁草与南荻的 $\delta^{15}\text{N}$ 已显著高于初始值, 且南荻的 $\delta^{15}\text{N}$ 在整个分解过程中的波动幅度在三种植物中最为平缓。

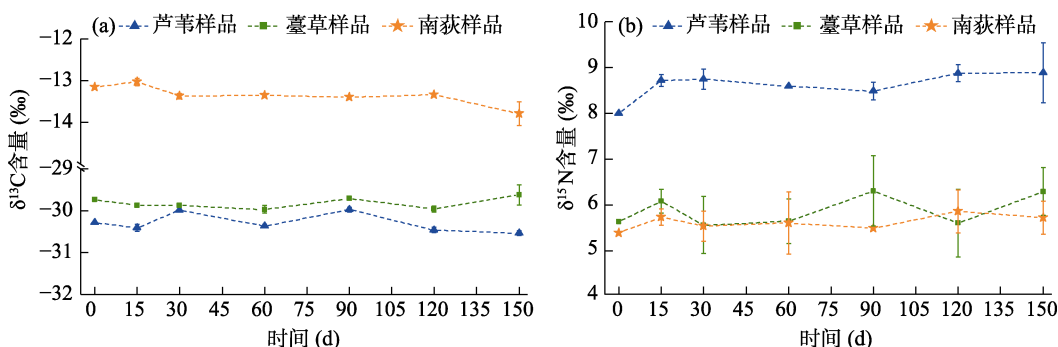


图3 枯落物分解过程中 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 含量随时间变化特征统计分析图

5 讨论和总结

本研究采用为期 150 天的原位分解实验, 系统追踪了三种鄱阳湖优势植物 (芦苇、南荻与藁草) 的枯落物分解过程。实验监测了包括干物质、木质素、纤维素、全碳、全氮、全磷以及稳定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 在内的多项指标, 从而获得了一个高时间分辨率的数据集。结果表明, 不同物种在分解速率、养分释放及同位素分馏行为上均存在显著差异, 反映出种类特异的化学属性和复杂的生物地球化学过程。

在分解速率方面, 三类植物枯落物的干物质、木质素和纤维素均表现出先升高后下降最终稳定的趋势, 在第 15 天达到峰值, 90 天后趋于稳定。初期快速分解主要源于易分解组分的流失和微生物快速定殖, 后期因难降解物质比例上升而减缓。芦苇始终具有最高的瞬时衰减系数, 南荻最低, 藁草居中, 该差异可能与初始基质质量有关^[19]。芦苇较低的 C/N

和较高氮含量利于微生物利用,这可能是其分解速率最快的原因。南荻较高的纤维(纤维素/木质素)含量和次生代谢物含量可能抑制分解进程。

从元素归还动态看,碳、氮、磷的相对归还指数(RRI)均表现为芦苇>藁草>南荻,说明芦苇养分释放效率最高,对湿地养分循环贡献最大。碳RRI持续为正且上升,表明碳不断释放;氮RRI呈现物种特异性,芦苇持续释放,南荻始终为负,指示氮的净固定,可能与微生物固持作用或枯落物化学结构有关;磷RRI在所有物种中均为正,约30天后稳定,表明磷释放较早达到平衡,可能与磷在湿地环境中的吸附-解吸反应有关^[20]。

稳定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{15}\text{N}$ 的变化为揭示分解机制提供了重要线索^[21,22]。 $\delta^{13}\text{C}$ 整体下降,可能与微生物优先利用 ^{12}C 导致残留物中 ^{13}C 相对富集有关; $\delta^{15}\text{N}$ 在分解初期波动最大,说明早期微生物活动对氮循环影响显著。芦苇较高的 $\delta^{15}\text{N}$ 值可能反映其强烈的氮转化过程,南荻较低且变化不显著,说明其氮循环相对保守。

本研究的局限性在于未同步监测微生物群落结构、胞外酶活性及环境因子动态,这些均是调控分解的关键变量。未来可整合多组多源科学数据和原位环境监测,深入揭示枯落物分解的微生物生态过程与水文化学耦合机制。

综上所述,本研究通过高分辨率多指标观测,揭示了鄱阳湖湿地枯落物分解过程中的物质变化与同位素示踪规律,强调了物种间分解策略的差异及对物质循环的影响。所获数据集可为区域碳氮模型参数优化、湿地管理政策制定及全球变化背景下碳汇功能评估提供科学依据。

作者分工: 张全军设计和实施了野外试验、负责样品采集、室内分析和数据处理以及数据论文撰写;夏少霞和段后浪指导和协助了野外试验设计和样品采集;吴东丽指导了数据质量控制和数据论文撰写;于秀波对数据集的开发做了总体设计,指导和监督试验实施。

利益冲突声明: 本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突。

参考文献

- [1] Mitsch, W. J., Gosselink, J. G. Wetlands, 5th Edition [M]. New York: John Wiley & Sons Inc, 2015.
- [2] Zhang, Q. J., Wang, Z. S., Xia, S. X., *et al.* Hydrologic-induced concentrated soil nutrients and improved plant growth increased carbon storage in a floodplain wetland over wet-dry alternating zones [J]. *Science of the Total Environment*, 2022, 822.
- [3] 张全军, 张广帅, 万松贤等. 鄱阳湖植食越冬候鸟粪便对洲滩湿地藁草枯落物分解过程及碳、氮、磷释放的影响[J]. 湖泊科学, 2019, 31(3): 814–824.
- [4] 张全军, 张广帅, 于秀波等. 鄱阳湖湿地优势植物枯落物的分解速率及碳、氮、磷释放动态特征[J]. 生态学报, 2020, 40(24): 8905–8916.
- [5] Cornelissen, J. H. C. An experimental comparison of leaf decomposition rates in a wide range of temperate plant species and types [J]. *The Journal of Ecology*, 1996, 84(4): 573.
- [6] 张全军, 于秀波, 张广帅. 鄱阳湖湿地 3 种优势植物枯落物分解过程及碳氮同位素分异特征[J]. 湖泊科学, 2023, 35(5): 1694–1704. DOI: 10.18307/2023.0529.
- [7] Kramer, M. G., Sollins, P., Sletten, R. S., *et al.* N isotope fractionation and measures of organic matter

- alteration during decomposition [J]. *Ecology*, 2003, 84(8): 2021–2025.
- [8] Jiang, C. M., Yu, W. T. Combined influence of external nitrogen and soil contact on plant residue decomposition and indications from stable isotope signatures [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2019, 26(7): 6791–6800.
- [9] 陈清, 王义东, 郭长城等. 天津沼泽湿地芦苇叶片的碳稳定同位素比值分布特征及其环境影响因素[J]. 植物生态学报, 2015, 39(11). DOI: 10.17521/cjpe.2015.0101.
- [10] 张洛梓. 天津三大芦苇湿地碳、氮稳定同位素特征及其对环境变化的响应[D]. 天津: 天津师范大学, 2021.
- [11] 张全军, 于秀波, 钱建鑫等. 鄱阳湖南矶湿地优势植物群落及土壤有机质和营养元素分布特征[J]. 生态学报, 2012, 32(12): 3656–3669.
- [12] 《鄱阳湖研究》编委会. 鄱阳湖研究[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1988.
- [13] 刘信中, 胡斌华. 江西南矶山湿地自然保护区综合科学考察[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005.
- [14] 张全军, 夏少霞, 刘宇等. 鄱阳湖不同高程梯度下湿地植物和土壤碳氮磷及微量元素数据集[J]. 中国科学数据(中英文网络版), 2025, 10(1): 255–265.
- [15] 张全军, 段后浪, 吴东丽等. 鄱阳湖湿地三种优势植物枯落物分解及 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 数据集[J]. 全球变化数据学报, 2025. <https://doi.org/10.3974/geodb.2025.10.06.V1>. <https://cstr.science.org.cn/CSTR:20146.11.2025.10.06.V1>.
- [16] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. [https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05\(2017年更新\)](https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05(2017年更新)).
- [17] Ziegler, F., Kogel, I., Zech, W. Alteration of gymnosperm and angiosperm lignin during decomposition in forest humus layers [J]. *Zeitschrift Für Pflanzenernährung Und Bodenkunde*, 1986, 149(3): 323–331.
- [18] Olson, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems [J]. *Ecology*, 1963, 44(2): 322–331.
- [19] Wider, R. K., Lang, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags [J]. *Ecology*, 1982, 63(6): 1636–1642.
- [20] Liao, C. Z., Luo, Y. Q., Fang, C. M., *et al.* Litter pool sizes, decomposition, and nitrogen dynamics in *Spartina alterniflora*-invaded and native coastal marshlands of the Yangtze Estuary [J]. *Oecologia*, 2008, 156(3): 589–600.
- [21] Wrubleski, D. A., Murkin, H. R., van der Valk, A. G., *et al.* Decomposition of emergent macrophyte roots and rhizomes in a northern prairie marsh [J]. *Aquatic Botany*, 1997, 58(2): 121–134.
- [22] Connin, S. L., Feng, X., Virginia, R. A. Isotopic discrimination during long-term decomposition in an arid land ecosystem [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2001, 33(1): 41–51.