

# 中东亚地区土地退化早期阶段关键营养元素 C、N 的差异流失作用

李心清, 黄代宽, 胡 璐, 程建中

中国科学院 地球化学研究所 环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002

**关键词:** 土地退化; 沙漠化; 土壤营养元素; C/N; 干旱环境; 中国北方

土地退化是导致土地生产力下降的过程之一, 也是造成土地资源日益减少的主要原因。在气候变化的大背景下, 人类对土地资源的过度利用正使得土地退化成为世界性难题。由土地退化所引发的粮食安全、水质污染、物种消失以及全球气候变化等问题, 已经严重影响了以农牧业为主要经济支柱的发展中国家。在过去的数十年里人们对土地退化的地球化学特征做了大量的研究, 目前人们普遍认为土地退化过程中伴随着营养元素的流失, 并最终形成岛状分布。然而, 土地退化早期阶段土壤营养元素的变化缺乏足够的研究。为此, 我们以中东亚地区表土为研究对象, 针对土地退化早期阶段关键营养元素碳 (C) 和氮 (N) 的流失行为进行了研究。

研究地点位于包括中国北部和蒙古国的中东亚地区, 该区属典型大陆性干旱半干旱气候区。特有的季风系统造成了降水和植被的对称分布特征。以沙漠化为主要特征的土地退化是中国北方干旱、半干旱地区过去 50 a 来最为突出的环境问题。虽然同样地处干旱和半干旱区, 但是由于土地使用政策的不同, 蒙古在过去数十年中的土地沙漠化却相对很少。以此区域为背景, 通过对比研究, 有助于探讨中国北方土地退化过程中营养元素的地球化学特

征。

表 1 中给出了表土中 C 和 N 随采样路线从南到北的空间变化特征。从 A 段到 B1 段末端, C 含量的大约增加了 2 倍, B2 至 C 段 C 平均含量由降低了约 1/2, D 段开始 C 含量突然上升, 后以 2.2% ~ 1.7% 的速度平缓过渡到 E 段, F 段起伏较小, 但相对于 E 段 C 含量却降至 0.6%, G 段波动是 F 段的 6 倍左右, 形成了又一个峰值区。N 含量虽然比 C 含量低约一个数量级, 但其空间分布的变化与后者保持很好的一致性。

蒙古国内的 C、N 含量的变化主要起因于气候变化。同时, 地质地貌、土壤理化性质等也起着一定的作用。蒙古国表土 C、N 含量的变化为自然环境影响下的土壤关键营养元素地球化学特征提供了参考标准。

然而在中国北部地区, 土地退化使 C、N 含量变化复杂化。在非土地退化地区 (如 A, B1, 和 E 地区), 与蒙古国一样, C、N 含量变化主要受控于气候影响。但在土地退化发生区, 其含量变化与干燥系数 (气候因素) 的关系严重下降, 表明了人为活动的影响。Spearman 相关系数分析也显示了土地退化与表层土壤中 C、N 含量的关系。

表 1 中东亚不同地区表土中 C、N 和 C/N 平均值

|       | ECA        | A         | B1        | B2        | C          | D         | E         | F         | G         |
|-------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| C (%) | 2.3(0.9)   | 1.9(1.3)  | 3.6(1.4)  | 3.2(0.6)  | 1.5(0.6)   | 2.2(1.2)  | 1.7(0.9)  | 0.6(0.7)  | 3.5(2.3)  |
| N (%) | 0.2(0.2)   | 0.2(0.1)  | 0.3(0.1)  | 0.2(0.1)  | 0.05(0.03) | 0.2(0.1)  | 0.2(0.1)  | 0.1(0.04) | 0.3(0.2)  |
| C/N   | 18.0(11.7) | 12.5(1.3) | 14.1(1.6) | 21.4(4.8) | 36.8(16.8) | 19.3(8.1) | 10.5(1.2) | 13.5(3.7) | 12.6(2.9) |

注: 括号中的数字表示  $1\sigma$  标准偏差; A—G 表示不同的地区: A. 秦岭北坡; B—黄土高原, 其中 B1 为南部黄土高原, B2 为北部黄土高原; C. 宁夏中东部地区; D. 毛乌素沙地西缘和北缘地区; E. 阴山山脉地区; F. 中国北方和蒙古南部的戈壁沙漠地区; G. 蒙古国北部地区; ECA. 整个中东亚地区。

C 和 N 对土地退化的影响有着不同的反应, 这一作用尤其表现在不同阶段的土地退化中。因此, C/N 比从整体上反映了 C 和 N 对土地退化的响应。如图 1 所示, 在几乎没有土地退化的地区 (G, E, A, B1), C/N 平均值为 12 左右; 沙漠戈壁地区 (F 段) C/N 值虽有波动, 但是平均值也接近 12; 然而, 在宁夏中东部土地沙漠化地区 (C 段), 出现了异常高的 C/N 值 (30 ~ 70)。因此土地沙漠化会提高土壤 C/N 比。

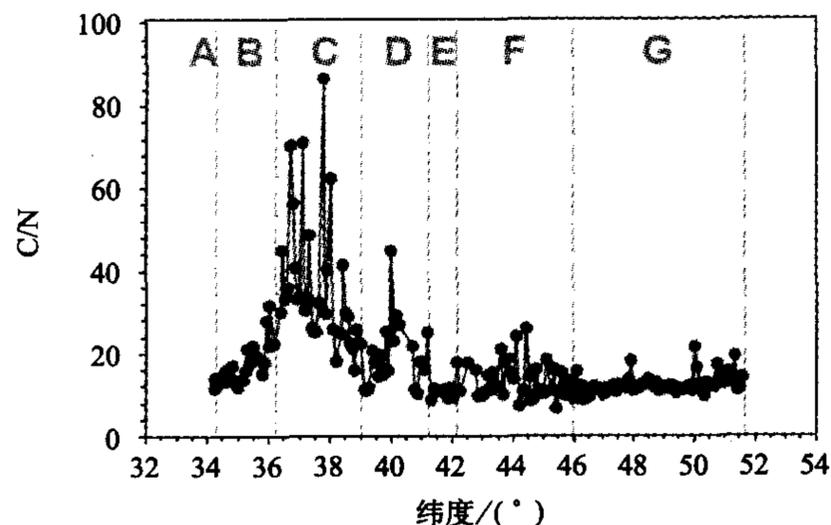


图 1 中西亚地区表层土壤中 C/N 变化特征  
(图中 A—G 同表 1)

从 B2 到 C 地区, 土地退化从潜在荒漠化到轻度荒漠化, C/N 值从  $21.4 \pm 4.8$  ( $\text{mean} \pm 1\sigma$ , 下同) (表 1) 增加到  $43.0 \pm 17.5$ 。因此土地退化早期阶段 C/N 值得到最大的提高。有着相同退化程度的地区 C/N 值大体相同。D 段属于潜在荒漠化

地区, 与 C 段开始部分的 C/N 值相对应。都斯兔河河谷几乎没有沙漠化, 所以与蒙古北部和阴山地区一样具有最低的 C/N。黄土高原南部长期以来被认为好于潜在荒漠化, 但从其逐步升高的 C/N 值看, 其土壤有机质的平衡状态由南向北正在被打破。但是, 随着土地退化程度的加深, 在中等荒漠化的毛乌素沙地附近, C/N 值降低到  $25.0 \pm 7.2$ 。因此, 土地退化对 C/N 值的增强作用似乎因退化阶段不同而不同。由此我们认为, C/N 可以被用来反应土地退化初期阶段的状态。

C/N 量化了土壤中 C 和 N 的相对含量。高的 C/N 值表明了相对于 C 来说, N 更为不足。这种偏离正常值的现象可能是由于有机质输入的空间异质性、土壤类型变化、或 C (N) 的差异流失所致。通过对比研究, 我们认为土地退化过程中 C、N 的差异流失作用是造成 C 在地区 C/N 高值的原因。

虽然 N 比 C 流失更快, 但在土地退化的初期阶段, 土地有机质和营养元素总的流失并不高。如果此时能够阻止土地退化的发展, 根据营养生态位理论, 原生植被可以很快得以恢复; 否则, 土壤的化学和物理性质的退化将会进一步发展到与原始阶段截然不同的地步, 此时要恢复其原始的植被, 就要花费更多的时间。所以, 从生态学的角度来看, 土地退化的早期阶段是防治其退化的重要阶段。