

琼中地区中三叠世黑云母二长花岗岩 成壤过程的量化指标表征

赵红坤^{1,2)}, 马生明¹⁾

1) 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 河北廊坊, 065000;

2) 中国地质大学(北京), 北京, 100083

关键词: 琼中; 中三叠世黑云母二长花岗岩; 成壤过程; 化学风化指数(CIA); 土壤风化淋溶系数(ba); 碳氮磷生态化学计量比

土壤是地球关键带的重要组成部分, 是岩石风化的结果, 是连接岩石圈、生物圈、大气圈和水圈的纽带, 其形成、发育和功能将深刻影响地球生态系统的可持续性(朱永官等, 2015)。由岩石到土壤的风化过程中, 土壤过程是控制地球关键带中物质、能量、信息流动与转化的重要节点。受成壤母质、气候等因素的影响, 元素的活动性表现出不同的特点规律。不同学科通过不同量化指标表征成壤过程中元素的规律。例如, 地球化学学科利用化学风化指数(CIA)表征土壤过程的风化程度, 土壤学利用土壤风化淋溶系数(ba)表征成壤过程中的元素迁移情况, 生态化学计量学利用生态化学计量比指标表征成壤过程的土壤养分情况等。本文以琼中地区中三叠世黑云母二长花岗岩的土壤剖面为研究对象, 利用上述量化指标探讨了琼中地区中三叠世黑云母二长花岗岩的成壤过程。

1 化学风化指数(CIA)

Nesbitt 和 Young (1982) 首次提出化学风化指数(CIA)的概念并将其划分为 3 个等级: ①弱化学风化: $50 \leq CIA < 65$; ②中等化学风化: $65 \leq CIA < 85$; ③强化学风化: $CIA \geq 85$, 用该指数来判断物源区的风化程度, 其计算公式如下:

$$CIA = 100 \times Al_2O_3 / (Al_2O_3 + K_2O + Na_2O + CaO^*) \quad (1)$$

上式中各元素氧化物含量是指其摩尔含量。 CaO^* 是指存在于硅酸盐矿物中的 CaO , 按照 Mc Lennan (1993) 提出的方法进行校正, 若 $CaO/Na_2O < 1$ 时, 则 CaO^* 用 CaO 摩尔含量进行计算; 若 $CaO/Na_2O > 1$ 时, 则 CaO^* 用 Na_2O 的摩尔含量进行计算。

2 土壤风化淋溶系数(ba)

土壤风化淋溶系数, 是指土壤中的盐基(Na_2O 、 K_2O 、 CaO 和 MgO) 与氧化铝的分子比值。在土壤形成过程中, Al_2O_3 比较稳定而不易被淋溶, 而 Na 、 K 、 Ca 、 Mg 等盐基容易受淋洗, ba 值愈小, 表示脱盐基多, 淋溶作用强。计算方式为:

$$ba = (Na_2O + K_2O + CaO + MgO) / Al_2O_3 \quad (2)$$

3 碳氮磷生态化学计量比

土壤碳氮磷含量及其化学计量比是衡量土壤有机质组成、土壤质量的主要指标(孙小东等, 2018)。C/N 表征 N 矿化能力, C/P 是表征土壤 P 矿化能力, N/P 表征 N、P 的控制作用及确定养分的阈值(张旭冉等, 2021; 易芬等, 2022)。

4 结论

结果表明, 基岩的 CIA 计算值为 52, 新鲜花岗岩的 CIA 值在 45 ~ 55 之间(Nesbitt and Young, 1982), 暗示所采集的基岩样品基本未发生化学风化作用。除基岩外, 整个土壤剖面呈中等风化程度, 随土壤深度的增加, 风化指数增大后减小; 土壤风

注: 本文为中国地质调查局地质调查项目(编号: DD20190305)、科技基础资源调查专项资助项目(编号: 2022FY101800)和中国地质调查局基本科研业务费项目(编号: AS2020Y05)的成果。

收稿日期: 2023-12-21; 改回日期: 2024-02-05; 责任编辑: 郭现轻。DOI: 10.16509/j.georeview.2024.s1.014

作者简介: 赵红坤, 女, 1993 年生, 博士研究生, 地球化学专业; Email: zhaohongkun@email.cugb.edu.cn。通讯作者简介: 马生明, 男, 1963 年生, 博士, 研究员, 从事生态地质调查与研究; Email: msmigge@163.com。

化淋溶系数先减小后增大,表明土壤淋溶作用随着深度先增强后减弱。用 Excel 分析了 CIA 和 ba 的相关性,结果显示两者间存在很好的相关性,相关系数达 0.99。岩矿鉴定结果显示,所采集的基岩成分斜长石约 35%,钾长石约 30%,石英在 20%~25%,黑云母在 10%~15%,并存在少量角闪石。石英稳定性极高,几乎不发生化学溶解作用(张学敏和岳琼申,2018)。地表以下约 1 m 处,土壤中 SiO_2 含量高于基岩 SiO_2 含量, Al_2O_3 则正好相反,暗示地表是一个复杂的环境,可能是由于风化淋溶过程中,导致土壤中主导元素重组或是地表 Al_2O_3 的淋失导致 SiO_2 含量的相对增加;还可能是在风(台风)或暴雨对石英碎屑的引入(Craig and Loughnan, 1964)。该土壤剖面的风化作用主要体现在长石的分解和次生粘土矿物的生成。钠、钾、钙和镁通过土壤溶液从长石中淋溶除去,导致风化产物中氧化铝增加。

除表层浅层样品外,随土壤深度增加,C 含量、N 含量急剧下降后趋于稳定,靠近地表的土壤样品 C 含量、N 含量高于其在基岩中含量,暗示 C、N 有输入,土壤中的 C 主要源于动植物和微生物的残体,土壤中的 N 主要来源于凋落物和大气沉降。P 含量随土壤深度增加呈增大趋势且小于岩石中 P 含量,暗示土壤中的 P 主要来源于岩石风化。不同深度土壤 C 和 N 含量相关性极高,相关系数达 0.99,C 和 P、N 和 P 含量无明显相关性。土壤 C/P 低有利于微生物分解有机质释放养分,土壤 N/P 可作为养分限制/饱和的诊断和有效预测指标。碳氮磷生态化学计量比结果显示,随土壤剖面深度增加,C/P 和 N/P 先急剧减小后缓慢减小,P 的矿化能力先增强,此时养分循环逐渐达到最佳水平,到一定深度后,由于微生物的减少导致 P 的矿化能力趋于稳定,养分循环趋于稳定。C/N 与有机质分解速度呈反比。

随土壤深度增加,C/N 呈“波浪”趋势,整体先增大后减小,推测其原因可能是土壤中 C、N 来源复杂且不同深度土壤中微生物可能存在分层效应等。

参 考 文 献 / References

- 孙小东,宁志英,杨红玲,张子谦,李玉霖. 2018. 中国北方典型风沙区土壤碳氮磷化学计量特征. 中国沙漠, 38(6): 1209~1218.
- 易芬,邓艳,洪涛,谢运球,吴松,柯静. 2022. 岩性和种植年限对火龙果地土壤碳、氮、磷生态化学计量特征的影响. 地质论评, 68(6): 2219~2232.
- 张旭冉,张卫青,王海茹,卢晓霞,春风,赛西雅拉图. 2021. 克氏针茅草原土壤生态化学计量特征对放牧强度的响应. 生态学报, 41(13): 5309~5316.
- 张学敏,岳琼申. 2018. 地球化学方法在化学风化作用和物源判别中的应用综述. 华南地质与矿产, 34(1): 41~58.
- 朱永官,李刚,张甘霖,傅伯杰. 2015. 土壤安全: 从地球关键带到生态系统服务. 地理学报, 70(12): 1859~1869.
- Craig D, Loughnan F. 1964. Chemical and mineralogical transformations accompanying the weathering of basic volcanic rocks from New South Wales. Australia. j. soil. Res., 2(2): 60.
- McLennan S M. 1993. Weathering and global denudation. Journal of Geology, 101: 295~303.
- Nesbitt H W, Young G M. 1982. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. Nature, 299(5885): 715~717.
- ZHAO Hongkun, MA Shengming: Quantitative indicators of pedogenesis of Middle Triassic biotite monzogranite in Qiongzong, Hainan Island**
- Keywords: Qiongzong ; Middle Triassic biotite monzogranite; soiling process; chemical weathering index (CIA); ba value; C, N and P stoichiometry**