



中华人民共和国国家标准

GB/T 42488—2023

土壤质量 土壤中无机态氮¹⁵N丰度的测定 稳定同位素比值质谱法

Soil quality—Determination of nitrogen-15 abundance of inorganic nitrogen in soil—
Stable isotope ratio mass spectrometry

2023-03-17 发布

2023-10-01 实施



国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号和缩略语 1

5 原理 2

6 试剂和材料 3

7 仪器与设备 4

8 分析步骤 4

9 计算 6

10 测定结果的精密度..... 6

11 质量保证和控制..... 7

附录 A（资料性） 样品制备装置(用于微量氮转化氧化亚氮的辅助装置)简介及分析步骤 8

参考文献..... 9

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

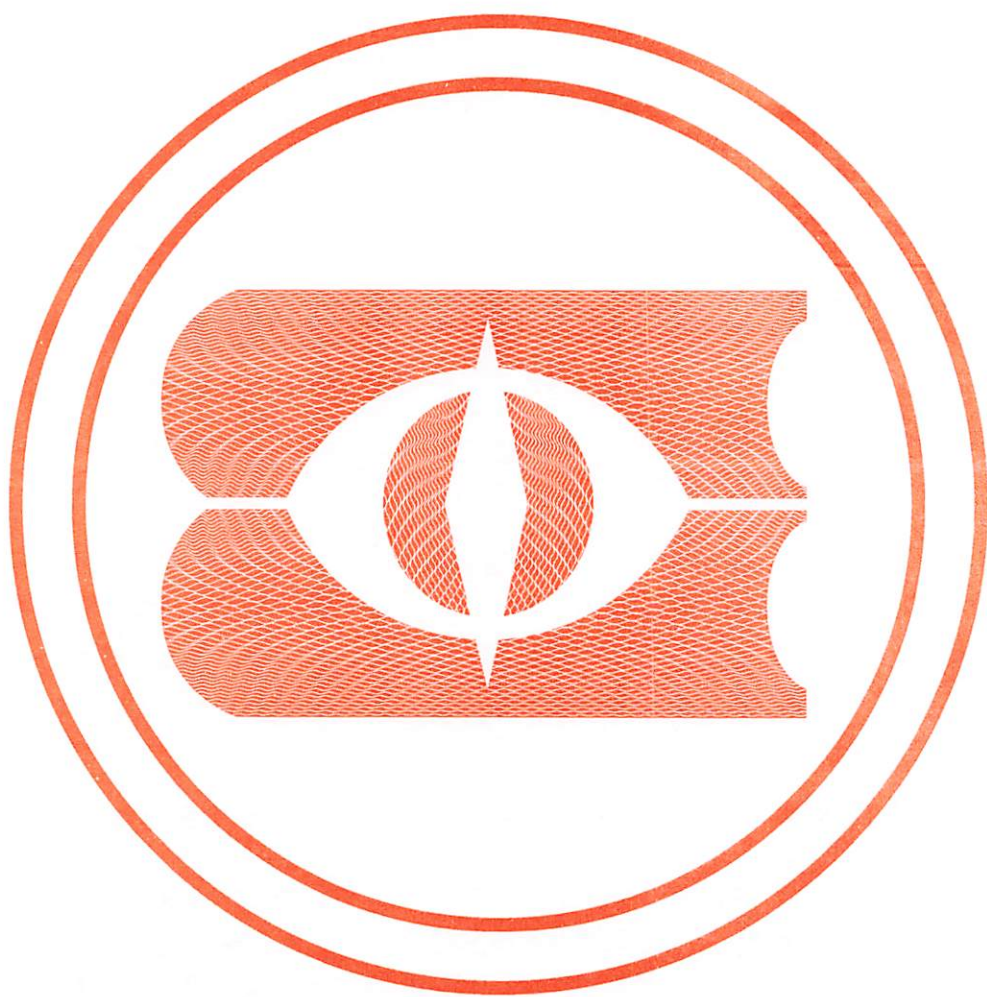
请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国农业农村部提出。

本文件由全国土壤质量标准化技术委员会(SAC/TC 404)归口。

本文件起草单位：中国科学院南京土壤研究所、中国科学院城市环境研究所、中国科学院亚热带农业生态研究所、南京师范大学、上海交通大学、北京科荟测试技术有限公司、江苏省质量和标准化研究院。

本文件主要起草人：曹亚澄、王曦、孙晓丽、张晗、袁红朝、温腾、张莉、杨禄、贺珍、张珮仪、杨帆、魏来、查明霞、侯月丽。



土壤质量 土壤中无机态氮¹⁵N 丰度的测定 稳定同位素比值质谱法

1 范围

本文件描述了使用微量气体预浓缩-同位素比值质谱联用仪(TGC-IRMS)测定土壤中三种无机态氮(铵态氮 NH_4^+ 、硝态氮 NO_3^- 和亚硝态氮 NO_2^-) ¹⁵N 丰度的方法。

本文件适用于¹⁵N 示踪试验($f_{15\text{N}} \leq 30\%$)后混合均匀的土壤。

本文件对土壤中铵态氮的定量限为 6 mg/kg,硝态氮的定量限为 3 mg/kg,亚硝态氮的定量限为 0.15 mg/kg。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 6379.2 测量方法与结果的准确度(正确度与精密度) 第2部分:确定标准测量方法重复性与再现性的基本方法

GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 37885 化学试剂 分类

ISO/TS 14256-1:2003 土壤质量 氯化钾溶液浸提测定新鲜土壤中的硝态氮、亚硝态氮和铵态氮 第1部分:手工分析法(Soil quality—Determination of nitrate, nitrite and ammonium in field-moist soils by extraction with potassium chloride solution—Part 1:Manual method)

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

$f_{15\text{N}}$: ¹⁵N 丰度, ¹⁵N 原子在氮元素总原子数中所占的百分比(%)。

IRMS:稳定同位素比值质谱仪(Isotope Ratio Mass Spectrometer)。

R_{45} :离子流强度比,质荷比(m/z)为 45 的离子流强度 I_{45} 与质荷比为 44 的离子流强度 I_{44} 之比(I_{45}/I_{44})。

TGC-IRMS:微量气体预浓缩-同位素比值质谱联用仪(Trace Gas Concentration-Isotope Ratio Mass Spectrometer)。

5 原理

5.1 测定原理

采用 1 mol/L 的氯化钾溶液浸提混合均匀的土壤样品,再通过氧化还原反应将土壤提取液中的铵态氮、硝态氮和亚硝态氮分别转化为氧化亚氮。利用 TGC-IRMS 测定氧化亚氮的¹⁵N 丰度,再利用换算公式计算铵态氮、硝态氮和亚硝态氮的¹⁵N 丰度。

5.2 铵态氮转化为氧化亚氮

土壤提取液中的铵态氮被加入的次溴酸盐氧化为羟胺,羟胺被继续氧化为亚硝酸盐。亚硝酸盐与羟胺结合,在铜离子催化下经脱水生成氮气和氧化亚氮。

5.3 硝态氮转化为氧化亚氮

土壤提取液中的硝态氮在 pH 为 4.7 的条件下被镀铜镉粒还原成氧化亚氮。

5.4 亚硝态氮转化为氧化亚氮

土壤提取液中的亚硝酸盐在 pH 低于 4 时与羟胺反应生成氧化亚氮。

5.5 转化反应的化学方程式

5.5.1 铵态氮: $4\text{NH}_4^+ + 7\text{BrO}^- + 4\text{OH}^- = \text{N}_2\text{O} + \text{N}_2 + 7\text{Br}^- + 10\text{H}_2\text{O}$ 。

5.5.2 硝态氮: $2\text{NO}_3^- + 4\text{Cd} + 10\text{H}^+ = \text{N}_2\text{O} + 4\text{Cd}^{2+} + 5\text{H}_2\text{O}$ 。

5.5.3 亚硝态氮: $\text{HNO}_2 + \text{NH}_2\text{OH} = \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

5.6 氧化亚氮气体中¹⁵N 丰度的质谱测定

将转化产生的气体注入 TGC-IRMS。气体中的氧化亚氮经 TGC 捕集纯化,随载气进入 IRMS 的离子源中,电离形成质荷比(m/z)为 44、45 和 46 的氧化亚氮分子离子。3 种质荷比的分子离子被不同位置的法拉第杯接收并转化为对应质量数的离子流强度。利用校正后的离子流强度比(R_{45})可得到氧化亚氮的氮同位素比值。

5.7 无机态氮¹⁵N 丰度与生成的氧化亚氮¹⁵N 丰度间关系

5.7.1 铵态氮¹⁵N 丰度与生成的氧化亚氮¹⁵N 丰度间关系见公式(1):

$$f^{15\text{N-NH}_4^+} = f^{15\text{N-N}_2\text{O}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$f^{15\text{N-NH}_4^+}$ —— 铵态氮的¹⁵N 丰度, %;

$f^{15\text{N-N}_2\text{O}}$ —— 由铵态氮转化的氧化亚氮的¹⁵N 丰度, %。

5.7.2 硝态氮¹⁵N 丰度与生成的氧化亚氮¹⁵N 丰度间关系见公式(2):

$$f^{15\text{N-NO}_3^-} = f^{15\text{N-N}_2\text{O}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$f^{15\text{N-NO}_3^-}$ —— 硝态氮的¹⁵N 丰度, %;

$f^{15\text{N-N}_2\text{O}}$ —— 由硝态氮转化的氧化亚氮的¹⁵N 丰度, %。

5.7.3 亚硝态氮¹⁵N 丰度与生成的氧化亚氮¹⁵N 丰度间关系见公式(3):

$$f^{15\text{N-NO}_2^-} = 2 \times f^{15\text{N-N}_2\text{O}} - 0.366 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$f^{15\text{N-NO}_2^-}$ ——亚硝态氮的 ^{15}N 丰度, %;

$f^{15\text{N-N}_2\text{O}}$ ——由亚硝态氮转化的氧化亚氮的 ^{15}N 丰度, %。

6 试剂和材料

除非另有说明,分析时均使用符合 GB/T 37885 的分析纯试剂。

6.1 试验用水:应符合 GB/T 6682 中二级水的要求。

6.2 氯化钾提取液 [$c(\text{KCl}) = 1 \text{ mol/L}$]:准确称取 74.55 g 氯化钾置于烧杯中,加入 800 mL 水溶解。溶解后转移到 1 000 mL 容量瓶中定容,摇匀。

6.3 硫酸溶液 [$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.005 \text{ mol/L}$]:在 1 000 mL 水中加入 0.3 mL 浓硫酸和 0.125 g 五水合硫酸铜,摇匀备用。

6.4 氧化镁(MgO):将氧化镁置于高温电炉中,在 $600\text{ }^\circ\text{C} \sim 700\text{ }^\circ\text{C}$ 温度下灼烧 2 h,再放置于干燥器中冷却,贮于试剂瓶中。

6.5 草酸溶液 [$c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 1 \text{ mol/L}$]:准确称取 9.004 g 草酸置于烧杯中,加入约 60 mL 水溶解。溶解后转移到 100 mL 容量瓶中定容,摇匀。

6.6 五水合硫酸铜($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)。

6.7 无灰级滤纸:直径 6 mm~7 mm 的滤纸片。

6.8 碱性次溴酸钾溶液。

碱性次溴酸钾溶液应按照以下流程配制:

a) 准确称取 33.40 g 溴酸钾和 119.00 g 溴化钾至 500 mL 烧杯中,加入一定量($<400 \text{ mL}$)水搅拌,充分溶解,转移并定容至 1 000 mL(溶液应避光保存在棕色试剂瓶中),此为溶液 A(溴化钾-溴酸钾贮备液);

b) 量取浓硫酸 54.3 mL,溶于 500 mL 水中,冷却后转移定容至 1 000 mL,此为溶液 B(1 mol/L 稀硫酸);

c) 准确称取 400.00 g 氢氧化钠,缓慢溶解于 800 mL 水中(边加边搅拌),冷却后定容至 1 000 mL(聚乙烯瓶保存,稳定过夜),此为溶液 C(10 mol/L 氢氧化钠溶液);

d) 将 200 mL 烧杯置于冰水浴中,量取 50 mL 溶液 A 至烧杯中,加入 25 mL 溶液 B,充分搅拌 20 s,再缓慢加入 25 mL 溶液 C,待溶液冷却后加入 40.00 g 氢氧化钠(分批次加入,需充分搅拌以防止体系局部过热)。配制该溶液需在通风橱内操作,配制过程宜避光,反应在冰水浴中完成。

6.9 氨基磺酸溶液 [$c(\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}) = 0.2 \text{ mol/L}$]:称取 1.94 g 氨基磺酸溶于 100 mL 水中,置于冰箱中 $4\text{ }^\circ\text{C}$ 冷藏保存。

6.10 醋酸-醋酸钠缓冲液 [$c(\text{CH}_3\text{COOH}-\text{CH}_3\text{COONa}) = 1 \text{ mol/L}$, $\text{pH} = 4.7$]:称取 41.00 g 醋酸钠溶于 500 mL 水中,再加入 30 mL 无水醋酸,混合均匀。

6.11 镀铜镉粒。

6.12 盐酸溶液 [$c(\text{HCl}) = 1 \text{ mol/L}$]:吸取 20 mL 浓盐酸溶于 220 mL 水中。

6.13 盐酸羟胺溶液 [$c(\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}) = 0.04 \text{ mol/L}$]:称取 0.556 g 盐酸羟胺溶于 200 mL 水中,该溶液应现配现用。

6.14 氦气(He):纯度(体积分数) $\geq 99.999\%$ 。

6.15 标准物质:IAEA-311。

6.16 氧化亚氮(N_2O)参比气体:纯度(体积分数) $\geq 99.999\%$ 。

7 仪器与设备

7.1 温控摇床:满足 $220\text{ r/min} \pm 20\text{ r/min}$ 的振荡频率和 $20\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$ 振幅的控温摇床。

7.2 离心机:离心力 $>3\ 000g$,配有 100 mL 聚乙烯离心管。

7.3 天平:感量分别为 0.01 g 、 0.001 g 和 $0.000\ 1\text{ g}$ 。

7.4 半微量蒸汽蒸馏器:全玻璃封闭型的半微量蒸汽蒸馏器。

7.5 TGC-IRMS;TGC 带有去除水与二氧化碳的化学阱,配备键合聚苯乙烯-二乙烯基苯色谱柱,色谱柱柱长不小于 30 m ,内径 0.32 mm ;IRMS 带有万用三杯,连续流模式,分析内精度优于 0.06% 。

7.6 气密注射器:容积 20 mL ,带气锁。

8 分析步骤

8.1 土壤提取液的制备

新鲜土壤样品的处理和贮存,按照 ISO/TS 14256-1:2003 中第 5 章规定的方法和要求进行。

土壤提取液的制备和贮存,按照 ISO/TS 14256-1:2003 中 6.1 规定的方法和要求进行。

8.2 无机态氮的转化

8.2.1 无机态氮的转化方法

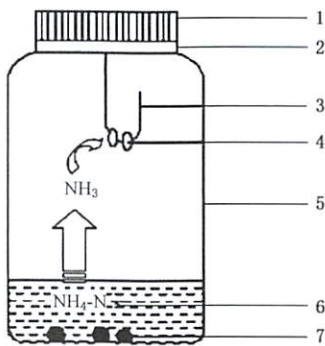
采用化学转化法(8.2.2~8.2.4)或通过样品转化装置将土壤提取液中的无机态氮转化为氧化亚氮。样品制备装置简介及其分析步骤说明见附录 A。

8.2.2 土壤提取液中铵态氮样品的制备

8.2.2.1 铵态氮的分离

土壤提取液中铵态氮的分离应按照蒸馏法(方法一)或微扩散法(方法二)规定的流程进行。

- a) 蒸馏法(方法一):吸取 $15\text{ mL} \sim 20\text{ mL}$ (含 $20\text{ }\mu\text{g}$ 铵态氮)的土壤提取液,置于半微量蒸汽蒸馏器(7.4)中,加入 0.2 g 氧化镁(6.4)后立即进行蒸汽蒸馏。用 5 mL 的硫酸溶液(6.3)吸收。蒸汽蒸馏 5 min ,然后浓缩馏出液至 $2\text{ mL} \sim 3\text{ mL}$ 。转移浓缩液至 50 mL 的反应瓶中,于 $90\text{ }^\circ\text{C}$ 下继续浓缩至干,并加盖密封,待测定。
- b) 微扩散法(方法二):如图 1 所示,将回形针做成钩状,穿过并固定在硅胶片上,再将硅胶片固定于蓝盖瓶瓶盖上。用镊子将直径为 $6\text{ mm} \sim 7\text{ mm}$ 的无灰级滤纸(6.7)穿在回形针挂钩上,每个挂钩悬挂 2 片滤纸片。在蓝盖瓶内预先放入 3 颗玻璃珠。对于氮质量浓度为 2 mg/L 以上的土壤提取液样品,移取 20 mL 样品于 250 mL 的蓝盖瓶中;而对于氮质量浓度低于 2 mg/L 的样品,则需移取 50 mL 样品溶液。先用 $10\text{ }\mu\text{L}$ 的移液枪在每片无灰级滤纸(6.7)上均匀滴加 $10\text{ }\mu\text{L}$ 草酸溶液(6.5),再向样品溶液中加入 $0.1\text{ g} \sim 0.3\text{ g}$ 的氧化镁(6.4),迅速旋紧瓶盖,将蓝盖瓶置于温控摇床(7.1)内,在 $25\text{ }^\circ\text{C} \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下以 $140\text{ r/min} \pm 10\text{ r/min}$ 的转速振荡 24 h 。摇动培养结束后,用镊子小心取出滤纸,放入洁净的 50 mL 反应瓶中,加入 2 mg 五水合硫酸铜(6.6)并压紧瓶盖密封,待测定。



标引序号说明：

- 1——蓝盖瓶瓶盖；
- 2——橡胶垫圈；
- 3——回形针；
- 4——加酸滤纸；
- 5——蓝盖瓶；
- 6——无机氮样品；
- 7——玻璃珠。

图1 扩散法反应体系示意图

8.2.2.2 铵态氮的转化

将含有样品的反应瓶抽真空，并注入 45 mL 的氦气(6.14)，然后向瓶中注入 1 mL 的碱性次溴酸钾溶液(6.8)，充分摇匀，反应 5 min。反应产生的氧化亚氮样品气体待测定。

8.2.3 土壤提取液中硝态氮样品的制备

将 20 mL~25 mL 的土壤提取液移入 150 mL 硬质三角瓶中，加入 2.5 mL 的氨基磺酸溶液(6.9)，加盖后，置于温控摇床(7.1)上振荡 5 min，以去除土壤提取液中含有的亚硝酸盐。在一个 50 mL 的反应瓶中，加入 50.0 mg 镀铜镉粒(6.11)和 5 mL 醋酸-醋酸钠缓冲液(6.10)，压紧瓶盖，抽真空，注入 25 mL~30 mL 的氦气(6.14)。再向反应瓶中注入 15 mL~20 mL(含 10 μg 硝态氮)去除亚硝酸盐后的土壤提取液。将反应瓶置于温控摇床(7.1)中，在 25 $^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 条件下以 120 r/min $\pm$ 10 r/min 的转速振荡 24 h。反应产生的氧化亚氮样品气体待测定。

8.2.4 土壤提取液中亚硝态氮样品的制备

吸取 10 mL~25 mL(含 0.5 μg ~1 μg 的亚硝态氮)的土壤提取液置于 50 mL 反应瓶中，压紧瓶盖，抽真空，注入 20 mL~35 mL 的氦气(6.14)，再向反应瓶中注入 1 mL 盐酸溶液(6.12)和 0.5 mL 盐酸羟胺溶液(6.13)。将反应瓶置于温控摇床(7.1)中，在 37 $^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 条件下以 120 r/min $\pm$ 10 r/min 的转速振荡 16 h。反应产生的氧化亚氮样品气体待测定。

8.3 氧化亚氮气体样品中¹⁵N 丰度的质谱测定

8.3.1 TGC 参考测定条件

TGC 参数可按仪器说明书或参考如下条件设定：

- a) 捕集时间：700 s；
- b) 捕集流速：25 mL/min；

- c) 浓缩时间:300 s;
- d) 浓缩流速:1.2 mL/min。

8.3.2 仪器准备

8.3.2.1 TGC-IRMS 稳定性检查:连续测定 10 次氧化亚氮参比气体(6.16),测定得到的同位素比值的标准偏差应 $\leq 0.06\%$ 。

8.3.2.2 TGC-IRMS 线性检查:连续测定 10 次氧化亚氮参比气体(6.16),分为 5 种样品量梯度,每个梯度测定 2 次,线性系数应 $\leq 0.06\%/V$ (或 $0.06\%/nA$)。

8.3.3 样品分析

使用带锁定阀的气密注射器(7.6)从反应瓶中抽取出 1 mL~3 mL(视氧化亚氮浓度而定)的样品气体,注入 TGC-IRMS(7.5)并在连续流状态下测定氧化亚氮的 ^{15}N 丰度。

9 计算

9.1 富集同位素样品的稳定同位素组成均以原子百分数(%)表示,样品中 ^{15}N 丰度按公式(4)计算:

$$f^{15}N = \frac{X^{15}N}{X^{15}N + X^{14}N} \times 100 \dots\dots\dots (4)$$

式中:
 $f^{15}N$ ——样品中 ^{15}N 丰度,%;
 $X^{15}N$ ——样品中 ^{15}N 的原子数;
 $X^{14}N$ ——样品中 ^{14}N 的原子数。

9.2 利用校正后的离子流强度比(R_{45})计算得到氧化亚氮的 ^{15}N 丰度,按公式(5)计算:

$$f^{15}N-N_2O = \frac{R_{45}}{R_{45} + 2} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

式中:
 $f^{15}N-N_2O$ ——氧化亚氮的 ^{15}N 丰度,%;
 R_{45} ——校正后的离子流强度比(I_{45}/I_{44})。

- 注 1: 土壤中铵态氮的 ^{15}N 丰度通过转化成的氧化亚氮的 ^{15}N 丰度计算得到,按公式(1)计算。
- 注 2: 土壤中硝态氮的 ^{15}N 丰度通过转化成的氧化亚氮的 ^{15}N 丰度计算得到,按公式(2)计算。
- 注 3: 土壤中亚硝态氮的 ^{15}N 丰度通过转化成的氧化亚氮的 ^{15}N 丰度计算得到,按公式(3)计算。
- 注 4: 计算结果保留三位有效数字。

10 测定结果的精密度

10.1 精密度的计算

数据的精密度按照 GB/T 6379.2 的规定确定,重复性和再现性的值以 95%置信限计算。

10.2 重复性

在重复性条件下,获得的两次独立测试结果的绝对差值不超过重复性限(r)。本文件三个参数的重复性限(r)见表 1。

如果差值超过重复性限(r),应当舍弃本次试验结果并重新完成两次单个试验的测定。

10.3 再现性

在再现性条件下,获得的两次独立测试结果的绝对差值不超过再现性限(R)。本文件三个参数的再现性限(R)见表 1。

表 1 三种无机态氮的重复性限(r)和再现性限(R)

氮形态	NH_4^+	NO_3^-	NO_2^-
$r/\%$	0.020	0.037	0.081
$R/\%$	0.117	0.096	0.160

11 质量保证和控制

11.1 空白试验

每批测试样品应带 2 个空白试验样品。应采用与样品同一批次的氯化钾提取液进行空白试验,空白试验与测试平行进行,并采取相同的试验步骤,加入同量的所有试剂。空白试验样品产生的质荷比(m/z)44 的峰值应低于 100 mV(或 100 nA)。

11.2 平行试验

每批样品测试时应包含样品总数 5%的平行样品。平行样品的测定结果应满足第 10 章的规定。

11.3 质控试验

采用质量平衡法,以已知¹⁵N 丰度的含氮化合物配制成梯度¹⁵N 丰度的工作标准溶液,采用多点(>3)线性拟合的标准曲线进行校正时,应满足 $R^2 \geq 0.999$ 。每批样品测定中,应插入含已知¹⁵N 丰度含氮化合物的氯化钾溶液,测定结果应满足第 10 章的规定。

附录 A

(资料性)

样品制备装置(用于微量氮转化氧化亚氮的辅助装置)简介及分析步骤

A.1 样品制备装置简介

目前已有可自动将微量氮转化成氧化亚氮的样品制备装置。它包括自动进样器、160 位气体样品盘(与 10 mL 反应瓶匹配)、自动气体抽真空与清洗系统、自动气体注入系统、自动加液系统以及控制系统等。

A.2 铵态氮的测定

吸取蒸馏的馏出液 1 mL 转移至 10 mL 反应瓶中,于 90 °C 下继续浓缩至干,或者封上带有透气孔的瓶盖于 -80 °C 超低温冰箱中预冻 10 h 后在冷冻干燥机上冷冻干燥 24 h。取出反应瓶盖上密封瓶盖,转移至样品制备装置的样品盘上,选择并运行抽真空程序。完成抽真空后,再将功能通道旋转至自动加液模式,加入 1 mL 的碱性次溴酸钾溶液(6.8),生成氧化亚氮气体,等待 1 min~2 min,待反应完全后,将装置的功能通道旋转至注气程序,注入 10 mL~15 mL 的氮气,即可将瓶中的氧化亚氮气体直接用带自动进样器的 TGC-IRMS(7.5)进行测定。

A.3 硝态氮的测定

吸取 1 mL 样品溶液于 10 mL 反应瓶中,盖上密封瓶盖,转移至自动样品制备装置的样品盘上,将装置功能通道旋转至自动加液模式,加入 0.5 mL 氨基磺酸溶液(6.9),取出反应瓶振荡 5 min,使所含的亚硝态氮全部转化成氮气,打开瓶盖向反应瓶中加入 50 mg 镀铜镉粒(6.11),盖上密封瓶盖,放置于样品制备装置的样品盘上,将装置的功能通道旋转至抽真空模式。在完成抽真空后,功能通道再旋转至自动加液模式,加入 1.0 mL 醋酸-醋酸钠缓冲液(6.10)。完成试剂加入后,将装置的功能通道旋转至注气模式,注入氮气,随后将反应瓶放入温控摇床中,在 25 °C ± 5 °C 条件下以 120 r/min ± 10 r/min 的转速振荡 24 h,反应生成氧化亚氮。样品中的 ¹⁵N 丰度可直接用带自动进样器的 TGC-IRMS(7.5)测定。

A.4 亚硝态氮的测定

吸取 1 mL 样品溶液于 10 mL 反应瓶中,盖上密封瓶盖,转移至样品制备装置的样品盘上,依次完成抽真空、加入 1 mL 盐酸溶液(6.12)和 0.5 mL 盐酸羟胺溶液(6.13)和注气过程(同 A.2),完成后将反应瓶放入温控摇床中,在 37 °C ± 1 °C 条件下以 120 r/min ± 10 r/min 的转速振荡 16 h,反应生成氧化亚氮。样品中的 ¹⁵N 丰度可直接用带预浓缩装置的 TGC-IRMS(7.5)测定。

参 考 文 献

- [1] GB/T 20622—2006 稳定性同位素¹⁵N 无机标记化合物
 - [2] JJF 1158—2006 稳定同位素气体质谱仪校准规范
 - [3] JJF 1508—2015 同位素丰度测量基准方法
 - [4] DZ/T 0130.8—2006 地质矿产实验室测试质量管理规范 第8部分：同位素地质样品分析
 - [5] 曹亚澄等.稳定同位素示踪技术与质谱分析[M].北京：科学出版社，2018
 - [6] 曹亚澄等.气体同位素质谱分析 300 问[M].北京：科学出版社，2020
 - [7] 曹亚澄，孙国庆，韩勇，等.大气浓度下 N₂O、CH₄ 和 CO₂ 中氮、碳和氧同位素比值的质谱测定[J].土壤学报，2008，45(2)：249-258
 - [8] 曹亚澄，钟明，龚华，等.N₂O 产生法测定土壤无机态氮¹⁵N 丰度[J].土壤学报，2013，50(1)：113-119
 - [9] 袁红朝，贺珍，王久荣，等.土壤硝酸盐中¹⁵N 同位素测定前处理自动化辅助装置设计和验证[J].同位素，2020，33(1)：38-45
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
土壤质量 土壤中无机态氮¹⁵N丰度的测定
稳定同位素比值质谱法
GB/T 42488—2023

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)
网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

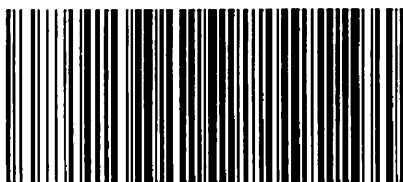
*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 29 千字
2023年3月第一版 2023年3月第一次印刷

*

书号: 155066·1-72381 定价 26.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 42488—2023



码上扫一扫 正版服务到