

有机肥中可溶性有机碳、氮含量及其特性

赵满兴¹, 周建斌^{1,2,*}, 陈竹君¹, 杨 绒¹

(¹ 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西杨凌 712100 ; ² 农业部植物营养与养分循环重点实验室 北京 100081)

摘要 测定了 7 种不同种类、不同腐熟程度有机肥中可溶性有机氮 (SON) 和可溶性有机碳 (SOC) 的含量, 结果表明: 有机肥的水和 0.01 mol/L CaCl₂ 溶液提取液中 SON 含量分别平均为 105.2 mg/L 和 91.6 mg/L, 每千克干样平均含 SON 分别为 1188 mg 和 1037 mg; SON 占可溶性总氮 (SN) 和全氮 (N) 的比例分别在 70.5 % ~ 74.7 % 和 4.3 % ~ 4.9 % 之间。水和 0.01 mol/L CaCl₂ 溶液提取液中 SOC 含量分别平均为 695 mg/L 和 622 mg/L, 每千克干样平均含 SOC 分别为 7873 mg 和 7054 mg; SOC 占有机肥有机碳 (OC) 比例分别平均为 2.1 % 和 1.9 %; SOC/SON 平均分别为 6.7 和 6.9。SON 与 SOC 间的相关性较高, SON 与 NO₃⁻-N 含量呈现负相关关系。有机肥料中的可溶性氮素绝大部分以 SON 形式存在, 如此高的 SON 和 SOC 含量可能会成为氮、碳养分流失和环境污染的潜在来源。

关键词 有机肥; 可溶性有机氮 (SON); 可溶性有机碳 (SOC)

文章编号: 1000-0933 (2007) 01-0397-07 中图分类号: S154, S158 文献标识码: A

Concentration and characteristics of soluble organic nitrogen (SON) and carbon (SOC) in different types of organic manures

Zhao Manxing¹, Zhou Jianbin^{1,2,*}, Chen Zhujun¹, Yang Rong¹

1 College of Resource & Environment Sciences, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China

2 Key Laboratory of Plant Nutrition and Nutrient Cycling, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China

Acta Ecologica Sinica, 2007, 27 (1): 397 ~ 403.

Abstract: Soluble organic nutrients in soil, including soluble organic nitrogen (SON) and carbon (SOC), play an important role in the biogeochemistry of carbon, nitrogen, and phosphorus, in pedogenesis, in the transport of pollutants, and in long-term carbon storage. Many Chinese soils have received long-term applications of organic fertilizers. Organic fertilizers, like manure, contain soluble inorganic and organic nutrients. Both types of nutrients are very active in soil. Little is known about the content and characteristics of SON and SOC in the manures used in China. A laboratory experiment was conducted to measure the concentration of SON and SOC extracted with water and 0.01 mol/L CaCl₂ from different types of organic manure. Additional characteristics were also evaluated.

Results showed that the average concentration of water extractable SON in the seven manures was 105.2 mg/L. The average concentration of CaCl₂ extractable SON was 91.6 mg/L. SON in the manures accounted for 70% of the total soluble

基金项目 国家自然科学基金资助项目 (30370288, 30230230, 40571087); 国家农业部植物营养与养分循环重点实验室开放基金资助项目 (2005-7)

收稿日期 2005-11-30; 修订日期 2006-06-16

作者简介 赵满兴 (1971 ~), 男, 陕西合阳人, 博士生, 主要从事土壤与植物营养研究. E-mail: zhaomanxing@163.com.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jbzhou@public.xa.sn.cn

致谢 William J. Gale 博士润色英文摘要, 特此致谢!

Foundation item The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No. 30370288, 30230230, and 40571087) and Key Laboratory of Plant Nutrition and Nutrient Cycling, Ministry of Agriculture, China (No. 2005-7)

Received date 2005-11-30; Accepted date 2006-06-16

Biography: Zhao Manxing, Ph. D. candidate, mainly engaged in soil and plant nutrition. E-mail: zhaomanxing@163.com.cn

nitrogen (SN) and 5% of the total nitrogen (TN). On a dry weight basis, the average content of water extractable SON was 1188 mg and average CaCl₂ extractable SON was 1037 mg/kg. The average concentration of water extractable SOC in the seven manure types was 695 mg/L. CaCl₂ extractable SOC averaged 622 mg/L. SOC accounted for 2% of the total organic carbon (OC) in the manure. On a dry weight basis, the average content of water extractable SON in the manure was 7873 mg/kg. CaCl₂ extractable SON averaged 7054 mg/kg. The ratio of SOC/SON in the manures was about 6.8. There was a significant correlation between SON and SOC ($P < 0.05$) in the manure. A negative correlation was observed between the concentration of SON and NO₃⁻-N ($P < 0.05$). The results indicate that SON and SOC are important constituents in organic manure. More attention should be paid to these constituents in order to reduce nitrogen and carbon loss from manure fertilizer to the environment.

Key Words : organic manures ; soluble organic nitrogen (SON) ; soluble organic carbon (SOC)

我国农业生产中有施用有机肥的优良传统。施用有机肥在培肥土壤肥力,增加作物产量和改善作物品质等方面前人已进行了大量的研究^[1~4],其施用效果已得到充分的肯定。随着人们对环境问题的关注,施用有机肥可能带来的负面影响也逐渐引起人们的重视。新近有研究表明,大量施用有机肥对大气、土壤和水体等会造成潜在威胁^[5]。有机肥被认为是温室气体的重要来源之一^[6]。大量施以鸡粪为主的有机肥,菜地 2.8 ~ 4.0 m 土层 NO₃⁻-N 浓度可达 40 ~ 50 mg/kg,附近部分井水中 NO₃⁻-N 含量超标^[7]。太湖流域氮素面源对水体污染的贡献中,农田径流和淋失中的氮素 80% 来自有机肥的矿化氮^[8]。可见,有机肥的不合理施用会使其成为危害生态环境质量的一种污染源^[9]。随着养殖业的发展和有机农业的逐渐推广,施入农田的有机肥数量会越来越多。因此,了解有机肥的特性具有重要的农业及生态环境意义。

有研究比较了无机氮和有机肥氮养分在土壤中的淋失特性^[10],结果表明,与无机氮处理相比,厩肥处理有更多的总 N 和可溶性有机氮发生淋失。可见,简单地施用有机肥料,并不能降低或消除养分的流失问题,有必要进一步研究有机肥中养分的特性。有机肥中的溶解性养分是其中最活跃的组成成分,这些溶解性养分可划分为无机态养分和有机态养分。对前者,已进行了大量的研究,而对有机肥中可溶性有机态养分的了解尚很有限。

对土壤可溶性养分的研究表明,土壤可溶性有机氮 (SON) 和可溶性有机碳 (SOC) 是溶解有机氮 (DON) 和有机碳 (DOC) 的潜在来源,是生态系统中最活跃的组分之一,与不同生态系统中养分的迁移、循环和损失具有密切的联系^[10,11]。有机肥是土壤可溶性有机养分的主要来源之一^[12],因此,了解不同有机肥中可溶性有机碳、氮的含量及其影响因素具有十分重要的营养和生态环境意义。

本试验研究了不同有机肥中可溶性有机碳、氮含量及其特性,旨在为合理贮存和使用有机肥,避免或降低施用有机肥可能对环境产生的不良影响提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

以陕西省关中地区杨凌示范区附近农村堆置的不同种类、不同腐熟程度的 7 种有机肥为研究对象 (表 1)。有机肥除了 4 号为人粪外,其余均为牛粪。有机肥 1 ~ 4、6 号腐熟较好,5、7 号为新鲜有机肥。有机肥采回后风干,过 2 mm 筛。分别用蒸馏水和 0.01 mol/L 氯化钙溶液提取有机肥样品,浸提液与有机肥的比例为 10 : 1,浸提液过 0.45 μm 滤膜,测定滤液中 NO₃⁻-N、NH₄⁺-N、可溶性有机碳 (soluble organic carbon, SOC) 和可溶性氮 (soluble nitrogen, SN) 的含量。重复 3 次。选用蒸馏水提取是为评价有机肥中可溶性养分的淋溶损失提供参考,选用较温和 0.01 mol/L 氯化钙溶液提取是为了和国外相关研究结果进行比较^[13]。

1.2 测定方法

有机肥的基本性状测定采用常规方法^[14],即,全氮 (total nitrogen, TN) 用半微量开氏法测定;总有机碳

(total organic carbon, TOC)用重铬酸钾容量法-外加热法测定。

提取液中总无机氮 (otal inorganic nitrogen, TIN)采用 Zn-FeSO₄还原,蒸馏法测定 ;NH₄⁺ -N 采用扩散法测定^[5] ;NO₃⁻ -N 含量为总无机氮与 NH₄⁺ -N 含量之差。可溶性有机碳 (SOC)采用 TOC-5050 分析仪测定。

不包括 NO₃⁻ -N 的可溶性氮 (SN)采用开氏法测定。具体步骤为 吸取 25 ml 提取液于 100 ml 消煮管中,加 5 ml 浓硫酸,在消煮炉上待管内溶液浓缩至约 5 ml,然后升高电炉温度至消煮管内冒白烟后取下,稍冷后加 H₂O₂,如此循环直到溶液澄清为止。将消煮液无损转入 50 ml 容量瓶,定容后吸取 20 ml 溶液蒸馏,0.01 mol/L H₂SO₄滴定。

可溶性总氮 (otal soluble nitrogen, TSN) = SN + NO₃⁻ -N,可溶性有机氮 (SON) = SN - NH₄⁺ -N^[6]。

表 1 供试有机肥的基本性状

Table1 Basic properties of the organic manures used in the experiments					
有机肥代号 Code of O. M.	总有机碳 Total organic C (%)	全氮 Total N (%)	C/N	NH ₄ ⁺ -N (ng/kg)	NO ₃ ⁻ -N (ng/kg)
O. M. ₁	40.3 ± 5.210	1.82 ± 0.007	22.2	79 ± 1.10	96 ± 2.79
O. M. ₂	47.3 ± 1.803	2.00 ± 0.010	23.6	99 ± 0.91	185 ± 0.43
O. M. ₃	44.4 ± 2.012	1.95 ± 0.004	22.8	59 ± 0.51	167 ± 1.14
O. M. ₄	12.0 ± 2.510	1.90 ± 0.079	6.3	276 ± 3.03	547 ± 0.61
O. M. ₅	40.3 ± 5.726	2.73 ± 0.028	14.7	86 ± 4.49	765 ± 0.33
O. M. ₆	40.5 ± 9.284	2.08 ± 0.054	19.5	80 ± 6.19	162 ± 2.27
O. M. ₇	37.8 ± 0.256	2.70 ± 0.037	14.0	133 ± 4.74	554 ± 0.43

表中数据为平均值 ± 标准差 The data in the table indicates means ± SD (n=3) ;下同 the same below

2 结果与讨论

2.1 不同有机肥中 SON 含量及其比例

2.1.1 不同有机肥中 SON 含量

不同有机肥的 SON 含量不同,这与有机肥的种类、腐熟程度以及选用提取剂的种类等有关 (表 2)。水提取液中 SON 含量平均为 105.2 mg/L 左右,最低为 78.9 mg/L,最高为 131.5 mg/L 0.01 mol/L CaCl₂溶液提取液中 SON 含量平均为 91.6 mg/L 左右,最低为 53.5 mg/L,最高为 117.6 mg/L。

表 2 不同提取剂提取出的有机肥 SON 含量比较

Table 2 Comparing the SON concentrations of the manures extracted with different solutions				
有机肥代号 Code of O. M.	提取液中 SON 的浓度		有机肥中 SON 的含量	
	SON concentration in extracting solution (ng/L)		SON content in manures (ng/kg)	
	H ₂ O 提取 Extract	CaCl ₂ 提取 Extract	H ₂ O 提取 Extract	CaCl ₂ 提取 Extract
O. M. ₁	107.7 ± 3.10	103.6 ± 0.97	1208 ± 0.03	1161 ± 0.01
O. M. ₂	110.9 ± 0.55	99.5 ± 4.60	1242 ± 0.01	1115 ± 0.05
O. M. ₃	79.8 ± 4.02	90.2 ± 0.46	962 ± 0.05	1087 ± 0.01
O. M. ₄	78.9 ± 4.93	53.5 ± 2.40	858 ± 0.05	582 ± 0.03
O. M. ₅	102.9 ± 2.37	85.3 ± 4.37	1173 ± 0.01	973 ± 0.05
O. M. ₆	124.6 ± 1.92	91.3 ± 3.99	1411 ± 0.01	1034 ± 0.05
O. M. ₇	131.5 ± 0.37	117.6 ± 2.21	1464 ± 0.01	1310 ± 0.01
平均 Mean	105.2a	91.6 b	1188a	1037b

差异显著性是在不同提取剂间进行比较 Variance was based on different extracting solutions ;不同字母代表差异达到 0.05 的显著水平 Different letters in each column means significant at 0.05 level ;下同 the same below

Siemens 等^[7]指出,耕作和休闲农地 90 cm 土层处 DON 含量平均分别在 2.0 ~ 2.3 mg/L 和 1.3 ~ 1.6 mg/L 之间。研究发现,英国威尔斯的 16 个湖水中 DON 含量平均为 0.13 mg/L^[8] ;德国 Elbe 港湾水体中 DON 含量在 0.69 ~ 1.1 mg/L 之间^[9]。本试验测定的不同有机肥中 SON 的含量远高于土壤淋出液和水体中 DON 的含量。虽然 SON 与 DON 的组成存在差别,但 SON 是土壤淋出 DON 的物质基础。生产中有机肥料若

堆放或贮存不当,其中的 SON 可通过地面径流、入渗等方式进入水体,这样不仅会造成氮素养分的流失,而且会引起水体富营养化。

水和 0.01 mol/L CaCl₂ 溶液提取有机肥中 SON 含量平均分别为 1188 mg/kg 和 1037 mg/kg (表 2)。McNeill 等^[61] 研究指出,有机质含量低的壤质砂土 0~10 cm 土层,种植小麦时土壤 SON 含量为 16 mg/kg,牧草时 SON 为 24 mg/kg。在有机农业生产条件下 0~25 cm 土层中 SON 含量在 11~20 mg/kg 之间^[11]。草地 0~90 cm 剖面中 SON 含量超过 50 mg/kg^[12]。王清奎等人^[13] 对杉木人工林地研究发现,水土比为 2.5:1 时土壤 DON 在 4.5~7.3 mg/kg 之间。本研究测定的有机肥中 SON 含量是上述土壤 SON 含量的 20~50 倍左右。可见,施用有机肥的同时,也给土壤中施入了数量可观的 SON。

不同提取剂相比,水比 0.01mol/L CaCl₂ 能提取出更多的 SON (表 2)。Paul 等人^[14] 发现,对腐殖质灰壤水提取出的 SON 是 10 mmol/L CaCl₂ 的 2 倍多,而泥炭灰壤土则相反,认为不同提取剂提取的 SON 含量与土壤类型和质地有关。因此,在比较不同土壤或有机肥料中 SON 含量时应注意采用的提取剂的类型。

2.1.2 不同有机肥中 SON 占 TSN、TN 的比例

从表 3 看出,不同有机肥的 SON 占 TSN 和 TN 比例不同。水提取有机肥,提取液中 SON 占 TSN 比例平均为 70.5%。0.01 mol/L CaCl₂ 溶液浸提时,提取液中 SON 占 TSN 比例平均为 74.7%。对林地生态系统的研究发现,土壤有机质层中 SON 占 TSN 的 90% 以上^[15],挪威森林土壤溶液中 62%~83% 的 N 是以有机形态存在^[16]。有机质含量低的壤质砂土 0~10 cm 土层,SON 占 TSN 的 55%~66%^[10]。淡水中 DON 通常占 TSN 的 10%~70%,最高的达到 85%^[18]。Lewis^[17] 在研究美国 19 条受到轻度污染的河流水中发现,DON 占 TSN 的 63%。有机肥料提取液中 SON 占 TSN 的比例与其他学者对其他生态系统土壤的研究结果相类似。可见,有机肥料中的可溶性氮素绝大部分以 SON 形式存在。

有机肥中 SON 平均占其 TN 的 4.3%~4.9% (表 3)。对杉木人工林地研究表明,DON 占 TN 的比例在 0.33%~0.61% 之间^[13]。不同类型土壤 SON 占 TN 比例在 0.3%~1.4% 之间^[10]。可见,有机肥中 SON 占 TN 比例远高于林地和农地,进一步说明有机肥中的 SON 是不可忽视的氮素组分。

表 3 不同提取剂提取出的有机肥 SON 占 TSN、TN 比例 (%)

有机肥代号 Code of O. M.	SON 占 TSN 比例 Percentage of SON to TSN (%)		SON 占 TN 比例 Percentage of SON to TN (%)	
	H ₂ O 提取 Extract	CaCl ₂ 提取 Extract	H ₂ O 提取 Extract	CaCl ₂ 提取 Extract
O. M. ₁	86.5	91.8	5.9	5.7
O. M. ₂	80.8	86.6	5.5	5.0
O. M. ₃	65.8	86.9	4.1	4.6
O. M. ₄	56.9	69.8	4.2	2.8
O. M. ₅	54.4	48.8	3.8	3.1
O. M. ₆	83.5	82.2	6.0	4.4
O. M. ₇	65.7	57.2	4.9	4.4
平均 Mean	70.5a	74.7a	4.9a	4.3a

2.2 不同有机肥中 SOC 含量及其所占 TOC 的比例

由表 4 可知,不同有机肥中 SOC 含量也与提取剂的种类和有机肥的类型有关。水提取液中 SOC 含量平均为 695 mg/L 左右,最低为 444 mg/L,最高为 854 mg/L。0.01 mol/L CaCl₂ 溶液提取液中 SOC 含量平均为 622 mg/L 左右,最低为 425 mg/L,最高为 752 mg/L。

在耕作和休闲农地 90cm 土层处平均 DOC (dissolved organic carbon) 含量分别在 25~32 mg/L 之间^[17]。土壤腐殖化的有机层 (0a) 中 DOC 含量为 32 mg/L,火山灰土壤中 DOC 含量高达 196 mg/L^[18]。湖水中 DOC 含量平均为 2.48 mg/L^[18]。杨顶田等人^[12] 对长江下游湖泊中 DOC 的时空分布研究指出,秋季太湖水体中

DOC 均在 10.5 mg/L 左右。与这些不同生态系统土壤或水体中的 SOC 含量相比,有机肥提取液中 SOC 含量也相等可观。若随雨水进入水体,必然会严重影响水体质量。

水和 0.01 mol/L CaCl₂ 溶液提取有机肥中 SOC 含量分别平均为 7873 mg/kg 和 7054 mg/kg (表 4)。土壤 DOC 含量一般很少超过 200 mg/kg。如 Hishi 等^[9] 研究发现,寒温带森林生态系统表层土壤 DOC 含量平均为 126 mg/kg。李忠佩等人^[10] 指出,一般南方土壤中 DOC 平均含量在 100 ~ 200 mg/kg 左右,潞育黄泥田的 DOC 最高可达 500 mg/kg。我国杉木人工林地土壤 DOC 含量在 94 ~ 135 mg/kg 之间^[4]。徐秋芳等人^[11] 研究认为我国亚热带林地土壤 DOC 含量在 80 ~ 156 mg/kg 之间。可见,有机肥中 SOC 含量是多数土壤的 30 多倍,施入农田后会对土壤 C/N 产生影响,进一步影响土壤 C、N 循环。

水和 0.01 mol/L CaCl₂ 提取有机肥中的 SOC 占 TOC 比例分别平均为 2.1 % 和 1.9 % (表 4)。我国亚热带林地土壤 DOC 占 TOC 的比率在 0.78 % ~ 1.26 % 之间^[11],杉木人工林地土壤 DOC 占 TOC 比例在 0.50 % ~ 0.67% 之间^[13]。可见,有机肥的 SOC 占 TOC 的比例高于一般土壤,这与有机肥有机物质含量高有关。两种提取方法相比,水比 0.01mol/L CaCl₂ 能提取出更多的 SOC,原因尚待研究。

表 4 不同提取剂提取的有机肥 SOC 量及其占有有机肥 TOC 的比例

Table 4 Comparing the percentage of SOC extracted with different solution to TOC in the manures

有机肥代号 Code of O. M.	提取液中 SOC 的浓度 SOC concentration in extracting solution (mg/L)		有机肥中 SOC 的含量 SOC content in manures (mg/kg)		SOC 占 TOC 比例 (%) Percentage of SOC to TOC	
	H ₂ O 提取 Extract	CaCl ₂ 提取 Extract	H ₂ O 提取 Extract	CaCl ₂ 提取 Extract	H ₂ O 提取 Extract	CaCl ₂ 提取 Extract
O. M. ₁	854 ± 0.13	695 ± 3.88	9574 ± 0.06	7788 ± 0.12	2.1	1.7
O. M. ₂	692 ± 19.52	520 ± 0.27	7750 ± 0.31	5827 ± 0.10	1.5	1.1
O. M. ₃	690 ± 5.12	652 ± 1.52	8319 ± 0.09	7869 ± 0.03	1.6	1.5
O. M. ₄	444 ± 0.11	425 ± 0.68	4831 ± 0.15	4625 ± 0.17	3.7	3.5
O. M. ₅	701 ± 0.82	680 ± 2.62	7994 ± 0.07	7758 ± 0.04	1.7	1.7
O. M. ₆	672 ± 0.32	629 ± 2.74	7605 ± 0.02	7130 ± 0.06	1.7	1.6
O. M. ₇	812 ± 11.26	752 ± 3.82	9037 ± 0.18	8379 ± 0.11	2.1	2.0
平均 Mean	695 a	622 b	7873 a	7054 b	2.1a	1.9 b

2.3 有机肥提取液中 SON、SOC 的特性及与总有机碳、全氮、无机氮的关系

由表 5 可知 有机肥水提取液中 SOC/SON 的平均值为约 6.7,最低为 5.4,最高为 8.6。用 0.01 mol/L CaCl₂ 提取,提取液中 SOC/SON 平均为 6.9 左右,最低为 5.2,最高为 8.0。有研究指出,湖水中 DOC/DON 平均为 22.8^[8]。我国杉木人工林地 DOC/DON 在 20 左右^[13]。可以看出,有机肥 SOC/SON 较低,可能与有机肥中含碳有机物的分解有关。

表 5 不同提取剂提取的有机肥的 SOC/SON 比值

Table 5 Comparing the ratio of SOC to SON of manures extracted with different solutions

有机肥代号 Code of O. M.	O. M. ₁	O. M. ₂	O. M. ₃	O. M. ₄	O. M. ₅	O. M. ₆	O. M. ₇	平均 Mean
H ₂ O 提取 Extract	7.9	6.2	8.6	5.6	6.8	5.4	6.2	6.7 a
CaCl ₂ 提取 Extract	6.7	5.2	7.2	8.0	8.0	6.9	6.4	6.9 a

表 6 给出了不同提取剂提取的 SON 和 SOC 含量与有机肥其他性状的相关分析结果。可以看出,只有 0.01 mol/L CaCl₂ 溶液提取有机肥中的 SON 与 SOC 间的相关性达显著水平,其他各项均未达到显著水平。但水提取有机肥的 SON 含量与 TSN、SOC 含量间有正相关性的趋势,与 NH₄⁺-N、NO₃⁻-N 含量有负相关的趋势;水提取的 SOC 含量与 TOC 含量间的相关性也相对较高。其他学者对河流水样的研究发现,水体中 DON 与

DOC 有显著正相关关系,DON 与 NO_3^- -N 有显著的负相关关系^[8],DOC 与 TOC 显著正相关^[8]。

SON 与 SOC 间的相关性高,表明可溶性有机物在 C、N 元素组成上具有密切的联系。SOC 与 TOC 的关系密切,表明有机肥、水体或土壤中 TOC 的含量是决定这些介质中生物活性有机碳库大小的主要因素。SON 与 NO_3^- -N 含量呈现负相关,反映了它们之间此消彼长的关系,因 SON 矿化分解后可以形成 NO_3^- -N。

综上所述,有机肥料中 SON 和 SOC 的含量受诸多因素影响。因此,有必要进一步研究影响不同有机肥料中 SON 和 SOC 含量及其与有机肥种类、腐熟程度等间的关系,以及施入土壤或进入水体后其迁移转化特性。

表 6 有机肥中 SON、SOC 与总有机碳、全氮、可溶性总氮、无机氮的相关分析
Table6 Coefficients of correlations between SON, SOC and TOC, TN, TSN, NH_4^+ -N, NO_3^- -N in the manures

		TOC	TN	TSN	SOC	NH_4^+ -N	NO_3^- -N
H ₂ O 提取 Extract	SON	0.436	0.469	0.557	0.612	-0.350	-0.043
	SOC	0.738	0.270	0.207	—	-0.741	-0.281
CaCl ₂ 提取 Extract	SON	0.761	0.337	0.641	0.785 *	-0.695	0.250
	SOC	0.591	0.541	0.736	—	-0.693	0.491

* 显著水平 Significant at 0.05 level ; $n=7$; $df=5$, $P_{(0.05)}=0.754$, $P_{(0.01)}=0.874$

3 结论

3.1 有机肥提取液中 SON 含量平均在 100 mg/L 左右,SON 占 TSN 和 TN 的比例分别高达 70% 和 4.3 % ; SOC 含量平均在 600 mg/L 以上,SOC 占 TOC 比例在 2.0 % 左右。如此高的 SON 含量如果随着地面径流和下渗水进入水体,不仅引起氮素养分的流失,而且造成潜在的环境污染。

3.2 有机肥中 SON 和 SOC 含量分别平均在 1100 mg/kg 和 7054 mg/kg 以上。施入有机肥给土壤会带来大量的 SON 和 SOC,对土壤 C/N 产生影响,进一步影响土壤 C、N 循环。

3.3 有机肥提取液中 SOC/SON 平均为 6.8 左右,SON 与 SOC 间的相关性高,表明可溶性有机物在 C、N 元素组成上具有密切的联系。SON 与 NO_3^- -N 含量呈现负相关,反映了它们之间此消彼长的关系。

References :

[1] Bolan N S, Adriano D C. Effects of organic amendments on the reduction and phytoavailability of chromate in mineral soil. Journal of Environmental Quality, 2003,32 (1) 120—128.

[2] Jin W X, Zhao X Y, Wang X P, *et al.* Effects of the combined use of organic manure and mineral nitrogen fertilizer on the qualities of vegetables. Scientia Agriculture Sinica, 1985, (1), 52—56.

[3] Han B J, Chen Y, Qiao Y F, *et al.* Effect of long-term application organic fertilizer on soil physiochemical properties. System Sciences And Comprehensive Studies In Agriculture, 2004,20 (4) 294—296.

[4] Xu Y C, Shen Q R, Miao Z S. Contents and distribution of forms of organic nitrogen in soil and particle size fractions after long-term fertilization. Scientia Agriculture Sinica, 2002,35 (4) 403—409.

[5] Xi Z B, Wang Y Q, Yang P Z. The issue on organic manure in developing modern agriculture in China. Scientia Agriculture Sinica, 2004,37 (2) 1874—1878.

[6] Hao X Y, Chang C. Greenhouse gas emissions during cattle feedlot manure composting. Journal of Environmental Quality,2001,30 (1) 376—386.

[7] Yao L X, Zhou X C. Impact of organic manure on the environment and its corresponding preventive researches. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2005,13 (1) 113—115.

[8] Lin B. Chemical fertilizer and free-pollution agriculture. Beijing :China Agriculture Press, 2003. 78.

[9] Jensen L S, Mueller T, Magid J, *et al.* Temporal variation of C and N mineralization, Microbial biomass and extractable organic pools in soil after oilseed nitrogen. Soil Biol Biochem,1997,29 1043—1055.

[10] Zhong Z, Makeschin F. Soluble organic nitrogen in temperate forest soils. Soil Biology & Biochemistry, 2003,35 333—338.

[11] Kalbitz K, Schwesig D, Rethemeyer J, Matzner E. Stabilization of dissolved organic matter by sorption to the the mineral soil. Soil Biology & Biochemistry,2005,37 1—13.

[12] Zhou J B, Chen Z J, Zheng X F. Soluble organic nitrogen in soil and its roles in the supply and transformation of N. Chinese Journal of Soil Science, 2005,36 (1) 244—248.

[13] Houba V J G, Novozamsky I, Huybregts A W M, *et al.* Comparison of soil extractions by 0.01M CaCl₂, by EUF and by some conventional

extraction procedures. J Plant Soil, 1986,96 433—437

[4] Lu R K. A analysis method of soil agriculture chemistry. Beijing :Chinese Agriculture Scientific & Technological Press, 2000. 421—425.

[5] Li Y K. A commonly analysis method of soil agriculture chemistry. Beijing :Science Press, 1983. 398—401.

[6] Zhou J B, Li S X. Choosing of a proper oxidizer for alkaline persulfate oxidation to determining total nitrogen in solution. Journal of Plant Nutrition and Fertilizer Science, 1998,4 299—304.

[7] Siemens j, Kaupenjohann M. Contribution of dissolved organic nitrogen to N leaching from four German agricultural soils. Plant Nutr Soil Sci, 2002,165 :675—681.

[8] Willett V B, Reynolds B A, Stevens P A, *et al.* Dissolved organic nitrogen regulation in freshwaters. Journal of Environmental Quality, 2004,33 : 201—209.

[9] Kerner M, Spitzy A. Nitrate regeneration coupled to degradation of different size fraction of DON by the picoplankton in the Elbe estuary. Microbial Ecology, 2001,41 69—81.

[10] McNeill A M, Sparling G P, Murphy D V, *et al.* Changes in extractable and microbial C, N, and P in a western Australian wheat belt soil following simulated summer rainfall. Aust Soil Res, 1998,36 841—854.

[11] Murphy D V, Macdonald A J, Stockdale E A, *et al.* Soluble organic nitrogen in agricultural soils. J. Biol. Fertil. Soils, 2000,30 :374—387.

[12] Bhogal A, Murphy DV. Distribution of nitrogen pools in the soil profile of undisturbed and reseeded grasslands. J. Biol Fertil Soils, 2000,30 : 356—362.

[13] Wang Q K, Wang S L, Fen Z W. A study on dissolved organic carbon and nitrogen nutrients under Chinese fir plantation :Relationships with soil nutrients. Acta Ecologica Sinica, 2005,25 1299—1305.

[14] Paul J P, Williams B L. Contribution of α -amino N to extractable organic nitrogen (DON) in three soil types from the Scottish uplands. Soil Biology & Biochemistry, 2005,37 801—803.

[15] Yu Z S, Kraus E C, Dahlgren R A, *et al.* Mineral and dissolved organic nitrogen dynamics along a soil acidity-fertility gradient. Soil Sci Soc Am, 2003,67 878—888.

[16] Smolander A, Kitunen V, Miknen E. Dissolved soil organic nitrogen and carbon in a Norway spruce stand and an adjacent clear-cut. Biol Fertil Soil, 2001,33 190—196.

[17] Lewis W M. Yield of nitrogen from minimally disturbed watersheds of the United States. Biogeochemistry, 2002,57 375—385.

[18] Qualls R G, Haines B L. Geochemistry of dissolved organic nutrients in water percolating through a forest ecosystem. Soil Sci Soc Am, 1991,55 : 1112—1123.

[19] Hishi T, Hirobe M, Tateno R, *et al.* Spatial and temporal patterns of water-extractable organic carbon (WEOC) of surface mineral soil in a cool temperate forest ecosystem. Soil Biology & Biochemistry, 2004,36 1731—1737.

[20] Li Z P, Zhang T L, Chen B Y. Dynamics of soluble organic carbon and its relation to mineralization of soil organic carbon. Acta Pedologica Sinica, 2004,41 544—552.

[21] Xu Q F, Jiang P K. Study on active organic carbon of soils under different types of vegetation. Journal of Soil and Water Conservation, 2004,18 84—87.

[22] Yang D T, Chen W M. The temporal and spatial distribution of dissolved organic carbon in lakes at the lower reach of Changjiang River. Environment Pollution and Control, 2004,26 275—278.

参考文献：

[2] 金维续,赵学蕴,王小平,等. 厩肥与氮肥配合对蔬菜品质影响的研究. 中国农业科学, 1985, 1 5~256.

[3] 韩秉进,陈渊,乔云发,等. 连年施用有机肥料对土壤理化性状的影响. 农业系统科学与综合开发, 2004,20 4 294~296.

[4] 徐阳春,沈其荣,郝泽圣. 长期施用有机肥对土壤及不同粒级中酸解有机氮含量及分配的影响. 中国农业科学, 2002,35 4 403~409.

[5] 奚振邦,王寓群,杨佩珍. 中国农业发展中的有机肥问题. 中国农业科学, 2004,37 2 1874~1878.

[7] 姚丽贤,周修冲. 有机肥对环境的影响及预防研究. 中国生态农业学报, 2005,13 1 113~115.

[8] 林葆. 化肥与无公害农业. 北京 中国农业出版社, 2003. 78.

[2] 周建斌,陈竹君,郑险峰. 土壤可溶性有机氮及其在氮素供应及转化中的作用. 土壤通报, 2005,36 1 244~248.

[4] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京 中国农业科技出版社, 2000. 421~425.

[5] 李酉开. 土壤农业化学常规分析方法. 北京 科学出版社, 1983. 398~401.

[6] 周建斌,李生秀. 碱性过硫酸钾法测定溶液中全氮含量法氧化剂的选择. 植物营养与肥料学报, 1998, 4 1 299~304.

[3] 王清奎,汪思龙,冯宗炜. 杉木人工林土壤可溶性有机质及其与土壤养分的关系. 生态学报, 2005,25 6 1299~1305.

[10] 李忠佩,张桃林,陈碧云. 可溶性有机碳的含量动态及其与土壤有机碳矿化的关系. 土壤学报, 2004, 41 :544~552.

[11] 徐秋芳,姜培坤. 不同森林植被下土壤水溶性有机碳的研究. 水土保持学报, 2004,18 84~87.

[12] 杨顶田,陈伟民. 长江下游湖泊中可溶性有机碳的时空分布. 环境污染与防治, 2004,26 4 275~278.