

ISSN 0564-3929

Acta Pedologica Sinica 土壤学报

Turang Xuebao



中国土壤学会
科学出版社

主办
出版

2015

第 52 卷 第 4 期

Vol.52 No.4



土壤学报

(Turang Xuebao)



第 52 卷 第 4 期 2015 年 7 月

目 次

综述与评论

亚硝酸盐型甲烷厌氧氧化微生物生态学研究进展····· 沈李东 (713)

土壤科学与现代农业

近30年江西省耕地土壤全氮含量时空变化特征····· 赵小敏 邵 华 石庆华等 (723)

北京市土壤重金属潜在风险预警管理研究····· 蒋红群 王彬武 刘晓娜等 (731)

秸秆深还对土壤团聚体中胡敏酸结构特征的影响····· 朱 姝 窦 森 陈丽珍 (747)

生物炭添加对酸化土壤中小白菜氮素利用的影响····· 俞映惊 薛利红 杨林章等 (759)

水肥对高产无性系油茶果实产量的影响····· 张文元 郭晓敏 涂淑萍等 (768)

研究论文

基于VRML的土壤电导率三维空间变异性虚拟现实建模研究····· 李洪义 顾呈剑 但承龙等 (776)

不同样点数量对土壤有机质空间变异表达的影响····· 海 南 赵永存 田 康等 (783)

基于稳定同位素的土壤水分运动特征····· 靳宇蓉 鲁克新 李 鹏等 (792)

中国玉米区域氮磷钾肥推荐用量及肥料配方研究····· 吴良泉 武 良 崔振岭等 (802)

不同施肥方式下滩涂围垦农田土壤有机碳及团聚体有机碳的分布····· 候晓静 杨劲松 王相平等 (818)

长期施肥对浙江稻田土壤团聚体及其有机碳分布的影响····· 毛霞丽 陆扣萍 何丽芝等 (828)

不同时期施用生物炭对稻田N₂O和CH₄排放的影响····· 李 露 周自强 潘晓健等 (839)

秸秆生物炭对潮土作物产量和土壤性状的影响····· 刘 园 M. Jamal Khan 靳海洋等 (849)

单一电解质体系下恒电荷土壤胶体扩散双电层中滑动层厚度的计算····· 丁武泉 朱启红 王 磊等 (859)

化工厂遗留地铬污染土壤化学淋洗修复研究····· 李世业 成杰民 (869)

离子型稀土矿尾砂地植被恢复障碍因子研究····· 刘文深 刘 畅 王志威等 (879)

辽东与山东半岛土壤中有机氯农药残留特征研究····· 朱英月 刘全永 李 贺等 (888)

长期冬种绿肥改变红壤稻田土壤微生物生物量特性····· 高嵩涓 曹卫东 白金顺等 (902)

豆科间作对番茄产量、土壤养分及酶活性的影响····· 代会会 胡雪峰 曹明阳等 (911)

研究简报

蚕豆根系分泌物中氨基酸含量与枯萎病的关系····· 董 艳 董 坤 汤 利等 (919)

小麦与蚕豆间作对根际真菌代谢功能多样性的影响····· 胡国彬 董 坤 董 艳等 (926)

不同年限毛竹林土壤固氮菌群落结构和丰度的演变····· 何冬华 沈秋兰 徐秋芳等 (934)

长期不同施肥模式下砂姜黑土的固碳效应分析····· 李 玮 孔令聪 张存岭等 (943)

果园生草对¹⁵N利用及土壤累积的影响····· 彭 玲 文 昭 安 欣等 (950)

封面图片: 离子型稀土矿废弃地全景 (由汤叶涛、刘文深提供)

DOI: 10.11766/trxb201406170298

近30年江西省耕地土壤全氮含量时空变化特征*

赵小敏¹ 邵 华^{2, 3} 石庆华² 张佳佳¹

(1 江西农业大学江西省鄱阳湖流域农业资源与生态重点实验室, 南昌 330045)

(2 江西农业大学江西省作物生理生态与遗传育种重点实验室, 南昌 330045)

(3 江西省土壤肥料技术推广站, 南昌 330046)

摘 要 以第二次土壤普查和测土配方施肥项目采集的大量土壤样品为基础, 以GIS为技术工具, 对江西省耕地土壤全氮的时空变化特征进行分析。研究表明: 1985年和2012年江西省耕地土壤全氮含量在各设区市以及不同土壤类型之间均存在有较大的空间差异。1985年耕地土壤全氮含量最高的为萍乡市, 最低的为九江市, 空间变异最大为赣州市; 2012年耕地土壤全氮含量较1985年整体提高了1个等级, 全氮含量最高的为新余市, 最低的为九江市, 空间变异最大的为九江市。2012年水稻土全氮平均含量较1985年提高了7.24%; 无论是在1985年还是2012年, 水稻土全氮含量最高的为萍乡市, 1985年水稻土全氮含量较低的两个设区市分别为吉安、赣州和九江, 2012年则分别为九江、鹰潭和赣州。2012年旱地土壤全氮平均含量较1985年增加了43.88%, 其中丰富级水平的土壤面积比例由1985年的7.38%提高至2012年的88.16%。

关键词 耕地土壤; 全氮; 时空变化; 江西省

中图分类号 S158.5; S159.2 **文献标识码** A

土壤氮素研究是土壤肥力研究非常活跃的热点之一^[1]。长期以来, 土壤氮素及氮肥施用等对作物的生长和产量的影响已有大量研究^[2-6]。国内外对耕地土壤氮素的时空分布研究有较多报道, 其中对耕地土壤氮素的不同尺度空间分布特征的研究相对较多, 既有省(州)级尺度的土壤氮素空间变异及其影响的研究^[7], 也有研究不同空间尺度下的氮素分布特征、影响因子及对作物氮素吸收的空间差异研究^[8], 以及对不同流域尺度土壤氮素空间分布特征^[9]和村级尺度土壤氮素等的空间变异与制图的研究^[10]; 对不同尺度的时空变化也有所报道, 有小流域尺度氮素的时空变化^[11]和县域尺度农田土壤氮素的时空变化^[12], 但这些时空变化的研究主要是在较小的区域(如田块、小流域、村级、乡镇级和县级等区域), 在省级尺度开展耕地

土壤氮素时空变化的研究相对较少^[13]。

根据第二次土地资源调查结果, 江西省现有耕地面积 $3.09 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 其中水田 $2.51 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ^[14]。开展江西省耕地土壤全氮的时空变化研究, 一方面可以分析江西省耕地土壤氮素的时空分布特征及其演变规律, 揭示耕地土壤氮素的积累过程及对土壤培肥的意义; 另一方面可以为提高作物的氮肥利用率、合理施用氮肥等提供科学依据; 同时也可以有助于了解江西耕地土壤的肥力演变和发育规律。本研究选择全省所有耕地为研究对象, 以全国第二次土壤普查(1985年)数据和图件^[15]、农业部“测土配方施肥项目”中2012年采集的大量土壤样品为基础, 采用GIS技术, 进行江西省耕地土壤全氮含量的时空变化特征分析。

* 国家自然科学基金项目(41361049)、土壤与农业可持续发展国家重点实验室开放基金项目(0812201202)和江西省自然科学基金项目(20122BAB204012)资助

作者简介: 赵小敏(1962—), 教授, 博士生导师, 主要从事土壤遥感与信息 and 土地资源利用研究。E-mail: zhaoxm889@126.com

收稿日期: 2014-06-17; 收到修改稿日期: 2015-02-10

1 材料与方法

1.1 研究区概况

江西省地处 $24^{\circ}29'14''N \sim 30^{\circ}04'41''N$, $113^{\circ}34'36''E \sim 118^{\circ}28'58''E$ 之间, 东邻浙江省、福建省, 南连广东省, 西接湖南省, 北毗连湖北省、安徽省, 且共接长江。全省面积 $1.7 \times 10^5 \text{ km}^2$, 辖11个地级市。江西气候温暖, 雨量充沛, 年均降水量 $1\ 341 \sim 1\ 940 \text{ mm}$, 无霜期长, 为亚热带湿润气候。江西北部较为平坦, 东西南部三面环山, 中部丘陵起伏, 成为一个整体向鄱阳湖倾斜而往北开口的巨大盆地。全境有大小河流2 400余条, 赣江、抚河、信江、修河和饶河为江西五大河流, 鄱阳湖是中国第一大淡水湖。主要土壤类型为红壤、水稻土、黄壤和山地黄棕壤。粮食作物以水稻为主, 其次为甘薯、小麦, 还盛产油菜、油茶、茶叶、黄麻、苧麻和柑橘等。

1.2 土壤样品采集与分析

在耕地中应用“S”形采样法共采集 $0 \sim 25 \text{ cm}$ 耕层土壤样品17 682个, 其中水田样品17 229个。所有样品经风干、去杂、磨细、过60目筛后, 混匀装瓶用于全氮测定。全氮采用凯氏蒸馏法测定^[16]。

1.3 数据分析

采用常用的fisher统计方法^[17], 分别按照设区市和土壤类型分析土壤全氮含量的统计特征。

土壤全氮含量分级: 1985年1:50万土壤全氮图只有分等级内容, 共分为6个等级, 分别为: 1级($>2.0 \text{ g kg}^{-1}$)、2级($1.51 \sim 2.0 \text{ g kg}^{-1}$)、3级($1.0 \sim 1.5 \text{ g kg}^{-1}$)、4级($0.76 \sim 1.0 \text{ g kg}^{-1}$)、5级($0.51 \sim 0.75 \text{ g kg}^{-1}$)和6级($<0.5 \text{ g kg}^{-1}$)。为使研究具有可比性, 2012年继续参照这一标准。

耕地土壤全氮等级图制作: (1) 1985年1:50万土壤全氮等级图数字化后与第二次土地资源调查的耕地分布图进行叠加, 提取1985年1:50万的耕地土壤全氮等级图。(2) 基于2012年测土配方施肥项目17 682个样点的全氮含量数据, 将采用反距离加权插值法(IDW)^[18]获得的土壤全氮含量分布图与耕地分布图进行叠加, 按等级划分获得研究区2012年耕地土壤全氮等级分布图。

2 结果与讨论

2.1 江西省1985年耕地土壤全氮空间分布

1985年江西省耕地土壤全氮含量较为一般(表1), 全省耕地土壤全氮平均含量为 1.46 g kg^{-1} , 萍乡市最高, 其次为鹰潭市、新余市和景德镇市; 含量最低的为九江市。全省变异系数平均为32.92%, 说明全省耕地土壤全氮含量具有一定的空间分异; 各设区市变异系数最大的为九江市, 最小的为萍乡市。

表1 江西省11个设区市1985年耕地土壤全氮含量统计特征

Table 1 Statistics of soil total N contents of the farmland soil in 11 cities of Jiangxi Province in 1985

设区市 Cities	样点数 Number of samples	平均值 Mean (g kg^{-1})	标准差 SD (g kg^{-1})	变异系数 CV (%)
抚州 Fuzhou	68	1.56	0.049 2	31.62
赣州 Ganzhou	105	1.35	0.051 1	37.91
吉安 Ji'an	90	1.32	0.045 9	34.88
景德镇 Jingdezhen	28	1.57	0.045 6	29.04
九江 Jiujiang	63	1.28	0.048 5	38.01
南昌 Nanchang	54	1.54	0.048 2	31.26
萍乡 Pingxiang	31	1.83	0.050 6	27.67
上饶 Shangrao	88	1.49	0.046 5	31.17
新余 Xinyu	32	1.59	0.054 9	34.55
宜春 Yichun	72	1.57	0.045 3	28.93
鹰潭 Yingtan	35	1.64	0.045 7	27.92

从耕地土壤全氮含量等级划分的状况可知（图1和图2a）：全氮含量属丰富级（1级和2级，下同）水平的耕地面积达到 $1.3 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ，占全省耕地面积的43.67%，主要分布在鄱阳湖周边的平原地区和沿浙赣线的平原与盆地区。属中量级水平

（3级和4级，下同）的耕地面积为 $1.7 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ，占耕地总面积的54.54%，主要分布在一些面积较大的河谷平原和盆地中。低量级（5级和6级，下同）水平的耕地面积为 $5.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，占耕地总面积的1.79%，零星分布在山区和丘陵区。

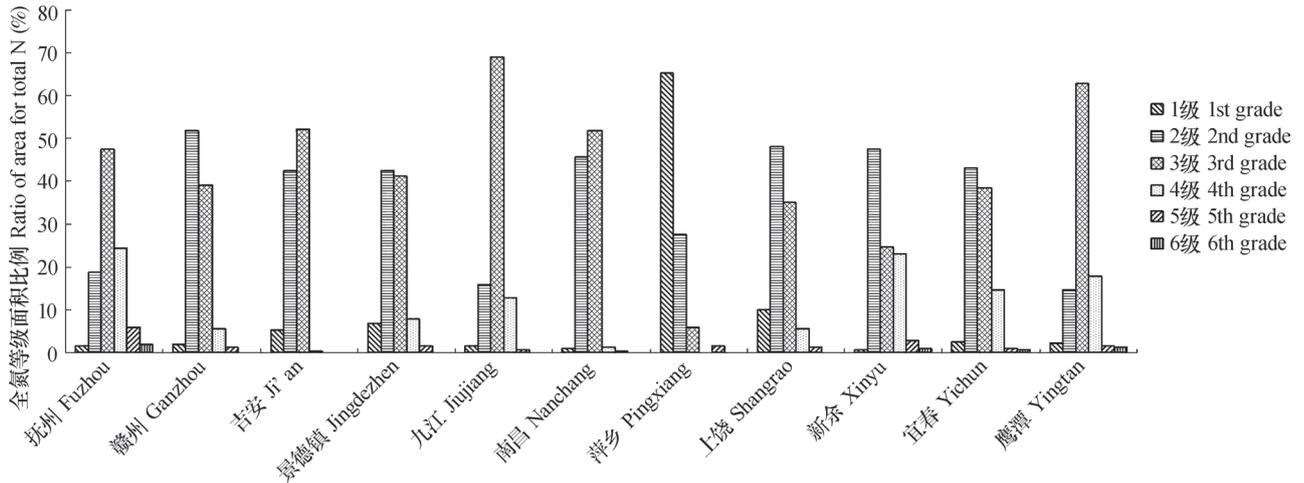


图1 江西省1985年11个市耕地土壤全氮含量等级面积比例

Fig.1 Area percentages of the 6 grades of farmland soils in total N content in 11 cities of Jiangxi Province in 1985

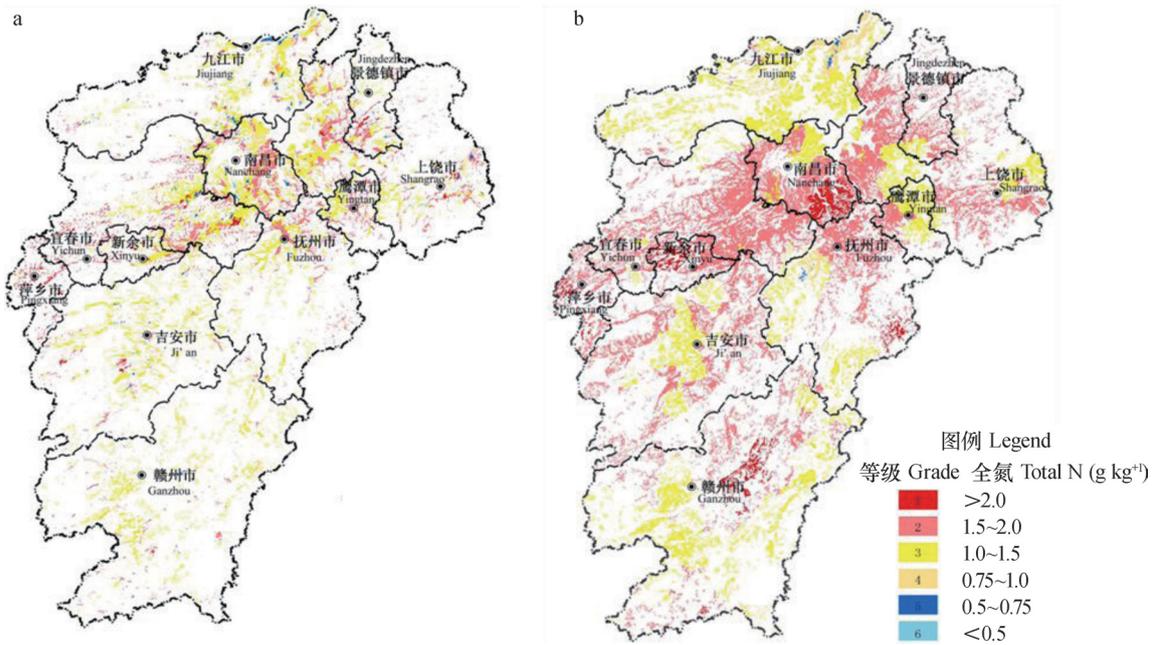


图2 江西省1985年（a）和2012年（b）耕地土壤全氮含量等级分布

Fig.2 Distribution of the 6 grades of farmland soils in total N content in Jiangxi Province in 1985 (a) and 2012 (b)

水稻土全氮含量较全部耕地土壤全氮含量高，属于丰富级的面积达到 $1.2 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ，占全省水稻土面积的48.99%；属低量级的面积为 $9.1 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，仅占水稻土面积的3.63%。其中以萍乡市水稻土全氮含量最高，丰富级的面积占水稻土的96.72%，

中量级面积占3.18%，未发现低量级全氮含量的水稻土。水稻土全氮含量等级较低的为吉安市，其丰富级的面积仅占20.84%。说明在第二次土壤普查时，江西省水稻土氮素水平较好，但区域之间不平衡，且按照高产水稻土全氮含量的要求仍需继续提高。

旱地（含水浇地）土壤全氮含量相对较低，属于丰富级的面积为 $4.27 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，只占旱地面积的7.38%；中量级全氮含量的面积为 $32.86 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，占旱地面积的56.79%；低量级全氮含量的面积为 $20.73 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，占旱地面积的35.83%。旱地土壤全氮丰富级面积最大的为萍乡市，占旱地面积的34.13%。旱地土壤全氮丰富级分布面积最少的为南昌市，占旱地面积的2.93%。旱地土壤低量级分布面积最大的为赣州市，占旱地面积的62.61%。

2.2 江西省2012年耕地土壤全氮空间分布

江西省2012年耕地土壤全氮含量较为丰富（表2），全省耕地土壤全氮平均含量为 1.58 g kg^{-1} ，最高的为新余市，其次为萍乡市和南昌市；耕地土壤全氮平均含量最低的为九江市，为 1.22 g kg^{-1} 。从变异系数来看，全省平均变异系数为31.27%，说明全省耕地土壤全氮含量存在一定的空间分异；不同设区市之间变异系数各不相同，以九江市耕地土壤全氮含量变异系数最大，景德镇市的变异系数最小。

表2 江西省11个设区市2012年耕地土壤全氮含量统计特征

Table 2 Statistics of soil total N contents of the farmland soil in 11 cities of Jiangxi Province in 2012

设区市 Cities	样点数 Number of samples	最大值 Max (g kg^{-1})	最小值 Min (g kg^{-1})	平均值 Mean (g kg^{-1})	标准差 SD (g kg^{-1})	变异系数 CV (%)
抚州 Fuzhou	1 714	3.43	0.36	1.69	0.048 4	28.66
赣州 Ganzhou	2 920	3.52	0.33	1.47	0.047 4	32.32
吉安 Ji'an	2 408	3.06	0.47	1.58	0.041 8	26.43
景德镇 Jingdezhen	495	3.30	0.56	1.67	0.042 3	25.29
九江 Jiujiang	1 600	3.14	0.26	1.22	0.045 4	37.34
南昌 Nanchang	1 267	3.18	0.42	1.75	0.047 6	27.22
萍乡 Pingxiang	508	3.42	0.55	1.91	0.051 9	27.20
上饶 Shangrao	2 389	3.32	0.36	1.60	0.045 8	28.64
新余 Xinyu	443	3.57	0.46	1.99	0.055 1	27.66
宜春 Yichun	1 928	3.21	0.35	1.65	0.046 1	27.89
鹰潭 Yingtan	523	2.78	0.37	1.61	0.047 6	29.69

耕地土壤全氮含量属丰富级水平的达 $2.1 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ，占耕地总面积的67.86%，主要分布在鄱阳湖东北面、南面、西部和沿浙赣线的平原与盆地区及赣州盆地。属中量级水平面积达 $9.85 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ，占31.95%，主要分布在鄱阳湖北部和一些面积较大的河谷平原和盆地中。低量级水平面积为 $5.4 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ，占0.18%，零星分布在山区和丘陵区（图2b）。

水稻土全氮平均含量为 1.63 g kg^{-1} ，属于丰富级水平（图3）。属于丰富级的土壤面积达到 $1.74 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ，占水稻土总面积的69.22%；属中量级的为 $7.69 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ，占30.63%；属低量级（只有第5级），面积为 $3.76 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ，占0.15%。11个设区市中，萍乡市水稻土全氮含量最高，丰富级水稻土面积占96.72%，其余的为中量级水稻土，未出现低量级水稻土。水稻土全氮含量等级低的为九江市，其丰富级水稻土面积只占4.8%。

江西省2012年旱地土壤全氮含量相对有所提高，总体较为丰富（图4）。属于丰富级的面积达到了 $5.11 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ，占旱地总面积的88.16%；属中量级的面积只有 $5.24 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，占9.04%；属于低量级水平的面积减少至 $1.62 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，只占2.80%。旱地土壤全氮含量最丰富的为宜春市，100%的属于丰富级水平；其次分别为新余市、赣州市和萍乡市，丰富级的土壤面积比例分别达到99.37%、99.15%和98.88%；旱地土壤低量级水平全氮含量主要分布在九江市，占总面积的12.27%，在赣州、鹰潭、南昌和吉安仅有极少量分布。

2.3 1985—2012年江西省耕地土壤全氮含量的时空变化

从1985年到2012年，江西省耕地土壤全氮含量总体水平有显著提高，2012年较1985年含量从

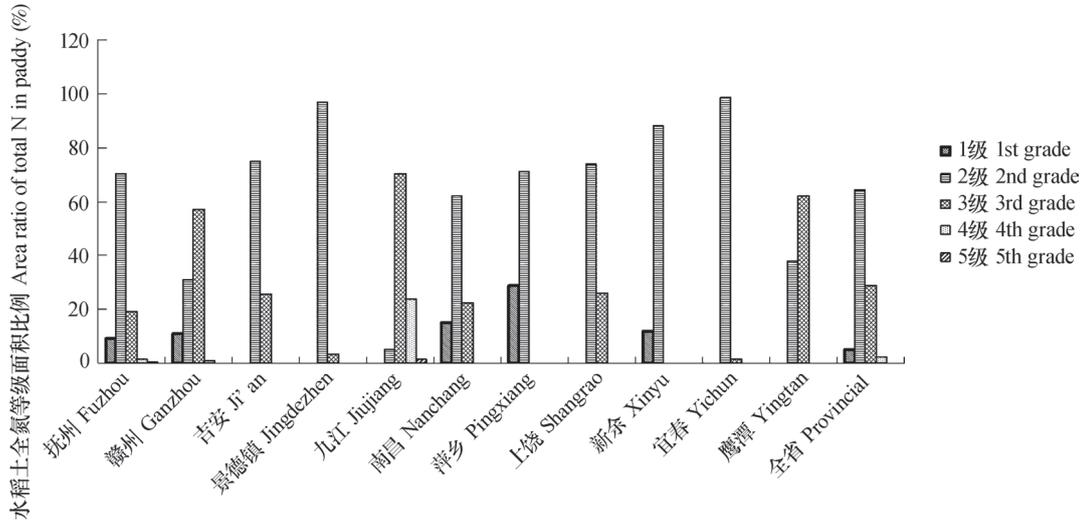


图3 江西省2012年各市水稻土全氮含量等级面积比例

Fig.3 Area percentages of the 6 grades of paddy soils in total N content in 11 cities of Jiangxi Province in 2012

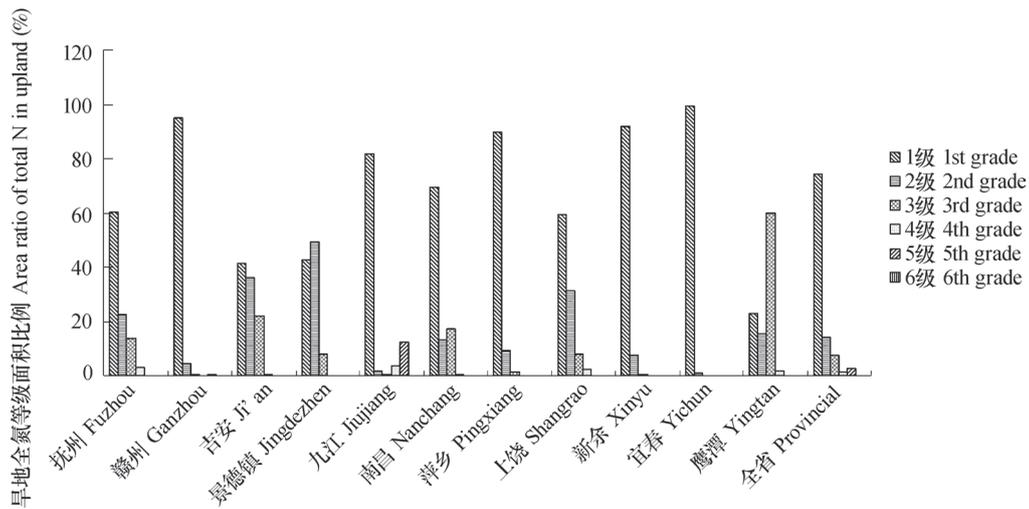


图4 江西省2012年各市旱地土壤全氮含量等级面积比例

Fig. 4 Area percentages of the 6 grades of upland soils in total N content in 11 cities of Jiangxi Province in 2012

1.46 g kg⁻¹提高至1.58 g kg⁻¹，平均等级从3级提高至2级。1985年全氮6个等级均有分布，而在2012年未发现全氮含量为6级 (<0.5 g kg⁻¹) 的耕地。2012年全氮丰富级的面积占耕地总面积比例较1985年增长了24.19个百分点，面积增加了0.8 × 10⁶ hm²。

江西省耕地土壤全氮含量时空变化的驱动因素主要是施肥量增加、秸秆还田、田间管理措施更加完善和地貌类型等。一是江西省耕地施氮量不断提高，抽样调查得出2011年水稻单季施纯氮平均达203.8 kg hm⁻²，导致耕作层土壤氮素含量提高；第二是作物秸秆特别是水稻秸秆的还田量大幅度增加，使土壤有机质含量和土壤全氮含量增加；第三

是有机质提升项目实施、更加合理的栽培管理、加大对农业的投入、开展农业综合开发及更加合理的田间管理措施等的综合效果，使耕地土壤肥力状况有了一定的改善；第四是耕地土壤分布的地貌区域影响全氮的时空变化，全氮含量高而且变化提升较快的耕地土壤主要是分布在平原和较大的盆地，尤其是以鄱阳湖平原耕地土壤全氮含量提高快。

全氮丰富级的空间分布也有所变化，从1985年主要分布在鄱阳湖南部周边的平原地区和沿浙赣线的平原与盆地区，到2012年主要分布在鄱阳湖东、南面、西部、沿浙赣线的平原与盆地区、赣州盆地，丰富级面积较1985年有大幅度提高。1985

年耕地低量级全氮含量分布在赣州市、抚州市、东北部低山丘陵区、西北和西南山地区，而2012年耕地最低的等级全氮含量已经消失，全氮低量级主要分布在全省周边的山地区。耕地土壤全氮含量由高至低的三个设区市由1985年的萍乡市、鹰潭市和新余市变化为2012年的新余市、萍乡市和南昌市。耕地土壤全氮含量低的仍然是九江市，而且呈下降的趋势，由1985年的 1.3 g kg^{-1} 下降至2012年的 1.2 g kg^{-1} 。全省耕地全氮含量的变异系数从1985年的32.9%降低至31.3%。不同设区市的变异系数也有所降低，1985年变异系数大的赣州市和吉安市分别从1985年的38.0%和37.9%下降至2012年的32.3%和26.4%，说明耕地土壤全氮的空间差异在缩小，更趋向一致性。

水稻土全氮含量从1985年的 1.52 g kg^{-1} 提高至2012年的 1.63 g kg^{-1} 。水稻土全氮丰富级的面积增加了 $5.4 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ，占水稻土总面积的比例增长了20.23%。中量级的面积减少了 $4.2 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。低量级由1985年的5级和6级含量水平提高至2012年只有5级，且面积减少了 $8.74 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。在三个亚类中，潴育型亚类、淹育型亚类和潜育型亚类的全氮含量均有所增加，尤其以淹育型增加幅度较大，从3级水平提升至2级水平。水稻土不同土属的全氮含量也有所提高，在潜育型亚类中各个土属的全氮含量均提高至2级水平及以上；淹育型和潴育型两个亚类中，全氮含量未出现4级水平，而且3级水平的数量有所减少，1级和2级水平的数量有所提高。水稻土全氮2012年的变异系数较1985年有所降低，说明空间差异在缩小。

旱地土壤全氮平均含量提高较快，从1985年的 0.98 g kg^{-1} 提高至2012年的 1.41 g kg^{-1} 。2012年旱地土壤17个土属的全氮含量较1985年也有增加，1985年低水平的5级土壤只有1个土属、3级土壤有5个土属、4级土壤有5个土属、5级土壤有4个土属、6级土壤有2个土属，2012年旱地土壤全氮含量未出现5级和6级，分别是1级土壤有3个土属、2级土壤有5个土属、3级土壤有6个土属、4级土壤有3个土属。但旱地土壤全氮2012年的变异系数（40.54%）较1985年（34.15%）有所增加，说明旱地土壤全氮含量在提高的同时，空间差异也在扩大。

3 结论

1985年江西耕地土壤全氮丰富级主要分布在鄱阳湖平原南部、沿浙赣线的平原与盆地，到2012年全氮丰富级土壤分布更加广泛，在整个鄱阳湖平原、沿浙赣线的平原与盆地、赣州盆地均有较大面积分布。耕地土壤全氮含量在各设区市之间以及不同土壤类型之间，于1985年和2012年均存在较大的空间差异。从1985年至2012年，耕地土壤全氮含量整体提高了1个等级水平，全氮含量最高的设区市由萍乡市转变为新余市，最低的两个时期均为九江市，空间变异最大由赣州市转变为九江市。2012年水稻土全氮平均含量较1985年提高了7.24%，其中丰富级水平的面积增加，中量级和低量级水平的面积均有降低。无论是1985年还是2012年，水稻土全氮含量最高的均为萍乡市。2012年旱地土壤全氮平均含量较1985年增长了43.88%，其中丰富级水平的面积比例从1985年的7.38%提高至2012年的88.16%。

参考文献

- [1] 朱兆良. 中国土壤氮素研究. 土壤学报, 2008, 45 (5): 778—783. Zhu Z L. Research on soil nitrogen in China (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2008, 45 (5): 778—783
- [2] Walker T W, Martin S W, Gerard P D. Grain yield and milling quality response of two rice cultivars to top-dress nitrogen application timings. Agronomy Journal, 2006, 98: 1495—1500
- [3] 潘圣刚, 黄胜奇, 翟晶, 等. 氮肥用量与运筹对水稻氮素吸收转运及产量的影响. 土壤, 2012, 44 (1): 23—29. Pan S G, Huang S Q, Zhai J, et al. Effects of nitrogen rate and its basal to dressing ratio on uptake, translocation of nitrogen and yield in rice (In Chinese). Soils, 2012, 44 (1): 23—29
- [4] 曾勇军, 石庆华, 潘晓华, 等. 施氮量对高产早稻氮素利用特征及产量形成的影响. 作物学报, 2008, 34 (8): 1409—1416. Zeng Y J, Shi Q H, Pan X H, et al. Effects of nitrogen application amount on characteristics of nitrogen utilization and yield formation in high yielding early hybrid rice (In Chinese). Acta Agronomica Sinica, 2008, 34 (8): 1409—1416
- [5] 陈爱忠, 潘晓华, 吴建富, 等. 氮素施用比例对双季超级稻产量和氮素吸收、利用的影响. 中国土壤与肥料,

- 2011 (3): 40—44. Chen A Z, Pan X H, Wu J F, et al. Effect of the nitrogen fertilizer application ratio on the super early and late rice yield and nitrogen using efficiency (In Chinese). *Soil and Fertilizer Science in China*, 2011 (3): 40—44
- [6] 杨宪龙, 路永莉, 同延安, 等. 长期施氮和秸秆还田对小麦-玉米轮作体系土壤氮素平衡的影响. *植物营养与肥料学报*, 2013, 19 (1): 65—73. Yang X L, Lu Y L, Tong Y A, et al. Effects of long-term N application and straw returning on N budget under wheat-maize rotation system (In Chinese). *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2013, 19 (1): 65—73
- [7] Ruffo M L, Bollero G A, Hoefft R G, et al. Spatial variability of the Illinois soil nitrogen test implications for soil sampling. *Agronomy Journal*, 2005, 97 (6): 1485—1492
- [8] Dharmakeerthi R S, Kay B D, Beauchamp E G. Spatial variability of in-season nitrogen uptake by corn across a variable landscape as affected by management. *Agronomy Journal*, 2006, 98 (2): 255—264
- [9] 张世熔, 孙波, 赵其国, 等. 南方丘陵区不同尺度下土壤氮素含量的分布特征. *土壤学报*, 2007, 44 (5): 885—892. Zhang S R, Sun B, Zhao Q G, et al. Distribution characteristics of soil nitrogen at multi-scales in hilly region in south China (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2007, 44 (5): 885—892
- [10] 路鹏, 苏以荣, 牛铮, 等. 红壤丘陵区村级农田土壤养分空间变异与制图. *浙江大学学报: 农业与生命科学版*, 2007, 33 (1): 89—95. Lu P, Su Y R, Niu Z, et al. Mapping and spatial variability of soil nutrients at village scale in farmland of red soil hilly region (In Chinese). *Journal of Zhejiang University: Agriculture and Life Science*, 2007, 33 (1): 89—95
- [11] 张展羽, 陈晶晶, 张文祥, 等. 农业小流域“田-沟”系统氮素时空变化分析. *排灌机械工程学报*, 2013, 31 (1): 61—65. Zhang Z Y, Chen J J, Zhang W X, et al. Analysis of temporal and spatial variation of nitrogen in field-ditch system of small agricultural watershed (In Chinese). *Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering*, 2013, 31 (1): 61—65
- [12] 宋歌, 孙波. 县域尺度稻麦轮作农田土壤无机氮的时空变化——以江苏省仪征市为例. *农业环境科学学报*, 2008, 28 (2): 636—642. Song G, Sun B. Spatial and temporal changes of soil inorganic nitrogen in rice-wheat rotation system at county scale: A case of Yizheng City, Jiangsu Province (In Chinese). *Journal of Agro-Environment Science*, 2008, 28 (2): 636—642
- [13] 何文寿. 宁夏农田土壤耕层养分含量的时空变化特征. *土壤通报*, 2004, 35 (6): 710—714. He W S. Temporal and spatial variability of soil nutrients in plough layer of farmland soils in Ningxia Province (In Chinese). *Chinese Journal of Soil Science*, 2004, 35 (6): 710—714
- [14] 江西省统计局, 国家统计局江西调查总队. 江西省统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2012. Jiangxi Provincial Statistics Bureau, NBS Survey Office in Jiangxi. *Statistical yearbook of Jiangxi Province (In Chinese)*. Beijing: China Statistics Press, 2012
- [15] 江西省土地利用管理局, 江西省土壤普查办公室. 江西土壤. 北京: 中国农业科技出版社, 1991. Jiangxi Province Land Management Bureau, Jiangxi Province Soil Survey Office. *Soils of Jiangxi Province (In Chinese)*. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1991
- [16] 毛达如. 植物营养研究方法. 北京: 北京农业大学出版社, 1994: 171—183. Mao D R. *Plant nutrition research methods (In Chinese)*. Beijing: Beijing Agricultural University Press, 1994: 171—183
- [17] 赵明松, 张甘霖, 王德彩, 等. 徐淮黄泛平原土壤有机质空间变异特征及主控因素分析. *土壤学报*, 2013, 50 (1): 1—11. Zhao M S, Zhang G L, Wang D C, et al. Spatial variability of soil organic matter and its dominating factors in Xu-Huang Alluvial Plain (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2013, 50 (1): 1—11
- [18] 赵海东, 赵小敏, 谢林波, 等. 江西上饶市水稻肥料利用率的空间差异及其影响因素也. *土壤学报*, 2014, 51 (1): 22—31. Zhao H D, Zhao X M, Xie L B, et al. Spatial variation and its affecting factors of rice fertilizer use efficiency in Shangrao City of Jiangxi Province (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2014, 51 (1): 22—31

SPATIO-TEMPORAL VARIATION OF TOTAL N CONTENT IN FARMLAND SOIL OF JIANGXI PROVINCE IN THE PAST 30 YEARS

Zhao Xiaomin¹ Shao Hua^{2, 3} Shi Qinghua² Zhang Jiajia¹

(1 Key Laboratory of Poyang Lake Basin Agricultural Resources and Ecology of Jiangxi Province, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

(2 Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Crop Genetic Breeding of Jiangxi Province, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

(3 Jiangxi Soil and Fertilizer Technology Extension Station, Nanchang 330046, China)

Abstract In order to make soil N management more scientific, N fertilizer application more reasonable and soil N utilization rate of crops higher in Jiangxi Province, spatio-temporal variation of total N in farmland soil of Jiangxi Province from 1985 to 2012 was analyzed by means of the Inverse Distance Weighted interpolation (IDW) method, overlay analysis method and Fisher statistical method in GIS technology based on the large volumes of soil samples collected during the second national soil survey and the project of soil-test-based formulated fertilization. According to the standard of the second national soil survey, total N contents in the farmland soils of Jiangxi have 6 grades, i.e., Grade 1 ($>2.0 \text{ g kg}^{-1}$), Grade 2 (1.51 to 2 g kg^{-1}), Grade 3 (1 to 1.5 g kg^{-1}), Grade 4 (0.76 to 1.0 g kg^{-1}), Grade 5 (0.51 to 0.75 g kg^{-1}) and Grade 6 ($<0.5 \text{ g kg}^{-1}$). Soils in Grade 1 and Grade 2 are regarded to be high, in Grade 3 and Grade 4, moderate and in Grade 5 and Grade 6, low in total N. Results show that total N contents in farmland soils varied sharply between soils in 11 cities and between soils of different types temporally and spatially in both 1985 and in 2012; and on average the farmland soils of the whole province were all 1 grade higher in 2012 than in 1985. The soils of the high total N level in Jiangxi were mainly distributed in the southern part of Poyang Lake Plain, basins along the Zhe-Gan Railway and Jitai basin in 1985, and more extensively in the whole Poyang Lake plain, basins along the Zhe-Gan Railway, Jitai basin and Ganzhou basin in 2012. In 1985 the soils in Pingxiang were the highest in total N content, in Jiujiang the lowest and in Ganzhou the highest in spatial variability of soil total N content, while in 2012. the soils in Xinyu were the highest in total N content, in Jiujiang the lowest, and in Jiujiang, the highest in spatial variability. Compared with 1985, 2012 was 7.24% higher in total N content in paddy soil and the growth was particularly obvious in soils of the high N level while the areas of the moderate and low levels decreased. The paddy soils the highest in total N content were in Pingxiang in both 1985 and 2012 and the paddy soils the lowest, in Ji'an, Ganzhou and Jiujiang, in 1985 and in Yingtan, Ganzhou and Jiujiang in 2012. Total N content in upland soils increased rapidly in 2012 or on average by 43.88% over that in 1985 and the area percentage of upland soils high in total N increased from 7.38% in 1985 to 88.16% in 2012.

Key words Farmland soil; Total N; Spatio-temporal variation; Jiangxi Province

(责任编辑: 檀满枝)

CONTENTS

Reviews and Comments

A review of study on microbial ecology of nitrite-dependent anaerobic methane oxidation Shen Lidong (721)

Soil Science and Modern Agriculture

- Spatio-temporal variation of total N content in farmland soil of Jiangxi Province in the past 30 years Zhao Xiaomin, Shao Hua, Shi Qinghua, et al. (730)
- Early warning of heavy metals potential risk governance in Beijing Jiang Hongqun, Wang Binwu, Liu Xiaona, et al. (745)
- Effect of deep application of straw on composition of humic acid in soil aggregates Zhu Shu, Dou Sen, Chen Lizhen (758)
- Effect of biochar application on pakchoi (*Brassica chinensis* L.) utilizing nitrogen in acid soil Yu Yingliang, Xue Lihong, Yang Linzhang, et al. (766)
- Effects of water and fertilizer on fruit yield of high-yielding clonal *Camellia oleifera* Abel Zhang Wenyuan, Guo Xiaomin, Tu Shuping, et al. (774)

Research Articles

- VRML-based virtual reality modeling of three dimensional variation of soil electrical conductivity Li Hongyi, Gu Chengjian, Dan Chenglong, et al. (781)
- Effect of number of sampling sites on characterization of spatial variability of soil organic matter Hai Nan, Zhao Yongcun, Tian Kang, et al. (790)
- Research on soil water movement based on stable isotopes Jin Yurong, Lu Kexin, Li Peng, et al. (800)
- Basic NPK fertilizer recommendation and fertilizer formula for maize production regions in China Wu Liangquan, Wu Liang, Cui Zhenling, et al. (816)
- Effects of fertilization on soil organic carbon and distribution of SOC in aggregates in tidal flat polders Hou Xiaojing, Yang Jingsong, Wang Xiangping, et al. (827)
- Effect of long-term fertilizer application on distribution of aggregates and aggregate-associated organic carbon in paddy soil Mao Xiali, Lu Kouping, He Lizhi, et al. (837)
- Effects of biochar on N₂O and CH₄ emissions from paddy field under rice-wheat rotation during rice and wheat growing seasons relative to timing of amendment Li Lu, Zhou Ziqiang, Pan Xiaoqian, et al. (847)
- Effects of successive application of crop-straw biochar on crop yield and soil properties in cambosols Liu Yuan, M. Jamal Khan, Jin Haiyang, et al. (857)
- Calculation of thickness of shear plane in diffuse double layer of constant charge soil colloid in single electrolyte system Ding Wuqun, Zhu Qihong, Wang Lei, et al. (867)
- Effect of chemical leaching remedying chromium contaminated soil in deserted chemical plant site Li Shiye, Cheng Jiemin (877)
- Limiting factors for restoration of dumping sites of ionic rare earth mine tailings Liu Wenshen, Liu Chang, Wang Zhiwei, et al. (887)
- Residues of organochlorine pesticides in soils of Liaodong and Shandong Peninsulas Zhu Yingyue, Liu Quanyong, Li He, et al. (900)
- Long-term application of winter green manures changed the soil microbial biomass properties in red paddy soil Gao Songjuan, Cao Weidong, Bai Jinshun, et al. (909)
- Effects of intercropping with leguminous crops on tomato yield, soil nutrients and enzyme activity Dai Huihui, Hu Xuefeng, Cao Mingyang, et al. (917)

Research Notes

- Relationship of free amino acids in root exudates with wilt disease (*Fusarium oxysporum*) of faba bean Dong yan, Dong Kun, Tang Li, et al. (924)
- Effects of intercropping of wheat and faba bean on diversity of metabolic function of rhizosphere fungal community Hu Guobin, Dong Kun, Dong Yan, et al. (933)
- Evolvement of structure and abundance of soil nitrogen-fixing bacterial community in *Phyllostachys edulis* plantations with age of time He Donghua, Shen Qiulan, Xu Qiufang, et al. (941)
- Effect of long-term fertilization on carbon sequestration in lime concretion black soil relative to fertilization pattern Li Wei, Kong Lingcong, Zhang Cunling, et al. (949)
- Effects of interplanting grass on utilization, loss and accumulation of ¹⁵N in apple orchard Peng Ling, Wen Zhao, An Xin, et al. (955)

Cover Picture: Full view of ionic rare earth mine desert (by Tang Yetao, Liu Wenshen)

《土壤学报》编辑委员会

主 编: 史学正

执行编委: (按姓氏笔画为序)

丁维新	巨晓棠	王敬国	王朝辉	史 舟	宇万太	朱永官
李永涛	李芳柏	李保国	李 航	吴金水	沈其荣	张玉龙
张甘霖	张福锁	陈德明	邵明安	杨劲松	杨明义	杨林章
林先贵	依艳丽	周东美	周健民	金继运	逢焕成	胡 锋
施卫明	骆永明	赵小敏	贾仲君	徐国华	徐明岗	徐建明
崔中利	常志州	黄巧云	章明奎	蒋 新	彭新华	雷 梅
窦 森	廖宗文	蔡祖聪	蔡崇法	潘根兴	魏朝富	

编辑部主任: 陈德明

责任编辑: 汪枳生 卢 萍 檀满枝

土 壤 学 报

Turang Xuebao

(双月刊, 1948年创刊)

第 52 卷 第 4 期 2015 年 7 月

ACTA PEDOLOGICA SINICA

(Bimonthly, Started in 1948)

Vol. 52 No. 4 July, 2015

编 辑 《土壤学报》编辑委员会
地址: 南京市北京东路 71 号 邮政编码: 210008
电话: 025 - 86881237
E-mail: actapedo@issas.ac.cn

Edited by Editorial Board of Acta Pedologica Sinica
Add: 71 East Beijing Road, Nanjing 210008, China
Tel: 025 - 86881237
E-mail: actapedo@issas.ac.cn

主 编 史 学 正
主 管 中 国 科 学 院
主 办 中 国 土 壤 学 会
承 办 中国科学院南京土壤研究所

Editor-in-Chief Shi Xuezheng
Superintended by Chinese Academy of Sciences
Sponsored by Soil Science Society of China
Undertaken by Institute of Soil Science,
Chinese Academy of Sciences

出 版 科 学 出 版 社
地址: 北京东黄城根北街 16 号 邮政编码: 100717

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

印刷装订 北京中科印刷有限公司
总发行 科 学 出 版 社
地址: 北京东黄城根北街 16 号 邮政编码: 100717
电话: 010 - 64017032
E-mail: journal@mail.sciencep.com

Printed by Beijing Zhongke Printing Limited Company
Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China
Tel: 010 - 64017032
E-mail: journal@mail.sciencep.com

国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址: 北京 399 信箱 邮政编码: 100044

Foreign China International Book Trading Corporation
Add: P. O. Box 399, Beijing 100044, China

国内统一刊号: CN 32-1119/P

国内邮发代号: 2-560

国外发行代号: BM45

定价: 60.00 元

国 内 外 公 开 发 行



ISSN 0564-3929

