

黄土高原南北主要类型土壤氮组分相关关系研究^①

党亚爱^{1,2}, 王立青³, 张 敏²

(1 西北农林科技大学黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西杨凌 712100; 2 西北农林科技大学理学院, 陕西杨凌 712100; 3 西北农林科技大学水利与建筑科学学院, 陕西杨凌 712100)

摘 要: 黄土高原作为典型生态脆弱区, 不同植被覆盖下土壤氮组分分布特征及相关关系研究一直受到学术界的广泛关注。本研究采集从北向南依次分布的干润砂质新成土(神木)、黄土正常新成土(延安)和土垫旱耕人为土(杨凌)等典型土壤剖面 0~200 cm 土层土样, 分析了土壤全氮及酸解有机氮含量、酸解有机氮主要组分与微生物生物量氮之间的相关性, 以期阐明黄土高原典型土壤主要氮组分之间的相关性及其特点。结果表明: 黄土高原从北到南典型土壤全氮与微生物生物量氮、固定态铵及酸解有机氮各组分含量之间的相关性均达到极显著水平($P<0.01$), 微生物生物量氮除了与固定态铵及酸解氨基糖态氮没有显著相关性外, 与其余氮组分均达到极显著线性相关水平($P<0.01$), 且酸解氨基酸态氮是微生物生物量氮的主要贡献者。

关键词: 土壤有机氮; 全氮; 微生物; 黄土高原

中图分类号: S153.6

有机态氮是土壤氮素的主要存在形式, 是矿质态氮的源和库, 在土壤-植物氮素营养及环境效应中占有重要地位。在绝大部分表层土壤中, 90% 以上氮素以有机氮形式存在, 其含量和分布不同程度受土壤类型、土壤层次、根际环境、施肥和耕作状况等诸多因素影响^[1-2]。其化学形态及其存在状况也显著影响土壤氮素有效性。矿物固定态铵是土壤中被固定于黏土矿物晶格之间的铵离子, 也是土壤氮库的重要组成部分, 在土壤氮素循环中具有重要作用。早在 1917 年 Mcbeth 就开始了对土壤矿物固定态铵的研究工作^[2], 但直到 20 世纪 50 年代科研工作者才对土壤矿物固定态铵投入了较多的研究^[3-5]。土壤微生物是生态系统的重要组成部分, 不仅推动土壤碳、氮、磷、硫等养分循环和转化, 而且也是这些养分元素最重要的源和库, 是植物有效养分的重要来源^[6-7]。土壤微生物对土壤条件变化非常敏感, 能在较短时间内发生大幅度变化, 因而土壤微生物量的多少及其变化通常作为土壤质量演变的重要依据。

长期以来, 研究者对土壤全氮及有机氮分布特点进行了广泛研究, 明确了全氮及有机氮对土壤生物、物理及化学性质的影响机理, 但对土壤氮素重要组分之间的相关关系研究还有待深入。黄土高原地区是我

国主要的农业生产区, 也是我国西北生态环境脆弱区, 地区地形复杂, 土地利用方式多变, 土壤类型多样, 这些不同的环境条件往往同时存在, 共同影响着土壤全氮及其主要组分的分布。黄土高原典型土壤全氮、土壤有机氮组分、矿物固定态铵及微生物生物量氮之间的相关性如何, 目前尚缺乏较全面研究。本文以黄土高原北部神木、中部延安和南部杨凌等地土壤剖面为对象, 研究典型土壤不同土地利用方式下土壤全氮及其组分之间的相关性, 以期为黄土高原土地利用及保护、深入理解黄土高原土壤氮库提供基础科学数据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

黄土高原位于我国内陆腹地, 地处黄河中上游与海河上游地区, 东起太行山, 西至乌鞘岭, 南达秦岭, 北至阴山, 位于 $100^{\circ}54' \sim 114^{\circ}33'E$, $33^{\circ}43' \sim 41^{\circ}16'N$, 面积为 $62.80 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占国土面积约 6.54%。该区地貌、气候、植被和土壤均具有明显分异特征: 从南至北, 地貌由渭河阶地、黄土台塬、高原沟壑、丘陵沟壑向风沙丘陵过渡; 气候由东南部的暖温带半湿润区向西北部中温带干旱半干旱区过渡, 年均气温为 $3.6 \sim 14.3^{\circ}\text{C}$, 年均降水量为 $150 \sim 750 \text{ mm}$, 降水主要集中在

①基金项目: 陕西省自然科学基金基础研究项目(2015JQ4107), 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室专项基金(K318009902-1410)和陕西省留学人员科技活动项目(201327)资助。

作者简介: 党亚爱(1975—), 女, 陕西蒲城人, 博士, 副教授, 主要从事土壤养分运移等研究。E-mail: dangyaaai@126.com

7—9 月, 占年降水量的 60%~80%, 降水量低而不稳。

1.2 野外采样

选取位于黄土高原北部神木、中部延安和南部杨凌 3 个代表性地区(图 1), 每一地区分别选择代表性农田和草地各两处采集土壤样品。每个样点分层采取 0~200 cm 土层土样, 20 cm 以上每 10 cm 为一层采样; 20 cm 以下每 20 cm 为一层, 每个土样均为 3~4 个样点混合样。各采样点具体情况和表层土壤理化性质分别见表 1 和表 2。

1.3 测试方法

样品参照《土壤农化分析》^[8]进行测试, 其中土壤全氮采用凯氏定氮法; 有机碳用重铬酸钾-外加热容量法; 微生物生物量氮用氯仿熏蒸-K₂SO₄ 浸取法; 有机氮组分用 Bremner 法^[9]; 矿物固定态铵采用 Silver-Bremner 法^[10]; 颗粒分布采用英国马尔文公司生产的 MS2000 型激光粒度测量仪测定。

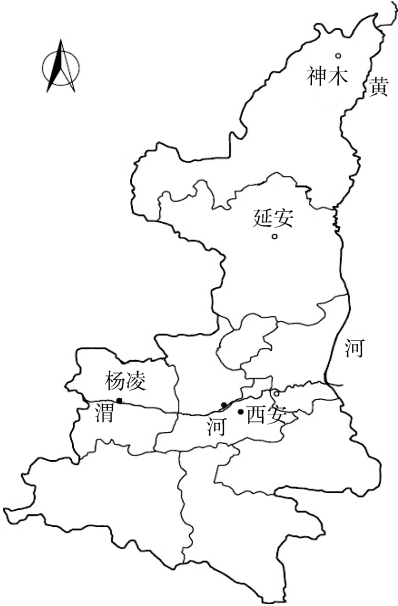


图 1 采样点地理位置示意图

Fig. 1 The position of sampling sites

表 1 土壤采样点基本情况
Table 1 Basic information of sampling sites

地点	土壤类型	气候类型	GPS 定位及海拔高度	土地利用
神木 (六道沟)	干湿砂质	中温带半干旱草原季	110°22.137'E, 38°47.650'N; 1 221 m	农田 1(马铃薯, ≥10 年)
	新成土	风气候, 年平均气温 8.4℃, 年均降水量 400 mm	110°22.026'E, 38°47.595'N; 1 188 m	农田 2(黄豆, ≥12 年)
			110°22.195'E, 38°47.571'N; 1 240 m	草地 1(野苜蓿、白羊草和铁杆蒿等, ≥10 年)
			110°22.168'E, 38°47.620'N; 1 236 m	草地 2(茭蒿、铁杆蒿等, ≥10 年)
延安 (五枣园)	黄土正常	暖温带半干旱气候, 年	109°20.126'E, 36°20.505'N; 1 105 m	农田 1(马铃薯, ≥15 年)
	新成土	平均气温 8.8℃, 年均降水量 550 mm	109°20.166'E, 36°20.195'N; 1 110 m	农田 2(谷子, ≥12 年)
			109°20.076'E, 36°20.513'N; 1 104 m	草地 1(白羊草和铁杆蒿等, ≥10 年)
			109°20.026'E, 36°20.265'N; 1 115 m	草地 2(达乌里胡枝子、白羊草等, ≥15 年)
杨凌 (西北农林科技大学试验田)	土垫旱耕	暖温带半湿润气候, 年	108°070'E, 34°310'N; 511 m	草地 1(狗尾草, 铁杆蒿等, ≥15 年)
	人为土	平均气温 13℃, 年均降水量 578.9 mm	108°076'E, 34°317'N; 511 m	草地 2(狗尾草、艾蒿等, ≥10 年)
			108°067'E, 34°294'N; 511 m	农田 1(玉米, ≥15 年)
			108°068'E, 34°293'N; 511 m	农田 2(苜蓿, ≥10 年)

1.4 数据分析

采用 SPSS13.0 软件包中的相应程序和 Excel 软件对测定结果进行统计分析, 文中统计值均为同一地理位置相同土地利用方式下同土层两个样品(各有 3 个重复)的总平均值, 多重比较采用 LSD 法, 采用 Excel 软件进行作图。

2 结果与分析

2.1 土壤全氮和酸解有机氮含量的分布规律

分析表 2 数据可知, 黄土高原从南到北, 同层次土壤全氮含量显著降低, 且差异显著($P<0.05$)。比较农田和草地表层(0~10 cm)土壤平均全氮含量发现, 土垫旱耕人为土(0.80 g/kg)>黄土正常新成土

(0.65 g/kg)>干润砂质新成土(0.37 g/kg), 表层以下变化趋势基本类似。前期研究表明^[11], 相同土壤类型和土地利用方式下, 随土层深度增加, 全氮含量在 0~40 cm 土层显著减小, 40~80 cm 土层较上层有一定下降, 80 cm 土层以下含量低而稳定。说明在不同土壤剖面上部均存在一定厚度的全氮富集层(特别是 0~10 cm)。

黄土高原从南到北土壤酸解有机氮含量随土层深度的变化见表 3。总体来看, 土壤酸解有机氮含量随土层深度变化与土壤全氮含量类似, 均表现为在 0~40 cm 土层随深度增加显著下降, 40~80 cm 土层有一定下降, 80 cm 土层以下趋于稳定。进一步分析表明, 土垫旱耕人为土在 0~40 cm、40~80 cm

表 2 0~60 cm 土层供试土壤基本理化性状

Table 2 Physical and chemical properties of soils from 0–60 cm layers

土壤类型	土地利用	土层深度(cm)	物理性黏粒(<0.01 mm)(%)	全氮(g/kg)	有机碳(g/kg)
干湿砂质新成土	农田	0~10	26.92	0.37	3.91
		10~20	29.34	0.30	2.63
		20~40	27.32	0.18	0.91
		40~60	28.32	0.14	0.79
	草地	0~10	27.99	0.37	3.41
		10~20	27.17	0.25	1.75
		20~40	28.12	0.15	0.61
		40~60	28.30	0.13	0.52
黄土正常新成土	农田	0~10	39.26	0.47	3.82
		10~20	33.51	0.42	3.18
		20~40	34.20	0.32	2.25
		40~60	33.00	0.27	1.91
	草地	0~10	20.84	0.83	7.32
		10~20	32.27	0.65	4.79
		20~40	33.20	0.40	2.81
		40~60	32.00	0.24	1.33
土垫旱耕人为土	农田	0~10	46.75	0.63	7.93
		10~20	48.06	0.52	6.11
		20~40	47.70	0.37	3.86
		40~60	50.31	0.33	2.37
	草地	0~10	44.25	0.97	8.19
		10~20	56.26	0.80	6.39
		20~40	55.10	0.56	5.29
		40~60	54.30	0.50	4.25

表 3 酸解有机氮含量随土层深度的变化(mg/kg)

Table 3 Soil total hydrolysable nitrogen concentrations in different soil layers

土层 (cm)	干润砂质新成土		黄土正常新成土		土垫旱耕人为土	
	农田	草地	农田	草地	农田	草地
0~10	173.7±10.3 fA	317.2±20.1 eA	366.4±43.2 dA	543.3±32.2 bA	410.3±37.3 cA	706.2±34.6 aA
10~20	160.1±19.8 fA	273.7±25.1 eB	329.2±23.5 dB	453.7±25.4 bB	381.5±31.2 cB	601.4±34.2 aB
20~40	137.7±17.8 dB	256.9±15.2 cB	263.4±35.2 cC	311.5±20.2 bC	302.5±25.4 bC	446.7±27.3 aC
40~60	126.2±17.8 eB	217.5±24.3 cC	191.8±25.1 dD	273.8±19.2 bD	290.7±21.5 bC	367.0±25.6 aD
60~80	119.9±16.7 dC	190.8±9.8 cC	263.5±20.6 bE	261.7±23.7 bD	271.4±24.6 bD	356.8±27.3 aD
80~100	119.7±9.6 aC	139.5±25.4 dD	269.0±19.6 bE	210.1±30.1 cE	261.5±25.8 bD	412.1±24.6 aC
100~120	116.7±12.2 eC	155.3±30.1 dD	206.3±18.4 cF	212.0±25.2 cE	282.1±28.9 bD	375.3±30.2 aD
120~140	117.1±22.2 cC	115.4±15.5 cE	221.6±26.4 bF	200.4±30.2 bE	291.0±19.6 aD	324.3±23.5 aE
140~160	115.2±16.1 cC	113.3±16.8 cE	178.7±19.3 bF	169.2±20.6 bF	269.5±20.4 aE	310.3±31.4 aE
160~180	114.3±12.4 dC	114.6±17.3 dE	180.3±24.1 cF	163.2±27.5 cF	260.3±25.6 bE	324.4±19.6 aE
180~200	112.5±13.5 cC	112.5±16.2 cE	169.4±14.3 bF	171.2±19.4 bF	264.3±16.9 aE	320.3±18.9 aE

注：表中同行不同小写字母和同列不同大写字母表示差异达到显著水平($P<0.05$)。

和 80~200 cm 土层酸解有机氮含量占全氮含量平均比例分别为 73.99%、72.66% 和 79.70%；黄土正常新成土为 73.38%、87.39% 和 88.80%；干润砂质新成土为 81.43%、86.95% 和 88.13%。

2.2 土壤氮组分之间的相关关系

由于有机氮组成复杂，自 1965 年 Bremner 提出

将有机氮分为酸解氨态氮、酸解氨基糖态氮、酸解氨基酸态氮、酸解性未知氮和非酸解未知态氮等形态后^[9]，有机氮各组分之间的相关关系才逐渐得到人们的关注。为了进一步了解黄土高原南北典型土壤剖面氮库特征，本研究对黄土高原南北主要类型土壤全氮、微生物生物量氮、矿物固定态铵及有机氮各组分

含量之间进行了相关性分析, 结果见表 4。

从表 4 可以看出, 土壤全氮与微生物生物量氮、矿物固定态铵及有机氮各组分含量之间的相关性均达到极显著水平($P<0.01$) ;有机氮组分间除了酸解氨基糖态氮与未知态氮没有显著相关性外, 其余组分之间均达到显著($P<0.05$)或极显著相关性($P<0.01$)。微

生物生物量氮作为土壤活性氮的重要部分, 除了与固定态铵及酸解氨基糖态氮没有显著相关性外, 与其余氮组分均达到极显著线性相关水平($P<0.01$) ;另外, 矿物固定态铵与未知态氮之间也没有显著相关关系。从以上不同氮素组分之间的相关性来看, 矿物固定态铵与其他形态氮素之间可能存在着动态平衡关系。

表 4 土壤氮组分间的相关系数(r)
Table 4 Correlation coefficients (r) among different soil nitrogen forms

	全氮	微生物生物量氮	矿物固定态铵	酸解全氮	酸解氨态氮	酸解氨基酸态氮	酸解氨基糖态氮
微生物生物量氮	0.709 8**						
固定态铵	0.573 3**	0.221 8					
酸解有机氮	0.962 3**	0.683 2**	0.656 8**				
酸解氨态氮	0.852 9**	0.403 0**	0.729 2**	0.888 5**			
酸解氨基酸态氮	0.851 4**	0.708 5**	0.440 6**	0.817 3**	0.603 7**		
酸解氨基糖态氮	0.421 5**	0.125 3	0.515 0**	0.437 1**	0.352 3*	0.456 8**	
未知态氮	0.590 2**	0.706 1**	0.251 0	0.675 0**	0.338 2*	0.476 8**	0.181 9

注：相关系数显著水平临界值 $r_{0.05}(125)=0.174$, $r_{0.01}(125)=0.228$; * 表示达到显著相关水平($P<0.05$), ** 表示达到极显著相关水平($P<0.01$) ;下同。

表 4 进一步表明, 在有机氮各组分中, 土壤酸解氨基糖态氮与微生物生物量氮关系不密切, 可能与酸解氨基糖态氮含量低或者微生物对其难以利用有关。用相关系数评价, 酸解未知态氮、酸解氨基酸态氮、酸解氨态氮、酸解氨基糖态氮与微生物生物量氮的相关性依次增加。从决定系数看, 微生物生物量氮与酸解氨基酸态氮、酸解未知态氮、酸解氨态氮、酸解氨基糖态氮的决定系数分别为 0.502、0.499、0.162 和 0.016, 说明这些有机氮组分对微生物量氮的贡献率分别是 50.2%、49.9%、16.2% 和 1.6%。

2.3 土壤有机碳、全氮与土壤微生物生物量碳、氮的相关关系

土壤全氮和有机质是土壤肥力的重要指标。土壤有机质含有植物所需要的多种养分, 也是氮素存在的主要场地^[12], 土壤氮素循环在一定程度上决定着有

机碳库的累积与分解, 而且土壤对碳的固定效果常常受土壤氮水平制约^[13]。土壤微生物是生态系统的重要组成部分, 土壤微生物量的多少及其变化是土壤肥力高低及其变化的重要依据之一^[14]。本研究中土壤有机碳与全氮含量、土壤微生物生物量碳与氮之间均存在极显著线性相关关系 ($P<0.01$)(图 2)。土壤微生物生物量碳、氮主要依靠有效性碳、氮为其能源和营养物质, 微生物生物量碳氮比受土壤性状(水分、结构、pH、基质、微生物的活性等)的影响^[15-16], 其比值常被用来描述微生物群落结构和状态, 微生物生物量碳氮比较大说明真菌比例高, 相反则细菌占优势^[15], 真菌占优势的群落微生物生物量碳氮比为 7~12, 而细菌占优势时为 3~6^[16]。从黄土高原南北主要类型土壤微生物生物量碳与氮之比的平均值(9.712)可以看出, 真菌在研究区域土壤中占有一定优势。

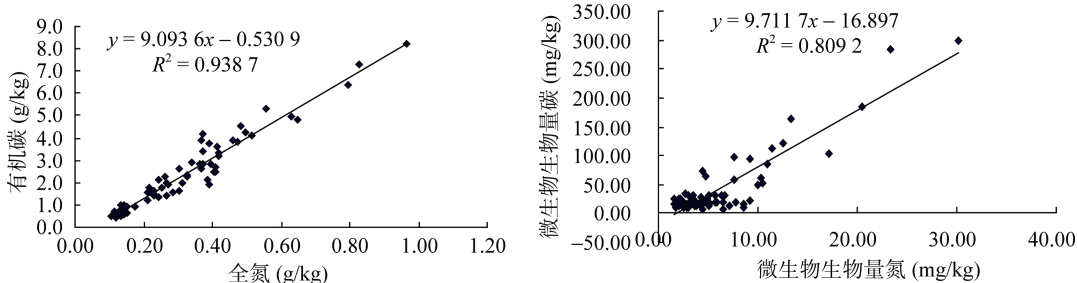


图 2 土壤有机碳与全氮、土壤微生物生物量碳与氮的相关关系

Fig. 2 Correlations between soil microbial biomass carbon and nitrogen, and soil total organic carbon and total nitrogen

3 讨论

土壤酸解有机氮作为土壤氮素存在的主要形式,其含量随地理位置、土地利用方式及剖面的分布规律(表 3)可能与采样点的地理位置及气候条件有关。陕西杨凌属于暖温带半湿润气候,较强的生物循环过程和气候条件更有利于有机质积累和微生物繁殖生长,延安的暖温带半干旱气候,尤其神木的温带半干旱草原季风气候则相对干燥,不利于土壤有机质的累积,而土壤全氮及酸解有机氮主要来源于土壤植物残体分解与合成所形成的有机质,因此,土壤全氮及酸解有机氮最终形成从南向北逐渐降低的分布趋势。另外,植物(或农作物)残留物主要集中在 0~40 cm 土层内,随深度增加而减少。因此,0~40 cm 土层,尤其是表层土壤中植物残留物分解合成形成的有机质相对集中,丰富的土壤有机质更有利于微生物群落发展和有机质分解,相应的全氮和酸解全氮含量也就明显高于下层。

从表 4 分析得知,研究区域土样所含矿物固定态铵与微生物生物量氮没有显著相关关系,可能是因为矿物固定态铵是土壤中被固定于黏土矿物晶格之间的铵离子,较难矿化,因而较难被微生物利用。固定态铵与除酸解未知态氮以外的其他酸解氮组分均存在显著相关性,但这种相关关系不是因为存在直接关系而产生,可能是种间接关系:在黄土高原地区,从北向南,土壤颗粒变细(表 2),有机质及有机氮(包括各组分)含量增加,且研究表明分析土样中矿物固定态铵与<0.01 mm 物理性黏粒含量呈极显著正相关关系($P<0.01$)^[17],因而最终出现矿物固定态铵与各有机氮组分间出现了密切相关。

表 4 表明,在有机氮各组分中,酸解氨基糖态氮与微生物生物量氮关系不密切。王淑平等^[18]报道,在玉米生长过程中,土壤微生物生物量氮与土壤酸解氨态氮、酸解氨基酸态氮、酸解未知态氮呈正效应,而与酸解氨基糖态氮呈负效应;李世清等^[19]研究表明,施肥后土壤微生物生物量氮与酸解有机氮达极显著正相关,在有机氮组分中,土壤微生物生物量氮与氨基酸态氮的相关性最大,与酸解氨态氮次之,而与酸解氨基糖态氮无显著相关性;王岩等^[20]研究发现,土壤微生物生物量氮与酸解有机氮之间关系不显著,而与酸解氨基酸态氮及酸解未知态氮呈显著相关水平。以上分析表明,土壤微生物生物量氮与有机氮各组分之间的相关性研究结论不一,但均反映出土壤微生物生物量氮与酸解氨基酸态氮达极显著正相关性,

而且有研究发现土壤中氨基酸的成分不同于加入有机物本身的成分,而与微生物细胞壁和结构蛋白中所含的成分相似^[21-22]。因此,土壤酸解氨基酸态氮的变化是与土壤微生物区系的变化紧密联系在一起的。本研究也反映出酸解氨基酸态氮是微生物生物量氮的主要贡献者。

4 结论

黄土高原从南到北,土壤酸解有机氮含量逐渐下降,同一地理位置随土层深度增加,土壤酸解有机氮含量均表现为在 0~40 cm 土层显著减小,40~80 cm 土层较上层有一定下降,80 cm 土层以下含量低而稳定。土壤全氮与微生物生物量氮、固定态铵及有机氮各组分含量之间的相关性均达到极显著水平($P<0.01$);除了酸解氨基糖态氮与未知态氮没有显著相关性外,有机氮其余组分间均达到显著($P<0.05$)或极显著相关性($P<0.01$),微生物生物量氮除了与固定态铵及酸解氨基糖态氮之间没有显著相关性外,与其余氮组分均达到极显著线性相关水平($P<0.01$),酸解氨基酸态氮是微生物生物量氮的主要贡献者。

参考文献:

- [1] Schulten HR, Schnitzer M. The chemistry of soil organic nitrogen: A review[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 1997, 26(1): 1-15
- [2] 中国土壤学会. 中国土壤学会土壤氮素工作会议论文集: 我国土壤氮素研究工作的现状与展望[C]. 北京: 科学出版社, 1986: 34-45
- [3] Rodrigues G. Fixed ammonia in tropical soils[J]. *Journal of Soil Science*, 1954, 5(2): 264-274
- [4] Silva JA, Bremner JM. Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soils: 5. Fixed ammonium[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 1966, 30(5): 587-594
- [5] Nieder R, Benbi DK, Scherer HW. Fixation and defixation of ammonium in soils: a review[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 2011, 47(1): 1-14
- [6] Ramirez KS, Craine JM, Fierer N. Consistent effects of nitrogen amendments on soil microbial communities and processes across biomes[J]. *Global Change Biology*, 2012, 18(6): 1 918-1 927
- [7] Chu H, Grogan P. Soil microbial biomass, nutrient availability and nitrogen mineralization potential among vegetation-types in a low arctic tundra landscape[J]. *Plant and soil*, 2010, 329(1/2): 411-420
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 25-109
- [9] Bremner JM. Organic forms of nitrogen // Black CA. *Methods of Soil Analysis*[M]. Madison: American Society of Agronomy, 1965: 1 238-1 255

- [10] Bremner JM. Organic forms of nitrogen // Black CA. Methods of Soil Analysis[M]. Madison: American Society of Agronomy, 1965: 1 429–1 430
- [11] 党亚爱, 李世清, 王国栋, 邵明安. 黄土高原典型土壤全氮和微生物氮剖面分布特征研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(6): 1 020–1 027
- [12] 李菊梅, 王朝辉. 有机质、全氮和可矿化氮在反映土壤供氮能力方面的意义[J]. 土壤学报, 2003, 40(2): 232–238
- [13] 刘景双, 杨继松, 于君宝, 王金达. 三江平原沼泽湿地土壤有机碳的垂直分布特征研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(3): 5–8
- [14] 张成霞, 南志标. 土壤微生物生物量的研究进展[J]. 草业科学, 2010, 27(6): 50–57
- [15] Anderson JP, Domsch KH. Quantities of plant nutrients in the microbial biomass of selected soils[J]. Soil Sci, 1980, 30: 211–216
- [16] Campabell CA, Biederbeck VO, Zentner RP. Effect of crop rotations and cultural practices on soil organic matter, microbial biomass and respiration in a thin black chernozem[J]. Can. J. Soil Sci., 1991, 71: 363–376
- [17] 党亚爱, 李世清, 王国栋, 邵明安. 黄土高原中部典型区域土壤矿物固定态铵变化的南北差异[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(5): 831–837
- [18] 王淑平, 周广胜, 孙长占, 姜亦梅, 姜岩, 刘孝义. 土壤微生物量氮的动态及其生物有效性研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(1): 87
- [19] 李世清, 李生秀, 邵明安, 郭大勇. 半干旱农田生态系统长期施肥对土壤有机氮组分和微生物体氮的影响[J]. 中国农业科学, 2004, 37(6): 859–864
- [20] 王岩, 蔡大同, 史瑞和. 土壤微生物量碳和土壤有机氮及施肥的关系[J]. 南京农业大学学报, 1993, 16(3): 63–67
- [21] 黄东迈, 朱培立. 有机氮各化学组分在土壤中的转化[J]. 江苏农业学报, 1986, 2(2): 17–25
- [22] 郝晓晖, 刘守龙, 童成立, 苏一容, 吴金水, 胡桂荣. 长期施肥对两种稻田土壤微生物量氮及有机氮组分的影响[J]. 中国农业科学, 2007, 40(4): 757–764

Relationship of Components of Soil Nitrogen for Typical Soils from North to South on the Loess Plateau

DANG Ya-ai^{1,2}, WANG Li-qing³, ZHANG Min²

(1 State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on Loess Plateau, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 College of Science, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3 College of Water Resource and Architectural Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The Loess Plateau is characterized by highly erodible soils, steep slopes and low vegetation coverage due to excess exploitation of land resource and improper land use, and the characteristics of soil nitrogen and its components have been the concern in the recent years. In order to clarify the distribution characteristics of typical soil total nitrogen, soil organic nitrogen and the correlation among the components of soil organic nitrogen from north to south on the Loess Plateau, based on different soil types and land-use patterns, the layers of 0–10 cm, 10–20 cm, 20–40 cm, 40–60 cm, 60–80 cm, 80–100 cm, 100–120 cm, 120–140 cm, 140–160 cm, 160–180 cm and 180–200 cm of typical soils of Ust-Sandiic Entisols (Shenmu), Los-Orthic-Entisol (Yan'an) and Eum-Orthic Anthrosol (Yangling) were collected and the contents of soil organic nitrogen and the correlations among soil total nitrogen, soil organic nitrogen, microbial biomass nitrogen, soil fixed ammonium, amino acid nitrogen, ammonia nitrogen and amino sugar nitrogen were analyzed. The results showed that the contents of soil total nitrogen and soil organic nitrogen were different under different soil types and soil depths. In the same location, the contents of soil total nitrogen and organic nitrogen in the profiles decreased remarkably within 0–40 cm, decreased slightly within 40–80 cm and remained low and stable under 80 cm soil depth. From south to north, the contents of soil total nitrogen and organic nitrogen decreased significantly. There were highly significant correlations ($P<0.01$) among soil total nitrogen, soil organic nitrogen and its components, microbial biomass nitrogen and soil fixed ammonium. Soil microbial biomass nitrogen had significant ($P<0.05$) or extremely significant ($P<0.01$) linear correlations with the contents of soil total nitrogen, soil organic nitrogen and most of components of soil nitrogen, but no linear correlation with amino sugar nitrogen and fixed ammonium nitrogen contents. Amino acid nitrogen was the important contributor to soil microbial biomass nitrogen.

Key words: Soil organic nitrogen; Soil total nitrogen; Microorganism; The Loess Plateau