

渭北旱塬梯田土壤氮素特征及影响因素分析

包耀贤^{1,2}, 吴发启¹, 刘明虎², 宋芳云²

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国林业科学研究院沙漠林业实验中心, 内蒙古 磴口 015200)

摘 要: 测定不同利用年限梯田土样的有机质、全氮、速效氮、矿质氮($\text{NH}_4^+ - \text{N} + \text{NO}_3^- - \text{N}$)以及其它理化指标, 利用统计分析法系统分析渭北旱塬梯田土壤的氮素特征、剖面变异性及影响因素。结果表明, 土壤氮素含量缺乏(全氮除外)且分布不均, 特别是矿质氮很贫乏; 各形态氮素表层含量最高, 沿剖面下降降低, 表层与下层含量差异显著; 施肥可明显提高氮素含量; CEC、粘粒、全磷和速效磷含量对有机质、全氮和速效氮含量正向影响较大; CaCO_3 和粉粒含量对土壤氮素具有“稀释效应”; 坡位、坡向和梯田类型对土壤氮素也有一定的影响; 随利用年限的增加, 有机质、全氮和速效氮含量先增后降, 开始衰退的年限在 19 a 以上。

关键词: 渭北旱塬; 梯田; 土壤氮素; 特征; 影响因素

中图分类号: S157.3⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)05-0109-06

在渭北旱塬, 梯田(塬面梯田和沟坡梯田)是兼顾水土保持和粮食生产且占绝对数量(特别是塬面梯田)的人工基本农田。梯田形成过程中的生态变化以及长期的耕作势必导致土壤氮素特征及演化趋势的改变, 这些变化在很大程度上能够指示土壤质量的变化。因为氮素是影响作物生长的首要元素, 也是评价土壤质量和土地生产力的重要指标, 但土壤供应相对较少, 供求矛盾尖锐。在黄土区有关梯田土壤氮素的研究主要集中在旱塬梯田 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的分布和累积^[1-6]、氮肥效用^[2,3,6-11]、长期轮作或连作施肥条件下的土壤供氮能力^[7-9,12]等方面, 而对不同利用年限梯田土壤氮素水平、剖面变异性及其演化趋势的综合研究鲜见报道。本试验针对此问题进行了研究, 旨在为摸清该区梯田土壤氮素的本底, 正确评价土壤供氮能力、演化趋势及合理配施氮肥提供科学依据。

1 研究区概况

研究区位于渭北高原淳化县的泥河沟流域($\text{E}108^\circ10' \sim 108^\circ31'$, $\text{N}34^\circ43' \sim 35^\circ03'$), 流域面积 9.48 km^2 ; 海拔 $712 \sim 1\,193 \text{ m}$, 地貌为黄土残塬类型, 塬面面积占 59.2% , 沟壑密度 4.71 km/km^2 , 现年均侵蚀模数 $317 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$; 年均降水 600.6 mm , 年均温 9.8°C , 无霜期 183 d , 属暖温带半湿润气候; 土壤以黄绵土为主, 人均耕地 0.21 hm^2 , 90% 以上是塬面梯田($10 \sim 50 \text{ m}$), 沟坡梯田($4 \sim 15 \text{ m}$)不足

10% ; 种植业以油菜、小麦和苹果为主, 土地利用状况基本一致。

2 研究方法

2006 年 4 月(此时农地均未施肥), 在查阅资料 and 走访群众确定梯田准确利用年限的基础上, 对渭北高原淳化县泥河沟流域的塬面梯田和沟坡梯田按照不同年限(6 年、14 年、17 年、19 年和 46 年)、不同坡向和不同坡位采集土样。梯田内部按内侧和外侧不同部位采集并按层次均匀混合。采集荒芜 3 年的塬面梯田(采样地无荒芜沟坡梯田)作为对照样。采样深度均为 80 cm , 层次间隔 20 cm 。

土样按常规方法测定^[13]。全氮(total nitrogen - TN): 半微量凯氏法; 速效氮(available nitrogen - AN): 碱解扩散法; 铵态氮($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)和硝态氮($\text{NO}_3^- - \text{N}$): 经 1 mol/L KCl 以 $10:1$ (质量比)的比例浸提后用连续流动分析仪测定, 二者之和为矿质氮(mineral nitrogen - MN); 有机质(organic matter - OM): 重铬酸钾容量法; 阳离子交换量(CEC): $\text{NH}_4\text{Cl} - \text{NH}_4\text{Ac}$ 交换法; 全磷(total phosphorus - TP): $\text{HClO}_4 - \text{H}_2\text{SO}_4$ 氧化钼锑抗比色法; 速效磷(available phosphorus - AP): NaHCO_3 浸提钼锑抗比色法; CaCO_3 : NaOH 快速滴定法; 机械组成: 激光粒度仪测定。

使用 DPS(5.02)统计软件进行描述性统计、相关分析和多重比较分析。

收稿日期: 2008-03-13

基金项目: 中国科学院知识创新项目“黄土高原农业复合型生态经济建设模式试验示范研究”(KZCX2-XB2-05-01)

作者简介: 包耀贤(1975—), 男, 甘肃漳县人, 工程师, 博士, 主要从事土壤质量评价研究。E-mail: byx1822@126.com。

通讯作者: 吴发启(1957—), 男, 陕西黄陵人, 教授, 博士生导师, 主要从事水土保持与流域管理研究。E-mail: wufaqi@263.net。

3 结果与分析

3.1 表层土壤氮素特征

表层土壤最能反映养分的现实供应状况,对外界条件的反映也最敏感。土壤养分的变异系数是土壤性质的内在反映,能够区别不同土壤养分对外界条件的敏感性。由表 1 可见,有机质、全氮和速效氮

的变异系数都在 10%~40% 之间,属低度敏感,而 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 及二者之和(矿质氮)的变异系数都在 40%~100% 之间,属中度敏感^[14]。表明施肥、耕作等人为因子和坡向、坡位等环境因子对梯田土壤氮素均有影响,对植物可直接吸收利用的矿质氮($\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$)影响更为明显,也体现出土壤氮素分布的不均衡性。

表 1 梯田土壤氮素描述性统计及垂直分布
Table 1 The descriptive statistic and vertical distribution of soil nitrogen in terrace

类别 Type	层次 Layer(cm)	混合样数 Sample No.	最小值 Min.	最大值 Max.	均值 Mean	标准差 S.D.	变异系数 C.V.(%)	对照 CK
有机质 (g/kg) Organic matter(OM)	0~20	20	7.84	18.27	12.58 a	2.78	22.12	8.51
	20~40	20	6.63	13.51	9.71 b	1.91	19.69	7.58
	40~60	20	5.84	13.27	8.28 c	1.72	20.82	7.00
	60~80	17	5.49	13.30	7.87 c	2.15	27.28	6.51
	均值 Mean		6.45	14.59	9.61	2.14	22.48	7.40
全氮 (g/kg) Total nitrogen(TN)	0~20	20	0.47	1.06	0.77 a	0.15	19.43	0.56
	20~40	20	0.34	0.85	0.58 b	0.14	24.90	0.44
	40~60	20	0.37	0.89	0.52 b	0.13	25.61	0.38
	60~80	17	0.28	0.82	0.50 b	0.14	28.35	0.40
	均值 Mean		0.37	0.91	0.59	0.14	24.57	0.44
速效氮 (mg/kg) Available nitrogen(AN)	0~20	20	24.41	44.82	34.35 a	6.05	17.61	31.40
	20~40	20	15.69	31.45	23.72 b	4.65	19.61	18.58
	40~60	20	10.72	32.17	21.37 b	6.87	32.16	15.74
	60~80	17	8.58	32.98	17.14 c	5.90	34.41	16.44
	均值 Mean		14.85	35.36	24.15	5.87	25.95	20.54
$\text{NO}_3^- - \text{N}$ (mg/kg)	0~20	20	1.10	21.05	7.35 a	5.60	76.23	15.46
	20~40	20	0.52	11.00	4.51 b	3.08	68.28	8.74
	40~60	20	0.54	10.38	3.76 b	2.84	75.57	10.38
	均值 Mean		0.72	14.14	5.21	3.84	73.36	11.53
$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ (mg/kg)	0~20	20	2.31	19.41	8.42 a	6.51	77.36	4.31
	20~40	20	1.52	16.84	4.50 b	4.35	96.54	2.12
	40~60	20	1.52	14.92	4.02 b	3.73	92.69	1.88
	均值 Mean		1.78	17.06	5.65	4.86	88.86	2.77
矿质氮 (mg/kg) Mineral nitrogen(MN)	0~20	20	5.24	29.73	15.77 a	7.97	50.59	19.77
	20~40	20	2.40	21.09	9.02 b	5.34	59.17	10.86
	40~60	20	2.26	21.89	7.78 b	4.93	63.38	12.25
	均值 Mean		3.30	24.24	10.86	6.08	57.71	14.30

注:不同字母表示最小显著差异(LSD)达 5% 显著水平,字母相同表示无显著差异。
Note: Different letters mean significant difference (LSD) at 5% level, and the same letters mean insignificant difference.

有机氮是土壤全氮和有机质的主体,是土壤可矿化氮的源泉,土壤有机质的分解和转化与土壤有机氮的矿化相伴发生^[15]。因此,土壤有机质含量及矿化速率与土壤供氮能力密切相关,甚至常用土壤有机质和全氮含量估计土壤氮素的供应情况^[13,15]。由表 1 可知,表层有机质含量在 7.84~18.27 g/kg

之间,平均 12.58 g/kg,属“中等”水平(10~15 g/kg)^[16];全氮含量在 0.47~1.06 g/kg 之间,平均 0.77 g/kg,也属“中等”水平(0.5~1 g/kg)^[16]。说明该区梯田表层土壤氮素的基础肥力(有机质和全氮)含量适中,但长期人为耕作活动促进有机质分解,减少有机质积累^[13,17],应补给。速效氮表层含

量在 24.41~44.82 mg/kg 之间,平均 34.35 mg/kg (表 1),属“低等”水平(30~40 mg/kg)^[16],经计算,其平均值占全氮的 4.52% (3.32%~5.89%),说明速效氮缺乏,也说明土壤氮素中绝大多数(95%左右)是需经漫长矿化作用进行转化的有机态氮。可见,全氮含量不缺乏并不意味着速效氮素供应充足,一方面是黄土母质固有速效氮素缺乏,一方面是碱性环境(pH 值平均 8.17)抑制硝化作用^[18],更重要的是氮素培肥力度不够。速效氮包括大部分无机矿质氮($\text{NO}_3^- - \text{N} + \text{NH}_4^+ - \text{N}$)和部分有机质中易分解的有机态氮。经表 1 统计,表层矿质氮平均含量占速效氮的 45.73% (15.71%~94.17%),其中,植物可直接吸收利用的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量更低,分别占 21.53% (3.96%~67.63%) 和 24.20% (9.47%~69.53%),说明矿质氮并非速效氮的绝对主体。据此认为,在有关土壤氮素的研究中,用 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 与 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 之和代表速效氮时要斟酌,并非都合理。

3.2 土壤氮素的剖面变异性

土壤养分的空间变异性分析是土壤养分管理和合理施肥的基础。由表 1 可见,有机质及各形态氮素含量均表现为表层(0~20 cm)显著高于下层($P < 0.05$),且沿剖面向下含量降低,这是苹果、小麦、油菜等梯田植物消耗所致,只是在表层以下降低趋势明显减缓;表层以下层间有机质和速效氮含量差异较明显,而其它各形态氮素在下层之间均无显著差异;表层以下有机质含量属“低”水平,速效氮含量属“很低”水平,全氮含量属于“中”水平^[16],即有机质含量缺乏,速效氮贫乏,全氮含量适中。说明氮素剖面分布的差异及肥效主要体现于耕层(0~20 cm)土壤,特别是有机质和速效氮含量受施肥影响较明显。同时,说明全氮含量主要决定于较为均一的黄土母质且母质矿物中全氮含量适中。有机质、全氮和速效氮各自的层次含量都高于对照样(表 1),经计算,剖面均值比对照样分别高出 29.73%、34.09% 和 17.58%,说明施肥对提高氮素作用明显。

表 1 显示, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 及二者之和(矿质氮)的变异系数均明显大于其它氮素,说明它们对施肥等外界条件的敏感性较强,也说明它们分布极不平衡; $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和矿质氮层次含量都低于对照样,经计算,剖面均值分别低于对照样 54.81% 和 24.06%,这是梯田植物消耗所致,因为施入土壤的碳铵和尿素在土壤酶作用下的最终产物和黄土区

有机氮的最终矿化产物都是 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ^[19,20],即植物吸收的氮素以 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 为主,另一方面也揭示出耕种梯田无机态氮素处于耗竭状态,应及时补给,以防寅吃卯粮;相反,值得注意的是耕种梯田 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 层次含量都高于对照样,由表 1 计算得知其剖面均值含量是对照样的 2.04 倍,这是因为对照样在荒芜 3 年的情况下,土壤中原有肥料或有机氮逐渐转化为铵,在干旱状态下铵逐渐被氧化为 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ^[19],而耕种梯田肥料的补给不但增加了有机质含量而有利于吸附易被吸附的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ^[21],而且可能减缓 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 转化为 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的速率。但耕种梯田 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量也处于耗竭状态。

3.3 土壤氮素的相关性及其影响因素分析

表 2 显示, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 与有机质和全氮之间虽然呈正相关,但都未达到显著水平,而其它氮素间都达到了显著或极显著正相关,这说明各形态氮素间存在着一定的联系,一定条件下可向着氮素有效性方向转换。施肥作用带来的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 比有机质和全氮中有机氮的矿化更为快速而直接,所以它们之间的相关性并不明显。进一步通过回归分析得到渭北旱塬梯田(塬面梯田和沟坡梯田混合)各形态氮素转换函数:

$$Y_{\text{有机质}} = 13.319X_{\text{全氮}} + 1.877 \quad R = 0.839;$$

$$Y_{\text{速效氮}} = 34.601X_{\text{全氮}} + 4.888 \quad R = 0.751;$$

$$Y_{\text{速效氮}} = 2.108X_{\text{有机质}} + 4.998 \quad R = 0.727;$$

$$Y_{\text{矿质氮}} = 0.485X_{\text{速效氮}} - 2.001 \quad R = 0.559;$$

$$Y_{\text{矿质氮}} = 1.100X_{\text{硝态氮}} + 5.123 \quad R = 0.664;$$

$$Y_{\text{矿质氮}} = 1.065X_{\text{铵态氮}} + 4.842 \quad R = 0.799$$

有机质与粘粒是 CEC 的基本载体。因此,氮素含量必与 CEC 和粘粒有关,表 2 中 CEC、粘粒(<0.005 mm)与有机质、全氮和速效氮含量间的显著或极显著正相关都体现出这一点,但 CEC 和粘粒并非 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的直接影响因素(相关性都较低)。

CaCO_3 和粉粒(0.005~0.05 mm)与各形态氮素间都呈负相关(表 2),说明二者对各形态氮素都有一定的“稀释效应”。 CaCO_3 虽然与各形态氮素未达到显著相关,但其大量的聚集(统计均值 137.41 g/kg)无疑影响土壤发育程度、pH 值、CEC 及吸附阳离子的种类、微生物区系等而弱化各形态氮素的含量,特别是有机质、全氮和速效氮。粉粒对有机质、全氮和速效氮的负效作用极显著,甚至超过粘粒对它们的正效作用。

表 2 土壤氮素及其理化性质的相关系数

Table 2 Correlations of soil nitrogen and physical-chemical properties

项目 Item	有机质 OM	全氮 TN	速效氮 AN	NO ₃ ⁻ - N	NH ₄ ⁺ - N	矿质氮 MN
全氮 TN	0.839	—	—	—	—	—
速效氮 AN	0.727	0.751	—	—	—	—
NO ₃ ⁻ - N	0.170	0.237	0.343	—	—	—
NH ₄ ⁺ - N	0.117	0.171	0.470	0.081	—	—
矿质氮 MN	0.190	0.272	0.559	0.664	0.799	—
CEC	0.366	0.307	0.331	-0.130	0.174	0.052
CaCO ₃	-0.170	-0.214	-0.242	-0.122	-0.107	-0.082
全磷 TP	0.471	0.429	0.360	0.102	0.076	0.119
速效磷 AP	0.513	0.521	0.458	0.161	0.065	0.146
粘粒 Clay	0.327	0.290	0.263	-0.208	0.035	-0.103
粉粒 Silt	-0.621	-0.578	-0.537	-0.073	-0.296	-0.264

$n = 60, r_{0.05} = 0.254, r_{0.01} = 0.330。$

磷肥可促进植物对氮素的吸收利用^[4]。表 2 显示,全磷和速效磷都明显影响有机质、全氮和速效氮含量(呈极显著正相关),而与 NO₃⁻ - N 和 NH₄⁺ - N 相关性较低。

坡位和坡向是影响梯田氮素分布的定性环境因子。总体来看,有机质、全氮和速效氮含量呈上坡>中坡>下坡分布,而 NH₄⁺ - N 含量恰好相反,NO₃⁻ - N 几乎不受坡位影响。通常情况下,下坡土壤养分含量高于上坡,但此研究中有有机质、全氮和速效氮却呈反向分布,一方面,塬面坡度走势较缓,水平梯田一旦形成,承接上坡来的养分其实很少;另一方面,可能与人为施肥和管理有关,因为研究区村落基本都位于塬顶,即上坡位,距村落近者施肥和管理明显较好。坡向对各形态氮素的影响总体来看表现为 NO₃⁻ - N 阳坡>半阴半阳坡,而其它氮素均为半阴半阳坡>阳坡。阳坡光照好于半阴半阳坡,有利于微生物矿解有机质和肥效的释放(铵转化为硝态氮)。

氮素在时间动态上的变化可反映人为长期经营对土壤氮素的影响。由图 1a 和图 1b 可知,随着利用年限的增加,有机质、全氮和速效氮含量一直递增到 19 龄时开始下降,由于研究区无 19~46 龄间的梯田,无法判断氮素含量开始下降的准确年限,但至少知道临界年限在 19 年以上。梯田形成后随着经营年限的延长,土壤不断熟化,氮素含量递增,但随着植物的逐年消耗含量也随之减少。梯田在经营 46 年后,虽然氮素含量开始减少,但有机质、全氮和速效氮含量仍高于 6 龄梯田(图 1a 和图 1b),说明梯田土壤在多年不断熟化的过程中,氮素供应的持久性和稳定性得到了提高。矿质氮和 NH₄⁺ - N 都

表现为两头(6 龄和 46 龄)含量高而中间年龄段相对稳定的分布态势;NO₃⁻ - N 无明显规律,但与 NH₄⁺ - N 基本呈相反态势,这可能与 NH₄⁺ - N 转换为 NO₃⁻ - N 有一定的关系。

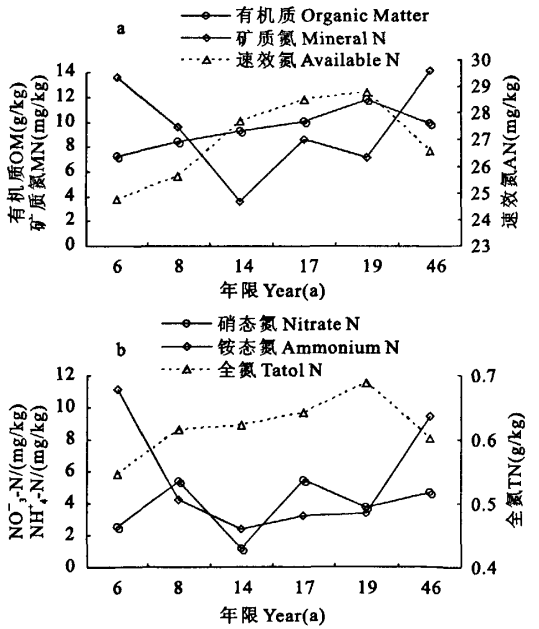


图 1 梯田土壤氮素演化动态

Fig.1 Dynamic curve of soil nitrogen in terrace

梯田类型对氮素的分布也有一定的影响。经计算,沟坡梯田有机质、全氮、速效氮和 NO₃⁻ - N 分别高出塬面梯田 15.62%、7.77%、3.37% 和 6.19%,沟坡梯田位于塬面梯田的边缘位置以下,且坡度走势较陡,容易汇集其位以上径流养分;NH₄⁺ - N 和矿质氮沟坡梯田低于塬面梯田 47.91% 和

27.90%。

4 结论与讨论

1) 梯田土壤氮素分布不均衡,尤其是矿质氮对外界条件的敏感性明显高于有机质、全氮和速效氮;表层基础氮素(有机质和全氮)含量适中,而速效氮素(速效氮和矿质氮)含量缺乏;全氮剖面层次和均值含量适中,而有机质缺乏,速效氮贫乏,矿质氮处于耗竭状态。

2) 各形态氮素均是表层含量显著高于下层($P < 0.05$),且沿剖面向下含量降低;全氮含量主要决定于较为均一的黄土母质而差异较小;施肥对提高有机质、全氮和速效氮含量作用明显;梯田植物的消耗以 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 为主,且 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 转化补给。

3) 土壤各形态氮素间除 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 与有机质和全氮外,都达到显著或极显著正相关且可用直线函数相互转换。CEC、粘粒、全磷和速效磷含量均直接影响有机质、全氮和速效氮含量,对 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 影响不明显; CaCO_3 和粉粒对各形态氮素均有一定的“稀释效应”。有机质、全氮和速效氮含量上坡 > 中坡 > 下坡,而 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量呈相反分布, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量受坡位影响较小; $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量阳坡 > 半阴半阳坡,而其它氮素呈相反分布。

4) 随着利用年限的增加,有机质、全氮和速效氮含量先增后降,而矿质氮呈无规律变化,临界年限至少在 19 年以上;大龄梯田氮素供应的持久性和稳定性较高;沟坡梯田有机质、全氮、速效氮和 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量高于塬面梯田,而 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和矿质氮含量却呈反向分布。

通过本研究认识到,重用轻养导致研究区梯田氮素逐年衰退,加之梯田开种后,随径流携入的动植物残体等外源氮素补给很少,必须人为补给,否则只能是竭泽而渔,地力逐年下降。就耕种土壤而言,提高有机质含量是土壤培肥的一个重要方面,有机质既是氮素的自然供应库,又是其它养分的重要来源。建议多施有机肥,最好是有机肥和氮肥、氮肥和磷肥配合施用。

参考文献:

[1] 杨玉惠,张仁陟.黄土高原半干旱地区施氮对土壤硝态氮分布

与累积的影响[J].甘肃农业大学学报,2006,41(6):102—107.

- [2] 樊军,郝明德,邵明安.黄土高原沟壑区草地土壤深层干燥化与氮素消耗[J].自然资源学报,2004,19(2):201—206.
- [3] 郭胜利,党廷辉,郝明德.黄土高原沟壑区不同施肥条件下土壤剖面中矿质氮的分布特征[J].干旱地区农业研究,2000,18(1):23—29.
- [4] 樊军,邵明安,郝明德,等.黄土旱塬塬面生态系统土壤硝酸盐累积分布特征[J].植物营养与肥料学报,2005,11(1):8—12.
- [5] 樊军,邵明安,郝明德,等.渭北旱塬苹果园土壤深层干燥化与硝酸盐累积[J].应用生态学报,2004,15(7):1213—1216.
- [6] 党廷辉,郭胜利,郝明德.黄土旱塬长期施肥下硝态氮深层累积的定量研究[J].水土保持研究,2003,10(1):58—61.
- [7] 党廷辉,郝明德.黄土塬区不同水分条件下冬小麦氮肥效应与土壤氮素调节[J].中国农业科学,2000,33(4):62—67.
- [8] 彭令发,郝明德,来璐.黄土旱塬长期连作条件下土壤氮素变化及管理[J].水土保持研究,2003,10(1):43—45.
- [9] 刘晓宏,郝明德,樊军.黄土高原旱区长期不同轮作施肥对土壤供氮能力的影响[J].干旱地区农业研究,2000,18(3):1—7.
- [10] 郝明德,王旭刚,党廷辉,等.黄土高原旱地小麦多年定位施用化肥的产量效应分析[J].作物学报,2004,30(11):1108—1112.
- [11] 郝明德,来璐,王改玲,等.黄土高原塬区旱地长期施肥对小麦产量的影响[J].应用生态学报,2003,14(11):1893—1896.
- [12] 王改兰,段建南,李旭霖,等.黄土丘陵区土壤——作物系统氮素特征与管理[J].植物营养与肥料学报,2005,11(5):578—583.
- [13] 鲍士旦.土壤农化分析(第三版)[M].北京:中国农业出版社,1999.39—57,74—83.
- [14] 许明祥,刘国彬,赵允格.黄土丘陵区土壤质量评价指标研究[J].应用生态学报,2005,16(10):1843—1848.
- [15] 杜建军,王新爱,王夏晖,等.旱地土壤氮素、有机质状况及与作物吸氮量的关系[J].华南农业大学学报,2005,26(1):11—15.
- [16] 王恒俊,张淑光.黄土高原地区土壤资源及其合理利用[M].北京:中国科学技术出版社,1991.160—173.
- [17] 胡金明,刘兴土.三江平原土壤质量变化评价与分析[J].地理科学,1999,19(5):417—421.
- [18] 北京林业大学.土壤学(上册)[M].北京:中国林业出版社,1982.208.
- [19] 邢维芹,王林权,李立平,等.半干旱区玉米水肥空间耦合效应Ⅱ.土壤水分和速效氮的动态分布[J].土壤,2003,35(3):242—247.
- [20] 赵琳,李世清,李生秀,等.半干旱区生态过程变化中土壤硝态氮累积及其在植物氮素营养中的作用[J].干旱地区农业研究,2004,22(4):14—20.
- [21] 张亚丽,张兴昌,邵明安,等.秸秆覆盖对黄土坡面矿质氮素径流损失的影响[J].水土保持学报,2004,18(1):85—88.

Analysis on characteristics and influencing factors of soil nitrogen for terrace in the Weibei dryland

BAO Yao-xian^{1,2}, WU Fa-qi¹, LIU Ming-hu², SONG Fang-yun²

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

2. Experimental Center of Desert Forestry, Chinese Academy of Forestry, Dengkou, Inner Mongolia 015200, China)

Abstract: Testing the content of organic matter(OM), total nitrogen(TN), available nitrogen(AN), mineral nitrogen($\text{NH}_4^+ - \text{N} + \text{NO}_3^- - \text{N}$) and other physical-chemical properties under different use years of terrace. Using statistical analytical method, the characteristic, variability in profile of soil nitrogen and its influencing factors for terrace were studied systematically in the Weibei dryland. The results showed that distributions of various soil nitrogen were uneven and their contents were poor except for TN, especially, the content of mineral nitrogen(MN) was very poor. The contents of various soil nitrogen in topsoil were highest and their contents decreased from upper to lower in vertical profile and their significant differences were found between topsoil and lower layers. Fertilization increased obviously the content of various soil nitrogen. OM, TN and AN were influenced obviously and positively by the contents of CEC, clay particle, total phosphorus(TP) and available phosphorus(AP). The contents of CaCO_3 and silt particle made "dilution effect" of soil nitrogen. All soil nitrogen was effected to some extent by aspect and position of the slope and type of terrace. The content of OM, TN and AN increased incipiently and decreased subsequently with the increasing of terrace use years, the degraded critical year of them was 19 years at least in study area.

Keywords: Weibei dryland; terrace; soil nitrogen; characteristic; influencing factor

(上接第 108 页)

Establishment of soil information system of Shaanxi Province

LIU Jing¹, CHANG Qing-rui¹, YUE Qing-ling¹, CHEN Yong^{1,2}, WANG De-cai¹, TAO Wen-fang¹

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

2. College of Information Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

3. College of Resources and Environment, He'nan Institute of Sciences and Technology, Xinxiang, He'nan 453003, China)

Abstract: Soil resources, as the core of agricultural resources in Shaanxi Province, have tremendous development potential. Integrating GIS with E-R model, soil database system of Shaanxi Province was designed with formidable function, strong usability, and simple operation in this study. Some suggestions that needed further exploration were brought out. The system can provide reference for the soil resources development in Shaanxi Province.

Keywords: soil data bank; GIS; E-R model; Shaanxi Province