

污染的灌溉水对农田土壤养分平衡的作用与影响

胡海燕, 王益权, 张育林, 孙 蕾, 徐 海

(西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 灌溉水体的质量会直接影响到土壤有机碳及其养分平衡。本研究以陕西交口抽渭灌区农田土壤有机碳及养分变异状况为主要研究内容, 以土壤发生类型一致和土地利用及其管理水平基本一致的井水灌溉和非灌溉农田土壤为对照, 逐层分析了各灌溉处理土壤剖面 0~100 cm 范围有机质及主要养分含量, 结果显示: 长期用污染渭水灌溉的农田土壤有机质、碱解氮、速效磷和速效钾等含量均有极为显著的增加, 0~20 cm 土层为养分富集区域, 其中有机质、碱解氮、速效磷、速效钾分别为 24.92 g/kg、108.26 mg/kg、155.45 mg/kg、353.72 mg/kg, 比井灌区土壤分别增加了 40.68%、44.98%、116.92% 和 44.27%, 比不灌区土壤分别增加了 35.74%、35.69%、189.27% 和 122.35%。试验资料充分证明, 长期用污染渭水灌溉的土壤呈现出了明显的富营养化问题, 其中磷、钾含量严重过剩, 在制定土壤管理和科学施肥方面应给予高度重视。

关键词: 污水灌溉; 有机质; 碱解氮; 速效磷; 速效钾

中图分类号: X503.231 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)05-0129-04

我国水资源严重不足是农业用水的主要限制因素之一, 同时, 作为灌溉水源的各地河流均不同程度地被污染, 由于目前污染治理相对滞后, 污水处理率偏低, 污水排放很难控制等原因, 在今后一段时间内农业生产仍不得不用受污染河水进行灌溉。

将工业和生活污水用于农田灌溉在世界上许多地方有近百年历史。污水用于农田灌溉虽然可以解决城市污水排放和农业用水的水源问题^[1], 但是长期用污水灌溉对土壤质量会有不同程度的影响。首先, 可能导致土壤受到重金属等污染物威胁; 其次, 被污染的灌溉水因工农业生产中带入大量的无机物质和有机物质, 特别是含氮有机物质, 既可能成为农田灌溉的肥水资源, 改善土壤肥力水平, 也可能因为灌溉水中含氮量过多导致作物贪青倒伏和硝态氮在作物体内过量积累^[2], 影响人体健康; 被污染的灌溉水中含有很多有机质、氮、磷、钾等物质, 长期灌溉既可能提高土壤营养物质的含量, 也可能因污水给土壤带来大量氮、磷、钾等营养元素, 造成土壤富营养化^[1]。为此, 长期以来关于污水灌溉以及灌溉水质对土壤质量以及对于粮食安全等影响研究一直是土壤学、环境科学以及农田水利科学研究的重要课题。已有的研究成果多为水体中重金属含量对土壤质量的影响, 污水中有机污染物质和营养物质对土壤质量的影响研究尚显欠缺。虽然已有研究指出, 污水中含有的一些物质对改善土壤的营养状况和物理状

况有一定的帮助, 但是, 较长时期的污水灌溉对土壤有机质累积以及对土壤中养分的影响研究还是相对欠缺的^[3-5]。所以, 研究长期污水灌溉过程中土壤有机质累积状况和对土壤速效养分的影响, 将对合理利用污水灌溉, 解决污水排放具有极其积极的科学意义。

本试验以长期用污染的渭水灌溉的陕西交口灌区农田土壤为研究对象, 同时选取土壤类型、耕作管理水平类同, 但以井水灌溉和不灌溉的农田土壤作对照, 企图揭示长期用受到严重污染的渭水灌溉对于农田土壤主要养分平衡的作用与影响, 以便为渭河水体的灌溉效益及风险性评价提供科学依据, 同时也为农田土壤科学管理与施肥提供科学依据。

1 材料与方法

试验设了长期用污染渭水灌溉、井水灌溉和不灌溉 3 种农田土壤处理, 其中长期用受污染的渭水灌溉土壤样品采自关中地区交口灌区农田, 并在邻近采集了与之土壤发生类型一致、耕作管理水平基本相同的井水灌溉和不进行灌溉农田土壤作为试验对照, 以探求长期用受污染河水灌溉对农田土壤养分平衡的作用与影响。

试验于 2008 年 11 月中旬在灌区采集土壤耕层样品和土壤剖面样品, 土壤剖面样品分别按照 0~

收稿日期: 2010-01-10

基金项目: 陕西省农业科技推广项目“2008 关中灌区小麦玉米优质高效栽培模式试验与示范”(4130202、11203533)

作者简介: 胡海燕(1985—), 女, 甘肃嘉峪关人, 硕士研究生, 从事土壤质量演变趋势研究。E-mail: hhy_198503@163.com。

通讯作者: 王益权(1957—), 男, 陕西旬邑人, 教授, 博导, 从事土壤物理与改良教学科研工作。E-mail: soilphysics@163.com。

10 cm, 10~20 cm, 20~40 cm, 40~60 cm, 60~80 cm, 80~100 cm 进行采集, 随机采集了 6 个长期用污染渭河水灌溉的土壤剖面样, 3 个用井水灌溉的剖面样和 2 个不进行灌溉的土壤剖面样。

土壤有机质含量测定用丘林法; 土壤碱解氮含量用扩散法; 土壤速效磷含量用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提, 钼蓝比色法 (Olsen 法); 土壤速效钾含量采用 1 mol/L NH₄OAC 浸提, 火焰光度计法^[6]。所有分析试验均重复 3 次。

数据处理与统计分析采用 Excel 2003 和 SPSS 13.0。

2 结果与讨论

2.1 灌溉水质与农田土壤有机质累积关系

有机质是土壤的重要组成部分^[7], 是衡量土壤肥力的重要指标之一^[8], 在土壤发生、分类和农业土壤肥力等方面的研究中具有极为重要意义。土壤有机质累积情况不仅依赖于自然环境条件, 更重要的是依赖于农田土壤中有机物质的投入情况^[8]。流经陕西关中地区的渭河由于受到周边城市生活污染的影响, 河水中有有机污染较为明显, 长期用该水体进行农田灌溉, 势必会增加土壤中有机物质的投入、增强土壤有机质的累积。

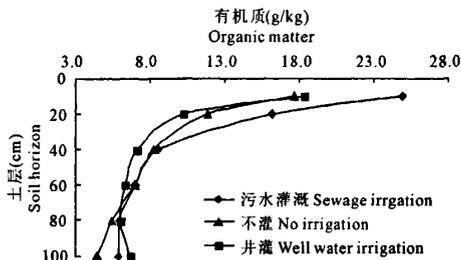


图 1 灌溉水质与土壤剖面有机质关系

Fig. 1 Relationship between irrigation water quality and organic matter in soil profile

从图 1 不同水质灌溉农田土壤有机质含量的剖面分布中可以看出, 该地区受耕作和施肥以及灌溉的综合影响, 剖面上 0~40 cm 范围内土壤有机质累积一般较为明显, 而在 40~100 cm 范围主要受成土母质影响, 有机质含量明显偏小。同时由图 1 可以得出, 受灌溉水质的作用与影响, 表层 0~40 cm 土壤有机质累积程度差异较为明显。用污染水灌溉的土壤有机质明显高于井水灌溉和不灌溉土壤。长期用污染水灌溉的土壤, 表层 0~10 cm 有机质的含量已高达 24.9 g/kg, 不仅比底层 40~100 cm 高出了 3~4 倍, 而且与 1982 年土壤普查中该地区土壤耕层

有机质平均值 2.7 g/kg^[9] 相比, 高出了 8.2 倍, 比不灌溉和用井水灌溉土壤分别高出了 23.2% 和 35.7%, 统计分析结果显示用渭河水灌溉的土壤有机质含量与不灌和用井水灌土壤有机质含量之间存在显著差异 ($P < 0.05$), 足见灌溉水污染极其显著地加快了农田土壤有机质的累积速度; 在亚表层 10~20 cm, 用渭河水灌溉的土壤有机质含量达到了 16.1 g/kg, 比底层 40~100 cm 高出了 2 倍左右, 与 1982 年土壤普查中该地区土壤的表层有机质平均值 2.7 g/kg^[9] 相比高出了将近 5 倍, 比同层不灌溉和井灌土壤分别高出了 36.0% 和 58.1%, 同样经统计分析, 结果显示用污染水体灌溉土壤有机质含量与不灌和井灌土壤有机质含量之间存在着极显著差异 ($P < 0.01$); 在 20~40 cm 范围内, 用渭河水灌溉土壤中有有机质含量为 8.5 g/kg, 比底层 40~100 cm 高出了 0.5 倍左右, 比同层不灌溉和井灌土壤分别高出了 3.7% 和 19.5%, 经统计分析, 结果显示用渭河水灌溉土壤中有有机质含量与不灌和井灌区土壤有机质含量之间差异不显著; 在 40~100 cm 各灌溉处理土壤中有有机质的平均含量分别为 6.2 g/kg (污灌)、5.6 g/kg (不灌) 和 6.3 g/kg (井灌), 经统计分析结果也显示各灌溉处理之间土壤有机质含量差异不显著。通过对各灌溉处理间土壤剖面上有机质含量进行逐层分析与对比, 就不难得出灌溉水质仅对 0~20 cm 范围内土壤有机质累积产生了极为显著的作用, 成为了农田土壤有机碳的重要输入项之一, 参与了农田土壤碳循环的过程。

2.2 灌溉水质与农田土壤氮素含量的关系

氮素是作物生长所必需的营养元素, 土壤中氮素的丰缺及供给状况直接影响作物的生长发育^[10]。农田土壤碱解氮在一定程度上可以反映土壤肥力状况, 也能够较灵敏地反映土壤氮素动态变化情况^[11], 不仅有助于全面评估灌溉水质对土壤质量的作用与影响, 也有助于指导当地的科学施肥和准确评估农田土壤环境质量等。

图 2 是不同灌溉处理农田土壤剖面上碱解氮分布图, 从中可以清楚地看到, 不同灌溉处理农田土壤碱解氮含量剖面分布均随土层深度增加而明显地减小, 同时在 0~100 cm 范围内用污染渭河水灌溉土壤与不灌和井灌土壤相比, 各土层碱解氮均有明显增加趋势。用污染渭河水灌溉土壤碱解氮在 0~40 cm 平均含量为 77.3 mg/kg, 比 1982 年该地区土壤普查的耕层土壤碱解氮含量 35.5 mg/kg^[9] 高出了 117.8%, 氮素累积非常显著, 而不灌和井灌的土壤碱解氮在 0~40 cm 含量则分别为 50.2 mg/kg 和

47.4 mg/kg,与 1982 年土壤普查结果相比仅高出了 41.5% 和 33.4%。经对供试土壤逐层作统计分析,得出污染渭河水灌溉土壤 0~10、10~20、20~40 cm 土层碱解氮含量与不灌和井灌土壤相比均达到极显著差异水平 ($P < 0.01$),在 40~60 cm、60~80 cm、80~100 cm 土层,其差异仅达到显著水准 ($P < 0.05$)。由此证实用污水灌溉在氮素的累积水平和土壤氮素累积深度等方面都起到了极为显著的作用。其主要原因是渭河水受到周边城市生活排污影响,其中含有大量的含氮物质,用污染的渭河水灌溉成为了农田土壤氮素的主要输入项,参与自然界农田氮素的循环过程。氮素的移动性、受灌溉的作用、土壤剖面深层氮素的显著累积以及地下水的污染情况都需要引起一定的重视。

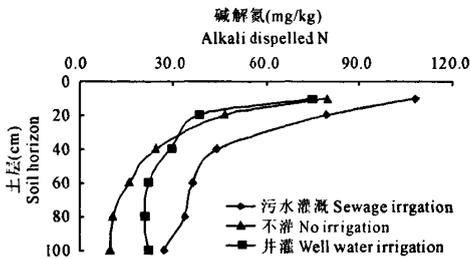


图 2 灌溉水质与土壤剖面碱解氮关系

Fig.2 Relationship between irrigation water quality and alkali dispelled nitrogen in soil profile

2.3 灌溉水质与农田土壤速效磷含量的关系

磷是植物必需的三大主要营养元素之一,其中速效磷是指能被当季作物所吸收利用的土壤磷素^[12],成为土壤磷素丰缺程度的诊断指标。由于洗涤剂生活污水排放和农田径流导致的面源污染等频繁发生,在河水中磷是常见的主要流失元素,直接导致江河湖泊的富营养化,倍受环境学家们的关注。比较不同灌溉处理土壤速效磷含量变化情况,有助于揭示渭河水体污染状况,全面评估用污染水灌溉对土壤质量作用与影响,也对当地科学施肥有直接的指导意义。

图 3 是各灌溉处理土壤速效磷含量剖面分布图,从中可以看出,各灌溉处理农田 0~10 cm 土壤速效磷含量分别是:污水灌溉为 155.45 mg/kg,井灌区为 71.66 mg/kg、不灌农田为 109.88 mg/kg。随着土层深度的增加,土壤速效磷含量呈现急剧递减趋势,在 40 cm 以下达到最低值。在 0~40 cm 范围内污染河水灌溉土壤速效磷含量变化在 102.39~202.40 mg/kg,平均为 72.80 mg/kg,比 1982 年该地区土壤普查的速效磷含量 5.46 mg/kg^[9]高出了 12

倍,而不灌和井灌土壤的速效磷含量在 0~40 cm 范围内的平均值分别为 44.54 mg/kg 和 34.41 mg/kg,比 1982 年土壤普查结果分别高出了 7 倍和 4.65 倍,充分说明在过去的 20 余年内土壤表层速效磷含量有着普遍的且极为显著的增长趋势,在用污染河水灌溉的土壤中表现得更为明显。经统计分析,用污染河水灌溉土壤在 0~10 cm 和 10~20 cm 土层上的速效磷含量与不灌和井灌的土壤相比均达到极显著差异水平 ($P < 0.01$),而在 20 cm 以下的土层则差异不显著。主要是因为磷在土壤中移动性较小缘故,才使得土壤在表层有着极其明显的磷累积。

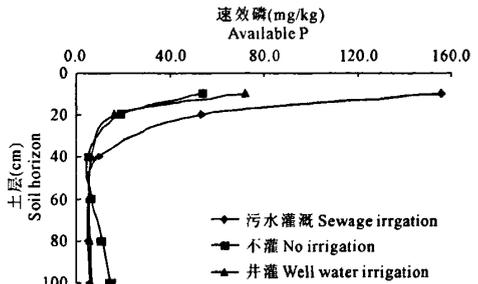


图 3 灌溉水质与土壤剖面速效磷的关系

Fig.3 Relationship between irrigation water quality and available phosphorus in soil profile

2.4 灌溉水质与土壤速效钾含量关系

土壤速效钾是指易被植物吸收利用的钾素,是土壤肥力水平的主要诊断指标。同时,必须明白钾素也是致碱性很强的元素,过多钾素累积将导致土壤 pH 增高,增加其危害性。土壤速效钾包含有可溶性和交换态钾,在农田容易遭到流失而污染水体。探求长期用污染河水灌溉对土壤钾素平衡的影响程度,将是寻求土壤科学管理的重要任务。

由图 4 不同灌溉处理农田土壤速效钾含量的剖面分布图看出,土壤表层速效钾累积极为明显,用污染渭河水灌溉在 0~10 cm 土壤速效钾平均含量已高达 353.7 mg/kg,有些农田土壤速效钾含量竟高达 447.7 mg/kg;在污水灌溉土壤 20~40 cm 土层速效钾含量也达到了 189.2 mg/kg。在 0~10 cm 和 10~20 cm 处土壤速效钾含量:用污染水灌溉农田比不灌和井灌农田分别高出了 122.4%、44.3% 和 87.7%、19.9%,呈现出极显著钾素累积。与 1982 年渭南土壤普查的该地区速效钾含量 167.1 mg/kg^[9]相比,则分别高出了 110.6% 和 9.6%。经统计分析,经污水灌溉的土壤在 0~10 cm 和 10~20 cm 土层上的速效钾含量与不灌的土壤相比达到了显著差异水平 ($P < 0.05$),与井灌土壤相比则差异

显著,同时在 20 cm 以下的土层则差异不显著。这说明经过污水灌溉的土壤速效钾的含量有着很大程度的增加,这主要是由于灌溉水中含有大量的营养物质,使土壤表层的速效钾养分产生了富集。而在 20 cm 以下,这种速效钾的富集现象则不明显,主要是由于灌溉水在灌溉过程中对于土壤的湿润程度不大于 20 cm 引起的,也可能由于表层土壤对于灌溉水存在一定的截流作用。

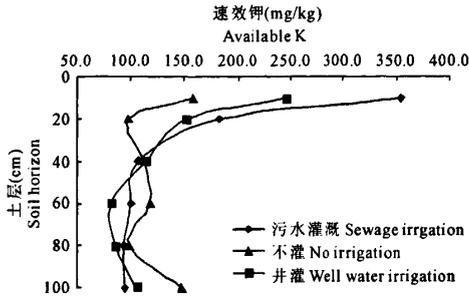


图 4 灌溉水质与土壤剖面速效钾的关系

Fig. 4 Relationship between irrigation water quality and available potassium in soil profile

3 结论

1) 长期使用污染河水灌溉,使农田土壤中有机质的含量明显增加,尤其是在表层 0~20 cm 尤其明显,与不灌和井灌的土壤相比都达到了极显著的差异。同时随着土层深度的增加,其增加的幅度也显著降低。

2) 长期使用污水灌溉,使农田土壤中碱解氮的含量明显增加,在各个层次上都达到了显著差异水平,而且在表层土壤上的含量达到了极高的水平,与施肥的指标相比,属于高肥力水平,在农业生产上可以对氮肥的使用酌量减少。

3) 长期使用污水灌溉,使农田土壤中的速效磷的含量迅速增加,尤其是在 0~40 cm 范围内,速效磷的含量达到了很高的水平,而在 40 cm 以下,速效

磷也有一定程度的累积。同样,与施肥的指标相比,也属于高肥力水平。

4) 长期使用污水灌溉,使农田土壤中速效钾的含量在 0~40 cm 迅速富集,在 40 cm 以下则变化不大。与施肥的指标相比,属于高肥力水平。

5) 长期使用污水灌溉,使得农田土壤的速效养分的含量都有着很大程度的增加,尤其是在表层。而且在表层以下也有着累积,只是累积的趋势缓慢,这就对于施肥有了一定的指导作用。对于经过污水灌溉的农田,可以酌情减少肥料的施用。

参考文献:

- [1] 张彦,张慧文.污水灌溉对重金属含量、酶活性和微生物类群分布的影响[J].安全与环境学报,2006,6(6):45—50.
- [2] 周启星.健康土壤学—土壤健康质量与农产品安全[M].北京:科学出版社,2005,252.
- [3] 李恋卿,杜慧玲,冯两蕊,等.不同年限污水灌溉对石灰性褐土理化性质的影响[J].陕西农业大学学报,2001,(1):73—75.
- [4] 孟春香,郭建华,韩宝文.污水灌溉对作物产量及土壤质量的影响[J].河北农业科学,1999,(2):15—17.
- [5] 齐广平.生活污水灌溉对茄子生长效应的影响[J].甘肃农业大学学报,2001,36(3):329—332.
- [6] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [7] Schnitzer M. Soil organic matter - the next 75 year[J]. Soil Sci, 1991,151(1):41—58.
- [8] Doran J W, Safley M. Defining and assessing soil health an sustainable productivity[M]. Biological Indicators of Soil Health. New York: CBA International, 1997.
- [9] 渭南土壤编写组.渭南土壤[M].陕西:天则出版社,1990:166—202.
- [10] 施春,庄秋丽,李琪,等.东北地区不同纬度农田土壤碱解氮的剖面分布[J].生态学杂志,2007,26(4):501—504.
- [11] 张智猛,戴良香,张电学,等.冬小麦—夏玉米轮作周期内碱解氮、硝态氮时空变化及施氮安全值的研究[J].土壤通报,2004,35(1):38—42.
- [12] 王献华,谢如林,周柳强,等.Olsen法测定的土壤速效磷含量与土壤pH值的相关性研究[J].广西农业科学,2008,39(2):199—201.

(英文摘要下转第 142 页)

Interactive effect of water and potassium on photosynthesis of tobacco

CAO Fang, ZHAO Ze-ru, WEI Yong-sheng

(College of Life Sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The experiment of the interactive effect of potassium and water on tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) over ground modality and photosynthesis was carried out in pots with sand. There were three water treatments and three potassium treatments. The plant height, total number of leaves, leaf length, leaf width and the photosynthetic rate, transpiration rate, intercellular CO₂ concentration and stomatal conductance were measured. The results showed: The effect of water on plant height and total number of leaves are significant; The effect of potassium on leaf length and leaf width are significant; The interactive effect of water and potassium on photosynthesis are significant. Under light drought stress condition, high potassium treatment plays active role on photosynthesis; while under severe water deficiency condition, the effect of high potassium on photosynthesis is negative. Under low potassium condition, as water stress become severe, the net photosynthetic rate decreases because of stomatal factor; while under high potassium treatment, it is non-stomatal factors that lead to the net photosynthetic rate decrease. Under normal water supply, 5.4 mmol/L potassium concentration is optimum.

Keywords: interactive of water and potassium; tobacco; photosynthetic characteristics

(上接第 132 页)

The action and influence of polluted irrigation water on soil nutrients balance

HU Hai-yan, WANG Yi-quan, ZHANG Yu-lin, SUN Lei, XU Hai

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

Abstract: The quality of irrigation water directly affects soil quality and soil nutrients balance. This study is mainly about soil organic carbon and nutrients variability in Jiaokou irrigation district in Shaanxi Province. The samples consisted of well water irrigation and no irrigation farmland soils, having the same conditions in soil genesis, usage and management. Then, we analyzed the amount of soil organic matter and main nutrients in different layers from 0 ~ 100 cm in soil profiles. The results show that the content of soil organic matter, alkali dispelled N, available P and available K in farmland were sharply higher in the swage irrigation treatment than in the well water irrigation treatment. And, in the 0 ~ 20 cm layers, the contents of soil organic matter, alkali dispelled N, available P and available K were 24.92 g/kg, 108.26 mg/kg, 155.45 mg/kg and 353.72 mg/kg, which were increased by 40.68%, 44.98%, 116.92% and 44.27% compared to the well water irrigation treatment, and by 35.74%, 35.69%, 189.27% and 122.35% compared to non-irrigation treatment. The data in this study sufficiently indicate that long-term sewage irrigation leads to eutrophication in soil profiles, particularly to surplus phosphorus and potassium, which should be paid much attention to in drafting the rules in terms of soil management and scientific fertilizer application.

Keywords: sewage irrigation; organic matter; alkali dispelled N; available P; available K