

# 西气东输河南至上海工程段沿线土壤扰动及其对农田生态系统的影响

郭丽新<sup>1,2</sup>, 郭书海<sup>1</sup>, 冷延慧<sup>1</sup>, 孙铁珩<sup>1</sup>

(1. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 辽宁 沈阳 110016; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘要:**通过对西气东输工程河南—上海段沿线的土壤和植被进行勘察、取样和测试, 分析同一地点作业带和非作业带的土壤质量状况、农作物的生长对比情况, 进而分析工程施工过程中对土壤扰动的情况, 及其给农田生态系统带来的影响。结果表明, 在施工过程中, 机械装置对土壤产生的压实效应及弃土弃渣的堆放等, 对土壤生态环境带来一定的破坏, 土壤质量有不同程度的下降, 进而影响了作物的生长, 使相关的生态系统也遭到不同程度的破坏。提出了应加大对作业带土壤有机肥(尤其是作物秸秆)的施用, 以改善、恢复和提高土壤生态环境质量。

**关键词:**土壤质量; 农田生态系统; 生态恢复; 工程; 土壤扰动

**中图分类号:**X83 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2004)03-0536-04

## Soil Disturbance and Its Impact on Farmland Ecosystem in the Henan – Shanghai Section of Gas Pipeline Project from West to East

GUO Li-xin<sup>1,2</sup>, GUO Shu-hai<sup>1</sup>, LENG Yan-hui<sup>1</sup>, SUN Tie-heng<sup>1</sup>

(1. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China; 2. Graduate school of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

**Abstract:** During construction of West – East Gas Pipeline Project, it has been found that vegetation, soil and landscape were disturbed in a large scale along the pipeline. In the section from Henan to Shanghai along the pipeline of the Project, 90% of the total areas are farmland ecosystem. This paper mainly analyzed soil disturbance and its impacts on farmland ecosystem. In this study, 16 soil samples were taken from 4 different spots both in operational region and in non – operational region. Of these samples, 8 were taken from 0 ~ 20 cm and the others were from 20 ~ 40 cm. The results showed that in the 0 ~ 20 cm layer of operational region, organic carbon reduced by 19%, soil total nitrogen content reduced by 23%, and the total phosphate reduced by 43%, compared to the non – operational region. In 20 ~ 40 cm layer, the total nutrient also decreased obviously. As to the available nutrients, Hydrolysable – N decreased severely in operational region. During the construction of the Project, the cultivated layer might have been mixed with the sub – layer, and forth, soil chemical properties in operational region were impacted severely, soil quality and fertility decreased. 6 rice samples of 1m × 1m area were tested on the spot in paddy field in 3 different spots, in both operational region and non – operational regions. The result showed that the height of rice was 25% higher in non – operational region than in operational region, the density was 27% heavier and the number of tillering was 27% more in non – operational region than in operational regions. Obviously, the growing status of rice was better in non – operational region than in operational region, indicating that the construction of the pipeline disturbed the soil along the pipeline, and the deteriorated soil quality had a directly negative influence on rice growth. Based on the study, several reasonable and effective measures were suggested to improve soil quality, the soil eco – environment should be improved; more organic fertilizer should be applied to the soils and straw should be put back to the field.

**Keywords:** soil quality; farmland ecosystem; ecoenvironment recover; project; soil disturbance

西气东输工程线路长, 规模大, 沿线地貌类型由

山区、丘陵过渡到平原, 工程建设过程中大量扰动地表, 破坏植被和土壤<sup>[1,2]</sup>。而土壤是复杂的生物环境, 是陆地生态系统的重要组成部分。植被生长与土壤的生态环境有密切联系<sup>[3-5]</sup>。农田生态系统是一个具有一定结构、功能和自然调节机制的动态开放系统, 是

收稿日期: 2003-11-14

基金项目: 中国天然气股份有限公司科学研究与技术开发项目课题;  
国家重点基金项目(20337010)

作者简介: 郭丽新(1976—)女, 硕士, 主要从事区域生态环境研究。

E-mail: annguoli@sohu.com

一个相对稳定的整体。良好的农田生态系统是实现农业持续发展的重要保证<sup>[6-8]</sup>。2002 年 7 月,对西气东输工程河南至上海段工程沿线的土壤、植被等生态环境状况进行了野外采样考察研究。本文着重探讨工程施工对土壤的扰动情况及其对农田生态系统的影响。

## 1 概况与方法

### 1.1 研究地区概况

本研究地是西气东输工程中的河南—上海段管道沿线地区,途经河南、安徽、江苏、上海 3 省 1 市的 32 个市、县。研究范围是管道左右各 20 km 内的地区。这一地区的主要土壤类型是水稻土和潮土。农田生态系统占地面积是最大、分布最广的生态系统类型,其面积占本研究地区总面积的 90% 以上。除河南和安徽有些地区分布有林地外,其它均为农田林网及农作物和经济作物植被。

### 1.2 工程施工对土壤的扰动

健康或质量好的土壤是净化空气和水环境的过滤器,是有机物分解与植物养分循环的最终受体<sup>[9,10]</sup>。土壤质量是土壤的许多物理、化学和生物学性质,以及形成这些性质的一些重要过程的综合体,是土壤支持生物生产能力、净化环境能力和促进动植物和人类健康能力的集中体现<sup>[11-16]</sup>。

由于在管道施工过程中均采用大型机械作业,这对于作业带内的土壤势必产生压实效应,压实作用直接影响了作物生长所需的土壤物理环境,降低了土壤肥力<sup>[3]</sup>。同时由于直径近 1 m 的输气管道的埋入,要求所挖出土方回填后保持与原地面一致,这必然要用大型机械进行镇压夯实,所有这些都将直接影响土壤的结构和孔隙状况,导致土壤结构体特别是良性结构体的破坏和土壤通气孔隙的减少,破坏土壤中原有的有机质及养分间的平衡。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 土壤样品

分别在水稻土(江苏省无锡市后宅镇和常州市罗溪镇)和潮土(江苏省南京市新集镇和河南省淮阳市王店乡)4 个取样点的作业带和非作业带分层取样,共采 16 个样,取样深度具体为 0~20 cm, 20~40 cm。对土壤样品全量养分和速效养分进行测试。

#### 1.3.2 水稻样品

对江苏省的垢城河垢城村、罗溪镇东榭村和无锡市后宅镇 3 个取样点回填后水田(作业带)与原水田

(非作业带)的水稻进行 1 m × 1 m 的样方测量,共测 6 个样方,对每个样方水稻的株高、密度和分蘖数分别进行测量。

## 2 结果与分析

### 2.1 工程施工对土壤的影响

#### 2.1.1 有机碳和全量养分

表 1~表 4 分别列出了 4 个取样点作业带和非作业带土壤中有有机碳和全量养分的测试分析数据。从这几个表中的数据可以看出:

(1) 4 个样点中作业带土壤里有机碳和全量养分的含量普遍比非作业带的低,只有极少数例外(如常

表 1 作业带与非作业带土壤全量养分状况对比  
(无锡市后宅镇, g · kg<sup>-1</sup>)

Table 1 Total nutrient comparison between operational region and non-operational region

土层 /cm	作业带					非作业带				
	有机碳	全氮	全磷	全钾	均值	有机碳	全氮	全磷	全钾	均值
0~20	13.41	1.80	1.32	16.00	8.13	16.83	2.10	2.92	18.28	10.03
20~40	8.60	1.60	2.77	16.17	7.29	11.48	2.20	3.92	19.51	9.28

表 2 作业带与非作业带土壤全量养分状况对比  
(常州市罗溪镇, g · kg<sup>-1</sup>)

Table 2 Total nutrient comparison between operational region and non-operational region

土层 /cm	作业带					非作业带				
	有机碳	全氮	全磷	全钾	均值	有机碳	全氮	全磷	全钾	均值
0~20	10.48	3.20	2.58	20.56	9.21	13.59	4.20	2.67	18.98	9.86
20~40	8.39	3.40	3.48	20.21	8.87	8.97	3.10	3.13	20.38	8.90

表 3 作业带与非作业带土壤全量养分状况对比  
(南京市新集镇, g · kg<sup>-1</sup>)

Table 3 Total nutrient comparison between operational region and non-operational region

土层 /cm	作业带					非作业带				
	有机碳	全氮	全磷	全钾	均值	有机碳	全氮	全磷	全钾	均值
0~20	8.34	2.90	2.26	20.91	8.60	8.24	3.30	4.28	18.98	8.70
20~40	6.20	3.20	3.22	19.16	7.95	7.57	3.12	3.84	17.58	8.03

表 4 作业带与非作业带土壤全量养分状况对比  
(淮阳市王店乡, g · kg<sup>-1</sup>)

Table 4 Total nutrient comparison between operational region and non-operational region

土层 /cm	作业带					非作业带				
	有机碳	全氮	全磷	全钾	均值	有机碳	全氮	全磷	全钾	均值
0~20	8.429	3.803	3.22	19.68	8.78	9.861	5.00	3.56	21.08	10.63
20~40	—	—	—	—	—	2.138	3.20	4.13	21.96	7.86

州市罗溪镇非作业带 0~20 cm 的全钾含量 18.98  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 比作业带的 20.56  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  低)。

(2) 4 个取样点作业带 (0~20 cm) 土壤层有机质含量比非作业带的平均降低了 19%, 全氮降低 23%, 全磷降低 43%, 全钾降低不明显。

(3) 前 3 个样点 (20~40 cm) 土壤层有机质含量平均降低了 21%, 全氮降低 3%, 全磷降低 15%, 全钾降低也不明显。从总体上来说, 作业带的土壤受到来自机械装置压实等的扰动后, 物理化学性质受到了很大的影响, 土壤质量和土壤肥力明显降低。

作业带土壤有机碳和全量养分普遍降低, 其原因可能是由于采样地点均为农田, 经过长期的耕作, 表层土壤的养分含量较高, 管线建设对于土壤的扰动, 使得原上部肥沃土壤与下部非肥沃的土壤相混, 因此作业带与非作业带土壤相比, 有机碳含量和全量养分含量普遍降低。

### 2.1.2 速效养分

表 5 至表 8 是 4 个采样点作业带和非作业带土壤速效养分的分析对比情况。从表中的数据看, 作业带土壤中的速效养分与非作业带的相比, 有的升高, 有的降低。其中, 作业带中碱解氮含量比非作业带的普遍都降低; 而速效磷和速效钾有的升高有的降低。

碱解氮减少的原因与全量养分相同。

速效磷在水稻土的作业带与非作业带相比有所增加, 其原因是下部土壤长期处于淹水还原条件, 磷素以磷酸亚铁的形式存在, 有效性含量相对较高, 在工程施工过程中, 土体下部速效磷(磷酸亚铁)含量高的土壤与上部土壤相混, 因此速效磷含量有增加的趋势, 但随着时间的推移, 磷酸亚铁被氧化为磷酸铁, 这一现象会很快消失, 其达到新平衡的时间估计在 1~2 年里即可完成。

速效磷在潮土上因不具备水稻土下部较强的还原条件, 土体上下部之间氧化还原电位差值不大, 磷酸亚铁效应并不显著, 管线建设对于土壤速效磷影响的结果主要取决于上下部土壤肥沃度的差值, 所以表现为作业带与非作业带相比土壤速效磷的含量降

表 5 作业带与非作业带土壤速效养分状况对比

(无锡市后宅镇,  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

Table 5 Available nutrient comparison between operational region and non-operational region

深度 /cm	作业带				非作业带			
	碱解氮	速效磷	速效钾	均值	碱解氮	速效磷	速效钾	均值
0~20	50.50	42.84	71.28	54.873	102.90	14.82	83.51	67.077
20~40	80.85	4.87	75.44	53.72	110.25	6.68	55.47	57.467

表 6 作业带与非作业带土壤速效养分状况对比

(常州市罗溪镇,  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

Table 6 Available nutrient comparison between operational region and non-operational region

深度 /cm	作业带				非作业带			
	碱解氮	速效磷	速效钾	均值	碱解氮	速效磷	速效钾	均值
0~20	73.50	29.28	96.43	66.403	84.00	18.43	85.22	62.550
20~40	220.5	31.99	82.30	111.597	59.50	40.13	68.44	56.023

表 7 作业带与非作业带土壤速效养分状况对比

(常州市罗溪镇,  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

Table 7 Available nutrient comparison between operational region and non-operational region

深度 /cm	作业带				非作业带			
	碱解氮	速效磷	速效钾	均值	碱解氮	速效磷	速效钾	均值
0~20	22.05	12.28	38.80	24.377	77.00	37.41	282.08	132.163
20~40	75.00	10.30	55.09	46.797	88.20	13.19	102.07	67.820

表 8 作业带与非作业带土壤速效养分状况对比

(淮阳市王店乡镇,  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

Table 8 Available nutrient comparison between operational region and non-operational region

深度 /cm	作业带				非作业带			
	碱解氮	速效磷	速效钾	均值	碱解氮	速效磷	速效钾	均值
0~20	22.05	19.34	84.14	41.843	80.85	7.40	115.96	68.070
20~40	—	—	—	—	58.80	9.57	80.62	—

低。但是, 当地群众在管线建设后增施较多的磷肥, 也可能作业带土壤速效磷的含量升高, 如淮阳市王店乡。

土壤的全钾、速效钾的含量主要取决于土壤母质类型, 同时人们尚无在农田作物上施用钾肥习惯, 管线建设对于土壤全钾和速效钾的含量影响不显著。

## 2.2 土壤扰动对工程沿线水稻生长的影响

由于西气东输河南—上海段沿线所经过的生态系统中, 有 90% 以上的面积都是农田生态系统。因此, 本文主要研究的是土壤破坏对农田生态系统产生的影响。工程施工对土壤产生的压实效应已经给工程沿线水稻的实际生长带来了明显的影响。

表 9 是工程沿线江苏省的垢城河垢城村、罗溪镇东榭村和无锡市后宅镇 3 个采样点。回填后, 水田(作业带)与原水田(非作业带)水稻株高、密度和分蘖数的对比情况。3 个采样点原田水稻的平均株高为 60 cm, 回填后的为 48 cm, 原田的株高平均值比回填后高 25%; 3 个采样点原田水稻的平均密度为 28 个  $\cdot \text{m}^{-2}$ , 回填后的为 22 个  $\cdot \text{m}^{-2}$ , 原田的密度平均值比

回填后多 27%；分蘖数也有类似的比较情况，原田的分蘖数的平均值为 19 个·株<sup>-1</sup>，回填后为 15 个·株<sup>-1</sup>，原田的分蘖数平均值比回填后多 27%。

从以上的分析数据来看，在水热相同的条件下，工程施工使土壤耕层受到扰动，土壤的理化性质等遭到破坏，进而直接影响了农作物（水稻）的生长，从比较数据来看，其影响是很明显的。

表 9 回填田地与原田地水稻株高、密度和分蘖数对比

Table 9 Comparison of paddy growth on operational region and non-operational region

采样地点	1 垢城河垢城村		2 罗溪镇东榭村		3 无锡市后宅镇	
	回填后	原田	回填后	原田	回填后	原田
株高/cm	65	80	40	50	40	50
密度/个·m <sup>-2</sup>	27	30	26	28	13	25
分蘖数/个·株 <sup>-1</sup>	17	18	15	20	13	20

### 3 讨论

土壤生态环境的改善可以提高土壤质量，既保护了水土，又保护了耕地，提高了土壤肥力<sup>[17]</sup>。而土壤质量的提高必然促进作物的生长，促进农业生态系统的发展。相反，土壤生态环境遭到破坏，土壤质量降低，势必影响农作物的生长，降低其产量，最终阻碍农业生态系统的发展。在管道施工过程中，机械装置行走对土壤产生的压实效应，弃土弃渣的堆放等，对土壤生态环境都带来了一定的破坏，土壤质量都有不同程度的降低。相关的生态系统也遭到了不同程度的破坏。

土壤质量对农业的可持续性的影响最为直接、深刻和长远<sup>[14]</sup>。提高土壤质量是农业和人类社会持续发展的需求。不断提高土壤肥力质量是确保农业高产优质的基础，努力改善土壤环境质量是确保土壤（水及空气）等资源可持续利用的关键<sup>[11]</sup>。

为使工程施工产生的土壤压实效应尽快消失，应加大对于作业带土壤的有机肥投入。施用有机肥能有效提高土地的土壤肥力<sup>[18]</sup>。土壤有机质含量的增加不仅对于土壤团粒结构的恢复，减轻压实效应有益处，而且利于消除和减轻亚铁毒害效应，再者有机物质的分解能够向土壤和农作物提供营养，能够减轻或削弱管线建设对于农作物的减产幅度。

秸秆是改善土壤物理性质最好的有机肥料之一，虽对土壤中速效磷的含量无贡献，但可适当增加碱解

氮、速效钾的含量，可较大程度提高土壤的有机质含量，提高作物产量。足够的养分投入可保持土壤肥力，保障土壤生产力<sup>[19]</sup>。根据工程沿线各类型土壤中养分的升降情况进行合理的施用，以尽快提高土壤质量，促进农作物产量的恢复<sup>[20]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 李仁华, 杜左华. 西气东输工程郑州至上海段水土流失及防治措施[J]. 水土保持研究, 2002, 24(2): 28-29.
- [2] 阳光, 罗心, 高立群. 西气东输沿线水土腐蚀勘测方法[J]. 腐蚀与保护, 2003, 24: 29-31.
- [3] 孙忠英, 李宝筏. 农业机器行走装置对土壤压实作用的研究[J]. 农业机械学报, 1998, 29(3): 172-174.
- [4] 杨长明, 杨林章, 颜廷梅. 不同养分和水分管理模式对土壤生态环境影响[J]. 农村生态环境, 2002, 18(3): 11-15.
- [5] 张合平, 刘云国. 环境生态学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001, 13-19.
- [6] 林葆, 林继雄, 李家康. 长期施肥的土壤肥力与农作物产量变化[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1996, 1-179.
- [7] 吕家珑, 李祖荫. 旱地土壤培育研究[J]. 西北农业大学学报, 1993, 21(增刊): 61-66.
- [8] 吕家珑, 张一平, 王旭东. 农田生态对土壤肥力的保护效应[J]. 生态学报, 2001, 21(4): 613-616.
- [9] 刘晓冰, 邢宝山. 土壤质量及其评价指标[J]. 农业系统科学与综合研究, 2002, 18(2): 109-112.
- [10] 孙铁珩, 周启星, 李培军. 污染生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2001, 136-143.
- [11] 曹志洪. 解译土壤质量演变规律, 确保土壤资源持续利用[J]. 世界科技研究与发展, 2001, 28-32.
- [12] 董广辉, 武志杰, 陈利军. 生态农业对土壤质量变化的响应[J]. 农业系统科学与综合研究, 2001, 17(3): 190-192.
- [13] 齐伟, 张凤荣, 牛振国. 土壤质量时空变化一体化评价方法及其应用[J]. 土壤通报, 2003, 34(1): 1-5.
- [14] 张华, 张甘霖. 土壤质量指标和评价方法[J]. 土壤, 2001, 6: 326-333.
- [15] 张桃林, 潘剑君, 赵其国. 土壤质量研究进展与方向[J]. 土壤, 1999, 1: 1-7.
- [16] 赵其国, 孙波, 张桃林. 土壤质量与持续环境 I. 土壤质量的定义及评价方法[J]. 土壤, 1997, 3: 113-120.
- [17] 崔玉亭. 化肥与生态环境保护[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000, 1-3.
- [18] 艾天成, 李方敏, 万健民. 不同有机肥对土地平整后土壤肥力及水稻生育的影响[J]. 湖北农学院学报, 2002, 22(3): 206-209.
- [19] 高超, 张桃林, 吴蔚东. 太湖地区农田土壤养分动态及其启示[J]. 地理科学, 2001, 21(5): 428-432.
- [20] 杨京平, 卢剑波. 生态恢复工程技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002, 6-7.