

## 土壤剖面硝态氮含量的快速测试方法

崔振岭<sup>1</sup> 徐久飞<sup>2</sup> 石立委<sup>2</sup> 陈新平<sup>1</sup> 张福锁<sup>1</sup> 李俊良<sup>2</sup>

(1. 中国农业大学 资源与环境学院,北京 100094; 2. 莱阳农学院 农学系,山东 莱阳 265200)

**摘要** 为缩短分析时间提高时效,建立了田间条件下土壤剖面硝态氮含量测定的方法,主要包括 1:1 土水质量比快速浸提土壤硝态氮,Merck 反射仪进行浸提液硝态氮快速定量及酒精灼烧法快速测定土壤水分,根据土壤容重换算土壤硝态氮含量。将该方法与实验室常规的 0.01 mol/L CaCl<sub>2</sub> 溶液 1:10 土水质量比浸提、连续流动分析法比较,结果表明,田间快速法与实验室常规法测定的土壤硝态氮含量具有极显著的相关性,2 种方法测定表土层(0~30 cm)和底土层(30~90 cm)土壤硝态氮质量分数(mg/kg N)的相关系数分别为 0.96 和 0.92,按不同层次土壤容重换算表土层和底土层土壤硝态氮含量(kg/hm<sup>2</sup> N)的相关系数为 0.93 和 0.92。

**关键词** 硝酸盐试纸;反射仪;连续流动分析;土壤硝态氮;土壤含水量

中图分类号 S 152

文章编号 1007-4333(2005)01-0010-03

文献标识码 A

## Field quick testing method of soil nitrate

Cui Zhenling<sup>1</sup>, Xu Jiufei<sup>2</sup>, Shi Liwei<sup>2</sup>, Chen Xinping<sup>1</sup>, Zhang Fusuo<sup>1</sup>, Li Junliang<sup>2</sup>

(1. College of Resource and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2. Department of Agronomy, College of Agronomy in Laiyang, Laiyang 265200, China)

**Abstract** It was difficult to use soil nitrate content in N fertilization recommendation because of long time of routine laboratory analysis. A quick method for analyzing soil nitrate content in field was developed. In this method, soil nitrate was extracted with distilled water (1:1 of soil to distilled water). Nitrate concentration was measured by Merck Reflectance meter. Soil water content was measured by alcohol burning method. Nitrate concentration was also measured by routine method of 0.01 mol/L CaCl<sub>2</sub> (1:10 of soil to CaCl<sub>2</sub> solution) with continuous flow analysis (CFA). Soil water content was measured by oven drying method. A significant correlation was found between the soil nitrate concentration (mg/kg N) measured by the quick and the routine methods. The correlation coefficients in topsoil (0-30 cm) and subsoil (30-60 cm and 60-90 cm) were 0.96 and 0.92 respectively. The correlation coefficient of the soil nitrate content (kg/hm<sup>2</sup> N) in topsoil and subsoil were 0.93 and 0.92 respectively. The coefficient of variation were 0-8 mg/hm<sup>2</sup> and 0-18 mg/hm<sup>2</sup> N respectively.

**Key words** nitrate-test strip; reflectance (Merck); continuous flow analysis (CFA); soil nitrate content; water content

越来越多的调查表明,华北平原冬小麦/夏玉米轮作体系中氮肥投入过量的问题十分突出,不仅造成资源浪费,还污染环境<sup>[1-2]</sup>。我国目前的一些推荐施氮技术由于过于复杂或要求进行实验室常规分析,限制了其大面积推广应用<sup>[3]</sup>。如何快速准确地获得表征土壤供氮能力的指标是推荐施氮技术的关

键。长期以来,我国的测土施氮技术一般将碱解氮含量作为表征土壤供氮能力的指标,然而目前的研究表明,碱解氮含量在田间条件下不能准确地表征土壤供氮能力<sup>[4]</sup>。近年来,欧美广泛采用土壤剖面无机氮(N<sub>min</sub>)含量作为推荐施氮的诊断指标,并认为该方法在淋溶不很强烈、施氮量较高的地区尤其

收稿日期:2004-07-02

基金项目:国家十五攻关重大专项(2002BA516A02);国家自然科学基金资助项目(30390084,30270772);农业部 948 重大国际合作项目(2003-Z53)

作者简介:崔振岭,博士研究生;陈新平,教授,通讯作者,主要从事养分资源管理的研究。

适宜<sup>[5]</sup>。国内很多研究也证明土壤  $N_{\min}$  含量可以有效地表征土壤的供氮能力,可作为推荐施氮的指标<sup>[6-8]</sup>;然而,土壤样品实验室常规测试的烦琐和时间过长等问题限制了土壤  $N_{\min}$ 法从试验研究走向田间应用。美国应用土壤硝态氮速测箱(N-Kit)对土壤硝态氮含量进行田间快速测试,以代替利用土壤  $N_{\min}$ 含量进行土壤氮素诊断,很好地解决了这一难题<sup>[9]</sup>。我国华北地区为典型的旱作区,施入土壤中的氮肥能在短时间内迅速硝化为土壤硝态氮<sup>[10-11]</sup>,土壤硝态氮是土壤无机氮的主要组份;然而目前常规实验室分析土壤硝态氮耗时较长,难以达到氮肥推荐对时效的要求<sup>[12]</sup>。德国默克公司生产的硝酸盐试纸主要利用 Griess 重氮偶合反应测定溶液中硝酸盐含量<sup>[13]</sup>,该方法引入我国后主要用于作物汁液和水质硝酸盐的测定,用于土壤硝态氮的测定还缺乏研究。本研究提出以 1:1 水土质量比快速浸提土壤硝态氮,以 Merck 反射仪进行浸提液快速定量,以酒精灼烧法快速测定土壤水分的土壤剖面硝态氮快速测试新方法(下简称田间快速法),并以实验室常规分析测试土壤硝态氮的方法<sup>[14]</sup>(0.01 mol/L  $CaCl_2$  溶液浸提-连续流动分析仪测定)作为对照,对田间快速法应用可行性进行研究。

## 1 材料与方 法

### 1.1 土壤样品的采集

试验于 2002—2003 年在山东省滨州市惠民县进行,土壤以壤质潮土和砂质潮土为主。每点按 X 型用土钻取 5 钻,取后立即放入封口袋中,取样深度根据作物根系有效吸收层次分 0~30,30~60 和 60~90 cm,共 3 层。本研究采集 0~30 cm 土样 21 个点,0~60 cm(分 2 层)土样 11 个点,0~90 cm(分 3 层)土样 25 个点,不同层次的土壤样品共计 118 个。

### 1.2 田间快速法测定土壤硝态氮含量

将 50 g 新鲜土样和 50 mL 去离子水放入封口袋中,手工摇动 2 min,静置 1 min 后再摇动 2 min。过滤后通过硝酸盐试纸显色和便携式 16970 型反射仪(默克公司制造,德国)测定滤液中硝酸盐( $NO_3^-$ )含量。该试纸条的测试范围为 3~90 mg/L,如超过测试范围,应稀释后再进行测定。另称取 20~30 g 新鲜土样放入铝盒,酒精灼烧 2~3 次,每次酒精浸过土壤。将燃烧过的土壤质量作为干土质量,计算土壤水分含量<sup>[15]</sup>。通过滤液硝酸盐的质量浓度(mg/L)和土壤水分含量换算得到土壤硝态氮质量

分数(mg/kg)。在田间快速测试时不可能实地测定土壤容重,只能根据不同土壤层次估计其容重,故本研究按华北耕地不同层次土壤容重范围采用平均值换算土壤硝态氮含量( $kg/hm^2$ )。一般耕地表层(0~30 cm)土壤容重为 1.05~1.35  $g/cm^3$ ,本研究采用 1.20  $g/cm^3$ ;一般耕地底层(30~90 cm)土壤容重为 1.35~1.8  $g/cm^3$ <sup>[16]</sup>,本研究采用 1.46  $g/cm^3$ 。

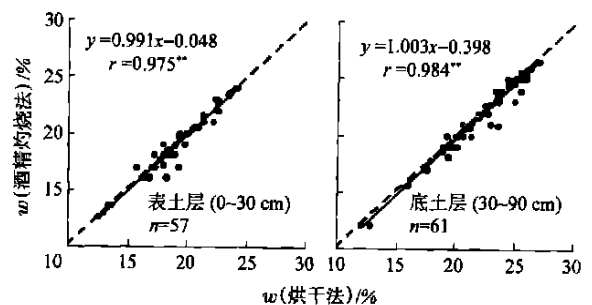
### 1.3 实验室常规法测定土壤硝态氮含量

实验室内称取上述土壤样品 12 g,加入 0.01 mol/L  $CaCl_2$  溶液 100 mL,振荡 60 min,过滤后连续流动分析(TRAAS-2000/CFA,德国)测定土壤硝态氮含量<sup>[13]</sup>。另称取 20~30 g 土壤样品放入铝盒 105 烘干至恒重,测定土壤含水率。根据滤液硝态氮质量浓度和土壤含水率换算得到土壤硝态氮质量分数。实验室常规测定的土壤容重一般来自实测数据,为使本研究结果不仅局限于研究地区,而能代表整个华北地区,根据华北地区不同层次土壤容重的变化范围,由计算机随机产生土壤容重换算土壤硝态氮含量,即表层和表层以下土壤分别采用 1.05~1.35  $g/cm^3$  和 1.35~1.80  $g/cm^3$  之间随机的土壤容重。

## 2 结果分析

### 2.1 酒精灼烧法与烘干法测定的土壤含水率

酒精灼烧法与烘干法测定土壤含水率的相关性分析表明,无论是表土层还是底土层,2 种方法测定的土壤含水率都达到极显著相关,相关系数分别为 0.975 和 0.984。2 种方法拟合曲线的一次项系数接近 1,常数项值极小,说明 2 种方法测定的土壤含水率不仅具有高的相关性,而且系统误差极低(图 1)。

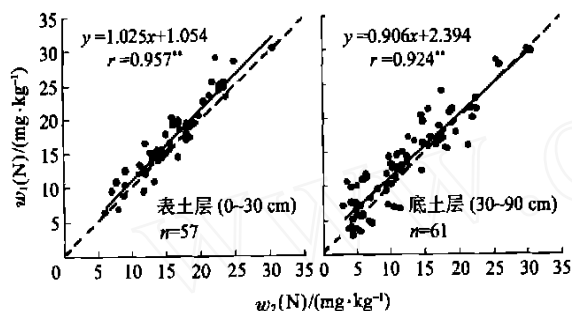


\*\*表示  $P < 0.01$ ;  $n$  为样本数,下同。

图 1 酒精灼烧法与烘干法测定土壤水分含量的比较  
Fig. 1 Comparison of water contents measured by alcohol burning and oven drying methods

## 2.2 田间快速法与实验室常规法测定土壤硝态氮质量分数

田间快速法和实验室常规法测定的土壤硝态氮质量分数相关性分析表明,无论是表土层还是底土层,2种方法的测定结果都具有极显著的相关性,相关系数分别为0.957和0.924(图2)。



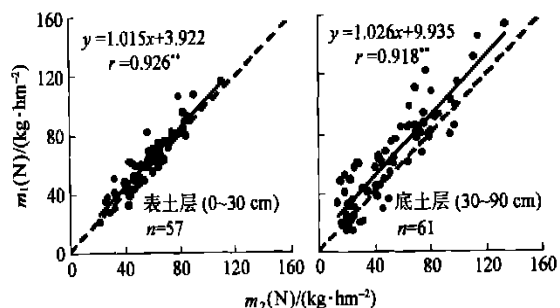
$w_1(N)$ 和 $w_2(N)$ 分别为田间快速法和实验室常规法得到的土壤硝态氮质量分数

图2 田间快速法与实验室常规法测定土壤硝态氮质量分数

Fig. 2 Comparison of soil nitrate concentrations measured by the quick and routine laboratory methods

## 2.3 田间快速法与实验室常规法测定土壤硝态氮含量

田间快速法和实验室常规法测定土壤剖面硝态氮含量相关性分析结果表明,无论是表土层还是底土层,2种测试方法均达到极显著性相关,相关系数分别为0.926和0.918(图3)。



$m_1(N)$ 和 $m_2(N)$ 分别为田间快速法和实验室常规法得到的土壤剖面硝态氮含量

图3 田间快速法与实验室常规法测定土壤硝态氮含量

Fig. 3 Comparison of soil nitrate content determined by the quick and laboratory methods

## 3 讨论

烘干法是测定土壤含水率的标准方法,也是与其他方法对比的基础<sup>[12]</sup>;酒精灼烧法主要利用酒精

在土中燃烧,使水分蒸发后快速测定土壤含水率<sup>[15]</sup>。本文结果表明,由于我国华北地区大田土壤有机质普遍偏低,土样中有机质的燃烧对土壤含水率的测定结果影响较小,因此酒精灼烧法可以应用于华北平原大田土壤水分的快速测定。硝态氮在土壤中以负离子形式存在,在多数条件下不被土壤胶体所吸附,易溶于水,用水即可浸提,故本研究2种浸提方法对硝态氮含量的影响均不大。田间快速法的测定精度可达到1 mg/L,且具有干扰物少,测试结果灵敏度高和重现性好等特点<sup>[14]</sup>;因此田间快速法与实验室常规法测定的土壤硝态氮含量不仅具有很好的相关性,而且方法间的差异很小,完全满足氮肥推荐对测试精度的要求。与传统的实验室常规测定方法相比,本文建立的田间快速测试硝态氮的方法的最大优点在于简便快速,分析费用低廉,不需要专门的技术人员。此外,田间快速法在田间完成分析测定更容易使农民接受,具有较高的展示度,可有效地提高技术推广示范的效率和可信度;因此,田间快速测定土壤硝态氮含量的方法可应用于华北平原大田作物的氮肥推荐中。

## 参 考 文 献

- [1] 高旺盛,黄进勇,吴大付,等. 黄淮海平原典型集约农区地下水硝酸盐污染初探[J]. 生态农业研究, 1997(4): 41 - 43
- [2] 赵久然. 北京郊区作物产量和氮肥施用的调查与分析[J]. 北京农业科学. 1997, 15: 36 - 38
- [3] 陈新平,周金池,王兴仁,等. 应用土壤无机氮测试进行冬小麦氮肥推荐的研究[J]. 土壤肥料, 1997(5): 19 - 21
- [4] 朱兆良. 土壤氮素的矿化和土壤氮素有效指标[A]. 见:朱兆良,文启孝主编. 中国土壤氮素[C]. 南京:江苏科技出版社, 1992: 37 - 59
- [5] Greenland D J. Predication of nitrogen fertilizer needs of arable crops [A]. In: Tinker B and Lauchli eds. Advances in Plant Nutrition [C]. New York: Praeger Publisher, 1986(2): 1 - 65
- [6] 陈新平,李志宏,王兴仁,等. 土壤、植株快速测试推荐施肥技术体系的建立与应用[J]. 土壤肥料, 1999(2): 6 - 10
- [7] 邵则瑶. 作物根层(0~100 cm)土壤剖面无机氮研究报告之二:  $N_{min}$ 含量与小麦产量的关系[J]. 北京农业大学学报, 1989, 15(3): 285 - 290

(下转第25页)

- 418
- [2] Kimball B A, 朱建国, 程磊, 等. 开放系统中农作物对空气 CO<sub>2</sub> 浓度增加的响应[J]. 应用生态学报, 2002, 13(10): 1323 - 1338
- [3] 杨学举. 我国小麦品质改良的主攻目标及途径分析[J]. 国外农学—麦类作物, 1995, (5): 45 - 46
- [4] 张宝军, 蒋纪芸. 小麦籽粒品质及其影响因素分析[J]. 国外农学—麦类作物, 1995, (4): 29 - 32
- [5] 金善宝. 中国小麦学[M]. 北京: 农业出版社, 1996. 157 - 177
- [6] Delucia E H, Hamilton J G, Naidu S L, et al. Net primary production of a forest ecosystem with experimental CO<sub>2</sub> enrichment[J]. Science, 1999, 284: 1177 - 1179
- [7] Kimball B A. Carbon dioxide and agricultural yield: An assemblage and analysis of 430 prior observations[J]. Agron J, 1983, 75: 779 - 788
- [8] 王春乙, 郭建平, 崔读昌, 等. CO<sub>2</sub> 浓度增加对小麦和玉米品质影响的实验研究[J]. 作物学报. 2000, 26(6): 931 - 936
- [9] 王修兰, 徐师华. 二氧化碳气候变化与农业[M]. 北京: 气象出版社, 1996. 13 - 21.
- [10] 王宪泽, 张树芹, 田纪春, 等. 喷洒亚硫酸钠对小麦籽粒产量和蛋白质含量的影响[J]. 中国农业科学, 2002, 35(3): 277 - 281
- [11] 林伟宏. 植物光合作用对大气 CO<sub>2</sub> 浓度升高的反应[J]. 生态学报, 1998, 18(5): 529 - 535
- [12] 赵广才. 冬小麦籽粒发育中蛋白质和氨基酸含量的变化及喷氮效应的研究[J]. 中国农业科学, 1989, 22(5): 25 - 34
- [13] Kimball B A, Morris C F, Pinter Jr P J, et al. Wheat grain quality as affected by elevated CO<sub>2</sub>, drought, and soil nitrogen[J]. New Phytologist, 2001, 150: 295 - 303
- [14] Prior S A, Torbert H A, Runion G B, et al. Effects of carbon dioxide enrichment on cotton nutrient dynamics[J]. J plant Nutrit, 1998, 21: 1407 - 1426

## (上接第 12 页)

- [8] Chen Xinping, Zhou J C, Wang X R, et al. Optimal rates of Nitrogen fertilization for a winter wheat-corn cropping system in Northern China [J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2004, 35(3): 583 - 597
- [9] 陈新平, 张福锁. 美国玉米带的推荐施肥技术[J]. 土壤肥料, 1997(3): 45 - 47
- [10] 同延安, 张文孝, 韩稳社, 等. 不同氮肥种类在黄土及黄绵土中的转化[J]. 土壤通报, 1994, 25(3): 107 - 108
- [11] 巨晓棠, 刘学军, 张福锁. 冬小麦/夏玉米轮作中 NO<sub>3</sub>-N 在土壤剖面的累积及移动[J]. 土壤学报, 2003, 40(4): 538 - 546
- [12] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 南京: 中国农业科技出版社, 2000: 150 - 160
- [13] 王晶. 硝酸盐快速测试方法(试粉和试纸)的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 1999
- [14] 宋建国, 王晶, 林杉. 用连续流动分析仪测定土壤微生物态氮的方法研究[J]. 植物营养与肥料学报. 1999, 5(3): 282 - 287
- [15] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室. 土壤物理性质测定法[M]. 北京: 科学出版社, 1978: 102
- [16] 朱祖祥. 土壤学[M]. 北京: 农业出版社, 1982: 80