

章丘区刁镇和辛寨镇表层土壤全氮与 碱解氮特征及影响因素

刘华峰^{1,2}, 张素荣³, 代杰瑞^{1,2}, 王增辉^{1,2}, 任文凯^{1,2}

(1. 山东省地质调查院, 济南 250014; 2. 山东省土地质量地球化学与污染防治工程技术研究中心, 济南 250014;
3. 中国地质调查局天津地质调查中心, 天津 300170)

摘要:章丘区刁镇和辛寨镇位于济南市东北部,地形以平原为主,是济南市重要农业生产和农产品供应基地,通过开展1/5万土地质量地球化学调查,获得土壤环境及养分地球化学等级数据及图件,为地方土地资源规划提供支撑。通过系统采样和分析测试,研究了济南市章丘区刁镇和辛寨镇表层土壤中全氮和碱解氮含量地球化学特征及其影响因素,结果表明,研究区土壤全氮含量范围24~400 mg/kg,平均值为126 mg/kg高于济南市和山东省背景值;碱解氮含量范围23.86~741.95 mg/kg;土壤全氮和碱解氮含量为中度变异,不同土地利用类型下土壤全氮与碱解氮含量存在差异;土壤全氮地球化学等级以中等级别为主,碱解氮地球化学等级以较丰富和中等级别为主。土壤全氮是制约碱解氮含量主要因素;全氮和碱解氮与土壤有机质呈显著相关性;当土壤pH大于7.28时,它们与土壤pH相关性显著。研究区土壤环境条件有利于全氮向碱解氮转化。本文为指导研究区农业施肥和基本农田划定有着重要意义。

关键词:章丘区;刁镇和辛寨镇;表层土壤;全氮;碱解氮;土地利用;影响因素

中图分类号: S153

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2020)03-0240-06

土地质量地球化学调查是一项全新的地质工作,主要依据影响土地质量的营养有益元素、有毒有害元素及化合物、有机污染物、理化性质等地球化学指标,及其对土地基本功能的影响程度而进行的土地质量地球化学等级评定^[1]。近年来,全国各地不同程度地开展了土地质量地球化学调查^[2-7],取得丰硕成果。本文基于中国地质调查局天津地质调查中心的“京津冀鲁土地质量地球化学调查”二级项目子项目,通过系统采样与分析,研究地块尺度下表层土壤中元素地球化学特征,探索元素在土壤中主要受控或影响因素,重点对土壤肥力因子进行分析研究。氮是土壤中三大主要养分之一,是土壤肥力的重要影响因素^[8]。碱解氮是土壤氮的主要组成形式,它包括无机态氮和结构简单、能为作物直接吸收利用的有机态氮,可供作物近期吸收利用,能反映土壤近期的供氮水平^[9]。研究土壤中全氮及碱解氮地球化学特征及影响因素,对土地管理和农业施肥有重要的科学指导意义。

1 研究区概况

研究区为济南市章丘区的刁镇和辛寨镇,地质背景以第四系沉积物为主,地貌类型以平原为主,东南部为低山丘陵,土地利用类型多样,其中耕地以水浇地为主。气候属于暖温带季风区的大陆性气候,四季分明,雨热同季(图1)。

2 研究方法

依据规范要求^[1],本次研究的土壤样品以土地利用现状图中地块为采样单元,兼考虑网格,采集0~20 cm表层土壤样品,每件样品由周围20 m范围内5个子样等份组合而成。共采集表层土壤673件,采样密度为6点/km²。土壤样品在自然条件下阴干,测试全量指标的样品过10目(2 mm)尼龙筛,过筛后将样品混匀,按四分法,称取100 g为一件样品;测试有效态的新鲜土壤样品,采样后不加工直接在5天内送至湖北省地质实验测试中心。

收稿日期:2020-04-05

资助项目:中国地质调查局项目“章丘市刁镇和辛寨镇1/5万土地质量地球化学调查(DD20160325-03)”

作者简介:刘华峰(1982-),男,高级工程师,从事地球化学研究工作,毕业于中国地质大学(武汉),环境地球化学方向,E-mail: hfliu88@163.com。

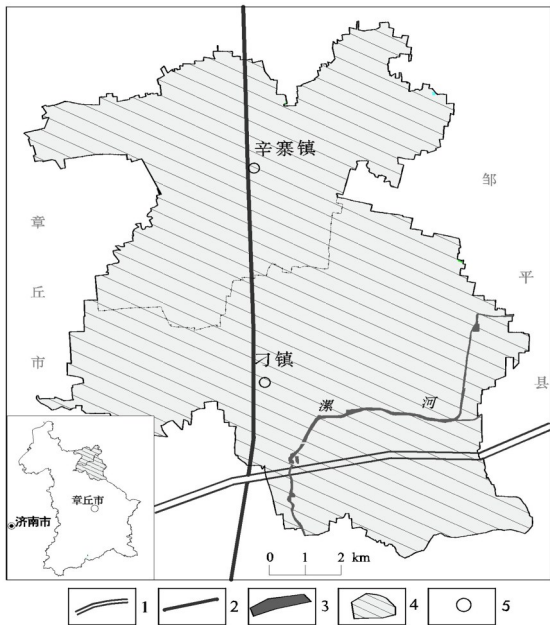


图1 研究区交通位置示意图

Fig.1 Traffic location map of study area

1.高速公路;2.县道;3.河流水面;4.采样区域;5.镇位置

按照《地质矿产实验室测试质量管理规范》(DZ/T 0130-2006),土壤全氮测定方法采用容量法(VOL),称取1.00克试样,试样经硫酸、重铬酸钾消解,加氢氧化钠蒸馏,用凯氏定氮仪测定全氮含量。碱解氮测定采用容量法,称风干土样(通过2 mm筛)2.0 g平铺于螺纹丝扣密封类型的塑料扩散皿外室,吸取3 mL 20 g/L 硼酸-指示剂溶液(pH=4.5)于扩散皿内室,向外室加10.0 mL 1.8 mol/L 氢氧化钠溶液于扩散皿外室,轻摇晃动后迅速旋紧盖子,于40℃保温箱内

恒温24小时,用0.01 mol/L HCl标准溶液滴定内室硼酸中的氨,计算碱解氮含量。

全氮准确度 $\Delta \lg C$ 均值为0.01,最大值为0.07;精密度 λ 均值为0.02,最大值为0.15;碱解氮外检样品60件,合格率100%。测试数据质量经专家验收合格。

本文采用Microsoft Excel 2007对样品测试结果进行统计分析,相关性分析采用SPSS 19软件,地球化学图制作采用 Mapgis6.7软件,插值方法为反距离权重法;地球化学等级图制作采用土地质量地球化学调查与评价数据管理与维护(应用)子系统。

3 结果与分析

3.1 全氮和碱解氮地球化学特征

3.1.1 土壤全氮和碱解氮含量及空间分布特征

研究区表层土壤全氮和碱解氮地球化学参数值见表1。表层土壤全氮含量范围为24~400 mg/kg,均值126 mg/kg,变异系数为33%;土壤碱解氮含量范围为23.86~741.95 mg/kg,均值126.29 mg/kg,变异系数为52%。全氮和碱解氮含量变异系数高于30%,为中度变异。全氮含量在空间上分布表现为呈块状区域高低相间分布状况(图2),在辛寨镇南、

表1 研究区表层土壤全氮和碱解氮地球化学参数值(mg/kg)

Tab.1 Geochemical parameters of total nitrogen and alkali-hydrolyzed nitrogen in surface soil of study area

指标	最小值	最大值	平均值	标准偏差	变异系数	济南	山东省
全氮	24	400	126	0.410	33%	1 010	890
碱解氮	23.86	741.95	126.29	65.24	52%	—	—

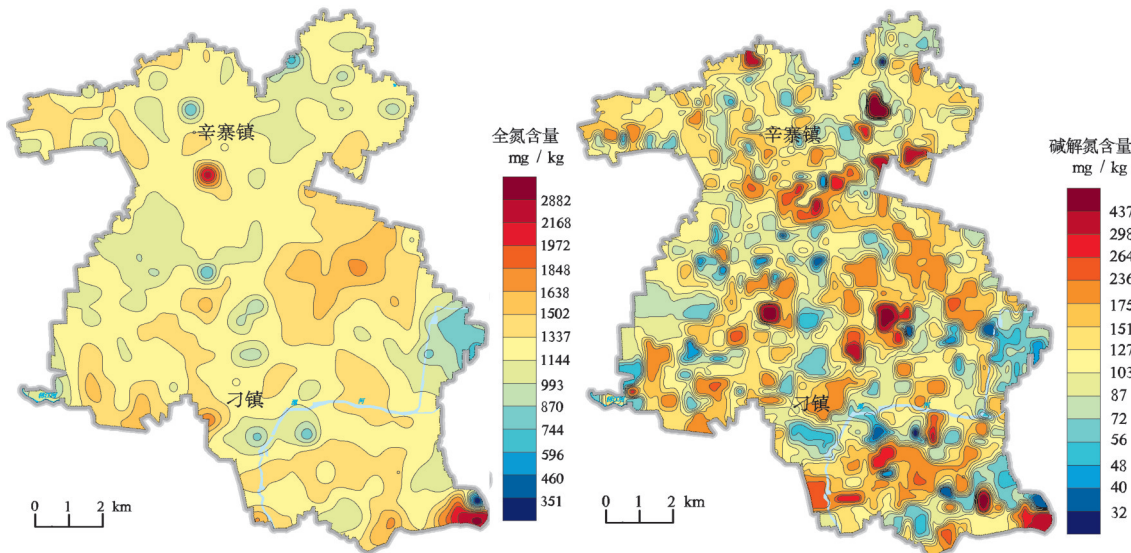


图2 研究区土壤全氮与碱解氮地球化学图

Fig.2 Geochemical map of soil total nitrogen and alkaline-hydrolyzed nitrogen in the study area

刁镇东北及东南部含量较高。碱解氮含量在空间上分布表现较为零散,均以较小块状区域高低相间分布状态,这一现象与影响氮向碱解氮转化的土壤环境差异有关。利用反复剔除3倍标准离差后求平均值的方法计算土壤全氮背景值,结果显示,与济南市和山东省相比^[10-11],研究区表层土壤全氮含量背景值

较高,揭示出研究区作为农业生产区,土壤全氮有明显的外源进入。

3.1.2 不同土地利用方式下全氮与碱解氮特征

对研究区8种土地利用类型下表层土壤全氮和碱解氮含量参数进行统计,结果见表2。全氮含量平均值高低顺序为草地>水域及水利设施用地>耕地>

表2 不同土地利用类型全氮与碱解氮地球化学参数
Tab.2 Geochemical parameters of total nitrogen and alkali-hydrolyzed nitrogen for different land use types

土地利用分类	全氮				碱解氮			
	含量范围	均值	标准离差	变异系数	含量范围	均值	标准离差	变异系数
耕地	281~3 675	1 322	343	0.26	23.90~612.30	134.68	60.88	0.45
园地	841~2 240	1 240	390	0.31	63.62~741.95	164.13	184.10	1.12
林地	240~3 075	976	389	0.40	31.81~278.32	86.95	40.58	0.47
草地	657~4 000	1 653	897	0.54	39.76~350.00	145.88	90.36	0.62
工矿仓储用地	486~2 810	1 069	574	0.54	31.81~190.85	103.38	55.49	0.54
住宅用地	913~1 192	1 086	121	0.11	55.66~103.88	89.46	22.84	0.26
水域及水利设施用地	788~2 023	1 236	575	0.47	87.47~135.18	105.36	20.91	0.20
其他土地	418~2 514	903	526	0.58	23.86~206.75	88.80	50.20	0.57

注:含量范围、均值单位为mg/kg。

园地>住宅用地>工矿仓储用地>林地>其他用地,碱解氮含量均值高低顺序为园地>草地>耕地>水域及水利设施用地>工矿仓储用地>住宅用地>其他土地>林地。

不同土地利用类型下土壤全氮与碱解氮含量存在的差异,不仅反映了氮的输入途径差异,同时又揭示了不同土壤环境对土壤中氮转化碱解氮差异。草地的表层土壤具有较高的全氮和碱解氮含量,与其长期凋落物在表层土壤形成大量腐殖质有机物有关^[12];园地通过叶施和根施有机肥增加养分从而提高经济作物产量;耕地受人类活动影响,一方面保证了氮的充足输入,同时适量的水分和频繁的犁作翻耕使得氮更有效的向碱解氮转换。住宅用地、工矿仓储用地和林地等一方面氮输入较低,其次是土壤板结、含水率低等土壤环境,不利于碱解氮转化。

3.2 土壤全氮和碱解氮地球化学等级

根据土壤全氮和碱解氮等级划分标准^[1],评价研究区土壤全氮和有效氮地球化学等级,结果见表3、图3。

评价结果显示,研究区土壤全氮地球化学等级以中等为主,占全区总面积的78.06%,丰富及较丰富

等级地块主要分布在研究区中部道口-刘官村,缺乏和较缺乏等级地块则分布在研究区东部和东南部。碱解氮以较丰富和中等等级为主,二者占全区总面积的72.24%,缺乏和较缺乏等级地块主要分布在东部废弃鱼塘及东南部丘陵地区。

土壤全氮和碱解氮地球化学等级分布存在局部同步现象,也存在区域差异性(图3)。在研究区中部较丰富等级和全区较缺乏、缺乏等级地块空间分布一致,这一现象表明区域土壤碱解氮含量受全氮制约。同时在研究区中北部和中南部全氮中等等级区域土壤碱解氮较为丰富,表明该区域土壤条件有利于氮向碱解氮转化。

3.3 影响土壤全氮和碱解氮含量的因素分析

3.3.1 土壤全氮与碱解氮相互关系

土壤全氮与碱解氮含量相关性较为显著(图4),表明土壤中碱解氮明显受全氮含量制约。已有研究表明土壤碱解氮主要集中在土壤表层,其浓度受施氮量的影响较大^[13-14]。

3.3.2 土壤有机质对全氮和碱解氮含量影响

土壤有机质与全氮和碱解氮含量散点图如图5所示。土壤有机质与全氮、有机质与碱解氮均存在

表3 研究区表层土壤养分元素评价等级所占比例表
Tab.3 Evaluation criteria and ratio of nutrient elements in surface soil of evaluation area

类别	指标	一级	二级	三级	四级	五级
		很丰富	丰富	中等	稍缺乏	缺乏
等级标准 ^[1]	全氮/(mg/kg)	>2 000	1 500~2 000	1 000~1 500	750~1 000	≤750
	碱解氮/(mg/kg)	>150	120~150	90~120	60~90	≤60
评价结果 (面积比例)	全氮/%	0.92	12.83	78.06	6.26	1.93
	碱解氮/%	19.19	39.24	33.00	6.51	2.05

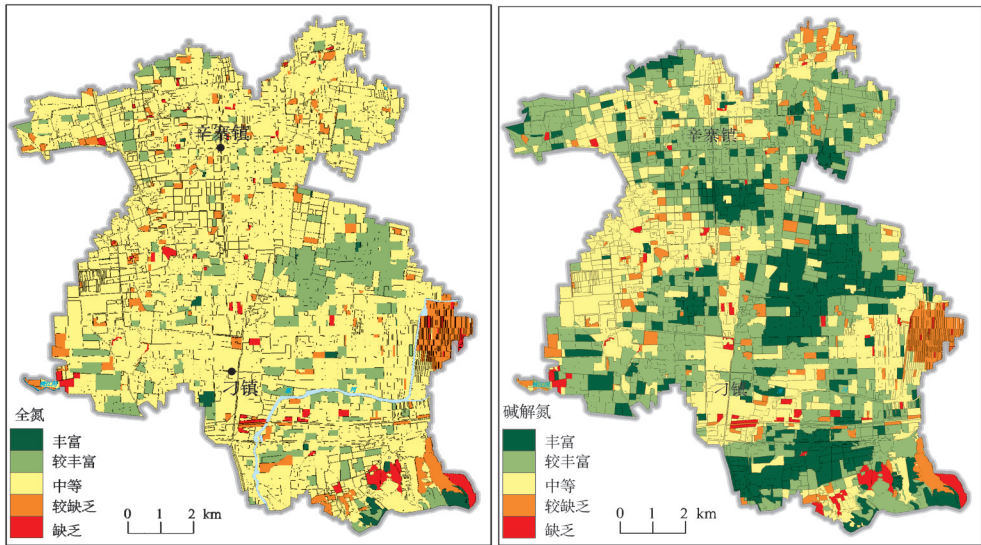


图3 研究区土壤全氮与碱解氮地球化学等级图

Fig.3 Geochemical grade of total nitrogen and alkali-hydrolyzed nitrogen in soils in the study area

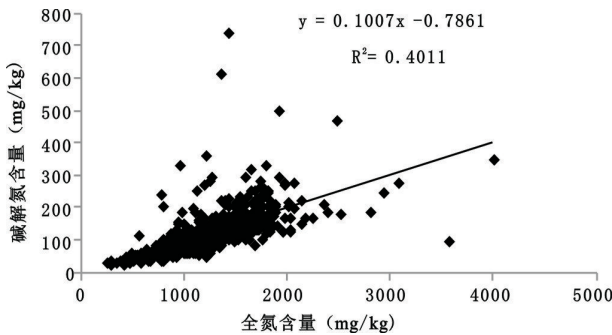


图4 研究区土壤全氮与碱解氮含量散点图

Fig.4 Scattered plots of total and alkali-hydrolyzed nitrogen contents in soils in the study area

显著线性相关关系,但后者显著性明显弱于前者,这是因为土壤有机质也包含氮的一部分,有机质与全氮相关性强于碱解氮,二者关系更为密切,而碱解氮形成过程受土壤环境条件影响^[15-16]。

3. 3. 3 土壤pH对全氮和碱解氮含量的影响

分析研究区土壤pH、全氮和碱解氮数据显示,研

究区土壤pH与全氮、碱解氮含量线性关系较为复杂(图6)。当pH>7.28时,土壤pH与全氮或碱解氮含量具有显著相关性,这表明弱碱性和碱性土壤环境条件,有利于全氮向碱解氮转化。

关于土壤pH与全氮和碱解氮之间关系研究,国内专家学者得出结论各有差异。宋文峰^[17]等对泸州烟区、陈朝阳^[18]对南平市耕层土壤pH与土壤养分的关系研究认为pH与土壤碱解氮含量相关关系不显著,梁颂捷^[19]等对福建烟区的土壤研究认为pH与土壤碱解氮含量呈极显著负相关,林毅^[20]等三明烟区土壤研究认为pH与土壤碱解氮含量呈极显著正相关,这些研究结论与本研究结果不一致。表明土壤pH与全氮和碱解氮含量关系较为复杂,可能还与其他土壤环境参数有关,有待更进一步探讨。

3. 3. 4 氮利用率影响因素分析

碱解氮是植物能够直接利用的有效氮,土壤氮利用率以土壤碱解氮/全氮比值来表示。研究区土壤

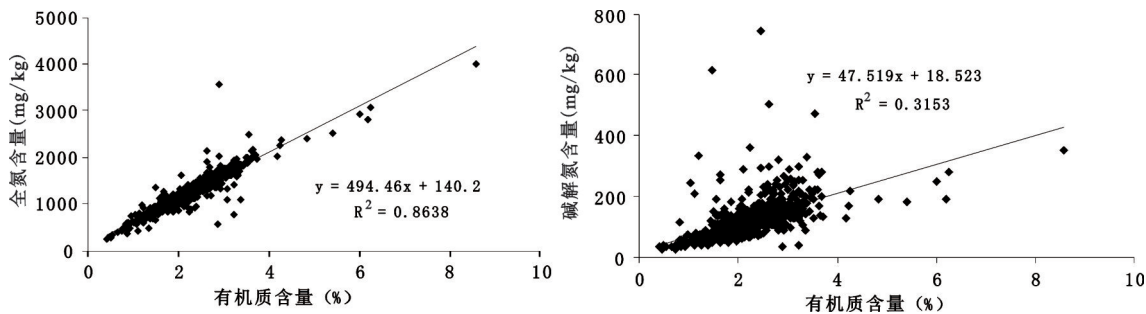


图5 研究区土壤有机质与全氮、有机质与碱解氮含量散点图

Fig.5 Scattered plots of organic matter and total nitrogen, organic matter and alkali-hydrolyzed nitrogen in soil in the study area

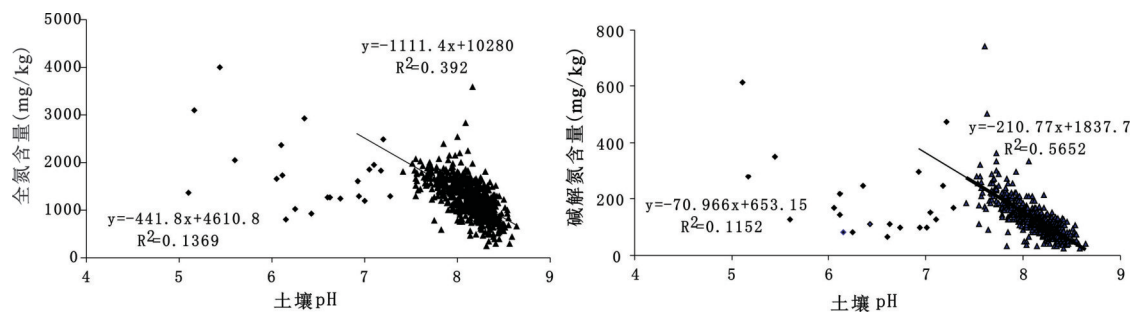


图6 研究区土壤pH与全氮含量、土壤pH与碱解氮含量散点图

Fig.6 Scattered plots of pH and total nitrogen content, pH and alkali-hydrolyzed nitrogen content in soil in the study area

氮利用率和土壤有机质、土壤pH相关性较差(图7),这是由于氮在土壤中的转化、迁移与土壤的有机质和pH无关,可能受到光照、温度、气候、降水等诸多环境因素的影响。

有研究表明,当土壤有机质C/N小于15/1时,有机质矿化初期可提供足够的碱解氮,植物从有机质矿化过程中获得碱解氮供应的可能性增加。C/N越

低,越有利于土壤碱解氮的形成^[21]。经计算统计研究区土壤有机质C/N比在4.65~15.68之间,表明土壤理化性质条件有利于土壤碱解氮形成,供氮能力较好。

4 结论

(1)研究区表层土壤全氮含量介于240~4 000 mg/kg、碱解氮含量介于23.86~741.95 mg/kg;土壤全

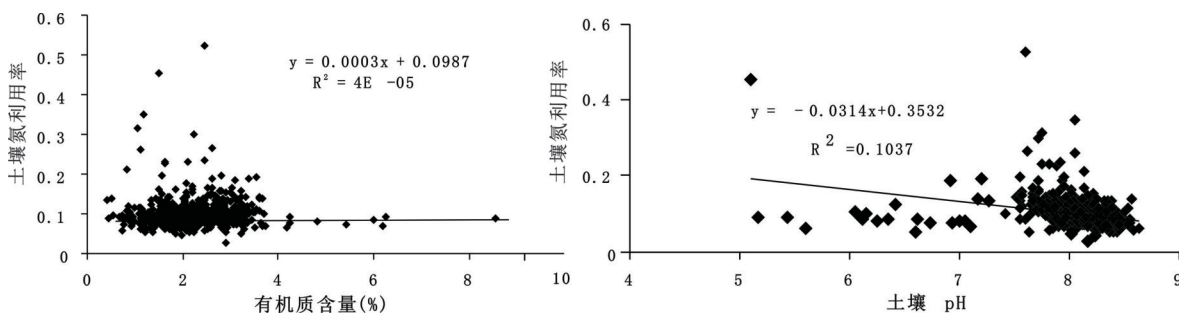


图7 研究区土壤氮利用率与有机质含量和pH散点图

Fig.7 Scattered plots of soil nitrogen utilization efficiency with organic matter and pH in the study area

氮含量均值高于济南市和山东省土壤背景值;土壤全氮与碱解氮含量在空间上具有局部同步和区域差异性特征。

(2)不同土地利用类型土壤全氮与碱解氮含量存在差异性。全氮含量均值高低顺序为草地>水域及水利设施用地>耕地>园地>住宅用地>工矿仓储用地>林地>其他用地,碱解氮含量均值高低顺序为园地>草地>耕地>水域及水利设施用地>工矿仓储用地>住宅用地>其他土地>林地。全氮与碱解氮含量分布空间差异应与土地利用类型和人为活动有关。

(3)研究区土壤全氮地球化学等级以中等为主,占全区总面积的78.06%,碱解氮以较丰富和中等等级为主,占全区总面积的72.24%,土壤全氮和碱解氮地球化学等级在空间上分布既具有同步性又具有差异性。

(4)土壤碱解氮含量明显受土壤全氮含量控制,二者与土壤有机质含量具有显著相关性;当土壤pH大于7.28时,它们和土壤pH具有显著相关性。土壤氮利用率与土壤有机质和pH相关性较差,其影响因素还需要进一步探讨。研究区土壤C/N介于4.65~15.68之间,利于土壤碱解氮生成。

参考文献:

- [1]中国地质调查局.DZ/T0295-2016《土地质量地球化学评价规范》[S],2014.
- [2]武春林,成欢,王瑞廷,等.陕西省西咸新区窑店镇土地质量地球化学评价及合理开发建议[J].地质调查与研究,2019,42(3):25-234.
- [3]陶春军,贾十军,梁红霞,等.安徽省滁州地区土地质量地球化学评估研究[J].地质调查与研究,2014,37(1):61-67.
- [4]张素荣,赵更新,贺福清,等.海河流域平原区土地质量地

- 球化学评估[J].地质调查与研究,2013,36(3):182-188.
- [5] 于成广,杨晓波,凌爽,等.辽河流域花生产区土壤地球化学特征分析与评价[J].地质调查与研究,2009,32(3):187-193.
- [6] 蒋小燕,张琴,谢振东.鄱阳湖及周边经济区表层土壤营养元素分布现状与丰缺评价[J].地质调查与研究,2010,33(3):226-231.
- [7] 侯佳渝,刘金成,曹淑萍,等.天津市城区大气干湿沉降地球化学研究[J].地质调查与研究,2013,36(2):131-135.
- [8] 黄昌勇.土壤学[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [9] 陆欣.土壤肥科学[M].北京:中国农业大学出版社,2002.
- [10] 庞绪贵,代杰瑞,王存龙,等.山东省土壤地球化学[M].北京:地质出版社,2018.
- [11] 庞绪贵,代杰瑞,胡雪平,等.山东省土壤地球化学背景值[J].山东国土资源,2018,34(1):1672-6979.
- [12] 王青山,何利平.土壤有机质与氮素供应的相关关系[J].山西林业科技,2003,增刊:25-27.
- [13] 施春健,庄秋丽,李琪,等.东北地区不同纬度农田土壤碱解氮的剖面分布[J].生态学杂志,2007,26(4):501-504.
- [14] 郑德明,姜益娟,柳维扬.新疆棉田土壤速效养分的时空变异特征研究[J].棉花学报,2006,18(1):23-26.
- [15] 王艳杰,付桦.雾灵山地区土壤有机质全氮及碱解氮的关系[J].农业环境科学学报,2005,24:85-90.
- [16] 邓邦良,袁知洋,温卫华,等.武功山山地草甸土壤有机质、全氮及碱解氮分布格局及关系[J].江苏农业科学,2015,43(11):414-417.
- [17] 宋文峰,刘国顺,罗定棋,等.泸州烟区土壤pH分布特点及其与土壤养分的关系[J].江西农业学报,2010,22(3):47-51.
- [18] 陈朝阳.南平市植烟土壤pH状况及其与土壤有效养分的关系[J].中国农学通报,2011,27(5):149-153.
- [19] 梁颂捷,朱其清.福建植烟土壤pH值与土壤有效养分的相关性[J].中国烟草科学,2001,22(1):25-27.
- [20] 林毅,梁颂捷,朱其清.三明烟区土壤pH值与土壤有效养分的相关性[J].烟草科技,2003(6):26-27.
- [21] 苟照君,李英年,刘峰贵,等.黄河上游高寒草地全氮含量分布特征及其影响因素[J/OL].生态学杂志,1-12.

Characteristics and Influencing factors of total nitrogen and alkaline-hydrolyzed nitrogen in surface soil from Diaozhen town and Xinzhai town in Zhangqiu district

LIU Hua-feng^{1,2}, ZHANG Su-rong³, DAI Jie-rui^{1,2}, WANG Zeng-hui^{1,2}, REN Wen-kai^{1,2}

(1. Shandong Institute of Geological Survey, Jinan 250014, China; 2. Shandong Engineering Research Center of Land Quality Geochemistry and Pollution Prevention, Jinan 250014, China; 3. Tianjin Center, China Geological Survey, Tianjin 300170, China)

Abstract: Based on the 1/50 000 land quality geochemical survey project, the geochemical characteristics of total nitrogen and alkali-hydrolyzed nitrogen in surface soil from Diaozhen and Xinzhai Towns in Zhangqiu City were studied. Through systematic sampling and analysis, the results showed that the total nitrogen content of soil ranges from 240 to 4000 mg/kg, and the alkali-hydrolyzed nitrogen content ranges from 23.86 to 741.95 mg/kg. The average value of total nitrogen content of soil is higher than the average values of soil from Jinan City and Shandong Province. Their spatial distributions are moderately variable. There are differences in soil total nitrogen and alkali-hydrolyzed nitrogen content under different land use types. The geochemical grade of soil total nitrogen is mainly of medium grade, while the geochemical grade of alkali-hydrolyzed nitrogen is mainly of rich and medium grade. Soil total nitrogen is the main factor restricting the content of alkali-hydrolyzed nitrogen. Total nitrogen and alkali-hydrolyzed nitrogen are significantly correlated with soil organic matter. Their correlation to soil pH is significant when the soil pH is greater than 7.28. Soil environmental conditions in the study area are conducive to nitrogen transformation.

Key words: surface soil; total nitrogen; alkali-hydrolyzed nitrogen; land use; influencing factors