

单一及组合物理过滤材料对废水理化及微生物特性的影响

Akinbuwa Olumakinde^{1,*}, Agele Samuel²

1 尼日利亚 Akungba Akoko 阿德库勒阿贾辛大学植物科学与生物技术系

2 尼日利亚 阿库勒 联邦理工大学作物、土壤和害虫管理系

摘要: 农业废水再利用是增加农业水资源的一种可行的选择。已经采用了几种方法来改善废水质量,以便在农业中安全再利用。然而,这些方法很复杂,当地农民很难使用。因此,进行了一项研究,以检查简单且经济有效的废水处理方法对废水理化和微生物财产的影响。这项研究是在阿库勒联邦理工大学作物、土壤和害虫管理系(FUTA)进行的。废水包括:鱼塘污水和市政污水。用于废水物理过滤的材料包括:花岗岩、稻壳、木炭和纯河沙。处理前后,对废水进行化学分析(pH、电导率(EC)、硝酸盐、Cl、P、Ca和Mg)、物理分析(总固体、总溶解固体和总悬浮固体)和微生物分析(总粪便大肠杆菌、细菌、酵母和真菌)。结果表明,物理过滤材料的单独应用和联合应用显著降低了废水中的微生物负荷。同样,在单一和组合应用中,使用过滤材料过滤的水的总固体(TS)、总悬浮固体(TSS)和总溶解固体(TDS)显著减少。未经处理的鱼塘废水(T₁)中记录了最高的有效pH值、EC和氯化物,而稻壳过滤的鱼塘污水(T₅)中记录的最高的有效Ca和Mg。稻壳过滤的城市废水(T₁₁)中记录到最高的有效硝酸盐,而T₅和T₁₁中获得最高的有效P。这项研究的结果表明,使用单一过滤材料和组合过滤材料过滤的废水的质量参数有所改善。

关键词: 黄瓜; 微生物分析; 市政溪流

Effects of Sole and Combined Physical Filtration Materials on Physicochemical and Microbiological Properties of Waste Waters

Akinbuwa Olumakinde^{1,*}, Agele Samuel²

1 Department of Plant Science and Biotechnology, Adekunle Ajasin University, Akungba Akoko, Nigeria

2 Department of Crop, Soil and Pest Management, Federal University of Technology, Akure, Nigeria

Abstract: Agricultural re-use of waste waters is a feasible alternative for increasing water resources for agriculture. Several methods have been adopted for improving waste water quality for safe re-use in agriculture. However, these methods are complex and difficult to use by local farmers. Hence, a study was conducted to examine the effects of a simple and cost-effective waste water treatment methods on physicochemical and microbial properties of waste waters. The research was conducted in the Department of Crop, Soil and Pest Management, the Federal University of Technology, Akure (FUTA). Waste waters consisted of: fish pond effluent and municipal stream. Materials used for physical filtration of waste waters include: granite, rice husk, charcoal, and pure river sand. Prior to and after treatments, the waste waters were subjected to chemical analysis (pH, electrical conductivity (EC), Nitrate, Cl, P, Ca, and Mg), physical analysis (Total solid, Total dissolved solid and Total suspended solid), and microbiological analysis (Total faecal coliforms, bacteria, yeast and fungi). Results obtained showed that sole and combined applications of physical filtration materials significantly reduced microbial loads in waste waters. Similarly, significant reductions in total solid (TS), total suspended solid (TSS) and total dissolved solid (TDS) were obtained for waters filtered with the filtration materials, both in the single and combined applications. The highest significant pH, EC and chloride were recorded in untreated fishpond effluent (T₁), while fishpond effluent filtered with rice husk (T₅) recorded the highest Significant Ca and Mg. Highest significant Nitrate was recorded in municipal wastewater filtered with rice husk (T₁₁), while highest significant P was obtained at T₅ and T₁₁. Results of this research showed improvement in the quality parameters of waste waters filtered with sole and combined filtration materials.

Keywords: Cucumber; Microbiological analysis; Municipal stream

1. 引言

全球人口和工业化的持续增长导致每年包括废水在内

的废物产生量增加^[1]。未经充分处理就将废水随意排入河流和湖泊，已导致世界许多地区的水体受到污染^[2]。由于世界人口不断增长，对淡水的需求越来越大，水体污染已成为全球关注的问题^[3]。

废水回收已成为水管理中普遍可接受的方法，这在很大程度上减少了由于人口增长而对可用水供应施加的压力^[4]。根据 Heidarbour 等人的说法，灌溉废水的循环利用将大大减少需要从全球水源中去除的水量^[5]。废水是作物的良好水源和养分，因此，废水的再利用有助于保持土壤和作物生产力，保护环境^[6]。废水还含有大量的有机和无机营养素，特别是氮(N)、磷(P)、钾(K)和微量营养素^[7]，因此，当用于农业时，其再利用可以节省大量的肥料支出^[8]。

然而，将未经处理的废水直接应用于作物土地会带来许多风险，如作物减产、作物质量恶化、作物被病原体 and 肠道蠕虫污染^[9]。因此，为了减少对健康的危害和对自然环境的破坏，废水必须在再利用前进行处理，特别是用于农业灌溉^[10]。农业废水再利用必须符合再利用标准，以最大限度地减少环境和健康风险^[11]。

有几种处理废水的方法/技术可用于农业再利用。这些方法很复杂，当地农民很难使用。此外，这些废水处理系统的建设所需的高资本以及操作系统所需的熟练员工（每天都变得更加技术化）也是其他限制因素^[12]。因此，需要为农业废水再利用提供一种简单且经济高效的处理设施。

2. 材料和方法

2.1 实验场地

这项实验是在阿库尔联邦理工大学作物、土壤和害虫管理系的放映室进行的。

2.2 废水来源

用于实验的废水包括：(i) 从昂多州阿库尔的奥达路当地鱼塘收集的鱼塘废水(FPE)；以及(ii) 市政废水(MWW)，其从位于翁多州阿库尔富塔南门沿线的溪流中收集。

2.3 废水处理

废水处理包括一级和二级处理。在一级废水处理(PWWT)中，允许废水在两个单独的清洁池中沉淀24小时。沉淀在盆地底部的固体和重颗粒被移除，水被小心地倾倒入另一个单独的两个盆地。在对倾析水进行二次处理之前，将次氯酸钠(NaOCl)用作消毒剂。在二级废水处理(SWWT)中，来自PWWT的倾析水单独或组合使用过滤材料进行物

理过滤。过滤材料在构建的过滤设施中分层应用。

评估的治疗包括：

T0=钻孔水（对照）

T1=未经处理的鱼塘污水

T2=用花岗岩过滤的鱼塘污水

T3=用木炭过滤的鱼塘污水

T4=用纯河砂过滤的鱼塘流出物

T5=用稻壳过滤的鱼塘污水

T6=使用组合物理过滤器过滤的鱼塘污水

T7=未经处理的城市废水

T8=用花岗岩过滤的城市废水

T9=用木炭过滤的城市废水

T10=用纯河砂过滤的城市废水

T11=用稻壳过滤的城市废水

T12=使用组合物理过滤器过滤的城市废水

每个处理重复四（4）次。

2.4. 已处理和未处理废水的分析

在处理之前和之后，对废水进行化学、物理和微生物分析。使用 E250 型 Metro pH 计测定每个水样的 pH，并使用电导率计测定 EC。使用 AOAC 分析方法测定总固体、溶解固体和悬浮固体（1984）。水样中的氯离子使用莫尔法进行滴定测定。使用 EDTA 滴定法测定水样中的钙和镁离子。用氢氧化钠比色法测定水样中硝酸盐浓度。

对数据进行单向方差分析，并使用 SPSS 24.0 版本以 5% 的概率水平通过 Tukey HSD 检验分离平均值。

3. 结果和讨论

与未经处理的废水样品相比，经处理废水的微生物和理化财产表明水质有所改善。结果表明，物理过滤材料（花岗岩、木炭、纯河沙和稻壳）的单独和组合应用减少了处理后的微生物负荷（粪便大肠杆菌、细菌、真菌和酵母）。废水处理采用了几种过滤材料，如沙子、泥炭、木材副产品、生物炭、椰子壳、玻璃珠和其他商业上可获得的过滤材料，这些过滤材料显著减少了微生物负载^[13]。许多研究报告了通过过滤过程有效去除细菌（4.85 - 6.8 log₁₀ CFU/100 mL）和原生动物（2 log₁₀ CFU/100 mL）^[14, 15]。莫拉托等人和阿卢法西等人报道，过滤的有效性主要取决于病原体和过滤介质的特性，包括类型、质地和大小^[16, 17]。处理废水的总大肠菌群在 14.67 至 225.33 MPN/100mL 之间变化。这些结果符合农业废水中可接受的粪便大肠杆菌水平 ≤ 1000 MPN/100

mL^[18]。细菌数量在 53.33 至 160.00 CFU/ml 之间,酵母在 25.00 至 256.67 SFU/ml 之间变化,真菌在 7.00 至 31.00 SFU/ml 间变化。詹金斯等人报告了平均去除 1.8 log₁₀ 单位,即在 10 周内,在充满细沙的过滤器中,从河水中去除 98.5% 的粪便大肠杆菌,并添加废水^[19]。然而,当组合使用物理过滤材料时(T₆和 T₁₂),微生物负荷显著降低。这与哈克等人获得的结果一致。哈克等人报告称,单层或多层使用的各种沙丽布(细网、机织棉布)和尼龙网从水中去除了携带霍乱弧菌的浮游动物和浮游植物^[20]。治疗使霍乱弧菌浓度降低了 95 至 99%。塞尔皮耶里等人也得出结论,紫外线过滤器显著减少了处理废水中的微生物污染^[21]。

Microbial load				
Water sources	Total faecal coliforms (MPN/100ml)	Bacteria (CFU/ml)	Yeast (SFU/ml)	Fungi (SFU/ml)
T ₀	0.00 ^a	16.33 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
T ₁	1100.00 ^d	1240.00 ^d	990.00 ^d	53.00 ^d
T ₂	225.33 ^b	163.33 ^b	115.00 ^b	15.33 ^b
T ₃	56.00 ^b	71.33 ^b	168.67 ^{bc}	14.67 ^{bc}
T ₄	150.00 ^c	160.00 ^c	201.67 ^c	12.33 ^{bc}
T ₅	97.00 ^c	66.67 ^{bc}	25.00 ^b	15.67 ^{bc}
T ₆	46.67 ^{bc}	53.33 ^b	27.67 ^b	12.33 ^{bc}
T ₇	1263.00 ^d	1260.00 ^d	586.67 ^d	101.67 ^d
T ₈	143.33 ^b	80.00 ^b	122.67 ^{bc}	17.00 ^{bc}
T ₉	145.33 ^b	110.00 ^b	256.67 ^c	31.00 ^c
T ₁₀	225.33 ^b	90.54 ^b	120.00 ^{bc}	23.67 ^{bc}
T ₁₁	149.32 ^b	83.33 ^b	33.33 ^b	20.00 ^{bc}
T ₁₂	14.67 ^{ab}	56.67 ^b	32.00 ^b	7.00 ^{ab}

表 1.处理和未处理废水的微生物负荷。

在 p=0.05 (Tukey HSD) 时,同一列上标中相同字母的平均值没有显著差异。T₀=钻孔水(对照),T₁=未经处理的鱼塘污水,T₂=用花岗岩过滤的鱼塘污水;T₃=用木炭过滤的鱼塘废水,T₄=用河砂过滤的鱼塘出水,T₅=用稻壳过滤的鱼塘排水,T₆=用组合物理过滤器过滤的鱼塘水,T₇=未经的市政污水,T₈=用花岗岩处理的市政污水,T₉=用木炭过滤的城市废水,T₁₀=用河砂过滤的城市污水,T₁₁=用稻壳过滤的城市水,T₁₂=用组合物理过滤器过滤的城市排水

Waste water physical properties			
Water sources	Total solid (mg/l)	Total dissolved solid (mg/l)	Total suspended solid (mg/l)
T ₀	16.01 ^a	8.17 ^a	8.17 ^a
T ₁	110.81 ^d	37.25 ^d	85.67 ^d
T ₂	48.33 ^b	20.66 ^{bc}	28.39 ^b
T ₃	53.09 ^b	22.91 ^{bc}	32.04 ^b
T ₄	49.01 ^b	19.47 ^{bc}	30.79 ^b
T ₅	49.99 ^b	20.01 ^{bc}	30.66 ^b
T ₆	48.72 ^b	18.79 ^b	28.98 ^b
T ₇	141.49 ^d	52.43 ^d	93.97 ^d
T ₈	56.11 ^b	25.43 ^b	35.50 ^b
T ₉	58.92 ^b	26.51 ^b	36.24 ^b
T ₁₀	54.07 ^b	23.34 ^{bc}	34.02 ^b
T ₁₁	54.70 ^b	24.32 ^{bc}	35.58 ^b
T ₁₂	50.84 ^b	20.48 ^{bc}	30.17 ^b
WHO	-	500.00	-

表 2.经处理和未经处理废水的物理财产。

在 p=0.05 (Tukey HSD) 时,同一列上标中相同字母的平均值没有显著差异。T₀=钻孔水(对照),T₁=未经处理的鱼塘污水,T₂=用花岗岩过滤的鱼塘污水;T₃=用木炭过滤的鱼塘废水,T₄=用河砂过滤的鱼塘出水,T₅=用稻壳过滤的鱼塘排水,T₆=用组合物理过滤器过滤的鱼塘水,T₇=未经的市政污水,T₈=用花岗岩处理的市政污水,T₉=用木炭过滤的城市废水,T₁₀=用河砂过滤的城市污水,T₁₁=用稻壳过滤的城市水,T₁₂=用组合物理过滤器过滤的城市排水。

在本研究中,根据总固体(TS)、总悬浮固体(TSS)、总溶解固体(TDS)、电导率(EC)的去除效率以及原水 pH 质量的改善,评估了所建过滤设施以及所选物理过滤材料(如花岗岩、木炭、稻壳和纯河砂)的性能。处理水的 pH 值在 6.9 和 7.7 之间变化,这符合世界卫生组织 1989 年和粮食及农业组织 1999 年关于农业废水安全再利用的标准和指南。根据高等人的研究,微生物组成受溶液或基质 pH 值的影响^[22]。未处理废水的 TS、TDS 和 TSS 值较高(表 2)。未经处理的废水(T₁和 T₇)中 TS、TDS 和 TSS 高是由于存在胶体和不可沉降固体,包括大砂粒、粘土和细粉土。在本研究中,在单次和联合应用中,通过物理过滤材料的应用,TS、TDS 和 TSS 显著降低。处理过的废水中总固体(TS)、总溶解固体(TDS)和总悬浮固体(TSS)的低水平与拉苏尔等人的早期报告相似。拉苏尔等人报告,在使用中试规模石介质滴滤器时,TS 减少了 87%,TDS 减少了 62.8%,TSS 减少了 99.9%^[23]。此外,卡恩等人报告,通过将石介质滴滤器与砂柱过滤器结合,TDS (66%)和 TSS (100%)减少^[24]。根据建议的 TDS (<1000 mg/L)和 TSS (25-80 mg/L)值,经处理的废水对农业和安全处理是可行的^[25]。经处理的废水中的 EC 和氯化物浓度也有所降低。EC 用于通过测量由于游离电离成分的存在而产生的载流能力来指示水的盐度势^[26-27]。粮农组织允许的 EC 限值为 1400μS/cm^[28]。未经处理的废水(T₁和 T₇)的 EC 值分别为 1321.33μS/cm 和 943.67μS/cm。在本研究中,发现在单独应用和组合应用中,物理过滤器的应用显著降低了 EC 值。皮特哈德等人认为,TSS 的减少在 EC 值下降中起着关键作用^[29]。此外,卡恩等人发现,与砂柱过滤器集成的固定生物膜反应器可有效降低 EC 值^[24]。这项研究的结果还表明,经处理的废水中的氯化物浓度远远低于排放到接收环境中的氯化物的浓度(250 毫克/升)^[30]。同样,经处理废水的硝酸盐、钙、镁和磷值也在世界卫生组织建议的 10 Mg/L 指南范围内^[25]。

Chemical Compositions							
Water sources	pH	Ec (μS/cm)	Cl (mg/l)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	N (mg/l)	P (ppm)
T ₀	6.71 ^a	240.00 ^a	53.64 ^a	32.25 ^{bc}	19.26 ^b	4.30 ^b	0.65 ^b
T ₁	7.81 ^d	1321.33 ^d	46.28 ^d	28.15 ^{cd}	16.83 ^d	5.05 ^d	1.49 ^{cd}
T ₂	7.40 ^{cd}	613.67 ^c	216.28 ^c	33.23 ^{cd}	19.83 ^d	4.54 ^{cd}	1.67 ^c
T ₃	7.30 ^{cd}	328.33 ^b	324.82 ^c	26.12 ^{bc}	16.99 ^d	4.42 ^c	2.04 ^c
T ₄	7.30 ^{cd}	415.67 ^b	127.81 ^b	26.25 ^{bc}	15.62 ^d	4.51 ^{cd}	1.67 ^c
T ₅	6.90 ^{bc}	286.67 ^b	223.65 ^b	28.31 ^{cd}	12.25 ^c	4.75 ^{cd}	2.45 ^{cd}
T ₆	7.05 ^{cd}	392.00 ^b	193.69 ^b	32.29 ^{cd}	19.23 ^d	4.57 ^{cd}	4.80 ^d
T ₇	7.44 ^{cd}	949.33 ^c	53.23 ^b	6.52 ^b	3.64 ^b	2.50 ^c	1.82 ^c
T ₈	7.70 ^{cd}	550.00 ^b	177.85 ^b	23.31 ^b	13.83 ^d	3.13 ^b	0.84 ^b
T ₉	7.70 ^{cd}	648.67 ^b	186.32 ^b	40.17 ^b	24.26 ^d	3.62 ^c	0.46 ^b
T ₁₀	7.65 ^{cd}	529.00 ^b	179.83 ^b	28.14 ^{cd}	16.83 ^d	3.16 ^b	0.40 ^b
T ₁₁	7.40 ^{cd}	331.33 ^b	213.92 ^b	31.54 ^{cd}	10.85 ^b	3.66 ^c	18.83 ^d
T ₁₂	7.20 ^{cd}	338.33 ^b	107.27 ^b	34.05 ^d	20.44 ^d	3.41 ^b	6.60 ^c
WHO	6.5-8.5	1400.00	250.00	75.00	50.00	10.00	200.00

表 3.处理和未处理废水的化学财产。

在 p=0.05 (Tukey HSD) 时,同一列上标中相同字母的

平均值没有显著差异。T₀=钻孔水（对照），T₁=未经处理的鱼塘污水，T₂=用花岗岩过滤的鱼塘污水；T₃=用木炭过滤的鱼塘废水，T₄=用河砂过滤的鱼塘出水，T₅=用稻壳过滤的鱼塘排水，T₆=用组合物理过滤器过滤的鱼塘水，T₇=未经的市政污水，T₈=用花岗岩处理的市政污水，T₉=用木炭过滤的城市废水，T₁₀=用河砂过滤的城市污水，T₁₁=用稻壳过滤的城市水，T₁₂=用组合物理过滤器过滤的城市排水

4.结论

这项研究的结果表明，使用单独和组合过滤材料（花岗岩、木炭、稻壳和河沙）过滤的废水的质量参数（物理、化学和微生物）有所改善。未经处理的城市废水（T₇）中总固体（TS）、总溶解固体（TDS）和总悬浮固体（TSS）最高，而未经处理鱼塘废水（T₁）中 pH 和 EC 最高。未经处理的鱼塘污水（T₁）和未经处理城市污水（T₇）中的微生物负荷也较高。然而，单独使用过滤材料（花岗岩、木炭、稻壳和河沙）改善了废水质量（物理、化学和市政财产）。用组合过滤材料处理后，废水质量进一步提高。需要评估农业作物对处理废水的生长和产量反应。

参考文献

- [1] Thapliyal, A., Vasudevan, P., Dastidar, M. G., Tandon, M. and Mishra, S. (2011). Irrigation with domestic wastewater: responses on growth and yield of ladyfinger (*Abelmoschus esculentus*) and on Soil Nutrients. *Journal of Environmental Biology*. 32: 645-651.
- [2] Khan, S., Cao, Q., Zheng, Y. M., Huang, Y. Z. and Zhu, Y. G. (2008). Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. *Environmental pollution*, 152 (3), 686-692.
- [3] Alfonso-Muniozgueren, P., Lee, J., Bussemaker, M., Chadeesingh, R., Jones, C., Oakley, D. and Saroj, D. (2018). A combined activated sludge-filtration-ozonation process for abattoir wastewater treatment. *Journal of Water Process Engineering*, 25 (February), 157-163.
- [4] Zahedi, A., Monis, P., Gofton, A. W., Oskam, C. L., Ball, A., Bath, A., Bartkow, M., Robertson, I. and Ryan, U. (2018). *Cryptosporidium* species and subtypes in animals inhabiting drinking water catchments in three states across Australia. *Water Resources*, 134, 327-340.
- [5] Heidarpour, M., Mostafazadeh-Fard, B., Koupai, J. A. and Malekian, R. (2007). The effects of treated wastewater on soil chemical properties using subsurface and surface irrigation methods. *Agricultural Water Management*, 90: 87-94.
- [6] Alobaidy, A. H. M. J., Al-Sameraiy, M. A., Kadhem, A. J. and Majeed, A. A. (2010). Evaluation of treated municipal wastewater quality for irrigation. *Journal of Environmental Protection*, 1 (03), 216.
- [7] Ghafoor, A., Rauf, A. and Arif. M. (1996). Soil and plant health irrigated with Paharang drain sewage effluents at Faisalabad. Pakistan. *Journal of Agricultural Science*, 33: 73-76.
- [8] Ibrahim, M. and Salmon, S. (1992a). Chemical composition of Faisalabad city sewage effluents: Nitrogen, phosphorus and potassium contents. *Journal of Agricultural Resources*, 30: 381-390.
- [9] Zavadil, J. (2009). The effect of municipal wastewater irrigation on the yield and quality of vegetables and crops. *Soil and Water Resources*, 4 (3): 91-103.
- [10] Pereira, L. S., Cordery, I. and Iacovides, I. (2002). Coping with Water Scarcity. UNESCO, Paris.
- [11] Saldías, C., Speelman, S., Amerasinghe, P. and Van Huylenbroeck, G. (2015). Institutional and policy analysis of wastewater (re) use for agriculture: case study Hyderabad, India. *Water Science and Technology*, 72 (2), 322-331.
- [12] Kivaisi, A. K. (2001). The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review. *Ecological engineering*, 16 (4), 545-560.
- [13] Nilsson, C., Renman, G., Westholm, L. J., Renman, A. and Drizo, A. (2013). Effect of organic load on phosphorus and bacteria removal from wastewater using alkaline filter materials. *Water research*, 47 (16), 6289-6297.
- [14] Sleytr, K., Tietz, A., Langergraber, G. and Haberl, R. (2007). Investigation of bacterial removal during the filtration process in constructed wetlands. *Science of the Total Environment*, 380 (1-3), 173-180.
- [15] Redder, A., Dürr, M., Daeschlein, G., Baeder-Bederski, O., Koch, C., Müller, R. and Borneff-Lipp, M. (2010). Constructed wetlands—Are they safe in reducing protozoan parasites. *International journal of hygiene and environmental health*, 213 (1), 72-77.
- [16] Morató, J., Codony, F., Sánchez, O., Pérez, L. M., García, J. and Mas, J. (2014). Key design factors affecting microbial

- community composition and pathogenic organism removal in horizontal subsurface flow constructed wetlands. *Science of the Total Environment*, 481, 81-89.
- [17] Alufasi, R., Gere, J., Chakauya, E., Lebea, P., Parawira, W. and Chingwaru, W. (2017). Mechanisms of pathogen removal by macrophytes in constructed wetlands. *Environmental Technology Reviews*, 6 (1), 135-144.
- [18] Miranda, N. D., Oliveira, E. L. and Silva, G. H. R. (2014). Study of constructed wetlands effluent disinfected with ozone. *Water science and technology*, 70 (1), 108-113.
- [19] Jenkins, M. W., Tiwari, S. K., and Darby, J. (2011). Bacterial, viral and turbidity removal by intermittent slow sand filtration for household use in developing countries: Experimental investigation and modeling. *Water research*, 45 (18), 6227-6239.
- [20] Huq, A., Xu, B., Chowdhury, M. A., Islam, M. S., Montilla, R. and Colwell, R. R. (1996). A simple filtration method to remove plankton-associated *Vibrio cholerae* in raw water supplies in developing countries. *Applied and environmental microbiology*, 62 (7), 2508-2512.
- [21] Serpieri, N., Moneti, G., Pieraccini, G., Donati, R., Mariottini, E. and Dolara, P. (2000). Chemical and microbiological characterization of drinking water after filtration with a domestic-size charcoal column and ultraviolet sterilization. *Urban Water*, 2, 13-20
- [22] Gao, P., Xu, W., Sontag, P., Li, X., Xue, G., Liu, T. and Sun, W. (2016). Correlating microbial community compositions with environmental factors in activated sludge from four fullscale municipal wastewater treatment plants in Shanghai, China. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100 (10), 4663-4673.
- [23] Rasool, T., Rehman, A., Naz, I., Ullah, R. and Ahmed, S. (2018). Efficiency of a locally designed pilot-scale trickling biofilter (TBF) system in natural environment for the treatment of domestic wastewater. *Environmental technology*, 39 (10), 1295-1306.
- [24] Khan, Z. U., Naz, I., Rehman, A., Rafiq, M., Ali, N. and Ahmed, S. (2015). Performance efficiency of an integrated stone media fixed biofilm reactor and sand filter for sewage treatment. *Desalination and Water Treatment*, 54 (10), 2638-2647.
- [25] WHO. Guidelines for the Safe Use of Wastewater. Excreta and Greywater in Agriculture. Volume 2. Wastewater Use in Agriculture; WHO Press: Geneva, Switzerland, 2006.
- [26] Norton-Brandão, D., Scherrenberg, S. M. and van Lier, J. B. (2013). Reclamation of used urban waters for irrigation purposes—a review of treatment technologies. *Journal of environmental management*, 122, 85-98.
- [27] Khan, S. A., Sharma, G. K., Malla, F. A., Kumar, A. and Gupta, N. (2019). Microalgae based biofertilizers: a biorefinery approach to phycoremediate wastewater and harvest biodiesel and manure. *Journal of Cleaner production*, 211, 1412-1419.
- [28] FAO. Advances in the Assessment and Monitoring of Salinization and Status of Biosaline Agriculture. Reports of Expert Consultation Held in Dubai, United Arab Emirates; FAO: Rome, Italy, 2007.
- [29] Pritchard, M., Craven, T., Mkandawire, T., Edmondson, A. S. and O'Neill, J. G. (2010). A comparison between *Moringa oleifera* and chemical coagulants in the purification of drinking water—An alternative sustainable solution for developing countries. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 35 (13-14), 798-805.
- [30] Ukpong, E. C. and Agunwamba, J. C. (2012). Dispersion Characteristics of Settleable and Dissolvable Pollutants in Waste Stabilization Ponds. *Global Journal of Engineering Research*, 11 (2), 87-98.