

陇西县土壤氮储量的空间分布特征及其影响因素研究

任建新¹, 唐亮², 何明珠², 韩国君¹, 张莉¹

(1.甘肃农业大学资源与环境学院,兰州 730070;

2.中国科学院西北生态环境资源研究院沙坡头沙漠试验研究站,兰州 730000)

摘要:以陇西县600份土壤全氮含量数据为基础,应用地统计学研究陇西县土壤氮素的空间分布特征并计算了该区域的氮储量,采用相关性分析、主成分分析等方法探讨了影响全氮空间分布的影响因素。结果表明,陇西县土壤全氮含量为 (0.734 ± 0.306) g/kg,变异系数属于中等程度变异;氮密度平均值为 0.091 kg/m²,氮储量为 7.6×10^6 kg,其中0—10, 10—30, 30—50 cm土层氮储量分别占到0—50 cm土层氮储量的35.97%, 7.06%, 56.97%。陇西县土壤全氮含量及氮储量空间分布相似,主要呈斑块状分布,高值区主要集中在研究区南部的首阳镇、和平乡,低值区主要集中在研究区东部的权家湾乡;从垂直分布来看,土壤全氮含量随着土层深度的增加而减小。土壤表层10 cm的全氮含量与纬度、高程、坡向、坡度、降雨、地温、气温呈极显著或显著相关,但随着土层深度的增加,土壤全氮含量与环境因子相关性逐渐减弱;主成分分析表明,经度、纬度、降雨、地温、气温、相对湿度、蒸发量是影响土壤全氮含量的重要环境因子;通过聚类分析可以把陇西县土壤分成5类,除第Ⅳ类土壤全氮含量极显著高于其他4类土壤外,其余4类土壤全氮含量均无显著差异,土壤全氮含量属于第五类标准的土壤占到了全部样地的70.35%。

关键词:全氮;氮储量;空间分布;聚类分析

中图分类号:S153.6

文献标识码:A

文章编号:1009-2242(2020)06-0318-07

DOI:10.13870/j.cnki.stbcbx.2020.06.044

Spatial Distribution Characteristics and Influencing Factors of Soil Nitrogen Reserves in Longxi County

REN Jianxin¹, TANG Liang², HE Mingzhu², HAN Guojun¹, ZHANG Li¹

(1.College of Resources and Environment Sciences, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070; 2.Shapotou Desert Research and Experiment Station, Northwest Institute of Eco-environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

Abstract: Based on the total nitrogen content data of 600 samples in Longxi County, the spatial distribution characteristics of soil nitrogen in Longxi County were studied by geostatistics and the nitrogen reserves were calculated. The results showed that the total nitrogen content in Longxi County was (0.734 ± 0.306) g/kg, and the coefficient of variation was moderate. The average nitrogen density was 0.091 kg/m², and the nitrogen reserves were 7.6×10^6 kg. The nitrogen reserves in the 0—10, 10—30, and 30—50 cm soil layers accounted for 35.97%, 7.06%, and 56.97% of the nitrogen reserves in the 0—50 cm soil layer respectively. The spatial distribution of total nitrogen content and nitrogen reserves in Longxi County was similar, mainly distributed in patches. The high-value area was mainly concentrated in Shouyang town and Heping Township in the south of the study area, while the low-value area was mainly concentrated in Guanjiawan Township in the east of the study area. From the vertical distribution, the total nitrogen content of soil decreased with the increase of soil depth. The total nitrogen content of 10 cm in the soil surface was extremely significantly or significantly correlated with latitude, elevation, slope direction, slope, rainfall, ground temperature, and air temperature. Principal component analysis showed that longitude, latitude, rainfall, ground temperature, air temperature, relative humidity, and evaporation could be considered as important environmental factors affecting the total nitrogen content of soil. Through clustering analysis can divide the Longxi County soil into five types. The total nitrogen content of class IV soil was significantly higher than the other four types of soil, and no extreme significant difference was observed among the rest four types of soil total nitrogen content. Soils contain total

收稿日期:2020-04-14

资助项目:中国科学院西北研究院科技服务网络计划 STS 项目;国家自然科学基金项目(31960631)

第一作者:任建新(1996—),男,甘肃武威人,硕士研究生,主要从事农业资源利用研究。E-mail:2296125896@qq.com

通信作者:韩国君(1977—),男,甘肃白银人,副教授,博士,硕士生导师,主要从事农业资源利用与植物营养生理研究。E-mail:hangji@gsau.edu.cn

nitrogen content belong to the fifth class standard accounted for 70.35% of the total sample area.

Keywords: total nitrogen; nitrogen reserves; spatial distribution; cluster analysis

土壤氮素作为农业生态系统生产中的重要营养元素,既影响植物的生长发育,又会造成水体富营养化和温室效应等环境问题^[1-2]。土壤氮储量是评价土壤肥力的重要指标,也是全球氮库的重要组成部分。目前受全球气候变化的影响,对土壤氮素及其影响因子的研究已成为全球研究的热点之一^[3-4]。

近年来,许多学者对不同尺度下的土壤氮素空间分布格局进行了研究,如针对不同地貌类型(成都平原^[1]、黄土高原^[5])、流域^[6-8]、丘陵^[9-10]、湿地^[11-12]等的土壤氮素空间分布格局进行研究。有研究^[1-5]表明,土壤氮素空间分布受诸多因素的影响,在不同尺度下土壤氮素表现出不同的空间分布特征。成土母质、土地利用方式、耕种措施以及施肥量等因素均影响土壤氮素的空间分布格局^[6-15]。虽然目前已经在不同的地貌类型区、不同的流域、不同的生态系统类型下对土壤氮素做了广泛的研究,但是对农业生态系统中不同作物分区中的研究较少,尤其是在中药材种植区。中药材生产强调其“道地性”,土壤肥力对药用植物的产量及质量有着极其重要的影响^[16]。土壤氮素作为土壤肥力的重要指标,研究其在中药材种植区内的空间分布特征及其环境因子对其的响应对当地的中药材产业的发展具有重要意义。

陇西县作为甘肃省乃至全国重要的中药材主产区之一,近年来中药材种植面积呈扩大趋势。而在目前的中药材施肥管理中,农民往往依靠经验或者照搬农作物施肥方法大量的撒施化肥^[17]。但农作物与中药材的营养规律差异较大,有研究^[18-19]表明,大部分的中药材生育期长,需肥量大,因此中药材的种植中施用一定数量的有机肥很有必要,并且有机无机肥配合施用效果也非常好,但肥料施用过多会对中药材的生长产生不利影响并对环境造成危害,施肥过少中药材会表现出营养不良、生长不健康等问题。而在陇西县当地,中药材种植量较大的党参、黄芪的施氮量分别达到农家肥 166.67~200.00 kg/hm²,纯氮 0.61 kg/hm²;商品有机肥 20.00 kg/hm²,纯氮 0.67 kg/hm²。为探究陇西县中药材氮肥施用是否合理,本文以该区 200 个采样点的 600 份土样全氮含量数据为基础,运用地统计学和聚类分析等方法研究陇西县土壤氮素的空间分布特征及其影响因素,旨在为当地合理利用土地资源和中药材种植中氮肥的合理施用提供理论依据和基础数据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

陇西县位于甘肃省东南部,定西市中部(34°

50′—35°23′N,04°18′—104°54′E)。县域东西宽约 52 km,南北长约 60 km,总面积 2 408 km²。该区位处西北黄土高原边缘与秦岭支脉丘陵地带之间,为黄土梁峁与河谷地形。构成南山(二阴地区)、川区(渭河水川地区)、北山(干旱地区)3 块条件明显差异的小区环境。地势西北高、东南低。该区地处中纬内陆,为温带季风气候。四季分明,日照充足,气候温和。年平均降水量 445.8 mm,蒸发量 1 440 mm,年平均日照时间 2 292 h,年平均无霜期 146 d。受东亚大气环流和青藏高原外围特殊地形的影响,川区、北山为温和干旱区,南山为温寒半湿润区。陇西县是甘肃省乃至全国的中药材主产区之一,其盛产中药材种类 70 余种,其中野生药材的种类众多(50 余种),人工种植中药材 20 余种,普遍种植的中药材有党参、黄芪、黄芩、甘草、柴胡等^[20]。

1.2 研究方法

1.2.1 样品采集与测定 在 2018 年 8 月,根据甘肃省测土配方施肥项目在陇西县 17 个乡镇 134 个自然村已有的长期监测样地(图 1)经过筛选选择 200 个样地进行取样,并利用 GPS 确定每个样地地理坐标。每个样方大小为 100 m²(10 m×10 m),每个样方中共选取 4 个样本点,以“S”形采样法进行采样,每个样本点间隔不小于 2 m,采用混合取样的方法在每个采样点分别采集表层(0—10 cm)、中层(10—30 cm)、底层(30—50 cm)的 600 份土样,土样带回实验室后,经自然晾晒,提出杂物,研磨,过筛后测定全氮含量,采集土样的同时调查中药材种类,得到陇西县中药材的种植面积等背景信息(中药材种植面积大小依次为党参、黄芪、款冬花等)。实验室内采用半微量凯式法测定全氮含量。

气象数据来源于中国气象科学数据共享服务网(<http://cdc.nmic.cn>)提供的 1958—2018 年 60 年的均值数据。其中包括气温(temperature, AT)和降水量(precipitation, PR)2 个因子的数据。采用陇西县及其周边的 14 个气象站点的数据,建立气象因子与海拔、经度、纬度之间的回归关系,推算每个采样点的气象数值,之后采用克里金插值方法插值得到陇西县整个区域的气温和降雨的空间分布数据。

DEM 数据来源于地理空间数据云(www.gscloud.cn/)平台下载的 GDEM 30 m 空间分辨率的陇西县高程数据。在获取陇西县的 DEM 高程数据之后,利用 ArcGIS 10.6 软件得到整个陇西县基本地形要素数据包括:高程(altitude)、坡度(slope)、坡向(aspect)。

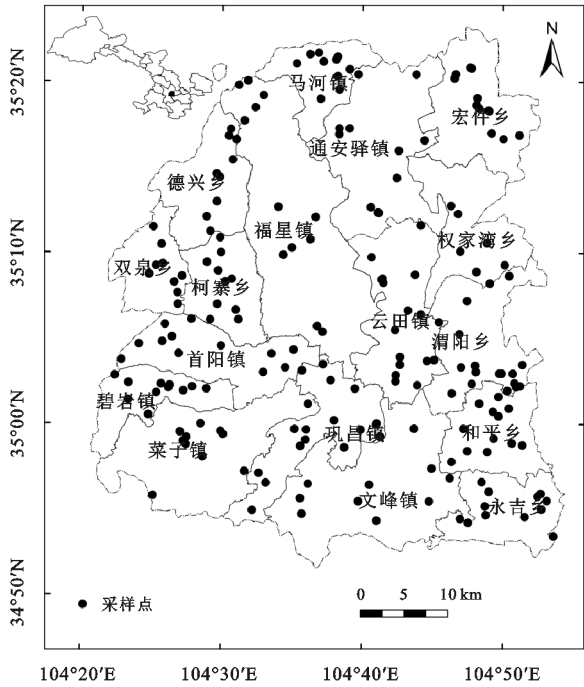


图 1 陇西县行政区划及采样点空间分布

1.2.2 数据处理与分析 利用 JMP 11.0 软件对采集的土壤全氮含量数据进行描述性统计,利用相关性分析探讨影响全氮分布的影响因素,利用主成分分析与聚类分析对全氮含量及环境影响因子进行评价从而揭示陇西县土壤氮素的空间分布规律。地统计学分析在 ArcGIS 10.0 平台上进行,利用半变异函数来计算全氮的空间分布特征及全氮密度,半变异函数是表示区域化变量空间相关性的重要函数,目前在地质学、生态学等领域广泛应用,设点 x 和点 $x+h$ 的变量值为 $Z(x)$ 和 $Z(x+h)$,区域化变量 $Z(x)$ 的半变异函数为 $[Z(x)-Z(x+h)]$ 方差的 $1/2$,记为 $r(h)$ ^[21]。

$$r(h)=\frac{1}{2N(h)}\sum_{i=1}^{N(h)}[Z(X_i+h)-Z(X_i)]^2 \quad (1)$$

土壤全氮密度的计算公式为^[5]:

$$STNDh=\sum_{i=1}^n\frac{L_i\times CON_i\times\rho_{bi}\times(1-F_i/100)}{100} \quad (2)$$

土壤全氮储量的计算公式为:

$$STNSh=\sum_{i=1}^nSTNDh\times S_i \quad (3)$$

式中:STNSh 为各个土层的全氮储量(kg);STNDh 为各个土层的全氮密度(kg/m²); S_i 为像元面积(m²)。

2 结果与分析

2.1 土壤全氮含量描述性统计

由表 1 可知,从整体土层(0—50 cm)来看,陇西县各乡镇土壤全氮含量为(0.411±0.093)~(1.109±0.467)g/kg,平均值为(0.734±0.306)g/kg,按照全国第二次土壤普查养分分级标准^[22],处于第五级标准,全氮含量水平较低。在陇西县 17 个乡镇中,除和

平乡和首阳镇达到第三级标准外,碧岩镇、巩昌镇、马河镇 3 个乡镇处于第四级标准,有 11 个乡镇处于第五级标准,而权家湾乡、云田镇全氮含量只有(0.411±0.093),(0.477±0.142)g/kg,属于第六级标准。说明陇西县各乡镇土壤全氮含量存在显著差异,有必要进一步研究其空间分布特征。从变异系数来看,宏伟乡的变异程度最高,为 60.27%,变异系数最低是碧岩镇,为 14.08%,研究区 17 个乡镇全氮的变异系数均属于中等程度的空间变异,说明其空间分布不均匀。从其垂直分布来看,陇西县土壤全氮含量表层(0—10 cm)、中层(10—30 cm)、底层(30—50 cm)平均值分别为(0.836±0.346),(0.750±0.356),(0.667±0.353)g/kg,说明土壤全氮含量随着土层深度增加而显著减小,且随着土层深度增加,变异系数逐渐增大,说明土层深度越深,土壤全氮变异程度越高。

2.2 环境因素对土壤全氮含量的影响

2.2.1 相关性分析 从表 2 可以看出,土壤全氮含量在表层(0—10 cm)土壤中与纬度呈极显著负相关($P<0.01$),与高程、坡向、坡度呈显著负相关($P<0.05$),与降雨、低温、气温呈极显著正相关($P<0.01$);在中层(10—30 cm)土壤中,土壤全氮含量仅与地温、气温呈极显著正相关($P<0.01$),与其他环境因子均不存在显著或极显著相关;在底层(30—50 cm)土壤中,土壤全氮含量与环境因子均不存在显著或极显著相关性。说明随着土层深度增加,土壤全氮含量与环境因子相关性逐渐减弱。通过相关性分析结果显示,土壤全氮含量与环境因子存在显著或极显著相关关系,说明在众多信息中存在信息相互重叠、影响的现象,为进一步明确环境因子对土壤全氮含量影响的重要性,选取影响土壤氮素的 8 个环境因子进行主成分分析。

2.2.2 主成分分析 主成分分析结果表明,前 2 个主成分的累计贡献率达到 88.248%,其中主成分 1 的贡献率为 55.707%,特征值为 4.456 5;主成分 2 的贡献率为 32.542%,特征值为 2.603 3(表 3)。主成分 1 的特征向量中,载荷符号为正且数值较大的因素有降雨、相对湿度 2 个环境因子,特征向量值分别为 0.467,0.406;载荷符号为负且数值较大的因素有纬度和蒸发量 2 个环境因子,其特征向量值分别为 0.470和 0.433,所以第 1 主成分为纬度、降雨、相对湿度、蒸发量的综合反映,是对土壤湿度的综合反映(表 4)。在主成分 2 中载荷符号为正且数值较大的有地温、气温 2 个环境因子,其特征向量值为 0.460,0.539;载荷符号为负且数值较大的是经度,其特征向量为 0.584,说明第 2 主成分是地温、气温、经度的综合反映,是对该区域热量的综合反映。所以经度、纬

度、降雨、地温、气温、相对湿度、蒸发量可以认为是影响土壤全氮含量的重要环境因子(图 2)。

表 1 土壤全氮含量统计特征

乡镇	0—10 cm		10—30 cm		30—50 cm		0—50 cm	
	均值±标准差/	变异	均值±标准差/	变异	均值±标准差/	变异	均值±标准差/	变异
	(g·kg ⁻¹)	系数/%	(g·kg ⁻¹)	系数/%	(g·kg ⁻¹)	系数/%	(g·kg ⁻¹)	系数/%
碧岩镇	1.086±0.174A	15.985	1.031±0.148AB	14.394	0.885±0.201B	22.706	0.984±0.139ab	14.079
菜子镇	0.677±0.245A	36.179	0.571±0.153AB	26.814	0.483±0.134B	27.707	0.557±0.132def	23.729
德兴乡	0.582±0.252A	43.328	0.666±0.243A	36.526	0.505±0.205A	40.595	0.585±0.174cdef	29.827
福星镇	0.842±0.402A	47.705	0.728±0.343A	47.055	0.702±0.337A	48.025	0.740±0.340cd	45.973
巩昌镇	0.902±0.291A	32.270	0.833±0.263AB	31.578	0.655±0.270B	41.210	0.776±0.209bcd	26.993
和平乡	1.214±0.426A	35.064	1.112±0.575A	51.684	1.053±0.605A	57.466	1.109±0.467a	42.160
宏伟乡	0.653±0.294A	44.982	0.667±0.436A	65.310	0.644±0.457A	70.983	0.655±0.395cde	60.267
柯寨乡	0.772±0.210A	27.212	0.760±0.217A	28.587	0.624±0.106A	16.933	0.708±0.150cde	21.164
马河镇	0.932±0.272A	29.143	0.791±0.117A	14.752	0.797±0.223A	27.942	0.822±0.175bc	21.267
权家湾乡	0.518±0.124A	23.885	0.426±0.118AB	27.671	0.343±0.104B	30.308	0.411±0.093f	22.639
首阳镇	1.243±0.508A	40.851	1.111±0.724A	65.142	0.987±0.733A	74.319	1.087±0.523a	48.117
双泉乡	0.763±0.198A	25.885	0.727±0.136AB	18.764	0.576±0.202B	35.134	0.674±0.156cde	23.080
通安驿镇	0.771±0.112A	14.572	0.654±0.165A	25.271	0.726±0.192A	26.508	0.706±0.116cde	16.413
渭阳乡	0.776±0.393A	50.655	0.698±0.279A	40.043	0.736±0.23A	31.279	0.729±0.236cde	32.355
文峰镇	0.864±0.263A	30.413	0.680±0.148B	21.777	0.524±0.189B	35.953	0.654±0.153cde	23.427
永吉乡	0.928±0.278A	29.922	0.777±0.279AB	35.931	0.589±0.119B	20.198	0.732±0.177cd	24.193
云田镇	0.591±0.176A	29.753	0.461±0.194AB	42.136	0.434±0.198B	45.473	0.477±0.142ef	29.889
平均值	0.836±0.346A	41.383	0.750±0.356B	47.491	0.667±0.353C	52.998	0.734±0.306	41.694

注:表中数据为平均值±标准差;同列不同小写字母表示同一土层不同乡镇之间差异达到显著水平($P<0.05$);同行不同大写字母表示同一乡镇不同土层差异达到显著水平($P<0.05$);全国第二次土壤普查全氮含量分级标准(g/kg)为:Ⅰ >2.0 ;2.0 $\leq$ Ⅱ >1.50 ;1.50 $\leq$ Ⅲ >1.0 ;1.0 $\leq$ Ⅳ >0.75 ;0.75 $\leq$ Ⅴ >0.50 ;Ⅵ ≤ 0.50 。

表 2 陇西县土壤全氮含量与环境因子相关性分析

土层深度/cm	经度	纬度	高程	坡向	坡度	降雨	地温	气温	相对湿度	蒸发量
0—10	-0.076	-0.199**	-0.145*	-0.158*	-0.162*	0.183**	0.236**	0.251**	0.103	-0.113
10—30	-0.125	-0.110	-0.029	-0.122	-0.059	0.111	0.190**	0.214**	0.016	-0.043
30—50	-0.046	0.003	0.035	-0.079	-0.105	-0.005	0.044	0.077	-0.035	0.025

注:**表示在 0.01 水平上显著相关;*表示在 0.05 水平上显著相关。

表 3 主成分特征向量及累计贡献

主成分	特征值	贡献率/ %	累计 贡献率/%
1	4.4565	55.707	55.707
2	2.6033	32.542	88.248

2.3 聚类分析

对陇西县 200 个采样点的 10 个指标进行聚类分

析。在方法上选择采用层次聚类—ward 法,2 个聚类之间的距离是 2 个聚类之间的方差分析平方和,先将数据进行标准化处理消除各指标量纲和量级差异带来的影响^[23],然后选择 10 个指标(经度、纬度、高程、地温、气温、相对湿度、蒸发量、0—10,10—30,30—50 cm 全氮含量)作为聚类变量,可将 200 个采样点分成 5 类,见表 5 和图 3 所示。

表 4 8 个环境因子的特征向量

主成分	LON (经度)	LAT (纬度)	ALT (高程)	PR (降雨)	DT (地温)	AT (气温)	RH (相对湿度)	EV (蒸发量)
主成分 1	0.053	-0.470	-0.255	0.467	0.310	0.212	0.406	-0.433
主成分 2	-0.584	-0.021	0.150	0.031	0.460	0.539	-0.297	0.211

由表 5 可以看出,根据聚类分析可以把 134 个自然村的 200 个样地分成 5 类,第Ⅰ类由 48 个样地组成,占总样地的 24.12%。根据全国第二次土壤普查养分分级标准,该类样地全氮含量属于第五级标准,

主要位于陇西县西北部的马河镇一带。该类样地海拔极显著高于其他土类,其他环境因子指标均适中。第Ⅱ类由 31 个样地组成,占总样地的 15.58%,主要位于陇西县东北部的宏伟乡、权家湾乡一带。全氮含

量也属于第五级标准,但该类土壤全氮含量平均值明显低于第Ⅰ类土壤。该类样地环境因子均适中。第Ⅲ类由 52 个样地组成,占样本数的 26.13%,主要位于陇西县西南部的德兴乡、柯寨乡、福星镇一带。该类土壤全氮含量属于第四级标准,该类样地地温、气温极显著高于其他土类,其他环境因子适中。第Ⅳ类土壤由 7 个样地所组成,所占总样本比例最小,为 3.52%,主要位于陇西县中南部的首阳镇。全氮含量属于第二级标准,该类土壤在 5 类土壤中全氮含量极显著高于其余 4 类土壤,其他环境指标水平偏高。第Ⅴ类土壤由 9 个乡(镇)的 61 个样地所组成,主要位于陇西县东南部的永吉乡、巩昌镇一带,第Ⅴ类土壤全氮含量也属于第五级标准,环境指标偏低。

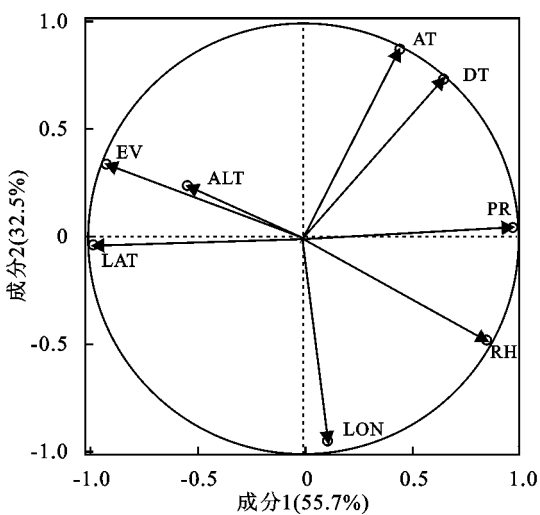


图 2 主成分分析载荷

表 5 陇西县各类群土壤指标分析

类别	样本数	全氮/ (g·kg ⁻¹)	经度/ (°)	纬度/ (°)	高程/ m	地温/ (°)	气温/ (°)	相对 湿度/(°)	蒸发量/ mm	全氮含量 所属标准
Ⅰ	48	0.740±0.22B	104.547C	35.239A	2206.413A	9.329B	6.093B	0.675C	1326.611A	第五级
Ⅱ	31	0.571±0.27B	104.766A	35.231A	2028.613B	9.114C	5.472C	0.686B	1310.621B	第五级
Ⅲ	52	0.755±0.25B	104.466D	35.019B	1983.615B	9.558A	6.391A	0.689B	1298.667C	第四级
Ⅳ	7	1.712±0.26A	104.688B	35.026B	1960.000B	9.373B	6.013B	0.701A	1286.539D	第二级
Ⅴ	61	0.682±0.21B	104.761A	34.990B	1912.984B	9.381B	6.004B	0.705A	1281.136D	第五级

注:同列不同大写字母表示差异达到极显著水平($P<0.01$)。

2.4 土壤全氮含量及氮储量空间分布特征

从图 4 可以看出,陇西县土壤全氮含量主要呈斑块状分布,各个水平分布面积相对均一。其高值区(0.81~1.47 g/kg)占全区面积的 19.76%,主要集中在陇西县南部的首阳镇、和平乡 2 个乡镇;低值区(0.35~0.58 g/kg)占全区面积的 19.38%,主要集中在陇西县东部的权家湾乡一带,并以此处为中心向陇西县南部逐渐递增,向西部递增后又逐渐递减。研究区氮储量空间分布特征(图 5)与全氮含量空间分布有一定的相似性,0—50 cm 氮密度平均值为 0.091 kg/m²,氮储量为 7.6×10⁶ kg,其中 0—10,10—30,30—50 cm 土层氮储量分别占到 0—50 cm 土层氮储量的 35.97%,7.06%,56.97%。

3 讨论

陇西县土壤全氮含量总体上水平较低,根据第二次土壤普查养分分级标准,17 个乡镇中,有 11 个乡镇处于第五级标准,甚至权家湾乡、云田镇只达到了第六级标准。陇西县土壤耕层(0—20 cm)氮素含量为 1.09 g/kg,低于成都平原(土壤全氮含量达 1.29 g/kg)^[1],江西省(土壤全氮平均含量达到为 1.57 g/kg^[2]);但高于陕西省(全氮平均含量 0.90 g/kg^[24])和太原市(耕层土壤全氮含量的 0.77 g/kg^[25]);相比于 2007 年刘好^[4]测定的陇西黄土高原区的全氮含量高 1.6 倍,而这可能是由于这几年农民对土地的管理

更加科学规范和化肥的施用量增多所导致的。陇西县土壤氮密度与其他地区相比较低,如吉林省耕地面积土壤氮密度为 0.473 kg/m²^[26],沙颍河流域平原区为 0.26 kg/m²^[27],松嫩平原玉米带土壤氮密度为 0.61 kg/m²^[28],而陇西县耕层(0—20 cm)土壤氮密度只有 0.107 kg/m²;0—50 cm 土层氮密度为 0.091 kg/m²,远低于全国 1 m 深度的土壤氮密度平均值(0.84 kg/m²)^[29]。根据甘肃省陇西县第二次土壤普查报告显示,在陇西县主要的 5 种土壤类型(黄绵土、红土、潮土、黑垆土、灰褐土)中,黄绵土和黑垆土分别占到全县总土地面积的 40.4%和 34.83%,由于黄绵土抗冲能力差,保水保肥性能差^[30],黑垆土水分下渗较快,在秋季暴雨期易受冲刷^[31],导致土壤氮素在这 2 种类型土壤上易受损失,而这可能是导致陇西县土壤全氮含量及储量整体较低的主要原因之一。

有研究^[7]表明,土壤全氮含量受到坡度、坡向、海拔、气温等环境因子的影响。例如,坡度和坡向通过影响土壤侵蚀而改变全氮的空间分布特征;温度能够影响土壤氮素的矿化分解,而降雨量多的地方则有利于氮素的固定和积累^[2];高程和纬度能够通过影响温度的变化,进而对土壤全氮含量产生影响^[5]。本研究发现,土壤全氮含量在表层(0—10 cm)土壤中与纬度、高程、坡向、坡度、降雨、地温、气温呈显著或极显著相关性,随着土层深度的增加,土壤全氮含量与环

境因子相关性逐渐减弱。产生这种现象的主要原因可能是由于土壤氮素主要受到外源氮素的影响所导致的。罗由林等^[9]研究发现,在诸多因子中人为活动对土壤全氮的影响最高;刘志鹏^[5]也发现,在农业生态系统中,土壤翻耕等农业活动对土壤全氮影响胜过降雨、气温等自然因素,而这可能是导致环境因子与耕地土壤相关性不强的原因。

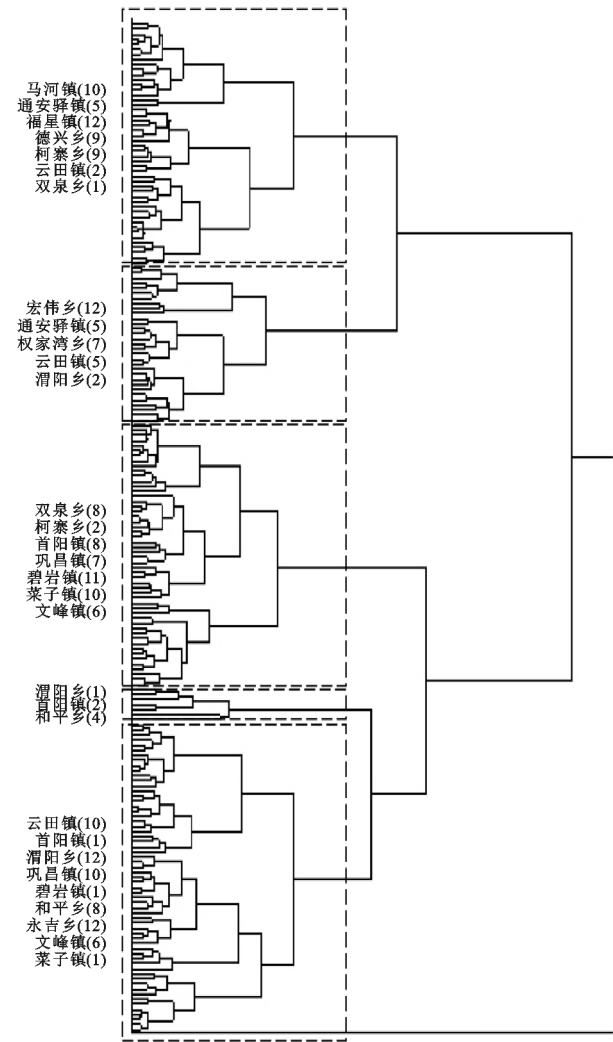


图 3 聚类分析树状图

陇西县土壤全氮含量分布主要表现为南部高,东部低的特征。而造成陇西县各个乡镇之间土壤全氮含量具有差异显著性的主要原因可能是由各个乡镇对耕地的人为活动强度不同导致的。根据 2018 年陇西县统计年鉴获得各乡镇人口、耕地面积、作物种植类型等数据,分析各乡镇人均耕地面积随土壤全氮含量的变化关系(图 6)。结果显示,耕地土壤全氮含量随着人均耕地的增多而减小,说明人均耕地面积越大,在后面的耕作管理过程中导致农民无法对每块土地进行精细化管理,进而导致土壤全氮含量较低。

陇西县全氮含量及储量较低,在今后的耕作施肥过程中,应增施有机肥,提高土壤养分含量;施用的农家肥应对其进行无害化处理。平时应加强土地翻耕、

平整,在坡度较大的土地应防止水土流失。同时,应进行测土配方施肥,进行有机肥及化肥的合理施用。

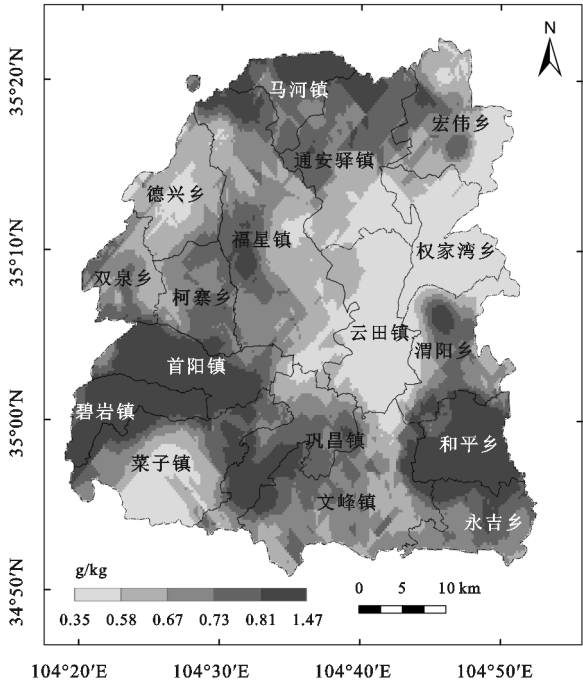


图 4 研究区土壤全氮含量空间分布

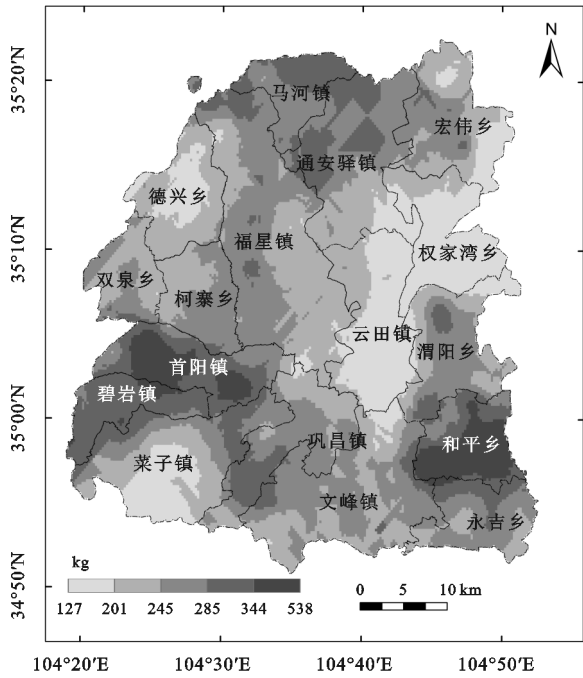


图 5 研究区土壤氮储量空间分布

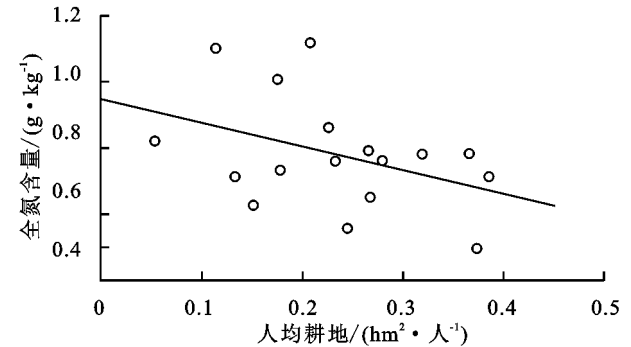


图 6 各乡镇人均耕地面积随土壤全氮含量的变化

4 结 论

(1)陇西县土壤全氮含量及氮储量空间分布相似,主要呈斑块状分布。其高值区主要集中在陇西县南部的首阳镇、和平乡 2 个乡镇;低值区主要集中在陇西县东部的权家湾乡一带,并以此处为中心向陇西县南部逐渐递增,向西部递增后又逐渐递减;从垂直分布来看,土壤全氮含量随着土层深度增加而减小。

(2)土壤全氮含量受到经度、纬度、降雨、地温、气温、相对湿度、蒸发量等环境因素的影响,在表层土壤中与纬度、高程等呈极显著或显著负相关关系;与降雨、地温等呈极显著正相关关系,随着土层深度增加,土壤全氮含量与环境因子相关性逐渐减弱。经度、纬度、降雨、地温、气温、相对湿度、蒸发量可以认为是影响土壤全氮含量的重要环境因子。

(3)通过聚类分析可以把陇西县土壤分成 5 类,除第Ⅳ类土壤全氮含量极显著高于其他 4 类土壤外,其余 4 类土壤均无显著差异。属于土壤全氮含量第五类标准的土壤占到了全部样地的 70.35%,说明陇西县土壤全氮含量水平较低,应该加强科学管理,培肥土壤,增施有机肥,增加土壤养分含量。

参考文献:

[1] 陈肖,张世熔,黄丽琴,等.成都平原土壤氮素的空间分布特征及其影响因素研究[J].植物营养与肥料学报,2007,13(1):1-7.

[2] 张晗,欧阳真程,赵小敏,等.江西省耕地土壤氮素空间变异特征及其主控因素[J].水土保持学报,2018,32(5):304-312.

[3] 高丽娟,吕光辉,王芸,等.艾比湖地区盐生植物群落土壤氮素的垂直分布特征[J].干旱区研究,2014,31(1):51-56.

[4] 刘好.甘肃省土壤全氮含量空间分布及与土地利用的关系[D].兰州:甘肃农业大学,2010.

[5] 刘志鹏.黄土高原地区土壤养分的空间分布及其影响因素[D].陕西 杨凌:中国科学院研究生院(教育部水土保持与生态环境研究中心),2013.

[6] 张泽宇,李占斌,李鹏,等.汉江小流域土壤氮素空间分布特征及影响因素[J].水土保持研究,2017,24(4):46-52,58.

[7] 李龙,姚云峰,秦富仓,等.黄花甸子流域土壤全氮含量空间分布及其影响因素[J].应用生态学报,2015,26(5):1306-1312.

[8] 贺敬滢,张桐艳,李光录.丹江流域土壤全氮空间变异特征及其影响因素:以陕南张地沟小流域为例[J].中国水土保持科学,2012,10(3):81-86.

[9] 罗由林,李启权,王昌全,等.川中丘陵区土壤氮素空间分布特征及其影响因素[J].环境科学,2015,36(2):652-660.

[10] 杨丽霞,陈少锋,安娟娟,等.陕北黄土丘陵区不同植被类型群落多样性与土壤有机质、全氮关系研究[J].草地学报,2014,22(2):291-298.

[11] Xu Y M, Wang X X, Bai J H, et al. Estimating the

spatial distribution of soil total nitrogen and available potassium in coastal wetland soils in the Yellow River Delta by incorporating multi-source data[J].Ecological Indicators,2020,111:106002.

[12] Bai J H, Ouyang H, Deng W, et al. Spatial distribution characteristics of organic matter and total nitrogen of marsh soils in river marginal wetlands[J].Geoderma,2005,124(1/2):181-192.

[13] 赵小敏,邵华,石庆华,等.近 30 年江西省耕地土壤全氮含量时空变化特征[J].土壤学报,2015,52(4):723-730.

[14] 闵惠琳.元阳梯田生态系统水体氮素时空分布特征研究[D].昆明:西南林业大学,2018.

[15] 马坤,张颖,唐素贤,等.若尔盖高寒湿地土壤全氮空间分布特征[J].生态学杂志,2016,35(8):1988-1995.

[16] 张向东,翟丙年,张晓虎.商洛中药材种植区土壤肥力诊断与综合评价[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2011,39(6):135-142.

[17] 丁丹丹,李西文,陈士林,等.优质中药材栽培合理施肥探讨[J].世界科学技术-中医药现代化,2018,20(7):78-86.

[18] 汪琦.陇西县中药材地膜覆盖育苗技术要点[J].甘肃农业科技,2016,482(2):97-98.

[19] 王丹,侯俊玲,万春阳,等.中药材施肥研究进展[J].土壤通报,2011,42(1):225-228.

[20] 陇西县志编纂委员会.陇西县志[M].兰州:甘肃人民出版社,1990.

[21] 苗正红,邱中军,毕强,等.基于半变异函数的土壤有机碳空间预测方法[J].地理空间信息,2015,13(6):68-70,13.

[22] 张树清.甘肃农田氮磷钾养分资源特征研究[D].兰州:甘肃农业大学,2001.

[23] 朱玉杰,董希斌.大兴安岭用材林不同强度采伐后土壤模糊聚类分析[J].东北林业大学学报,2014,42(10):65-71.

[24] 于洋.陕西省耕地土壤养分状况及耕地地力评价研究[D].陕西 杨凌:西北农林科技大学,2016.

[25] 张建杰,李富忠,胡克林,等.太原市农业土壤全氮和有机质的空间分布特征及其影响因素[J].生态学报,2009,29(6):3163-3172.

[26] 李爽,郭聃,窦森,等.吉林省耕地表层土壤氮密度分布特征及其影响因素[J].土壤通报,2017,48(6):1385-1391.

[27] 白莹,薛山,鲁善海,等.沙颍河流域平原区土壤氮空间分布特征及影响因素研究[J].南京大学学报(自然科学),2016,52(1):65-76.

[28] 张春华,王宗明,任春颖,等.松嫩平原玉米带土壤碳氮储量的空间特征[J].应用生态学报,2010,21(3):631-639.

[29] Yang Y H, Ma W H, Mohammat A, et al. Storage, patterns and controls of soil nitrogen in China[J].Pedosphere,2007,17(6):776-785.

[30] 王祎.清水县耕层主要养分空间变异与肥力等级研究[D].兰州:甘肃农业大学,2012.

[31] 刘金兰.浅谈几种不同土壤类别的改良利用方法[J].农业科技与信息,2014(14):15-16.