

河北曲周土壤氮素养分的时空变异特征*

张世熔[†] 黄元仿 李保国 张凤荣 胡克林

(中国农业大学资源与环境学院, 北京 100094)

TEMPORAL-SPATIAL VARIABILITY OF SOIL NITROGEN NUTRIENTS IN QUZHOU COUNTY, HEBEI PROVINCE

Zhang Shi-rong Huang Yuan-fang Li Bao-guo Zhang Feng-rong Hu Ke-lin

(College of Resource and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

关键词 耕层, 全氮, 有效氮, 时空变异

中图分类号 S153.6

近 20 年来随着区域人口的增加、盐渍地的改良与综合治理, 黄淮海冲积平原区农业集约化程度不断提高, 但农业灾害的类型却从过去的以旱涝为主转向以旱为主, 地下水位明显降低。因此, 研究农业集约化程度和气候环境条件的变化对土壤质量演变的影响是该区农业持续发展面临的重要课题。

增加氮肥投入是该区近 20 年来粮食持续增产的主要措施, 并在盐渍地的综合治理过程中, 长期推广秸秆还田、增施有机肥料和配施化肥技术^[1,2]。已有研究表明, 自然环境条件、施肥和作物轮作方式都会影响土壤全氮和有效氮含量^[3,4], 从而影响土壤质量和肥力水平^[5,6]以及地下水体的硝酸盐含量^[7]。因此, 研究全氮和有效氮含量的时空动态也是掌握该区域土壤质量演化特征的重要内容。

曲周县是该区的一个典型农业县, 其农业持续发展也面临上述问题。本文选取曲周县为研究区域, 观察近 20 年来土壤全氮和有效氮含量的时空动态特征, 为优化农业生产管理措施提供参考。

1 研究区域与方法

1.1 研究区域

河北省曲周县位于黄淮海平原黑龙港流域上游, 东经 $114^{\circ}50'30'' \sim 115^{\circ}13'30''$, 北纬 $36^{\circ}34'45'' \sim 36^{\circ}51'57''$ 。2000 年耕地面积 $49\,712.0\text{ km}^2$, 占全县面积的 71.01%。该县属暖温带半湿润大陆性季风气候, 年均温 13.1°C , 无霜期平均 210 d, 多年平均降水量 556.2 mm, 60% 的降水集中于 6~9 月。全县皆为平原地貌, 由西南向东北倾斜。成土母质为漳河、沙河、卫河的冲积物和黄河的洪冲积物。土壤类型以潮土为主, 并有少量盐土和褐土分布。耕地种植作物以小麦、玉米、棉花和蔬菜为主。

1.2 土壤样品的采集

2000 年土壤样点的设计参照 1980 年的样点分布图和剖面位置记载表, 选出能控制全县区域状况的格网状样点和按土壤类型分层抽样的样点共 124 个(图 1)。其中, 设置间距 3 km 的方形格网样点 76 个, 分层抽样样点 48 个。样品采集时, 利用 1:1 万地形图和 GPS 进行样点定位, 原位置采样的样点 71 个; 在移位采取的 53 个样点中, 与原采样位置相距在 50 m 范围内的样点 21 个, 50~100 m 范围内的样点

* 国家重点基础研究专项经费(G1999011810)和 AICIAR 项目(LWR1/96/164)资助

[†] 现工作单位四川农业大学土地资源系

收稿日期: 2001-09-20; 收到修改稿日期: 2002-09-15



图1 土壤样点分布图

18个, 100~200 m范围内的样点10个, 200~300 m范围内的样点4个。因此, 两个年代样点总数以及各土壤类型的样点数均对应相等。每个样点0~20 cm的耕层土样3个经混合后组成待测样品。

1.3 化学分析

2000年土壤全氮和有效氮的测定方法与1980年的测定方法相同, 全氮用半微量开氏法结合蒸馏法测定, 有效氮均用碱解扩散法测定^[8]。

1.4 空间变异特征分析

土壤全氮和有效氮含量的半方差用球状模型套合^[9], 其等值线图用普通克里格法内插获得。

2 结果与分析

2.1 全氮和有效氮含量时空变化的总体特征

20年前后土壤全氮和有效氮含量的半方差结构如图2所示。

1980年以前该县在一定区域范围内耕作、施肥和灌溉等措施基本一致, 全氮和有效氮含量的空间变异相对简单, 半方差函数球状套合模型的变程均为20 km, 块金值与基台值之比分别是0.41和0.68。因

近20年来该县农业生产管理方式改变, 2000年土壤全氮和有效氮含量的空间变异特别是随机变异增加, 块金值与基台值之比各为0.61和0.73。

根据1980年和2000年曲周耕层全氮和有效氮含量及其变化值的空间分布, 采用克里格内插法获得三者空间分布的等值线图(图3)。从图3可知, 曲周全氮含量除10.5%的耕地为减少外, 大多数土壤均有增加; 土壤有效氮含量除8.0%耕地为显著减少外, 总体是增加。

2.2 耕地全氮和有效氮含量分级及其分区评价

根据2000年采样分析结果, 曲周全县耕层的全氮和有效氮含量为 $0.705 \pm 0.185 \text{ g kg}^{-1}$ 和 $72.9 \pm 47.7 \text{ mg kg}^{-1}$, 分别比1980年提高了0.155 g kg^{-1} 和33.4 mg kg^{-1} , 平均年增加1.41%和4.23%。若按全国第二次土壤普查分级标准统计, 20年后该县耕层全氮和有效氮的平均含量均明显提高(表1和表2)。

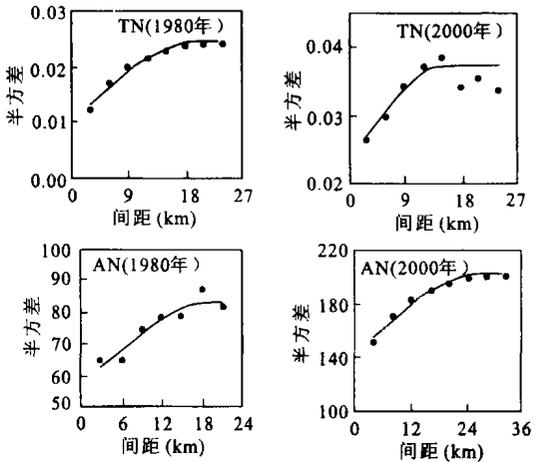


图2 1980年和2000年耕层土壤全氮(TN)与有效氮(AN)半方差结构图

表1 土壤全氮含量分级统计

级别	分级标准 ¹⁾		全氮 (g kg^{-1})		占耕地面积 (%)	
	全氮 (g kg^{-1})	评级	1980	2000	1980	2000
III	1.50~1.00	中上	—	1.105 ($n=10$)	—	8.1
IV	1.00~0.75	中下	0.811 ($n=12$)	0.847 ($n=34$)	9.7	27.4
V	0.75~0.50	缺	0.607 ($n=67$)	0.626 ($n=66$)	54.0	53.2
VI	<0.50	极缺	0.395 ($n=45$)	0.443 ($n=14$)	36.3	11.3

1) 参照全国第二次土壤普查技术规程; 表中 n 为样本数。下同

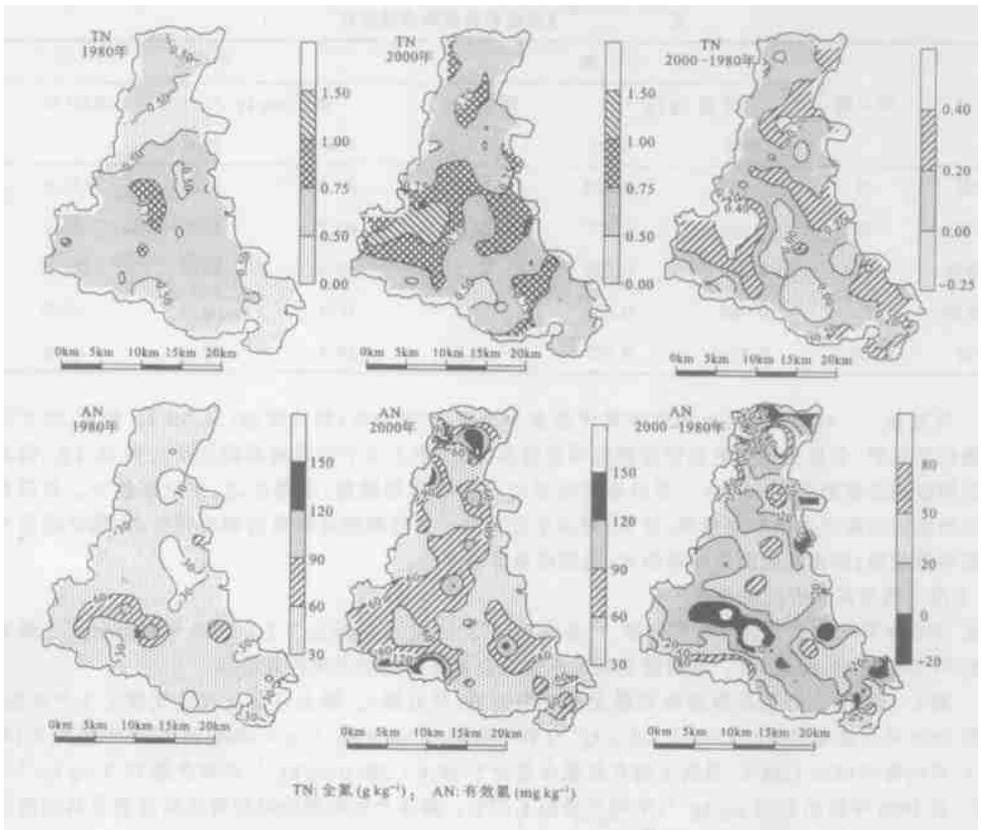


图 3 20 年间全氮、有效氮含量及其变化的分级图

表 2 土壤有效氮含量分级统计

级 别	分级标准 ¹⁾		有效氮 (mg kg^{-1})		占耕地面积 (%)	
	有效氮 (mg kg^{-1})	评 级	1980	2000	1980	2000
I	> 150	极好	—	211.1 ($n=10$)	—	8.1
II	150~ 120	好	128.0 ($n=1$)	137.0 ($n=4$)	0.8	3.2
III	120~ 90	中上	104.0 ($n=2$)	103.4 ($n=6$)	1.6	4.8
IV	90~ 60	中下	71.5 ($n=4$)	70.2 ($n=31$)	3.2	25.0
V	60~ 30	缺	41.3 ($n=87$)	49.65 ($n=71$)	70.2	57.3
VI	< 30	极缺	23.1 ($n=30$)	28.73 ($n=2$)	24.2	1.6

1) 参照全国第二次土壤普查技术规程

2.2.1 全氮 1980年全县土壤全氮评级多为V级地(54.0%)和IV级地(36.3%)。经过20年培肥改良,增施有机肥和加大氮肥投入,土壤全氮含量明显提高,以IV级地(27.4%)和V级地(53.2%)为主,另有8.1%的III级地。但是全氮含量处于缺乏和极缺的耕地仍占全县64.5%。2000年其区域分布为中部最高,西南部和北部次之,东南部最少;但从20年间增幅看,北部和东南部高于中部和西南部(表3)。

表3 不同区域全氮和有效氮含量变化

区域	样点数	全氮			有效氮		
		含量 (g kg^{-1})		增加 (%)	含量 (mg kg^{-1})		增加 (%)
		1980	2000		1980	2000	
北部	32	0.533	0.722	35.5	39.0	86.2	121.0
中部	28	0.610	0.747	22.5	40.7	62.3	53.1
西南部	31	0.587	0.725	23.5	42.6	85.9	101.6
东南部	33	0.480	0.633	31.9	36.4	56.8	56.0
全县	124	0.550	0.705	28.2	39.5	72.9	84.6

2.2.2 有效氮 1980年全县土壤有效氮评级多为V级地(70.2%)和VI级地(24.2%)。经近20年持续增施化学氮肥,全县土壤有效氮供应能力明显提高,达到中上水平的耕地面积已扩大到16.1%,但处于缺乏和极缺的耕地仍占58.9%。其分布特征是北部和西南部较高,中部次之,东南部最少。北部和西南部的增幅远高于中部和东南部(表3),是由于北部位于黄淮海综合改良治理项目区内,秸秆还田率和氮肥用量较高;西南部因蔬菜地面积大,氮肥用量高造成的。

2.3 不同土壤全氮和有效氮含量

从1980年第二次土壤普查结果可知,全县耕地以潮土、盐土和褐土为主。2000年它们分别占耕地面积的97.0%、2.1%和0.9%。其耕层全氮和有效氮含量及其动态变化各有差异。

2.3.1 潮土 潮土是全县耕地面积最大的土壤类型,共有潮土、褐土化潮土和盐化潮土3个亚类。该土类2000年全氮含量为0.370~1.231 g kg^{-1} ,平均含量0.707 g kg^{-1} ($n=118$),比1980年增加0.149 g kg^{-1} ,平均每年增加1.34%;目前土壤有效氮含量介于28.6~306.0 mg kg^{-1} ,平均含量72.7 mg kg^{-1} ($n=118$),比1980年增加32.4 mg kg^{-1} ,平均年增加4.02%。其3个亚类的全氮和有效氮含量及其动态变化分述如下:

(1)潮土亚类。该亚类占全县耕地面积的50.1%,全氮含量0.370~1.231 g kg^{-1} ,平均0.748 g kg^{-1} ($n=56$),比1980年增加0.118 g kg^{-1} ,平均年增加0.94%;有效氮含量28.6~208.5 mg kg^{-1} ,平均65.4 mg kg^{-1} ($n=56$),比1980年增加22.3 mg kg^{-1} ,平均年增加2.59%。

(2)褐土化潮土。该亚类占全县耕地面积的27.8%,全氮含量0.370~0.990 g kg^{-1} ,平均0.596 g kg^{-1} ($n=33$),比1980年增加0.110 g kg^{-1} ,平均年增加1.13%;有效氮含量28.8~277.4 mg kg^{-1} ,平均81.4 mg kg^{-1} ($n=33$),比1980年增加40.1 mg kg^{-1} ,平均年增加4.85%。

(3)盐化潮土。该亚类占全县耕地面积的19.1%,其全氮含量0.459~1.099 g kg^{-1} ,平均0.686 g kg^{-1} ($n=29$),比1980年增加0.187 g kg^{-1} ,平均年增加1.87%;有效氮含量38.8~306.0 mg kg^{-1} ,平均77.0 mg kg^{-1} ($n=29$),比1980年增加43.2 mg kg^{-1} ,平均年增加6.39%。

2.3.2 盐土 为内陆盐土亚类,其全氮含量0.540~0.853 g kg^{-1} ,平均0.688 g kg^{-1} ($n=5$),比1980年增加0.272 g kg^{-1} ,平均年增加3.27%;有效氮含量46.8~186.4 mg kg^{-1} ,平均80.2 mg kg^{-1} ($n=5$),比1980年增加51.8 mg kg^{-1} ,平均年增加9.12%。

2.3.3 褐土 为褐土性土亚类,全氮含量为0.596 g kg^{-1} ,比1980年增加0.316 g kg^{-1} ,平均年增加5.64%;有效氮含量55.2 mg kg^{-1} ,比1980年增加41.2 mg kg^{-1} ,平均年增加14.71%。

3 结论

1. 近20年来,河北曲周耕层土壤全氮和有效氮含量总体上明显提高。2000年全县全氮含量区域分布与1980年相同,仍为中部最高,西南部和北部次之,东南部最少;20年间的增加幅度则是北部和东南部高于中部和西南部。因种植结构导致的氮肥用量不同和秸秆还田率差异,有效氮含量为北部和西南部较高,中部次之,东南部最少;20年间的增幅是北部和西南部远高于中部和东南部。

2. 20年中潮土、盐土和褐土全氮含量分别增加了0.149 g kg^{-1} 、0.272 g kg^{-1} 和0.316 g kg^{-1} ,有效氮

含量相应提高 32.4 mg kg^{-1} 、 51.8 mg kg^{-1} 和 41.2 mg kg^{-1} 。

参考文献

1. 辛德惠. 盐渍化改造区农业综合持续发展. 北京: 中国农业科技出版社, 1995. 214~ 218
2. 牛灵安, 郝晋珉. 盐渍土熟化过程中腐殖质特性的研究. 土壤学报, 2001, 38(1): 114~ 122
3. 刘万代, 王化岑, 杨青华, 等. 施氮对土壤水分亏缺下冬小麦生产力的影响. 土壤通报, 2000, 31(6): 262~ 264
4. Ardell D H, Curtis A R, Ronald F F. Nitrogen fertilization effects on soil carbon and nitrogen in a dryland cropping system. Soil Sci. Soc. Am. J., 1999, 63(4): 912~ 917
5. Kolberg R L, Westfall D G, Peterson G A. Influence of cropping intensity and nitrogen fertilizer rates on in situ nitrogen mineralization. Soil Sci. Soc. Am. J., 1999, 63(1): 129~ 134
6. Milkha S A, Tejinder S K, John W D, *et al.* Yields and nitrogen dynamics in a rice-wheat system using green manure and inorganic fertilizer. Soil Sci. Soc. Am. J., 2000, 64(5): 1867~ 1876
7. 许学前, 吴敬民. 小麦氮肥的有效利用和对水体环境污染的影响. 土壤通报, 1999, 30(6): 268~ 270
8. 中国科学院南京土壤研究所编. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1983. 62~ 80
9. 侯景儒, 尹镇南, 李维明, 等. 实用地质统计学. 北京: 地质出版社, 1998. 37~ 50

973 项目“长江、珠江三角洲地区土壤和大气环境质量变化规律与调控原理”启动

以中国科学院、教育部为依托部门, 以中国科学院南京土壤研究所为依托单位的国家重点基础研究发展规划(973)项目“长江、珠江三角洲地区土壤和大气环境质量变化规律与调控原理”已于日前启动。该项目以改善环境质量、保障农产品安全和人体健康为目标, 阐明长江三角洲(沪苏杭)、珠江三角洲(广深珠)地区大气和土壤复合污染现状、形成过程与机制, 揭示主要污染物在农田生态系统中和土/气、土/水、土壤/作物等界面间的迁移、转化和积累规律、通量及其生态环境效应, 创建大气二次污染控制、土壤污染修复和农产品污染削减与预警的理论与方法, 提出区域宏观污染控制对策和环境质量调控战略, 为国家改善该地区土壤、大气环境质量和保障农产品安全提供科学依据, 为我国中、西部乃至东南亚地区未来的环境保护和可持续发展提供理论、方法和途径, 同时使我国区域环境科学研究在国际上占有一席之地。该项目的首席科学家是中国科学院南京土壤研究所研究员骆永明博士, 中国科学院院士赵其国等为学术指导专家, 下设 11 个课题, 由北京大学、浙江大学、中国农业科学研究院、中国环境科学研究院、中国科学院广州地球化学研究所、中国科学院生态环境研究中心等 10 家单位共同承担。