

我国南方不同地带性水稻土有机氮组分变化^①

李强, 王晋, 庄舜尧*

(土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008)

摘要: 采集我国南方不同地带性水稻土, 运用封管水解 Bremner 法测定了土壤中氨基酸氮、氨基糖氮、铵态氮、未知氮等酸解性有机氮组分, 以探究区域条件对土壤有机氮结构组成的影响。结果表明, 从区域地带性来看, 水稻土中全氮及有机氮各组分含量无明显规律, 这可能与区域性的施肥等管理措施和气候因素综合作用相关。然而, 土壤有机氮各组分占全氮比例除氨基酸氮外均与区域纬度呈线性相关, 其中酸解总氮、未酸解氮、氨基糖氮、酸解未知氮以及铵态氮线性相关的决定系数 R^2 分别为 0.556 6、0.729 3、0.803 6、0.897 5 和 0.411 3。可见, 人为耕作管理对土壤全氮含量影响很大, 而自然环境则对土壤有机氮结构组成起决定作用。

关键词: 水稻土; 地带性; 有机氮; 结构组成

中图分类号: S153.6

通常, 土壤中 95% 以上的氮是以有机形态存在, 且成分非常复杂, 包括有机残体中的氮和土壤有机质或腐殖质中的氮。土壤有机态氮由于存在形态的不同, 其矿化速率和矿化特征以及对植物的供氮能力也存在较大差异。因此, 关于土壤有机氮组分及其有效性的研究一直是土壤氮素肥力研究的重点。

1965 年, Bremner^[1]提出了采用酸水解的方法将土壤有机氮进行分组, 其将有机氮分为铵态氮、氨基糖氮、氨基酸氮、酸水解未知氮和非酸水解氮, 从而极大地促进了有机氮组分的研究。然而, 此方法与扩散法^[2-3]一样, 均有一定的不足。然而, 采用封管水解 Bremner 法对有机氮进行分级, 可以更加有效简便地分析土壤有机氮组分的结构特征^[4-5]。

水稻土是我国重要的农业土壤资源, 研究其有机氮组分变化规律具有重要意义。目前, 国内外的研究主要集中在探讨施肥等管理措施^[6-12]或者长时间尺度效应^[13-14]对土壤有机氮组分的影响, 即只探讨同一气候条件下, 土壤有机氮组分的变化规律。慈恩等^[15]通过选取具有气候代表性的水稻土, 研究了不同区域水稻土的氮素分配特征, 然而其并未对有机氮组分进行讨论。总的来说, 对由区域条件引起的不同气候环境因素所引起的水稻土有机氮组分的研究仍然缺乏。为此, 本研究选取采集了我国南方不同种植区域的水

稻土, 采用封管水解 Bremner 法对水稻土酸水解性有机氮组分进行测定, 以探究区域条件对土壤有机氮组分分布特征的影响, 为揭示在区域空间尺度上耕地土壤有机氮变化规律和氮素生物地球化学循环提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

研究选取了我国南方地区具有区位代表性的 5 个水稻田样地, 包括江苏常熟、浙江临安、浙江衢州、江西鹰潭和广东广州, 其中水稻土 CS 采自中国科学院常熟农业生态国家实验站, 由母质为湖相沉积物的乌栅土发育而来; 水稻土 LA 采自临安市浙江农林大学附近, 成土母质起源于石灰岩风化的坡积物; 水稻土 QZ 采自衢州市柯城区万田乡, 成土母质起源于红砂岩风化发育的红砂土; 水稻土 YT 采自中国科学院红壤生态实验站, 由第四纪红色黏土发育而来; 水稻土 GZ 采自广州市白云区钟落潭镇, 成土母质为花岗岩风化物。各样地水稻土均有 50 年以上水稻种植历史, 取样地基本信息如表 1 所示。5 个采样点的相对位置如图 1 所示。

土壤样品于 2013 年 10 月进行采集, 每个采样地选取耕层土样(犁底层以上), 按“S”形路线多点混

基金项目: 中德科学中心项目(GZ518)资助。

* 通讯作者(syzhuang@issas.ac.cn)

作者简介: 李强(1990—), 男, 安徽太和人, 硕士研究生, 主要从事土壤化学研究。E-mail: qli1074@gmail.com

表 1 研究样地的基本信息
Table 1 Basic information of sampling sites

样点	年积温(°C)	年均温(°C)	年降雨量(mm)	日照百分率(%)	耕作制度
广州	7 702	21.1	1 720	43	双季稻
鹰潭	6 716	18.4	1 882	49	双季稻
衢州	6 132	16.8	1 700	46	双季稻
临安	5 840	16.0	1 614	43	水稻-油菜
常熟	5 621	15.4	1 065	48	稻麦轮作

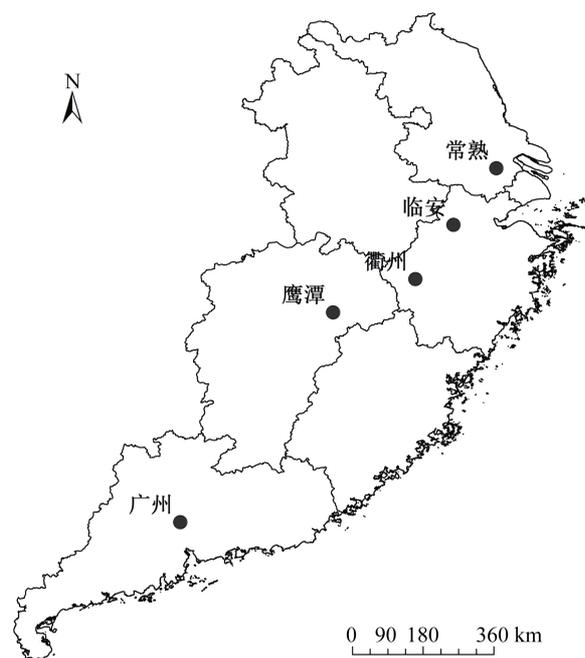


图 1 采样地的地理位置
Fig. 1 Geographic locations of sampling sites

表 2 供试水稻土的基本信息
Table 2 Basic information of paddy soils

土壤编号	样点	经纬度	pH	有机质(g/kg)	全氮(g/kg)	C/N
GZ	广州	23.40°N, 113.47°E	5.40	30.7	1.59	11.37
YT	鹰潭	28.23°N, 116.97°E	5.15	23.7	1.52	9.02
QZ	衢州	29.00°N, 118.85°E	5.70	35.5	2.39	8.62
LA	临安	30.25°N, 119.72°E	5.39	24.3	1.70	8.32
CS	常熟	31.55°N, 120.70°E	7.90	24.1	1.97	7.11

2 结果与分析

2.1 不同地带性水稻土有机氮含量

从不同区域样品结果来看,水稻土全氮含量为 1 524 ~ 2 391 mg/kg,总酸解氮 941 ~ 1 613 mg/kg,氨基酸氮 378 ~ 714 mg/kg,铵态氮 186 ~ 375 mg/kg,

合采样。每个样地选取 3 个重复样,采样点间距大于 50 m,并用 GPS 记录样品所在地的经纬度。样品经风干、挑根、研磨、过筛后密封保存于玻璃瓶中待用。土壤样品的基本信息如表 2 所示。

1.2 分析方法

采用封管水解法对土壤有机氮组分进行测定,具体步骤:称 2.5 g 过 100 目筛土壤至 10 ml 水解瓶,加入 8 ml 6 mol/L HCl 后轻轻摇匀,封口后置于烘箱中 110°C 加热 12 h^[13]。根据 Bremner 法,酸解液经过滤、中和、定容即可进行有机氮组分分级测定。土壤全氮和总酸解氮测定采用凯氏半微量定氮法;铵态氮用 MgO 蒸馏法测定;铵态氮+氨基糖态氮用磷酸盐-硼酸盐缓冲液蒸馏法测定;氨基酸态氮用茚三酮氧化测定,磷酸盐-硼酸盐缓冲液蒸馏法测定;未知态氮、未酸解氮和氨基糖态氮用差减法求得。

土壤酸度用 pH 计测定,土水比为 1:5;土壤有机质采用重铬酸钾外加热法测定;土壤全氮采用凯氏定氮法测定。

1.3 数据处理

数据处理采用 SPSS 20.0 软件和 Excel 软件进行计算和统计分析。采用 Origin Pro 8.0 进行拟合制图。

氨基糖氮 96 ~ 136 mg/kg,未知态氮 260 ~ 389 mg/kg(表 3),其中土壤全氮、总酸解氮、氨基酸氮及未知态氮以衢州的水稻土为最高,铵态氮以衢州与常熟最高,氨基糖氮各样地无差异。土壤全氮和总酸解氮鹰潭最低,氨基酸氮广州和临安最低,铵态氮和未知态氮以鹰潭为最低。在酸解氮中,氨基糖氮 >

表 3 不同地带性水稻土有机氮组含量
Table 3 Contents of organic nitrogen fractions in paddy soils sampled from different zones

土壤编号	土壤全氮 (mg/kg)	总酸解氮 (mg/kg)	氨基酸氮 (mg/kg)	铵态氮 (mg/kg)	氨基糖氮 (mg/kg)	未知态氮 (mg/kg)
GZ	1 563 ± 55 c	1 060 ± 43 c	378 ± 31 c	199 ± 12 b	106 ± 18 a	376 ± 31 a
YT	1524 ± 167 c	941 ± 57 c	398 ± 15 bc	186 ± 1 c	98 ± 20 a	260 ± 46 b
QZ	2 391 ± 75 a	1 613 ± 47 a	714 ± 43 a	375 ± 17 a	136 ± 32 a	389 ± 76 a
LA	1 696 ± 89 c	999 ± 89 c	379 ± 26 c	224 ± 9 ab	96 ± 22 a	299 ± 34 ab
CS	1 969 ± 42 b	1 173 ± 23 b	446 ± 11 b	364 ± 20 a	96 ± 22 a	267 ± 6 b

注：同列数据小写字母不同表示不同地带性水稻土间差异达到 $P < 0.05$ 显著水平。

未知态氮>铵态氮>氨基糖氮。总的来看,在不同地带性的水稻土中,土壤全氮含量及有机氮组含量与纬度变化没有相关性。

2.2 不同地带性水稻土有机氮组分比例

图 2 显示了不同土壤有机氮各组分占全氮比例的分布特征。从图 2 可见,水稻土中非水解性氮所占比例从南到北是逐渐增加的(32.2% ~ 40.4%),相反水解氮的比例是下降的(67.8% ~ 59.6%)。在水解氮中,未知态氮比例随纬度增加是下降的,从广州的 24.1% 下降到常熟的 13.6%;氨基酸氮所占比例较为接近,约为 25%,在衢州最高为 29.8%;铵态氮比例为 12.2% ~ 18.5%,并且有随纬度增加而增加的趋势;土壤氨基糖比例变化范围为 4.9% ~ 6.8%,所占比例较小,且变化范围小,但从南到北,随着纬度增加有明显的下降趋势。从有机氮组分比例特征可以看出,很大程度上,气候环境决定了有机氮的结构组成。

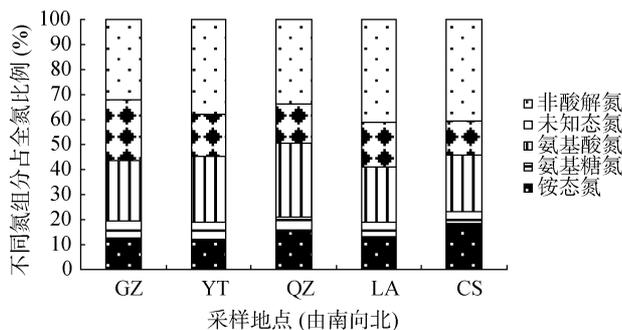


图 2 不同纬度水稻土有机氮组分比例特征

Fig. 2 Proportions of organic nitrogen fractions in paddy soils along with the latitude

3 讨论

3.1 纬度对土壤 C/N 的影响

Dhar 和 Mukherji^[16]通过空间大尺度采样,发现在温带地区的酸性土壤中,随着温度的增加,土壤 C/N 也随之增加。这是因为土壤中蛋白质代谢产物是铵,使得蛋白质的代谢速率要大于纤维素或碳水

化合物的分解速率,进而导致土壤 C/N 增加。文启孝等^[17-18]认为不同水稻土 C/N 的差异是水稻土中黏土矿物类型的差异造成的,即不同黏土矿物固定铵的能力各不相同;其中蛭石的固铵能力最强;伊利石、蒙脱石等的固铵能力视其本身的脱钾程度或反应时的水分状况等而异;而高岭石、埃洛石等则无固铵能力。因而,不同地区的土壤 C/N 的差异也有可能是由于各成土母质固定 NH_4^+ 的能力不同造成的。本研究结果同样验证了 C/N 与纬度之间的关系(图 3a) 随着纬度的增加,土壤 C/N 也是逐渐减小的($R^2 = 0.9833$),同样年均温的降低与 C/N 也存在显著的线性相关(图 3b, $R^2 = 0.9392$)。

3.2 纬度对水稻土有机氮组分的影响

已有研究发现,地理纬度并不影响土壤全氮含量^[19],本研究也得到了同样的结果。这是由于,土壤全氮含量更多地受到人为耕作管理措施的影响。肖伟伟等^[8]研究表明,与不施肥处理相比,长期施肥能增加耕层土壤全氮、酸解有机氮、酸解铵态氮、酸解未知态氮、非酸解有机氮和有机碳含量;与单施化肥相比,施用有机肥能显著提高土壤全氮、酸解有机氮、酸解铵态氮、氨基酸态氮、非酸解有机氮和有机碳的含量;施用有机肥尤其利于氨基酸态氮和非酸解有机氮的形成,酸解有机氮占全氮的比例较不施肥处理降低是由氨基酸态氮、酸解铵态氮占全氮的比例降低所致。杨艳丽等^[20]研究认为土壤类型对土壤全氮的变异起主导作用。曹宏杰等^[21]通过分析相同水热条件下长期施肥措施对土壤有机碳含量和土壤全氮含量的影响,以及不同水热条件下相同施肥措施间的差异,发现土壤全氮含量与降水、温度间存在良好的相关性;长期施肥处理结果表明,在相同水热条件下外源有机肥的加入,以及合理施肥都能提高土壤碳含量;相同施肥处理土壤有机碳、氮在不同水热梯度条件下差异显著。因此,本研究中不同地带水稻土可能受气候因素与管理措施的综合作用,致使水稻土全氮及各氮组分含量随纬度变化没有明显规律。

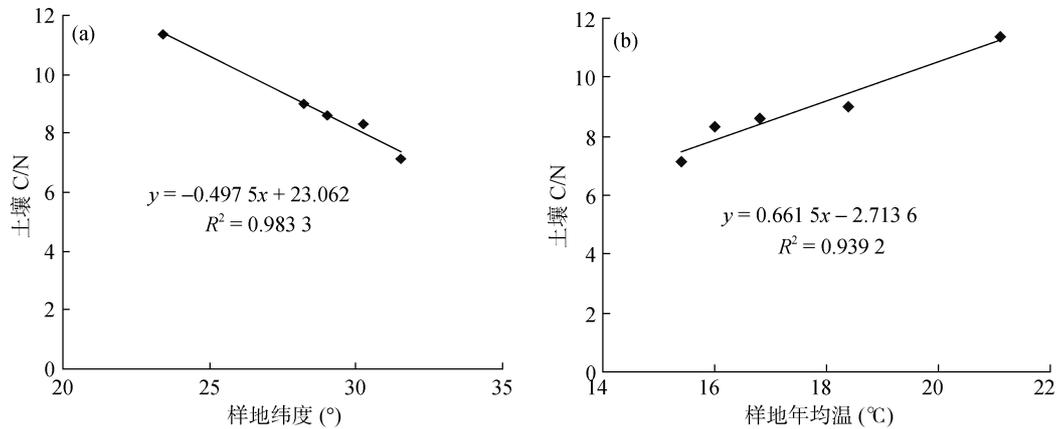


图 3 水稻土 C/N 与纬度(a)和温度(b)的相关性

Fig. 3 Relationship between C/N ratio of paddy soil and latitude and temperature

3.3 纬度对水稻土各形态氮组分比例的影响

Youebayashi 等^[22]通过空间大尺度采样,发现影响水稻土非酸水解性氮占全氮百分比的关键因素是水文环境。降雨量少的地区土壤自然风干时间较长,促进土壤有机质的腐殖化过程,而固定态铵会在此过程中慢慢转化为土壤的非酸解性氮。因此,与降雨量大的地区水稻土相比,降雨量小的地区水稻土非酸解性氮占全氮百分比比较大。本研究中,从南到北,随着纬度的增加,降雨量整体上有减小的趋势(表 1)。因而,非酸解性氮占全氮百分比随着纬度的增加又有增加的趋势(图 4)。文启孝等^[17]和程励励等^[18]则认为不同土壤的非酸解性氮所占全氮百分比不同是由于土壤的黏土矿物类型不同所造成,南方水稻土中的黏土矿物以高岭石为主,不具有固定 NH_4^+ 的能力,故而南方土壤的酸解率高;随着纬度的增加,水稻土的黏土矿物类型逐渐向伊利石、蒙脱石转变,它们都具有很强的固定 NH_4^+ 的能力,因而土壤酸解率由南向北呈现减小的趋势。

氨基糖主要来源于微生物细胞壁的残留物,因为植物不具有合成氨基糖的能力^[23-24]。氨基糖氮在土壤中较稳定,能保存数年至数十年^[25-28],因此,这一指标指代已死亡的微生物积累量而不是土壤中现存的微生物量。一般情况下,温度越高,微生物活性越强。因此,年均温高的地区,氨基糖含量越高^[29]。也许土壤中氨基糖氮会受施肥影响而使绝对含量不同^[7],然而,其所占土壤全氮的比例受其影响很小。本研究结果同样表明(图 4),随着纬度的增加,年均温逐渐减小,土壤中氨基糖氮所占全氮比例也随之减小。

酸解未知态氮是指难水解的含氮化合物,例如连接奎宁类化合物的官能团组分^[28];也或者是被腐殖

质以杂环或苯环固定的那一类形态的氮^[29-30]。酸解未知态氮随着腐殖质的复杂度的增加而增加,土壤全氮的变化规律与之相反^[31-32]。土壤 C/N 随着纬度的增加而减小,说明了土壤腐殖质由北到南有趋于复杂的趋势。同样本研究结果表明,随纬度从低到高,酸解未知氮比例是下降的,从 24.1%下降到 13.6%,且其与纬度线性相关,相关系数达 0.947 4(图 4)。

铵态氮来源于土壤中交换性 NH_4^+ 以及土壤中酰胺、羟氨基酸、氨基酸、氨基糖、嘌呤和嘧啶等含氮有机物的分解^[33-35],当然也包括被土壤矿物固定的 NH_4^+ 的释放^[36]。如图 4 所示,铵态氮所占全氮百分比与纬度呈现正相关关系,相关系数达 0.641 3。铵态氮主要受土壤有机质含量和交换性盐基离子浓度影响^[37],随着纬度的增加,土壤有机质和交换性盐基离子增加,铵态氮含量增加。有研究表明,绝大多数的铵态氮来源于固定态 NH_4^+ 的释放^[38]。尽管土壤全氮随纬度也表现出了一定的增加趋势,但其增长幅度小于铵态氮的增长幅度,最终表现为铵态氮所占全氮百分率随着纬度的增加而增加。

固定态氨基酸氮是土壤中被土壤矿物固定或者存在于土壤有机质中的那部分氨基酸氮,不易为微生物直接利用,但可以缓慢释放出来^[39]。土壤氨基酸氮可与矿化氮有极显著的相关性^[14]。Fred 等^[29]发现土壤氨基酸种类与含量受气候条件影响很小,暗示其受植物和微生物影响较大。如图 4 所示,氨基酸氮所占土壤全氮百分比随纬度变化的趋势不明显,说明氨基酸氮受气候环境因素影响较小。Barak 等^[40]发现,氨基酸氮与全氮呈正相关关系,即全氮高的土壤,氨基酸氮含量也比较高。而土壤全氮受管理措施影响远大于其所受气候环境因素影响^[35, 41]。本研究的结果与此是一致的。

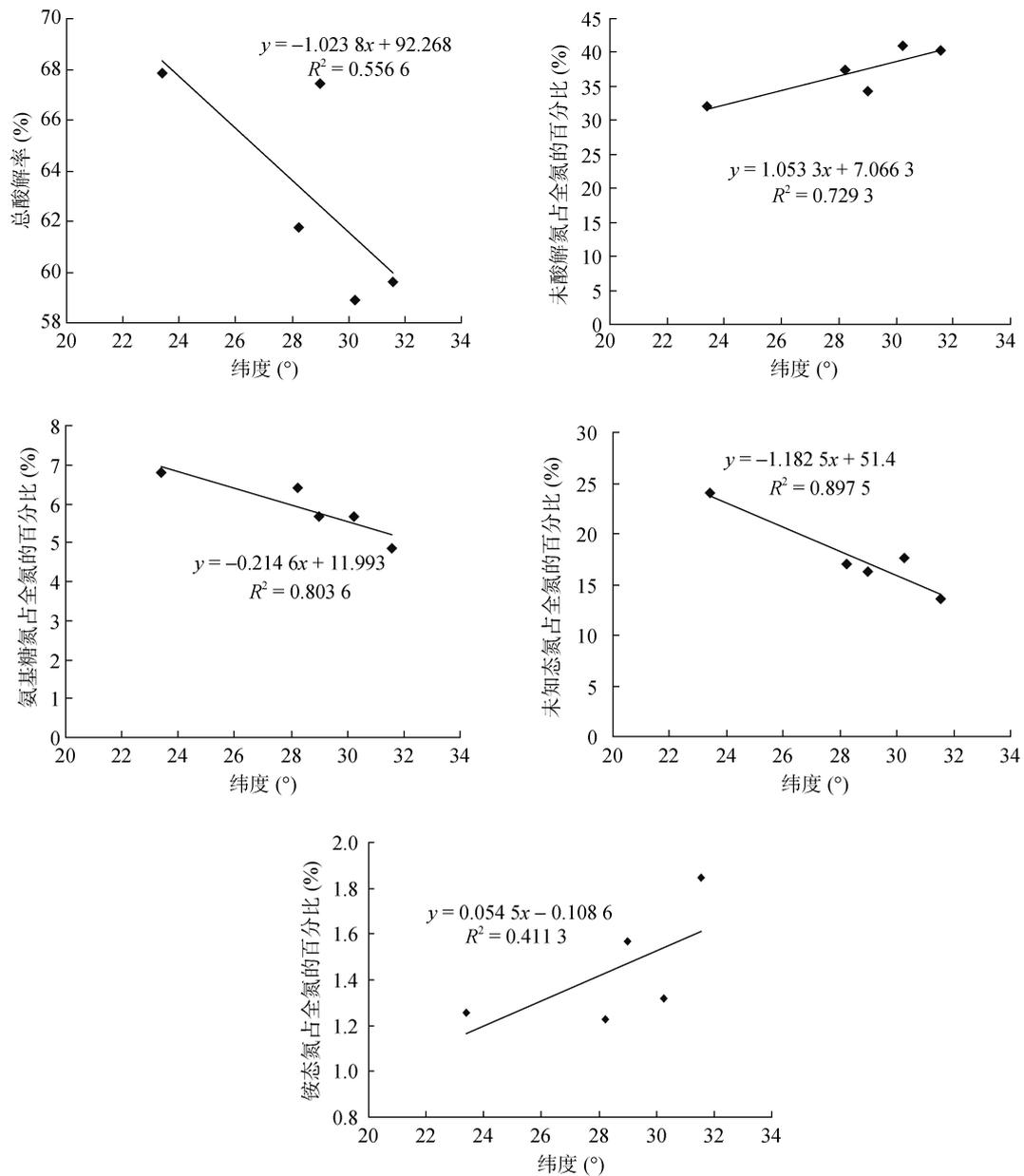


图 4 水稻土有机氮组分比例与地带性的关系

Fig. 4 Proportions of organic nitrogen fractions in paddy soils along with latitude

4 结论

采用封管水解 Bremner 法对不同地带性水稻土有机氮组分的分析表明,从空间尺度来看,土壤全氮及有机氮组分含量无明显规律,是施肥等耕作管理措施和气候因素综合作用的结果,并且更多地是受到人为管理措施的影响。但是,有机氮组分占全氮百分比与纬度之间有很好的相关性,除氨基酸氮外,有机氮组分比例随纬度呈显著的线性变化,说明土壤有机氮的结构组成极大地受到气候环境因素的影响。氨基酸氮总量与地理纬度没有明显相关性,但其具体种类与地带性间是否存在相关性有待进一步的研究探讨。

参考文献:

- [1] Bremner J. Inorganic forms of nitrogen[A]// Weaver RW, Angle S, Bottomley P, Bezdicek D. Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties[M]. New York, USA: Soil Science Society of America, 1965: 1 179-1 237
- [2] Spargo JT, Cavigelli MA, Alley MM, Maul JE, Buyer JS, Sequeira CH, Follett RF. Changes in soil organic carbon and nitrogen fractions with duration of no-tillage management[J]. Soil Science Society of America Journal, 2012, 76(5): 1 624-1 633
- [3] Wang S, Jiao L, Jin X, Niu DL. Characteristics of organic nitrogen fractions in sediments of the shallow lakes in the middle and lower reaches of the Yangtze River area in

- China[J]. *Water and Environment Journal*, 2012, 26(4): 473–481
- [4] He H, Lü H, Zhang W, Hou SM, Zhang, XD. A liquid chromatographic/mass spectrometric method to evaluate ^{13}C and ^{15}N incorporation into soil amino acids[J]. *Journal of Soils and Sediments*, 2011, 11(5): 731–740
- [5] Roth PJ, Lehndorff E, Cao ZH, Zhuang SY, Bannert A, Wissing L, Schloter M, Kogel-Knabner I, Amlung W. Accumulation of nitrogen and microbial residues during 2000 years of rice paddy and non-paddy soil development in the Yangtze River Delta, China[J]. *Global Change Biology*, 2011, 17(11): 3 405–3 417
- [6] Huang QR, Hu F, Huang S, Li HX, Yuan YH, Pan GX, Zhang WJ. Effect of long-term fertilization on organic carbon and nitrogen in a subtropical paddy soil[J]. *Pedosphere*, 2009, 19(6): 727–734
- [7] 彭银燕, 黄运湘, 孙梅. 长期施肥条件下水稻土有机氮组分及矿化特性研究[J]. *水土保持学报*, 2012, 26(5): 173–176
- [8] 肖伟伟, 范晓晖, 杨林章, 孙波. 长期定位施肥对潮土有机氮组分和有机碳的影响[J]. *土壤学报*, 2009, 46(2): 274–280
- [9] 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[J]. *应用生态学报*, 2007, 18(10): 2 233–2 238
- [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[J]. *应用生态学报*, 2008, 19(8): 1 721–1 726
- [11] 肖巧琳, 罗建新, 杨琼. 烟稻轮作中稻草还田对土壤有机氮各组分的影响[J]. *土壤*, 2011, 43(2): 167–173
- [12] 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[J]. *中国农业科学*, 2010, 43(6): 1 173–1 180
- [13] 王晋, 庄舜尧, 朱兆良. 不同种植年限水田与旱地土壤有机氮组分变化[J]. *土壤学报*, 2014, 51(2): 286–294
- [14] Reddy K, Singh M, Tripathi AK, Singh M, Saha MN. Changes in amount of organic and inorganic fractions of nitrogen in an Eutrochrept soil after long-term cropping with different fertilizer and organic manure inputs[J]. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 2003, 166(2): 232–238
- [15] 慈恩, 杨林章, 倪九派, 高明, 谢德体. 不同区域水稻土的氮素分配及 ^{15}N 特征[J]. *水土保持学报*, 2009, 23(2): 103–108
- [16] Dhar N, Pant N. Influence of temperature and pH on the C/N ratio of soils[J]. *Nature*, 1942, 149: 83–84
- [17] 文启孝, 张晓华, 杜丽娟, 吴顺龄. 太湖地区主要土壤中的固定态铵及其有效性[J]. *土壤学报*, 1988, 25(1): 22–30
- [18] 程励励, 文启孝, 李洪. 我国热带亚热带地区土壤中的固定态铵[J]. *土壤*, 1988, 20(3): 239–242
- [19] 吕国红, 王笑影, 张玉书, 贾庆宇, 谢艳兵. 农田土壤碳氮及其与气象因子的关系[J]. *农业环境科学学报*, 2010, 29(8): 1 612–1 617
- [20] 杨艳丽, 史学正, 于东升, 王洪杰, 徐茂, 王果. 区域尺度土壤养分空间变异及其影响因素研究[J]. *地理科学*, 2008, 28(6): 788–792
- [21] 曹宏杰, 汪景宽, 李双异, 李执强. 水热梯度变化及不同施肥措施对东北地区土壤有机碳、氮影响[J]. *水土保持学报*, 2007(4): 122–125
- [22] Yonebayashi K, Hattori T. Distribution of organic forms of nitrogen in paddy soils in tropical and temperate regions[J]. *Soil Science and Plant Nutrition*, 1986, 32(2): 189–200
- [23] Parsons R. Chemistry and distribution of amino sugars in soils and soil organisms[J]. *Soil Biogeochemistry*, 1981: 197–227
- [24] Amelung W, Zhang X. Determination of amino acid enantiomers in soils[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2001, 33(4–5): 553–562
- [25] Amelung W, Zhang X, Flach KW, Zech W. Amino sugars in native grassland soils along a climosequence in North America[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 1999, 63(1): 86–92
- [26] Amelung W, Brodowski S. In vitro quantification of hydrolysis-induced racemization of amino acid enantiomers in environmental samples using deuterium labeling and electron-impact ionization mass spectrometry[J]. *Analytical chemistry*, 2002, 74(13): 3 239–3 246
- [27] Guggenberger G, Frey SD, Six J, Paustian K, Elliott ET. Bacterial and fungal cell-wall residues in conventional and no-tillage agroecosystems[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 1999, 63(5): 1 188–1 198
- [28] Derrien D, Amelung W. Computing the mean residence time of soil carbon fractions using stable isotopes: Impacts of the model framework[J]. *European Journal of Soil Science*, 2011, 62(2): 237–252
- [29] Sowden FJ, Chen Y, Schnitzer M. The nitrogen distribution in soils formed under widely differing climatic conditions[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1977, 41(10): 1 524–1 526
- [30] Kelley K, Stevenson F. Forms and nature of organic N in soil[J]. *Fertilizer Research*, 1995, 42(1–3): 1–11
- [31] Anderson D. Processes of humus formation and transformation in soils of the Canadian Great Plains[J]. *Journal of Soil Science*, 1979, 30(1): 77–84
- [32] Tsukada T, Sugihara S, Deguchi M. Nitrogenous compounds and carbohydrates in compost manure[J]. *Soil Science and Plant Nutrition*, 1966, 12(4): 1–7
- [33] Schnitzer M, Hindle D. Effect of peracetic acid oxidation on N-containing components of humic materials[J]. *Canadian Journal of Soil Science*, 1980, 60(3): 541–548
- [34] Aldag R. Relations Between Pseudo Amide Nitrogen and Humic Acid Nitrogen Released Under Different Hydrolytic Conditions: Proceedings of the Soil Organic Matter Studies; Proceedings of a Symposium, 1977[C]. Vienna (Austria). Joint FAO/IAEA Div. of Atomic Energy in Food and Agriculture FAO

- [35] Xu Y, Shen Q, Ran W. Content and distribution of forms of organic N in soil and particle size fractions after long-term fertilization[J]. *Chemosphere*, 2003, 50(6): 739–745
- [36] Stevenson FJ. Origin and distribution of nitrogen in soil[A]// Stevenson FJ. *Nitrogen in Agricultural Soils*[M]. New York USA: American Society of Agronomy, 1982: 1–42
- [37] Wang S, Jin X, Jiao L, Wu FC. Nitrogen fractions and release in the sediments from the shallow lakes in the middle and lower reaches of the Yangtze River area, China[J]. *Water, Air, and Soil Pollution*, 2008, 187(1-4): 5–14
- [38] Wen QX. Content and forms of soil nitrogen[A]// Zhu ZL, Wen QX, Freney J. *Nitrogen in Soils of China*[M]. Netherlands: Springer, 1992: 3–26
- [39] Knicker H, Kögel-Knabner I. Soil organic nitrogen formation examined by means of NMR spectroscopy[J]. 1998, 707: 339–356
- [40] Barak P, Molina J, Hadas A, Clapp CE. Mineralization of amino acids and evidence of direct assimilation of organic nitrogen[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 1990, 54(3): 769–774
- [41] Hoyle F, Murphy D, Fillery I. Temperature and stubble management influence microbial CO₂-C evolution and gross N transformation rates[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2006, 38(1): 71–80

Soil Organic Nitrogen Composition in Paddy Fields Varied with Latitude in Southern China

LI Qiang, WANG Jin, ZHUANG Shun-yao*

(State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences), Nanjing 210008, China)

Abstract: In this study, paddy soil samples in latitude sequence were collected from southern China. Soil organic nitrogen composition was identified by using the modified Bremner method. Various soil organic nitrogen forms including amino-acid N, amino-sugar N, ammonium N and unknown hydrolysable N were determined. Results showed that the contents of soil total N and various N forms in paddy soils were not related to the latitude which were considered to be attributed to the interactions of field management and environment. However, the proportions of various N to total N were linear to the latitude, the determination coefficient values were 0.556 6, 0.729 3, 0.803 6, 0.897 5 and 0.411 3 for hydrolysable N, non-hydrolysable N, amino-sugar N, unknown hydrolysable N and ammonium N, respectively. Overall, the field management exerted a great influence on the contents of soil total nitrogen and its components. The environmental condition played a key role in soil nitrogen composition.

Key words: Paddy soils; Latitude; Soil organic nitrogen; Composition