

# 渭河两岸缓冲带的土壤有机质含量分布特征及其影响因子<sup>①</sup>

张枝枝<sup>1,2</sup>, 张福平<sup>1,2\*</sup>, 燕玉超<sup>1,2</sup>, 王虎威<sup>1,2</sup>

(1 陕西师范大学旅游与环境学院, 西安 710062; 2 地理学国家级实验教学示范中心(陕西师范大学), 西安 710062)

**摘要:**选取陕西省内渭河沿岸南北 3 000 m 缓冲区为研究区,利用野外调研、室内实验处理并应用 GIS、ENVI、SPSS 等软件,分析了土壤有机质的空间分布特征及影响因子,为渭河沿岸生态环境治理与修复提供理论依据。结果表明:渭河沿岸土壤有机质平均含量范围 6.3 ~ 22.5 g/kg,有机质含量较低。渭河沿岸缓冲带区内南北两岸土壤有机质含量在 1 000 m 范围内随着距离的增加而增加,1 000 m 范围外随距离增加而减少或基本不变;渭河沿岸的土壤有机质平均含量上游最高,下游次之,中游最低。土壤有机质的影响因子有地形因子(高程、坡度)、植被覆盖度和土壤质地。其中土壤有机质与高程、植被覆盖度(NDVI)和土壤颗粒中粉砂百分含量呈正相关,特别是高程因子与土壤有机质表现为显著相关;而土壤有机质与坡度、土壤颗粒中砂粒百分含量呈负相关。

**关键词:**渭河;缓冲区;土壤有机质;影响因子

**中图分类号:** S158 **文献标识码:** A

土壤有机质(SOM)是土壤的重要组成物质,对改善土壤物理、化学性质以及植物的生长起着重要作用,是评价土壤肥力和质量的重要指标<sup>[1]</sup>。河流沿岸的土壤是保证河流水质的一个保护屏障。河岸土壤中的养分不仅促进微生物生长、改善土壤的物理化学性质、提高土壤保肥保水能力、防止河岸水土流失;同时还是植被营养的主要来源之一,对促进植被生长<sup>[2]</sup>、保证河岸边的土壤(沉积物)和河流之间的平衡具有十分重要作用。河岸土壤有机质的涵养和运移过程及分布是复杂的物理、化学和生物过程,受到流水迁移、土壤质地、地形和植被的综合作用。研究河岸土壤有机质的空间分布状况、变异规律及其主要影响因素是土壤质量研究的重要内容<sup>[3]</sup>,并且对于提高土壤固碳能力、提高粮食产量、实现土壤可持续利用、维护水-陆生态系统平衡具有重要意义。

目前,国外对土壤有机质的研究极为活跃,主要集中在有机质的性质、生化分析、有机质稳定性等方面的研究<sup>[4-8]</sup>。其中,对河流生态系统和河岸带土壤有机质研究主要是有机质的组成和含量、有机质的影响因素、有机质的稳定/不稳定过程等。例如,White等<sup>[4]</sup>研究北极土壤有机质质量与土壤覆盖类型的关系,结果表明尽管植被覆盖类型的地理起源不同,但

在类似的覆盖类型下有类似的土壤有机质质量;Gonzalez-Perez等<sup>[6]</sup>研究得到火灾可以被视为对全球生物地球化学循环中碳稳定的影响因素;Goñi等<sup>[9]</sup>对Fly河河流系统不同环境土壤和沉积物中有机物的组成和含量进行了测定,研究这一地区的碳运输和储存;Burk等<sup>[10]</sup>用主成分分析法研究Santa Ana河上游的河漫滩植被和沿岸土壤的影响因素,结果表明第一主成分中土壤质地与有机质的变化高度相关。在国内,土壤有机质的研究大部分基于省域、县域等不同空间尺度分析土壤有机质的空间分布特征及其影响因素。赵明松等<sup>[3]</sup>、吴乐知和蔡祖聪<sup>[11]</sup>、黄安等<sup>[12]</sup>以省县为研究区域,分析了土壤有机质的分布水平并探求区域尺度上土壤有机质的主要影响因素,利用多元线性回归分析与GIS空间预测分析对比,克服了传统插值法中存在的斑块状分布现象,更精细地描述了区域内有机质空间分布趋势。还有基于时间序列上对土壤有机质动态变化特征的研究,如赵业婷等<sup>[13]</sup>对1983—2009年西安市郊区耕地土壤有机质空间特征与变化研究,从时间尺度上分析土壤有机质的影响因素。然而对于流域内河流两岸土壤有机质含量水平与分布特征研究甚少。

本文选取陕西省渭河干流为研究区域,分析渭河

基金项目:国家科技支撑计划项目(2012BAC08B07)、国家人力资源和社会保障部留学人员科技活动项目择优资助项目和陕西师范大学中央高校基本科研业务费科研发展专项(GK201505112)资助。

\* 通讯作者(zhang\_fuping@163.com)

作者简介:张枝枝(1991—),女,河南灵宝人,硕士研究生,主要从事资源环境遥感与GIS应用研究。E-mail: 704971474@qq.com

南北两岸及上、中、下游沿岸土壤有机质的分布特征,并运用 ArcGIS、ENVI 等遥感图像处理工具,提取影响因子(高程、坡度、植被覆盖度),应用 SPSS 软件统计不同影响因子与土壤有机质的相关性,对渭河沿岸土壤有机质分布特征及其影响因子进行分析,为渭河流域沿岸生态建设、环境治理(土壤改良、合理的耕作方式)提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

渭河,古称渭水,是黄河的最大支流,发源于今甘肃省定西市渭源县鸟鼠山,主要流经今甘肃天水,陕西省关中平原的宝鸡、咸阳、西安、渭南等地,至渭南市潼关县汇入黄河。其中陕西境内河长 502.2 km,流域面积 6.76 万 km<sup>2</sup>。渭河两岸水系呈不对称分布:北岸支流主要发源于黄土丘陵及黄土塬区;南岸支流主要发源于秦岭北麓<sup>[14]</sup>;上游主要为黄土丘陵区,中下游北部为陕北黄土高原,中部为经黄土沉积和渭河干支流冲积而成的河谷冲积平原区——关中盆地<sup>[15]</sup>。渭河流域地处陕西中部,工业集中,人口密集,农业发达,旅游资源丰富,科技、教育实力雄厚,是陕西省政治、经济、文化、金融及信息中心。渭河流域内总人口 2 340 万人,集中了陕西省 64% 的人口<sup>[16]</sup>,

85% 的工业,82% 的国民生产总值,是陕西省经济最发达的地区。主要土地利用类型是耕地,约占 56%,其次是林地和草地<sup>[17]</sup>。

根据国际制土壤质地分级标准进行分级,渭河南北两岸土壤质地分布情况:渭河上游土壤质地主要为粉砂质壤土;渭河中游土壤有机质主要为粉砂质壤土和砂质壤土;渭河下游主要为砂质壤土,土壤中砂粒含量高,适宜于种植农作物。

### 1.2 样品采集

样品采集于 2015 年 10 月,沿河岸不同缓冲带区进行采样点设计布局。采样断面垂直于河流(图 1),3 个断面分布在河流上游,即 A~C 号采样断面;4 个断面分布在中游,即 D~G 号采样断面;4 个断面分布在下游,即 H~K 号采样断面。每个断面以河道为中心分别向南北方向 100、300、500、800、1 000、2 000、3 000 m 缓冲带内布设 7 个采样基点,共采集样品数 330 个。采集具有代表性的表层土壤,根据已有研究表明在土壤表层 20 cm 以上土壤有机质含量变化特征具有显著性<sup>[18]</sup>,故本研究选取采样深度为 0~20 cm,每 10 cm 取一次样,每个样点在 2 m×2 m 的区域内采集混合土壤样品,每份约 500 g,样品装入聚乙烯样品袋,带回实验室,自然风干,待测。

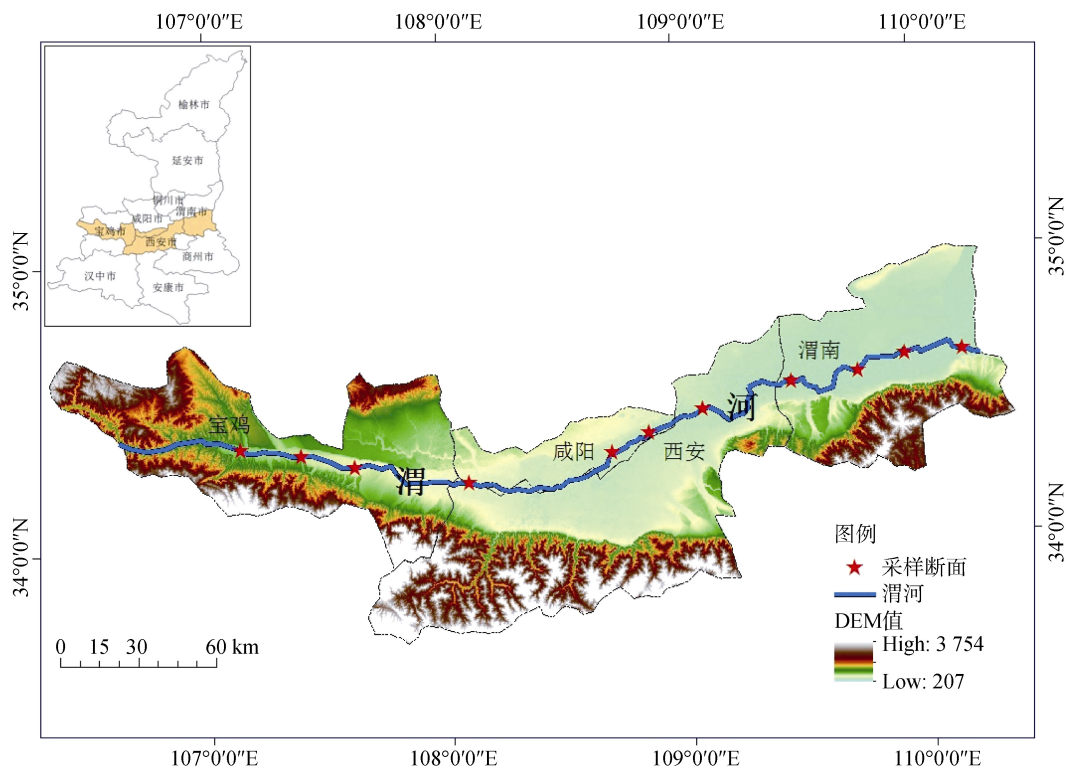


图 1 研究区采样断面分布图  
Fig. 1 Sample sections in study area

### 1.3 数据处理分析

**1.3.1 土壤有机质测定与计算** 土壤有机质测定采用重铬酸钾容量法<sup>[19]</sup>：在过量硫酸存在的环境下，用重铬酸钾氧化有机质，过量的重铬酸钾用标准硫酸亚铁溶液回滴，以消耗的氧化剂用量计算所氧化的有机碳量。

**1.3.2 因子提取** 不同粒径对土壤有机质的吸附和保护能力不同<sup>[20]</sup>；地形因子高程、坡度直接和间接地对地表径流、植物的生长和分布、热量等水文和生态过程产生影响，进而对土壤特性空间分布产生影响<sup>[21-22]</sup>；一定的植被覆盖度可以有效地防止径流对表土养分的冲刷，植物截留下来的雨水可为植物提供养分来源，枯枝落叶量的增加也能为土壤增加一些养分<sup>[23]</sup>。根据上述已有研究成果中的影响因子，本研究选取土壤粒度、高程、坡度、植被覆盖度 4 个因子作为影响土壤有机质空间分布的成土因素。土壤粒度用马尔文激光粒度分析仪测量；地形因子(高程、坡度)可应用 Arc GIS 空间分析工具从 DEM 图像中提取，在 Arc GIS 10.1 平台支持下通过 30 m 分辨率的 DEM 图像提取地形因子；应用 ENVI 软件通过遥感影像提取植被覆盖度因子，遥感影像在 ENVI5.0 平台支持下对 Landsat 8 OLI 影像经过大气校正、辐射校正、影像裁剪等处理后获得，然后提取 NDVI 值。土壤质地分级标准参考于国际制土壤质地分级标准

(砂质壤土、壤土、粉砂质壤土 3 种)。

**1.3.3 数据分析** 在 Excel、SPSS 19.0 中处理数据，分析各影响因子与土壤有机质含量的相关性。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤有机质一般特征

330 个土壤样本有机质一般特征见表 1。渭河沿岸土壤有机质平均含量范围 6.3 ~ 22.5 g/kg，其中最大值是 62.3 g/kg，根据全国第二次土壤普查养分分级标准中有机质分级标准，处于三级标准(20 ~ 30 g/kg)以下，有机质含量偏低。变异系数介于 27.7% ~ 88.0%，波动幅度较大，在距离河岸 800 ~ 1 000 m 之间变异程度最大，属于中等变异程度。有机质平均含量、标准差、变异系数均随着距河岸距离增加而增大，但是在 1 000 m 以外随距离增加而减小。在 800 ~ 1 000 m 缓冲带区，有机质含量最高达到 62.3 g/kg，而且 3 个参数的数值都达到最大，可见此缓冲带区内土壤有机质的含量差异最大。渭河流域地形特点为西高东低<sup>[15]</sup>，自西向东地势逐渐变缓，河谷变宽，土壤质地随着离河岸距离而变化，从而影响土壤有机质的赋存能力。渭河南岸土壤有机质平均含量略高于北岸，这与赵业婷等<sup>[13]</sup>的研究结果一致，由于渭河流域南北两侧地貌特征差异<sup>[15]</sup>的影响，寄存土壤养分的能力不同，导致北岸土壤有机质含量略低。

表 1 渭河干流沿岸南北两岸土壤有机质含量  
Table 1 Soil organic matter contents along northern and southern shores of Weihe River

	距河距离(m)	有机质含量(g/kg)				变异系数(%)	
		最小值	最大值	均值	标准差		
北岸	3 000	8.1	34.2	17.6	9.3	15.3	52.9
	2 000	7.4	32.5	16.7	9.5		56.7
	1 000	8.2	60.4	22.5	15.2		67.9
	800	5.5	28.0	14.1	8.6		61.4
	500	6.0	23.1	12.3	5.4		44.1
	300	5.4	22.0	10.6	4.9		46.2
	100	8.0	19.8	13.1	3.6		27.8
	0	3.2	9.0	6.3	1.8	-	27.7
南岸	100	4.8	29.5	13.2	8.8	16.3	66.5
	300	4.1	23.8	12.6	7.8		62.1
	500	2.1	25.9	12.0	7.4		61.6
	800	5.7	54.0	19.3	17.0		88.0
	1 000	6.5	62.3	19.7	16.6		84.2
	2 000	8.3	37.3	19.9	8.4		42.1
	3 000	6.7	30.7	17.2	8.5		49.5

2.2 土壤有机质的空间分布

2.2.1 渭河沿岸缓冲带内土壤有机质分布特征 沿渭河南北两岸分别设置 3 000 m 缓冲带, 在 3 000 m 缓冲带内分了 100、300、500、800、1 000、2 000、3 000 m 共 7 个缓冲带区; 沿渭河选取 11 个采样断面, 均匀分布在渭河上中下游区域; 根据缓冲带区域内采样点, 计算表层土壤的有机质平均含量, 分析渭河沿岸土壤有机质空间分布特征。

渭河干流南北两岸 3 000 m 缓冲带区土壤有机质含量变化趋势如图 2A 所示, 距河道 1 000 m 范围内, 土壤有机质含量随着距离的增加而增加, 1 000 m 范围外随距离增加而减少或基本不变。因为在河道 1 000 m 范围内 结合对研究区域的实地调查结果分析: 处于水陆交界地带的区域, 被河水迁移带走部分土壤养分; 而较远的区域是近河道的水泥固化带, 由于混凝土河道切断了水土之间的联系和相互作用<sup>[24]</sup>, 植被的水源补给受到限制, 影响河岸边植被生长, 导致土壤有机质含量低; 在远离河道补建有绿化带和防护林地(为了保护河流整体生态环境)或者用于农田耕作, 又使土壤有机质含量升高。而 1 000 m 范围外大多被用于城市建设用地或者未利用地, 使土壤有机质的含量降低。

渭河干流上、中、下游沿岸土壤有机质含量变化趋势如图 2B 所示, 从上游到下游, 渭河南北两岸土壤有机质变化趋势基本一致, 呈“中间低两边高”的趋势。即渭河沿岸的土壤有机质平均含量上游最高, 下游次之, 中游最低。由于渭河上游地势较高, 植被丰富, 特别是山体植被分布密集, 使渭河上游沿岸土壤有机质含量整体偏高; 渭河越往下游, 河道越宽, 便于附近居民就河道区域进行农作物耕种, 渭南市土地主要用于耕地<sup>[25]</sup>, 由于人工施肥、农作物秸秆还田, 使渭河下游沿岸土壤有机质含量相对略高于中

游。而中游, 即西咸一体化高新发展技术区, 西安和咸阳市土地主要是用于建设用地<sup>[25]</sup>(即工业、服务业的发展), 土壤中有有机质主要来源于河道旁防护林地及城市绿地, 故而总体土壤有机质含量最低。

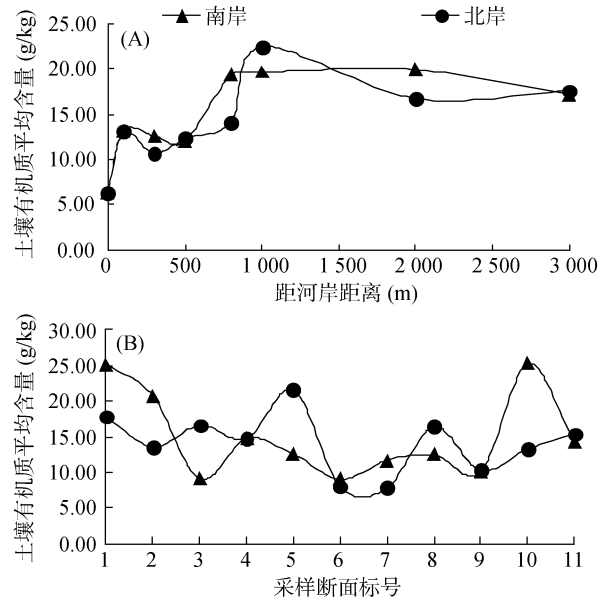


图 2 渭河沿岸土壤有机质含量分布趋势  
Fig. 2 Distribution trends of soil organic matter contents along Weihe River

2.2.2 渭河沿岸土壤有机质分布的影响因子 本文利用 ArcGIS、ENVI 软件对沿渭河干流南北两岸 3 000 m 缓冲区域, 提取采样区的地形因子(高程和坡度)和植被覆盖度(NDVI), 通过 SPSS 19.0 软件计算地形因子(高程和坡度)、植被覆盖度(NDVI)和土壤质地(粉砂和砂粒所占百分比)与土壤有机质的相关系数(表 2), 分析各影响因子对渭河沿岸上、中、下游土壤有机质分布的影响。

表 2 土壤有机质含量与地形因子、NDVI 及土壤质地的相关性

Table 2 Correlations between soil organic matter content with topographic factors, NDVI and soil texture

因子		土壤有机质		
		上游	中游	下游
高程	北	0.725*	0.415	0.630
	南	0.843**	0.399	0.862**
坡度	北	0.225	-0.324	-0.141
	南	-0.523	0.290	-0.374
NDVI	北	0.475	0.182	0.301
	南	0.464	-0.277	0.449
土壤质地 粉砂	北	0.559	0.518	0.537
	南	0.596	0.515	0.466
砂粒	北	-0.559	-0.518	-0.537
	南	-0.517	-0.354	-0.446

注: \* 表示相关性达到  $P < 0.05$  显著水平, \*\*表示相关性达到  $P < 0.01$  显著水平; 粉砂粒: 0.002 ~ 0.02 mm, 砂粒: 0.02 ~ 2mm。

由表 2 可知,土壤有机质含量与高程呈正相关,即随着高程升高,形成比较封闭的土壤环境<sup>[26]</sup>,土壤有机质含量增加,与刘逊等<sup>[26]</sup>、尚斌等<sup>[27]</sup>研究海拔与土壤有机质含量关系的结果一致。在渭河上游南岸,土壤有机质含量与高程因子相关系数高达 0.843,相关性达到显著水平( $P < 0.01$ ),说明高程因子对土壤有机质的影响最为显著。渭河中游土壤有机质含量与高程的相关系数低于渭河下游,研究区域属于关中平原区域,表现为中间地势低两边地势高,这导致中游区域土壤有机质含量与高程的相关性偏低。渭河上游地形复杂多样,海拔高不适于农种或工业开发,形成比较封闭的土壤环境<sup>[26]</sup>,而且山体植被覆盖度高,人为因素影响相对小,使得土壤有机质不易被分解和流失,土壤有机质主要受地势影响较大,故而土壤有机质含量较高;渭河南岸地区发源于秦岭北麓,地势偏高,导致土壤有机质含量偏高。

土壤有机质含量与坡度总体呈负相关,而且土壤有机质含量与坡度的相关程度低于与高程的相关程度,随着坡度增大,土壤有机质含量减少。渭河南岸相关系数的绝对值大于北岸,这是由于渭河南岸发源于秦岭山麓,地势高,坡度大,土壤侵蚀加剧,对有机质含量影响大。已有研究认为土壤有机质含量会随着海拔高度的变化而变化,还受到不同坡度坡向的影响<sup>[31]</sup>,而且地形因素对于气候、生物等因素还有二次分配的影响,进而也会影响土壤有机质的累积和分解<sup>[32]</sup>。一般来说,土壤侵蚀强度随坡度的增大而显著增大,严重的水土流失使土壤贫瘠,缺乏养分<sup>[28]</sup>。

土壤有机质含量与植被覆盖度(NDVI)呈正相关,随着植被覆盖度增加,土壤有机质含量增加。植物群落对土壤理化性质的影响主要是通过增加地面凋落物和地下根系数量用于微生物分解释放养分<sup>[33]</sup>,所以植被影响土壤养分配积和分布。渭河上游主要是山体,植被茂盛,使上游土壤有机质含量增加;渭河下游土壤多用于河道防护林地及耕地,植被覆盖度高,土壤有机质含量高;而渭河中游用于城市发展,土地多用于城市建设用地及工业用地,植被覆盖度低,导致土壤有机质含量偏低。

土壤有机质含量与土壤颗粒中粉砂百分含量呈正相关,与砂粒百分含量呈负相关,随着粉砂粒含量越高,土壤颗粒越细,土壤有机质含量越高;随着砂粒含量越高,土壤颗粒增大,土壤有机质含量降低。土壤质地的组成成分对有机质的赋存状态及其更新特征有直接影响。其中,土壤黏粒具有保持碳的能力,其含量影响外源有机质(有机化合物、植物残体)及其

转化产物的分解速率<sup>[20]</sup>。随着土壤黏粒含量的增加,土壤有机碳和土壤微生物量碳也增加,这是黏土矿物对有机质进行吸附与保护的结果。粉粒具有一定的黏结性、黏着性、可塑性和胀缩性,比表面积比砂粒大,吸持性能增强,养分含量比砂粒高。砂粒矿物组成主要是石英等原生矿物,颗粒较粗,比面较小,吸持性较弱,无黏结性和胶着性,表现松散,粒间孔隙较大,通透性良好,所吸附和保护矿质养分较低<sup>[34]</sup>。而且从相关系数值可知沿着河流自上而下,土壤颗粒越粗,土壤有机质含量降低,与赵业婷等<sup>[13]</sup>、李婷等<sup>[29]</sup>、李玲等<sup>[30]</sup>研究结果一致。但是渭河土壤有机质含量下游比中游高,这是因为随着河道加宽可利用地增加,而且下游地势平坦,土壤质地主要是砂质壤土,土壤透气性好,适宜于农作物耕种,同时增大了植被覆盖度,导致土壤有机质含量偏高;而且由于受人类活动(如农作物秸秆还田、人工施肥等)的影响改变了土壤养分和土壤质地,也使得土壤中有机质含量偏高。张志国等<sup>[35]</sup>研究表明在砂壤土上施用有机肥对土壤肥力的改良和保持更有效。而渭河中游,即西咸一体化高新发展技术区,土地主要是用于工业、服务业的发展,土壤主要受该地区的城市发展影响,而受地形因子、植被覆盖度和土壤质地的影响较小,而且土壤有机质主要来源于河道旁防护林地及城市绿化,这些区域分布区域局限且较少,故而总体土壤有机质含量最低。

### 3 结论与建议

本文以实地调查、GIS 技术为支撑,通过实验数据、数字高程模型数据处理,分析渭河沿岸南北不同缓冲带区内土壤有机质的分布特征,并研究不同影响因素与土壤有机质的相关性,评价各因子对土壤有机质分布规律的影响,为渭河沿岸生态环境保护与土地治理提供理论依据。研究区内有机质平均含量偏低,在 800 ~ 1 000 m 缓冲带区,有机质含量最高达到 62.3 g/kg。渭河流域地形特点为西高东低<sup>[15]</sup>,自西向东地势逐渐变缓,河谷变宽,土壤质地随着离河岸距离而变化,从而影响土壤有机质的赋存能力。渭河南岸土壤有机质平均含量略高于北岸,而且沿岸土壤有机质平均含量上游最高,下游次之,中游最低。土壤有机质与高程、植被覆盖度(NDVI)和土壤质地中粉砂百分含量呈正相关;而土壤有机质与坡度、土壤质地中砂粒百分含量呈负相关,其中高程因子与土壤有机质表现为显著相关性。

通过研究渭河沿岸土壤有机质的分布特征及影

响因子,对渭河沿岸生态环境的保护及治理提供理论依据。本文针对不同缓冲带内土壤状况提出不同生态修复措施:在距河道 0~100 m 范围内,属于河流陆交界地带,植被的恢复能够保护河岸不受河水冲刷,例如,种植芦苇可以增加河岸稳定性,有助于建立良好的河流水陆交错带生态系统<sup>[36]</sup>;在距河道 100~1 000 m 范围内,对近河道地区应加强河道绿化防护,建设生态公园,使河流自然景观丰富,增强河流景观效果,同时保护河流生态环境不受周边地区人类活动的影响。特别是渭河中游属于经济发展高新区,经济发展为主,同时从土壤有机质含量最低能够看出长期忽略对河流生态环境的保护;渭河下游主要用于农作物种植,合理耕种方式,可以提高土壤肥力甚至延长土地使用寿命;下游河道加宽,在利用河道有利地形的同时,更要加强近河道的防护,保护河流不受周边耕地的影响,防止引发河流水质污染;在距河道 1 000 m 范围外,土地利用方式多样化,在考虑城市发展的同时要保护好生态环境,加强城市或者居住环境的绿化情况;当超过生态环境自我修复能力时,可采取“草灌先行、以草促树、草灌乔结合”的人工强化治理措施<sup>[23]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 32-39
- [2] 王世发. 齐齐哈尔地区土壤有机质含量的测定及分析[J]. 齐齐哈尔大学学报, 2008, 24(3): 75-76
- [3] 赵明松, 张甘霖, 李德成, 等. 江苏省土壤有机质变异及其主要影响因素[J]. 生态学报, 2013, 33(16): 5058-5066
- [4] White D M, Garland D S, Ping C L, et al. Characterizing soil organic matter quality in arctic soil by cover type and depth[J]. Cold Regions Science and Technology, 2004, 38: 63-73
- [5] Hofman J, Dusek L. Biochemical analysis of soil organic matter and microbial biomass composition—A pilot study[J]. European Journal of Soil Biology, 2003, 39: 217-224
- [6] Gonzalez-Perez J A, Gonzalez-Vila F J, Almendros G, et al. The effect of fire on soil organic matter—A review[J]. Environment International, 2004, 30: 855-870
- [7] Reintam L, Kaar E, Rooma I. Development of soil organic matter under pine on quarry detritus of open-cast oil-shale mining[J]. Forest Ecology and Management, 2002, 171: 191-198
- [8] O'Brien N D, Attiwill P M, Weston C J. Stability of soil organic matter in *Eucalyptus regnans* forests and *Pinus radiata* plantations in south eastern Australia[J]. Forest Ecology and Management, 2003, 185: 249-261
- [9] Goñi M A, Moore E, Kurtz A, et al. Organic matter compositions and loadings in soils and sediments along the Fly River, Papua New Guinea[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2014, 140: 275-296
- [10] Burk J H, Jones C E, Ryan W A, et al. Floodplain vegetation and soils along the upper Santa Ana River, San Bernardino County, California[J]. Madroño, 2007, 54(2): 126-137
- [11] 吴乐知, 蔡祖聪. 中国土壤有机质含量变异性与空间尺度的关系[J]. 地球科学进展, 2006, 21(9): 966-972
- [12] 黄安, 杨联安, 杜挺, 等. 基于多元成土因素的土壤有机质空间分布分析[J]. 干旱区地理, 2015, 38(5): 995-1003
- [13] 赵业婷, 常庆瑞, 李志鹏. 1983 - 2009 年西安市郊区耕地土壤有机质空间特征与变化[J]. 农业工程学报, 2013, 29(2): 132-140
- [14] 许晓. 陕西省渭河流域的水资源保护与水污染防治[J]. 地下水, 2002, 29(2): 17-19
- [15] 程三友, 王红梅, 李英杰, 等. 渭河水系流域地貌特征及其成因分析[J]. 地理与地理信息科学, 2011, 27(3): 45-49
- [16] 张志国, 吴普特, 汪有科. 人为活动对渭河沙质土土壤肥力的影响研究[J]. 水土保持研究, 2004, 11(2): 110-112
- [17] 宋维念, 占车生, 李景玉, 等. 近 30 年来渭河关中地区土地利用时空格局的遥感分析[J]. 中国土地科学, 2012, 26(2): 56-61
- [18] 张文博, 张福平, 苏玉波, 等. 渭河干流沿岸土壤有机质空间分布特征及其影响因素[J]. 水土保持通报, 2014, 34(1): 138-143
- [19] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 166-187
- [20] 陈庆强, 沈承德, 彭少麟, 等. 华南亚热带山地土壤有机质更新特征及其影响因子[J]. 生态学报, 2002, 9(9): 1446-1454
- [21] 吴雪梅, 塔西甫拉提·特依拜, 买买提·沙吾提, 等. 干旱区绿洲土壤含水量季节性变异分析——以于田绿洲为例[J]. 干旱区地理, 2014, 37(2): 349-355
- [22] 秦承志, 杨琳, 朱阿兴, 等. 平缓地区地形湿度指数的计算方法[J]. 地理科学进展, 2006, 25(6): 87-95
- [23] 马华. 红壤丘陵区林地生态修复植被覆盖度阈值分析[D]. 北京: 北京林业大学, 2014: 6-37
- [24] 龙笛, 潘巍. 河流保护与生态修复[J]. 水利水电科技进展, 2006, 26(2): 21-25
- [25] 冯惠娟. 陕西省土地集约利用与经济协调发展的时空差异分析[D]. 西安: 西北大学, 2014: 15-16
- [26] 刘逊, 邓小华, 周米良, 等. 湘西植烟土壤有机质含量分布及其影响因素[J]. 核农学报, 2012, 26(7): 1037-1042
- [27] 尚斌, 邹焱, 徐宜民, 等. 贵州中部山区植烟土壤有机质含量与海拔和成土母质之间的关系[J]. 土壤, 2014, 46(3): 446-451
- [28] 张慧文, 马剑英, 陈发虎, 等. 乌鲁木齐雅玛里克山污水灌溉土壤肥力的空间变异研究[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(8): 185-191
- [29] 吴鹏飞. 川东平行岭谷区土壤有机质时空变异特征研究——以达县为例[D]. 重庆: 西南大学, 2011: 2-3

- [30] 连纲, 郭旭东, 傅伯杰, 等. 黄土丘陵沟壑区县域土壤有机质空间分布特征及预测[J]. 地理科学进展, 2006, 25(2): 112–122
- [31] 张兴昌, 邵明安. 植被覆盖度对流域有机质和氮素径流流失的影响[J]. 草地学报, 2000, 8(3): 198–203
- [32] 张文博. 基于 GIS 的渭河流域西咸段土壤重金属空间分析与污染评价[D]. 西安: 陕西师范大学, 2014: 24–25
- [33] 李婷, 张世熔, 刘浔, 等. 沱江流域中游土壤有机质的空间变异特点及其影响因素[J]. 土壤学报, 2011, 48(4): 863–868
- [34] 李玲, 张少凯, 吴克宁, 等. 基于土壤系统分类的河南省土壤有机质时空变异. 土壤学报, 2015, 52(5): 979–990
- [35] 张志国, 吴普特, 汪有科. 人为活动对渭河沙质土土壤肥力的影响研究[J]. 水土保持研究, 2004, 11(2): 110–112
- [36] 朱明石. 河流生态修复技术概述[J]. 广东化工, 2013, 40(13): 135–136

## Distribution Characteristics and Influential Factors of Soil Organic Matter Content at Buffer Zone Along Weihe River

ZHANG Zhizhi<sup>1,2</sup>, ZHANG Fuping<sup>1,2\*</sup>, YAN Yuchao<sup>1,2</sup>, WANG Huwei<sup>1,2</sup>

(1 College of Tourism and Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China;

2 National Demonstration Center for Experimental Geography Education (Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China))

**Abstract:** In order to provide theoretical bases for the rational management and remediation of ecological environment along the Weihe River in Shaanxi, this study targeted at 3000 m-buffer zone along the Weihe River and the spatial distribution characteristics of soil organic matter (SOM) content and its influential factors were analyzed by field survey and laboratory measurement with the application of GIS, ENVI, SPSS and other software. Results showed that SOM content was low along the Weihe River, meanly ranged from 6.3 to 22.5 g/kg; On both north and south sides along the Weihe River, SOM content increased within 1 000 m away from the river bank, and then reduced or remained unchanged outside 1 000 m range; The average SOM content was highest in upstream, followed by downstream and by midstream. Topographic factors (elevation, slope), NDVI and soil particle composition were influential factors of SOM. SOM had positive correlations with elevation, NDVI and silt percentage, while it had negative correlations with slope and silt percentage.

**Key words:** The Weihe River; Buffer zone; Soil organic matter (SOM); Influential factors