

李小宇,钟艳霞,贺婧,等.宁夏典型农村生活污水处理系统污水微生物数量和污染物特征[J].江苏农业科学,2017,45(2):248-253.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.02.070

宁夏典型农村生活污水处理系统污水微生物数量和污染物特征

李小宇,钟艳霞,贺婧,罗玲玲,杨丽芳,梁东

(宁夏大学资源环境学院,宁夏银川 750021)

摘要:近年来,农村生活污水已成为农村主要的环境问题。对 2 处宁夏典型农村生活污水处理系统中微生物数量变化特征对污染物浓度变化特征的影响进行研究,为采用人工干预微生物处理技术治理农村生活污水提供依据。结果表明,平吉堡和黄羊滩 2 处典型农村生活污水处理系统各节点微生物总数在 10^7 CFU/mL 以上,其中细菌数量最多,其次为放线菌,再次是真菌,且 3 类微生物数量沿水流方向逐渐降低;同时发现,污水处理系统各相邻节点微生物数量之间存在显著相关性,相关系数在 0.895 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$) 以上,且 3 类微生物数量与化学需氧量(chemical oxygen demand, COD)、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 去除率之间存在显著相关性($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$),说明微生物是去除污水中有机物和氮的主要途径;而与 TP 去除率相关性不显著($P > 0.05$),表明微生物的作用不是去除污水中磷的重要方式,其他去除途径有待进一步研究。

关键词:银川市;农村生活污水;污水处理系统;污染物去除率;水质

中图分类号:X703 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2017)02-0248-05

据建设部 2005 年对全国部分村庄的调查和 2009 年中国环境状况公报显示,中国城镇生活污水排放量为 3.30×10^{10} t,我国有 96% 的村庄没有排水沟渠和污水处理系统^[1-2];由于缺乏合适的污水处理技术,95% 的农业废水、生活污水直接排入当地河流、湖泊和水库等^[3],威胁农村水生态环境。由于广大农村地区人口居住较分散,污水收集困难,且缺乏足够的资金和专业的污水处理技术,致使大量农村生活污水未经过任何处理,直接泼撒或就近排入江河湖泊,导致农村河流湖泊水体环境容量和生态承载能力下降,农村水生态环境受到严重破坏^[4-7]。我国农村生活污水处理系统的研究主要集中在遴选污水处理工艺和现状调查方面^[8-11],随着微生物技术的发展,人们发现多样性微生物菌群的协同作用,不同生物反应器中由于生态环境不同,微生物种类、数量和代谢活性等方面均不相同,形成不同的微生物种群和结构^[12]。目前的研究重点集中在对不同的污水生物处理微生态系统中微生物种群的分布、多样性、群落结构和功能性等方面^[13-14];而不同生物处理微生态系统中微生物之间、微生物与其底物及环境因子之间相关性的研究也取得了进展^[15-16]。

目前,我国针对农村生活污水的处理技术主要有土壤渗滤技术、人工湿地处理技术、蚯蚓生态滤池技术、一体化集成

装置处理技术等^[17]。根据宁夏《农村污水分散处理技术规范说明》中规定的农村生活污水用水量、排放系数及排放量,截至 2013 年年底,银川市周边共建立污水处理系统示范点 37 处,以人工湿地、埋地式一体化处理系统为主。根据农村生活污水集中收集处置工艺的不同确定 2 个典型地区,开展农村生活污水集中处理过程中水质分析监测,对入水口、各集水点、处理过程点开展水质分析监测,监测氨氮、总磷、COD 等指标。本研究选取银川市黄羊滩、平吉堡 2 种典型农村生活污水处理系统为研究对象,追踪各污水处理系统中微生物数量沿水流方向的变化趋势,深入探讨农村生活污水处理系统各节点微生物数量与水质变化之间的关系,为改进和提高这 2 种农村污水处理系统的处理效率提供帮助。

1 材料与方法

1.1 样品采集

采样时间为 2014 年 5 月至 2015 年 1 月,每 20 d 为 1 个采样周期,共取样 9 次。以常规采水装置采集水样,玻璃瓶储存。在 2 处农村生活污水处理系统的各关键节点共布设 12 个采样点,其中平吉堡“埋地式一体化”农村生活污水处理系统 5 个样点,分别布设在调节池、厌氧池(O)、好氧池(A)、沉淀池、出水口(图 1);黄羊滩“厌氧生化处理+潜流式人工湿地”农村生活污水处理系统 7 个样点,分别布设在入水口、调节池、生化池、初级沉淀池、二级沉淀池、提升池、出水口(图 2)。现场测定水温、pH 值,水样固定后,尽快送回实验室进行水样预处理,水样在运输过程中避免震动和碰撞。实验室检测各样点各类微生物数量,同时监测 COD、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、TP 等。

1.2 微生物数量测定方法

培养基选择:细菌数量测定采用 LB 培养基^[18];放线菌数量测定采用高氏 1 号培养基^[18];真菌数量测定采用 PDA 培

收稿日期:2015-12-02

基金项目:国家自然科学基金(编号:41161092);宁夏大学研究生创新项目(编号:GP2015003);宁夏高等学校科学技术研究(编号:NGY2014060)。

作者简介:李小宇(1988—),河南南阳人,男,硕士研究生,从事环境变化与生态安全研究。Tel: (0951) 2061168; E-mail: xuekulxyu@126.com。

通信作者:钟艳霞,博士,教授,主要从事干旱区环境变化研究。Tel: (0951) 2061168; E-mail: zhongyx_w@163.com。

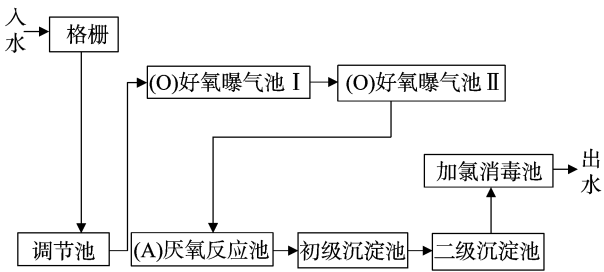


图1 平吉堡“地理式一体化”农村生活污水处理系统工艺流程图

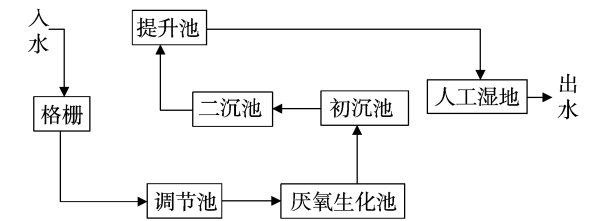


图2 黄羊滩“厌氧生化处理+潜流式人工湿地”农村生活污水处理系统工艺流程

培养基^[18-20]。接种、培养方法:取 1 mL 农村生活污水,放入盛有 9 mL 蒸馏水的试管中,稀释成 10^{-1} 倍;然后依次稀释成 10^{-2} 、 10^{-3} 、 10^{-4} 、 10^{-5} 、 10^{-6} 、 10^{-7} 倍等 7 个梯度。把稀释后的污水接种在固体培养基上,每个梯度做 3 个平行。其中,细菌在培养箱中培养 24 h 后取出计数,真菌培养 1~2 d 计数,放线菌培养 5~7 d 计数^[18]。

1.3 水质监测方法

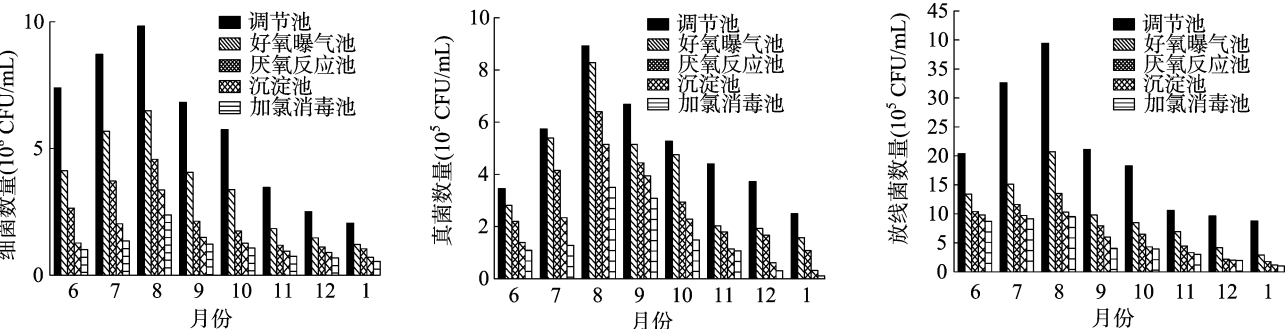


图3 平吉堡“地理式一体化”农村生活污水处理系统各节点微生物数量

2.1.2 黄羊滩“厌氧生化处理 + 潜流式人工湿地”农村生活污水处理系统沿程微生物数量变化特征 由图 4 可知,黄羊滩“厌氧生化处理 + 潜流式人工湿地”农村生活污水处理系统沿程各处理节点(入水池、调节池、生化池、初级沉淀池、二级沉淀池、提升池、人工湿地出水即出水池)微生物数量依次递减;其中,细菌数量在 $1.67 \times 10^7 \sim 8.47 \times 10^8$ CFU/mL,真菌数量在 $1.56 \times 10^3 \sim 6.53 \times 10^5$ CFU/mL,放线菌数量在 $6.00 \times 10^3 \sim 7.32 \times 10^6$ CFU/mL。该污水处理系统微生物数量中细菌数量所占比例最高,为 90% 以上;其次是放线菌,与细菌数量相比低 1~5 个数量级;再次是真菌,与细菌数量相比低 2~5 个数量级。

一般来说,污染水体中的微生物生态学变化随污染程度的降低,微生物数量减少^[12,21];2 处典型农村生活污水处理系统沿程各节点微生物数量依次呈递减趋势。2 类系统微生物

生活污水水质检测项目和检测方法见表 1。

表 1 农村生活污水处理系统污水水质检测项目及方法

| 监测项目 | 检测方法 |
|---------------------------|------------------------|
| 氨氮(NH ₃ -N) | 纳氏试剂分光光度法(HJ 535—2009) |
| 总磷(TP) | 钼酸铵分光光度法(GB1893—1989) |
| 化学需氧量(COD _{cr}) | 重铬酸钾法(GB1914—1989) |

1.4 数据处理方法

用 Origin 9.0 软件绘图,用 SPSS19.0 软件分析数据,Pearson 检验方法(检验水平为 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$) 检验数据间的相关水平,Pearson 相关系数用于表征比较对象之间的相关关系。

2 结果与分析

2.1 农村生活污水处理系统微生物数量特征

2.1.1 平吉堡“地理式一体化”农村生活污水处理系统沿程微生物数量变化特征 由图 3 可知,平吉堡“地理式一体化”农村生活污水处理系统微生物数量(细菌、真菌、放线菌)监测发现,系统沿程各处理节点(调节池、好氧池、厌氧池、沉淀池、出水)微生物数量依次递减;其中,细菌数量在 $5.43 \times 10^7 \sim 9.83 \times 10^8$ CFU/mL 之间,真菌数量在 $3.05 \times 10^4 \sim 8.92 \times 10^5$ CFU/mL 之间,放线菌数量在 $1.98 \times 10^5 \sim 4.34 \times 10^6$ CFU/mL。此外,该污水处理系统微生物总数量中细菌数量所占比例最高,所占比例超过 90%,其次是放线菌,再次是真菌;与细菌相比,真菌数量低 2~4 个数量级,放线菌数量低 1~3 个数量级。

总数中细菌所占比例最高,其次是放线菌,再次是真菌,与杜刚等的研究结果^[22]一致;微生物总数也因细菌数量所占比例最高,与细菌数量沿程变化类似。同时发现 2 类系统微生物数量夏秋季最多,冬春季最少,主要是由于随着季节的变化,水温也随之改变,微生物数量随温度升高而增加,与 Zhou 等的研究结果^[23-24]一致。研究同时发现,微生物总数并不是随运行时间无限地增长繁殖的,而是在系统的长期运行中逐渐形成了数量和活性比较稳定的生物群落。

2.2 农村污水处理系统相邻各节点微生物数量之间的相关性

农村生活污水处理系统相邻各节点是一个连通的系统,上一节点的微生物与下一节点必然存在联系。了解农村生活污水处理系统各相邻节点微生物数量之间的关系对改进宁夏农村生活污水处理系统,提高污水处理效率有重要意义,同时

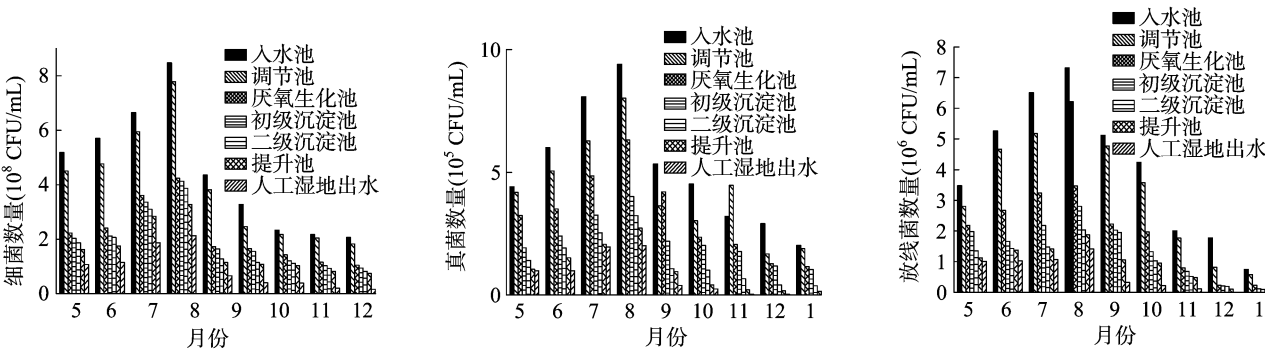


图4 黄羊滩“厌氧生化处理+潜流式人工湿地”农村生活污水处理系统各节点微生物数量

为人工干预微生物技术处理农村生活污水奠定基础。

2.2.1 平吉堡“地理式一体化”农村生活污水处理系统相邻节点微生物数量之间的相关性 由表 2 可知,平吉堡“地理式一体化”农村生活污水处理系统各相邻节点细菌数量之间存在极显著相关性($r=1.000, P<0.01$),说明系统各相邻节点污水中细菌数量之间存在相关性;各相邻环节真菌数量之间也存在显著相关性,其中沉淀池与出水池相关性系数为 0.945 ($P<0.05$),其他各相邻节点相关性系数依次分别为 0.988、0.999、0.962 ($P<0.01$);各相邻环节放线菌数量之间同样存在相关性,其中调节池与好氧池相关性系数为 0.992 ($P<0.01$),其他各相邻节点相关性系数依次分别为 0.924、0.919、0.895 ($P<0.05$)。吴卿等研究饮用水中微生物的多样性,发现不同取样点饮用水样品中虽然存在特异菌,但各取样点水样中的优势菌相同^[25]。通过以上研究可知菌群结构主要是由环境条件决定,一般在相同的废水中采用不同的处理,微生物种群结构一般一致,但优势菌群不同。

表 2 平吉堡“地理式一体化”农村生活污水处理系统相邻各节点污水微生物数量之间的相关关系

| 系统各相邻节点 | 细菌 | 真菌 | 放线菌 |
|---------|----------|----------|----------|
| 调节池与好氧池 | 1.000 ** | 0.988 ** | 0.992 ** |
| 好氧池与厌氧池 | 1.000 ** | 0.999 ** | 0.924 * |
| 厌氧池与沉淀池 | 1.000 ** | 0.962 ** | 0.919 * |
| 沉淀池与出水池 | 1.000 ** | 0.945 * | 0.895 * |

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。下同。

2.2.2 黄羊滩“厌氧生化处理+潜流式人工湿地”污水处理系统相邻节点微生物数量之间的相关性 由表 3 可知,黄羊滩“厌氧生化处理+潜流式人工湿地”农村生活污水处理系统除提升池与人工湿地出水微生物(细菌、真菌、放线菌)数量之间不存在显著相关性外,系统其他相邻节点微生物数量之间均存在相关性。其中,各相邻节点细菌数量之间存在相关性,相关性系数分别为 0.994、1.000、0.999、0.997、0.998 ($P<0.01$);相邻各节点放线菌数量之间也存在相关性,相关性系数依次分别为 0.998、0.997、0.996、0.998、0.996 ($P<0.01$);入水池与调节池、调节池与生化池、初级沉淀池与二级沉淀池真菌数量之间存在相关性,相关性系数分别为 0.957、0.952、0.942 ($P<0.05$);生化池与初级沉淀池、二级沉淀池与提升池真菌数量存在显著相关,相关性系数分别为 0.976、0.984 ($P<0.01$)。该污水处理系统提升池与人工湿地出水微生物数量之间不存在显著相关性($P>0.05$),主要原因是

人工湿地芦苇根际微生物和生物膜改变了提升池污水中原有的微生物群落数量和群落结构。

表 3 黄羊滩“厌氧生化处理+潜流式人工湿地”污水处理系统相邻各节点污水微生物数量之间的相关关系

| 系统各相邻节点 | 细菌 | 真菌 | 放线菌 |
|-------------|----------|----------|----------|
| 入水池与调节池 | 0.994 ** | 0.957 * | 0.998 ** |
| 调节池与生化池 | 1.000 ** | 0.952 * | 0.997 ** |
| 生化池与初级沉淀池 | 0.999 ** | 0.976 ** | 0.996 ** |
| 初级沉淀池与二级沉淀池 | 0.997 ** | 0.942 * | 0.998 ** |
| 二级沉淀池与提升池 | 0.998 ** | 0.984 ** | 0.996 ** |
| 提升池与出水 | 0.033 | -0.527 | 0.500 |

2.3 农村生活污水处理系统污染物浓度沿程变化特征

2.3.1 平吉堡“地理式一体化”农村生活污水处理系统污染物浓度沿程变化特征 由图 5 可知,平吉堡“地理式一体化”农村生活污水处理系统污染物浓度(NH_3-N 、TP、COD 浓度)沿程呈下降趋势,各污染物去除率 8 月最高,1 月最低。其中,COD 出水浓度达到宁夏农村生活污水出水排放一级标准(60 mg/L); NH_3-N 出水浓度达到农村生活污水出水排放一级标准(8 mg/L 或 15 mg/L);TP 出水浓度未能达到农村生活污水出水排放标准(2 mg/L)。平吉堡“地理式一体化”农村生活污水处理系统 COD 去除率为 30%~80%, NH_3-N 去除率为 35%~70%,TP 去除率为 50%~80%。显著性(F)检验发现,平吉堡“地理式一体化”农村生活污水处理系统中好氧池去除率与沉淀池去除率之间存在显著性差异($r=0.752, P<0.05$),好氧池去除率与加氯消毒池去除率之间存在显著差异($r=0.917, P<0.01$)。因此,平吉堡“地理式一体化”污水处理系统中好氧池去除率较其他节点的去除率更显著,主要原因可能是“地理式一体化”污水处理系统中微生物主要以好氧菌群和兼性厌氧菌群为主。

2.3.2 黄羊滩“厌氧生化处理+潜流式人工湿地”农村生活污水处理系统污染物浓度沿程变化特征 由图 6 可知,黄羊滩“厌氧生化处理+潜流式人工湿地”农村生活污水处理系统 COD、 NH_3-N 、TP 污染物浓度沿程也呈下降趋势。COD 出水浓度达到宁夏农村生活污水出水排放一级或二级标准; NH_3-N 出水浓度达到农村生活污水出水排放一级或二级标准;TP 出水浓度未能达到农村生活污水出水排放标准。其中,COD 去除率为 40%~85%, NH_3-N 去除率为 50%~85%,TP 去除率为 55%~80%。通过对系统四季的水质监测发现,2 处农村生活污水处理系统各污染物去除率 8 月最高,1 月最低。此外,显著性(F)检验发现,黄羊滩“厌氧生化处

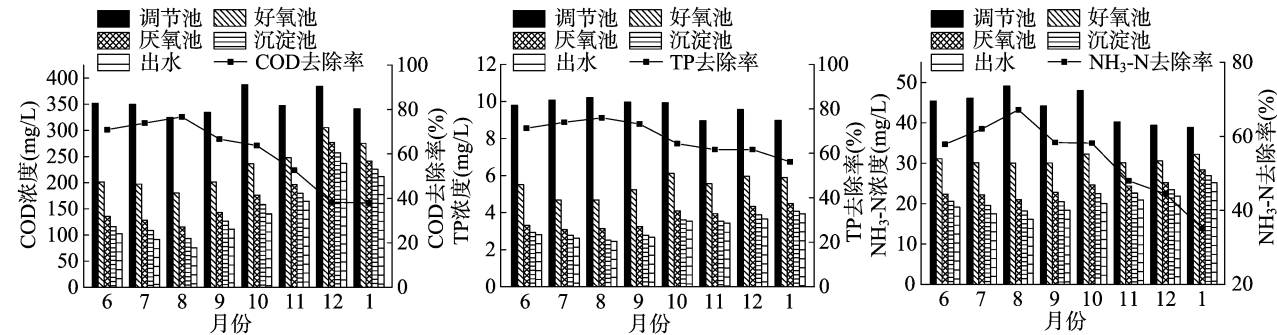


图5 平吉堡“地埋式一体化”农村生活污水处理系统污染物浓度沿程变化及去除率

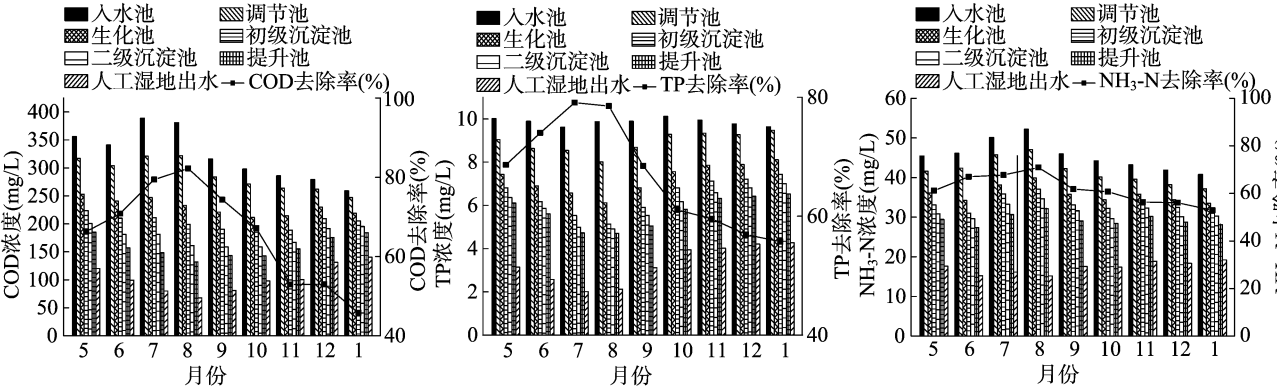


图6 黄羊滩“厌氧生化处理+潜流式人工湿地”农村生活污水处理系统污染物浓度沿程变化及去除率

理+潜流式人工湿地”农村生活污水处理系统中人工湿地节点去除率与其他节点存在显著性差异($P<0.01$),较其他节点去除率更高,主要原因是人工湿地是通过植物-土壤-微生物的综合作用实现对污染物的去除,而湿地中微生物物种丰富、代谢活性强且有助于净化污水。

综上所述,2类典型农村生活污水处理系统COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP等污染物浓度沿程呈下降趋势,且各污染物去除率8月最高,1月最低,这一特征与系统各节点微生物数量变化特征一致。由此可以看出,农村生活污水处理系统微生物优势种群的数量与废水的处理效果出现协同变化的特征^[25],也说明系统各类微生物数量与污染物浓度之间存在一定相关性。另外,2种不同的农村生活污水处理系统出水COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度均达到宁夏农村生活污水出水标准;而出水TP浓度过高,未能达到出水标准,主要原因是2类工艺系统设立了完整的厌氧区,初始进入的硝态氮对释磷菌的作用有一定的影响。同时发现,黄羊滩“厌氧生化处理+潜流式人工湿地”农村生活污水处理系统中人工湿地环节对污染物去除率较其他环节更明显;而平吉堡“地埋式一体化”农村生活污水处理系统好氧池对污染物的去除率较其他环节更明显。因此,今后可以重点研究人工湿地和好氧池的去污机制,为进一步分离、筛选高效降解功能性微生物奠定基础。

2.4 农村生活污水处理系统微生物数量与污染物去除率之间的相关性

2.4.1 平吉堡“地埋式一体化”农村生活污水处理系统微生物数量与污染物去除率之间的相关性 由表4可知,平吉堡“地埋式一体化”农村生活污水处理系统细菌数量与氨氮、COD去除率之间存在显著相关性,相关系数分别为0.884

($P<0.01$)、0.915($P<0.01$);真菌数量与氨氮、COD去除率存在显著相关性,相关系数分别为0.837($P<0.05$)、0.786($P<0.05$);放线菌数量与氨氮、COD去除率存在显著相关性,相关系数分别为0.755($P<0.01$)、0.826($P<0.01$),主要原因是污水中的氮和有机质作为氮源和碳源被微生物吸收利用,因此微生物是氨氮和有机质去除的主要因素。而细菌、真菌、放线菌数量与TP去除率相关性不显著($P>0.05$),主要原因是磷的去除有多种途径,大部分被污泥吸附沉降,少部分被微生物吸收利用。

表4 平吉堡“地埋式一体化”农村生活污水处理系统污水微生物数量与污染物去除率之间的相关关系

| 污染物去除率 | 细菌数量 | 真菌数量 | 放线菌数量 |
|----------------------------|---------|--------|---------|
| COD去除率 | 0.915** | 0.786* | 0.826** |
| $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率 | 0.884** | 0.837* | 0.755** |
| TP去除率 | 0.451 | 0.386 | 0.571 |

2.4.2 黄羊滩“厌氧生化处理+潜流式人工湿地”农村生活污水处理系统微生物数量与污染物去除率之间的相关性 由表5可知,黄羊滩“厌氧生化处理+潜流式人工湿地”农村生活污水处理系统细菌数量与氨氮、COD去除率之间同样存在显著相关性,相关系数分别为0.877($P<0.01$)、0.765($P<0.01$);真菌数量与氨氮、COD去除率之间存在显著相关性,相关系数分别为0.995($P<0.05$)、0.946($P<0.05$);放线菌数量与氨氮、COD去除率存在显著相关性,相关系数分别为0.879($P<0.01$)、0.737($P<0.01$),主要原因是微生物可以吸收污水中的氮和有机物作为营养物质大量生长繁殖,以达到去除污染物的目的。细菌、真菌、放线菌数量与TP去除率相关性不显著($P>0.05$),主要原因是有机磷及溶解性较差

的无机磷酸盐通常不能被水生植物直接吸收利用,需要经过磷细菌的代谢活动将其转化为可溶性磷化物,从而通过植物和部分微生物的吸收利用及基质的吸附作用实现磷的去除^[26-27]。付融冰等研究发现人工湿地基质中微生物数量与TP的去除率相关性不明显^[28-29],说明农村生活污水处理系统对磷的去除还有其他途径和方式。

表5 黄羊滩“厌氧生化处理+潜流式人工湿地”农村生活污水处理系统污水微生物数量与污染物去除率之间的相关关系

| 污染物去除率 | 细菌数量 | 真菌数量 | 放线菌数量 |
|------------------------|----------|---------|----------|
| COD 去除率 | 0.765 ** | 0.946 * | 0.737 ** |
| NH ₃ -N 去除率 | 0.877 ** | 0.995 * | 0.879 ** |
| TP 去除率 | 0.384 | 0.476 | 0.417 |

研究同时发现,农村生活污水处理系统微生物数量与温度之间存在显著相关性($P < 0.05$),微生物数量随着温度的变化而变化,其污染物去除效率也随之变化,夏秋季温度高,微生物数量多,去污效率高;冬春季温度低,微生物数量少,去除效率低,这与李智等的研究结果^[30-32]一致。

3 结论

宁夏2类典型农村生活污水处理系统污水中微生物数量沿程依次降低,其中细菌所占比例最高,其次是放线菌,再次是真菌。另外,相邻节点微生物数量之间相关性分析发现除黄羊滩“厌氧生化处理+潜流式人工湿地”农村生活污水处理系统提升池与人工湿地出水微生物数量之间不存在显著相关性外,2种系统各相邻环节微生物数量之间均存在显著相关性。

2类典型农村生活污水处理系统污染物浓度沿程呈现下降趋势,COD、NH₃-N出水浓度达到宁夏农村生活污水排放标准,但TP出水浓度未能达标排放。同时发现,2个系统中人工湿地和好氧池对污染物的去除率较其他环节更明显,因此,今后可以重点研究人工湿地和好氧池的微生物菌落,为进一步筛选高效降解能力的功能菌群奠定基础。

2类典型农村生活污水处理系统中微生物数量与污染物去除率之间的相关性研究发现,3类微生物数量与COD、NH₃-N去除率之间存在显著相关性($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$),说明微生物是去除污水中有机物和氮的主要途径;而与TP去除率相关性不显著($P > 0.05$),表明微生物的作用不是去除污水中磷的重要方式,其他去除途径有待进一步研究。

本研究对了解宁夏农村生活污水处理系统污水中微生物数量和污染物浓度变化特征及二者之间的内在关系有重要意义,不仅可以使宁夏农村生活污水处理系统成为去污效率高、地区适应性强的污水处理系统奠定基础,而且为西北地区筛选、利用农村生活污水处理系统中的功能性微生物提供依据。为此,今后的研究重点集中在细菌、真菌、放线菌的分离和纯化及其功能性研究方面,为最终寻找有净化污水的功能微生物奠定基础。

参考文献:

- [1] 张辰,谭学军.上海市农村生活污水处理技术指南[J].中国给水排水,2009,25(24):1-4.
- [2] 梁祝,倪晋仁.农村生活污水处理技术与政策选择[J].中国

- 地质大学学报(社会科学版),2007,7(3):18-22.
- [3] 蒋绍阶,左智敏.小城镇供水系统存在的问题及对策[J].重庆大学学报(自然科学版),2005,28(11):114-117.
- [4] 张增胜,杨耀芳,徐功娣,等.农村生活污水分散处理技术研究进展[J].污染防治技术,2008,21(6):65-67,97.
- [5] 谭学军,张惠锋,张辰.农村生活污水收集与处理技术现状及进展[J].净水技术,2011,30(2):5-9,13.
- [6] 董贝,刘杨,杨平.人工湿地处理农村生活污水研究与应用进展[J].水资源保护,2011,27(2):80-86.
- [7] 詹金星,支崇远,夏品华.农村生活污水新型处理技术的研究现状与对策[J].安徽农业科学,2010,38(22):11941-11942,12031.
- [8] 夏训峰,王明新,闵慧,等.基于模糊优劣系数法的农村生活污水处理技术优选评价方法[J].环境科学学报,2012,32(9):2287-2293.
- [9] 张悦,段华平,孙爱伶,等.江苏省农村生活污水处理技术模式及其氮磷处理效果研究[J].农业环境科学学报,2013,32(1):172-178.
- [10] 凌霄,杨细平,陈满,等.广东省农村生活污水治理现状调查[J].中国给水排水,2009,25(8):8-10,15.
- [11] 龚园园,张照韩,于艳玲,等.我国南北农村生活污水处理模式研究[J].现代生物医学进展,2012,12(1):132-136.
- [12] 杨玉楠,王玫,刘士锐,等.污水生态处理系统中微生物生态学研究[J].科技导报,2009,27(6):72-77.
- [13] Luxmy B S, Nakajima F, Yamamoto K. Analysis of bacterial community in membrane-separation bioreactors by fluorescent in situ hybridization (FISH) and denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) techniques[J]. Water Science and Technology, 2000, 41 (10/11):259-268.
- [14] Santegoeds C M, Muyzer G, Beer D. Successional processes in a bacterial biofilm determined with microsensors and molecular techniques [C]//Proceedings of the International Symposium Environmental Biotechnology: Part I. Ostend, Belgium: Ghent University Publishers, 1997:77-82.
- [15] Stamper D M, Walch M, Jacobs R N. Bacterial population changes in a membrane bioreactor for graywater treatment monitored by denaturing gradient gel electrophoretic analysis of 16S rRNA gene fragments [J]. Applied Environmental Microbiol, 2003, 69(2):852-860.
- [16] Coskuner G, Curtis T P. In situ characterization of nitrifiers in an activated sludge plant: detection of *Nitrobacter* spp. [J]. Journal of Applied Microbiology, 2002, 93(3):431-437.
- [17] 申东.宁夏部分农村污水处理设施成摆设[N].法制日报,2014-06-06(4).
- [18] 林先贵.土壤微生物研究原理与方法[M].北京:高等教育出版社,2010.
- [19] 刘杰,丁艳丽,冯伟,等.松花江底泥真菌的分离培养及分子鉴定[J].农业环境科学学报,2013,32(2):354-362.
- [20] 杨远航,许忠能,林小涛,等.人工湖底泥与水体真菌培养基的筛选[J].暨南大学学报(自然科学版),2008,29(5):510-515.
- [21] 苏俊峰,马放,王弘宇,等.利用PCR-DGGE技术分析生物陶粒硝化反应器中微生物群落动态[J].环境科学学报,2007,27(3):386-390.
- [22] 杜刚,黄磊,高旭,等.人工湿地中微生物数量与污染物去除的关系[J].湿地科学,2013,11(1):13-20.

李思萌,于 军,周正立,等. 有机种植对土壤主要理化性质及重金属含量的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(2):253-257.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.02.071

有机种植对土壤主要理化性质及重金属含量的影响

李思萌¹, 于 军¹, 周正立¹, 王宏燕², 孙 岩², 王 玲², 高敬尧²

(1. 塔里木大学, 新疆阿拉尔 843300; 2. 东北农业大学, 黑龙江哈尔滨 150030)

摘要:对黑龙江省庆安、查哈阳、北安 3 个地区的有机种植基地与周边常规农田的土壤进行取样调查,旨在比较有机种植与常规种植 2 种植方式对土壤主要理化性质以及土壤中重金属含量的不同影响。结果表明,与常规种植相比,施用有机肥的有机种植能明显提高土壤养分含量。其中,土壤有机质、总氮、总磷的含量最大提高 6.97% ~ 7.69%;而速效磷、速效钾等养分含量提高 18.52% ~ 53.5%;且施用有机肥,对土壤物理性质有明显的改良作用,能降低土壤容重,增加土壤中 >0.25 mm 水稳性团聚体含量。此外,有机种植对土壤中重金属的富集有一定的抑制作用,其中土壤中 As、Hg、Cd、Cr 含量降低了 51.46% ~ 82.99%。

关键词:有机种植;重金属;土壤肥力;土壤理化性质;水稳性团聚体;有机农业发展

中图分类号:S157.4+32 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2017)02-0253-05

我国是粮食大国,仅拥用全球 8% 的耕地,生产了全球 21% 的粮食,但同时化肥消耗量占全球的 35%,人们对化肥有了越来越多的依赖。2015 年联合国粮农组织统计资料 (FAOSTAT) 显示,粮食产量与氮、磷化肥的投入量有极显著的线性正相关关系^[1]。然而,由于化肥的过度使用和连年耕种,使耕作土壤有机质含量下降,土壤肥力降低,土壤板结^[2]。“肥越用越多,地越种越馋”,这是我国粮食“十一连增”背后的尴尬现实。2015 年农业部提出,将在全国范围内实施化肥使用量零增长行动,力争到 2020 年主要农作物化肥使用量实现零增长。有机农业是指在生产中完全或基本不用人工合成的肥料、农药、生长调节剂和畜禽饲料添加剂,而采用有机肥满足作物营养需求的种植业或采用有机饲料满足畜禽营养需求的养殖业,强调农业发展的生态本质,尊重生态经济规律,协调生产、发展与生态环境之间的关系。我国有机农业经历了研究探索阶段、奠定基础阶段和规范化快速发展阶

段,现已成为非常具有发展潜力的“朝阳产业”。土壤环境质量不仅影响土壤保持和供应水肥的能力,对调控土壤气热状况以及水分入渗性能和地表径流的产生也有重要作用,因而研究有机种植对土壤环境质量的影响、对推动有机农业的发展具有重要意义^[3-4]。在有机种植与常规种植的比较研究方面,国内外专家进行了大量的长期定位试验^[5-7]。刘玉涛认为,连年施用有机肥可增加土壤有机质,改善土壤结构^[8]。王健鹏等通过试验证明有机种植可以改善土壤的 pH 值,在一定程度上调节土壤的酸碱度,改良土壤,大大提高土壤微生物量的碳氮含量,增强土壤生物活性,加速有机质的分解和转化,从而改善土壤的肥力状况^[9]。国内外在有机种植与常规种植对土壤中重金属含量的影响方面作了一定的比较研究^[10-11],大部分研究发现与常规种植相比,有机种植下土壤重金属含量低,污染风险小。目前国内外的研究多是针对土壤肥力的某一单一指标,而全面比较有机种植与常规种植对土壤环境质量影响的研究相对较少。因此,本试验选择东北地区有机水稻、有机玉米农业种植基地,通过实地调查取样,监测有机种植基地和常规种植地块土壤环境质量,比较有机种植基地与周围常规种植地块土壤容重、土壤中水稳性团聚体含量、土壤中各养分含量及重金属含量的差异,为发展有机农业、促进我国绿色产业的发展提供理论基础。

收稿日期:2016-03-06

基金项目:公益性行业(环保)科研专项(编号:201309036)。

作者简介:李思萌(1990—),女,黑龙江哈尔滨人,硕士研究生,研究方向为农业生态学。E-mail:lisimeng0317@163.com。

通信作者:于 军,教授,研究方向为生态学。E-mail:tdakjc@163.com。

- [23] Zhou Q H, He F, Zhang L P, et al. Characteristics of the microbial communities in the integrated vertical-flow constructed wetland [J]. Journal of Environmental Sciences, 2009, 21 (9): 1261-1267.
- [24] Tietz A, Kirschner A, Langergraber G, et al. Characterisation of microbial biocoenosis in vertical subsurface flow constructed wetlands [J]. Science of the Total Environment, 2007, 380 (1/2/3): 163-172.
- [25] 吴 卿, 赵新华. 应用 PCR-DGGE 研究饮用水中微生物的多样性[J]. 南开大学学报(自然科学版), 2007, 40(3): 92-96.
- [26] 张 巍, 赵 军, 郎成明, 等. 人工湿地系统微生物去除污染物的研究进展[J]. 环境工程学报, 2010, 4(4): 721-728.

- [27] 梁 威, 胡洪营. 人工湿地净化污水过程中的生物作用[J]. 中国给水排水, 2003, 19(10): 28-31.
- [28] 付融冰, 杨海真, 顾国维, 等. 人工湿地基质微生物状况与净化效果相关分析[J]. 环境科学研究, 2005, 18(6): 44-49.
- [29] 梁 威, 吴振斌, 周巧红, 等. 构建湿地基质微生物与净化效果及相关分析[J]. 中国环境科学, 2002, 22(3): 282-285.
- [30] 李 智, 杨在娟, 岳春雷. 人工湿地基质微生物和酶活性的空间分布[J]. 浙江林业科技, 2005, 25(3): 1-5.
- [31] 罗玲玲, 钟艳霞, 李小宇. 银川平原天然湖泊湿地生态系统水质净化能力探究[J]. 生态经济, 2014, 30(9): 177-184.
- [32] 商新利. 不同类型人工湿地中微生物分布及去除效果相关性研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2012: 24-31.