

碳酸钙与石膏对土壤磷及溶解有机碳淋溶的影响*

郭梅 池宝亮 黄学芳

David Chittleborough

(山西省农业科学院旱地农业研究中心 太原 030031) (Dept. of Soil & Water, University of Adelaide, Adelaide, SA5064, Australia)

摘要 研究碳酸钙与石膏对南澳大利亚典型土壤 P 和溶解有机碳淋溶的影响结果表明,碳酸钙可同时降低土壤 P 和溶解有机碳的淋溶,而石膏可降低土壤 P 淋溶和增加溶解有机碳的淋溶。

关键词 碳酸钙 石膏 土壤 P 溶解有机碳 淋溶

Effects of CaCO_3 and Gypsum on leaching of phosphorus and dissolved organic carbon in soil . GUO Kun-Mei, CHI Bao-Liang, HUANG Xue-Fang (Dryland Agricultural Research Center, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031, China), David Chittleborough (Dept. of Soil and Water, University of Adelaide, Adelaide 5064, Australia), *CJEA*, 2006, 14(1): 128 ~ 130

Abstract The effects of CaCO_3 and Gypsum on leaching of phosphorus and dissolved organic carbon in soil of sampling areas in Southern Australia were studied. The results show that CaCO_3 can reduce the leaching of both P and dissolved organic carbon; Gypsum can also reduce the leaching of P, however, it dramatically increases the leaching of dissolved organic carbon.

Key words CaCO_3 , Gypsum, Soil P, Dissolved organic carbon, Leaching

(Received Sept. 27, 2004; revised Oct. 31, 2004)

目前因农业土地利用而造成的 N、P 和有机碳非点源水体污染日益加剧。土壤可溶性 P 大量淋溶易造成水体富营养化,使水体中蓝绿藻类迅速繁殖,且这些藻类开花时会产生毒素,进而威胁水体生态系统以及水质^[1,2];水体中有机碳含量尤其是溶解的有机碳含量较高可使水体产生不良颜色和气味^[3],并促进水体中的细菌生长,给水处理絮凝过程带来一定困难,且该污水处理过程可产生对人体有致癌作用的中间化合物,如何减少和控制土壤 P 和有机碳淋溶已成为世界各国研究的热点。一般含 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 和 Ca^{2+} 的盐均可有效减少土壤 P 移动及径流^[4]。南澳大利亚碳酸钙与石膏等含 Ca^{2+} 矿物质常被用作土壤改良剂^[5]。本试验研究了碳酸钙与石膏对土壤 P 及有机碳淋溶的影响,为有效减轻土壤 P 及有机碳淋溶提供依据。

表 1 不同处理碳酸钙与石膏施用量*

Tab. 1 The application amount of CaCO_3 and Gypsum in different treatments

处 理 Treatments	碳酸钙/ g·土柱 ⁻¹ CaCO_3	石膏/ g·土柱 ⁻¹ Gypsum	碳酸钙/ 石膏 CaCO_3 / Gypsum
CK	0	0	-
	8.83	0	1/0
	6.18	4.55	7/3
	4.42	7.58	1/1
	2.64	10.61	3/7
	0	15.15	0/1

* 碳酸钙与石膏均为分析纯试剂;各处理均施用等量 P 肥;碳酸钙/石膏值按 Ca 的绝对量计算。

重复 3 次。试验灌溉模式模拟取样地点的降雨量和降雨强度,灌溉前先用 1000mL (< 土柱 A 层的田间持水量)蒸馏水湿润土柱 2 次,期间间隔 2 周,第 2 次湿润后间隔 3 周用相当于 50mm 降雨量的蒸馏水进行第 1

1 试验材料与方法

供试土壤样品取自南澳大利亚地区的典型沙壤土,土壤 pH 值 5.25,速效磷含量 25mg/kg,有机碳 21g/kg。该区 B 层结构相对稳定但孔隙较大,年均降雨量 760mm,70%~80% 降雨集中在 4~9 月份且多为强度不等的暴风雨,极易造成土壤养分淋失,该区土壤 P 及溶解有机碳的淋溶已造成流域水质的严重污染^[6]。据 Kirby^[7]方法从田间收集原状土柱并置于温室内备用。以碳酸钙与石膏形式施入 P 肥 25kg/hm²,Ca 肥 2t/hm²,将 P 肥与添加剂施于土柱表面,并与土柱表面 2~3cm 土层混匀。试验共设 6 个处理,各处理碳酸钙与石膏施用量见表 1,每处理

* 国家留学基金委资助项目

收稿日期:2004-09-27 改回日期:2004-10-31

次灌溉,之后分别间隔 4 周用相当于 100mm 降雨量的蒸馏水进行第 2 次和第 3 次灌溉,第 4 次和第 5 次灌溉分别间隔 6 周,灌溉量仍然是 100mm,灌溉强度控制在 20~22mm/h。收集每次灌溉后的淋溶液并储存于 4℃ 冷藏室内,分析其 pH、全 P 和总有机碳含量;并取一定量淋溶液,用 0.45 μ m (Millipore-Millex HV 产品)滤纸过滤,收集滤液测定其溶解磷和溶解有机碳含量,用 ICP 测定滤液中其他离子含量。用 MINTEQ2 模型分析 P 含量变化,模型所用离子强度值来自 ICP 测定结果。

2 结果与分析

2.1 碳酸钙与石膏对土壤 P 淋溶的影响

不同处理土壤淋溶液全 P 与可溶性 P 总量见图 1。由图 1 可知与对照相比,单施碳酸钙处理土壤全 P 与可溶性 P 淋溶量分别降低 59.8% 和 80.5%,随石膏施用比例的增加,抑制 P 淋溶的效果略有下降,与对照相比不同处理土壤全 P 淋溶量分别降低 21.7%~61.2%,可溶性 P 淋溶量降低 23.5%~68.7%。对照、处理 I~V 土壤淋溶液中可溶性 P 占全 P 比例分别为 69.4%、33.6%、54.7%、56.1%、67.8% 和 54.2%。土壤溶液中 P 的去除机理主要是吸附或沉淀,据本试验所获淋溶液的 pH 和离子强度,用 MINTEQ2 模型计算溶液中各种离子和化合物的化学平衡。淋溶液中 Ca-P 化合物的饱和指数结果表明(数据略),固体 $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 控制 P 的沉淀,但仅用碳酸钙处理时,该化合物仍处于未饱和状态,故该处理 P 的主要去除机理可能是吸附。Griffin R. A. 等^[8]研究表明,碳酸钙矿物表面可作为 P 的专性吸附位,Lang E. 等^[9]研究表明,碳酸钙施入土壤前 14d 可增加土壤腐植质层微生物活动,微生物的吸收及其新陈代谢可加速土壤无机磷的消耗和减少土壤速效磷。随石膏施用量的增加,淋溶液中的固体 $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 处于过饱和状态,沉淀是其主要去除机理。进一步由 MINTEQ2 模型获得的数据表明,随石膏的逐渐施入, Ca^{2+} 和 PO_4^{3-} 形成一系列

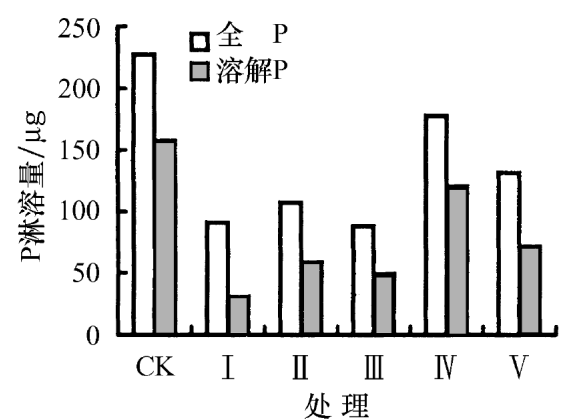


图 1 碳酸钙与石膏对土壤 P 淋溶的影响

Fig.1 Effect of CaCO_3 and Gypsum on the movement of soil P

表 2 不同处理土壤淋溶液中 Ca-P 与全 P 比例

Tab.2 The proportion of Ca-P compounds to total P in leachate of different treatments

项 目 Items	处 理 Treatments					
	CK					
磷酸氢钙 全 P / %	54.60	49.00	92.80	94.10	96.00	96.80
磷酸钙 全 P / %	8.50	12.80	2.20	0.48	0.45	0.11
磷酸二氢钙 全 P / %	0.82	0.56	0.64	0.33	0.13	0.04
总 Ca-P 全 P / %	63.92	62.36	95.64	94.91	96.58	96.95

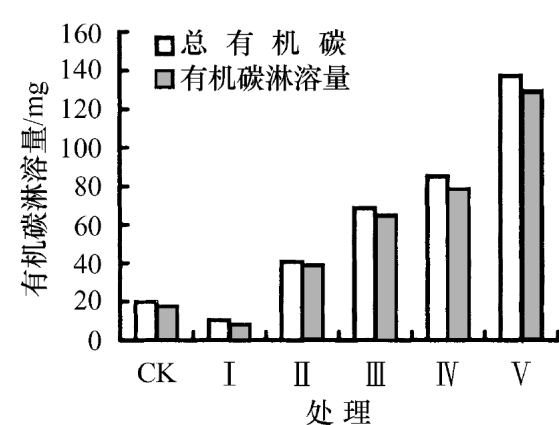


图 2 碳酸钙与石膏对有机碳淋溶的影响

Fig.2 Effect of CaCO_3 and Gypsum on the movement of organic C

水溶性 Ca-P 化合物(见表 2),且这些化合物在滤液中占全 P 的比例随石膏用量的增加而增大,故滤液中可溶性 P 占全 P 比例也随之增大。

不同处理淋溶液中总有机碳与有机碳淋溶总量见图 2。由图 2 可知与对照相比,仅用碳酸钙处理时总有机碳和有机碳淋溶量可分别降低 48.0% 和 54.9%,淋溶液中有机碳淋溶量占总有机碳比例降低 13.4%。但随石膏施用比例的增加,淋溶液中有机碳含量逐渐增加,且与所施石膏量成明显正相关,该结果与 Belkacem S. 等^[10]研究结果完全一致,表明石膏处理下土壤有机碳的淋溶远大于碳酸钙处理,且 >90% 淋溶有机碳均为溶解有机碳。Lang E. 等^[9]研究表明,施用碳酸钙可增加土壤腐植质层的微生物活动,使其通过呼吸作用消耗的 CO_2 量增加,降低土壤溶液中的有机碳含量,间接降低淋溶的有机碳量。随石膏施用量的增加,与对照相比被淋溶的有机碳量有所增加,这可能是由于土壤溶液中的 SO_4^{2-} 与溶解有机碳竞争可交换的正电荷位的结果。因 SO_4^{2-} 竞争力更强且浓度较大,使与土壤颗粒处于较松结合态的溶解有机碳被置换下来而被淋溶,淋溶液中的 SO_4^{2-} 与溶解有机碳含量间的正相关性(见图 3)

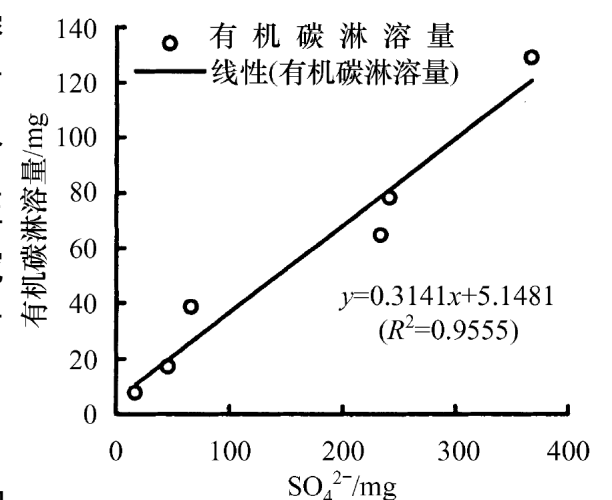


图 3 淋溶液中 SO_4^{2-} 与有机碳淋溶量相关性

Fig.3 Correlation between SO_4^{2-} and dissolved organic carbon in leachate

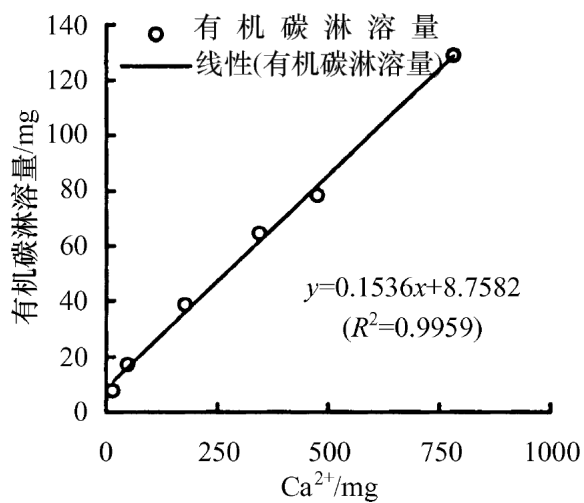


图 4 淋溶液中 Ca^{2+} 与有机碳淋溶量相关性

Fig.4 Correlation between Ca^{2+} and dissolved organic carbon in leachate

也证明了这一推测的正确性。此外溶解有机碳与 Ca^{2+} 之间强烈的结合力使被置换下来的溶解有机碳可能与 Ca^{2+} 复合后而被淋溶,这也可由淋溶液中溶解有机碳与 Ca^{2+} 含量之间较强的相关性(见图 4)看出,故石膏处理下土壤溶液中较高浓度及竞争力更强的 SO_4^{2-} 置换了与土壤颗粒处于较松结合态的溶解有机碳使其与 Ca^{2+} 结合后而被淋溶。故施石膏虽可一定程度降低土壤 P 的淋溶,但其同时增加土壤溶解有机碳的淋溶。

3 小结与讨论

施用碳酸钙可降低土壤 P、肥料 P 及土壤溶液中溶解有机碳的淋溶,施用石膏虽可一定程度降低土壤 P 和肥料 P 的淋溶,但同时大大增加了溶解有机碳的淋溶量,故应用石膏降低土壤溶液中 P 的淋溶时,不可忽视其增加溶解有机碳的淋溶量。与石膏相比碳酸钙可作为经济有效的土壤添加剂以降低土壤 P 与肥料 P 以及溶解有机碳的淋溶,实际应用时适宜的碳酸钙用量应根据土壤酸度而定。

参 考 文 献

- 1 Kirkby C .A ., Smythe L .J ., Cox J .W ., *et al* . Phosphorus movement down a toposequence from a landscape with texture contrast soils . Australian Journal of Soil Research, 1997, 35: 399 ~ 417
- 2 Foy R .H ., Withers P .J .A . The contribution of agricultural phosphorus to eutrophication . The Fertiliser Society Proceedings, 1995, 365: 1
- 3 Chittleborough D .J ., Smettem K .R .J ., Costaris E ., *et al* . Seasonal changes in pathways of dissolved organic carbon through a hillslope soil(Xeralf) with contrasting texture . Soil Chemistry Mineralogy, 1992, 30: 465 ~ 476
- 4 Elliott H .A ., O 'Connor G .A ., Lu P ., *et al* . Influence of water treatment residuals on phosphorus solubility and leaching . Journal of Environmental Quality, 2002, 31: 1362 ~ 1369
- 5 Dontsova K .M ., Norton L .D . Clay dispersion, infiltration, and erosion as influenced by exchangeable Ca and Mg . Soil Science, 2002, 167: 184 ~ 193
- 6 Nelson P .N ., Costaris E ., Oades J . Nitrogen, phosphorus and organic carbon in streams draining two grazed catchments . Journal of Environmental Quality, 1996, 25: 1221 ~ 1229
- 7 Simonetta T ., Valeria P ., Carlo G . Phosphate adsorption and precipitation in calcareous soils: the role of calcium ions in solution and carbonate minerals . Nutrient Cycling in Agroecosystems, 1999, 53: 219 ~ 227
- 8 Griffin R .A ., Jurinak J .J . The interaction of phosphate with calcite . Proceedings-Soil Science Society of America, 1973, 37: 847 ~ 850
- 9 Lang E ., Beese F . Reaction of the microbial soil population of beech forest to miming treatments . Allgemeine Forest Zeitschrift, 1985, 43: 1166 ~ 1169
- 10 Belkacem S ., Nys C . Consequences of liming and gypsum top-dressing on nitrogen and carbon dynamics in acid forest soils with different humus forms . Plant and Soil, 1995, 173: 79 ~ 88