

有机肥中不同形态氮及可溶性有机碳在土壤中淋溶特性研究

王红霞¹, 周建斌^{1,2}, 雷张玲¹, 赵满兴³

(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; 3. 延安大学生命学院, 陕西 延安 716000)

摘要:通过室内土柱模拟淋溶试验比较了两种供试土壤加入等量氮素后, 化肥处理(硫酸铵溶液)和有机肥提取液处理淋溶过程中不同形态氮及可溶性有机碳(DOC)在土壤中的淋溶迁移特性。结果表明, 加入硫酸铵溶液后两个土壤氮素累积淋失量较未施肥清水对照无明显变化, 肥料氮的淋失量占氮总淋失量的比例在 2.31%~8.68%之间; 而加入有机肥提取液后淋出的氮量显著增加, 肥料氮占氮总淋失量的比例达 65.7%~76.4%。有机肥处理淋失的氮素形态以可溶性有机氮(DON)为主, 其次为硝态氮和铵态氮; 而化肥处理氮素淋失形态以硝态氮为主(85.2%~88.8%), 其次为可溶性有机氮 DON(7.9%~10.2%), 铵态氮所占比例最低(3.3%~4.6%)。有机肥处理 DOC 和铵态氮的淋失量也显著高于化肥处理。因此, 有机肥中可溶性养分特别是可溶性有机碳、氮在土壤中的淋失值得关注。

关键词:土柱试验; 可溶性有机氮、碳; 养分淋失

中图分类号:X502 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2008)04-1364-07

Leaching of Different Forms of Nitrogen and Dissolved Organic Carbon of Organic Manure in Soil Column

WANG Hong-xia¹, ZHOU Jian-bin^{1,2}, LEI Zhang-ling¹, ZHAO Man-xing³

(1. College of Resource & Environmental Sciences, Northwest A&F University, Yangling 712100, China; 2. Key Laboratory of Plant Nutrition and Nutrient Cycling, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China; 3. College of Life Sciences, Yan'an University, Yan'an 716000, China)

Abstract: Dissolved organic carbon (DOC) and nitrogen (DON) represent two major constituents of dissolved nutrients in manures. However, not much is known about their dynamics in soil. The aim of this study was therefore to quantify the leaching characteristics of different forms of nitrogen and DOC in the solution extracted from a cow manure. The solution extracted was added to soil columns for leaching and ammonium sulfate $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ solution with same amount of nitrogen was added in other soil columns for comparison. Results showed that the addition of ammonium sulfate solution did not increase the leached N compared to water added treatment (control), and the N leached from ammonium sulfate only accounted for about 2.31%~8.66% of total leached N. The addition of the manure-extracted solution significantly increased the leached N in comparison to the control, occupying 65.7%~76.4% of total N leached. The main form of N leached from the manure-extracted solution was DON, followed by NO_3^- -N and NH_4^+ -N. For ammonium sulfate solution treatment, NO_3^- -N (85.2%~88.8%) was the major N form leached, followed by DON (7.9%~10.2%) and NH_4^+ -N (3.3%~4.6%). Addition of manure-extracted solution also significantly increased the leaching amounts of NH_4^+ -N and DOC compared to ammonium sulfate treatment. Therefore, the leaching of DOC and DON from manure needs to be paid more attention.

Keywords: soil column; dissolved organic carbon and nitrogen; leaching of nutrients

收稿日期: 2007-12-04

基金项目: 国家自然科学基金(40773057, 30370288 和 40571087); 农业部植物营养与养分循环重点实验室开放基金(2005-7); 西北农林科技大学拔尖人才支持计划(2006)

作者简介: 王红霞(1982—), 女, 硕士, 主要从事土壤中可溶性有机氮的研究。E-mail: wabby123@163.com

通讯作者: 周建斌 E-mail: jbzhou@nwsuaf.edu.cn

我国农业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^[1-3],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。有研究表明^[4,5],与施用矿质态氮相比,施用有机肥处理淋失的氮素量高。说明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不同养分的特性。有机肥中的可溶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,已进行了不少研究,而对有机肥中可溶性有机态养分的了解尚很有限。

近 10 余年的研究表明,土壤中的可溶性有机碳、可溶性有机氮(DOC, DON)是土壤有机质中较为活跃的组分,与生态系统中碳、氮迁移转化等有关。Murphy 等研究发现^[6],英格兰一些土壤 KCl 提取的 DON 含量在 22~34 kg N·hm⁻² 之间,约占土壤可溶性总氮量的 40%~50%,与矿质氮的数量相当。作为土壤氮素的重要组成部分之一,可溶性有机氮的淋溶也引起人们的关注。Perakis 等^[7,8]分析了南美未受人类干扰的森林流域 13 个地区中的 100 条河流的化学成分,结果发现,平均有 80%的可溶性氮是以有机态的形式损失。

有机肥是土壤可溶性有机养分的主要来源之一^[9]。了解有机肥对农田土壤中可溶性有机碳、氮的淋溶、迁移特性,具有十分重要的意义。但目前人们将更多的注意力集中在土壤中矿质态氮素等养分迁移转化方面,忽视了对有机肥中可溶性有机养分的研究。因此,本试验比较了化肥及有机肥中不同形态氮素及可溶性有机碳的淋溶特性,旨在为合理施用有机肥,保护生态环境提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试的两个土样分别采自陕西杨凌头道塬和三道塬的 0~20 cm 土壤,编号为土壤 1 和土壤 2。土壤 1 粘粒、粉粒和砂粒分别为 39.7%、50.4%和 9.9%,土壤 2 的分别为 53.3%、46.7%和 1.8%。土壤 1 的全氮和有机质含量分别为 1.34 g·kg⁻¹ 和 17.97 g·kg⁻¹,土壤 2 的分别为 1.23 g·kg⁻¹ 和 16.67 g·kg⁻¹。土壤类型为普通垫旱耕人为土,土样采回风干后,过 1 mm 筛备用。供试有机肥为新鲜的牛粪,采自西北农林科技大学附近农村。

1.2 试验设计

试验设淋溶液种类和土壤类型两个研究因素,其

中,淋溶液种类包括清水对照、有机肥提取液和化肥溶液(硫酸铵);有机肥提取液采用 1:10 的水肥比浸提,将浸提液过滤后备用,有机肥的可溶性全氮含量为 119 mg·L⁻¹,其中铵态氮含量 14.73 mg·L⁻¹,可溶性有机氮含量为 104.27 mg·L⁻¹;化肥处理总氮的浓度与有机肥处理相同;土壤类型为上述两个不同质地的土壤。组成完全方案,共 6 个处理,重复 3 次。

称取上述每种风干土样 320 g,装入内径为 4 cm、高为 25 cm 的有机玻璃柱中,装土高度约 20 cm,土壤容重约为 1.25 g·cm⁻³。淋溶试验开始时,先给每个土柱加水至田间持水量后预培养 7 d,以平衡土柱条件,随后进行土柱淋溶试验。

分别用上述不同淋溶液(100 mL)淋溶土柱,用医用输液管控制淋溶速率为 3.1 mL·min⁻¹,每次淋溶过后,收集淋溶液,将收集到的淋溶液用真空泵抽滤过 0.45 μm 滤膜后,分别测定其中的可溶性全氮(TDN)、NO₃⁻-N、NH₄⁺-N、DOC 和 DON 含量,并测定淋出液的 UV₂₈₀ 吸收值和腐殖化指数(HIXem),以评价不同形态氮素、可溶性有机碳在土壤中的淋溶特性。共进行 5 次淋溶,每次间隔一周。前两次分别用 100 mL 不同处理的淋溶液淋溶,每次淋溶液时有机肥处理和化肥处理加入的全 N 含量保持一致,均为 11.9 mg,随后 3 次各个处理均用 100 mL 蒸馏水淋溶,以评价被土壤吸持养分的解吸情况。

试验结束后,按 0~5 cm、5~10 cm 和 10~20 cm 将土柱中的土壤分层取出,分别测定其含水量,同时采用蒸馏水提取,测定提取液中的可溶性全氮(TSN)、NO₃⁻-N、NH₄⁺-N、DOC 和 DON 含量及 UV₂₈₀ 和腐殖化指数 HIXem。

1.3 测定方法及有关计算

淋出液或土壤提取液中可溶性有机碳的测定采用 TOC-5050 分析仪,可溶性总氮(TDN)的测定,采用 3%碱性过硫酸钾氧化法在 121 °C 下氧化 30 min 后,用紫外分光光度计测定;硝态氮、铵态氮采用连续流动分析仪测定;可溶性有机氮含量根据可溶性全氮和无机氮(NH₄⁺-N+ NO₃⁻-N)的差值得得^[10]。淋出液或土壤提取液中可溶性有机物对 280 nm 紫外光的吸收值(UV₂₈₀)采用紫外分光光度计测定,HIXem 值采用荧光光谱仪测定^[11,12]。HIXem 值定义为长波区域(435~480 nm)的面积除以短波区域(300~345 nm)的面积。

1.4 计算与统计分析

所有数据用 EXCEL 和 SAS 8.0 version 进行统计

分析,采用新复极差(Duncan)检验法检验肥料间、土壤间的显著性差异。

2 结果与分析

2.1 不同处理肥料氮淋失形态及数量

从表 1 可以看出,未加入肥料的对照,土壤 1 和土壤 2 氮素的累积淋失量分别为 7.20 和 5.47 mg·土柱⁻¹,两种土壤淋失的氮素均以硝态氮为主(85.2%~88.8%),其次为可溶性有机氮(7.9%~10.2%),铵态氮所占比例最低(3.3%~4.6%)。加入硫酸铵溶液后两个土壤氮素累积淋失量分别为 7.37 和 5.99 mg·土柱⁻¹,较未加入肥料的对照有所增加,但幅度有限;土壤 1 和土壤 2 的化肥处理肥料氮的淋失量(即施肥处理氮素淋失量与不施肥对照氮素淋失量之差)分别占氮总淋失量的 2.31%和 8.68%。加入有机肥提取液后两个土壤淋出的氮量显著增加,分别为 21.0 和 23.2 mg·土柱⁻¹,其中肥料氮的淋出量土壤 1 和土壤 2 分别为 13.82 和 17.71 mg·土柱⁻¹,分别占氮总淋失量的 65.7%和 76.4%,说明有机肥中的氮淋失数量显著高于化肥处理。

从淋失氮素的形态看,化肥处理两种土壤淋失氮素的形态与未加入肥料的对照类似,也以硝态氮为主,其次为可溶性有机氮,铵态氮所占比例最低。而有机肥处理两种土壤氮素淋失形态中可溶性有机氮的比例在 45.2%~51.9%之间,硝态氮的比例在 22.0%~30.7%之间,铵态氮的比例在 24.1%~26.1%之间。化肥

处理加入的氮素形态为铵态氮,淋出的以硝态氮为主,这与加入的铵态氮在土壤中发生硝化作用有关。有机肥处理淋出液中氮素的形态与加入氮素的形态也发生明显变化,可溶性有机氮的比例降低,而铵态氮和硝态氮的比例显著增加,说明加入的有机肥氮素也发生转化。两个供试土壤肥料氮的淋出数量相比,土壤 2 的均高于土壤 1,这可能与其性质的差异有关。

2.2 不同淋溶时期淋出液中可溶性有机碳的淋失量

由图 1 可以看出,两种土壤 5 次淋溶过程中化肥处理淋出液中 DOC 的含量与对照相比无明显变化,淋出液中 DOC 含量较低,在 1.66~2.71 mg·土柱⁻¹之间。而有机肥处理 5 次淋溶过程中淋出液中 DOC 的含量变化较大,淋出液中 DOC 含量在 3.85~20.97 mg·土柱⁻¹之间,显著高于对照和化肥处理,这与有机肥提取液含有丰富的可溶性有机物有关。从有机肥处理 5 次淋溶过程中不同时期淋出液中 DOC 的含量看,前 3 次淋溶过程中 DOC 的含量逐渐增加,随后逐渐降低。有机肥处理淋溶期间前 2 次均加入了有机肥

表 1 不同施肥条件下土壤中不同处理氮素的淋失数量及形态(mg·土柱⁻¹)

Table 1 Forms and amount of nitrogen leached from the soil of the different treatments (mg·column⁻¹)

土壤 Soil	肥料 Fertilizer	氮素淋溶总量 Total N leached	淋失氮素形态 N forms leached		
			NO ₃ -N	NH ₄ ⁺ -N	DON
土壤 1	化肥	7.37B	6.50A	0.27B	0.60B
	有机肥	21.02A	6.46A	5.07A	9.49A
	对照 1	7.20B	6.39B	0.24B	0.57B
	平均值	11.86a	6.45a	1.86b	3.55b
土壤 2	化肥	5.99B	5.13A	0.27B	0.59B
	有机肥	23.18A	5.09A	6.05A	12.04A
	对照 2	5.47B	4.66B	0.25B	0.56B
	平均值	11.54b	4.96b	2.19a	4.40a

注:同列不同大写字母表示不同肥料处理间的差异达到显著水平,不同小写字母表示土壤间的差异达到显著水平($P<0.05$)。

Notes: Different capital letters in the same column indicate the significant difference in different treatments ($P<0.05$), Different lowercases in the same column indicate the significant difference in soils.

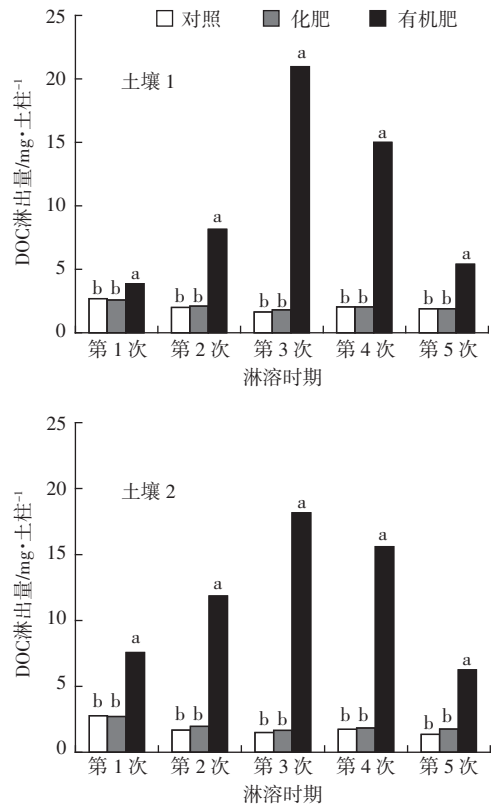


图 1 不同处理对两种土壤不同淋溶时期淋出 DOC 量的影响 (同一时期不同字母代表处理间的差异达显著水平($P<0.05$))
Figure 1 Effects of different treatments on the DOC leached from the two soils during the different leaching periods (Different letters at the same leaching period indicate the significant difference ($P<0.05$))

提取液进行淋溶,后 3 次均用水进行淋溶,而淋溶液中 DOC 含量却以第 3 次淋溶液的最高,这可能与前 2 次加入的有机肥中 DOC 被土壤吸附以及采用水淋溶时吸附的 DOC 解吸有关。从累积淋失量来看,对照处理两种土壤的 DOC 累积淋溶量分别为 10.22 和 9.07 $\text{mg} \cdot \text{土柱}^{-1}$;施入化肥后,两种土壤的 DOC 淋溶累积量与对照相比相差不大,分别为 10.41 和 9.93 $\text{mg} \cdot \text{土柱}^{-1}$;而有机肥的 DOC 淋溶累积量为 53.36 和 59.44 $\text{mg} \cdot \text{土柱}^{-1}$,显著高于对照和化肥处理。由此可见,施入有机肥后显著增加了淋溶液中 DOC 的累积淋溶量。

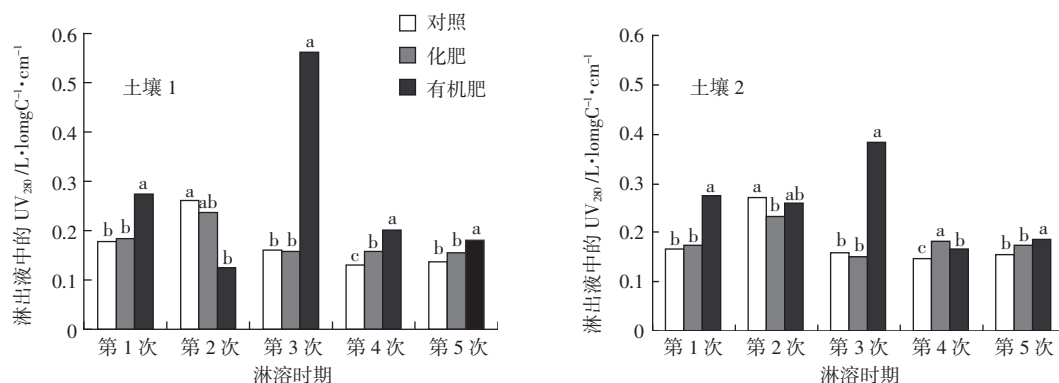
2.3 施用不同氮肥对淋溶液中腐殖化指数(HIX_{em})和 UV₂₈₀ 的影响

可溶性有机物对不同光谱的吸收特性与其结构的复杂程度有关。因此,一些学者利用 UV 法测得的可溶性有机物在 280 nm 下的吸收值(UV₂₈₀)和荧光发射光谱测得的可溶性有机物的腐殖化指数(HIX_{em})作为评价其结构变化的简便、快速指标^[13-15]。由图 2 和图 3 可以看出,5 次淋溶过程中两种土壤化肥处理淋

出液中可溶性有机物的 UV₂₈₀ 值和 HIX_{em} 值与对照相比多无显著差异,说明化肥处理淋出的可溶性有机物的结构与对照相比无明显差异。而与对照和化肥处理相比,有机肥处理 UV₂₈₀ 值和 HIX_{em} 值的变化有所不同。有机肥处理淋出液中的 UV₂₈₀ 值在淋溶前 2 次的变化与对照相比,因淋溶时期和土壤的不同有别;第 3 次淋溶时有机肥处理的 UV₂₈₀ 值显著高于对照和化肥处理,以后两次的也显著高于对照。说明有机肥处理淋溶液可溶性有机物中芳香类化合物的含量相对较高。前两次淋溶过程中,有机肥处理的 HIX_{em} 值显著低于对照和化肥处理,之后的 3 次淋溶过程中其与对照和化肥处理 HIX_{em} 值的差异较小,这可能与前两次加入有机肥提取液后土壤对其中腐殖化程度高的有机物的吸附有关。

2.4 淋溶过后土壤提取液中不同形态氮素及 DOC 的变化

从表 2 可以看出,淋溶后化肥处理显著增加了两个土壤各层次硝态氮和铵态氮的含量,其中土壤 1 的 0~5、5~10 和 10~20 cm 土层硝态氮含量比对照分别



(同一时期不同字母代表处理间的差异达显著水平($P < 0.05$),下同)

(Different letters at each leaching period indicate the significant difference ($P < 0.05$), the same as below)

图 2 不同淋溶液中可溶性有机物质 UV₂₈₀ 的变化

Figure 2 Comparisons of the UV₂₈₀ of the dissolved organic matter in leaching solution during the different periods

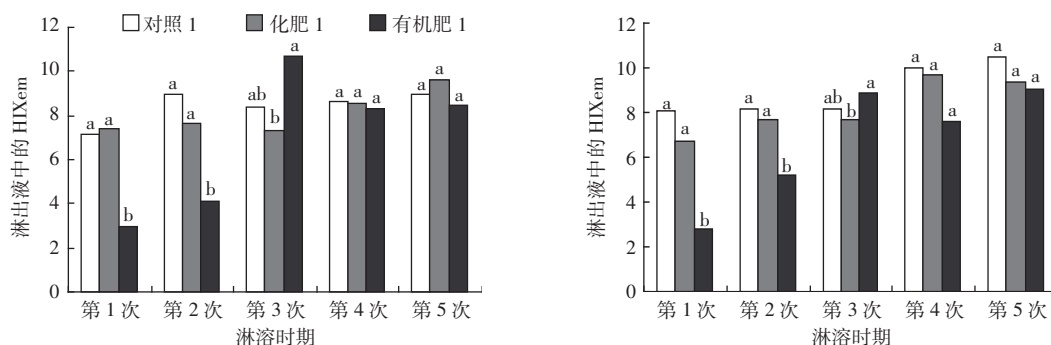


图 3 不同淋溶时期淋出液中可溶性有机物质 HIX_{em} 的变化

Figure 3 Comparisons of the HIX_{em} of the dissolved organic matter in leaching solution during the different periods

增加了 0.91、1.84 和 3.53 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 土壤 2 的分别增加了 1.26、1.67 和 2.1 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 土壤 1 的 0~5、5~10 和 10~20 cm 土层铵态氮含量比对照分别增加了 1.72、0.78 和 0.54 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 土壤 2 的分别增加了 1.17、0.8 和 1.19 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。这与加入化肥处理后土壤对加入铵的吸附、固定以及硝化作用有关。化肥处理各层次 DON 和 DOC 含量与对照相比, 变化幅度较小, 但不同肥料处理之间仍达到了显著的差异。方差分析结果表明, 淋溶后两种土壤化肥处理与对照和有机肥相比, 硝态氮、铵态氮和可溶性有机氮含量间的差异均达显著水平。有机肥处理也显著增加了两个土壤各层次硝态氮和铵态氮的含量, 但增加幅度低于化肥处理。这与有机肥处理淋失的氮素较多有关。有机肥处理显著增加了各土层可溶性有机碳的含量, 其中土壤 1 的 0~5、5~10 和 10~20 cm 土层 DOC 含量比对照分别增加了 34.62、30.36 和 40.14 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 土壤 2 的分别增加了 16.25、41.47 和 40.18 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。方差分析表明, 两种土壤的有机肥处理与对照和化肥处理相比,

DOC 含量的差异均达显著水平, 说明淋溶结束后仍有相当一部分加入的可溶性有机物被土壤吸附。

不同土壤相比, 淋溶结束后土壤 2 各土层不同形态氮及 DOC 的含量均较土壤 1 低, 这可能与土壤 2 的淋失数量多有关。就提取的可溶性有机氮占可溶性全氮的比例(DON/TDN)看, 两种土壤不同肥料处理的 DON/TDN 在 25.37%~52.81%之间, 不同肥料处理相比, 两种土壤均为对照>化肥>有机肥, 这主要与化肥及有机肥处理增加了土壤中铵态氮及硝态氮的数量有关。

3 讨论

本研究中化肥处理和有机肥处理加入的总氮量相同, 但有机肥处理淋溶过程中累积淋失的氮素量显著高于化肥处理(表 1), 说明有机肥中的可溶性氮素易发生淋失。这一方面与研究中采用的化肥品种为铵态氮, 加入土壤后易被土壤中 2:1 型的黏土矿物吸附和晶格固定^[16]有关。淋溶结束后提取的土壤铵态氮和

表 2 淋溶结束后土壤不同层次中不同形态氮素及 DOC 含量

Table 2 Contents of the different forms of nitrogen and DOC in different depths of soil column after leaching

土壤 Soil	处理 Treatment	土层 soil layer/cm	$\text{NO}_3\text{-N}/\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{NH}_4\text{-N}/\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{DON}/\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{DOC}/\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	$\text{DON}/\text{TDN}/\%$
土壤 1	对照 1	0~5	3.14±0.09	3.87±0.30	8.86±0.19	60.53±6.32	49.33±1.10
		5~10	3.07±0.11	4.09±0.34	3.24±0.46	44.77±5.24	36.38±4.58
		10~20	2.72±0.19	4.19±0.23	4.23±0.32	57.00±8.34	39.72±2.11
		加权平均	3.12±1.90c	4.09±0.16c	5.44±3.00b	54.82±1.54c	41.29±6.72a
	化肥	0~5	4.05±0.30	5.59±0.11	5.93±0.02	51.57±5.66	38.1±0.46
		5~10	4.91±0.071	4.87±0.23	4.82±0.50	49.23±2.21	33.01±1.47
		10~20	6.25±0.15	4.73±1.30	7.19±1.21	64.53±9.68	39.6±6.30
		加权平均	5.36±1.11a	4.98±0.46a	6.29±1.18a	57.46±1.43b	37.58±2.80b
	有机肥	0~5	3.61±0.34	4.60±0.22	5.78±0.61	95.15±7.81	42.77±3.76
		5~10	4.04±0.19	3.09±1.57	2.45±0.70	75.13±11.96	25.59±8.18
		10~20	5.82±0.16	4.66±0.54	6.47±1.63	97.14±1.53	38.19±4.34
		加权平均	4.82±1.17b	4.25±0.89b	5.38±2.15c	91.14±2.06a	36.18±8.90b
土壤 2	对照 2	0~5	3.32±0.22	2.62±0.70	4.41±0.94	57.02±0.24	42.6±3.05
		5~10	2.97±0.25	1.53±0.28	4.92±0.25	59.02±8.36	52.27±1.81
		10~20	2.32±0.33	1.79±0.72	4.60±0.14	49.89±4.65	52.81±5.84
		加权平均	2.73±0.51c	1.93±0.57c	4.63±0.26b	53.96±0.56c	50.12±5.74a
	化肥	0~5	4.58±0.27	3.79±0.29	4.17±0.68	54.86±6.20	33.27±7.51
		5~10	4.64±0.23	2.33±1.55	4.44±0.79	80.50±10.59	38.92±1.63
		10~20	4.47±0.06	2.98±0.91	5.29±1.72	66.19±7.28	41.49±14.24
		加权平均	4.54±0.09a	3.02±0.73a	4.80±0.58a	66.94±2.84b	38.79±4.20b
	有机肥	0~5	4.29±1.79	3.35±0.65	2.6±0.18	73.27±11.77	25.37±4.16
		5~10	3.56±0.28	2.18±0.27	4.05±0.98	100.49±20.24	41.35±5.40
		10~20	4.42±0.24	3.06±0.40	4.35±1.27	90.07±1.34	36.76±3.16
		加权平均	4.17±0.46b	2.92±0.61b	3.84±0.94c	88.47±2.40a	35.06±8.23b

注:表中同一列不同字母代表处理间的差异达显著水平($P<0.05$)。

Note: Data sharing the different letters in a same column indicates the significant difference($P<0.05$)

硝态氮含量显著高于不施肥对照(表 2),在一定程度上支持了这一推断。另一方面,也与有机肥处理加入土壤的氮素以可溶性有机氮为主,而土壤对可溶性有机氮的吸附能力相对较弱有关^[17]。Bergstrom 等^[4]采用渗漏计法比较了有机肥和化学氮肥(硝酸铵)的淋失数量,结果也发现使用等量氮素情况下,有机肥处理氮素的淋失量大于无机氮处理,其中嫌气堆腐的粪肥淋失的氮量最高,比化学氮肥处理高 30%;好气堆腐粪肥的淋失量比化肥高约 15%。其他一些学者的研究也得到类似结果^[18]。刘忠翰等研究了污水灌溉后其中的可溶性有机氮的淋溶情况。结果表明,可溶性有机氮随水入渗可达底土 1.1 m^[19]。由此可见,习惯上认为的施用有机肥养分淋失较化肥少的观点值得商榷,有机肥中可溶性有机氮的淋失是值得关注的问题。随着养殖业的集约发展,家畜家禽产生有机肥的数量越来越多,也越来越集中。有必要研究有机肥在贮存、施用等过程中氮素尤其是以前不为人们重视的有机态氮素的淋溶损失特性,以减少其可能带来的农业点源及面源污染,以达到合理施用有机肥增产又减少环境污染双赢的目的。

本研究中有有机肥处理淋失的氮素以可溶性有机氮为主,占土壤氮素淋失总量的 45.2%~50.6%,这与有机肥提取液中的氮素以可溶性有机氮为主,以及土壤对其吸附能力弱有关。值得注意的是,有机肥处理铵态氮的淋失数量也较高(表 1),两个供试土壤淋失的铵态氮数量分别为 4.84 和 5.80 mg·土柱⁻¹,显著高于硫酸铵处理淋失的铵态氮数量。这一方面可能与淋溶和培养过程中有机肥中的有机物发生矿化作用,一部分氮素转化为铵态氮有关;另一方面,也可能与有机肥处理中可溶性有机物减少了土壤胶体对铵态氮的吸附固持有关^[20]。另外,有机肥处理可溶性有机碳的淋失量也显著高于对照和化肥处理;有机肥处理 5 次淋溶过程中不同时期 DOC 的淋出量相比,前 2 次均加入了有机肥提取液进行淋溶,其淋失量并非最高,而却以第 3 次采用水淋溶时淋出的 DOC 量最高,这可能与开始淋溶时土壤对加入的可溶性有机碳的吸附,以及随后用水淋溶时吸附的 DOC 的解吸有关。因此,有必要深入研究有机肥中不同形态氮及可溶性有机碳与土壤介质的相互作用机理,以揭示其迁移、淋失特性。

近年来,一些学者利用可溶性有机物在 280 nm 下的吸收值(UV₂₈₀)和荧光发射光谱测得的可溶性有机物的腐殖化指数(HIX_{em})作为评价其结构特性的

指标,认为与复杂的分组方法相比这一方法具有简便、快速的优点^[13-15]。但从本研究的结果看,得到的可溶性有机物的 UV₂₈₀ 值与 HIX_{em} 值间在反映可溶性有机物结构方面存在不一致的问题,原因有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 徐阳春,沈其荣,茆泽圣. 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[J]. 中国农业科学, 2002, 35(4):403-409.
XU Yang-chun, SHEN Qi-rong, MAO Ze-sheng. Influences of long-term fertilization on the contents and distributions of forms of organic P in soil and soil particle sizes [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2002, 35(4):403-409.
- [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[J]. 中国农业科学, 1985, 18(3):52-56.
JIN Wei-xu, ZHAO Xue-yun, WANG Xiao-ping, et al. Effects of the combined use of organic manure and mineral N fertilizer on the qualities of vegetables[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 1985, 18(3):52-56.
- [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[J]. 农业系统科学与综合研究, 2004, 20(4):294-296.
HAN Bing-jin, CHEN Yuan, QIAO Yun-fa, et al. Effects of long-term application organic fertilizer on soil physiochemical properties [J]. *System Sciences And Comprehensive Studies In Agriculture*, 2004, 20(4):294-296.
- [4] Bergstrom L, Kirchmann H. Leaching of total nitrogen from nitrogen-15-labelled poultry manure and inorganic nitrogen fertilizer[J]. *Environ Qual*, 1999, 28(4):1283-1290.
- [5] Siemens J, Kaupenjohann M. Contribution of dissolved organic nitrogen to N leaching from four German agricultural soils[J]. *Plant Nutr Soil Sci*, 2002, 165(6):675-681.
- [6] Murphy D V, Macdonald A J, Stockdale E A, et al. Soluble organic nitrogen in agricultural soils[J]. *Biol Fert Soils*, 2000, 30(5-6):374-387.
- [7] Perakis S S, Hedin L Q. Nitrogen loss from unpolluted South American forests mainly via dissolved organic compounds [J]. *Nature*, 2002, 415(6870):416-419.
- [8] Perakis S S, Hedin L Q. Fluxes and fates of nitrogen in soil of an unpolluted old growth temperate forest[J]. *Ecology*, 2001, 82(8):2245-2260.
- [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[J]. *Soil Bio Biochem*, 1997, 29(7):1043-1055.
- [10] 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[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(3):299-304.
ZHOU Jian-bin, LI Sheng-xiu. Choosing of a proper oxidizer for alkaline persulfate oxidation to determining total nitrogen in solution[J]. *Plant Nutrition And Fertilizer Sciences*, 1998, 4(3):299-304.
- [11] McKnight D M, Harnish R, Wershaw R L, et al. Chemical characteristics of particulate, colloidal, and dissolved organic material in Loch Vale Watershed, Rocky Mountain National Park [J]. *Biogeochemistry*, 1997, 36(1):99-124.

- [12] Chin Y P, Aiken G, Loughlin E O. Molecular weight, polydispersity, and spectroscopic properties of aquatic humic substances [J]. *Environmental Science and Technology*, 1994, 28(11):183-185.
- [13] Kalbitz K, Geyer W, Geyer S. Spectroscopic properties of dissolved humic substances—a reflection of land use history in a fen area[J]. *Biogeochemistry*, 1999, 47(2):219-238.
- [14] Kalbitz K, Geyer S, Geyer W. A comparative characterization of dissolved organic matter by means of original aqueous samples and isolated humic substances[J]. *Chemosphere*, 2000, 40(12):1305-1312.
- [15] Zsolnay A, Baigar E, Jimenez M, et al. Differentiating with fluorescence spectroscopy the sources of dissolved organic matter in soils subjected to drying[J]. *Chemosphere*, 1999, 38(1):45-50.
- [16] 韩晓日, 郭鹏程, 陈恩凤, 等. 长期施肥对土壤固定态铵含量及其有效性的影响[J]. 植物营养与肥科学报, 1998, 4(1):29-36.
HAN Xiao-ri, GUO Peng-cheng, CHEN En-feng, et al. Effect of long-term fertilization on content and availability of fixed ammonium in soil[J]. *Plant Nutrition And Fertilizer Sciences*, 1998, 4(1):29-36.
- [17] 赵满兴, 周建斌, 陈竹君, 等. 不同类型农田土壤对可溶性有机氮、碳的吸附特性[J]. 应用生态学报, 2008, 19(1):76-80.
ZHAO Man-xing, ZHOU Jian-Bin, CHEN Zhu-Jun, et al. Adsorption characteristic of soluble organic carbon and nitrogen in two cultivated soils[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19(1):76-80.
- [18] 张维理, 田哲旭, 张 宁, 等. 我国北方农用氮肥造成地下水硝酸盐污染的调查[J]. 植物营养与肥科学报, 1995, 1(2):80-87.
ZHANG Wei-li, TIAN Zhe-xu, ZHANG Ning, et al. Investigation of nitrate pollution in ground water due to nitrogen fertilization in agriculture in north china [J]. *Plant Nutrition And Fertilizer Sciences*, 1995, 1(2):80-87.
- [19] 刘忠翰, 彭江燕. 污水土地处理中水田氮素的迁移特征 [J]. 土壤学报, 2000, 37(3):428-431.
LIU Zhong-han, PENG Jiang-yan. Removal characteristics of nitrogen element of paddy field in wastewater land treatment[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2000, 37(3):428-431.
- [20] Stevenson F J. Cycles of soil:carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients[D]. John Wiley & Sons; New York, 1986. 155-215.