

DOI: 10.5846/stxb201305191113

罗如熠, 张世熔, 徐小逊, 李婷. 黑河下游湿地土壤有机氮组分割面的分布特征. 生态学报, 2015, 35(4): 956-964.

Luo R Y, Zhang S R, Xu X X, Li T. Profile distribution characteristics of soil organic nitrogen fractions in the lower reaches of the Heihe River wetland. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(4): 956-964.

黑河下游湿地土壤有机氮组分割面的分布特征

罗如熠, 张世熔*, 徐小逊, 李 婷

1 四川省土壤环境保护重点实验室, 成都 611130

2 四川农业大学资源环境学院, 成都 611130

摘要:结合野外调查, 用 Bremner 法研究了黑河下游湿地不同土壤类型的有机氮组分, 结果表明: 在 0—50 cm 土层, 5 种土壤有机氮均以酸解性氮为主, 占全氮的 71.04%—81.79%。泥炭土、沼泽土、草甸土、亚高山草甸土所含的酸解氮、非酸解氮和酸解氮组分氨态氮、氨基酸态氮、氨基糖态氮含量的剖面分布总体上均随土层深度的增加而呈降低趋势, 而风沙土却相反, 上述有机氮组分呈升高趋势。5 种土壤酸解氮及其组分氨态氮、氨基酸态氮、氨基糖态氮占全氮比例的剖面分布总体上均随土层深度的增加而呈降低趋势, 而非酸解氮却呈升高趋势。5 种土壤酸解氮未知态氮含量及占全氮比例均在剖面分布上无明显特征。在 0—30 cm 各相同土层内, 5 种土壤酸解氮各组分含量及占全氮比例的大小顺序均为氨基酸态氮>氨态氮>未知态氮>氨基糖态氮; 而在 30—50 cm 土层, 5 种土壤酸解氮各组分含量及占全氮比例的大小顺序均无明显特征。此外, 黑河下游湿地土壤干化、沙化过程中, 表层 0—10 cm 土壤有机氮组分含量变化明显, 其中土壤氨态氮对生态环境变化最为敏感。

关键词:黑河下游湿地; 有机氮组分; 剖面; 分布特征

Profile distribution characteristics of soil organic nitrogen fractions in the lower reaches of the Heihe River wetland

LUO Ruyi, ZHANG Shirong*, XU Xiaoxun, LI Ting

1 Key Laboratory of Soil Environment Protection of Sichuan Province, Chengdu 611130, China

2 College of Resources and Environment, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China

Abstract: Nitrogen (N) is one of the most important element in plant growth and an important part of the global ecosystem substances circulation. Organic N is both the main form of soil N and pool of mineral N. Soil organic N plays an important role in soil fertility, N cycling and environmental protection. Usually, the concentration and distribution of soil organic N mainly affected by soil types, soil level, rhizospheric environment, fertility and farming conditions, etc, and the chemical forms and status of soil organic N is the important factor affecting the availability of soil N. Currently, researchers have focused more on effect of different land use systems on changes of soil organic N fractions, dissolved organic N, particulate organic N and microbial biomass N, as well as effect of different fertilization and irrigation approaches on concentrations and composition of organic N fractions by using the Bremner's method to separate soil organic N fractions. Combined with filed investigation, five types of soil samples in the lower reaches of Heihe river wetland were collected, and the organic N fractions were studied using the Bremner's method, the results showed that acidolysable N was the dominant fraction of organic N in all the soil samples (0—50 cm soil layer), and the proportion of acidolysable N to total N was from 71.04% to 81.79%. The concentrations of acidolysable N, non-acidolysable N and acidolysable N fractions (ammonia N, amino acid N, amino sugar N) of Peat soil, Boggy soil, Meadow soil, Subalpine meadow soil decreased, but increased in the Aeolian sandy soil generally with soil depth in the profile. Furthermore, the proportions of acidolysable N and acidolysable N fractions (ammonia N, amino acid N, amino sugar N) to total N of all the soil samples generally decreased with soil depth

基金项目: 国家科技支撑计划 (2012BAD14B18, NC2010RE0057)

收稿日期: 2013-05-19; 网络出版日期: 2014-04-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: rsz01@163.com

in the profile distribution, while the proportion of non-acidolysable N to total N generally increased with soil depth in the profile distribution. The concentration of acidolysable unknown N and the proportion to total N of all the soil samples did not show any specific characteristics. In addition, in the same soil layer (0—30 cm), the concentrations of acidolysable N fractions and the proportions to total N varied as the followings: amino acid N > ammonia N > unknown N > amino sugar N; However, in 30—50 cm soil layer, the concentrations of acidolysable N fractions and the proportions to total N of the soil did not show any typical characteristics. Besides, the soil organic N fractions in the surface soil (0—10 cm) changed obviously along with the soil desiccation and desertification in the lower reaches of the Heihe River wetland, and the soil ammonia N of soil was the most sensitive one to the ecological environment factors.

Key Words: Heihe River wetland; organic nitrogen fractions; profile; distribution characteristics

氮是植物生长最重要的元素之一,也是全球生态系统物质循环的重要组成部分。有机态氮是土壤氮素的主要存在形态,也是矿质态氮的源和库。有机态氮含量和分布不同程度受土壤类型、土壤层次、根际环境、施肥和耕作状况等诸多因素影响^[1-3]。土壤有机态氮在土壤肥力、氮素循环和环境保护中占有重要地位,长久以来受到研究者的极大关注^[4-12]。由于有机氮组成复杂,研究起步较晚,自 1965 年 Bremner 提出将有机氮分为酸解氨态氮、氨基糖态氮、氨基酸态氮、酸解性未知氮和非酸解未知态氮等形态后^[13],人们才开始对有机氮形态、转化及影响因子等进行研究,其化学形态及其存在状况是影响土壤氮素有效性的重要因子^[4]。目前土地利用方式对土壤氮素影响的研究多侧重于利用方式改变后土壤有机氮组分、溶解性有机氮、颗粒有机氮及微生物量氮的变化等方面^[3,14-16]。党亚爱等^[17]研究结果表明,土地利用类型对黄土高原典型土壤有机氮组分含量分布存在一定影响,基本呈草地>农田的分布特征。用 Bremner 法分离土壤有机氮各组分的研究发现施肥和灌溉方法对有机氮组分含量及组成的影响极为深刻^[8-11,18-19],相关研究表明,在不同施肥处理或灌溉方式下,土壤层次对有机氮组分分布影响的总体趋势表现为各有机氮组分含量随土层加深而下降,而有机氮各组分占全氮比例相对稳定。王克鹏等^[12]在研究长期施肥对河西走廊灌漠土有机氮组分影响时发现,在对照及有机肥各处理土壤中,均以氨基酸氮和酸解未知氮占优势地位。但这些研究多集中于农田、森林、草地等生态系统,且很少考虑生态环境变化对土壤有机氮组分的影响。

黑河下游湿地是典型的高寒湿地生态系统,也是生态环境脆弱区。近年来由于自然因素影响和人为干扰的双重叠加作用,加之高原湿地功能分区划分不尽合理,导致区域水量减少、湿地退化和草地沙化。因此,区域土壤有机氮组分对生态环境变化的响应特征是值得关注的重要内容^[14-15,20]。然而,国内外有关湿地不同土壤类型剖面层次有机氮组分的剖面分布特征还鲜见报道。所以本文拟通过对黑河下游湿地典型土壤不同土层有机氮组分含量及分布规律的研究,为区域湿地利用及保护,修复退化湿地和沙化草地提供基础科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

黑河下游湿地位于四川省若尔盖湿地西北部,位置介于东经 102°11'—102°29'、北纬 33°52'—34°00'之间。地貌以宽谷缓丘为基本特征,类型主要为缓丘、宽浅网状河谷和阶地等。研究区属高原寒温带湿润气候,年平均气温 0.7℃,年降水量 493.6—836.7 mm,相对湿度 78%;日照时间长,辐射强度大。植被以沼泽植被和草甸植被为主,沼泽植物的优势种有木里苔草(*Carex muliensis*)、乌拉苔草(*Carex meyeriana*)、毛果苔草(*Carex lasiocarpa*)、藏嵩草(*Kobresia tibetica*)等,草甸植被以蓼属(*Polygonum spp.*)、嵩草属(*Kobresia spp.*)植物为主。黑河下游湿地区域内成土母质主要有三叠系的板岩、砂岩、白云岩、泥灰岩构成的残积、坡积物和第四系的冲积、洪积、湖积物。这些母岩、母质在气候、生物、地形、时间和人为活动等成土因素的作用下,发育成泥炭土、沼泽土、草甸土、亚高山草甸土、风沙土等。

1.2 供试土壤

在全面考察黑河下游湿地的基础上,结合当地自然环境与社会经济条件于 2011 年 7 月进行土壤采集。

以不同土壤类型为基础,选择 5 种土壤,每种土壤采集 3 个样点,每样点按 0—5 cm、5—10 cm、10—20 cm、20—30 cm、30—50 cm 进行分层采样,共计 5 种土壤类型、15 个样点、75 个土样,样点分布如图 1 所示。土样带回实验室置于通风、阴凉、干燥的室内风干,挑出砾石和根系,过 2 mm 筛,混合均匀备用。供试土壤样品的基本理化性质如下:pH 值 6.05—8.23、有机质 6.77—191.22 g/kg、全氮 0.38—7.13 g/kg、全磷 0.30—1.78 g/kg、全钾 5.57—29.96 g/kg。

1.3 分析方法

土壤全氮测定采用半微量凯氏法。有机氮组分测定采用 Bremner 法,将待测土样用 6 mol/L HCl 于 120 °C 水解 12 h,然后依次测出水解液中氨态氮、氨基酸态

氮、氨基糖态氮及未知态氮。其中,酸解总氮用凯氏法;酸解氨态氮用氧化镁蒸馏法;氨态氮及氨基糖态氮用 pH 值 11.2 的磷酸盐-硼酸盐缓冲液蒸汽蒸馏法;氨基酸态氮用茚三酮氧化,磷酸盐-硼酸盐缓冲液蒸汽蒸馏法;非酸解态氮、酸解氨基糖态氮和未知态氮用差减法求得^[21]。即将土壤有机氮分为酸解氮与非酸解氮两大部分,酸解氮又分为氨态氮、氨基酸态氮、氨基糖态氮和未知态氮。

1.4 数据处理

采用 SPSS17.0 软件对数据进行统计分析,通过单因素方差分析 (ANONA) 研究不同土壤类型有机氮组分的差异性,平均数比较采用最小显著差数法 (LSD) 检验。文中数据均为 3 次重复的平均值。

2 结果与分析

2.1 土壤酸解氮、非酸解氮含量及剖面分布特征

黑河下游湿地不同土壤类型酸解氮和非酸解氮含量如图 2 所示。泥炭土、沼泽土、草甸土、亚高山草甸土酸解氮和非酸解氮含量的剖面分布总体上均随土层深度的增加而呈降低趋势,而风沙土却相反,酸解氮和非酸解氮含量的剖面分布总体上均随土层深度的增加而呈升高趋势;5 种土壤酸解氮的含量均大于非酸解氮含量。

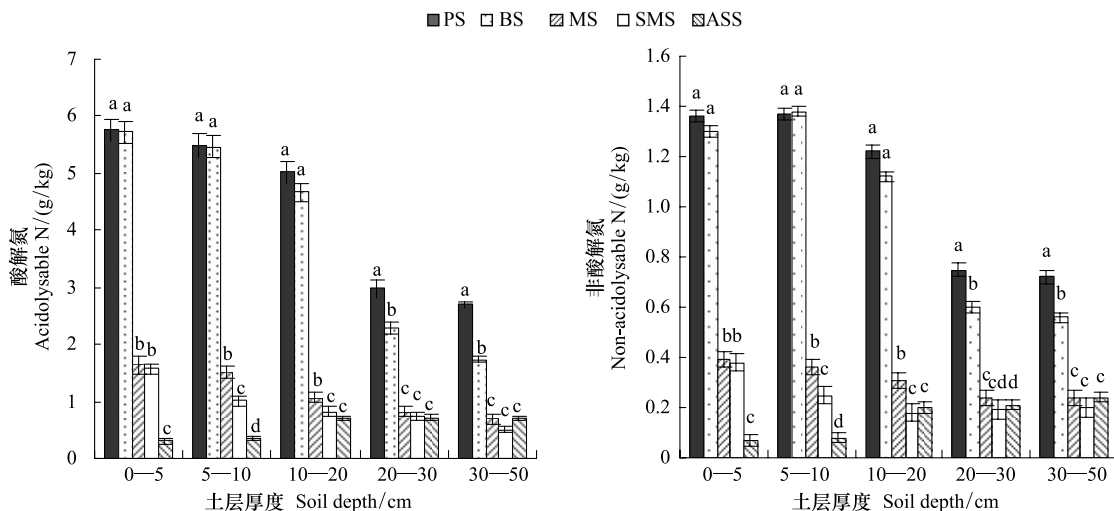


图 2 不同土壤类型酸解氮和非酸解氮含量

Fig.2 Concentrations of acidolysable N and non-acidolysable N among different soil types

小写字母表示相同土层不同土壤类型含量差异达 5% 显著水平;PS: 泥炭土;BS: 沼泽土;MS: 草甸土;SMS: 亚高山草甸土;ASS: 风沙土

5 种土壤酸解氮含量的变化范围为 0.07—5.76 g/kg;除风沙土外,其余土壤类型均以 0—5 cm 土层酸解氮含量为最高,其高低顺序为泥炭土>沼泽土>草甸土>亚高山草甸土>风沙土。在 0—5 cm 土层酸解氮含量差异除泥炭土与沼泽土、草甸土与亚高山草甸土外,其余土壤类型之间均达显著水平 ($P<0.05$);在 5—10 cm 土层酸解氮含量差异除泥炭土与沼泽土外,其余土壤类型之间均达显著水平 ($P<0.05$);在 10—20 cm 土层酸解氮含量差异除泥炭土与沼泽土、亚高山草甸土与风沙土外,其余土壤类型之间均达显著水平 ($P<0.05$);在 20—50 cm 各相同土层内,酸解氮含量差异除草甸土、亚高山草甸土、风沙土之间外,其余土壤类型之间均达显著水平 ($P<0.05$)。

5 种土壤非酸解氮含量的变化范围为 0.02—1.38 g/kg;除风沙土外,其余土壤类型均以 0—5 cm 土层非酸解氮含量为最高,其高低顺序为泥炭土>沼泽土>草甸土>亚高山草甸土>风沙土。在相同土层,各土壤非酸解氮含量差异与酸解氮相似。

2.2 土壤酸解氮组分含量及剖面分布特征

黑河下游湿地不同土壤类型酸解各组分氮含量如图 3 所示。泥炭土、沼泽土、草甸土、亚高山草甸土所含的氨态氮、氨基酸态氮、氨基糖态氮含量的剖面分布总体上均随土层深度的增加而呈降低趋势,而风沙土却相反,上述酸解氮组分含量的剖面分布总体上均随土层深度的增加而呈升高趋势;5 种土壤未知态氮含量均在剖面分布上无明显特征。在 0—30 cm 各相同土层内,5 种土壤酸解各组分氮含量的大小顺序均为氨基酸态氮>氨态氮>未知态氮>氨基糖态氮;而在 30—50 cm 土层,5 种土壤酸解各组分氮含量的大小顺序则无明显特征。

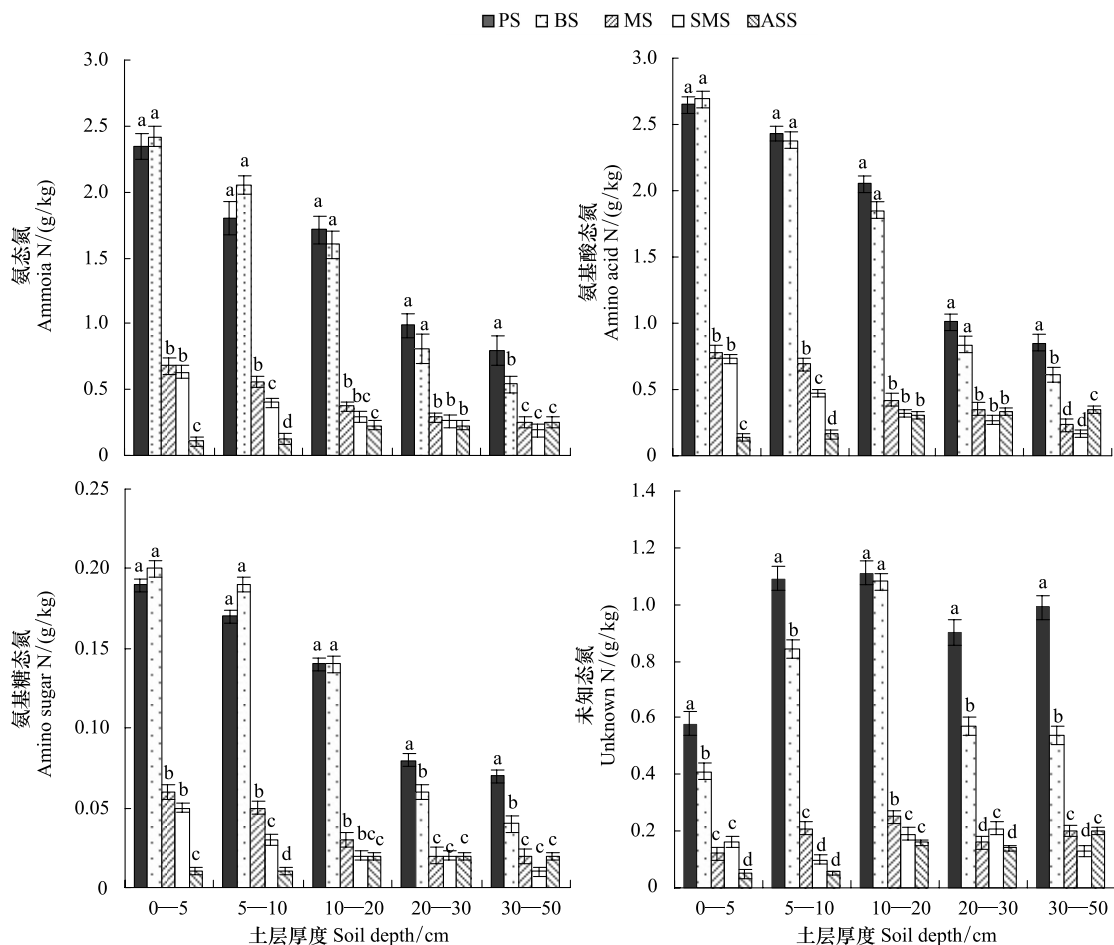


图 3 不同土壤类型酸解氮组分含量

Fig.3 Concentrations of acidolysable N fractions among different soil types

小写字母表示相同土层不同土壤类型含量差异达 5% 显著水平;PS: 泥炭土;BS: 沼泽土;MS: 草甸土;SMS: 亚高山草甸土;ASS: 风沙土

2.2.1 氨态氮

氨态氮的来源比较复杂,其部分是无机态氮,包括土壤中吸附性铵和固定态铵;部分也可能是来自酸解过程中某些氨基酸和氨基糖脱氨产生的;还有部分则来自酰胺类化合物,其他来源的相关研究很少^[22]。由图 3 可见,5 种土壤氨态氮含量的变化范围为 0.11—2.42 g/kg。在 0—5 cm 土层氨态氮含量差异除泥炭土与沼泽土、草甸土与亚高山草甸土外,其余土壤类型之间均达显著水平($P<0.05$);在 5—10 cm 土层氨态氮含量差异除泥炭土与沼泽土外,其余土壤类型之间均达显著水平($P<0.05$);在 10—20 cm 土层氨态氮含量差异除泥炭土与沼泽土、草甸土与亚高山草甸土、亚高山草甸土与风沙土外,其余土壤类型之间均达显著水平($P<0.05$);在 20—30 cm 土层氨态氮含量差异除泥炭土与沼泽土、草甸土、亚高山草甸土、风沙土之间外,其余土壤类型之间均达显著水平($P<0.05$);在 30—50 cm 土层氨态氮含量差异除草甸土、亚高山草甸土、风沙土之间外,其余土壤类型之间均达显著水平($P<0.05$)。此外,在 10—30 cm 土层范围内,随土层深度的加深,泥炭土、沼泽土氨态氮含量均降低明显,分别降低了 72.73% 和 97.53%,这可能是由于此土层范围内泥炭土、沼泽土含水量急剧下降,氨态氮易挥发所致。

2.2.2 氨基酸态氮

氨基酸态氮是土壤有机质酸解产物中主要可鉴别的含氮化合物,主要存在土壤有机质中的蛋白质和多肽中^[22]。由图 3 可见,5 种土壤氨基酸态氮含量的变化范围为 0.14—2.69 g/kg。在相同土层,各土壤氨基酸态氮含量差异与氨态氮相似。此外,在 10—30 cm 土层范围内,随土层深度的加深,泥炭土、沼泽土氨基酸态氮含量均降低明显,分别降低了 102.97% 和 120.24%,这可能是由于泥炭土、沼泽土表层土壤植物掉落物、根等有机质残体输入量较多,而深层土壤有机质残体相对较少,所以此土层范围内土壤有机质急剧下降,从而使有机质中的蛋白质和多肽等含氮化合物迅速减少。

2.2.3 氨基糖态氮

氨基糖态氮主要存在于真菌的几丁质结构中,主要来源于微生物细胞壁物质,与微生物量的关系非常密切^[22-23]。由图 3 可见,5 种土壤氨基糖态氮含量的变化范围为 0.01—0.20 g/kg。在相同土层,各土壤氨基糖态氮含量差异与氨态氮相似。此外,在 10—30 cm 土层范围内,随土层深度的加深,泥炭土、沼泽土氨基糖态氮含量均降低明显,分别降低了 75.00% 和 133.33%,这可能是由于此土层范围内泥炭土、沼泽土所含新鲜有机质急剧减少,土壤微生物可利用能量大大降低,从而使土壤微生物量和微生物活性降低明显,也可能是因为植物根系对土壤氮素的吸收与微生物对氮素的需求是一种竞争关系,此土层范围内植物根系对土壤氮素的需求较大,则土壤中的微生物活性较低。

2.2.4 未知态氮

未知态氮是酸解过程中还未能鉴别的含氮化合物^[22];Kelley 等^[24]研究认为未知态氮主要为非 α -氨基酸氮、N-苯氧基氨基酸氮和嘧啶、嘌呤等杂环氮,此外,还包括部分酸解时不能释放的固定态铵。由图 3 可见,5 种土壤未知态氮含量的变化范围为 0.05—1.11 g/kg。在相同土层,各土壤未知态氮含量差异与氨态氮相似。此外,5 种土壤未知态氮含量均在剖面分布上无明显特征。

2.3 土壤有机氮组分比例构成及剖面分布特征

土壤中各形态氮含量占全氮总量的百分数可以作为分配系统用以表征土壤有机氮各组分的比例构成。黑河下游湿地不同土壤类型有机氮组分比例构成结果如图 4 所示。5 种土壤酸解氮和非酸解氮占全氮比例的分布特点与其含量的分布相似,即土壤酸解氮占全氮比例明显大于非酸解氮占全氮比例。其中酸解氮占全氮的 71.04%—81.79%,非酸解氮占全氮的 18.21%—28.96%。酸解氮占全氮比例的剖面分布总体上均随土层深度增加而呈降低趋势,而非酸解氮占全氮比例的剖面分布则相反。在 5 种土壤酸解氮组分中,氨态氮、氨基酸态氮、氨基糖态氮占全氮比例的剖面分布总体上均随土层深度增加而呈降低趋势,而未知态氮占全氮比例均在剖面分布上无明显特征。在 0—30 cm 各相同土层内,5 种土壤酸解各组分氮分配比例大小顺序均为氨基酸态氮>氨态氮>未知态氮>氨基糖态氮;而在 30—50 cm 土层,5 种土壤酸解各组分氮分配比例大小顺序则

无明显特征;这与其含量的分布特征相同。

2.3.1 酸解氮

本研究中 5 种土壤酸解氮占全氮的 71.04%—81.79%,由此可见,酸解氮是土壤全氮的主体。其中,泥炭土酸解氮占全氮的 78.87%—80.85%,沼泽土酸解氮占全氮的 75.48%—81.45%,草甸土酸解氮占全氮的 74.30%—81.16%,亚高山草甸土酸解氮占全氮的 71.04%—80.53%,风沙土酸解氮占全氮的 76.45%—81.70%。总体而言,酸解氮占全氮的比例草甸土、亚高山草甸土变化明显。此外,5 种土壤酸解氮占全氮比例均以 0—5 cm 土层为最大,占全氮的 80.53%—81.70%。

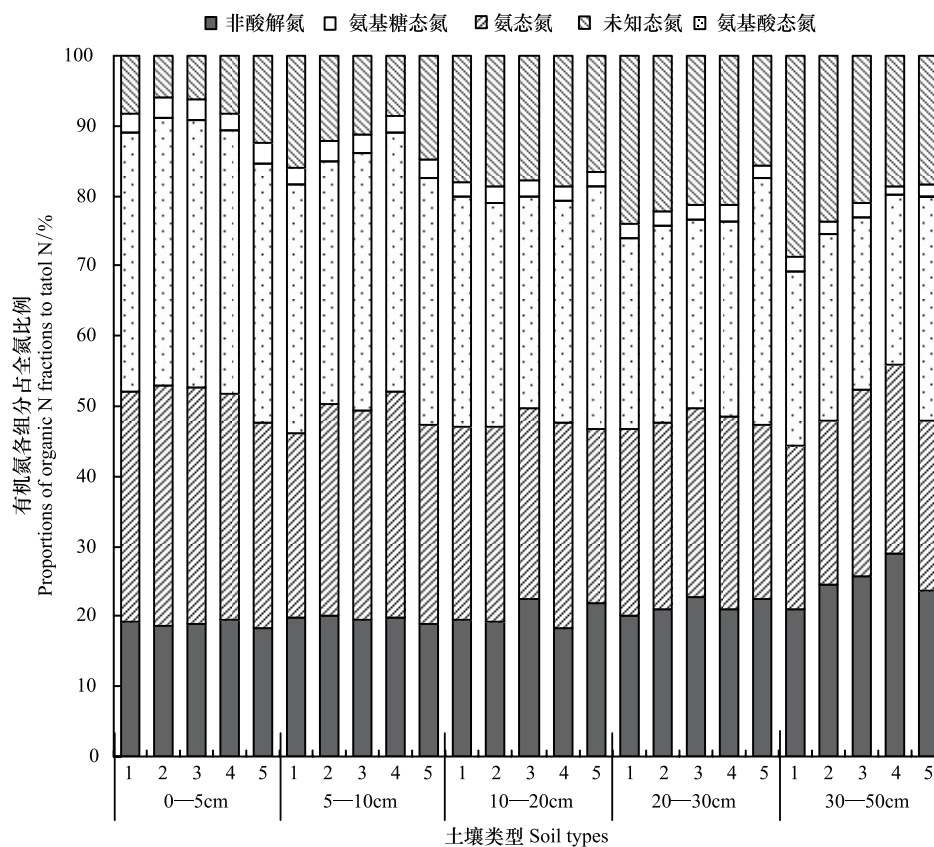


图 4 不同土壤类型有机氮各组分占全氮的比例

Fig.4 Proportions of organic N fractions to total N among different soil types

1: 泥炭土 2: 沼泽土 3: 草甸土 4: 亚高山草甸土 5: 风沙土

(1) 氨态氮

本研究中 5 种土壤氨态氮占酸解氮的 29.63%—42.31%,所占酸解氮比例仅次于氨基酸态氮。由此可见,氨态氮在土壤酸解氮组分中占主导地位。其中,泥炭土氨态氮占酸解氮的 29.63%—40.63%,沼泽土氨态氮占酸解氮的 31.21%—42.31%,草甸土氨态氮占酸解氮的 34.58%—41.46%,亚高山草甸土氨态氮占酸解氮的 35.14%—40.13%,风沙土氨态氮占酸解氮的 31.79%—36.23%。总体而言,氨态氮占酸解氮的比例泥炭土、沼泽土变化明显。

(2) 氨基酸态氮

本研究中 5 种土壤氨基酸态氮占酸解氮的 31.48%—50.00%,在酸解有机氮中占主导地位,所占酸解氮比例也最高。其中,泥炭土氨基酸态氮占酸解氮的 31.48%—46.01%,沼泽土氨基酸态氮占酸解氮的 35.26%—47.03%,草甸土氨基酸态氮占酸解氮的 32.86%—47.56%,亚高山草甸土氨基酸态氮占酸解氮的 34.00%—46.53%,风沙土氨基酸态氮占酸解氮的 43.66%—50.00%。总体而言,氨基酸态氮占酸解氮的比

例泥炭土、草甸土变化明显。

(3) 氨基糖态氮

本研究中 5 种土壤氨基糖态氮占酸解氮的 2.00%—3.66%, 与其他有机氮组分相比, 氨基糖态氮含量最低。其中, 泥炭土氨基糖态氮占酸解氮的 2.59%—3.30%, 沼泽土氨基糖态氮占酸解氮的 2.31%—3.50%, 草甸土氨基糖态氮占酸解氮的 2.44%—3.66%, 亚高山草甸土氨基糖态氮占酸解氮的 2.00%—3.18%, 风沙土氨基糖态氮占酸解氮的 2.40%—3.45%。总体而言, 氨基糖态氮占酸解氮的比例草甸土变化明显。

(4) 未知态氮

本研究中 5 种土壤未知态氮占酸解氮的 7.17%—36.67%。其中, 泥炭土未知态氮占酸解氮的 10.07%—36.67%, 沼泽土未知态氮占酸解氮的 7.17%—31.21%, 草甸土未知态氮占酸解氮的 7.32%—28.57%, 亚高山草甸土未知态氮占酸解氮的 9.90%—28.38%, 风沙土未知态氮占酸解氮的 16.13%—28.57%。总体而言, 未知态氮占酸解氮的比例泥炭土、沼泽土变化明显。

2.3.2 非酸解氮

本研究中 5 种土壤非酸解氮占全氮的 18.21%—28.96%。其中, 泥炭土非酸解氮占全氮的 19.15%—21.13%, 沼泽土非酸解氮占全氮的 18.55%—24.52%, 草甸土非酸解氮占全氮的 18.84%—25.70%, 亚高山草甸土非酸解氮占全氮的 19.47%—28.96%, 风沙土非酸解氮占全氮的 18.30%—23.55%。总体而言, 非酸解氮占全氮的比例草甸土、亚高山草甸土变化明显。此外, 非酸解氮占全氮比例均以 30—50 cm 土层为最大, 占全氮的 21.13%—28.96%。

3 讨论

3.1 土壤有机氮组剖面分布特征

黑河下游湿地土壤有机氮组分含量明显特点是泥炭土、沼泽土含量较高, 如有机氮组分中氨态氮、氨基酸态氮含量分别为 0.54—2.42 g/kg 和 0.61—2.65 g/kg, 而张玉玲等^[16]研究表明水田、旱地、林地等不同土地利用方式下潮棕壤氨态氮、氨基酸态氮含量分别仅为 79.0—185.6 mg/kg 和 41.5—211.3 mg/kg。由此可见, 泥炭土、沼泽土氨态氮、氨基酸态氮含量均是潮棕壤的数十倍左右, 出现如此大的差异, 其原因一方面是泥炭土、沼泽土分布在低湿地段, 地下水位高, 土壤中水分含量丰富, 湿生、水生生物年复一年枯死, 日积月累形成大量有机质, 提高了土壤有机氮含量。另一方面是湿地生物固氮更为明显, 且淹水土壤不仅有光合自养固氮, 也有异养固氮^[25], 这些都源源不断地供给氮源。同时, 在高寒气候下, 低温厌氧条件土壤有机质分解缓慢, 有机氮矿化微弱, 从而土壤有机氮及其组分净积累量均高。土壤有机氮组分不同, 其矿化分解的难易程度不同, 可矿化氮主要来源于酸解氮^[26], 尤其是酸解氨态氮和氨基酸态氮^[5]。本研究中 5 种土壤酸解氨基酸态氮占全氮的 24.27%—38.36%, 酸解氨态氮占全氮的 23.30%—34.45%, 结合以上结果可以看出, 黑河下游湿地典型土壤的共同点在于酸解氨基酸态氮和酸解氨态氮在有机氮组分中均占有较高比例。由此可见, 酸解氨基酸态氮和酸解氨态氮是黑河下游湿地主要土壤类型中最重要的有机氮形态。这与王克鹏等^[12]报道河西走廊灌漠土的有机氮组分是以氨基酸态氮和酸解未知氮占主导地位的研究结果不同。其主要原因可能是由于土壤性质的不同造成灌漠土中未知态氮含量较高, 至于气候、水分是否有影响有待进一步研究。本研究结果表明, 黑河下游湿地主要土壤类型的酸解氮占全氮比例随着剖面深度的增加呈降低趋势, 即随着土壤剖面的加深, 研究区内土壤有机氮向着结构更为复杂的非酸解氮转化, 土壤氮素有效性降低; 而黄土高原典型土壤酸解氮占全氮比例则随着剖面加深呈升高趋势, 土壤氮素有效性增加^[17]。这可能是由于湿地土壤随着剖面深度的加深, 土壤水热条件及通气性能变化更为显著, 影响了土壤有机质矿化及腐殖化程度, 致使土壤中的有机质品质产生差异, 从而促进了土壤有机氮向结构相对复杂的非酸解氮转化, 表明不同自然条件下土壤有机氮组分及其有效性的剖面分布特点不同。此外, 研究区内风沙土与其余土壤类型相反, 其含有的酸解氮、非酸解氮及酸解氮组分氨态氮、氨基酸态氮、氨基糖态氮含量随剖面加深而升高。这可能是由于风沙土表层干燥, 含水量低, 随

着土壤深度的增加,土壤含水量略有增加,促进了土壤氮素养分的循环;也有可能是因为风沙区植被多为深根植物,受到植物根系分泌物的影响。

3.2 湿地退化、草地沙化对土壤有机氮组分的影响

野外调查表明,黑河下游湿地因微地貌差异而存在着两个主要的生态演变过程:低地形部位土壤失水干化和高地形部位土壤沙化。黑河下游湿地低地形部位土壤有泥炭土、沼泽土缓慢演化为草甸土、亚高山草甸土的趋势;而在河流高阶地和缓丘中上部的草甸土和亚高山草甸土则存在演化为风沙土的明显趋势。这两种演变结果均为土壤有机氮组分含量明显降低,其原因一方面是由于疏干沼泽、滥垦滥挖、过度放牧等人为因素的干扰导致生态环境恶化,沼泽盐渍化,或草原原生植被和土壤腐殖质层破坏严重,导致土壤粗瘠化或沙化,从而使土壤有机氮组分含量明显降低,这与查春梅等人关于人为因素干扰明显影响土壤有机氮组分的研究结果相似^[3];另一方面是由于自然因素风蚀导致了土壤氮素养分的损失,由于表层土壤一般氮素养分含量较高,而深层土壤则较低,风蚀带走的都是表层土壤,因而沙化土壤氮素包括有机氮组分也明显降低。此外,黑河下游湿地泥炭土、沼泽土、草甸土、亚高山草甸土和风沙土 5 种土壤在表层 0—10 cm 范围内,土壤有机氮组分含量变化明显,且依次降低,而深层土壤的变化则较为微弱。由于低地形部位土壤失水干化和高地形部位土壤沙化,在土壤表层 0—10 cm 范围内,有机氮组分中氨态氮、氨基酸态氮、氨基糖态氮其绝对含量均降低了 15 倍左右,相对含量也分别降低了 7.69%—11.77%、3.51%—3.97%、5.64%—6.02%。由此可见,土壤氨态氮变化最为明显,它对生态环境变化最为敏感。

4 结论

(1)氨基酸态氮和氨态氮是黑河下游湿地主要土壤类型中最重要的有机氮组分形态。泥炭土、沼泽土、草甸土、亚高山草甸土所含的酸解氮、非酸解氮和酸解氮组分氨态氮、氨基酸态氮、氨基糖态氮含量的剖面分布总体上均随土层深度的增加而呈降低趋势,而风沙土却相反,上述有机氮组分含量的剖面分布总体上均随土层深度的增加而呈升高趋势;5 种土壤酸解氮及其组分氨态氮、氨基酸态氮、氨基糖态氮占全氮比例的剖面分布总体上均随土层深度的增加而呈降低趋势,而非酸解氮占全氮比例的剖面分布总体上均随土层深度的增加而呈升高趋势;5 种土壤酸解未知态氮含量及占全氮的比例均在剖面分布上无明显特征。

(2)黑河下游湿地泥炭土、沼泽土有机氮组分含量明显高于其他土壤类型。在湿地退化、草地沙化过程中,由于自然因素影响和人为因素干扰的双重叠加作用,表层 0—10 cm 土壤有机氮组分含量变化明显,其中土壤氨态氮对生态环境变化最为敏感。

参考文献 (References):

- [1] 张俊清,朱平,张夫道. 有机肥和化肥配施对黑土有机氮形态组成及分布的影响. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(3): 245-249.
- [2] 谢秋发,刘经荣,石庆华,李木英. 不同施肥方式对水稻产量、吸氮特性和土壤氮转化的影响. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(5): 462-467.
- [3] 查春梅,颜丽,郝长红,关连珠. 不同土地利用方式对棕壤有机氮组分及其剖面分布的影响. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(1): 22-26.
- [4] 巨晓棠,刘学军,张福锁. 长期施肥对土壤有机氮组成的影响. 中国农业科学, 2004, 37(1): 87-91.
- [5] 李世清,李生秀,邵明安,郭大勇. 半干旱农田生态系统长期施肥对土壤有机氮组分和微生物体氮的影响. 中国农业科学, 2004, 37(6): 859-864.
- [6] Mulvaney R L, Khan S A, Hoelt R G, Brown H M. A soil organic nitrogen fraction that reduces the need for nitrogen fertilization. Soil Science Society of America Journal, 2001, 65(4): 1164-1172.
- [7] 李丽霞,郝明德,彭令发. 黄土区人工牧草地有机氮组分变化研究. 水土保持研究, 2003, 10(1): 55-57, 84-84.
- [8] 富东英,田秀平,薛菁芳,韩晓日. 长期施肥与耕作对白浆土有机态氮组分的影响. 农业环境科学学报, 2005, 24(6): 1127-1131.
- [9] 姬景红,张玉龙,黄毅,虞娜,张玉玲. 灌溉方法对保护地土壤有机氮组分及剖面分布的影响. 水土保持学报, 2007, 21(6): 99-104.
- [10] 宗海英,王凯荣,谢小立. 长期施肥对红壤性水稻土有机氮组分的影响. 应用生态学报, 2008, 19(8): 1721-1726.
- [11] 高晓宁,韩晓日,刘宁,左仁辉,吴正超,杨劲峰. 长期定位施肥对棕壤有机氮组分及剖面分布的影响. 中国农业科学, 2009, 42(8):

2820-2827.

- [12] 王克鹏, 张仁陟, 索东让. 长期施肥对河西灌漠土有机氮组分的影响. 生态环境, 2008, 17(2): 699-703.
- [13] Bremner J M. Organic forms of nitrogen // Black C A, ed. Methods of Soil Analysis. Madison: American Society of Agronomy, 1965: 1238-1255.
- [14] Zhu W X, Carreir M M. Variations of soluble organic nitrogen and microbial nitrogen in deciduous forest soils along an urban-rural gradient. Soil Biology and Biochemistry, 2004, 36(2): 279-288.
- [15] Fabrizzi K P, Morón A, García F O. Soil carbon and nitrogen organic fractions in degraded vs. non-degraded mollisols in Argentina. Soil Science Society of America Journal, 2003, 67(6): 1831-1841.
- [16] 张玉玲, 陈温福, 虞娜, 张玉龙, 邹洪涛, 党秀丽. 长期不同土地利用方式对潮棕壤有机氮组分及剖面分布的影响. 土壤学报, 2012, 49(4): 740-747.
- [17] 党亚国, 王国栋, 李世清. 黄土高原典型土壤有机氮组分剖面分布的变化特征. 中国农业科学, 2010, 44(24): 5021-5030.
- [18] 彭佩钦, 仇少君, 童成立, 任秀娥. 长期施肥对水稻土耕层微生物生物量氮和有机氮组分的影响. 环境科学, 2007, 28(8): 1816-1821.
- [19] 王媛, 周建斌, 杨学云. 长期不同培肥处理对土壤有机氮组分及氮素矿化特性的影响. 中国农业科学, 2010, 43(6): 1173-1180.
- [20] 孙天聪, 李世清, 邵明安, 赵坤. 半湿润农田生态系统长期施肥对土壤团聚体中有机氮组分的影响. 应用生态学报, 2007, 18(10): 2233-2238.
- [21] 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: 146-156.
- [22] Stevenson F J. Organic forms of soil nitrogen // Stevenson F J, ed. Nitrogen in Agricultural Soils. Madison Wisconsin, USA: American Society of Agronomy Incorporated, 1982: 67-122.
- [23] Chapman P J, Williams B L, Hawkins A. Influence of temperature and vegetation cover on soluble inorganic and organic nitrogen in a spodosol. Soil Biology and Biochemistry, 2001, 33(7/8): 1113-1121.
- [24] Kelley K R, Stevenson F J. Forms and nature of organic N in soil. Fertilizer Research, 1995, 42(1/3): 1-11.
- [25] Bei Q C, Liu G, Tang H Y, Georg C, Frank R, Xie Z B. Heterotrophic and phototrophic $^{15}\text{N}_2$ fixation and distribution of fixed ^{15}N in a flooded rice-soil system. Soil Biology and Biochemistry, 2013, 59:25-31.
- [26] 李菊梅, 李生秀. 可矿化氮与各有机氮组分的关系. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(2): 158-164.