

4.流域资源利用与土壤环境

沁河下游土壤重金属污染特征、源解析及情景预测研究

李颜颜、田忠义、张鹏岩、秦明周

河南师范大学、河南大学、首都经济贸易大学

摘要：为揭示矿产主产区与粮食主产区这一复合区域土壤重金属的污染特征及污染来源，以沁河下游的土壤为研究对象，测定 8 种土壤重金属（As、Cr、Ni、Cu、Zn、Cd、Pb、Hg）的含量和 pH 值。采用内梅罗综合污染指数法和地累积污染指数法系统量化了重金属的污染程度，并联合应用相关性-主成分分析、正定矩阵因子分解（PMF）模型和绝对主成分得分-多元线性回归（APCS-MLR）模型定量解析重金属污染来源及其贡献率。结果表明：（1）沁河下游的 Cd、Hg、As、Pb、Cr、Cu、Ni 和 Zn 8 种重金属元素均超过了河南省土壤背景值，尤其 Cd 元素还超过了农用地土壤风险筛选值和管控值，Cd 元素是研究区污染最严重的污染物；研究区 8 种重金属含量整体上呈现西高东低的分布特征。（2）研究区在河南省背景下的总体污染为重度污染，农用地土壤污染风险值背景下为警戒线状态，处于尚清洁水平。地累积污染指数表明研究区 8 种重金属均出现累积污染情况。（3）土壤重金属污染主要受工业源和农业源的影响。APCS-MLR 模型解析出的污染源分别为工业源（35.44%）、其他源（27.65%）、自然源（27.58%）和大气沉降源（9.34%）。PMF 模型 4 种来源的贡献率分别是农业源（28.87%）、工业源（26.98%）、交通和大气沉降源（23.82%）、自然源（20.33%）。（4）8 种重金属无突变情景均比乐观情景和实测下的重金属含量高。其中，Cd 在两种情景下均变化最大，相比实测 Cd 含量再乐观情景下降低了 12.22%，在无突变情景下增加了 25.23%。研究结果可为保障沁河下游土壤健康和粮食安全提供科学依据，也为黄河流域土壤污染防治提供思路。

关键词：土壤重金属、污染特征、源解析、情景预测、沁河下游