

我国三种种植制度下农田土壤有机碳、氮关系的演变特征

申小冉^{1,2},吕家珑¹,张文菊²,辛景树³,任 意³,徐明岗²

(1.西北农林科技大学资源环境学院,陕西 杨凌 712100; 2.农业部作物营养与施肥重点开放实验室,中国农业科学院农业资源与农业区划研究所,北京 100081; 3.全国农业技术推广中心,北京 100125)

摘 要:对 34 个国家级耕地质量监测点 20 余年连续监测数据进行了统计分析,旨在探讨常规施肥下我国旱作、水旱轮作和稻田系统土壤碳、氮关系的演变特征。结果表明,1985~2006 年,我国常规施肥方式下旱地、水旱轮作和稻田系统表层土壤有机碳和全氮均显著增加,三种种植制度下土壤 C/N 演变存在一定差异。土壤 C/N 均值从 1985~1990 年的 9.87 上升至 2001~2006 年的 10.32。20 年期间,土壤 C/N 分布在 9~11 的区间范围内的频率为 45%~48%;土壤 C/N 在 7~9 区间的分布频率从 27.5% 减少到 14.5%,但在 11~13 区间的分布频率从 15.6% 增加到 27%,且 30% 以上的旱地连续监测点土壤 C/N 呈显著增加趋势。进一步分析表明,土壤 C/N 与土壤速效磷、速效钾以及磷肥和有机肥的投入量呈显著正相关关系,而与土壤 pH 值呈显著的负相关关系。表明常规施肥方式中,磷肥和有机肥投入促进了土壤中有有机碳和全氮的积累,且对旱地土壤有机碳积累的贡献大于对氮素积累的贡献,是土壤碳、氮关系演变的重要影响因子。

关键词: 农田;种植制度;有机碳;全氮;土壤 C/N

中图分类号: S153.6⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)04-0121-06

农田土壤有机碳、氮是土壤肥力的重要指标,土壤碳、氮循环是农田生态系统最基本的生态过程,二者之间的相互关系对农田土壤的养分转化、供应以及生产力的稳定性具有关键性的作用,更与全球碳、氮循环和气候变化密切相连^[1]。一般情况下,有机碳和全氮含量之间存在显著耦合关系,土壤碳氮比(C/N)是比较稳定的,比值的稳定程度对土壤性状及作物生长具有重要意义。我国农田土壤 C/N 主要分布在 7~13^[2]。第二次土壤普查结果显示我国水稻土耕层土壤 C/N 为 10.8,旱地土壤为 9.9^[3]。目前国内外大量研究表明我国农田表土有机碳含量整体呈上升趋势^[4,5]。一般认为,农田土壤碳、氮的含量受制于气温与降水,而其变化主要受人类活动的影响^[6]。长期定位试验的结果表明平衡施用化肥或有机无机肥料配合施用的土壤有机碳含量明显增加^[7,8]。但是土壤氮素演变却与有机碳的演变趋势存在一定的差异,有研究表明,在我国南方红壤旱地,高量有机无机肥配施能显著增加土壤全氮含量,长期单施有机肥、常量氮磷钾化肥有机肥配施处理下的土壤全氮保持稳定^[9]。棕壤长期定位试验也得出相似结论^[10]。土壤 C/N 的变化与土地利用方式

有着密切的联系,我国第 2 次土壤普查数据的结果是华北、华东、华南、东北、西北、西南六大区域耕层土壤 C/N 水田普遍高于旱地^[3]。长期定位试验表明,化肥配施和有机无机肥配施对稻田土壤 C/N 的影响没有显著差异^[11],而有机无机配施可以提高瘠土旱地 C/N^[12]。尽管目前国内外对于土壤碳和氮的演变已有大量明确的研究结果^[13~17],但是对于二者之间关系的演变特征及其影响因素尚不十分清楚。本文试图通过对 34 个国家级耕地质量监测点连续 20 年监测数据的统计分析,探讨近二十年来我国农田表层土壤 C/N 的变化趋势与特征,以期为我国农田土壤培肥和制定固碳减排国家战略提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 数据来源

常规施肥下农田表层土壤有机碳和氮肥投入量的数据来源于农业部《国家级耕地监测点数据》^[18]。鉴于研究目的我们选取了监测年限在 15 年以上的 34 个监测点的数据(表 1),包括旱地 16 个、水田 10 个、水旱轮作 8 个监测点。大部分监测点始于二十

收稿日期:2010-12-20
基金项目:国家自然科学基金项目(40901141,40871148);国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2011CB100501);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(2011-4);中国农科院土壤质量重点开放实验室开放基金(09-01)
作者简介:申小冉(1987—),女,河南新乡人,硕士研究生,研究方向为土壤碳氮相互作用。E-mail: shenxiaoran041@126.com。
通讯作者:吕家珑(1962—),男,教授,博士,研究方向为土壤化学。E-mail: ljll@nwsuaf.edu.cn。

世纪八十年代初期和中期,主要包括东北黑土,华北的潮土与褐土,西北的淤灌土和黑垆土,华南的红壤,西南、华南、华东及东北的水稻土。旱作系统主要是东北的玉米连作,西北和华北的小麦一玉米轮作,水旱系统主要是华东和西南的稻一麦轮作,稻田系统主要是中南和华南的稻一稻轮作。不同种植制度下的有机无机氮投入量见图 1。

表 1 监测点在各省和各时间段的分布

Table 1 The distribution of monitoring sites time and provinces

种植制度 Cropping system	监测省份 Province	监测点数 Site number	监测时期 Period
旱作 Upland	吉林 Jilin	2	1988~2006
	陕西 Shaanxi	4	1986~2000
	新疆 Xinjiang	3	1987~2005
	河北 Hebei	4	1988~2006
	山东 Shandong	2	1986~2006
	云南 Yunnan	1	1987~2006
水旱轮作 Wheat-rice	江苏 Jiangsu	3	1988~2006
	云南 Yunnan	1	1987~2006
	四川 Sichuan	4	1990/1985~2006
稻田 Paddy	吉林 Jilin	2	1988~2006
	浙江 Zhejiang	1	1986~2004
	四川 Sichuan	3	1985~2006
	广东 Guangdong	2	1988/1991~2006
	广西 Guangxi	2	1987~2003/2006

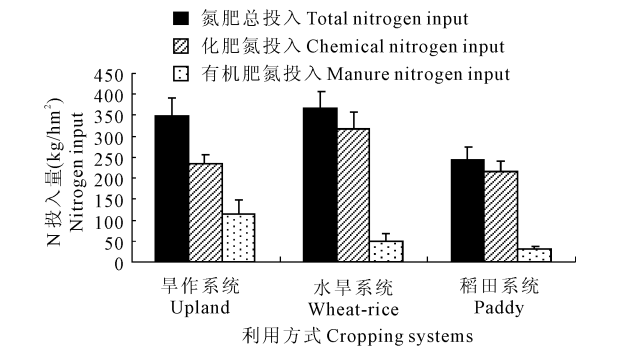


图 1 不同种植制度下有机无机氮投入量

Fig.1 Chemical N and manure N input in different cropping systems

1.2 数据分析与处理方法

采用 Microsoft Excel 和 Spss13.0 进行统计分析,显著性检验为 LSD 法在 0.05 水平上的差异。土壤 C/N 随时间的变化趋势分析采用线性回归法,回归方程达到 $P<0.05$ 的显著水平,认为其上升或下降;否则认为土壤 C/N 维持不变。

2 结果与分析

2.1 三种种植制度下表层土壤有机碳、全氮演变

常规施肥方式下,近 20 a 来旱地、水旱和稻田

这三种种植制度的有机碳含量都是随着时间的增加呈增加趋势(图 2),而旱地的有机碳含量增加幅度最大,旱地 1996~2006 年的有机碳含量比 1985~1995 年提高了 30%,水旱和稻田分别增加了 20% 和 15% 左右。从不同种植制度下有机碳变化分析得知,我国稻田土壤表层有机碳始终保持在高于水旱轮作的 20%~30% 左右,而旱地有机碳含量则是最底的,水旱轮作有机碳含量是旱地的 1.5 倍。

常规施肥方式下我国土壤表层全氮含量与有机碳呈现出相似的演变规律(图 3)。1985~2006 年监测期间,稻田土壤全氮含量在 1.6~2.0 g/kg 之间,显著高出水旱轮作全氮含量的 10%~20%。而旱地土壤全氮含量处于最低水平,约在 0.8~1.1 g/kg 之间。三种农田种植制度土壤全氮随时间的变化趋势都是随着时间增加而增加,这三种轮作方式的后 10 a 比前 10 a 的全氮水平提高 13%~20%。

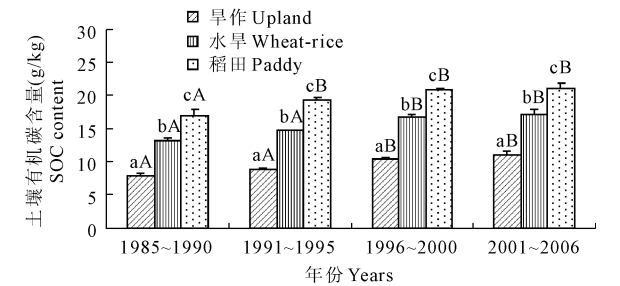


图 2 常规施肥下不同农田种植制度表层土壤有机碳含量

Fig.2 Soil organic carbon content of topsoil with cropping system and conventional fertilization

注:不同小写字母表示同一时间段内不同种植制度之间的 5% 水平差异显著,不同大写字母表示同一种种植制度不同时间段之间的 5% 水平差异显著。下同。

Note: Different small letters show significance at 5% level in the same time but different cropping system, while different capital letters show significance at 5% level in the same cropping system but different time. The same as below.

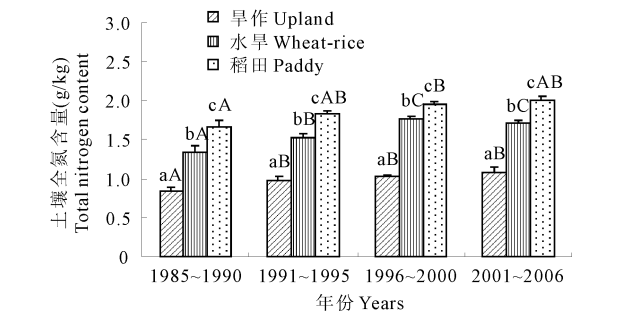


图 3 常规施肥下不同农田种植制度表层土壤全氮含量

Fig.3 Soil total nitrogen content of topsoil with cropping system and conventional fertilization

三种农田种植制度下 2001~2006 年的有机碳、

全氮均值都明显高于 1985~1990 年,但不同种植制度下土壤有机碳、全氮的增幅则有所差异(表 2),旱作系统的有机碳增幅最高,为 41.4%,明显高于全氮的增幅 28.7%。水旱轮作下,有机碳和全氮的增幅大致相当,约为 27%~30% 左右,而稻田系统有

机碳和全氮的增幅基本保持在 21%~24%。水旱和稻田系统有机碳和全氮的增幅基本保持一致。三种种植制度相比,旱作有机碳和全氮的增幅都大于水旱和稻田。

表 2 不同种植制度下 SOC、TN 含量的变化
Table 2 Changes in SOC and TN in different cropping systems

种植制度 Cropping system	1985~1990		2001~2006		增幅 Growing rate(%)	
	SOC(g/kg)	TN(g/kg)	SOC(g/kg)	TN(g/kg)	SOC	TN
旱作系统 Upland	7.76±0.42	0.84±0.05	10.97±0.63	1.08±0.05	41.37	28.66
水旱系统 Wheat—rice	13.14±0.58	1.35±0.09	17.18±0.70	1.72±0.02	30.67	27.48
稻田系统 Paddy	16.95±1.11	1.66±0.09	21.02±0.89	2.00±0.05	24.00	20.82

2.2 三种种植制度下表层土壤碳氮比的演变

由于土壤氮素主要以有机氮的形式存在于土壤有机质中,其分解矿化与有机碳有着密切的关系。由图 4 可以看出,1985~2006 年这 20 a 来,全国农田表层土壤的 597 个样本 C/N 值分布在 7~13 区间的占 85.9%,且 45%~48% 分布在 9~11 的区间范围内。从 1985~1990 到 2001~2006,C/N 分布在 7~9 和 11~13 区间的频率变化较大,在 1985~1990 年,土壤 C/N 有 27.5% 分布在 7~9 的区间范围,而到 2001~2006 年,土壤 C/N 分布在 7~9 区间范围的频率减少到了 14.5%,但是 C/N 分布在 11~13 区间的由 1985~1990 年的 15.6% 增加到 2001~2006 年的 27%。土壤 C/N 分布在小于 7 和大于 13 区间的频率值约为 5%~7% 左右,且在这 20 a 中变化不明显。

在长期常规施肥下农田表土 C/N 均值是 9.96,土壤 C/N 在 1985~1990 年和 2001~2006 年平均值分别为 9.87 和 10.32。20 a 来旱作系统 C/N 有上升趋势(表 3),常规施肥下旱地 C/N 值从 9.32 增加到 10.36,增加了 11%。然而 1991~1995 年的 C/N 值与 1985~1990 年相比有所下降,但并没有达到显著

水平。施肥 20 a 后水旱轮作系统 C/N 基本保持稳定,平均在 9.7 左右,仅增加了 0.7%。在前 10 a (1985~1995)稻田系统 C/N 高于水旱轮作,水旱轮作高于旱作系统。然而在后 10 a(1996~2006)监测期间,稻田系统土壤 C/N 略高于旱地,而旱地则由于有机碳的增幅大于全氮(表 2),后 10 a 旱地土壤 C/N 略比水旱轮作高。

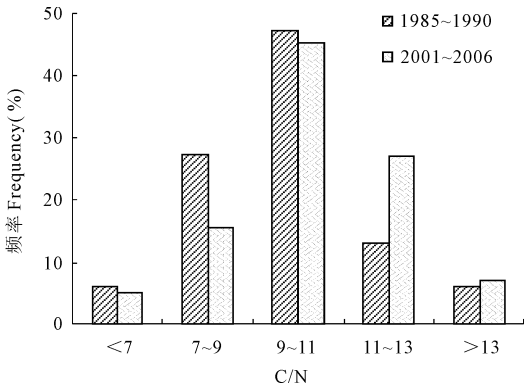


图 4 长期监测下我国农田表层土壤 C/N 值频率分布
Fig.4 Distribution of C/N from monitoring data of China's cropland

表 3 三种种植制度农田耕层土壤 C/N 值的变化
Table 3 Changes of C/N with land use and conventional fertilization in cropland

种植制度 Cropping system	1985~1990	1991~1995	1996~2000	2001~2006
旱作系统 Upland	9.32±0.25abA	8.92±0.20ba	10.39±0.37aA	10.36±0.57aA
水旱轮作 Wheat—rice	10.07±0.48aA	9.51±0.17aB	9.36±0.23aB	10.14±0.21aA
稻田系统 Paddy	10.20±0.17aA	10.62±0.20aC	10.62±0.10aAC	10.47±0.27aA

注:不同小写字母表示同一行数据在 5% 水平上差异显著,不同大写字母表示同一列在 5% 水平上数据差异显著。
Note: Data with different small letter in the same row are significantly different at 5% level, with different capital letter in the same column are significantly different at 5% level.

进一步分析表明,34 个长期监测点中,约 70% 的监测点在常规施肥 20 a 中土壤 C/N 基本持平(表 4)。有 8 个长期监测点土壤 C/N 呈显著上升趋势,其中

有 5 个分布在西北和华北地区的旱作系统,而旱作系统土壤 C/N 上升的监测点中有机肥投入量较大,有机肥的施用增加了土壤碳、氮的固定,且土壤碳的

增加快于土壤氮的积累,从而使土壤 C/N 增加。因此较高比例的有机肥投入可能是旱地土壤 C/N 增加的原因之一。34 个监测点中仅有 3 个监测点土壤 C/N 呈显著下降趋势。水旱和稻田系统大多数

点 C/N 都是处于持平的状态,水旱轮作的 60% 监测点是持平趋势,80% 的稻田系统监测点土壤 C/N 基本持平。

表 4 三种农田种植制度 C/N 的变化速率
Table 4 Change rate of topsoil C/N in different cropping systems

种植制度 Cropping system	样本数 Sample number	上升 Increase		下降 Decrease		持平 No change
		样本数 Sample number	变化速率 Rate	样本数 Sample number	变化速率 Rate	样本数 Sample number
旱作系统 Upland	16	5	0.08~0.61	1	0.12	10
水旱轮作 Wheat-rice	8	2	0.11~0.16	1	0.11	5
稻田系统 Paddy	10	1	0.06	1	0.08	8

注:变化速率为施肥年限与 C/N 值线性相关的斜率。
Note: The change rate is slope value of linear relationship of C/N and fertilization duration.

2.3 农田土壤碳、氮相互作用关系的影响因素

农田土壤碳、氮的变化涉及到作物类型、气候条件、土壤条件、耕作方式等众多因素。在生态系统的物质循环中,土壤碳素和氮素被紧密联系在一起^[19]。在众多影响因素中有机碳和氮的输入与输出情况则直接影响着 C/N 的稳定。基于 20 年来我国农田耕层土壤碳氮演变,对影响土壤 C/N 的主要因素进行了相关分析(表 5)。耕层土壤的 C/N 与土壤有机碳、速效磷、速效钾呈显著线性正相关,与 pH 值呈显著线性负相关。另外施肥对土壤 C/N 也有显著影响,磷肥投入、有机氮投入和总氮投入与 C/N 有显著的线性正相关关系,但 C/N 值与化肥氮的投入量未达到显著线性相关。

表 5 我国耕层土壤 C/N 与肥力因子、肥料投入的相关性
Table 5 The liner correlation between C/N and soil fertility in the topsoil

影响因素 Influence factors	相关系数 <i>r</i> Correlation coefficient	样本数 <i>n</i> Sample number
土壤有机碳 SOC	0.3885 **	<i>n</i> =597
土壤全 N Soil total nitrogen	0.0374	<i>n</i> =597
土壤速效 N Available N	0.0539	<i>n</i> =563
土壤速效 P Available P	0.2621 **	<i>n</i> =589
土壤速效 K Available K	0.1127 **	<i>n</i> =588
土壤 pH Soil pH	-0.2777 **	<i>n</i> =489
化肥 N 投入 Chemical N input	0.0480	<i>n</i> =597
有机 N 投入 Manure N input	0.1123 **	<i>n</i> =597
P ₂ O ₅ 投入 P ₂ O ₅ input	0.0917 *	<i>n</i> =597
K ₂ O 投入 K ₂ O input	0.0700	<i>n</i> =597
总 N 投入 Total nitrogen input	0.1039 **	<i>n</i> =597

注: ** 表示达到 $P<0.01$ 的极显著线性相关; * 表示达到 $P<0.05$ 的显著线性相关。

Note: Highly significant correlations are marked with two ($P<0.01$) asterisks, while significant correlations are marked with one ($P<0.05$) asterisk.

3 讨 论

表层土壤稳定的 C/N 值反映了陆地生态系统生物具有为满足自身的需求对生存环境中的营养元素有很好的调控能力^[20],而土壤有机质的主要组成是 C、O、H、N,C 和 N 分别占 52%~58% 和 3.7%~4.1%,因此 C/N 大约在 10 左右^[2]。若 C/N 值很大,则在其矿化作用的最初阶段,微生物的同化量会超过矿化作用所提供的有效 N 量,可能会造成植物缺氮^[21]。本研究结果表明,经过 22 a 的常规施肥,我国 34 个监测点耕层土壤 C/N 均值为 9.96,在土壤的适宜 C/N 范围内。这与对囊括了我国所有土类的 2 384 个剖面进行分析后得出 0~30 cm 土层的 C/N 均值是 10.84 的研究结果接近^[20]。而研究报道全球所有土壤类型的 0~30 cm 耕层的 C/N 均值是 13.58,比我国碳氮比均值高出了 36%^[22]。

在长期监测的 20 多年中,稻田耕层土壤 C/N 明显高于水旱轮作和旱作土壤,这主要与土壤 C/N 受区域水热条件和成土作用特点的控制有关^[23]。由于水田本身的残茬还田作用对有机碳储存作用较大,另外水田主要分布在我国华南和华东地区,土壤母质的粘粒含量较高,土壤粘粒通过小孔隙的包被而对土壤有机物质有保护作用可能也是稻田 C/N 高的一个重要原因^[24]。本研究结果表明在这常规施肥的 20 余年中,旱作系统土壤有机碳的增加幅度高于氮的增加幅度,土壤 C/N 值明显增加,而水旱、稻田系统土壤碳、氮增加比例相当,土壤 C/N 值基本稳定,这可能与有机氮的投入占总氮投入比例的大小有关。由图 1 可以看出旱地有机氮投入所占比例高,约占总氮投入的 30%,有机肥的投入大大促

进了土壤有机碳的积累,而水旱和稻田系统有机氮的投入只占总氮投入的 10% 左右。

本研究中的相关分析表明,土壤 C/N 与土壤速效磷、钾、pH 值以及磷肥和有机氮肥的投入密切相关。旱作系统主要分布在西北和华北地区,由于气候原因,降雨量较少植被根系分泌物就会减少,周围不能为土壤微生物提供适宜的栖息场所,导致微生物数量少,活性弱^[25],有机碳的矿化慢,从而使碳的增加幅度大于氮,土壤 C/N 值显著增加。而化学氮肥的高比例投入虽然可以促进植物根系生长,增加植物根茬的残留量,但由于土壤 C/N 下降,土壤微生物活性提高,加速了土壤原有碳和新鲜有机碳的分解矿化,使土壤有机碳积累减少^[26]。此外,适当的磷肥配施能促进作物根系生长发育,增加碳的归还量,有研究表明土壤有机碳的积累首先与作物根系输入碳有关,而并不仅仅只取决于有机肥碳源^[27];也有研究发现磷的长期施用能促进土壤 C/N 增加^[28],因为磷钾肥的长期施用促进了作物根系的生长,归还到土壤中的有机质增加,能减缓土壤有机碳的消耗,表明土壤中磷、钾元素对调控碳氮也起着至关重要的作用。因此在农田土壤碳、氮固定与分配如此复杂的情况下,适当的氮肥施用量和肥料配比(如有机一无机肥配施)才会对土壤碳、氮的积累起到积极作用。

4 结 论

1) 近 20 a,我国常规施肥下三种种植制度农田表层土壤有机碳、全氮含量都有显著增加趋势。表层土壤的 C/N 也呈增加趋势,其中旱地种植系统 C/N 的平均值增幅最大。

2) 农田土壤 C/N 与土壤速效磷、速效钾、pH 值、磷肥和有机肥的投入量密切相关,磷肥和有机肥配施以及土壤中磷、钾的积累促进了土壤中有机碳和全氮的积累,且对旱地土壤有机碳积累的贡献大于对氮素的积累贡献,是土壤碳、氮关系演变的重要影响因子。

参 考 文 献:

[1] Lal R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security[J]. Science,2004,1623—1627.

[2] 黄昌勇.土壤学[M].北京:中国农业出版社,2005.

[3] 许 泉,芮雯奕,刘家龙,等.我国农田土壤碳氮耦合特征的区域差异[J].生态与农村环境学报,2006,22(3):57—60.

[4] 刘纪远,王绍强,陈镜明,等.1990~2000 年中国土壤碳氮蓄积量与土地利用变化[J].地理学报,2004,59(4):483—496.

[5] 黄 耀,孙文娟.近 20 年来中国大陆农田表土有机碳含量的变

化趋势[J].科学通报,2006,51(7):750—763.

[6] 许信旺,潘根兴,汪艳林,等.中国农田耕层土壤有机碳变化特征及控制因素[J].地理研究,2009,28(3):601—612.

[7] 徐明岗,梁国庆,张夫道.中国土壤肥力演变[M].北京:中国农业科学技术出版社,2006.

[8] Zhang W J, Wang X J, Xu M G, et al. Soil organic carbon dynamics under long-term fertilizations in arable land of northern China [J]. Bio-geosciences,2010,7:409—425.

[9] 王 娟,吕家珑,徐明岗,等.长期不同施肥下红壤氮素的演变特征[J].中国土壤肥料,2010,(1):1—6.

[10] 高晓宁,韩晓日,战秀梅,等.长期不同施肥处理对棕壤氮储量的影响[J].植物营养与肥料学报,2009,15(3):567—572.

[11] 刘 畅,唐国勇,童成立,等.不同施肥措施下亚热带稻田土壤碳、氮演变特征及其耦合关系[J].应用生态学报,2008,19(7):1489—1493.

[12] 曹莹菲,刘庆芳,刘 克,等.不同施肥对壤土碳氮含量的影响[J].干旱地区农业研究,2010,28(2):187—190.

[13] Huang Biao, Sun Weixia, Zhao Yongcun, et al. Temporal and spatial variability of soil organic matter and total nitrogen in an agricultural ecosystem as affected by farming practices [J]. Geoderma,2007,139:336—345.

[14] Upendra M. Sainjua, Zachary N. et al. Soil carbon and nitrogen sequestration as affected by long-term tillage, cropping systems, and nitrogen fertilizer sources [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment,2008,127:234—240.

[15] Sindhu Jagadammaa, Rattan Lala, Robert G. et al. Nitrogen fertilization and cropping systems effects on soil organic carbon and total nitrogen pools under chisel-plow tillage in Illinois[J]. Soil & Tillage Research,2007,95:348—356.

[16] 孙文娟.中国农田土壤碳氮变化及氮素对稻麦作物固碳效益的影响[D].南京:南京农业大学,2006.

[17] 程 琨,潘根兴,田有国,等.中国农田表土有机碳含量变化特征——基于国家耕地土壤监测数据[J].农业环境科学学报,2009,28(12):2476—2481.

[18] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科学出版社,1998.

[19] 张 鹏,张 涛,陈年来.祁连山北麓山体垂直带土壤碳氮分布特征及影响因素[J].应用生态学报,2009,20(3):518—524.

[20] Tian Hanqin, Chen Guangsheng, Zhang Chi, et al. Pattern and variation of C:N:P ratios in China's soils: a synthesis of observational data[J]. Biogeochemistry,2010,98:139—151.

[21] 刘颖茹,杨 持,朱志梅,等.我国北方草原沙漠化过程中土壤碳、氮变化规律研究[J].应用生态学报,2004,15(9):1604—1606.

[22] Batjes N H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world [J]. Eur J Soil Sci, 1996,47:151—163.

[23] 齐雁冰,黄 标,顾志权,等.长江三角洲典型区农田土壤碳氮比值的演变趋势及其环境意义[J].矿物岩石地球化学通报,2008,27(1):50—56.

[24] 郑杰炳,王子芳,周春蓉,等.土地利用方式对紫色土丘陵区土壤剖面碳、氮影响[J].生态环境,2008,17(5):2041—2045.

[25] 程建中,李心清,刘钟龄,等.中国北方草地植物群落碳、氮元素组成空间变化及其与土壤地球化学变化的关系[J].全球化

学,2008,37(3):265—274.

[26] 曹丽花,赵世伟.土壤有机碳库的影响因素及调控措施研究进展[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2007,35(3):177—187.

[27] 潘根兴,周 萍,张旭辉,等.不同施肥对水稻土作物碳同化与土壤碳固定的影响——以太湖地区黄泥土肥料长期试验为例[J].生态学报,2006,26(11):3704—3710.

[28] 乔云发,韩晓增,韩秉进,等.长期施用化肥对农田黑土有机碳和氮消长规律的影响[J].中国土壤与肥料,2007(4):03—33.

Changes in soil organic carbon and total nitrogen and its relationship under three typical cropping systems in China

SHEN Xiao-ran^{1,2}, LV Jia-long¹, ZHANG Wen-ju², XIN Jing-shu³, REN Yi³, XU Ming-gang²

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Ministry of Agriculture Key Laboratory of Crop Nutrition and Fertilization, Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China;

3. National Agro-Tech Extension and Service Center, Beijing 100125, China)

Abstract: Based on data of 20-year continuous observation from 34 sites around the country, we analyzed the characteristics of changes in SOC, TN and the relationship between SOC and TN in dry cropland, wheat-rice system and paddy fields under conventional fertilization. The results showed that SOC and TN contents in topsoil increased significantly in dry cropland, wheat-rice system and paddy fields, while the changes in the soil C/N ratio varied among the three typical agro-ecosystems during the last 20 years of conventional fertilizations. The average of soil C/N ratio in these three types of agro-ecosystems changed from 9.87 in 1985~1990 to 10.32 in 2001~2006. The frequency of soil C/N ratio at the range of 9~11 were about 45% to 48% during the last 20 years. However, the frequency of soil C/N ratio at the range of 7~9 decreased from 27.5% to 14.5%, whereas the frequency of soil C/N ratio at the range of 11~13 increased from 15.6% to 27% from 1985 to 2006. Moreover, soil C/N ratio at more than 30% of contentious long-term observation sites in dry cropland increased in the last 20 years. Further analysis indicated that there were significantly positive correlations between soil C/N ratio and the content of available P, available K, and the input amount of phosphorus fertilizer and organic nitrogen in manure, while there was a significantly negative correlation between soil C/N ratio and soil pH. Overall, conventional fertilization accompanied with phosphorus fertilizer and organic manure promoted the accumulations of SOC and TN, and the effect on SOC accumulation exceeded the effect on TN. All these results indicated that application of phosphorus fertilizer and organic manure was the most important factor that affected the relationship between soil organic carbon and nitrogen.

Keywords: cropland; cropping system; SOC; TN; soil C/N ratio