植物营养与肥料学报 2001,7(2):183～188
Plant Nutrition and Fertilizer Science

土壤干燥过程对土壤易矿化有机态氮的影响

宋建国[1]，刘　伟[2]，赵紫娟[3]，林　杉[3]，吴文良[3]，毛达如[3]
（1 中国科学院生态环境研究中心，北京 100085；2 中国科学院沈阳应用生态研究所，沈阳 110015；
3 中国农业大学植物营养系，北京 100094）

摘要：通过室内模拟培养的方法研究了土壤干燥过程对土壤氮素组分尤其是土壤易矿化有机态氮的影响。结果表明，随着干燥温度的升高，土壤铵态氮的数量有所增加，而对土壤硝态氮的数量影响差异不显著，但土壤易矿化有机态氮的数量则有增加的趋势。其中105℃干燥处理后的土壤易矿化有机态氮的数量明显高于鲜土、风干和40℃干燥处理的土样。进一步分析结果看出，105℃处理后的土壤易矿化有机态氮除了部分来自土壤微生物态氮的降解产物之外，还有一部分是靠高温将土壤本身大分子含氮化合物分解而产生的。

关键词：干燥过程；氮素组分；土壤易矿化有机态氮
中图分类号：S153.6；S152.7　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1008-505X(2001)02-0183-06

在土壤样品的分析化验中，常常要进行样品风干，磨碎，过筛等处理。土壤样品经过风干后，会引起土壤理化性质的变化[1]。在自然条件下，土壤干湿交替是一种普遍现象，其作用往往会加速土壤氮素的矿化过程[2]。Shchroer 和 Timmermann 等人发现，土壤在干燥过程中，温度对土壤无机态氮的数量有较大的影响[3]。土壤易矿化有机态氮的数量因处理温度的不同而有较大的差异[4]。因此，在不考虑土壤样品的前处理所产生的影响下，直接用室内的分析化验结果去判断田间条件下土壤氮素的某些过程，往往会带来较大偏差。

本试验通过对19种不同肥力水平的土壤进行不同温度的干燥处理，以期进一步查明土壤的干燥过程对土壤几种氮素组分的影响，尤其是对土壤易矿化有机态氮的影响及其与土壤微生物态氮之间的相互关系。

1　材料与方法

1.1　试验材料

供试土壤为19种不同肥力水平的0～20cm耕层土壤，其基本理化性状见表1。土壤风干后过2mm筛，称取2.5 kg风干土装入封底的盆钵（防止 NO_3^--N淋失），调节土壤含水量至田间持水量的60%，每种土壤设3次重复，预培养1周，以减少新鲜有机物质的干扰，消除采样时土壤水分和温度的差异，使各土样测定结果具有可比性[5]。培养期间保持土壤含水量基本恒定在田间持水量的60%。

1.2　样品处理

称取培养后鲜土各4份，每份约12 g，其中2份在25℃黑暗条件下用无水氯仿熏蒸24 h后移去多余的氯仿，再用真空泵抽去土样中残留的氯仿[6]，将熏蒸后的土样全部转移至180 mL三角瓶中后，加入100

收稿日期：2000-06-06
基金项目：国家自然科学基金项目(49771052；39630070)资助。
作者简介：宋建国(1965—)，男，辽宁岫岩人，博士后，副教授，主要从事农业资源利用与环境生态工程。

mL 的 0.01 mol/L $CaCl_2$，振荡 30min[7]，过滤，滤液冷藏(－18℃)待测；另 2 份未经熏蒸土样立即加入 0.01 mol/L $CaCl_2$ 后依上述方法浸提、过滤，滤液冷藏待测。其余土样分别进行风干、40℃和 105℃烘干处理 24 h，分别称取相当于 10 g 干土重的各处理土样于 180 mL 三角瓶后，加入 100 mL 的 0.01 mol/L $CaCl_2$ 浸提剂，振荡 30min，过滤，滤液冷藏待测。

1.3 分析测定方法

土壤浸提液中各组分氮的测定：采用连续流动分析仪法 (TRACCS2000 Continuous Flow Analytical, CFA)分别测定上述浸提方法得到的滤液中铵态氮(NH_4^+-N)、硝态氮(NO_3^--N)和浸提液全氮(N_{tot})。可浸提的有机态氮或称易矿化有机态氮(N_{org})等于全氮减去铵态氮和硝态氮之和；土壤微生物态氮(SMB-N)为熏蒸样浸提液全氮减去未熏蒸样全氮的差值除以转换系数 Kn 值[8]。

表 1 供试土壤的理化性状

Table 1 Some properties of soils used for incubation

地点 Site	代号 No.	有机碳 Tot.C (g/kg)	全氮 Tot.N (g/kg)	pH(H_2O)	C/N	土壤质地1) Soil texture
北京昌平	1	15.19	0.921	8.35	16.5	L
	2	14.93	0.678	8.14	22.0	S-L
	3	12.84	0.815	8.43	15.8	L
	4	11.19	0.845	8.28	13.3	L
	5	12.92	0.820	8.15	15.8	L
河南	6	10.45	0.613	7.92	17.1	S
	7	9.38	0.596	8.06	15.8	S
	8	8.97	0.597	8.26	15.1	S
	9	9.52	0.561	7.86	16.9	S
	10	12.43	0.699	8.17	17.8	S
	11	9.86	0.608	8.27	16.2	S
湖北	12	14.53	1.012	6.15	14.4	L
北京农大	13	16.32	1.080	8.13	15.1	L
	14	18.13	1.303	8.26	13.9	L
	15	29.95	1.834	8.38	16.3	L
北京大兴	16	14.80	0.573	8.06	25.8	S
	17	31.09	1.957	7.83	15.9	L
	18	9.06	0.570	7.92	16.0	S
	19	15.83	0.879	8.28	18.0	S

1) L：壤土 Loam soil；S：砂土 Sand soil；S-L：砂壤土 Sandy-loam soil.

2 结果与讨论

2.1 铵态氮(NH_4^+-N)的变化

土壤样品经过风干、40℃、105℃和氯仿熏蒸处理后对土壤样品中 NH_4^+-N 数量的变化产生较大的影响。从图 1a 中可以看到，105℃干燥后的土壤 NH_4^+-N 含量明显高于其他处理。不同前处理对土壤 NH_4^+-N 的含量影响程度为：105℃＞氯仿熏蒸＞40℃＞风干＞鲜样。可见，随着处理温度的升高，土壤 NH_4^+-N 的含量有一个明显的累计过程。其原因除了土壤中一部分简单有机含氮化合物降解释放出 NH_4^+-N 的以外，高温条件下，土壤结构会被破坏，也会释放出一部分 NH_4^+-N[1,6]。此外，氯仿熏蒸后，NH_4^+-N 也明显增加，这主

要是由于被氯仿杀死的土壤微生物分解所致[9]。

2.2 硝态氮(NO_3^--N)的变化

不同的干燥处理对土壤 NO_3^--N 的影响作用不大。经 t 检验，40℃处理的 NO_3^--N 含量高于其它处理(图 1b)。这主要是由于在此温度范围内，土壤的矿化作用和硝化作用表现较为强烈而得到的结果[10]。从趋势上看，105℃和氯仿熏蒸处理的 NO_3^--N 含量略低于 40℃、风干和鲜样；而土壤 NH_4^+-N 的数量则相反，这是由于高温或氯仿杀死了土壤硝化细菌，使土壤的硝化作用受阻所致[9,10]。

2.3 土壤易矿化有机态氮(N_{org})的变化

预培养 1 周后的土样经过上述几种处理后，土壤易矿化有机态氮的数量出现较大的变化。从图 1c 看出，随着处理温度的升高，土壤 N_{org}的数量也明显上升。土样经 105℃干燥处理后，土壤易矿化有机态氮的数量(105℃-N_{org})是鲜土和风干土样的 2.5 倍左右(表 2)。Scherer 认为随着温度的升高，土壤大分子有机含氮化合物会逐渐降解为小分子有机含氮化合物(如氨基酸态氮)，因而导致易矿化有机含氮化合物(N_{org})的增加[12]。进一步分析处理前鲜样土壤微生物态氮的数量与不同处理后 N_{org}数量的相互关系可以看出(表 2)，土壤微生物态氮的含量与 105℃-N_{org}的含量之间达到 $P_{0.05}$的显著性水平；而氯仿熏蒸后土壤易矿化有机态氮($CHCl_3$-N_{org})与土壤微生物态氮(SMB-N)之间则达到 $P_{0.01}$的显著水平。说明 $CHCl_3$-N_{org}绝大部分是来自被杀死的土壤微生物的降解产物；而 105℃-N_{org}数量的增加，则除了部分来自被杀死的土壤微生物的分解产物外，还有部分是靠高温将土壤本身大分子含氮化合物分解而产生的。

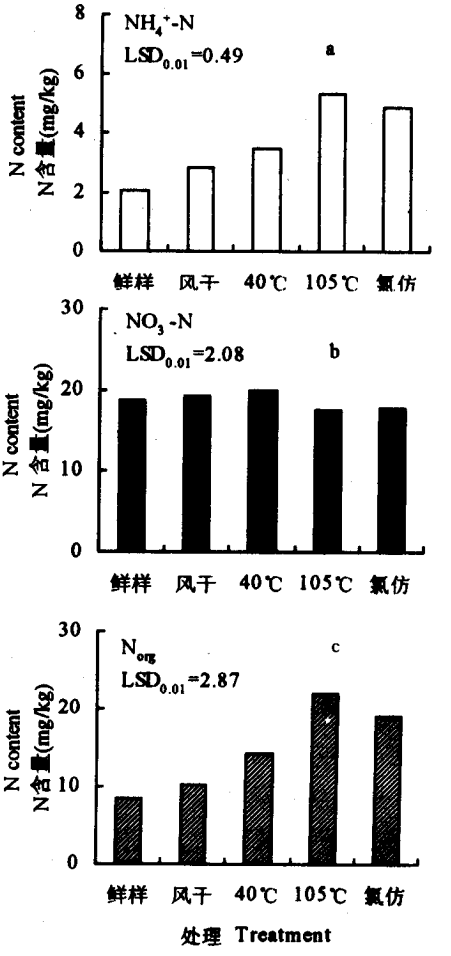

图 1　不同前处理对 NH_4^+-N、NO_3^--N 和 N_{org}的影响

Fig.1 Effect of different pretreatments on NH_4^+-N、NO_3^--N and N_{org} of soil samples

(为平均值，Average value，n = 19)

3　讨论

在自然条件下，土壤的干土效应(也称干湿效应)对土壤养分的释放和植物的营养具有

十分重要的影响。从 Houba 和 Novozamsky 在土壤风干和未风干处理后所描绘的矿化曲线可以看出，土样经风干后，土壤无机态氮的数量明显高于未风干土样的数量[12]。说明土壤经过干燥后，会加速土壤有机态氮的矿化过程。在本试验中，土壤经连续 24 h 不同温度干燥处理后，随着干燥温度的升高，土壤铵态氮(NH_4^+-N)的含量有所增加，特别是在 105℃ 高温干燥处理后明显升高；而不同温度干燥处理对土壤硝态氮(NO_3^--N)的含量影响不大。由此看出，土壤干燥处理后土壤无机态氮含量的增加主要是由于土壤铵态氮(NH_4^+-N)的释放而引起的。

表 2 土壤易矿化有机态氮(N_{org})与土壤微生物态氮(SMB-N)的关系

Table 2 Relationship between extractable organic N and biomass N of soil samples

处理 Treatments	N_{org} (mg/kg)	SMB-N 与 N_{org} 的相关系数 (r)
鲜土	8.51	0.26
风干	10.37	0.15
40℃	14.35	0.20
105℃	21.93	0.43*
$CHCl_3$	19.06	0.63**
LSD(0.05)	2.87	

*，** 分别表示显著性达到 P0.05 和 P0.01 水平，n=19

*，** indicated significance at P0.05 and P0.01 level, respectively. n=19

土壤易矿化有机态氮最初是指用电超滤(EUF)或 0.01 mol/L $CaCl_2$ 浸提出来的土壤有机态氮，由于它是土壤活性有机态氮的重要组成部分，且在土壤中容易矿化，故名为易矿化有机态氮[13~14]。Paul 和 Juma 根据土壤有机态氮的分解难易和对植物的有效性，将土壤氮库分为 4 部分，即：生物氮(熏蒸浸提法)、活性非生物氮(同位素稀释法)、稳定态氮(差减法)和难分解态氮(碳纪年法)[15]。其中生物氮和活性非生物氮则构成了土壤活性有机态氮的主要部分，也被看成是土壤易矿化有机态氮的起源氮[4]。Appel 和 Menel 等人的研究工作表明，土壤易矿化有机态氮与土壤有机态氮矿化和植物吸氮量之间存在显著的相关性[14,16~18]，因此，土壤易矿化有机态氮被欧洲一些国家列为可以反映土壤供氮能力的指标而应用于推荐施肥中[13,14,16,17]。Lin 和 Nemeth 等人分别用 0.01 mol/L $CaCl_2$ 和电超滤(EUF)测得的土壤易矿化有机态氮($CaCl_2$-N_{org}和 EUF-N_{org})的数据结果表明，所浸提出来的土壤易矿化有机态氮与土壤微生物态氮(SMB-N)的数量均较接近，因而认为土壤微生物态氮是 $CaCl_2$-N_{org}和 EUF-N_{org}的直接来源[4,13,19]。从本试验的结果来看(图 1c)，随着干燥处理温度的升高，土壤易矿化有机态氮(N_{org})的含量有逐渐增加的趋势，其中 105℃ 干燥处理的土壤易矿化有机态氮含量明显高于鲜土、风干和 40℃ 干燥处理的土样，而略高于 $CHCl_3$-N_{org}。通过 105℃-N_{org}和 $CHCl_3$-N_{org}的含量与处理前鲜样的土壤微生物态氮含量的相关分析表明，105℃-N_{org}和 $CHCl_3$-N_{org}的数量与处理前鲜样的土壤微生物态氮数量之间分别达到显著性和极显著相关水平(表 2)。说明在土壤干燥过程中，土壤易矿化有机态氮(N_{org})的增加，除了大部分是来自于干燥杀死的土壤微生物的降解产物之外，还有一部分是靠高温将土壤大分子有机含氮化合物逐渐降解为小分子有机含氮化合物(如氨基酸态氮)，从而导致了易矿化有机含氮化合物(N_{org})的增加。这又进一步证实了土壤易矿化有机态氮是来源于土壤微生物态氮的假设[7,11]。

参 考 文 献：

[1] Bartlett R J and James B R. Studying dried, stored, soil samples--Some pitfalls[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1980,44:

721-724.

[2] Sims J L, Wells J P and Tackett D L. Predicting nitrogen availability to rice: I. Comparison of methods for determining available nitrogen to rice from field and reservoir soils[J]. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1967,31:672-675.

[3] Schröer B and Timmermann F. Einfluss der Probenkonservierung (Gefriern, Trocknen) auf die Nitratgeh-alte im Boden ermittelt mit unterschiedlichen Nachweisverfahren[J]. VDLFA-Schriftenreihe, 1989,28:527-538.

[4] Lin S, Miihling K H and Sattelmacher B. Soil nitrogen fractions as influenced by sample preparation and extraction[J]. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 1997,28 (6-8):551-559.

[5] Ross D J and Cairns A. Nitrogen availability and microbial biomass in stockpiled topsoils in southland[J]. New Zealand J. Sci., 1981,24:137-143.

[6] Brookes P C, Landman A, Pruden G et al. Chloroform fumigation and the release of soil nitrgen: A rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil[J]. Soil Biol Biochem., 1985b,17:837-842.

[7] Lin S. Einfluß von Düengungsmaßnahmen auf die N-Umsetzung im Boden unter besonderer Beruecksi-chtigung von Güelle und Nitrifikationshemmern (DCD)[M]. Dissertation der Universitaet Kiel, Band 33, University Kiel, 1995.

[8] 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.

[9] Brookes P C, Kragt J F, Powlson D S and Jenkinson D S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: The effects of fumigation time and temperature[J]. Soil Biol. Biochem., 1985a,17(6):831-835.

[10] Suss A, Maier S. Einfluss des Extraktionsverfahrens. Trock nungstemperatur und-dauer auf die loslichen N-fraktionen im Boden[J]. VDLFA-Schriftenreihe, 1990, 30:299-304.

[11] Scherer H W, Werner W and Rossbach J. Effects of pretreatment of soil samples on N mineralization in incubation experiments[J]. Biol. Fertil. Soils, 1992,14: 135-139.

[12] Houba VJG, Novozamsky I and Huybregts AWM. Comparison of soil extractions by 0.01 M $CaCl_2$, by EUF and some conventional extraction procedures[J]. Plant and Soil, 1986, 96:433-437.

[13] Nëmeth K and Recke H. EUF-N fractions in different soils during a vegetation period in pot and field experiments [J]. Plant and Soil, 1985,83:39-46.

[14] Appel T and Mengel K. Nitrogen fractions in sandy soils in relation to plant nitrogen uptake and organic matter incorporation[J]. Soil Biol. Biochem., 1993, 25:685-691.

[15] Paul E A and Juma N G. Mineralizaton and immobilization of soil nitrogen by microorganisms[A]. In:Clark F E and Rosswall T (eds.). Terrestrial nitrogen cycles[C]. Ecological Bulletins(Stockholm). 1981,33:179-195.

[16] Mengel K. Available nitrogen in soils and its determination by the 'Nmin-method' and by electroultrafiltration (EUF) [J]. Fertilizer Research, 1991, 28:251-262.

[17] Appel T and Mengel K. Nitrogen uptake of cereals grown on sandy soils as related to nitrogen fertilizer application and soil nitrogen fractions obtained by electro-ultrafiltration (EUF) and $CaCl_2$ extraction[J]. European J. of Agronomy, 1992,1:1-9.

[18] Griffith S M, Alderman S C and Streeter D J. Italian ryegrass and nitrogen source fertilization in Western Oregon in two contrasting climatic years. II. Plant nitrogen accumulation and soil nitrogen status[J]. J. of Plant Nutrition, 1997,20 (4&5):429-439.

[19] Rainer G J and Hans-Werner Olfs. The variability between different analytical procedures and laboratories for measuring soil microbial biomass C and biomass N by the fumigation extraction method[J]. Z. Pflanzenernähr. Bodenk., 1998, 161: 51-58.

Effects of desiccation of soil samples on easily mineralizing nitrogen

SONG Jian-guo[1], LIU Wei[2], ZHAO Zi-juan[3], LIN Shan[3], WU Wen-liang[3], MAO Da-ru[3]

(*1 Res. Center for Eco-Envir. Sci., CAS, Beijing 100085, China; 2 Inst. of Applied Ecology, CAS, Shenyang 110015, China; 3 Dept. of Plant Nutrition, CAU, Beijing 100094, China*)

Abstract: The effect of desiccating soil samples (field-fresh, fumigated with $CHCl_3$, drying at temperature of room, 40℃ and 105℃) on extractable nitrogen fractions, especially on easily mineralizing nitrogen (N_{org}) was studied. The results showed that there was a little effect on NO_3^--N contents, but higher NH_4^+-N and N_{org} contents were observed while the drying temperature increased. The N_{org} contents of samples dried at 105℃ was highest among the samples of field-fresh, being fumigated with $CHCl_3$, drying at temperature of room, 40℃ and 105℃, which came from not only a part of the microbial biomass nitrogen, but also from the decays of large organic molecules of soil nitrogen constituents.

Key word: desiccation; nitrogen fractions; easily mineralizing nitrogen