

دراسة تغيرات البكتريا متباينة التغذية في المياه العذبة لمواقع عدّة على نهر الكبير الشمالي

عيسى نور الدين كبيبو⁽¹⁾ وجميل ابراهيم عباس⁽¹⁾، اونج امين محمود^{(1)*}

(1). قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

*للمراسلة: اونج امين محمود anjemahmoud@gmail.com هـ / (0933969945).

تاريخ الاستلام: 2020/06/23 تاريخ القبول: 2020/12/10

المخلص

أجريت هذه الدراسة بهدف تحديد نوعية مياه بحيرة سد 16 تشرين، والمخرج المائي للبحيرة (نفق ري عين البيضا) لمعرفة إمكانية تحويل جزء من مياه البحيرة إلى شبكة مياه الشرب، في محافظة اللاذقية. أخذت عينات المياه فصلياً لتحليلها وتحديد مدى ملائمتها للشرب، من ثلاث مواقع، وهي مدخل البحيرة (جسر غمام)، وبحيرة سد 16 تشرين، ونفق ري عين البيضا، خلال الفترة الفصلية لعامي 2018 و2019. اختيرت طريقة الصب في الطبق المعيارية لتحليل التعداد العام للبكتريا (HPC)، وقياس مؤشرات جودة مياه الشرب (PH, TUR, NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, PO₄⁻³), حيث أظهرت النتائج وجود فروق معنوية بين المواقع المدروسة لتعداد (TOC NH₄⁺ HPC). فسجلت مياه النهر أعلى تعداد (4000 مستعمرة/مل) وبمعامل ارتباط بين HPC و (r=0.71). ثم انخفض HPC والشوائب في مياه البحيرة بسبب تطبيق المياه وبمعامل ارتباط بين HPC والعكارة (r=0.87). ثم عادت لترتفع من جديد في مياه النفق وبمعامل ارتباط بين HPC و (r=0.91). PO₄⁻³ لذلك يجب اشادة محطة التنقية ليصار إلى ربطها بشبكة مياه الشرب. **الكلمات المفتاحية:** بكتريا متباينة التغذية، جودة المياه، نهر الكبير الشمالي، بحيرة سد 16 تشرين، نفق ري عين البيضا، محطة تنقية.

المقدمة:

تعد السلامة والجودة والكمية هي أكبر الاهتمامات عند إدارة مصادر مياه الشرب. يمكن استخدام العديد من الأساليب لضمان الإدارة الفعالة أثناء معالجة مياه الشرب وتوزيعها. نظراً لارتفاع معدل النمو السكاني السنوي لسكان حوض نهر الكبير الشمالي (2.1%) (العلي، 2018)، فإنه لا بد من الاستفادة لاحقاً من مياه سد 16 تشرين كمصدر لمياه الشرب. محور هذه المقالة سيكون على أحد مؤشرات قياس جودة مياه الشرب التي يمكن استخدامها في إدارات استراتيجيات المياه. يتضمن مصطلح البكتريا متباينة التغذية heterotrophic bacteria، والمعروف أيضاً بعد المستعمرات colony counts والمعروف سابقاً بعد البكتريا بطريقة الصب بالطبق المعيارية standard plate count bacteria، اختبار البكتريا الهوائية اللاهوائية في المياه، والتي تستخدم المغذيات العضوية للنمو وكميات محددة من أملاح المغذيات غير العضوية من أجل التطور. قد تتواجد هذه الكائنات ضمن البيئة بكلا شكلي المياه الطبيعية والمعالجة، ويمكن أن تنتوع بشكل كبير بين المواقع والفصول، فيتم قياسها لتقدير كل النشاط البكتريولوجي الممرض وغير الممرض على حد سواء. قد يسبب تواجدها في المياه السطحية آثار على الصحة العامة، وخصوصاً الكائنات الانتهازية، قد تسبب هذه الكائنات أمراض معوية أو معدة متضمنة الغثيان والاسهال، أو قد تكون جزء من النظام الايكولوجي الطبيعي لجسم الكائن البشري وليست ضارة لصحة الإنسان وهي موجودة بشكل طبيعي في البيئة بما في ذلك الماء

(Amanidaz et al., 2015). فأشارت منظمة الصحة العالمية أنه لا يوجد خطر ذو أهمية على المستهلكين لمياه شرب حاوية على تنوع كبير من هذه البكتيريا، فتعد ثانوية من الناحية الممرضة ولكنها تسبب المرض لدى الأشخاص ضعيفي المناعة فتنتقل عن طريق التنفس أو الجروح، ووضعت حد أعلى مسموح به حتى 500 مستعمرة / مل (WHO, 2011). أما الحد المسموح به في الاتحاد الأوروبي 20 مستعمرة / مل (European Union, 1998). والحد المسموح به في المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب (2007) هو (200 مستعمرة / 100 مل عند الدرجة 37 م° لمدة 24 ساعة تحضين). ان للمجموعة البكتيرية HPC تاريخ طويل كمؤشر لنوعية مياه الشرب على مر العقود، تحول تفسير نتائج HPC من مؤشر على سلامة المياه إلى مؤشر على جودة المياه. في الوقت الحالي، يستخدم قياس HPC أثناء معالجة المياه وبعد المعالجة من قبل العاملين كأحد المؤشرات العديدة في مراقبة عمل التعقيم. تتضمن اختبارات أخرى مثل بكتريا الكوليفورم، العكارة، الرقم الهيدروجيني، الكلور الحر المتبقي. فيستخدم هذا المؤشر كأداة بحث عند إعادة تصميم واختبار طريقة جديدة لمعالجة المياه (WHO, 2003). يساعد تحليل البكتريا متباينة التغذية في مياه السدود في تقييم جودة المياه. تعتمد مراقبة الجودة الميكروبيولوجية للمياه على كلا التغيرات الزمانية والمكانية للتعداد البكتيري في الأنظمة البيئية المائية (Morrison et al., 2017). بالتالي يجب أخذ الحذر باتخاذ خطوات أساسية من المصدر حتى شبكات التوزيع لتخفيض تعداد البكتريا متباينة التغذية في أنظمة توزيع مياه الشرب (Ibekwe and Murinda, 2019). اشتملت الدراسات السابقة للبكتريا متباينة التغذية كمؤشر على جودة المياه لعينات سطحية من مياه نهر الكبير الشمالي (حماد ومحمود، 2010) ومن مياه بحيرة سد 16 تشرين.

أهمية البحث وأهدافه:

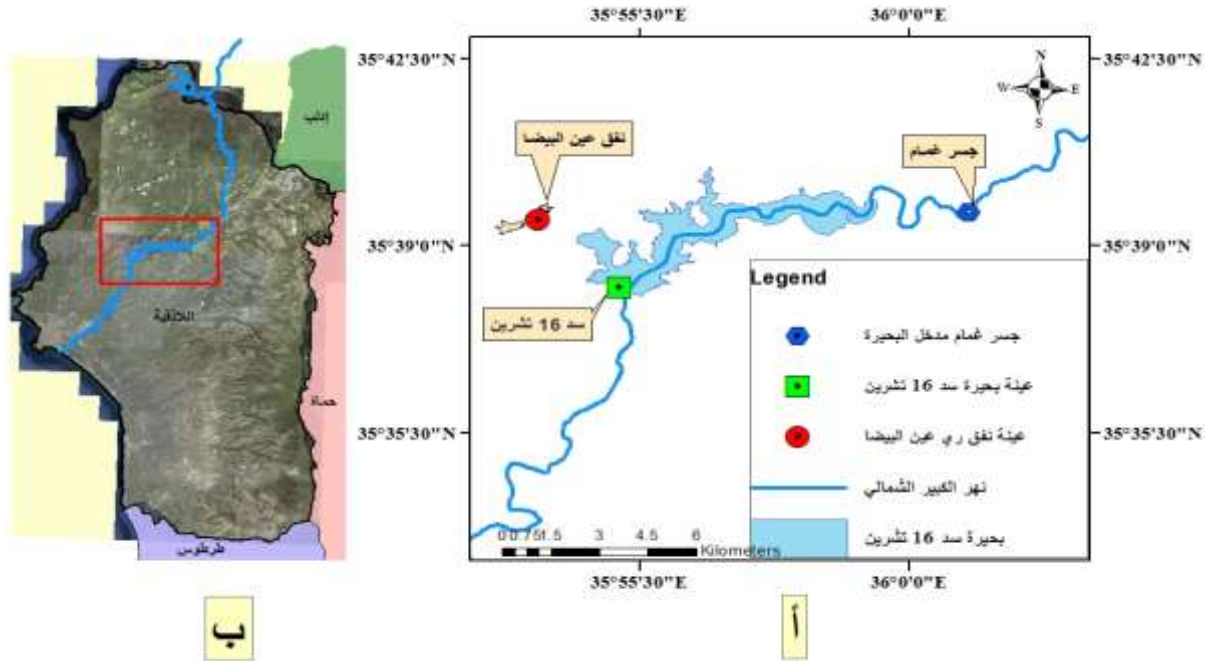
في هذه الدراسة، تم تقديم تحاليل مفصلة عن المجتمع الميكروبي لكل من مياه نهر الكبير الشمالي، وبحيرة سد 16 تشرين (أكبر سد في مدينة اللاذقية)، وعلى نهاية نفق ري عين البيضاء حيث ستقام محطة تصفية لتحويل مياه السد إلى مياه صالحة للشرب. بحيرة السد بحيرة طباقية الفصول دافئة، يمتزج عمود الماء بحرية طوال فصل الشتاء، يحدث كلا الترسيب الطبقي والانفجار الأشني من منتصف الربيع حتى منتصف الخريف، مسبباً زيادة في توضع الكربون العضوي وتطور حالة نقص الأكسجة hypoxia/anoxia في طبقة الممال الحراري thermocline وطبقة عمق الركود hypolimnion (وهي طبقة المياه السفلى حيث تكون عميقة وباردة متطبقة وتكون داكنة وراكدة). يعتقد أن المجتمعات الميكروبية ستكون متشابهة أثناء خلط مياه البحيرة، ومن المتوقع أن تكون الاختلافات في علاقات المجتمعات الميكروبية ومحتواها أثناء الترسيب الطبقي للبحيرة، على سبيل المثال، الاختلافات بين مجتمعات طبقات المياه العليا epilimnion وطبقة المياه السفلى الراكدة. تفترض الدراسة أن حجم هذه الاختلافات سيزداد مع زمن الترسيب، مثل، الصيف يتبعه الخريف. تلقي النتائج الضوء على الاختلاف الكبير والطبيعة الديناميكية للمجتمعات الميكروبية والتي تتطور على أعماق مختلفة وفصول مختلفة كرد فعل للتغيرات المناخية والجيوكيميائية. تتمثل أهداف الدراسة الحالية على:

1. رصد الاختلافات الزمانية والمكانية للبكتريا متباينة التغذية.
2. تحديد علاقات الارتباط ومعامل التحديد بين التعداد العام للبكتريا ومؤشرات جودة المياه خلال الفصول والمواقع المختلفة.

مواقع الدراسة

– نهر الكبير الشمالي: يبلغ طوله (96 كم) في الأراضي السورية بمتوسط تدفق سنوي ($6.78 \text{ م}^3/\text{ثا}$) عند جسر غمام (قبر العبد) (الشكل 1). إن المناخ السائد في المنطقة هو المناخ تحت المداري، حيث يكون الطقس معتدلاً ورطباً شتاءً ومعتدل إلى حار ورطب صيفاً، ومن النادر ما تنخفض درجة الحرارة إلى ما دون الصفر شتاءً كما أنها لا تتجاوز الـ 35 م° صيفاً. أما الهائل المطري فهو مرتفع نسبياً حيث يتراوح معدل الهطول ما بين (800–1000) مم سنوياً، يهطل معظمها في الفترة ما بين شهري كانون الأول وشباط، ومن النادر أن تحصل هطولات في الصيف (عجميان، 1997).

مواقع الدراسة



شكل [1] يبين المواقع الثلاث على المواقع (أ) إضافة إلى صورة الأقمار الصناعية (ب) (العلي، 2018).

– بحيرة سد 16 تشرين: أقيمت بحيرة سد 16 تشرين عام 1985، تقدر مساحة سطحها (11.2 كم^2) عند السعة التخزينية العظمى (212 مليون م^3) مع ارتفاع عن سطح البحر (74.60 متر)، ويصل عمق البحيرة حتى 50 متر، مع طبقة رواسب كثيفة من الرمل والحصى مع توضعات رملية سلتية، ولها شكل مورفولوجي مثالي للخزانات التجميعية المنخفضة. كما ويتصف حجم الماء ضمن السد بتغيرات كبيرة حسب الفصول حيث تحدث السعة العظمى في فترة الربيع نيسان وأيار، وأقل مستوى في أيلول وتشرين الأول (شكل 1).

– نفق ري عين البيضا: يخرج النفق من مأخذ بارتفاع (57 متر) عن سطح البحر، بمتوسط غزارة ($4.5 \text{ م}^3/\text{ثا}$) وهو متغير حسب متطلبات الري، حيث يمتد موسم الري من شهر أيار حتى شهر تشرين الأول ويصل طول النفق من جسم السد حتى موقع انشاء محطة تصفية مياه الشرب حوالي (7.2 كم) (شكل 1).

مواد البحث وطرائقه:

جمع العينات

جمعت العينات في شباط 2018 (قبل الانفجار الأشني، حيث لا يوجد ترسب ضمن البحيرة والنهر، مع عمود ماء مؤكسج بشكل كامل)، وفي شهر تموز 2018 (الصيف المبكر، حيث الانفجار الأشني، مع عمود ماء طباق)، وأخذنا عينات أيضاً في أيلول،

تشرين أول وتشرين ثاني 2019 (حيث أواخر الصيف وأشهر الخريف، بعد فترة الانفجار الأشني، عمود ماء طباق مع ازدياد في المادة العضوية والرواسب في طبقة الممال الحراري إضافة للطبقة المائية السفلية). جمعت العينات من الطبقة المائية العليا للبحيرة والنهر epilimnion (25 سم-1 متر). تم أخذ عينات النهر من موقع واحد في منطقة قبر العبد تحت جسر غمام ومن منتصف النهر حيث الجريان وغمرت العبوات تحت سطح النهر بعكس اتجاه التيار، أما عينات السد فقد أخذت قرب قمع المفيض. تمثل عينة نفق ري عين البيضا طبقة المياه السفلى للبحيرة، تنوع تكرار عينات النفق حسب الظروف التشغيلية للقناة، استخدم لجمع عينات التحليل الجرثومي عبوات زجاجية سعة العبوة 500 مل مغسولة جيداً ومعقمة في الأوتوكلاف وضعت في محفظة خاصة مبردة لنقلها إلى المختبر، وتم إجراء التحاليل المطلوبة مباشرة فور وصولها للمختبر. استخدم عبوات زجاجية مغسولة جيداً ومجففة لجمع عينات تحليل الكربون الكلي العضوي. كما جمعت عينات التحاليل الكيميائية بعبوات مصنعة من البولي إيثيلين Polyethylene سعة لتر واحد ثم حفظت العينات في البراد على الدرجة 4م° لحين إجراء التحاليل المطلوبة. مع الأخذ بعين الاعتبار انه تم ترشيح عينات التحاليل الكيميائية عبر فلتر Millipor (0.45 ميكرومتر) (APHA، 1998).

تحاليل البكتريا متباينة التغذية (HPC) Heterotrophic Plate Count

أجريت تحاليل البكتريا متباينة التغذية من خلال استخدام التمديدات العشرية لتخفيض التعداد البكتيري بحيث تكون قابلة للعد ثم نقلت الى أطباق بتري وتم صب وسط الآغار المغذي السائل plate count agar وتم التحريك حتى يتم توزيع التمديد بشكل متجانس ثم تركناه حتى يجمد، ثم تم تحضين الأطباق بشكل مقلوب في الحاضنة الجرثومية على الدرجة 37 م° لمدة 24-48 ساعة حسب ما هو وارد (APHA، 1998).

مؤشرات جودة المياه الصالحة للشرب: تم قياس العكارة باستخدام جهاز Hach (Turbidity meter 2100) وسجلت النتيجة مقدره ب (Nephelometric Turbidity Units (NTU). كما تم قياس الرقم الهيدروجيني (pH) باستخدام جهاز Thermo orion 210. استخدم مقياس التحليل الطيفي الضوئي Spectrophotometer DR 2010 لقياس شوارد النترات، النتريت، الأمونيا والفوسفات مقدره (ملغ/ل). كما تم قياس الكربون الكلي العضوي والآزوت الكلي باستخدام جهاز Shimadzu TOC-VCSH لقياس الكربون الكلي العضوي الغير قابل للتطاير (NPOC)Non- Purgeable Organic Carbon، والآزوت الكلي Total Nitrogen (APHA، 1998).

أجري العمل في المختبر المركزي للمؤسسة العامة لمياه الشرب والصرف الصحي في اللاذقية.

التحليل الإحصائي

تم التحليل الإحصائي باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS وتحليل التباين العام (General Analysis Of Variance) باستخدام اختبار ANOVA. كما تم تحديد معامل الارتباط لعدد من المؤشرات باستخدام صيغة بيرسون إضافة الى معامل التحديد لعدد من المؤشرات.

النتائج والمناقشة:

غالبًا ما يستخدم عد البكتيريا غيرية التغذية كمؤشر على الجودة الميكروبية الشاملة. قد تشمل هذه الكائنات البكتريا الهوائية واللاهوائية (الشكل 3)، الممرضة وغير الممرضة. ويمكن أن تتواجد في جميع انحاء البيئة في كلا حالي المياه الطبيعية والمعالجة (APHA, 1998). تجاوزت تعدادات البكتريا متباينة التغذية للمواقع الثلاثة المدروسة وخلال الفصول الأربعة الحد المسموح به في

المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب (200 مستعمرة/100مل عند الدرجة 37 م° لمدة 24 ساعة)، والأوروبية (20 مستعمرة/مل) (Council Directive, 1998). تم استخدام التمديدات العشرية وسجل أعلى تعداد للنهر على التمديد (10^{-2}). أظهرت النتائج وجود فروق معنوية بين المواقع الثلاثة عند المستوى 0.05 (جدول 2). تم استخدام لوغارتم التعداد من أجل المقارنة بين المواقع الثلاثة. سجلت مياه النهر أعلى القيم ووصلت حتى (4000 مستعمرة/مل) في تشرين أول 2019 ومع أول هطول مطري (كانون الثاني 2020). يليه مياه النفق فسجل أعلى تعداد في شهر تموز (650 مستعمرة/مل). يليه مياه السد مسجلاً أعلى تعداد (310 مستعمرة/مل) في شهر تشرين الثاني 2019 (شكل 2). ان هذا الاختلاف يبين أن لتطبيق بحيرة السد دوراً هاماً في تخفيض التعداد الجرثومي في الطبقات السطحية منها وخصوصاً أنه ارتبط بالعكارة بعلاقة خطية كما يبين معامل التحديد $R^2 = 0.75$ (شكل 5). ثم عودة ارتفاعه في مياه النفق بسبب تحرره من الرواسب حيث تعد الرواسب خزانات للبكتيريا.

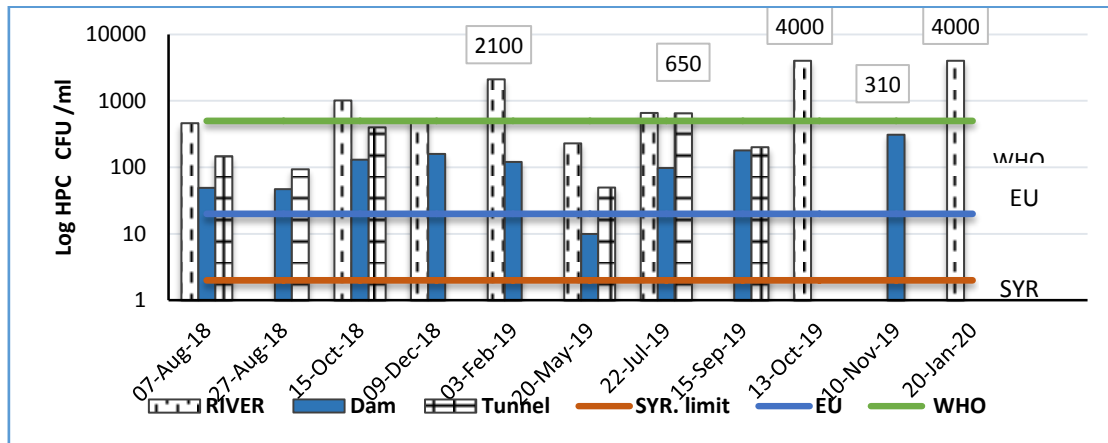
مياه النهر عند مدخل بحيرة السد: سجل تعداد مرتفع بعد الهطولات المطرية في الشتاء فوصل حتى (2100 مستعمرة/مل) في شهر شباط 2019 متراًفقاً ذلك مع عكارة عالية (18 NTU) حيث أن البكتيريا تميل لأن تكون محمولة أكثر من كونها حرة في الوسط ويعزى هذا الارتفاع إلى الجريان من الأراضي المجاورة أو بسبب انطلاق بكتيريا الرواسب بسبب غزارة النهر. ثم سجل أقل تعداد جرثومي في مياه النهر في شهر أيار 2019 فانخفض حتى (230 مستعمرة / مل) مع أخفض درجة عكارة (1.52 NTU). بقي التعداد منخفضاً في مياه النهر في الصيف مقارنة بالخريف والشتاء فسجل تعداد HPC في شهر تموز (660 مستعمرة/مل) مع انخفاض تركيز TOC إلى (1.88 mg L^{-1}) ودرجة عكارة منخفضة نسبياً بالنسبة للنهر (6.13 NTU) (شكل 2). لقد كان لدرجة الحرارة تأثير عكسي على HPC و TOC مياه السد والنهر (مياه سطحية)، بسبب تأثير الاشعاع الشمسي.

لوحظ في مياه النهر أنه لم يكن لارتفاع درجة الحرارة تأثير بقدر ما كان تأثير للهطولات المطرية والجريان من الأراضي المجاورة. سجل أعلى تعداد لبكتيريا HPC في أشهر الخريف فوصل التعداد في شهر تشرين الأول في كلا العامين 2018، 2019 إلى (1020، 4000 مستعمرة/مل) على التوالي، وارتفاع العكارة إلى (19 و 10 NTU) على التوالي. وارتفاع تركيز شاردة الأمونيوم إلى (0.08، 0.1 مغ ل⁻¹). من أهم ما لوحظ في مياه النهر هو ارتفاع تركيز شاردة الأمونيوم بازدياد التعداد الجرثومي وهذا يدل على سير عملية التنقية الذاتية بشكل جيد والقيام بتحليل المواد العضوية مسببة انطلاق الأمونيوم إلى الوسط مسببة ارتفاع PH المياه أيضاً (شكل 7).

مياه بحيرة السد: أخذت مياه بحيرة السد نفس منحى مياه النهر فسجل تعداد HPC مرتفع في الشتاء، ثم انخفض في الصيف ثم عاد للارتفاع ثانية في الخريف. فسجل في الشتاء مع اول هطول مطري غزير ولمدة أيام قبل أخذ العينة في شهر كانون أول 2018 تعداد (160 مستعمرة/مل) مع عكارة (5.15 NTU)، وبقي مرتفعاً في شهر شباط 2019 (121 مستعمرة/مل). ثم انخفض إلى (10 مستعمرة/مل) مع انخفاض قيمة TOC إلى (3.07 mg L^{-1}) في شهر أيار 2019 مع تطبيق البحيرة متراًفقاً مع انخفاض العكارة إلى (2.27 NTU) وارتفاع الحرارة إلى 27 م° وزيادة شدة الاشعاع الشمسي. لقد لعب تطبيق البحيرة في أواخر الربيع في شهر أيار وفي الصيف في شهر آب دوراً مهماً في انخفاض التعداد إلى أقل القيم (10، 47 مستعمرة/مل) على التوالي وهذا مطابق لدراسة (Morrison et al, 2017). إضافة إلى أن تطبيق البحيرة ساعد في زيادة كفاءة التعقيم بالاشعاع الشمسي حيث تميل البكتيريا لان تكون محمولة أكثر من كونها حرة. ثم تعود لترتفع في أشهر الخريف حيث يكون منسوب السد قليل لتصل

في تشرين الثاني 2019 إلى (310 مستعمرة/مل) مع ارتفاع العكارة إلى (13.2 NTU) وارتفاع TOC إلى (3.3 mg L^{-1})، حيث يشكل TOC غذاء رئيسي للبكتريا في طبقات المياه السطحية.

مياه النفق: سجل أقل تعداد في مياه النفق عند أول ضخ له في بداية موسم الري في شهر أيار بمعدل غزارة 2.5 م^3 ثانية حيث كانت السعة الأعظمية للسد فكان تعداد HPC (50 مستعمرة/مل) يقابلها أخفض درجة حرارة في مياه النفق (21 م°) وأقل قيمة PH (7.81) وأقل تركيز TOC (2.36 mg L^{-1}) وأقل تركيز PO_4^{-3} (0.05). ثم ارتفع التعداد في شهر تموز الى (650 مستعمرة/مل) بارتفاع درجة الحرارة الى أعلى درجة في مياه النفق (32.5 م°). من الجدير بالذكر بالنسبة لمياه النفق فلم تكن هناك علاقة ارتباط بين HPC والعكارة ولكن لوحظت علاقة الارتباط كانت مع ارتفاع درجة الحرارة ووصلت حتى ($r= 0.82$) (جدول 3) وهذا منطقي في المياه العميقة والمظلمة حيث لا وجود للإشعاع الشمسي المعقم (على خلاف المياه السطحية للنهر والسد)، ومن جهة ثانية لوحظ ارتفاع TOC في مياه النفق بارتفاع الحرارة أيضاً فسجل في هذا الوقت (2.69 مغ ل^{-1})، وهذا أيضاً على خلاف مياه النهر والسد اللذان ينخفض فيهما TOC بزيادة شدة الإشعاع الشمسي.



شكل [2] يبين التغيرات الشهرية للتعداد العام للبكتريا متباينة التغذية في المواقع المدروسة



شكل [3] يبين الأشكال المورفولوجية لمستعمرات البكتريا متباينة التغذية في المواقع المدروسة (هوائية لاهوائية اختياريًا)

التحاليل الفصلية:

تم التركيز في هذه الدراسة على بيوجيوكيمياء دورات الكربون، النروجين، الفوسفور، ودور الكائنات الحية كمستهلكات وكمنتجات للمادة العضوية في البيئات المائية. تلعب الميكروبات أدوار أساسية في دورات العناصر النشطة بيولوجياً وفي نقل هذه العناصر إلى الشبكات الغذائية. استخدمنا نتائج التجارب المكانية والزمانية لوصف العمليات والأدوار الأساسية التي تلعبها بكتريا HPC في تحولات C، N، P. تم دراسة تأثير التغيرات الجيوكيميائية على البيئات المائية المدروسة (جدول 1) (جدول 2)، على سبيل المثال فان الجريان من الأراضي المجاورة للمغذيات (TOC , NO_3^{-1} , PO_4^{-3}) أثناء الهطولات المطرية سيؤدي الى ارتفاع تلك المغذيات

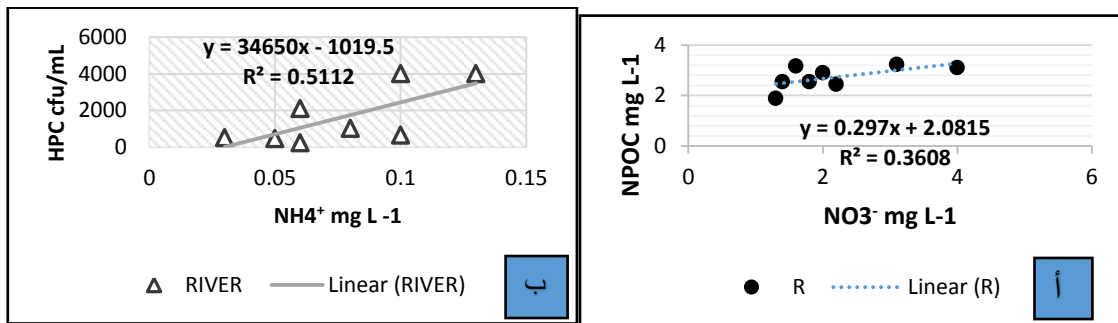
في البيئات المائية وبالتالي تزيد من الاغتناء الغذائي ونمو النباتات المائية مؤدية الى استهلاك تلك المغذيات من قبل الجراثيم أيضاً وانخفاض تلك المؤشرات في فترات النمو الأعظمي كشهري أيار وتموز، ثم يأتي فصل الخريف حيث تذبذب وتنحل النباتات المائية فيرتفع النشاط الجرثومي و TOC و NH_4^+ في الوسط كنتاج داخلي من أصل البحيرة (Kawasaki et al, 2013). جدول [1] يبين القيم الإحصائية لأعداد الخلايا الجرثومية HPC / 1 مل وبعض مؤشرات جودة المياه للشرب مقارنة بالموصفة القياسية السورية. الحد الأعلى المسموح به للأونيوم 0.5 مغ/ل شرط صلاحيتها جرثومياً.

مدخل البحيرة جسر غمام	Unit	Count	Max	Min	St. D	St. Err	Mean	SYR. Max Limits
tem	C°	7	29.3	13.00	6.24	2.36	20.31	-
TUR	N.T.U	7	19.9	1.52	6.92	2.61	10.23	5
PH	-	7	8.13	7.90	0.08	0.03	8.04	6.5-9
NO3 ⁻	mg/ L	7	4	1.30	0.97	0.37	2.26	50
NO2 ⁻	mg/ L	7	0.032	0.00	0.01	0.00	0.02	0.2
NH4 ⁺	mg/ L	7	0.13	0.03	0.03	0.01	0.08	0.5*
PO4 ⁻³	mg/ L	7	0.45	0.06	0.15	0.06	0.20	1
NPOC	mg/ L	7	3.23	1.88	0.46	0.17	2.66	5
HPC	CFU/ mL	7	4000	230	1623.07	613.46	1788.57	2
C/N		7	6.89	2.61	1.60	0.61	4.85	-
بحيرة سد 16 تشرين								
tem	C°	7	31.9	14.20	6.09	2.30	24.41	-
TUR	N.T.U	8	13.2	0.41	3.97	1.40	4.23	5
PH	-	8	8.11	7.75	0.14	0.05	7.89	6.5-9
NO3 ⁻	mg/ L	8	2.1	0.60	0.53	0.19	1.23	50
NO2 ⁻	mg/ L	8	0.027	0.01	0.01	0.00	0.02	0.2
NH4 ⁺	mg/ L	8	0.12	0.01	0.03	0.01	0.05	0.5*
PO4 ⁻³	mg/ L	8	0.45	0.01	0.15	0.05	0.13	1
NPOC	mg/ L	8	3.85	2.50	0.45	0.16	3.25	5
HPC	CFU/ mL	8	310	10.00	91.14	32.22	132.03	2
C/N		8	23.1	6.21	6.24	2.21	14.05	-
نفق ري عين البيضاء								
tem	C°	5	32.5	21.00	4.40	1.97	26.62	-
TUR	N.T.U	6	4.2	0.37	1.47	0.60	2.56	5
PH	-	6	8.06	7.70	0.14	0.06	7.89	6.5-9
NO3 ⁻	mg/ L	6	2.4	0.70	0.65	0.26	1.42	50
NO2 ⁻	mg/ L	6	0.025	0.01	0.00	0.00	0.02	0.2
NH4 ⁺	mg/ L	6	0.13	0.04	0.03	0.01	0.07	0.5*
PO4 ⁻³	mg/ L	6	0.41	0.05	0.13	0.05	0.18	1
NPOC	mg/ L	6	3.22	2.36	0.30	0.12	2.70	5
HPC	CFU/ mL	6	650	50.00	227.86	93.02	256.92	2
C/N		6	18.8	3.66	6.17	2.52	10.68	-

جدول [2] يبين الفروقات المعنوية بين المواقع المدروسة باستخدام تحليل التباين العام ANOVA عند مستوى المعنوية 0.05

	P- Value	F	P
tem	0.25	1.48	< 0.05
TUR	0.007	6.65	< 0.05
PH	0.031	4.16	< 0.05
NO3 ⁻	0.039	3.83	< 0.05
NPOC	0.026	4.42	< 0.05
HPC	0.008	6.21	< 0.05
C/N	0.005	7.1	< 0.05

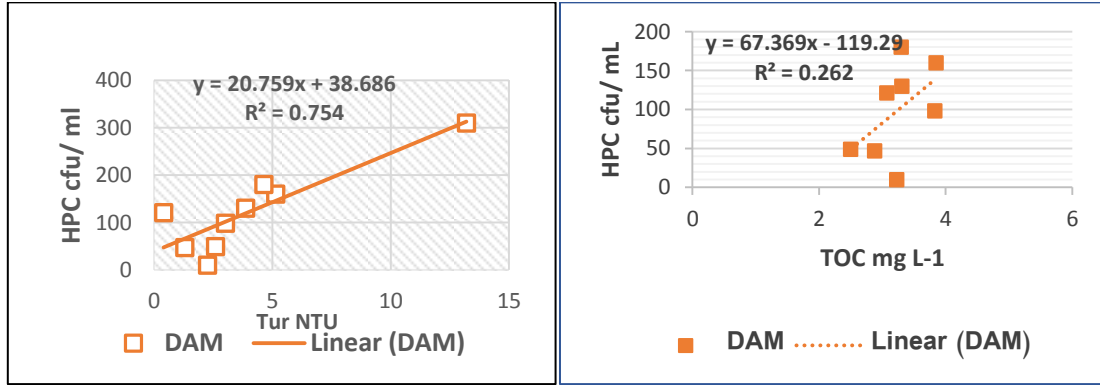
ارتبطت البكتيريا متباينة التغذية بمؤشرات نوعية المياه وخصوصاً (العكارة، الأمونيوم، الفوسفات، PH، الحرارة، NPOC) وقد عير عن تلك العلاقات من خلال عامل التحديد لتقدير العلاقة بين التعداد العام للبكتيريا ومؤشرات جودة مياه الشرب بين المواقع الثلاثة (مدخل البحيرة ومياه السد والمخرج مياه النفق) خلال الفصول الأربعة. أظهر معامل التحديد علاقة ارتباط خطية إيجابية بين التعداد العام للبكتيريا وتركيز NH_4^+ ($R^2 = 0.51$) في مياه النهر وهذا دليل على أن NH_4^+ في مياه النهر هي ناتج هدم Catabolism للمادة العضوية من قبل البكتيريا. وهذا يدل على سير عملية التنقية الذاتية بشكل جيد والقيام بتحليل المواد العضوية مسببة انطلاق الأمونيوم الى الوسط وهذا متوافق مع (Fennel et al, 2009)، حيث أكدوا في دراستهم أن توافر الآزوت إضافة الى الكربون يشجع عملية إطلاق الأمونيوم بسبب تحلل المادة العضوية، وهذا موجود في مياه النهر بسبب رمي مخلفات الصرف الصحي بشكل مباشر الى مياه النهر. كما وتؤكد دراسة (Anand et al, 2014) أن مصدر الكربون في النسب C: N في المياه العذبة كان العامل الأساسي الذي يحدد معدل سير عملية ammonification ونتيجة لذلك تحرر أكبر كمية من الأمونيا. عموماً، فإن زيادة أو نقصان النسبة C: N يتوقع ان يؤثر على كتلة heterotrophic biomass عند مقارنته بالنسبة N/C (5: 1)، والتي تعد أكثر ملائمة للنسب المتفاعلة في المحتوى البكتيري وهذا متوافق مع نتائجنا حيث كان متوسط النسبة في مياه النهر N/C (6: 1). ولقد تسبب ارتفاع تركيز شاردة الأمونيوم في الوسط المائي للنهر الى ارتفاع PH مياه النهر الى أعلى قيمة كما ذكرنا سابقاً (جدول 1). من جهة أخرى، يظهر معامل التحديد علاقة خطية بين الكربون والنترات في مياه النهر (شكل 4) وهذا يدل على مساهمة البكتيريا في عملية تمعدن المادة العضوية بشكل جيد وتزامن عملية التآزت مع تحلل المادة العضوية وهذا متوافق مع (Xu et al, 2017).



شكل [4] يبين معامل التحديد بين NO_3^- و NPOC (أ). وبين NH_4^+ و HPC (ب) في مياه النهر الكبير الشمالي (جسر غمام)

أظهر معامل التحديد للسد وجود علاقة ارتباط خطية إيجابية بين HPC والعكارة (شكل 5)، وقد ذكرت WHO (2011) أنه قد يتسبب ارتفاع العكر عن حطام الطحالب والكائنات المجهرية وهذا لوحظ في مياه السد وخصوصاً في الخريف. وفي الدراسة الحالية، أدت الزيادة في نسبة C: N: P (13: 981: 77) في مياه السد الناتجة عن تحلل النباتات المائية والأشنة إلى زيادة عدد البكتيريا متباينة التغذية. فذكر جورجسن وآخرون (1994) أنه تستطيع البكتيريا المائية استهلاك مركبات نيتروجينية عضوية مختلفة dissolved organic nitrogen compounds (DON) (أحماض أمينية حرة ومركبة) والتي قد تكون مصادر للكربون والنيتروجين للبناء أو مصادر للطاقة. يساهم ذلك من نسبة صغيرة الى < 100% من المتطلب البكتيري للنيتروجين في مياه الأنهار. قد تمثل البكتيريا بنفس الوقت (DON) إضافة الى مركبات النيتروجين اللاعضوية dissolved inorganic nitrogen (DIN)، ولكن من الصعب توقع من سيكون المصدر الرئيسي للنيتروجين البكتيري (DON) أو (DIN). تزيد النسب C/N (5، 10، 15) من تكاثر البكتيريا. العامل المحدد للتكاثر البكتيري في مياه السد السطحية هو C/N ولم يكن للفوسفور دور مهم مقارنة بهذين

المصدرين، لاحظنا ذلك من خلال علاقة الارتباط الإيجابية بين الكربون وتعداد البكتيريا متباينة التغذية (شكل 5)، تعد المادة العضوية المشتقة من الازدهار الأشني في مياه السد، والذي من الممكن أنه قد حصل بسبب وصول كمية زائدة من المغذيات من الأراضي المجاورة الى مياه النهر والسد. فشجع هذا الكربون العضوي على النمو البكتيري وأثر على جودة المياه وهذا متوافق مع دراسة (Chien et al, 2018). تشير أبحاث (Williams et al, 2015) الى علاقة الارتباط الوثيقة بين الكربون الكلي العضوي وإعادة نمو البكتيريا الممرضة الانتهازية، والتي تعد مقاومة للمعقمات.



شكل [5] يبين معامل التحديد للبكتيريا متباينة التغذية وبعض مؤشرات جودة مياه الشرب في مياه بحيرة سد 16 تشرين.

عموماً لقد كان الارتباط إيجابي بين HPC ومعظم مؤشرات جودة المياه في المياه السطحية (النهر والسد)، بينما اتخذ الارتباط شكل عكسي كلما زاد العمق (مياه النفق) (جدول 3)، ان تكاثر بكتيريا HPC في هذه المنطقة محدود بنوعية المياه لان الحطام العضوي يميل للترسب. وفي هذه المنطقة يتغير تحلل TOC حيث يكون هنا انتاج أقل للأشنيات. حيث يقل الضوء والأكسجين. فيزداد الطلب على المغذيات في المياه العميقة (PO_4^{3-} , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) (شكل 6). نبين في الجدول (3) بعض العوامل البيئية المؤثرة على توزع التعداد الجرثومي في مياه النفق.

جدول [3] يبين مصفوفة ارتباط بيرسون للبكتيريا متباينة التغذية والعوامل البيئية المؤثرة عليها في مياه النفق.

HPC	NPOC	PO4-3	NH4+	NO2-	NO3-	PH	TUR	tem	النفق
								1	tem
							1.00	-0.07	TUR
						1.00	0.10	0.71	PH
					1.00	0.09	-0.47	-0.57	NO3-
				1.00	0.02	-0.36	0.44	-0.73	NO2-
			1.00	-0.29	-0.14	-0.12	0.29	-0.12	NH4+
		1.00	-0.17	-0.82	0.17	0.23	-0.52	0.65	PO4-3
	1.00	0.08	0.91	-0.59	-0.27	0.01	0.03	0.22	NPOC
1.00	-0.03	0.91	-0.27	-0.75	0.13	0.59	-0.32	0.82	HPC

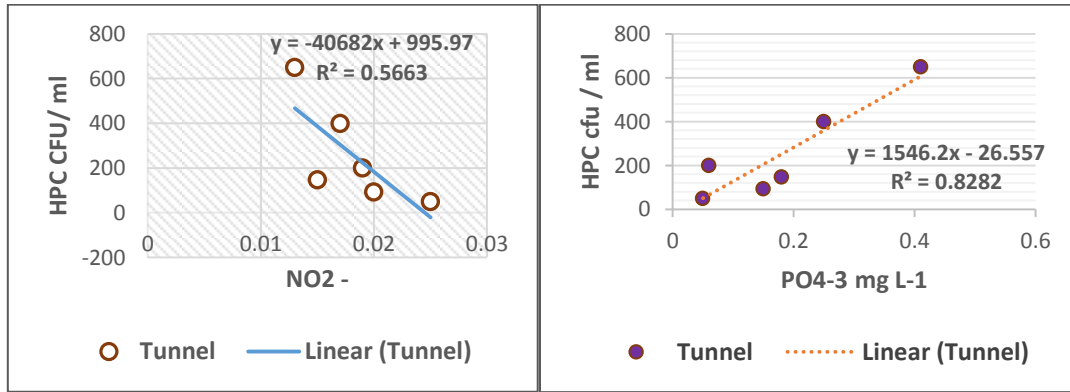
وظهر ذلك من خلال علاقة الارتباط الإيجابية القوية للتعداد العام للبكتيريا والفوسفات الفعّال ($r = 0.91$). قد يكون ذلك بسبب إتاحة كميات أكبر من الفوسفات في الوسط ومقدرة phosphate solubilizing bacteria PSB. وفي الغالب أبدت الركائز الطينية المتواجدة في مياه النفق وفرة أكثر بالفوسفات من المياه السطحية للسد. كما وتظهر الدراسات أن الفوسفات الفعّال يزداد كلما ابتعدنا عن الشواطئ، قد يكون ذلك بسبب اختلاف البيئة البيولوجية. تبين أن النشاط الفوسفاتي موجود في النفق مقارنة بالسد والنهر وقد يعود ذلك لطبيعة الموقع. أظهرت النتائج أيضاً انه كان هنالك انخفاض في PH النفق (شكل 7)، قد يعود ذلك لطرح الأحماض العضوية من قبل بكتيريا PSB (Ravikumar, 2014). من جهة أخرى، فان الطبقات السطحية للمياه تختلف بكمية ونوع المغذيات عن الطبقات العميقة، وبدرجة الحرارة، ودرجة التهوية، الرقم الهيدروجيني. بالنتيجة، فان HPC و PSB منتشرة

بشكل كبير في مياه النفق، يرتبط إنتاج انزيم الفوسفاتاز Phosphatase مع زيادة انحلالية الفوسفات. انه من الواضح في الدراسة الحالية ان الدور الذي تلعبه البكتريا في إنتاج الفوسفات الذواب قد ساهم في وقاء الماء (السعة التنظيمية buffering capacities) لمتعضيات الرواسب وميكروبات الماء. تحتوي الرواسب على أجزاء كبيرة من التربة والطين الغنية بالفوسفات وتشير الدراسات (Alexander, 1961) (Ayyakkannu and Chandramohan, 1971) الى انه حيث يتواجد الفوسفات بكميات كبيرة يتواجد انزيم الفوسفاتاز النشط بتركيز عالي ايضاً. من جهة أخرى، وجدنا علاقة ارتباط قوية بين التعداد العام للبكتريا ودرجة الحرارة ($r = 0.82$) وخصوصاً في تموز 2019، وهذا ما أكدته دراسة (Khattab & Merkel, 2012) التي تشير الى ان الحرارة عامل مسيطر يؤثر على نمو البكتيريا في مياه مخرج السد حيث تلعب درجة حرارة الماء دور هام في تحديد نشاط الكائنات الحية الدقيقة. تزداد فعالية التحلل البيولوجي الى 92% لإزالة الكربون الكلي العضوي عند الدرجة 21-25 م° Emelko (et al, 2006)، وهذا ملاحظ في مياه النفق. وجد كل من Selbes et al (2016) ان التغيرات الفصلية تلعب دور في فعالية إزالة الكربون الكلي العضوي بواسطة بكتريا HPC. فكانت الفعالية أقل في الفصول الباردة (5%) وأعلى في الفصول الحارة (24%). لن تخفض درجة الحرارة فقط معدل الأيض البيولوجي للركائز العضوية بل تؤثر أيضاً على تركيب وتنوع المحتوى البيولوجي (Corre et al, 2012). ويجب أخذ ذلك بعين الاعتبار في فصل الشتاء بالنسبة لمياه النفق العميقة والباردة مقارنة بالمياه السطحية التي تتصف بالتغيرات القليلة بدرجات الحرارة خلال العام. بالتالي تلعب المغذيات اللاعضوية المصدر الغذائي الرئيسي للبكتريا في المياه العميقة في الظروف اللاهوائية. وهذا يفسر انخفاض النسب C: N: P في مياه النفق. فمن جهة تعد الأمونيا في الظروف اللاهوائية كما هو الحال في مياه النفق وحدة بناء anabolic أساسية لنمو الخلايا البكتيرية حيث تقوم البكتريا بالتغذي على كامل الأمونيوم وعند نفاذها نهائياً تنتقل للتغذي على النترات (Kirchman, 2018)، حيث تتواجد البكتريا المؤكسدة للأمونيوم anaerobic ammonium oxidation (anammox) بوفرة في الرواسب في ظل الظروف اللاهوائية والتي تتسرب اليها السوائل الغنية بالكربون. انها تستمد طاقتها للنمو من تحويل الأمونيوم والنترت الى غاز النتروجين N_2 . بالتالي هي تشكل مصدر مهم للنتروجين في ظروف نقص الأكسجة (Russ et al, 2013) ومن المثير للدهشة في عينة شهر تموز ارتفاع درجة الحرارة الى أعلى درجة في مياه النفق وبالتالي مشجعة على استهلاك الأمونيوم من قبل بكتريا أكسدة الأمونيوم اللاهوائية والدليل على ذلك انخفاض تركيز كل من NH_4^+ و NO_2^- (0.06، 0.013 مغ ل⁻¹). ان انخفاض تركيز TN الكلي في مياه النفق من (0.6 مغ ل⁻¹) في مياه النهر إلى (0.35 مغ ل⁻¹) في مياه النفق حيث الظروف اللاهوائية التي تشجع عملية أكسدة الأمونيوم اللاهوائية والتي تعد تقنية واعدة لإزالة النتروجين ذاتياً. يتم من خلالها أكسدة الأمونيوم الى غاز النتروجين بوجود النترت كمستقبل للالكترونات. كان هنالك علاقة ارتباط سلبية قوية بين HPC و NO_2^- في مياه النفق بسبب الظروف اللاهوائية التي تسبب تراكم النترت في المياه وخصوصاً عند درجة الحرارة المنخفضة نسبياً بالنسبة للنفق ولاحظنا ذلك في أيار (0.025 مغ ل⁻¹) مترافقة مع درجة حرارة 21 م° وهذا متوافق مع دراسة (Xu et al, 2017).

تتواجد النترات و TOC في الطبقات السطحية وتتناقص كلما اتجهنا باتجاه الأعماق. وحقيقة ارتباط تراكيز النترات و TOC حقيقة مهمة حيث انها تخلق ركيزة وتراكيز مستقبلية للالكترونات الطرفية مناسبة لبكتريا النترتة denitrification. وهذا سبب إضافي لتفسير انخفاض تركيز TOC في مياه النفق عنه في مياه السد إضافة لانخفاض تركيز TN (Brusseau et al 2019). ان الظروف اللاهوائية في مياه النفق أدت إلى سير العملية البيولوجية بواسطة بكتريا HPC باتجاه عكس التأزت هذا سيؤثر على

الطعم لابد من استعمال المعقمات من أجل ابطال دور HPC في كلا عمليتي التآزت وعكس التآزت أثناء تصميم محطة معالجة مياه الشرب (Stanish et al, 2016). المادة العضوية المنتجة من الازدهار الأشني في مياه المصدر، والذي من الممكن أنه قد حصل بسبب وصول كمية زائدة من المغذيات من الأراضي المجاورة الى مياه النهر والسد. وهذا الكربون العضوي سيكون له تأثير على فعالية التعقيم والطعم وإعادة النمو البكتيري وعلى جودة المياه وخلق مخلفات ما بعد التعقيم. وهذا يتطلب تكاليف عالية للتخلص منه تخدم مياه النفق بوجود البكتريا HPC كمعالج بيولوجي نشط عن طريق تمثل المادة العضوية Chien et al, (2018).

تشير أبحاث (Lauderdale et al, 2012) (Dhawan et al, 2017) الى ارتباط النشاط الميكروبي بوجود المغذيات مثل، المحتوى من الكربون، النتروجين، الفوسفور. وأي نقص في تلك المغذيات سيؤثر على نمو وتطور الكائنات الحية الدقيقة، وهذا يتداخل مع عملية التحلل البيولوجي. لقد كانت نسبة الازالة 35.5% عند النسب (25:10:1). ان المياه التي تحوي مواد عضوية طبيعية إضافة الى أيونات C، N، P لاعضوية تكون أساسية، في حال كانت كمياتها غير كافية فان ذلك يثبط النمو البكتيري بشكل كبير مقارنة بمحتويات حيوية أخرى (Chu et al, 2005). تشير دراسة (Lehtola et al, 2005) الى أن تركيز فوسفور أقل من 0.005 مغ/دسم³ تمنع انتقال الفوسفور الى الخلايا البكتيرية. ان توفر الفوسفور في مياه النفق سبب زيادة فعالية بكتريا HPC في إزالة الكربون والآزوت وهذا يتطابق مع نتائج (Rosenberg, 1987). فنتين من خلال معامل التحديد وجود علاقة خطية بين HPC و PO_4^{-3} وهذا يبين أهمية الدور الذي يلعبه PO_4^{-3} في رفع تعداد HPC في بيئة النفق اللاهوائية. ومن جهة أخرى، تبين من خلال معامل التحديد بين HPC و NO_2^- وجود علاقة خطية عكسية وذا دليل على سير العملية باتجاه عكس التآزت في بيئة النفق الأمر الذي يسبب انخفاض المحتوى من الآزوت في هكذا بيئات (شكل 6).

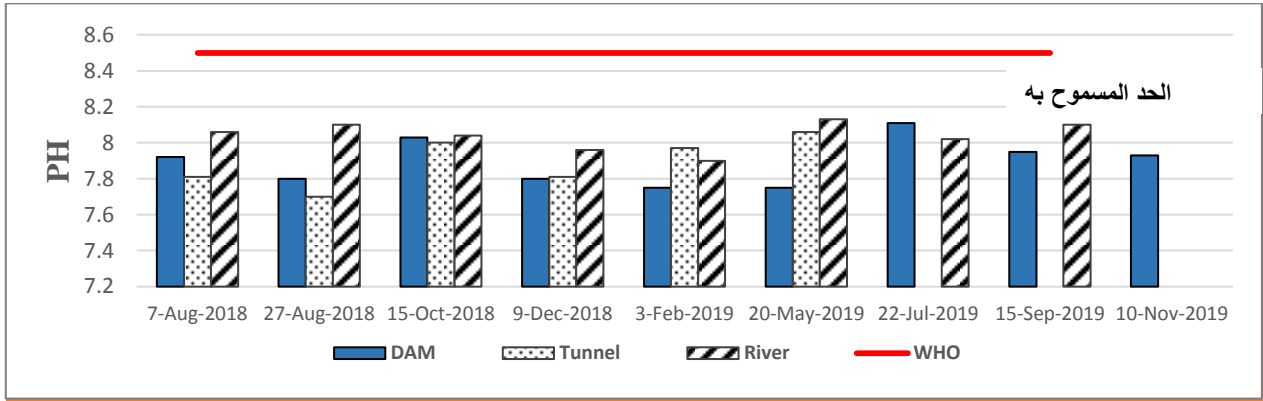


شكل [6] يبين معامل التحديد للبكتريا متباينة التغذية وبعض مؤشرات جودة مياه الشرب في مياه نفق ري عين البيضا

تشير أبحاث (Domon et al, 2018) إلى أنه يرتبط السعي لتحقيق الاستقرار البيولوجي للمياه مع الحاجة إلى ضمان محتوى منخفض للغاية من ركائز الغذاء، وخصوصاً الكربون العضوي القابل للتمثل، النتروجين القابل للهضم بسهولة، والفوسفور. وبذلك نضمن استقرار بيولوجي للمياه. بينت نتائجهم ان تحسين المواصفات الفيزيوكيميائية من خلال الفلتر البيولوجية تحقق استقرار جرثومي للمياه المعالجة الداخلة الى شبكات مياه الشرب فيما بعد. لقد لعبت ظروف النفق اللاهوائية كمفاعل بيولوجي نشط لتخفيض الكربون والآزوت والفوسفور من خلال التحلل البيولوجي للمادة العضوية.

الرقم الهيدروجيني PH

سجل النهر (مدخل السد) أعلى القيم ثم انخفضت باتجاه السد والنفق، فكان الاختلاف مكانياً حيث سجل النهر قيمة متوسطة (8.01)، يليه السد والنفق بقيمة متوسطة (7.89). سجلت أعلى قيمة (8.13) في شهر تموز في النهر، وسجلت أدنى قيمة في النفق في شهر آب (7.7). الاختلافات المعنوية عند مستوى المعنوية 0.05 كانت مكانية. بالنسبة للاختلافات الفصلية فكان هناك منحى بزيادة PH مع تقدم الفصول باتجاه الخريف في المواقع الثلاثة، فسجلت قيم مرتفعة في النهر والسد في الخريف حيث تحلل البقايا النباتية وزيادة احتجاز الماء وانخفاض منسوب البحيرة في السد، بالإضافة الى ضعف منسوب النهر في هذه الفترات (شكل 7). بينت الدراسات أنه يترافق ارتفاع TOC السدود مع انخفاض PH بسبب المواد الدبالية التي تسبب انخفاض PH.



شكل [7] تغيرات المحتوى من الرقم الهيدروجيني في مياه النهر والسد والنفق من آب 2018 حتى كانون أول 2020

ارتبط انتشار بكتريا HPC في مياه النفق مع زيادة انحلالية الفوسفات واتضح في دراستنا الحالية الدور الذي تلعبه البكتريا في انتاج الفوسفات الذواب قد ساهم في وقاء الماء (السعة التنظيمية buffering capacities) لمتعضيات الرواسب وميكروبات الماء وهذا متوافق مع الدراسات السابقة (Ravikumar, 2014). ان الرقم الهيدروجيني ضمن الحدود المسموح بها طوال مدة الدراسة (6.5-8.5). وفي نطاق الرقم الهيدروجيني الموجود في مياه النفق بمتوسط 7.89 من المتوقع ان تكون فعالية التعقيم جيدة مع ضرورة مراقبة الكربون الكلي العضوي لأنه يعد محفز للنمو البكتيري ومستهلك لمواد التعقيم.

الاستنتاجات

1. تجاوزت المواقع الثلاث المدروسة الحد الأعلى المسموح به في مياه الشرب للتعداد العام للبكتريا المحبة للحرارة المعتدلة وهو (200/100 مستعمرة/مل عند الدرجة 37 م° بعد 24 ساعة)، والحد المسموح به في الاتحاد الاوروبي (20 مستعمرة/مل).
2. مياه النفق غير مستقرة بيولوجياً بسبب ارتباط النشاط الميكروبي بوجود المغذيات مثل، المحتوى من الكربون، النترجين، الفوسفور.
3. يمكن الاستفادة من طبقة الترسيب (مياه النفق) النشطة بيوجيوكيميائياً من خلال عملية التنقية اللاهوائية من خلال البكتريا متباينة التغذية التي أدت الى تخفيض النسب C:N:P في مياه النفق بشكل اقتصادي وفعال.
4. سببت الظروف اللاهوائية انخفاض PH مياه النفق مقارنة بالسد بسبب المنتجات اللاهوائية لبكتريا HPC وهذا يسهل استخدام العديد من طرق التعقيم.

التوصيات

1. يجب اشادة محطة تصفية في نهاية نفق ري عين البيضا لتحويل مياه النفق الى مياه صالحة للشرب ليصار إلى ربطها بشبكة مياه الشرب.

2. يجب أخذ الإجراءات المناسبة من أجل تحقيق الاستقرار الميكروبيولوجي عند انشاء محطة التصفية. فيجب التخلص من TOC في مياه النفق لأنه يشكل مصدر غذاء رئيسي لبكتريا HPC ويقلل من فعالية التعقيم ويؤثر على الطعم والرائحة.
3. الحفاظ على مستوى منخفض من العكر ويفضل أن يكون أقل من (1 NTU) لزيادة فعالية التعقيم.
4. اشتملت الدراسة على مراقبة مياه النفق خلال موسم الري فقط، ولكن يجب مراقبة مياه النفق طوال أشهر السنة عند انشاء محطة تصفية مياه الشرب.

المراجع:

- حماد، ياسر علي واونج امين محمود (2010). دراسة بعض الملوثات الجرثومية لمصدرين مائيين مستخدمين سابقاً في الشرب في منطقة الجندرية. رسالة ماجستير، قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية. 90 صفحة.
- عجميان، جاك (1997). الخريطة البيولوجية السورية، المذكرة الابضاحية لرقعة اللاذقية 4X-4-B -- X136- N136 مقياس: 1/50000. الجمهورية العربية السورية، وزارة النفط والثروة المعدنية، المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية، مديرية المسح والدراسات الجيولوجية، دمشق، سورية. 181 صفحة.
- العلي، مارينا آصف (2018). استخدام تقنيات النمذجة الهيدرولوجية في الإدارة المتكاملة لحوض نهر الكبير الشمالي. رسالة دكتوراه، كلية الهندسة الزراعية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية. 134 صفحة.
- هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية (2007). المواصفة القياسية رقم [45] لمياه الشرب (المراجعة الثانية)، وزارة الصناعة، دمشق، سورية. 22 صفحة.

(APHA) American Puplic Health Association (1998). Standard methods for examination of water and wastewater. Eaton, A.D.; L.S. Clesceri; and A.E. Greenberg, 20th Edition, American Puplic Health Association. American Water Works Association. Water Environment Federation, Washington, DC. U.S.A

- Alexander, M. (1961). Introduction to soil microbiology, London, John Wiley and Sons, 472pp.
- Amanidaz, N.; A. Zafarzadeh; and A.M. Mahvi (2015). The Interaction between Heterotrophic Bacteria and Coliform, Fecal Coliform, Fecal Streptococci Bacteria in the Water Supply Networks. Iran J Public Health. 44(12):1685-1692.
- Anand, T.; B. Gunalan; and P. Padmavathy (2014). Influence of C/N Ratios on the Heterotrophic Activity of Model Freshwater. International Journal of Research in Agricultural Sciences.1(1).
- Ayyakkannu, K.; and D. Chandramohan (1971). Marine Biology.11:201-205.
- Brusseau, M.L.; D.B. Walker; and K. Fitzsimmons (2019). Chapter 3 - Physical-Chemical Characteristics of Water. Environmental and Pollution Science (Third Edition), Pp 23-45.
- Chien, I. C.; S. P. Wu; H. C. Ke; S. L. Lo; and H. H. Tung (2018). Comparing Ozonation and Biofiltration Treatment of Source Water with High Cyanobacteria-Derived Organic Matter: The Case of a Water Treatment Plant Followed by a Small-Scale Water Distribution System. Int. J. Environ. Res. Public Health.15 (12): 2633.
- Chu,C.; C. Lu; and C. Lee (2005). Effects of inorganic nutrients on the regrowth of heterotrophic bacteria in drinking water distribution systems. Journal of Environmental Management 74(3):255-63.
- Corre, C.; C. Couriol; A. Amrane; E. Dumon; Y. Andrès; and P. Le Cloirec (2012). Efficiency of biological activator formulated material (BAFM) for volatile organic compounds removal—preliminary batch culture tests with activated sludge. Environ. Technol. 33(14):1671–1676.
- Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the Quality of Water Intended for Human Consumption. EUR-Lex Web site. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31998L0083>

- Dhawan, S.; O.D. Basu; and B. Banihashemi (2017). Influence of nutrient supplementation on DOC removal in drinking water biofilters. *Water Sci. Technol. Water Supply*. 17 (2): 422–432.
- Domon, A.; D. Papciak; B. Tchórzewska-Cieślak; and K. Pietrucha-Urbanik (2018). Biostability of Tap Water—A Qualitative Analysis of Health Risk in the Example of Groundwater Treatment (Semi-Technical Scale). *Water*. 10 (12): 1764.
- Emelko, M.B.; P.M. Huck; B.M. Coffey; and E.F. Smith (2006). Effects of media, backwash, and temperature on full-scale biological filtration. *Journal - American Water Works Association* 98(12):61-73.
- Ibekwe, A.M and S. E. Murinda (2019). Linking Microbial Community Composition in Treated Wastewater with Water Quality in Distribution Systems and Subsequent Health Effects. *Microorganisms*. 7(12): 660.
- Jørgensen, N. O. G.; N. Kroer; and R.B. Coffin (1994). Utilization of Dissolved Nitrogen by Heterotrophic Bacterioplankton: Effect of Substrate C/N Ratio. *Applied and Environmental Microbiology*. 60 (11): 4124-4133.
- Kawasaki, N.; K. Komatsu; A. Kohzu; N.Tomioka; R.Shinohara; T. Satou; F.N. Watanabe; Y.Tada; K. Hamasaki; and M. Kushairi (2013). Bacterial contribution to dissolved organic matter in eutrophic Lake Kasumigaura, Japan. *Appl Environ Microbiol* 79 (23):7160–7168.
- Khattab, M. F. O.; and B. J. Merkel (2012). Distribution of heterotrophic bacteria and water quality parameters of Mosul Dam Lake, Northern Iraq. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*.164.
- Kirchman, D, L (2018). *Processes in Microbial Ecology*. Oxford University Press, UK. 336 Pages.
- Lauderdale, C; P. Chadik; M.J. Kirisits; and J. Brown (2012). Engineered biofiltration: Enhanced biofilter performance through nutrient and peroxide addition. *J. Am. Water Works Assoc*, 104: 298–309.
- Lehtola, M.J; I.T. Miettinen; T. Lampola; A. Hirvonen; T. Vartiainen; and P.J. Martikainen (2005) Pipeline materials modify the effectiveness of disinfectants in drinking water distribution systems. *Water Res*. 39: 1962–1971.
- Morrison, J.M.; K.D. Baker; R.M. Zamor; S. Nikolai; M.S. Elshahed; and N.H. Youssef (2017) Spatiotemporal analysis of microbial community dynamics during seasonal stratification events in a freshwater lake. (Grand Lake, OK, USA). *PLoS ONE*. 12(5).
- Ravikumar, S; S. Shanthi; A. Kalaiarasi; and M. Sumaya (2014). The Biofertilizer Effect of Halophilic Phosphate Solubilising Bacteria on *Oryza sativa*. *Middle-East Journal of Scientific Research*. 19 (10): 1406-1411.
- Rosenberg, H (1987). Phosphate Transport in Prokaryotes. In *Ion Transport in Prokaryotes*; Rosen, B.P., Ed.; Academic Press: Cambridge, MA, USA. pp. 205–248.
- Russ, L; B. Kartal; H. J. Camp; M. Sollai; J. Bruchec; J. Caprais; A. Godfroy; J. Sinninghe Damsté; and M. Jetten (2013). Presence and diversity of anammox bacteria in cold hydrocarbon-rich seeps and hydrothermal vent sediments of the Guaymas Basin. *Front. Microbiol*. 4: (219).
- Selbes, M; J. Amburgey; C. Peeler; A. Alansari; and T. Karanfil (2016). Evaluation of seasonal performance of conventional and phosphate-amended biofilters. *J. Am. Water Works Assoc*. 108: 523–532.
- Stanish. L. F; N. M. Hull; C. E. Robertson; J. K. Harris; M.J. Stevens; J. R. Spear; and N. R. Pace (2016). Factors Influencing Bacterial Diversity and Community Composition in Municipal Drinking Waters in the Ohio River Basin, USA. *PLoS ONE*. 11(6).
- Williams, K; Pruden, A; Falkinham, J.O; and M. Edwards, (2015). Relationship between Organic Carbon and Opportunistic Pathogens in Simulated Glass Water Heaters. *Pathogens*. 4: 355-372.
- World Health Organization (2011). *Guidelines for Drinking-Water Quality*, 4th ed.; World Health Organization: Geneva, Switzerland.
- World Health Organization WHO (2003). *The role of HPC in managing the treatment and distribution of drinking water*. IWA Publishing, London, UK. 244 pp.

Xu, Y.; T. He; Z. Li; Q. Ye; Y. Chen; E. Xie; and X. Zhang (2017). Nitrogen Removal Characteristics of *Pseudomonas putida* Y-9 Capable of Heterotrophic Nitrification and Aerobic Denitrification at Low Temperature. Hindawi Publishing Corporation BioMed Research International. 2017:7.

Study of Heterotrophic Bacteria Changes in a Freshwater of Several Locations of Al Kabeer Al Shamali River

Issa Nour al-Din Kabibou⁽¹⁾, Jamil Ibrahim Abbas⁽¹⁾, and Anje Amin Mahmoud^{*(1)}

(1). Department of Soil and Water, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

(* Corresponding author: Anje Amin Mahmoud Email: anjemahmoud@gmail.com 0933969945)

Received: 23/06/2020

Accepted: 10/12/2020

Abstract

The purpose of this study is to determine the water quality of the 16 Tishreen Dam Lake and the water outlet of the lake (Ain Al Baida irrigation tunnel) to find out the possibility of diverting part of the lake water to the drinking water network in Lattakia city. Water samples were taken seasonally for analysis to determine the suitability for drinking from three sites, namely the northern inlet to the lake (Ghamam Bridge), the 16 Tishreen Dam Lake, and the Ain al-Bayda irrigation tunnel during the period 2018 and 2019. The standard plate count agar procedure was used for analyzing samples for heterotrophic bacteria (HPC). Water quality parameters (pH, Tur, NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, PO₄⁻³, and TOC) for the same samples were measured. Results showed significant differences for (HPC). The highest count was (40* 10⁻² CFU/ ml) in the river water, and spatial analysis showed that the (HPC) for the river samples correlate with NH₄⁺ (r =0.71). Then decreased in the water of the dam lake because of stratification, with a linear correlation with turbidity (r =0.87). Then increased again in the tunnel, with respect to phosphate relationship with HPC (r =0.91). Therefore, the treatment plant must be established in order to connect it to the drinking water network.

Keywords, Heterotrophic bacteria, Water quality, Al Kabeer Al Shamali River, 16 Tishreen Dam Lake, Ain al- Bayda irrigation tunnel, Treatment plant.