

## تقييم الأخطار البيئية والسمية للجراثيم الزرقاء

### في بحيرة سد الروم

د. سيرأوس محمد\* د. عدنان علي نظام\*

#### الملخص

تنتشر الجراثيم الزرقاء Cyanobacteria في جميع بحيرات السدود في سورية، وللبعض أنواعها تأثيرات بيئية وصحية كبيرة، ولاسيما في فترات الازدهار أواخر الصيف، وبداية الخريف نتيجة إفرازها ذيفانات الميكروسيسستين microcystins (MC<sup>S</sup>) السامة للإنسان والحيوان والأحياء المائية، كما تنتج مركبات الطعم والرائحة؛ مما يسبب خسائر اقتصادية كبيرة، ومخاطر على الصحة العامة، ويكرس هذا البحث لتحديد أنواع الجراثيم الزرقاء المنتشرة في بحيرة سد الروم بالسويداء خلال فترة ازدهارها وتحديد تراكيز الذيفانات التي تفرزها؛ فضلاً عن تحديد بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه.

تأتي أهمية هذا البحث في ظل غياب الدراسات المحلية عن المصادر المائية في سورية، حيث كانت النتائج كالاتي: ترواحت درجة حرارة المياه بين 3.5°م في شباط و25°م في تموز. كانت العكارة NTU3 في آب و NTU150 في تشرين الأول،

\* قسم علم الحياة النباتية - كلية العلوم - جامعة دمشق.

وبلغت قيمة pH 7.5 في أيار و10 في أيلول. أما قيم الناقلية الكهربائية، فكانت 150  $\mu\text{S}/\text{cm}$  في تشرين الأول و240  $\mu\text{S}/\text{cm}$  في كانون الأول. كما بلغت قيم إجمالي المواد الصلبة الذائبة 85TDS ملغ/ل في تشرين الأول و170 ملغ/ل في كانون الأول، في حين كانت قيم الأكسجين المنحل DO4 ملغ/ل في تشرين الثاني و7 ملغ/ل في تشرين الأول. أما تراكيز شاردة النترات، فبلغت 0.5 ملغ/ل في تموز و4 ملغ/ل في أيار، وكانت شاردة الكبريتات 18 ملغ/ل في حزيران و34 ملغ/ل في تشرين الثاني، وبلغت شاردة الفوسفات 0.03 ملغ/ل في آذار و0.7 ملغ/ل في حزيران. بيّنت الدراسة التصنيفية وجود 17 جنساً وحدوث الازدهار في تشرين الأول وتشترين الثاني؛ إذ تسود ثلاثة أنواع: هي *Microcystisaeruginosa*، و *Aphanizomenonflos-aquae*، *Anabaena spiroides*، كما تجاوزت قيمة الذيفان MC-LR القيم المسموح بها في مياه الشرب من قبل منظمة الصحة العالمية WHO من شهر أيلول حت شهر كانون الثاني، وبلغت أقصى قيمة 13 ميكروغرام/ل في تشرين الأول؛ ما يؤكد أن مياه البحيرة منخفضة الخطورة في أيلول وكانون الأول وكانون الثاني، وتكون المياه متوسط الخطورة في تشرين الأول وتشترين الثاني، وهذا ما يدفع إلى التوصية بوضع برنامج رصد لنوعية المياه في المصادر المائية السورية، وتحديد فترات ازدهار الجراثيم الزرقاء، وكمية الذيفانات التي تفرزها، واتخاذ التدابير التي تمنع حصول الازدهار في تجمعات المياه السطحية.

**الكلمات المفتاحية:** الجراثيم الزرقاء، الميكروسيستين، بحيرة سد الروم.

## Assessment of Environmental and Toxic Risks of Cyanobacteria in Room Reservoir

Dr. Seraoos Mohamad\*      Dr. Adnan ALI IZAM\*

### Abstract

Cyanobacteria occurs in all Syrian reservoirs, and some species have considerable environmental and health effects especially in blooms periods during late Summer and early Autumn as result to produce toxins (microcystins) (MC<sup>st</sup>) poisonous to human, animals and aquatic organisms, also it produce test-and-odor compounds which cause significant economic and public health concerns. This researchdedicate to determine species of cyanobacteria occurs in Room reservoir in Sweeda during their blooms and detect toxins concentration released, in addition to determine some physical and chemical characteristics of reservoir. The importance of this research comes from absence national studies which illustrate role of cyanobacteria and their effects on public health in Syrian water resources. The results were ranged as follows, water temperature (3.5 C° in February and 25C° in July ). Turbidity (3 NTU in August and 150 NTU in October), pH (7.5 in May and 10 in September). Where as, electrical conductivity EC (was 150 μS/cm in October and 240μS/cm in December ), total dissolved solids TDS (85 mg/l in October and 170 mg/l in December), dissolved oxygen DO (4mg/l in November and 7 mg/l in October ), while nutrients ions concentrations were nitrate (0.5mg/l in July and 4mg/l in May), sulfate (18mg/l in June and 34 mg/l in November), and phosphate (0.03mg/l in March and 0.7 mg/l in June), Taxonomic study shows 17 genera, and blooms occurs in

---

\*Department of Plant Biology- Faculty of Sciences-Damascus University.

\*Department of Plant Biology- Faculty of Sciences-Damascus University.

October and November where dominant related to three species *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena spiroides*, and *Aphanizomenon flos-aquae*, and the concentration of MC-LR was over standard value of World Health Organization (WHO) from September to January. The maximum value of MC-LR was 13 µg/l in October, and water of reservoir is low risk in September, December and January, and moderate risk in October and November. So we recommend to apply a monitoring program of water quality of Syrian water resources and determine periods of cyanobacteria blooms and measuring concentration of toxins in water and make procedures which prevent blooms in surface water.

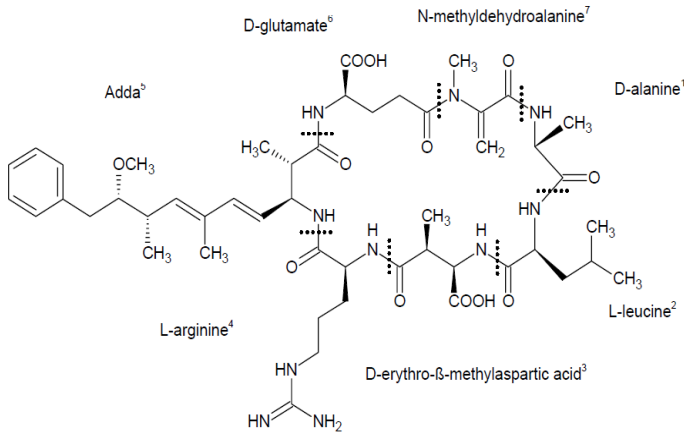
**Key Words:** Cyanobacteria, Microcystins, Room reservoir

### مقدمة:

يعد التلوث الكيميائي مشكلة خطيرة في العصر الحديث، فالآلاف من المركبات الكيميائية المختلفة تطلق في البيئة بسبب النشاطات البشرية المختلفة، والعديد منها يبدي تأثيرات سامة بتراكيز أو جرعات منخفضة. يمكن أن توجد هذه المركبات بمستويات بيئية خطيرة على الأحياء، وهكذا يمكن أن تمثل خطراً بيئياً على الصحة العامة؛ فضلاً عن المواد الكيميائية السامة، حتى أصبح التلوث بالمغذيات أمراً مهماً في العقود القليلة الماضية في جميع أنحاء العالم، فالزيادة في المغذيات الداخلة إلى المياه السطحية (مثل الإثراء الغذائي Eutrophication المرتبط بالتطور البشري) الذي يعدّ العامل الرئيس المسؤول عن الازدياد الهائل للجراثيم الزرقاء في النظم البيئية للمياه العذبة والسواحل البحرية. فالجراثيم الزرقاء والمجموعات القديمة من الأحياء بدائيات النواة ذات التركيب الضوئي متكاملة، وهي أجزاء طبيعية من عديد من المجتمعات العوالقية planktonic والقاعية benthic ولهذه الأسباب لا يعد وجودها الطبيعي في النظم المائية مشكلة [Whitton and Potts, 2000]. لكن عند وجود مستويات عالية من المغذيات (ولاسيما الفسفور والنترات) تؤدي معاً ومع العوامل الأخرى إلى تسريع نمو الجراثيم الزرقاء، وتكوّن الازدهارات blooms [Bartram et al., 1999; Mur et al., 1999]. تتمتع هذه الازدهارات بتأثيرات شديدة في وظائف النظم البيئية، مثل: اضطراب العلاقات بين الأحياء، وتغير التنوع الحيوي، وشروط الإضاءة، وقيم pH أو مستويات الأكسجين [Briand et al., 2003]. إن وجود جماعات الجراثيم الزرقاء بأعداد كبيرة يمكن أن يسبب مشكلات مهمة لنوعية المياه، ولاسيما أن لعديد منها مقدرة على إنتاج طيف واسع من الروائح، والمركبات النشطة حيويّاً أو الذيفانات القوية [Carmichael, 1992]؛ إذ إن نحو 60% من ازدهارات الجراثيم الزرقاء تنتج واحداً أو أكثر من الذيفانات المعروفة جيداً [Sivonen & Jones, 1999; Enzo]

[Funari *et al.*, 2017]. يشكل إنتاج الذيفانات الزرقاء cyanotoxins خطراً على الصحة البشرية والحيوانية الذي يمكن أن يتسبب بانتشار الأمراض والموت عند تراكيز بيئية مناسبة [Codd *et al.*, 2005a]؛ فضلاً عن أن الملوثات التي تطلق وتنتج خلال العمليات الزراعية والصناعية المختلفة والذيفانات الزرقاء تمثل مجموعة مهمة من الملوثات الكيميائية من وجهة نظر علم السموم البيئية ecotoxicology، وعلم السموم toxicology، والكيمياء البيئية environmental chemistry. إن الذيفانات الزرقاء مجموعة متنوعة من المواد الكيميائية ذات خصائص سمية مختلفة من مئات المركبات النشطة حيويًا الناتجة عن الجراثيم الزرقاء [Carmichael 2001; Rao *et al.*, 2002]. تتضمن هذه الذيفانات الزرقاء ثلاثة أنماط من أشباه القلويات السامة للأعصاب neurotoxic alkaloids، هي: (anatoxin-a, anatoxin-a(S), saxitoxins)، والبيبتيدات الحلقية cyclic peptides وهي أساساً سموم كبدية hepatotoxic، وتشمل الميكروسيستينات والنودولارينات (microcystins and nodularins)، والسكريات المتعددة الشحمية lipopolysaccharides التي هي أجزاء متممة لجدر الخلية لكل الجراثيم الزرقاء تسبب تأثيرات مهيجة ومولدة للحمى [Chorus, 2001; Codd *et al.*, 2005a]. حيث تشكل مجموعة الذيفانات البيبتيدية الحلقية للميكروسيستين والنودولارين الذيفانات الزرقاء المسجلة الأكثر تكراراً في البيئة [Sivonen & Jones 1999]. والميكروسيستين اثبتيدات سباعية أحادية الحلقة ذات هيئة مميزة، الحمض الأميني بيتا  $\beta$ -amino acid فالتركيب العام للميكروسيستينات هو حلقي (-D-alanine<sup>1</sup> - L-X<sup>2</sup> - D-erythro- $\beta$ -methylaspartic acid<sup>3</sup> - L-Y<sup>4</sup> - N-methyldehydroalanine<sup>7</sup> - D-glutamate<sup>6</sup> - Adda<sup>5</sup>). يتراوح الوزن الجزيئي للميكروسيستينات في المجال 909-1115 [Duy *et al.*, 2000]، وتُلاحظ التغيرات البنوية الرئيسة للميكروسيستينات في السلاسل الجانبية للحمض الأميني في الموقعين X و Y التي يشار إليها بالحققة من حرفين في الاسم، فمثلاً microcystin-LR يحتوي الحمض الأميني ليوسين (L) والحمض الأميني أرجنين

(R) في هذه المواقع (الشكل 1)، ومع ذلك يمكن أن يكون هناك تعديل في الأجزاء الأخرى لجزيء الميكروسيستين، فهناك أكثر من 70 شكلاً مختلفاً بنيوياً محدداً للميكروسيستينات [Codd *et al.*, 2005a]، ولكن الميكروسيستينات (-RR) و (-) و (YR) و (-LR) هي الأكثر تكراراً في العينات البيئية [de Figueiredo *et al.*, 2004]، أما الأشكال الأخرى المحددة فنادرة، وتوجد بتركيز منخفضة جداً عادة [Lawton & Edwards, 2001].



الشكل 1. بنية microcystin-LR.

Adda هي (2S,3S,8S,9S)-3-amino-9-methoxy-2,6,8-trimethyl-10-phenyldeca-4E, 6E-dienoic acid

### أهمية البحث Importance of research

لا توجد في سورية أي دراسات حول الأخطار البيئية للجراثيم الزرقاء، وتحديد محتوى المصادر المائية لهذه الذيفانات الخطرة على الصحة العامة، سواء على نطاق المؤسسات الحكومية المسؤولة (المؤسسة العامة لمياه الشرب، وزارة الموارد المائية، وزارة البيئة، وزارة الصحة، وزارة الزراعة)، ولا على مستوى المؤسسات

الأكاديمية العلمية، كما أن هذا المؤشر غير مذكور في المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب، على الرغم من الازدهار الكثيف لها في أواخر الصيف وبداية فصل الخريف في عدد من المصادر المائية [محمد، 2010]. لهذا يعد هذا البحث الأول من نوعه في سورية الذي يهدف إلى تسليط الضوء على مستويات هذه الذيفانات في بحيرة سد الروم، وتحديد أنواع الجراثيم الزرقاء المنتشرة فيها؛ إذ تمثل كتل جماعات الجراثيم الزرقاء المنتجة للميكروسيستينات موضوعاً عالمياً خطيراً، ولذلك أعطي للميكروسيستينات اهتماماً خاصاً انعكس في قيم دليل منظمة الصحة العالمية الموضوعية لتركيز microcystin-LR في مياه الشرب (1 ميكروغرام/ل) (WHO (2004)، فحدود تراكيز الميكروسيستين أنجزت في تشريعات العديد من البلدان، ودراسات عديدة جداً تناولت تقييم مخاطر هذه الذيفانات الزرقاء وإدارتها [Codder *et al.*, 2005b; Dietrich & Hoeger, 2005; Chorus, 2005].

#### الهدف من البحث Aim of research

تحديد الجراثيم الزرقاء المنتشرة في بحيرة سد الروم بالسويداء، وكشف وتحديد Microcystins LR, YR, RR في البحيرة باستعمال جهاز الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء متنوعاً بمطياف الكتلة HPLC/MC؛ فضلاً عن بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه البحيرة.

#### منطقة الدراسة Study area

تقع بحيرة سد الروم بين خطي عرض /3620733-3623784/ وخطي طول /279149-282143/ ضمن منطقة ظهر الجبل، على ارتفاع 1440 م، إلى الشرق من محافظة السويداء على مسافة 9 كم تقريباً، وهو سد ترابي متجانس، أنشئ لتخزين مياه الشرب وتربية الأسماك، حيث تملؤه مياه الأمطار الواصلة من وادي الروم ووادي جوبلين. يبلغ عمق البحيرة 15 م، والحجم التخزيني 6.4 مليون م<sup>3</sup>، تحيط به التلال المزروعة؛ مما يساعد على غسل التربة، وجرف المغذيات والمبيدات



من المناطق الزراعية المجاورة إليه. يعد سد الروم أحد مصادر مياه الشرب المهمة؛ إذ يستفيد من مياهه نحو 30 ألف نسمة في محافظة السويداء والقرى المجاورة [محمد، 2010].

### المواد والطرائق Materials and Methods

#### 1. تحديد مواقع الرصد Determine of Monitoring Sites

اختُيرت مواقع الرصد بحيث تشمل كامل سطح البحيرة؛ إذ تم تحديد 7 مواقع (الشكل 2). جمعت العينات الشاطئية من عمق لا يقل عن 50 سم، ومن مسافة لا تقل عن 5 م عن الطرف. بينما جُمعت العينات العميقة بالمعماق Bathometer، حيث أُخذت العينات من ثلاث نقاط في الموقع الواحد يفصل بين كل اثنتين منها نحو 5 م خلال العام 2015. بواقع ثلاث مكررات لكل نقطة.



الشكل 2. نقاط الاعتيان على بحيرة سد الروم

(صورة فضائية من موقع Google earth من ارتفاع 5016 قدم).

## 2. عينات الجراثيم الزرقاء Cyanobacterial Samples

جُمعت عينات الجراثيم الزرقاء العوالقية باستعمال شبكة العوالق Plankton net ذات عيون قطرها 10 ميكرونات للتحاليل النوعية، واستعملت طريقة الترشيح من أجل التحاليل الكمية، وحُفظت العينات باستعمال محلول اليود لوغول Lugol's iodine solution (1 مل) وحمض الكبريت والفورمالين 2% ضمن عبوات بلاستيكية من البولي إيثيلين، وعُرفت الجراثيم الزرقاء، وأحصيت باستعمال عدّادة Sedgwick-Rafter والمجهر المقلوب Prescott 1962, Sournia, inverted microscope 1978, Box, 1981, HELCOM, 1988, Waterbury, 1992, APHA, Smith, [1998]، واستعملت المراجع التصنيفية الآتية لتحديد الأجناس والأنواع [Smith, 1950, Prescott, 1973, 1982, Wehr and Sheath, 2003].

## 3. تحضير العينات لكشف وتحديد Microcystins LR, YR, RR

جُمعت العينات في عبوات بلاستيكية من البولي إيثيلين بطريقة العينات المركبة، ووضعت في حافظات مبردة في الظلام لترشح مباشرة فور وصولها للمختبر، وفي حال ترك لليوم التالي، فإنه يجب تجميدها في الظلام، تم تطبيق عملية التجميد والإذابة على العينات على نحو متكرر متبوعة بحمام أمواج فوق صوتية لتحرير **الذيفانات الداخلة خلوية إلى الماء**، بأخذ 500 مل من العينة المركبة ووضعها في **النتروجين السائل** ثم نقلها إلى حمام مائي بدرجة حرارة 75 م°، كررت العملية ست مرات لتوضع بعدئذ في حمام أمواج فوق صوتية (Ace glass incorporated, Vineland, NJ) خضت العينة جيداً، وأضيف إليها 0.1 مل ثيوسلفات الصوديوم Sodium thiosulphate للتخلص من الكلور المتبقي، خضت عينة المياه بقوة، وتركت لترقد بضع دقائق ثم أضيف 5 مل من محلول Trifluoroacetic acid (TFA) 10% مزجت ورشحت عبر قرص ترشيح زجاجي GF/C من شركة Millipore للتخلص من بقايا الخلايا والدقائق العالقة الأخرى. وضعت العينة في

عبوة زجاجية سعة 500 مل، وأضيف 5 مل متانول ومزجت، وبذلك تكون العينة جاهزة للاستخلاص على الطور الصلب (SPE) solid phase extraction. حضرت خرطيش الاستخلاص بربطها بنظام حجرة التخلية vacuum manifold system من شركة MACHEREY-NAGEL GmbH & Co. KG، وهذه الطريقة مطبقة على نطاق واسع للأسباب الآتية: تسمح بتركيز العينة، وتحذف العناصر التي تسبب التداخل، وتستخلص المركبات المرافقة وتركز العينة في المذيب المناسب للتحاليل اللاحقة. ربطت خرطيش SPE باستعمال 10 مل متانول من شركة (Sigma Aldrich, Saint Louis, MO) بسرعة تدفق 5 مل/د لإزالة أي ملوثات في الخرطوشة ثم عدلت الخرطيش باستعمال 10 مل ماء فائق النقاوة (Millipore water system) بسرعة التدفق نفسها، ويجب التأكد من عدم جفاف الخرطوشة في أي وقت، ويطرح المتانول وماء الغسل. وباستعمال أنابيب PTFE والموصلات يوصل أنبوب من العبوة الحاوية عينة الماء إلى أعلى خرطوشة SPE فتسحب المخلية العينة عبر الأنبوب والخرطوشة بسرعة تدفق 2.5 مل/د، لا يجمع الماء؛ بل يسمح له ليصرف عبر مضخة المياه. عندما يمر كل ماء العينة عبر الخرطوشة تغسل بمقدار 10 مل من المتانول 10%، تتبع بمقدار 10 مل من المتانول 20%، أخيراً تغسل بمقدار 10 مل من المتانول 30% بسرعة تدفق 5 مل/د ويطرح سائل الغسل من الغسلات الثلاث. بعد ذلك تغسل الخرطوشة بمقدار 5 مل من TFA 0.1% في المتانول مرتين، ويجمع الناتج في أنبوب، ويجفف بدرجة حرارة 40م في جو من غاز النتروجين بجهاز (TurboVap LV evaporator, Caliper Life Sciences, Inc., Hopkinton, MA) ويعاد حل الخلاصة المجففة بمقدار 1 مل متانول نقي، وتوضع في أنابيب 2.5 مل لتكون جاهزة للتحليل الكروماتوغرافي مباشرة أو يمكن أن تجفف أو تخزن في المجمدة لحين الحاجة [ISO standard (ISO 20179:2005)]. حُلَّت العينات بجهاز

HPLC/MC باستخدام أعمدة Luna C18 (250 × 4.6 مم) حجم الدقائق 4 ميكرونات من شركة (Phenomenex, Torrance, CA). المذيبات الكروماتوغرافية المستعملة في التحليل هي المذيب الأول الماء الحاوي 0.1% TFA والمذيب الثاني الأسيتونتريل HPLC grade acetonitrile حيث أُجري العمل كالاتي في البداية المذيب الأول 95% والثاني 5% بسرعة تدفق 0.5 مل/د مدة 3.5 دقيقة، استبدل الطور المتحرك إلى 15% للمذيب الأول و 85% للمذيب الثاني بين 3.5 و 4 دقائق، وبعد ذلك بدل الطور المتحرك إلى 100% المذيب الثاني من 4 إلى 4.25 دقائق ومن 4.25 دقائق حتى النهاية استبدل إلى 95% للمذيب الأول و 5% للمذيب الثاني. حضرت المحاليل الأم للذيفانات LR, YR, RR Microcystins بتركيز 1000 ميكروغرام/ل بدءاً من ذيفانات نقية (99% ≥) أمكن الحصول عليها من شركة Aldrich Sigma حضرت سلاسل عيارية باستخدام المتانول وفق التراكيز الآتية: 1، 5، 10، 25، 50، 100 ميكروغرام /ل، ومن أجل الدقة في المنحنى العياري تم الحقن ثلاث مرات من أجل كل تركيز عياري وقورنت القمم الأعلى وإجمالي الاستجابات المتداخلة من كل عياري ومتوسط الاستجابات تم أخذه للحصول على منحنى المعايرة.

### 3. الاختبارات الفيزيائية والكيميائية Chemical and Physical Testes

أُجريت القياسات الفيزيائية والكيميائية على مرحلتين الأولى: حقلية في أثناء قطف العينة، وشملت درجة حرارة الماء، والرقم الهيدروجيني pH، والناقلية الكهربائية EC، وإجمالي المواد الصلبة الذائبة TDS، والأوكسجين الذائب DO (ماركة Crison)، والعكارة (ماركة HACH 2100)، وأُجريت جميع القياسات الحقلية باستخدام أجهزة حقلية مضبوطة على نحو دقيق بوساطة محاليل عيارية، والمرحلة الثانية مخبرية حيث قيست شوارد النتترات  $\text{NO}_3^-$ ، والفوسفات  $\text{PO}_4^{3-}$ ، والكبريتات  $\text{SO}_4^{2-}$ ، بالمطيافية الضوئية HACH DDR 5000، Eaton *et al.*,

[1995,Mays, 1996, APHA, 1998, Maria and Csaba, 1999  
أُجريت تنقية الذيفانات وتركيزها من العينات بالاستخلاص على الطور الصلب  
phase extraction(SPE)، وتجهيزها للتحليل بتقنية HPLC/MC باستعمال  
العمود C18 لتحديد نوع الذيفان وتركيزه ] Ueno *et al.*, 1996;Bartram *et al.*,  
[1999;Muret *et al.*, 1999; Williams *et al.*, 1999;Yang *et al.*, 2007

#### 4. الدراسة الإحصائية Statistical Study

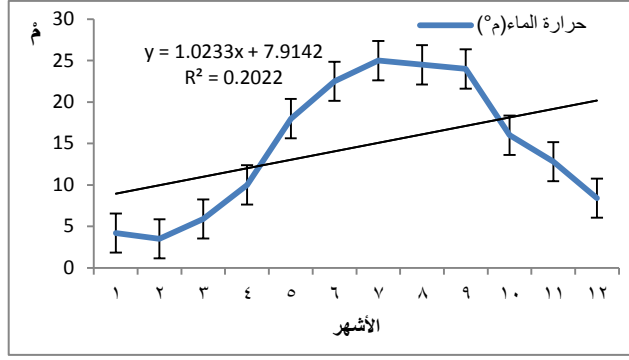
تمت الدراسة الإحصائية باستعمال برنامج SPSS V20 لحساب الفروق  
المعنوية بين النقاط بتطبيق اختبار Chi-Square.

#### النتائج والمناقشة Results and Discussion

تمثل جميع النتائج متوسط القيم التي أمكن الحصول عليها في المواقع السبعة  
في البحيرة، حيث لم تلاحظ فروق معنوية بين نقطة وأخرى حسب الدراسة  
الإحصائية من خلال قيمة P value لاختبار Chi-Square عند قيمة معنوية P  
0.05 <، وهذا عائد لصغر مساحة البحيرة نحو 2 كم<sup>2</sup> والمزج الجيد لمياهها.

#### 1. درجة حرارة الماء Water Temperature

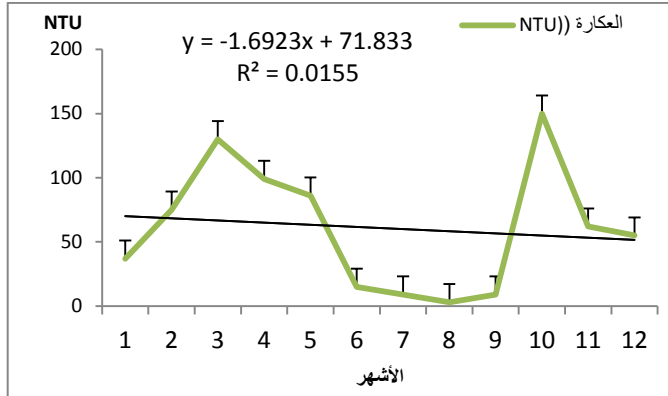
تراوحت درجة حرارة الماء في بحيرة سد الروم في العام 2013 بين 3.5°م في شباط  
و25°م في تموز، حيث تتأثر درجة حرارة الماء بدرجة حرارة الهواء ومدة السطوع  
الشمسي وشدته، وعمق البحيرة وشكلها، ولدرجة حرارة الماء تأثير في جميع العمليات  
الكيميائية والحيوية التي تحدث في البحيرة، ويوضح الشكل 3 تغيرات درجة حرارة المياه.



الشكل 3. متوسط درجة حرارة المياه في بحيرة سد الروم.

## 2. العكارة Turbidity

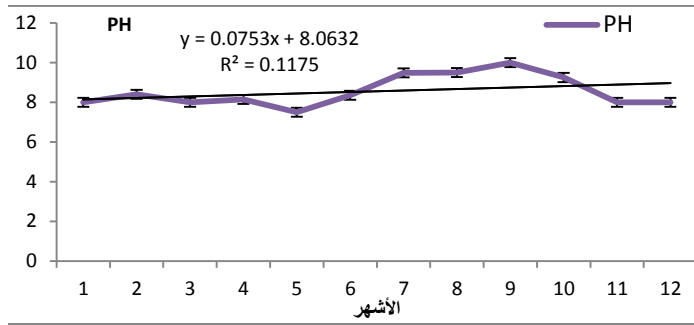
تراوحت درجة العكارة في بحيرة سد الروم في العام 2013 بين NTU3 في آب و NTU150 في تشرين الأول. لوحظ نمطان رئيسان من العكارة في بحيرة سد الروم، الأول: ناتج عن تدفق مياه الأمطار المحملة بالطمي والدقائق إلى بحيرة السد؛ مما سبب عملية تقليب الرواسب الطينية وخلطها على محيط البحيرة، ولاسيما من ناحية النقطتين 3 و4، وكذلك يحدث مزج كبير من ناحية النقطة 2 حيث يصل الفائض من بحيرة سد جويلين (فترة الشتاء)، والنمط الثاني بسبب ازدهار الجراثيم الزرقاء (فترة الخريف)، وللعكارة تأثير كبير في وصول الضوء إلى طبقات المياه؛ بالتالي تأثيره في عملية التركيب الضوئي للعوالق النباتية، ويوضح الشكل 4 تغير درجات العكارة في بحيرة سد الروم.



الشكل (4) متوسط درجة العكارة في بحيرة سد الروم.

### 3. الرقم الهيدروجيني pH

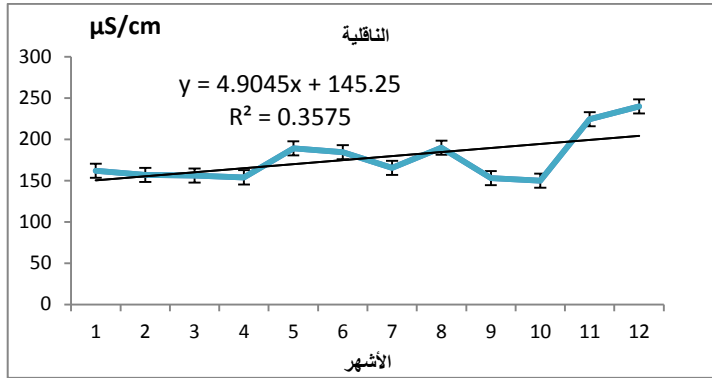
تميّزت قيمة pH بارتفاعها طوال فترة الدراسة، حيث تراوحت قيمة pH بين 7.5 في أيار و 10 في أيلول، وتعزى هذه القيم المرتفعة من pH إلى شدة عملية التركيب الضوئي بفعل الجراثيم الزرقاء التي تتصف بقدرتها على تحمل درجات عالية من القلوية [Lee, 2008, Stevenson *et al.*, 1996, Stewart. and Terry, 2003]. يوضح الشكل 5 تغير الرقم الهيدروجيني في بحيرة سد الروم التي تتفق مع فترة ازدهار الجراثيم الزرقاء؛ إذ إن قلوية الماء pH= 8-9.5 تكوّن الشروط المثلى لنمو الجراثيم الزرقاء؛ إذ تزيد شدة التركيب الضوئي قيمة pH، ويصبح الكربون عاملاً محدداً؛ لأن مقدرة الجراثيم الزرقاء على تثبيت CO<sub>2</sub> أعلى ثمانية مرّة من الطحالب الخضراء، ونموها أسرع على نحو أوضح [Kawecka and Eloranta, 1994].



الشكل 5. متوسط قيم pH في بحيرة سد الروم.

#### 4. الناقلية الكهربائية (EC) Electrical Conductivity

تراوحت قيم الناقلية الكهربائية في بحيرة سد الروم بين 150  $\mu\text{S}/\text{cm}$  في تشرين الأول و 240  $\mu\text{S}/\text{cm}$  في كانون الأول، فالناقلية الكهربائية هي قياس غير مباشر لتركيز الأملاح الذائبة، وعلى علاقة عكسية بحجم المياه، ويوضح الشكل 6 تغير قيم الناقلية الكهربائية في بحيرة سد الروم.



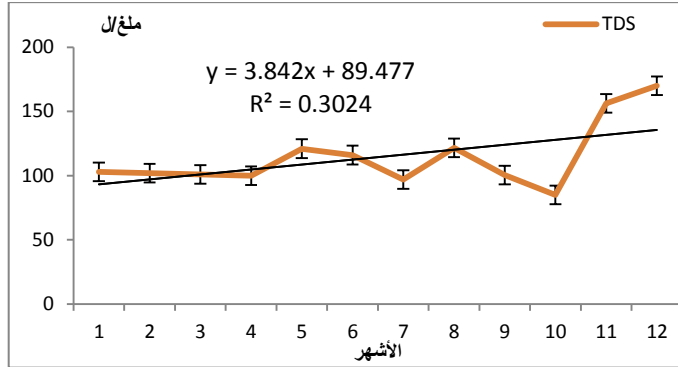
الشكل 6. متوسط قيم الناقلية الكهربائية في بحيرة سد الروم.

#### 5. إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS) Total Dissolved Solids

تتفق قيم TDS على نحو كبير مع الملوحة وقيم الناقلية الكهربائية؛ إذ تراوحت في بحيرة سد الروم بين 85 ملغ / ل في تشرين الأول و 170 ملغ/ل في كانون الأول،



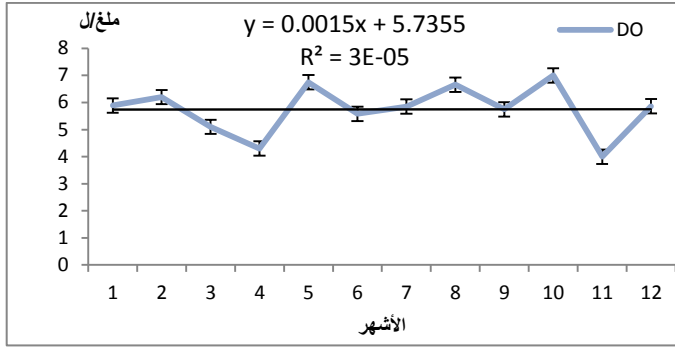
وهي تزداد في مياه المناطق الجافة المعرضة للجريان السطحي الزراعي. تؤثر قيم TDS والناقلية الكهربائية في انحلالية الغازات والمركبات القابلة للانحلال جزئياً في المياه [Mays, 1996; Stewart and Terry, 2003]، ويوضح الشكل 7 تغير قيم TDS في بحيرة سد الروم.



الشكل 7. متوسط قيم TDS في بحيرة سد الروم.

#### 6. الأكسجين الذائب (DO)

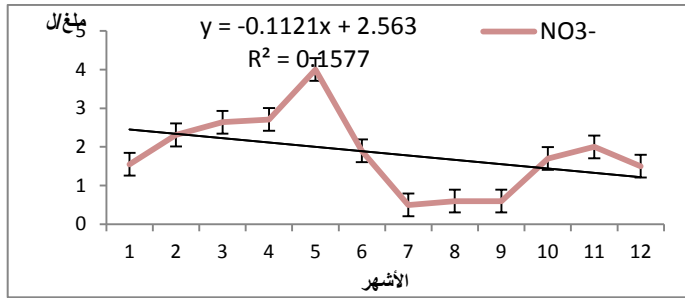
تراوحت قيم DO في بحيرة سد الروم بين 4 ملغ/ل في تشرين الثاني و 7 ملغ/ل في تشرين الأول؛ إذ تزداد بازدياد جماعات التركيب الضوئي Photosynthesis، ولاسيما الجراثيم الزرقاء منها التي تغني الماء بالأكسجين، لكن عندما تزداد الجماعات الجرثومية غيرية التغذية نتيجة ازدياد المادة العضوية فإنها تستهلك معظم الأكسجين في عمليات الأكسدة؛ مما يؤدي إلى انخفاض قيم DO، وقد يصل الانخفاض إلى حدود كبيرة جداً؛ فتنشأ ظروف لا هوائية، ويحدث إرجاع لبعض المركبات الكيميائية مطلقة روائح كريهة حتى تعود الشروط الهوائية، وقد تؤثر في انتشار الأحياء في المياه، مثل: الأسماك، ويوضح الشكل 8 تغير قيم DO في بحيرة سد الروم.



الشكل 8. متوسط قيم DO في بحيرة سد الروم.

### 7. النترات ( $\text{NO}_3^-$ )

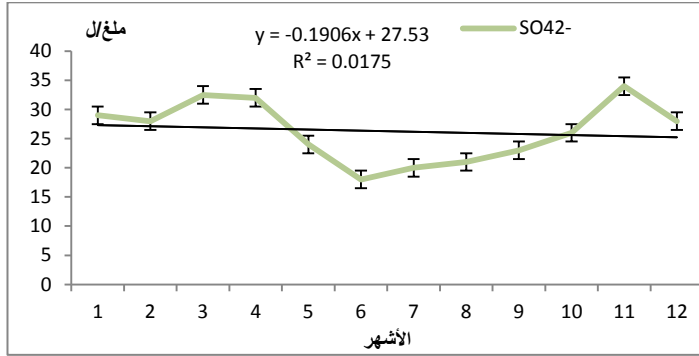
تدل شاردة النترات على أعلى درجة أكسدة لعنصر النتروجين. ووجودها بتراكيز عالية يعني أن المادة العضوية قد تأكسدت كلياً، وتعد من أهم العناصر لنمو الطحالب. فقد تراوحت قيمتها في بحيرة سد الروم بين 0.5 ملغ/ل في تموز و 4 ملغ/ل في أيار، تصل الشوارد المغذية إلى البحيرة من الأراضي الزراعية المجاورة في أثناء مرور المياه عليها، ويوضح الشكل 9 تغير قيم شاردة النترات في بحيرة سد الروم.



الشكل 9. متوسط قيم شاردة النترات في بحيرة سد الروم.

### 8. الكبريتات (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) Sulfate

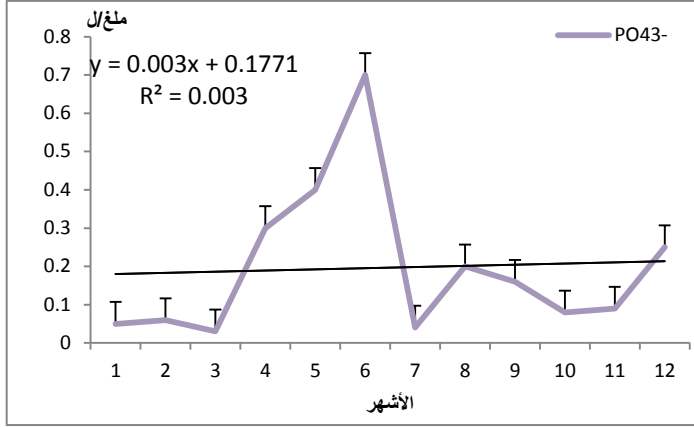
تراوحت قيمة شاردة الكبريتات في بحيرة سد الروم بين 18 ملغ/ل في حزيران و 34 ملغ/ل في تشرين الثاني، ويوضح الشكل 10 تغير قيم شاردة الكبريتات في بحيرة سد الروم.



الشكل 10. متوسط قيم شاردة الكبريتات في بحيرة سد الروم.

### 9. الفسفات (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) Phosphate

تراوحت قيمة شاردة الفسفات في بحيرة سد الروم بين 0.03 ملغ/ل في آذار و 0.7 ملغ/ل في حزيران، ويوضح الشكل 11 تغير قيم شاردة الفسفات في بحيرة سد الروم.



الشكل 11. متوسط قيم شاردة الفوسفات في بحيرة سد الروم.

### 10. نتائج الدراسة التصنيفية Results of Taxonomic Study

تبين نتائج دراسة الجراثيم الزرقاء في بحيرة سد الروم وجود 17 جنساً تنتمي إلى ثماني فصائل، وبدورها تنضوي تحت ثلاث رتب، وفق الآتي:

(1) رتبة Nostocales:

1. فصيلة Nostocaceae:

*AnabaenaAphanizomenon, Anabaenopsis*&

2. فصيلة Rivulariaceae: *RivulariaCalothrix&Gloeotrichia*.

(2) رتبة Chroococcales:

1. فصيلة Microcystaceae: *Microcystis*. 2. فصيلة

*SnowellaWoronichinia*&: Merismopediaceae

(3) رتبة Oscillatoriales:

1. فصيلة Borziaceae: *BorziaKomvophoron*&. 2. فصيلة

*Oscillatoria*: Oscillatoriaceae

3. فصيلة: Phormidiaceae: *PhormidiumPlanktothrix*&

4. فصيلة *Pseudanabaenaceae*: *Romeria*,

*SpirulinaGlaucospira*&

الجدول 2. حركية أجناس الجراثيم الزرقاء الأكثر تواتراً في بحيرة سد الروم.

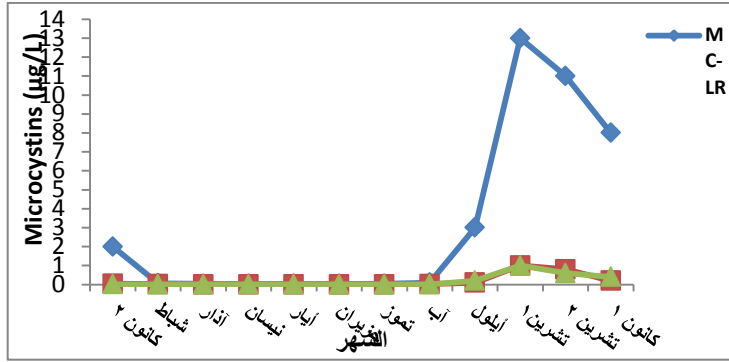
عدد الخلايا $\times 10^4$ /ل			الشهر
<i>Aphanizomenon</i>	<i>Anabaena</i>	<i>Microcystis</i>	
1	8	104	ك2
0	5	4	ش
0	1	20	ذ
0	1	1	ن
0	0	0	أي
0	0	0	ح
0	0	0	وز
0	30	1000	آب
75	200	10400	ل
90	1775	54500	ت1
100	200	15500	ت2
25	180	2700	ك1

يُلاحظ من الجدول 2، حدوث الازدهار في شهري تشرين الأول وتشرين الثاني حيث تسود ثلاثة أنواع: هي *Microcystisaeruginosa* بالدرجة الأولى، و *Anabaenaspiroides* بالدرجة الثانية، ويكون النوع *Aphanizomenonflos aquae* أقل بصورة ملموسة، ويتفق ذلك مع الدراسات العالمية [Skulberget al., 1984;Crayton 1993; Wacklin 2006;Burns 2007]. إن السيادة الخريفية الواضحة للجراثيم الزرقاء حيث تغيب الطحالب الخضراء والمشطورات عائد لارتفاع

درجة الحرارة 24م وارتفاع قيمة pH (8-9.5) والطفو المنتظم الذي يعدّ ميزة حقيقية للتنافس مع العوالق النباتية في المنطقة جيدة الإضاءة من الأوساط المائية الضحلة، وقلة الأعداء الطبيعية [Schaeffer, and Barton 1999; Wacklin 2006]. إن انتقائية رعي وحيدات الخلية الحيوانية التي تفضل الطحالب الخضراء على الجراثيم الزرقاء بسبب كبير حجم مستعمرات الأخيرة وإفرازها للسموم يفسح المجال أمامها للسيادة بمفردها دون باقي أنواع العوالق النباتية مستفيدة من قدرتها على الهجرة؛ لذلك فإن ازدهار أنواع الجنس *Microcystis* في هذا المناخ المعتدل يحدث في المنطقة جيدة الإضاءة، ولا يتمكّن عديد من الجراثيم الزرقاء من الاستمرار في الشدة الضوئية العالية فترات زمنية طويلة؛ الأمر الذي يمكن أن يحدّ من انتشارها مقارنة بالنظم البيئية جيدة التغذية الأكثر عكارة، غير أنّ أنواع الجنس *Microcystis* أقلّ حساسية للشدات الضوئية العالية؛ لأن طفوها المنتظم يمكّنها من الوصول إلى الشروط الضوئية المثالية لنموها، ولذلك لا يرتبط وجودها بقوة مع الإثراء الغذائي Eutrophication وتنتشر في المياه المعتدلة التغذية Mesotrophic وجيدة التغذية Eutrophic ومفرطة التغذية Hypertrophic [Wacklin, 2006].

#### 11. نتائج تحليل الذيفانات باستعمال HPLC/MC

تم تحديد تركيز ثلاثة أنماط من ذيفانات Microcystins الأكثر تواجداً في المياه حسب WHO وهي MC-LR, MC-RR, MC-YR.



الشكل 12 تراكيز الميكروسيستينات في مياه بحيرة سد الروم.

يُلاحظ من (الشكل 12) تجاوز قيمة الذيفان MC-LR القيم المسموح بها في مياه الشرب من قبل WHO في كل من أشهر أيلول وتشرين الأول وتشرين الثاني وكانون الأول وكانون الثاني في بحيرة سد الروم خلال فترة الدراسة، حيث بلغ أقصى تركيز له في مياه البحيرة 13 ميكروغرام/ل في تشرين الأول متوافقاً بذلك مع ذروة ازدهار الجنس *Microcystis*. بينما كانت قيمتها دون 1 ميكروغرام/لتر خلال الأشهر الأخرى، وحسب تصنيف WHO درجات الخطورة يكون التعرض لمياه البحيرة (شرب، سباحة) منخفض الخطورة في أشهر أيلول وكانون الأول وكانون الثاني، ويكون متوسط الخطورة في شهري تشرين الأول وتشرين الثاني، وقد كانت قيمة ذيفانات MC-RR, MC-YR, دون 1 ميكروغرام/لتر خلال فترة الدراسة.

يكون النمط الرئيس لعمل الميكروسيستينات هو الارتباط مع الوحدات الحفزية لإنزيم بروتين الفوسفاتاز PP2A and protein phosphatases 1 (PP-1) وتنشيط وظائفهما الأساسية في تنظيم عديد من العمليات مثل النمو وتركيب البروتين واستقلاب الغليكوجين ونقلص العضلات [Nishiwaki *et al.*, 1994; Pouria *et al.*, 2000]. إلى جانب تركيب ATP [Mikhailov *et al.*, 1998; Kaebernick *et al.*, 2000]. والألدهيد ديهيدروجيناز [Chen *et al.*, 2003]. فالتعرض للميكروسيستينات يؤثر في العمليات التنظيمية داخل الخلايا [Chen *et al.*, 2006].

وإشارة الاستتقال/التتبغ transduction. ويمكن أن يقود إلى الفسفرة الفائقة لبنية البروتينات ونخر الخلايا، وتغيير النفاذية الانتقالية الكوندرية والتعديل المحتمل للأغشية الميتاكوندرية، وتكوين أنواع متفاعلة مع الأكسجين وتحريض الجهد التأكسدي، والضرر التأكسدي للمادة الوراثية DNA، وتعديل موت الخلايا المبرمج modulation of apoptosis، والتغير في تكاثر الخلايا والانقسام البلاسمي cytokinesis [Falconer, 2006]، تعدُّ الميكروسيستينات أساساً بمنزلة سموم كبدية في الثدييات، وتؤثر في أعضاء أخرى غير الكبد مثل المسالك المعوية والكلى والدماغ. في الحقيقة، يمكن أن تؤثر الميكروسيستينات في أعضاء ونسج عديدة مثل الكلى [ Nobre *et al.*, 1998, 1999; Beasley *et al.*, 2000; ] والأعراض العصبية [ Milutinovic *et al.*, 2002, 2003; Enzo Funari *et al.*, 2017 Azevedo *et al.*, 2002; Ito *et al.*, 2002; Maidana *et al.*, 2006]. وتؤثر كذلك في الكريات الحمراء [Sicinska *et al.*, 2006]، والخلايا المناعية [Lankoff *et al.*, 2004a, 2004b; Teneva *et al.*, 2005]. هناك العديد من البراهين المتزايدة على خصائص الميكروسيستينات المعززة للسرطان من تجارب مخبرية [Falconer & Buckley 1989; Falconer 1991; Nishiwaki- Matsushima *et al.* 1992; Humpage *et al.* 2000; Dietrich & Hoeger 2005]، يمكن أن ينتج الخطر الصحي الكامن عن استهلاك الغذاء الملوث بالميكروسيستينات (وفقاً للتجمع الحيوي في نسيج السمك أو من الخضار المروية بمياه ملوثة) أو استهلاك كميات غذائية مصنوعة من مواد ملوثة [Dietrich & Hoeger, 2005]؛ فضلاً عن التسمم الحاد. عند تعرض الإنسان المزمّن لتراكيز منخفضة من الميكروسيستينات في مياه الشرب يمكن أن يؤدي إلى تعزيز سرطان الكبد والقولون والمستقيم [Yu 1995; Zhou *et al.*, 2002]. بناء على أساس بيانات السمية لمنظمة الصحة العالمية وضعت قيمة معيارية للذيفان MC-LR في مياه الشرب هي 1 ميكروغرام/ل، لأنه الأكثر شيوعاً في مياه الشرب من بين ذيفانات



Falconer *et al.*, 1988; Schaeffer and Barton 1999; Tillett *et al.* JMCs [2000] وهو بالقيمة المسموح بها نفسها في المواصفة القياسية السورية للزئبق 1 ميكروغرام/ل (الزئبق 10 ميكروغرام/ل). صنّفت منظمة الصحة العالمية درجات خطورة التعرض لسموم الجراثيم الزرقاء في ثلاثة مجالات هي مجال منخفض الخطورة أقل من 10 ميكروغرام/ل، مجال متوسط الخطورة 10-20 ميكروغرام/ل، مجال شديد الخطورة 20-2000 ميكروغرام/ل، مجال شديد الخطورة جداً أكثر من 2000 ميكروغرام/ل. كما أن بلداناً عدة وضعت مواصفات وطنية خاصة بذيافات الجراثيم الزرقاء اعتماداً على دليل WHO، مثل: أستراليا والبرازيل وكندا والتشيك وفرنسا وبولندا وإسبانيا] Chorus and Bartram, [1999].

### الاستنتاجات Conclusion

تبين من خلال هذا البحث ازدهار الجراثيم الزرقاء في بحيرة سد الروم خلال الخريف ووجود الأنواع المفترزة للذيافات ذات السمية العالية، حيث فاق تركيزها القيم المسموح بها حسب منظمة الصحة العالمية والتي بلغت مجال المستوى المتوسط للخطورة بالنسبة للذيافان MC-LR في تشرين الأول والثاني في بحيرة سد الروم مما يشكل خطراً كبيراً على الصحة العامة، والبيئة من خلال انتقالها مباشرة أو عبر السلسلة الغذائية إلى الإنسان؛ وبالتالي التسبب بمشاكل صحية عديدة. لهذا يجب إجراء بحوث ودراسات على جميع البحيرات في سورية لمعرفة مستويات هذه الذيافات، والوقوف على مستويات الخطورة لهذه الذيافات.

### التوصيات Recommendations

1. وضع برنامج رصد دائم لنوعية المياه في المصادر المائية.
2. تحديد فترات ازدهار الجراثيم الزرقاء، وقياس تراكيز الذيافات التي تفرزها في المياه.
3. العمل على منع حصول الازدهار في المصادر المائية بصون تلك المصادر.

## المراجع References

- [72] محمد، سيراؤوس 2010، تقييم حركية جماعات الميكروفلورا ونوعية المياه في بحيرات السدود بالسويداء باستعمال بيانات الميكروبيولوجيا والاستشعار عن بعد. أطروحة دكتوراه، قسم علم الحياة النباتية بكلية العلوم - جامعة دمشق.
- [1]. APHA (1998), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edition, American Public Health Association, Water Environment Federation, American Water Works Association, Washington, USA.
- [2].Azevedo S.M.F.O., Carmichael W.W., Jochimsen E.M., Rinehart K.L., Lau S., Shaw G.R. &Eaglesham G.K. (2002): Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru-Brazil. Toxicology 181-182:441-446.
- [3]. Bartram J., Carmichael W.W., Chorus I., Jones G. &Skulberg O.M. (1999): Introduction. In: Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. (eds. Chorus I. & Bartram J.), pp. 1-14. WHO & E&FN Spon, London.
- [4]. Beasley V.R., Lovell R.A., Holmes K.R., Walcott H.E., Schaeffer D.J., Hoffmann W.E. & Carmichael W.W. (2000): Microcystin-LR decreases hepatic and renal perfusion, and causes circulatory shock, severe hypoglycemia, and terminal hyperkalemia in intravascularly dosed swine. Journal of Toxicology and Environmental Health-Part A 61:281-303.
- [5]. Box J. D., (1981), Enumeration of cell concentrations in suspensions of colonial freshwater microalgae, with particular reference to *Microcystisaeruginosa*. Brit. Phycol. J., 16, 153-164.

- [6]. Briand J.-F., Jacquet S., Bernard C. & Humbert J.-F. (2003): Health hazards for terrestrial vertebrates from toxic cyanobacteria in surface water ecosystems. *Vet. Res.* 34:361-377.
- [7]. Burns J., (2007), Chapter 5: Toxic Cyanobacteria in Florida Waters Florida Lake Management Society, 506 Emmett Street, Palatka, Florida 32177.
- [8]. Carmichael W.W. (1992): Cyanobacteria secondary metabolites – the Cyanotoxins. *Journal of Applied Bacteriology* 72:445-459.
- [9]. Carmichael W.W. (2001): Health effects of toxin-producing cyanobacteria: "The CyanoHABs ". *Human and Ecological Risk Assessment* 7:1393-1407.
- [10]. Chen T., Cui J., Liang Y., Xin X., Owen Young D., Chen C. & Shen P. (2006): Identification of human liver mitochondrial aldehyde dehydrogenase as a potential target for microcystin-LR. *Toxicology* 220:71-80.
- [11]. Chorus I. (2001): Introduction: Cyanotoxins - research for environmental safety and human health. In: *Cyanotoxins - Occurrence, Causes, Consequences* (ed. Chorus I.), pp. 1-4. Springer-Verlag, Berlin.
- [12]. Chorus I. (2005): Current approaches to cyanotoxin risk assessment, risk management and regulations in different countries. Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt), Germany, Dessau.
- [13]. Chorus, I., and J. Bartram. *Toxic cyanobacteria in water; A guide to their public health consequences, monitoring and management*. London: E & FN Spon, 1999.
- [14]. Codd G.A., Lindsay J., Young F.M., Morrison L.F. & Metcalf J.S. (2005a): Cyanobacterial toxins. In: *Harmful*

- Cyanobacteria (eds. Huisman J., Matthijs H.C.P. & Visser P.M.), pp. 1-23. Springer-Verlag.
- [15]. Codd G.A., Morrison L.F. & Metcalf J.S. (2005b): Cyanobacterial toxins: risk management for health protection. *Toxicology and Applied Pharmacology* 203:264-272.
- [16]. Crayton M. A., (1993), Toxic Cyanobacteria Blooms, A Field/Laboratory Guide. Biology Department Pacific Lutheran University Tacoma, Washington 98447 Funded by: Office of Environmental Health Assessments Washington State Department of Health Olympia, Washington 98504-7846.
- [17]. de Figueiredo D.R., Azeiteiro U.M., Esteves S.M., Goncalves F.J.M. & Pereira M.J. (2004): Microcystin producing blooms - a serious global public health issue. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 59:151-163.
- [18]. Dietrich D. & Hoeger S. (2005): Guidance values for microcystins in water and cyanobacterial supplement products (blue-green algal supplements): a reasonable or misguided approach? *Toxicology and Applied Pharmacology* 203:273-289.
- [19]. Duy T.N., Lam P.K.S., Shaw G.R. & Connell D.W. (2000): Toxicology and risk assessment of freshwater cyanobacterial (blue-green algal) toxins in water. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 163:113-186.
- [20]. Eaton, A.D., L.S. Clesceri and A.E. Greenberg. 1995. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19th Ed. Amer. Pub. Health Assoc., Amer. Water Works Assoc., Water Env. Fed., Washington, D.C..
- [21]. Enzo Funari, Maura Manganelli, Franca M. Buratti, Emanuela Testai. (2017): Cyanobacteria blooms in water:

- Italian guidelines to assess and manage the risk associated to bathing and recreational activities. *Science of The Total Environment*. Volume 598, 15 November 2017, Pages 867-880. © 2017 Elsevier B.V. All rights reserved.
- [22]. Falconer I. (1991): Tumour promotion and liver injury caused by oral consumption of cyanobacteria. *Environmental Toxicology and Water Quality* 6:177-184.
- [23]. Falconer I.R. & Buckley T.H. (1989): Tumour promotion by *Microcystis* sp., a blue-green alga occurring in water supplies. *Medical Journal of Australia* 150:351.
- [24]. Falconer I. (2006): *Cyanobacterial Toxins of Drinking Water Supplies: cylindrospermopsins and microcystins*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- [25]. Falconer, I. R., J. V. Smith, A. R. B. Jackson, A. Jones, and M. T. C. Runnegar. Oral toxicity of a bloom of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* administered to mice over periods of up to 1 year. *J. Toxicol. Environ. Health* **24**, 291-305 (1988).
- [26]. HELCOM, (1988), Guidelines for the Baltic Monitoring program for the third stage. Baltic Sea Environment proceedings No. 27 D. HELCOM, [http://www.Helcom.fi/combine\\_manual/contents.html](http://www.Helcom.fi/combine_manual/contents.html).
- [27]. Humpage A.R., Hardy S.J., Moore E.J., Froscio S.M. & Falconer I.R. (2000): Microcystins (cyanobacterial toxins) in drinking water enhance the growth of aberrant crypt foci in the mouse colon. *Journal of Toxicology and Environmental Health-Part A* 61:155-165.
- [28]. ISO 20179:2005. Water quality -- Determination of microcystins -- Method using solid phase extraction (SPE)

and high performance liquid chromatography (HPLC) with ultraviolet (UV) detection.

- [29]. Ito E., Takai A., Kondo F., Masui H., Imanishi S. & Harada K.-i. (2002): Comparison of protein phosphatase inhibitory activity and apparent toxicity of microcystins and related compounds. *Toxicon* 40:1017-1025.
- [30]. Kaebernick M, Neilan BA, Borner T, *et al.* 2000. Light and the transcriptional response of the microcystin biosynthesis gene cluster. *Appl Environ Microbiol* 2000; 66(8): 3387 – 92.
- [31]. Kawecka B., Eloranta P. V., (1994), Outline of ecology of algae of fresh waters and land environment , Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 251, (in Polish).
- [32]. Lankoff A., Carmichael W.W., Grasman K.A. & Yuan M. (2004a): The uptake kinetics and immunotoxic effects of microcystin-LR in human and chicken peripheral blood lymphocytes in vitro. *Toxicology* 204:23-40.
- [33]. Lankoff A., Krzowski L., Glab J., Banasik A., Lisowska H., Kuszewski T., Gozdz S. & Wojcik A. (2004b): DNA damage and repair in human peripheral blood lymphocytes following treatment with microcystin-LR. *Mutation Research-Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis* 559:131-142.
- [34]. Lawton L.A. & Edwards C. (2001): Purification of microcystins - review. *Journal of chromatography A* 912:191-209.
- [35]. Lee, Robert Edward. 2008. *Phycology*. Fourth edition. Colorado State University, USA.
- [36]. Maidana M., Carlis V., Galhardi F.G., Yunes J.S., Geracitano L.A., Monserrat J.M. & Barros D.M. (2006): Effects of microcystins over short- and long-term memory

- and oxidative stress generation in hippocampus of rats. *Chemico-Biological Interactions* 159:223-234.
- [37]. Maria Csuros, CsabaCsuros., 1999. *Microbiological Examination of Water and Wastwaer*, with contribution by KlaraVer, Lewis Publishers. Boca Raton London New York Washington. D.C.
- [38]. Mays, L.W, 1996. *Water resources handbook*. Department of civil and environmental engineering. Arizona State University. McGRAW-HILL.
- [39].Mikhailov A., Harmala-Brasken A.-S., Hellman J., Meriluoto J. & Eriksson J.E. (2003): Identification of ATPsynthase as a novel intracellular target for microcystin-LR. *Chemico-Biological Interactions* 142:223-237.
- [40].Milutinovic A., Sedmak B., Horvat-Znidarsic I. &Suput D. (2002): Renal injuries induced by chronicintoxication with microcystins. *Cellular and Molecular Biology Letters* 7:139-141.
- [41].Milutinovic A., Zivin M., Zorc-Pleskovic R., Sedmak B. &Suput D. (2003): Nephrotoxic effects of chronic administration of microcystins -LR and -YR. *Toxicon* 42:281-288.
- [42].Mur L.R., Skulberg O.M. &Utkilen H. (1999): *Cyanobacteria in the environment*. In: *Toxic cyanobacteria in water:A guide to their public health consequences, monitoring and management*. (eds. Chorus I. & BartramJ.), pp. 15-40. WHO & E&FN Spon, London.
- [43].Nishiwaki-Matsushima R., Ohta T., Nishiwaki S., Suganuma M., Kohyama K., Ishikawa T., Carmichael W.W. &Fujiki H. (1992): Liver-tumor promotion by the

- cyanobacterial cyclic peptide toxin microcystin-LR. *Journal of Cancer Research and Clinical Oncology* 118:420-424.
- [44].Nishiwaki, R., T. Ohta, E. Sueoka, M. Suganuma, K. Harada, M. F. Watanabe, and H. Fujiki. Two significant aspects of microcystin-LR: specific binding and liver specificity. *Cancer Lett.* **83**, 283-289 (1994).
- [45].Nobre A.C.L., Coutinho M.C.M., Silva M.M.M., Fonteles M.C. &Monteiro H.S.A. (1998): Determination of the acute toxicity, study of the renal alterations and histopathologic evaluation of the effects of the microcystin. *Naunyn-Schmiedebergs Archives of Pharmacology* 358:R441-R441.
- [46].Nobre A.C.L., Jorge M.C.M., Menezes D.B., Fonteles M.C. &Monteiro H.S.A. (1999): Effects of microcystin- LR in isolated perfused rat kidney. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 32:985-988.
- [47].Pouria, S., A. de Andrade, J. Barbosa, R. Cavalcanti, V. Barreto, C. Ward, W. Preiser, G. Poon, G. Neild, and G. Codd. Fatal microcystin intoxication in haemodialysis unit in Caruaru, Brazil. *Lancet* 325, 21-26 (1998).
- [48]. Prescott, G. W. 1962. *Algae of the western great lakes area*, rev. ed. Brown, Dubuque, IA, 977P.
- [49].Prescott, G. W. 1973. *Algae of the Western Great Lake Area*. Brown Comp. Pub., Dubuque, Iowa.
- [50]. Prescott, G. W. 1982. *Algae of the Western Great Lake Area*. Germany, Koengstein: Otto Koeltz Science Pub.
- [51]. Rao P.V.L., Gupta N., Bhaskar A.S.B. &Jayaraj R. (2002): Toxins and bioactive compounds from cyanobacteria and their implications on human health. *Journal of Environmental Biology* 23:215-224



- [52]. Schaeffer, D. J., P. B. Malpas, and L. L. Barton (1999). Risk assessment of microcystin in dietary *Aphanizomenonflos-aquae*. *Ecotox. Environ. Safety* 44, 73-80 (1999).
- [53].Sicinska P., Bukowska B., Michalowicz J. &Duda W. (2006): Damage of cell membrane and antioxidative system in human erythrocytes incubated with microcystin-LR in vitro. *Toxicol* 47:387-397
- [54].Sivonen K. & Jones G. (1999): Cyanobacterial toxins. In: Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to Public Health Significance, Monitoring and Management (eds. Chorus I. & Bartram J.), pp. 41-111. E&FN Spon, London.
- [55].Skulberg O. M., Codd, C. A., and Carmichael W. W., (1984), Toxic blue-green algal blooms in Europe: a growing problem. *Ambio* 13:244-47.
- [56]. Smith, G. M. 1950. Freshwater algae of the united states, 2nd ed. Mcgraw-hill, new york, 719p.
- [57].Sournia, A. 1978. Phytoplankton manual. U.N. Educational. ISBN 92-3-101572-9.
- [58]. Stevenson, R. Jan; Bothwell, Max L; Lowe, Rex L. 1996. Algal Ecology. Freshwater Benthic Ecosystems. Academic Press.
- [59]. Stewart B. A. and Terry A. Howell. 2003. Encyclopedia of Water Science. Copyright © 2003 by Marcel Dekker, Inc. New York . Basel.
- [60].Teneva I., Mladenov R., Popov N. &Dzhambazov B. (2005): Cytotoxicity and apoptotic effects of microcystin- LR and anatoxin-a in mouse lymphocytes. *Folia Biologica* 51:62-67.

- [61].Tillett D, Dittmann E, Erhard M. Structural organization of microcystins biosynthesis in *Microcystisaeruginosa*PCC7806: an integrated peptide-polyketidesynthetase system. *Chemistry & Biology* 2000; 7(10): 753 – 64.
- [62]. Ueno, Y., S. Nagata, T. Tsutsumi, A. Hasegawa, M. F. Watanabe, H.-D. Park, G.-C. Chen, G. Chen, and S.-Z. Yu. Detection of microcystins, a bluegreen algal hepatotoxin, in drinking water sampled in Haimen and Fusui, endemic areas of primary liver cancer in China, by highly sensitive immunoassay. *Carcinogenesis* 17, 1317-1321 (1996).
- [63].Wacklin P., (2006), Biodiversity and Phylogeny of planktonic Cyanobacteria in Temperate Freshwater Lakes, Department of Applied Chemistry and MicrobiologyUniversity of Helsinki, Finland, Academic Dissertation in Microbiology, Helsinki 2006.
- [64]. Waterbury J. B., (1992), The Cyanobacteria isolation, purification and identification. In: A. Balows, H.G., M. Trüper, M. Dworkin, W. Harder and K.H. Schleifer [Eds] *The Prokaryotes*. Second edition, Volume II, Springer-Verlag, New York, 2058-2078.
- [65].Wehr, j. D. and sheath, r. g. 2003. freshwater algae of north America ecology and classification. A volume in the aquatic ecology series. Academic press. Isbn-13:978-0-12-741550-5. 918P.
- [66].Whitton B.A. and Potts M. 2000. (eds.). *The Ecology of Cyanobacteria. Their Diversity in Time and Space*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. 1-11.
- [67]. Williams, C. D., J. Burns, A. Chapman, and L. Flewelling. *Assessment of Cyanotoxins in Florida's lakes, resevoirs and*

- rivers. , . Lakelane Florida, Dept. Environmental Protection, 1999.
- [68]. World Health Organization 2004. Guidelines for Drinking-water Quality Third edition Volume 1 Recommendations, World Health Organization 2004. Geneva.
- [69]. Yang S, Dong L, Jiang C, Cheng X, Zhang H, Cui. L. 2007, Isolation, culture and identification of microcystis in source water, Department of Environmental Health, College of Public Health, Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan 450052, China.
- [70]. Yu S.Z. (1995): Primary prevention of hepatocellular-carcinoma. Journal of Gastroenterology and Hepatology 10:674-682.
- [71]. Zhou L., Yu H. & Chen K. (2002): Relationship between microcystin in drinking water and colorectal cancer. Biomedical and Environmental Sciences 15:166-171.