ARTICLE
JOURNAL OF UNIVERSITY OF BABYLON
For Pure and Applied Sciences (JUBPAS)
Vol.30; No.2.| 2022

Surface and Subsurface Properties of Aquatic Ecosystems

Hala Faez Abdul Hadi Al-Jawahery

[1]Department of Biology-College of Science-University of Babylon
sci.hala.ali@uobabylon.edu.iq

خصائص الطبقة السطحية وتحت السطحية للأنظمة البيئة المائية

حلا فائز عبد الهادي الجواهري

قسم علوم الحياة–كلية العلوم –جامعة بابل
sci.hala.ali@uobabylon.edu.iq

Received:	14/2/2022	Accepted:	25/4 /2022	Published:	30/6/2022

الخلاصة

تعد الطبقة الدقيقة السطحية Surface Micro Layer (SML) حداً فاصلاً بين سطح الماء والهواء ولها خصائص فيزيائية وكيميائية وبايولوجية تختلف عن الطبقة تحت السطحية Sub Surface Layer (SSL)، نظرًا لكونها مكانًا فريدًا بين الهواء والماء، فقد ظلت SML في زاوية بحثية متميزة، ولهذه الطبقة الدقيقة السطحية القدرة على تراكم المركبات الكيميائية العضوية وخاصة البروتينات والكاربوهيدرات والدهون. إن وجود مثل المواد العضوية الغنية بالطاقة في الطبقة الدقيقة السطحية يخلق حالة مميزة لتراكم وتطوير البكتيريا الهوائية وبشكل رئيس لبكتيريا متغايرة التغذية التي تكوّن البكتيريا النيوستونية Neostonic Bacteria.

الكلمات المفتاحية: الأنظمة البيئية، البكتريا النيوستونية،المواد المغذية، التلوث

Abstract

The surface microlayer (SML) is the dividing border between the air and water surface. It has physical, chemical and biological properties which are distinctly from subsurface layer (SSL) waters. As its unique place between the air- water, the SML has remained in a distinct research corner. Surface microlayer is characterized by the capacity to accumulate of organic chemical compounds specially proteins, carbohydrates and lipid. The presence of such as energy-rich organic matters in the surface microlayer creates distinct condition for the accumulation and development of aerobic bacteria mainly heterotrophic bacteria forming bacterio-neuston.

Keywords: Ecosystems, Neostonic Bacteria, Nutrients, Pollution

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652
info@journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | www.journalofbabylon.com

المقدمة

لقد أثارت الزيادات في النشاط البشري على لعديد من المخاوف بشأن آثار المتساقطات من الاحتراق البشري المنشأ (مثل الكاربون الأسود) على الموارد المائية، فالطبقة السطحية الدقيقة Surface Micro Layer هي المدخل المباشر والرئيس لهذا الهباء الجوي للكاربون الأسود هناك معرفة محدودة حول تأثيرات الكاربون الأسود على تفاعلات الفيروسات والبكتيريا التي يمكن أن تؤثر بشكل كبير على عمل الاحياء المجهرية. ومع ذلك، كانت الوفرة المايكروبية أعلى في الطبقة السطحية الدقيقة من الطبقة تحت السطحية (Sub Surface Layer).

لقد لوحظ إنّ الإنتاج البكتيري قدانخفض بشكل ملحوظ في الطبقة تحت السطحية مقارنة بالطبقة السطحية الدقيقة. وتشير بعض البيانات إلى أن إنتاج البكتيريا في الطبقة السطحية الدقيقة قد تم تحفيزه عن طريق المواد العضوية وأن الإنتاج البكتيري الأعلى في تلك الطبقة مقارنة بالطبقة تحت السطحية كان مدعومًا ومعززاً بمعدلات تحلل فيروسية أعلى تحتوي على نسبة أعلى من اللايسوجين (خلية بكتيرية أو سلالة مصابة بفيروس معتدل لا يتسبب في تدمير الخلية)(1)

تتميز الطبقة السطحية الدقيقة بالقدرة على تراكم المركبات الكيميائية العضوية وخاصة البروتينات والكاربوهيدرات والدهون (2). فوجود مثل هذه المواد العضوية الغنية بالطاقة في الطبقة الدقيقة السطحية تساعد على إيجاد حالة مميزة لتراكم وتطوير البكتيريا الهوائية بشكل رئيس المتغايرة التغذية التي تشكل بكتيريا نيوستونBacterioneuston (3 و4) وهي أيضًا بكتيريا العوالق الجرثومية التي تعيش في أعماق طبقات الماء و تلعب دورًا رئيسًا في عمليات تحول المواد العضوية المتراكمة في الحياة المائية (5و6و7).

لقد تم البحث في دراسات عدة حول طبقات الماء ولكن الطبقة الدقيقة السطحية للمياه لم تحظ باهتمام كبير، ويبدو أن لها العديد من الميزات التي تختلف اختلافًا كبيرًا عن تلك الموجودة في الطبقة تحت السطحية (8). تتأثر هذه الطبقة بعوامل عدة مثل الإشعاع الشمسي ،والرياح ،والرطوبة ،والماء، ودرجة حرارة الهواء ، فضلاً عن وجود النباتات والحيوانات وبالتالي يمكن أن تكون سبب التغيرات في الطبقة الدقيقة السطحية (9).

حدود الطبقة السطحية

إن التفاعلات الفريدة التي تحدث في الطبقة السطحية قد لا تحدث في الطبقة تحت السطحية أو حتى بنسبة أقل؛ لذلك وجد أن الطبقة السطحية لها دور مهم في التغيرات الفيزيائية والكيميائية للكاربون(وهو مصدر الطاقة) في الطبقة السطحية (10).

تتراوح الطبقة السطحية من 1 إلى 1000 ميكرومتر من سطح الماء العلوي الذي يكون في تلامس مباشر للهواء وله صفات فيزيائية وكيميائية وحيوية ويمكن تمييزها بشكل يمكن قياسه عن الطبقة تحت السطحية (24و 25). تظهر البقع اللزجة الطبيعية في الطبقة السطحية في المناطق ذات النشاط الحيوي العالي ، كما هو الحال في المياه الساحلية التي تم توثيقها على ما يبدو في المياه التي تحتوي على أنواع من الطحالب،والتي أنشأت رابطًا بين البقع اللزجة المرئية وتكاثر العوالق النباتية التي أوضحت أن هذه البقع يمكن أن يكون لها تأثيرات كبيرة وصغيرة على الصفات الفيزيائية للطبقة السطحية. حثت دراسات على أصل والنشاط البايولوجي في التغذية بالكاربوهيدرات في تلك البقع نسبيا بالطبقة تحت السطحية (26). أظهرت

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652 | www.journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | info@journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل العلوم والحرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل العلوم والحرفة والتطبيقية مجلة جامعة بابل العلوم والحرفة والتطبيقية

دراسة سابقة حول الطبقة السطحية أن الطبقة الواقعة بين الهواء والماء تسمى آنذاك الطبقة الدقيقة السطحية (27). وتكون هذه الطبقة الرقيقة (SML) من الموارد المائية التي لها خصائص فيزيائية وكيميائية وبايولوجية فريدة تختلف عن طبقة تحت السطحية (SSL) (5و 28).

ومع ذلك ، فإن الطبقة السطحية مناسبة تمامًا لإعادة البناء الذاتي السريع لهيكلها الأصلي (29). وتؤثر عدة عوامل تسهم في الحفاظ على استقرار الطبقة السطحية الذي توفره القوى الفيزيائية مثل الالتصاق التوتر السطحي وحركات الدوامة (5). تعد الطبقة السطحية نوعًا من المخزن المؤقت الخاص جدًا لمختلف أنواع التلوث البشري،وخاصة المعادن الثقيلة وأيضًا المواد العضوية وغير العضوية الأخرى تتجاوز تراكيزها عن تلك الموجودة في الطبقة تحت السطحية (30 و31).

تشكل Bacterioneuston المجموعة الأكثر عددًا من الكائنات النيوستونيةNeustonic . هذه الكائنات الحية نشطة بشكل مستعمرات في الطبقة السطحية (5و 30). تحتوي بكتيريا Neustonic على متعدد السكريات المخاطية والبروتينات السكرية وبوليمرات الليسيثين في مستعمراتها الخلوية الخارجية القادرة على الارتباط بنشاط مع الطبقة السطحية من الماء (32).

بعض المواد المغذية في الطبقة السطحية

تتميز طبقة المياه السطحية SML بالقدرة على تراكم المركبات الكيميائية العضوية،وخاصة البروتينات والكاربوهيدرات والدهون (2). يوفر وجود مثل هذه المواد العضوية الغنية بالطاقة في SML ظروفًا مميزة لتراكم وتطوير الكائنات الحية الدقيقة الهوائية بشكل رئيسي البكتيريا متغايرة التغذية التي تشكل البكتيريا النيوستونية (33). تلعب أيضًا العوالق الجرثومية التي تعيش في طبقات المياه العميقة دورًا رئيسيًا في عمليات تحويل المواد العضوية المتراكمة في النظم البيئية المائية (5و6و34).

الكائنات الحية الدقيقة في الطبقة تحت السطحية

اشار الباحث (10) الى وجود 2398 مستعمرة / مل في طبقة الأغشية السطحية للمناطق البحرية في المحيط الهادئ ومنطقة البحر الكاريبي، وفي دراسة عن العينات الأعمق لوحظ أنّ 73٪ من العينات المفحوصة احتوت على عدد أقل من المستعمرات لكل مل إذ اشيرالى أنّ هذه الأرقام تعكس بشكل كبير الحالة الغنية للمغذيات في تلك الطبقة السطحية (11). وجد (12) أنّ أعداد البكتيريا تزداد بمقدار (100 – 1000) مرة لكل مل في الطبقة السطحية مقارنة بطبقة الماء تحت السطحية لبعض المواقع التي تمت دراستها. وجد (10) أنه في عينات الطبقة السطحية لمحطات مختارة من المحيط الهادي كانت 89.5٪ من العزلات من بكتريا *Pseudomonads spp.* و 6.5٪ من بكتريا Alcaligenes و 4٪ من أنواع بكتريا *spp. Enterobacter* إذ لوحظ أن نشاط التحلل الدهني والبروتيني موجود فقط في عزلات الطبقة السطحية ونشاط انزيم الأميليز ملاحظ فقط في بكتيريا الطبقة تحت السطحية، وكان تفسيره بسبب اختلاف في المادة الاساس المتاحة لكل مجتمع في الطبقتين.

وفي دراسة أخرى حول الكائنات الحية في الطبقة السطحية وجد أنّ اغلب العزلات في هذه الطبقة كانت من نوع عصوي وسالبة لصبغة كرام ومتحركة مثل*Pseudomonads spp.*، ولكنّ القليل من العزلات تمتلك نشاطًا مُحللًا للدهون أو للهيدروكربونات. ومع ذلك، فإنه ظهر على ما يقرب من 75٪ منها انها من مستخدمي الميثان،كمصدروحيد للكاربون،وكذلك

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652 | www.journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | info@journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل العلوم البحتة والتطبيقية

في اختبارات مقاومتها للمبيدات المكلورة أن عزلات الطبقة السطحية كانت أكثر مقاومة لهذه المركبات من بكتيريا الطبقة تحت السطحية. فقد وجد ان هذه المقاومة لهذه المركبات (الميثان والمبيدات) كان بسبب التأثيرات المطفرة للإشعاع فوق البنفسجي، والتقلبات في درجة الحرارة وتراكيز الملح والمستويات العالية من العناصر الغذائية المتاحة في الطبقة السطحية إذ تختلف البكتيريا الموجودة في الطبقة السطحية من الناحية الفسيولوجية والتصنيفية عن بكتيريا الطبقة تحت السطحية والرواسب استنادا لاقتراح (13) أن الطبقة السطحية عبارة عن طبقة تشبه الهلام الرطب تتكون من مزيج معقد من البروتينات والدهون والكاربوهيدرات.

لقد أجريت عدة دراسات(ستذكر لاحقاً) وكان الهدف منها قياس عدد البكتيريا في الطبقة السطحية والطبقة تحت السطحية، تم فحص العزلات عشوائياً وكانت هناك زيادة ما بين 130 و 5000 مرة أعلى في الطبقة السطحية من الطبقة تحت السطحية لكل مل مأخوذاً من الطبقة السفلى. تمت دراسة بعض الأنواع البكتيرية أيضًا وكان هناك اختلاف بين الأنواع الموجودة في الطبقة السطحية وتلك الموجودة في الطبقة تحت السطحية إذ كانت.*Pseudomonas spp* هي السائدة في الطبقة السطحية على ما يربو من الثلثين، بينما تم العثور على ثلث *Pseudomonas spp* في الطبقة تحت السطحية. وتشير الدراسات المختلفة إلى أن الوفرة البكتيرية في الطبقة السطحية تفوق تلك الموجودة في الطبقة تحت السطحية (14 و 15)، بينما كانت هيمنة لأنواع Alcaligenses في الطبقة تحت السطحية (16).

هناك أدلة علمية تشير إلى أن الطبقة السطحية يمكن أن تكون مكاناً مناسبًا لنمو عدة من الكائنات المجهرية المتميزة بالرغم من أن الحجم الكلي للطبقة الدقيقة السطحية ضئيلاً جدًا وفقًا لحجم مياه النهر. (17)

تتساقط المواد الصلبة والجزيئات والكائنات الدقيقة الذائبة في الطبقة السطحية من خلال الانتشار البسيط والحمل الحراري والفقاعات المتفجرة. ومع ذلك ، فإن هذه الطبقة هي البوابة الرئيسية للترسب الجوي (18 و19) ، وتتعرض الكائنات الحية الدقيقة في الطبقة السطحية لمجموعة من العوامل المفيدة والضارة وتشمل العوامل المفيدة المغذيات العضوية وغير العضوية بينما تشمل العوامل الضارة الأشعة فوق البنفسجية والتراكيزالعالية للمعادن الثقيلة والملوثات العضوية وتقلبات درجات الحرارة وتغيرات الملوحة.

وغالبًا ما تعد الطبقة السطحية بيئة قاسية للكائنات الحية الدقيقة،والتي قد تحتوي على أنواع وفئات غير عادية. أدت هذه الحقيقة إلى فكرة أن مجموعة معقدة قريبة من السطح تحتوي على البكتيريا والبكتيريا النيستيون والتي سيكون لها توزيع واسع في المسطحات المائية المختلفة. (20)

تشير دراسات مختلفة (ستذكر لاحقاً)إلى أن الوفرة البكتيرية في الطبقة السطحية تفوق تلك الموجودة في الطبقة تحت السطحية (14 و 15). بالرغم من وفرة البكتيريا وانتشارها المتوقع على نطاق واسع ، لا تزال المجتمعات في الطبقة السطحية فقيرة في التوصيف (19). وتعد طرق العزل والزراعة ضرورية لفهم فسيولوجيا وبيئة البكتيريا في المسطحات المائية ، إذ بذلت جهود من قبل الباحثين في تشخيص البكتيريا الموجودة مسبقًا في الطبقة السطحية والتي جمعت سلالات من *Proteobacteria* و *Actinobacteria* ،بما في ذلك في الغالب تشخيص بعض الانواع المتداخلة معها مثل *Pseudomonas*، *Bacterium*، *Chromobacterium* و *Aeromonas* و *Micrococcus*) (10 و21)، والتي تم العثور عليها ايضا في الطبقة التحت سطحية في الدراسات الاخيرة على عينات مختلفة من المسطحات المائية (22 و16).

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652 | www.journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | info@journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل العلوم الصرفة والتطبيقية

أدى استخدام التقنيات القائمة على الحامض النووي(DNA) إلى التعرف السريع على السلالات المعزولة وجعل من السهل مسح البكتيريا المستنبتة في الطبقة السطحية. بالإضافة إلى ذلك ، تتوفر الآن تقنيات كيميائية حيوية عالية الدقة لدراسة تلك الطبقة على نطاق مجهري ، مع الحفاظ على هيكلها. (23)

Conflict of interest

There are no conflicts of interest.

References

1- Ram, A. P., X. Mari, J. Brune, J.-P. Torréton, V. Chu, P. Raimbault, J. Niggemann and T. Sime-Ngando (2018). "Bacterial-viral interactions in the sea surface microlayer of a black carbon-dominated tropical coastal ecosystem (Halong Bay, Vietnam).
2- Plusquellec, A., M. Beucher, C. Le Lay, Y. Le Gal and J. Cleret (1991). "Quantitative and qualitative bacteriology of the marine water surface microlayer in a sewage-polluted area." Marine Environmental Research 31(3): 227-239.
3- Hoppe, H.-G. (1986). "Degradation in sea water." Biotechnology 8: 453-474.
4- Antonowicz, J. P., Z. Mudryk and M. Zdanowicz (2015). "A relationship between accumulation of heavy metals and microbiological parameters in the surface microlayer and subsurface water of a coastal Baltic lake." Hydrobiologia 762(1): 65-80.
5- Maki, J. (1993). "The air-water interface as an extreme environment." Aquatic microbiology: an ecological approach, edited by: Ford, TE, Blackwell Scientific Publication, Boston, Massachusetts: 409-439.
6- Maki, J. S. and M. Hermansson (1994). "The dynamics of surface microlayers in aquatic environments." The Biology of Particles in Aquatic Systems: 161-182.
7- Mudryk, Z. and P. Skórczewski (2004). "Measurement of ectoenzymatic activity in surface and subsurface water layers in an estuarine lake." Estuarine Coastal and Shelf Science 59: 59-67.
8- Ewing, G. and E. McAlister (1960). "On the thermal boundary layer of the ocean." Science 131(3410): 1374-1376.
9- Romano, J.-C. and R. Marquet (1991). "Occurrence frequencies of sea-surface slicks at long and short time-scales in relation to wind speed." Estuarine, Coastal and Shelf Science 33(5): 445-458.
10- Sieburth, J. M. (1971). Distribution and activity of oceanic bacteria. Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts, Elsevier.
11- Williams, P. (1967). Sea surface chemistry: organic carbon and organic and inorganic nitrogen and phosphorus in surface films and subsurface waters. Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts, Elsevier.
12- Crow, S., D. Ahearn, W. Cook and A. Bourquin (1975). "Densities of bacteria and fungi in coastal surface films as determined by a membrane-adsorption procedure 1, 2." Limnology and Oceanography 20(4): 644-646.
13- Sieburth, J. M. (1983). Microbiological and organic-chemical processes in the surface and mixed layers. Air-sea exchange of gases and particles, Springer: 121-172.
14- MacIntyre, F. (1974). "The top millimeter of the ocean." Scientific American 230(5): 62-77.
15- Hardy, J. T. (1982). "The sea surface microlayer: biology, chemistry and anthropogenic enrichment." Progress in Oceanography 11(4): 307-328.
16- Fehon, W. C. and J. D. Oliver (1979). "Taxonomy and distribution of surface microlayer bacteria from two estuarine sites." Estuaries 2(3): 194-197.
17- Cunliffe, M., A. Engel, S. Frka, B. Gašparović, C. Guitart, J. C. Murrell, M. Salter, C. Stolle, R. Upstill-Goddard and O. Wurl (2013). "Sea surface microlayers: A unified physicochemical and biological perspective of the air–ocean interface." Progress in Oceanography 109: 104-116.

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652 | www.journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | info@journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل العلوم الصرفة والتطبيقية

18- Garrett, W. D. (1967). Stabilization of air bubbles at the air-sea interface by surface-active material. Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts, Elsevier.
19- Norkrans, B. (1980). Surface microlayers in aquatic environments. Advances in microbial ecology, Springer: 51-85.
20- Maki, J. S. (2003). "Neuston microbiology: life at the air–water interface." Encyclopedia of Environmental Microbiology.
21- Tsyban, A. (1971). "Marine bacterioneuston." Journal of the Oceanographical Society of Japan 27(2): 56-66.
22- ZoBell, C. E. (1946). "Marine microbiology. A monograph on hydrobacteriology." Marine microbiology. A monograph on hydrobacteriology.
23- Pace, N. R., D. A. Stahl, D. J. Lane and G. J. Olsen (1986). The analysis of natural microbial populations by ribosomal RNA sequences. Advances in microbial ecology, Springer: 1-55.
24- Zhang, Z., L. Liu, C. Liu and W. Cai (2003). "Studies on the sea surface microlayer: II. The layer of sudden change of physical and chemical properties." Journal of Colloid and Interface Science 264(1): 148-159.
25- Liss, P. and R. Duce (1997). The Sea Surface and Global Change, Cambridge: Univ, Press.
26- Sieburth, J. M. and J. T. Conover (1965). "Slicks associated with Trichodesmium blooms in the Sargasso Sea." Nature 205(4973): 830.
27- Agogué, H., E. O. Casamayor, M. Bourrain, I. Obernosterer, F. Joux, G. J. Herndl and P. Lebaron (2005). "A survey on bacteria inhabiting the sea surface microlayer of coastal ecosystems." FEMS microbiology ecology 54(2): 269-280.
28- Hillbricht-Ilkowska, A. and I. Kostrzewska-Szlakowska (2004). "Surface microlayer in lakes of different trophic status: nutrients concentration and accumulation." Polish Journal of Ecology 52(4): 461-478.
29- Hale, M. S. and J. G. Mitchell (1997). "Sea surface microlayer and bacterioneuston spreading dynamics." Marine Ecology Progress Series 147: 269-276.
30- Mudryk, Z., J. Trojanowski, J. Antonowicz and P. Skórczewski (2003). "Chemical and bacteriological studies of surface and subsurface water layers in estuarine Lake Gardno." Polish Journal of Environmental Studies 12(2): 199-206.
31- Wurl, O. and J. P. Obbard (2004). "A review of pollutants in the sea-surface microlayer (SML): a unique habitat for marine organisms." Marine pollution bulletin 48(11-12): 1016-1030.
32- Marshall, K. (1985). "Bacterial adhesion in oligotrophic habitats." Microbiological sciences 2(11): 321-322, 325-326.
33- Hoppe, H.-G. (1986). "Degradation in sea water." Biotechnology 8: 453-474.
34- Mudryk, Z. and P. Skórczewski (2004). "Measurement of ectoenzymatic activity in surface and subsurface water layers in an estuarine lake." Estuarine Coastal and Shelf Science 59: 59-67.

ISSN: 2312-8135 | Print ISSN: 1992-0652 | www.journalofbabylon.com | jub@itnet.uobabylon.edu.iq | info@journalofbabylon.com

مجلة جامعة بابل العلوم الصرفة والتطبيقية