

石灰性土壤交换性钙和镁测定方法的研究*

红梅¹ 郑海春² 魏晓军³ 李跃进^{1†} 米富贵¹ 陈彤³

(1 内蒙古农业大学生态环境学院, 呼和浩特 010019)

(2 内蒙古自治区土壤与肥料工作站, 呼和浩特 010011)

(3 呼伦贝尔市农业技术推广服务中心, 内蒙古海拉尔 021008)

摘要 石灰性土壤交换性盐基组成的测定, 通行的方法是采用 70% 乙醇溶液反复洗盐, 再经 pH 8.5 0.1 mol L⁻¹ 氯化铵 - 70% 乙醇 (CH₃CH₂OH) 溶液进行多次交换处理, 测定交换液中的 K⁺、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺ 浓度。但此方法常常受操作步骤繁琐, 以及土壤中碳酸盐的溶解量因多次浸提而增加的困扰, 最终导致测定结果偏高。基于上述原因, 选择不同浓度、不同 pH 的 NH₄OAc 和 NH₄Cl 10 种交换剂, 对比分析 10 种交换剂中的碳酸盐溶解度和土壤交换性钙镁含量。结果表明, pH = 8.5 1 mol L⁻¹ 氯化铵 - 70% 乙醇 (CH₃CH₂OH) 溶液较适合石灰性土壤交换性盐基的测定。此新方法是先经 70% 乙醇 (CH₃CH₂OH) 溶液洗盐, 再用 pH 8.5 1 mol L⁻¹ 氯化铵 (NH₄Cl) - 70% 乙醇 (CH₃CH₂OH) 溶液进行一次性交换处理, 然后测定交换液的 K⁺、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺ 浓度, 简化了操作程序的同时有效抑制了土壤碳酸盐的溶解, 降低了测定结果的偏差。

关键词 交换性钙; 交换性镁; 石灰性土壤

中图分类号 S151.9+5 **文献标识码** A

土壤交换性能对调节土壤溶液的浓度, 保证土壤溶液成分的多样性, 保持土壤溶液的“生境”平衡, 各种养分免于被淋失有重大意义^[1]。土壤阳离子交换量 (CEC) 是指土壤所能吸附和交换的阳离子的容量^[2]。它包括交换性盐基和交换性酸, 交换性盐基包括 K⁺、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺, 其中以 Ca²⁺ 为主, Mg²⁺ 次之, K⁺、Na⁺ 较少。决定土壤 CEC 的因子, 主要是土壤中带负电荷胶体^[3]。阳离子交换量大小及组成是评价土壤保水、保肥能力的重要指标, 同时也是改良土壤和合理施肥的重要依据之一^[4-5]。交换性钙、镁是作物生境所必需的中量营养元素, 若植物缺钙, 生长受阻, 节间较短, 组织柔软; 植物缺镁, 出现失绿症, 储藏于组织的淀粉含量降低, 测定土壤交换性钙镁含量对研究合理施肥、提高作物产量和品质有重要意义^[6-7]。

石灰性土壤属于盐基饱和土壤, 交换性钙、镁的含量极高, 一般来说并不会影响植物的正常生长; 对于碱化土, 除测定交换性钠外, 基本不对其他交换性离子进行测定。总体而言, 关于石灰性土、

碱化土交换性钙镁测定方法的研究较少。但随着镁质碱土的发现, 交换性盐基组成的测定成为必测指标^[8]。相比较而言, 酸性、中性土壤交换性钙、镁和阳离子交换量的测定方法比较成熟, 已有国标 (GB7865-87)。而石灰性土壤中因含有大量的碳酸盐, 如完全套用酸性或中性土壤的测定方法会溶解土壤中的碳酸盐, 使测定结果偏高, 因此如何抑制碳酸盐的溶解是石灰性土、碱性土交换性盐基组成测定的关键。王虹和崔桂霞研究用氯化钡缓冲液法来测定土壤阳离子交换量 (CEC)^[9], 许冀泉和熊毅^[10]、罗羲真^[11] 等提出阳离子交换量半微量速测法, 其他学者也在石灰性土壤交换性盐基组成测定方面做了大量工作^[12-15], 但这些方法的提取过程较繁琐, 且多次浸提将会促进碳酸盐的溶解。

本文的实验研究目的, 拟通过对比不同浓度和 pH 的 NH₄OAc 和 NH₄Cl 的 10 种交换剂处理石灰性土壤, 探求其对碳酸盐的溶解和交换性盐基的影响, 筛选出更为简便、准确的石灰性土壤交换性盐基的测定方法。

* 内蒙古科技厅“十二五”重大项目“盐碱土改良及改土物料污染源修复集成技术开发”(20131510)资助

† 通讯作者: 李跃进 (1960—), 教授, 博士研究生导师, 研究方向为盐碱土改良。E-mail: liyuejin2005@126.com

作者简介: 红梅 (1970—), 女, 博士, 教授, 硕士研究生导师, 主要从事土壤改良利用。E-mail: nmhm1970@sina.com

收稿日期: 2013-04-10; 收到修改稿日期: 2013-07-03

1 材料与方法

1.1 供试土壤

无碳酸钙土壤(农业土壤成分分析标准物质

GBW 07412)作为交换方法选择和鉴定测定结果准确的依据。0~30 cm 混合均匀的淡栗钙土(内蒙古乌兰察布市四子王旗)为供试土样,基本性质见表 1。

表 1 实验采用土壤基本性质

Table 1 Physical and chemical properties of soil used in experiment

有机碳 SOC (g kg ⁻¹)	全氮 Total N (g kg ⁻¹)	全磷 Total P (g kg ⁻¹)	全钾 Total K (g kg ⁻¹)	碱解氮 Hydrolyzable N (mg kg ⁻¹)	有效磷 Avail P (mg kg ⁻¹)	速效钾 Avail K (mg kg ⁻¹)	容重 Bulk density (g cm ⁻³)	pH	土壤质地 Soil texture
11.18	1.27	0.31	34.45	44.07	8.60	146.2	1.4	8.6	砂质壤土 Sandy loam soil

1.2 试剂配制

配制 30 g L⁻¹氯化锶(SrCl₂·6H₂O):将 30 g 的氯化锶溶于 950 ml 水,定容至 1 000 ml。

配制 50%、70% 乙醇(C₂H₅OH)溶液:量取 526.3 ml 95% 乙醇、737 ml 95% 乙醇用水稀释至 1 000 ml。

标准液的配制:钙标准工作曲线的绘制,吸取钙标准溶液(100 mg L⁻¹)0、0.5、1.0、1.5、2.5、3.5 ml 分别放入 100 ml 容量瓶中,加 5 ml 氯化锶(30 g L⁻¹)用上述 10 种交换剂定容,得到了 0、0.5、1.0、1.5、2.5、3.5 μg ml⁻¹的标准溶液;镁标准工作曲线的绘制,吸取镁标准溶液(100 mg L⁻¹)0、1、2、

4、6、8 ml 分别放入 100 ml 容量瓶中,加 5 ml 氯化锶(30 g L⁻¹)用上述 10 种交换剂定容,得到 0、1、2、4、6、8 μg ml⁻¹的标准溶液。

交换剂的配制:1 000 ml 0.1 mol L⁻¹、1 mol L⁻¹氯化铵(NH₄Cl)、乙酸铵(NH₄OAc)–50%、70% 乙醇(C₂H₅OH)交换剂配制,分别称取 5.35 g、53.50 g、7.70 g、77.00 g 氯化铵、乙酸铵,分别溶于 426.3 ml 和 236.7 ml 水中微热,溶解后加 95% 乙醇溶液 473.7 ml 和 663.3 ml,再用稀盐酸或氨水溶液(体积比为 1:1)调节 pH 至 8.5、9.0 和 9.5,对应加入 50%、70% 乙醇溶液至 1 000 ml(见表 2)。

表 2 不同交换剂的配制

Table 2 Formulas of different ion exchangers

交换剂 Exchanger	试剂 Reagent	浓度 Concentration (mol L ⁻¹)	配制 1 000 ml 所称试剂质量 Regent mass used in 1 000 ml exchanger (g)	pH	乙醇溶液浓度 Ethanol concentration (%)
交换剂 1 Exchanger 1	NH ₄ OAc	1.0	77.00	8.5	70
交换剂 2 Exchanger 2	NH ₄ Cl	1.0	53.50	8.5	70
交换剂 3 Exchanger 3	NH ₄ OAc	0.1	7.70	8.5	70
交换剂 4 Exchanger 4	NH ₄ Cl	0.1	5.35	8.5	70
交换剂 5 Exchanger 5	NH ₄ Cl	1.0	53.50	8.5	50
交换剂 6 Exchanger 6	NH ₄ OAc	1.0	77.00	9.5	50
交换剂 7 Exchanger 7	NH ₄ Cl	1.0	53.50	9.5	50
交换剂 8 Exchanger 8	NH ₄ OAc	1.0	77.00	9.0	70
交换剂 9 Exchanger 9	NH ₄ Cl	1.0	53.50	9.0	70
交换剂 10 Exchanger 10	NH ₄ Cl	0.1	5.35	9.0	70

2 结果

2.1 纯碳酸钙和纯碳酸镁在不同交换剂中的溶解度(20℃)

本实验的碳酸盐溶解过程是在相同时间、温度条件下塞进瓶塞进行的,忽略了大气 CO₂ 浓度变化对碳酸盐溶解的影响。

分别称取分析纯碳酸钙的质量 0.050 0、0.500 0、1.000 0、1.500 0、2.500 0、4.000 0 g,将其注入 100 ml 容量瓶中,分别加入交换剂 60 ml,氯化铯 5 ml,用交换剂定容至刻度,充分摇匀,在 20℃ 的水浴中恒温静置 3 h 后过滤,将滤液中的钙离子用原子吸收分光光度计(型号 TAS-986)测定,绘制出 10 种交换剂中的碳酸钙的溶解曲线(见图 1),筛选出对钙离子溶解度较小的交换剂(筛选过程要保留 NY/T 1615-2008 方法)。

图 1 可看出,不同交换剂中碳酸钙溶解的顺序为:交换剂 1 > 交换剂 8 > 交换剂 6 > 交换剂 3 > 交换剂 5 > 交换剂 2 > 交换剂 4 > 交换剂 10 > 交换剂 9 > 交换剂 7。同一类、同样浓度的交换剂中碳酸钙

的溶解随着 pH 的上升而降低,说明提高 pH 能够有效抑制碳酸钙的溶解,但在配制交换剂时需要加入过多的氨水,准确定容不宜掌握,也有研究认为当交换剂 pH = 9.5 时,破坏土壤胶体性质,同时可能在高 pH 条件下交换出的钙离子以碳酸钙的形式沉淀^[16]。同一类、同样 pH 的交换剂中碳酸钙的溶解度随着交换剂浓度的上升有增加的趋势;同样浓度、同样 pH 的氯化铵交换剂中碳酸钙的溶解度小于乙酸铵交换剂;随着乙醇浓度的升高碳酸钙的溶解度也降低。

根据上述分析和保留常规测定方法(交换剂 4, NY/T 1615-2008 方法)的原则,选取 6 种对碳酸钙溶解较低的交换剂,检测碳酸镁的溶解度。碳酸镁在不同交换剂中的溶解结果可看出(图 2),碳酸镁的溶解顺序为交换剂 8 > 交换剂 4 > 交换剂 9 > 交换剂 5 > 交换剂 10 > 交换剂 2。

从图 1、图 2 看出,高 pH、高浓度乙醇-氯化铵交换剂对碳酸钙和碳酸镁的溶解度较小,为此选取了交换剂 2、交换剂 4(NY/T 1615-2008 方法)、交换剂 9 和交换剂 10,对标准土样和石灰性土壤进行交换反应,测定交换性盐基离子。

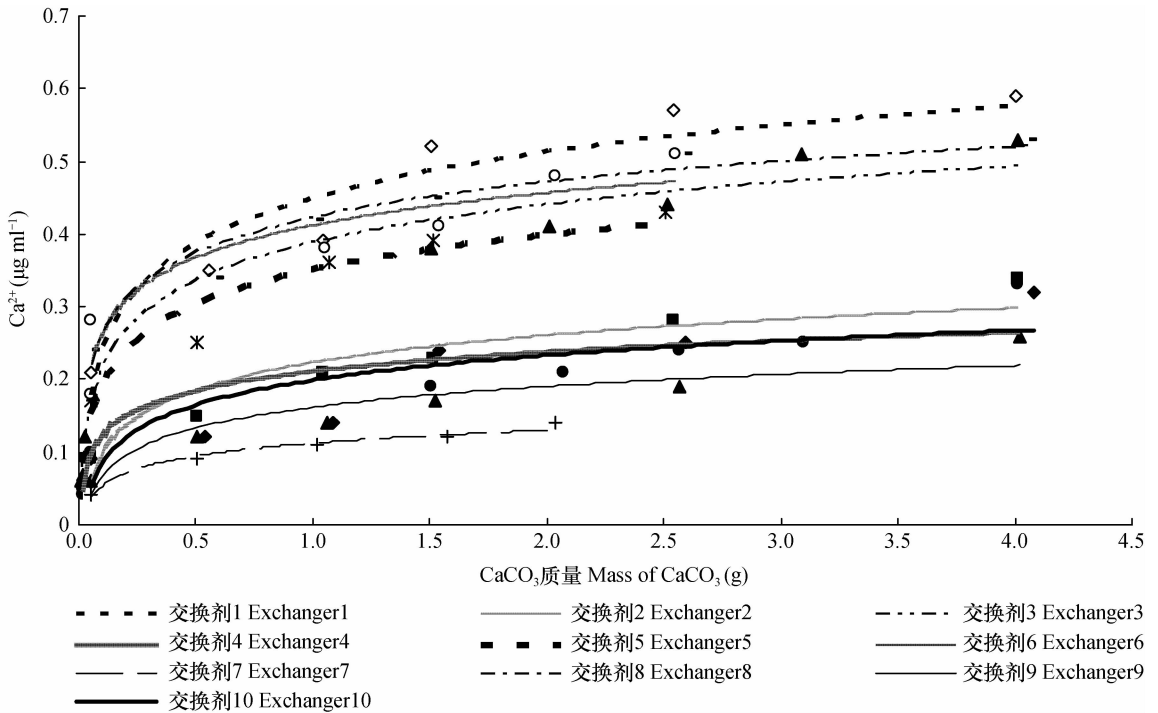
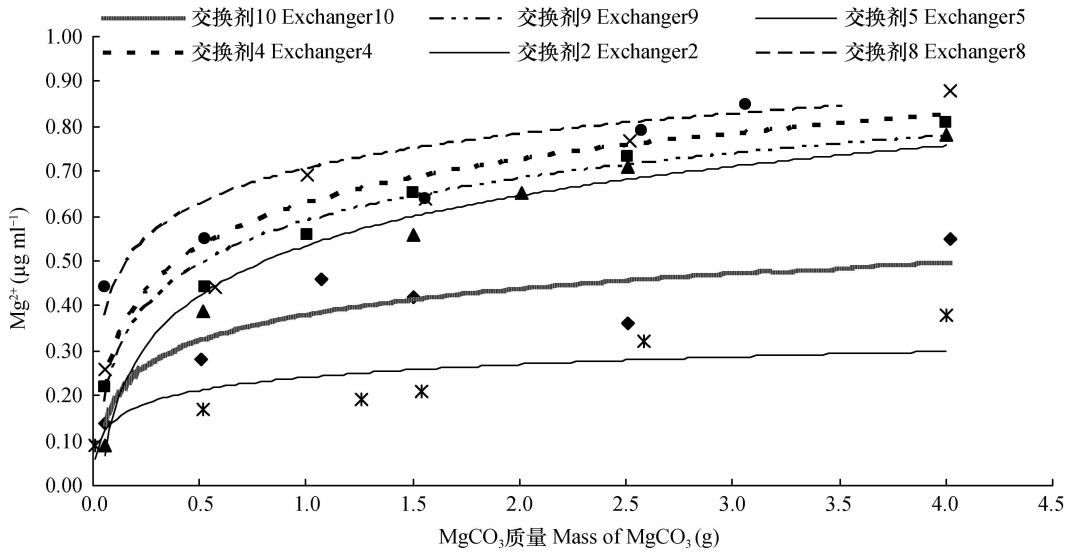


图 1 CaCO₃ 在不同交换剂中的溶解度
Fig. 1 CaCO₃ solubility in different ion exchangers

图2 MgCO₃在不同交换剂中的溶解度Fig. 2 MgCO₃ solubility in different ion exchangers

2.2 土壤交换性钙、镁的测定

标准土样(GBW07412)交换性钙镁的测定。洗可溶性盐:称取土样(GBW07412)约5.00 g,分4组(每组设置3个平行土样),放入50 ml离心管中,分别加入30 ml 70%乙醇。用玻璃棒仔细搅拌1~2 min,塞紧管口,放入离心机(型号:L550;离心机对角的质量一致),设定离心机转速4 000 r min⁻¹,离心3~5 min,将上清液弃掉,重复多次,直到Cl⁻和SO₄²⁻离子洗净为止(取离心后上清液1 ml 2份,置于2支小试管中,一支试管中加硝酸银数滴,无白色沉淀表示Cl⁻已洗净,另一支试管中加一滴盐酸和几滴氯化钡溶液,摇匀5 min后观察,如无混浊出现,表示SO₄²⁻已洗净)。离子交换:将洗净可溶性盐的土样加入25 ml交换剂2,充分搅拌后离心,取出离心管,将第一次浸提的上清液分别倒入100 ml容量瓶中。将4份交换液中取出一份,加入5 ml氯化锶,用交换剂定容至刻度,同时弃去此份土样。将剩余的3份土样继续加入交换剂25 ml,充分搅拌后离心,将上清液对应加入存放第一次交换剂的容量瓶中(即得到第一次浸提和第二次浸提出的交换性钙镁离子之和)。将3份交换液中取出一份,加入5 ml氯化锶,用交换剂定容至刻度,同时弃去此份土样。将剩余的2份土样继续加入交换剂25 ml,充分搅拌后离心,将上清液对应加入存放第二次交换剂的容量瓶中(即得到第一次、第二次、第三次浸提出的交换性钙镁离子之和)。将2份交换剂中取出一份,加入5 ml氯化锶,用交换剂定容至刻度,同

时弃去此份土样。最后1份土样继续加入交换剂25 ml,充分搅拌后离心,将上清液对应加入存放第三次交换剂的容量瓶中(即得到第一次、第二次、第三次、第四次浸提出的交换性钙镁离子浓度之和),加入5 ml氯化锶,用交换剂定容至刻度,以上待测液稀释50倍后用原子吸收光度计检测钙镁离子浓度。

对同一土壤进行上述洗盐后,用交换剂9进行交换,测定交换钙、镁离子(步骤同上);交换剂4和交换剂10对上述土壤进行洗盐、交换后,测定第三次和第四次混合交换剂中的钙镁(不分别测定第一次和第二次),结果见表3。

表3中可看出,用4种方法测定的结果都在误差范围内。其中交换剂2和交换剂9第一次交换出的钙、镁已达到土样GBW07412的标准,而交换剂4和交换剂10经交换三次后达到土样GBW07412的标准,因此交换剂2和交换剂9的测定结果较为准确、简便、省试剂。

石灰性土壤交换性钙镁的测定。称取约5.00 g供试土样8份(每4份为一组平行样),放入离心管(50 ml)管中,采用70%的乙醇溶液反复搅拌溶洗土壤可溶盐,至无Cl⁻和SO₄²⁻为止(方法同上)。分别加入30 ml交换剂4、交换剂10,用玻璃棒仔细充分搅拌1~2 min,使各管质量一致,塞住管口,放入离心机,用4 000 r min⁻¹的速度离心3~5 min。取出离心管,将上清液倒入100 ml容量瓶中,重复以上操作3次,加5 ml氯化锶然后用交换剂定容。

表 3 不同交换剂中交换性钙镁离子的浓度 (GBW07412)

Table 3 Concentrations of exchangeable Ca^{2+} and Mg^{2+} in different ion exchangers (GBW07412)

交换剂 Exchanger	质量 Mass(g)	第 1 次 $1^{\text{st}}\text{Ca}^{2+}$ ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	第 1 次 $1^{\text{st}}\text{Mg}^{2+}$ ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	第 2 次 $2^{\text{nd}}\text{Ca}^{2+}$ ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	第 2 次 $2^{\text{nd}}\text{Mg}^{2+}$ ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	第 3 次 $3^{\text{rd}}\text{Ca}^{2+}$ ($\mu\text{g ml}^{-1}$)
交换剂 2 Exchanger 2	5.034	2.74 ± 0.04	0.43 ± 0.02	—	—	—
	5.021	—	—	2.64 ± 0.02	0.43 ± 0.03	—
	5.013	—	—	—	—	2.73 ± 0.06
	5.008	—	—	—	—	—
	5.014	—	—	—	—	—
交换剂 4 Exchanger 4	5.018	—	—	—	—	—
	5.024	—	—	—	—	2.79 ± 0.07
	5.073	—	—	—	—	—
	5.025	2.69 ± 0.04	0.41 ± 0.03	—	—	—
交换剂 9 Exchanger 9	5.031	—	—	2.93 ± 0.03	0.44 ± 0.02	—
	5.042	—	—	—	—	2.97 ± 0.05
	5.027	—	—	—	—	—
	5.028	—	—	—	—	—
交换剂 10 Exchanger 10	5.056	—	—	—	—	—
	5.029	—	—	—	—	2.92 ± 0.04
	5.011	—	—	—	—	—

交换剂 Exchanger	质量 Mass(g)	第 3 次 $3^{\text{rd}}\text{Mg}^{2+}$ ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	第 4 次 $4^{\text{th}}\text{Ca}^{2+}$ ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	第 4 次 $4^{\text{th}}\text{Mg}^{2+}$ ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	交换性 Ca^{2+} Exchangeable Ca^{2+} (cmol kg^{-1})	交换性 Mg^{2+} Exchangeable Mg^{2+} (cmol kg^{-1})
交换剂 2 Exchanger 2	5.034	—	—	—	13.67 ± 0.37	3.54 ± 0.19
	5.021	—	—	—	13.21 ± 0.22	3.39 ± 0.14
	5.013	0.40 ± 0.04	—	—	13.56 ± 0.49	3.27 ± 0.10
	5.008	—	2.82 ± 0.05	0.43 ± 0.03	14.01 ± 0.53	3.52 ± 0.15
	5.014	—	—	—	—	—
交换剂 4 Exchanger 4	5.018	—	—	—	—	—
	5.024	0.43 ± 0.02	—	—	13.92 ± 0.44	3.54 ± 0.15
	5.073	—	2.86 ± 0.03	0.42 ± 0.04	14.27 ± 0.10	3.46 ± 0.07
	5.025	—	—	—	13.35 ± 0.33	3.37 ± 0.22
交换剂 9 Exchanger 9	5.031	—	—	—	14.07 ± 0.21	3.70 ± 0.11
	5.042	0.42 ± 0.03	—	—	14.69 ± 0.15	3.43 ± 0.14
	5.027	—	2.81 ± 0.03	0.41 ± 0.01	13.94 ± 0.10	3.35 ± 0.09
	5.028	—	—	—	—	—
交换剂 10 Exchanger 10	5.056	—	—	—	—	—
	5.029	0.43 ± 0.05	—	—	14.48 ± 0.11	3.51 ± 0.09
	5.011	—	2.78 ± 0.03	0.45 ± 0.05	13.84 ± 0.17	3.69 ± 0.13

注: 标准土样 (GBW07412) 中交换性 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 的浓度分别是 $14.1 \pm 1.5 \text{ cmol kg}^{-1}$ 和 $3.54 \pm 0.24 \text{ cmol kg}^{-1}$ Note: The concentration of exchangeable Ca^{2+} and Mg^{2+} in the benchmark soil sample is $14.1 \pm 1.5 \text{ cmol kg}^{-1}$ and $3.54 \pm 0.24 \text{ cmol kg}^{-1}$ (GBW07412)

同样称取 5.00 g 土样 8 份,洗净易溶性盐的土样(同上),每 4 份为一组平行样,分别加 30 ml 交换剂 2 和交换剂 9,用玻璃棒仔细搅拌 1~2 min,使各管质量

一致,塞紧管口,用 4 000 r min⁻¹ 的速度离心 3~5 min。取出离心管,将上清液倒入 100 ml 容量瓶中,加 5 ml 氯化锶,然后用交换剂定容,结果见表 4。

表 4 不同交换剂中交换性钙镁离子的浓度(石灰性土壤)

Table 4 Concentration of exchangeable Ca²⁺ and Mg²⁺ in different ion exchangers(Calcareous soil)

交换剂 Exchanger	样品质量 Mass of sample (g)	溶液 Ca ²⁺ 浓度 Ca ²⁺ concentration of solution ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	交换性 Ca ²⁺ Exchangeable Ca ²⁺ (cmol kg^{-1})	平均 Ca ²⁺ Average concentration of Ca ²⁺ (cmol kg^{-1})
交换剂 2 Exchanger 2	5.005	1.42	7.079	7.069 ± 0.154a
	5.003	1.46	7.281	
	5.004	1.40	6.980	
	5.001	1.39	6.935	
交换剂 4 Exchanger 4	5.005	1.42	7.079	7.194 ± 0.132a
	5.003	1.48	7.381	
	5.004	1.44	7.180	
	5.001	1.43	7.135	
交换剂 9 Exchanger 9	5.008	1.44	7.174	7.039 ± 0.129a
	5.010	1.39	6.923	
	5.009	1.43	7.123	
	5.002	1.39	6.934	
交换剂 10 Exchanger 10	5.005	1.41	7.029	7.157 ± 0.105a
	5.003	1.46	7.282	
	5.002	1.43	7.133	
	5.000	1.44	7.185	

注:不同字母间有显著差异 ($p < 0.05$), 相同字母表示无显著差异 ($p > 0.05$) Note: Different letters indicate significant difference at the 5% level ($p < 0.05$); or the otherwise

从表 4 中可看出,交换剂 2 和交换剂 9 一次性交换出的交换性钙镁含量略低于交换剂 4、交换剂 10 三次交换的累积量,但四种方法间无显著差异,表 3 和表 4 的规律基本一致。从图 1 可看出,交换剂 2 中的碳酸盐溶解度较交换剂 4 稍多,但交换剂 4 经 3 次交换后碳酸钙、碳酸镁的累积溶解量要大于交换剂 2 的一次性溶解量。

上述分析得出,交换剂 2 和交换剂 9 的测定方法既简化了操作步骤,又提高了测定结果的准确性。大部分石灰性土壤的 pH 为 8.0~8.5,因此采取交换剂 2 (pH = 8.5 1 mol L⁻¹ 氯化铵 - 70% 乙醇交换剂) 的方法较适合石灰性土壤交换性钙、镁的测定,当土壤 pH 较高时,可采用交换剂 9 (pH = 9.0 1 mol L⁻¹ 氯化铵 - 70% 乙醇交换剂) 的方法。

3 结 论

采用不同 pH、不同浓度的氯化铵和乙酸铵、不同浓度的乙醇混合液来溶解纯碳酸钙、碳酸镁和交换标准土样。结果表明,随着 pH 的上升,碳酸钙和碳酸镁的溶解度出现下降趋势;碳酸钙在乙酸铵-乙醇交换剂中的溶解度大于氯化铵-乙醇交换液中的溶解度;碳酸钙的溶解度随乙醇浓度的上升有下降趋势。从标准土样 (GBW07412) 交换性钙、镁的测定结果可看出,4 种方法间的差异较少,均可采用,但 pH = 8.5 1 mol L⁻¹ 和 pH = 9.0 1 mol L⁻¹ 氯化铵-乙醇交换剂通过一次性交换就能完成,方法简便,省试剂;混合均匀的石灰性土壤的测定结果与标准

土样的一致。研究区的石灰性土壤的 pH 8.0 ~ 8.5, pH 大于 8.5 的较少, 因此石灰性土交换性钙、镁的测定推荐 pH 8.5 1 mol L⁻¹ 氯化铵 - 70% 乙醇溶液为交换剂。

参 考 文 献

- [1] 黄昌勇. 土壤学. 北京: 中国农业出版社, 1999: 158—168. Huang C Y. Soil science (In Chinese). Beijing: China Agriculture Press, 1999: 158—168
- [2] 潘根兴, 卢朝晖. Co(NH₃)₂·Cl₃ 浸提法测定石灰性土壤阳离子交换量的实验. 土壤通报, 1995, 26(4): 192—193. Pan G X, Lu C H. Using Co(NH₃)₂·Cl₃ extraction method to determine cation exchange capacity of calcareous soil (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 1995, 26(4): 192—193
- [3] 廖凯华, 徐绍辉, 程桂福, 等. 土壤 CEC 的影响因子及 Cokriging 空间插值分析. 土壤学报, 2010, 47(1): 26—32. Liao K H, Xu S H, Cheng G F, et al. Influencing Factors and cokriging spatial interpolation analysis of soil cation exchange capacity. (In Chinese), Acta Pedologica Sinica, 2010: 47(1): 26—32
- [4] 林大仪. 土壤学. 北京: 中国林业出版社, 2002: 168—202. Lin D Y. Soil science (In Chinese). Beijing: China Agriculture Press, 2002: 168—202
- [5] Ludwig B. Modelling cation exchange in columns of disturbed and undisturbed subsoil. European Journal of Soil Science, 2002, 53(12): 645—653
- [6] Hanif M A, Nadeem R, Bhatti H N, et al. Ni(II) biosorption by *Cassia fistula* (golden Shower) biomass. Journal of Hazardous Materials, 2007, 139: 345—355
- [7] Xu T, Liu X. Peanut shell activated carbon: Characterization, surface modification and adsorption of Pb²⁺ from aqueous solution. Chinese Journal of Chemical Engineering, 2008, 16(3): 401—406
- [8] Hong M, Wu L G. The characteristic of Mg Alkali soli developed in Tu Mo Chuan Plain//Proceedings of international conference on grassland in 2008. Beijing: Science Press, 2008, 799
- [9] 王虹, 崔桂霞. 用氯化钡缓冲液法测定土壤阳离子交换量. 土壤, 1989, 21(1): 49—51. Wang H, Cui G X. Using BaCl₂ buffering solution to determine soil cation exchange capacity (In Chinese). Soils, 1989, 21(1): 49—51
- [10] 许冀泉, 熊毅. 阳离子交换量半微量速测法. 土壤学报, 1955, 3(1): 35—37. Xu J X, Hseung Y. Semi-micro quick test for measuring cation exchange capacity. (In Chinese), Acta Pedologica Sinica. 1955, 3(1): 35—37
- [11] 罗羲真. 阳离子交换量半微量速测法. 土壤学报, 1958, 6(3): 209—213. Luo X Z. Semi-micro quick test for measuring cation exchange capacity. (In Chinese), Acta Pedologica Sinica. 1958, 6(3): 209—213
- [12] 中华人民共和国农业行业标准 NY/T 1615—2008. Agricultural industry standard of the People's Republic of China NY/T 1615—2008 (In Chinese).
- [13] 李淑棉. 石灰性土壤交换性盐基组成测定方法的改进. 宁夏农林科技, 2000(2): 58—60. Li S M. Improvement of soil exchangeable base composition determination in calcareous soil. (In Chinese). Ningxia Agriculture and Forestry Science and Technology, 2000(2): 58—60
- [14] 李淑棉. 石灰性土壤交换性盐基不同测定方法的对比. 宁夏农林科技, 2007(5): 46—48. Li S M. Comparison of different testing methods for soil exchangeable base composition determination. (In Chinese). Ningxia Agriculture and Forestry Science and Technology, 2007(5): 46—48
- [15] 鲍士旦. 土壤农化分析. 第 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 152—173. Bao S D. Soil Agricultural Chemistry Analysis. 3rd edition. (In Chinese). Beijing: China Agriculture Press, 2000: 152—173
- [16] 袁斌, 杨剑虹, 卢扬, 等. K₂C₂O₄-KCl 法快速测定石灰性紫色土壤阳离子交换量. 西南农业大学学报: 自然科学版, 2005, 27(6): 914—917. Yuan B, Yang J H, Lu Y et al. Determination of cation exchange capacity in calcareous purple soil with the K₂C₂O₄-KCl double-quick exchange method (In Chinese). Journal of Southwest Agricultural University: Natural Science, 2005, 27(6): 914—917

DETERMINATION OF EXCHANGEABLE CALCIUM AND MAGNESIUM IN CALCAREOUS SOIL

Hong Mei¹ Zheng Haichun² Wei Xiaojun³ Li Yuejin^{1†} Mi Fugui¹ Chen Tong³

(1 College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China)

(2 Soil and Fertilizer Station of Inner Mongolia Autonomous Region, Hohhot 010011, China)

(3 Hulunbeier Agricultural Technology Extension Center, Hailar, Inner Mongolia 021008, China)

Abstract The commonly used method for determining exchangeable bases is to repeatedly leach a soil sample with 70% ethanol (CH₃CH₂OH) solution, and then treated with the mixture of 0.1 mol L⁻¹ ammonium chloride (NH₄Cl) and 70% ethanol (CH₃CH₂OH), 8.5 in pH, several times for extraction, and in the end, content of K⁺, Na⁺, Ca²⁺ and Mg²⁺ in the extractant is determined, separately. However, this method is complicated and time-consuming in operation

and repeated extraction may increase dissolution of carbonate in the soil solution, thus making results of the determination tend to be higher. Based on the above-mentioned, tests were conducted of 10 ion exchangers different in concentration of NH_4Cl and NH_4OAc and in pH for comparison in solubility of carbonates and content of exchangeable Ca^{2+} and Mg^{2+} . Results indicate that the mixture of 1 mol L^{-1} NH_4Cl and 70% $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, 8.5 in pH is the most suitable one. The new method goes like this, wash a soil sample off salts with 70% $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ first and then treat the sample with the mixture of 1 mol L^{-1} NH_4Cl and 70% $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 8.5 in pH for extraction, only once, and in the end, concentration of K^+ , Na^+ , Ca^{2+} and Mg^{2+} in extractant is determined. To sum up, this method not only simplifies the operation procedure, but also effectively inhibits dissolution of carbonate in the calcareous soils, thus lowering deviation of the determination.

Key words Exchangeable calcium; Exchangeable magnesium; Calcareous soils

(责任编辑:汪枫生)