

不同前处理条件对土壤 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量影响的研究

赵瑞芬,于志勇,程滨,张强

(山西省农业科学院土壤肥料研究所,山西省土壤环境与养分资源重点环境室,太原 030031)

摘要:采用大棚土壤,研究了土样预处理方式、KCl浸提液浓度和液土比对用连续流动注射分析仪测定的土壤 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量的影响。结果表明,土壤预处理方式、KCl浸提液浓度和液土比都不同程度影响土壤 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的含量测定结果。风干、烘干的土样预处理方式对土壤 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量测定有显著影响,表现为新鲜土 $<$ 风干土 $<$ 烘干土;用2 mol/L KCl溶液作为浸提液,液土比5:1(V:V)测定大棚 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量,测定结果稳定。

关键词:土壤前处理;KCl浓度;液土比; $\text{NO}_3\text{-N}$; $\text{NH}_4\text{-N}$

中图分类号:S151.9 文献标识码:A

Effects of Pretreatment on Content of Soil $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$

Zhao Ruifen, Yu Zhiyong, Cheng Bin, Zhang Qiang

(Provincial Key Laboratory of Soil Environment and Nutrient Resources,

Institute of Soil and Fertilizer, Shanxi Academy of Science, Taiyuan 030031)

Abstract: Extracting methods of soil $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ by KCl solution and determining that by continuous flow analyzer were respectively used. There were many factors to influence results of soil $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, such as soil pretreatment, concentration of KCl extracting solution and ratio of solution to soil and so on. In the paper, effects of these factors on content of soil $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ in greenhouse soil were studied. The results showed that: concentration of soil $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ in greenhouse had significant changes during air-drying and heat-drying, and contents of $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ in fresh soils was lower than air-dried soils and heat-dried soils. When 2 mol/L KCl extracting solution was used and the ratio of solution to soil is 5:1, determined results of soil $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ in greenhouse were more accurate. But fit extracting concentration and ratio of solution to soil must be selected according to the goal of the research.

Key words: soil pretreatment, concentration of KCl, ratio of solution to soil, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$

0 引言

土壤中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 是植物能直接吸收利用的速效性无机氮素营养,是土壤的养分指标,也是重要的环境评价指标。长期以来,测定土壤溶解性无机氮的含量,大多是将土壤中的溶解性无机氮转移到浸提试剂中,然后测定浸提剂中的氮含量^[1-3];测定溶解性无机氮的浸提剂和测定方法多种多样^[4-5],通常认为KCl溶液是最常用土壤无机氮的浸提剂,流动比色分析也是

现在应用最广泛的分析方法^[6-8]。有人发现土壤在干燥过程中,土壤中矿化有机氮的数量因处理温度的不同而有较大的差异^[9-10],故通常采用新鲜土壤样品进行测定;但近年来也有人采用60℃下烘干后测定其含量,认为在控制温度条件下短时间进行烘干更能有效地抑制微生物活动。对于风干、烘干对 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的测定结果的影响,许多人已做了研究^[8-9,11-13]。但在分析过程中所用的KCl溶液浓度、液土比、振荡

基金项目:中荷国际合作项目“城郊循环型农业生态系统养分资源管理技术体系的建立与应用推广”(2006081001)。

第一作者简介:赵瑞芬,女,1977年出生,山西寿阳人,助理研究员,主要从事土壤-植物营养研究。通信地址:030031山西太原农科北路16号,山西省农科院土壤肥料研究所,E-mail: tfszrf@163.com。

通讯作者:程滨,E-mail: chengbin0709@163.com。

收稿日期:2009-02-16,修回日期:2009-03-25。

时间等又各不相同^[14-15],没有统一的标准。KCl溶液浓度、液土比对NO₃-N、NH₄-N的测定结果的影响如何尚未见系统报道。

大棚栽培与露地相比,具有常年的高温、高湿、无降水淋洗及高施肥、超强度生产利用、高产出的特点。研究表明设施大棚的大量施肥已造成土壤中硝酸盐含量显著增加,而高频灌溉又使硝酸盐在土体中淋溶,给环境带来不良影响。无论是指导氮素施肥还是研究大棚施肥对环境质量的影响,硝酸盐的研究一直是大棚研究的热点。在已发表的各种关于大棚硝酸盐的报道

中,NO₃-N的前处理和测定方法各有不同。笔者选择大棚土壤,研究土壤预处理(新鲜、风干、烘干)、KCl溶液浓度及液土比对NO₃-N、NH₄-N测定结果的影响,以期为大棚氮素研究提供分析测定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

2007年8月在山西省太谷县地区采集3~5年棚龄的大棚0~20 cm混合样6个,分别混均后,取1 kg作为分析样品,样品分析在山西省土壤环境与养分资源重点实验室完成。各土样理化性状见表1。

表1 供试土壤基本理化性状

编号	全氮/%	有效磷/(mg/kg)	速效钾/(mg/kg)	有机质/%	pH	Ec/(ms/cm)	CEC/(cmol/kg)
1	0.179	59	224	1.56	8.23	0.31	17.2
2	0.088	121	192	1.47	7.90	0.68	12.9
3	0.128	107	174	1.67	7.64	0.84	13.7
4	0.174	229	502	2.44	7.81	0.94	13.3
5	0.065	113	346	0.72	7.91	1.05	10.9
6	0.256	265	452	3.27	7.50	0.97	22.0

1.2 试验设计与测定方法

1.2.1 土样预处理方式对NO₃-N、NH₄-N测定结果的影响 样品采回后将每个土样分成3份:(1)鲜样,过2 mm筛立即测定;(2)风干样,过2 mm筛测定;(3)60℃烘干样,过2 mm筛测定。新鲜土(需测定含水量)、风干土、60℃烘干土按液土比为10:1的要求,加入2 mol/L KCl浸提液,在振荡器上振荡1 h,取出后静置,过滤,收集滤液,测定其中的NO₃-N、NH₄-N含量。每个处理均为3次重复。

1.2.2 KCl浸提液浓度对NO₃-N、NH₄-N测定结果的影响 土样采回后,将新鲜土样过2 mm筛后,称取5.00 g于振荡瓶中,分别加入1 mol/L KCl、2 mol/L KCl浸提液50 ml(液:土=10:1, V:V),振荡1 h,取出后静置,过滤,收集滤液,测定其中的NO₃-N、NH₄-N含量。每个处理均为3次重复。

1.2.3 液土比对NO₃-N、NH₄-N测定结果的影响 土样采回后,将新鲜土样过2 mm筛后,分别称取5.00 g、10.00 g于振荡瓶中,加入2 mol/L KCl浸提液50 ml(液土比分别为5:1、10:1, V:V),振荡1 h,取出后静置,过滤,收集滤液,测定其中的NO₃-N、NH₄-N含量。每个处理均为3次重复。

1.2.4 分析方法 土壤全氮用H₂SO₄消煮全自动凯氏定氮仪测定;土壤有机质用重铬酸钾—外加加热法测定;土壤有效磷用0.5 mol/L NaHCO₃浸提,钼兰比色法测定;土壤速效钾用1 mol/L中性NH₄OAc浸提,火焰光度法测定;土壤pH用电位法测定;土壤阳离子代换量用乙

酸钠—火焰光度法测定;各土壤浸提液中的NO₃-N和NH₄-N含量,采用瑞士FOSS公司制造的FIASSTAR5000连续流动注射分析仪测定。

1.3 数据的统计分析

试验结果采用SPSS统计软件分析,结果为平均值±SD。

2 结果与分析

2.1 土壤预处理方式对大棚土壤NO₃-N、NH₄-N测定含量的影响

土壤预处理方式对NO₃-N、NH₄-N含量测定结果见表2。从表2可以看出,土壤预处理方式显著影响NO₃-N、NH₄-N含量测定值,各个大棚土壤的NO₃-N含量表现为新鲜土<风干土<烘干土,且差异性极显著($P<0.01$);NH₄-N含量均表现为新鲜土<风干土<烘干土,差异性达显著和极显著($P<0.01$)。

有关报道认为,在干燥处理下,土壤有机质结构局部发生破坏,产生NH₄-N和CO₂;也有研究表明在干燥下,土壤代换性铵和可溶性铵总量明显增加,黑钙土经干燥后NH₄-N含量提高1~3倍;不同热带森林土壤NH₄-N含量风干土比新鲜土增加11%~32%,烘干土比新鲜土增加11%~99%^[9]。这个研究表明,大棚土壤风干土、烘干土与新鲜土之间NH₄-N含量差异性达显著和极显著,风干和烘干后NH₄-N含量提高,风干土比新鲜土增加8%~51%,烘干土比新鲜土增加16%~58%,且烘干比风干测定的结果高。由此可见,随温度的升高,土壤NH₄-N的量明显增加。这与已有报道的结论

是一致的^[9,11-12]。

关于土壤干燥对NO₃-N含量的影响尚无一致的结论。典型黑钙土经干燥处理后其土样NO₃-N含量新鲜土测结果相比减少1/3;不同热带森林土壤风干土与新鲜土之间NO₃-N含量差异不显著,而烘干土与新鲜土和风干土之间差异明显,变化率在15%~78%之间^[9];果园土、草地土风干后NO₃-N含量显著增加^[6]。研究表明,风干土、烘干土与新鲜土之间差异性极显著,风干土比新鲜土增加5%~19%,烘干土比新鲜土

增加10%~54%;烘干比风干的测定结果高,且差异显著。

由以上分析得出,对于大棚土来说,无论是测定NO₃-N还是NH₄-N,最好用新鲜土。由表2还可以看出,土壤NO₃-N、NH₄-N含量越小,在风干和烘干过程中变化率就越大。而研究表明一般情况下,大棚硝酸盐含量都较高,因此在测定中如果来不及处理需要干燥的话,用风干土样测定NO₃-N、NH₄-N含量比60℃烘干土更能反映自然状态下的含量。

表2 土壤预处理方式对大棚土壤NO₃-N、NH₄-N测定的影响

编号	NO ₃ -N/(mg/kg)			NH ₄ -N/(mg/kg)			风干土增减率/%		烘干土增减率/%	
	新鲜	风干	烘干	新鲜	风干	烘干	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N
1	37.6(0.61)c	44.7(0.95)b	52.3(0.87)a	6.05(0.15)c	8.47(0.15)b	9.07(0.21)a	19	40	39	50
2	47.5(1.43)c	56.6(1.09)b	73.3(1.32)a	6.10(0.30)c	7.87(0.17)b	8.56(0.11)a	19	29	54	40
3	191.3(1.85)c	201.4(0.92)b	213.5(2.24)a	5.56(0.05)b	6.67(0.35)a	7.13(0.15)a	5	18	12	26
4	97.3(1.78)c	109.6(1.12)b	130.2(1.77)a	5.70(0.27)b	8.60(0.10)a	9.03(0.15)a	13	51	34	58
5	151.8(1.80)c	160.0(2.25)b	167.0(1.75)a	7.33(0.15)c	8.33(0.10)b	8.94(0.30)a	5	14	10	22
6	247.5(2.12)c	266.3(3.42)b	285.7(4.40)a	7.87(0.15)b	8.50(0.20)a	9.13(0.15)a	8	8	15	16

注:括号内的数值为标准差,同行内含有相同字母表示差异不显著(P<0.01)。

表3 KCl浸提液浓度对大棚土壤NO₃-N、NH₄-N测定的影响

编号	NO ₃ -N/(mg/kg)		NH ₄ -N/(mg/kg)	
	1 mol/L KCl溶液	2 mol/L KCl溶液	1 mol/L KCl溶液	2 mol/L KCl溶液
1#	36.5(0.70)a	37.6(0.61)a	9.73(0.25)a	6.03(0.15) b
2#	49.3(1.78)a	47.5(1.43)a	8.10(0.30)a	6.10(0.30)b
3#	192.4(1.46)a	191.3(1.85)a	7.50(0.24)a	5.56(0.06)b
4#	99.3(1.91)a	97.3(1.78)a	9.63(0.12)a	5.70(0.12)b
5#	154.2(1.70)a	151.8(1.80)a	9.33(0.28)a	7.33(0.15)b
6#	250.4(1.96)a	247.5(2.12)a	8.83(0.15)a	7.87(0.15)b

注:括号内的数值为标准差,同行内含有相同字母表示差异不显著(P<0.01)。

2.2 KCl浸提液浓度对NO₃-N、NH₄-N测定结果的影响

在NO₃-N、NH₄-N的测定中,1 mol/L或2 mol/L KCl溶液是常用的浸提剂。不同浓度KCl浸提液对大棚土壤NO₃-N、NH₄-N测定结果见表3。从表3中可以看出,用1 mol/L KCl溶液浸提NH₄-N的结果都显著高于2 mol/L KCl溶液浸提的结果,差值为0.96~3.93 mg/kg;而用1 mol/L KCl溶液浸提NO₃-N与2 mol/L KCl溶液浸提的结果之间差异性不显著,但1 mol/L KCl溶液浸提的结果略高于2 mol/L KCl溶液浸提的结果。

从表3还可以看出,用2 mol/L KCl(液土比10:1, V:V)提取时,无论是NO₃-N还是NH₄-N,测定结果较稳定,这是由于较大的盐离子浓度有利于形成澄清的提取液,因而尽可能地减小颗粒物的影响,有利于提高测定结果的稳定性。在大棚研究中,人们通常主要关注

NO₃-N,2 mol/L KCl溶液是合适的浸提液。

2.3 液土比对NO₃-N、NH₄-N测定结果的影响

在NO₃-N、NH₄-N测定方法中,用KCl溶液浸提,主要有5:1和10:1两种液土比。试验结果表明,不同液土比对大棚NH₄-N测定结果影响更大,除处理3大棚土壤外,两处理间差异极显著,液土比10:1处理NH₄-N含量明显高于液土比5:1处理,其稳定性相对较好,这与吸附-解吸理论一致。

液土比对大棚NO₃-N测定结果的影响不同,当土壤(处理1、2、4)硝态氮含量相对较低时,两种液土比处理间差异不显著,而当土壤(处理3、5、6)硝态氮含量相对较高时,两种液土比处理间差异显著,液土比10:1处理NO₃-N含量明显高于液土比5:1处理,但其稳定性相对较差。

因此在大棚研究中只关注NO₃-N时,最好采用液土比5:1;特别需要关注NH₄-N时,最好采用液土比10:1;如果要用连续流动注射分析仪同时测定NO₃-N、NH₄-N时,10:1是相对合适的液土比。

总之,综合表3和表4,在大棚研究中如果用于指

导施肥,只关注NO₃-N,最好采用液土比5:1,2 mol/L KCl浸提。如果用于研究氮素的去向,最好用液土比10:1,2 mol/L KCl溶液浸提NH₄-N;用液土比5:1,2 mol/L KCl溶液浸提NO₃-N。

表4 不同液土比对大棚土壤NO₃-N、NH₄-N测定的影响

编号	NO ₃ -N/(mg/kg)		NH ₄ -N/(mg/kg)	
	水土比5:1(V:V)	水土比10:1(V:V)	水土比5:1(V:V)	水土比10:1(V:V)
1#	38.3(0.92)a	37.6(0.61)a	3.77(0.30)a	6.05(0.15)b
2#	49.6(1.01)a	47.5(1.43)a	5.30(0.57)a	6.08(0.15)b
3#	178.4(0.76)a	191.3(1.85)b	4.87(0.35)a	5.56(0.05)a
4#	96.6(0.92)a	97.3(1.78)a	3.14(0.37)a	5.70(0.26)b
5#	137.6(1.80)a	151.8(1.80)b	4.47(0.15)a	7.35(0.15)b
6#	221.6(1.67)a	247.5(2.12)b	6.77(0.15)a	7.87(0.15)b

注:括号内的数值为标准差,同行内含有相同字母表示差异不显著($P<0.01$)。

3 结论

(1)土壤预处理的方式显著影响大棚土壤NH₄-N、NO₃-N含量的测定,风干土和烘干土含量显著高于新鲜土,都表现为新鲜土<风干土<烘干土,因此最好采用新鲜土;如果需要干燥的话,风干土样测定NO₃-N、NH₄-N含量比60℃烘干土更能反映自然状态下的含量。

(2)KCl溶液浸提液浓度对NO₃-N含量影响不显著,1 mol/L KCl溶液浸提NH₄-N的结果都显著高于2 mol/L KCl溶液浸提的结果。

(3)液土比对大棚NH₄-N测定结果影响较大,10:1处理的NH₄-N含量明显高于5:1处理;对NO₃-N测定结果影响不同。如果只关注NO₃-N,最好采用液土比5:1,2 mol/L KCl浸提。

参考文献

- [1] J M Bremner. 土壤氮素分析法//曹亚澄译.北京:农业出版社,1981:36-94.
- [2] 李西开,蒋柏藩,袁可能,等.土壤农业化学常规分析方法.北京:科学出版社,1983:79-94.
- [3] 于天仁,王振权.土壤分析化学.北京:科学出版社,1988:62-68.
- [4] Bremner J M. Nitrogen Availability Indexes. Methods of Soil

- Analysis, Part 2, Am. Soc. Agron. Madison. wis. 1965:1324-1345.
- [5] Keeney D R. Nitrogen Availability Indexes. Methods of Soil Analysis, Part 2, Am. Soc. Agron. Madison. wis. 1982:711-733.
- [6] 苏涛,司美茹,王朝辉,等.土壤矿质分析方法的影响因素研究.农业环境科学学报,2005,24(6):1238-1242.
- [7] Jaynes D B, Colvin T S, Karlen D L, et al. Nitrate loss in subsurface drainage as affected by nitrogen fertilizer rate. Environment Quality, 2001, 30:1305-1314.
- [8] 王红萍,梁涛,张秀梅,等.非点源污染研究中土壤溶解性无机氮的提取方法选择.地理研究,2005,24(2):236-242.
- [9] 孟盈,沙丽清.风干、烘干对不同热带森林土壤样品NO₃-N、NH₄-N测定结果的影响.农业环境保护,2001,20(5):366-367,369.
- [10] 杨乐苏,周光溢,邱治军,等.森林土壤硝态氮测定中样品采集与保存方法的研究.林业科学研究,2005,18(2):209-213.
- [11] 宋建国,刘伟,赵紫娟,等.土壤干燥过程对土壤易矿化有机态氮的影响.植物营养与肥料学报,2001,7(2):183-188.
- [12] 张道勇,译.土壤分析样本的干燥、贮存和制备对土壤农化性质的影响.土壤学进展,1989,2:45-52.
- [13] 樊军,郝明德,党廷辉.旱地长期定位施肥对土壤剖面硝态氮分布与累积的影响.土壤与环境,2000,9(1):23-26.
- [14] 杨学云,张树兰,袁新民,等.长期施肥对壤土硝态氮分布、累积和移动的影响.植物营养与肥料学报,2001,7(2):134-138.
- [15] Lin S, Mühling K H, Sattelmacher B. Soil nitrogen fraction as influenced by sample preparation and extraction. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 1997, 28(6-8):551-559.