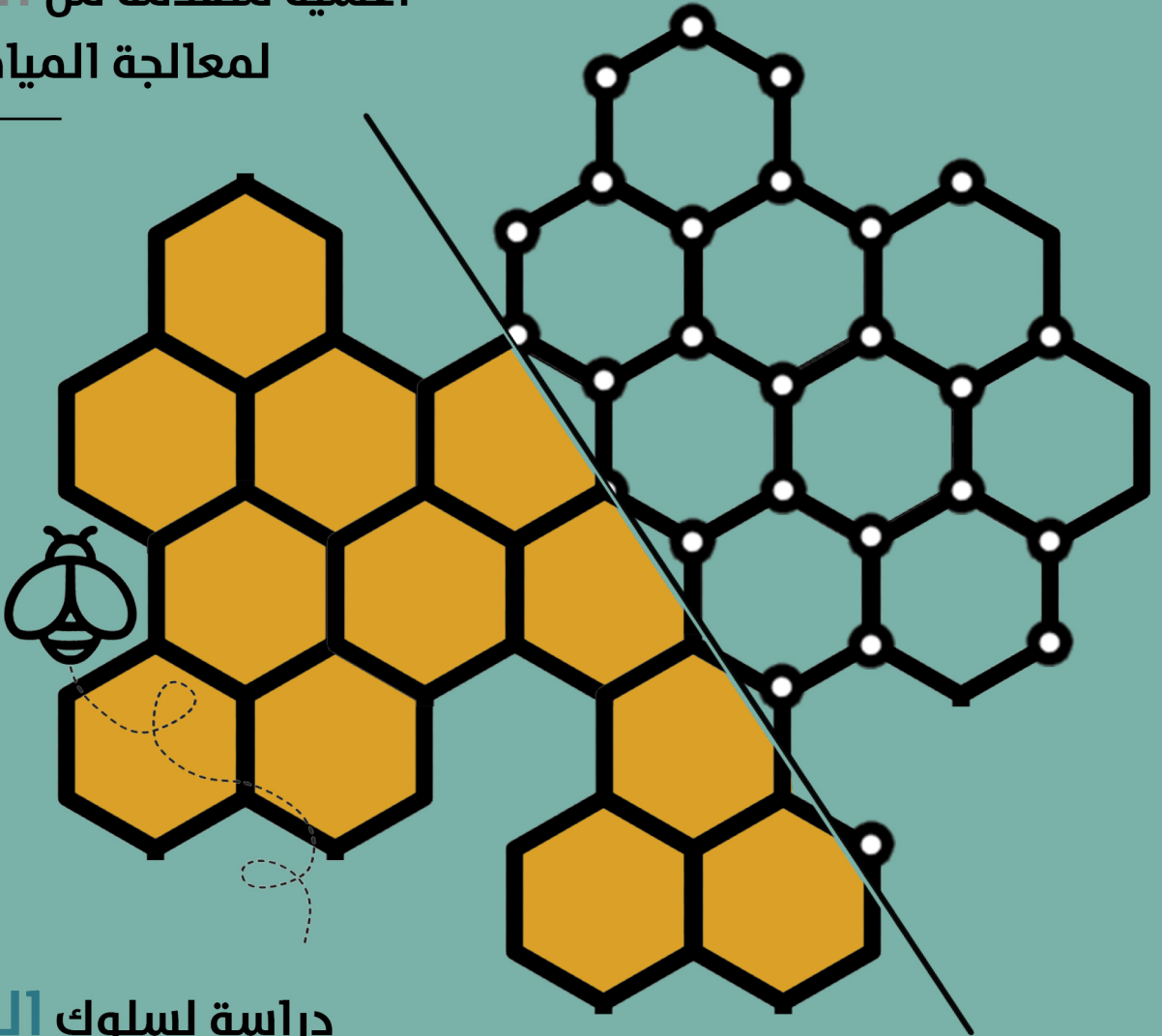




المجلة العربية للبحث العلمي
Arabian Journal of Scientific Research

Vol 1 issue 2 2020

أغشية متقدمة من الجرافين
لمعالجة المياه الملوثة



دراسة لسلوك النحل في
التنظيف لمقاومة حلم الفاروا





افتتاحية العدد

افتتاحية العدد الثاني من المجلة العربية للبحث العلمي

مجلة علمية محكمة تصدر باللغة العربية عن «منظمة المجتمع العلمي العربي»
د. موزة بنت محمد الريان

ورقة بحثية

تصنيع أغشية متقدمة من خليط أكسيد الغرافين المعالج والـب سيلفون واستخدامها في معالجة المياه الملوثة بالزيوت العضوية

أمنية عبدالله، أحمد عبدالله

ورقة بحثية

دراسة سلوك نحل العسل (*Apis mellifera jemenitica*) في التنظيف لمقاومة حلم الفاروا (*Varroa destructor*) في وادي دوعن - حضرموت - اليمن

سعيد عبد الله بانواس، محمد سعيد خنبش

ورقة بحثية

دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية والبكتيرية لمياه شاطئ البحر برجيش في مدينة المهدية - تونس

سناء عليبي، سميحة محمدي، وفاء حسن، الهادي بن منصور

ورقة بحثية

عزل وتوصيف خميرة (*Candida glabrata*) من عينات سريرية في بعض مستشفيات مدينة بغداد

ندى صادق صالح، محسن هاشم رسن، ثامر عبد الشهيد محسن

01

02

11

20

26





ورقة بحثية

تنمية الأشكال الأرضية والمرتفعات الجبلية بحوض صنعاء
محمد علي أحمد حمران

35

ورقة بحثية

تقدير تراكيز بعض المعادن الثقيلة في ألعاب الأطفال
البلاستيكية المبيعة في أسواق محافظة عدن - اليمن
عادل أحمد محمد سعيد، أحمد محمد الحاج سعيدان، سامي زيد محمد سعيد

52

ورقة بحثية

دراسة تأثير الري بالمياه المستعملة على النمو النباتي
لأشجار الزيتون وعلى الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة
أميرة الوسلاتي ، سناء عليبي، الهادي بنمنصور

61





افتتاحية العدد

د. موزة بنت محمد الربان*

رئيسة التحرير
mmr@arsco.org*

نشر هذا العدد من «المجلة العربية للبحث العلمي» عددا من الأوراق البحثية المتعلقة بقضايا ومشاكل تهم الوطن العربي. تأخذ المجلة مراجعة الأقران على محمل الجد، وقد أدى النقد لعدد من هذه الأوراق إلى رفع مستواها بالفعل، كما أدى إلى استبعاد عدداً من الأوراق التي وصلت للمجلة لعدم بلوغها المستوى الذي يحقق تطلعات وشروط النشر فيها. بصفتها المجلة العلمية الأولى التي تصدر عن منظمة المجتمع العلمي العربي وباللغة العربية، فإن المجلة تتخذ موقفاً مفاده أن الدقة في البحث لها أهمية قصوى، وتأمل أن يستفيد مجتمع الباحثين العرب من ذلك. وتؤكد على أهمية الدقة والصرامة في البحث العلمي والكتابة العلمية.

يسرني أن أتقدم بالشكر للمحررين والمحكمين على ما بذلوه من جهد ووقت في إتمام هذا العمل، وللمؤلفين على تفهمهم وتجاوبهم مع توصيات التحرير.

Title

Editorial

Dr. Moza Al-Rabban, Editor-in-Chief

The second issue of the Arabian Journal of Scientific Research (AJSR) has published a number of research papers which address some concerned issues related to the Arab World.

As the first journal published on behalf of the Arab Scientific Community Organization (ARSCO) and in Arabic, the journal takes the position that rigor in research is of utmost importance.

Outstanding reviewers with appropriate expertise have validated the accuracy of the articles, the rigorous reviewing has helped raising the quality of some submissions; whereas, some other papers were excluded for not meeting the journal's aspirations and requirements.

AJSR editors appreciate the efforts of the reviewers and would like to thank the authors for their positive response to the editors' recommendations.

Received 12 October 2020; accepted 15 October 2020; published 15 November 2020

© 2020 The Author(s), licensee HBKU Press. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Cite this as: Al-Rabban M. Editorial Foreword. Arabian Journal of Scientific Research 2020:2.6.

<https://doi.org/10.5339/ajsr.2020.6>

تصنيع أغشية متقدمة من خليط أكسيد الغرافين المعالج والبولي سيلفون واستخدامها في معالجة المياه الملوثة بالزيوت العضوية

أمنية عبدالله¹، أحمد عبدالله^{1*}

¹ برنامج الهندسة الكيميائية، جامعة تكساس أيه أند أم بقطر، الدوحة، قطر

* ahmed.abdala@qatar.tamu.edu

الملخص

يمكن أن تمثل المعالجة السليمة لمياه الصرف الصناعي مصدرًا مهمًا للمياه العذبة التي يمكن إعادة استخدامها في العديد من تطبيقات المياه. على سبيل المثال، تعد تكنولوجيا الأغشية قادرة على القيام بمعالجة فعالة لتقليل محتوى الزيت في مياه الصرف الصناعي إلى مستوى مقبول. وتتمتع الأغشية البوليمرية التجارية الحالية بسهولة التصنيع وكفاءة فصل الزيت، ولكنها تعاني من تدهور الأداء مع الوقت والانسداد السريع. في هذه الورقة البحثية، نستعرض تصميم وتصنيع أغشية للترشيح الفائق تتكون من خليط البولي سيلفون وتركيزات قليلة من أكسيد الغرافين المعالج، واختبار هذه الأغشية في فصل الزيت من مياه الصرف الصناعي. في البداية، قمنا بمعالجة أكسيد الغرافين بمركبات عضوية تحتوي على المجموعات الأمينية والكربوكسيلية العضوية، وتم فحص التركيب الهيكلي ومكونات أكسيد الغرافين المعالج بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) المشتمل على مطيافية الأشعة السينية المشتملة للطاقة (EDX). وبعد ذلك، تم تصنيع عدد من أغشية مختلطة تحتوي على كميات قليلة من أكسيد الغرافين بما يعادل 0.05%، 0.1%، 0.2%، 0.4%، 0.8% بالوزن من كمية البولي سيلفون باستخدام تقنية الانقلاب الطوري (Phase Inversion). وقد أظهرت الأغشية المحتوية على أكسيد الغرافين المعالج قدرة عالية على التخلص من الزيت وخصائص ميكانيكية ممتازة مقارنة بالأغشية المصنعة من مادة البولي سيلفون فقط. كما توصلنا إلى أن كمية أكسيد الغرافين المعالج بالأغشية تؤثر بشكل كبير في خصائصها من معدل تدفق المياه خلالها، والتخلص من الزيت، ومقاومة ترسب المادة العضوية والبيولوجية على سطحها. كما توصلنا إلى أن التركيز المثالي من أكسيد الغرافين المعالج يتراوح بين 0.1-0.2% من وزن البولي سيلفون. وبما أن هذا المقدار الضئيل من أكسيد الغرافين المعالج لا يؤثر في تكلفة تصنيع الأغشية، ولا يغير من خصائص اللزوجة لمحلول خليط أكسيد الغرافين المعالج مع البولي سيلفون، فإنه لا يتطلب تغيير عملية التصنيع التجارية الحالية. في الختام، تشير نتائج الدراسة إلى أن الأغشية التي تحتوي على أكسيد الغرافين المعالج هي أغشية واعدة جدًا للاستخدام في عمليات معالجة المياه كفصل الزيت من الماء ويمكن أن تكون بمنزلة أساس للمعالجة المتقدمة لتيارات مياه الصرف الصناعي.

الكلمات المفتاحية: أكسيد الغرافين، الأغشية ذات المصفوفة المختلطة، أكسيد الغرافين المعالج بالأمين، أكسيد الغرافين المعالج بالكربوكسيل، معالجة المياه، فصل الماء عن الزيت.

Title

Graphene oxide/polysulfone membranes for treatment of oil contaminated wastewater

Omnay Abdalla¹, Ahmed Abdala^{1*}

¹ Chemical Engineering Program, Texas A&M University at Qatar, Doha, Qatar

Abstract

Proper treatment of oily wastewater streams can constitute a reusable water source. Membrane technology can provide an efficient treatment process to reduce the oil content in the water stream to an acceptable level. Current commercial polymeric membranes combine ease of fabrication and separation efficiency but suffer from bio and organic fouling. In this paper, we discuss the design, fabrication, characterization, and testing of

Received 20 September 2020; accepted 29 September 2020; published 15 November 2020.

© 2020 The Author(s), licensee HBKU Press. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Cite this as: Abdalla O & Abdala A . Graphene oxide/polysulfone membranes for treatment of oil contaminated wastewater. Arabian Journal of Scientific Research 2020;2:7. <https://doi.org/10.5339/ajsr.2020.7>

ultrafiltration (UF) mixed matrix membranes (MMM) for separation of water-oil emulsion by incorporation of small concentrations of functionalized graphene oxide (fGO) into polysulfone (PS) matrix. fGO is synthesized by functionalizing graphene oxide (GO) with amine and carboxylic groups, and the functionalization was confirmed EDX. Subsequently, the PS-MMMs containing 0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, and 0.8 wt.% of fGO were fabricated via phase inversion process. The fabricated membrane showed enhanced hydrophilicity and mechanical properties compared to the pristine PS membrane. The loading of f-GO in the MMMs dictates the membrane hydrophilicity and separation performance with low f-GO loading of 0.1 – 0.2 wt.% demonstrating the biggest improvement in water flux, oil rejection, and biofouling resistance relative to the pristine PS membrane. This low concentration does not impact the cost of the membrane nor the rheological properties of the PS-fGO solution and, therefore, does not require alteration of the current commercial fabrication process. In conclusion, our results indicate that MMMs based on functionalized graphene oxide are very promising for water oil separation and can serve as the basis of advanced treatment of oily wastewater streams.

Keywords: Graphene oxide, mixed matrix membranes, amine-functionalized graphene oxide, carboxylic functionalized graphene oxide, water treatment, oil-water separation.

1- المقدمة

أفضل معدل تحسين للأداء عند استخدام المواد النانوية (Nanomaterials) مع البوليمر، من خلال تكوين متراكبات نانوية تؤدي إلى تمتع الأغشية بأداء جيد ومقاومة حرارية ممتازة وأداء فعال مضاد للتلف الحيوي.¹⁰ وتشتمل المواد النانوية على الجرافين (graphene) ومشتقاته، والنانوسيليكا (Nanosilica)، والمواد النانوية الفلزية وأكاسيدها (Metal and Metal Oxide)، والأنابيب النانوية الكربونية (Carbon Nanotube).¹¹ ويعد أكسيد الجرافين (GO) من أهم مشتقات الجرافين، وهو مادة ثنائية الأبعاد ومتناهية السماكة تتكون من طبقة من ذرات الكربون المرتبطة مع بعضها ومع مجموعات تحتوي على ذرات الأكسجين. كما يعد أكسيد الجرافين من أفضل المواد النانوية التي يمكن استخدامها في الأغشية لتمتعها بالعديد من الصفات الممتازة والفائقة، منها القدرة العالية على انجذاب الماء (Hydrophilicity) والقدرة على التشتت في المذيبات، إضافة إلى قدرته على التفاعل السريع مع العديد من المركبات.¹² فعلى سبيل المثال قام هُو وآخرون¹³ بدراسة تأثير إضافة أكسيد الجرافين إلى البوليمر بعد معالجة الأول عن طريق الارتباط مع مادة الميثيلين الزرقاء (Methylene Blue) ومن ثم إضافته إلى الأغشية وتصنيعها عن طريق طريقة الترشح الفراغي. كانت الانتقائية المدروسة في هذا البحث هي قدرة الأغشية على طرد الأصباغ. وقد أظهرت النتائج نسب طرد عالية تتمثل في 93.32% و99.85%، و82.56% لكل من صبغة الميثيلين البرتقالي، والصبغة المشتتة السوداء رقم 9، وصبغة الرودامين ب، على التوالي.¹³ إضافة إلى ذلك، قام زهانج وآخرون بتصنيع أغشية الجرافين/البولي سيلفون مرتبطة بـ غوانيديل (GFG) عن طريق الانقلاب الطوري. وأظهرت هذه الأغشية ذات الترشح الفائق أداءً فعالاً تجاه مقاومة التلف الحيوي. وعند زيادة نسبة (GFG) في الأغشية، زادت المسامية بصورة كبيرة، مما أدى إلى زيادة وتحسن معدل التدفق المائي لدى الأغشية المصنعة لتصل إلى 217 لتر/م²/ساعة، وهو تحسن بمنزلة ضعف معدل التدفق المائي الذي كان لدى الغشاء الخالي من (GFG). أيضاً أظهرت هذه الأغشية تحسناً ملحوظاً في محاربة التلف الحيوي نتيجة ازدياد انجذاب الماء (Hydrophilicity) عند إضافة (GFG) إلى الأغشية. ومن الجدير بالذكر أن هذه الأغشية سجلت نشاطاً فعالاً مضاداً للبكتيريا والميكروبات من أهمها الإشريكية القولونية والمكورات العنقودية الذهبية.¹⁴

تم استخدام استراتيجية سهلة لارتباط أكسيد الجرافين مع حمض الأسبارتيك والإيثيلين ثنائي الأمين لتخليق أكسيد جرافين معالج بمجموعات الكربوكسيل (أكسيد جرافين-كربوكسيل) أو بمجموعات الأمين (أكسيد جرافين-أمين) من أجل تحسين انجذاب أكسيد الجرافين إلى الماء وتحسين الخصائص الميكانيكية ومقاومة التلوث الحيوي.¹⁵ ومن ثم، تم دمج أكسيد الجرافين المعالج مع البولي سيلفون لصناعة أغشية أكسيد الجرافين عن طريق الانقلاب الطوري. وتم التحقيق من تأثير أكسيد الجرافين المعالج في أداء البولي سيلفون من حيث الشكل، والانجذاب إلى الماء، والخشونة، والنفاذية، وفصل الزيت وكذلك الأداء المضاد للتلف الحيوي. والهدف الأساسي من هذه

الماء هو عنصر بالغ الأهمية لحياة كل إنسان على وجه الأرض. ويجب العمل على توفير المياه العذبة بصورة كبيرة من أجل الحد من مشكلة ندرة المياه.¹ هناك عوامل عدة أدت إلى تفاقم مشكلة ندرة المياه، منها: النمو السكاني، وتغير المناخ، وزيادة الطلب على المياه بسبب الصناعات المختلفة كالبتروكيمياويات والغاز الطبيعي.^{2,3} وقد أدت هذه العوامل إلى تحفيز الباحثين لإيجاد حلول مبتكرة لمواجهة المتطلبات المتزايدة على المياه العذبة. وتمثل المياه الملوثة بالمواد العضوية والبتروولية التي تنتج بوصفها مياه صرف صناعي من عدد من الصناعات، مثل صناعات الأغذية والأدوية واستخراج وتصنيع البترول والغاز الطبيعي، مصدرًا جديدًا للمياه العذبة إذا تم علاجها وتنقيتها بصورة صحيحة. كما أن معالجة هذا النوع من المياه مفيد للبيئة والإنسان، حيث تؤدي معالجتها إلى إعادة استخدامها أو التخلص منها بطريقة آمنة غير ضارة على البيئة على نحو أكبر.⁴ بعض التقنيات التقليدية التي يتم استخدامها لمعالجة المياه من أجل تلبية الطلبات الحالية تشتمل على عمليات الامتزاز (Adsorption)، والتبادل الأيوني (Ion Exchange)، والتخثر (Coagulation)، والتلبد (Flocculation) والترسيب (Sedimentation). ولكن هذه الطرق التقليدية، من ناحية، لا تحقق المستوى المطلوب من التنقية، كما أن بعضها غير اقتصادي.⁵ ومن ناحية أخرى، تتمتع تكنولوجيا الأغشية بمزايا عديدة، مما يجعلها من أفضل الخيارات المتاحة لمعالجة هذه الأنواع من مياه الصرف الصناعي.

يمكن تصنيف أغشية معالجة المياه وفقاً لحجم المسام أو مواد التصنيع. واعتماداً على حجم المسام، هناك أربعة أنواع من الأغشية، وهي: أغشية الترشح الدقيق (MF)، وأغشية الترشح الفائق (UF)، وأغشية الترشح النانو (NF)، وأغشية التنافذ العكسي (RO).⁶ وتكون مواد تصنيع الأغشية عضوية (بوليمرات) أو غير عضوية. وتشتمل المواد غير العضوية على مواد كاسيراميك والألمنيوم والفلوذا والزجاج. وتعاني تلك الأغشية المصنعة من مواد غير عضوية من عدة سلبيات تحد من انتشار استخدامها كونها ثقيلة الوزن وهشة وقابلة للكسر إضافة إلى صعوبة تصنيعها.⁷ على الجانب الآخر، تتمتع الأغشية المصنعة من مواد البوليمرات، مثل البولي (إيثرسيلفون) (PES)، والبولي سيلفون (PS)، والبولي (فينيلدين فلوريد) (PVDF)، والبولي إيثيلين (PE)، والبولي بروبيلين (PP)، بولي رباعي فلورو الإيثيلين (PTFE)، بالعديد من المزايا مثل جودة الفصل وطرد الجزيئات غير المرغوب فيها، والتكلفة المنخفضة، والحاجة إلى طاقة أقل.^{8,9} ومع ذلك، لا يزال هناك مجال لتحسين أداء تلك الأغشية، خاصة في مجال زيادة معدل تدفق الماء خلالها وزيادة نسبة التخلص من المركبات غير المرغوبة والمراد فصلها والتي تقاس بخاصية الانتقائية. ويعد تصنيع ما يعرف بأغشية المصفوفة المختلطة (Mixed Matrix Membranes)، وهي أغشية تصنع من البوليمرات وتحتوي على كمية من المواد غير العضوية، إحدى الطرق التي تستخدم لتحسين أداء الأغشية. وغالباً ما يتم الحصول على

الورقة البحثية هو مقارنة تأثير كل من (أكسيد غرافين-كربوكسيل) و(أكسيد غرافين-أمين) في أداء أغشية أكسيد الغرافين.

2- غرض الدراسة وأهميتها

- تهدف هذه الدراسة إلى صناعة أغشية ترشيح متطورة بخصائص فائقة من حيث التدفق المائي وطرد الزيوت والتلف الحيوي. وتعمل على إضافة أكسيد الغرافين إلى مادة البولي سيلفون الرائجة في صناعة أغشية الترشيح لتطوير الخصائص الكيميائية والفيزيائية للأغشية. ومن أهم أهداف هذه الدراسة:
1. تصنيع وتركيب مركبات أكسيد الغرافين المعالج باستخدام الإيثيلين ثنائي الأمين (EDA) وحمض الأسبارتيك (AA).
 2. دراسة خصائص مركبات أكسيد الغرافين المعالج المصنعة.
 3. تصنيع أغشية أكسيد الغرافين والبولي سيلفون عن طرق تقنية الانقلاب الطوري.
 4. معرفة العلاقة بين تركيز أكسيد الغرافين وأداء أغشية أكسيد الغرافين والبولي سيلفون.
 5. دراسة الخصائص المضادة للتلف الحيوي في أغشية أكسيد الغرافين المصنعة.
 6. مقارنة تأثير معالجة أكسيد الغرافين بحمض الأسبارتيك والإيثيلين ثنائي الأمين ومقارنة تأثيرهما في الأغشية.

3- طريقة البحث

1-3 المواد الكيميائية المستخدمة

تم شراء أكسيد الغرافين (GO, SE2430) من شركة العنصر السادس بالصين. كما تم الحصول على الإيثيلين ثنائي الأمين (EDA)، وحمض الأسبارتيك (AA)، وحمض الهيدروكلوريك (HCL)، والكحول الميثيلي (MeOH)، وثنائي ميثيل الأسيتاميد (DMAc)، والبولي سيلفون (PS)، وبولي فينيل بيروليدون (PVP)، والأسيتون، وبيفين سيروم ألبومين (BSA) من شركة سيغما ألدريتش (Sigma-Aldrich) بالولايات المتحدة. كما تم الحصول على هيدروكسيد الصوديوم (من شركة معمل أبحاث الهند)، والديزل من محطة وقود بالدوحة. وتم استخدام هذه المواد كما هي.

2-3 طريقة عمل التجارب

1-2-3 تصنيع أكسيد الغرافين المعالج مع الإيثيلين ثنائي الأمين وحمض الأسبارتيك

تم خلط 900 مغم من أكسيد الغرافين مع 300 مل من الماء المنزوع الأيونات باستخدام حمام الموجات الصوتية مدة 4 ساعات لعمل محلول بتركيز 3 مغم/مل من أكسيد الغرافين، ومن ثم تم خلطها مع الكمية المحددة من الإيثيلين ثنائي الأمين والماء المنزوع الأيونات كمذيب في درجة حرارة 85 درجة مئوية باستخدام المكثف الراجع¹⁶. ومن بعد ذلك تم غسل الخليط الناتج إلى أن أصبح الرقم الهيدروجيني = 7. ولعمل أكسيد الغرافين المعالج مع حمض الأسبارتيك، تم خلط كميته من نفس محلول أكسيد الغرافين المحضر مسبقاً (3 مغم/مل من أكسيد الغرافين) مع 3 غم من حمض الأسبارتيك و36 مل من هيدروكسيد الصوديوم مدة 5 أيام على درجة حرارة 24 درجة مئوية¹⁷. وبعد ذلك تم غسل الخليط باستخدام ماء منزوع الأيونات قبل وضع كمية من حمض الهيدروكلوريك لتحويل جميع الروابط إلى روابط كربوكسيلية.

2-2-3 دراسة خصائص أكسيد الغرافين وأكسيد الغرافين المعالج

تم دراسة خصائص أكسيد الغرافين المعالج المصنع عن طريق المجهر الإلكتروني الماسح (SEM: FEI Quanta 400, Thermo Fisher Scientific, USA) للحصول على هيئة وشكل وبنية أكسيد الغرافين المعالج. وإضافة إلى ذلك، تم دراسة كمية ونسبة الجزيئات المكونة لأكسيد الغرافين المعالج عن طريق مطيافية الأشعة السينية المشتتة للطاقة (EDX: FEI Quanta 400, SEM, Thermo Fisher Scientific, USA).

3-2-3 تصنيع أغشية أكسيد الغرافين والبولي سيلفون

تم تصنيع أغشية أكسيد الغرافين والبولي سيلفون عن طريق عملية الانقلاب الطوري^{19,18}. وتم صنع محلول الغشاء الخالي من الغرافين عن طريق إذابة البولي سيلفون والبولي فينيل بيروليدون في مذيب ثنائي ميثيل الأسيتاميد بنسب 15% و5% و80% على التوالي، والتقليب المستمر حتى يصبح المحلول شفافاً. ومن ثم يتم تحضير المحلول البوليمري المحتوي على أعلى تركيز من أكسيد الغرافين المعالج عن طريق خلط الكمية المطلوبة من أكسيد الغرافين المعالج (كما هو مبين في الجدول 1) مع البولي سيلفون لتكوين خليط يحتوي على 0.8% من أكسيد الغرافين المعالج عن طريق استخدام مسبار الموجات الصوتية. وبعد ذلك، لتحضير المحاليل الأقل تركيزاً، تم تقليل تركيز المحلول عن طريق استخدام المحلول الخالي من الغرافين لعمل التركيزات الآتية: 0.05%، 0.1%، 0.2%، 0.4% من أكسيد الغرافين المعالج. وقبل تصنيع الأغشية يتم التخلص من فقاعات الهواء بالمحلول عن طريق استخدام الموجات الصوتية مدة 3 دقائق. وبعد ذلك، يتم صب محاليل البوليمر على لوح زجاجي نظيف باستخدام آلة صب الغشاء مزودة بسكين بسط الطلاء بسمك 150 ميكرومتر تتحرك بسرعة خطية ثابتة قدرها 4 م/دقيقة، ومن ثم تُترك الطبقة الرقيقة المتكونة على اللوح الزجاجي من دون اضطراب وتُعرض للهواء مدة 30 ثانية قبل غمرها في حمام مائي مدة 5 دقائق. ويتم بعد ذلك غسل صفائح الأغشية المحضرة بماء منزوع الأيونات وتخزينها في ماء منزوع الأيونات يتم تغييره يومياً مدة 5 أيام قبل القيام بإجراء اختبارات التوصيف والقياس لها.

الجدول 1. تكوين المحاليل المستخدمة لتصنيع أغشية أكسيد الغرافين المعالج/البولي سيلفون.

المكونات				مقدار العينة (غم)	تركيز أكسيد الغرافين المعالج (% بالوزن)
DMAc (غم)	PVP (غم)	PS (غم)	f-GO (مغم)		
16	1	3	0.0	20	0.0
16	1	3	1.5	20	0.05
16	1	3	3.0	20	0.10
16	1	3	6.0	20	0.20
16	1	3	12.0	20	0.40
16	1	3	24.0	20	0.80

6-2-3 نسبة طرد الزيوت (Oil Rejection)

لدراسة نسبة طرد الزيوت، تم عمل محلول زيتي من الديزل بتركيز 100 جزء من المليون (ppm)، ومن ثم أخذت 3 عينات من المحلول الزيتي قبل وبعد المرور عبر أغشية أكسيد الغرافين، ومن ثم استُخدم جهاز قياس الكربون العضوي الكلي (TOC: TOC-L, Shimadzu, Japan) لمعرفة تركيز الزيوت في المحاليل الزيتية المجمعة. استخدمت المعادلة التالية لحساب نسبة طرد الزيوت:

$$\text{نسبة طرد الزيت (\%)} = \frac{(\text{ج} - \text{ح})}{\text{ج}} * 100$$

حيث: وج هما تركيزات الكربون العضوي الكلي لمحلول الزيت قبل وبعد المرور من الغشاء على التوالي.

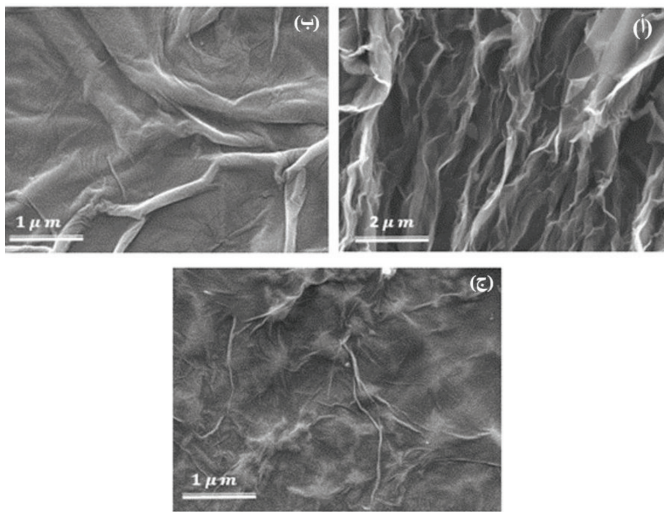
7-2-3 مقاومة التلف الحيوي (Anti-fouling characteristic)

تم دراسة الخاصية المضادة للتلف الحيوي عن طريق تمرير محلول بيفين سيروم ألبومين بتركيز 500 جزء من المليون، ومن ثم تنظيف الأغشية عن طريق الماء المنزوع الأيونات وهيدروكسيد الصوديوم. تم تحديد مقدرة أغشية أكسيد الغرافين على مقاومة التلف الحيوي عن طريق دراسة الانخفاض في تدفق محلول بيفين سيروم ألبومين ونسبة استرداد تدفق محلول بيفين سيروم ألبومين.

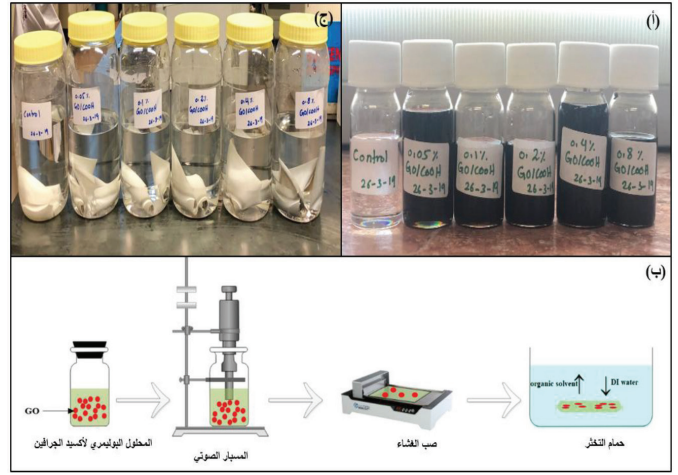
4- النتائج والمناقشة

1-4 خصائص أكسيد الغرافين المعالج

يوضح الشكل 3 هيكله وبنية أكسيد الغرافين وأكسيد الغرافين المعالج، ويظهر التشابه بين جميع المركبات في الشكل التركيبي حيث توحدت في كونهما متجعين ذوي حوافٍ متعددة الطيات. ويمكن رؤية العديد من الطبقات في جميع الصور التابعة للشكل 3. ويدل احتفاظ أكسيد الغرافين المعالج بالشكل التركيبي نفسه لأكسيد الغرافين على أن عملية ارتباطه بحمض الأسبارتيك والإيثيلين ثنائي الأمين لم تدمر خصائصه، بل حافظت عليها. ولوحظ اختلاف بسيط في مركبات أكسيد الغرافين المعالج؛ ذلك أن الهياكل المتموجة والتجاعيد المطوية أكثر فيه من أكسيد الغرافين.²¹



الشكل 3. صور المجهر الإلكتروني الماسح لكل من: (أ) أكسيد الغرافين المعالج بحمض الأسبارتيك. (ب) أكسيد الغرافين المعالج بالإيثيلين ثنائي الأمين. (ج) أكسيد الغرافين.



الشكل 1. (أ) محاليل بوليمرية تحتوي على تركيزات مختلفة من أكسيد الغرافين المعالج (0%، 0.05%، 0.10%، 0.20%، 0.40%، 0.80% من اليسار إلى اليمين). (ب) وصف طريقة تحضير الأغشية المحتوية على أغشية أكسيد الغرافين المعالج. (ج) أغشية أكسيد الغرافين المعالج أثناء تخزينها في الماء. لاحظ تغير لون المحاليل في (أ) ولون الأغشية في (ب) حسب تركيز أكسيد الغرافين المعالج.

4-2-3 دراسة خصائص وأداء أغشية أكسيد الغرافين والبولي سيلفون

بعد تصنيع أغشية أكسيد الغرافين/ البولي سيلفون، تم دراسة خصائصها والأداء من ناحية الشكل التركيبي، والتكوين، والخواص الميكانيكية، وقدرة الانجذاب للماء، ومعدل التدفق المائي، وطردي الزيوت والتلف الحيوي. تم استخدام المجهر الإلكتروني الماسح لمعرفة شكل وتقسيم الأغشية، والتحليل الميكانيكي الديناميكي (DMA: DMA Q800, TA Instruments, USA) لمعرفة الخصائص الميكانيكية للأغشية وزاوية الالتصاق (CA: Kruse drop shape analyzer DSA25, Germany) لدراسة انجذاب الماء إلى الأغشية المصنعة.

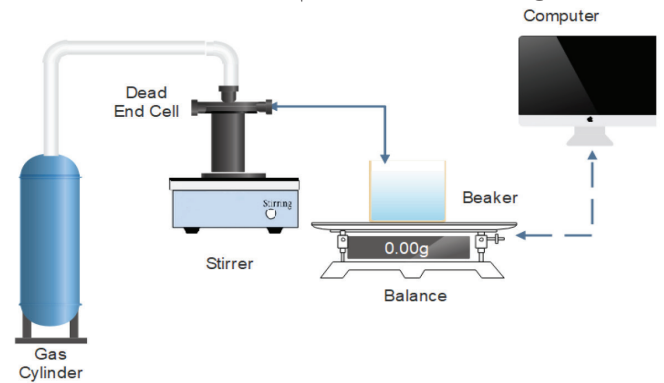
5-2-3 قياس معدل التدفق المائي خلال الأغشية

أجريت دراسات معدل التدفق المائي باستخدام خلية ذات اتجاه سريان واحد من تصنيع شركة ستيرلي تيك (HP4750 Sterlitech, USA) في درجة حرارة الغرفة مع تغيير فرق الضغط على جانبي الغشاء من 1 إلى 3 وحدات ضغط بار باستخدام غاز النيتروجين لضغط الماء عبر أغشية أكسيد الغرافين (كما هو موضح في الشكل 2).²⁰ استخدمت المعادلة الآتية لحساب معدل التدفق المائي:

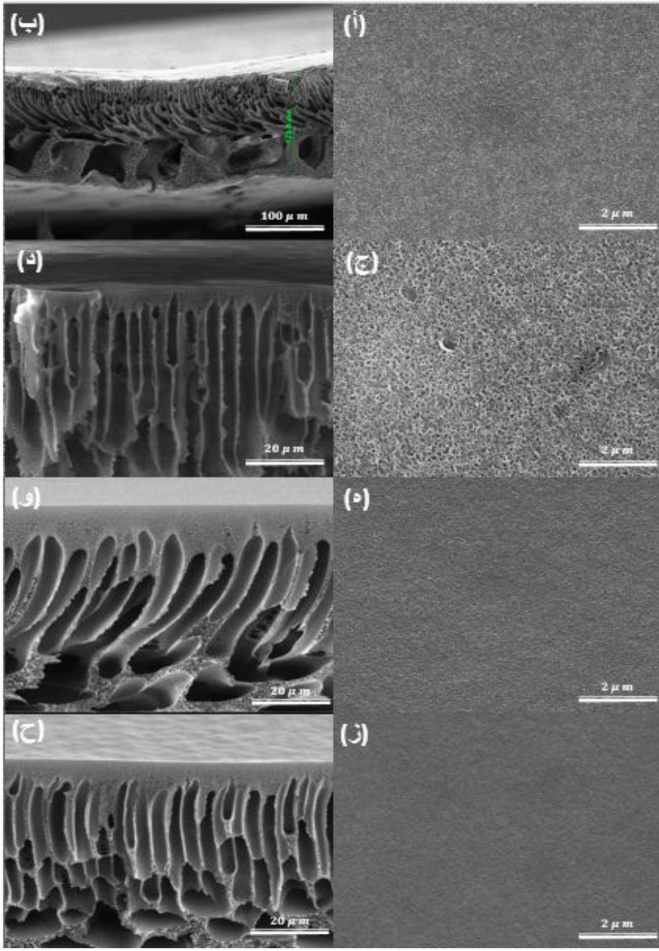
$$\text{معدل التدفق} = \frac{60 * \text{الكتلة}}{\text{الزمن}}$$

$$1000 * \text{المساحة} * \text{الزمن}$$

حيث: معدل تدفق الماء (لتر/م²). ساعة. وحدة ضغط البار، الكتلة تمثل كتلة الماء المتخلل (غم)، الزمن هو وقت التشغيل (بالدقائق)، والمساحة هي مساحة السطح النشطة للغشاء (14.6 سم²).



الشكل 2. جهاز اختبار أداء الأغشية المعملية.²⁰



الشكل 4. صور سطحية من المجهر الإلكتروني الماسح لأغشية أكسيد الجرافين: (أ) المرجح. (ج) 0.2% من أكسيد الجرافين المعالج بحمض الأسبارتيك. (هـ) 0.2% من أكسيد الجرافين المعالج بالإيثيلين ثنائي الأمين. (ز) 0.05% من أكسيد الجرافين المعالج بالإيثيلين ثنائي الأمين. (ب) المقطع عرضية: (ب) المرجح. (د) 0.2% من أكسيد الجرافين المعالج بحمض الأسبارتيك. (و) 0.2% من أكسيد الجرافين المعالج بالإيثيلين ثنائي الأمين. (ح) 0.05% من أكسيد الجرافين المعالج بالإيثيلين ثنائي الأمين.

3-4 خصائص سطح الأغشية

انجذاب الماء إلى أغشية الترشيح بشكل عام له تأثيرات عديدة في أداء الأغشية. ويتم معرفة انجذاب الماء إلى الأغشية عن طريق زاوية التماس (CA) قطرة الماء على سطح الغشاء. وكلما قلت زاوية الالتماس زاد انجذاب الماء إلى الأغشية، والعكس صحيح. ويوضح الشكل 5 بعض قياسات زاوية الالتماس لأغشية مختارة ونتائج زاوية الالتماس مع تغيير تركيز أكسيد الجرافين. ويظهر أن الغشاء الخالي من أكسيد الجرافين لديه أعلى زاوية التماس تبلغ 77°، ومن ثم توضح ضعف انجذاب الماء إلى هذا الغشاء، وهذه النتيجة متوافقة مع عدد من الدراسات السابقة.²⁴ انخفضت زاوية الالتماس لأغشية أكسيد الجرافين/البولي سيلفون بشكل ملحوظ مقارنة بالغشاء الخالي منها؛ مما يشير إلى تحسن انجذاب الماء إلى أغشية أكسيد الجرافين بشكل عام، الأمر الذي سيساعد على زيادة معدل التدفق المائي ومقاومة التلف الحيوي. ويمكننا ملاحظة أن التغيير في زاوية الالتماس اتبع منحني مميّزًا، حيث انخفضت زوايا الالتماس إلى أدنى حد عند إضافة نسب صغيرة من أكسيد الجرافين المعالج، ومن ثم زادت الزوايا مع زيادة تركيز أكسيد الجرافين المعالج، ويمكن رؤية جميع التركيزات في الورقة البحثية.¹⁵ ولمقارنة تأثير

باستخدام مطيافية الأشعة السينية المشتتة للطاقة (EDX)، تم التأكد من ارتباط الإيثيلين ثنائي الأمين وحامض الأسبارتيك بأكسيد الجرافين عن طريق ملاحظة التغيير في نسبة التكوين الذري لكل مركب. ويوضح الجدول 2 التكوين الذري لكل من أكسيد الجرافين، وأكسيد الجرافين المعالج بحمض الأسبارتيك وأكسيد الجرافين المعالج بالإيثيلين ثنائي الأمين. ولوحظ أن أكسيد الجرافين يتكون فقط من الكربون والأكسجين، بينما أكسيد الجرافين المعالج بحمض الأسبارتيك وأكسيد الجرافين المعالج بالإيثيلين ثنائي الأمين لديهما نيتروجين في تكوينهما. وتدلل هذه الزيادة في نسبة النيتروجين وتؤكد على ارتباط حمض الأسبارتيك والإيثيلين ثنائي الأمين بأكسيد الجرافين لأنهما يحتويان على نيتروجين، مما أدى إلى زيادة نسبته في أكسيد الجرافين الأصلي. وترجع زيادة نسبة النيتروجين بصورة أكبر في أكسيد الجرافين المعالج بالإيثيلين ثنائي الأمين من أكسيد الجرافين المعالج بحمض الأسبارتيك، لأن الإيثيلين ثنائي الأمين يحتوي على اثنتين من المجموعة الوظيفية (NH₂) بينما حمض الأسبارتيك يحتوي على واحدة.

الجدول 2. نتائج التكوين الذري المقيس عن طريق مطيافية الأشعة السينية المشتتة للطاقة (EDX) لكل من أكسيد الجرافين وأكسيد الجرافين المعالج بحمض الأسبارتيك وأكسيد الجرافين المعالج بالإيثيلين ثنائي الأمين.

العينة	التركيب الذري (%)		
	C	O	N
أكسيد الجرافين	63.15	36.85	0.00
أكسيد الجرافين المعالج بالإيثيلين ثنائي الأمين	77.58	15.07	7.35
أكسيد الجرافين المعالج بحمض الأسبارتيك	67.44	31.41	1.15

2-4 الخصائص الهيكلية للأغشية

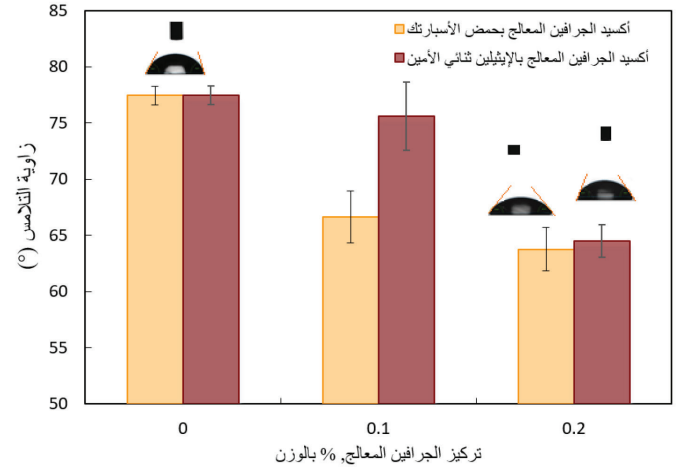
يوضح الشكل 4 مورفولوجيا الغشاء الخالي من أكسيد الجرافين المعالج وبعض أغشية أكسيد الجرافين المعالج/البولي سيلفون المختارة. ولوحظ شكل تركيبى وبنية متماثلة بين جميع أغشية الترشيح، حيث إن هنالك طبقة رقيقة نشطة فوق طبقة سميكة تحتوي على العديد من الفراغات الدقيقة والمتنوعة التي تشبه شكل الإسفنج.²² كما لوحظ اختلاف في الشكل التركيبى للغشاء الخالي من الجرافين عن بقية الأغشية، حيث وُجد أن الطبقة النشطة رقيقة جدًا أو قريبة إلى الانعدام في الغشاء الخالي من الجرافين، بينما هي عريضة في بقية أغشية أكسيد الجرافين/البولي سيلفون. ويدل هذا على أن بقية الأغشية قادرة على الفصل بصورة أفضل من الغشاء الخالي من الجرافين، لأن هذه الطبقة هي الطبقة النشطة المسؤولة عن عملية الفصل. علاوة على ذلك، أدت إضافة أكسيد الجرافين المعالج إلى زيادة عرض القنوات وامتدادها على طول سمك الأغشية، وهي مماثلة لبعض البحوث التي أجريت سابقًا.²³ ولمقارنة أغشية أكسيد الجرافين المعالج بالإيثيلين ثنائي الأمين مع أكسيد الجرافين المعالج بحمض الأسبارتيك، نرى أن الصور السطحية توضح مسامية أكبر للأغشية المصنعة من أكسيد الجرافين المعالج بحمض الأسبارتيك، ويعود ذلك إلى كثرة المجموعات الوظيفية التي تحتوي على الأكسجين التي ساعدت على التبادل السريع بين المذيب وغير المذيب أثناء عملية الانقلاب الطوري الذي نتج منه مسام كبيرة.

4-5 أداء الأغشية في فصل الزيت من الماء

من أجل دراسة أداء أغشية أكسيد الجرافين/ البولي سيلفون المصنعة والتحقق منها، تم عمل اختبارات عديدة منها معدل التدفق المائي/ النفاذية. وتم تمرير 300 مل من الماء منزوع الأيونات عبر جميع الأغشية وقياس الزمن الذي يأخذه كل غشاء لهذه العملية. تم ضغط (1-7 بار) جميع الأغشية في البداية للتأكد من سريان اختبار معدل التدفق المائي بصورة مستمرة ومستقرة. ويوضح الشكل 7-1 تغير تدفق الماء مع تغير تركيز أكسيد الجرافين المعالج في الأغشية. وقد أظهرت جميع أغشية أكسيد الجرافين المعالج زيادة معدل تدفق المياه النقية مقارنة بالغشاء الخالي من أكسيد الجرافين المعالج الذي كان له سرعة تدفق ماء مستقرة عند 685 لترًا/م². الساعة. وحدة ضغط (بار). تم ملاحظة الظاهرة نفسها في اختبار سرعة تدفق الماء، حيث ازدادت سرعة تدفق الماء إلى الحد الأقصى عند إضافة نسب قليلة من أكسيد الجرافين المعالج (0.05-0.2%)، ثم انخفضت سرعة التدفق عند زيادة نسبة أكسيد الجرافين المعالج بدرجة أكبر (0.4-0.8%). ويرجع الانخفاض إلى تكتل وتجمع أكسيد الجرافين المعالج عند زيادة نسبته في الأغشية، إضافةً إلى انخفاض انجذاب الماء عند التركيزات العالية كما هو موضح سابقاً بنتائج قياس زاوية الالتصاق.^{27,26} ولقد وصل إجمالي التحسن في معدل التدفق المائي إلى 90% و40% بالنسبة إلى أكسيد الجرافين المعالج بحمض الأسبارتيك وأكسيد الجرافين المعالج بالإيثيلين ثنائي الأمين، على التوالي؛ مما يدل على أن أكسيد الجرافين المعالج بحمض الأسبارتيك أدى إلى درجة تحسين للأداء بصورة أفضل من أغشية أكسيد الجرافين المعالج بالإيثيلين ثنائي الأمين، وذلك نتيجة للتحسن الكبير في خاصية انجذاب الماء والمسامية كما تم توضيحه سابقاً عن طريق نتائج قياس زاوية الالتصاق وصور المجهر الإلكتروني الماسح لسطح الأغشية.

وللتأكد من أداء الأغشية المحتوية على أكسيد الجرافين المعالج في معالجة الماء لفصل الزيوت من الماء الملوث، تم إجراء اختبار طرد الزيوت من المياه الزيتية؛ حيث تم تمرير 100 جزء من المليون من المياه الزيتية عبر الأغشية على ضغط 2 بار. ويظهر الشكل 7-2 ارتفاعاً في نسبة فصل الزيت كلما زادت نسبة أكسيد الجرافين في الأغشية لتصل أعلى نسبة فصل محققة بالغشاء الذي يحتوي على 0,1 من أكسيد الجرافين المعالج بحمض الأسبارتيك وهي 97,92% متفوقاً على الغشاء الخالي من أكسيد الجرافين الذي أدى إلى نسبة فصل تقدر بـ 91,5%. ولقد ارتفعت نسبة طرد الزيوت عند إضافة الجرافين المعالج بنسب قليلة، ثم انخفضت نسبة الطرد عند الارتفاع المطرد لنسبة الجرافين، لارتفاع قدرة الجرافين على سطح الأغشية على فصل الزيوت من المياه بسبب صغر مسامات أكسيد الجرافين وخصائصه المحبة للماء.²⁸

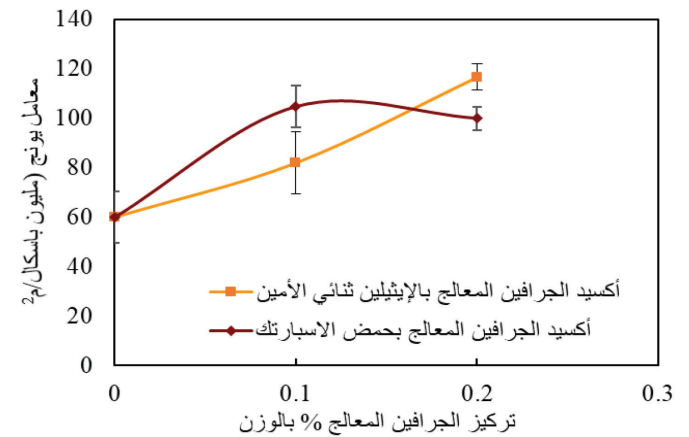
أكسيد الجرافين المعالج بحمض الأسبارتيك مع أكسيد الجرافين المعالج بالإيثيلين ثنائي الأمين، يمكننا أن نرى أن أكسيد الجرافين المعالج بحمض الأسبارتيك يتميز بزوايا التماس أقل من أكسيد الجرافين المعالج بالإيثيلين ثنائي الأمين؛ مما يدل على انجذاب الماء إلى هذه الأغشية بصورة أكبر، ويعود ذلك إلى كثرة المجموعات الوظيفية التي تحتوي على الأكسجين مقارنة بأكسيد الجرافين المعالج بالإيثيلين ثنائي الأمين.



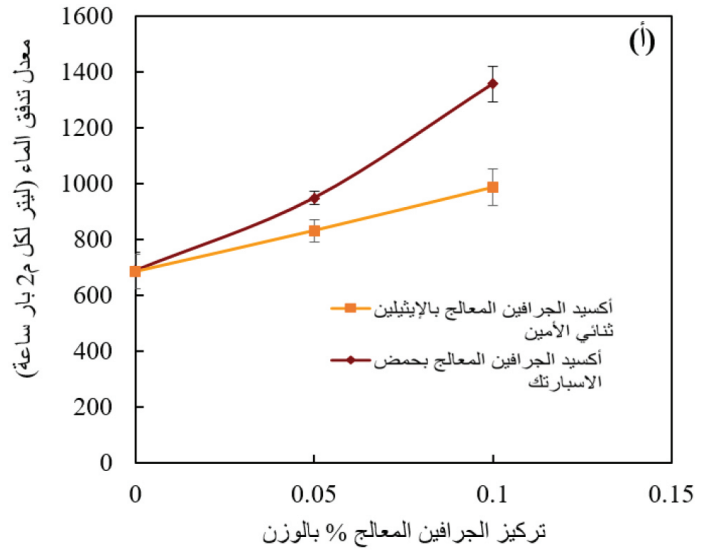
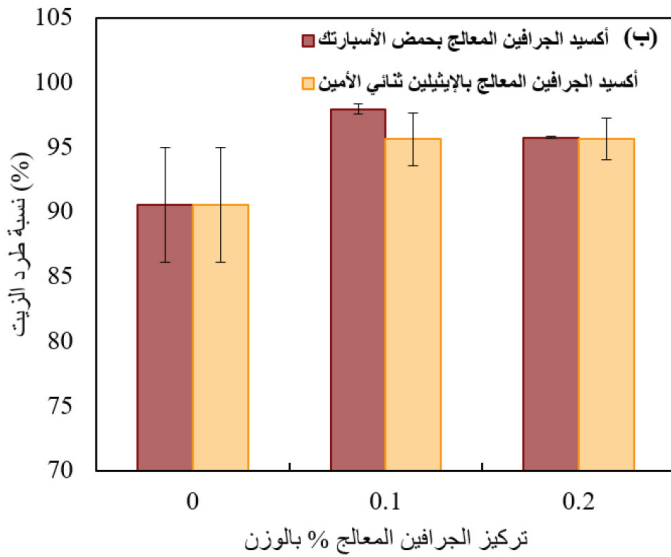
الشكل 5. تغير زاوية الالتصاق للأغشية المحتوية على تركيبات مختلفة من أغشية أكسيد الجرافين المعالج بحمض الأسبارتيك والإيثيلين ثنائي الأمين.

4-4 الخصائص الميكانيكية للأغشية

تم دراسة الخصائص الميكانيكية للأغشية المصنعة عن طريق اختبار الشد باستخدام جهاز التحليل الميكانيكي الديناميكي. وأظهر تحليل العلاقة بين الجهد والإجهاد لكل العينات التي تم استخدامها لإيجاد معامل المرونة (Young Modulus). ويوضح الشكل 6 التغير في معامل المرونة مع نوع ونسب أكسيد الجرافين المعالج بالأغشية. ولقد وجد أن إضافة نسبة قليلة جداً من أكسيد الجرافين المعالج إلى البولي سيلفون تؤدي إلى زيادة معامل المرونة لتصل إلى أعلى قيمة عند نسبة 0.1% موضحةً تحسناً كبيراً في الخصائص الميكانيكية، ومن ثم ينخفض التحسن في معامل المرونة مع الزيادة المطردة لنسبة أكسيد الجرافين المعالج في البولي سيلفون بسبب تراكم وتجمع طبقات من أكسيد الجرافين المعالج في مزيج البوليمر.^{25,19} ووجد أن أعلى وأفضل تحسن في الخصائص الميكانيكية بنسبة تحسن تصل إلى 93% و88% مقارنة بالغشاء الخالي من الجرافين في حالة الأغشية المحتوية على أكسيد الجرافين المعالج بالأمين وحامض الأسبارتيك، على التوالي.



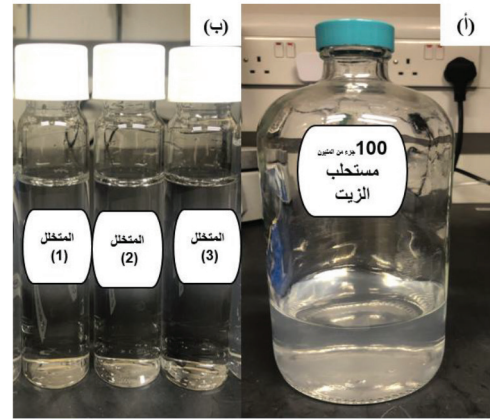
الشكل 6. تغير معامل المرونة مع التركيزات المختلفة من أغشية أكسيد الجرافين.



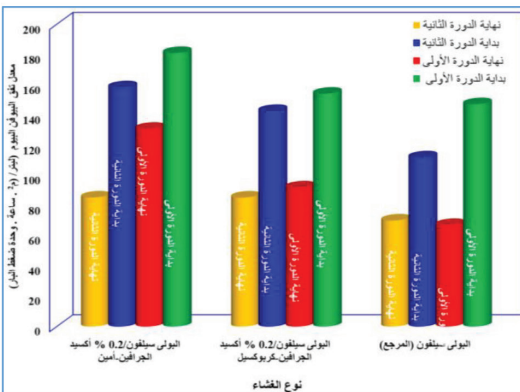
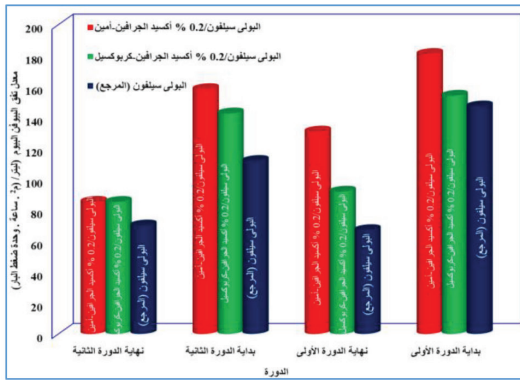
الشكل 7. أ) تأثير تركيز أكسيد الجرافين المعالج بالأغشية على معدل تدفق الماء. ب) تغير طرد المياه الزيتية مع التركيزات المختلفة من أغشية أكسيد الجرافين المعالج.

الجدول 3. نسبة استرداد معدل تدفق بيفين سيروم ألبومين لأغشية أكسيد الجرافين.

عينة الغشاء	نسبة استرداد معدل تدفق بيفين سيروم ألبومين
خالٍ من أكسيد الجرافين (المرجع)	0.69
0.2% من أكسيد الجرافين المعالج بحمض الأسبارتاتك	0.90
0.2% من أكسيد الجرافين المعالج بالايثيلين ثنائي الأمين	0.89



الشكل 8. أ) المحلول الزيتي المستخدم لدراسة نسبة طرد الزيت. ب) صورة للمستحلب بعد فصل الزيت باستخدام أغشية تحتوي على أكسيد الجرافين المعالج بالأمين.



الشكل 9. معدل تدفق بيفين سيروم ألبومين: أ) حسب بداية ونهاية كل دورة. ب) حسب نوع الغشاء المستخدم.

6-4 أداء الأغشية في مقاومة التلف الحيوي

يعتمد أداء أغشية الترشح بصورة عامة على قدرة الغشاء على مقاومة التلف الحيوي، حيث يؤثر بصورة كبيرة في عمر ومدى استخدام الأغشية.²⁹ وثمة طريقة لدراسة مقاومة الأغشية للتلف هي عبر تمرير 500 جزء من المليون من محلول بيفين سيروم ألبومين من خلال الأغشية متبوعاً بتنظيف الغشاء باستخدام الماء المنزوع الأيونات وهيدروكسيد الصوديوم لإزالة جميع جزيئات البروتين المرتبطة بسطح الغشاء. ويوضح الشكل 9 نتائج دورتين من معدل تدفق بيفين سيروم ألبومين لبعض الأغشية المختارة. وكما نرى، فإن انخفاض معدل تدفق بيفين سيروم ألبومين في الغشاء المرجع كان أكثر حدة من الغشاء المعالج بأكسيد الجرافين المعالج بحمض الأسبارتاتك وأكسيد الجرافين المعالج بالايثيلين ثنائي الأمين في الدورة الأولى. وتوضح هذه النتيجة أن دمج أكسيد الجرافين المعالج مع البولي سلفون يقلل بشكل فعال من تأثير بيفين سيروم ألبومين في أداء الغشاء. وتوضح الدورة الثانية أيضاً من معدل تدفق بيفين سيروم ألبومين مدى نسبة استرداد (Recovery Ratio) معدل تدفق بيفين سيروم ألبومين بعد التنظيف. ويظهر غشاء 0.2% من أكسيد الجرافين المعالج بحمض الأسبارتاتك على أفضل نسبة استرداد بمقدار 90% مقارنة بالغشاء الخالي من أكسيد الجرافين (69%).

للأغشية التي تحتوي على أكسيد الجرافين المعالج بحمض الأسبارتيك و44% للأغشية التي تحتوي على أكسيد الجرافين المعالج بالإيثيلين ثنائي الأمين، بسبب الزيادة في انجذاب الماء إلى جميع أغشية أكسيد الجرافين المعالج التي وضحت عن طريق الانخفاض في قياسات زاوية الالتصاق. وأيضاً، لقد أثر دمج أكسيد الجرافين المعالج في أغشية البولي سيلفون بشكل إيجابي في الخصائص المضادة للتلف الحيوي. كما أظهرت أغشية أكسيد الجرافين المعالج بحمض الأسبارتيك نتائج أفضل من أغشية أكسيد الجرافين المعالج بالإيثيلين ثنائي الأمين، ويتراوح التركيز الأمثل لأغشية أكسيد الجرافين المعالج بحمض الأسبارتيك بين 0.2% و0.1%، لأن هذه التركيزات أظهرت أفضل النتائج في اختبارات الأداء والخصائص الكيميائية والميكانيكية. وفي الختام، وكما أظهرت هذه الدراسة فإن النسبة الأمثل لكمية أكسيد الجرافين المعالج في الأغشية بسيطة جداً ولذلك لا يتطلب إنتاج مثل هذه الأغشية أي تغيير في الطريقة المستخدمة حالياً لإنتاج الأغشية على نطاق تجاري.

تقدم أغشية المصفوفة المختلطة بعداً فريداً لتصميم أغشية واعدة لمستقبل مشرق مع أداء ممتاز. وفي هذه الدراسة، تم استخدام استراتيجية سهلة لربط ومعالجة أكسيد الجرافين بحمض الأسبارتيك والإيثيلين ثنائي الأمين لتصنيع أكسيد الجرافين المعالج، ومن ثم استخدامه لتصنيع أغشية أكسيد الجرافين. وقد قامت الدراسة بتحليل تأثير أكسيد الجرافين المعالج في خصائص وأداء الأغشية المصنعة منه ومدى فائدة إضافته. وتم استخدام عدد من التقنيات لدراسة خصائص أكسيد الجرافين المعالج وخصائص الأغشية المصنعة مثل زاوية الالتصاق، والمجهر الإلكتروني الماسح، ومطيافية الأشعة السينية المشتتة للطاقة والتحليل الميكانيكي الديناميكي. كما تم اختبار أداء الأغشية المصنعة لفصل الزيت والماء. وقد أدى دمج أكسيد الجرافين المعالج في أغشية البولي سيلفون إلى تعزيز نفاذية الغشاء بشكل كبير بنسبة 90%

المراجع

1. Qadir D, Mukhtar H, Keong LK. Mixed Matrix Membranes for Water Purification Applications. *Separation & Purification Reviews*. 2017;46(1):6280-.
2. Boretti A, Rosa L. Reassessing the Projections of the World Water Development Report. *NPJ Clean Water*. 2019;2(1):16-.
3. Leaper S, Abdel-Karim A, Faki B, et al. Flux-enhanced PVDF Mixed Matrix Membranes Incorporating APTS-functionalized Graphene Oxide for Membrane Distillation. *Journal of Membrane Science*. 2018;554:30923-.
4. Diraki A, Mackey H, McKay G, et al. Removal of Oil from Oil-water Emulsions using thermally Reduced Graphene and Graphene Nanoplatelets. *Chemical Engineering Research and Design*. 2018;137:4759-.
5. Tansel B. New Technologies for Water and Wastewater Treatment: A Survey of Recent Patents. *Recent patents on chemical engineering*. 2008;1(1):1726-.
6. Holmes OW. *Water Words Dictionary. Compare: A Journal Of Comparative Education*. 1993(775).
7. Saleh TA, Gupta VK. Chapter 3 - Membrane Classification and Membrane Operations. In: Saleh TA, Gupta VK, editors. *Nanomaterial and Polymer Membranes*. Amsterdam: Elsevier; 2016. p. 5582-.
8. Saleh TA, Gupta VK. Chapter 1 - An Overview of Membrane Science and Technology. In: Saleh TA, Gupta VK, editors. p. 123-.
9. Yin J, Deng B. Polymer-matrix Nanocomposite Membranes for Water Treatment. *Journal of Membrane Science*. 2015;479:256275-.
10. Song N, Gao X, Ma Z, et al. A Review of Graphene-based Separation Membrane: Materials, Characteristics, Preparation and Applications. *Desalination*. 2018;437:5972-.
11. Werber J, Osuji C, Elimelech M. Materials for Next-Generation Desalination and Water Purification Membranes. *Nature Reviews Materials*. 2016;1(16018):15-.
12. Liu S, Zeng TH, Hofmann M, et al. Antibacterial Activity of Graphite, Graphite Oxide, Graphene Oxide, and Reduced Graphene Oxide: Membrane and Oxidative Stress. *ACS Nano*. 2011;5(9):697180-.
13. J. Hou, Y. Chen, W. Shi, et al. Graphene oxide / methylene blue composite membrane for dyes separation : Formation mechanism and separation performance. *Applied Surface Science*. 2019, pp. 1441452020 ,144145-
14. Zhang G, Zhou M, Xu Z, et al. Guanidyl-functionalized Graphene/ Polysulfone Mixed Matrix Ultrafiltration Membrane with Superior Permselective , Antifouling and Antibacterial Properties for Water Treatment. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2019;540:295305-.
15. Abdalla O, Wahab MA, Abdala A. Mixed Matrix Membranes Containing Aspartic Acid Functionalized Graphene Oxide for Enhanced Oil-water Emulsion Separation. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2020;8(5):104269.
16. Herrera-Alonso M, Abdala AA, McAllister MJ, et al. Intercalation and Stitching of Graphite Oxide with Diaminoalkanes. *Langmuir*. 2007;23(21):106449-.
17. Monajati M, Borandeh S, Hesami A, et al. Immobilization of l-asparaginase on Aspartic Acid Functionalized Graphene Oxide Nanosheet: Enzyme Kinetics and Stability Studies. *Chemical Engineering Journal*. 2018;354:115363-.
18. García-Fernández L, Khayet M, García-Payo MC. 11 - Membranes Used in Membrane Distillation: Preparation and Characterization. In: Basile A, Figoli A, Khayet M, editors. *Pervaporation, Vapour Permeation and Membrane Distillation*. Oxford: Woodhead Publishing; 2015. p. 31759-.
19. Sali S, Mackey H, Abdala A. Effect of Graphene Oxide Synthesis Method on Properties and Performance of Polysulfone-Graphene Oxide Mixed Matrix Membranes. *Nanomaterials*. 2019;9:769.
20. Abdalla O, Wahab MA, Abdala A. Data on Characterization and Performance of Aspartic Acid Functionalized Graphene Oxide-polysulfone Mixed Matrix Membranes. *Data in Brief*. 2020;32:106197.
21. Long WJ, Gu Yc, Xiao BX, et al. Micro-mechanical Properties and Multi-scaled Pore Structure of Graphene Oxide Cement Paste: Synergistic Application of Nanoindentation, X-ray Computed Tomography, and SEM-EDS Analysis. *Construction and Building Materials*. 2018;179:66174-.

22. Nguyen HTV, Ngo THA, Do KD, et al. Preparation and Characterization of a Hydrophilic Polysulfone Membrane Using Graphene Oxide. *Journal of Chemistry*. 2019;2019:110-.
23. Xu Z, Zhang J, Shan M, et al. Organosilane-functionalized Graphene Oxide for Enhanced Antifouling and Mechanical Properties of Polyvinylidene Fluoride Ultrafiltration Membranes. *Journal of Membrane Science*. 2014;458:113-.
24. Zhao H, Wu L, Zhou Z, et al. Improving the Antifouling Property of Polysulfone Ultrafiltration Membrane by Incorporation of Isocyanate-treated Graphene Oxide. *Physical Chemistry Chemical Physics*. 2013;15(23):908492-.
25. Ammar A, Al-Enizi AM, AlMaadeed MA, et al. Influence of Graphene Oxide on Mechanical, Morphological, Barrier, and Electrical Properties of Polymer Membranes. *Arabian Journal of Chemistry*. 2016;9(2):27486-.
26. Zinadini S, Zinatizadeh AA, Rahimi M, et al. Preparation of A Novel Antifouling Mixed Matrix PES Membrane by Embedding Graphene Oxide Nanoplates. *Journal of Membrane Science*. 2014;453:292301-.
27. Zhang J, Xin Q, Li X, et al. Mixed Matrix Membranes Comprising Aminosilane-functionalized Graphene Oxide for Enhanced CO₂ Separation. *Journal of Membrane Science*. 2019;57054-571:343-.
28. Hu X, Yu Y, Zhou J, et al. The Improved Oil/Water Separation Performance of Graphene Oxide Modified Al₂O₃ Microfiltration Membrane. *Journal of Membrane Science*. 2015;476:2004-.
29. Zhang R, Liu Y, He M, et al. Antifouling Membranes for Sustainable Water Purification: Strategies and Mechanisms. *Chemical Society Reviews*. 2016;45(21):5888924-.

دراسة سلوك نحل العسل (*Apis mellifera jemenitica*) في التنظيف لمقاومة حلم الفاروا (*Varroa destructor*) في وادي دوعن-حزرموت-اليمن

سعيد عبد الله بانواس^{1*}، محمد سعيد خنبش²

¹ مركز نحل العسل، مكتب الزراعة والري، مديرية دوعن، اليمن
² قسم علوم الحياة - كلية العلوم - جامعة حضرموت، اليمن

*¹absaeed2242@gmail.com, ²dmskh@hotmail.com

المخلص

يعد حلم الفاروا (*Varroa destructor*) من أبرز الآفات التي تصيب نحل العسل على مستوى العالم، والتي تُحدث الإصابة به خسائر مباشرة وغير مباشرة تؤدي في النهاية إلى فقدان طوائف نحل العسل، ما لم يتم معالجتها، كما تتجاوز خسائر الإصابة به خسائر الإصابة بأفات نحل العسل مجتمعة. يستهدف هذا البحث دراسة سلوك التنظيف لدى نحل العسل المرّبي تحت ظروف وادي دوعن؛ للاستفادة منها في الإدارة المتكاملة لحلم الفاروا، وقد أجري البحث في المنحل الخاص بالباحث في وادي دوعن خلال عام كامل في الفترة من ديسمبر 2018م - نوفمبر 2019م، كما أجريت الفحوصات المخبرية في مركز نحل العسل بوادي دوعن. تبين النتائج اختلاف أعداد حلم الفاروا على الحضنة والنحل في طوائف التجربة خلال شهور السنة، وتختلف أيضًا أعداد حلم الفاروا على الحضنة والنحل من طائفة إلى أخرى. وأوضحت النتائج اختلاف متوسط أعداد حلم الفاروا المشوّهة من شهر إلى آخر خلال شهور السنة؛ فكان أعلى متوسط لأعداد حلم الفاروا المشوّهة في فبراير (39.6 حلمًا/طائفة)، وسجل أدنى متوسط لها في أكتوبر (4 حلمات/طائفة). وبينت النتائج أن التشوهات كانت على الأرجل والدرع الظهري، إذ كانت الفاروا مشوّهة الأرجل، أو مشوّهة الدرع الظهري، أو مشوّهة الأرجل والدرع الظهري معًا. النسبة العظمى من التشوهات كانت على الأرجل، إذ بلغت نسبة الفاروا مشوّهة الأرجل (74.12%)، في حين كانت نسبة الفاروا المشوّهة الأرجل والدرع الظهري معًا متوسطة (16.20%)، ونسبة الفاروا مشوّهة الدرع الظهري منخفضة (9.57%). وأكدت النتائج أن سلوك النحل في التنظيف يزداد بزيادة أعداد الفاروا على الحضنة والنحل (شدة الإصابة)، إذ سجّل معامل ارتباط قوي ومعنوي بين متوسط أعداد الفاروا المشوّهة في الطوائف وأعداد الفاروا في الطوائف (على النحل والحضنة)، وبلغ معامل الارتباط ($r = 0.937$). الكلمات المفتاحية: آفات النحل، سلوك التنظيف، النحل اليمني، حلم الفاروا، وادي دوعن، حضرموت، اليمن.

Title

Studying the Grooming Behavior of Yemeni Honeybee *Apis mellifera jemenitica* to Control *Varroa destructor* Mite in Doan Valley, Hadhramout, Yemen

Saeed Abdullah Banawas¹, Mohammed Saeed Khanbash²

¹ Honeybee Center, Agriculture and Irrigation Office, Doan, Yemen

² Faculty of Science, Hadhramout University, Yemen

Received 19 August 2020; accepted 12 September 2020; published 15 November 2020.

© 2020 The Author(s), licensee HBKU Press. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Cite this as: Banawas SA & Khanbash MS. Studying the Grooming Behavior of Yemeni Honeybee *Apis mellifera jemenitica* to Control *Varroa destructor* Mite in Doan Valley, Hadhramout, Yemen. *Arabian Journal of Scientific Research* 2020;2.8. <https://doi.org/10.5339/ajsr.2020.8>

Abstract

Varroa destructor mite is one of the most important pests worldwide. Infestation of these pests results in direct and indirect loss and eventually leads to loss of honeybee colonies if not controlled. *Varroa destructor* alone causes heavy losses that exceed the losses caused by all other bee pests together.

This research aims to study the grooming behavior of Yemeni Honeybee *Apis mellifera jemenitica* in Doan Valley, to achieve an integrated management of *Varroa destructor* mite. The research was carried out in a private apiary in Wadi Dow'an for one year (from December 2018 until November 2019). The laboratorial works were performed at the Honeybee Center in Wadi Dow'an .

The results indicated that the numbers of mites on brood and adult bees in experiment colonies varied from one colony to another and from one month to another. The study results also showed a difference in the average number of the damaged mites from one month to another during the year. The highest average for the numbers of the damaged mites was in February (39.6 mites/colony), whereas the lowest percentage was in October (4 mites/colony). The results revealed that the damages were on the legs and the dorsal shield. The damaged mite is of three types damaged mite in legs, damaged mite in dorsal shield, damaged mite in both legs and dorsal shield. The maximum percentage of damaged mites was in legs (74.12%), while the percentages of damaged mites in both legs and dorsal shield and in dorsal shield were 16.20% and 9.57 respectively. It has been found that there is a significant negative correlation ($r = 0.937$) between the development of the *Varroa* infestation in honeybee colonies during the year and the percentage of damaged mites.

Keywords: Bee pests, grooming behavior, *Apis mellifera jemenitica*, *Varroa destructor*; Doan Valley, Hadhramout, Yemen.

الحلم الملتصق بجسمها، وكذلك في قدرتها على إحداث التشوهات في حلم الفاروا.¹² وتحدث التشوهات في بعض أجزاء جسم الفاروا مثل الأرجل والصدر وأجزاء الفم،¹³ لكن معظم التشوهات كانت في الأرجل.¹⁴ يمتاز نحل العسل المرّبي في وادي دوعن بقدرته العالية على مقاومة الآفات والأمراض. وتشير نتائج الدراسات المسحية للأمراض التي تصيب النحل إلى خلوّ وادي دوعن من أمراض النحل الخطيرة.¹⁵ وتكمن أهمية هذه الدراسة في أنها تتناول آفةً من أخطر الآفات التي تصيب النحل، ألا وهي حلم الفاروا. ويستهدف البحث دراسة سلوك التنظيف لنحل العسل المرّبي تحت ظروف وادي دوعن، والاستفادة من النتائج مستقبلاً، وإدخالها في برامج التربية بصفتها جزءاً من الإدارة المتكاملة لمقاومة الأمراض في المناحل.

2- مواد البحث وطرائقه

2-1 منطقة الدراسة

2-1-1 أهمية منطقة الدراسة

يعد وادي دوعن واحداً من أكبر الأودية الجنوبية التي تصب شمالاً إلى وادي حضرموت الرئيس، وينقسم إلى: قسمين وادي دوعن الأيسر، ووادي دوعن الأيمن.¹⁶ شهدت منطقة وادي دوعن نشاطاً إنسانياً منذ العصر الحجري القديم، ويحتل النشاط الزراعي، بشقيه النباتي والحيواني، المرتبة الأولى من حيث الأهمية الاقتصادية وحجم العمالة التي يشغلها بالمديرية، وتتميز مديرية دوعن بغطاء نباتي جيد يتكون من عددٍ من الأنواع النباتية الرعوية وغير الرعوية، وتسودها أشجار النخيل والسدر والسمر بتوزيع نباتي متباين من أعلاه إلى أسفله.¹⁷ وتعد مديرية دوعن منطقةً منتجةً للعسل بالدرجة الأساسية، ويتم فيها إكثار طوائف نحل العسل لوجود النباتات الرحيقية المنتجة للعسل، ونباتات حبوب اللقاح التي تدفع الطائفة إلى تربية الحضنة.¹⁸ ويحتل العسل الدوعي مكانة مهمة و متميزة بين أنواع العسل اليمني والعالمي، ويتميز بشهرة واسعة نظراً إلى جودته، ويُقدّر عدد خلايا النحل في المديرية بنحو 25300 خلية نحل، منها 3880 خلية حديثة، و21420 خلية تقليدية، كما يتوافد عدد كبير من مرّبي النحل إلى المديرية، ويرجع ذلك إلى وجود أشجار السدر التي تشكل مرعىً جيداً للنحل لإنتاج العسل البغية (الخرفي)، ويعتمد مرّبو النحل على الطرق التقليدية في تربية النحل وإنتاج العسل.¹⁹

1- المقدمة

يتعرض نحل العسل بمحافظة حضرموت لعددٍ من الآفات والأمراض، تؤدي إلى هلاك الكثير من الطوائف أو إضعافها وتقليل إنتاجها.¹ ويعد حلم الفاروا (*Varroa destructor*) من أخطر الآفات والأمراض التي تصيب نحل العسل على مستوى العالم،² إذ يؤدي إلى هلاك الكثير من الطوائف أو إضعافها وتقليل إنتاجها، بتطفلها خارجياً على أفراد نحل العسل (*Apis mellifera L.*) البالغة وغير البالغة.³ ويحتل حلم الفاروا المرتبة الأولى على مستوى الوطن العربي من حيث الخطورة بين الأمراض والآفات الأكثر ضرراً على نحل العسل، حسب استبيان المنظمة العربية للتنمية الزراعية.⁴ وقد ربط كثير من الباحثين بين الإصابة بحلم الفاروا وظاهرة اختفاء نحل العسل المفاجئ المعروفة بظاهرة انهيار الطوائف، ويتسبب حلم الفاروا في نقل عددٍ من الأمراض الفيروسية.⁵ اكتُشِفَ حلم الفاروا متطفلاً على نحل العسل الهندي (*Apis cerana*) عام 1904 في جزيرة جاوا بإندونيسيا من قِبَل العالم (Jacobson)، وقد تم تسميته بـ (*Varroa jacobsoni*) من قبل العالم (Odmdns)، ثم تم تسميته باسم (*Varroa destructor*) وذلك من قِبَل العالمين (Trueman) و (Anderson).⁶ وكان أول تسجيل لحلم الفاروا في الوطن العربي في تونس عام 1975،⁷ واكتُشِفَ في اليمن عام 1990.⁸

ويعد الفاروا مصدر قلق للنحال اليمني، وذلك بسبب حركة التنقل الواسعة لخلايا النحل من منطقة إلى أخرى سعياً وراء مصادر الرحيق وحبوب اللقاح. وتمثل الخلايا التقليدية المنتشرة في اليمن أحد العوامل التي تساعد في انتشار الإصابة، إضافة إلى صعوبة إجراء طرق التقنية الحيوية في المكافحة.⁹

وتمتاز شغالات نحل العسل بقدرتها على إزالة حلم الفاروا من أجسامها أو أجسام الشغالات الأخرى بواسطة فكوكها، ويؤدي ذلك السلوك إلى إحداث تشوّه في بعض أجزاء الشغالات نتيجة لعملية القضم.¹⁰ يبدأ نحل العسل في تنظيف نفسه بمساعدة أرجله الأمامية والخلفية؛ لإزالة الحلم الملتصق بالصدر والموجود بين الرأس والصدر، فإن لم يستطع النحل المصاب ذلك فإنه يقوم برقص تنظيفي، إذ يقوم بحركات جانبية للبطن بشدة، ولوحظ أن النحلة التي تؤدي هذا الرقص ببطء لا تستجيب لها زميلاتها، وأن النحلة التي تؤدي الرقص التنظيفي بسرعةٍ وشدةٍ تجذب زميلاتها لتنظيفها في الحال، وتجري الأفراد المنظفة عدداً من الحركات البحثية على جسم النحلة المصابة، تؤدي إلى انزلاق الحلم أو تركه للعائل وبحثه عن عائل آخر.¹¹ إن سلالات نحل العسل تختلف في القدرة على تنظيف نفسها من

● الموقع

يقع وادي دوعن بين دائرة خط العرض 34 15 «9° شمالاً وخط طول 82 48 «34° شرقاً»²⁰ ويعد من أكبر الأودية الفرعية الرئيسة التي تجري في وادي حضرموت الواقع في الإقليم الجاف الصحراوي الشرقي للجمهورية اليمنية، وينقسم إلى فرعين رئيسين، هما: وادي دوعن الأيمن، ووادي دوعن الأيسر.¹⁹

● المناخ

يعد المناخ بعناصره المختلفة من العوامل الطبيعية المهمة. ومناخ وادي دوعن جزء من مناخ وادي وهضبة حضرموت الجنوبية،²¹ والمناخ السائد في وادي دوعن باردٌ شتاءً، وخاصةً في المناطق المرتفعة، وحارٌ صيفاً،¹⁹ وذلك لوقوع وادي دوعن بعيداً عن المؤثرات البحرية، لذا يتصف بالتطرف المناخي، أي ارتفاع درجة الحرارة في فصل الصيف، وانخفاضها في فصل الشتاء، وارتفاع درجة الحرارة في النهار وانخفاضها في الليل.¹⁸

يتصف وادي دوعن بأنه إقليم شبه صحراوي، إذ تسقط الأمطار عليه غالباً في فصلي الصيف والخريف، وهي تتذبذب بين سنة وأخرى، ولا تتعدى نسبة سقوطها سنوياً 100 ملم.¹⁸ ووادي دوعن بعيد عن المؤثرات الجوية، لذلك تكون الرطوبة النسبية للهواء الجوي فيه منخفضة،²² تتراوح في الساعات الصباحية بين 40 و60%، وتنخفض ظهراً وترتفع ليلاً، ويسجل فصلاً الصيف والخريف (أبريل - سبتمبر) درجة رطوبة أقل، تتراوح بين 30 و40%، وترتفع في فصلي الشتاء والربيع (أكتوبر - مارس) فتتراوح بين 40 و60%.²⁰

2-2 المواد والأجهزة

استُخدم لتنفيذ البحث خمس طوائف نحل عسل مربّاة في خلايا لانجستروث، أُضيفَ إليها قواعد شبكية (3×3 ملم)، وشراخ فيبر بيضاء، وأقفاص جمع عينات النحل. كما تم استخدام ميكروسكوب عادي بقوة تكبير 50، وشريحة بلاستيكية شفافة مقسمة على شكل مربعات (16×16) ملم، وملقاط، وصابون، وقنينات زجاجية، ومصفاة من السلك الشبكي مربع الفتحات (3×3) ملم، وإناء.

2-3 طرق العمل

2-3-1 دراسة سلوك التنظيف لنحل العسل

لدراسة سلوك التنظيف لنحل العسل، خصّص الباحث في منحه خمس طوائف من نحل العسل مربّاة في خلايا لانجستروث لتنفيذ الدراسة، فتم وضع خلايا التجربة بالقرب من مركز نحل العسل بواي دوعن، وتمت متابعتها خلال عام كامل من بداية ديسمبر 2018م إلى نهاية نوفمبر 2019م، وتم استخدام خلايا تسمح بجمع حلم الفاروا على شريحة فيبر بيضاء حرة الحركة موجودة أسفل الخلية وموضوعة على القاعدة مباشرة، وتفصل بينها وبين النحل قاعدة شبكية (3×3 ملم) تسمح بسقوط حلم الفاروا (الصورة 1)، وتمنع وصول نحل العسل إليها، وتم جمع حلم الفاروا المتساقط كل ثلاثة أيام، وأخذها إلى مركز نحل العسل بدوعن؛ لفحص الفاروا المتساقطة على شريحة الفيبر البيضاء بوضعها تحت الميكروسكوب عند قوة تكبير 50؛ لمعرفة التشوهات الموجودة عليها (مشوهة الأرجل، أو مشوهة الدرع الظهري، أو مشوهة الأرجل والدرع الظهري معاً). (الصور 2، 3، 4).

2-3-2 دراسة الكثافة العددية لحلم الفاروا في طوائف التجربة

لدراسة الكثافة العددية لحلم الفاروا في طوائف التجربة خلال عام كامل (ديسمبر 2018م إلى نهاية نوفمبر 2019م)؛ تم كل أسبوعين:

- جمع عينات من الحضنة تحتوي على ما لا يقل عن 100 عين سداسية من الحضنة المغلقة من كل طائفة من طوائف التجربة، وتم تقدير نسبة إصابة الحضنة بفتح 100 عين سداسية من الحضنة المغلقة التي جمعت من الطوائف، وسحب اليرقة أو العذراء بالملقاط، وتوضع الحضنة المسحوبة في قنينة زجاجية، ويضاف إليها كمية من الماء وقليل من الصابون، وتُرجُ القنينة الزجاجية بقوة عدة دقائق؛ لفصل حلم الفاروا العالق بجسم الحضنة المأخوذة من العين السداسية المقفلة، وتُفرغ محتويات القنينة الزجاجية في إناء باستخدام مصفاة من السلك الشبكي مربع الفتحات (3×3 ملم)، بحيث تسمح بمرور حلم الفاروا فقط، ثم تكرر العملية ثلاث مرات؛ لضمان فصل جميع حلم الفاروا عن الحضنة. وتستخدم المعادلة الآتية لتقدير نسبة إصابة الحضنة:

$$\text{نسبة إصابة الحضنة} = \frac{\text{عدد حلم الفاروا في عينة الحضنة}}{\text{حجم عينة الحضنة}} \times 100$$

- تقدير نسبة إصابة النحل البالغ بفحص عينة النحل التي جُمعت من الخلايا بواسطة قفص ذي شبك سلكي، إذ يتم وضع النحل في قنينة زجاجية، وتُضاف إليها كمية من الماء وقليل من الصابون، وتُرجُ القنينة عدة دقائق؛ لفصل حلم الفاروا العالق بجسم عينة النحل، ثم تُفرغ محتويات القنينة الزجاجية في إناء باستخدام مصفاة من السلك الشبكي مربع الفتحات (3×3 ملم)، بحيث تسمح بمرور حلم الفاروا فقط، ثم تكرر العملية ثلاث مرات؛ لضمان فصل جميع حلم الفاروا عن النحل.²³ وتستخدم المعادلة الآتية لتقدير نسبة إصابة النحل:

$$\text{نسبة إصابة النحل} = \frac{\text{عدد حلم الفاروا في عينة النحل}}{\text{حجم عينة النحل}} \times 100$$

كما تم حساب العدد الإجمالي لحلم الفاروا في الطوائف بفحص طوائف التجربة كل أسبوعين وإجراء الآتي:

- تقدير مساحة الحضنة، وذلك بحساب مساحة الحضنة المقفلة في كل إطارات الخلية من الجانبين باستخدام مقياس خاص عبارة عن شريحة بلاستيكية شفافة مقسمة على شكل مربعات (16×16) ملم، ويحتوي كل مربع على 12 عيناً سداسية، وذلك من خلال إبعاد النحل من على إطارات الحضنة المغلقة، ووضع الشريحة البلاستيكية فوق الحضنة المغلقة، ثم تسجيل الأرقام الموجودة بالشريحة البلاستيكية في أماكن وجود الحضنة المغلقة.²⁴
- تقدير كمية النحل البالغ، وذلك بفتح غطاء الخلية وحساب عدد الإطارات الممتلئة بالنحل البالغ من خلال تقدير كمية النحل بين الإطارات، إذ يحتوي كل إطار على 2000 نحلة.²⁴
- حسبت أعداد الفاروا الكلية في طوائف التجربة باستخدام المعادلات الآتية:^{25,26}
 - عدد الفاروا على الحضنة = نسبة إصابة الحضنة × كمية الحضنة بالطائفة.
 - عدد الفاروا على النحل = نسبة إصابة النحل × عدد النحل بالطائفة.
 - إجمالي عدد الفاروا في الطائفة = أ + ب.
- ولدراسة سلوك التنظيف لدي نحل العسل تم حساب الآتي:
- عدد حلم الفاروا المتساقط على شريحة الفيبر كل ثلاثة أيام.
- عدد حلم الفاروا المشوه الساقط على شريحة الفيبر.
- نسبة حلم الفاروا المشوه (مشوهة الأرجل، أو مشوهة الدرع الظهري، أو مشوهة الأرجل والدرع الظهري معاً).

الحضنة خلال فبراير (158.9 حلمًا/طائفة). وقد سجل خلال هذا الشهر أعلى متوسط لأعداد الحلم على الحضنة في معظم الطوائف، في حين سجل أدنى عدد للحلم على الحضنة في أكتوبر ونوفمبر، إذ تراوح بين صفر و24 حلمًا/طائفة. ويلاحظ من الجدول 1 أيضًا أن متوسط أعداد الفاروا على الحضنة تختلف من طائفة إلى أخرى، وكان الفرق بين أعلى وأدنى متوسط 2.6 مرة (97.4 - 37.7 حلمًا)، وكان متوسط عدد الفاروا على الحضنة متساويًا في طائفتين من طوائف التجربة (68 حلمًا)، وبلغ عدد الحلم على الحضنة في الطائفة الأخيرة نحو نصف عدد الحلم في الطائفة الأكثر إصابة.

يتبين من نتائج الجدول 2 أن متوسط أعداد حلم الفاروا على النحل البالغ في الطوائف أعلى بنسبة تتراوح بين 10 و33% من متوسط أعداد الحلم على الحضنة، وأن أعداد الحلم على النحل البالغ تختلف من شهر إلى آخر ومن طائفة إلى أخرى، وأن أعلى عدد للحلم على النحل البالغ في الطوائف سجل خمسة أشهر مختلفة (يناير، فبراير، مارس، أبريل، مايو)، وسجل أدنى عدد من الحلم على النحل البالغ في الطوائف في معظم طوائف التجربة خلال شهري أكتوبر ونوفمبر، وشدت عن ذلك إحدى الطوائف إذ سجلت أدنى عدد للحلم على النحل خلال شهر مايو، وتعد هذه الطائفة أكثر طوائف التجربة إصابة بحلم الفاروا من النحل والحضنة.

ويبين الجدول 3 العدد الإجمالي لحلم الفاروا في طوائف التجربة، إذ تراوح المتوسط الشهري بين 58.5 و288.6 حلمًا/طائفة، وتراوح متوسط الفاروا الإجمالية في طوائف التجربة بين 90.5 و204.9 حلمات/طائفة.



الصورة 1. حلم الفاروا المتساقط على شريحة الفيبر البيضاء.

3- النتائج

3-1 أعداد حلم الفاروا في طوائف التجربة

تشير نتائج الجدول 1 إلى اختلاف أعداد الفاروا على الحضنة في طوائف التجربة خلال شهور السنة، فقد بلغ أعلى متوسط لأعداد حلم الفاروا على

الجدول 1. أعداد حلم الفاروا (*Varroa destructor*) في حضنة طوائف التجربة خلال شهور السنة.

شهور السنة	متوسط أعداد حلم الفاروا في حضنة طوائف التجربة				
	1	2	3	4	5
ديسمبر 2018	69.4	17.3	148.1	163.6	79.7
يناير 2019	133.5	39.4	28.0	61.9	89.4
فبراير 2019	118.7	116.1	283.4	63.1	213.1
مارس 2019	44.3	38.3	124.9	106.4	181.5
أبريل 2019	15.1	24.2	42.9	53.1	15.2
مايو 2019	29.3	62.3	108.5	29.4	94.1
يونيو 2019	54.3	49.7	112.8	194.8	58.5
يوليو 2019	32.3	12.1	31.4	30.1	14.1
أغسطس 2019	34.9	15.0	162.9	36.4	49.6
سبتمبر 2019	08.1	40.6	78.1	26.8	12.3
أكتوبر 2019	03.8	27.4	19.1	24.0	08.5
نوفمبر 2019	10.2	10.5	28.3	35.1	00.0
المتوسط	47.2	37.7	97.4	68.7	68

الجدول 2. أعداد حلم الفاروا (*Varroa destructor*) على النحل البالغ في طوائف التجربة خلال شهور السنة.

شهور السنة	متوسط أعداد حلم الفاروا على النحل البالغ في طوائف التجربة				
	1	2	3	4	5
ديسمبر 2018	62.8	164.3	123.4	75.6	47.3
يناير 2019	111.1	195.3	81.8	48.3	62.5
فبراير 2019	156.5	101.1	196.6	107.1	87.1
مارس 2019	66.4	52.5	106.4	103.6	150.0
أبريل 2019	15.5	62.9	62.5	114.6	21.7
مايو 2019	161.2	70.6	46.0	29.8	63.6
يونيو 2019	57.4	52.9	87.7	98.7	31.8
يوليو 2019	61.7	82.7	154.3	114.5	29.0
أغسطس 2019	32.1	67.0	117.1	84.5	74.1
سبتمبر 2019	00.0	61.6	112.5	75.0	35.0
أكتوبر 2019	00.0	41.4	90.4	52.9	00.0
نوفمبر 2019	27.1	41.6	112.9	28.7	00.0
المتوسط	62.7	82.8	107.6	77.8	50.2

الجدول 3. العدد الإجمالي لحلم الفاروا (*Varroa destructor*) في طوائف التجربة خلال شهور السنة.

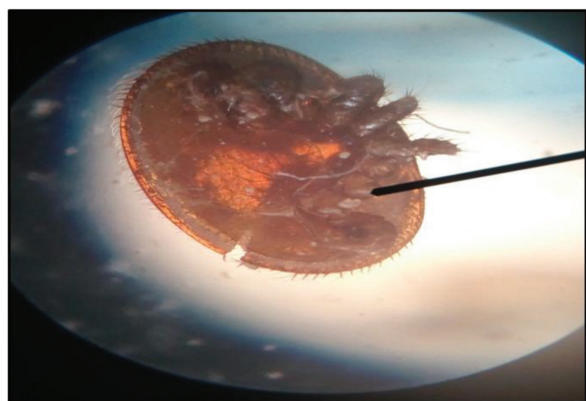
شهور السنة	متوسط أعداد حلم الفاروا في طوائف التجربة				
	1	2	3	4	5
ديسمبر 2018	132.2	181.6	271.5	239.2	127.0
يناير 2019	144.6	204.7	109.8	120.2	151.9
فبراير 2019	275.2	217.2	480.0	170.2	300.2
مارس 2019	110.7	90.8	231.3	210.0	231.5
أبريل 2019	30.6	87.1	105.4	167.7	36.9
مايو 2019	195.5	132.9	154.5	59.2	157.7
يونيو 2019	111.7	102.6	200.5	293.5	90.3
يوليو 2019	94.0	94.8	185.7	144.6	43.1
أغسطس 2019	67.0	82.0	280.0	120.9	123.7
سبتمبر 2019	8.1	102.2	190.0	101.8	47.3
أكتوبر 2019	3.8	68.8	109.5	76.9	8.5
نوفمبر 2019	37.3	52.1	141.2	63.8	00.0
المتوسط	108.8	133.2	204.9	147.3	90.5

2-3 أعداد حلم الفاروا المشوهة بفعل سلوك التنظيف في طوائف التجربة

تشير نتائج الجدول 4 إلى أن أعداد حلم الفاروا المشوهة بفعل سلوك النحل في التنظيف كانت متفاوتة من طائفة إلى أخرى، فسجلت إحدى الطوائف أعلى عدد للفاروا المشوهة خلال شهر فبراير (61 حلماً/طائفة)، في حين سُجِّل أدنى تشوُّه للفاروا المتساقطة (حلم واحد/طائفة) خلال شهري أكتوبر ونوفمبر. كما يُلاحظ الاختلاف في متوسط أعداد حلم الفاروا المشوهة في طوائف التجربة خلال شهور السنة، فقد سجل أعلى عدد للفاروا المشوهة في 80% من طوائف التجربة خلال شهر فبراير بمتوسط بلغ (39.6 حلماً/

طائفة)، وكان أدنى عدد للفاروا المشوهة في طوائف التجربة قد سجل خلال الأشهر سبتمبر وأكتوبر ونوفمبر (1 - 4 حلقات/طائفة). وبلغ أدنى متوسط لأعداد الفاروا المشوهة خلال شهري أكتوبر ونوفمبر (4 - 4.4 حلقات / طائفة على الترتيب). في حين تراوح متوسط أعداد الفاروا المشوهة في بقية الشهور ما بين (7.2 و30.8 حلماً/طائفة). ويلاحظ وجود اختلاف كبير في أعداد الفاروا المشوهة بين طوائف التجربة، إذ وصل الاختلاف إلى أكثر من الضعف بين طائفتين من طوائف التجربة، في حين تراوح بين 14 و25.8% بين بقية الطوائف. ويعود ذلك إلى اختلاف نسبة الإصابة بحلم الفاروا في هذه الطوائف (الجدول 1، 2، 3).

شهور السنة	عدد الفاروا المشوهة في طوائف التجربة					المتوسط
	طائفة 1	طائفة 2	طائفة 3	طائفة 4	طائفة 5	
ديسمبر 2018	12	54	8	17	2	18.6
يناير 2019	21	28	13	20	24	21.2
فبراير 2019	20	45	61	24	48	39.6
مارس 2019	16	38	35	32	34	30.8
أبريل 2019	7	16	16	19	9	13.4
مايو 2019	4	17	12	21	8	12.4
يونيو 2019	12	20	17	25	9	16.8
يوليو 2019	15	10	20	8	11	12.8
أغسطس 2019	8	5	17	16	4	10
سبتمبر 2019	1	13	15	2	5	7.2
أكتوبر 2019	2	9	4	4	1	4
نوفمبر 2019	6	3	3	6	1	4.4
الإجمالي	124	258	221	194	156	191.6

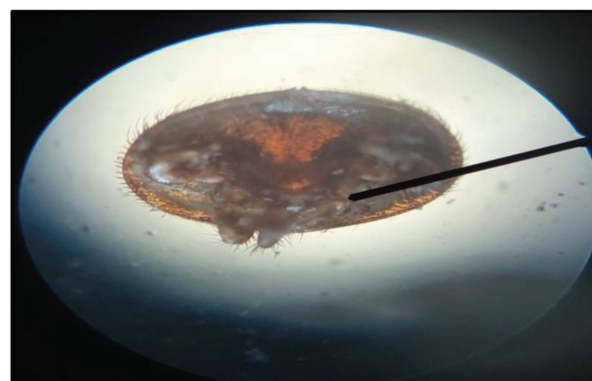


الصورة 4. حلم الفاروا مشوهة الأرجل والدرع الظهري.

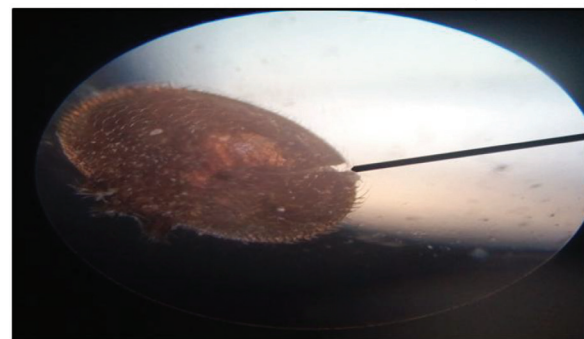
تشير نتائج الجدول 5 إلى اختلاف متوسط أعداد حلم الفاروا المشوهة من شهر إلى آخر خلال شهور السنة؛ فكان أعلى متوسط لعدد حلم الفاروا المشوهة في شهر فبراير (39.6 حلمًا/طائفة)، وكان أدنى متوسط لعدد حلم الفاروا المشوهة في شهر أكتوبر (4 حلمات/طائفة)، في حين كان متوسط أعداد حلم الفاروا في بقية الشهور ما بين (4.4 و30.8 حلمًا/طائفة)، كما أشارت النتائج إلى اختلاف متوسط أعداد حلم الفاروا مشوهة الأرجل ومشوهة الدرع الظهري ومشوهة الأرجل والدرع الظهري معًا، إذ بلغ أعلى متوسط لعدد حلم الفاروا مشوهة الأرجل في شهر مارس (23 حلمًا/طائفة)، وكان أدنى متوسط لعدد حلم الفاروا مشوهة الأرجل في شهر أكتوبر (3.2 حلمات/طائفة)، في حين تراوح متوسط أعداد حلم الفاروا مشوهة الأرجل في بقية شهور السنة بين (3.6 و21.8 حلمًا/طائفة)، وبلغ أعلى متوسط لعدد حلم الفاروا مشوهة الدرع الظهري في شهر فبراير (9.2 حلمات/طائفة)، وكان أدنى متوسط لعدد حلم الفاروا مشوهة الدرع الظهري في شهر سبتمبر ونوفمبر (0.2 حلم/طائفة)، في حين كان متوسط أعداد حلم الفاروا مشوهة الدرع الظهري في بقية شهور السنة ما بين (0.4 و3.2 حلمات/طائفة)، وكذلك كان أعلى متوسط لعدد حلم الفاروا مشوهة الأرجل والدرع الظهري معًا في شهر فبراير (8.6 حلمات/طائفة)، وكان أدنى متوسط لعدد حلم الفاروا مشوهة

تُظهر نتائج فحص الفاروا المتساقطة طبيعيًا على أرضية الخلية وجود تشوهات على أجزاء جسم الفاروا، ويمكن تقسيم الفاروا المشوهة إلى ثلاثة أقسام:

- فاروا مشوهة الأرجل (الصورة 2).
- فاروا مشوهة الدرع الظهري (الصورة 3).
- فاروا مشوهة الأرجل والدرع الظهري معًا (الصورة 4).



الصورة 2. حلم الفاروا مشوهة الأرجل.



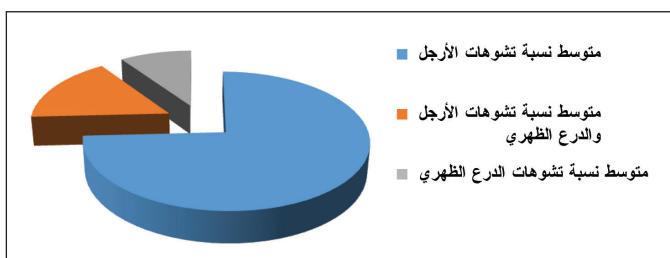
الصورة 3. حلم الفاروا مشوهة الدرع الظهري.

لحلم الفاروا مشوهة الدرع الظهري في فبراير (23.2%)، وأدنى نسبة تشوّه لحلم الفاروا مشوهة الدرع الظهري في سبتمبر (2.7%)، في حين بلغت نسبة تشوّه الدرع الظهري في بقية الشهور من (4.5% - 12.9%)، كما بينت النتائج أن أعلى نسبة تشوّه لحلم الفاروا مشوهة الأرجل والدرع الظهري معاً كانت في مايو إذ بلغت (27.4%)، وأدنى نسبة تشوّه لحلم الفاروا مشوهة الأرجل والدرع الظهري معاً كانت في سبتمبر إذ بلغت (5.5%)، في حين تراوحت نسبة تشوّه الأرجل والدرع الظهري معاً في بقية الشهور السنة بين (10% و 24.7%).

الأرجل والدرع الظهري معاً في شهرَي سبتمبر وأكتوبر (0.4 حلم/طائفة)، في حين كان متوسط أعداد حلم الفاروا مشوهة الأرجل والدرع الظهري معاً في بقية شهور السنة ما بين (0.6 و 5.6 حلمات/طائفة)، كما تشير النتائج إلى اختلاف النسب المئوية لتشوهات الأرجل، والدرع الظهري، والأرجل والدرع الظهري معاً، من شهر إلى آخر خلال شهور السنة؛ إذ كانت أعلى نسبة تشوّه لحلم الفاروا مشوهة الأرجل في سبتمبر (91.7%)، وكانت أدنى نسبة تشوّه لحلم الفاروا مشوهة الأرجل في فبراير (53.5%)، في حين بلغت نسبة تشوّه الأرجل في بقية الشهور من (62% - 81.8%)، كما بلغت أعلى نسبة تشوّه

الجدول 5. إجمالي أعداد حلم الفاروا (*Varroa destructor*) المشوهة بفعل سلوك النحل في التنظيف ونسبة الفاروا المشوهة الأرجل أو الدرع الظهري، أو الأرجل والدرع الظهري معاً.

الشهور	متوسط أعداد حلم الفاروا المشوهة / طائفة		الفاروا مشوهة الأرجل		الفاروا مشوهة الدرع الظهري		الفاروا مشوهة الأرجل والدرع الظهري	
	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%
ديسمبر 2018	18.6	62.3	2.4	12.9	4.6	24.7		
يناير 2019	21.2	67.9	3.2	15	3.6	17		
فبراير 2019	39.6	53.5	9.2	23.2	8.6	21.7		
مارس 2019	30.8	74.7	2	6.5	5.6	18.2		
أبريل 2019	13.4	79.1	0.8	6	2.2	16.4		
مايو 2019	12.4	67.7	0.6	4.8	3.4	27.4		
يونيو 2019	16.8	78.6	1.4	8.3	2.2	13		
يوليو 2019	12.8	78.1	1.4	10.9	1.4	10.9		
أغسطس 2019	10	74	1	10	1.8	16		
سبتمبر 2019	7.2	91.7	0.2	2.7	0.4	5.5		
أكتوبر 2019	4	80	0.4	10	0.4	10		
نوفمبر 2019	4.4	81.8	0.2	4.5	0.6	13.6		

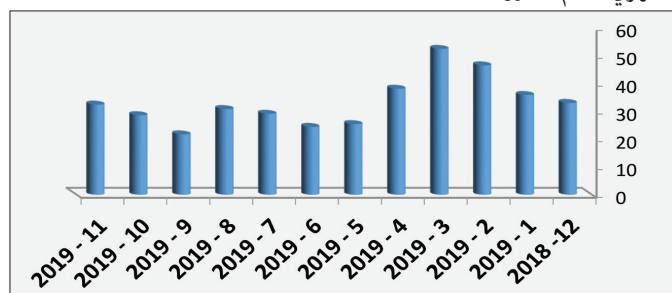


الشكل 2. متوسط نسبة حلم الفاروا لتشوهات الأرجل والدرع الظهري والأرجل والدرع الظهري معاً.

تشير الأشكال (3، 4، 5) إلى وجود علاقة معنوية قوية بين أعداد الفاروا المشوهة في الطوائف ومتوسط أعداد الفاروا على الحضنة وأعداد الفاروا على النحل البالغ في الطوائف، وكذلك بين أعداد الفاروا المشوهة في الطوائف والعدد الإجمالي للفاروا في الطوائف، إذ بلغ معامل الارتباط $(r = 0.902; 0.899; 0.937)$ على الترتيب. وتوضح هذه النتائج أن سلوك النحل في التنظيف للتخلص من حلم الفاروا الموجود على جسمه يزداد بزيادة الإصابة بحلم الفاروا في الطائفة.

وتشير نتائج الشكل 1 إلى اختلاف نسبة حلم الفاروا المشوهة من إجمالي الفاروا المتساقطة طبيعيًا خلال شهور السنة؛ إذ كانت أعلى نسبة للفاروا المشوهة في شهر مارس (52.4%)، وكانت أدنى نسبة للفاروا المشوهة في شهر سبتمبر، في حين تراوحت في بقية شهور السنة ما بين (21.7% و 24.4%).

كما يلاحظ من الشكل 2 اختلاف متوسط نسبة حلم الفاروا لتشوهات الأرجل، والدرع الظهري، والأرجل والدرع الظهري معاً، إذ كانت نسبة تشوهات الأرجل لحلم الفاروا عالية، بلغت (74.12%)، وكانت نسبة تشوهات الأرجل والدرع الظهري متوسطة (16.20%)، في حين كانت نسبة تشوهات الدرع الظهري لحلم الفاروا منخفضة (9.57%).



الشكل 1. النسبة المئوية لحلم الفاروا المشوهة من إجمالي الفاروا المتساقطة طبيعيًا.

إن ارتفاع نسبة التشوه في الأرجل يعود إلى سلوك المقاومة والإزالة والتنظيف من قبل شغالات نحل العسل في طوائف نحل التجربة المرباة تحت ظروف وادي دوعن، وكذلك سرعة شغالات نحل العسل في اكتشاف الحضنة المصابة بالفاروا وإحداث تشوهات في الفاروا. وهذا ما يفسر انخفاض نسب حلم الفاروا في طوائف النحل في منطقة الدراسة، وأن شغالات نحل العسل في طوائف نحل التجربة المرباة تحت ظروف وادي دوعن تنشط في تنظيف نفسها من الفاروا عند ارتفاع الكثافة العددية للفاروا، وهذا ما يفسر وجود ارتباط معنوي قوي بين أعداد الفاروا المشوهة وأعداد الفاروا على كل من الحضنة والنحل، وكذلك على العدد الإجمالي للفاروا في الطوائف، وتؤكد هذه النتائج ما توصل إليه (Morfin et al., 2020)²⁸ على أن سلوك التنظيف يقلل من الإصابة بحلم الفاروا. إلا أنها تختلف عن ما توصل إليه (Kovacic et al., 2018)²⁷ وكذلك (Patrick et al., 2017)²⁹ في أن سلوك التنظيف لم يؤثر في معدل إصابة الطوائف بحلم الفاروا.

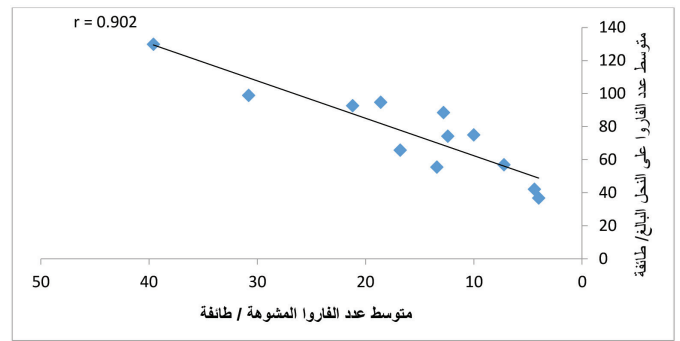
ويلاحظ اختلاف نتائج الدراسة الحالية نسبياً مع النتائج التي توصل إليها خنبش (2004)¹² في نسب الفاروا المشوهة في شهري مارس وأبريل، وكذلك نسبة الفاروا المشوهة في بقية أشهر السنة. كذلك اختلفت نتائج هذه الدراسة مع نتائج خنبش¹² والمداني¹⁰ من حيث النسبة القصوى والدنيا للفاروا المشوهة، ويعود ذلك إلى اختلاف الظروف البيئية التي أجريت فيها هذه التجربة عن تجارب خنبش (2004)¹² والمداني (2004)¹⁰، ويمكن أن يعود ذلك إلى اختلاف نسبة الشغالات المنزلية إلى الشغالات الحقلية، حيث وجد (Dodoun et al., 2020)³⁰ أن الشغالات المنزلية تقوم بإزالة نسبة أكبر من الحلم مقارنة بالشغالات الحقلية.

تؤكد نتائج هذه الدراسة أن شغالات نحل العسل في طوائف نحل التجربة المرباة تحت ظروف وادي دوعن لديها سلوك إزالة وتنظيف عالٍ، ونستدل على ذلك بالنسب العالية للفاروا المشوهة. ويلاحظ اختلاف نسب حلم الفاروا المشوهة من إجمالي الفاروا المتساقطة طبيعياً في طوائف التجربة، لذلك يمكن الاستفادة من الطوائف التي أظهرت سلوك تنظيف ممتازاً، واستغلالها من قبل نحل العسل المربى تحت ظروف وادي دوعن في انتخاب ملكات مقاومة لحلم الفاروا، وهذا يتفق مع ما توصل إليه (Moosbeckhofer, 1992)³¹. وخلص (Rinderer et al., 2010)³² إلى أن استمرار برنامج التربية يعزز من منفعتها التجارية، وأكد أن ذلك العمل يتطلب معرفة آليات المقاومة التي يمكن تحسينها وتطويرها بشكل أكبر. وأكد (de Mattos et al., 2017)³³ أن الدراسات المتعلقة بسلوك المقاومة ضد حلم الفاروا هي اتجاهات مستقبلية مهمة في التنمية المستدامة لقطاع نحل العسل.

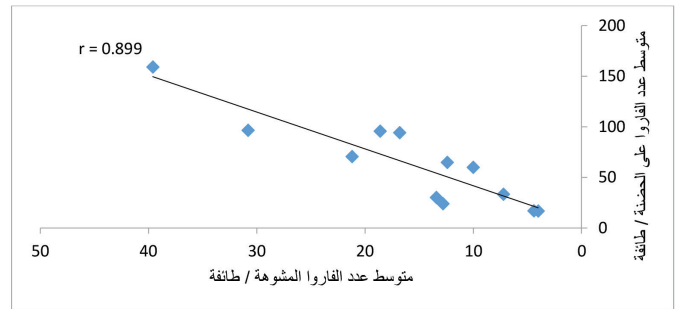
5- الاستنتاجات والتوصيات

1-5 الاستنتاجات

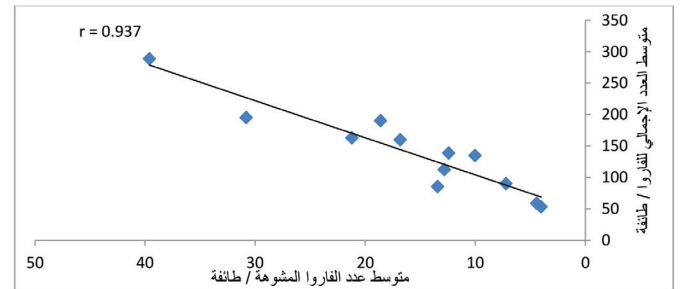
- يتميز نحل العسل المربى في وادي دوعن بقدرة عالية على إزالة حلم الفاروا من جسمه، وإحداث التشوهات في الأرجل أو الدرع الظهري أو الأرجل والدرع الظهري معاً، ويدل ذلك على أن نحل العسل المربى في وادي دوعن لديه سلوك تنظيف ممتاز.
- يمكن استخدام نحل العسل المربى في وادي دوعن في برنامج الانتخاب للحصول على إنتاج وتربية ملكات نحل عسل تتمتع بمقاومة عالية لحلم الفاروا والآفات والأمراض الأخرى.



الشكل 3. معامل الارتباط (r) بين متوسط عدد الفاروا المشوهة/طائفة ومتوسط عدد الفاروا على النحل البالغ/طائفة.



الشكل 4. معامل الارتباط (r) بين متوسط عدد الفاروا المشوهة/طائفة ومتوسط عدد الفاروا على النحل الحضنة/طائفة.



الشكل 5. معامل الارتباط (r) بين متوسط عدد الفاروا المشوهة/طائفة ومتوسط العدد الإجمالي للفاروا/طائفة.

4- المناقشة

أوضحت النتائج اختلاف أعداد حلم الفاروا المشوهة المجموعة من طوائف التجربة خلال شهور السنة، وكذلك اختلاف نسب أعداد حلم الفاروا مشوهة الأرجل، والدرع الظهري، والدرع الظهري والأرجل معاً. وهذا يتفق مع ما توصل إليه خنبش (2004)¹² إذ وجد أن هذا الاختلاف نتيجة اختلاف الكثافة العددية لحلم الفاروا بين طوائف التجربة خلال شهور السنة، واختلاف مدة طور غلق العيون السداسية للحضنة، واختلاف مدة التنظيف للحضنة الميته. كما أشارت نتائج الدراسة إلى أن أعلى متوسط نسبة لأعداد حلم الفاروا المشوهة في طوائف التجربة خلال شهور السنة، كانت مبتورة الأرجل، وتليها مشوهة الأرجل والدرع الظهري معاً، في حين أن تشوه الدرع الظهري كان الأقل، وهذا يتفق مع ما توصل إليه AL-Gamdi (2002)¹⁴ من أن معظم التشوهات كانت في أرجل حلم الفاروا مقابل مع بقية أجزاء الجسم، وهذا ما توصلت إليه نتائج هذه الدراسة. وقد اختلفت نتائج هذه الدراسة في نسبة التشوه في الأرجل والدرع الظهري للفاروا مع نتائج المداني (2004)¹⁰ ولاحظ (Kovacic et al., 2018)²⁷ أن التشوهات كانت موجودة على الزوج الأول من الأرجل.

- انتخاب أفضل الطوائف التي تمتاز بسلوك تنظيف ممتاز ضد حلم الفاروا لتربية الملكات، وإدخالها في برنامج تربية وإنتاج طوائف مقاومة لحلم الفاروا والآفات والأمراض الأخرى.
- إجراء دراسة متعمقة لبحث آليات المقاومة لدى النحل المرعى في وادي دوعن.

- عدم استخدام المواد الكيميائية لمكافحة حلم الفاروا في وادي دوعن، وذلك لتشجيع المقاومة الذاتية للنحل، وتوعية وإرشاد النحالين إلى ذلك، إذ إن ضرر حلم الفاروا على طوائف نحل العسل في وادي دوعن لا يرقى إلى استخدام المكافحة الكيميائية.

المراجع

1. خنبش م س. الأثر المتبقي للمبيدات المستخدمة في طوائف نحل العسل بمحافظة حضرموت ودراسة إمكانية حماية العسل من التلوث حفاظاً على صحة الإنسان. الندوة العلمية «المحافظة على البيئة»، حضرموت، المكلا، 3-5 أكتوبر 1999.
2. الصائغ م أ. النحل بين البقاء وسر الاختفاء. مجلة التقنيات النحلية. 2019؛ العدد 1: 12-4.
3. الكثيري ح ع. دراسة التداخل البيوكيميائي بين حلم الفاروا *Varroa destructor* وسلالاتي نحل العسل المحلية والمستوردة *Apis mellifera L.*؛ أطروحة دكتوراه في علم الحشرات (نحل العسل). قسم وقاية النبات، كلية علوم الأغذية والزراعة، جامعة الملك سعود، صفحة 258.
4. حجيج ن دي، البراق ع غ، العابد ت. استخدام حمض النمل في مكافحة طفيل الفاروا على نحل العسل. مجلة وقاية النبات العربية. 2014؛ 32(1): 57-63.
5. Vanengelsdorp D, Evans J, Saegerman C, et al. Colony Collapse Disorder: A Descriptive Study, PLoS One. 2009;4(8):10-1371.
6. Anderson DL & Trueman JWH. *Varroa jacobsoni* (Acari:Varroidae) is more than one species. Experimental and Applied Acarology. 2000;24(3):165-189.
7. الأنصاري أ م. النحل في إنتاج العسل وتلقيح المحاصيل. الإسكندرية، مصر: مركز الدلتا للطباعة؛ 1998، صفحة 1392.
8. Hoppe H. Diagnosis of Varroa in the AL-Mahwit Province GTZ. 1991:8-10.
9. خنبش م س، عباد أ س. حصر الإصابة بحلم الفاروا في طوائف نحل العسل بالمحافظات الجنوبية والشرقية باليمن. مجلة جامعة عدن للعلوم الطبيعية والتطبيقية. 1996؛ 1(1): 11-20.
10. المداني ح م. دراسة بيولوجية لآفة قراد النحل ومكافحتها في الجمهورية اليمنية، رسالة ماجستير، قسم وقاية نبات، كلية الزراعة، جامعة صنعاء، 2004. صفحة 116.
11. حجازي ع م. آفات وأمراض نحل العسل، ماهيتها، تشخيصها، علاجها. الإسكندرية، مصر: منشأة المعارف؛ 1998. صفحة 491.
12. خنبش م س. حلم الفاروا والنحل اليمني. مجلة مركز نحل العسل، جامعة حضرموت للعلوم والتكنولوجيا، 2004؛ العدد الثالث: 1-26.
13. Chmielewski W. Attempt to Characterize Damage on the Bodies Mite, *Varroa jacobsoni*, collected from Winter Hive Debris Medicina Veterinaria. 1992;47(4):19-23.
14. AL Ghamdi A.A. Evaluation of the Grooming Behavior of *Apis mellifera yemenitica* and *Apis mellifera Carnica* against *Varroa jacobsoni*. Annals of Agricultural Science, Moshtohar (Egypt). 2002;40(1):629-634.
15. خنبش م س. لماذا العسل الدوعني الأعلى عالمياً. سيئون: دار ابن خلدون للتعاون الإنمائي؛ 2008. صفحة 44.
16. الكاف أ ح م. الدرر والياقوت في خفايا وأسرار حضرموت، 2006. صفحة 174.
17. خنبش م س، باطاهر أ س، الكثيري ح ع. دراسة ميدانية لواقع النحالة والمراعي النحلية بوادي دوعن. سيئون: دار ابن خلدون للتعاون الإنمائي؛ 2008. صفحة 79.
18. كانجي م م. دراسة بيئية للمراعي النحلية في وادي دوعن، رسالة ماجستير، قسم علوم الحياة/علم النبات، كلية العلوم، جامعة حضرموت، 2014. صفحة 71.
19. الإدارة المحلية لمديرية دوعن. تقرير المجلس المحلي لمديرية دوعن، وزارة الإدارة المحلية، محافظة حضرموت، 2013. صفحة 30.
20. المحمدي ع س، بارشيد م ع. الخصائص المورفومترية لحوض وادي دوعن وأثرها على استخدامات الأرض (دراسة جغرافية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS). مجلة جامعة حضرموت للعلوم الإنسانية. 2018؛ مج 15، العدد 2: 51-1.
21. عبد الباقي ق. بعض الدلائل الجيومورفولوجية على التغيرات المناخية في اليمن - خلال البلاستوسين والهولوسين. مجلة الجمعية الجغرافية اليمنية. 2003؛ العدد 2: 315-382.
22. باكريشات س ر، بانواس س ع، الخنبشي ع س. مقتطفات من تاريخ دوعن الزراعي القديم. مديرية دوعن، محافظة حضرموت: مكتب الزراعة والري، مطابع المنار الحديثة للأوفست، الطبعة الأولى؛ 2013. صفحة 57.
23. خنبش م س، بن طالب ع م. تقويم فاعلية بعض المواد الكيميائية لمكافحة حلم الفاروا *Varroa jacobsoni* مع وجود الحضنة في طوائف نحل العسل. مجلة جامعة عدن للعلوم الطبيعية والتطبيقية. 1998؛ 2(1): 13-21.
24. خنبش م س. دراسات على تربية الحضنة في طوائف نحل العسل. المجلة اليمنية للبحوث الزراعية، كلية ناصر للعلوم الزراعية، جامعة عدن. 1995؛ مج 2، العدد 1: 29-42.
25. Bandpay V, Bahrami M. Field Experiments to Determine the Effect of Perizin on *Varroa* mite in honeybee colonies in Iran. Journal of Apicultural Research. 1989;28(3):169-174.
26. Khanbash MS. Study of the Tolerance Mechanism of Yemeni honeybee *Apis mellifera jemenitica* to *Varroa jacobsoni* Oud. Journal of Natural and Applied Sciences (University of Aden). 2002;6(1):109-118.
27. Kovačić M, Puškadija Z, Dražić MM. Grooming behavior in relation to varroa (*Varroa destructor*) infestation level of Carniolan honey bee colonies (*Apis mellifera carnica*). Journal of Central European Agriculture. 2018;19(4):959-964.
28. Morfin N, Given K, Evans M, et al. Grooming Behavior and Gene Expression of the Indiana "mite-biter" honey bee stock. Apidologie. 2020;51:267-275.
29. Patrick JG, Block W, Glover BJ. The Effect of the 'Bee Gym' grooming device on *Varroa destructor* mite fall from honey bee (*Apis mellifera*) colonies. Journal of Apicultural Research. 2017;56(1):63-70.
30. Dadoun N, Nait-Mouloud M, Mohammedi A, et al. Differences in Grooming Behavior between Susceptible and Resistant Honey Bee Colonies after 13 Years of Natural Selection. Apidologie. 2020;51.
31. Moosbeckhofer R. Observations on the Occurrence of Damaged *Varroa* mites in natural mite fall of *Apis mellifera Carnica* colonies. Apidologie. 1992;23(6):523-531.
32. Rinderer Th.E, Harris J.W, Hunt GL, et al. Beeding for resistance to *Varroa destructor* in North America. Apidologie. 2010;41(3):409-424.
33. de Mattos IM, Soares AE, Tarpy DR. Effects of Synthetic Acaricides on honey bee grooming behavior against the parasitic *Varroa destructor* mite. Apidologie. 2017;48(4):483-494.

ورقة بحثية

دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية والبكتيرية لمياه شاطئ البحر برجيش في مدينة المهدية - تونس

سنا عليبي^{1*}، سميحة محمدي¹، وفاء حسن¹، الهادي بن منصور¹

¹ وحدة البحث: تحاليل وأساليب مطبقة في البيئة UR17ES32 - المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا بالمهدية (جامعة المنستير) - تونس

*alibi_sana@hotmail.fr

المُلخَص

إنّ الخصائص البكتيرية و الفيزيوكيميائية لمياه البحر لها تأثير مباشر في صحة الإنسان، لذا اهتمت هذه الدراسة بالكشف عن مؤشرات التلوث بشاطئ رجيش، بمدينة المهدية شرق الساحل التونسي، والتحرّي بخصوص حساسية البكتيريا المعزولة للمضادات الحيوية. شمل هذا البحث عينات من مياه البحر والرواسب خلال أربعة أشهر متتالية، وتبين أنّ إجمالي المواد الصلبة العالقة والمركبات العضوية المولدة، أعلى من المعايير المقبولة في تونس، كما جرى الكشف عن المكورات المعوية البرازية في جميع المواقع، مما يدل على التلوث البرازي البشري والحيواني للماء. كانت جميع السلالات المعزولة شديدة المقاومة للريفامبيسين والجنتاميسين والكلورامفينيكول والأمبيسيلين والأزيثروميسين. أمام هذه الوضعية، يوصى بالانتباه إلى عملية معالجة مياه المصارف، واعتماد تقنية المعالجة الثلاثية قبل تصريفها في البحر، للمحافظة على الصحة العامة والحد من التلوث المائي وانتشار الأمراض.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، الخصائص الفيزيائية، الخصائص البكتيرية، مياه البحر، *E. faecalis*

Title

Physicochemical and microbial properties of Rejiche sea water-Tunisia

Sana Alibi^{1*}, Samiha Mhamdi¹, Wafa Hassen¹, Hedi Ben Mansour¹

¹ Research Unit Analysis and Process Applied to the environment, UR17ES32. High Institute of Applied Sciences and Technology, Mahdia.

University of Monastir, Tunisia

Abstract

Bacterial and physicochemical properties of seawater have a crucial impact on human health. Data about these characteristics in Rejiche Cost, a touristic and a fishing area in Tunisia are limited. Thus, in the present study, seawater and sediment samples were collected during four successive months.

Various physicochemical and microbial properties were screened to ascertain the safety of water for swimming. Antimicrobial susceptibilities were determined using disc diffusion method. Total suspended solid, turbidity, absorbable organic halogen, chemical oxygen demand and biochemical oxygen demand were higher than accepted norms in Tunisia. *Enterococcus faecalis* was detected in all the sites indicating a human fecal contamination. All isolated strains were highly resistant to rifampicin, gentamicin, chloramphenicol, ampicillin and azithromycin.

Our results showed that the situation in Rejiche cost is alarming. Treatment of wastewater discharges requires intensive monitoring to improve seawater quality and to respect the required healthy standards.

Keywords: Wastewater, physicochemical parameters, bacterial analysis, seawater, *E. faecalis*

Received 20 January 2020; accepted 9 March 2020; published 15 November 2020.

© 2020 The Author(s), licensee HBKU Press. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Cite this as: Alibi S, Mhamdi S, Hassen W, Ben Mansour HB. Physicochemical and microbial properties of sea water in Rejiche -Tunisia. Arabian Journal of Scientific Research 2020;2.9. <https://doi.org/10.5339/ajsr.2020.9>

Water samples	Sediment samples	GPS coordinates	
ES1	SS1	3528702	1103997
ES2	SS2	3529176	1103605
ES3	SS3	3528343	1103305
ES4	SS4	3528172	1103191
ES5*	SS5*	3528853	1103407

*Drainage Channel break

2-2 التحاليل الفيزيوكيميائية

بالنسبة للتحاليل الفيزيوكيميائية لجميع العيّنات المدروسة، فقد قيست درجة حرارة الماء على عين المكان، باعتماد الترمومتر الرّبقي. كما قيست الأس الهيدروجيني (pH)، المواد العالقة (MES)، الطلب البيولوجي للأكسجين (BDO)، الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO)، مجموع المواد الصّلبة العالقة (TSS)، المواد القابلة للرّسوب (OM)، الموصلية الكهربائية (EC)، النترات (NO₃) والمركبات العضوية المولّدة بواسطة جهاز Pastel UV Secomam (AOX) إذ عبأنا 1 مل من العيّنة في خزّان من الكوارتز (سعته 5 مل) ووضعه في الجهاز الذي يقيس سته معايير في الوقت نفسه، ولا تتجاوز المدة اللازمة لاختبار العيّنة الواحدة 60 ثانية. قورنت النتائج بالمعايير الإلزامية للمواصفات القياسية التّونسية لتلوّث المياه.¹³

3-2 التحاليل الميكروبيولوجية

أما بالنسبة للتحاليل الميكروبيولوجية فقد جُمعت العيّنات في قوارير بلورية معقّمة، وأخضعت لطريقة المرشحات الغشائية (0.22µm)¹⁴ إذ تُؤخذ 100 مل من عيّنة الماء وتُمرّر على وحدة الترشيح، وبعد ترشيح الماء يُنقل غشاء الترشيح بالملقط إلى أوساط زراعية اختيارية، تناسب نمو أجناس معيّنة من البكتيريا، كما هو مبين بالجدول 2.

الجدول 2. الأوساط الزراعية الاختيارية والظروف الملائمة لنمو أجناس البكتيريا المدروسة

Species	Selective Media	Time and temperatures of Incubation
Total Coliforms	Triphenyl Tetrazolium Chloride (TTC) and tergitol 7 agar	24h at 37 °C
FecalColiforms	TTC and tergitol 7 agar	24h at 44°C
<i>E. faecalis</i>	Litsky agar	2448-h at 37°C
<i>Salmonella</i>	Salmonella-Shigella agar	24h at 37 °C
<i>Vibrio</i>	Thiosulfate-citrate-bile salts-sucrose agar	24h at 37°C

تلوّث مياه البحر من الآثار البيئية الخطيرة التي تهدد صحة الإنسان والكائنات البحرية، ويعتبر ضخّ مياه الصّرف الصّحي في البحر من أهم أسباب تلوّث البيئة البحرية. في غياب مراقبة صارمة يمكن لهذه المياه أن تحمل مستويات مرتفعة من المواد السامة والجراثيم المسببة للأمراض، والتي قد تنتقل إلى الإنسان أو الكائنات البحرية في أثناء السّباحة³⁻¹ أو تُؤثّر في الخصائص الفيزيوكيميائية لمياه البحر التي تلعب دورًا مهمًا في النظام الإيكولوجي البحري. بالإضافة إلى ذلك سجّل عديد من الدّراسات ارتفاعًا ملحوظًا في نسب البكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية بمختلف النظم البيئية المائية والتي يعدّ انتشارها اليوم من أكبر المشكلات التي تحيق بالصحة العالمية.⁴⁻⁶

من بين هذه البكتيريا، نذكر «المكورات المعوية البرازية» التي تعدّ مؤشّرًا دالًا على التلوّث البرازي في النظم الإيكولوجية المائية الطبيعية، إذ إنها تقاوم درجة الحموضة المتغيرة، وتتكاثر عند درجات حرارة تتراوح من 10 إلى 45 درجة مئوية.⁷⁻¹⁰ ورغم أن سلالات بكتيريا «المكورات المعوية البرازية» متعايشة في الجهاز الهضمي للإنسان والحيوانات ذات الدم الحار، وغير ضارة للأصحاء، فإنها تُشكّل خطرًا على مَنْ يعانون من نقص المناعة أو من مرض مزمن، إذ تتحوّل من كائنات حيّة متكافلة إلى كائن انتهازى مُمرض يتسبّب في عدوى خطيرة، أحيانًا مميتة.^{12,11,5,4} بالإضافة إلى ذلك تكتسب سلالات هذه البكتيريا مناعةً للمضادات الحيوية الأكثر استخدامًا، مما يجعلها عصيّة على العلاج وتمثل خطرًا عالميًا على الصحة العامة إذا انتقلت إلى الإنسان أو الكائنات البحرية في أثناء السّباحة.^{12,11,5,4} تعتبر مدينة رجيش الموجود في الساحل التّونسي وجهة مهمة للسّياح وصيد الأسماك، لذا فإنّ نوعية مياه البحر لها تأثير مباشر في صحة الإنسان. ولكن على أهميتها فإنّ المعطيات عن الخصائص الميكروبيولوجية و الفيزيوكيميائية لمياه البحر بساحل رجيش تكاد تكون منعدمة. وفي هذا الإطار، اهتمت هذه الوثيقة بدراسة الخصائص الميكروبيولوجية و الفيزيوكيميائية للمياه بهذه المنطقة وعزل بكتيريا «المكورات المعوية البرازية» وتحديد المضادات الحيوية المقاومة لها. كُثرت جميع التحاليل أربع مرات لكل عيّنة.

2 - المواد وطرق البحث

1-2 موقع الدراسة

تقع مدينة رجيش في ولاية المهدية بالشّمال الشرقي للبلاد التونسية، إحداثياتها "0° 28' 35" شمالاً "19° 2' 11" شرقًا. شملت منطقة البحث أربع محطات على طول المنطقة، تبعد نحو 10 كم على محطة التطهير، وُحدّدت إحداثيات هذه النّقاط بواسطة جهاز GPS (الجدول 1). جُمعت من كلّ نقطة 5 عيّنات للمياه السطحية و5 عيّنات للرّواسب على هيئة علامة X، تبعد كلّ نقطة عن الأخرى مسافة 5 أمتار، وامتدت مدة الدّراسة 4 أشهر (ابريل 2019) (الشكل 1).



الشكل 1. مواقع جمع العيّنات بساحل رجيش (google map)

3- النتائج والمناقشة

1-3 الحرارة

لم تسجل نتائج الدراسة أي ارتفاع في درجات حرارة الماء والتي لم تتجاوز 28 درجة. يعتبر ارتفاع درجة حرارة الماء مؤشراً لتلوثه إذ تزداد معدلات التفاعلات الكيميائية والبيولوجية مع زيادة درجة الحرارة ($p=1.29$)

2-3 العكارة

يمكن لهذه الملوثات العضوية والكيميائية أن تؤثر أيضاً في نقاوة الماء، وهو ما تؤكده نتائج هذا البحث، إذ كانت نسبة العكارة مرتفعة بالنقاط ES2، ES3، ES4 وES5 ($p<0.05$) وهو ما يؤثر سلباً في نوعية المياه.

تعتبر العكارة مقياساً لمدى تشتت الضوء وانتشاره من قبل المواد العالقة، مثل دقائق التربة والطين والغرين والمواد العضوية واللا عضوية العالقة في الماء، كما يمكن أن تكون بسبب وجود البكتيريا والطحالب وكائنات حية أخرى. تؤثر العكارة في الأحياء المائية بتقليل تخلل الضوء Photosynthesis الذي يستغل في عملية البناء الضوئي.

وهناك علاقة بين العكارة وسلامة المياه والطعم والرائحة في المياه الطبيعية غير المعالجة والمياه المرشحة والمعالجة، إذ تبين أن 50% من أسباب العكارة يرجع إلى تحلل المواد العضوية التي تكون على شكل مواد غروية، وهناك علاقة أيضاً بين العكارة والمحتوى البكتيري في المياه، إذ تلتصق المواد الغذائية على سطح الجزيئات المسببة للعكارة، ومن ثم تساعد على نمو البكتيريا وتكاثرها.

3-3 التوصيلية الكهربائية

تُعرف التوصيلية الكهربائية للماء بأنها قيمة عددية تشير إلى قابلية الماء لتوصيل التيار الكهربائي، وتعتمد هذه القيمة على تركيز وتكافؤ الأيونات الذائبة الموجودة في الماء، وتأثير درجة حرارة الماء في أثناء القياس. في هذه الدراسة لم تتجاوز قيمة التوصيلية (EC) المعايير المسموح بها. هناك علاقة وطيدة بين قابلية التوصيل الكهربائية والملوحة، إذ إن للملوحة أهمية كبيرة في توزيع الكائنات الحية.

4-3 الأس الهيدروجيني

يعطي الأس الهيدروجيني انعكاساً لعدد من العمليات الكيميائية والحياتية، ويؤثر في توزيع الأحياء، إذ تكون قيمته مؤشراً لوجود وتوازن ثنائي أكسيد الكربون الحر والكربونات والبيكربونات. في هذه الدراسة تراوحت قيمة الأس الهيدروجيني بين 7 و8، وهي دليل على صلاحية مياه بحر رجيح، إذ إن الانخفاض في قيمة الأس الهيدروجيني يؤدي إلى تحول المحيط المائي من متعادل وقاعدي مخفف في المياه الطبيعية غير الملوثة، إلى محيط حامضي مخفف وملوث.

5-3 المتطلب الكيميائي للأكسجين

يعد COD مقياساً جيداً للمياه الملوثة لا سيما الملوثة بالفضلات الصناعية، إذ يعكس كمية المواد العضوية المتأكسدة وقد كانت نسبته مرتفعة بالنقاط SS3 وSS5 ($p<0.05$) أين وقع صرف مياه خارجة من محطات المعالجة.

كما قُدّر عدد الخلايا الحية أو وحدة تشكيل المستعمرات (UFC) للقولونيات الكلية والقولونيات المقاومة للحرارة بطريقة العد الاحتمالية (MPN). هذا الاختبار يُجرى على 3 مراحل: الفحص الظني، الفحص التأكيدي، الفحص التكميلي. يقوم الفحص الظني على تلقیح ثلاث مجاميع من الأنابيب بعينات المياه، تتكون المجموعة الأولى من خمس أنابيب، أنابيب المجموعة الأولى: تحوي 10 مل من الوسط الزرعي ذات التركيز المضاعف، أما أنابيب المجموعة الثانية والثالثة فكل واحدة منها تحوي 10 مل من الوسط الزرعي المفرد التركيز (في كل أنبوبة توضع أنبوبة درهم بشكل مقلوب (لملاحظة وجود الغاز).

تُلَقَّح أنابيب المجموعة الأولى بـ10 مل من عينة الماء المراد فحصها لكل أنبوبة، بعد رجّ العينة جيّداً، ثم ينقل 1 مل من عينة الماء إلى أنابيب المجموعة الثانية و0.1 مل من عينة الماء إلى أنابيب المجموعة الثالثة.

تُفحص الأنابيب بعد التحضين وتُسْتَبَد أي أنابيب سلبية لم يحدث بها نمو، وتنقل الإيجابية منها إلى الفحص التأكيدي. تُحسب الأنابيب الموجبة لكل مجموعة، وبموجب جدول خاص يُقَدَّر العدد الأكثر احتمالاً للبكتريا في 100 مل من نموذج الماء الأصلي. للحصول على مزارع نقية للبكتريا تُعزل أولاً بتنميتها على أوساط زراعية مغذية صلبة، وتُنقل العينات الموجبة للأوساط المغذية المناسبة، وتحضن لمدة 24-48 ساعة في درجات الحرارة الملائمة (الجدول 2).

بعد عزل البكتيريا وتنقيتها، تستكمل عملية التشخيص وتجري الفحوصات التالية للتعرف على جنس ونوع البكتيريا التي وقع عزلها، والتأكد من النتائج المُتَحَصَّل عليها بدراسة:

- الخصائص المظهرية التي تشمل دراسة خصائص المستعمرات وصفاتها المظهرية، بما فيها الشكل والحجم والارتفاع والقوام واللون والقابلية لإنتاج الصبغات والرائحة، وغيرها.
- الخصائص المجهرية وتتضمن دراسة شكل البكتيريا تحت المجهر، وقابليتها لإنتاج السبورات، وكيفية تجمع الخلايا، فضلاً عن استجابة البكتيريا لصبغة كرام Gram.
- الخصائص الكيموحيوية وتشمل عدداً من الاختبارات التشخيصية مثل اختبار إنزيم الكاتليز والاكسيداز والاندول واليوريز، واختبار تحلل السكريات بفضل (BioMérieux, France) Api Strips 20S¹⁴.

نظراً إلى انتشار المكورات المعوية البرازية المقاومة للمضادات الحيوية، فقد اهتم هذا البحث بدراسة حساسية السلالات المعزولة بالمنطقة للمضادات الحيوية التالية: الأموكسيسيلين (25µg) الأميكاسين (30µg) الأزيثروميسين (15µg)، الكلورامفينيكول (10µg)، السفتازيديم (30µg)، السيفوتاكسيم (30µg)، الأزتريونام (30µg)، السيبروفلوكساسين (5µg)، الريفامبيسين (5µg)، التيتراسيكلين (30µg)، الایمینیام (30µg)، الفانكوميسين (30µg)، اللينيزوليد (30µg)، التريمتوبريم (5µg).

زُرعت عينة من البكتيريا على طبق Muller Hinton agar ثم وُضعت أقراص المضادات الحيوية ليكون كل قرص بعيداً عن الذي بجواره بنحو 30 مم، ليكون هناك متسع لتكوين حلقة من عدم النمو حول كل قرص. تحضن الأطباق بعد ذلك لمدة 24 48 ساعة في درجة مئوية 37°. عند نمو البكتيريا، تُقاس أقطار مناطق منع نمو المستعمرات، وتُقارن بالجدول المرجعي للجنة الأوروبية لاختبار حساسية مضادات الميكروبات (EUCAST, 2019).¹⁵ استُعملت سلالة E. faecalis ATCC 29212 لمراقبة جودة الاختبار.

6-3 المواد الصلبة العالقة الكلية

17.4مغ/ل. توجد هذه المركبات في الطبيعة، في المياه السطحية والجوفية ومياه البحر والتربة والتساقطات، كما يُمكن ان تنتج عن الهلجنة الطبيعية للمواد العضوية.¹⁸

تُعدّ الأنشطة الصناعية، بما في ذلك صناعات الورق والمنسوجات من المصادر الرئيسية لـ AOX في جميع أنحاء العالم، إذ تتفاعل المواد الكيميائية المستخدمة في تبيض الألياف مع المواد العضوية، وتولّد مواد عضوية مكلورة تُصرف في مياه الصرف المعالجة. في الوقت الحاضر، يستعري تلوث مياه البحر بهذه المواد اهتمامًا كبيرًا بسبب ثباتها وتراكمها الأحيائي في الكائنات المائية¹⁹ بالإضافة إلى الأضرار التي يُمكن أن تسببها بعض هذه المواد الكيميائية بتركيزات منخفضة.²⁰

في هذه الدراسة لم تتجاوز نسبة BOD المعايير المسموح بها، في حين سجّلت النتائج ارتفاعًا في TTS تقريبًا بكلّ العينات المدروسة، كما توضّحها الجداول 3 و4 ($p < 0.05$) إن مصادر المواد العالقة ناتج عن عمليات التعرية فضلًا عما تحمله مياه الصرف الصحي والصناعي من مواد عالقة وحسب دراسات سابقة، فإنّ النسب المرتفعة لـ TTS والتي تتكوّن أساسًا من جثث الأسماك والطحالب ومواد عضوية أخرى تؤثر سلبيًا في إنتاجية الكائنات البحرية وتقلّل من تنوعها بسبب حجبها ضوء الشمس.^{17,16}

7-3 المركبات العضوية المولدة

لاحظنا أيضًا ارتفاعًا في مستوى المركبات العضوية المولدة والتي بلغ أعلاها

الجدول 3. الخصائص الفيزيوكيميائية لعيّنات الرواسب بساحل رجيح

Parameters	Standard Limits	ES1	ES2	ES3	ES4	ES5	Max	Mean	SDIV
COD (mg /l)	90	9.4	55	50.5	56	56.6	56.6	45.5	18.17
BOD (mg /l)	30	4.36	25.8	23.8	26.4	26.4	26.4	21.35	8.54
TSS (mg/l)	30	18.33	152	97	148	95	152	102.06	48.35
NO3 (mg/l)	90	5.23	17.2	15.8	17.6	26.4	26.4	16.44	6.74
OM	N	6.04	35.53	32.7	36.26	36.43	36.43	29.39	11.75
COT (mg/l)	N	2.8	<0 .5	<0 .5	<0 .5	4	4	2.43	1.45
EC (mS/cm)	N	53.6	43.6	43.2	54.4	19.36	53.6	42.83	12.66
pH	69-	8.21	8.51	8.34	8.41	7.68	7.68	8.23	0.29
DM	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0

SDIV: Standard deviation; N: No limits

الجدول 4. الخصائص الفيزيوكيميائية لعيّنات المياه بساحل رجيح

Parameters	Standard Limits	ES1	ES2	ES3	ES4	ES5	Max	Mean	SDIV
COD (mg /l)	90	9.4	55	50.5	56	56.6	56.6	45.5	18.17
BOD (mg /l)	30	4.36	25.8	23.8	26.4	26.4	26.4	21.35	8.54
TSS (mg/l)	30	18.33	152	97	148	95	152	102.06	48.35
NO3 (mg/l)	90	5.23	17.2	15.8	17.6	26.4	26.4	16.44	6.74
OM	N	6.04	35.53	32.7	36.26	36.43	36.43	29.39	11.75
COT (mg/l)	N	2.8	<0 .5	<0 .5	<0 .5	4	4	2.43	1.45
EC (mS/cm)	N	53.6	43.6	43.2	54.4	19.36	53.6	42.83	12.66
pH	69-	8.21	8.51	8.34	8.41	7.68	7.68	8.23	0.29
DM	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0
AOX (mg/l)	0.05	<0 .5	<0 .5	<0 .5	<0 .5	1.6	1.6	1.05	0.55

SDIV: Standard deviation; N: No limits

لوحظ من خلال هذه النتائج أنّ ظهور هذه البكتيريا في مياه البحر يعود إلى عدم معالجة مياه الصرف الصحي بالشكل الصحيح قبل تفريغها في البحر. وأثبتت الدراسات أنّ *E. Feacalis* يتسبب بشكل متزايد في الإصابات البشرية الخطيرة، ويمثل تهديدًا حقيقيًا للسباحين،^{22,21,2} إذ تسبب هذه السلالات في عدوى المستشفيات، بما في ذلك التهابات الشغاف والمسالك البولية، وأيضًا العدوى المكتسبة من المجتمع.²¹

أظهرت النتائج أنّ كلّ العينات المدروسة خالية من التلوث ببكتيريا *Salmonella* و *Coliforms* و *Vibrio* ولكن بيّنت هذه الدراسة دلالات واضحة على تلوث المياه ببكتيريا *E. feacalis* إذ تجاوز عدد الخلايا الحية الحدود المسموح بها كما تبين الجداول 5 و6. يعتبر هذا المُمْرِض مؤشّرًا جيّدًا للتلوث البرازي البشري والحيواني لأنه قادر على العيش فترة أطول من القولونيات الكلية في المنطقة البحرية. وقد

Parameters	Limits	SS1	SS2	SS3	SS4	SS5	Max	Mean	SDIV
<i>Fecal Coliforms</i> (MPN/100ml)	<100	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	-	-	-
<i>E. feacalis</i> (MPN/100ml)	<100	> 2400	150	> 2400	93	> 2400	>2400	1260.75	1139.24
<i>Salmonella</i> (MPN/1000ml)	0	0	0	0	0	0	-	-	-
<i>Vibrio cholerae</i> (MPN/1000ml)	0	0	0	0	0	0	-	-	-

MPN: Most Probable Number

Parameters	Limits	ES1	ES2	ES3	ES4	ES5	Max	Mean	SDIV
<i>Fecal Coliforms</i> (MPN/100ml)	<100	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	-	-	-
<i>E. feacalis</i> (MPN/100ml)	<100	< 3	240	240	9	> 2400	2400	578.40	916.79
<i>Salmonella</i> (MPN/1000ml)	0	0	0	0	0	0	-	-	-
<i>Vibrio cholerae</i> (MPN/1000ml)	0	0	0	0	0	0	-	-	-

MPN: Most Probable Number

بكتيريا مرضية *E. feacalis* تدلّ على وجود تلوث غائبي بشري أو حيواني ناتج عن سوء معالجة مياه الصّرف الصّحي المنبعث من محطة التّطهير المرّكّزة بالمنطقة، والتي يمكن أن تُشكّل خطراً على صحّة المصطافين والكائنات البحرية، خاصّة مع ارتفاع نسب مقاومتها للمضادّات الحيويّة.

5- الاستنتاج

طبّقاً لهذه الدراسة فقد توّصلنا إلى استنتاج مفاده أن مياه البحر المأخوذة من نقاط مختلفة في المنطقة، يمكن أن تُشكّل خطراً، بسبب وجود بكتيريا مرضية يمكن أن تسبب حالات تسمم وإسهال شديدين، بالإضافة إلى مقاومتها للمضادّات الحيويّة. يمكن استكمال هذا البحث بتنفيذ دراسة تقابليّة تُقارن فيها نتائج تحاليل المياه بين فصلي الصّيف والشّتاء، كما أنّه من المهم إجراء فحص مجهري إلكتروني لعينات الرّواسب.

6- التّوصيات

تشير النّاتج إلى أنّ وضعيّة مياه بحر رجيش تستدعي انتباهاً ورقابة صارمة لما يمكن أن تشكّله من خطر، بالإضافة إلى عصرنة عملية معالجة مياه المصارف، واعتماد تقنية المعالجة الثّلاثيّة قبل تصريفها في البحر، للمحافظة على الصحّة العامّة والحدّ من التلوّث المائي وانتشار الأمراض.

ولعلّ أهمّ النّاتج التي أفرزتها هذه الدّراسة أنّ كلّ سلالات *E. feacalis* التي اختُبرت كانت حسّاسة للينزوليد، الفانكوميسين، السيبروفلوكساسين، السيفوتاكسيم، السيفتازيديم، الأرتريونام، الإيميبينيم. في حين أظهرت جميع السلالات المعزولة مقاومة عالية للريفاميسين، الأزيثروميسين، الأميسيلين والكلورامفينيكول. كما بيّنت النّاتج أنّ غالبية السّلالات (75%) لديها مقاومة عالية للجنتاميسين.

وتتفق هذه النّاتج مع ما ذكرته دراسات أخرى في تركيا¹⁶ والفلبين¹⁶ وجنوب إفريقيا²³ وإيران²⁴ أين تمّ عزل سلالات *E. feacalis* مقاومة لعدد من المضادّات الحيويّة. ويعود هذا الارتفاع إلى الاستعمال المفرط لهذه الأدوية مما ينتج عنه تغيّر في الخلية الموروثية، أو ما يُعرف بالشّوء عن طريق الاصطفاء الطّبيعي. إذ يُشكّل وجود المضاد الحيوي في الماء (مياه الصّرف الصّحي أو مياه البحر) ضغطاً بيئياً على البكتيريا، لتظهر طفرات في بعض الخلايا البكتيريّة تجعلها تنجو من مفعول المضاد الحيوي. وقد لوحظ أنّ التلوّث البكتيري كان أكثر ارتفاعاً في عينات الرّواسب من عينات المياه ممّا يؤكّد تركّز البكتيريا في الرّواسب.²⁵

4- الخلاصة

من خلال هذه الدّراسة، يتبيّن لنا أنّ مياه البحر بمدينة رجيش تحتوي على

1. Griffin DW, Donaldson KA, Paul JH, Rose JB. Pathogenic human viruses in coastal waters. *Clinical Microbiology Reviews*. 2003;16(1):129–143. <https://doi.org/10.1128/cmr.16.1.129143.2003>
2. Henrickson SE, Wong T, Allen P, Ford T, Epstein PR. Marine swimming-related illness: Implications for monitoring and environmental policy. *Environmental Health Perspectives*. 2001;109(7):645–650. <https://doi.org/10.1289/ehp.01109645>
3. Ralston EP, Kite-Powell H, Beet A. An estimate of the cost of acute health effects from food- and water-borne marine pathogens and toxins in the USA. *Journal of Water & Health*. 2011;9(4):680–694. <https://doi.org/10.2166/wh.2011.157>
4. Chandrasekaran S, Venkatesh B, Lalithakumari D. Transfer and expression of a multiple antibiotic resistance plasmid in marine bacteria. *Current Microbiology*. 1998;37(5):347–351.
5. de Vicente A, Avilés M, Codina JC, Borrego JJ, Romero P. Resistance to antibiotics and heavy metals of *Pseudomonas aeruginosa* isolated from natural waters. *Journal of Applied Bacteriology*. 1990;68(6):625–632.
6. Kimiran-Erdem A, Arslan EO, Sanli Yurudu NO, Zeybek Z, Dogruoz N, Cotuk A. Isolation and identification of enterococci from seawater samples: Assessment of their resistance to antibiotics and heavy metals. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2007;125(1–3):219–228.
7. Lleò MM, Bonato B, Benedetti D, Canepari P. Survival of enterococcal species in aquatic environments. *FEMS Microbiology Ecology*. 2005;54(2):189–196.
8. Figueras MJ, Borrego JJ. New perspectives in monitoring drinking water microbial quality. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2010;7(12):4179–4202.
9. Hartke A, Lemarinier S, Pichereau V, Auffray Y. Survival of *Enterococcus faecalis* in seawater microcosms is limited in the presence of bacterivorous zooflagellates. *Current Microbiology*. 2002;44(5):329–335.
10. Borrego JJ, Figueras MJ. Microbiological quality of natural waters. *Microbiologia*. 1997;13(4):413–426.
11. Kaçmaz B, Aksoy A. Antimicrobial resistance of enterococci in Turkey. *International Journal of Antimicrobial Agents*. 2005;25(6):535–538.
12. Klare I, Konstabel C, Badstübner D, Werner G, Witte W. Occurrence and spread of antibiotic resistances in *Enterococcus faecium*. *International Journal of Food Microbiology*. 2003;88(2–3):269–290.
13. Bahri A. Water reuse in Tunisia: stakes and prospects. *Atelier du PCSI (Programme Commun Systèmes Irrigués) sur une Maîtrise des Impacts Environnementaux de l'Irrigation*, 2001, Montpellier, France. 11p. cirad-00180335
14. Jacobs NJ, Zeigler WL, Reed FC, Stukel TA, Rice EW. Comparison of membrane filter, multiple-fermentation-tube and presence-absence techniques for detecting total coliforms in small community water systems. *Applied and Environmental Microbiology*. 1986;51(5):1007–1012.
15. Société Française de Microbiologie. *Enterococcus spp.* In : CASFM/EUCAST: Société Française de Microbiologie Ed ; 2019: p.6873-.
16. Alipour M, Hajiesmaili R, Talebjannat M, Yahyapour Y. Identification and antimicrobial resistance of *Enterococcus spp.* isolated from the river and coastal waters in northern Iran. *The Scientific World Journal*. 2014;2014:1–5.
17. Poole GC, Berman CH. An ecological perspective on in-stream temperature: Natural heat dynamics and mechanisms of human-caused thermal degradation. *Environmental Management*. 2001;27(6):787–802.
18. Grimvall A, Asplund G, Borén H, Jonsson S. Origin of adsorbable organic halogens (AOX) in aquatic environments. In: Angeletti G, Bjørseth A, editors. *Organic micropollutants in the aquatic environment*. Dordrecht: Springer; 1991. pp. 458–464.
19. Enell M, Wennberg L. Distribution of halogenated organic compounds (AOX) – Swedish transport to surrounding sea areas and mass balance studies in five drainage systems. *Water Science & Technology*. 1991;24(3–4):385–395.
20. Sun YX, Zhang F, Wang KL, Gu P. Adsorbable organic halogen compounds and bio-toxicity in hospital wastewater treatment. *Huan Jing Ke Xue*. 2007;28(10):2219–2222.
21. Fiore E, Van Tyne D, Gilmore MS. Pathogenicity of enterococci. *Microbiology Spectrum*. 2019;7(4). <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.GPP32018-0053>.
22. Seyfried PL, Tobin RS, Brown NE, Ness PF. A prospective study of swimming-related illness. II. Morbidity and the microbiological quality of water. *American Journal of Public Health*. 1985;75(9):1071–1075. <https://doi.org/10.2105/ajph.75.9.1071>
23. Palamuleni L, Akoth M. Physico-chemical and microbial analysis of selected borehole water in Mahikeng, South Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2015;12(8):8619–8630. <https://doi.org/10.3390/ijerph120808619>
24. Echapare EO, Pacala FAA, Mendaño RV, Araza JB. Physico-chemical and microbial analysis of water in Samar mussel farms. *Egyptian Journal of Aquatic Research*. 2019;45(3):225–230.
25. Karbasdehi VN, Dobaradaran S, Nabipour I, Ostovar A, Arfaeinia H, Vazirizadeh A, et al. Indicator bacteria community in seawater and coastal sediment: The Persian Gulf as a case. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 2017;15:6.
26. Moore DF, Guzman JA, McGee C. Species distribution and antimicrobial resistance of enterococci isolated from surface and ocean water. *Journal of Applied Microbiology*. 2008;105(4):1017–1025

عزل وتوصيف خميرة (*Candida glabrata*) من عينات سريرية في بعض مستشفيات مدينة بغداد

ندى صادق صالح¹، محسن هاشم ريسان^{2*}، ثامر عبد الشهيد محسن¹

¹ كلية التربية للعلوم الصرفة (ابن الهيثم)، جامعة بغداد، بغداد، العراق.

² كلية التقنيات الأحيائية، جامعة النهرين، بغداد، العراق.

* m_risan@yahoo.com

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تشخيص خميرة *Candida glabrata* وتحديد بعض عوامل الضراوة، وقد أظهر توزيع المرضى المصابين بداء مبيضات الدم أن الفئة العمرية 50-65 سنة سجلت أعلى حالات الإصابة بداء المبيضات عند النساء والرجال المصابين بمرض سرطان الدم بنسبة 50% و37.9% على التوالي مقارنة بحالات إصابة أقل بداء مبيضات الدم عند الفئة العمرية دون 17 سنة عند النساء والرجال بنسبة 8.8% و13.5% على التوالي، في حين كانت حالات الإصابة عند الفئة العمرية 5-8 سنوات مرتفعة، وصلت إلى 18 إصابة بداء مبيضات الفم بنسبة 42% للأطفال المصابين بسرطان الدم مقارنة بالفئة العمرية 8-10 سنوات التي سجلت حالات إصابة أقل بلغت 9 حالات بنسبة 21%. وقد سُجلت أعلى الإصابات بخميرة (*C. glabrata*)، إذ بلغت 59 عذلة بين النساء والرجال المصابين بسرطان الدم، في حين كانت الإصابة بخميرة (*C. kefyer*) أقل بلغت عذلة واحدة فقط، بينما بلغت العزلات الفموية من الأطفال المصابين بسرطان الدم لخميرة (*C. glabrata*) 13 عذلة، في حين سُجل لخميرة (*C. kefyer*) عزلتان فقط. وأظهرت خميرة *C. Glabrata* أعلى تكوين للغشاء الحيوي (Biofilm) فكانت 48 عذلة توزعت بين 21 إنتاجاً قوياً و27 إنتاجاً ضعيفاً للغشاء، أما أقل الخمائر إنتاجاً للغشاء فكانت خميرة (*C. tropicalis*) في 6 عزلات توزعت بين 4 ذات إنتاج قوي واثنين ضعيفتي الإنتاج للغشاء الحيوي.

الكلمات المفتاحية: مبيضات الدم، سرطان الدم، تشكيل الغشاء الحيوي، مستشفيات مدينة بغداد.

Title

Isolation and characterization of *Candida glabrata* from clinical specimens in some hospitals in Baghdad

Nada Sadaq Salah¹, Mohsen Hashim Risan^{2*}, Thamer A.A. Muhsen¹

¹ College of Education for Pure Science, University of Baghdad, Baghdad, Iraq.

² College of Biotechnology, Al-Nahrain University, Baghdad, Iraq.

Abstract

This study aimed for isolation and identification of *Candida glabrata* and identifying some virulence factors. The distribution of patients with candidemia thrush showed that the age group 50-65 years old recorded the highest incidence of candidiasis in female and male with leukemia by 50% and 37.9 % respectively compared to the lowest incidence of candidiasis in the age group under 17 years old in female and male 8.8% and 13.5%, respectively. While the age group between 5-8 years was high, reaching 18 cases of oral candidiasis and 42% of children with leukemia compared with the age group, which was the least, that reached 9 cases, 21%. The highest incidence of *C. glabrata* was 59 isolates of females and males with leukemia, while *C. kefyer* was the least which was one isolate. *C. glabrata* was the most isolated from children with leukemia 13 isolates and *C. kefyer* was two isolates. *C. glabrata* showed the highest biofilm formation, 48 isolates were distributed between 21 strong and 27

Received 31 December 2019; accepted 2 February 2020; published 15 November 2020.

© 2020 The Author(s), licensee HBKU Press. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Cite this as: Salah NS, Risan MH, Mushen, TAA. Isolation and characterization of *Candida glabrata* from clinical specimens in some hospitals in Baghdad. Arabian Journal of Scientific Research 2020;2:10. <https://doi.org/10.5339/ajsr.2020.10>

weak biofilm production. The least biofilm formation isolates were *C. tropicalis*, which reached six isolates and distributed between four strong and two isolates weak.

Keywords: Candidemia, leukemia, biofilm formation, Baghdad hospitals.

2-1-2 وسط (Candida Chromogenic agar)

حُضِر هذا الوسط حسب تعليمات الشركة المجهزة بوزن 45.9 غم من الوسط الجاهز، ووضِع في دورق زجاجي وأُذيب في 1000 مل من الماء المقطر بواسطة التسخين، وتمّ عليه مدة دقيقة واحدة لمساعد على مزج المادة مع الماء، وبعدها بُرد الوسط ووضِب في أطباق معقمة، واستعمل الوسط لتمييز خمائر المبيضات طبقاً للون المستعمرة.

2-2 جمع العينات (Collections of Samples)

جُمعت 130 عينة سريرية أُخذت من المرضى المصابين بسرطان الدم من مستشفى مدينة الطب/ قسم اللوكيميا في محافظة بغداد خلال المدة أيلول/ سبتمبر 2018 - شباط/ فبراير 2019، إذ جمعت 40 عينة دم من الرجال و40 عينة دم من النساء المصابات بسرطان الدم، و50 مسحة فموية من أطفال مصابين بسرطان الدم راقدين في المستشفى تأكد تشخيصهم من مختبر مدينة الطب في بغداد وجمعت العينات بسحب 5 مل من الدم من كل مريض باستعمال (EDTA) لتجنب تخثر الدم. أما العينات الفموية فقد جمعت من لعاب الأطفال باستعمال مسحات قطنية (Swabs)، وسُجّلت كافة البيانات المعلوماتية من جميع المرضى وتم تقديم العروض السريرية من قبل أطباء متخصصين وفقاً لبيانات المرضى.

3-2 عزل الخميرة (Isolation of yeast)

حضر الوسط (SDA) وعقم بالمؤودة عند درجة حرارة 121°م تحت ضغط 15 رطل/بوصة² مدة 15 دقيقة، ثم بُرد إلى 45°م وأضيف إليه 250 ملغم/لتر من المضاد الحيوي الكلورامفينيكول (Chloramphenicol). ووضِع 100 ميكرو لتر من الدم على وسط (SDA)، وأضيف (Barafilm) لحمايته من التلوث، ثم حُضنت عند درجة حرارة 37°م مدة سبعة أيام، وأخذت مسحة من لعاب الأطفال وُزعت على الوسط نفسه.^{11,10}

4-2 تشخيص المبيضات (Identification of Candida)

1-4-2 خصائص الشكل (Characteristics of Morphological)

لتحديد خصائص الشكل الظاهري للخميرة، جُمعت العينات وُزعت على وسط (SDA) ثم حُضنت بدرجة حرارة 37°م مدة 24-48 ساعة، وفُحصت المستعمرات لتحديد شكلها، ولونها، وحجمها وملامستها.¹²

2-4-2 تنقية المستعمرات (Purification of Colonies)

بعد التأكد من أن المستعمرات تنتمي إلى المبيضات، نُقيت المستعمرات عن طريق إضافتها إلى وسط (SDA) وحُضنت عند درجة حرارة 37°م مدة 48 ساعة للحصول على مستعمرات نقية، غلفت بـ (Barafilm) لتجنب التلوث وحُفظت في التلاجة إلى حين الاستعمال.¹³

3-4-2 تحضير محلول معيار التعكر (Macfarland)

حُضِر عالق خميرة (*Candida*) على وسط (SDB) ثم حُضِر معيار التعكر (macfarlane) رقم 0.5 وفقاً لزيمبرو وآخرين¹⁴ بإضافة 1.175 غم من كلوريد

1- المقدمة

تعدّ الفطريات من أهم الكائنات الحية انتشاراً في معظم البيئات، وتنقسم إلى أعفان Mould وخمائر Yeast. أما الخمائر فهي كائنات حية أحادية الخلية تتكاثر بالتبرعم، ويوجد منها عدة أقسام؛ قسم منها نافعة للإنسان وأخرى مَرضية مثل جنس المبيضات *Candida*. ويعدّ جنس المبيضات أكثر انتشاراً لامتلاكه عدة عوامل ضراوة، وكذلك لقدرتها على إحداث إصابات داخلية في القناة التنفسية والهضمية وقناة المجاري البولية والتناسلية، فضلاً عن دخولها في بعض الحالات إلى مجرى الدم.^{1, 2} وأشار بابون وآخرون³ أن المبيضات حوالي 150 نوعاً، تتضمن 20 نوعاً مرضية للإنسان، وأن 90% من الإصابات تسببها المبيضات البيض (*C. albicans*). كما توجد أنواع أخرى مرضية مثل (*C. glabrata*) و(*C. krusei*) و(*C. tropicalis*) و(*C. parapsilosis*). ويبيّن تشو وآخرون⁴ زيادة حدوث الإصابة بالمبيضات لأسباب عديدة، منها: ضعف المناعة بسبب الإصابة بفيروس العوز المناعي البشري (HIV) والاستعمال الطويل للأدوية المثبطة للمناعة وزرع الأعضاء، وتصيب الأطفال حديثي الولادة وكبار السن أيضاً. وتشكل الإصابة التي تسببها المبيضات عبئاً ثقيلاً على الصحة العامة، وذلك لارتفاع معدل الوفيات.⁵ وتعدّ خميرة (*C. glabrata*) من أهم أنواع المبيضات من حيث قوتها الإراضية بعد المبيضات البيض (*C. albicans*)، وتتميز خميرة (*C. glabrata*) بعدم قدرتها على تكوين خيوط فطرية كاذبة (Pseudohyphae) وليس لها القدرة على التحول الثنائي (Dimorphic)، إلا أنها تُكوّن أبواغاً برعمية (Blastospore)، وتتميز مستعمراتها بأنها ملساء ناعمة وذات لون أبيض كريمي.⁶ ويبيّن تيمرمانس وآخرون⁷ ورسن⁸ أن خميرة (*C. glabrata*) تعدّ المسبب المرضي الفطري الذي يهدد حياة المرضى ويسبب المزيد من المشاكل في المستشفيات بسبب إظهارها مقاومة ذاتية للأدوية المضادة للفطريات. لذلك تهدف هذه الدراسة إلى عزل وتشخيص خميرة (*C. glabrata*) من عينات سريرية في بعض مستشفيات مدينة بغداد وتحديد الغشاء الحيوي.

2- المواد وطرائق العمل

1-2 تحضير الأوساط الزرعية الجاهزة

حُضِر الوسطان السابرويد دكستروز أكار (Sabouraud Dextrose Agar) و(SDA)، و(SDB) Sabouraud Dextrose Broth حسب تعليمات الشركة المجهزة، وعُقمت جميع الأوساط الزرعية المستعملة بالمؤودة (Autoclave) بدرجة حرارة 121°م تحت ضغط 15 رطل/بوصة² لمدة 15 دقيقة.⁹

1-1-2 وسط (Brain heart infusion broth)

حُضِر هذا الوسط حسب تعليمات الشركة المجهزة بوزن 37 غم من الوسط الجاهز، ووضِع في دورق زجاجي وأُذيب في مقدار معين من الماء المقطر، وأُكمل الحجم إلى 1000 مل من الماء المقطر، بعدها عُمّ الوسط بالمؤودة بدرجة حرارة 121°م تحت ضغط 15 رطل/بوصة² مدة 15 دقيقة، واستعمل لتكوين الغشاء الحيوي لخميرة (*C. glabrata*).

وقورنت الفروق المعنوية بين المتوسطات باختبار أقل فرق معنوي (LSD) واستعمل اختبار مربع كاي (Chi-Square) لمقارنة الفروق بين النسب المئوية، على مستوى احتمالية 0.05 و 0.10.

3- النتائج والمناقشة

3-1 توزيع المرضى المصابين بداء مبيضات الدم والفم

3-1-1 توزيع المرضى المصابين بداء مبيضات الدم

أظهرت نتائج جمع 80 عينة من دم المرضى المصابين بسرطان الدم من الرجال والنساء وجود 71 عذلة مرضية لأنواع جنس المبيضات (*Candida spp.*)، إذ بلغت 34 حالة مرضية سريرية لمرضى النساء وسجلت الفئة العمرية 50-65 سنة 17 حالة مرضية بنسبة 50% أما الفئة العمرية 20-30 سنة فسجلت 9 حالات مرضية بنسبة 26.5%، في حين سجلت الفئة العمرية 40-50 سنة 5 حالات بنسبة 14.7%، وأخيراً سجلت الفئة العمرية دون 17 سنة أقل الحالات؛ 3 حالات مرضية سريرية بنسبة 8.8% كما في الجدول (1)، وأظهرت النتائج وجود فروق معنوية جداً، وتم تسجيل جميع المعلومات لكل مريض.

الجدول 1. النسب المئوية لتوزيع النساء المصابات بداء مبيضات الدم نتيجة الإصابة بمرض سرطان الدم (Leukemia) حسب الفئات العمرية.

العمر	عدد النساء المصابات	النسبة المئوية لإصابة النساء (%)
65-50 سنة	17	50
50-40 سنة	5	14.7
30-20 سنة	9	26.5
دون 17 سنة	3	8.8
العدد الكلي	34	100%
Chi-Square (χ^2)	---	13.594*
P-value		0.0036

(P<0.05)*

أما الحالات المرضية لفئة الرجال فبلغت 37 حالة مرضية سريرية وإيجابية من ناحية وجود خميرة (*Candida spp.*)، وأظهرت النتائج ان الخميرة ايجابية لمرضى سرطان الدم للفئة العمرية 50-65 سنة في 14 حالة بنسبة 37.9%، تلتها الفئة العمرية 40-50 سنة بـ 11 حالة وبنسبة 29.7%، أما الفئة العمرية 20-30 سنة فوجدت 7 حالات بنسبة 18.9%، وأخيراً الفئة العمرية دون 17 سنة فسجلت أقل الحالات؛ 5 حالات مرضية سريرية بنسبة 13.5%، ووجدت فروق معنوية بين المعاملات كما في جدول (2).

الباريوم ($BaCl_2$) في 1000 مل من الماء المقطر (المحلول الأول) وإضافة 1 مل من حامض الكبريتيك المركز (H_2SO_4) إلى 99 مل من الماء المقطر (المحلول الثاني)، وبعدها أضيف (0.05) من المحلول الأول إلى 9.95 مل من المحلول الثاني، وخلط جيداً، ووضع المحلول في أنابيب زجاجية محكمة الإغلاق لمنع التبخر، وحفظت في الظلام بدرجة حرارة الغرفة.

4-4-2 تحضير محلول بفر الفوسفات (Phosphate Buffer Saline, PBS)

حضر محلول بفر الفوسفات من 0.144 غم من فوسفات البوتاسيوم الأحادية (K_2HPO_4) و9 غم من كلوريد الصوديوم (NaCl) و0.795 غم من فوسفات ثنائي الصوديوم (Na_2HPO_4) ثم أذيبت هذه المكونات في 1000 مل من الماء المقطر) وضبطت درجة الحموضة على 7.2 وعُقدت مدة 15 دقيقة. ثم خزنت في الثلاجة عند 4 درجات مئوية إلى حين الاستعمال. استعمل هذا المحلول في دراسة أنواع (*Candida*) وتشخيصها، وفي اختبار تحضير عالق خميرة (*Candida*) وتثبيط الغشاء الحيوي لـ *Candida*.¹⁵

4-4-5 النمو على وسط كروم آكار (*Candida Chromogenic agar*)

بعد الحصول على عدة عزلات من خميرة (*Candida*) استعمل وسط (Chrom agar) لفصل أنواع *Candida* استناداً إلى لون المستعمرات؛ إذ أخذت العزلات ونُميت على الوسط المذكور أعلاه مدة 48 ساعة عند درجة حرارة 37°م، وسُجلت النتائج وحُسب لون المستعمرات لخميرة (*Candida*).¹⁶

4-4-6 اختبار تشخيص العزلات بجهاز (The Vitek2 Compact System)

استعمل نظام (Vitek2 Compact) لتأكيد تشخيص أنواع المبيضات المهمة سريرياً، وذلك حسب التعليمات التي وصفتها الشركة المصنعة (Biomérieux U.S.A)، واستعمل هذا الجهاز لتأكيد تشخيص أغلب أنواع *Candida* من خلال عدد تشخيصية خاصة بالجهاز.

5-2 اختبار عوامل الضراوة (Virulence factors test)

5-2-1 اختبار الأنبوب الجرثومي (Germ tube test)

وُضع في أنبوب الاختبار 0.5 مل من مصل دم إنسان، وأضيفت إليه مستعمرات الخميرة بعد يوم وحُضنت في درجة حرارة 37°م مدة 2-3 ساعات، بعدها وُضعت قطرة من العالق على شريحة زجاجية نظيفة وُضع عليها غطاء وفُحصت تحت المجهر الضوئي لملاحظة الأنبوب الجرثومي بشكل خيوط خيالية قصيرة.¹⁷

5-2-2 اختبار تكوين الغشاء الحيوي (Biofilm formation test)

تم اختبار تكوين الغشاء الحيوي لخميرة (*Candida spp.*) باستعمال وسط (Brian heart infusion, BHI) بمقدار 37 غم/لتر وسكر الغلوكوز بمقدار 80 غم/لتر وآكار بمقدار 10 غم/لتر وصبغة الكونغو الحمراء (Gongo red stain) بمقدار 0.8 غم/لتر، وأُذيبت هذه المكونات في 1000 مل من الماء المقطر وعُقدت ثم وُضعت في أطباق وتُركت لتبرد. نُميت خميرة (*Candida spp.*) على هذا الوسط وحُضنت مدة 24-48 ساعة في درجة حرارة 37°م وبثلاثة مكررات، استعملت صبغة (Gongo red) للكشف عن المبيضات المنتجة للغشاء الحيوي في المختبرات.¹⁸

6-2 التحليل الإحصائي

استعمل البرنامج الإحصائي (Statistical Analysis System, SAS)¹⁹ في تحليل البيانات لدراسة تأثير العوامل المختلفة في الصفات المدروسة،

الجدول 2. النسب المئوية لتوزيع الرجال المصابين بداء مبيضات الدم نتيجة الإصابة بمرض سرطان الدم (Leukemia) حسب الفئات العمرية

العمر	عدد الرجال المصابين	النسبة المئوية لإصابة الرجال (%)
65-50 سنة	14	37.9
50-40 سنة	11	29.7
30-20 سنة	7	18.9
دون 17 سنة	5	13.5
العدد الكلي	37	100%
Chi-Square (χ^2)	---	5.270*
P-value	---	0.0530

(P<0.05) *

تجوييف الفم عند الأطفال الذين يتلقون العلاج من مرض السرطان.²³ وأشار كاونوشافين²⁴ إلى اختراق الغشاء المخاطي للفم من قبل جنس *Candida* هو عامل خطر للإصابة بداء مبيضات الفم. وتتمثل أعراض الإصابة بظهور بقع بيضاء على سطوح الأغشية المخاطية المبطنة لتجوييف الفم واللسان والحنجرة، وتزداد هذه الحالة لدى الأطفال وتظهر أيضًا لدى البالغين. واتفقت دراستنا الحالية مع مارتينز وآخرين²⁵ الذين أوضحوا أن الأنواع تستعمر الغشاء المخاطي في الجهاز الهضمي 50% والممرات التنفسية وكذلك الفم والبلعوم والحنجرة. وأظهرت 7 عينات أعطت نتيجة إيجابية للفحص المجهرى من مسحات الفم للأطفال الذين يعانون من مرض القلاع الفموي (Oral thrush).²⁶ وبين¹⁷ أن خميرة (*C. glabrata*) و(*C. albicans*) هما أكثر الأنواع انتشارًا في اختراق الغشاء المخاطي للفم. وكذلك أجريت دراسة على 110 مريض يعانون من مرض القلاع الفموي، ووجد أن 24% من الحالات تسببها خميرة (*C. glabrata*).²⁷

2-3 تشخيص الخميرة (Identification of yeast)

1-2-3 الخصائص الزرعية (Cultural Characteristics)

شكلت المستعمرات لأنواع المبيضات على وسط (SDA) شكلًا بيضويًا إلى بيضاوي مستدير، محدبة ولسسة مع رائحة خميرة مميزة (الشكلان 1 و2). وتمتاز الخميرة بسرعة نموها ونضوجها خلال 48-72 ساعة. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه إيمونز وآخرون²⁸ الذين أوضحوا أن خميرة (*C. glabrata*) تشكل مستعمرات ناعمة ولامعة وكريمية اللون. كما أظهرت دراستنا الحالية أن خميرة (*C. glabrata*) هي المبيضات الوحيدة التي لا تشكل خيوطا فطرية كاذبة (Pseudohypha) في درجات حرارة أعلى من 37°م وهذه النتائج تتفق مع كالديرون وكلاسي²⁹ اللذين بيّنا أن مستعمرات خميرة (*C. glabrata*) ذات لون كريمي ويبلغ قطر خلاياها 4-1 ميكرونات وتكون أصغر من خلايا (*C. albicans*). كذلك أشار محمد³⁰ إلى أن خميرة (*C. glabrata*) شكلت مستعمرات ناعمة ولامعة ويمكن تمييزها تقريبًا عن تلك المبيضات الأخرى بحجمها النسبي الصغير جدًا.



الشكل 1. مستعمرات خميرة (*Candida glabrata*) بعد زراعتها على وسط (SDA) في درجة حرارة 37°م بعد 24 ساعة

تشكل إصابات مجرى الدم (Blood Stream infection) التي يسببها جنس *Candida* خطورة وتهديدًا للحياة المرضى في جميع أنحاء العالم التي ترتبط بمعدل وفيات يصل إلى 38% خلال إطالة البقاء في المستشفى.²⁰ وهذا يتفق مع زاوتيس وآخرين²¹ الذين وضحو أن أنواع المبيضات رابع أكثر الأنواع شيوعًا والمسببة للتهاب مجرى الدم وتسبب داء المبيضات (Candidiasis) للمرضى المقيمين في المستشفى، ويبتنوا سبب زيادة الإصابة في هذه الفئات العمرية بسبب توفر ظروف مناسبة مثل نقص المناعة واستعمال المضادات الحيوية على المدى الطويل والإصابة بالأورام الخبيثة وهذا يتفق مع شلينز²² الذي بيّن أن التناول المتكرر للمضادات الحيوية والقسطرة الوريدية المركزية والأجهزة الغازية وجراحة البطن والإقامة في وحدة العناية المركزة يعرض المرضى للإصابة بداء المبيضات.

1-2-3 توزيع داء المبيضات الفموي عند الأطفال حسب الفئات العمرية

لوحظ في الجدول (3) عدم وجود فروق معنوية، وسُجلت 43 إصابة للأطفال بداء المبيضات الفموية من أصل 50 طفلًا مصابًا بسرطان الدم، إذ سجلت الفئة العمرية 5-8 سنوات 18 حالة بنسبة 42%، تلتها الفئة العمرية 10-12 سنة فسجلت 16 حالة بنسبة 37%، وبعدها الفئة العمرية 8-10 سنوات التي سجلت أقل حالات الإصابات بلغت 9 حالات بنسبة 21%.

الجدول 3. النسب المئوية لتوزيع الأطفال المصابين بالمبيضات الفموية حسب الفئات العمرية

العمر	عدد الإصابات في الأطفال	النسبة المئوية لإصابة الأطفال (%)
8-5 سنوات	18	42
10-8 سنوات	9	21
12-10 سنة	16	37
العدد الكلي	43	100%
Chi-Square (χ^2)	---	3.152 NS
P-value	---	0.206

NS: Non-Significant

المبيضات الفموية واحدة من أكثر الأمراض الفطرية الانتهازية شيوعًا في

الجدول 4. تشخيص أنواع المبيضات على وسط (Candida Chromagar)

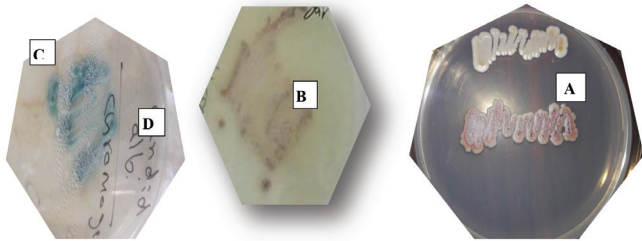
أنواع جنس المبيضات	مكان جمع العينات	نتائج الألوان للمستعمرات	عدد العزلات
<i>C.glabrata</i>	مستشفى مدينة الطب/محافظة بغداد	وردي فاتح أرجواني Light White-Purple	72
<i>C.albicans</i>	مستشفى مدينة الطب/محافظة بغداد	أخضر Green	27
<i>C.tropicalis</i>	مستشفى مدينة الطب/محافظة بغداد	أزرق Blue	8
<i>C.krusei</i>	مستشفى مدينة الطب/محافظة بغداد	بنفسجي- pink purple	4
<i>C.kefyer</i>	مستشفى مدينة الطب/محافظة بغداد	أبيض White	3



الشكل 2. مستعمرات خميرة (*Candida glabrata*) بعد زراعتها على وسط (SDB) في درجة حرارة 37°م بعد 24 ساعة

2-2-3 تشخيص خميرة (*C. glabrata*) بواسطة وسط كروم آكار (Identification of *Candida glabrata* by Chromagar)

تُميت المبيضات المعزولة من عينات سرطان الدم على الوسط الاختباري (*Candida chromagar*) بعد حضانها مدة 48 ساعة في درجة حرارة 37°م (جدول 4). وشخصت الخميرة بالاعتماد على لون المستعمرات وحسب الشركة المصنعة للوسط، إذ ظهر لون وردي فاتح على وسط (Chrom agar) لمستعمرات خميرة (*C.glabrata*) الشكلان (3 و 4) وتوافقت النتائج مع ما توصل إليه مانيكاندان وأمسات³¹ بظهور المستعمرات بلون وردي فاتح عند تنميتها على الوسط (*Candida chrom agar*).



الشكل 4. مستعمرات (*Candida spp.*) على وسط (Candida Chrom agar) (A)- *C.kefyer*, (B)- *C.albicans*, (C)- *C.Parasilosis*, (D)- *C.krusei*

3-3 توزيع النسب المئوية لأنواع المبيضات المعزولة من عينات سريرية

شخصت 114 عزلة خميرة (*Candida*) من مجموع 130 عينة سريرية، وشخصت الأنواع التابعة لجنس المبيضات الحالية بالاعتماد على الخصائص الزرعية والمظهرية، وتم الحصول على 71 عزلة من عينات سريرية من مرضى سرطان الدم من النساء والرجال، حيث أظهرت النتائج عزل خميرة (*C. glabrata*) من مجموع 71 عزلة بنسبة 83.1%، في حين بلغت أعداد العزلات لخميرة (*C. albicans*) و(*C. tropicalis*) و(*C. krusei*) و(*C.kefyer*)، 1,2,3,6 على التوالي ووجدت فروق معنوية جدًا بين المعاملات كما في الجدول (5).



الشكل 3. مستعمرات خميرة (*Candida glabrata*) على وسط (*Candida Chromagar*) في درجة حرارة 37°م بعد 24 ساعة

الجدول 5. النسب المئوية لتوزيع المبيضات المعزولة من مرضى سرطان الدم من النساء والرجال.

أنواع جنس المبيضات	أعداد العزلات لمرضى سرطان الدم للنساء والرجال	النسبة المئوية لإصابة النساء والرجال (%)
<i>C.glabrata</i>	59	83.1
<i>C.albicans</i>	6	8.5
<i>C.tropicalis</i>	3	4.2
<i>C.krusei</i>	2	2.8
<i>C.kefyer</i>	1	1.4
العدد الكلي	71	100
Chi-Square (χ^2)	---	177.662**
P-value	---	0.0001

(P<0.01)**

وتوافقت هذه النتائج مع ليوزميلييه³² إذ أوضحوا أن خميرة (*C. glabrata*) تعدّ ثاني أكثر الأسباب شيوعاً بنسبة 24% من مجموع مبيضات الدم (Candidemia) في الولايات المتحدة الأمريكية، وفي عام 2004 تم عدّ خميرة (*C. glabrata*) المسبب الرئيس لداء مبيضات الدم، وتم الكشف عن معدلات وفيات للمرضى المصابين بداء مبيضات الدم بسبب خميرة (*C. glabrata*) بنسبة 50% في مرضى السرطان ونسبة 100% في مرضى نخاع العظم، على الرغم من أن (*C.albicans*) هي الأكثر شيوعاً والمعزولة من الدم، إلا أن (*C. glabrata*) لها تأثير خطير بين أنواع المبيضات وترتبط بمعدل وفيات مرتفع، وذلك لأنها أهمية خاصة بسبب مقاومتها المتزايدة للمضادات الفطرية وبالتحديد "الأزولات" (Azoles).³³ وهذا يتوافق مع ما وجده فيديل وزميله³⁴ الذين أشاروا إلى وجود نمط ظاهري رئيس وعامل ضراوة محتملة تمتلكه (*C. glabrata*) وهو مقاومة ذاتية منخفضة المستوى لأدوية "الأزول" وهي أدوية مضادة للفطريات والأكثر شيوعاً بما في ذلك أدوية الفلوكانازول والكيبتوكونازول التي تعدّ غير فعالة في 15-20% ضد *C. glabrata*، في حين أن المضادات مثل الأمفوتريسن B والنيستاتين لها تأثير فعال.

ويوضح الجدول (6) العزلات الفموية من الأطفال المصابين بمرض سرطان الدم؛ وجود 43 عزلة لجنس المبيضات وكانت 13 عزلة لخميرة (*C.glabrata*) بنسبة 30.2%، في حين بلغت أعداد العزلات (*C.albicans*) و(*C.tropicalis*) و(*C.krusei*) و(*C.kefyer*) 5، 21، 2، و2 على التوالي وسجلت فروق معنوية جداً بين المعاملات.

كان نوع المبيضات البيض (*C. albicans*) في هذه الدراسة أكثر العوامل المسببة لمرض القلاع الفموي (oral thrush) التي سجلت 21 عزلة بنسبة 48.8% من إصابة المبيضات. وهذه النتائج مماثلة لما توصل إليه أوغبا وآخرون³⁵ الذين أظهر أن نسبة عزلات المبيضات البيض كانت 74% على التوالي تقريباً، ونتائج محمد والأحمدي³⁶ اللذين بينوا أن نسبة المبيضات البيض 61% عند الإصابة بمرض القلاع الفموي. في حين أن (*C. glabrata*) كانت أكثر الأنواع انتشاراً بعد المبيضات البيض في دراستنا الحالية. وتتفق هذه النتائج مع نتائج محمد³⁷ الذي وجد أن (*C. glabrata*) و(*C. albicans*) كانت أكثر أنواع الخميرة شيوعاً المعزولة من فم المرضى المصابين بداء مبيضات الفم بنسبة 45% و5.44% على التوالي. في حين ذكر ديفي وماهيشواري³⁸ أن من بين 60 عزلة من المبيضات المعزولة تم عزلها من

الجدول 6. توزيع النسبة المئوية للمبيضات المعزولة من فم الأطفال المصابين بمرض سرطان الدم.

أنواع جنس المبيضات	أعداد العزلات لمرضى سرطان دم من الأطفال	النسبة المئوية لإصابة الأطفال (%)
<i>C.albicans</i>	21	48.8
<i>C.glabrata</i>	13	30.2
<i>C.tropicalis</i>	5	11.6
<i>C.krusei</i>	2	4.7
<i>C.kefyer</i>	2	4.7
العدد الكلي	43	100
Chi-Square (χ^2)	---	31.767**
P-value	---	0.0001

(P<0.01)**

عينات سريرية مختلفة، وصلت نسبة المبيضات البيض إلى 52%، وهي من أكثر الأنواع شيوعاً والمعزولة من الفم. وتتفق هذه النتائج كذلك مع العبادي³⁹ الذي أشار إلى أن نسبة العزلة للمبيضات البيض من الفم كانت 63%، بينما تم عزل الأنواع الأخرى مثل (*C.glabrata*) و(*C.krusei*) بنسبة 14.2% و8.69% على التوالي. وكذلك اتفقت هذه النتائج مع حسين⁴⁰ إذ عزل 5 أنواع عائدة لجنس المبيضات من تجويف الفم وقد جاء النوع (*C.albicans*) في مقدمتها وتلتها الأنواع التالية (*C.tropicalis*) و(*C.krusei*) و(*C.glabrata*).

4-3 تشخيص خميرة (*Candida glabrata*) بواسطة نظام (Vitek2Compact System)

تم الحصول على 71 عزلة من خميرة (*C.glabrata*) التي شخصت بطرائق زرعية ومظهرية ومجهرية باستعمال الوسط الاختباري (*Candida chrom agar*)، وقد بيّنت النتائج من خلال استعمال نظام (Vitek2Compact) أن العزلات كانت مطابقة وأن جميعها يعود إلى خميرة (*C.glabrata*).

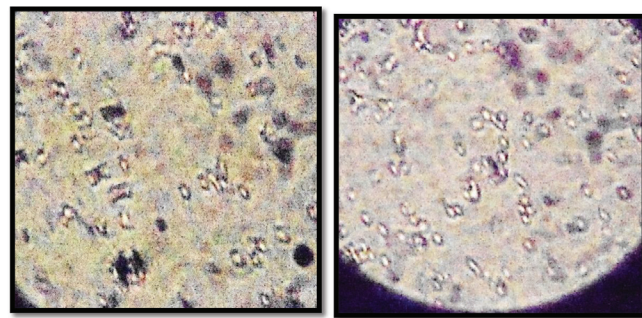
5-3 تحديد عوامل الضراوة لخميرة (*Candida glabrata*)

1-5-3 تكوين الأنبوب الجرثومي (Germtube formation)

أظهرت نتائج الاختبار أن جميع العزلات العائدة للنوع (*C. glabrata*) قد كوّنت الأنبوب الجرثومي لكن ليس بوضوح إذ ظهر الأنبوب الجرثومي ضعيفاً، وأعطت نتيجة إيجابية عند حضنها في درجة حرارة 37 م° مدة 3 ساعات في 0.5 مل من مصل دم الإنسان (الشكل 5)، لكن جميع الأنواع الأخرى لم تكوّن الأنبوب الجرثومي تحت الظروف نفسها، وتتفق النتائج مع أكوثرنا وزميليه⁴¹ الذين وضحو أن الأنبوب الجرثومي في هذا الاختبار وبإضافة المحفز (المصل) قد عمل على تكوينه حول خلية الخميرة. فضلاً عن دوره المهم في عملية اختراق طبقة الخلايا الطلائية المبطنة للجسم والأنسجة والوصول إلى مجرى الدم فضلاً عن ذلك يعتقد أنه ضروري لتغذية الخميرة.⁴²

red agar) لتحديد قدرة خميرة (*Candida*) على تكوين الغشاء الحيوي، إذ تعد هذه الطريقة بسيطة وموثوقة لتحديد الغشاء الحيوي. وظهر تباين في النتائج بين العزلات في إنتاجها للغشاء الحيوي ما بين القوي والضعيف. وأظهرت 24 عزلة لخميرة (*C. glabrata*) عدم إنتاجها للغشاء الحيوي من مجموع 72 عزلة، في حين تفاوتت العزلات الأخرى ما بين القوية 21 عزلة، والضعيفة 27 عزلة لإنتاجها للغشاء الحيوي. أما خميرة (*C. albicans*) فكانت 11 عزلة لم تنتج الغشاء الحيوي من مجموع 27 عزلة و7.9 عزلات أظهرت إنتاجاً قوياً وضعيفاً على التوالي، بينت وُجد لخميرة (*C. krusei*) عزلة واحدة لم تنتج الغشاء الحيوي من مجموع 4 عزلات و1.2 عزلات أظهرت إنتاجاً قوياً وضعيفاً على التوالي. وسجلت خميرة (*C. kefyer*) إنتاج جميع عزلاتها للغشاء الحيوي وبالغلة 3 عزلات، وأظهرت 1.2 إنتاجاً قوياً وضعيفاً على التوالي، وأخيراً وُجدت عزلتان من خميرة (*C. tropicalis*) لم تنتج الغشاء الحيوي من أصل 8 عزلات، وتوزعت بين 2 إنتاج قوي و4 إنتاج ضعيف، ووُجدت فروق معنوية جداً بين الغشاء الحيوي وأنواع المبيضات المختلفة.

الجدول 7. تشكيل الغشاء الحيوي من 114 عزلة لجنس المبيضات بواسطة (Gongo red agar).



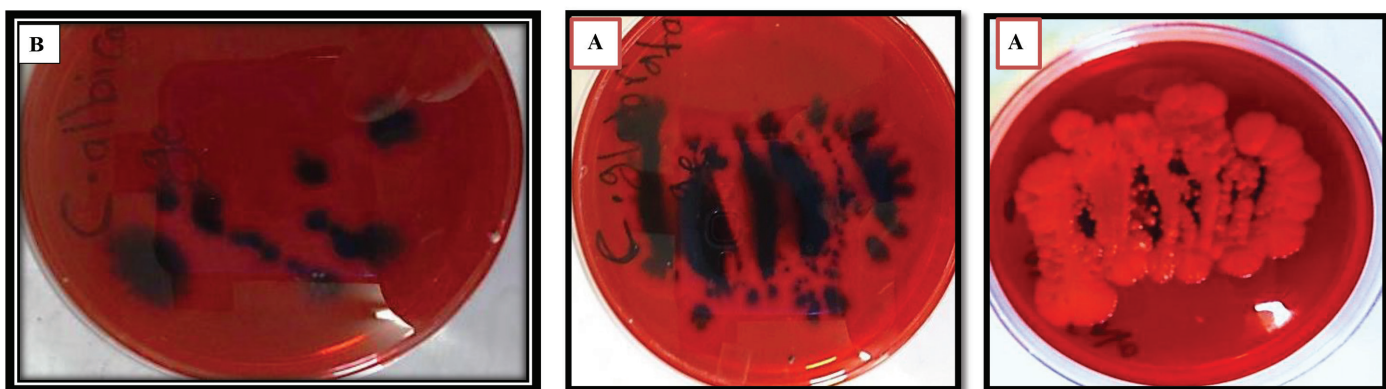
الشكل 5. الأنبوب الجرثومي لخميرة (*Candida glabrata*) على مصل دم الإنسان عند درجة 37 م مدة 3 ساعات (40X)

2-5-3 تحديد الغشاء الحيوي لخميرة (*Candida spp.*)

أظهرت تجارب تحديد الغشاء الحيوي (Biofilm) بوجود 114 عزلة من المبيضات، وكانت 76 عزلة إيجابية و38 أخرى سلبية للغشاء الحيوي لمرضى سرطان الدم من النساء والرجال وفم الأطفال المصابين بداء مبيضات الفم كما في الجدول (7) والشكل (6)، واستعملت طريقة كونغو أكار (Gongo)

Candida spp.	عدد العزلات	النسبة المئوية للعزلات (%)	عدد العزلات السالبة للغشاء الحيوي	قوي	ضعيف	عدد العزلات الموجبة للغشاء الحيوي
<i>C. glabrata</i>	72	63.2	24	21	27	48
<i>C. albicans</i>	27	23.7	11	9	7	16
<i>C. krusei</i>	4	3.5	1	2	1	3
<i>C. kefyer</i>	3	2.6	0	1	2	3
<i>C. tropicalis</i>	8	7	2	4	2	6
العدد الكلي	114	100	38	37	39	76
Chi-Square (χ^2)	**21.548		**10.063	---	---	**11.437
P-value	0.0001		0.0026			0.0003

** (P<0.01)



الشكل 6. تشكيل الغشاء الحيوي (Biofilm) بواسطة طريقة (Gongo red agar) (A)- *C. glabrata*, (B)- *C. albicans*

لجهاز المناعي للمضيف والمضادات الحيوية. كما تتفق دراستنا مع ساتيا وآخرين⁴⁴ الذين بينوا أن خميرة (*C. glabrata*) أعطت نتيجة إيجابية لإنتاج الغشاء الحيوي بين 40 عزلة لأنواع (*Candida*) بنسبة 80%، تلتها خميرة (*C. tropicalis*) بنسبة 38.8%. وهذا يتوافق مع سيلفا وآخرين⁴⁵ الذين بينوا

يعدّ الغشاء الحيوي (Biofilm) من أهم عوامل الضراوة للمبيضات التي تؤدي دوراً رئيساً في الإصابة بداء المبيضات، وهذا يؤكد ما توصل إليه ماريوسفراز⁴³ اللذان أشارا إلى أن 60% من الإصابات المرضية للإنسان مرتبطة بالغشاء الحيوي الذي تكوّنه الكائنات الدقيقة التي تكوّن مقاومة

أن مجموعة العزلات التي حصلنا عليها 81 عزلة من مجموع 111 عزلة من المبيضات أنتجت الغشاء الحيوي وأعطت نتيجة إيجابية. وبين داغوزميلاه⁴⁸ أن إنتاج الغشاء الحيوي هو سمة خاصة بالمبيضات الإمرضية حسب دراسة أجروها، إذ أعطت (*C. albicans*) و(*C. glabrata*) إيجابية أعلى لإنتاج الغشاء الحيوي مقارنة بأنواع المبيضات الأخرى.

أن خميرة (*C. glabrata*) لها القدرة على تشكيل الغشاء الحيوي بنسبة كبيرة ولها أهمية بيئية، إذ تساعد على بقاء الخميرة على قيد الحياة كمرضات للإنسان من خلال السماح لها للهروب من آليات مناعة المضيف ومقاومة المضادات الفطرية، كما أن تشكيل الغشاء الحيوي في خميرة (*C. glabrata*) يعدّ عاملاً أساسياً في بقاء النوع. ووجد خاطر والنوري⁴⁶ أن 41 عزلة من أصل 75 من المبيضات أنتجت الغشاء الحيوي. كما أشار مهندس وبلال⁴⁷ إلى

المراجع

- Dota KFD, Consolaro MEL, Svidzinski TIE, Bruschi ML. Antifungal activity of Brazilian propolis microparticles against yeasts isolated from vulvovaginal candidiasis. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 2011;8.
- Mahmoudabadi AZ, Zarrin M, Fard MB. Antifungal susceptibility of *Candida* species isolated from candiduria. Jundishapur Journal of Microbiology. 2013;6(1):24–28.
- Papon, N, Courdavault V, Clastre M, Bennett RJ. Emerging and emerged pathogenic *Candida* species: Beyond the *Candida albicans* paradigm. PLOS Pathogens. 2013;9(9):1–4.
- Chu JH, Feudtner C, Heydon K, Walsh TJ, Zaoutis TE. Hospitalizations for endemic mycoses: A population-based national study. Clinical Infectious Diseases. 2006;42(6):822–825.
- Liu X, Ma Z, Zhang J, Yang L. Antifungal compounds against *Candida* infections from traditional Chinese medicine. BioMed Research International. 2017;12.
- Lipperheide V, Bikandi J, Garcia-Fernandez JF, Quindós G, Pontón J. Colony variation in *Candida glabrata* isolates from patients with vaginitis. Revista Iberoamericana de Micología. 2002;19(3):161–164.
- Timmermans B, De Las Peñas A, Castaño I, Van Dijck P. Adhesins in *Candida glabrata*. Journal of Fungi. 2018;4(2):60.
- Risan MH. Molecular identification of yeast *Candida glabrata* from candidemia patients in Iraq. Iraqi Journal of Science. 2016;57(2A):808–813.
- Olaniyi OO, Adebowale O. Production and partial purification of beta-mannanase from *Aspergillus niger* associated with Ilaje Lake, Ondo State, Nigeria. Journal of Bacteriology & Mycology: Open Access. 2017;5(3):281–285.
- Collee JG, Fraser AG, Marmion BP, Simmons A. A practical medical microbiology. 14th ed. New York: Churchill Livingstone; 1996.
- Vandeppitte J, Engbaek K, Piot P, Heuck CC. Basic laboratory procedures in clinical bacteriology. Geneva: World Health Organization; 1991. V. 85.
- Murray PR, Baron EJ, Pfaller MA, Tenover FC, Tenover RH. Manual of clinical microbiology. 7th ed. Washington, DC: American Society for Microbiology Press; 1999.
- Milan EP, Zaror L. Laboratory diagnosis of some types of fungi: Medical mycology. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan; 2004.
- Zimbro M, Power DA. Difco and BBL manual: Manual of microbiological culture media. 2nd ed. Sparks, MD: Becton, Dickinson and Company; 2009.
- Metcalf JA, Gallin JI, Nauseef WM, Root RK. Laboratory manual of neutrophil function. New York: Raven Press; 1986.
- Hospenthal DR, Beckius ML, Floyd KL, Horvath LL, Murray CK. Presumptive identification of *Candida* species other than *C. albicans*, *C. krusei*, and *C. tropicalis* with the chromogenic medium CHROMagar Candida. Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials. 2006;5:1.
- Yan LJ, Thangthaeng N, Sumien N, Forster MJ. Serum dihydrolipoamide dehydrogenase is a labile enzyme. Journal of Biochemical and Pharmacological Research. 2013;1(1):30–42.
- Saxena N, Maheshwari D, Dadhich D, Singh S. Evaluation of Congo Red Agar for detection of biofilm production by various clinical *Candida* isolates. Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences. 2014;3(59):13234–13238.
- SAS. Statistical analysis system: User's guide. Version 9.1. Cary, NC: SAS Institute Inc.; 2012.
- Wey SB, Mori M, Pfaller MA, Woolson RF, Wenzel RP. Hospital-acquired candidemia: The attributable mortality and excess length of stay. Archives of Internal Medicine. 1988;148(12):2642–2645.
- Zaoutis TE, Argon J, Chu J, Berlin JA, Walsh TJ, Feudtner C. The epidemiology and attributable outcomes of candidemia in adults and children hospitalized in the United States: A propensity analysis. Clinical Infectious Diseases. 2005;41(9):1232–1239.
- Schelenz S. Management of candidiasis in the intensive care unit. Journal of Antimicrobial Chemotherapy. 2008;61(Suppl. 1):31–34.
- Sonis ST, Fey EG. Oral complications of cancer therapy. Oncology (Williston Park). 2002;16(5):680–686.
- Cannon RD, Chaffin WL. Colonization is a crucial factor in oral candidiasis. Journal of Dental Education. 2001;65(8):785–787.
- Martins N, Ferreira IC, Barros L, Silva S, Henriques M. Candidiasis: Predisposing factors, prevention, diagnosis and alternative treatment. Mycopathologia. 2014;177(5–6):223–240.
- Mohamed BJ, AL-Hussain RA, AL-Thwani AN. Study the inhibitory effect of *Lactobacillus acidophilus* isolated from yoghurt as probiotics on *Candida albicans* growth *in vitro* and *in vivo*. Iraqi Journal of Biotechnology. 2010;9(2):167–179.
- Meurman JH, Siikala E, Richardson M, Rautemaa R. Non-*Candida albicans* *Candida* yeasts of the oral cavity. In Méndez-Vilas A, editor. Communicating current research and educational topics and trends in applied microbiology. Badajoz, Spain: Formatex Research Center; 2007. pp. 719–731.
- Emmons CW, Binford CH, Utz JP, Chung KJ. Candidiasis. In: Medical mycology. 2nd ed. Philadelphia: Lea and Febiger; 1974. Ch. 14. pp. 167–182.

29. Calderone RA, Clancy CJ. (2002). *Candida and candidiasis*. Washington, DC: ASM Press.
30. Mohammed NA. Detection of *Candida* spp. and other pathogens responsible for vulvovaginitis in women with contraceptive methods. MSc thesis. College of Science, University of Baghdad, Iraq; 2012.
31. Manikandan C, Amsath A. Isolation and rapid identification of *Candida* species from the oral cavity. International Journal of Pure & Applied Bioscience. 2013;1(3):23–27.
32. Li L, Redding S, Dongari-Bagtzoglou A. *Candida glabrata*: An emerging oral opportunistic pathogen. Journal of Dental Research. 2007;86(3):204–215.
33. Wingard JR, Merz WG, Rinaldi MG, Miller CB, Karp JE, Saral R. Association of *Torulopsis glabrata* infections with fluconazole prophylaxis in neutropenic bone marrow transplant patients. Antimicrobial Agents and Chemotherapy. 1993;37(9):1847–1849.
34. Fidel PL, Vazquez JA, Sobel JD. *Candida glabrata*: Review of epidemiology, pathogenesis, and clinical disease with comparison to *C. albicans*. Clinical Microbiology Reviews. 1999;12(1):80–96.
35. Ogba OM, Abia-Bassey LN, Epoke J, Mandor BI, Iwatt GD. Characterization of *Candida* species isolated from cases of lower respiratory tract infection among HIV/AIDS patients in Calabar, Nigeria. World Journal of AIDS. 2013;3(3):201–206.
36. Mohamed SAA, Al-Ahmady ZZ. Biofilm formation and antifungal susceptibility of *Candida* isolates from various clinical specimens. Microbiology Research Journal International. 2013;3(4):590–601.
37. Mohammed NA. Molecular detection of biofilm encoding genes in *Candida albicans* isolated from different sources. PhD thesis. College of Science, Baghdad University, Iraq; 2017.
38. Devi LS, Maheshwari M. Speciation of *Candida* species isolated from clinical specimens by using Chrom agar and conventional methods. International Journal of Scientific and Research Publications. 2014;4(3):1–5.
39. Al-Oebady MAH. Isolation and identification of *Candida* species from vaginal, urine and oral swabs by chromagar *Candida*. International Journal of Advanced Research. 2015;3(1):948–956.
40. Hussain RA. A comparison of biological and molecular parameters of some *Candida* species sensitive and resistant to some antifungal agents. PhD thesis. College of Science, Kufa University, Iraq; 2011.
41. Akortha EE, Nawaugo VO, Chikwe NO. Antifungal resistance among *Candida* species from patient with genitourinary tract infection isolated in Benin City, Edo State, Nigeria. African Journal of Microbiology Research. 2009;3(11):694–699.
42. Sudbery P, Gow N, Berman J. Biodiversity of clinical *Candida albicans*. Trends in Microbiology. 2004;38(6):869–881.
43. Maric S, Vranes J. Characteristics and significance of microbial biofilm formation. Periodicum Bilogorum. 2007;109(2):115–121.
44. Sathiya T, Sheeba MA, Moorthy K, Punitha T, Vinodhini R, Saranya AS. *Candida albicans* non-*albicans* species: A study of biofilm production and putative virulence properties. Journal of Harmonized Research in Pharmacy. 2015;4(1):64–75.
45. Silva S, Henriques M, Oliveira R, Williams D, Azeredo J. *In vitro* biofilm activity of non-*Candida albicans* *Candida* species. Current Microbiology. 2010;61(6):534–540.
46. Khater ES, Al-Nory MH. Exoenzymes activity and biofilm production in *Candida* species isolated from various clinical specimens in Benha University Hospital, Egypt. Microbiology Research Journal International. 2014;4(6):654–667.
47. Mohandas V, Ballal M. Distribution of *Candida* species in different clinical samples and their virulence: Biofilm formation, proteinase and phospholipase production: A study on hospitalized patients in Southern India. Journal of Global Infectious Diseases. 2011;3(1):4–8.
48. Dag I, Kiraz N, Oz Y. Evaluation of different detection methods of biofilm formation in clinical *Candida* isolates. African Journal of Microbiology Research. 2010;4(24):2763–2768.

تنمية الأشكال الأرضية والمرتفعات الجبلية بحوض صنعاء

محمد علي أحمد حمران*

¹ قسم الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية جامعة صنعاء- اليمن

* hurman976@gmail.com

الملخص

تُعد عملية تنمية الأشكال الأرضية والمرتفعات الجبلية في منطقة حوض صنعاء من إحدى أهم الدراسات الجيومورفولوجية التي لها علاقة قوية بتطبيقات استخدامات الأرض أثناء التخطيط للتنمية الشاملة. إن معظم المخاطر والتحديات المتمثلة بالانزلاقات والانهييارات الأرضية المتعددة التي حدثت في هذه المنطقة كانت بسبب التفاعلات والعوامل والعمليات الطبيعية والبشرية التي أثرت في بناء الأشكال والظواهر الأرضية وتغيراتها مع مرور الزمن. إضافة إلى ذلك، لقد أدت هذه المخاطر والتحديات إلى ظهور العديد من المشكلات البيئية كاستنزاف الموارد الطبيعية وخلل في التوازن البيئي، وهذا شكّل عائقاً أمام تحقيق التنمية المستدامة في هذه المنطقة. توصلت هذه الدراسة إلى أن هذه الانزلاقات والانهييارات الأرضية التي تتركز في جنوب غرب الحوض ترتبط بتفاعل العوامل والعمليات الطبيعية والبشرية أيضاً، فقد أثرت العمليات البشرية بنسبة عالية في تغيير أشكال سطح الأرض خلال الفترة 1973-2019، وكانت لها علاقة طردية بتغيير بعض الأشكال في مرتفعات صرف وجبل مرع ومرتفعات ذهبان. لذلك كان من الضروري إعادة النظر باستخدام التخطيط الحضري الاستراتيجي في اليمن بهدف التوزيع العادل للخدمات في جميع المحافظات، والحد من الهجرات المحلية إلى منطقة الدراسة، والاهتمام بفهم علم الجيومورفولوجيا، الخ. يُعد هذا العلم نظاماً متكاملًا لبناء قواعد البيانات من خلال البحوث التطبيقية الجيومورفولوجية التي تسهم في التخطيط وتنمية الأشكال الأرضية والمرتفعات الجبلية وتنميتها سياحياً. علاوة على ذلك، يُمكن هذا العلم من الاستفادة من الأشكال الطبيعية وتشجيع المجتمع المحلي على بناء مشاريع خدمية مستدامة مثل السدود والحواسر المائية وملجأ في أمانة العاصمة. يهدف هذا البحث إلى دراسة الأشكال الأرضية والمرتفعات الجبلية والتعرف عليها في هذه المنطقة، وعرض أهم العمليات المؤثرة فيها والمشكلات والتحديات والمخاطر الناتجة عنها في منطقة حوض صنعاء. الغاية من ذلك، إيجاد حلول في تحقيق التنمية الشاملة والمحافظة على المظهر العام لأشكال سطح الأرض والتوازن البيئي وتحويلها إلى منطقة مستدامة اقتصادياً.

الكلمات المفتاحية: الجيومورفولوجية، حوض صنعاء، التنمية، المرتفعات الجبلية.

Title

Developing Land forms and Mountainous in Sana'a Basin

Muhammad Ali Ahmed Hurman

College of Arts and Humanities, Sana'a University, Yemen

Abstract

The process of developing terrestrial shapes and mountain heights in the Sana'a Basin region is considered to be one of the most important geomorphological studies that have a strong relationship with the applications of land uses during the planning for comprehensive development. Most of the hazards and challenges represented by the multiple slips and landslides that occurred in this region were due to the natural and human interactions, factors and processes that affected the construction of earthly shapes and phenomena and their changes over time. In addition, these hazards and challenges have led to the emergence of many environmental problems, such as depletion of natural resources and deficiency in the environmental balance. This created an obstacle to achieve sustainable development in this region. This study concluded that these multiple slips and landslides, which are concentrated in the southwest basin, are related to the interaction of natural and human factors and processes, etc. Also,

Received 20 June 2020; accepted: 9 September 2020; published 15 November 2020.

© 2020 The Author(s), licensee HBKU Press. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Cite this as: Humran MAA. Developing land forms and mountainous in Sana'a Basin. Arabian Journal of Scientific Research 2020;2:11.

<https://doi.org/10.5339/ajsr.2020.11>

human operations had a great impact on changing the shapes of the Earth's surface during the period 1973-2019, and it had a direct relationship with the change of some of these shapes in the Sarraf heights, Dhahban Heights, and Mount Meri. Therefore, it was necessary to reconsider the use of strategic urban planning in Yemen with the aim of equitable distribution of services in all governorates, limiting local migrations to the study area, and paying attention to understanding the science of geomorphology, etc. This science is considered to be an integrated system for building databases through applied geomorphological research that contributes to the planning and development of landforms and mountain heights and their tourism development. Moreover, this science also enables to take advantage of natural forms and encourages the local community to build sustainable service projects such as dams, water barriers, and a shelter in the capital city. This research aims to study the landforms and mountain heights and identify them in this region, and it presents the most important processes affecting them and the problems, challenges and hazards resulting from them in the Sana'a Basin. The goal is to find solutions in achieving comprehensive development and preserving the general appearance of the earth's surface shapes and the environmental balance, and transforming them into an economically sustainable area.

Keywords: Sana'a Basin, geomorphology, development, highlands.

1- المقدمة

وما يخصنا هنا دراسة الأشكال والظواهر الجيومورفولوجية ووصفها وتعيينها وتفسيرها، والعوامل والآثار الناتجة عن عوامل التعرية البيئية والهوائية والأمطار والتي بدورها أدت إلى بعض المخاطر، كالتي ذكرناها في مقدمة الدراسة. وما حدث من انهيارات في قرية الظفير بني مطر، يستدعي الاهتمام بالدراسات الجيومورفولوجية وما أثرت فيه العمليات البشرية من تغيير وتفتيت واستنزاف تلك الأشكال من خلال التحجير والمقالع في منطقة الدراسة.

1-1 أهمية ومبررات البحث

- البحث من موضوعات الجيومورفولوجيا التطبيقية الحديثة، وعلى وجه الخصوص جغرافية المخاطر من زاوية تحقيق درء مخاطر الانهيارات الأرضية.
- رغبة الباحث في معرفة مدى خطورة العوامل الجيومورفولوجية بشقيها الطبيعي والبشري ودرجة تأثيرهما في تغيير المظهر الأرضي المتسارع، ومدى اختلال التوازن البيئي، ومدى أهمية علم الجغرافيا وعلاقته بحياة الإنسان وتفاعلها في نظام متكامل.
- معايشة الباحث وملاحظته (كونه من أبناء المنطقة) ظهور عدد من أشكال السطح الجيومورفولوجية الجديدة، ومحاولته ربط الدراسات النظرية الجغرافية لتفسير ما يحدث من تغيرات بسبب العوامل البشرية في تشكل المظهر الخارجي، كذلك محاولة تفسيره ظاهرة قدرة الإنسان في اليمن -قبل آلاف السنين- على نحت الجبال وبناء مخازن وكهوف ومغارات طويلة في جبال قهران وشبام الغراس وذي مرمر لوضع المومياء، والتي تعد من الأعشاب الطبية التي تستخدم أثناء تحنيط جثث الموتى، وما الأدوات التي استخدمها في النحت في وقت لم يُعرف الحديد في تلك الفترة.
- تفسير الأقاويل القديمة التي تروىها والدته فاطمة العرابي بخصوص تعرض الجبال في فترة من السنوات لعوامل تكتونية وتفاعلات داخلية وما يسمى بالعامية (ليونة الجبال وقابلية الصخر للنحت وإجراء التشكيلات)، أي إنها تكون رطبة وسهل النحت عليها لعمل مغارات وكهوف.
- ملاحظة الباحث حدوث انهيارات صخرية ومحاولة فهم أسباب العمليات وتأثير تلك المظاهر والأشكال والانحدارات والانزلاقات الصخرية في طريق الحديد وقرية الظفير على المجتمع، وما يقوم به المواطنون من أعمال غير مدروسة في أثناء القلع والتحجير في الجبال والمرتفعات بحوض صنعاء.
- حرص الباحث ومن منظور استراتيجي على اظهار وتعريف أهمية إيجاد ملاجئ واستخدام المرتفعات الجبلية في حوض صنعاء كأحد الملاجئ المهمة في صنعاء وكيفية الاستفادة من الدراسات الجيومورفولوجية في

يعد الجيومورفولوجيا واحد من العلوم التي برزت بشكل كبير في العصر الحديث، لما له من علاقة تطبيقية كبيرة بالاستخدامات الأرضية في مختلف جوانب التنمية الشاملة المستدامة، ومنها التنمية في حوض صنعاء، كونه يُشكّل موقعاً جيومورفولوجياً استراتيجياً مهماً في الجمهورية اليمنية، ويضمّ تنوعاً كبيراً في الموارد الطبيعية والأشكال الأرضية المختلفة والمتضرسة في المرتفعات الجبلية. ونظراً إلى أهمية الحوض تزيد العمليات البشرية المتزامنة مع العوامل الطبيعية التي يتعرض لها من مشاكل متعددة كالانهيارات الصخرية وبناء المدن السكنية في المرتفعات الجبلية، مما أدى إلى مخاطر وتحديات في حياة الإنسان وخلل في التوازن البيئي، وفي الوقت نفسه شكّلت أحد العوائق في عدد من مجالات التنمية الشاملة والمستدامة في منطقة الدراسة، وقد أُجريت عدد من الدراسات الجغرافية بخصوص جوانب التربة والمياه، ولكن لم يتطرق أحد إلى دراسة المخاطر والتطبيقات الجيومورفولوجية في مختلف مجالات التنمية، كالتنمية الجبلية في المنطقة، وهو ما نحاول في هذه الدراسة التطرق إليه.

وهدفت الدراسة إلى معرفة مظاهر وأشكال سطح الأرض والتوزيع المكاني لها ووصفها وتفسيرها والتعرف على خصائصها الأرضية والعلميات الجيومورفولوجية للظواهر، ومعرفة أنواع وأثر العمليات والعوامل الطبيعية والبشرية فيها، وتصنيف المناطق الخطرة التي تعرضت لعوامل التعرية، كما تهدف الدراسة إلى إيجاد قواعد بيانات لإعداد خارطة جيومورفولوجية تسهم في التخطيط وتنفيذ مشاريع تنموية، ومنها مشروع حديث ونوعي في الجمهورية اليمنية، لإنشاء ملجأ في أمانة العاصمة، وكذلك استخدام أشكال السطح في الأغراض السياحية والعسكرية والصناعية، مع الحفاظ على التنمية البيئية للأشكال الأرضية في حوض صنعاء.

تم تقسيم مجتمع الدراسة إلى نقاط ومناطق معينة باختيار أحد الأشكال في سطح الأرض وهي الهضاب والمرتفعات الجبلية، ومنها الأجزاء الشرقية من حوض صنعاء والمرتفعات الجبلية في خشم البكرة، مديرية بني الحارث وجبال عصر، لما لها من مميزات وخصائص طبيعية واقتصادية وتنوع تضاريسي متميز، ومن خلال الدراسة نهدف إلى معرفة أماكن الانهيارات وعلاقة التركيب الصخري بتلك الظواهر، لنتمكن من حل مشكلة الانزلاقات الأرضية والانحدارات الجبلية وتعيينها وفهم كيفية توظيفها أو تجنبها، والاستفادة منها أثناء تنفيذ المشاريع الاقتصادية والسياحية في جبال عصر والقرية وخشم البكرة، وأيضاً لما لهذه الظواهر الجيومورفولوجية من أهمية في عدد من المجالات عند استخدامها لأغراض تنموية، كاستخدامها في محطات الأرصاد، وشبكة التليفزيون في الجراف، وأيضاً أماكن الاستطلاع والمراقبة في جبل النبي شعيب، التي تستخدم في التطبيقات العسكرية، فللظواهر الجيومورفولوجية أهمية كبيرة يمكن استغلالها فيما له علاقة بالجيولوجيا والعلوم الهندسية،

اختيار الأماكن المناسبة لإقامتها، كون التوقعات المستقبلية من خلال النمو الحضري والزحف العمراني المتزايد شمال الحوض ستشكل قلب أمانة العاصمة صنعاء.

- مواجهة أبناء المنطقة عدداً من الصعوبات، خاصة الذين يعيشون في المناطق الجبلية في خشم البكرة وصرف ونهم وبني جرموز في بني الحارث وأرحب وبني حشيش وهمدان وسنحان وخولان وجزء من بني مطر وبلاد الروس، عند شق الطرقات وبناء السدود، لانحداراتها الصخرية الشديدة ما يشكل صعوبات في أثناء شق الطرق.

2-1 مشكلة البحث

- تحدد المشكلة في حدوث مخاطر جيومورفولوجية على التجمعات السكانية والمشاريع الخدمية، بسبب الانهيارات الصخرية في المرتفعات الجبلية بقرية الظفير، وكذلك مشكلات ومخاطر السيول والبيئة.
- انتشار المرتفعات الجبلية في حوض صنعاء والتي شكّلت أحد التحديات والعوائق الطبيعية أمام التنمية المجتمعية من ناحية عدم القدرة على شق الطرق وبناء السدود والمنتزهات، نظراً إلى تضررها وانحداراتها الحادة.
- الاستخدام الجائر وغير العقلاني في أثناء القلع والتججير بالمنحدرات والصخور الجبلية في حوض صنعاء، ومنها في بني جرموز وذهبان وبني مطر وصرف وعصر وأرحب وبني حشيش، في أثناء استخراج الحصى الصخري (النيس والكري) وهو الذي أدى إلى تدمير بيئي ثقافي وحضاري لما تحويه تلك المظاهر من معالم وآثار وكهوف ومواجه وقلاع حصون تاريخية تعود إلى المملكة السبئية.
- تسعى الدراسة إلى تحديد أهم العوامل والعوامل الطبيعية التي أثّرت في تكوّن شكل جبل خشم البكرة على هيئة خشم الناقة وفوهة بركان، وكذلك الإجابة عن سؤال كيف تمكّن الإنسان قبل آلاف السنين من نحت كهوف ومغارات من أجل حفظ المياه والمومياء وعمل مستودعات في أماكن مرتفعة بالجبال، وما الأدوات التي استخدمها الإنسان في ذلك الوقت وساعدته على النحت اليدوي في الجبال بمنطقة بني جرموز وشبام الغراس في منطقة الدراسة، من أجل إنشاء ملجأ في أمانة العاصمة مستفيدين من التكنولوجيا والكسارات التي تشق الصخور في الجبال وتفتتها رأسياً، وتُجرى النحت والشق والحفر بشكل عرضي على مستوى سطح الأرض.

3-1 أهداف البحث

- وصف وتفسير وتحليل وتصنيف وتحديد الأشكال الأرضية في منطقة الدراسة.
- التعرف إلى العوامل والعمليات والأخطار والمشكلات والتحديات الجيومورفولوجية وأسبابها، وتأثيرات الظواهر الجيومورفولوجية في التنمية الشاملة، ومنها التنمية في المرتفعات الجبلية بمنطقة الدراسة.
- معرفة أهمية ومميزات أشكال السطح في منطقة الدراسة وتوظيفها في الدراسات التطبيقية في عدد من المشاريع الاستراتيجية العسكرية والاقتصادية والعلمية والأمنية، ومنها ما يقوم به الباحث لإعداد قاعدة بيانات لإنشاء مشروع بناء ملجأ في جبل خشم البكرة في أمانة العاصمة صنعاء، وهو أول مشروع في الجمهورية اليمنية، وتقديم الدراسة إلى المجلس المحلي في بني الحارث ومحافظة صنعاء، للاستفادة منها في أثناء التخطيط للمشاريع.
- عمل قاعدة بيانات للتمكن من إنتاج خارطة جيومورفولوجية من أجل

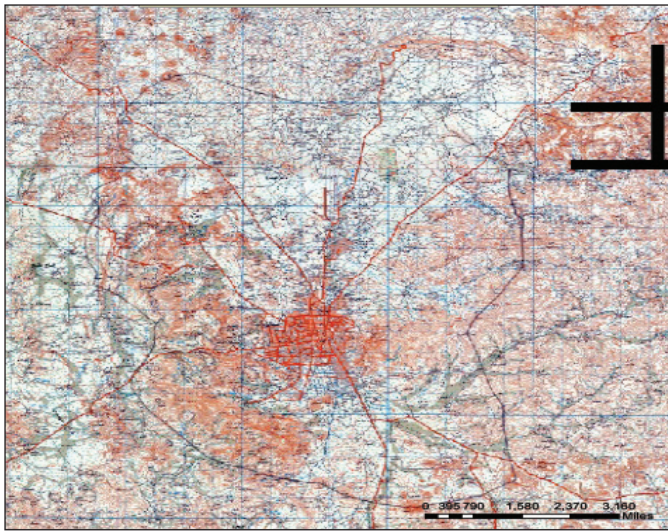
توضيح أهم أشكال السطح ومناطق تأثيرات الإنسان فيها، وكيفية استغلالها في مختلف مجالات التنمية مستقبلاً، وتحديد أماكن المخاطر والانزلاقات في منطقة الدراسة.

4-1 مناهج البحث

- المنهج الأصولي والوصفي لوصف الظواهر الجيومورفولوجية في حوض صنعاء، لمعرفة وفهم الأسس والمفاهيم الأساسية للظواهر الجيومورفولوجية قيد الدراسة، وإجراء مقارنة بينا، لمعرفة كيف نشأت تلك الظواهر والأشكال الأرضية من جبال وسهول ووديان وهضاب وغيرها.
- كما استعان الباحث بدلالات المنهج الإقليمي للوصول إلى تصنيف أوضح للوحدات المختلفة للظواهر الجيومورفولوجية في منطقة الدراسة، بغية مقارنتها مع مثيلاتها داخل حدود إقليم المرتفعات الغربية في الجمهورية اليمنية، وصولاً إلى فهم سبب تميز الإقليم عن غيره من الأقاليم الطبيعية والبشرية من ناحية النشأة والتطور والمخاطر، إضافة إلى أهمية قاعدة الموارد داخل حدود هذا الإقليم، ومدى تأثير العمليات الطبيعية والبشرية في رسم صورة المخاطر لمنطقة الدراسة.
- كما حاول الباحث الاستفادة من المنهج التاريخي لمعرفة التأثيرات الأنتروبوجينية من المتغيرات البيئية في تطور الظاهرة في حدود المعالم الحالية، ومدى ذلك التأثير من خلال المحاجر وقلع الأحجار، وكذلك عمل الكسارات التي أدت إلى تغير كبير في landscape شكل الموقع، ومقارنة ذلك بكيف كان قبل العمليات البشرية، عبر الصور الجوية والخارطة الطبوغرافية لعام 1973م. ومن الملاحظة المستمرة من الباحث والنزول الميداني والتعرف إلى جبل مرع في بني جرموز حيث يظهر من خلال الصور الجوية شكله الأصلي، ومقارنته بما صار إليه اليوم، إذ مسّح تماماً من على سطح الأرض وبقي الفتات منه، كذلك المرتفعات والهضاب في منطقة صرف وسعوان حيث توجد الكسارات وكيف أصبح شكلها اليوم.
- واختتم الباحث توظيف المنهج التحليلي GIS بغية الوصول إلى إنتاج مجموعة من الخرائط التي تُظهر مناطق الضعف الصخري، مع ما يرافقها من حركة للانهيارات الأرضية المختلفة والعمل على الخرائط الرقمية وإجراء التحليل الدقيق، وتوضيح أهم مناطق الأخطار مكانياً على خارطة حوض صنعاء، وإعداد الخارطة الجيومورفولوجية لحوض صنعاء.
- كما استخدم الباحث المنهج التنموي والاقتصادي للاستفادة المثلى من الموارد الطبيعية في منطقة الدراسة ورصد كيفية تنميتها مجتمعياً، كما تأثر الباحث بالعالم ديفيو واعتماده على الخلفية والتراكم المعرفي في العمل الحقلية، كون الباحث يعايش الظاهرة في مختلف المراحل الزمنية، وجرى التركيز على المنهج الحقلية والنزول الميداني إلى منطقة الدراسة.

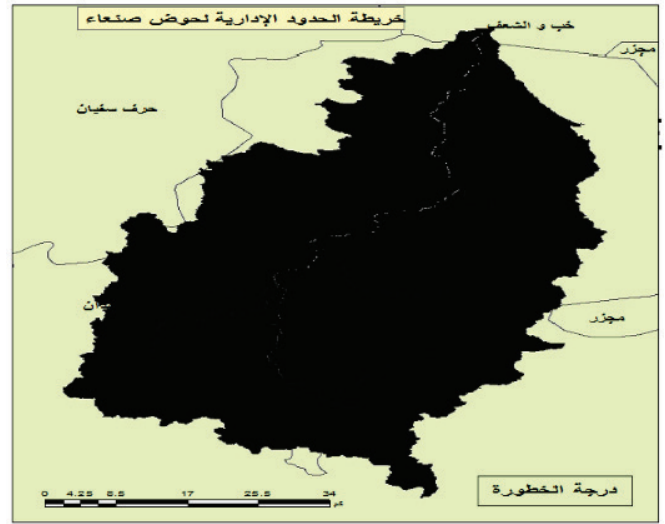
5-1 حدود البحث

- الموقع الفلكي والجغرافي: يقع الحوض بين درجتي عرض $15^{\circ}02'$ و $16^{\circ}04'$ شمالاً وخطي طول $43^{\circ}56'$ و $44^{\circ}36'$ شرقاً.
- الحدود المكانية: تتضمن الحدود الطبيعية والإدارية لحوض صنعاء، ويحدّ الحوض من جهة الشمال مديرية نهم ومديرية أرحب محافظة صنعاء وجزء من محافظة عمران والجوف، ويحده من الغرب مديرية همدان وبني مطر وجزء من حرف سفیان، يحده من الجنوب مديرية سنحان وبلاد الروس، ومن الشرق مديرية خولان وبني حشيش، كما تشكّل مديرية بني الحارث قلب حوض صنعاء ويغلب عليها الشكل الجيومورفولوجي المستوي، كما هو موضّح في الخارطة رقم (1، أ، ب). ويلاحظ أن المجرى



الشكل 1-أ. خارطة طبوغرافية الحوض

المصدر: مصلحة المساحة اليمنية، المسح الجوي للعام 1973م



الشكل 1-أ. خريطة للحدود الإدارية لحوض صنعاء.²

المصدر: إعداد الباحث استناداً إلى نموذج الارتفاع الرقمي.

رسم من 1: 250000، مصدرها المساحة الجيولوجية في اليمن، لمعرفة التركيب الصخري والشقوق والفواصل التي لها ارتباط مباشر بمخاطر الانهيارات الأرضية، لتحديد مناطق الضعف الصخري في المنطقة.

أدوات البحث هي:

- إجراء الاستطلاع والنزول الميداني الحقل والمقابلات الشخصية والاستفادة من الملاحظات ومشاهدة المظهر العام الطبيعي، ومقارنة التغيرات التي طرأت على أشكال السطح.
- استخدام أنظمة المعلومات الجغرافية لتحليل السطوح ومعرفة ارتفاعات الظواهر ومناطق التضرس والانحدارات والمخاطر، وإجراء التحليل الهيدرولوجي والمورفومتري الأولي لأشكال السطح.

7-1 الدراسات السابقة

اعتمد الباحث في دراسته على عدد من الدراسات السابقة والمجلات العلمية المحكمة والكتب المحلية والعربية والأجنبية ومنها:

1-7-1 الدراسات المحلية

اعتمد الباحث على عدد من الدراسات المحلية والدوريات والمجلات ومنها دراسة ماجستير للباحث حافظ اليعري، هدفت إلى التعرف على التربة في حوض صنعاء، وتوصلت إلى أن منخفض صنعاء يحتوي على تربة غنية تشكلت بواسطة العمليات الرسابية المائية، إضافة إلى رسالة الماجستير للباحث محمد ناصر البكري بعنوان «مرتفعات حوض الأهنوم وظليمة»، التي توصلت إلى أن أغلب الأنشطة السكانية تتركز في المناطق الجبلية وسهول الأودية، وحاول الإنسان الاستفادة من الأشكال الجيومورفولوجية في التنمية الزراعية وإقامة المدرجات وبناء المساكن في القمم الجبلية، واستخدم الصخر في بناء المنازل والتحصير، ومن ضمن توصيات الدراسة إجراء دراسة جيومورفولوجية تطبيقية للمنحدرات وتحديد مدى خطورة الانهيارات الصخرية.

2-7-1 الدراسات العربية

جرى الاطلاع على عدد من الدراسات الجغرافية العربية، منها رسالة دكتوراه بعنوان «بناء خريطة المخاطر البيئية لسهل السندي باستخدام التقنيات

المائي يمر من منتصف الحوض. كما أن الحدود الطبيعية للحوض تتمثل في المرتفعات الجبلية لجبل النبي شعيب من جهة الغرب، وتحده من جهة الشمال مرتفعات عمران وجبال العوران في نهم التي تشكل خط تقسيم المياه من جهة الشمال، ويحد الحوض جبل اللوز وذوي مرمر وكنن ومرتفعات خولان والتي تشكل خط تقسيم المياه الشرقية مع حوض مارب، كما يحد الحوض من جهة الجنوب جبال ومرتفعات بقلان والضبر وعطان والتي تشكل خط تقسيم المياه مع حوض قاع جهران ومعبر في محافظة ذمار.

6-1 مواد البحث وأدواته

مواد البحث هي:

- الخرائط الجيومورفولوجية بمختلف المقاسات المتوفرة التي جرى الحصول عليها من عدد من الدراسات، للاستفادة منها في معرفة الأشكال الأرضية في منطقة الدراسة، زيادة على متابعة التأثيرات البشرية خلال 30 سنة.
- خرائط طبوغرافية للجمهورية اليمنية لعام 1973، بمقياس رسم من 1: 50000 صادرة من مصلحة المساحة اليمنية، للاستفادة منها في دراسة طبوغرافية منطقة الدراسة ومعرفة أشكال سطح الأرض في أثناء النزول الميداني، وملاحظة تأثير العوامل البشرية في أشكال سطح الأرض ومقارنة التغيرات بين أشكال السطح على الخارطة وما هي عليه في المظهر الحقيقي الطبيعي حالياً.
- نماذج الارتفاعات الرقمية المكانية لليمن DEM بمقاس 30 م لكل بكسل، من أجل الحصول على ارتفاعات الظواهر المختلفة، وإعداد خرائط للمنطقة، وإجراء التحليل المكاني لها وإدارتها وتحديد وتوضيح الموقع المكاني للمخاطر، ومعرفة درجات الانحدار وتضرس منطقة الدراسة.
- صور جوية للمنطقة، مصدرها مصلحة المساحة في الجمهورية اليمنية للمسح الألماني لليمن عام 1984 م، لمعرفة تاريخ تطور الظاهرة من الناحيتين الطبيعية والبشرية، ومقارنتها، وتأكيدتها من خلال الدراسة الميدانية.
- خرائط جيولوجية للمنطقة للمسح الألماني لليمن عام 1984 م، بمقياس

الجغرافية المعاصرة»، للباحثة درقية العاني، قسم الجغرافيا التطبيقية، جامعة تكريت، كلية الآداب للعام 2010 م، هدفت إلى تصميم وتفسير خارطة المخاطر البيئية والاستفادة من أنظمة المعلومات الجغرافية، وتوصلت إلى عدد من النقاط كأهمية التعاون على وضع خطط للحد من المخاطر والكوارث بطريقة شاملة ومتكاملة، والعمل على تقييم المخاطر والانهيالات بصورة منتظمة، وكذلك الوقوف على العوامل الرئيسية التي أدت إلى حدوث تلك الانهيالات والمخاطر، وضرورة مشاركة المؤسسات الحكومية بدعم الأبحاث في هذا الجانب، كما استفاد الباحث من رسالة الماجستير للباحثة سميرة حسن آدم بعنوان «جيومورفولوجية الركن الجنوبي الشرقي لمصر» لعام 2003 م، التي هدفت إلى التعرف على أثر الأشكال الجيومورفولوجية في تطور المدن والمشاريع الاقتصادية، وتوصلت إلى أن منطقة الدراسة قليلة التضرس ويوجد فيها عدد من الظواهر الجيومورفولوجية التي أثرت التعرية الكيميائية والمائية فيها.

1-3-7 الدراسات الأجنبية

من الدراسات التي اعتمد عليها الباحث بصورة رئيسية، دراسة Thornbush & Allend في المملكة المتحدة، بعنوان «جيومورفولوجية المدن الحضرية (مظاهر السطح والعمليات في المدن)⁵» وهدفت إلى التعرف على المشكلات والقضايا المتابعة والمتلاحقة في التغيرات البشرية وأشكال السطح الطبيعية والتأثيرات البيئية والمخاطر الجيومورفولوجية في أثناء التغيرات البيئية، وأهمية جيومورفولوجية المدن في التطبيقات المختلفة لمظاهر السطح، وخلصت الدراسة إلى أن الكثافة والحجم السكاني الكبير والانتهاكات الكبيرة في أشكال السطح الطبيعية ناتجة عن تبدلات وتغيرات كبيرة على المستوى العالمي، خاصة في عمليات التنمية، وتوجد علاقة إذ يزداد النمو السكاني ويزداد النمو الحضري والتمدن العمراني، ولذلك تأثير كبير في العمليات والتغيرات في أشكال السطح، وجرى توضيح ذلك من الباحث في إحدى دراساته السابقة.³

1-8 الكلمات المفتاحية

- أشكال سطح الأرض (الجيومورفولوجيا-Geomorphology).
- تعني كلمة جيومورفولوجيا في اللغة اليونانية القديمة علم الأشكال الأرضية، فهو العلم الذي يبحث في دراسته الوصف التفسيري للأشكال الأرضية، بعبارة أخرى هو العلم الذي يصف سطح الأرض ويشرح أصول الظواهر التضاريسية ويصف تاريخ تطورها،⁴ يعرف أنه دراسة علمية لأشكال سطح الأرض وعمليات تشكل الأرض ويعد من العلوم المتعددة التخصصات ويتضمن مجالات المعرفة والمناهج وأساليب التقنيات في علوم الهندسة والرياضيات والكيمياء إضافة إلى التخصص الام وهو الجيولوجيا ويعرف انة علم يقوم بدراسة اشكال سطح الأرض والعمليات التي شكلتها.⁵ وعرف أبو العينين الجيومورفولوجية أنها علم دراسة أشكال سطح الأرض،⁶ فهو فرع من الجيولوجيا أو الجغرافيا الطبيعية يمكن الانسان من معرفة أشكال سطح الأرض عند انتقاله من مكان إلى آخر، وكان للعرب دور كبير في التعريف بعلم الجيومورفولوجيا مثل البيروني الذي يعد أول من أشار إليه في ظاهرة التشعير أو ما يعرف اليوم بالتشقق الصخري. وتدرس قشرة الأرض إلى عمق 30-40 كم من سطح الأرض، وهو غير منتظم إذ يصل في المرتفعات الجبلية إلى 60 كم، وقيعان البحار والمحيطات إلى 5 كم،⁷ ومن التعريفات الحديثة أنها علم يدرس أشكال سطح الأرض والعمليات التي أثرت في بناء أشكال السطح الأرضية.⁸ وتعرف الجيومورفولوجية بأنها دراسة أشكال سطح الأرض والعمليات التي أنتجتها.⁹

- **حوض صنعاء:** يشكّل حوض صنعاء أحد أهم الأحواض الجيومورفولوجية في الجمهورية اليمنية لما يتميز به من تعدد أشكال سطح الأرض المختلفة التي تحتوي على موارد طبيعية مهمة، مما أدى إلى أن يكون منطقة جذب للتركز السكاني. وتصل المساحة الكلية لحوض صنعاء إلى نحو 3200 كم²، ويمتد من جهة الشمال إلى الجنوب نحو 109 كم من نقطة اللجام في مديرية ريدة محافظة عمران شمالاً وحتى نقطة سيان في مديرية سنحان محافظة صنعاء جنوباً.¹⁰ ويصل عرض الحوض من 64 كم.¹¹ كما يشير الباحث وبواسطة القياس على الصور الجوية وخرائط جوجل إلى أن الحوض يقع على بعد نحو 149 كم من أقرب نقطة على خط الساحل في البحر الأحمر غرباً، ويقع على بعد نحو 344 كم على أقرب نقطة من ساحل خليج عدن جنوباً. ويتموضع معظم الحوض في صنعاء بمديرية بني الحارث ومديرية بلاد الروس ومديرية نهم ومديرية بني حشيش ومديرية خولان ومديرية سنحان ومديرية بني مطر ومديرية همدان ومديرية أرحب، ويغطي مديريات أمانة العاصمة صنعاء، ومن جهة الشرق المرتفعات الجبلية التي تفصله عن حوض مارب، ومنها جبال عيال مالك في بني حشيش وجبل اللوز في خولان، ويحدّه من الغرب جبال ذهبان وهدمان وكتلة جبل النبي شعيب ومنطقة ريعان في مديرية بني مطر.

- **التنمية:** تعرف التنمية بأنها تلك الإجراءات التي تُتخذ لتطوير وتحديث الشيء والنمو فيه، يعني الزيادة في الشيء، وهي التنمية المجتمعية التي يجري التخطيط لها في المرتفعات والهضاب وأشكال السطح الأرضية المختلفة، للاستفادة منها في رصف الطرق وشقّها وبناء السدود والعبارات والملاجئ والمناطق السياحية في حوض صنعاء.
- **المرتفعات الجبلية:** يقصد بها الجبال والسلاسل الجبلية التي يزيد ارتفاعها على 2000 قدم عن سطح الأرض.¹² فمن خلال الأطلاع على الدراسات السابقة والخلفية المعرفية لدى الباحث كونه من أبناء المنطقة، ومن خلال النزول والعمل الحقلّي والاطلاع على الخارطة ومقابلة عديد من الشخصيات، جرى التعرف إلى عدد أسماء أشكال السطح الجبلية، كجبل عيبان وعطان ونقم وكنن والصمغ وعصر وقهران وزجان وشبام الغراس والأبتر وصرف وذهبان والنهدين وجبل العوران، ويوجد عدد من الأسماء لم تتمكن من ذكرها، تقع في الجانب الغربي من الحوض نظراً إلى عدم توافر مصادر ومراجع بأسمائها، وقُورن ذلك وجرى التعرف على تلك الأشكال باستخدام نظم المعلومات الجغرافية.

2- أشكال السطح الأرضية في حوض صنعاء

تتنوّع مظاهر أشكال السطح الأرضية في حوض صنعاء نتيجة العمليات الطبيعية التي أكسبته ميزة ينفرد بها عن الأحواض الأخرى، إذ يعد من أهم الأحواض في الجمهورية اليمنية وعلى مستوى جزيرة العرب، لما له من خصائص ومميزات أكسبته الندرة من خلال ارتفاع أشكال سطح الأرض، كما في جبل النبي شعيب، الذي يعد أعلى قمة في شبه الجزيرة العربية واليمن والتي تصل إلى 3644 مترًا على مستوى سطح البحر، وتتميز بالبرودة الشديدة في فصل الشتاء. ويحتوي حوض صنعاء على عدد من أشكال السطح والتضاريس المختلفة المتمثلة في المرتفعات والسلاسل الجبلية والهضاب والتلال والخوانق والقيعان في الوديان المتشعبة والكثيرة والغطاء النباتي والسهول ومجاري الأودية وهو ما جرى توضيحه في الخارطة شكل رقم (2).

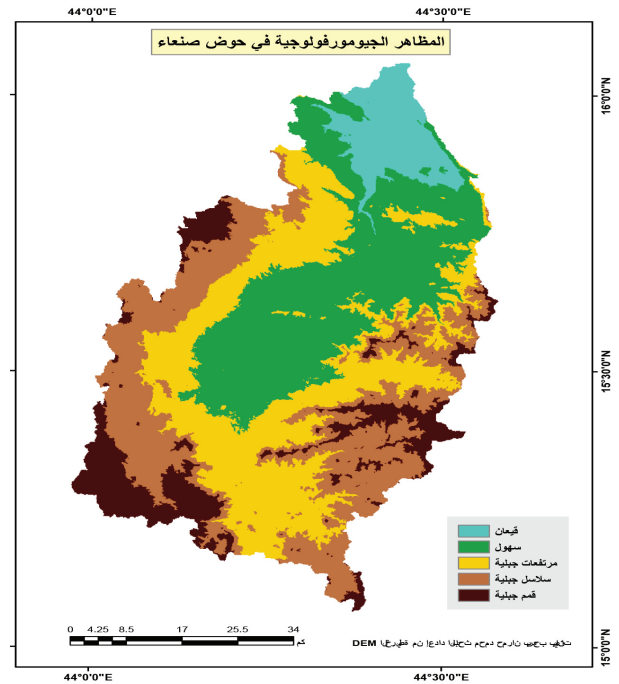
مستوى سطح البحر، ومن تلك المرتفعات والقمم والسلاسل جبل ذي مرمر وجبل ذباب وجبل قهران وجبل أيوب وجبل الأبر وجبل مرع وجبل اللوز وجبل صرف وخشم البكرة وجبل الطويل وجبل نقم وجبل اللهام وجبل براش وجبل جدع، ممتدة على شكل سلاسل جبلية مترابطة من جنوب شرق الحوض إلى شمال شرقه، يتخللها عدد من الأودية تنحدر من الشرق إلى الغرب وأبرزها وادي السر ووادي رجام ووادي الخارد ووادي سعوان والرونة وبهران ووادي مهلب، ومن الجنوب إلى الشمال مثل وادي حمل، ووادي الخارد شمال الحوض، أما المرتفعات الغربية فتشكل فيها أقل نقطة ارتفاع 2600 متر وأعلى نقطة ارتفاع 3466 مترًا، وتمتد من الجنوب الغربي حتى الشمال الغربي، منها جبل شمسان وجبل الحود وجبل الأسود وجبل ظفار وجبل سعوة¹²، وجبل عطان وجبال عصر وجبال الحمراء وجبال ينور وجبل عيبان وجبل الصمع، يتخللها عدد من الأودية مثل جدر وذهبان ووادي القرية.

أما السهول فتشكل ثاني أكبر مساحة من الحوض وتتموضع في المنتصف، وهي خصبة ونوعية التربة ممتازة، يُزرع فيها جميع أنواع الفواكه والخضار والحبوب، كما يعد حوض صنعاء من أهم المناطق السكنية، ويوجد فيه أهم الأماكن الإدارية، وهي أمانة العاصمة، عاصمة الجمهورية اليمنية، ويشكل السكان فيها نحو 6 ملايين نسمة تقريبًا حسب الإسقاطات السكانية الأخيرة للعام 2019، وبذلك يشكل السكان في منطقة الدراسة نحو ربع سكان الجمهورية اليمنية.

ويُعرف حوض صنعاء من المنظور الجيومورفولوجي بأنه أحد الأقاليم ضمن المناطق الجافة عالميًا، والذي يحتوي على عدد من أشكال السطح المختلفة من جبال ومرتفعات وهضاب وقيعان وتلال ومجاري الأودية وغطاء نباتي، وتفصله حدود طبيعية هي خط تقسيم المياه، كون الجيومورفولوجيا في منهجيتها لا تعتمد على المنهج الإقليمي بشكل كبير عند الدراسة.⁶ لذلك يوجد غموض في تحديد الموقع طبيعيًا لتعدد وتداخل أشكال الأسطح في حوض صنعاء.

وللتعرف إلى أشكال سطح الأرض في منطقة الدراسة، استُخدم عدد من الوسائل والأدوات والمنهج التي جرت الإشارة إليها، كأنظمة المعلومات الجغرافية ومقارنتها بمعطيات النزول الميداني، وبواسطة أنظمة المعلومات الجغرافية، أعدت الخارطة الكنتورية لمنطقة الدراسة مستخدمًا نموذج الارتفاع الرقمي DEM المتوافر رقم 30 مترًا لكل بكسل، واستُخرجت نقاط الرؤية وخارطة الانحدار والاتجاه Aspect للانحدارات وإنشاء القطاعات التضاريسية والمجسمات ثلاثية الأبعاد 3D analysis tools.

أجرى الباحث العمليات الفنية بتنفيذ التحليل المكاني على أنظمة المعلومات الجغرافية لمنطقة الدراسة، وباستخدام 10.4 ARCGIS، 2015، جرى اختيار وتحديد الفاصل الكنتوري بـ 50 مترًا في دراسة هذا البحث، وتحديد عمق البيكسل الواحد بما يساوي 16 بايت، ومن خلال نتائج العمل على الخارطة وُجد أن أعلى نقطة ارتفاع تصل إلى 3649 مترًا، وبالتحديد في مرتفع جبل النبي شعيب، وأدنى نقطة انخفاض تساوي 1785 متر في شمال الحوض. وفي أثناء العمل على الخارطة الكنتورية وإجراء التحليل المكاني، استُخرجت نقاط الرؤية والانحدار ووصل عدد خطوط الكنتور إلى 2210 نقاط خط كنتور، والمتوسط 2500، أما الانحدار المعياري فكان 529. ونلاحظ أن الخطوط المتقاربة جدًا توضح شدة الانحدار والكهوف والمغارات الجبلية، كما هو موضح في خارطة رقم (3) واتلتي تم استخراجها كخارطة كنتورية لمنطقة الدراسة.¹³ وتوضح النقاط المتقاربة في خطوط الكنتور أنها تشكل ممرات ومجاري الأودية، والخطوط المتلاصقة تشكل ظواهر حواف وكهوف. واستُخرجت قيم خطوط الكنتور كما توضح الخارطة قيم الارتفاعات وتدرجها، وفقًا للارتفاعات في أشكال سطح الأرض للحوض.



الشكل 2. خارطة المظاهرة الجيومورفولوجية لحوض صنعاء
مصدر الخريطة: من إعداد الباحث

ويُصنّف الحوض إلى سلاسل جبلية تحيط به على شكل شبه دائري تتخللها الأودية، وكذلك مجرى مائي رئيسي يقسم الحوض إلى نصفين شرق وغرب، وقيعان وسهول على جانبي المجرى المائي. ومن خلال العمل على الخارطة وإجراء التحليل المكاني جرى التوصل بواسطة العمليات الحسابية ومن خلال الجدول رقم (1) إلى إجمالي مساحة الأشكال الأرضية في حوض صنعاء من إجمالي مساحة الحوض، والذي تصل إلى 3200 كم². ووصلت نسبة القمم الجبلية إلى 5.75% من إجمالي مساحة الحوض، أما السلاسل الجبلية فشكّلت نسبة 19.28% من إجمالي المساحة، والمرتفعات الجبلية شكلت نسبة 39.27%، والسهول نحو 81.29% أما القيعان فتصل إلى نسبة 84.8% من إجمالي مساحة الحوض .

الجدول 1. نسبة مساحة أشكال السطح

المظهر الجيومورفولوجي	المساحة كم ²	النسبة المئوية%
قيعان	283	8.84
سهول	952	29.81
مرتفعات جبلية	875	27.39
سلاسل جبلية	902	28.19
قمم جبلية	184	5.75

المصدر: إعداد الباحث

وبذلك تعدّ المرتفعات والقمم والسلاسل الجبلية أحد الأشكال الرئيسية، وتغطي مساحة كبيرة من الحوض، تتركز في شرق وشمال وغرب وجنوب الحوض، ويتفاوت ارتفاع السلاسل الجبلية من متوسط أعلى وأدنى نقطة ارتفاع من 2500 متر إلى 2885 مترًا، أعلى نقطة ارتفاع تصل إلى 3644 م على

دعان ورحيل القوات التركية من اليمن، وفي العصر الحديث شكلت المظاهر وأشكال السطح عوامل استراتيجية مهمة في الاتجاه السياسي في ثورة 1962م وحصار صنعاء، ومنها تبة وادي سالم في ربع بن حسن في بني الحارث. في الوقت الحاضر تشكل مظاهر السطح عوامل استراتيجية قوية أمام العدوان الخارجي ومنها التحالف العسكري الأمريكي السعودي الإماراتي على اليمن بتاريخ 25 من مارس 2015 م، إذ شكلت فرصة نهم وجبال العوران وجبال نقم وعيبان وخشم البكرة والسلاسل الجبلية لطوق صنعاء حصناً منيعاً أمام تقدم القوات البرية والعربات المعادية لليمن. وكما يشكّل اليوم عديد من أشكال السطح أهمية كبيرة من خلال استخدام الأرض في بناء نقاط مراقبة ومخازن أسلحة وسدود وقلاع ومخازن المومياء والجرف والمغارات.

3-2 وصف الظواهر الجيومورفولوجية في منطقة الدراسة

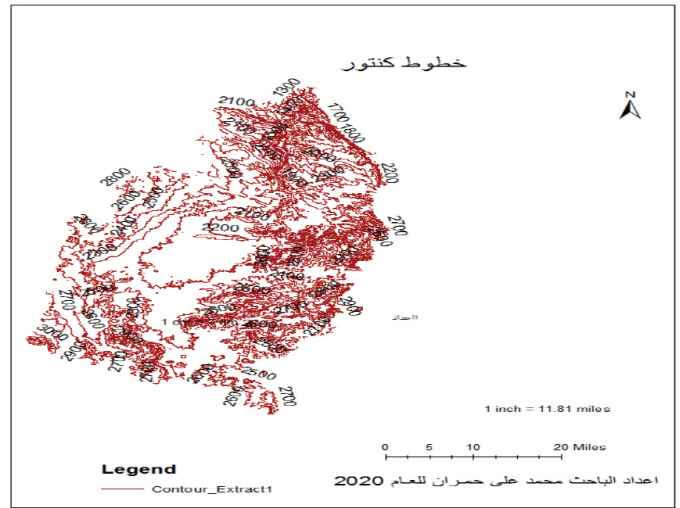
قام الباحث بالعمل الحقلّي والعمل على الخرائط GIS للتعرف إلى الظواهر الجيومورفولوجية في الوقت الحاضر، وكيف تأثرت بواسطة الأنشطة البشرية من قلاع وإقامة سدود وحواجز وكذلك شق الطرق وإقامة بعض المتنزهات واستخدامها في عدد من المشاريع ومنها المدن السكنية وخاصة في جبال ذهبان غرب الحوض، والتي أثرت في الحوض من خلال المقارنة مع الخرائط الطبوغرافية لعام 1973 م التي مكنتنا من التعرف إلى مدى تأثير العوامل البشرية، وبذلك جرى وصف الظواهر كآلاتي:

1-3-2 الشكل

توصف أشكال سطح الأرض في منطقة الدراسة أنها شكل مستوي إلى شكل دائري من المرتفعات والسلاسل الجبلية تحيط حوض صنعاء من جميع الجهات، وتتكون من المرتفعات الجبلية وما تحويه من أخاديد وكوستات والتواءات ومجارٍ للأودية كما هو موضح في سد مختان شكل رقم (5). قام الباحث ضمن فريق بالنزول الميداني إلى سد مختان الذي يقع في مجرى مائي ضمن السلاسل والمرتفعات الجبلية الشرقية من الحوض، ويقع إدارياً في منطقة سعوان مديرية بني حشيش ووجد أن الوادي يلتقي ويصب في المجرى المائي الرئيسي للحوض في أمانة العاصمة صنعاء، ومثله مثل باقي مجاري الأودية الفرعية التي تتجمع في المجرى المائي الرئيسي باتجاه شمال الحوض وتتجه إلى وادي الخارد الممتد إلى جهة الشمال، حيث ويصل طول المجرى الرئيسي في منطقة الدراسة إلى نحو 93346 كم، يمتد جهة الانحدار شمال الحوض إلى منطقة مسيرقة، ثم إلى الجوف ومأرب وصحراء الربع الخالي، وتشير الدراسات إلى أنه عند حدوث الأمطار الغزيرة يصب في بحر العرب. كذلك تكمن أهمية أشكال سطح الأرض المتنوعة مثل الكوستات والأخاديد التي استُغلت في بناء الحاجز المائي في سعوان.¹⁵ ومن هنا تبرز أهمية تنوع أشكال سطح الأرض في التنمية الجبلية إذ ساعد على تقليل التكلفة المالية عند بناء وعمل حاجز بعرض نحو 150 متراً من نقاط عرض على جانبي الوادي.

2-3-2 السهول والقيعان في منطقة الدراسة

تعد أحد الأشكال الثانوية بعد المرتفعات والجبال ومن خلال الملاحظة ومقارنتها بالخرائط الطبوغرافية والخرائط الجيومورفولوجية للمنطقة، نلاحظ أن قاع مديرية بني الحارث والذي يضم عدداً من القيعان الفرعية مثل قاع ريسة وقاع الرحبة وقاع العروق وقاع بني جرموز وقاع جدر وقاع الأحقري، وتتموضع في قلب الحوض، ويشكّل قاع بني الحارث أكبر منطقة مستوية من إجمالي مساحة السهول والقيعان في منطقة الدراسة، والتي أثرت فيه العوامل والعمليات البشرية، كاستخدامات الأرض في أحد القيعان ببني الحارث ويعرف بقاع الأحقري الذي أنشئ مطار صنعاء الدولي عليه، نظراً إلى استواء المظهر



الشكل 3. توضح خطوط الكنتور لمنطقة الدراسة المصدر: إعداد الباحث

1-2 التركيب الجيولوجي لحوض صنعاء

تشير الدراسات الجغرافية الطبيعية لمظاهر أشكال السطح الأرضية في منطقة الدراسة إلى أنها تشكلت في حقب الحياة الحديثة (سيوزويك) خلال عصر الباليوسين الأعلى وحتى الأيوسين الأوسط من العصر الثلاثي، بحدوث تقدم للبحر في المناطق الجنوبية الشرقية، إذ شهد حوض صنعاء غمراً بحرياً جزئياً أدى إلى تشكل صخور رملية بحرية ضحلة تعرف بتكوين مجزير MAJZIR وهو زمن الباليوسين والأيوسين الأسفل، وعملت على تشكل الحوض وجبال كين.¹⁴ وتكشف الصخور في تكوين مجزر بسلك يصل إلى نحو 120 متراً في شمال شرق صنعاء، وتتكون من وحدتين؛ وحدة سفلية مكونة من تربة رملية قديمة غنية بترسبات وأكاسيد حديد مع غمر وطين، ووحدة علوية متصلة بعضوية لاحمة مكونة طبقات الحجر الجيري والطين الغني بالحفريات، يلاحظ أن التركيب الجيولوجي لأشكال السطح لعب دوراً كبيراً خلال تأثيره في العوامل والعمليات الجيومورفولوجية من ناحية تركيب الصخر ومقاومته عوامل التعرية المائية.

2-2 الأهمية التاريخية

يتميز حوض صنعاء بوجود عدد من القلاع والحصون والكهوف والمغارات التي ترجع إلى الحضارة السبئية في القرن الحادي عشر قبل الميلاد، ويشير عدد من الدراسات إلى أن تلك المناطق استوطنت فيها حضارات عديدة متعاقبة، كما يشير السيد أبو حسن الهمداني في كُتبه عن تلك المنطقة، وما يعزز ذلك وجود كثير من الشواهد والمظاهر الجيومورفولوجية التي ما زالت واضحة إلى اليوم من كهوف وسدود ومغارات في شبام والحرة في منطقة بني جرموز، كما تعدّ أحد المصادر والدلائل المهمة التي يستفيد منها علماء الجيولوجيا والجيومورفولوجيا في المقارنة بين عوامل التعرية وعوامل النحت البشرية والطبيعية التي أثرت فيها، كما تشكل مصدراً للباحثين في إجراء الدراسات والتصنيف الكمي لنماذج تلك الأشكال. كما نجد في الوقت الحاضر أنها شكّلت نقاط تحول تاريخية إبان الحملات العسكرية أيام الدولة الهمدانية والزيادية والطاهرية، وكذلك الحملات التركية على اليمن. لقد شكلت المظاهر الجيومورفولوجية المتمثلة في المرتفعات الجبلية في حوض صنعاء عائقاً كبيراً أمام تلك الحملات التي يشير الأتراك بأنفسهم إلى وعورة التضاريس اليمنية والتي أثرت في هزيمتهم عام 1890 م، وأفضت إلى صلح



الشكل 5. صورة لسد شاحك مديرية خولان
المصدر: إعداد الباحث

2-3-3 من ناحية اللون

يغلب اللون المحمر واللون الرمادي على المرتفعات الجبلية الشرقية في حوض صنعاء، ويغلب اللون الرمادي القريب من شكل تربة الأرض، كما في جبل نقم وعصر وعطان وعبان والنهدين إلى مناطق جبلية محددة في نفس اللون وربما تكون نهاية الجبل عند تكوينه التكتوني، ومن ثم تظهر جبال ذات لون المحمر وتقع في منتصف المرتفعات الجبلية شمالاً مثل جبال كنب وخشم البكرة والأبتر وأيوب وجبل قهران وذو مرمر وشبام والغراس في الجهة الشرقية للحوض، يغلب عليها اللون المحمر، إضافة إلى جبال ذهبان وجبل الصمع، أما القيعان فتغلب على لونها التربة البيضاء.

2-3-4 من ناحية النوع

يوجد في منطقة الدراسة عديد من أنواع المظاهر الجيومورفولوجية كالقمم والمرتفعات والسلاسل الجبلية والسهول والوديان ومجاري الأودية والتلال والهضاب والغطاء النباتي والأغوال والتبب ووصفها كالتالي:

الجبال:

تشكل السلاسل والمرتفعات الجبلية نسبة كبيرة من أشكال السطح في الحوض، ويتفاوت ارتفاعها الذي جرى توضيحه في الجدول رقم (2) الذي يبين نقاط الارتفاعات لبعض المرتفعات الجبلية المذكورة والتي تقارب 2700 متر إلى 2800 متر، ويشبه مظهرها العام شكل شبه دائري حول الحوض، وتختلف في تكوينها وتركيبها الجيولوجي إلى صنفين رئيسيين، ومن خلال النزول الميداني وجد أن المرتفعات الجبلية تتشابه في التركيب الصخري في الجهة الشرقية والغربية من الحوض، وعند أخذ عينة من الصخور المرتفعات لوحظ أن مرتفعات منطقة سعوان الواقعة جهة الشرق من الحوض تتشابه مع الصخور التي تقابلها في مرتفعات منطقة شمالان غرب الحوض، إذ يتشابه التركيب الصخري تماماً وكذلك المرتفعات الجبلية، ما يُثبت ويعزز نظرية أن الحوض تشكل نتيجة الحركات التكتونية القوية، ما أدى إلى انفصاله إلى قسمين. ومن خلال النزول والعمل الحقلية جرى التوصل إلى أن الأشكال الأرضية للمرتفعات الجبلية تشكل خط تقسيم المياه من جميع الاتجاهات.

الجيومورفولوجي لقاع الأحقري والذي يمتد من قاع جدر جنوباً إلى قاع الرحبة شمالاً. ويوجد عدد من القيعان في الحوض مثل قاع القيسي، دار سلم وارتل وحزيز في مديرية سحنان جنوب الحوض، وقاع المنقب في مديرية همدان غرب الحوض وقاع سهمان في مديرية بني مطر. تتميز أشكال الظواهر في حوض صنعاء بخصائص ومميزات فريدة في شكلها الجيومورفولوجي المتنوع وشبه الدائري الذي أكسب الحوض أهمية استراتيجية تنموية وعسكرية. إضافة إلى ذلك نلاحظ أثر الاستخدامات البشرية في عدد من أشكال المرتفعات والسهول والقيعان في تغيير شكل الحوض من خلال استخداماتها الأرضية، مثال ذلك التلال والهضاب في منطقة سعوان وتبة جدر وتبة اللميصات وتبة سيلان والعره ومذبح. كما جرت الاستفادة من الأشكال الأرضية المتنوعة في بناء عديد من المشاريع كالحواجز والسدود المائية مثل سد مختان في منطقة سعوان شكل رقم (4) الذي يوضح مقطعاً من سد مختان منطقة سعوان، مديرية بني حشيش، إذ يظهر السد فارغاً من مياه الأمطار، وهنا تكمن الأهمية في التنمية الجبلية، ويشكل مكاناً للزوار في المناسبات، ولكن لنضوب السد لا نشاهد أحدًا كما في الشكل، كما هي الحال في سد شاحك بمديرية خولان الموضح في شكل رقم (5) والذي يوضح مدى أهمية الأشكال الطبيعية في بناء السدود وقيمتها الاقتصادية والزراعية والسياحية عند سقوط الأمطار، ونلاحظ عددًا من الزوار على جانبي السد.



الشكل 4. صورة لمقطع من سد مختان مديرية بني حشيش
المصدر: تصوير الباحث عام 2019

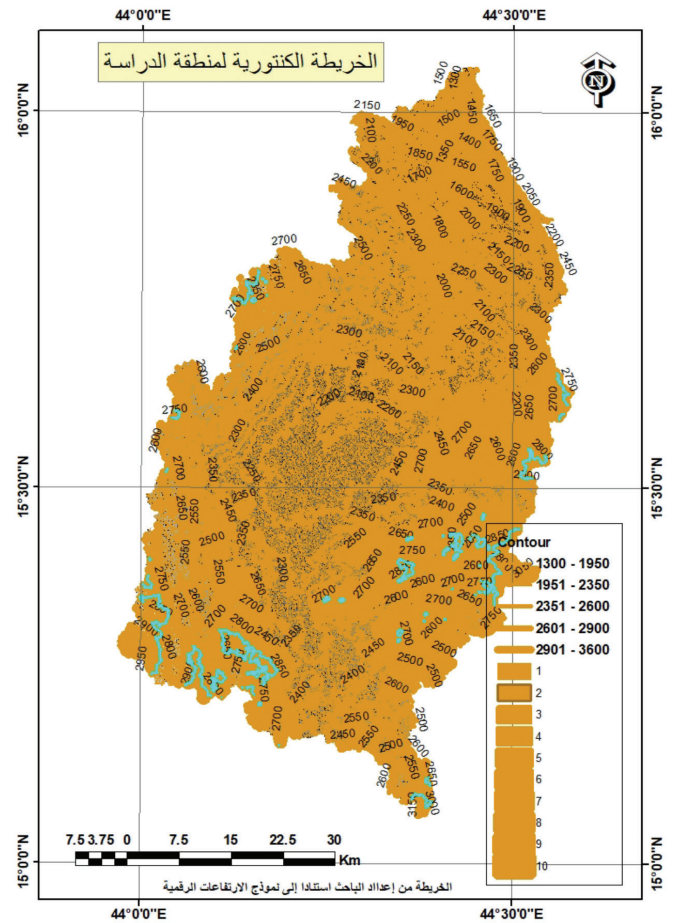
وُبنِي سد شاحك في نقطة التقاء ظاهرتين طبيعية جيومورفولوجية كما هو موضح في شكل رقم (5) مما ساعد على تشييد حاجز لحصاد مياه الأمطار الموسمية، خاصة في شهر يونيو ويوليو، وبذلك نستنتج أن المنافع تعددت، وكانت لها أبعاد كثيرة كالأستفادة منها في بناء السد، إذ شكّل متنفساً للزوار في الأعياد وغيرها، والتي تعد أحد أنماط التنمية المتعددة لأشكال السطح والمرتفعات الجبلية كونها مستدامة وفصلية في كل عام.

الشكل	الرتبة	الارتفاع	اللون	الانهيالات	الموقع
جبل نقم	5-4	2800م	الترابي والرمادي	منخفضة	سنحان وخولان
جبل براش	5-4	2444	ترابي	منخفضة	بني حشيش
جبل الطويل	5-4	2500	ترابي	متوسطة	بني حشيش وخولان
جبل خشم البكرة	5-4	2400	المحمر	منخفضة	بني الحارث وبني حشيش
جبل الأبتير	5-4	2700	المحمر	منخفضة	بني حشيش
جبل صرف كنن	5-4	2800	المحمر	منخفضة	بني الحارث وبني حشيش
جبل فهران	5-4	2818	المحمر	منخفضة	بني الحارث
جبل أيوب	6-5-4	2800	المحمر	منخفضة	بني الحارث وبني حشيش
جبل عصر	6-5-4	2700	المحمر	عالية	بني الحارث وبني مطر
جبل عطان	6-5-4	2700	المحمر	كثيرة	بني الحارث وبني مطر
جبال ذهبان	5-4	2800	المحمر	منخفضة	بني الحارث وبني مطر
جبل الصمع	3-2	2300	المحمر	منخفضة	بني الحارث وأرحب
جبل النبي شعيب	8-7	3600	الرمادي والأسود	متوسطة	بني مطر
جبل مرع	5-4	2600		منخفضة	بني الحارث
مرتفعات سعوان	4-3	2300	حصوي ورمادي	قليلة	بني حشيش

المصدر: من إعداد الباحث.

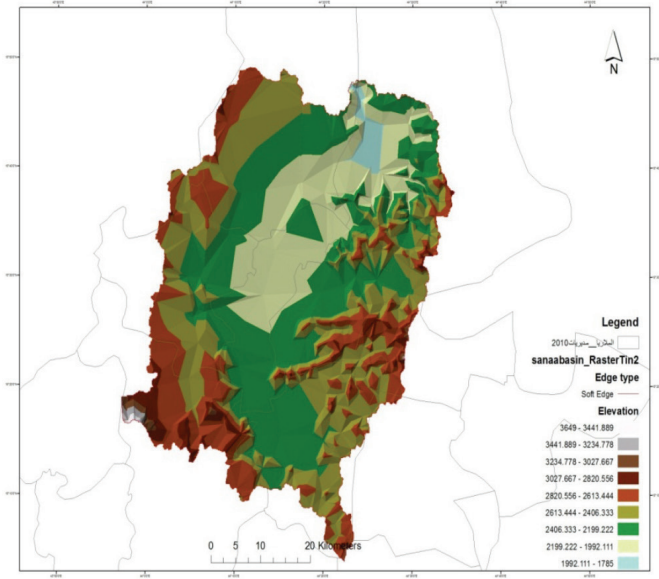
التلال:

التلال أراضٍ شبه هرمية أو قبابية الشكل ترتفع عن سطح الأرض المجاورة لها، ويزيد انحدارها على 5 درجات، ويمكن أن تكون إرسابية طينية أو جبلية، إذ تنتشر في حوض صنعاء بشكل واضح. ومن خلال العمل على الخرائط الطبوغرافية والخرائط الجيومورفولوجية للمنطقة والتي أُعدت وأنتجت بواسطة أنظمة المعلومات الجغرافية، وعند إجراء القياسات والمقارنة في أثناء العمل الحقلية والنزول الميداني للباحث وإجراء الملاحظة والرصد والتصنيف لتلك الظواهر المتمثلة في التلال، وُجد أنها تتركز في الجهة الشرقية الجنوبية المحاذية للجبال، ولم يتمكن من رصد أسماء تلك الظواهر عند النزول إلى مركز الاستشعار عن بعد في وزارة الاتصالات اليمنية، لكن جرى التعرف والرصد من خلال النزول الميداني والخلفية لدى الباحث، وُحُدِّد وعُيِّن عدد من التلال مثل تل الحشيشية في مديرية شعوب وتل عصر وتل سواد حنش وذهبان والذي من خلال العمليات البشرية لوحظ إجراء عمليات شق الطرق وتنفيذ شارع الستين الغربي في أمانة العاصمة، وتل الجراف في مديرية الثورة، كذلك تُستخدم تلك التلال في عديد من المشاريع الاقتصادية والخدمات الحكومية، إذ بُنيت محطات التليفزيون في الجراف الغربي وفي سواد حنش في مديرية الثورة أمانة العاصمة. وقد أوضح الباحث شكل أحد التلال الموضح في شكل رقم (7) ويوجد في شبام الغراس مديرية بني حشيش، إذ استُفيد منها قديماً في عمل المغارات والكهوف ويوجد بها أحد الكهوف المشهورة ويطلق عليه جرف «عبله»، وتشير الدراسات التاريخية ومن خلال الاستبيان إلى أن المنطقة أثرية، وتعود إلى الحضارة السبئية، ولولا تدخل السلطات الحكومية لمنع الاستخدامات الأرضية فيها، لأصبحت أحد مراكز الأنشطة الاقتصادية في التحجير. ومن خلال النزول الميداني لوحظت العوامل والأنشطة البشرية والاستخدامات الأرضية لتلك التلال، ومنها بناء مَدُن سكنية ومجمعات عسكرية مثل تل الخانق في الحشيشية وتل التليفزيون وشق طرقات في تلال ذهبان، والذي بدوره أثر في المظهر التضاريسي للتلال، وأثر في إزالة مجاري الأودية التي كانت تصب من تلك التلال.



الشكل 6. خارطة كنتورية توضح نقاط الارتفاع في السلاسل الجبلية المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على نماذج الارتفاع الرقمي

والسبعين في أمانة العاصمة ممتدة في الاتجاه الجنوبي من الحوض، كما يلاحظ تنوع بارز وتشكل مرتفعات وجبل الصمع.



الشكل 8. ارتفاعات أشكال سطح الأرض في منطقة الدراسة

المصدر: إعداد الباحث استناداً إلى نماذج الارتفاع الرقمي الـ (DEM)

أما الرتبة الرابعة فتصل من 2406-2820 م وتوجد تلك الأشكال وتتداخل بين المرتفعات والأودية والهضاب في الحوض، ويُلاحظ أن المجاري المائية والخنادق والفواصل ومناطق بناء السدود والحواسر المائية كذلك تشكل أهم المناطق الصالحة للاستثمار السياحي والمنتزهات.

ويُستثمر بعض أشكال سطح الأرض لقضاء إجازات العيد، وفي خلال الشكل رقم (4) يتضح سد مختان مديرية خولان محافظة صنعاء. أما الرتبة الخامسة فمن نقطة ارتفاع ما بين 2820-3027 م وتشكل أغلب السلاسل الجبلية في الحوض، تليها الرتبة السادسة من 3027-3234 م. أما الرتبة السابعة من الحوض فتصل من 3234-3441 م وتتركز في مديرية بني مطر، أما الرتبة الثامنة فتصل من 3441-3649 م وتقع في أقصى الغرب من حوض صنعاء والتي توجد فيها أعلى قمة في شبه الجزيرة العربية من مستوى سطح البحر، وهي قمة جبل النبي شعيب، وتقع في مديرية بني مطر محافظة صنعاء. الخلاصة أن ارتفاعات أشكال سطح الأرض في منطقة الدراسة متباينة، كلما اتجهنا جهة الشمال للحوض تقل، وتزداد باتجاه الغرب، واستنتج من خلال الوصف والتفسير والتحليل الآتي:

- الارتفاعات لها تأثيرات في استخدام الأرض، إذ يُلاحظ أن نمو المدن الحضرية والسكنية يمتد في مناطق الرتبة الأولى والثانية والثالثة من الشمال إلى الجنوب في الحوض ويقبل باتجاه الشرق والغرب.
- تزداد قوة العوامل والعمليات الطبيعية باتجاه الغرب في الرتبة السادسة والسابعة، ونلاحظ أن عمليات الانهيارات الصخرية تكثر في هذه المنطقة التي تضم منطقة الظفير مديرية بني مطر مما يؤدي إلى حدوث الانزلاقات الأرضية وتشكل مناطق خطرة.
- تزداد العمليات البشرية في استخدام الأرض في الرتبة الأولى والثانية والثالثة وتتمثل في الأنشطة وفي الأغراض الزراعية والتحصير وبناء السدود في بني حشيش وبني الحارث وأرحب وبني مطر، تستخدم الجبال في التحصير.
- تزداد العمليات الطبيعية من تساقط الأمطار في المرتفعات الجبلية الواقعة في المرتبة الخامسة والسادسة والسابعة، وتقل المياه الجوفية فيها، بينما تتركز المياه الجوفية في الرتب الأقل انخفاضاً.

يوجد عدد من الهضاب في منطقة الدراسة تتناثر بشكل غير متوازن على مستوى الحوض وتظهر بشكل بارز في الجهة الشرقية على امتداد الحوض ومحاذية للجبال، وعلى بُعد متفاوت من أقدام الجبال من 300 م إلى 500 متر، وتتميز بأنها مسطحة من القمة ويختلف شكلها عن التلال، ومن خلال العمل الحقلّي والنزول الميداني وملاحظة الباحث في منطقة الدراسة، نشير إلى أن الحوض يتميز في تشكل الظواهر الجيومورفولوجية ومنها الهضاب، والقرب من الجبال، سواءً في الغرب أو الشرق للوادي، وتكون شبه خالية في الوسط، حيث توجد السهول والقيعان المنبسطة، وتوجد الهضاب في أشكال متقاربة وعلى مسارات وأبعاد واتجاهات نحو الشرق من الحوض، مثل هضبة أو (تبة، لكمة) المُطالع في مديرية شعوب، وعدد من الهضاب في منطقة مذبح، وعادة تستخدم الهضاب للأغراض والتطبيقات العسكرية، ويوجد أيضاً عدد من التباب منها تبة النجيد ولكمة الخباش ولكمة حजर ولكمة وادي سالم في منطقة ربع بن حسن بني الحارث وهضبة الحمام وتبة الريد في منطقة الحدود وتبة العرة وسعوان وتبة حمران في شبام الغراس وتبة العصري وتبة ذهبان وتبة جدر وتبة الجراف في بني الحارث. شكل رقم (7) يوضح إحدى التلال في منطقة شبام الغراس مديرية بني حشيش.

وقد أثرت العمليات البشرية في تغيير المظهر الخارجي من خلال شق الطرقات وبناء المجمعات السكنية فيها، مثل تبة النجيد والتي بُني مجمع سكني أدى إلى تغيير كامل في المظهر التضاريسي لتلك الهضاب.



الشكل 7. مقطع تل شبام الغراس

المصدر: تصوير الباحث

ومن خلال النزول الميداني واستخدام أنظمة المعلومات الجغرافية والصور الجوية في التحليل المكاني والموضح في شكل رقم (8) للمجسم ثلاثي الأبعاد، قُسم الحوض إلى عدد من الرتب من خلال نقاط الارتفاع، ويتموضع القسم السهلي في المركز من الحوض باتجاه الشمال، والذي يقع أغلبه إدارياً في مديرية بني الحارث، كما أن المرتفعات الجبلية تتكون في شكل شبه دائري من الشرق والشمال والجنوب والغرب.

في الشكل رقم (8) قُسمت الارتفاعات إلى ثماني مراتب متدرجة من أقل نقطة ارتفاع تشكل المنطقة المنخفضة في شمال الحوض، وتصل الرتبة من 1785-1992 م، تليها الرتبة الثانية وتغطي جزءاً كبيراً من مديرية بني الحارث يصل ارتفاعها من 1992-2199 م. الرتبة الثالثة من 2199-2406 م وتغطي قلب الحوض وتشكل المنطقة المستوية من الحوض، إذ تكون متداخلة مع بعض المرتفعات، وتتركز هذه الظاهرة والشكل المستوي في مديرية بني الحارث وجزء من مديرية أرحب ومديرية سنحان ومديرية شعوب والثورة

وتشكّل الوديان الجارية الثانوية مثل وادي مهلب ووادي رجام والسر والملكة ووادي الخارد ووادي الجائف مصدرًا مهمًا في بناء الأشكال الأرضية في منطقة الدراسة، كما أنها تشكل مناطق خصبة للزراعة، مثال على ذلك وادي السر ووادي رجام الذي يحتوي على مياه جوفية كبيرة وتربة خصبة تشكلت بسبب الإرسابات في أثناء التعرية المائية، ويوضح الشكل رقم (8-ب) صورة لمقطع من وادي رجام الذي يشتهر بزراعة أجود أنواع العنب في حوض صنعاء والتي تعد من أبرز العمليات البشرية التي أثرت في أشكال الأرض إيجابًا في منطقة الدراسة.

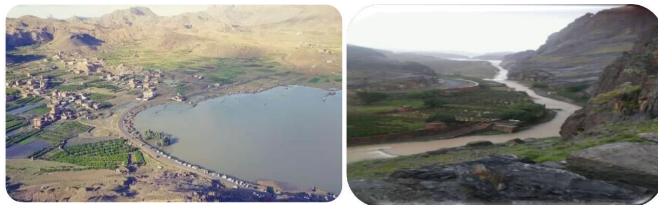


الشكل 8-ب. صورة لمقطع من وادي رجام المصدر: تصوير منصر.

وفي خلال الشكل رقم (8-ج) يتضح جزء من وادي الجائف منطقة الحرة بني جرموز بني الحارث والذي بُني أحد السدود المهمة فيه، واستُغلت العمليات الطبيعية وتأثيرها في الأشكال الأرضية بالمجرى، من خلال وجود الخانقين الجليبيين والاستفادة منهما في بناء السد بإقامة حاجز مائي ربط بين الظاهرتين، والمتوقع الاستفادة من أحد الابتكارات في الطاقة الكهرومائية لتوليد الطاقة الكهربائية.



الشكل 8-ج. صورة من وادي الجائف مديرية بني الحارث



الشكل 9 و 10. يوضح المجرى المائي لسد شاحك

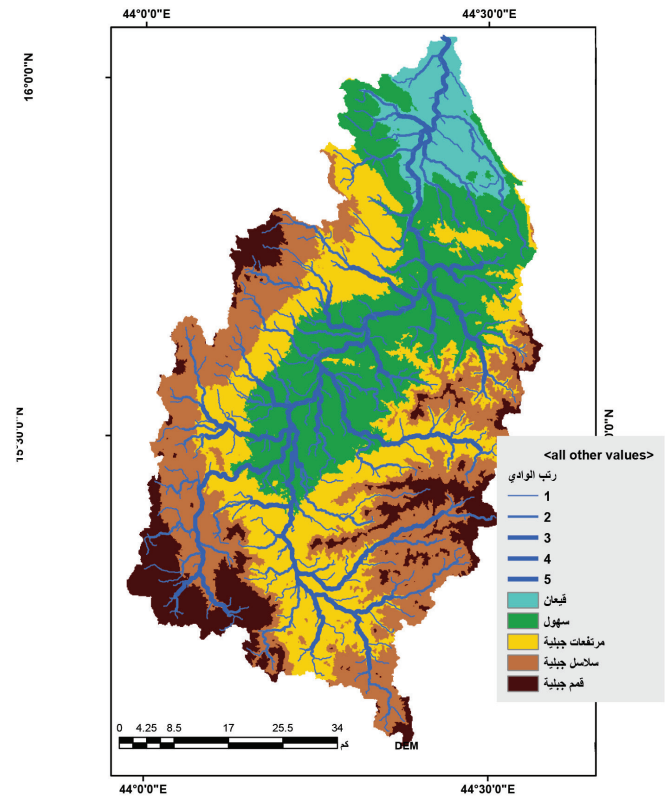
السهول والقيعان والأغوال:

من خلال النزول الميداني والعمل الحقلّي للباحث، جرى التعرف إلى عدد من القيعان والسهول في منطقة الدراسة والتي تتميز بخصوبة التربة ويزرع

- تزداد المياه الجوفية في المراتب الرابعة والخامسة، وتُلاحظ كثرة الآبار الارتوازية في الشكل المستوي من منطقة الدراسة.
- تتشابه نوعية التركيب الصخري في المرتبة الرابعة والخامسة في الجهة الشرقية والغربية للحوض.
- تختلف نوعية التركيب الصخري في المرتبة السادسة والسابعة والثامنة عن التركيب الصخري في الرتب الثالثة والرابعة والخامسة.
- تزداد استخدامات الأرض في التنمية الجبلية على مجاري الأودية الشرقية عنها في الجزء الغربي من الحوض، حيث يكثر بناء السدود في شرق الحوض.
- تشكل القيعان ومجاري الأودية في شرق الحوض مناطق إنتاج زراعي كبير في وادي رجام ووادي السر وصراف والملكة وبني حشيش، عنه في الجزء الشمالي والجنوبي والغربي من الحوض.
- تلعب الارتفاعات والمناخ دورًا كبيرًا في خصوبة التربة والتي لها أثر كبير في نوعية العمليات البشرية والإنتاج الزراعي، إذ تزداد خصوبة في الجهة الشرقية من الحوض عنها في الغرب والشمال والجنوب، وكذلك نوعية الإنتاج مثل العنب يزرع في شرق الحوض ولا يزرع في غرب و جنوب الحوض.

الوديان وتصريفات المياه:

من خلال الدراسة والنزول الميداني لُوحظ وجود تنوع في الوديان ومجاري الأودية الفرعية والتي تتخلل المرتفعات الجبلية من الشرق والغرب في الحوض وتصب وتلتقي في المجرى الرئيسي في وادي عجلان، ويسمى وادي نجعة الذي يتوسط الحوض من مدينة صنعاء، انظر الخارطة رقم (1) وتوضح وقوع المجرى الرئيسي للمياه باللون الأبيض، فمنبعه الأساسي في خط تقسيم المياه في مرتفعات وجبال اللوز ويصب في الخارد والجوف. توضح الخارطة رقم (1-8) الأشكال المختلفة لشبكة الأودية في حوض صنعاء ومنها المجرى الرئيسي للحوض والمجاري الثانوية.



الشكل 8-1. الخارطة الجيومورفولوجية للحوض المصدر: إعداد الباحث معتمداً على نماذج الارتفاع الرقمي (DEM)

فيها جميع أنواع الفواكه والحبوب والخضراوات، مثل قاع الأحقري وقاع ريسة وقاع بني جرموز وقاع الحدود وغول حمران وغول الخارد وقاع القضي وشملان وقاع الأحري وقاع جدر وقاع سهمان وقاع بني عاصم، إذ تشكل القيعان والسهول المرتبة الثانية بعد الجبال والمرتفعات في تكوين الحوض، ومن خلال العمل على الخارطة والتحليل المكاني والذي جرى توضيحه في الخارطة رقم (8)، فإن السهول والقيعان تقع بين نقاط الارتفاع 1750 متراً إلى 2000 متر، وتشكل قلب الحوض وتتركز في مديرية بني الحارث وجزء من أرحب وهمدان وسنحان، ومن خلال الشكل تزداد في اتجاه الشمال للحوض بسبب العمليات الطبيعية وشكل الحوض والانحدارات في اتجاه الشمال، أدى إلى تشكل تلك السهول وقد أثرت العمليات البشرية في بناء مطار صنعاء الدولي في قاع الأحقري وجدر، الذي أدى إلى تغير في شكل الظاهرة ومنها أيضاً تأثيره في تغير مجاري الأودية الفرعية الممتدة من الغرب إلى المجرى الرئيسي للحوض.

الغطاء النباتي:

تأثر الغطاء النباتي في منطقة الدراسة كونه واقعاً في إقليم المنخفضات الوسطى، ويتميز بانخفاضه عن الأقاليم الأخرى والجفاف، ويلاحظ تنوع وندرة في الغطاء النباتي من خلال تعدد الحشائش التي تنبت خلال الأمطار الموسمية والتي هي أماكن لرعي الماعز والأغنام، ويوجد عدد من الأشجار الطبيعية التي من أهمها هيجه، الهيجة في اللغة العربية واللهجة اليمنية هي مجموعته كثيفة من الأشجار تقع في منطقة معينة ومنها منطقة العروق وهي عبارة عن مجموعة من الأشجار الكثيفة من الأثل تصل مساحتها إلى 10 كيلومتر مربع، تحتوي على أشجار الأثل والنظار والطلح وتقع في منطقة العروق في مديرية بني الحارث. ولكن بسبب التمدد العمراني تحولت إلى مبانٍ سكنية مع الوقت، ويبقى بعض الشواهد منها إلى اليوم.



الشكل 11. مزارع العنب في قرية الملكة بصنعاء.

3- العوامل والعمليات الجيومورفولوجية في منطقة الدراسة

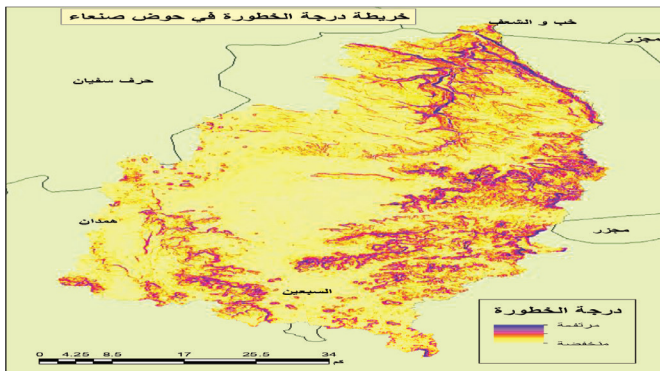
من خلال الدراسات والتقارير والنشرات السابقة، وما جرى القيام به من مطابقة في أثناء النزول الميداني والعمل على الخارطة، لوحظ أن الموقع الجغرافي لحوض صنعاء يتأثر بعدد من العوامل والعمليات الطبيعية كالرياح والأمطار ودرجة الحرارة والعوامل البشرية، لاستخدام الإنسان الأرض ما أثر في أشكال السطح.

1-3 العوامل والعمليات الطبيعية

تؤثر العمليات الطبيعية في بناء وتغير أشكال السطح والظواهر الجيومورفولوجية والتي لها دور كبير في مختلف مجالات التنمية الشاملة

في منطقة الدراسة، كونها تتميز بعدد من الخصائص الطبيعية في عدد من الجوانب كخصوبة التربة، وقد لعب المناخ والذي يعد أحد العوامل الطبيعية دوراً كبيراً في تشكل وتغير تلك المظاهر، عبر تشكل الخواص التي ساعدت على بناء السدود، وزادت نسبة إرساب التربة، ولإثبات ذلك وتوضيح مدى تأثير العوامل الطبيعية في تشكل وتغير أشكال السطح بمنطقة الدراسة، أجرى الباحث دراسة عملية مخبرية وتحليلية في أخذ مقطع عرضي من الأرض وأجزاء من التربة في إحدى المناطق الزراعية بمنطقة الدراسة، وهدف التحليل إلى معرفة مدى كمية الإرساب وتأثير المياه والرياح في تشكل أشكال سطح الأرض، بالمقارنة مع الأجزاء الأخرى من الأراضي في المنطقة التي أخذت العينة منها. من خلال العمل الحقلية تم اخذ عينة في جزء من التربة في احد الأراضي ومنها ما يسمى موضع حق المخلطة بيت حمران محل بيت الحبيلي ربع بن حسن مديرية بني الحارث، وعند الدراسة والتحليل الوصفي والمورفولوجي، ثبت تشكل التربة الطينية مع مرور الزمن بسبب عوامل التعرية المائية في أثناء التساقط المطري على الجبال الشرقية في خشم البكرة وجبل الطويل وصرف، وأدى الإرساب عند تكون الطمي إلى ارتفاع سمك الطبقة الطينية من تلك التربة عن الأجزاء الأخرى من الأراضي المجاورة لها، وكانت النتيجة في ارتفاع سمك التربة عن غيرها من الأراضي بسبب طول مجرى التصريف المائي وعرضه والذي يصب في تلك المنطقة، ومع مرور الوقت تمت عملية الإرساب بشكل واضح، وارتفع الطمي بمقدار 2متر- 2.50 متر من سطح الأرض¹⁶، وبذلك نستنتج أنه توجد علاقة بين سمك التربة التي تشكلت وطول المجرى المائي وعرضه ومستوى العمليات الطبيعية في تساقط الأمطار، كذلك لوحظ عند أخذ أجزاء من عينة الدراسة من خلال التعرف على مستوى الإرساب في المقبرة الموجودة في المنطقة، إذ يظهر مستوى الإرساب في الجزء القديم للمقبرة عنه في الجزء الحديث، ومع مرور الزمن ونتيجة تلك العمليات الطبيعية عُمرت الأحجار التي بُنيت في المقبرة ولم تعد تُرى بشكل واضح بالعين المجردة، بسبب عمليات التعرية الهوائية والمائية عبر الزمن في منطقة الدراسة في مقبرة بيت الحبيلي، مما يشير إلى أن المنطقة تعرضت لعملية إرساب مع مرور الزمن.

وتؤثر العمليات الطبيعية جرّاء الأمطار في تغير أشكال السطح من خلال التساقط والانهيالات الأرضية وكذلك كوارث السيول بمنطقة السائلة في التصريف المائي ومجاري الأودية. وترتبط عمليات الانهيالات الصخرية بنوع التركيب الصخري لتلك المظاهر، والتي عادة ما تكون لينة وقابلة لعمليات التعرية والتجوية، ومختلف العمليات الطبيعية وسرعة نشاط العوامل في تلك المنطقة والتي صُنفت من ناحية خطورتها إلى مناطق خطرة جداً ومناطق مرتفعة الخطورة ومناطق منخفضة الخطورة، كما يوضحها اللون الأزرق والأحمر في الخارطة رقم (12).



الشكل 12. درجات الخطورة في الحوض مصدر الخارطة: إعداد الباحث استناداً إلى نماذج الارتفاع الرقمي

وتتطلب عمليات بناء المنازل والمنشآت السكنية مواد بناء مختلفة منها الحصى ومفتتات الصخور وما يسمى في العامية اليمينية (الكري والنيس)، والذي أدى إلى الطلب الكبير لاستحداث مناجم عديدة في تلك المواقع وإنشاء الكسارات التي أثّرت في أشكال سطح الأرض وعملت على استنزاف الموارد الطبيعية المهمة والتي من خلال الشكل رقم (13-ج) يوضح الأنشطة والعمليات البشرية في مناطق الإنتاج بالمرتفعات الجبلية والتي جرى توفير عدد من الآلات التي تستخدم في الإنتاج ومنها جرافات وغرايبيل.



الشكل 13-ج. صورة لإحدى الكسارات

من ثم العمل على غربلتها وإخراج المواد الثانوية منها وتحميلها، وتصل كمية استخراج إلى نسب عالية وفق السنوات ومن خلال الدراسة، مما أدى إلى زيادة الاستثمار التقليدي في هذا الجانب. ويوضح الشكل رقم (14) إحدى نقاط تجميع مواد بناء على شكل أكوام كبيرة ومن ثم يتم استخدامها من قبل المستهلكين أثناء البناء.



الشكل 14. صورة توضح نقاط البيع لمواد البناء المصدر: تصوير الباحث

والتي بدورها أدت إلى أحداث تغير كبير في أشكال سطح الأرض على سبيل المثال في منطقة سعوان وذهبان، يُستخرج الحصى من الجبال والهضاب في تلك المنطقة وعند مقارنة التغير في أشكال سطح الأرض من عام 1973 م، من خلال الصور الجوية والخرائط الطبوغرافية، ومقارنتها مع الشكل الطبيعي الجيومورفولوجي في الوقت الراهن عام 1973 م - 2019 م، ومن خلال النزول والملاحظة يوجد فرق كبير وواضح، إذ أصبحت مرتفعات سعوان مستوية على الأرض، واستثمرت في بناء مدن سكنية، ويوضح الشكل البياني رقم (15) نسبة تأثير العوامل والعمليات البشرية في تغير أشكال سطح الأرض في جبل صرف وجبل مرع وذهبان.

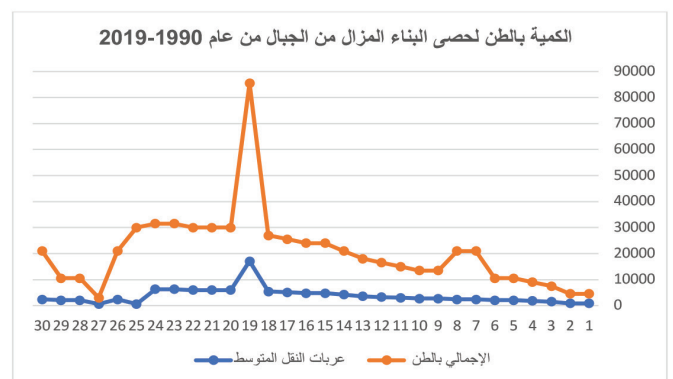
وجرى توضيح نسب تفاوت الخطورة في اللون الأزرق والأحمر والأصفر، ووجد أنها مرتبطة مع نوعية التركيب الصخري للجبال. ومن خلال التصنيف للأشكال الأرضية للمناطق الخطرة، حيث توجد في مناطق الانهيارات الصخرية وتشكل نقاط الخطورة في غرب وجنوب حوض صنعاء في جبل عصر، وقرب منطقة ريعان في منطقة الظفير ببني مطر، حيث تتعرض لنشاط عوامل التعرية الجوية تزيد فيها نسبة التساقط والانهييارات الصخرية. أما المناطق الأخرى من الحوض فتكون خفيفة في معظم السلاسل الجبلية، لأن التركيب الصخري قوي، كذلك علميات التساقط المطري والتي تزداد مع اختلاف العوامل المناخية.

2-3 العوامل والعمليات البشرية

أما بالنسبة للعمليات البشرية فتزداد بزيادة عدد السكان، وتتمثل زيادة العمليات والأنشطة البشرية المختلفة في البناء والقلع والتحجير واستخدامات الأرض المختلفة في الزراعة والصناعة. ومن خلال النزول الميداني والتقارير السنوية وُجد أن الأعمال الاستثمارية في القلع والتحجير في المرتفعات الجبلية بمديرية أرحب ومديرية بني الحارث ونهم وبني مطر، ازدادت تلك الأنشطة مع زيادة نمو السكان والتمدد الحضري في أمانة العاصمة ما تطلب كميات كبيرة من الأحجار التي نُقلت بواسطة عربات النقل المتوسط إلى مناطق البيع. وفي شكل رقم (13-أ) أحد عربات النقل تحمل أحجاراً للبناء بمختلف أنواعها؛ للأساس، عملية البناء التي تستنزف كميات كبيرة وتنقل تلك الكتل الصخرية يوميًا وتصل إلى ملايين الأطنان. وقد أُجريت الإحصاء والدراسة لمنطقة الحرة، لمعرفة مدى تأثير العمليات البشرية اليومية في مظاهر أشكال السطح بالمرتفعات الجبلية في جبل مرع وذي مرمر وزمهيرير في الحرة منطقة بني جرموز، وذلك في الفترة من عام 1990 م إلى عام 2019 م بمعدل استهلاك ونقل عدد 3 عربات نقل متوسط لمواد البناء نحو خمسة أطنان وإجمالي التعرية البشرية الجبلية من خلال الاستهلاك والإزالة لتلك المظاهر بالطن في كل عام ومن خلال الشكل رقم (13-ب) شكل بياني يوضح إجمالي الكمية بالطن المزالة من الجبال في منطقة الحرة من عام 1990 م - 2019 م.



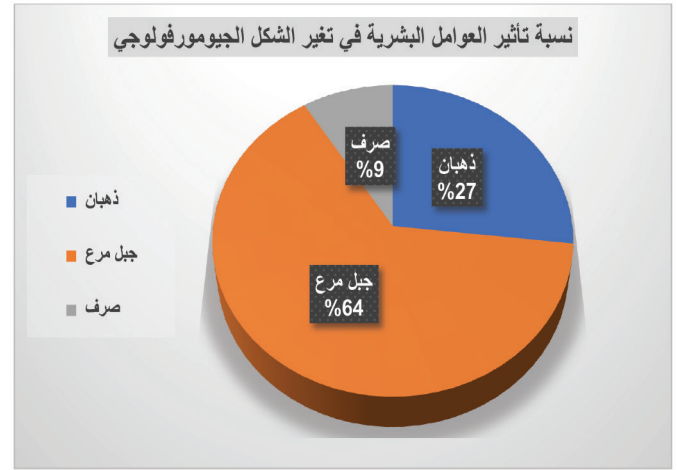
الشكل 13.أ (أش11) صورة توضح عربة نقل متوسط تحمل الأحجار



شكل (13-ب) القيمة بالطن المزال من الجبال من عام 1990 - 2019 م المصدر: من إعداد الباحث



الشكل 16. صورة لظاهرة الانهيارات الصخرية



الشكل 15. نسبة تأثير العوامل البشرية في تغير الأشكال المصدر: من إعداد الباحث

- مخاطر ومشكلات السيول التي تحدث عند سقوط الأمطار على المرتفعات الجبلية الشرقية والغربية للحوض في جبل اللوز مديرية خولان، والتي يصاحبها تشكل وتجمع السيول في المجرى المائي الرئيسي الممتد من وسط أمانة العاصمة صنعاء، إذ يسبب مشكلات ومخاطر في جرف المنازل والسيارات على طول امتداد الوادي والتي تزداد بشكل كبير في شهر يوليو بسبب الأمطار الموسمية، وأدت السيول في 2019 م إلى خسائر كبيرة إذ شهد الحوض واليمن سقوط أمطار موسمية غزيرة عام 2020 م خلال إجراء هذا البحث ما تسبب في خسائر بالأرواح وفي أثناء النزول الميداني جرى الاطلاع على حجم الدمار في الممتلكات إذ جُرفت المنازل على ضفاف مجرى الوادي.

- الانحدارات الشديدة في المرتفعات والتي تؤدي إلى صعوبة في شق الطرقات وإجراء المشاريع التنموية الخدمية في مديرية نهم وأرحب وبنى مطر وبنى حشيش وخولان نتيجة شدة الانحدارات وتضررها.
- تغيير أشكال سطح الأرض واستنزاف الموارد الطبيعية بواسطة العمليات والأنشطة البشرية والزيادة السكانية من خلال الهجرات الداخلية إلى أمانة العاصمة والتي زادت بشكل كبير من عام 1973 حتى اليوم، وبسببها زادت العمليات البشرية التي تعد أحد الأسباب الرئيسية في تغير أشكال سطح الأرض في منطقة الدراسة، ويوضح الشكل رقم (17) أثر الزحف العمراني في الأراضي الزراعية بالقيعان والسهول في منطقة الدراسة، والتي أثرت في شكل المظهر التضاريسي وتحولت التربة والأراضي الزراعية إلى كتل من المباني والمجمعات السكنية.



الشكل 17. صورة توضح أثر العمليات البشرية على الأراضي الزراعية المصدر: تصوير الباحث.

اليوم نجد الفرق كبير وواضح للعيان في التغير في مظاهر وأشكال السطح الجيومورفولوجية في منطقة الدراسة، ولها أبعاد وتأثيرات متعددة منها تأثيرات على مجاري السيول وتصريف المياه وكذلك أثرت في البيئة والغطاء النباتي من خلال تلاشي عدد من النباتات والحيوانات إضافة إلى تأثيرات بيئية في الهواء وتشكل سحاب من الغبار والأترية.

4- المشكلات والتحديات الجيومورفولوجية

نتيجة العمليات الجيومورفولوجية الطبيعية والبشرية والتي أثرت في بناء وتغير أشكال السطح في منطقة الدراسة، كما رافق تلك العمليات والتي أدت إلى ظهور عدد من المشكلات والمخاطر التي أثرت بشقيها في صحة وحياة الإنسان واستنزاف الموارد الطبيعية وأحداث خلل في النظام البيئي وكذلك أثرت في تشكل معوقات في التنمية الشاملة في أثناء إجراء التخطيط لعدد من المشاريع في حوض صنعاء، ومن تلك المشكلات والمخاطر والتحديات:

- الانهيارات الأرضية التي تحدث في مرتفعات وجبال عصر في مديرية بني مطر في أثناء سقوط الأمطار والتي تؤدي إلى مشكلات ومخاطر على الطريق العام من محافظة الحديدة إلى صنعاء، من خلال سقوط الكتل الصخرية وتشكل حواجز من الأحجار والصخور التي تصاحب سقوط المطر وأيضاً الانهيارات المفاجئة التي حدثت في منطقة الظفير في مديرية بني مطر محافظة صنعاء وأدت إلى سقوط ضحايا وخسائر كبيرة في المنشآت. كما أن الانهيارات تسبب مشكلات وخسائر من ناحية زيادة تكلفة صيانة الطرق. ومن خلال النزول الميداني إلى شارع الخمسين في منطقة عصر جنوب غرب منطقة الدراسة، يلاحظ شكل الانهيارات والتساقط الصخري في المنطقة والذي يظهر في شكل رقم (16) هذه الانهيارات من جبل عطان وتحدث باستمرار نتيجة العمليات الطبيعية عند تساقط الأمطار.¹⁷ وتشكل خطورة كبيرة في التساقط المفاجئ خلال السير في الطريق العام. وأيضاً تسبب في تهدم عدد من المنازل التي يجري البناء فيها، بذلك ومن خلال البحث حُدثت تلك المناطق وخطورتها ويمكن الاستفادة منها في تحويلها إلى متنزهات ومناطق سياحية.

ومن خلال البحث أُثرت في إزالة الغطاء النباتي والقضاء على الأراضي الزراعية وتغير مظهر الأشكال، وارتبط نمو السكان بزيادة الطلب واستخدام الأرض والزحف العمراني غير المخطط، وبنيت المدن السكنية في السهول والجبال وعلى مجاري السيول والهضاب والتباب. وانتشر في الفترة الأخيرة بناء مدن سكنية على سفوح الجبال والمرتفعات في غرب حوض صنعاء في منطقة مذبح وسعوان، مما أدى إلى تغير شامل في اللاند سكيب في المظهر الخارجي لأشكال السطح، كما تسببت تلك المدن في مشكلات اقتصادية وصحية وبيئية متعددة وظهور العشوائيات وصعوبة وصول الخدمات، وكذلك أثرت الزيادة السكانية في تشكل مقالب النفايات، ومنها مقلب الأزرقين في بني الحارث الذي يعد نتاجاً طبيعياً للعوامل والعمليات البشرية، وأثر بشكل كبير في حياة الناس من خلال انتشار الأمراض والأوبئة كما أثر في أشكال سطح الأرض بسبب عملية احتراق النفايات.

الكسارات ومقاطع الأحجار والمناجم والتي تعد من أهم التحديات والتي تسبب مشكلات في البيئة وتعمل على تغير في أشكال السطح. ومن خلال النزول الميداني والمقابلة مع الأهالي والتحليل والمقارنة على أحد المرتفعات الجبلية في شمال شرق حوض صنعاء في منطقة مرع وزجان بني جرموز مديرية بني الحارث صنعاء. يلاحظ أن الجبل من خلال الخارطة الطبوغرافية لعام 1973م يصل ارتفاعه إلى نحو 2500 متر وعرضه إلى نحو 600 متر وقبل أن يحدث عليه أي تغيير في الشكل بسبب العوامل البشرية، إذ كان الجبل يشكل علامة فاصلة بين منطقتين زجان ومرع، ولكن في الوقت الراهن وبسبب عمليات التعدين بواسطة الكسارات ومع استمرار العمل في التعدين والتججير والجرف، سُوي بالأرض وأزيل الفاصل وأصبحت المنطقتان شبه ملتقتين.

5- تطبيقات أشكال السطح في التنمية الجبلية في حوض صنعاء

تتميز منطقة الدراسة بتعدد الأشكال الجيومورفولوجية التي تستخدم في التنمية الشاملة بالتخطيط وإنشاء المشاريع الخدمية والاجتماعية وكذلك المشاريع الاستراتيجية للدولة، سواء العسكرية أو الاقتصادية والسياحية والزراعية. لقد أثر تنوع تلك الظواهر وتباينها في توفير مناخ ملائم لاستخدام تلك المشاريع الحيوية المهمة. وقد أثر الانسان في المظاهر الجيومورفولوجية ورؤضا لخدمته باستخدام تطبيقات الجيومورفولوجية وكذلك الجيومورفولوجية الحضرية وأهميتها في أشكال السطح والعمليات في المدن،¹⁸ وأظهر عديد من الدراسات أهمية الجيومورفولوجية الحضرية والعمليات التي تجري على أشكال سطح الأرض من خلال تمدد المدن الحضرية والمساكن بصورة سريعة، ويعد تأثير تلك العمليات في أشكال السطح والإرساب أكثر من العمليات الطبيعية التي تحدث على أشكال السطح، لأن الإنسان بطبيعته سريع في إجراء تلك التغيرات بسبب امتلاكه أدوات حديثة أدت إلى زيادة أنواع وأشكال العوامل والعمليات البشرية على الطبيعة، والتي من خلالها أعطت رؤية للباحث لاستخدام تلك القوى في النحت على الصخور وإجراء عدد من المشاريع كملاجئ وأنفاق في خشم البكرة، كون المنطقة المتاخمة والمحيطه تتوسع في بناء المدن السكنية وسوف تتطور وتكون قلب مدينة صنعاء مستقبلاً، ما يفرض ضرورة وجود ملاجئ بشرية، إذ يمكن الاستفادة من الكهوف والمغارات وأعمال التججير في المرتفعات الجبلية في بناء ملاجئ، والاستفادة من الدراسات والتجارب الأجنبية، وأشارت صحيفة الخليج في موضوع «الملاجئ الأرضية ملاذ آمن من مخاطر الفضاء» وأوضحت أهمية بناء الملاجئ في عدد من بلدان العالم ومنها لندن، وكيف جرت الاستفادة

من أعمال المناجم والكهوف وتحويلها إلى ملاجئ، ومنها ملجأ بيرلنجتون وكهوف ريد كليف التي استُفيد منها خلال الحرب العالمية الأولى والثانية.¹⁹ ومن خلال تطبيق جيومورفولوجية المدن والتي ظهرت دراستها عام 1960 م كمفهوم علمي، نتمكّن من قياس التأثيرات والعمليات والأنشطة البشرية على أشكال سطح الأرض في الطبيعة.¹⁸ والتي تظهر تلك العمليات البشرية مدة التأثير في أشكال السطح من خلال الاستيطان والتنمية في تلك المظاهر، إذ لوحظ وجود تنوع في تلك الأشكال من خلال الإرساب أو النقل أو النحت، ويظهر ذلك بوضوح لتلك العمليات البشرية في منطقة الدراسة في حوض صنعاء والتي ظهرت مع الزمن وقُسمت إلى التالي:

- استغلال أشكال السطح في حوض صنعاء في التنمية الجبلية المستدامة في دعم المجتمع المحلي لعمل مشاريع تنموية، واستغلال أشكال الخوانق الجبلية والمناطق الضيقة في الجبال ومجاري الأودية في بناء السدود والحواجز المائية، والتي لها مردود اقتصادي كبير ومتعدد، كاستفادة منها في ري المحاصيل الزراعية لأبناء المنطقة والمحافظة على مياه الأمطار من النفوذ دون جدوى، كما تحافظ على تغذية المياه الجوفية وتعويض المفقود منها والتي تشير التقارير إلى أن كمية الاستنزاف في حوض صنعاء وصلت إلى مرحلة الخطورة، كما يُستفاد منها في الاستثمار في السياحة الداخلية التي يشهدها كثير من الزوار في المناسبات، والتي إذا وُظفت بشكل جيد فسوف تسهم في وجود فرص عمل وتقديم خدمات سياحية وضيافة حول السد، كما يمكن الاستفادة منها في توليد الطاقة الكهرومائية وهي الفكرة التي يتبناها الاتحاد،²⁰ الآن ويعمل على إنشاء محطة مصغرة كهرومائية، توصل إليها أحد المبتكرين في اليمن وحصل على شهادة وميدالية ذهبية من المعرض الدولي (أرشميدس) في روسيا عام 2018 م، وهنا تبرز أهمية التنمية الجبلية المستدامة في سد الجائف في بني جرموز، وكذلك سد مختان في سعوان وسد شاحك في مديرية خولان وشلال بني مطر الذي بدوره يسهم في الحفاظ على المظهر الخارجي لأشكال السطح من التعرية والإزالة البشرية التي يقوم بها بعض أفراد المجتمع، والتي ومن خلال البحث استنتج أن هناك مرتفعات أُزيلت كلياً مما أثر في استنزاف المورد على المظهر العام لسطح الأرض، وأدى إلى نضوبه تماماً في منطقة الدراسة.
- بناء ملجأ في المرتفعات الجبلية الشرقية لحوض صنعاء ومن خلال الاستفادة من تطبيقات الجيومورفولوجيا والجغرافيا الهندسية جاءت الفكرة في تنمية المرتفعات الجبلية، من خلال التخطيط والإعداد وعمل البيانات لإعداد مشروع في بناء ملجأ في منطقة خشم البكرة مديرية بني الحارث الموضوع في شكل رقم (18).



الشكل 18. منطقة خشم البكرة مديرية بني الحارث المصدر: تصوير الباحث

من أسس نجاح حل المشكلة فهم المنظومة والعمليات التي تحدث داخل أي نظام ومنها النظام الجيومورفولوجي، حتى تتمكن من معرفة نقاط القوة ونقاط الضعف والتأثيرات والقوى المصاحبة لتلك العمليات في حوض صنعاء، كون المعلومات تُشكل نسبة 90% من النجاح وصياغة القرار الأمثل، وقد استنتج من الدراسة الآتي:

- أثبتت الدراسة إمكانية استغلال المظاهر الجيومورفولوجية الطبيعية في عمل المشاريع المستقبلية، كإنشاء المتنزهات السياحية وملجأ في مرتفعات خشم البكرة في بني الحارث أمانة العاصمة، الجمهورية اليمنية، لما تتميز به من خصائص طبيعية وبشرية محفزة لذلك الاستغلال.
- أثبتت الدراسة أن العمليات الطبيعية، ومنها عمليات التعرية المائية، تنشط بشكل كبير في المناطق الجبلية، خاصة في الانحدارات العالية ذات التكوين الصخري اللين، والذي يظهر بشكل واضح في جبال عصر في الجهة الغربية بحوض صنعاء والذي يستنتج من تلك العمليات الانهيارات الصخرية مع الزمن، وترتبط درجة الخطورة مع نوعية تركيب الصخور، وكون الصخور اللينة سرعان ما تحدث عملية التساقط فيها.
- توصلت الدراسة إلى أن العوامل والعمليات البشرية أثرت بشكل كبير في تغيير أشكال سطح الأرض في حوض صنعاء، من خلال مقارنة الخرائط الطبوغرافية عام 1973 م وعام 2019 م، وقد أزيل عدد من أشكال الأرضية نهائيًا، وأصبحت على مستوى سطح الأرض في صرف وجبل مرع والذي بدوره أثر في خلل التوازن البيئي بمختلف أبعاده وتأثيراته، كما أدى إلى ظهور عدد من المشكلات كنقص المياه والقضاء على الأراضي الزراعية والغطاء النباتي وكذلك تلوث البيئة في منطقة صرف ومشروع السائلة في صنعاء ومقلب الأزرقين ومحطة الصرف الصحي في منطقة الرحبة وبني الحارث وأرحب. وبلغت كمية الكتلة الجبلية المستنفدة جرًا العمليات البشرية في جبل مرع نحو 360 مليون طن، ومرتفعات وجبال صرف خمسين مليون طن، وجبال ومرتفعات ذهبان 150 مليون طن.
- أثرت الأنشطة البشرية في اختفاء عدد من أشكال سطح الأرض التي تحتوي على مكتسبات من الموروث الحضاري اليمني من قلاع وحصون ومغارات، تعود إلى ملوك سبأ وحمير في مديرية بني الحارث وبني حشيش ومديرية نهم، بسبب الأعمال والأنشطة البشرية وعمل الكسارات في الجبال، وأصبح من الضروري سن قوانين لحمايتها واستثمارها.
- جرى التوصل إلى عمل قاعدة بيانات لخارطة جيومورفولوجية لحوض صنعاء، أعطت مظهرًا عامًا لأشكال سطح الأرض المختلفة، يمكن الاستفادة منها في التعرف إلى تلك المظاهر عند التخطيط للمشاريع التنموية.

7- المقترحات

- توصي الدراسة بتتبع الدراسات الجغرافية الطبيعية والبشرية والعمل بنظم المعلومات الجغرافية وأقسامهما، ومنها الجيومورفولوجية، للتعرف إلى العمليات والعوامل المؤثرة في تكوين أشكال سطح الأرض، والاستفادة منها في التخطيط وإجراء مشاريع التنمية الشاملة، وتوظيفها في تنمية المرتفعات الجبلية بحوض صنعاء عبر بناء السدود والمتنزهات وإقامة ملجأ في جبل خشم البكرة، وأهمية الاستفادة من دراسة التحليل المكاني واختيار الموقع الأمثل بواسطة أنظمة المعلومات الجغرافية لبناء مشاريع خدمية، كالتخطيط لإقامة حاجز مائي في منطقة ربع بن حسن بيت ملقات ومحل بيت عاطف مديرية بني الحارث - صنعاء.

- توصي الدراسة بالحفاظ على المظهر العام لأشكال السطح والبيئة الطبيعية، بتشجيع التنمية المستدامة بين أفراد المجتمع، واختيار البدائل في إقامة المشاريع التنموية الاستثمارية المستدامة، والعمل على تنمية المشاريع الابتكارية.
- توصي الدراسة السلطة المحلية في أمانة العاصمة ومحافظة صنعاء بإعادة النظر في وضع ضوابط تعمل على الحد من الهجرات الداخلية، كون الزيادة السكانية قد شكّلت أهم العوامل والعمليات البشرية التي أثرت في البيئة عبر الزحف العمراني في منطقة الدراسة، والعمل على إعادة خارطة توزيع الخدمات التنموية والتخفيف من قيود المركزية، بما يحقق توزيعًا سكانيًا بشكل متوازن.

8- الخلاصة

تعد تنمية أشكال السطح والمرتفعات الجبلية في حوض صنعاء إحدى الدراسات البحثية الجيومورفولوجية المهمة التي يجب النظر إليها بعين الاعتبار، كونها تعطي صورة واضحة لرجال التخطيط عند إجراء المشاريع التنموية، وتوضح أشكال السطح والتنوع في تلك المظاهر، وأثر العمليات الإرسابية والتعرية التي تنشط فيها، وأماكن الخطورة التي يجب تجنبها، وصُنفت بنحو 5% من إجمالي أشكال سطح الأرض. يشكل الحوض أهمية استراتيجية لاحتوائه على عديد من الموارد الطبيعية التي يمكن استغلالها في مختلف مجالات التنمية الشاملة العسكرية والاقتصادية والزراعية والصناعية، ومنها استغلال المرتفعات الجبلية في إنشاء ملجأ في خشم البكرة، والذي سيشكل أحد أهم المشاريع الاقتصادية الاستراتيجية في أمانة العاصمة صنعاء، وكذلك إقامة حاجز مائي في وادي عجلان للحفاض على مياه السيول، ما سيسهم بشكل كبير في تغذية المياه الجوفية في حوض صنعاء، كونه يتعرض لاستنزاف كبير فيها.

- 1 اللهي مجلي، ناجي، التصنيف الكمي لنماذج جيومورفولوجية متميزة في اليمن، مجلة الجمعية الجغرافية اليمنية، العدد الخامس، دار جامعة صنعاء للطباعة والنشر، اليمن، 2014، ص360.
- 2 إعداد الباحث للعام 2019م اثناء العمل على الخارطة واستنادا الى نموذج الارتفاع الرقمي Dem .
- 3 حمران، محمد علي، بحث لم يتم نشره بعنوان الزحف العمراني والتأثيرات البيئية في بني الحارث، جامعة صنعاء، 2017 م.
- 4 الخرسا، سعد الرازق، مفهوم علم الجيومورفولوجيا وتطوره، جامعة بابل - 12-2012-10.
- 5 Bull WB. Tectonic geomorphology of mountain. Oxford:Blackwell; 2007.
- 6 أبو العينين، حسن سعيد، أصول الجيومورفولوجيا، دار النهضة العربية للطباعة والنشر، بيروت 1976.
- 7 الدليمي، خلف، الجيومورفولوجيا التطبيقية، علم شكل الأرض التطبيقي، مكتبة نرجس، 2000.
- 8 Shroder JF. Treaties on Geomorphology. Oxford: Academic Press; 2013. p 14.
- 9 Huggett R. Fundamental of Geomorphology. Oxford:Routledge; 2007. p. 2.
- 10 إعداد الباحث محمد علي حمران، في أثناء العمل على الخارطة استنادا الى نموذج الارتفاع الرقمي DEM.
- 11 خارطة رقم 1، إعداد الباحث.
- 12 اليعري، خالد، رسالة ماجستير، دراسة التربة في منخفض حوض صنعاء، قسم الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية. جامعة صنعاء، اليمن، 2005 م ..
- 13 إعداد الباحث محمد حمران.
- 14 محاضرات د. أحمد سلطان، الجغرافيا الطبيعية للجمهورية اليمنية عام 2017/ جامعة صنعاء.
- 15 تصوير الباحث في أثناء النزول الميداني عام 2019م.
- 16 دراسة تحليلية ومخبرية حقلية من قبل الباحث.
- 17 صورة لشكل الانهيارات الصخرية في شارع الخمسين - منطقة عصر، من تصوير الباحث محمد حمران في أثناء النزول الميداني إلى منطقة الدراسة 2020م.
- 18 Thornbush, M. & Allen, C. Urban Geomorphology-Landforms and Processes in Cities. Oxford: Elsevier; 2018.
- 19 حسين، عبير، الملاجئ الأرضية ملاذ آمن من مخاطر الفضاء، مجلة الخليج، 10-30-2015م.
- 20 تحاد الأكاديميين العرب. مؤسسة عربية علمية تأسست بتاريخ 8-1-2018 م، مسجلة في العضوية الكاملة في الاتحاد الدولي للمبتكرين IFIA - جنيف، سويسرا بتاريخ 20مارس 2018م. <https://www.ifia.com/ifia-members/full-members/union-arabian-acad>

تقدير تراكيز بعض المعادن الثقيلة في ألعاب الأطفال البلاستيكية المبيعة في أسواق محافظة عدن – اليمن

عادل أحمد محمد سعيد¹، أحمد محمد الحاج سعيدان²، سامي زيد محمد سعيد³

¹ قسم الكيمياء – كلية العلوم – جامعة عدن / عدن - الجمهورية اليمنية

² قسم الكيمياء – كلية التربية – جامعة عدن / عدن - الجمهورية اليمنية

³ قسم الكيمياء – كلية التربية – جامعة أبين / أبين - الجمهورية اليمنية

adel_saeed73@yahoo.com¹, amhsuedaan@hotmail.com², samyalkdy63@gmail.com³

المُلخَص

يعد هذا البحث أول دراسة يمنية لتقدير تراكيز بعض المعادن الثقيلة في ألعاب الأطفال البلاستيكية المتوافرة في بعض أسواق محافظة عدن باليمن، ومعرفة التأثيرات السامة لهذه المعادن في حياة وصحة الأطفال. ولتحقيق ذلك، تم عشوائيًا اختيار عشر عينات مختلفة من الألعاب البلاستيكية، تم شراؤها وتجميعها من محلات وأكشاك بيع ألعاب الأطفال في محافظة عدن وتصنيفها على أساس نوع اللعبة، وتعدد الألوان وطريقة لعب الأطفال بها (اللعب بالفم فقط أو باليد فقط أو بكليهما معًا) والتي تعتبر طرقًا خاصة بالأطفال في أعمار تتراوح ما بين سنة إلى ست سنوات. جُهزت العينات ثم حُللت في المركز القومي للبحوث في جمهورية مصر العربية. استخدمت طريقة ارتشاح الملوثات السامة من العينات الصلبة (TCLP) لترشيح السموم من أسطح عينات ألعاب الأطفال البلاستيكية ثم أجري التحليل الكمي باستخدام تقنية انبعاث البلازما (ICP-OES) لتقدير تراكيز المعادن الثقيلة: الزرنيخ (As)، الكادميوم (Cd)، الكروميوم (Cr)، النحاس (Cu)، الحديد (Fe)، المنغنيز (Mn)، النيكل (Ni)، الرصاص (Pb)، والخرصين (Zn). أظهرت نتائج هذه الدراسة باستخدام طريقة (TCLP) أن جميع مستويات العناصر المدروسة كانت أقل من الدراسات السابقة وضمن، في حال وجودها، الحدود المسموح بها محليًا ودوليًا.

الكلمات المفتاحية: تحليل الألعاب البلاستيكية، طريقة ارتشاح السموم، المعادن الثقيلة، أسواق محافظة عدن-اليمن.

Title:

Assessment of some heavy metals in plastic toys sold in Aden governorate markets-Yemen

Adel A. M. Saeed¹, Ahmed M. H. Saeedan², Sami Z. M. Saeed³

¹ Faculty of Science, University of Aden, Yemen

² Faculty of Aden Education, University of Aden, Yemen

³ Faculty of Abyan Education, University of Abyan, Yemen

Abstract:

This research is a first attempt to examine some heavy metals in plastic toys available in some of Aden Governorate markets-Yemen and to evaluate the toxicity effects on kids' health. To achieve this goal, we examined ten plastic toys as samples randomly. These toys were purchased from toy shops and stalls in Aden Governorate. The toys were assembled and classified by type, colour, and playing method: by mouth only, by hand only, or by both (which are the typical playing methods by children between 1-6 years old).

The samples were prepared then analyzed at the National Research Center-Egypt. Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) was used for the samples and then followed by the ICP-OES technique to determine heavy metals concentration namely: arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr), copper (Cu), Iron (Fe), manganese (Mn), nickel (Ni), lead (Pb), and zinc (Zn). Using TCLP in this study showed that all heavy metals levels

Received 20 January 2020; accepted 9 March 2020; published 15 November 2020.

© 2020 The Author(s), licensee HBKU Press. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Cite this as: Saeed A. Assessment of some heavy metals in plastic toys sold in Aden governorate markets-Yemen. Arabian Journal of Scientific Research 2020;2.12. <https://doi.org/10.5339/ajsr.2020.12>

were less than previous studies and if available, they are within the local and international acceptable levels.

Keywords: Plastic toys analysis, TCLP, heavy metals, Aden governorate markets, Yemen.

1- المقدمة

إن الحديث عن تلوث ألعاب الأطفال كان، وما يزال، يمثل عنواناً بارزاً ومزعجاً لدى مواطني الشعوب، خصوصاً التأثيرات السامة في صحة الأطفال. وتتكون ألعاب الأطفال جزئياً أو كلياً من البلاستيك الذي يدخل في صناعته بعض الإضافات الكيميائية لغرض تجاري أو صناعي.¹

ومن المخاطر المحتملة لهذه الإضافات الكيميائية قدرتها على تغيير وظائف حيوية في صحة الأطفال عند انتقالها أو ترشحها من سطح الألعاب البلاستيكية أثناء اللعب بها، عبر ابتلاعها أو مضغها بالفم بطريقة مقصودة أو غير مقصودة، أو عن طريق الجلد من خلال ملامسة أو قبض الألعاب، حيث يميل سلوك الأطفال بصورة عامة إلى قبض ولعق ومضغ وابتلاع الأشياء التي قد تحتوي على إضافات كيميائية، مما يترتب على ذلك تأثيرات صحية خطيرة قادرة على تغيير وظائف جسم الطفل الحيوية، مثل إعاقة التعلم، ومشاكل هرمونية تؤدي إلى القلق قد تظهر عاجلاً أو آجلاً مثل التأثير في الصحة الإنجابية مستقبلاً، حيث تتراكم في أجسام الأطفال وتكون قادرة على تشكيل مركبات تحتوي هذه المعادن أو تتفاعل مع الأحماض النووية في الجسم.²⁻⁹ توجد بعض العناصر بكميات نزرة (traces) في محيطنا وفي غذائنا وتعتبر ضرورية للصحة الجيدة، وتصبح المعادن الثقيلة سامة وخطرة عندما لا تُمتثل غذائياً بواسطة الجسم وتتراكم في الأنسجة الناعمة مثل الكبد والكلى.¹⁰ وقد قامت وكالة سجل الأمراض والمواد السرطانية (ATSDR) المصدّقة من الحكومة الأمريكية، ووكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA) بوضع قائمة تفصيلية للعناصر الخطرة.^{11,5}

تضاف المعادن الثقيلة مثل الزرنيخ (As)، والكاديوم (Cd)، والكروميوم (Cr)، والنحاس (Cu)، والحديد (Fe)، والمنغنيز (Mn)، والنيكل (Ni)، والرصاص (Pb)، والباريوم (Ba)، والزرنيخ (Zn) إلى ألعاب الأطفال البلاستيكية وقت التصنيع، وغالباً ما تستخدم باعتبارها مثبتات أو صبغات لتعطي الألعاب البلاستيكية بعض الصفات المهمة مثل الاستقرارية الضرورية، والنعومة، والسطوع، والمرونة، والألوان اللامعة، ومقاومة الحرارة، وغير ذلك من الصفات التي تجعل الألعاب البلاستيكية مغرية وأكثر جاذبية للأطفال.¹²⁻¹⁵ كما تستخدم لزيادة سرعة جفاف الطلاء بعد التطبيق، ولتحسين متانة البلاستيك المستخدم ومقاومته للعض والتآكل، والتخلص من الصفات غير المرغوبة، ولتحسين عملية الإنتاج أو لحماية آلات التصنيع من البلاستيك المصنع.⁴ يكون الأطفال أكثر عرضة وتأثراً بالمحتويات السامة في الألعاب البلاستيكية للأسباب التالية:

- كثيراً ما يضع الأطفال الألعاب البلاستيكية في أفواههم وربما يمضغونها أو يبتلعونها.
 - قابلية أجسامهم للنمو وحساسيتها الخاصة للتعرض لهذه الملوثات وامتصاصها والاحتفاظ بها في أجسامهم تكون أكثر من الكبار بسبب فسيولوجيتهم وصفاتهم التنموية والتطورية.¹⁵
 - التعرض للتلوث بجزيئات الغبار التي تحتوي معادن ثقيلة أثناء اللعب في الأرض أو استنشاق الدخان المتصاعد عند تسخينها.¹⁶⁻¹⁹
 - قبض الألعاب باليد ومن ثم وضع أصابعهم في أفواههم.¹⁴
- عندما تكون حالة الألعاب متدهورة أو متصدعة فإنه يسهل قشط طلائها المحتوي غالباً على معادن ثقيلة، ومضغ هذه الألعاب وابتلاع رقائق منها، مما

يشكل مخاطراً صحياً أكبر لتحلل البلاستيك بمرور الوقت وإصدار جزيئات صغيرة منه تحتوي هذه المعادن وبعض المركبات العضوية السامة، حيث تترشح هذه المحتويات من الألعاب البلاستيكية لتصل أجسام الأطفال الذين يلعبون بها.¹⁹

تختلف طرق وآليات تسمم الأطفال بالمعادن الثقيلة، كما تختلف طرق تعرض الأطفال لهذه السموم باختلاف أعمارهم، إذ إن الأطفال الذين تتراوح أعمارهم ما بين سنة إلى ثلاث سنوات يمسكون ويلعقون أو يمضغون ويبتلعون اللعبة بطريقة قد تختلف تماماً عن الأطفال الذين تتراوح أعمارهم ما بين 3-6 سنوات.^{21,12}

يتم صناعة ألعاب الأطفال البلاستيكية أحياناً بواسطة عملية إعادة تدوير البلاستيك القديم والملوث بالمعادن السامة؛ كونه رخيصاً وغير مكلف مقارنة بصناعة الألعاب بالبلاستيك الجديد الذي يحتوي نسبة أقل من المعادن السامة. وبسبب نقص الإشراف الصناعي وانخفاض كفاءة تقنية التدوير أو تدوير النفايات بشكل غير رسمي، تمتلك هذه الألعاب نسبة عالية من المعادن الثقيلة السامة تنعكس سلباً على صحة الأطفال والبيئة،⁸ حيث تعد هذه المعادن مصدراً من مصادر تلوث البيئة وترتبط بأمراض عديدة مزمنة.³ غالباً ما تكون الإضافات الكيميائية أثناء صناعة بلاستيك الألعاب، سواء أكانت إضافات إلزامية أم غير إلزامية ذات خصائص سامة تتموضع على سطح اللعبة بشكل حر، مما يسهل تسرب وترشح هذه الإضافات من سطح الألعاب الخارجي عند اللعب بها.^{13,12} وتعرض الأطفال لهذه الملوثات.

لا يزال تعرض الأطفال للمعادن الثقيلة الموجودة في ألعابهم البلاستيكية يمثل قلقاً صحياً عالياً، وهناك تأثيرات مزمنة بعيدة المدى وحالات عديدة ناتجة من تسمم الأطفال بهذه المعادن الثقيلة سُجلت على نطاق واسع حول العالم.^{9,13} لذا كان من الأهمية بمكان إعلام وتنقيف أنفسنا وأطفالنا بخطورة هذه المعادن لأخذ الحيطة من التعرض المستمر لها، واتخاذ الإجراءات اللازمة حولها قبل فوات الأوان.

تهدف هذه الدراسة إلى تقدير تراكيز بعض المعادن الثقيلة في ألعاب الأطفال البلاستيكية، وذلك باتباع طريقة ارتشاح الملوثات السامة من العينات الصلبة (Toxicity Characteristic Leaching Procedure, TCLP)^{25-22,5} وقياس معدل هجرة المعادن الثقيلة المحررة أو المنطلقة من أسطح ألعاب الأطفال البلاستيكية¹³ بطريقة مماثلة للعب الأطفال بها، كون هذه الطريقة تعطي نتائج دقيقة وصحيحة وغير مكلفة مقارنة بطرق التحليل الأخرى، مما يجعلها الخيار الأمثل لدراسة وتحليل عينات ألعاب الأطفال البلاستيكية.

2- الجانب العملي

جميع الكيمائيات المستخدمة كانت ضمن النقاوة العالية وبحسب مواصفات الشركات المصنعة ومن دون معالجة إضافية لها.

1-2 اختيار العينات وجمعها وإعدادها

تم اختيار الألعاب البلاستيكية المحببة لدى الأطفال (الصارفة، والسيارة، والمسدس، والدمية)، بألوان محددة (أزرق، وأحمر، وبرتقالي، وأخضر، وأصفر، وأسود، وبني محمر) بعد إجراء استبيان بهذا الخصوص. وللحصول على

2-2- قياس المعادن الثقيلة

استخدمت تقنية انبعاث البلازما (ICP-OES) من شركة (Agilent) (موديل SVDV 5100) لتقدير تراكيز المعادن الثقيلة: الزرنيخ (As)، والكاديوم (Cd)، والكروميوم (Cr)، والنحاس (Cu)، والحديد (Fe)، والمنغنيز (Mn)، والنيكل (Ni)، والرصاص (Pb)، والخصائص (Zn) وفقاً للطريقة المذكورة في الجمعية الأمريكية للصحة العامة (APHA) ²⁶ وتحت ظروف تشغيل الجهاز لجميع أيونات العناصر المدروسة كما هو موضح في الجدول (1).

الجدول 1. شروط تشغيل جهاز (ICP-OES).

المتغير	الشرط
قوة مصباح البلازما بتردد الراديو	1.2 Kw
معدل تدفق البخاخ	0.7 L/min
معدل تدفق البلازما	12 L/min
وضع الرؤية للبلازما	محوري
تصحيح الإشارة في الخلفية	مثبت
معامل الارتباط	0.98

3-2 التحليل الإحصائي

تم إجراء التحليل الإحصائي باستخدام برنامج (OriginPro) إصدار (-32 bit) 9.6.5.169 (2019)، وكانت القياسات عند مستوى ثقة $P < 0.05$.
الجدول 2. المدى ومتوسط التراكيز (\pm الانحراف المعياري SD) بوحدات جزء لكل

عينات ألعاب الأطفال البلاستيكية، تم النزول إلى محلات وأكشاك بيع ألعاب الأطفال في بعض أسواق محافظة عدن الخاصة بالأطفال في أعمار تتراوح ما بين سنة إلى ست سنوات، وتم اختيار 30 عينة عشوائياً وبمعدل 3 عينات ابتدائية لكل لعبة، مع مراعاة تعدد الألوان ونوع البلاستيك وطريقة لعب الأطفال بها (اللعبة بالفم فقط أو باليد فقط أو احتمال كليهما معاً)، لتصبح عينة ممثلة لهذه اللعبة واللون، فأصبح بذلك مجموع العينات التي خضعت للفحص عشر عينات. غُسلت العينات ثلاث مرات بماء الحنفية للتخلص من الأتربة والشوائب العالقة، ثم بالماء المنزوع الأيونات (deionized water). تم تسجيل البيانات على كل عينة وإرسالها إلى التحليل في المركز القومي للبحوث في مصر.

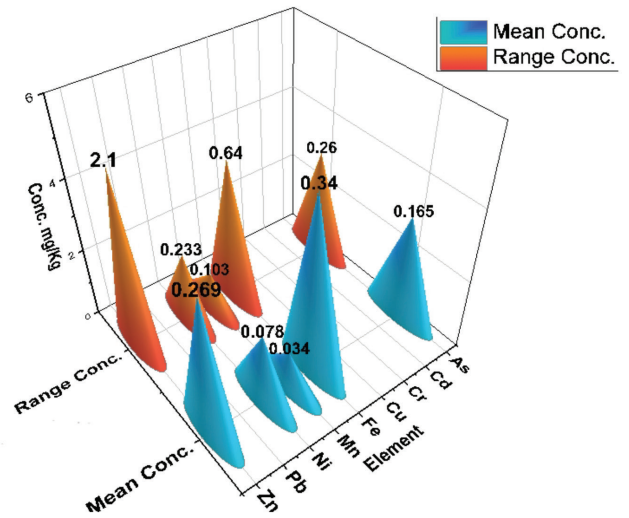
استخدمت ارتشاح الملوثات السامة من العينات الصلبة (TCLP)،^{23,22} لاستخلاص العناصر الثقيلة من سطح البلاستيك المصنع منها الألعاب كما يلي: تم إعداد ثلاثة مكررات من كل عينة صلبة، وبأخذ خمسة غرامات لكل مكرر ونقلها عبر دورق زجاجي إلى جهاز الرج. تم الترشيح مع كمية من سائل الاستخلاص مساوية 20 مرة من وزن العينة الصلبة، حيث تم أخذ 5.7 مل من هيدروبيروكسيد الإيثيل ($C_2H_6O_2$) (وزنه الجزيئي 62.07) وتخفيفه إلى لتر واحد باستخدام ماء ثلاثي التقطير. تم قياس درجة الحموضة لهذا السائل ($pH 2.88 \pm 0.05$). ببطء، ثم تم وضع سائل الترشيح المحضر مسبقاً في وعاء الاستخلاص وإغلاقه بإحكام باستخدام شريط تيفلون ونقله إلى جهاز الرج لرجه أفقياً مدة 18 ساعة وبسرعة 30 ± 2 دورة لكل دقيقة في درجة حرارة المحيط. ثبتت درجة الحموضة خلال التجارب لتبقى ضمن ($pH \pm 0.2$) من القيمة المطلوبة. بعد اكتمال الرج، تم الترشيح خلال مرشح غير نفاذ وبحجم مسام ($0.6-0.8 \mu m$).

مليون wt/wt (ppm) للمعادن الثقيلة المدروسة في عينات ألعاب الأطفال البلاستيكية.

العينة	الزرنيخ (As)	الحديد (Fe)	المنغنيز (Mn)	النيكل (Ni)	الخصائص (Zn)
السيارة الزرقاء (PCb)	0.031±0.253	0.034±0.273	ND	0.013±0.053	0.012±0.043
المسدس الأزرق (PGb)	0.025±0.173	0.026±0.193	ND	0.014±0.060	0.012±0.043
الصارفة الحمراء (PWR)	0.022±0.133	0.040±0.300	0.020±0.103	0.013±0.053	0.011±0.033
السيارة الحمراء (PCR)	0.023±0.153	0.032±0.263	ND	0.016±0.087	0.012±0.043
الصارفة البرتقالية (PWO)	0.02±0.103	0.031±0.253	0.013±0.053	0.010±0.040	0.015±0.077
المسدس البرتقالي (PGO)	0.024±0.053	0.030±0.123	0.010±0.020	0.020±0.053	0.010±0.033
الصارفة الخضراء (PWG)	0.035±0.293	0.100±0.763	0.013±0.053	0.014±0.060	0.011±0.033
المسدس الأصفر (PGY)	0.013±0.163	0.021±0.167	ND	0.013±0.043	0.011±0.020
السيارة السوداء (PCB)	0.035±0.293	0.060±0.557	0.014±0.060	0.014±0.060	0.030±0.233
الدمية البنية الحمراء (PDS)	0.011±0.033	0.050±0.520	0.013±0.053	0.033±0.273	0.200±2.133
أقل فرق معنوي ($p < 0.05$)	0.045	0.216	0.026	0.034	0.087
المتوسط الحسابي	0.165	0.34	0.034	0.078	0.269
المدى	0.293-0.033	0.763-0.123	0.103 - 0	0.273-0.04	2.133-0.033

* العناصر: الكاديوم (Cd) والكروميوم (Cr) والنحاس (Cu) والرصاص (Pb) في العينات المدروسة كانت تحت حدود الكشف. ND: تحت حدود الكشف

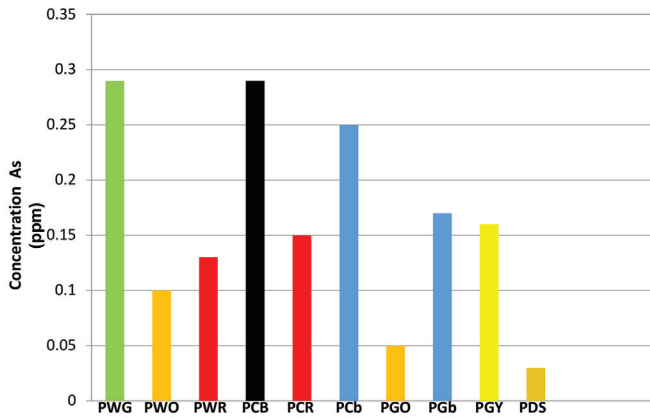
نتائج تحليل عينات ألعاب الأطفال البلاستيكية الخاصة بتراكيز معادن كل من: الزنك، والكاديوم، والكروميوم، والنحاس، والحديد، والمنغنيز، والنيكل، والرصاص، والبارصين مدونة في الجدول (2)، والشكل (1).



الشكل 1. تراكيز المعادن الثقيلة في عينات ألعاب الأطفال البلاستيكية.

البرتقالي (PGO) اقترب تركيز عنصر الزنك من التركيز الأقل حيث بلغت قيمته (0.053 ppm)، أما عينة لعبة المسدس الأزرق (PGB) وعينة لعبة السيارة الحمراء (PCR) وعينة لعبة الصافرة الحمراء (PWR) وعينة لعبة الصافرة البرتقالية (PWO) فقد اقتربت التراكيز من بعضها فكانت تساوي (بوحدة ppm) 0.173، 0.153، 0.133، 0.103 على التوالي، كما هو ملاحظ في الجدول (2) والشكل (2).

كما وجد أن هناك فروقاً معنوية (الجدول 2) بالنسبة إلى عينة السيارة السوداء (PCB) وعينة لعبة الصافرة الخضراء (PWG) مع جميع العينات، باستثناء عينة لعبة السيارة الزرقاء (PCb).



الشكل 2. تركيز عنصر الزنك (As) في عينات من ألعاب الأطفال البلاستيكية.

كانت جميع العينات المدروسة تحتوي على تراكيز آمنة من الزنك، ولا تضر الطفل عند التعامل معها باللمس أو باللعق أو بالعض (الجدول 3)، وقد كانت نتيجة الدراسة في الحدود المسموح بها في المواصفات اليمنية وأقل من القيم المتحصل عليها في الدراسات السابقة.^{13,9,1} ويرجع ذلك إلى الطريقة المستخدمة لإعداد العينة وتحليلها، حيث اعتمدت تلك الدراسات على تقدير الكمية الكلية للعنصر في اللعبة وقياسها، بينما اعتمدت هذه الدراسة الحالية على العناصر المنحلة من سطح اللعبة الخارجي وطبقتها الأكثر احتكاكاً بالطفل.

الجدول 3. مقارنة بين تراكيز عنصر الزنك (As) في الدراسة الحالية بالحدود المسموح بها وبعض الدراسات السابقة.

البلد	الطريقة المستخدمة لإعداد العينة وتحليلها	مدى ومتوسط تركيز الزنك (As) بوحدة (ppm)
اليمن	ارتشاح الملوثات السامة من العينات الصلبة (TCLP) عند (pH = 2.88) وتحليل المعادن الثقيلة باستخدام تقنية الانبعاث البلازمي (ICP-OES) (الدراسة الحالية)	0.165 (0.033-0.293)
نيجيريا ¹²	الهضم بالترميز ثم الهضم الرطب باستخدام (H ₂ O ₂ /HNO ₃) ثم تحليل المعادن الثقيلة باستخدام تقنية الامتصاص الذري (AAS)	----
فلسطين ¹³	طحن وهرس العينة ثم هضمها بالميكرويف وبمساعدة الأحماض المعدنية (HNO ₃ /H ₂ SO ₄) ثم تحليل المعادن الثقيلة باستخدام تقنية طيف الكتلة البلازمي (ICP-MS)	180.03 (2.91-2486.5)
فيتنام ⁹	الهضم بالميكرويف وبمساعدة الأحماض (HF/HNO ₃ /H ₂ SO ₄) ثم تحليل المعادن الثقيلة باستخدام تقنية طيف الكتلة البلازمي (ICP-MS)	9.58 (1.84-30.00)
ماليزيا ¹	مجانسة العينة الصلبة وتحليل العناصر باستخدام تقنية الأشعة السينية المتفلورة (XRF)	24.84 (23.42-26.30)
المواصفة القياسية اليمنية (م.ق.ي 2008/2076) التي تتفق تماماً مع حدود الاتحاد الأوروبي (EN-71-3:2013) ²⁷ والمواصفة الدولية (IOS 8124-3) المتعلقة بأمان ألعاب الأطفال- الجزء الثالث: هجرة العناصر ²⁸		
	الحدود القصوى المسموح بها للعنصر القابل للاستخلاص من مادة الطلاء	25
	الحدود المسموح بها للعنصر القابل للاستخلاص في مواد البلاستيك ومواد الطباعة	25

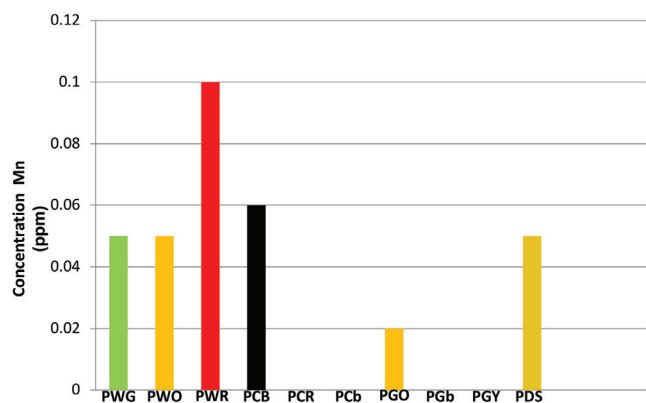
يجدر الإشارة هنا أنه لا توجد مواصفات دولية أو محلية، كما لا توجد دراسات سابقة (حسب علم الباحثين) متعلقة بقياس تركيز الحديد في الألعاب البلاستيكية.

3-3 المنغنيز (Mn)

يبين الجدول (2) والشكل (4) أن تراكيز المنغنيز في عينات هذه الدراسة تراوحت ما بين (ND - 0.103 ppm)، وكان المتوسط (0.034 ppm)، في حين بلغ أعلى تركيز له في عينة لعبة الصافرة الحمراء (PWR) بقيمة تساوي (0.103 ppm)، بينما كان أقل تركيز تحت حدود الكشف (ND) في عينة لعبة السيارة الزرقاء (PCb) وعينة لعبة المسدس الأزرق (PGb) وعينة لعبة السيارة الحمراء (PCR)، وعينة لعبة المسدس الأصفر (PGY) على التوالي.

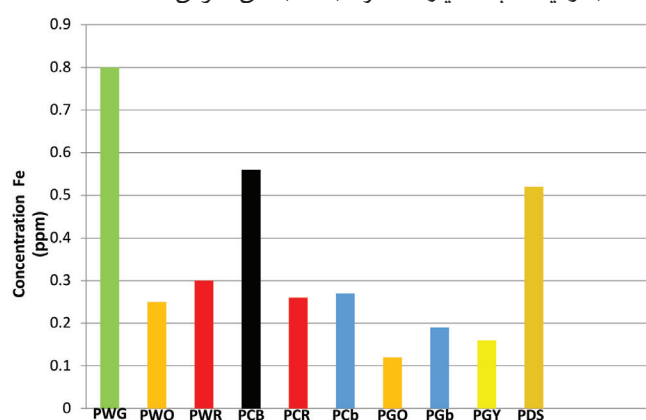
يتضح من النتائج المتحصل عليها للمنغنيز اقترابها وتماثلها كثيراً مع بعضها في أكثر عينات الدراسة، حيث تماثلت عينة لعبة الصافرة البرتقالية (PWO) مع عينة لعبة الصافرة الخضراء (PWG) وعينة لعبة الدمية البنينة الحمراء (PDS) فكان التركيز (0.053 ppm)، وهو يقترب من تركيز عينة لعبة السيارة السوداء (PCB) الذي يساوي (0.060 ppm). ويرجع عدم الكشف عن تركيز عنصر المنغنيز في بعض العينات إلى احتمالية عدم استخدامه مكوناً داخلياً في تركيب سطح المادة البلاستيكية (البوليمر) أو عدم استخدامه صبغةً تلوين في طلاء هذه الألعاب. كما أنه لا توجد فروق معنوية بين العينات المدروسة بالنسبة إلى تركيز المنغنيز.

عند مقارنة الدراسة الحالية بالدراسات السابقة، نجد أن جميع الدراسات السابقة أظهرت ارتفاعاً ملحوظاً في قيمة المنغنيز. ويرجع ذلك بدرجة كبيرة إلى طريقة الهضم المتبعة في هذه الدراسات. ولا توجد حالياً قيم مرجعية محلية ودولية للمنغنيز القابل للاستخلاص من مادة الطلاء أو في مواد البلاستيك ومواد الطباعة (الجدول 5).



الشكل 4. تركيز عنصر المنغنيز (Mn) في عينات من ألعاب الأطفال البلاستيكية.

تشير النتائج المقيسة لعينات ألعاب الأطفال البلاستيكية أن الحديد تراوح تركيزه ما بين (0.123 - 0.763 ppm)، وقد بلغ متوسط تركيزه (0.34 ppm). ويبين الجدول (4) والشكل (3) ارتفاع تركيز الحديد في لعبة الصافرة الخضراء (PWG) حيث بلغ (0.673 ppm). في المقابل، كانت العينة الأقل تركيزاً هي لعبة المسدس البرتقالي (PGO) التي انخفض فيها التركيز إلى (0.123 ppm)، ونلاحظ أن تركيز الحديد في عينة لعبة السيارة السوداء (PCB) وعينة لعبة الدمية البنينة الحمراء (PDS) يساوي (0.557 ppm) و(0.520 ppm) على التوالي، حيث يقترب كثيراً من التركيز الأعلى لهذا العنصر، بينما أشارت النتائج إلى تقارب تراكيز الحديد في العينات ذات الألوان المتماثلة حيث يساوي (0.273 ppm) و(0.193 ppm) في عينة لعبة السيارة الزرقاء (PCb)، وعينة لعبة المسدس الأزرق (PGb) على التوالي، كما يساوي تركيز الحديد (0.253 ppm)، و(0.123 ppm) في عينة لعبة الصافرة البرتقالية (PWO)، وعينة لعبة المسدس البرتقالي (PGO) على التوالي، ويساوي (0.300 ppm)، و(0.263 ppm) في عينة لعبة الصافرة الحمراء (PWR)، وعينة لعبة السيارة الحمراء (PCR) على التوالي.



الشكل 3. تركيز عنصر الحديد (Fe) في عينات من ألعاب الأطفال البلاستيكية.

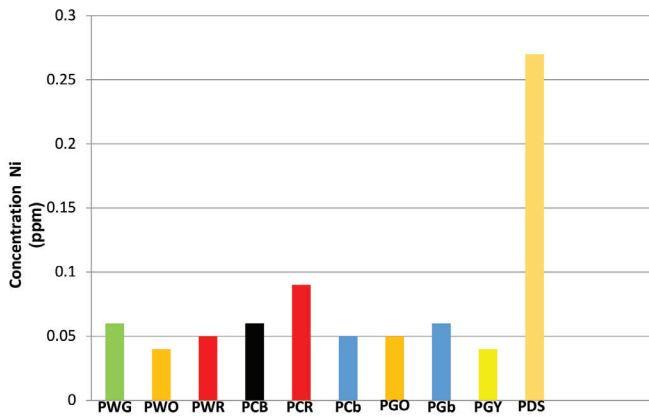
نلاحظ من الجدول (2) عدم وجود فرق معنوي بين عينة لعبة الصافرة الخضراء (PWG) وعينة لعبة السيارة السوداء (PCB)، بينما توجد هناك فروق معنوية لباقي العينات مع هذه العينة.

الجدول 4. متوسط تراكيز عنصر الحديد (Fe) في عينات الألعاب الأطفال البلاستيكية.

التسلسل	العينة	نوع العينة	لون العينة	تركيز عنصر الحديد (Fe) (ppm)
1	PCb	سيارة	أزرق	0.273
2	PGb	مسدس	أزرق	0.193
3	PWR	صافرة	أحمر	0.300
4	PCR	سيارة	أحمر	0.263
5	PWO	صافرة	برتقالي	0.253
6	PGO	مسدس	برتقالي	0.123
7	PWG	صافرة	أخضر	0.763
8	PGY	مسدس	أصفر	0.167
9	PCB	سيارة	أسود	0.557
10	PDS	دمية	بني-محمّر	0.520

الجدول 5. مقارنة تراكيز عنصر المنغنيز (Mn) في الدراسة الحالية بالحدود المسموح بها وبعض الدراسات السابقة.

البلد	الطريقة المستخدمة لإعداد العينة وتحليلها	مدى ومتوسط تركيز المنغنيز (Mn) بوحدة (ppm)
اليمن	(TCLP)؛ (ICP-OES) (الدراسة الحالية)	0.034 (0.0-0.103)
نيجيريا ¹²	هضم بالترميد/ هضم رطب؛ (AAS)	21.42 (6.17-36.67)
فلسطين ¹³	هضم بالميكرويف/ هضم رطب؛ (ICP-MS)	----
فيتنام ⁹	هضم بالميكرويف/ هضم رطب؛ (ICP-MS)	46.69 (22.71-7752.69)
ماليزيا ¹	مجانسة العينة الصلبة؛ (XRF)	41.92 (30.09-53.74)
المواصفة القياسية اليمنية		
	الحدود القصوى المسموح بها للعنصر القابل للاستخلاص من مادة الطلاء	---
	الحدود المسموح بها للعنصر القابل للاستخلاص في مواد البلاستيك ومواد الطباعة	---



الشكل 5. تركيز عنصر النيكل (Ni) في عينات من ألعاب الأطفال البلاستيكية.

عند محاكاة أسلوب انتقال العناصر من اللعبة إلى الطفل عبر استخدام طريقة ارتشاح الملوثات السامة من العينات الصلبة (TCLP) كانت النتائج منخفضة (الجدول 6) عن بقية الدراسات السابقة.

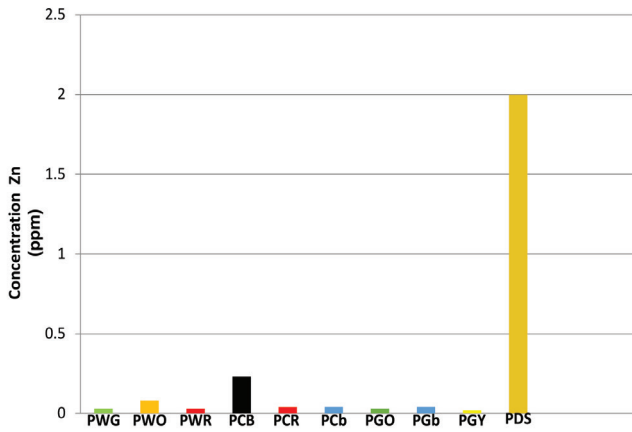
4-3 النيكل (Ni)

تراوحت نتائج تراكيز النيكل في ألعاب الأطفال البلاستيكية ما بين (0.040 - 0.273 ppm)، وكان متوسط التراكيز للنيكل في العينات المدروسة يساوي (0.078 ppm). وقد بلغ أعلى تركيز له (0.273 ppm) في عينة لعبة الدمية البنية الحمراء (PDS)، بينما كان أقل تركيز له يساوي (0.040، 0.043 ppm) في عينة لعبة المسدس الأصفر (PGY)، وعينة لعبة الصافرة البرتقالية (PWO) على التوالي، كما يتضح من الجدول (2) والشكل (5). في حين تساوت النتائج المتحصل عليها للنيكل في بعض من عينات هذه الدراسة، كما في عينة لعبة السيارة الزرقاء (PCb)، وعينة لعبة المسدس البرتقالي (PGO)، وعينة لعبة الصافرة الحمراء (PWR)، حيث يساوي تركيز معدن النيكل في كل منهما (0.053 ppm)، وتظهر النتائج تقارباً في تركيز النيكل سواء للعينات ذات اللون الواحد أو ذات الألوان المختلفة؛ فمثلاً عينة لعبة السيارة الزرقاء (PCb) وعينة لعبة المسدس الأزرق (PGb) اقتربت تراكيز النيكل فيهما، فكانا (0.053 ppm)، و(0.06 ppm) على التوالي. وبالمثل، في عينة لعبة الصافرة البرتقالية (PWO) وعينة لعبة المسدس البرتقالي (PGO) بلغت تراكيز النيكل فيهما (0.04 ppm)، و(0.053 ppm) على التوالي. وتظهر النتائج المدونة في الجدول (2) أن هناك فرقاً معنوياً لتركيز عينة لعبة الدمية البنية الحمراء (PDS) مقارنة بجميع عينات التحليل المدروسة.

الجدول 6. مقارنة تراكيز عنصر النيكل (Ni) في الدراسة الحالية بالحدود المسموح بها وبعض الدراسات السابقة.

البلد	الطريقة المستخدمة لإعداد العينة وتحليلها	مدى ومتوسط تركيز النيكل (Ni) بوحدة (ppm)
اليمن	(TCLP)؛ (ICP-OES) (الدراسة الحالية)	0.078 (0.04-0.273)
نيجيريا ¹²	هضم بالترميد/ هضم رطب؛ (AAS)	68.48 (17.31-119.67)
فلسطين ¹³	هضم بالميكرويف/ هضم رطب، (ICP-MS)	----
فيتنام ⁹	هضم بالميكرويف/ هضم رطب؛ (ICP-MS)	54.12 (9.11-210.09)
ماليزيا ¹	مجانسة العينة الصلبة؛ (XRF)	3.48 (1.97-4.99)
المواصفة القياسية اليمنية		
	الحدود القصوى المسموح بها للعنصر القابل للاستخلاص من مادة الطلاء	---
	الحدود المسموح بها للعنصر القابل للاستخلاص في مواد البلاستيك ومواد الطباعة	---

عينات الدراسة، وقد بلغ أعلى فرق معنوي مع عينة لعبة المسدس الأصفر (PGY) بقيمة قدرها 2.113 ppm.



الشكل 6. تركيز عنصر الخارصين (Zn) في عينات من ألعاب الأطفال البلاستيكية.

لم يظهر عنصر الخارصين ارتفاعاً عن قيم الدراسات السابقة المتعلقة بتحليل ألعاب الأطفال (الجدول 7). كما أن هناك حاجة إلى وضع القيم المسموحة لوجوده عند استخلاصه من مادة الطلاء أو سطح البلاستيك ومواد الطباعة المصنوع منها للعبة.

خلصت النتائج المتحصل عليها لعينات ألعاب الأطفال البلاستيكية أن تراكيز الخارصين تراوحت ما بين (0.033 - 2.133 ppm)، بينما بلغ المتوسط (0.269 ppm). في حين كان أعلى تركيز له في عينة لعبة الدمية البنية الحمراء (PDS) حيث بلغ (2.133 ppm)، بينما كان أقل تركيز له يساوي (0.020 ppm) في عينة لعبة المسدس الأصفر (PGY). وبالنسبة إلى تراكيز عنصر الخارصين في العينات ذات اللون الواحد، أظهرت هذه النتائج أنه لا يوجد تماثل لتركيز عنصر الخارصين في عينات اللون البرتقالي كما في عينة لعبة الصافرة البرتقالية (PWO) وعينة لعبة المسدس البرتقالي (PGO)، ويساوي التركيز فيهما (0.077 ppm)، و(0.033 ppm) على التوالي، بينما يوجد تماثل في تراكيز الخارصين للعينات ذات اللون الأزرق كما في عينة لعبة السيارة الزرقاء (PCb) وعينة لعبة المسدس الأزرق (PGb) حيث يساوي التركيز في كل منهما (0.043 ppm) على التوالي، والعينات ذات اللون الأحمر حيث بلغ التركيز (0.033 ppm) في كل من عينة لعبة الصافرة الحمراء (PWR) وعينة لعبة السيارة الحمراء (PCR) على التوالي، وهذا التركيز نفسه لعينات ذات ألوان مختلفة، مثل عينة لعبة المسدس البرتقالي (PGO)، وعينة لعبة الصافرة الخضراء (PWG) على التوالي. ويمثل هذا التماثل في حد ذاته تقارباً في تراكيز الخارصين فيما بين العينات ذات الألوان المختلفة، كما في الشكل (6). إذا أعدنا النظر إلى النتائج المدونة في الجدول (2)، نلاحظ وجود فرق معنوي لتركيز الخارصين بين عينة الدمية البنية الحمراء (PDS) وجميع

الجدول 7. مقارنة تراكيز عنصر الخارصين (Zn) في الدراسة الحالية بالحدود المسموح بها وبعض الدراسات السابقة

البلد	الطريقة المستخدمة لإعداد العينة وتحليلها	مدى ومتوسط تركيز الخارصين (Zn) بوحدات (ppm)
اليمن	(TCLP)؛ (ICP-OES) (الدراسة الحالية)	0.269 (0.02-2.133)
نيجيريا ¹²	هضم بالترميد/ هضم رطب؛ (AAS)	1155 (266.67-2043.33)
فلسطين ¹³	هضم بالميكرويف/ هضم رطب؛ (ICP-MS)	1454.8 (9.20-10725.0)
فيتنام ⁹	هضم بالميكرويف/ هضم رطب؛ (ICP-MS)	742.48 (22.71-7752.69)
ماليزيا ¹	مجانسة العينة الصلبة؛ (XRF)	447.46 (327.13-567.79)
المواصفة القياسية اليمنية		
	الحدود القصوى المسموح بها للعنصر القابل للاستخلاص من مادة الطلاء	---
	الحدود المسموح بها للعنصر القابل للاستخلاص في مواد البلاستيك ومواد الطباعة	---

4- الخلاصة

- تم البحث في هذه الدراسة عن مستوى تراكيز تسعة من المعادن الثقيلة: الزرنيخ (As)، والكاديوم (Cd)، والكروميوم (Cr)، والنحاس (Cu)، والحديد (Fe)، والمنغنيز (Mn)، والنيكل (Ni)، والرصاص (Pb)، والخارصين (Zn) في عشر عينات من ألعاب الأطفال البلاستيكية مجمعة عشوائياً من محلات وأكشاك بيع ألعاب الأطفال في بعض أسواق محافظة عدن باليمن.
- بلغ مدى التراكيز المتحصل عليها للمعادن الثقيلة المدروسة في هذا البحث (ppm): 0.033 - 0.293 للزرنيخ، و0.123 - 0.763 للحديد، و0.103 - 0 للمنغنيز، و0.040 - 0.273 للنيكل، و0.033 - 2.133 للخارصين، بينما كانت العناصر (الكاديوم، والكروميوم، والنحاس، والرصاص) تحت حدود الكشف (ND).

ووفقاً لطريقة الاستخلاص والتحليل المستخدمة هنا، أظهرت نتائج هذه الدراسة أن عناصر (الكاديوم، والكروميوم، والنحاس، والرصاص) كانت تحت حدود الكشف (ND) في كل العينات المدروسة، وهذا يوافق الدراسة التي أجراها¹² لتقييم المعادن الثقيلة في بعض الألعاب البلاستيكية الناعمة المستوردة إلى نيجيريا من الصين، والتي أظهرت عدم اكتشاف عنصر الكروميوم في ثلاث عينات، في حين كان عنصر الكاديوم غير مكتشف في عينة واحدة. وفي دراسة أجراها²⁹ لتقدير الكروميوم في الألعاب باستخدام جهاز طيف فوق البنفسجي-المرئي أظهرت نتائجها أن الكروميوم غير مكتشف في عينتين فقط.

وربما يرجع عدم ظهور أي تراكيز لهذه المعادن في عينات هذه الدراسة إلى أن هذه المعادن لا تدخل في تركيب سطح المادة البلاستيكية (البوليمر) للألعاب المدروسة أو عدم استخدامها بوصفها مادة طباعة في البوليمر أو صبغة تلوين في طلاء هذه الألعاب.

- بشكل عام، أظهر اللون الأسود ارتفاعاً معنوياً لوجود العناصر مقارنة ببقية الألوان.
- جميع القيم المتحصل عليها للعناصر الثقيلة المدروسة بعد اتباع طريقة ارتشاح الملوثات السامة من العينات الصلبة (TCLP) لترشيح السموم من أسطح عينات ألعاب الأطفال البلاستيكية واستخدام تقنية انبعاث البلازما (ICP-OES) كانت ضمن الحدود المسموح بها وفق المواصفات اليمنية والدولية وأقل من قيم الدراسات السابقة.^{29-26,24,22,13,12,9,1}
- يمكن ترتيب متوسط تراكيز العناصر (ppm) في عينات ألعاب الأطفال البلاستيكية وفقاً للتسلسل التالي:
(Ni=0.078) < (As=0.165) < (Zn=0.269) < (Fe=0.340)
(Pb, Cu, Cr, Cd = ND) < (Mn=0.034) على الترتيب.
- أظهرت لعبة الدمية ارتفاعاً ملحوظاً لعنصري النيكل والخراسين مقارنة ببقية الألعاب.

المراجع

1. Ismail SNS, Mohamad NS, Karuppiyah K, Abidin EZ, Rasdi I, Praveena SM. Heavy metals content in low-priced toys. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2017;12(5):1499–1509.
2. Adelantado JVG, Martinez VP, Reig FB, Carbó MTD, Mossi FB. Analysis of toxic elements in plastic components for toys: Multi-elemental determination by X-ray fluorescence. *Analytica Chimica Acta*. 1993;276(1):39–45.
3. Lester S, Belliveau M. PVC: Bad news comes in threes. The poison plastic, health hazards and the looming waste crisis. Falls Church, VA: Center for Health, Environment and Justice; 2004.
4. VWA (Voedsel en Waren Autoriteit). Screening of plastic toys for chemical composition and hazards. Market surveillance in the Netherlands. Netherlands: Food and Safety Authority; 2005. Report ND05o61001/.
5. ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry – Atlanta, Georgia (A part of the U.S. Department of Health and Human Services)). Toxicological profiles; 2019 [cited 2019 Dec 22]. Available from: <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/>.
6. ESDO (Environment and Social Development Organization). Toxic toys. Heavy metal content and public perception in Bangladesh [Internet]. Dhaka, Bangladesh: Environment and Social Development Organization; 2013 [cited 2019 Dec 22]. Available from: <https://ipen.org/documents/esdo-study-report-toxic-toys-heavy-metal-content-and-public-perception-bangladesh>.
7. CEPHED (Center for Public Health and Environment Development). Study of heavy metals in children's toy and campaign for safe play in Nepal. Kathmandu: Center for Public Health and Environmental Development; 2013.
8. Kang SG, Zhu JX. Metals contamination and leaching potential in plastic toys bought on the Beijing market. *Advanced Materials Research*. 2014;878:112–121.
9. Vo TLH, Tran TTL, Nguyen TTH, Nguyen TC. Study on heavy metal speciation and health implication from plastic toys in Hanoi, Vietnam. *International Journal of Innovative Studies in Sciences and Engineering Technology (IJISSET)*. 2017;3(9):11–16.
10. Saeed AAM. Trace-element concentrations in hair of students from two primary schools in Aden-Yemen: A comparison study. MSc Thesis; 2007 [cited 2019 Dec 25]. pp. 1–5. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35909.40169>.
11. CFR (Code of Federal Regulations). Toxicity characteristic. Authenticated U.S. government information (GPO). Title 40, Vol. 28, Section 261.24; 2019 [cited 2019 Dec 25]. Available from: <http://www.gpo.gov/fdsys/browse/collectionCfr.action?collectionCode=CFR>.
12. Omolayo JA, Uzairu A, Gimba CE. Heavy metal assessment of some soft plastic toys imported into Nigeria from China. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*. 2010;2(8):126–130.
13. Al-Qutob M, Asafra A, Nashashibi T, Qutob AA. Determination of different trace heavy metals in children's plastic toys imported to the West Bank/Palestine by ICP/MS-environmental and health aspects. *Journal of Environmental Protection*. 2014;5(12):1104–1110.
14. Guney M, Zagury GJ. Contamination by ten harmful elements in toys and children's jewelry bought on the North American market. *Environmental Science & Technology*. 2013;47(11):5921–5930.
15. Guney M, Zagury GJ. Children's exposure to harmful elements in toys and low-cost jewelry: Characterizing risks and developing comprehensive approach. *Journal of Hazardous Materials*. 2014;271:321–330.
16. Ziegler EE, Edwards BB, Jensen RL, Mahaffey KR, Fomon SJ. Absorption and retention of lead by infants. *Pediatric Research*. 1978;12(1):29–34.
17. Gordon JN, Taylor A, Bennet PN. Lead poisoning: Case studies. *British Journal of Clinical Pharmacology*. 2002;53(5):451–458.
18. Mahar M, Almeida M, Brown P. Determination of toxic elements leached from toys and household structures by inductively coupled plasma–optical emission spectroscopy. *Spectroscopy Online*. 2009 [cited 2019 Dec 25]. Available from: <http://www.spectroscopyonline.com/determination-toxic-elements-leached-toys-and-household-structures-inductively-coupled-plasma-optica>.
19. ISO (International Standard) 81243-. Safety of toys, Part 3: Migration of certain elements. Technical Committee ISO/TC181; 2010. pp. 1–5.
20. Miller GZ, Harris ZE. Hazardous metals in vintage plastic toys measured by a handheld X-ray fluorescence spectrometer. *Journal of Environmental Health*. 2015;77(6):8–13.
21. Kumar A, Pastore P. Lead and cadmium in soft plastic toys. *Current Science*. 2007;93(6):818–822.
22. EPA (Environmental Protection Agency). Test method for evaluation of solid waste, physical/chemical methods SW 846. Method 1311, toxicity characteristic leaching procedure; 1992 [cited 2019 Dec 12]. Available from: <http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs/1311.pdf>.

23. SERAS (Scientific Engineering Response and Analytical Services), SOP: Standard operating procedures (1831); 2005. pp. 1–12.
24. Ladwani KD, Ladwani KD, Manik VS, Ramteke DS. Assessment of heavy metal contaminated soil near coal mining area in Gujarat by toxicity characteristics leaching procedure (TCLP). *International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research*. 2012;1(4):73–80.
25. Miguel RE, Ippolito JA, Porta AA, Banda Noriega RB, Dungan RS. Use of standardized procedures to evaluate metal leaching from waste foundry sands. *Journal of Environmental Quality*. 2013;42(2):615–620.
26. APHA (American Public Health Association). 3120B: Inductively coupled plasma (ICP) method. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 23rd ed. Washington, DC: American Public Health Association; 2017. pp. 3–42.
27. EN (European Committee for Standardization) 71-3:2013. *Safety of toys, Part 3: Migration of certain elements*; 2013.
28. ISO (International Organization for Standardization) 8124-3 (2010). *Safety of toys, Part 3: Migration of certain elements*; 2010. ISO TC181. 2010.
29. Lynch C. *Application note: UV/Vis spectroscopy. Determination of hexavalent chromium in toys by using UV/Vis spectrometry*. Shelton, CT: PerkinElmer; 2014. pp. 1–4.

دراسة تأثير الري بالمياه المستعملة على النمو النباتي لأشجار الزيتون وعلى الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة

أميرة الوسلاتي^{1,2}، سناء عليبي^{1*}، الهادي بن منصور¹

¹ وحدة البحث: تحاليل وأساليب مطبقة في البيئة (UR17ES32) - المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا بالمهدية (جامعة المنستير)، تونس

² المعهد العالي للبيوتكنولوجيا بالمنستير (جامعة المنستير)، تونس

alibi_sana@hotmail.fr *

المخلص

يمثل نقص المياه العذبة في المناطق الجافة وشبه الجافة تحدياً بيئياً، يستوجب البحث عن حلول بديلة وناجعة. وفي هذا الصدد، انكبت فرق البحث على دراسة إمكانية إعادة استعمال مياه الصرف الصحي في مجالات عديدة منها المجال الفلاحي. ولهذا، اعتمدنا تقنية الري بالتنقيط مدة عام على أشجار زيتون من صنف شملاي في بستان زيتون يقع في الوسط الشرقي للبلاد التونسية. رُويت الأشجار بمياه الصرف الصحي غير المعالجة (UWW) الآتية من مصنع لإنتاج لحوم الدواجن ومشتقاتها، يقع بالقرب من موقع الدراسة. تمت مقارنة نتائج معايير النمو النباتي (ارتفاع الشجرة، وقطر الجذع، وعدد الفروع، وطول الفروع، ومجموع البوليفينول) والخصائص الفيزيوكيميائية للمياه والتربة باستخدام جهاز (Pastel UV Secomam) لأشجار الزيتون المروية بمياه الصرف الصحي غير المعالجة بأخرى رُويت بمياه الصنبور (TW). أظهرت النتائج أن مياه الصرف الصحي لمصنع الدواجن احتوت على تركيز عالٍ من المواد العالقة، ومحتوى الأكسجين الكيميائي، ومحتوى الأكسجين البيولوجي، والكربون العضوي الكلي، والموصلية الكهربائية. كما سُجلت قيم مرتفعة لمعايير النمو النباتي (ارتفاع الشجرة، وقطر الجذع) في المجموعة المروية بمياه الصرف الصحي غير المعالجة، على عكس المجموعة المروية بمياه الصنبور التي سجلت تركيزاً عالياً لمجموع البوليفينول في الأوراق. بينت نتائج مقارنة خصائص التربة قبل وبعد عملية الري بمياه الصرف الصحي غير المعالجة (المجموعة 1) وبمياه الصنبور (المجموعة 2) أنه لا وجود لفرق إحصائي معنوي في خصائص التربة بين المجموعتين وذلك في ما يخص الأس الهيدروجيني، كمية أكسيد البوتاسيوم ونسبة الكلس النشط. في حين أن خصائص المجموعة 1 قد سجّلت ارتفاعاً ملحوظاً في قيمة الموصلية الكهربائية ونسبة خماسي أكسيد الفوسفور، وانخفاضاً في نسبة المواد العضوية بعد عملية الري.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، أشجار الزيتون، صنف شملاي، الري بالتنقيط، تونس.

Title

Examining the effects of untreated-wastewater irrigation on the productivity of Chemlali olive cultivar and the soil physico-chemical properties

Amira Oueslati^{1,2}, Sana Alibi^{1*}, Hedi Ben Mansour¹

¹ Research Unit, Analysis and Processes Applied to the Environment, APAE UR17ES32. Higher Institute of Applied Sciences and Technology, University of Monastir, Mahdia, Tunisia

² Higher Institute of Biotechnology, University of Monastir, Monastir, Tunisia

Received 8 August 2020; accepted: 27 October 2020; published 15 November 2020.

© 2020 The Author(s), licensee HBKU Press. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Cite this as: Oueslati A, Alibi S, Ben Mansour HB. Examining the effects of untreated-wastewater irrigation on the productivity of Chemlali olive cultivar and the soil physico-chemical properties. Arabian Journal of Scientific Research 2020;2.13. <https://doi.org/10.5339/ajsr.2020.13>

Abstract

In arid and semi-arid regions, scarcity of good-quality water resources due to human, industrial, and agricultural consumption is a great concern. Hence, the reuse of wastewater could be a realistic way to reduce water shortage. Thus, this study was conducted for a year on olive trees cv. Chemlali in a field located in the eastern center of Tunisia, using drip irrigation. The trees were irrigated with untreated wastewater (UWW) from poultry meat and its derivatives factory located near the site of the study. physico-chemical parameters of water and soil were determined using Pastel UV by Secomam. Growth parameters' values (plant height, trunk diameter, the number and the length of branches, and total polyphenols) were measured. Results were compared to olive trees irrigated with tap water (TW). Results of wastewater physico-chemical analysis showed a high concentration on suspended solids, chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand, total organic carbon, and electrical conductivity. High growth parameters values (plant height and trunk diameter) were recorded in the UWW group as opposed to the TW group which recorded a high concentration on total leaves polyphenols. The comparison of results before and after irrigation did not show a statistical difference in soil properties (soil pH, potassium amount, and active lime ratio) in both groups TW and UWW. For electrical conductivity and phosphorus percentage, a significant increase was recorded in the UWW group accompanied with a decrease in the proportion of organic matter.

Keywords: Wastewater, olive trees, chemlali cultivar, drip irrigation, Tunisia.



الشكل 1. موقع الدراسة (google map).
(35°28'12"N 10°57'22"E)

2-2 التحليل الفيزيوكيميائية للمياه

أُجريت التحليل الفيزيوكيميائية لمياه الصرف الصحي بواسطة جهاز (Pastel UV Secomam) الذي يُمكن من قياس ستة معايير في الوقت نفسه، وهي كالتالي: المواد العالقة (MES)، ومحتوى الأكسجين الكيميائي (COD)، ومحتوى الأكسجين البيولوجي (BOD)، والكربون العضوي الكلي (COT)، والنيتريت (NO_3^-) والهالوجين العضوي القابل للامتصاص (AOX)، كما تم تحديد درجة حموضة الماء والموصلية الكهربائية (EC).

2-3 متابعة معايير النمو النباتي

تمت عملية قياس عوامل النمو المختلفة لأشجار الزيتون الصغيرة (ارتفاع الشجرة، وقطر الجذع، وعدد الفروع، وطول الفروع) قبل بداية التجربة وبعدها.

2-4 تحديد مجموع البوليفينول

استُعملت أوراق الزيتون الطازجة لتحديد المعايير الكيميائية الحيوية، فبعد تجميعها نُظِّفت أوراق الزيتون لإزالة الغبار. ولاستخراج وتحديد مجموع البوليفينول في الأوراق، اعتمد بروتوكول¹¹ يرتكز على استعمال مادة (Folin) ذات اللون الأصفر التي تتحول خلال عملية أكسدة البوليفينول إلى اللون الأزرق، ويتناسب اللون الذي تم الحصول عليه، والذي يبلغ أقصى امتصاص له 760 نانومترًا، مع مقدار البوليفينول الموجود في العينات.

1- المقدمة

تنتشر زراعة أشجار الزيتون على نطاق واسع في حوض البحر الأبيض المتوسط، وخاصة في إسبانيا وإيطاليا وتونس، حيث تغطي المساحة المزروعة 30% من الأراضي الزراعية.¹ يُعتبر وسط البلاد التونسية المنتج الرئيسي لزيت الزيتون بنسبة 87% من إجمالي الزراعات الوطنية،² ويُمثل صنف شملاي الصنف الرئيسي من أشجار الزيتون.³

تُعتبر غرسة الزيتون من الغراسات البعلية⁴ الأكثر تكييفًا مع المناخ شبه الجاف.⁵ وقد أوصت السلطات الزراعية بالري قصد زيادة الإنتاج خاصة بعد أن أثبتت التجارب فاعليتها،⁶ لكن يُشكل نقص المياه العذبة إحدى القضايا البيئية الرئيسية، خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث تُعتبر عملية الري أكبر مستهلك للمياه، وقد شاركت الحكومة في العديد من الدراسات والبحوث حول إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الفلاحة،⁷ واعتمادها حلًا بديلًا لمواجهة ندرة المياه العذبة واستعمالها سمادًا بيولوجيًا نظرًا إلى ثرائها بالعناصر الغذائية، إضافة إلى المشاكل البيئية الآتية من صرفها المباشر في البيئة. وفي هذا الإطار، يمكننا أن نخص بالذكر المياه الصناعية المستعملة الآتية من إنتاج لحوم الدواجن ومشتقاتها، فقد أثبتت التحاليل المخبرية وجود مستويات عالية من النيتروجين والفوسفور فيها.⁸

إلى جانب زيت الزيتون، اعتُبرت أوراق الزيتون ومستخلصاتها علاجات تقليديًا للعديد من الأمراض (ارتفاع ضغط الدم، والالتهابات، والسكري)،⁹ وقد أثبتت فاعليتها في تقوية صحة الإنسان،¹⁰ ويعود التركيز الكبير على أوراق الزيتون بسبب ثرائها بالجزئيات النشطة بيولوجيًا مثل البوليفينول والمركبات العضوية مثل الكربوهيدرات والأحماض الدهنية.

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير الري بالتنقيط بمياه الصرف الصحي الآتية من إنتاج لحوم الدواجن ومشتقاتها على أشجار الزيتون من صنف شملاي، وعلى الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة.

2- المواد وطرق البحث

1-2 موقع الدراسة

أُجريت التجربة في الوسط الشرقي للبلاد التونسية. رُويت 15 شجرة زيتون من صنف شملاي عمرها سنة واحدة بالتنقيط بمياه صرف صحي غير معالجة (UWW) آتية من مصنع للحوم الدواجن ومشتقاتها. كما رُويت 15 شجرة زيتون أخرى بمياه الصنبور (TW)، وذلك مدة سنة كاملة (الشكل 1).

التونسية باستثناء النترات، ودرجة الحموضة والموصلية الكهربائية (الجدول 1). وسُجِلت القيمُ العُلْيَا في عينات مياه الصرف الصحي غير المعالجة (UWW) مقارنة بعينات مياه الصنبور (TW) باستثناء قيم النترات، والهالوجين العضوي القابل للامتصاص، ودرجة الحموضة التي عادة ما تتراوح بين 6.1 و 7.1¹³ وقد أفاد¹⁴ بحث سابق أن عملية الذبح والتنظيف الدوري للأجسام العالقة هي المصدر الرئيسي للتلوث.

لم يُنشر الكثير من المراجع العلمية التي تتناول الخصائص الفيزيوكيميائية والتركيبية المعدنية لمياه الصرف الصحي الآتية من صناعة لحوم الدواجن. ووفقاً لنتائج بحث سابق¹⁵ تتكون هذه المياه بشكل رئيسي من 35% من البروتين المتأني من الذبيحة، ما يؤدي إلى وجود مستويات عالية من محتوى الأكسجين الكيميائي (COD)، ومحتوى الأكسجين البيولوجي (BOD)، والتي تراوحت ما بين 1250-15900 ملغم/ل¹⁶ و 4500-12000 ملغم/ل¹³ على التوالي؛ وهو ما قد يفسر كذلك ارتفاع تركيز النيتروجين، فبحسب¹⁷ يكون النيتروجين في مياه الصرف الصحي في شكل عضوي يحتوي على الأمونيا ($\text{NH}_3\text{-N}$, NH_4^+) وغير عضوي (NO_3^- , NO_2^-). كما أنه بحسب¹⁸ فإن استعمال مواد التنظيف خلال عملية الإنتاج يؤدي إلى ارتفاع معدل الفسفور (PO_4^{3-}).

لدراسة تأثير مياه الصرف الصحي على الخصائص الفيزيوكيميائية والتركيبية المعدنية للتربة، أُخذت عينات التربة قبل الري وبعده على مستوى عمق 20 سم، ثم جُففت في الهواء الطلق، وبعد ذلك تم طحنها وغربلتها عن طريق غربال 2 مم، وأُجريت التحاليل المخبرية وفقاً لدراسة سابقة¹².

6-2 التحليل الإحصائي

خضعت جميع البيانات لتحليل التباين (ANOVA) المناسب لتصميم القطاعات العشوائية الكاملة باستعمال برنامج (SPSS Statistics 22). وتمت مقارنة الفروق ذات الدلالة الإحصائية بين المتوسطات عند احتمالية (p ≤ 0.05) باستخدام (Tukey's HSD).

3- النتائج والمناقشة

1-3 التحاليل الفيزيوكيميائية للمياه

أظهرت التحاليل أن جميع القيم تجاوزت المعايير التي وضعتها الجمهورية

الجدول 1. الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه صرف صناعة الدواجن المستخدمة في الري.

المعايير	الوحدة	(TW)	(UWW)	القيم الحدية*
المواد العالقة (MES)	ملغم/ل	<2.5	2100	100
محتوى الأكسجين الكيميائي (COD)	ملغم/ل	4.333	3767	200
محتوى الأكسجين البيولوجي (BOD)	ملغم/ل	1.566	1093	50
الكربون العضوي الكلي (COT)	ملغم/ل	1.37	577	-
النترات (NO_3^-)	ملغم/ل	10.4	<0,5	50
الهالوجين العضوي القابل للامتصاص (AOX)	ملغم/ل	<0.5	<0,5	-
درجة الحموضة	-	7.92	6,74	5.5 < pH < 8.5
الموصلية الكهربائية (EC)	ds/m	1.872	2.326	5

* القيم الحدية التي وضعتها الجمهورية التونسية لتصريف النفايات السائلة من صناعة اللحوم والمسالخ في القطاع الهيدروليكي العام.

2-3 معايير النمو النباتي

الجدول 2. مقارنة معايير النمو النباتي بين الأشجار التي جرى ربيها بمياه الصرف الصحي ومياه الصنبور.

المعايير	الوحدة	(TW±SD)	(UWW±SD)
ارتفاع الشجرة	سم	13.23 ± 24.53	18.90 ± 40.18
قطر الجذع	مم	0.76 ± 1.46	15.31 ± 5.24
عدد الفروع		6.56 ± 8	15.31 ± 19
طول الفروع	سم	2.89 ± 3.80	14.09 ± 12.14

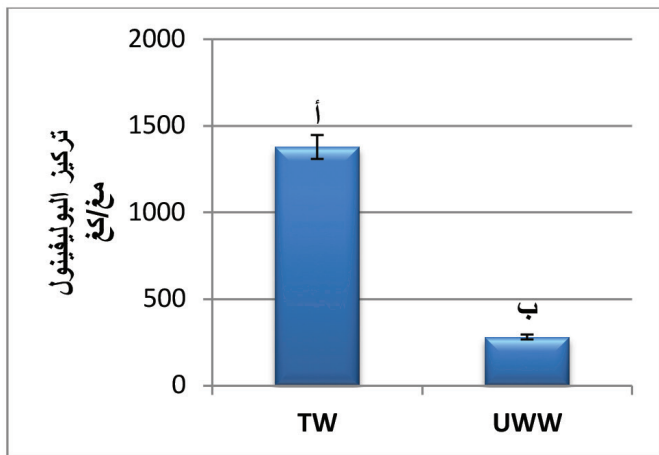
تشير القيم ذات الأحرف المختلفة إلى وجود فروق إحصائية عند احتمالية (p ≤ 0.05) باستخدام اختبار (Tukey's HSD).

أظهرت نتائج متابعة معايير النمو النباتي باستعمال نظام الري بالتنقيط وجود فرق إحصائي معنوي عند احتمالية (P ≤ 0.05) بين الري بمياه الصرف الصحي غير المعالجة ومياه الصنبور في معياري ارتفاع الشجرة وقطر الجذع كما هو مبين في الجدول 2، حيث تم تسجيل القيم العالية لدى الأشجار التي وقع ربيها بمياه الصرف الصحي (الشكلان 2 و 3) باستثناء قيم عدد وطول الفروع التي لم تُسجل أي فرق إحصائي.

ووفقاً لما ذكرته دراسة سابقة،¹⁷ تحتوي مياه الصرف الصحي الصناعية الآتية من مصنع للحوم الدواجن على كميات مهمة من النيتروجين والفسفور اللذين يقومان بدور مهم في تغذية النبات، وهو ما قد يُفسر التطور الملحوظ لنمو الأشجار في المجموعة المروية بمياه الصرف الصحي مقارنة بالمجموعة المروية بمياه الصنبور. وأظهرت الدراسات السابقة أن النيتروجين يؤدي دوراً مهماً في العمليات الفسيولوجية لشجرة الزيتون؛ وهو مطلوب لتركيب المركبات الأساسية (البروتينات والأحماض الأمينية)، وزيادة نشاط البناء الضوئي ومستويات اليخضور، والنمو النباتي، وزيادة طول الفروع، كما أن وجوده يزيد من قدرة الشجرة على امتصاص العناصر المعدنية الأخرى،¹⁹ أما بالنسبة إلى الفسفور فقد تبين أنه يؤدي دوراً أساسياً كمنظم لنمو الشجرة من خلال المساهمة في أنشطة الأنسجة وانقسام الخلايا.¹⁸ وتوافقت نتائجنا مع نتائج العديد من الباحثين^{20,21} الذين أفادوا بزيادة في معايير نمو النباتات على الرغم استخدامهم مياهاً مستعملة معالجة.

3-3 تحديد مجموع البوليفينول

يُبين تحديد مجموع البوليفينول في أوراق الزيتون وجود فرق إحصائي كبير بين أشجار الزيتون المروية بمياه الصرف الصحي غير المعالجة ومياه الصنبور كما هو مبين في الشكل 4، حيث كان التركيز العالي للبوليفينول في المجموعة المروية بمياه الصنبور بمعدل 272 ± 1378 ، مقابل 176 ± 281 ملغم/كغ في المجموعة المروية بمياه الصرف الصحي غير المعالجة. توافقت نتائجنا مع دراسة سابقة أجريت على صفي شمالي وشتوي.²⁰ ويؤدي البوليفينول دوراً مهماً في حماية الشجرة ضد مجموعة واسعة من الضغوطات البيئية، بما في ذلك الأمراض، وارتفاع وانخفاض درجة الحرارة، والجفاف، والملوحة، والقلوية، والأشعة فوق البنفسجية.²² كما أوضحت دراسات سابقة وجود علاقة بين عملية التسميد، وخاصة باستعمال النيتروجين، وبين انخفاض تركيز مجموع البوليفينول في الأوراق^{23,24} فبالنسبة إلى²⁵ يعتبر أن نقص تركيز النيتروجين يحفز الشجرة على إنتاج مركبات الفلافونويد والأيزوفلافونويد. وفي ضوء هذه النتائج يمكننا أن نستنتج أن المجموعة المروية بمياه الصنبور تعاني ضغطاً بيئياً، قد يكون على الأرجح نقصاً في الأملاح المعدنية، وخاصة النيتروجين.



الشكل 4. تركيز البوليفينول في أشجار الزيتون المروية بمياه الصنبور وبمياه الصرف الصحي.
تمثل الأعمدة الأخطاء المعيارية (SE)، وتشير القيم ذات الأحرف المختلفة إلى وجود فروق إحصائية عند احتمالية $(p \leq 0.05)$ باستخدام اختبار (Tukey's HSD).



الشكل 2: شجرة زيتون بعد الري بماء الصنبور (TW).



الشكل 3: شجرة زيتون بعد الري بمياه الصرف الصحي غير المعالجة (UWW).

محيط الجذور التي عادة ما تكون بعمق 30 سم مما يؤدي إلى انخفاض مستوى ملوحة التربة في الطبقات العليا.³²

تم تسجيل انخفاض في نسبة المواد العضوية مع فرق معنوي إحصائي عند احتمالية ($P \leq 0.05$) بين المجموعة المروية بمياه الصنبور (TW) والمجموعة المروية بمياه الصرف الصحي (UWW) حيث كانت النسب على التوالي 0.9% و0.81%، وهو ما يتوافق مع دراسة سابقة ربطت بين زيادة النشاط البيولوجي وانحلال المواد العضوية.³⁰ حيث إن ارتفاع نسبة المواد العضوية يعود بالأساس إلى ارتفاع قيم محتوى الأوكسجين الكيميائي (COD) ومحتوى الأوكسجين البيولوجي (BOD) في مياه الري، وكذلك إلى محدودية النشاط الجرثومي للكربون والنيتروجين الموجودين في مياه الصرف الصحي.²⁶ هذا ما يمكننا من تفسير وجود فرق معنوي إحصائي عند احتمالية ($P \leq 0.05$) بين المجموعتين بعد نهاية التجربة، وهو ثراء مياه الصرف الصحي الآتية من إنتاج لحوم الدواجن ومشتقاتها بالبكتيريا.

أما بالنسبة إلى خماسي أكسيد الفوسفور (P_2O_5) فقد ارتفعت قيمته من 3.91 إلى 38 و102 في المجموعة المروية بمياه الصنبور (TW) والمجموعة المروية بمياه الصرف الصحي (UWW) على التوالي، ويمكن تفسير هذا الارتفاع الكبير في المجموعة المروية بمياه الصرف الصحي بثراء الماء بالفوسفور الذي يمكن اعتباره سماداً، وهو ما أكدته بحث سابق،²⁹ أما في المجموعة المروية بمياه الصنبور فيمكن تفسير هذا الارتفاع بقدرة الفوسفور على الامتزاز على أسطح المواد العضوية،³³ حيث كانت نسبتها في هذه المجموعة مرتفعة مقارنة بالمجموعة المروية بمياه الصرف الصحي.

أظهرت النتائج المبينة في الجدول 3 أن الري بمياه الصرف الصحي الآتية من مصنع إنتاج لحوم الدواجن ومشتقاتها لم يُحدث تغييراً في درجة حموضة التربة، وكمية البوتاسيوم ونسبة الكلس النشط، على عكس نسبة الكلس الإجمالي التي سجلت ارتفاعاً طفيفاً بعد عملية الري، من دون تسجيل أي فرق معنوي إحصائي عند احتمالية ($P \leq 0.05$) بين المجموعة المروية بمياه الصرف الصحي ومياه الصنبور. وتتميز التربة في البلاد التونسية بثرائها بالحجر الكلسي الذي يعطيها خاصية المحلول المنظم.²⁶ وقد توافقت نتائجنا مع هذا الأخير، حيث استعمل مياه صرف صحي معالجة. لم تتغير كمية البوتاسيوم ونسبة الكلس الإجمالي والكلس النشط، وقد يكون ذلك نتيجة امتصاص الشجرة لهذه العناصر الغذائية نظراً إلى دورها المهم خلال مراحل النمو.

أظهرت النتائج ارتفاعاً ملحوظاً في الموصلية الكهربائية في المجموعة المروية بمياه الصرف الصحي من 8330 إلى 1.213 (ds/m)، على عكس المجموعة المروية بمياه الصنبور التي انخفضت فيها الموصلية الكهربائية إلى 0.618 (ds/m). وقد فسر الباحثون أن الارتفاع الملحوظ للموصلية الكهربائية بعد استعمال مياه الصرف الصحي يعود بالأساس إلى وجود تراكيز عالية من الأملاح بالمياه،^{29,28,27} في حين يمكن تفسير انخفاضها في المجموعة المروية بمياه الصنبور بالأسباب التالية: (1) نقص تركيز الأملاح مقارنة بمياه الصرف الصحي. (2) هطول الأمطار الذي يؤدي إلى ترشيح الأملاح في مستويات أعمق.³¹ (3) القدرة العالية لأشجار الزيتون على تركيز الأملاح في

الجدول 3. التحاليل الفيزيوكيميائية والمعدنية للتربة.

المعايير	الوحدة	قبل الري	بعد الري
			SD± UWW SD±TW
الأس الهيدروجيني		8.31 ^أ	8.26 ^أ
النقلية الكهربائية	ds/m	0.833 ^ب	0.618 ^أ
المواد العضوية	%	0.04±0.109 ^ع	0.01±0.9 ^د
الكلس الإجمالي (CaCO)	%	0.6±12.6 ^أ	0.2±14.1 ^ب
الكلس النشط	%	10 ^أ	9 ^أ
خماسي أكسيد الفوسفور (P_2O_5)	ppm	0.11±3.91 ^أ	1±38 ^ب
أكسيد البوتاسيوم (K_2O)	ppm	1±46 ^أ	0.4±48.4 ^أ

تشير القيم ذات الأحرف المختلفة إلى وجود فروق إحصائية عند احتمالية ($p \leq 0.05$) باستخدام اختبار (Tukey's HSD).

4- النتائج

طبقاً لهذه الدراسة، فقد توصلنا إلى استنتاج أن مياه الصرف الصحي الآتية من إنتاج لحوم الدواجن تُؤثر إيجابياً على النمو النباتي لشجرة الزيتون، حيث يمكن اعتبارها سماداً بيولوجياً نظراً إلى ثرائها بالعناصر الغذائية (الفوسفور والنيتروجين) للنبته.

5- التوصيات

كانت النتائج إيجابية فيما يخص معايير النمو النباتي، لكن يجب دراسة تأثير مياه الصرف الصحي على جودة ثمار الزيتون وكذلك زيت الزيتون اللذين يُعتبران من المنتجات الرئيسية في تونس.

وتتوافق نتائج بحثنا مع دراسات سابقة أجريت في الصين،³⁴ والبرازيل،³⁵ وباكستان،³⁶ أوضحت أن عملية الري بمياه ناتجة من تربية الدواجن تؤثر على نوعية التربة وتسبب ارتفاعاً ملحوظاً في نسب الأملاح المعدنية والنيتروجين والمواد العضوية، إضافة إلى الفوسفور والبوتاسيوم، وقد أرجعت هذه الدراسات هذا الارتفاع إلى إضافة هذه المواد كمكملات غذائية إلى غذاء الدواجن وثراء اللحوم البيضاء بصفة عامة بهذه المكونات. كما اعتبرت دراسة صينية³⁴ أن الإمداد بالنيتروجين غير العضوي بمياه الصرف الصحي للدواجن ناتج من عمل البكتيريا الآزوتية.

1. Conseil oléicole international, Newsletter marché No. 66; November 2012.
2. Ministère de l'Agriculture, Direction Générale des Etudes et du Développement Agricole. Enquêtes sur les structures agricoles 2004–2005, Tunisie; 2006.
3. Khlif M, Ayadi M, Grati-Kammoun N, Arous MN, Rekik H, Hamdi MT, et al. Identifying Chemlali olive variety in its traditional area. *Acta Horticulturae*. 2002;586:117–120.
4. Connor DJ, Fereres E. The physiology and adaptation of yield expression in olive. *Horticultural Reviews (American Society of Horticultural Science)*. 2005;31:155–229.
5. Gimenez C, Fereres E, Ruz C, Orgaz F. Water relations and gas exchange of olive trees: Diurnal and seasonal patterns of leaf water potential, photosynthesis and stomatal conductance. *Acta Horticulturae*. 1997;449:411–415.
6. Chiraz MC. Growth of young olive trees: Water requirements in relation to canopy and root development. *American Journal of Plant Sciences*. 2013;4(7):1316–1344.
7. Horchani A. Water in Tunisia. A national perspective. *Agricultural water management: Proceedings of a workshop in Tunisia (series: Strengthening science-based decision making in developing countries)*; 2007. pp. 86–89.
8. Amorim AKB, de Nardi IR, Del Nery V. Water conservation and effluent minimization: Case study of a poultry slaughterhouse. *Resources, Conservation and Recycling*. 2007;51(1):93–100.
9. Boukef MK. Médecine traditionnelle et pharmacopée: Les plantes dans la médecine traditionnelle en Tunisie. Agence de coopération culturelle et technique. Paris; 1986.
10. Anter J, Bedmar ZF, Pulido MV, Demyda-Peyras S, Moreno-Millá M, Alonso-Moraga A, et al. A pilot study on the DNA-protective, cytotoxic, and apoptosis-inducing properties of olive-leaf extracts. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*. 2011;723(2):165–170.
11. Brahmi F, Mechri B, Dabbou S, Dhibi M, Hammami M. The efficacy of phenolics compounds with different polarities as antioxidants from olive leaves depending on seasonal variations. *Industrial Crops and Products*. 2012;38:146–152.
12. Naanaa W, Susini J. Méthodes d'analyse physique et chimique des sols. Tunisie: Direction des Sols, Ministère de l'Agriculture; 1988.
13. Mercado G. Technical report, Bachoco S.A. de CV, Mexico; 1995.
14. Awang ZB, Bashir MJK, Kutty SRM, Isa MH. Post-treatment of slaughterhouse wastewater using electrochemical oxidation. *Research Journal of Chemistry and Environment*. 2011;15(2):229–237.
15. Zhang SQ, Kutowy O, Kumar A, Malcolm I. A laboratory study of poultry abattoir wastewater treatment by membrane technology. *Canadian Agricultural Engineering*. 1997;39(2):99–105.
16. Bustillo-Lecompte C, Mehrvar M, Quinones-Bolanos E. Slaughterhouse wastewater characterization and treatment: An economic and public health necessity of the meat processing industry in Ontario, Canada. *Journal of Geoscience and Environmental Protection*. 2016;4(4):175–186.
17. Yaakob MA, Mohamed RMSR, Al-Gheethi AAS, Kassim AHM. Characteristics of chicken slaughterhouse wastewater. *Chemical Engineering Transactions*. 2018;63:637–642.
18. Eriksson E, Auffarth K, Henze M, Ledin A. Characteristics of grey wastewater. *Urban Water*. 2002;4(1):85–104.
19. Kailis SG, Harris DJ. Producing table olives. Collingwood, Australia: Landlinks Press; 2007.
20. Sdiri W, Chehab H, Reyns T, Van Loco J, Mechri B, Boujnah D, et al. Incidence of dairy wastewater on morphological and physiological compartment of Chemlali and Chetoui olive. *Water Resources and Industry*. 2018;20:29–36.
21. Charfi D, Trigui A, Medhioub K. Effects of irrigation with treated wastewater on olive trees cv Chemlali of Sfax at the station of EL-Hajeb. *Acta Horticulturae*. 1999;474:385–389.
22. Ortega-García F, Peragón J. The response of phenylalanine ammonia-lyase, polyphenol oxidase and phenols to cold stress in the olive tree (*Olea europaea* L. cv. Picual). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2009;89(9):1565–1573.
23. Tekaya M, El-Gharbi S, Mechri B, Chehab H, Bchir A, Chraief I, et al. Improving performance of olive trees by the enhancement of key physiological parameters of olive leaves in response to foliar fertilization. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2016;38(4):101–113.
24. Kainulainen P, Utriainen J, Holopainen JK, Oksanen JARI, Holopainen T. Influence of elevated ozone and limited nitrogen availability on conifer seedlings in an open-air fumigation system: Effects on growth, nutrient content, mycorrhiza, needle ultrastructure, starch and secondary compounds. *Global Change Biology*. 2000;6(3):345–355.
25. Dixon RA, Paiva NL. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *Plant Cell*. 1995;7(7):1085–1097.
26. Bedbabis S, Ben Rouina B, Boukhris M, Ferrara G. Effect of irrigation with treated wastewater on soil chemical properties and infiltration rate. *Journal of Environmental Management*. 2014;133:45–50.
27. Barbera AC, Maucieri C, Cavallaro V, Ioppolo A, Spagna G. Effects of spreading olive mill wastewater on soil properties and crops, a review. *Agricultural Water Management*. 2013;119:43–53.
28. Xanthoulis D, Kayamanidou M, Choukr-Allah R, El-Hamouri B, Benthayer B, Nejib Rejeb M, et al. Utilisation des eaux usées en irrigation, approche globale du traitement des effluents, comparaison de différents systèmes d'irrigation sur diverses cultures et leurs aspects institutionnel et organisationnel. Avcienne, Avcienne. Synthèse des projets de recherche multilatérale portant sur les eaux usées, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux; 1998. p. 11. AVI-CT-94-0002.
29. Gil I, Ulloa JJ. Positive aspects of the use of water: The reuse of urban wastewater and its effect on areas of tourism. *Options Méditerranéennes*. 1997;31:218–229.
30. Di Serio MG, Lanza B, Mucciarella MR, Russi F, Iannucci E, Marfisi P, et al. Effects of olive mill wastewater spreading on the physico-chemical and microbiological characteristics of soil. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2008;62(4):403–407.

31. Melgar JC, Mohamed Y, Serrano N, García-Galavís PA, Navarro C, Parra MA, et al. Long term responses of olive trees to salinity. *Agricultural Water Management*. 2009;96(7):1105–1113.
32. Ben-Hur M. Sewage water treatments and reuse in Israel. In: Zereini F, Jaeschke W, editors. *Water in the Middle East and in North Africa*. Berlin: Springer; 2004. pp. 167–180.
33. Emongor VE, Ramolemana GM. Treated sewage effluent (water) potential to be used for horticultural production in Botswana. *Physics and Chemistry of the Earth*. 2004;29(15–18):1101–1108.
34. Zhang Y, Fu CY, Liu XL, Li XH, Jing QC, Wei XF, et al. Effect of poultry wastewater irrigation on nitrogen, phosphorus and carbon contents in farmland soil. *Open Chemistry*. 2018;16(1):968–977.
35. Araujo IRC, Sampaio SC, Paz-Gonzalez A, Vilas-Boas MA, Gonçalves AC, Szekut FD. Reforested soil under drip irrigation with treated wastewater from poultry slaughterhouse. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. [online]. 2019;23(6):439–445. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n6p439-445>.
36. Haroon B, Hassan A, Abbasi AM, Ping A, Yang S, Irshad M. Effects of co-composted cow manure and poultry litter on the extractability and bioavailability of trace metals from the contaminated soil irrigated with wastewater. *Journal of Water Reuse and Desalination*. 2020;10(1):17–29. <https://doi.org/10.2166/wrd.2019.141>.

