

# 《土壤交换性盐基及盐基总量的测定》

## 农业行业标准编制说明

(征求意见稿)

承担单位：农业农村部耕地质量和农田工程监督保护中心

标准负责人：郑磊

联系电话：010-59196343

邮箱：phoehiex@126.com

### 一、工作简况

#### (一) 任务来源

根据农质标函〔2025〕96号《关于下达2025年第二批农业国家和行业标准制修订项目计划的通知》，由农业农村部耕地质量和农田工程监督保护中心（原农业农村部耕地质量监测保护中心）主持承担“整合修订《土壤检测 第13部分：土壤交换性盐基及盐基总量的测定》标准（NY/T 1121.13-2006、NY/T 1615-2008、NY/T 295-1995）”。

#### (二) 立项必要性和依据

**1. 国家政策和技术依据。**土壤交换性盐基主要是指土壤吸收复合体吸附的碱金属和碱土金属离子的总和，土壤交换性盐基作为评判土壤质量的重要标准之一，其含量、饱和度以及不同离子比例反映着土壤理化性质，同时在维持土壤养分与缓冲土壤酸化中也起到了重要作用。土壤交换性盐基及盐基总量的准确测定对于农业生产及耕地质量保护具有重要意义。近二三十年，我国耕地、草地和林地土壤均发生不同程度的酸化，尤其对于南方高温多雨地区，由于淋溶作用强烈，土壤交换性盐基含量较低，盐基高度不饱和，测量难度大。因此，准确检测土壤交换性盐基及盐基总量对

改良酸性土壤、提升耕地土壤肥力、提高作物产量和品质具有重要意义。

**2.拟解决的主要问题。**土壤交换性盐基离子的测试方法较多，但现行标准适用范围具有不同程度的局限性，无法适用于所有类型的土壤；部分方法前处理过程存在一定安全隐患；交换性盐基离子的定量方法仅局限于原子吸收分光光度法和火焰光度法，前者操作较为繁琐且对性能要求较高，后者仪器灵敏度和仪器稳定性较差。

当前现行土壤交换性盐基检测标准体系和行业规范存在明显局限性，难以满足实际检测需求与行业发展要求。一是部分检测方法操作风险高：

《土壤分析技术规范》（第二版）13.2 测定方法中，氯化铵-乙醇交换液蒸干后高温电炉 400℃灼烧，由于氯化铵含量较高，灼烧过程中易产生大量浓烟，此方法不易操作，安全性差。二是定量方法存在技术短板，检测效率低，结果准确性差：现行标准及规范对交换性盐基离子定量方法有原子吸收分光光度法和火焰光度法。原子吸收分光光度法测定土壤样品交换性钙、镁时，土壤浸出液需加入释放剂锶，以消除铝、磷、硅对钙离子测定的干扰，操作繁琐且对原子吸收分光光度计性能要求较高；火焰光度计法测定土壤样品交换性钾、钠时，操作简单、快速，但仪器灵敏度较低，同时可能由于火焰稳定性差，燃气压力不稳或气泵压力变化导致仪器产生偏移从而影响测量结果的准确性。三是现行标准体系分散，适用性不足：目前国内测定土壤交换性盐基及盐基总量的标准（NY/T 295-1995、LY/T 1244-1999、NY/T 1615-2008）的检测方法仅针对特定土壤类型（如中性和微酸性少含 2:1 型粘土矿物土、森林土、石灰性土），覆盖范围有限。四是石灰性土壤前处理方法存在缺陷，定量方法单一：石灰性土壤（ $\text{pH} > 7.5$ ）现有的标准前处理待测液为乙醇溶液，由于乙醇溶液无法雾化，不能直接作为电感耦合等离子体发射光谱仪的待测液，因此无法引入新的定量方法

（ICP 法）。随着仪器科学技术的发展，电感耦合等离子发射光谱技术（ICP-OES）日趋成熟。由于 ICP 具有检出限低、定量范围宽、准确度高、精密度高、基体效应小、普及范围广、应用效果理想等优势。为了克服传统方法的缺点，且满足大批量分析的要求，我单位采用等离子体发射光谱法测定土壤交换性钙镁钾钠，优化石灰性土壤（ $\text{pH} > 7.5$ ）前处理流程，并进行了大量的比对验证试验，此法具有简便、快捷、安全性高、准确度高、精密度高、灵敏度高等优点。

通过优化石灰性土壤前处理流程，增加了蒸干交换液中的乙醇，再用硝酸复溶的操作，同时新增电感耦合等离子体发射光谱法（ICP-OES）定量方法，实现多元素高效精准分析。综上，拟修订的标准兼具操作安全性、简便性、结果可靠性与批量适用性，可满足农业土壤检测等重大任务中的检测需求。

## （二）相关标准情况

目前，国内测定土壤交换性盐基及盐基总量的标准有《NY/T 295-1995 中性土壤阳离子交换量和交换性盐基的测定》《NY/T 1615-2008 石灰性土壤交换性盐基及盐基总量的测定》《NY/T 1121.13-2006 土壤检测 第 13 部分：土壤交换性钙和镁的测定》《LY/T 1244-1999 森林土壤交换性盐基总量的测定》《LY/T 1245-1999 森林土壤交换性钙和镁的测定》《LY/T 1246-1999 森林土壤交换性钾和钠的测定》，农业行业规范有《土壤分析技术规范》（第二版） 13.1 酸性和中性土壤交换性盐基组成的测定、《土壤分析技术规范》（第二版） 13.2 不含盐和石膏的碳酸盐土壤交换性盐基组成的测定、《土壤分析技术规范》（第二版） 13.3 含盐和石膏的碳酸盐土壤交换性盐基组成的测定。

表 1 土壤交换性盐基及盐基总量国内现行标准与规范一览表

标准/规范	适用土壤	提取试剂	测定方法	存在问题
NY/T 295-1995 中性土壤阳离子交换量和交换性盐基的测定	中性和微酸性少含 2: 1 型粘土矿物的土壤	pH 7 的 1mol/L 乙酸铵溶液	原子吸收分光光度法测定交换性钙、镁, 火焰光度计测定交换性钠、钾	原子吸收分光光度法测定钙、镁时需添加释放剂消除干扰, 操作繁琐且对仪器性能要求严苛; 火焰光度计灵敏度低、火焰稳定性差, 可能受压力波动影响结果准确性
NY/T 1121.13-2006 土壤检测 第 13 部分: 土壤交换性钙和镁的测定	酸性、中性土壤	pH 7 的 1mol/L 乙酸铵溶液	原子吸收分光光度法测定交换性钙、镁	原子吸收分光光度法测定钙、镁时需添加释放剂消除干扰, 操作繁琐且对仪器性能要求严苛
NY/T 1615-2008 石灰性土壤交换性盐基及盐基总量的测定	石灰性土壤	pH 8.5 的 0.1mol/L 氯化铵-70%乙醇溶液	原子吸收分光光度法测定交换性钙、镁, 火焰光度计测定交换性钠、钾	分别针对特定土壤类型(如石灰性土)的单一检测方法, 覆盖范围有限。上机液含乙醇, 结果稳定性差
LY/T 1244-1999 森林土壤交换性盐基总量的测定 LY/T 1245-1999 森林土壤交换性钙和镁的测定 LY/T 1246-1999 森林土壤交换性钾和钠的测定	酸性和中性土壤	pH 7 的 1mol/L 乙酸铵溶液	中和滴定法测定交换性盐基总量; EDTA 络合滴定法测定交换性钙、镁, 原子吸收分光光度法测定交换性钙、镁, 火焰光度计测定交换性钠、钾	分别针对特定土壤类型(如森林土)的单一检测方法, 覆盖范围有限
《土壤分析技术规范》(第二版) 13.1 酸性和中性土壤交换性盐基组成的测定	酸性和中性土壤	pH 7 的 1mol/L 乙酸铵溶液	中和滴定法测定交换性盐基总量; EDTA 络合滴定法测定交换性钙、镁, 原子吸收分光光度法测定交换性钙、镁, 火焰光度计测定交换性钠、钾	原子吸收分光光度法测定钙、镁时需添加释放剂消除干扰, 操作繁琐且对仪器性能要求严苛; 火焰光度计灵敏度低、火焰稳定性差, 可能受压力波动影响结果准确性

拟修订的标准是对现行农业标准《NY/T 1121.13-2006》《NY/T 1615-2008》《NY/T 295-1995》的整合修订，并针对技术缺陷进行优化，兼具科学性、实用性。

### **（三）工作基础**

拟制定的标准是依据《第三次全国土壤普查样品制备与检测》系列教材中规定的土壤交换性盐基及盐基离子的检测方法制定的，在三普工作过程中，已经有大量的土壤样品依据此方法进行了检测，该方法克服了传统方法测定土壤交换性钙镁钾钠的不足，同时满足大批量分析的要求，我单位进行了大量的比对验证试验，结果表明该方法具有简便、快捷、准确度高、精密度高、灵敏度高和易于批量检测等优点。

### **（四）起草过程**

2025年1月-2月：邀请专家开展标准制修订方案编制研讨，形成标准文本编制草案；

2025年3月-11月：进一步开展分析方法的试验研究工作，包括方法的干扰试验、仪器测定条件参数的选择、方法适用范围、方法检出限与定量限、数据重复性与重现性的确定；

2025年12月：对提交的实验数据进行统计分析，形成标准征求意见稿并征求意见。

### **（五）主要起草单位及分工**

农业农村部耕地质量和农田工程监督保护中心、四川省耕地质量与肥料工作总站、农业农村部环境保护科研监测所、中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所。

表 2 主要起草单位及分工

单位	单位名称	职责分工
1	农业农村部耕地质量和农田工程监督保护中心	主持起草、组织讨论、组织开展方法验证及征求意见
2	中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所	负责资料收集、文本编制、方法验证方案起草、数据处理，开展方法研究和验证
3	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所	开展方法验证，参与方法研讨和提出修改建议
4	农业农村部环境保护科研监测所	开展方法验证，参与方法研讨和提出修改建议
5	四川省耕地质量与肥料工作总站	开展方法验证，参与方法研讨和提出修改建议
6	中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所	开展方法验证，参与方法研讨和提出修改建议

## 二、标准编制原则、主要内容及其确定依据

### （一）标准的编写原则

分析方法标准编制依据的主要原则是分析方法技术成熟可靠，具有广泛的应用基础，同时具备适用性、先进性、可证实性及规范性原则。

因此，在筛选拟定分析方法前必须对国内外有关交换性盐基及盐基总量分析测试技术进行充分的调研，选择适用于交换性盐基及盐基总量且具有先进性的分析技术作为分析方法；并通过大量的方法比对试验，确定最优的分析方法，使编制的标准具有可复现性和可证实性；最后在标准编制过程中，严格按照《测量方法与结果的准确度（正确度与精密度）第二部分：确定标准测量方法重复性与再现性的基本方法》（GB/T 6379.2-2004）组织精密度协作试验，按照《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1-2020）和《标准编写规则 第4部分 试验方法标准》（GB/T 20001.4-2015）编写标准文本，确保编制标准的规范性。

### （二）标准主要内容

本标准规定了乙酸铵交换法、氯化铵-乙醇交换法测定土壤中交换性盐基及盐基总量的方法。乙酸铵交换法适用于  $\text{pH} \leq 7.5$  的酸性和中性土壤交换性盐基及盐基总量的测定，氯化铵-乙醇交换法适用于  $\text{pH} > 7.5$  的石灰性土壤交换性盐基及盐基总量的测定。

## 1. 酸性和中性土壤交换性盐基及盐基总量的测定

1.1 交换性钙、镁、钾、钠的测定（电感耦合等离子体发射光谱法）：土壤样品用  $\text{pH} 7.0$  的  $1 \text{ mol/L}$  乙酸铵溶液交换处理，试样交换浸出液注入电感耦合等离子体发射光谱仪后，交换性钙、镁、钾、钠在等离子体火炬中被气化、电离、激发并辐射出特征谱线。在一定浓度范围内，其特征谱线强度与元素的浓度成正比，因此可以由校准曲线计算出交换性钙、镁、钾、钠离子的浓度。

1.2 交换性钙和镁的测定（EDTA 络合滴定法）：以乙酸铵为交换剂，浸出液中的交换性钙、镁，取一定量乙酸铵浸出液，蒸干并用稀盐酸溶解残渣后即可用 EDTA 络合滴定法测定交换性钙和镁。

1.3 交换性钙和镁的测定（原子吸收分光光度法）：以乙酸铵为交换剂，浸出液中的交换性钙、镁，可直接用原子吸收分光光度法测定。

1.4 交换性钾和钠的测定（火焰光度法）：以乙酸铵为交换剂，浸出液直接在火焰光度计上测定交换性钾和钠。

1.5 交换性盐基总量的测定（乙酸铵交换-中和滴定法）：以乙酸铵为交换剂，其浸出液经蒸干、灼烧，使  $\text{NH}_4\text{OAc}$  分解逸去，其他的乙酸盐（交换出来的金属离子组成的盐）转化为碳酸盐或氧化物。残渣溶解于一定量的稀盐酸标准溶液中，过量的盐酸标准溶液以氢氧化钠标准溶液滴定，以消耗的盐酸量计算交换性盐基总量。

## 2. 石灰性土壤交换性盐基及盐基总量的测定

2.1 交换性钙、镁、钾、钠的测定（电感耦合等离子体发射光谱法）：采用乙醇溶液[ $\phi(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})=70\%$ ]洗去土壤中易溶的氯化物和硫酸盐，然后用 pH8.5 的氯化铵[ $c(\text{NH}_4\text{Cl})=0.1 \text{ mol/L}$ ]-乙醇溶液[ $\phi(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})=70\%$ ]进行交换处理，交换出土壤胶体吸附的钙、镁、钾、钠。将交换液中的乙醇蒸干，利用硝酸溶液重新溶解，定容，制备成待测液。使用等离子体发射光谱仪测定待测液中钙、镁、钾、钠离子含量。

2.2 交换性钙、镁的测定（原子吸收分光光度法）：将制备好的待测溶液在原子吸收计上测定交换液中钙、镁的含量。

2.3 交换性钾、钠的测定（火焰光度法）：将制备好的待测溶液在火焰光度计上测定交换液中钾、钠的含量。

2.4 交换性盐基总量的计算：交换性钙、镁、钾、钠的总和即为交换性盐基总量。

### （三）新旧标准对比

拟修订的土壤交换性盐基及盐基总量测试标准基于国内现行的行业检测标准与规范进行修订。

中、酸性土壤( $\text{pH} \leq 7.5$ )交换性盐基离子的测定与现行《NY/T 295-1995 中性土壤阳离子交换量和交换性盐基的测定》《NY/T 1121.13-2006 土壤检测第 13 部分：土壤交换性钙和镁的测定》标准相比，交换性钙、镁的测定新增 EDTA 络合滴定法，交换性钙、镁、钾、钠的测定在原子吸收分光光度法和火焰光度法基础上新增电感耦合等离子体发射光谱法，交换性盐基总量的测定新增乙酸铵交换—中和滴定法。

石灰性土壤( $\text{pH} > 7.5$ )交换性盐基及盐基总量测定方法与《NY/T 1615-2008 石灰性土壤交换性盐基及盐基总量的测定》对比，交换性钙、镁、钾、钠的测定在原子吸收分光光度法和火焰光度法基础上新增电感耦合等



离子体发射光谱法。前处理提取过程增加了将交换液中的乙醇蒸干，再用 5%硝酸复溶的操作，解决了乙醇溶液无法雾化、不能用于 ICP-OES 测定的问题，优化前处理方法，引入 ICP-OES 定量方法不仅操作简便、消除安全隐患，还能实现多元素高效精准分析，批量适用性更强，能满足更高准确度、精密度要求。

三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

（一）试验或验证的分析、综述报告

由于 EDTA 络合滴定法、原子吸收分光光度法、火焰光度法、乙酸铵交换一中和滴定法为比较成熟的传统方法，本次标准修订不再开展方法验证。仅针对电感耦合等离子体发射光谱法开展方法验证，参与单位名单及编号见表 3。

考虑土壤分类和含量覆盖范围，酸中性土壤和石灰性土壤分别选取了 4 个有证标准物质和 5 个地区的实际土壤样品进行测试（验证土壤样品信息见表 4），每个样品平行测定 6 次。汇总全部检测结果，依据 GB/T 27417-2017 给出的方法分别计算本标准采用方法的检出限、定量限，开展正确度、精密度验证。

表 4 验证土壤样品信息

样品编号	国家编号	内部编号	土壤类型	pH
A1	/	/	/	≤7.5
A2	/	/	四川富顺紫色土	≤7.5
A3	/	/	内蒙古黑钙土	≤7.5
A4	/	/	东北棕壤	≤7.5
A5	/	/	汉中水稻土	≤7.5
A6	GBW07416b	ASA-5b	江西红壤	5.09±0.07
A7	GBW(E)070334	ASA-13	广东灰潮土	6.25±0.09
A8	GBW(E)070335	ASA-14	黑龙江黑土	6.53±0.06

A9	GBW(E)070356	ASA-18a	木兰棕壤	5.95±0.09
B1	/	/	/	>7.5
B2	/	/	山东褐土	>7.5
B3	/	/	栗钙土	>7.5
B4	/	/	黄土高原黄绵土	>7.5
B5	/	/	四川自贡紫色土壤	>7.5
B6	GBW(E)070336	ASA-15	安徽潮土	8.13±0.09
B7	GBW(E)070352	ASA-20a	吉林盐碱土	9.3±0.16
B8	GBW(E)070338	ASA-17	新疆栗钙土	8.58±0.10
B9	GBW(E)070340	ASA-19	四川紫色土	8.44±0.10
注：实际土壤样品：A1~A5、B1~B5；有证标准样品：A6~A9、B6~B9；A1 土壤采集地是江苏徐州；B1 土壤采集地是江苏南通。				

### 1.标准曲线范围验证

对土壤交换性盐基标准曲线推荐线性范围及相关系数进行验证，结果见表 5。确定线性范围为钙：0~40mg/L，镁、钠、钾：0~10mg/L，相关系数均在 0.999 以上。

表 5 4 种元素推荐线性范围表

元素	质量浓度 (mg/L)						相关系数
	1	2	3	4	5	6	
Ca	0.0	5.0	10.0	20.0	30.0	40.0	0.9999
Mg	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	0.9998
Na	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	0.9996
K	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	0.9998

### 2.方法检出限和定量限

针对电感耦合等离子体发射光谱法进行了方法检出限、定量限的测定。按照样品分析的全部步骤进行 11 次空白的独立检测，计算出检测结果的标准偏差 (s)。依据 GB/T 27417-2017 给出的计算方法，确定检测项目的方法检出限和定量限。方法检出限 MDL=样品空白平均值+3s (仅适用于标准偏差非零)，方法定量下限 MQL=样品空白平均值+10s，汇总结果见表 6、表 7。酸性和中性土壤交换性钙、镁、钠、钾的检出限分别为 0.122、0.044、

0.079、0.023cmol/kg，定量限分别为 0.225、0.065、0.207、0.060cmol/kg。

碱性土壤交换性钙、镁、钠、钾的检出限分别为 0.136、0.027、0.118、

0.044cmol/kg，定量限分别为 0.310、0.050、0.296、0.078cmol/kg。

表 6 酸中性 ( $\text{pH} \leq 7.5$ ) 土壤交换性盐基方法检出限/定量限

空白测定次数		交换性钙	交换性镁	交换性钠	交换性钾
测定结果 (cmol/kg)	1	0.073	0.035	0.000	0.006
	2	0.090	0.032	0.029	0.005
	3	0.087	0.040	0.039	0.005
	4	0.104	0.039	0.062	0.006
	5	0.066	0.035	0.024	0.019
	6	0.060	0.034	0.010	0.000
	7	0.070	0.034	0.005	0.008
	8	0.090	0.032	0.028	0.007
	9	0.087	0.040	0.040	0.006
	10	0.067	0.035	0.027	0.013
	11	0.059	0.034	0.009	0.011
平均值 $\bar{x}$ (cmol/kg)		0.078	0.035	0.025	0.008
标准偏差 $s$ (cmol/kg)		0.015	0.003	0.018	0.005
方法检出限 MDL (cmol/kg)		0.122	0.044	0.079	0.023
方法定量限 MQL (cmol/kg)		0.225	0.065	0.207	0.060

表 7 碱性 ( $\text{pH} > 7.5$ ) 土壤交换性盐基方法检出限/定量限

空白测定次数		交换性钙	交换性镁	交换性钠	交换性钾
测定结果 (cmol/kg)	1	0.112	0.021	0.059	0.023
	2	0.030	0.012	0.004	0.024
	3	0.070	0.021	0.074	0.037
	4	0.055	0.016	0.028	0.029
	5	0.072	0.016	0.048	0.027
	6	0.065	0.021	0.052	0.028
	7	0.055	0.021	0.059	0.027
	8	0.022	0.012	0.000	0.031
	9	0.065	0.021	0.076	0.038
	10	0.042	0.016	0.030	0.031
	11	0.082	0.016	0.035	0.033
平均值 $\bar{x}$ (cmol/kg)		0.061	0.018	0.042	0.030
标准偏差 $s$ (cmol/kg)		0.025	0.003	0.025	0.005
方法检出限 MDL (cmol/kg)		0.136	0.027	0.118	0.044
方法定量限 MQL (cmol/kg)		0.310	0.050	0.296	0.078

### 3.方法准确度（正确度、精密度）

根据国标 GB/T 6379.2-2004《测量方法与结果的准确度（正确度与精密度）》对各验证单位的检测结果进行汇总。

表 8-1 酸性和中性土壤样品交换性盐基总量实验数据汇总表

单位：cmol/kg

单位 编号	A1	A2	A3	A4	A5	A6 GBW07416b (ASA-5b)	A7 GBW(E) 070334 (ASA-13)	A8 GBW(E) 070335 (ASA-14)	A9 GBW(E) 070356 (ASA-18a)
01	15.7	11.6	33.9	11.6	18.2	1.65	6.28	28.1	39.0
	15.6	11.4	34.7	12.0	17.5	1.65	6.28	27.8	37.7
	15.2	11.3	34.5	11.6	17.3	2.05	6.68	28.2	38.7
	15.0	11.6	34.6	11.6	17.3	1.39	6.35	27.5	38.4
	15.4	11.1	34.3	11.6	17.3	1.72	6.35	28.2	38.4
	15.5	11.4	34.5	12.0	17.5	1.92	6.35	27.8	38.4
02	<b>14.5</b>	10.5	33.0	10.2	16.7	1.14	<b>4.56</b>	<b>25.7</b>	33.5
	<b>14.8</b>	10.8	33.2	10.8	17.5	0.83	<b>4.25</b>	<b>26.3</b>	34.1
	<b>13.3</b>	10.9	31.9	10.2	16.4	0.99	<b>4.25</b>	<b>25.1</b>	34.1
	<b>13.6</b>	10.9	32.2	10.8	16.7	1.14	<b>4.56</b>	<b>25.7</b>	33.8
	<b>14.4</b>	9.8	32.4	10.8	17.5	0.67	<b>4.40</b>	<b>25.4</b>	34.4
	<b>14.4</b>	10.9	32.7	11.4	17.0	0.83	<b>4.56</b>	<b>26.0</b>	34.4
03	15.4	10.5	34.2	11.2	16.7	2.76	7.41	28.4	38.2
	15.9	10.5	34.4	11.4	16.9	2.88	7.48	28.2	38.5
	15.6	10.5	33.9	11.5	17.0	2.94	7.41	28.2	38.4
	15.7	10.7	34.1	11.2	17.2	2.94	7.29	28.4	38.5
	15.9	10.7	33.9	11.3	17.2	2.88	7.41	28.3	38.3
	15.9	11.0	34.0	12.2	17.3	3.00	7.54	28.3	38.4
04	16.0	12.0	34.5	13.1	17.7	1.99	6.65	28.8	36.7
	15.9	11.8	34.6	12.7	18.0	1.99	6.90	28.6	37.6
	16.2	11.8	34.4	13.2	18.5	1.93	6.78	28.7	37.4
	16.1	11.9	34.3	12.9	18.3	1.93	6.90	28.6	37.2
	16.0	11.9	34.3	13.0	17.9	1.87	6.78	28.7	37.1
	16.1	11.8	34.5	12.9	18.0	2.05	6.72	28.7	37.1
05	16.2	10.9	32.8	12.7	16.9	2.32	7.05	28.2	34.6
	16.5	11.2	33.0	12.4	17.1	2.20	7.22	28.3	34.4
	16.0	11.2	33.4	12.4	17.4	2.10	7.07	28.5	34.3
	16.4	10.7	33.4	13.1	17.0	2.22	7.05	28.7	34.0

	16.6	10.5	33.5	13.1	16.7	2.08	7.05	28.7	33.9
	16.4	10.8	33.8	12.5	16.9	2.17	7.12	28.2	34.0

表 8-2 酸性和中性土壤样品交换性钙实验数据汇总表

单位：cmol/kg

单位 编号	A1	A2	A3	A4	A5	A6 GBW07416b (ASA-5b)	A7 GBW(E) 070334 (ASA-13)	A8 GBW(E) 070335 (ASA-14)	A9 GBW(E) 070356 (ASA-18a)
0 1	11.6	8.84	23.5	9.13	15.0	1.37	6.80	23.2	34.0
	11.5	8.80	23.6	9.05	14.7	1.34	6.88	23.3	32.4
	11.5	8.96	23.6	8.89	14.5	1.33	6.77	23.2	32.6
	11.4	8.92	23.7	8.94	14.6	1.35	6.85	23.1	32.6
	11.5	8.77	23.5	8.97	14.7	1.35	6.82	23.3	32.1
	11.3	8.88	23.6	9.15	15.1	1.39	6.84	23.3	34.1
0 2	11.2	8.62	22.2	8.77	13.5	1.58	6.81	24.0	32.5
	11.5	8.67	22.3	8.69	13.8	1.50	6.87	24.0	30.9
	11.4	8.77	22.5	8.52	13.9	1.41	6.92	22.7	32.8
	11.3	8.68	22.3	8.65	13.9	1.40	6.40	23.3	32.8
	11.3	8.81	21.8	8.65	13.8	1.40	6.40	23.5	32.8
	11.2	8.69	22.1	8.76	13.7	1.47	6.69	23.8	32.7
0 3	10.9	8.31	22.5	8.57	14.0	1.33	6.65	21.9	31.7
	10.4	8.33	22.7	8.59	13.8	1.32	6.65	22.2	32.1
	10.9	8.47	22.6	8.57	13.9	1.30	6.67	22.2	31.4
	11.0	8.47	22.6	8.63	14.0	1.32	6.69	22.3	30.9
	11.0	8.40	22.4	8.52	13.8	1.30	6.62	22.2	30.4
	10.9	8.41	22.7	8.56	14.0	1.32	6.72	22.1	31.9
0 4	10.6	8.44	20.2	8.39	13.2	1.45	6.49	21.9	28.7
	10.7	8.40	20.1	8.39	13.1	1.49	6.49	21.4	28.8
	10.6	8.31	20.0	8.40	13.2	1.49	6.49	22.0	28.8
	10.7	8.32	20.3	8.37	13.2	1.55	6.39	21.7	28.9
	10.6	8.31	20.0	8.58	13.0	1.43	6.54	22.1	28.3
	10.5	8.30	20.1	8.53	13.0	1.43	6.40	21.8	28.5
0 5	10.2	7.96	20.9	8.31	13.5	1.43	6.57	22.8	29.1
	10.2	7.89	21.4	8.23	13.5	1.43	6.78	22.7	28.8
	10.4	8.07	21.4	8.31	13.6	1.45	6.58	22.7	29.1
	10.3	7.90	21.1	8.42	13.5	1.46	6.64	22.6	28.6
	10.3	7.93	21.4	8.49	13.3	1.47	6.77	23.0	28.2
	10.4	7.93	21.4	8.44	13.3	1.50	6.58	22.8	28.7

表 8-3 酸性和中性土壤样品交换性镁实验数据汇总表

单位: cmol/kg

单位 编号	A1	A2	A3	A4	A5	A6 GBW07416b (ASA-5b)	A7 GBW(E) 070334 (ASA-13)	A8 GBW(E) 070335 (ASA-14)	A9 GBW(E) 070356 (ASA-18a)
0 1	3.38	2.45	9.79	2.36	2.94	0.50	0.27	4.43	5.68
	3.38	2.44	9.82	2.35	2.95	0.51	0.28	4.44	5.68
	3.37	2.46	9.82	2.32	2.93	0.53	0.27	4.43	5.71
	3.36	2.47	9.89	2.33	2.92	0.51	0.28	4.42	5.69
	3.39	2.43	9.78	2.34	2.95	0.50	0.28	4.44	5.64
	3.34	2.45	9.83	2.36	2.94	0.51	0.28	4.43	5.68
0 2	3.53	2.53	10.1	2.40	2.89	0.52	0.30	<b>4.53</b>	5.64
	3.62	2.54	10.2	2.39	2.97	0.49	0.31	<b>4.53</b>	5.48
	3.60	2.56	10.2	2.34	2.97	0.49	0.32	<b>4.33</b>	5.68
	3.52	2.53	10.1	2.38	2.96	0.49	0.31	<b>4.43</b>	5.69
	3.51	2.55	9.94	2.38	2.93	0.49	0.31	<b>4.52</b>	5.68
	3.50	2.53	10.0	2.36	2.93	0.49	0.32	<b>4.54</b>	5.67
0 3	3.26	2.26	9.88	2.28	2.86	0.41	0.27	4.42	5.87
	3.11	2.27	9.93	2.30	2.83	0.40	0.27	4.45	5.85
	3.27	2.28	9.90	2.30	2.84	0.40	0.27	4.44	5.80
	3.28	2.28	9.89	2.30	2.85	0.40	0.27	4.46	5.82
	3.29	2.26	9.83	2.28	2.83	0.40	0.27	4.46	5.83
	3.25	2.26	9.89	2.29	2.86	0.40	0.28	4.45	5.84
0 4	3.35	2.47	9.88	2.36	2.93	0.59	0.33	4.53	5.68
	3.38	2.46	9.78	2.37	2.91	0.58	0.33	4.44	5.68
	3.38	2.43	9.76	2.36	2.94	0.59	0.32	4.53	5.69
	3.38	2.45	9.85	2.37	2.94	0.58	0.32	4.48	5.68
	3.35	2.44	9.74	2.41	2.91	0.58	0.32	4.56	5.61
	3.34	2.45	9.81	2.40	2.89	0.58	0.31	4.50	5.63
0 5	3.31	2.39	9.80	<b>2.27</b>	2.79	0.46	0.30	4.44	5.34
	3.25	2.36	9.96	<b>2.28</b>	2.80	0.44	0.31	4.39	5.21
	3.23	2.37	9.91	<b>2.33</b>	2.78	0.47	0.30	4.51	5.13
	3.26	2.36	9.83	<b>2.36</b>	2.77	0.46	0.30	4.37	5.28
	3.31	2.38	9.94	<b>2.39</b>	2.81	0.47	0.30	4.38	5.23
	3.31	2.37	9.94	<b>2.38</b>	2.79	0.45	0.30	4.36	5.35

表 8-4 酸性和中性土壤样品交换性钠实验数据汇总表

单位: cmol/kg

单位	A1	A2	A3	A4	A5	A6 GBW07416b	A7 GBW(E) 07033	A8 GBW(E) 070335	A9 GBW(E) 070356
----	----	----	----	----	----	-----------------	--------------------	---------------------	---------------------

编号						( ASA-5b )	4 ( ASA-13 )	( ASA-14 )	( ASA-18a )
01	<b>0.41</b>	<b>0.26</b>	0.24	<b>0.35</b>	<b>0.12</b>	0.31	<b>0.17</b>	0.45	<b>0.30</b>
	<b>0.39</b>	<b>0.20</b>	0.24	<b>0.33</b>	<b>0.22</b>	0.30	<b>0.17</b>	0.44	<b>0.34</b>
	<b>0.36</b>	<b>0.28</b>	0.22	<b>0.23</b>	<b>0.11</b>	0.29	<b>0.19</b>	0.45	<b>0.42</b>
	<b>0.37</b>	<b>0.26</b>	0.20	<b>0.23</b>	<b>0.13</b>	0.30	<b>0.19</b>	0.46	<b>0.33</b>
	<b>0.34</b>	<b>0.20</b>	0.27	<b>0.24</b>	<b>0.11</b>	0.30	<b>0.19</b>	0.48	<b>0.26</b>
	<b>0.41</b>	<b>0.24</b>	0.24	<b>0.35</b>	<b>0.13</b>	0.31	<b>0.19</b>	0.46	<b>0.30</b>
02	0.35	0.18	0.21	0.33	0.18	<b>0.47</b>	0.34	0.58	0.34
	0.34	0.21	0.21	0.34	0.18	<b>0.48</b>	0.34	0.56	0.33
	0.34	0.20	0.20	0.34	0.19	<b>0.49</b>	0.32	0.56	0.33
	0.36	0.21	0.19	0.33	0.18	<b>0.48</b>	0.36	0.57	0.34
	0.33	0.20	0.19	0.34	0.20	<b>0.54</b>	0.34	0.56	0.35
	0.35	0.21	0.21	0.33	0.20	<b>0.53</b>	0.34	0.57	0.36
03	0.28	0.18	<b>0.15</b>	0.37	<b>0.18</b>	0.56	0.36	0.52	<b>0.40</b>
	0.26	0.22	<b>0.18</b>	0.34	<b>0.22</b>	0.57	0.35	0.52	<b>0.40</b>
	0.31	0.18	<b>0.25</b>	0.30	<b>0.27</b>	0.58	0.35	0.53	<b>0.31</b>
	0.30	0.18	<b>0.24</b>	0.32	<b>0.21</b>	0.56	0.35	0.51	<b>0.41</b>
	0.30	0.18	<b>0.18</b>	0.31	<b>0.26</b>	0.57	0.35	0.53	<b>0.30</b>
	0.28	0.18	<b>0.18</b>	0.32	<b>0.21</b>	0.56	0.37	0.51	<b>0.30</b>
04	<b>0.39</b>	0.27	0.22	<b>0.47</b>	0.22	0.40	0.27	0.53	0.38
	<b>0.47</b>	0.28	0.24	<b>0.50</b>	0.26	0.40	0.28	0.50	0.35
	<b>0.41</b>	0.28	0.23	<b>0.47</b>	0.23	0.40	0.30	0.51	0.39
	<b>0.47</b>	0.28	0.23	<b>0.50</b>	0.25	0.40	0.28	0.51	0.36
	<b>0.45</b>	0.31	0.25	<b>0.43</b>	0.22	0.41	0.27	0.52	0.37
	<b>0.42</b>	0.28	0.26	<b>0.47</b>	0.22	0.39	0.28	0.51	0.36
05	0.39	0.25	0.22	0.39	0.22	0.36	0.36	0.57	0.29
	0.38	0.25	0.21	0.38	0.23	0.38	0.36	0.57	0.32
	0.37	0.25	0.21	0.38	0.23	0.35	0.36	0.57	0.30
	0.38	0.24	0.21	0.37	0.21	0.37	0.36	0.56	0.30
	0.38	0.24	0.21	0.37	0.22	0.36	0.37	0.56	0.31
	0.38	0.24	0.21	0.37	0.21	0.37	0.35	0.57	0.30

表 8-5 酸性和中性土壤样品交换性钾实验数据汇总表

单位：cmol/kg

单位 编号	A1	A2	A3	A4	A5	A6 GBW07416b (ASA-5b)	A7 GBW (E) 070334 (ASA-13)	A8 GBW (E) 070335 (ASA-14)	A9 GBW (E) 070356 (ASA-18a)
01	<b>1.08</b>	0.47	1.18	0.81	0.60	0.51	<b>0.17</b>	0.71	0.94
	<b>1.08</b>	0.45	1.18	0.80	0.58	0.54	<b>0.18</b>	0.71	0.94

	<b>1.07</b>	0.47	1.18	0.79	0.58	0.51	<b>0.17</b>	0.71	0.94
	<b>1.08</b>	0.47	1.18	0.80	0.61	0.53	<b>0.17</b>	0.72	0.93
	<b>1.08</b>	0.46	1.18	0.81	0.59	0.52	<b>0.19</b>	0.75	0.93
	<b>1.08</b>	0.47	1.17	0.80	0.60	0.52	<b>0.18</b>	0.71	0.94
02	<b>1.06</b>	0.49	1.04	<b>0.80</b>	0.59	0.54	<b>0.22</b>	0.72	0.94
	<b>1.03</b>	0.47	1.01	<b>0.74</b>	0.57	0.54	<b>0.23</b>	0.77	0.98
	<b>1.06</b>	0.49	1.03	<b>0.75</b>	0.61	0.55	<b>0.24</b>	0.75	0.92
	<b>1.02</b>	0.47	1.00	<b>0.76</b>	0.58	0.54	<b>0.24</b>	0.73	0.94
	<b>1.03</b>	0.49	1.03	<b>0.78</b>	0.58	0.54	<b>0.21</b>	0.74	0.95
	<b>1.05</b>	0.47	1.05	<b>0.82</b>	0.57	0.55	<b>0.23</b>	0.73	0.97
03	<b>1.23</b>	0.52	1.25	0.93	0.72	0.55	<b>0.21</b>	0.76	1.04
	<b>1.18</b>	0.51	1.26	0.88	0.68	0.56	<b>0.19</b>	0.77	1.02
	<b>1.27</b>	0.50	1.21	0.91	0.68	0.55	<b>0.22</b>	0.75	0.99
	<b>1.29</b>	0.54	1.30	0.89	0.70	0.54	<b>0.19</b>	0.76	0.97
	<b>1.23</b>	0.51	1.22	0.88	0.68	0.57	<b>0.20</b>	0.78	0.97
	<b>1.23</b>	0.53	1.24	0.88	0.70	0.55	<b>0.20</b>	0.75	0.99
04	1.30	0.54	1.26	0.89	<b>0.72</b>	0.60	0.20	0.78	1.02
	1.25	0.53	1.23	0.88	<b>0.73</b>	0.60	0.20	0.76	0.98
	1.25	0.54	1.25	0.88	<b>0.73</b>	0.60	0.20	0.78	1.00
	1.26	0.54	1.25	0.89	<b>0.76</b>	0.60	0.20	0.77	1.00
	1.24	0.53	1.24	0.90	<b>0.68</b>	0.60	0.20	0.78	0.96
	1.23	0.53	1.24	0.92	<b>0.68</b>	0.63	0.20	0.78	0.96
05	1.19	0.50	1.30	0.85	0.71	0.52	0.25	0.82	0.97
	1.17	0.49	1.30	0.85	0.71	0.53	0.26	0.81	0.95
	1.16	0.50	1.30	0.86	0.70	0.54	0.26	0.86	0.96
	1.17	0.49	1.31	0.88	0.70	0.54	0.26	0.84	0.94
	1.20	0.50	1.31	0.83	0.70	0.54	0.25	0.85	0.94
	1.20	0.50	1.31	0.83	0.68	0.53	0.25	0.82	0.94

表 9-1 石灰性土壤样品交换性盐基总量实验数据汇总表

单位: cmol/kg

单位 编号	B1	B2	B3	B4	B5	B6 GBW (E) 070336 ( ASA-15 )	B7 GBW (E) 070352 ( ASA-20a )	B8 GBW (E) 070338 ( ASA-17 )	B9 GBW (E) 070340 ( ASA-19 )
01	12.0	16.2	9.17	7.95	19.9	9.38	8.89	10.4	17.3
	11.6	16.1	8.94	8.07	20.0	9.52	9.04	9.91	16.9
	11.9	16.2	9.11	8.50	20.4	9.24	8.45	9.82	17.3
	11.9	15.7	9.09	8.14	20.3	9.68	8.65	10.0	17.1
	11.6	15.8	8.99	8.15	20.0	9.63	8.81	9.71	17.1
	11.7	15.9	9.18	7.89	20.0	9.59	8.98	10.0	17.5



02	12.1	15.8	8.44	7.19	20.6	9.80	7.81	10.2	18.0
	11.7	16.3	8.47	7.54	20.6	9.73	7.81	10.1	18.0
	11.6	16.4	7.99	7.07	21.2	9.87	7.75	10.2	18.1
	11.5	15.7	8.30	6.70	19.9	10.0	7.48	10.4	18.1
	11.7	16.0	8.20	7.36	21.4	9.73	7.62	10.4	17.8
	11.8	16.3	7.69	7.40	19.6	9.72	7.65	10.4	17.9
03	9.38	15.0	8.00	7.28	16.3	9.19	9.43	9.50	14.3
	8.18	13.1	8.47	6.83	18.5	7.72	9.53	9.24	14.5
	8.74	14.2	8.15	7.72	18.5	8.02	9.34	8.88	14.9
	9.61	14.9	7.73	7.13	18.5	9.01	9.39	9.49	14.9
	9.61	14.2	7.98	7.12	18.3	7.74	9.53	9.33	15.2
	8.56	13.0	8.30	7.81	16.5	8.14	9.56	9.09	15.5
04	10.1	17.4	9.78	8.38	20.1	9.78	10.20	12.0	17.8
	11.1	17.0	9.27	8.47	20.0	9.12	10.06	12.4	17.8
	10.3	16.3	9.42	8.39	20.1	9.18	9.87	11.2	17.7
	10.4	17.2	9.65	8.45	20.0	9.66	10.00	11.2	17.7
	10.4	16.6	9.48	8.45	20.0	9.68	10.14	11.7	17.7
	10.4	16.9	9.33	8.44	20.0	9.14	9.81	11.7	17.6
05	17.2	15.0	9.14	8.31	21.6	9.77	9.58	10.7	14.7
	17.5	14.8	9.18	8.49	21.6	9.62	9.71	10.9	15.0
	17.4	14.7	9.17	8.45	21.8	9.64	9.69	10.8	14.8
	17.2	15.1	9.12	8.37	21.9	9.66	9.56	11.1	15.1
	17.6	14.9	9.19	8.41	21.7	9.67	9.71	10.9	15.0
	17.5	15.0	9.22	8.58	21.8	9.73	9.58	10.6	15.0

表 9-2 石灰性土壤样品交换性钙实验数据汇总表

单位: cmol/kg

单位编号	B1	B2	B3	B4	B5
01	7.86	14.0	6.18	5.95	17.4
	7.60	14.0	6.00	6.03	17.4
	7.83	13.8	6.10	6.45	17.7
	7.84	13.7	6.13	6.15	17.9
	7.65	13.7	6.02	6.09	17.6
	7.67	13.8	6.18	5.91	17.5
02	7.79	13.7	5.22	5.09	18.0
	7.42	14.1	5.34	5.44	18.2
	7.32	14.2	4.90	5.03	18.6
	7.34	13.5	5.15	4.72	17.4
	7.34	13.8	5.08	5.27	18.8
	7.37	14.1	4.65	5.26	18.1
03	5.68	12.9	5.17	5.23	14.5

	<b>5.06</b>	<b>11.3</b>	5.48	<b>4.83</b>	<b>16.1</b>
	<b>5.36</b>	<b>12.2</b>	5.30	<b>5.65</b>	<b>16.4</b>
	<b>5.86</b>	<b>12.8</b>	5.01	<b>5.08</b>	<b>16.4</b>
	<b>5.91</b>	<b>12.1</b>	5.16	<b>5.06</b>	<b>15.8</b>
	<b>5.28</b>	<b>11.4</b>	5.39	<b>5.72</b>	<b>14.3</b>
04	6.42	14.8	6.45	6.25	17.7
	7.10	14.5	6.08	6.32	17.6
	6.49	14.1	6.30	6.28	17.7
	6.54	14.8	6.37	6.31	17.6
	6.54	14.3	6.25	6.32	17.6
	6.53	14.5	6.22	6.32	17.6
05	<b>9.69</b>	11.7	5.90	5.71	18.7
	<b>9.85</b>	11.5	6.00	5.88	18.7
	<b>9.78</b>	11.4	5.99	5.84	18.9
	<b>9.69</b>	11.8	5.89	5.78	19.0
	<b>9.88</b>	11.6	5.99	5.79	18.9
	<b>9.79</b>	11.8	6.00	5.95	18.9

表 9-3 石灰性土壤样品交换性镁实验数据汇总表

单位: cmol/kg

单位 编号	B1	B2	B3	B4	B5	B6 GBW (E) 070336 (ASA-15)	B7 GBW (E) 070352 (ASA-20a)	B8 GBW (E) 070338 (ASA-17)	B9 GBW (E) 070340 (ASA-19)
01	2.71	1.21	1.70	0.98	1.81	1.45	2.32	1.94	1.02
	2.64	1.20	1.66	0.98	1.78	1.46	2.31	1.92	1.00
	2.70	1.22	1.69	1.01	1.87	1.46	2.18	1.88	1.01
	2.69	1.19	1.69	0.99	1.80	1.48	2.26	1.92	1.00
	2.62	1.20	1.67	1.00	1.79	1.48	2.33	1.87	1.02
	2.67	1.19	1.70	0.97	1.82	1.45	2.31	1.94	1.00
02	2.81	1.15	1.76	<b>0.86</b>	1.83	1.70	2.23	2.24	1.08
	2.78	1.19	1.73	<b>0.91</b>	1.83	1.69	2.23	2.24	1.09
	2.77	1.20	1.66	<b>0.86</b>	1.90	1.69	2.24	2.24	1.09
	2.75	1.15	1.76	<b>0.80</b>	1.76	1.69	2.22	2.23	1.09
	2.88	1.18	1.68	<b>0.87</b>	1.91	1.69	2.23	2.24	1.09
	2.88	1.19	1.63	<b>0.89</b>	1.82	1.69	2.21	2.24	1.08
03	<b>2.45</b>	<b>1.24</b>	1.64	1.00	<b>1.37</b>	<b>1.59</b>	2.43	2.04	0.986
	<b>2.10</b>	<b>1.07</b>	1.74	0.97	<b>1.89</b>	<b>1.42</b>	2.48	2.04	0.986
	<b>2.26</b>	<b>1.19</b>	1.66	1.03	<b>1.63</b>	<b>1.42</b>	2.44	1.95	0.966
	<b>2.52</b>	<b>1.23</b>	1.58	0.97	<b>1.68</b>	<b>1.56</b>	2.44	2.04	0.979
	<b>2.48</b>	<b>1.24</b>	1.64	1.02	<b>1.88</b>	<b>1.42</b>	2.47	2.06	1.02

	<b>2.19</b>	<b>1.02</b>	1.69	1.04	<b>1.69</b>	<b>1.44</b>	2.51	2.00	1.00
04	<b>2.30</b>	<b>1.52</b>	<b>1.92</b>	0.96	1.74	1.45	2.47	<b>2.37</b>	1.09
	<b>2.59</b>	<b>1.44</b>	<b>1.82</b>	0.97	1.71	1.44	2.42	<b>2.44</b>	1.06
	<b>2.32</b>	<b>1.24</b>	<b>1.72</b>	0.96	1.73	1.43	2.38	<b>2.09</b>	1.07
	<b>2.34</b>	<b>1.45</b>	<b>1.90</b>	0.97	1.72	1.44	2.41	<b>2.09</b>	1.07
	<b>2.33</b>	<b>1.36</b>	<b>1.85</b>	0.97	1.71	1.44	2.43	<b>2.27</b>	1.04
	<b>2.33</b>	<b>1.42</b>	<b>1.71</b>	0.97	1.71	1.44	2.37	<b>2.27</b>	1.01
05	<b>5.61</b>	1.51	1.66	1.01	1.87	1.53	2.20	2.15	1.01
	<b>5.73</b>	1.51	1.64	1.01	1.88	1.49	2.22	2.13	1.07
	<b>5.71</b>	1.50	1.62	1.03	1.86	1.46	2.23	2.20	1.01
	<b>5.63</b>	1.49	1.64	1.02	1.89	1.48	2.18	2.15	1.02
	<b>5.75</b>	1.49	1.62	1.02	1.88	1.45	2.20	2.14	1.03
	<b>5.73</b>	1.47	1.64	1.04	1.89	1.44	2.19	2.11	1.05

表 9-4 石灰性土壤样品交换性钠实验数据汇总表

单位: cmol/kg

单位名称	B1	B2	B3	B4	B5	B6 GBW (E) 070336 ASA-15	B7 GBW (E) 070352 ASA-20a	B8 GBW (E) 070338 ASA-17	B9 GBW (E) 070340 ASA-19
01	<b>0.38</b>	<b>0.19</b>	<b>0.12</b>	<b>0.10</b>	<b>0.20</b>	0.13	2.02	0.28	<b>0.17</b>
	<b>0.32</b>	<b>0.11</b>	<b>0.12</b>	<b>0.12</b>	<b>0.09</b>	0.11	1.98	0.25	<b>0.21</b>
	<b>0.32</b>	<b>0.15</b>	<b>0.14</b>	<b>0.07</b>	<b>0.10</b>	0.10	1.91	0.25	<b>0.23</b>
	<b>0.32</b>	<b>0.06</b>	<b>0.11</b>	<b>0.05</b>	<b>0.09</b>	0.10	1.85	0.27	<b>0.18</b>
	<b>0.32</b>	<b>0.13</b>	<b>0.13</b>	<b>0.07</b>	<b>0.08</b>	0.10	1.85	0.24	<b>0.16</b>
	<b>0.35</b>	<b>0.18</b>	<b>0.12</b>	<b>0.09</b>	<b>0.20</b>	0.13	2.01	0.27	<b>0.22</b>
02	0.39	0.15	0.17	0.18	0.23	0.29	3.03	0.34	0.33
	0.43	0.16	0.17	0.17	0.23	0.28	3.03	0.34	0.33
	0.43	0.20	0.17	0.17	0.23	0.28	3.05	0.33	0.33
	0.43	0.20	0.17	0.18	0.24	0.28	2.92	0.34	0.33
	0.43	0.20	0.17	0.17	0.23	0.28	3.02	0.33	0.33
	0.43	0.20	0.17	0.17	0.24	0.28	3.05	0.32	0.33
03	<b>0.34</b>	0.08	0.09	0.14	0.08	0.16	2.74	0.28	<b>0.12</b>
	<b>0.28</b>	0.07	0.09	0.09	0.13	0.14	2.72	0.26	<b>0.14</b>
	<b>0.28</b>	0.08	0.08	0.11	0.10	0.14	2.71	0.25	<b>0.13</b>
	<b>0.34</b>	0.08	0.08	0.14	0.10	0.15	2.69	0.27	<b>0.12</b>
	<b>0.31</b>	0.09	0.09	0.10	0.13	0.14	2.75	0.25	<b>0.15</b>
	<b>0.30</b>	0.06	0.08	0.11	0.11	0.15	2.73	0.26	<b>0.13</b>
04	0.38	0.16	0.15	0.16	0.15	0.18	2.94	0.38	0.24
	0.38	0.15	0.15	0.15	0.14	0.17	2.97	0.36	0.23
	0.39	0.14	0.16	0.14	0.15	0.18	3.02	0.36	0.22

	0.40	0.14	0.14	0.16	0.13	0.17	2.97	0.38	0.24
	0.39	0.15	0.15	0.15	0.14	0.17	3.00	0.36	0.23
	0.39	0.15	0.15	0.14	0.14	0.17	3.04	0.36	0.23
05	0.52	<b>0.37</b>	0.22	0.25	0.29	0.24	2.54	0.33	0.33
	0.52	<b>0.37</b>	0.22	0.25	0.29	0.24	2.59	0.33	0.32
	0.52	<b>0.37</b>	0.22	0.25	0.29	0.26	2.55	0.33	0.32
	0.51	<b>0.37</b>	0.23	0.25	0.29	0.25	2.54	0.33	0.32
	0.53	<b>0.38</b>	0.22	0.25	0.29	0.25	2.59	0.33	0.31
	0.52	<b>0.38</b>	0.22	0.25	0.29	0.24	2.53	0.33	0.32

表 9-5 石灰性土壤样品交换性钾实验数据汇总表

单位: cmol/kg

单位 编号	B1	B2	B3	B4	B5	B6 GBW (E) 070336 ASA-15	B7 GBW (E) 070352 ASA-20a	B8 GBW (E) 070338 ASA-17	B9 GBW (E) 070340 ASA-19
01	1.09	<b>0.80</b>	1.18	0.93	<b>0.54</b>	<b>0.50</b>	0.73	<b>0.75</b>	0.40
	1.04	<b>0.75</b>	1.16	0.94	<b>0.74</b>	<b>0.51</b>	0.76	<b>0.73</b>	0.41
	1.08	<b>1.01</b>	1.19	0.97	<b>0.74</b>	<b>0.50</b>	0.69	<b>0.70</b>	0.43
	1.06	<b>0.75</b>	1.17	0.96	<b>0.52</b>	<b>0.52</b>	0.72	<b>0.84</b>	0.42
	1.05	<b>0.75</b>	1.17	0.99	<b>0.52</b>	<b>0.51</b>	0.73	<b>0.71</b>	0.42
	1.05	<b>0.79</b>	1.18	0.92	<b>0.54</b>	<b>0.50</b>	0.73	<b>0.75</b>	0.43
02	1.12	0.81	1.29	1.06	0.45	0.58	<b>0.82</b>	0.88	<b>0.40</b>
	1.09	0.85	1.23	1.03	0.43	0.58	<b>0.85</b>	0.86	<b>0.46</b>
	1.10	0.80	1.26	1.01	0.44	0.57	<b>0.73</b>	0.85	<b>0.45</b>
	1.01	0.83	1.23	1.00	0.45	0.59	<b>0.74</b>	0.88	<b>0.43</b>
	1.06	0.77	1.26	1.04	0.44	0.59	<b>0.79</b>	0.85	<b>0.42</b>
	1.13	0.78	1.24	1.08	0.44	0.59	<b>0.74</b>	0.87	<b>0.43</b>
03	<b>0.90</b>	<b>0.73</b>	<b>1.11</b>	0.92	0.31	<b>0.48</b>	0.78	0.79	0.40
	<b>0.73</b>	<b>0.60</b>	<b>1.15</b>	0.93	0.43	<b>0.46</b>	0.79	0.77	0.40
	<b>0.84</b>	<b>0.70</b>	<b>1.11</b>	0.93	0.36	<b>0.45</b>	0.77	0.72	0.39
	<b>0.88</b>	<b>0.72</b>	<b>1.06</b>	0.93	0.38	<b>0.49</b>	0.78	0.77	0.40
	<b>0.91</b>	<b>0.75</b>	<b>1.08</b>	0.94	0.43	<b>0.48</b>	0.78	0.77	0.43
	<b>0.79</b>	<b>0.57</b>	<b>1.13</b>	0.93	0.40	<b>0.46</b>	0.79	0.74	0.40
04	1.04	0.86	1.25	1.01	0.52	0.57	0.75	0.78	0.42
	1.05	0.85	1.22	1.03	0.53	0.57	0.76	0.80	0.42
	1.13	0.83	1.25	1.01	0.52	0.56	0.76	0.79	0.41
	1.13	0.83	1.24	1.02	0.53	0.57	0.75	0.79	0.42
	1.11	0.83	1.23	1.02	0.53	0.57	0.76	0.81	0.42
	1.11	0.83	1.25	1.01	0.53	0.56	0.76	0.79	0.42

05	1.51	1.40	1.36	1.33	0.71	0.64	0.79	0.82	0.44
	1.50	1.43	1.33	1.35	0.69	0.62	0.80	0.81	0.42
	1.52	1.43	1.34	1.33	0.70	0.63	0.80	0.83	0.42
	1.52	1.41	1.36	1.33	0.71	0.59	0.79	0.81	0.46
	1.51	1.43	1.36	1.35	0.70	0.62	0.80	0.83	0.45
	1.53	1.43	1.36	1.33	0.69	0.63	0.79	0.80	0.44

### 3.1 正确度

组织五家验证单位，选取四个标准物质分别进行 6 次测定，对方法正确度进行验证。标准物质交换性盐基总量统计结果如表 10 所示，所测标准物质交换性盐基总量的相对误差范围在 1.01%~17.0%，平均值绝大多数在标准物质 2 倍不确定度范围内，可以满足检测要求。

表 10 标准物质交换性盐基总量相对误差统计表

单位：cmol/kg

标准物质 编号	标准值与 不确定度	单位编号	01	02	03	04	05
ASA-18a	38±4	平均值	38.4	34.1	38.4	37.2	34.2
		相对误差 RE(%)	1.14	10.4	1.01	2.15	10.0
		相对标准偏差 RSD(%)	1.12	1.03	0.30	0.82	0.81
		标准值判定	< 1s	< 1s	< 1s	< 1s	< 1s
ASA-15	10.0±0.8	平均值	9.51	9.81	8.30	9.43	9.68
		相对误差 RE(%)	4.93	1.92	17.0	5.73	3.18
		相对标准偏差 RSD(%)	1.76	1.12	7.71	3.29	0.59
		符合定值范围	< 1s	< 1s	2~3s	< 1s	< 1s
ASA-17	10.6±1.0	平均值	9.97	10.3	9.26	11.7	10.8
		相对误差 RE(%)	5.91	2.99	12.7	10.4	2.20
		相对标准偏差 RSD(%)	2.37	1.29	2.60	3.97	1.62
		符合定值范围	< 1s	< 1s	< 1.5s	< 1.5s	< 1s
ASA-19	16.3±2.0	平均值	17.2	18.0	14.9	17.7	14.9

		相对误差 RE(%)	5.52	10.3	8.69	8.69	8.38
		相对标准偏差 RSD(%)	1.22	0.65	2.96	0.42	1.01
		符合定值范围	< 1s	< 1s	< 1s	< 1s	< 1s

标准物质交换性钙统计结果如表 11 所示，所测标准物质交换性钙的相对误差范围在 1.05%~22.6%，平均值均在标准物质 1.5 倍不确定度范围内，可以满足检测要求。

表 11 标准物质交换性钙相对误差统计表

单位：cmol/kg

标准物质 编号	标准值与 不确定度	单位编号	01	02	03	04	05
ASA-5b	$1.7 \pm 0.3$	平均值	1.36	1.46	1.32	1.47	1.46
		相对误差 RE (%)	20.3	14.1	22.6	13.3	14.3
		相对标准偏差 RSD (%)	1.60	4.92	0.93	3.14	1.82
		符合定值范围	<1.5s	<1s	<1.5s	<1s	<1s
ASA-13	$7.1 \pm 0.7$	平均值	6.83	6.68	6.67	6.47	6.65
		相对误差 RE (%)	3.85	5.89	6.10	8.92	6.29
		相对标准偏差 RSD (%)	0.57	3.46	0.53	0.91	1.47
		符合定值范围	<1s	<1s	<1s	<1s	<1s
ASA-14	$23.8 \pm 1.6$	平均值	23.2	23.6	22.2	21.8	22.8
		相对误差 RE (%)	2.38	1.05	6.93	8.33	4.34
		相对标准偏差 RSD (%)	0.35	2.13	0.62	1.14	0.60
		符合定值范围	<1s	<1s	<1s	<1.5s	<1s
ASA-18a	$31 \pm 3$	平均值	33.0	32.4	31.4	28.7	28.8
		相对误差 RE (%)	6.34	4.57	1.29	7.53	7.26
		相对标准偏差 RSD (%)	2.61	2.32	2.05	0.79	1.18

		符合定值范围	<1s	<1s	<1s	<1s	<1s
--	--	--------	-----	-----	-----	-----	-----

标准物质交换性镁统计结果如表 12 所示，所测标准物质交换性镁的相对误差范围在 0.15%~25.6%，平均值在标准物质 1.5 倍不确定度范围内，可以满足检测要求。

表 12 标准物质交换性镁相对误差统计表

单位：cmol/kg

标准物质 编号	标准值与不 确定度	单位编号	01	02	03	04	05
ASA-5b	0.54 ± 0.09	平均值	0.51	0.50	0.40	0.58	0.46
		相对误差 RE (%)	5.56	8.33	25.6	8.02	15.1
		相对标准偏差 RSD (%)	2.15	2.47	1.02	0.89	2.55
		符合定值范围	<1s	<1s	1~2s	<1s	<1s
ASA-13	0.28 ± 0.04	平均值	0.28	0.31	0.27	0.32	0.30
		相对误差 RE (%)	1.19	11.3	2.98	14.9	7.74
		相对标准偏差 RSD (%)	1.87	2.42	1.50	2.34	1.35
		符合定值范围	<1s	<1s	<1s	<1s	<1s
ASA-14	4.5 ± 0.3	平均值	4.43	4.48	4.45	4.51	4.41
		相对误差 RE (%)	1.52	0.44	1.19	0.15	2.04
		相对标准偏差 RSD (%)	0.17	1.87	0.34	0.95	1.29
		符合定值范围	<1s	<1s	<1s	<1s	<1s
ASA-18a	5.7 ± 0.6	平均值	5.68	5.64	5.84	5.66	5.26
		相对误差 RE (%)	0.35	1.05	2.37	0.67	7.78
		相对标准偏差 RSD (%)	0.40	1.42	0.42	0.58	1.59
		符合定值范围	<1s	<1s	<1s	<1s	<1s
ASA-15	1.62 ± 0.17	平均值	1.46	1.69	1.48	1.44	1.48
		相对误差 RE (%)	9.67	4.42	8.95	11.1	8.95

		相对标准偏差 RSD (%)	0.93	0.24	5.32	0.44	2.22
		符合定值范围	<1s	<1s	<1s	<1.5s	<1s
ASA-20a	2.5 ± 0.4	平均值	2.29	2.23	2.46	2.41	2.20
		相对误差 RE (%)	8.60	10.9	1.53	3.47	11.9
		相对标准偏差 RSD (%)	2.49	0.46	1.24	1.50	0.85
		符合定值范围	<1s	<1s	<1s	<1s	<1s
ASA-17	2.23 ± 0.24	平均值	1.91	2.24	2.02	2.26	2.15
		相对误差 RE (%)	14.3	0.37	9.34	1.12	3.74
		相对标准偏差 RSD (%)	1.57	0.18	1.99	6.34	1.40
		符合定值范围	<1.5s	<1s	<1s	<1s	<1s
ASA-19	1.13 ± 0.11	平均值	1.01	1.09	0.99	1.06	1.03
		相对误差 RE (%)	10.8	3.83	12.4	6.49	8.70
		相对标准偏差 RSD (%)	0.98	0.48	1.88	2.65	2.33
		符合定值范围	<1.5s	<1s	<1.5s	<1s	<1s

标准物质交换性钠统计结果如表 13 所示, 所测标准物质交换性钠的相对误差范围在 0.33%~60.1%, 所测标准物质平均值在 1.5 倍不确定度范围内的相对误差范围在 0.33%~33.3%, 除个别异常数据外, 可以满足检测要求。

表 13 标准物质交换性钠相对误差统计表

单位: cmol/kg

标准物质编号	标准值与不确定度	单位编号	01	02	03	04	05
ASA-5b	0.47 ± 0.08	平均值	0.30	0.50	0.57	0.40	0.37
		相对误差 RE (%)	35.8	6.03	20.6	14.9	22.3
		相对标准偏差 RSD (%)	2.50	5.87	1.44	1.58	2.87
		符合定值范围	>2s	<1s	<1.5s	<1s	<1.5s
ASA-13	0.35 ± 0.07	平均值	0.18	0.34	0.36	0.28	0.36
		相对误差 RE (%)	47.6	2.86	1.43	20.0	2.86



		相对标准偏差 RSD (%)	5.63	3.72	2.36	3.91	1.76
		符合定值范围	2~3s	<1s	<1s	<1s	<1s
ASA-14	0.57 ± 0.08	平均值	0.46	0.57	0.52	0.51	0.57
		相对误差 RE (%)	19.9	0.58	8.77	9.94	0.58
		相对标准偏差 RSD (%)	2.99	1.44	1.72	2.01	0.91
		符合定值范围	<1.5s	<1s	<1s	<1s	<1s
ASA-18a	0.33 ± 0.06	平均值	0.33	0.34	0.40	0.37	0.30
		相对误差 RE (%)	1.52	3.54	7.07	11.6	8.08
		相对标准偏差 RSD (%)	16.7	3.42	15.6	4.00	3.40
		符合定值范围	<1s	<1s	<1.5s	<1s	<1s
ASA-15	0.28 ± 0.07	平均值	0.11	0.28	0.15	0.17	0.25
		相对误差 RE (%)	60.1	0.60	47.6	38.1	11.9
		相对标准偏差 RSD (%)	13.2	1.45	5.57	2.98	3.31
		符合定值范围	2~3s	<1s	1~2s	1~2s	<1s
ASA-20a	3.0 ± 0.6	平均值	1.94	3.02	2.72	2.99	2.56
		相对误差 RE (%)	35.4	0.56	9.22	0.33	14.8
		相对标准偏差 RSD (%)	4.00	1.62	0.79	1.23	1.04
		符合定值范围	1~2s	<1s	<1s	<1s	<1s
ASA-17	0.39 ± 0.09	平均值	0.26	0.33	0.26	0.37	0.33
		相对误差 RE (%)	33.3	14.5	32.9	6.0	15.4
		相对标准偏差 RSD (%)	5.96	2.45	4.47	2.82	0.00
		符合定值范围	<1.5s	<1s	<1.5s	<1s	<1s
ASA-19	0.289 ± 0.073	平均值	0.20	0.33	0.13	0.23	0.32
		相对误差 RE (%)	32.5	14.2	54.4	19.8	10.7
		相对标准偏差 RSD (%)	14.8	0.00	8.88	3.25	1.98
		符合定值范围	<1.5s	<1s	2~3s	<1s	<1s

标准物质交换性钾统计结果如表 14 所示，所测标准物质交换性钾的相对误差范围在 0.40%~29.3%，平均值均在标准物质 1.5 倍不确定度范围内，除个别异常数据外，可以满足检测要求。

表 14 标准物质交换性钾相对误差统计表

单位: cmol/kg

标准物质 编号	标准值与 不确定度	单位编号	01	02	03	04	05
ASA-5b	$0.59 \pm 0.06$	平均值	0.52	0.54	0.55	0.61	0.53
		相对误差 RE (%)	11.6	7.91	6.21	2.54	9.60
		相对标准偏差 RSD (%)	2.24	0.95	1.87	2.02	1.53
		符合定值范围	<1.5s	<1s	<1s	<1s	<1s
ASA-13	$0.25 \pm 0.04$	平均值	0.18	0.23	0.20	0.20	0.26
		相对误差 RE (%)	29.3	8.67	19.3	20.0	2.00
		相对标准偏差 RSD (%)	4.62	5.12	5.80	0.00	2.15
		符合定值范围	1~2s	<1s	<1.5s	<1.5s	<1s
ASA-14	$0.80 \pm 0.07$	平均值	0.72	0.74	0.76	0.78	0.83
		相对误差 RE (%)	10.2	7.50	4.79	3.13	4.17
		相对标准偏差 RSD (%)	2.23	2.42	1.53	1.08	2.36
		符合定值范围	<1.5s	<1s	<1s	<1s	<1s
ASA-18a	$0.97 \pm 0.05$	平均值	0.94	0.95	1.00	0.99	1.00
		相对误差 RE (%)	3.44	2.06	2.75	1.72	2.06
		相对标准偏差 RSD (%)	0.55	2.31	2.81	2.45	1.33
		符合定值范围	<1s	<1s	<1s	<1s	<1s
ASA-15	$0.60 \pm 0.04$	平均值	0.51	0.58	0.47	0.57	0.62
		相对误差 RE (%)	15.6	2.78	21.7	5.56	3.61
		相对标准偏差 RSD (%)	1.61	1.40	3.30	0.91	2.77
		符合定值范围	2~3s	<1s	>3s	<1s	<1s
ASA-20a	$0.82 \pm 0.14$	平均值	0.73	0.78	0.78	0.76	0.80
		相对误差 RE (%)	11.4	5.08	4.67	7.72	3.05
		相对标准偏差 RSD (%)	3.10	6.37	0.96	0.68	0.69
		符合定值范围	<1s	<1s	<1s	<1s	<1s
ASA-17	$0.81 \pm 0.07$	平均值	0.75	0.87	0.76	0.79	0.82
		相对误差 RE (%)	7.82	6.79	6.17	2.06	0.82
		相对标准偏差 RSD (%)	6.71	1.59	3.33	1.30	1.48
		符合定值范围	<1s	<1s	<1s	<1s	<1s

ASA-19	0.42 ± 0.04	平均值	0.42	0.43	0.40	0.42	0.44
		相对误差 RE (%)	0.40	2.78	3.97	0.40	4.37
		相对标准偏差 RSD (%)	2.79	4.95	3.39	0.98	3.65
		符合定值范围	<1s	<1s	<1s	<1s	<1s

### 3.2 精密度

组织五家验证单位，选取 5 个实际样品和 4 个标准物质分别进行 6 次测定，对方法精密度进行验证，计算实验室间平均值、实验室间相对标准偏差（RSD）和实验室内相对标准偏差（RSD）见表 15-表 19。

交换性盐基总量精密度汇总结果如表 15-1、15-2 所示，酸性和中性土壤样品测定范围为 1.73~38.4cmol/kg，室内相对标准偏差（RSD）范围为 0.30%~13.4%，室间相对标准偏差（RSD）范围为 2.39%~23.1%。石灰性土壤样品测定范围为 7.21~21.7cmol/kg，室内相对标准偏差（RSD）范围为：0.26%~7.71%，室间相对标准偏差（RSD）范围为：6.43%~26.4%。

表 15-1 酸性和中性土壤样品交换性盐基总量平均值及精密度汇总表

单位：cmol/kg

样品编号	实验室 01	实验室 02	实验室 03	实验室 04	实验室 05	实验室间平均值	实验室间标准偏差 SD	实验室间 RSD (%)
A1	15.4	14.2	15.7	16.1	16.4	15.5	0.85	5.44
室内 RSD (%)	1.69	4.11	1.31	0.65	1.33			
A2	11.4	10.6	10.7	11.9	10.9	11.1	0.53	4.82
室内 RSD (%)	1.66	4.11	1.85	0.69	2.56			
A3	34.4	32.6	34.1	34.4	33.3	33.8	0.81	2.39
室内 RSD (%)	0.83	1.51	0.57	0.35	1.08			
A4	11.7	10.7	11.5	13.0	12.7	11.9	0.93	7.78
室内 RSD (%)	1.76	4.22	3.29	1.35	2.59			
A5	17.5	17.0	17.1	18.1	17.0	17.3	0.47	2.73
室内 RSD (%)	1.99	2.68	1.32	1.59	1.39			
ASA-5b	1.73	/	2.90	1.96	2.18	2.19	0.51	23.1
室内 RSD (%)	13.4	/	2.83	3.21	4.00			

ASA-13	6.38	4.43	7.42	6.79	7.09	6.42	1.18	18.4
室内 RSD (%)	2.35	3.44	1.13	1.46	0.95			
ASA-14	27.9	25.7	28.3	28.7	28.4	27.8	1.21	4.35
室内 RSD (%)	1.00	1.65	0.32	0.26	0.82			
ASA-18a	38.4	34.1	38.4	37.2	34.2	36.5	2.18	5.98
室内 RSD (%)	1.12	1.03	0.30	0.82	0.81			

表 15-2 石灰性土壤样品交换性盐基总量平均值及精密度汇总表

单位: cmol/kg

样品编号	实验室 01	实验室 02	实验室 03	实验室 04	实验室 05	实验室 间平均 值	实验室 间标准 偏差 SD	实验室 间 RSD (%)
B1	11.8	11.7	9.01	10.5	17.4	12.1	3.18	26.4
室内 RSD (%)	1.46	1.76	6.70	3.25	0.96			
B2	16.0	16.1	14.1	16.9	14.9	15.6	1.11	7.09
室内 RSD (%)	1.34	1.82	6.09	2.37	0.99			
B3	9.08	8.18	8.11	9.49	9.17	8.81	0.62	7.08
室内 RSD (%)	1.07	3.64	3.22	2.05	0.39			
B4	8.12	7.21	7.32	8.43	8.44	7.90	0.60	7.57
室内 RSD (%)	2.64	4.15	5.18	0.43	1.12			
B5	20.1	20.6	17.8	20.0	21.7	20.0	1.44	7.19
室内 RSD (%)	1.00	3.42	5.98	0.26	0.56			
ASA-15	9.51	9.81	8.30	9.43	9.68	9.35	0.60	6.43
室内 RSD (%)	1.76	1.12	7.71	3.29	0.59			
ASA-20a	8.80	7.69	9.46	10.01	9.64	9.12	0.91	10.0
室内 RSD (%)	2.50	1.68	0.94	1.52	0.75			
ASA-17	10.0	10.3	9.26	11.7	10.8	10.4	0.92	8.84
室内 RSD (%)	2.37	1.29	2.60	3.97	1.62			
ASA-19	17.2	18.0	14.9	17.7	14.9	16.5	1.52	9.18
室内 RSD (%)	1.22	0.65	2.96	0.42	1.01			

交换性钙精密度汇总结果如表 16-1、16-2 所示，酸性和中性土壤样品测定范围为 1.36~33.0cmol/kg，统计的室内相对标准偏差（RSD）范围为 0.32%~4.92%，室间相对标准偏差（RSD）范围为 1.90%~6.57%。石灰性土壤样品测定范围为 5.06~18.9cmol/kg，统计的室内相对标准偏差（RSD）

范围为 0.29%~6.70%，室间相对标准偏差（RSD）范围为 6.95%~21.3%。

表 16-1 酸性和中性土壤样品交换性钙平均值及精密度汇总表

单位：cmol/kg

样品编号	实验室 01	实验室 02	实验室 03	实验室 04	实验室 05	实验室 间平均 值	实验室 间标准 偏差 SD	实验室间 RSD (%)
A1	11.5	11.3	10.9	10.6	10.3	10.9	0.48	4.44
室内 RSD (%)	0.90	1.03	2.08	0.71	0.87			
A2	8.86	8.71	8.40	8.35	7.95	8.45	0.35	4.19
室内 RSD (%)	0.82	0.80	0.81	0.70	0.82			
A3	23.6	22.2	22.6	20.1	21.3	22.0	1.32	6.01
室内 RSD (%)	0.32	1.07	0.52	0.58	1.02			
A4	9.02	8.67	8.57	8.44	8.37	8.62	0.26	2.97
室内 RSD (%)	1.17	1.05	0.42	1.05	1.18			
A5	14.8	13.8	13.9	13.1	13.5	13.8	0.62	4.49
室内 RSD (%)	1.58	1.09	0.71	0.75	0.91			
ASA-5b	1.36	1.46	1.32	1.47	1.46	1.41	0.07	5.10
室内 RSD (%)	1.60	4.92	0.93	3.14	1.82			
ASA-13	6.83	6.68	6.67	6.47	6.65	6.66	0.13	1.90
室内 RSD (%)	0.57	3.46	0.53	0.91	1.47			
ASA-14	23.2	23.6	22.2	21.8	22.8	22.7	0.72	3.19
室内 RSD (%)	0.35	2.13	0.62	1.14	0.60			
ASA-18a	33.0	32.4	31.4	28.7	28.8	30.8	2.03	6.57
室内 RSD (%)	2.61	2.32	2.05	0.79	1.18			

表 16-2 石灰性土壤样品交换性钙平均值及精密度汇总表

单位：cmol/kg

样品编号	实验室 01	实验室 02	实验室 03	实验室 04	实验室 05	实验室 间平均 值	实验室 间标准 偏差 SD	实验室 间 RSD (%)
B1	7.74	7.43	5.53	6.60	9.78	7.42	1.58	21.3
室内 RSD (%)	1.47	2.42	6.21	3.75	0.81			

B2	13.8	13.9	12.1	14.5	11.6	13.2	1.25	9.44
室内 RSD (%)	0.99	1.98	5.56	1.90	1.40			
B3	6.10	5.06	5.25	6.28	5.96	5.73	0.54	9.46
室内 RSD (%)	1.27	4.89	3.27	2.04	0.87			
B4	6.10	5.14	5.26	6.30	5.83	5.72	0.51	8.92
室内 RSD (%)	3.19	4.87	6.70	0.46	1.44			
B5	17.6	18.2	15.6	17.6	18.9	17.6	1.22	6.95
室内 RSD (%)	1.10	2.70	6.07	0.29	0.65			

交换性镁精密度汇总结果如表 17-1、17-2 所示，酸性和中性土壤样品测定范围为 0.27~10.1cmol/kg，统计的室内相对标准偏差（RSD）范围为 0.17%~2.55%，室间相对标准偏差（RSD）范围为 0.88%~13.7%。石灰性土壤样品测定范围为 0.87~2.81cmol/kg，统计的室内相对标准偏差（RSD）范围为 0.18%~11.3%，室间相对标准偏差（RSD）范围为 3.72%~11.7%。

表 17-1 酸性和中性土壤样品交换性镁平均值及精密度汇总表

单位：cmol/kg

样品编号	实验室 01	实验室 02	实验室 03	实验室 04	实验室 05	实验室 间平均 值	实验室 间标准 偏差 SD	实验室间 RSD (%)
A1	3.37	3.55	3.24	3.36	3.28	3.36	0.12	3.50
室内 RSD (%)	0.53	1.42	2.06	0.55	1.10			
A2	2.45	2.54	2.27	2.45	2.37	2.42	0.10	4.21
室内 RSD (%)	0.58	0.50	0.43	0.58	0.49			
A3	9.82	10.1	9.89	9.80	9.90	9.90	0.11	1.15
室内 RSD (%)	0.39	1.04	0.33	0.55	0.67			
A4	2.34	2.38	2.29	2.38	2.34	2.34	0.04	1.50
室内 RSD (%)	0.70	0.91	0.43	0.90	2.18			
A5	2.94	2.94	2.85	2.92	2.79	2.89	0.07	2.32
室内 RSD (%)	0.40	1.06	0.48	0.68	0.51			
ASA-5b	0.51	0.50	0.40	0.58	0.46	0.49	0.07	13.7
室内 RSD (%)	2.15	2.47	1.02	0.89	2.55			
ASA-13	0.28	0.31	0.27	0.32	0.30	0.30	0.02	7.35
室内 RSD (%)	1.87	2.42	1.50	2.34	1.35			
ASA-14	4.43	4.48	4.45	4.51	4.41	4.45	0.04	0.88
室内 RSD (%)	0.17	1.87	0.34	0.95	1.29			
ASA-18a	5.68	5.64	5.84	5.66	5.26	5.61	0.21	3.82
室内 RSD (%)	0.40	1.42	0.42	0.58	1.59			

表 17-2 石灰性土壤样品交换性镁平均值及精密度汇总表

单位：cmol/kg

样品编号	实验室 01	实验室 02	实验室 03	实验室 04	实验室 05	实验室 间平均 值	实验室 间标准 偏差 SD	实验室 间 RSD (%)
B1	2.67	2.81	2.33	2.37	/	2.55	0.23	9.20
室内 RSD (%)	1.33	2.00	7.43	4.62	/			
B2	1.20	1.18	1.17	1.41	1.50	1.29	0.15	11.7
室内 RSD (%)	0.97	1.84	8.25	6.82	1.01			
B3	1.69	1.70	1.66	1.82	1.64	1.70	0.07	4.20
室内 RSD (%)	0.98	3.21	3.25	4.88	0.92			
B4	0.99	0.87	1.01	0.97	1.02	0.97	0.06	6.37
室内 RSD (%)	1.49	4.31	3.00	0.53	1.14			
B5	1.81	1.84	1.69	1.72	1.88	1.79	0.08	4.49
室内 RSD (%)	1.76	3.02	11.3	0.74	0.62			
ASA-15	1.46	1.69	1.48	1.44	1.48	1.51	0.10	6.83
室内 RSD (%)	0.93	0.24	5.32	0.44	2.22			
ASA-20a	2.29	2.23	2.46	2.41	2.20	2.32	0.11	4.93
室内 RSD (%)	2.49	0.46	1.24	1.50	0.85			
ASA-17	1.91	2.24	2.02	2.26	2.15	2.11	0.15	6.93
室内 RSD (%)	1.57	0.18	1.99	6.34	1.40			
ASA-19	1.01	1.09	0.99	1.06	1.03	1.03	0.04	3.72
室内 RSD (%)	0.98	0.48	1.88	2.65	2.33			

交换性钠精密度汇总结果如表 18-1、18-2 所示，酸性和中性土壤样品测定范围为 0.14~0.57cmol/kg，统计的室内相对标准偏差（RSD）范围为 1.44%~30.6%，室间相对标准偏差（RSD）范围为 7.45%~24.8%。石灰性土壤样品测定范围为 0.08~3.02cmol/kg，统计的室内相对标准偏差（RSD）范围为 0.00%~35.1%，室间相对标准偏差（RSD）范围为 15.3%~43.1%。

表 18-1 酸性和中性土壤样品交换性钠平均值及精密度汇总表

单位：cmol/kg

样品编号	实验室 01	实验室 02	实验室 03	实验室 04	实验室 05	实验室 间平均 值	实验室 间标准 偏差 SD	实验室间 RSD (%)
------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------------	---------------------	-----------------

A1	0.38	0.35	0.29	0.44	0.38	0.37	0.05	14.7
室内 RSD (%)	7.44	3.04	6.36	7.66	1.66			
A2	0.24	0.20	0.19	0.28	0.25	0.23	0.04	16.5
室内 RSD (%)	13.9	5.80	8.75	4.82	2.24			
A3	0.24	0.20	0.20	0.24	0.21	0.22	0.02	8.80
室内 RSD (%)	9.98	4.88	20.0	6.18	1.93			
A4	0.29	0.34	0.33	0.47	0.38	0.36	0.07	19.6
室内 RSD (%)	21.1	1.63	7.66	5.45	2.17			
A5	0.14	0.19	0.23	0.23	0.22	0.20	0.04	19.7
室内 RSD (%)	30.6	5.22	15.1	7.51	4.07			
ASA-5b	0.30	0.50	0.57	0.40	0.37	0.43	0.11	24.8
室内 RSD (%)	2.50	5.87	1.44	1.58	2.87			
ASA-13	0.18	0.34	0.36	0.28	0.36	0.30	0.07	24.5
室内 RSD (%)	5.63	3.72	2.36	3.91	1.76			
ASA-14	0.46	0.57	0.52	0.51	0.57	0.52	0.05	8.68
室内 RSD (%)	2.99	1.44	1.72	2.01	0.91			
ASA-18a	0.33	0.34	0.35	0.37	0.30	0.34	0.03	7.45
室内 RSD (%)	16.7	3.42	15.6	4.00	3.40			

表 18-2 石灰性土壤样品交换性钠平均值及精密度汇总表

单位: cmol/kg

样品编号	实验室 01	实验室 02	实验室 03	实验室 04	实验室 05	实验室 间平均 值	实验室 间标准 偏差 SD	实验室 间 RSD (%)
B1	0.34	0.42	0.31	0.39	0.52	0.40	0.08	21.0
室内 RSD (%)	7.49	3.86	8.80	1.94	1.22			
B2	0.14	0.19	0.08	0.15	/	0.14	0.04	32.9
室内 RSD (%)	35.1	12.7	13.5	5.07	/			
B3	0.12	0.17	0.09	0.15	0.22	0.15	0.05	34.1
室内 RSD (%)	8.37	0.00	6.44	4.22	1.84			
B4	0.08	0.17	0.12	0.15	0.25	0.15	0.06	41.1
室内 RSD (%)	30.0	2.98	18.0	5.96	0.00			
B5	/	0.23	0.11	0.14	0.29	0.19	0.08	43.1
室内 RSD (%)	/	2.21	17.9	5.31	0.00			
ASA-15	0.11	0.28	0.15	0.17	0.25	0.19	0.07	36.7
室内 RSD (%)	13.2	1.45	5.57	2.98	3.31			
ASA-20a	1.94	3.02	2.72	2.99	2.56	2.64	0.44	16.6
室内 RSD (%)	4.00	1.62	0.79	1.23	1.04			
ASA-17	0.26	0.33	0.26	0.37	0.33	0.31	0.05	15.3
室内 RSD (%)	5.96	2.45	4.47	2.82	0.00			



ASA-19	0.20	0.33	0.13	0.23	0.32	0.24	0.08	34.8
室内 RSD (%)	14.8	0.00	8.88	3.25	1.98			

交换性钾精密度汇总结果如表 19-1、19-2 所示，酸性和中性土壤样品测定范围为 0.18~1.25cmol/kg，统计的室内相对标准偏差（RSD）范围为 0.00%~5.80%，室间相对标准偏差（RSD）范围为 2.71%~14.2%。石灰性土壤样品测定范围为 0.40~1.52cmol/kg，统计的室内相对标准偏差（RSD）范围为 0.68%~12.5%，室间相对标准偏差（RSD）范围为 3.21%~32.1%。

表 19-1 酸性和中性土壤样品交换性钾平均值及精密度汇总表

单位：cmol/kg

样品编号	实验室 01	实验室 02	实验室 03	实验室 04	实验室 05	实验室 间平均 值	实验室 间标准 偏差 SD	实验室间 RSD (%)
A1	1.08	1.04	1.24	1.26	1.18	1.16	0.10	8.22
室内 RSD (%)	0.38	1.65	3.08	1.94	1.46			
A2	0.47	0.48	0.52	0.54	0.50	0.50	0.03	5.66
室内 RSD (%)	1.80	2.28	2.84	1.02	1.04			
A3	1.18	1.03	1.25	1.25	1.31	1.20	0.11	8.91
室内 RSD (%)	0.35	1.81	2.57	0.84	0.42			
A4	0.80	0.78	0.90	0.89	0.85	0.84	0.05	6.39
室内 RSD (%)	0.94	3.98	2.32	1.69	2.23			
A5	0.59	0.58	0.69	0.72	0.70	0.66	0.06	9.68
室内 RSD (%)	2.04	2.58	2.36	4.38	1.56			
ASA-5b	0.52	0.54	0.55	0.61	0.53	0.55	0.03	5.84
室内 RSD (%)	2.24	0.95	1.87	2.02	1.53			
ASA-13	0.18	0.23	0.20	0.20	0.26	0.21	0.03	14.2
室内 RSD (%)	4.62	5.12	5.80	0.00	2.15			
ASA-14	0.72	0.74	0.76	0.78	0.83	0.77	0.04	5.69
室内 RSD (%)	2.23	2.42	1.53	1.08	2.36			
ASA-18a	0.94	0.95	1.00	0.99	0.95	0.96	0.03	2.71
室内 RSD (%)	0.55	2.31	2.81	2.45	1.33			

表 19-2 石灰性土壤样品交换性钾平均值及精密度汇总表

单位：cmol/kg

样品编号	实验室 01	实验室 02	实验室 03	实验室 04	实验室 05	实验室 间平均 值	实验室 间标准 偏差 SD	实验室 间 RSD (%)
B1	1.06	1.09	0.84	1.10	1.52	1.12	0.24	21.8
室内 RSD (%)	1.83	4.07	8.35	3.64	0.69			
B2	0.81	0.81	0.68	0.84	1.42	0.91	0.29	32.1
室内 RSD (%)	12.5	3.73	11.0	1.59	0.93			
B3	1.18	1.25	1.11	1.24	1.35	1.23	0.09	7.47
室内 RSD (%)	0.89	1.85	2.95	1.02	0.98			
B4	0.95	1.04	0.93	1.02	1.34	1.05	0.16	15.5
室内 RSD (%)	2.77	2.90	0.68	0.80	0.77			
B5	/	0.44	0.39	0.53	0.70	0.51	0.14	26.8
室内 RSD (%)	/	1.70	11.9	0.98	1.28			
ASA-15	0.51	0.58	0.47	0.57	0.62	0.55	0.06	11.1
室内 RSD (%)	1.61	1.40	3.30	0.91	2.77			
ASA-20a	0.73	0.78	0.78	0.76	0.80	0.77	0.03	3.48
室内 RSD (%)	3.10	6.37	0.96	0.68	0.69			
ASA-17	0.75	0.87	0.76	0.79	0.82	0.80	0.05	5.93
室内 RSD (%)	6.71	1.59	3.33	1.30	1.48			
ASA-19	0.42	0.43	0.40	0.42	0.44	0.42	0.01	3.21
室内 RSD (%)	2.79	4.95	3.39	0.98	3.65			

综上分析，确定交换性盐基总量、交换性钙、交换性镁、交换性钾平行测定结果的相对相差不大于 10%，不同实验室测定的结果相对相差不大于 20%。交换性钠平行测定结果的相对相差不大于 30%，不同实验室测定的结果相对相差不大于 40%。

**（二）技术经济论证**

方法使用中，只涉及常规的试剂、器皿，方法简便、准确、快速，提高了检测工作效率，有良好的经济效益。

**（三）预期的经济效益、社会效益和生态效益**

检测精准度显著提升，检测效率大幅优化，检测安全性全面增强。中、酸性土壤新增 EDTA 络合滴定法与电感耦合等离子体发射光谱法，解决了原子吸收分光光度法需添加释放剂的操作繁琐问题；石灰性土壤前处理过程优化，消除乙醇干扰；电感耦合等离子体发射光谱法可同步检测多元素，

缩短检测周期，适配批量检测；降低实验室操作风险，实现检测精度、效率、安全性三重突破，具备良好的经济效益。

构建行业规范化标准，促进能力全面化提升。合并分散行业标准，确保标准对中、酸性、石灰性土壤类型检测全覆盖；兼顾不同层级机构需求，电感耦合等离子体发射光谱法实现高效检测，EDTA 络合滴定法保证传统检测，引导行业规范化运营，缩小区域技术差距，构建起“精准、高效、安全”的检测技术体系，推进检测行业全方位能力提升，具备良好的社会效益。

推动农业农村科技发展规划落地见效，保障国家土壤质量管控政策有效实施。标准修订工作积极响应《“十四五”全国农业农村科技发展规划》中土壤质量评估体系建设要求，通过技术创新与标准统一，促进检测数据共享利用，为土壤质量动态监测、耕地质量保护与提升提供科学依据，推动农业农村科技与产业深度融合，具备良好的生态效益。

#### **四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况**

无。

#### **五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因**

本次修定，未引用国际标准。

#### **六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系**

本标准编制过程中，遵从有关的现行法律、法规，无冲突。

#### **七、重大分歧意见的处理经过和依据**

无。

## 八、涉及专利的有关说明

本标准不涉及相关专利。

## 九、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议

本标准检测类标准，并不涉及有关国家安全、保护人体健康和人身财产安全、环境质量要求等有关强制性地方标准或强制性条文等的八项要求之一，因此建议作为推荐性行业标准发布实施。实施前应充足供应标准文本，使科研院所、大专院校和环保单位等标准的使用部门能及时获得标准文本，这是保证标准贯彻实施的基础。实施后，建议由农业农村部耕保中心，联合其他相关机构针对标准的使用对象，有重点地进行标准的培训和宣贯，同时提供技术咨询，以保证标准的贯彻执行。建议标准实施期为发布后 6 个月。

## 十、其他应予说明的事项

无。