

# Study on Determination Method of Soil Cation Exchange Capacity in Jilin Area

Shuang Zhang, Yujie Deng\*

Jilin City Environmental Monitoring Station Central Lab, Jilin Jilin  
Email: kyo\_1@163.com

Received: Jul. 11<sup>th</sup>, 2018; accepted: Jul. 25<sup>th</sup>, 2018; published: Aug. 7<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

The cation exchange capacity (CEC) is an important indicator of soil fertility. In this paper, the cation exchange capacity values of neutral and weakly acidic soils in Jilin area were measured using the hydrochloric acid-calcium acetate method in NYT 1121.5-2006, and the method conditions were further optimized. The results showed that this method can expand the application range to the determination of weakly acidic soils. The operation is simple and convenient, the number of elution is small, the precision and accuracy are good, and it is suitable for the determination of cation exchange capacity in the soil of Jilin area.

## Keywords

Cation Exchange Capacity, Soil, Hydrochloric Acid-Calcium Acetate Assay

---

# 吉林省地区土壤阳离子交换量测定方法研究

张 爽, 邓宇杰\*

吉林市环境监测站中心化验室, 吉林 吉林  
Email: kyo\_1@163.com

收稿日期: 2018年7月11日; 录用日期: 2018年7月25日; 发布日期: 2018年8月7日

---

## 摘 要

阳离子交换量(CEC)是反映土壤肥力的重要指标。该文使用NYT 1121.5-2006中盐酸-乙酸钙测定法对吉林省地区中性及弱酸性土壤的阳离子交换量值进行测定, 并对方法条件进一步优化。结果表明, 该方法可以扩大应用范围至中性及弱酸性土壤的测定, 操作简单便捷, 洗脱次数少, 精密度、准确度良好, 适

\*通讯作者。

于吉林地区土壤中阳离子交换量的测定。

## 关键词

阳离子交换量, 土壤, 盐酸 - 乙酸钙测定法

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

土壤阳离子交换量(Cation Exchange Capacity, 以下简称 CEC), 是指土壤胶体所能吸附各种阳离子的总量。是可以体现土壤的保肥性水平的重要指标, 可用来评价土壤肥力, 是土壤缓冲性能的主要来源, 是农业生产的重要指导依据。不同类型的土壤的 CEC 不同, 影响其含量的因素主要有土壤类型, 土壤粒度,  $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$  比率及土壤溶液 pH 值。

土壤阳离子交换量常见测定方法: 对于酸中性土壤, 常见的有中性乙酸铵法[1], 氯化钡 - 硫酸快速法[2], 由于浸提液离子强度过高, 又有  $\text{BaCl}$  法[3] [4], 对于石灰性土壤, 常用氯化铵 - 乙酸铵交换法[4] [5]、乙酸钠法[6]和乙酸钙交换法[7], 其基本原理都为先使用某种更易与土壤胶体结合的阳离子 X 将土壤中原来的阳离子完全置换出来, 使土壤结合的阳离子转化为同一种离子 X, 再用离子 Y 将 X 离子置换出来, 通过测定 X 的含量来确实土壤阳离子交换量的值(图 1)。

本实验基于 NYT 1121.5-2006 土壤检测第 5 部分: 石灰性土壤阳离子交换量的测定, 对于标准中实验条件进行改进, 最终在不影响数据准确性的前提下确定了最佳实验条件。并以改进后的方法对中性及弱酸性土壤样品进行了测定及数据统计分析, 以扩展该方法的应用范围。

## 2. 实验部分

### 2.1. 主要仪器

离心机(3600 r/min); 磁力搅拌器, 酸式滴定管, 电子天平(精度 0.01 g)。

### 2.2. 试剂

本试验所用的试剂和水, 除特别指明外, 均指分析纯试剂和 GB/T 6682 中规定的三级水。

盐酸, 95%乙醇, 乙酸钙, 乙酸铵, 钙镁指示剂, ASA-1a 标准土壤样品, ASA-2a 标准土壤样品, ASA-9 标准土壤样品。

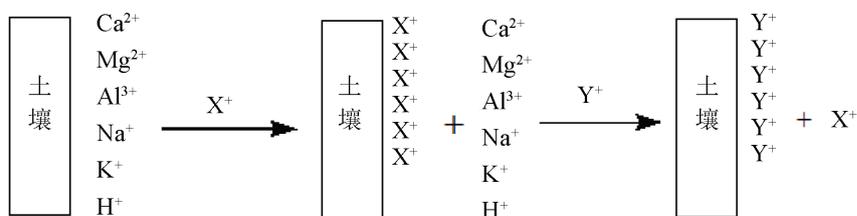


Figure 1. Schematic diagram of the determination method of soil cation exchange capacity

图 1. 土壤阳离子交换量测定方法原理示意图

### 2.3. 样品采集及分析

样品采集 1 kg 左右, 进行风干, 充分研磨混匀后将其通过 2 mm 孔径筛, 待测。

### 2.4. 分析过程

称取制备好的土壤样品 5 g (精确至 0.01 g), 放入 100 mL 离心管中, 使用 5 mL 0.05 mol/L 盐酸润湿后, 在搅拌条件下滴加 0.25 mol 盐酸以分解土壤中碳酸盐及石膏, 最后加入足量 0.05 mol/L 盐酸浸泡过夜, 并做 3 份平行试验。

次日将样品在 3600 r/min 条件下离心 5 min, 上清液使用钙镁指示剂检查, 使用相同体积不同浓度的盐酸溶液对土壤样品进行搅拌洗涤后离心分离, 每次检查上清液中的钙镁离子含量, 直到溶液中无  $\text{Ca}^{2+}$  为止后, 用 40%乙醇洗涤样品至无氯离子。最后使用乙酸钙溶液多次洗涤离心, 通过滴定离心上清液中被  $\text{Ca}^{2+}$  交换出的  $\text{H}^+$  的含量确定土壤中阳离子交换量的值。

## 3. 结果及讨论

### 3.1. 实验条件优化

每次使用 30 mL 0.05 mol/L、0.1 mol/L、0.2 mol/L 及 0.5 mol/L 浓度的盐酸洗涤土壤样品, 并检测每次离心后上清液中钙镁离子含量, 以洗涤次数为横坐标, 钙镁离子浓度为纵坐标作洗脱曲线如图 2。

由图 2 所示, 随着使用盐酸浓度的增加, 洗脱效率也在不断提高, 0.05 mol/L 盐酸需要洗涤 10 次左右才能洗净土壤中钙镁离子, 而使用 0.5 mol/L 盐酸只需 3 次即可洗脱完全。对洗脱完全后的样品继续测定 CEC 值, 从表 1 结果可知, 盐酸浓度的增加并未引起 CEC 值的明显变化, 我们将选择 0.5 mol/L 的盐酸进行后续实验。

### 3.2. 精密度实验

称取制备好的土壤样品 5 g (精确到 0.01 g), 使用 0.5 mol/L 盐酸, 按照实验方法进行操作, 平行测定 8 份, 结果见表 2, 由表 2 可知, 测定 8 次的平均值为 27.0 cmol/kg, 相对标准偏差为 4.23%, 该实验重现性良好, 具有较好的精密度。

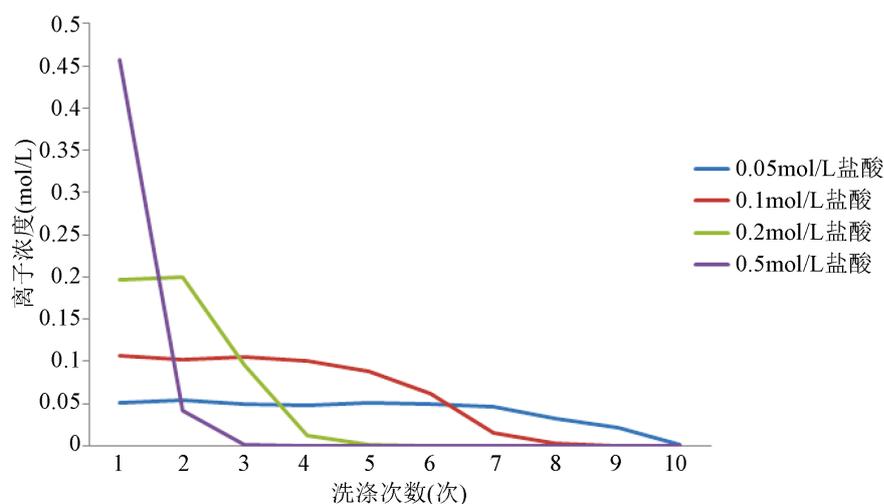


Figure 2. Elution curves of calcium and magnesium ions at different concentrations of hydrochloric acid

图 2. 不同浓度盐酸钙镁离子洗脱曲线

**Table 1.** Results of CEC measurement with different concentrations of hydrochloric acid eluting soil sample  
**表 1.** 不同浓度盐酸洗脱土壤样品 CEC 测定结果

序号	0.05 mol/L	0.1 mol/L	0.2 mol/L	0.5 mol/L	RSD
	CEC (cmol/kg)	CEC (cmol/kg)	CEC (cmol/kg)	CEC (cmol/kg)	
1	14.5	13.3	14.1	14.4	3.86%
2	25.0	24.1	26.1	25.8	3.55%
3	40.4	39.1	38.8	39.6	1.77%

**Table 2.** Results of determination of precision of soil samples CEC  
**表 2.** 土壤样品 CEC 的精密度测定结果

样品编号	CEC (cmol/kg)
样品 1	28.4
样品 2	26.7
样品 3	27.3
样品 4	25.4
样品 5	26.3
样品 6	28.5
样品 7	27.5
样品 8	25.8
平均值	27.0
RSD	4.23%

### 3.3. 准确度实验

使用土壤阳离子交换量的标准样品 5 g, 用 0.5 mol/L 盐酸洗脱完全后, 检测土壤中阳离子交换量的值, 同时平行样用乙酸铵 - 乙醇法进行测定作为对照实验。实验结果列于表 3。

从表 2 数据得知, 对于弱酸性、偏中性及弱碱性土壤, 盐酸 - 乙酸钙法均可得到满意结果, 该方法具有良好的准确性。

### 3.4. 实际土样对比实验

对吉林市地区 98 份土壤样品进行分析并进行数据统计分析, 每份土壤样品均作乙酸铵 - 乙醇法及盐酸 - 乙酸钙法对照实验, 结果列于表 4。表中显示, 两种不同方法对测定结果影响很小。

### 3.5. 实验结果分析

本次实验使用的吉林市地区土壤样品主要为暗棕壤, 在土壤系统分类中可归属为淋溶土纲[8], 包括黑土、黑钙土和白浆土, 其中黑土占样品总数的约 10%, 本文所采用的较高浓度盐酸经实验证明并未对实验结果造成明显影响, 推测可能因为黑土质地黏重, 结构良好, 不易被酸改变结构。而黑钙土及白浆土占本次实验样品数量的 90%, 土壤中的钙积层明显, 对等当量的  $H^+$  需求量较大, 因此提高盐酸的浓度有利于尽快将土壤样品中的钙镁离子置换完全。

## 4. 结语

本工作对 NYT 1121.5-2006 中阳离子交换量的测定方法进行了优化, 在保证检测准确度的基础上,

**Table 3.** Comparison of CEC determination results of hydrochloric acid-calcium acetate method and ammonium acetate-ethanol method**表 3.** 盐酸 - 乙酸钙法同乙酸铵 - 乙醇法 CEC 测定结果对比

标准样品编号	pH 值	0.5 mol/L 盐酸	乙酸铵 - 乙醇法	相对偏差	标准值及不确定度
		CEC (cmol/kg)	CEC (cmol/kg)		
ASA-1a	6.80	21.0	21.3	0.71	21.6±1.4
ASA-2a	8.15	12.4	12.6	0.80	12.8±0.8
ASA-9	8.50	9.9	10.2	1.49	9.6±1.3

**Table 4.** Comparison of real soil samples by hydrochloric acid-calcium acetate method and ammonium acetate-ethanol method**表 4.** 实际土壤样品盐酸 - 乙酸钙法同乙酸铵 - 乙醇法 CEC 测定结果对比

pH 值范围	盐酸 - 乙酸钙法	乙酸铵 - 乙醇法	相对偏差范围
	CEC (cmol/kg)	CEC (cmol/kg)	
4.96~8.79	4.7~45.0	5.1~47.3	0.71~3.17

提高了工作效率。并扩展该方法的适用范围, 将该法应用于弱酸性及中性土壤的阳离子交换量的测定, 经实验对比分析后得到令人满意的结果, 该方法适合吉林地区土壤中阳离子交换量的测定。

## 参考文献

- [1] 中国林业科学研究院林业研究所森林土壤研究室. LY/T1243-1999 森林土壤阳离子交换量的测定[S]. 北京: 标准出版社, 1999.
- [2] 窦蓓蕾, 等. 陕西地区土壤阳离子交换量(CEC)测定方法研究[J]. 安徽农学通报, 2015, 21(22): 65-66.
- [3] 王虹, 等. 用氯化钡缓冲液法测定土壤阳离子交换量[J]. 土壤, 1989, 21(1): 49-51.
- [4] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 27-28.
- [5] 张彦雄, 李丹, 张佐玉, 廖可军. 两种土壤阳离子交换量测定方法的比较[J]. 贵州林业科技, 2010, 38(2): 45-49.
- [6] US EPA. Method 9081 土壤的阳离子交换容量(乙酸钠法) [S]. 1986.
- [7] US EPA. Method 9080 土壤的阳离子交换容量(乙酸铵法) [S]. 1986.
- [8] 李建维, 焦晓光, 隋跃宇, 程守全. 吉林东部暗棕壤在中国土壤系统分类中的归属[J]. 中国农学通报, 2011, 27(24): 74-79.

## 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5485, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [aep@hanspub.org](mailto:aep@hanspub.org)