

黄河三角洲土地利用对土壤氮素及其转化的影响

吕学军^{1,2}, 陈印平¹, 刘庆¹

(1. 滨州学院 山东省黄河三角洲生态环境重点实验室, 山东 滨州 256603; 2. 滨州学院 建筑与城乡规划系, 山东 滨州 256603)

摘要: 以黄河三角洲垦利县轻度盐渍化土壤为研究对象, 选取菜地、果园、粮田和新淤未利用地共 4 种土地利用类型, 通过实地采样分析, 探讨了土地利用对土壤氮素及其转化的影响。结果表明, 全氮含量在 0—20 cm 土壤中以粮田最高, 平均含量为 1.42 g/kg, 其次是果园、菜地和新淤未利用地土壤, 其平均含量分别为 1.17、0.97 和 0.57 g/kg, 而 20—40 cm 土壤中, 菜地全氮平均含量为 0.86 g/kg, 明显高于其它 3 种用地土壤; 硝态氮在菜地 0—20 cm 土壤中的平均含量为 27.25 mg/kg, 远高于果园、粮田和新淤未利用地土壤, 铵态氮在 4 种用地类型土壤中含量范围为 2.65~4.09 mg/kg, 不同用地类型间差异不大, 二者在 20—40 cm 土壤中的变化规律与 0—20 cm 基本相同; 通过铵态氮、硝态氮与全氮的相关分析, 表明菜地土壤中有有效氮含量主要与外源氮素的补充有关, 果园和粮田土壤中的有效氮与土壤全氮关系密切而受环境变化情况较小, 新淤未利用地土壤氮素反映了研究区土壤氮素及其转化的初始状况。

关键词: 土地利用; 土壤氮素; 氮转化; 黄河三角洲

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)04-0078-04

中图分类号: S156.91

Effects of Land Use on Soil Nitrogen and Its Transformation in Yellow River Delta

LÜ Xue-jun^{1,2}, CHEN Yin-ping¹, LIU Qing¹

(1. Shandong Province Key Laboratory of Eco-Environmental Science for

Yellow River Delta, Binzhou University, Binzhou, Shandong 256603, China;

2. Department of Architecture & Urban Planning, Binzhou University, Binzhou, Shandong 256603, China)

Abstract: To investigate the effect of land use on soil nitrogen and its transformation in the slightly saline soil, soils under four types of land use were employed, i. e., orchard, vegetable, cropland and unused new sedimentation land in Kenli County of Yellow River Delta. The results showed that the greatest total nitrogen in top soil layer(0—20 cm) was in the cropland, followed by orchard and vegetable land, and the least was in unused new sedimentation land soil. The mean value from the greatest to the least was 1.42, 1.17, 0.97 and 0.57 g/kg, respectively. In 20—40 cm soil layer, the average concentration of the total nitrogen was 0.86 g/kg in vegetable soil, which is higher than that in the other three land use types. The average concentration of NO₃⁻-N in 0—20 cm vegetable soil layer is 27.25 mg/kg, far higher than that in orchard, cropland and unused new sedimentation land, while NH₄⁺-N in different land use types was similar, ranging from 2.65 to 4.09 mg/kg. Soil NO₃⁻-N and NH₄⁺-N concentration in 20—40 cm layer in different land use soils showed the similar changes as those in top layer(0—20 cm). Through the correlation analysis, the available nitrogen in vegetable soil was mainly from fertilization, and the available nitrogen in orchard and crop land soils was closely correlated with the total nitrogen and was little affected by environment change. The concentration and transformation of nitrogen in unused new sedimentation land soil reflected the initial status of the study area.

Keywords: land use; soil nitrogen; nitrogen transformation; Yellow River Delta

土壤氮素是土壤肥力的重要物质基础, 其在土壤中的迁移转化直接关系到氮素的利用和损失状

况^[1-2]。影响土壤氮素及其在土壤中转化的自然因素包括土壤母质和气候条件等^[3-4], 而人为因素则主要

收稿日期: 2010-12-28

修回日期: 2011-03-02

资助项目: “十一五”国家科技支撑计划项目“盐碱地改良沿海防护林体系研究与示范”(2009BADB2B05); 山东省自然科学基金项目“基于GIS的黄河三角洲农田土壤有机碳时空变异及其环境响应特征”(ZR2009BL003); 滨州学院青年人才创新工程项目(BZXYQN-LG200503; BZXYKJ0818); 服务滨州行动计划项目(BZXYFB20100416)

作者简介: 吕学军(1967—), 男(汉族), 山东省滨州市人, 硕士, 讲师, 主要研究方向为土地利用与水土保持。E-mail: XJLV_210@163.com。

通信作者: 刘庆(1972—), 男(汉族), 山东省菏泽市人, 博士, 讲师, 主要研究方向为土壤生态与环境。E-mail: qy7271@163.com。

为土地利用以及农业耕作与管理方式等^[5-6]。目前,景观尺度上土壤氮素的分布以及对土地利用变化的响应,是土壤科学和全球变化研究面临的最大挑战之一^[7]。土地利用一方面导致进入土壤中的营养元素的种类和数量的差异^[8],另一方面土壤水分管理、耕作方式等农艺措施的差异,也影响土壤中营养元素的矿化、运输和植物的吸收与利用^[2,9]。研究表明,在气候和土壤等自然条件基本相同的条件下,土地利用方式对土壤氮素及其转化具有重要的影响^[1,10-11]。

黄河三角洲是我国三大河口三角洲之一,是近百年来黄河淤积所形成的新生陆地。伴随着人口的增加和人类活动的加剧,黄河三角洲地区的生态环境状况发生了深刻变化,改变了区域生态系统中C和N元素的地球化学循环特征^[8]。本研究以黄河三角洲地区沿黄河两岸的轻度盐渍化土壤为例,通过实地采样及实验室分析测定等手段,研究不同土地利用方式下的土壤氮素及其转化状况,探讨土壤氮素及其转化特征对当地几种主要土地利用方式的响应,为合理高效地开发利用黄河三角洲土地资源提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集

研究区位于黄河三角洲垦利县永安镇万尔村,地理坐标为东经 $118^{\circ}46'13.4''$,北纬 $37^{\circ}40'30.7''$ 。采样时间为2009年4月。共选取菜地、果园、粮田、新淤未利用地4种主要土地利用类型,采用随机均匀布点法进行样点设计,每个用地类型布设16个采样点,分0—20 cm与20—40 cm两个层次采集样品,共采集土壤样品128个。采样时以5—10 m为半径,采集多点混合样品,然后按四分法采集混合土样带回室内分析^[12]。

1.2 样品测定与数据处理

样品于室内干燥通风处自然风干后,挑出其中的植物残体,磨细、过筛后供土壤氮素及其它理化指标测定^[12]。土壤硝态氮和铵态氮的测定采用土液比为1:5的2 mol/L的KCl溶液浸提,连续流动注射分

析仪(seal auto analyzer 3, Germany)测定;土壤全氮利用元素分析仪(elementar vario EL III, Germany)测定。所有测定数据的统计分析均采用Excel与SPSS 11.5软件进行。

2 结果与分析

2.1 不同土地利用类型下土壤全氮含量特征

研究表明^[13-14],不同土地利用类型下,作物对氮肥的需求规律,土壤中营养元素平衡以及微生物活动等,都会对土壤氮素含量及形态产生影响^[15]。由表1可知,对于0—20 cm土壤,全氮含量以粮田土壤最高,其平均值达到1.42 g/kg,其次是果园和菜地,其平均含量分别为1.17和0.97 g/kg。菜地、果园和粮田的全氮含量明显高于新淤未利用地土壤的全氮含量。参照《中国土壤普查技术标准》^[16],研究区菜地、果园和粮田0—20 cm土层土壤全氮含量处于适度的水平,而新淤未利用地处于缺乏状态。可见,在耕作影响下,研究区0—20 cm土壤中的全氮含量皆有一定的提高,土壤中全氮含量的差异,主要是不同用地利类型下土壤氮素累积与消耗程度不同所致。

对于20—40 cm土层土壤,土壤全氮含量在果园、粮田和新淤未利用地土壤中差异不大,而菜地土壤明显高于这3种土地利用类型。通过对4种土地利用类型下施肥制度的调查分析,认为其形成原因一是菜地土壤的施肥量(包括各种类型有机肥、氮磷钾复合肥等)明显高于其它3种用地类型,长期大量施肥,表层土壤中氮素养分下移造成20—40 cm土层含量偏高;二是蔬菜类作物根系多集中于较浅的土壤层次,其生长过程中对较深土壤层次氮素养分的消耗较其它作物偏少。果园和粮田土壤中,虽然也有大量人为的氮素补充,但有机肥施用量却远不如菜地土壤大,随着作物的消耗与降水或农田灌溉对土壤的淋洗,氮素在土壤中的累积量并不大,对增加土壤全氮含量的贡献已经很小。新淤未利用地土壤受人类活动的干扰很少且无外源氮素补充,其全氮含量反映了研究区土壤中全氮含量的初始水平。

表1 不同土地利用类型土壤全氮含量

用地类型	最小值/(g·kg ⁻¹)		最大值/(g·kg ⁻¹)		平均值/(g·kg ⁻¹)		标准差		变异系数/%	
	0—20 cm	20—40 cm	0—20 cm	20—40 cm	0—20 cm	20—40 cm	0—20 cm	20—40 cm	0—20 cm	20—40 cm
菜地	0.40	0.43	1.55	1.71	0.97	0.86	0.32	0.26	32.99	30.23
果园	0.86	0.28	1.33	0.56	1.17	0.36	0.28	0.13	23.93	36.11
粮田	1.23	0.41	1.78	0.64	1.42	0.44	0.27	0.15	19.01	34.09
新淤未利用地	0.29	0.23	1.54	0.57	0.57	0.43	0.24	0.15	42.11	34.88

2.2 不同土地利用类型下的土壤硝态氮和铵态氮

铵态氮和硝态氮是植物可吸收态氮,其在土壤中的含量与变化与农田施肥及作物吸收之间的关系更为密切^[1]。同时,二者之间的动态消长也在一定程度上反映了土壤中微生物的活动状况^[17-18]。虽然同为植物可吸收态氮,但由于硝酸根离子不易被带负电荷的土壤颗粒吸附,在土壤中易随水流失。因此,如果土壤中硝态氮含量过高,还会对地下水环境造成影响。由图 1 可以看出,对于 0—20 cm 的表层土壤,菜地土壤中的硝态氮含量远高于其它 3 种土地利用类型,在 4 种土地利用类型中含量由大到小的顺序依次为:菜地 > 果园 > 粮田 > 新淤未利用地。铵态氮含量在 4 种土地利用类型下的差异不大,菜地和粮田稍高于果园和新淤未利用地土壤。除新淤未利用地土壤外,3 种农用地土壤中的硝态氮含量均高于铵态氮的含量。

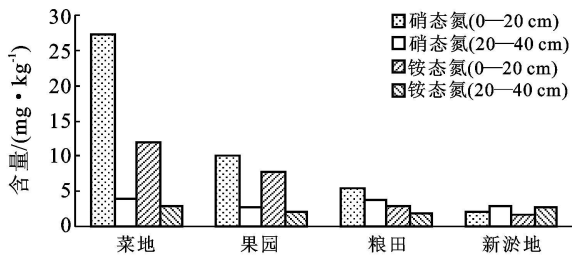


图 1 不同土地利用类型土壤铵态氮和硝态氮含量

对于 20—40 cm 土壤,硝态氮在菜地和果园土壤中含量远大于粮田和新淤未利用地土壤,4 种土地利用类型土壤中大小顺序与表层土壤相同,即:菜地 > 果园 > 粮田 > 新淤未利用地。铵态氮含量在 4 种土地利用类型下差异不大,菜地和新淤未利用地稍高于果园和粮田土壤。除新淤未利用地土壤外,3 种农用地土壤中的硝态氮含量均高于铵态氮的含量,这与二者在表层土壤中的变化规律基本相同。

由图 1 还可以看出,不同土地利用类型下,无论上层还是下层土壤,均呈现出硝态氮含量高于铵态氮

的现象,这主要和农业用地施肥制度和管理方式有关。有机肥和化肥的施用都会增加土壤中的硝态氮含量,尤其施用有机肥更容易使土壤硝态氮含量增加^[3]。至于菜地土壤中铵态氮和硝态氮之间较大的差异,可能和菜地土壤中较大的有机肥(主要是畜禽粪便)施用量有关,这种施肥方式同样也使得菜地土壤中的有效态氮含量(铵态氮与硝态氮之和)明显高于果园和粮田土壤。

2.3 铵态氮、硝态氮与全氮的关系

2.3.1 不同土地利用类型土壤铵态氮和硝态氮占全氮的比例

从表 2 可以看出,对于 0—20 cm 土壤样品,除新淤未利用地外,菜地、果园和粮田土壤中的硝态氮占全氮的比例均高于铵态氮;而对于 20—40 cm 土壤样品来说,菜地、果园和粮田土壤中的硝态氮占全氮的比例均低于铵态氮,这与表层土壤反映出来的规律正好相反。这种差异及其成因有待于进一步的研究进行验证和解释。

从表 2 还可看出,除菜地土壤外,果园、粮田和新淤未利用地在 0—20 cm 土壤中的有效氮占全氮的比例均低于 20—40 cm 土壤。对于菜地土壤来讲,0—20 cm 土层的有效氮中硝态氮所占比例较大,主要由于菜地土壤较大的有机肥(如畜禽粪便等)施用量显著提高了表层土壤中的硝态氮含量,同时使总有效氮含量增大;对果园土壤来讲,20—40 cm 土层的有效氮中铵态氮所占比例较大,这可能和施肥方式有关,因为果园土壤施肥深度一般较大,且肥料品种以化肥为主;对粮田土壤来讲,随着作物的吸收与淋溶作用的进行,如果消耗或损失的有效氮不能得到及时补充,会造成下层土壤有效氮含量高于上层土壤中的含量;至于新淤未利用地土壤,其形成原因可能和上层土壤有效氮的向下淋溶作用有关。当然作物对不同形态氮的选择吸收以及土壤物理性质(如土壤 pH 值等)也会影响不同形态氮在土壤中的含量,从而影响土壤有效氮占全氮的比例。

表 2 不同土地利用类型土壤铵态氮、硝态氮占全氮的比例

用地类型	NO ₃ ⁻ -N/TN		NH ₄ ⁺ -N/TN		(NO ₃ ⁻ -N+ NH ₄ ⁺ -N)/TN		%
	0—20 cm	20—40 cm	0—20 cm	20—40 cm	0—20 cm	20—40 cm	
菜地	3.18	0.29	0.48	1.23	3.65	1.53	
果园	0.86	0.58	0.23	2.11	1.08	2.69	
粮田	0.39	0.45	0.27	0.67	0.66	1.12	
新淤未利用地	0.36	0.64	0.50	0.41	0.86	1.05	

2.3.2 不同用地类型铵态氮、硝态氮与全氮的相关性

一般来说,与土壤全氮的相关性越大,说明该形态氮对土壤全氮的依赖性越大且受环境变化的扰动

越小,反之,则主要来自于外源有效氮肥的补充。从表 3 反映的结果来看,菜地只有 20—40 cm 硝态氮含量与全氮呈极显著正相关,表明除该层次硝态氮外,

其它层次铵态氮和硝态氮含量变化均受环境变化影响较大; 除 20—40 cm 土层的铵态氮外, 果园和粮田土壤不同土层次铵态氮、硝态氮与全氮均呈显著或极显著正相关, 说明其与土壤全氮关系密切而受环境变化影响较小; 至于新淤未利用地土壤, 其 0—20 cm 土壤铵态氮和 20—40 cm 土壤硝态氮与全氮呈极显著正相关, 0—20 cm 土壤硝态氮和 20—40 cm 铵态氮与全氮相关性不显著, 由于没有外源氮肥的补充, 故这些现象反映了该研究区土壤氮素转化的初始状况。

表 3 不同土地利用类型铵态氮、硝态氮与全氮的相关性

用地类型	NO ₃ ⁻ - N		NH ₄ ⁺ - N	
	0—20 cm	20—40 cm	0—20 cm	20—40 cm
TN				
菜地	0.233	0.688 ^{**}	0.296	0.223
果园	0.722 ^{**}	0.559 [*]	0.621 [*]	0.317
粮田	0.552 [*]	0.532 [*]	0.594 [*]	0.728 ^{**}
新淤未利用地	0.204	0.693 ^{**}	0.687 [*]	0.210

注: * 表示显著相关; ** 表示极显著相关。

3 结论

(1) 对黄河三角洲轻度盐渍化土壤来讲, 不同土地利用下土壤氮素及其转化状况具有一定的差异。菜地、果园、粮田、新淤未利用地等 4 种土地利用类型中, 0—20 cm 土壤全氮含量以粮田土壤最高, 其次是果园, 再次是菜地, 以新淤未利用地土壤最低。20—40 cm 土壤全氮含量果园、粮田和新淤未利用地差异不大, 而菜地土壤明显高于这 3 种土地利用类型, 新淤未利用地土壤全氮含量反映了全氮含量的初始水平。

(2) 硝态氮在 0—20 cm 菜地土壤中的含量远高于其它 3 种土地利用类型, 其由大到小的顺序依次为: 菜地 > 果园 > 粮田 > 新淤未利用地; 铵态氮在 4 种土地利用类型下的差异不大; 二者在 20—40 cm 土壤中与其在 0—20 cm 土壤中的变化规律基本相同。不同土地利用类型下, 无论上层还是下层土壤均呈现硝态氮含量高于铵态氮的现象, 这主要和农业用地施肥制度和方式有关。

(3) 除菜地土壤外, 果园、粮田和新淤未利用地 0—20 cm 土壤中有效氮占全氮的比例均低于 20—40 cm 土壤。铵态氮、硝态氮与全氮的相关性分析结果说明, 除 20—40 cm 土壤硝态氮外, 菜地铵态氮和硝态氮含量均受环境变化的影响较大; 而果园和粮田土壤不同土层次铵态氮、硝态氮与土壤全氮关系密切而受环境变化影响较小; 新淤未利用地 0—20 cm 土壤铵态氮以及 20—40 cm 硝态氮与全氮的极显著正相关, 恰恰反映了该研究区土壤氮素转化的初始状况。

[参 考 文 献]

- [1] 孙志高, 刘景双, 陈小兵. 三江平原典型小叶章湿地土壤中硝态氮和铵态氮的空间分布格局[J]. 水土保持通报, 2009, 29(3): 66-72.
- [2] 张朝, 车玉萍, 李忠佩. 模拟土柱条件下黑土中肥料氮素的迁移转化特征[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(4): 683-688.
- [3] 左海军, 张奇, 徐力刚, 等. 集约化种植条件下土壤硝态氮动态变化及累积特征研究[J]. 水土保持通报, 2009, 29(4): 16-21.
- [4] 朱兆良. 中国土壤氮素研究[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 778-783.
- [5] 田秀平, 薛菁芳, 韩晓日. 长期耕作和施肥对白浆土氮素矿化的影响[J]. 土壤, 2007, 39(2): 314-317.
- [6] 孙志高, 刘景双, 李新华. 三江平原不同土地利用方式下土壤氮库的变化特征[J]. 农业系统科学与综合研究, 2008, 24(3): 270-274.
- [7] Sommer M. Influence of soil pattern on matter transport in and from terrestrial biogeosystem: A new concept for landscape pedology[J]. Geoderma, 2006, 133(1/2): 107-123.
- [8] 李庆梅, 侯龙鱼, 刘艳, 等. 黄河三角洲盐碱地不同利用方式土壤理化性质[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(6): 1132-1136.
- [9] Wang C H, Wan S Q, Xing X Y, et al. Temperature and soil moisture interactively affected soil net N mineralization in temperate grassland in Northern China[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2006, 38(5): 1101-1110.
- [10] 陆安祥, 赵云龙, 王纪华, 等. 不同土地利用类型下氮、磷在土壤剖面中的分布特征[J]. 生态学报, 2007, 27(9): 3923-3929.
- [11] 王书伟, 颜晓元, 林静慧, 等. 不同土地利用方式下三江平原东北部土壤有机碳和全氮分布规律[J]. 土壤, 2010, 42(2): 190-199.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [13] 袁海伟, 苏以荣, 郑华, 等. 喀斯特峰丛洼地不同土地利用类型土壤有机碳和氮素分布特征[J]. 生态学杂志, 2007, 26(10): 1579-1584.
- [14] Kim J H, Guo X J, Park H S. Comparison study of the effects of temperature and free ammonia concentration on nitrification and nitrite accumulation [J]. Process Biochemistry, 2008, 43(2): 154-160.
- [15] 朱祖祥. 土壤学[M]. 北京: 农业出版社, 1992.
- [16] 全国土壤普查办公室. 中国土壤普查技术标准[M]. 北京: 农业出版社, 1992.
- [17] 王曙光, 侯彦林. 尿素斑斑扩散对土壤微生物群落结构的影响[J]. 生态学报, 2004, 24(10): 2269-2274.
- [18] 王斯佳, 韩晓增, 侯雪莹, 等. 长期施肥对黑土氮素矿化与硝化作用特征的影响[J]. 水土保持学报, 2008, 22(2): 170-173.