

## الحاجة الملحة لمحور امية المجتمع بعلم الأحياء الدقيقة ( الميكروبيولوجى )

### ترجمة

أ.د/فاروق العايدى

Prof. Farouk El-Aidy

Dept.of Horticulture  
Fac. of Agriculture  
Kafrelsheikh University  
33516 Kafr El-Sheikh  
Egypt

### مراجعة

أ.د/ يحيى عيد

Prof. Yehya Eid

Dept.of Microbiology  
Fac. of Agriculture  
Kafrelsheikh University  
33516 Kafr El-Sheikh  
Egypt

Ceren Karahan,<sup>28</sup> Jan Roelof van der Meer,<sup>29</sup> Seza  
Artunkal,<sup>30</sup> Dieter Jahn<sup>1</sup> and Lucy Harper<sup>31</sup>

<sup>1</sup> معهد علم الأحياء الدقيقة ، الجامعة التقنية براونشفايغ ، ألمانيا.  
<sup>2</sup> كلية التكنولوجيا الحيوية وعلوم الجزيئات الحيوية ،  
جامعة نيو ساوث ويلز ، سيدني ، أستراليا.  
<sup>3</sup> قسم الأحياء البيولوجية ، مركز البحوث البيولوجية  
(CSIC) (CIB) ، مدريد ، إسبانيا.  
<sup>4</sup> مجموعة الأحياء الدقيقة ، قسم الأحياء ،  
جامعة جزر البليار ، معهد البحر المتوسط

Kenneth Timmis,<sup>1\*</sup> Ricardo Cavicchioli,<sup>2</sup> José  
Luis Garcia,<sup>3</sup> Balbina Nogales,<sup>4</sup> Max Chavarria,<sup>5</sup>  
Lisa Stein,<sup>6</sup> Terry J. McGenity,<sup>7</sup> Nicole Webster,<sup>8</sup>  
Brajesh K. Singh,<sup>9</sup> Jo Handelsman,<sup>10</sup> Victor de  
Lorenzo,<sup>11</sup> Carla Pruzzo,<sup>12</sup> James Timmis,<sup>13</sup> Juan  
Luis Ramos Martín,<sup>14</sup> Willy Verstraete,<sup>15</sup> Mike  
Jetten,<sup>16</sup> Antoine Danchin,<sup>17</sup> Wei Huang,<sup>18</sup> Jack  
Gilbert,<sup>19</sup> Rup Lal,<sup>20</sup> Helena Santos,<sup>21</sup> Sang Yup  
Lee,<sup>22</sup> Angela Sessitsch,<sup>23</sup> Paola Bonfante,<sup>24</sup> Lone  
Gram,<sup>25</sup> Raymond T. P. Lin,<sup>26</sup> Eliora Ron,<sup>27</sup> Z.

26 قسم علم الأحياء الدقيقة والمناخ ، جامعة سنغافورة الوطنية ، سنغافورة.  
27 مدرسة البيولوجيا الخلوية الجزيئية والتكنولوجيا الحيوية ، جامعة تل أبيب ، إسرائيل.  
28 قسم الأحياء الدقيقة الطبية ، جامعة أنقرة ، تركيا.  
29 معهد علم الأحياء الدقيقة ، جامعة لوزان ، سويسرا.  
30 قسم الأحياء الدقيقة السريرية ، مستشفى حيدر باشا نوموني للتدريب ، اسطنبول ، تركيا.  
31 جمعية علم الأحياء الدقيقة التطبيقي ، لندن ، المملكة المتحدة.

تم استلام المقالة في 10 أغسطس 2018 ؛ تمت المراجعة في 24 مارس 2019 ؛ قبلت 24 مارس 2019. \* للمراسلات. البريد الإلكتروني: kntimmis@gmail.com تم تغيير سطر حقوق الطبع والنشر لهذه المقالة في 16 أبريل 2019 بعد النشر الأصلي عبر الإنترنت

© 2019 المؤلفون. علم الأحياء الدقيقة البيئي الذي نشرته جمعية علم الأحياء الدقيقة التطبيقية وجون وإيلي وأولاده المحدودة. هذا مقال مفتوح الوصول وفقاً لشروط ترخيص المشاع الإبداعي ، والذي يسمح بالاستخدام والتوزيع والاستساخ في أي وسيط ، بشرط ذكر العمل الأصلي بشكل صحيح.

#### الملخص

للميكروبات وأنشطتها آثار واسعة وعميقة وإيجابية بشكل عام على حياة البشر ، وبالتالي على صحة ورفاهيتهم ، وعلى العالم البيولوجي بأسره ، وبلى على كامل سطح الكوكب وكذلك الغلاف الجوي بأكمله. تعد الميكروبات مجتمعة ، وإلى حد كبير في شراكة مع الشمس ، وأيضاً داعمة للأنظمة الحية في محيطها الحيوي . لذا يستلزم ذلك القيام دراستها على النحو الواجب ومدى اهمية تأثيرها في القرارات التي يتخذها الأفراد والأسر في الحياة اليومية ، وكذلك من جانب الأفراد والهيئات المسؤولة وصانعي القرار على جميع مستويات وخاصة فيما يتعلق بالمجتمع

للدراستات المتقدمة (UIB-CSIC ، IMEDEA ، Palma de Mororca اسبانيا.  
5 مدرسة الكيمياء ، مركز أبحاث المنتجات الطبيعية (CIPRONA) ، جامعة كوستاريكا ، سان خوسيه ، كوستاريكا والمركز الوطني للابتكارات التكنولوجية الحيوية (CENIBiot) ، سيناتكوناري ، سان خوسيه ، كوستاريكا.  
6 قسم العلوم البيولوجية ، جامعة ألبرتا ، إدمونتون ، كندا.  
7 كلية العلوم البيولوجية ، جامعة إسيكس ، كولشستر ، المملكة المتحدة.  
8 المعهد الأسترالي للعلوم البحرية ، تاونزفيل والمركز الأسترالي لعلم البيئة ، جامعة كوينزلاند ، بريسبان ، كوينزلاند ، أستراليا.  
9 معهد هاوكيسبوري للبيئة ، جامعة ويسترن سيدني ، بنريث ، أستراليا.  
10 معهد ويسكونسن للاكتشاف ، جامعة ويسكونسن ماديسون ، ويسكونسن ، الولايات المتحدة الأمريكية.  
11 برنامج البيولوجيا للأنظمة ، المركز الوطني للتكنولوجيا الحيوية ، CSIC ، مدريد ، إسبانيا.  
12 قسم علوم الأرض والبيئة والحياة (DISTAV) ، جامعة جنوة ، إيطاليا.  
13 . معهد أثينا ، جامعة فريجي بأمستردام ، هولندا.  
14 محطة تجريبية ل Zaidín-CSIC ، غرناطة ، إسبانيا.  
15 مركز للعلم والتكنولوجيا الميكروبية (CMET) ، جامعة غنت ، بلجيكا.  
16 قسم الأحياء الدقيقة ، جامعة رادبود نيميغن ، هولندا.  
17 معهد كوشين INSERM U1016 ، CNRS ، UMR8104 ، جامعة باريس ديكرت ، باريس ، فرنسا  
18 قسم العلوم الهندسية ، جامعة أكسفورد ، أكسفورد ، المملكة المتحدة.  
19 قسم طب الأطفال ، جامعة كاليفورنيا في سان دييغو ، سان دييغو ، كاليفورنيا ، الولايات المتحدة الأمريكية.  
20 قسم علم الحيوان ، مختبر البيولوجيا الجزيئية ، جامعة دلهي ، دلهي ، الهند.  
21 معهد التكنولوجيا الكيميائية والبيولوجية ، جامعة نوكا دي لشبونة ، أويراس ، البرتغال.  
22 قسم الهندسة الكيميائية والبيولوجية الجزيئية ، المعهد الكوري المتقدم للعلوم والتكنولوجيا ، دايجون ، جمهورية كوريا.  
23 وحدة المصادر الحيوية ، المعهد النمساوي للتكنولوجيا ، تولن ، النمسا.  
24 قسم علوم الحياة وبيولوجيا النظم ، جامعة تورينو ، إيطاليا.  
25 قسم التكنولوجيا الحيوية والطب الحيوي ، الجامعة التقنية في الدنمارك ، لينجبي ، الدنمارك.

وسياسات الصحة العامة، وعند التخطيط وصياغة السياسات ذات الصلة. ومع ذلك ، وعلى عكس الموضوعات الأخرى التي لها تأثير واسع على البشرية ، مثل الشؤون المالية ، والصحة ، والنقل ، والتي يوجد لها فهم واسع النطاق بين افراد المجتمع، بينما المعرفة بالأنشطة الميكروبية ذات الصلة ، وكيف تؤثر على حياتنا ، وكيف يمكن تسخيرها من أجل ان تكون لها فائدة بين البشر، فهذه المعرفة غير متوفرة على القدر اللازم - معرفة الأحياء المجهرية - في عموم السكان ، وأيضاً في المجموعات الفرعية التي تشكل صناعات القرار. غالباً ما تكون الاختبارات التي تنطوي على آثار نشاط جرثومي غير واضحة ، وتكون المعلومات المتاحة منحازة في بعض الأحيان وعادة ما تكون غير مكتملة ، وبالتالي تخلق درجة كبيرة من عدم اليقين. ونتيجة لذلك فإن "أفضل" القرارات القائمة على الأدلة لا تؤدي بشكل متكرر إلى نتائج غير متوقعة وغير مقصودة وأحياناً غير مرغوب فيها. لذلك ندعي أن معرفة الأحياء المجهرية في المجتمع أمر لا غنى عنه لاتخاذ القرارات الشخصية المستنيرة ، وكذلك لتطوير السياسات في الحكومة وقطاع الأعمال ، ولمدخلات المعرفة من أصحاب المصلحة في المجتمع في مثل هذه السياسات. لذا فإن فهم الأنشطة الميكروبية الرئيسية أمر ضروري للانتقال من مرحلة الطفولة إلى مرحلة البلوغ مثل بعض المواد التي تدرس حالياً في المدرسة ، وبالتالي يجب الحصول عليها من خلال التعليم العام. ويجب أن تصبح معرفة الأحياء المجهرية جزءاً من الوصف الوظيفي للمواطن العالمي. لتسهيل الحصول على محو الأمية في علم الأحياء المجهرية في المجتمع ، من

خلال دمجها في مناهج التعليم ، نقترح هنا مفهوم وشكل تعليمي أساسي قابل للتكيف مع جميع الأعمار ، من مرحلة ما قبل المدرسة إلى المدرسة الثانوية ، ووضع الأنشطة الميكروبية الرئيسية في سياقات توضح كيف تؤثر على حياتنا اليومية ، والتحديات الكبرى ذات الصلة التي تواجه البشرية وكوكب الأرض ، وعلى أهداف التنمية المستدامة. ولذا فإننا نحث علماء الأحياء المجهرية ، ومجتمعات علم الأحياء الدقيقة والمتخصصين في علم الأحياء المجهرية ، على المشاركة والمساهمة في هذه المبادرة من خلال المساعدة في تطوير المفهوم الأساسي ، وتطوير والسعي للحصول على تمويل لتطوير أدوات ومواد تعليمية صديقة للطفل وجذابة ، وإبراز تأثيرها ، والأهم من ذلك ، إقناع المعلمين وصانعي السياسات وقادة الأعمال والهيئات الحكومية وغير الحكومية ذات الصلة بدعم هذه المبادرة وتعزيزها..

## الموضوع

الأحياء المجهرية ومجتمعاتها الأحيائية  
مجتمعات الكائنات الحية الدقيقة تخلق طبقة ثانية من الجلود على جميع أسطح الجسم. فهي على اتصال مع البيئة بشكل اساسي لجميع الكائنات الحية في المحيط الحيوي - الحيوانات والنباتات. تشكل هذه الجلود الميكروبية حواجز إضافية وديناميكية وبيئية فيزيائية تزيد من وظائف الحاجز المادي والكيميائي (مثل الهجوم الممرض) على الأسطح الظاهرية. ولكن بالإضافة إلى أنشطة الحواجز ، تشارك هذه المجتمعات الميكروبية في تفاعلات متعددة الأوجه مع مضيفيها ، وتوفر وظائف أساسية ولها تأثير واسع على

بدرجة معقولة وله خصائص كيميائية فيزيائية مميزة. وهكذا فإن المصطلح لا يشير فقط إلى الكائنات الحية الدقيقة المعنية ولكنه يشمل أيضًا مسرح نشاطها (Whipps et al. 1988)، وهو سمة أساسية لهوية الكائن الحي والفيزيولوجيا الإيكولوجية: الحيوانات والنباتات الخالية من الجراثيم عبارة عن تجارب مختبرية معينة تجعلها غير قادرة على البقاء في بيئتها الطبيعية. وهذا التكامل، الذي يتكون من الميكروبيوم والمضيف، يطلق عليه اسم "biome". إن اضطراب الميكروبيوم، الذي يؤدي إلى ما يسمى "Dysbiosis"، قد يزعزع علاقته مع المضيف ويعطل الوظائف التي تسهم في رفاهية الإنسان، كما يتضح من تأثير مبيد الحشائش - الجليكوسيت - في مجتمع الميكروبات المعوية للنحل، مما يؤدي إلى زيادة في قابلية للإصابة بمسببات الأمراض. (Motta et al., 2018)

الميكروبات تكون 50% من الجسم البشري

(Sender et al., 2016)

والبيوم البشري إذا ما تم حسابها على أساس أعداد الخلايا فسند ان 50% من هذه الخلايا هي من الميكروبات

(Sender et al., 2016)

تهدم ميكروبات الأمعاء الكثير من مدخولنا الغذائي وتطلق مغذياتها في أشكال يمكننا استيعابها واستخدامها، حيث توفير الفيتامينات الأساسية والأحماض الأمينية والمغذيات الدقيقة الأخرى التي لا تنتج ذاتياً، كما انها تنتج مركبات شبيهة بالهرمونات وبالتالي تعمل كنظام غدد صماء موازى، وتلعب دوراً في العديد من الأمراض الجسدية (Brown and Hazen, 2015).

والعقلية (Wang et al., 2017; Du Toit, 2019)

والتي بدأت تتكشف حالياً

الخصائص البيولوجية للشركاء المضيفين. على سبيل المثال، تعمل الميكروبات المرتبطة بالنبات على التوسط في الحصول على المعادن الأساسية بما في ذلك النيتروجين من أجل النمو (في الواقع، بدون النيتروجين والذي يستخلص بوساطة الميكروبات، لن يكون هناك إنتاج كافي حيوي من قبل المنتجين الأساسيين للنبات من أجل تكاثر وتطور الإنتاج الحيواني)، وحماية ضد الالتهابات كما تنتج مركبات شبيهة بالهرمونات التي تعزز النمو. بعض الميكروبات التي تحملها النباتات تكون سامة للحيوانات وبالتالي فهي تعمل كدفاع نباتي ضد الحيوانات المفترسة. الكائنات الحية الدقيقة تحمي الحيوانات من الأمراض والأطعمة المخمرة داخل الحيوانات المجتررة مثل الأبقار وهضم الطعام للحشرات. على الرغم من أن الكائنات الحية الدقيقة هي أساساً مندمجة مع المجتمعات الميكروبية السطحية، فإن بعضها يحتوي أيضاً على ما يسمى بالكائنات الحية الدقيقة التوطينية التي تعيش داخل الخلايا المضيئة. تلعب "الاندوسيمونات" Endosymbionts ولها دوراً مهماً في دورات حياة الكائنات الحية المختلفة، مثل الحشرات (حيث قد تحدد جنس المضيف)، والإسفنج والنباتات، وبعض الكائنات الحية الدقيقة الأخرى، مثل البروتوزوا. تطورت الجزئيات داخل الخلايا المسؤولة عن حصاد الطاقة الشمسية (البلاستيدات) في الكائنات الضوئية، وتوليد الطاقة (الميتوكوندريا) في معظم الكائنات الحية، وتعتبر بكتيريا endosymbiotic هي المكون الميكروبي للكائن الحي، وهو ما يسمى الميكروبيوم "microbiome": حيث يعتبر مجتمع ميكروبي مميز يحتل موئلاً جيداً

في الأونة الأخيرة ، احتلت الميكروبات مركز الصدارة في الاقتصاد الحيوي المزدهر (على سبيل المثال دراسة (Timmis et al., 2017).

ومن قبيل الصدفة ، كان هناك تحول كبير في الإطار الاقتصادي العالمي ، الذى عرف بالثورة الصناعية الرابعة ، الى جانب تقدم وسائل الإتصالات و الاستخبارات الشخصية، والإستشعار عن بعد والمعالجة الضخمة للبيانات، والريوتات والعديد من المميزات الأخرى. ولنا أن نتخيل إقتصاد دائرى ؟؟؟؟ بدون نفايات ضارة، حيث يتم فية إعادة تدوير كل شىء.

(Nielsen, 2017).

وتعتبر العمليات التى تتوسط فيها الميكروبات، مناسبة بشكل مثالي للظروف القاسية. كما ان المدخلات من طاقة عالية، وكواشف سامة، وهى المواد والنفايات التى تم الحصول عليها، وكذلك المواد المتفاعلة معها ، فإنه يتم إعادة تدويرها بسهولة بشكل عام. ونتيجة لذلك ، ظهرت تحولات كيميائية بوساطة التحفيز البيولوجي ، والتي كانت في السابق موضوعا هامشيا إلى حد ما للعمليات الكيميائية ، وركزت على إنتاج عدد من الجزيئات النشطة بيولوجيًا ذات القيمة المضافة العالية كبديل حقيقي ومستدام بيئيًا للتحويل الكيميائي الواسع النطاق للمواد الوسيطة المتجددة ( معظمها جرثومي) والإنزيمات التى تم الحصول عليها من عمليات التحول سواء طبيعيًا او عن طريق البرمجة.

ويتضمن الاختيار الإرشادي للمجموعة الواسعة من العمليات الميكروبية الحالية ، بالإضافة إلى المحفز الحيوي مايلي:

\*صناعة الأطعمة المتنوعة (الزبادي ، والجبن ، وبروتين الخلية المفردة ، والشوكولاتة ، والنقانق الناضجة ، والمخللات ، والبروبيوتيك) ، واضافات الطعام (الفانيليا ، وصلصة الصويا ، الكيمتشي ، لحم الخنزير المقدد ، السومبالا) والمكملات الغذائية (الفيتامينات ، الأحماض الأمينية ، حمض الفوليك ، البروبيوتيك) ،

• إنتاج المستحضرات الصيدلانية (المضادات الحيوية ، الهرمونات) واللقاحات والتشخيص وأنظمة مراقبة المستشعرات الحيوية ومنتجات العناية الشخصية ،

• حماية وتعزيز نمو النباتات،

والمثال الكلاسيكى لما يحدث فى الميكروبيوم البشرى من اضرابات فى المجتمع الميكروبي للأمعاء عند استخدام المضادات الحيوية، والتي تسبب التهاب القولون العشائي (Bartlett, 1979)الكاذب.

ومن الأهمية بمكان أن ندرك أننا منذ الولادة وحتى الموت، انما نعيش في علاقة حميمة مع مع شركائنا من الميكروبات ، وهي علاقة متكاملة ومتبادلة وهي ايضا ديناميكية ومفيدة، وتحدد ماذا وكيف - ومن نحن - (ومن ثم بالطبع ، من نحن).

قد نشعر بالقلق إزاء قلة ثقافتنا، كما يمكننا الوثوق بمعارفنا البشرية ، بينما لا نعرف شيئاً عن أصدقائنا الأكثر قربنا والتصاقنا بنا. وتحقيق القدرة على تعظيم رفاهيتنا الشخصية سيتطلب أن نفهم ما الذي يفعله شركاؤنا من الميكروبات ، وما تأثير أنشطتهم علينا ، وكيف يتأثر شركاؤنا من الميكروبات وأنشطتهم بما نقوم به نحن ، وكيف يمكننا تحسين شراكاتنا من أجل المنفعة المتبادلة

### الميكروبات في خدمة البشرية

لا تؤثر علينا الميكروبات فقط كأفراد ، بل قد تم استغلالها في خدمة البشرية منذ زمن سحيق ، البداية كانت في إنتاج الأطعمة والمشروبات المخمرة (البيرة ، النبيذ ، منتجات الحليب المخمر) ، الحفاظ على خصوبة التربة (استخدام المحاصيل البقولية التى تحتوي على بكتيريا تثبيت النيتروجين الجوى ، والتسميد بالكتلة الحيوية الميكروبية) ، الخبز المخبّر ، الحد من التلوث من خلال تحلل النفايات المنزلية والصناعية، وتوفير مياه الشرب النظيفة. وعلى وجه الخصوص ، ساهم تخمير الطعام فى حفظه وتحسين جودته ، تحسين النظافة ، من خلال المعالجة الجرثومية للنفايات البشرية وما يصاحب ذلك من تقليل إنتشار الأمراض، بشكل كبير، مما ساهم في تطور الحضارة وتحسين جودة الحياة ، وطول عمر الإنسان.

لتكون قادرة على المنافسة و للتقدم بشكل ملحوظ نحو الممارسات المستدامة. إن ذلك يستلزم

بالضرورة معرفة كافية بالميكروبيولوجيا الأساسية على مستوى متخذى القرارات وايضا عامة الناس بوصفهم أصحاب المصلحة الأساسيين.

ستكون قرارات السياسة العامة القائمة على المعرفة بالعمليات الميكروبيولوجية الأساسية هي أساس التقدم المستقبلي والرفاهية وتحقيق الاستدامة والنهوض بالحضارة. وتعتمد سرعة واتجاه تقدمنا المستقبلي اعتماداً كبيراً على درجة التزامنا بما يلي :

\*استكشاف العمليات الميكروبيولوجية بشكل غير طبيعي وبالتالي تطوير قدرتنا بشكل مستمر

على التنبؤ وتحديد التطبيقات التجارية الجديدة# المستندة إلى الميكروبات ،

• تسخير التطبيقات الجديدة بشكل كافٍ لتحسين صحة الإنسان وكوكب الأرض ،

• التوسع في التطبيقات المعاصرة وتحسينها ،

• تصميم الأدلة المناسبة - نظم قائمة على اتخاذ القرار وتخصيص الموارد التي تحفز وتسهل أنشطة البحث والتطوير والتسويق ذات الصلة ، وتدمج بشكل مناسب مايفضله أصحاب المصلحة ذات الصلة.

الاكتشافات الجديدة هي نتاج البحث العلمي. ومع ذلك ، يتم تنظيم البحوث في تخصصات ومجموعات من التخصصات ذات الصلة ولكن بصورة منفصلة ، مما يعتبر إلى حد ما بمثابة عائق لاكتشافات ذات طابع متعدد التخصصات. الأهم من ذلك أن العديد من التغييرات اللازمة لحماية البيئة وصحة الإنسان والأمن الغذائي تتطلب تخطيط وتنفيذ البحوث متعددة التخصصات. نظراً لأن علم الأحياء المجهرية متشعب جداً في طبيعته وتطبيقاته ، وهو واسع الانتشار في آثاره على الحياة وعلى كوكب الأرض ، ولذلك فإن معرفة الأحياء المجهرية ستجعل الباحثين بطبيعتهم أكثر تخصصاً. وهذا من شأنه بلا شك تسريع تطوير حلول مبتكرة وإيجاد خيارات

• التخمر لإنتاج مواد كيميائية ومواد بيولوجية متنوعة (البلاستيك الحيوي ، السليلوز الميكروبي) ،

• الهندسة الكيميائية الخضراء ، مثل التركيب الكهربي ، واستخدام ثاني أكسيد الكربون لغازات الدفيئة كمواد للتوليف الكيميائي

• إنتاج الطاقة الحيوية (الغاز الحيوي ، خلايا الوقود الميكروبية) ،

• استرداد الموارد الطبيعية (مثل المعادن ، عن طريق التبييض الصناعي ، الذي يحل محل العمليات الحرارية الملوثة للغاية) ،

• معالجة النفايات والمعالجة الحيوية للمواقع الملوثة ، ترميم وحفظ التراث الثقافي التاريخي (الأثار ، التماثيل ، اللوحات الجدارية ، اللوحات ، الوثائق).

بالإضافة إلى ذلك ، هناك مجموعة واسعة من التطبيقات الجديدة قيد التطوير ، بما في ذلك العلاجات الميكروبية للأمراض الناجمة عن التهاب القولون الغشائي الكاذب

وفي امراض الأمعاء ، والسمنة ، ومرض السكري ، *(Rossen et al., 2015)* والحالات النفسية المختلفة ؛ على سبيل

المثال: إعادة برمجة البيولوجيا الاصطناعية ( *al., 2015*) للخلايا والكائنات ذات الصلة بالتكنولوجيا الحيوية لتحقيق إنتاج / نشاط عالي المستوى ، وكذلك الهندسة الحيوية على مستوى النظام الإيكولوجي وما إلى ذلك. إن تنوع الأيض المذهل للميكروبات يعطي باستمرار فرصاً جديدة للإنتاج المستدام للمواد الكيميائية والمواد التخصصية

(*Lee et al., 2019*).

إن القدرة على التعرف على الفرص الجديدة للأنشطة الميكروبية في الوقت المناسب ، ولتقييم الفوائد والمخاطر المحتملة بدقة ، واتخاذ القرارات المستندة إلى الأدلة بشأن الإجراءات اللازمة لتيسير استغلالها ، أمر ضروري للاقتصاديات القائمة على المعرفة والبيولوجية المركزية

متعددة للإدارة للعديد من المشاكل البيئية/ الصحية الحرجة التي نواجهها حالياً.

تأثير الميكروبات بشكل واسع وعميق علينا كأفراد وجماعات

يمكن للميكروبات أن تؤثر على حياتنا بعدة طرق ، وبالتالي فهي ذات صلة بالعديد من القرارات الشخصية التي نتخذها ، مثل ما إذا كانت عملية الولادة تتم بعملية قيصرية (معقمة) أو ولادة طبيعية ( ومدى ما ينتقل الى الوليد بواسطة الميكروبات الأمومية) ؛

(Wampach et al., 2018)

، الرضاعة الطبيعية [ ومدى ما يصل معها إلى الطفل من الأجسام المضادة الواقية ضد الأمراض ، الميكروبات الأمومية الحالية في حليب الأم ، إلخ

(Gomez de Agüero et al. ,2016 ؛ Moossavi et al., 2018)

الحليب البشري ومحتواة من (Milani et al., 2017). البكتريا ، والذي يعتقد انه ينظم التنمية الصحية للجهاز المناعي

استخدام المنظفات الصناعية لتنظيف المنزل تقلل من تعرض الأطفال للتنوع الميكروبي مما يؤثر على جهاز المناعة

Bach ؛ Gilbert and Yee,2016 ؛ Arrieta, 2016 ، وبالتالي يحتاج الطفل الى (2017) Caselli ،2018 ، دخول المستشفيات حيث يتم تطعيمهم أو علاجهم من الإصابة .

انظر (Lane et al., 2018) .

استخدام منتجات التنظيف المنزلي المحتوية على الفسفور يمكن أن تسهم في التختث وإظهار الطحالب الضارة في المياه ،

(Richards et al. ,2015)

واستخدام صابون قاتل للجراثيم قد يؤدي الى اضطراب او خلل

. (Gilbert and Yee, 2016) dysbiosis of skin microbiota; فى الاتزان الميكروبي على سطح الجلد

اصطحاب الكلاب يسهل انتقال الميكروبيتا

(Trinh et al., 2018)، ويرفع من مدخلات

الفوسفور فى احواض المياة (Hobbie et al., 2017).

او ماهى الأطعمة التي يجب تناولها (على سبيل المثال ، لحوم البقر ، (لها بصمة كبيرة فى انبعاث غاز الميثان) ؛ لحوم البقر ومنتجات الألبان حيث يتعرض مستخدميها للإصابة بالسرطان

(Hausen et al.2017)

اوتناول اللحوم الأخرى والخضروات والتي تضاف لها بعض الإضافات

إطالة مدة الحفظ مما ينتج عنه تعرض مستخدميها لعوامل الخطر المعروفة ، وما إلى ذلك . وهنا يجب معرفة كيفية تخزينها وتجهيز الطعام بطريقة صحية ، وايضا معرفة مقدار تهوية / ترطيب / إزالة الرطوبة من منازلنا ، وهكذا دواليك.

والتالى قد يكون مثلاً جيداً على ذلك، نظراً لأنه يمثل

نشاطاً واحداً فقط ممارسة بسرور كبير – الا وهو قضاء

عطلة او وقت للترفيهه - والتي يمكن أن نتعرض خلالها

لعدوى متنوعة من الأمراض التي تسببها الميكروبات ،

والتي يهدد بعضها حياتنا ، وهي امراض لا توجد فى بيئاتنا

المنزلية أو تكون أقل انتشاراً فيها ، من خلال:

• الاستحمام، فى المياة العذبة اومياه البحر (والتي قد تسبب الإصابة على سبيل المثال بالتالى، e.g.,

Cryptosporidium, Vibrio vulnificus,

(Leptospira, etc.) اوفى احواض السباحة المعاملة

Legionella و Norovirus و Cyclospora و  
(Mycobacteria).

بالطبع ، يمكن أن يتعرض رجال الأعمال خلال اسفارهم  
لأخطار مماثلة ، ويمكن للسياحة الطبية ان تحمل مخاطر  
إضافية مرتبطة بالجراحة والمستشفيات. وانتقال الأنشطة  
الميكروبية على قدم المساواة في المشاريع الحكومية  
والخاصة ، والنظر فيها أمر ضروري عند اتخاذ العديد  
من القرارات الإستراتيجية / السياسية ، مثل إدخال مادة  
وسيلة جديدة / إنشاء موقع نفايات جديدة في منشأة  
صناعية ، او إدخال عنصر جديد في منتج غذائي ، أو  
إنشاء سلسلة إمداد غذائي جديدة أو إدخال تدبير وقائي  
جديد للحفاظ على الصحة العامة، أو تنفيذ ممارسات  
زراعية جديدة أو إدخال اساليب جديدة لحماية أنظمتنا  
البحرية من التدهور.

إذا أردنا أن نتخذ - سواء على المستوى الشخصي أو على  
مستوى السياسة العامة - قرارات فعالة ذات احتمالية عالية  
في تحقيق نتائج قابلة للتنبؤ وتحقيق الأهداف المقصودة  
،فإنه يجب أن نعرف أي الأنشطة الميكروبية وثيقة الصلة  
بها، وكيف يمكن أن تؤثر هذه الأنشطة عليها وتتأثر بها  
عند التطبيق. القرارات الروتينية في حياتنا بحاجة ايضا  
إلى أن تكون على علم بفهم أساسي لما يلي قبل الأقدام على  
اتخاذها:

• ما هي العواقب السلبية التي يمكن أن تنجم عن أفعالنا ،

بالكلور (Mycobacterium, Pseudomonas, Trichophyton, Legionella, Candida),  
(Giardia, etc.

• تناول الطعام، غير المطبوخ أو الأطعمة الملوثة ، خاصة  
المأكولات البحرية (والتي تسبب الإصابة بالعديد من  
المسببات المرضية مثل السالمونيلا ، الليستيريا ،  
فيروسات التهاب الكبد الوبائي والطفيليات المختلفة)

(Salmonella, Vibrio, EHEC, Campylobacter, Listeria, Norovirus,  
hepatitis viruses and diverse parasites)

، وحتى الطعام المطبوخ بشكل كاف يمكن ان يحتوي على  
السموم التي تتحمل الحرارة العالية (بما في ذلك السم  
العصبي والسموم الفطرية المتعددة) ،

lethal red tide neurotoxin and several )  
(mycotoxins

• الشرب ، السوائل الملوثة (على سبيل المثال ، المياه ،  
فواكه ، وما إلى ذلك) ،

• النشاط الجنسي ، مع شركاء جدد (الأمراض المنقولة  
جنسيا التقليدية، ولكن أيضا انتقال فيروس نقص المناعة  
البشرية ، وما إلى ذلك) ،

• اختيار أماكن العطلات ، حيث قد تكون بها بعض  
الأمراض المعدية مثل الحمى الصفراء والملاريا وفيروس  
زيكا وفيروس التهاب الكبد وفيروس حمى الضنك ومرض  
لايم والسل

• اختيار اماكن الإقامة وصلالات الألعاب ، بما في ذلك  
سفن الرحلات البحرية ( يمكن ان تصيبنا بالأمراض مثل

• كيف يمكننا تعديل سلوكنا لتجنب أو للتخفيف من تأثير هذه العواقب بالنسبة لنا وللآخرين.

## الميكروبات تؤثر بشكل كبير وعميق على المحيط الحيوي

### بأكمله

تعتبر الميكروبات من أول أشكال الحياة ، التي نشأت منذ ما يقرب من أربعة مليارات عام ، وهي ايضا مستقبليها: حيث ستظل الميكروبات تعيش على كوكب الأرض بعد فترة طويلة من اختفاء البشر وغيرهم من أشكال الحياة.

يمثل العالم غير المرئي للميكروبات تنوعًا متطورًا ومستقلًا بصورة أكبر بكثير من الكائنات الحية المرئية المألوفة لنا من حيث الكتلة الحيوية ، 90 ٪ من الحياة في المحيطات هي في الأساس حياة ميكروبية. حيث تشكل الطحالب التركيبية والبكتيريا الزرقاء عنصرًا رئيسيًا في العوالق البحرية وهي أساس شبكات الغذاء بالمحيطات.

حيث تقوم كل من *Prochlorococcus* و

*Synechococcus* بإزالة حوالي 10 مليارات طن من الكربون سنويًا من الهواء ، وهو ما يعادل حوالي ثلثي

إجمالي الكربون الموجود في المحيطات. وتنظم

الميكروبات العمليات البيوجيوكيميائية العالمية والمحلية التي تؤثر بشكل أساسي على انبعاثات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي ، وتؤثر على تغير المناخ ، فضلاً عن تنظيم صحة البشر والحيوانات والنباتات والتربة وإمدادات المياه. أنها تولد 50 ٪ من الأوكسجين الذي نتنفسه.

انتجت الميكروبات الأولية الأوكسجين الذي مكّن جميع

الكائنات التي تستخدم الأوكسجين من التطور ، وكذلك

تكوين طبقة الأوزون التي مكنت الحياة من الانتقال من

أعماق المحيطات إلى الأرض. كما انها تقوم بعملية إعادة التدوير للنفايات وتجديد الكوكب. الميكروبات منتشرة في

كل مكان ، وتعمل أنشطتها على الحفاظ على جودة الحياة على كوكب الأرض. من خلال نظام دعم الحياة في المحيط

الحيوي. على الرغم من أننا نحن البشر نعتبر أنفسنا

المشرفين على صحة الكواكب ، إلا أن الميكروبات هي

عوامل أكثر فاعلية في التأثير على أنشطة الكواكب

وتنظيمها وتغييرها. ففي أقصى التوقعات إذا ما فقدت

مجموعة من الميكروبات التي تؤدي عملية حرجة في

دورة المغذيات من المحيط الحيوي ، ولم يمكن استبدالها

بنوع آخر مكافئ لها وظيفيًا ، فإن الحياة على الأرض كما

نعرفها ستتوقف عن الوجود، من حيث الأنشطة التي

نعرفها ، فالميكروبيوم هو الحليف الوحيد الذي قد نعول

عليه في التراجع عن تأثير الانبعاثات الملوثة الناتجة عن

الأنشطة السكانية و الصناعية والزراعية الكثيفة، السكان

( de Lorenzo et al., 2016 ).

وعلى الرغم من أن النظرة الأولى ، قد تبدو هذه الفكرة

بعيدة المنال ، إلا انه من الجدير التفكير فيما يلي: التغييرات

البيئية في ظروف البيئة ، على سبيل المثال ، من خلال

الاحتباس الحراري ، يمكن ان تصبح الأرض غير ملائمة

لسكانها. تتمثل العواقب في أنه يجب على السكان :

(1) الانتقال إلى اماكن أكثر ملاءمة ،

(2) تطوير خصائص جديدة تتكيف بشكل أفضل مع

الظروف الجديدة

(3) وإذا تم تحجيمها جغرافيًا ، فربما نتعرض للإنقراض والفناء .

يتأثر التطور بسهولة أكبر من خلال التكاثر السريع للكائنات الحية. لكن الميكروبات الموجودة في عدد من عوائل المحيط الحيوي تتكاثر ببطء شديد. وإذا حدثت تغييرات سريعة ، فمن الممكن أن تتلاشى. إذا كان أي منها ينتمي إلى مجموعة تدخل وسيطا في وظيفة المحيط الحيوي الحرجة ، فقد تكون هناك عواقب وخيمة. لقد عبر Curtis (2006) عن هذا بوضوح شديد في مقالة ، ولكن لن تكون نهاية العالم. بينما إذا سمّنا بالصدفة النوعين الأخيرين من مؤكسيدات الأمونيا ، فستكون هذه مسألة أخرى. يمكن أن يحدث الآن ولكن حتى لن نعرف

من الضروري أن ندرك بشكل جماعي الدور المحوري الذي تلعبه الميكروبات في عمليات الكواكب وصحتها ، واكتساب المعرفة بما تفعله الميكروبات وما يمكنها فعله ، حتى نتمكن من تطوير شراكات واستراتيجيات فعالة لرعاية كوكبنا. ولا بد من أننا نستطيع:

- فهم وتقدير التوازن الدقيق بين دورات المغذيات التي تتوسط فيها الميكروبيولوجي ، للقيام بدورها الوظيفي على كوكب الأرض، والغلاف الحيوي ، وضمان أننا لا نؤثر سلبيًا (حتى عن غير قصد) على تلك المجتمعات الميكروبية التي تلعب دورًا مهمًا في عمل المحيط الحيوي.

تواجه الإنسانية حاليًا تحديات كبيرة تشمل عدم التوازن في الحصول على الغذاء والمياه النظيفة والرعاية الصحية والتعليم والطاقة والمواد الخام ، والفقر المستمر ، وفقدان الأراضي المأهولة بالسكان بسبب ارتفاع منسوب مياه البحر والذي يعود الى ارتفاع درجات الحرارة ، والتصحر ؛ هذه هي بعض التحديات الكبرى. وقد وردت تفاصيل احتياجات البشرية وكوكب الأرض ، وخطة العمل المناسبة لتلبية هذه الاحتياجات بطريقة مستدامة ، في أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة ؛ الأمم المتحدة (2015) تحويل عالمنا: خطة التنمية المستدامة لعام 2030.

(SDGs; United Nations (2015) Transforming ourWorld: The 2030 Agenda for Sustainable Development.

<https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>

كشفت عدد حديث من مجلة التقنيات الحيوية للميكروبات (Microbial Biotechnology (2017 عن مجموعة من التقنيات الميكروبية التي تسهم / تُظهر إمكانات المساهمة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة ، بما في ذلك تلك التي يمكن أن تخفف من مشاكل توفير الغذاء لسكان العالم الذين يتزايد عددهم باستمرار ( Garcia et al.2017 ، Trivedi et al.2017)

لإنتاج غازات الاحتباس الحراري، والاحتباس الحراري

وبعض عواقبه السلبية للتلوث العالمي ، وتحقيق أقصى

استفادة من مصادر الطاقة المتجددة واستدامة الاستهلاك

العالمي للموارد الطبيعية وما إلى ذلك (على سبيل المثال:

تسخير الأنشطة الميكروبية أمر حاسم في حل بعض التحديات الكبرى وتحقيق أهداف التنمية المستدامة. حيث

الميكروبات هي الجهات الفاعلة المركزية وأصحاب المصلحة الرئيسيين في التطور الكوكبي والبيولوجي. وعدم وجود الاعتراف الواجب ومعرفة ومراعاة المساهمات الميكروبية في العمليات ذات الصلة ، والتخطيط الذي لا يأخذ في الاعتبار الأدوار التي قد تلعبها الميكروبات في أي تغيير مقصود ، يجعل وضع السياسات وتنفيذها على جميع المستويات (الدولية والوطنية والإقليمية و الفردية) محملة بالمخاطر ، ودون المستوى الأمثل أو غير فعالة ، وفي أسوأ الحالات ، قد تأتي بنتائج عكسية. تتضمن بعض الأمثلة على الكوارث التي يمكن الوقاية منها والتي تتأثر سلبيًا / بسبب السياسات الخاطئة/ او عدم اتخاذ قرارات مناسبة - ما يلي:

أزمة مقاومة المضادات الحيوية. بالفعل في الستينيات / أوائل السبعينيات من القرن الماضي ، أبرز علماء الأحياء الدقيقة مثل

Falkow (Falkow et al., 1961; Falkow, 1970, 1975), Watanabe (Watanabe, 1963; Watanabe, 1966) and Levy (Levy et al., 1976; Levy, 1982

حذروا من تزايد ظهور مقاومة الأمراض للمضادات الحيوية وانتشارها بسبب الإفراط في الوصفات الطبية والاستخدام غير الضروري لإستخدام للمضادات الحيوية (بالفعل ، حذر ألكساندر فليمنج ، مكتشف البنسلين ، من الخطر في الإفراط في استخدام المضادات الحيوية في محاضرة التي القاها عند استلامه لجائزة نوبل عام 1945 : <https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/ing-eming-lecture.pdf> . وصدرت

، (Lorenzo, 2017).  
، (Verstraete and de Vrieze, 2017).  
أوضحت هذه المجلة أيضًا في نفس العدد الإمكانيات الاستثنائية للتكنولوجيا الحيوية الميكروبية لأهداف أخرى من أهداف التنمية المستدامة ، وهي النمو الاقتصادي المستدام وخلق فرص العمل ، المتعلقة بالمشروعات الجديدة والعمالة والثروة ، وذلك جزئيًا في سياق الاقتصاد الحيوي (Timmis et al. 2017b) ، و أيضًا في سياقات أخرى نشرت نفس المجلة سلسلة من المقالات الافتتاحية تحت العنوان الشامل لـ The microbiome كمصدر للمشروعات الجديدة وخلق فرص العمل ، خلال عامي 2017 و 2018 ، باستكشاف قدرة الميكروبيوم.

التكنولوجيا الحيوية لتوليد المشاريع الجديدة وخلق فرص العمل.

هناك العديد من الإجراءات التي يجب تنفيذها على الطريق الطويل نحو مواجهة التحديات الكبرى وتحقيق أهداف التنمية المستدامة، سوف تشمل العمليات الميكروبية. وتتطلب اتخاذ القرارات السياسية الرئيسية اللازمة لتنفيذ هذه الإجراءات او الحفاظ عليها ، او زيادة مساهماتها ، معرفة كافية بالأنشطة الميكروبية ذات الصلة وكيف يمكن توجيهها لتحقيق أقصى تأثير مفيد.

وقد امكن باتخاذ القرارات القائمة على المعرفة بالعمليات الميكروبيولوجية الأساسية أن تمنع وقوع كوارث كبرى في بعض الحالات.

منذ ذلك الحين تحذيرات مماثلة ، بعضها يتعلق باستخدام المضادات الحيوية في تربية الأحياء المائية (على سبيل المثال, (e.g., Cabello, 2006) ، ولكن دون جدوى. اليوم ، نعتبر مقاومة الإفراط في استخدام المضادات الحيوية واحدة من أهم التحديات في الطب لأنها تجعل عددًا متزايدًا من الإصابات المهددة للحياة التي سبق علاجها ، والتي لم تعد قابلة للعلاج. وقدرت الخسائر التي نجمت عن ذلك بقيمة تراكمية تصل إلى

100 تريليون دولار وتتسبب في وفاة 10 ملايين شخص سنوياً (ومن المثير للاهتمام ، أن أول توصيات اللجنة الأربع هي الحاجة إلى حملة توعية عامة عالمية تستهدف بشكل خاص الأطفال والمراهقين. ومن الغريب أن الحملة كانت تكلف ما بين 40 إلى 100 مليون دولار لكل العام ، الحملة الموصى بها كانت لا تشمل التعليم الأساسي. على الرغم من هذا، ومن المتوقع استخدام المضادات الحيوية في تربية الحيوانات وتربية الأحياء المائية لزيادة الإنتاجية بنسبة 67% خلال الفترة 2010-2030

<https://amr->

[review.org/sites/default/files/160518\\_Final](https://amr-review.org/sites/default/files/160518_Final)

[paper\\_with%20cover.pdf](https://amr-review.org/sites/default/files/160518_Final_paper_with_cover.pdf)..

إذا كانت السلطات الصحية والسياسيون وقادة الأعمال (والأهم من ذلك ، عامة الناس) على دراية بقدره الميكروبات على التطور السريع ونشر وظائف جديدة استجابة للتغيرات التي تطرأ على بيئتها . ( مثل التغيير البيئي الضخم واستخدام المركبات القوية المضادة للميكروبات ) ، فإن التقدير الواجب لتحذيرات فالكو

واخرون - كانت كفيلاً بان نكون في وضع مختلف تماما اليوم.

عودة أمراض الطفولة التي تم القضاء عليها فعلياً. كان من الممكن تجنب عودتها مرة أخرى تماما مثل عودة ظهور الحصبة مرة أخرى ، و الإصابة بالعدوى الدرقية ، مما يعكس نقصاً أساسياً في : فهم دور التحصين المرتبط بالفيروسات ، وعلم الأحياء المجهرية الاختيارية ، والخيارات الشخصية غير القائمة على الأدلة العلمية - التردد في استخدام اللقاح. في البلدان التي كان لها تاريخا متأصلا مع هذه الأمراض.

(Laneetal2018.)

يُعتقد أن التعرض المحسوب للميكروبات البيئية تسهل تطوير نظام المناعة الصحي عند الرضع (Bach2018). بروز الخوف من الميكروبات (germaphobia) ، والحملات الإعلانية التي تخلق تصورات بأن جميع الميكروبات سيئة ويجب التخلص منها لتحقيق بيئة محلية آمنة ، قد ساهمت بشكل كبير في الانفجار الحالي في الخل الوظيفي المناعي في مجتمعنا (على سبيل المثال ، أمراض الحساسية والربو ، والأكزيما وحتى الاضطرابات العصبية).

في الواقع فان استخدام صابون مبيد للميكروبات اثر على حدوث سرطان الجلد نتيجة قتل جميع الميكروبات على الجلد عند استعمال هذا النوع من الصابون ( Nakatsuji et al., 2018). كان من الممكن تحسين هذه العواقب إذا تم اتخاذ التدابير المناسبة لتوفير التعليم حول الحاجة إلى الموازنة بين الممارسات الصحية للحد من عبء العوامل الممرضة مع استراتيجيات للحفاظ على الأحياء المجهرية

الصحية التي تزودنا بالخدمات الفسيولوجية الإيكولوجية الرئيسية ، بما في ذلك ضرور التثقيف الفعال لمعرفة دور جهاز المناعة الطبيعي، من خلال التعرض الميكروبي الموجود في التربة والحيوانات والنباتات

( Finlay and Arrieta, 2016; Gilbert et al., )

(2017).

### أزمة غازات الدفيئة:

الميكروبات تنتج وتستهلك غازات الدفيئة ( Cavicchioli et al., submitted ) لذلك فان الجهود المبذولة للحد من الانبعاثات الميكروبية من ناحية ، وزيادة الاستهلاك من ناحية أخرى ، أمر بالغ الأهمية. عند النظر في المشاركة الميكروبية في القضايا البيئية، فمن الأهمية بمكان فهم الجوانب الكمية وحقيقة أن العمليات الحيوية قد لا تكون بسيطة. حيث يكون تثبيت غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن غازات الدفيئة بواسطة الميكروبات والنباتات بطيئاً مقارنة بإطلاقه من الوقود الأحفوري المحترق من قبل البشر - الدورة العادية للأشياء غير متوازنة - وهذا هو السبب في ارتفاع مستويات ثاني أكسيد الكربون بشكل سريع: لا تستطيع النباتات أو الميكروبات حتى مع الأنشطة البشرية المساعدة التخلص من محتوى ثاني أكسيد الكربون الناتج . وتؤدي انبعاثات غازات الدفيئة إلى الاحترار العالمي ، الأمر الذي يؤدي بدوره إلى ذوبان الطبقة دائمة التجمد ، والذي يسمح بعد ذلك بالإنتاج الميكروبي الجديد للميثان وثاني أكسيد الكربون ، وبالتالي تضخيم وتفاقم عواقب استهلاك الوقود الأحفوري. ويصاحب إنتاج اللحوم الحيوانية ، وخاصة من المجترات ، انبعاثات كبيرة من غاز الميثان الناتج عن عملية الهضم

في هذه الحيوانات ، وهي حقيقة معروفة منذ زمن طويل. ويعتمد إنتاج اللحوم في حد ذاته على إنتاج العلف ، والذي يرتبط بدوره باستخدام الأسمدة النيتروجينية. اليوريا ، التي تحللها ميكروبات التربة إلى أمونيا وغاز الدفيئة CO2 ، وهناك تاريخ طويل من الاستخدام الواسع النطاق لإستخدام السماد النيتروجيني في الزراعة (على الرغم من أنه يتم التخلص التدريجي منه حالياً). تؤدي الأسمدة النيتروجينية الأخرى إلى إنتاج جرثومي من غازات الدفيئة N2O القوية للغاية (وبطبيعة الحال ، التخثر وظهور الطحالب الضارة الناتجة عن القاء المغذيات في المجاري المائية / الأجسام المجاورة التي يمكن أن تتسبب في توقف التنفس ونقص الأكسجين وفرض قيود على استخدام المسطحات المائية المتضررة). من الواضح أن هناك حاجة لإتخاذ قرارات شخصية وسياسية مهمة بشأن كميات إنتاج اللحوم واستهلاكها بما يفوق الاحتياجات الغذائية الأساسية. يؤدي تسرب المغذيات إلى المجاري المائية الساحلية إلى الاستهلاك السريع للأكسجين المتاح بها بواسطة الأحياء المجهرية الموجودة ، مما يسهم بدوره في التوسع السريع للمناطق التي يتناقص فيها الأكسجين. ويجب ان يراعى ذلك عند تحديد سعة حدود كوكبية لمستقبل مستدام ، بما في ذلك الوضع في الإعتبار تغير المناخ وفقدان التنوع البيولوجي واستنفاد الأوزون ، وقد تم تحديد دورة النيتروجين باعتبارها الأكثر خطورة على البيئة، ويرجع ذلك الى ان إضافة الأسمدة التي يصنعها الإنسان يتجاوز الآن جميع ماينتج من نترجين في الطبيعية بهدف توفير هذه المغذيات الحيوية للغلاف الحيوي (Rockström et al.2009).

ويدور حاليا نقاش في العديد من الدول حول تقييد استخدام هذه الأسمدة ، ولكن في المقابل نجد ان هناك حاجة إلى إطعام سكان العالم المتنامية وإنتاج الغذاء الكافي بسعر في متناول أفراد المجتمع الأفقر ، بصرف النظر عن العمليات الزراعية وسلاسل التوريد لمستلزمات الإنتاج الخاصة بها ، وكلها عوامل مربكة ومتشابكة. ويبدو ان المنطقي أن يتم تشجيع المزارعين على قيادة عملية صنع القرار وصياغة سياسات سليمة لأنهم ، أكثر من أي شخص آخر ، يفهمون العلاقة بين تعديلات نيتروجين التربة وإنتاجية المحاصيل. ومع ذلك ، فإن الإشارة الى الميكروبات في قضية انبعاثات غازات الدفيئة المتعلقة بالأسمدة النيتروجينية نادرا ما تكون عنصرا رئيسيا في عملية المناقشة عند اتخاذ قرارات شخصية اوسياسية ، حيث يجب أن تكون هذه المناقشات ذات معنى وفعالة. وبشكل أعم ، تتعامل القرارات السياسية الأخيرة التي تحد من انبعاثات غازات الدفيئة في المقام الأول مع انبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن الأعمال البشرية وتتجاهل بشكل أساسي حقيقة أن الميكروبات تشارك بشكل محوري في كل من إنتاج واستهلاك كميات كبيرة من غازات الدفيئة ، بما في ذلك ثاني أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون. وعلى أية حال ، فنحن نتأثر جميعًا بطرق متنوعة بسبب الاحتباس الحراري وبالتالي نحن أصحاب مصلحة رئيسيين. على سبيل المثال ، فأى تغيير يحدث في التوزيع العالمي لمسببات الأمراض ونواقلها ، سوف يؤدي إلى ظهور الأمراض بين مجموعات جديدة من السكان او الأقل مناعة من البشر والحيوانات ، والنباتات لضعف المقازمة الدفاعية بها، مع احتمال انتشارها كوباء.

مشاكل التربة.

التربة هي الغطاء الأساسي للأرض. حيث إنه يدعم نمو النبات، وهو موطن لتنوع لا يصدق من الحيوانات والميكروبات التي تتوسط في مجموعة مذهلة من العمليات الكيميائية الجيولوجية التي تميز وظائف التربة وتحدد صحتها. تعمل التربة على تنقية المياه السطحية التي تتسرب إلى طبقات المياه الجوفية لتوفر مياه الشرب لمليارات من البشر. كما تحتوي التربة على العناصر الغذائية الثمينة ، وعلى ثلاثة أضعاف كمية الكربون الموجودة في الغلاف الجوي للأرض. لكن تربة الأرض تتآكل بسرعة ، وغالبًا ما ينتهي بها المطاف لتذوب في الجداول والأنهار والمحيطات ، وتفقد عناصرها الغذائية على طول الطريق. وتفقد معظم الدول التربة السطحية لها أسرع بعدة مرات مما ينتج عن عمليات استصلاح وإضافة تربة جديدة (عن طريق تفتت الصخور بتأثير مياه الأمطار الساقطة). تؤدي الأحداث المناخية القاسية بشكل متزايد إلى رفع معدل التآكل للتربة الخصبة. الكائنات الحية الدقيقة في التربة تنتج السكريات التي تعمل كغذاء لإعطاء بنية التربة واستقرارها وبالتالي زيادة مقاومتها للتآكل. إن الخسارة الكارثية للتربة تكمن في شكل فقد جزء كبير من الأرض الزراعية الخصبة على كوكب الأرض، والتي من المتوقع أن تحدث قبل نهاية القرن الحادي والعشرين ستؤدي إلى عدم القدرة على إنتاج الغذاء الكافي لإطعام سكان العالم ، وإطلاق كميات هائلة من العناصر الغذائية التي من شأنها تلويث المجاري المائية الخاصة بنا ، وإطلاق الكربون الذي سيزيد من ظاهرة الاحتباس

الحراري. إذا كان لا بد من تجنب هذه الأزمة ، فمن الضروري للغاية أن يضع صانعو السياسات استراتيجيات قائمة على المعرفة لتحسين تسخير الأنشطة الميكروبية التي تعمل على تحسين استقرار التربة. ولضمان حدوث ذلك ، فمن الضروري بنفس القدر أن يقدر مواطنوا العالم ، بصفتهم أصحاب مصلحة رئيسيين ، خطورة المشكلة والخيارات الميكروبية المتاحة ، لهذا فإن العمل على محو أمية البشر في مجال علم الأحياء الدقيقة امر ضروري. ليس من الكافي معرفة أن الميكروبات تشارك في العمليات البيئية وحسب ، بل من الضروري معرفة ما الذى تفعله الميكروبات بشكل جيد. عند تراكم الملوثات فى البيئة والمجارى المائية. من الناحية التاريخية ، كان من المناسب الافتراض أن براعة التمثيل الغذائي المعروفة للميكروبات سوف تقوم بتخليص البيئة من جميع المواد الملوثة الصادرة عن الصناعة والنشاط السكانى والمستشفيات. وهكذا ، دون النظر في إمكانية وجود قيود تعيق عمل الميكروبات . ولكن على الرغم من أن الميكروبات يمكن أن تعمل فى نطاق مذهل من المواد العضوية ، إلا أن عملية التمثيل الغذائي لبعض منها بطيئة ، وأحياناً بطيئة للغاية. لذلك ، إذا كان إنتاج وإطلاق الملوثات فى البيئة أسرع من قدرة الميكروبات على تحطيمها ، فإن هذه المواد سوف تتراكم وتلوث البيئة، كما يتضح من ظهور المواد الكيميائية السامة طويلة العمر ، مثل مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور والديوكسين فى شبكة الغذاء الحالية ، ولعدة عقود بعد حظر تصنيعها والكوارث التي تتكشف حالياً من التلوث بالبلاستيك المشتق من البتروكيماويات.

كانت هناك مجموعة من المشكلات الخطيرة التي تواجهها حالياً ، بما فى ذلك الانتشار الخبيث لمسببات الأمراض المقاومة للعقاقير الطبية وهى الملاذ الأخير ، وتآكل التربة ، ومشكلة المحيطات الملوثة بالنفايات البلاستيكية وتأثيرها على صحة الحياة البحرية ، وتكوين وتراكم المواد البلاستيكية الدقيقة فى مكونات الغذاء ، كل ذلك كان متوقعاً وكان إلى حد كبير يمكن تجنبها إذا تمكن صناع السياسات من فهم النتائج المحتملة لقراراتهم بشأن العمليات الميكروبيولوجية والآثار طويلة المدى ، وتم تمكين مجموعة أكبر من أصحاب المصلحة فى المجتمع فى وقت أبكر بكثير لتقدير مخاطر السياسات والسلوكيات المعاصرة

-----

-----

-----

#### مشكلة التعرض المزمّن لمستويات منخفضة من المواد

#### الفعالة بيولوجياً على المدى الطويل:

يتمثل أحد التحديات الكبرى ذات الصلة بشكل خاص بمسألة محو الأمية فى مجال علم الأحياء المجهرية، فى التلوث البيولوجي والكيميائي للغلاف الحيوي ، لأن القرارات البشرية هي المشكلة – والتي يمكن أن تؤدي إلى سياسات تؤدي إلى التلوث - ومفتاح حلها - يمكن أن تعلن سياسات تخفف من التلوث (تقلل ، تعالج ، تعيد التدوير). يمثل التلوث البيولوجي ، وخاصة التلوث البرازي المرتبط بالاضطرابات المعوية ، على الرغم من كونه يتم التحكم فيه إلى حد كبير فى عدد من البلدان ، الا انه يمثل أحياناً مشاكل عديدة بسبب الأعطال الفنية أو الظواهر الجوية الشديدة ، ويمكن أن يظل يمثل مشكلة فى البلدان المنخفضة

أكثر سمية من المواد الكيميائية الأصلية التي استخدمت في البداية.

ان التعرض المزمن على مستوى منخفض لمثل هذه المواد

الكيميائية والأيضات قد يكون له عواقب وخيمة على

مستوى صحة السكان. وتؤدي المركبات المنتشرة على

نطاق واسع في البيئة الى xenoestrogens - اضطرابات

الغدد الصماء (Monneret, 2017) - والتي تعتبر

مسؤولة جزئياً على الأقل عن انخفاض مستويات الخصوبة

في البشر والحيوانات الأخرى ، والمبيدات الحشرية

مسؤولة عن انخفاض أعداد الملقحات ، مثل النحل

(Godfray et al., 2015; Christen et al., )

(2018). وثمة مسألة أخرى أكثر صعوبة ، وهي أن المواد

الكيميائية الملوثة المتنوعة تختلط معاً في البيئة ، وأن تأثير

مخاليط المواد الكيميائية ، وخاصة التعرض المزمن لها

بتركيزات منخفضة ، على صحة البشر والبيئة غير

معروف بشكل واضح، لكنه بلا شك مهم. وتمتلك

الميكروبات ، (أو يمكن أن تتطور) ، القدرة على تحطيم

العديد من هذه المركبات ، وغالباً ما تكون من العوامل

الرئيسية للتخلص منها في البيئة. ومع ذلك ، قد لا تكون

الميكروبات قادرة على إزالة جميع المركبات ، على الأقل

بمعدلات ملموسة، خاصةً عندما تكون موجودة بتركيزات

منخفضة للغاية، وأكثر من ذلك عندما يكونون موجودين

في مخاليط معقدة. باختصار ، على الرغم من تعقيد التلوث

البيولوجي والكيميائي ، فإن القدرة الميكروبية معقدة بنفس

القدر مما يتيح لها جعل الملوثات غير ضارة ، والسبيل

الوحيد للمضي قدماً للحد من التلوث الحالي هو تحسين

الدخل. ومع ذلك ، فإن تربية الحيوانات المجترة لإنتاج اللحوم تضيف بعداً إضافياً آخر من خلال الكم الضخم من النفايات الحيوانية التي تحتوي على كميات هائلة من المادة البرازية التي تحتوي على الميكروبات المخصبة والمضادة للمضادات الحيوية ، بما في ذلك مسببات الأمراض. وعلى الرغم من أن بعض هذه النفايات أصبحت غير ضارة في الهضم اللاهوائي ، إلا أن بعضها يبقى في البيئة التي قد تشكل خطراً عليها.

على الرغم من أن دورات السمية للمواد الكيميائية والصيدلانية الجديدة يتم تقييمها عموماً قبل إدخالها في الدورة الدموية ، فإن هذه التقييمات تقدم في الغالب معلومات حول السمية الحادة التي يمكن اكتشافها على مدى فترات زمنية قصيرة ، ومعظمها في النماذج القياسية التي لا ترتبط إلا قليلاً بالمخاطر الكامنة المحددة التي قد تتعرض لها المواد الكيميائية. إن تقييم السمية الحادة لتلك الكائنات الأكثر تضرراً بشكل مباشر ، والسمية المزمنة المنخفضة المستوى التي تظهر على المدى الطويل ، أمر صعب للغاية. وتنشط العديد من المواد الكيميائية النشطة بيولوجياً ، وخاصة مخلفات تصنيع المستحضرات الصيدلانية التي تترفي مجاري النفايات ومياه الصرف الصحي في المستشفيات والمنازل ، بتركيزات منخفضة للغاية ، ويمر بعضها دون تغيير من خلال مرافق معالجة النفايات الى البيئة المحيطة. يضاف إلى ذلك حقيقة أن بعض المواد الكيميائية قد تتحلل جزئياً بواسطة الميكروبات البيئية إلى نواتج جديدة لا يتم احتواؤها في تقييمات الأثر البيئي ، والتي يمكن أن تكون سامة بطرق مختلفة مقارنة بالمواد الكيميائية الأصلية، والتي قد تكون

أخيراً وليس آخراً ، يجب التأكيد على اثنين من الخصائص الرئيسية لكوكبنا. الأولى هي الاتصال: كل سطح الكوكب والغلاف الجوي مرتبطان بالمياه والرياح وسلاسل الإمداد الميكانيكية للمنتجات البشرية ، التي تنقل الكثير مما هو على السطح وفي الغلاف الجوي حولها عبر مركبات النقل البري والبحري والجوي ، أحياناً لآلاف الكيلومترات. تتمثل إحدى النتائج السلبية لهذه الشبكة المتصلة مادياً على نطاق واسع في نقل النفايات البلاستيكية إلى جميع أجزاء المحيطات ، بعيداً عن المواقع التي تقوم بالتخلص منها ، وقد وجدت مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور السامة - مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور - في الحيوانات القطبية ، وهي بعيدة جداً عن مواقع الإنتاج والاستخدام لهذه المركبات وبالتالي ، على الرغم من أننا قد نعتقد أن المخاطر المحتملة للمادة الكيميائية في أماكن إنتاجها تدار بأمان ، فقد تؤدي آليات التوصيل والتوزيع إلى مشكلات بعيدة. ولكن العوامل البيولوجية أيضاً تساهم في التواصل والحركة في المحيط الحيوي ، عن طريق الحركة النشطة والسلبية ، سواء كانت في حالة مكافحة الحشرات والطيور والبشر الذين يسافرون جواً ، والسباحة والتحرك في حالة الكائنات المائية ، وإيضاً البذور المعلقة بالهواء والماء ، حبوب اللقاح والعوالق. الانتشار العالمي المتفجر لمتلازمة الجهاز التنفسي الحادة الوخيمة (سارس) في عام 2003 ، وهو وباء الإنفلونزا السنوي الذي ينشأ في آسيا ، ونفسي مرض القولون المعوي والنزيف المعوي في ألمانيا الذي تنتقل عن طريق براعم بذور الحلبة العضوية المستوردة ، وتوسع الأمراض بسبب زيادة الهجرة ، مثل زيادة مرض السل في البلدان الإفريقية مثل المغرب والفيروسات

فهمنا للعمليات الميكروبية ذات الصلة واستغلالها. بالنسبة للمواد الكيميائية الجديدة ، بما في ذلك تلك التي يتم إنتاجها باستخدام علم الأحياء الدقيقة التخليقي ، يجب أن يتضمن التصميم المسؤول نقاط نهاية محددة لدورات حياتها. ولكن ، للتكرار: مهما كانت القيود التي قد يواجهها العالم الميكروبي ، فإنه لا يزال العامل الوحيد الذي يمكننا الاعتماد عليه لمواجهة عبء التلوث الاستثنائي الذي يتقل كاهل كوكب الأرض ( de Lorenzo et al.2016 )

من الضروري أن يتم تقدير القدرات والقيود المتدهورة للميكروبات وفهمها وأن تصبح أساسية لتطوير سياسات التحكم والتخفيف التي ستحكم في نهاية المطاف مستوى تعرضنا للملوثات البيئية. هناك حاجة إلى سياسات عالمية متنسقة ومتناسكة ومستدامة تشمل :

- تبسيط تحديد وتقييم ورصد أنواع ومستويات المواد النشطة حيويًا ، ومخاليطها ، في بيئتنا ، على المستويات المحلية والإقليمية والعالمية ،
- تحسين فهمنا لكيفية تأثير هذه المواد على صحة الكواكب والمجتمع وعلى الفرد ،
- تنسيق الجهود لإزالتها من البيئة ، وتخفيف آثارها السامة ، وتقليل دخولها إلى شبكة الإنترنت وترحيلها منها ، ووضع تدابير لتقليل مستوى تعرضنا لهذه الملوثات.

الإتصال العالمي وردود الفعل الميكروبية للتغيير:

المنقولة بالقراد في إسبانيا ، هي كلها أمثلة على عواقب التواصل البيولوجي. كما تلعب التجارة الدولية أيضًا دورًا مهمًا في انتشار مسببات الأمراض وقد تكون مسؤولة عن الانتشار الجغرافي الحالي للأمراض النباتية المتنوعة . لتصبح أحد أخطر مسببات الأمراض في جميع أنحاء العالم ، والتي لها تأثير اقتصادي هائل على الزراعة والحدائق العامة و البيئة. على عكس العديد من مسببات الأمراض المنقولة بالناقل ، والتي لها ناقلات مضيضة محددة وبالتالي نطاق مضيض محدد ، ينتقل مرض *Xylella fastidiosa* بواسطة مجموعة من ناقلات التغذية النسيجية ، وبالتالي يصيب مجموعة واسعة من العوائل النباتية. قد تؤدي مياه الصرف في السفن التي يتم التقاطها وتصريفها في أماكن متنوعة من الكرة الأرضية إلى تكوين مجموعات جديدة من الكائنات غير الأصلية في تلك الأماكن ، والخطيرة في بعض الأحيان ، مثل أنواع الطحالب السامة ، التي تمثل مشاكل الأمن الحيوي. ويتم نقل الغبار الصحراوي ، الغني بالفوسفور والحديد والميكروبات ، عن طريق التيارات الهوائية إلى أماكن بعيدة: يسقط الغبار من الصحراء بانتظام في أوروبا ويخصب مياه خليج المكسيك وبحر سارجاسو ، مما يسمح بتطور الطحالب. تمامًا كما تتوسط توصيلات الماء والهواء في توزيع المواد الكيميائية طويلة العمر ، بما في ذلك المواد المشعة ، في جميع أنحاء المحيط الحيوي والغلاف الجوي ، لذلك تضمن توزيع الميكروبات الصغيرة الخالية من الوزن تقريبًا. ولكن على عكس المواد الكيميائية ، يمكن للميكروبات أن تتكاثر ، وتستعمر بشكل انتهازى وتؤثر على أي موقع

تفضله. جميع الميكروبات موجودة في كل مكان. قد تكون النتيجة الطبيعية ، وربما الأكثر معنى ، هي: إذا كانت الميكروبات قادرة على الانخراط في تنفيذ عملية ما في مكان ما ، فستكون هناك سوف تمارس هذه القدرة. **السمة الثانية المهمة** لكوكب الأرض هي حقيقة أن التغييرات ، التي تسببها الأحداث الطبيعية أو الأعمال العرضية أو المتعمدة للإنسان ، غالبًا ما تؤدي إلى استجابة ، وأحيانًا استجابة غير متوقعة ، مما يؤدي إلى نتيجة قد تكون مختلفة عن تلك المتوقعة. قد يكون بسبب الاستجابات الفيزيائية الكيميائية ، أو في كثير من الأحيان ، البيولوجية ، وخاصة الميكروبيولوجية. لذلك ، عندما نقرر أنه يجب علينا اتخاذ إجراء من نوع ما ، بالإضافة إلى الاعتبارات المعتادة المتمثلة في الجدوى الاقتصادية والتكلفة واللوجستيات وما إلى ذلك ، نحتاج إلى أن نأخذ في الاعتبار أن الميكروبات ليست سلبية للتغيرات البشرية المنشأ - المقصودة وغير المقصودة - على البيئة: يستجيبون بفاعلية لعواقب أفعالنا ، وبالتالي يقومون بتعديلها ، بشكل إيجابي أو سلبي. نحتاج دائمًا إلى طرح السؤال: هل الأنشطة الميكروبية تشارك بشكل مباشر أو غير مباشر في العملية قيد المناقشة أو تتأثر بها ، وإذا كان الأمر كذلك ، فما هي ردودها المحتملة على الإجراء المقترح؟ لسوء الحظ ، لم نتعلم بعد كيفية المناقشة مع الميكروبات ، لذلك لا يمكن أن نسألهم عما سيفعلون عندما نجري تغييرات ما. لذلك ، فإن التنبؤات المستندة إلى الأدلة من الرصد والنمذجة حول كيفية استجابة الميكروبات للتغير البيئي ، ومدى الحذر ، التفكير عالميًا ، التصرف محليًا - قد نحث الناس على التصرف محليًا ، ولكن فقط

المجهرية. بالطبع ، استخدم المجتمع دائماً الأخصائيين لتقديم المشورة لصانعي القرار ، على سبيل المثال الاقتصاديين لتقديم المشورة للحكومات بشأن تكلفة تنفيذ السياسات الجديدة. المشكلة هنا هي أن الأنشطة الميكروبية منتشرة بشكل كبير وتؤثر بشكل مباشر على القرارات اليومية لكل فرد في المجتمع ، بحيث أن خيار التشاور في الوقت المناسب لعلماء الأحياء المجهرية أو استجواب المعرفة في علم الأحياء الدقيقة هو ، على الرغم من الوصول إلى الإنترنت للمعلومات ذات الصلة ، غير عملي لأنه في معظم الحالات غير ممكن. وبالتالي ، لدينا علماء الأحياء المجهرية من ناحية ، والذين ليس لديهم تأثير مباشر على القرارات السياسية على أي مستوى ، وعلى صانعي السياسات وصناع القرار الآخرين ، يفتقرون إلى المعرفة الأساسية الضرورية لاتخاذ القرارات المستنيرة. كيف سنتصدى بفعالية للأزمات التي تواجهنا ، إذا لم يتم فهم وتقييم الأسباب الأساسية للأزمات أو الحلول المحتملة من قبل صانعي السياسات وأصحاب المصلحة )

( Brüssow 2017 )

إذا أردنا تجنب تكرار أنماط الخطأ في الماضي والتي أدت إلى نتائج كارثية من النوع الموصوف أعلاه ، يجب أن تكون المعلومات الأساسية التي تدعم التصور الصحيح للقضايا والخيارات المناسبة وقرارات السياسة المثلى والقائمة على الأدلة ، مكوناً أساسياً لدينا في قاعدة المعرفة الفردية والجماعية. من أجل تجنب التسبب في أحداث كارثية يمكن الوقاية منها في المستقبل ،

بعد النظر على النحو الواجب في إمكانات ردود الفعل المحلية والإقليمية والعالمية التي قد تؤدي إلى عواقب جانبية (بما في ذلك العواقب غير البديهية التي قد يكون مختلفاً تماماً عن الموضوع قيد النظر).

تتطلب الطبيعة المترابطة لكوكبنا ، ان نكون قادرين قبل التصرف على :

- تقييم حكيم للأثار المحتملة للتسرب ، ودرجة التأثير والمسارات ذات الصلة ، للعمل المحلي على الأنشطة الميكروبيولوجية في المناطق المتفاوتة القرب ، وعلى المستوى العالمي ،
- تعيين سيناريوهات التأثير ونموذجها بشكل صحيح ، بما في ذلك طول التأثير والإجراءات المضادة ، باستخدام الطرق الملائمة ،
- التفكير بعناية في مسارات العمل البديلة ، بناءً على الافتراضات المحافظة ، وخفض معدل الثقة في تنبؤاتنا ،
- مراقبة ومراجعة وتحسين السياسات ، وتمكين الكيانات المحلية من منع الإجراءات غير المنسقة أو المارقة ، والتي قد تتسبب عن غير قصد أو غير ذلك في إحداث أضراراً مؤثرة.

المشكلة

المشكلة هي أن معرفة الميكروبات وأنشطتها تتركز حالياً في مجموعة صغيرة من المتخصصين ، علماء الأحياء

مستويات المجتمع: يجب أن تصبح معرفة الأحياء الدقيقة جزءًا من توصف الوظيفة. يعتبر مستودع المعرفة العامة والقدرة على التقييم النقدي المكتسب خلال تعليم الطفولة بشكل عام امرين ضروريين لمرحلة البلوغ. حتى الآن ، تعتبر معرفة اللغة الأم ، واللغة الأجنبية ، والتاريخ ، والجغرافيا ، والرياضيات ، والفيزياء ، والكيمياء ، والبيولوجيا ، وما إلى ذلك ، تشكل موضوعات أساسية للتعليم المتوازن ، أي: معرفة هذه الموضوعات تعتبر سمة أساسية للنضج ، وهي ضرورية للمسؤوليات المرتبطة بالعائلة والعمالة ، والالتزام بمعالجة الوافدين حديثاً.

المعلومات للحياة الشخصية والمهنية ، والحاجة إلى اتخاذ قرارات يومية منتجة تنقلنا عبر تحولات الحياة ومنعطفاتها. كما فعل بيرجي (Bergey, 1916) ، ندعي أن معرفة وفهم الميكروبات وأنشطتها أمر أساسي للتعليم العام مثل هذه الموضوعات.

يجب أن يصبح علم الأحياء الدقيقة عنصرًا أساسيًا في المنهج المدرسي حتى يتم إطلاع صانعي القرار بشكل مناسب ، وأن جميع أصحاب المصلحة الآخرين لديهم فهم أساسي لكيفية ارتباط المجتمع وأفعاله ارتباطًا وثيقًا بعالمنا الميكروبي. ونتيجة لذلك ، سيتم تمكين أصحاب المصلحة في المجتمع من:

• اتخاذ قرارات مستنيرة لأنفسهم (وللآخرين ، على سبيل المثال ، أفراد الأسرة) ،

• يجب ألا تصبح المعرفة الأساسية بالعمليات والأنشطة الميكروبيولوجية وتفاعلاتها المتعددة الأطراف وترابطها جزءًا من الوعي العام فحسب ، بل يجب أن تكون المعرفة الوسيطة بهذه العمليات جزءًا من مهارات صانعي السياسات ذات الصلة ، ويجب أن تكون أنظمة القرارات أكثر ملاءمة وتتطلب معايير تستند إلى الأدلة ومراجعة الخبراء.

### طريق نحو الحل: تحقيق المعرفة بالأحياء الدقيقة بين

#### أفراد المجتمع

يجب أن تصبح العناصر الأساسية لعلم الأحياء المجهرية جزءًا من التعليم الأساس. حيث ان بعض أعضاء المجتمع ، مثل المعلمين والسياسيين وقادة الصناعة ورؤساء الوكالات الوطنية والدولية وما إلى ذلك ، هم في أشد الحاجة إلى المعرفة في علم الأحياء المجهرية لأن قراراتهم لها تأثيرات اجتماعية أكبر من قرارات الآخرين. ومع ذلك ، فإن جميع الأفراد يتخذون قرارات ذات صلة جرثومية ويطورون ممارسات ذات صلة جرثومية كل يوم. علاوة على ذلك ، نحن جميعاً أصحاب مصلحة في القرارات السياسية الرئيسية التي تؤثر على صحتنا ورفاهيتنا وكوكبنا. لكي نكون قادرين على ممارسة حقوق مواطنينا وإكمال مسؤولياتنا في إبلاغ صناعات القرار بكفاءة ، سواء كناخبين أو كأعضاء في مجموعات المصالح ، يجب أن نتعلم علم الأحياء المجهرية. وبالتالي هناك حاجة ماسة لمحو الأمية في علم الأحياء المجهرية على جميع

(Bergey, 1916; Savage and Bude, 2014;

Scalas et al, 2017)

<https://enviroliteracy.org/environment/society/environmentalhealth/microorganisms/>; <http://www.actionbioscience.org/biodiversity/wassenaar.html>, [https://schaechter.asmblog.org/schaechter/2013/04/whose-planet-is-it-\(anyway-1.html](https://schaechter.asmblog.org/schaechter/2013/04/whose-planet-is-it-(anyway-1.html)

يجب أن تكون متاحة أيضًا كخدمة تعليمية عامة ، وتحديث معلومات الأفراد المتعلمين في علم الأحياء الدقيقة وتمكين أولئك الذين لم يتلقوا التعليم في المدرسة لتعلم الأساسيات واللاحق بالتقدم الجديد. على الرغم من أن تطوير هذه المناهج الدراسية سيكون من اختصاص الهيئات التعليمية المعنية ، لتسهيل تنفيذها ، فإننا نقترح سلسلة من الموضوعات - كإطار لمحو الأمية في علم الأحياء المجهرية (تعليم الأحياء الدقيقة في المدرسة ومرحلة ما قبل المدرسة: إطار عمل يركز على تجربة الطفل ، ( Timmis K.N. et al. ، تحت النشر) - وشكل تعليمي يتضمن سؤالاً أولياً بسيطاً يتعلق بالتجربة اليومية ، يليه التعرف على علم الأحياء الدقيقة الأساسي بلغة بسيطة وأهميته للتحديات الكبرى وأهداف التنمية المستدامة وعلاقته بعمليات الغلاف الحيوي وصحة الكواكب و ، والأهم من ذلك ، نتيجة اتخاذ القرارات على سبيل المثال نسوق الحوار الأسرى التالي:

•: أود حقًا همبرجر في ملعب البولنج بعد ظهر هذا اليوم ، لكن جيني زميلتي في الفصل أخبرتني أمس أن الأبقار

• إجراء تقييم نقدي للحجج المؤيدة والمعارضة لبدائل

القرار وبالتالي تقديم تفضيلات مستنيرة لأولئك الذين

يتخذون القرارات نيابة عنهم ،

• القدرة على مساءلة أولئك الذين لا يفعلون ذلك عند اتخاذ قرارات بناءً على أدلة علمية.

مفهوم وشكل التدريس المتمحور حول الخبرة الشخصية لجميع الفئات العمرية ، مع التركيز على التحديات الكبرى وأهداف التنمية المستدامة.

نظرًا لأن الميكروبات تؤثر في حياتنا منذ اليوم الأول (بل إنها تؤثر علينا في وقت مبكر جدًا) ، يجب أن يبدأ التعليم منذ بداية التعليم الابتدائي ويكون خيطًا مشتركًا في جميع مستويات التعليم ، لتمكين صناعات القرار على جميع

المستويات من اتخاذ قرارات مستنيرة بشأن أفضل ما يجب ممارسته، وتزويد الصغار والكبار بالمعرفة لفهم أساس هذه القرارات. يجب على الناس فهم الفرق بين ما هو مؤكد إلى حد ما ، وما هو محتمل وما هو غير معروف. يجب أن يكون الأفراد قادرين على جعل المخاطر المستندة إلى

الأدلة: مفيدة للتقييمات التي تمكنهم من اتخاذ قرارات بشأن الإجراءات المفيدة بشكل أساسي التي تحمل درجة من المخاطرة أو تتفاعل بشكل بناء مع المؤسسات التي تتخذ مثل هذه القرارات نيابة عنهم. ويجب أن يعرفوا ما هي

المعرفة الجديدة التي يجب الحصول عليها من أجل وضع أفضل للسياسات المستندة إلى الأدلة في المستقبل. نحن نتصور تطوير مناهج علم الأحياء الدقيقة لرياض الأطفال والمدارس الابتدائية والإعدادية والثانوية ، بالإضافة إلى مناهج تدريس علم الأحياء الدقيقة لتدريب المعلمين في

التعليم العالي (انظر أيضًا على سبيل المثال؛

هذا النهج له ميزة تعبر عن ان أهمية علم الأحياء الدقيقة الأساسي للمجتمع تصبح واضحة للطلاب في بداية الدرس.

### أهداف مجموعة المواضيع المختارة هي:

- المساعدة في تطوير مناهج مناسبة لمستويات عمرية مختلفة في بيئات اجتماعية وثقافية متنوعة ،
- الكشف عن العمليات البشرية الحيوية الرئيسية للكواكب والمشاكل التي تتأثر بها أو تدعمها الأنشطة الفسيولوجية والإيكولوجية للميكروبات ،
- إعلام كيف تؤثر هذه الأنشطة على رفاهيتنا وعلى الأطراف الآخرين في المحيط الحيوي ،
- الكشف عن مدى تأثير الأنشطة الميكروبية من خلال أفعالنا والعواقب المترتبة على ذلك ،
- بيان كيف يمكننا توجيه أو استغلال الأنشطة الميكروبية لفوائد شخصية أو بشرية أو كوكبية ، والمساهمة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة.
- تقديم منظور لمكاننا في العالم الأوسع ، وكيف نحن متصلون بالمجموعة الميكروبية في القرية العالمية ومع بقية المحيط الحيوي.
- سيتألف إطار معرفة القراءة والكتابة في علم الأحياء المجهرية مبدئيًا من 100 موضوع أو نحو ذلك تتمحور حول الخبرة ، ويتم تجميعها تحت فئات رفاهية الإنسان ، كوكب الأرض ، المياه ، النباتات ، الحيوانات ، التغذية ، الغذاء ، التكنولوجيا الحيوية ، والتي ستتوفر قريبًا ، دون مقابل ، على الانترنت. بالتأكيد سيتم تحسين فهم هذه الموضوعات وتطويرها بمرور الوقت. يجب التأكيد على أنه على الرغم من عدم وضوح المواضيع قيد المناقشة - الميكروبات - فإن تدريس الموضوعات الميكروبيولوجية

تساهم في ظاهرة الاحتباس الحراري: هل هذا صحيح؟

(هنا يمكن شرح ماهية غازات الدفيئة والمصادر

والمصارف ، وهضم الكرش ، وانبعاثات الميثان ،

والاحتباس الحراري ، وارتفاع مستوى سطح البحر ،

والظواهر الجوية القاسية ، وكيف تؤثر علينا ، -SDG

13: مكافحة تغير المناخ) ؛

•ماما: قيل لنا في الفصل أن زميلتنا جوان لديها الحصبة:

لماذا لم يتم تحصينها مثلي؟ (هنا يمكن شرح فعالية اللقاح ،

المخاطر ، الارتباطات والسببية ، الخطر: اعتبارات مفيدة

، حصانة القطيع ، الفوائد الجانبية للتحصين ، الهدف 3 من

أهداف التنمية المستدامة: ضمان حياة صحية) ؛

•ماما: أخبرني المعلم أن أغسل يدي بعد الذهاب إلى

المرحاض دائما ، لأن البراز سيء. ولكن ماذا يحدث بعد

أن يتم استخدامها؟ (وهنا يمكن شرح كيفية معالجة مياه

الصرف الصحي ، مسببات الأمراض البرازية ، البراز

كوسيط لحمل مسببات الأمراض وأهمية جودة المياه ،

SDG-6: الصرف الصحي للجميع)

المعلمة: لماذا لا تنمو النباتات في الظلام؟ (وهنا يمكن

شرح ان النباتات والميكروبات الضوئية تلتقط الطاقة

الشمسية وتصنع الكتلة الحيوية: اساس شبكة الغذاء ؛

التمثيل الضوئي ، البلاستيدات الخضراء ، الميتوكوندريا

الميكروبات المبكرة ؛ النباتات والميكروبات الضوئية توفر

الغذاء للعالم والطاقة والمواد الأولية الكيميائية المتجددة

وغير الملوثة والمستدامة التنمية ، أهداف التنمية

المستدامة: القضاء على الجوع ،: ضمان الوصول إلى

الطاقة المستدامة ،: ضمان أنماط الإنتاج المستدامة).

يمكن أن يكون رائعًا بشكل خاص للأطفال ، لأن علم الأحياء الدقيقة هو موضوع تجريبي عملي ويمكن للطلاب إجراء تجارب مذهلة في مختلف مستويات التعليم. سيتم أيضًا توفير اقتراحات للتجارب البسيطة ذات الصلة بكل فئة موضوع عبر الإنترنت. علاوة على ذلك ، هناك العديد من العمليات الميكروبية المثيرة للاهتمام التي تقوم بها المؤسسات التجارية (التخمير وصنع الجبن وإنتاج الخبز والتخمير وما إلى ذلك) والمؤسسات العامة (محطات معالجة النفايات والمختبرات التشخيصية وما إلى ذلك) التي يمكن ، اعتمادًا على ما هو متاح محليًا ، أن نتصل بذوي الخبرة في البداية عن طريق الرحلات المدرسية. مرة أخرى ، ستتاح عبر الإنترنت قائمة توضيحية بالرحلات المحتملة ، مع اقتراحات تنظيمية للمعلمين حول كيفية تنظيم التجربة لتحقيق أقصى قدر من المعرفة والفائدة والاستمتاع للطلاب. إن الموضوعات المقدمة في إطار المعرفة ليست شاملة النطاق ولا يتم تنظيمها بطريقة تتطلب معالجتها بالكامل لأي جمهور محدد من الفئات العمرية. باستثناء بعض الموضوعات التمهيدية. سيتم فهم معظم الموضوعات باعتبارها موضوعات قائمة بذاتها ، وبالتالي تشكل نظامًا معياريًا من الخيارات للاختيار والمطابقة ، وفقًا لتفضيلات المدرس وأساليب وأهداف تعلم الطلاب. ومع ذلك ، فإن الهدف الشامل هو أن يكون الأطفال على دراية بجميع الموضوعات على مدار حياتهم الدراسية في المدرسة. لا بد من التأكيد على أنه ليس المقصود منه إنشاء محو الأمية في علم الأحياء الدقيقة عن طريق تدريس علم الأحياء المجهرية وخلق متخصصين في علم الأحياء المجهرية. بدلا من ذلك ، فإن

القصد من ذلك هو توفير قاعدة معرفية كافية ومبسطة لتلك الأنشطة الميكروبية على وجه التحديد ، والتي هي أساسية لتمكين المجتمع لتحقيق تحسينات في الحياة اليومية ، ووضع السياسات المبنية على الأدلة والإشراف على الكواكب. ومن الضروري أن يعي المجتمع وبسرعة أن الفكر الواسع الانتشار بأن الميكروبات هي أعدائنا ليس فقط غير صحيح ولكنه يولد ممارسات سلوكية خطيرة. والميكروبات تشبه البشر في ان : معظمهم لديهم تأثير مباشر ضعيف أو لا يؤثر على حياتنا ، والكثير منها مفيد للغاية والقليل منهم يشكلون خطراً علينا. ومثل البشر ، فإن الأشرار - أولئك الذين يتسببون في المرض أو التدهور المادي - هم الأكثر وضوحاً، وهم الذين نعرف عنهم أكثر. ومع ذلك ، فمن الأهمية بمكان أن يتم تصوير الميكروبات ككل كأصدقاء لنا ، لأنها لا تساعدنا فقط بهدوء في حياتنا ولكن يمكن دعوتها لحل المشكلات الرئيسية ، مثل زيادة إنتاجية الغذاء ، وخاصة ان الميكروبات تمثل 50 ٪ من عدد خلايا الجسم الخاصة بنا ويتم تمثيلها كأقرب عائلة لنا. من الضروري أن تتسع المعرفة بالميكروبات في المجتمع لتبديد الاعتقاد الخاطئ وممارسة الخوف من الميكروبات. هذه هي إحدى الرسائل الرئيسية المطلوب توصيلها للجميع في مجال علم الأحياء الدقيقة وستكون في طليعة استخدامها في المناهج الدراسية.

لن فعلها!

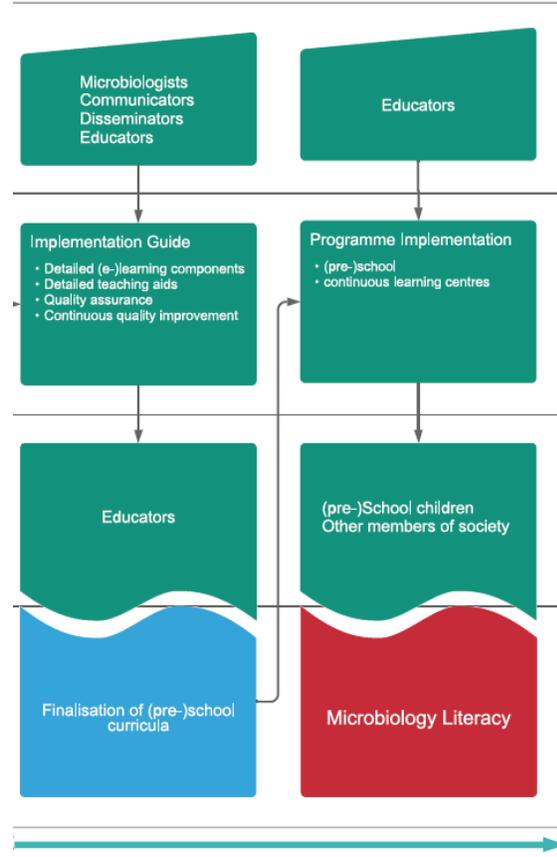
الكائنات الحية الدقيقة - الحيوانات والنباتات - ليست فقط أعضاء رئيسيين في المحيط الحيوي ولكنها أيضاً جزء لا يتجزأ من

لتدريس البيولوجيا البشرية والتربية الإيجابية. تزايد الاهتمام الشعبي بالكيانات الكلية وتقديرها بشكل كبير في السنوات الأخيرة نتيجة للأفلام الوثائقية التلفزيونية التي قدمها ديفيد أتينبورو

[https://www.theatlantic.com/science/\(-archive/2016/05/every-episode-of-attenboroughs-liferies/480678\)](https://www.theatlantic.com/science/(-archive/2016/05/every-episode-of-attenboroughs-liferies/480678))

على النقيض من ذلك ، نظرًا لضآلة حجمها ، تكون الميكروبات في الغالب غير مرئية لعامة الناس - بعيدًا عن الأنظار ، بعيدًا عن الأذهان - لذلك لا تظهر عمومًا على شاشات التلفزيون ، إلا عندما يخلقون فوضى جديدة بالاهتمام ، مثل الإيدز والإيبولا. هذا المكون غير المرئي من المحيط الحيوي مهم إلى حد كبير في التعليم العام. ومع ذلك ، في الآونة الأخيرة ، أدت الاكتشافات المذهلة

حول الميكروبات وتأثيراتها المتنوعة على البيولوجيا والسلوك البشري إلى زيادة الوعي بالميكروبات في عموم السكان. على الرغم من ذلك ، تظل الميكروبات كيانات مجردة بشكل أساسي ، وهي أقل قابلية للفهم من الإنترنت ، وعلى قدم المساواة مع كيفية عمل الذاكرة. لكن مغزاها أكبر بكثير من الإنترنت ، فقد تمت نجاتها من دون الإنترنت حتى وصلنا ، لكننا لم نستطع البقاء على قيد الحياة ، بدون أنظمتنا الداعمة للحياة الميكروبية. لذلك من الضروري أن ينتقل العالم الميكروبي ، بكل جماله المدهش ، المتأصل ، ولكن المجهرى ، من التجريد إلى الإدراك التصوري والمادة ويأخذ موقعه الصحيح في نفسية الإنسان. وبالتالي ، ستتخذ المساعدات البصرية مركز الصدارة في فصول محو الأمية ، وستحفز الساحة



الشكل 1. مبادرة معرفة الأحياء الدقيقة. \* تعليم الأحياء الدقيقة في المدرسة ومرحلة ما قبل المدرسة: إطار يركز على تجربة الطفل ،

(Timmis, K. N. et al., in preparation)

مكونات المجتمع البشري ، التطور والحضارة والجنس البشري نفسه. وباعتبارها أنواعًا مستأنسة ، فإنها توفر الغذاء والراحة والسرور والرفاهية ، وكأنواع برية ، تعتبر مصادر للتعجب والهوايات والتنوع. الحفاظ على الكائنات الحية هي مسؤوليتنا الأساسية. ونتيجة لذلك ، كانت البيولوجيا - أساسًا البيولوجيا الحيوانية والنباتية - تاريخيًا موضوعًا أساسيًا للتعليم ، سواء في حد ذاته أو كأساس

المتفجرة للفن الميكروبي (على سبيل المثال ،

<https://www.bbc.com/news/uk->

[englandoxfordshire-45099420](https://www.bbc.com/news/uk-englandoxfordshire-45099420)

الخيال. يجب أن يصبح روتينياً أنه عند مناقشة الميكروبات ، يمكن لأطفالنا أن يتخيلوها على الفور في أعينهم وأن يتخيلوا ما يفعلونه. عندما تنتقل الميكروبات من المصدر وتتشكل ، ستصبح حقيقية ؛ سوف تصبح هي المفضلة لدى الأطفال! سيتم ضم دبية محببة وأغنام صوفية من قبل Methano و Wily Wolbo و Diatoma ، والذين لديهم جميعاً شخصياتهم الفردية (البشرية) المعينة من قبل مصنعي الألعاب الرشيقة. قد يصبحون حتى من الألعاب الكرتونية المحببة للأطفال في التلفزيون في المستقبل غير البعيد. تحتوي هذه المقالة الافتتاحية على ثلاثة أهداف أساسية ، تم وضعها في السياق في الشكل (1) والذي يعد خارطة طريق لإدخال مواضيع محو الأمية في علم الأحياء الدقيقة في المناهج المدرسية.

**الهدف الأول** هو الكشف عن المعرفة الحاسمة والكفاءات

في المجتمع اللازمة للتوصل إلى قرارات كافية قائمة على

الأدلة بشأن مجموعة متنوعة من القضايا الشخصية

والمجتمعية وتقديم قضية علم الأحياء المجهرية.

مجتمع لمحو الأمية ، يتم تحقيقه من خلال دمج إطار

لموضوعات الأحياء الدقيقة الأساسية في التعليم الأساسي.

**والهدف الثاني** هو تشجيع علماء الأحياء المجهرية ،

ومجتمعات علم الأحياء المجهرية والمهنيين الذين يعرفون

القراءة والكتابة الميكروبية ، على المشاركة والمساهمة في

هذه المبادرة ، من خلال زيادة تطوير الإطار الأساسي ،

والإسهام في الأفكار والمواد للمواضيع ومقاطع الفيديو

والتجارب المدرسية ، وتطوير التمويل والبحث عنه.

وتوفير الأدوات والمواد التعليمية اللازمة.

**والهدف الثالث** والأهم من هذا المقال الافتتاحي هو حث

علماء الأحياء المجهرية ومجتمعات الأحياء المجهرية

المتعلمين والمهنيين الذين يعرفون القراءة والكتابة

الميكروبيين على الاتصال والتواصل مع المعلمين

والسياسيين وقادة الأعمال والمؤسسات الحكومية وغير

الحكومية ذات الصلة وغيرها. في جهد دولي قوى لإقناع

هؤلاء المسؤولين بالحاجة الماسة إلى تحقيق معرفة الأحياء

المجهرية في المجتمع (نحن جميعنا أصحاب مصلحة في

صحة الكواكب والبشر: هل يمكننا حقاً أن نتجاهل أساساً

مدى قدرتنا على حل الأزمات الحالية؟) ، لإقناعهم بأهمية

مانقدهم للدخول إلى المرحلة التالية ، والتنفيذ. لتسهيل ذلك

، قمنا ، حيثما أمكن ، بتجنب المصطلحات المتخصصة في

هذه المقالة ، بحيث يمكن استخدامها لعدة شرائح من

المجتمع.

### شكر وتقدير

تعتمد هذه المبادرة على الجهود السابقة التي بذلها علماء

الأحياء الدقيقة الملهمون الذين أدركوا الحاجة الأساسية

لتحسين المعرفة بالأحياء الدقيقة في مجتمعاتنا. من خلال

زيادة الوعي بهذه القضية ، وإنشاء نصوص ممتازة

تتمحور حول الطفل و مواد تعليمية متنوعة يمكن دمجها في

مناهج تدريس محو الأمية في علم الأحياء المجهرية

وتسهيل تطويرها ، فقد وضعوا بذلك أساساً رائعاً.

### المراجع

Lane, S., Noni, E., MacDonald, N.E., Marti, M., and Dumolard, L. (2018) Vaccine hesitancy around the globe: analysis of three years of WHO/UNICEF joint reporting form data-2015–2017. *Vaccine* 36: 3861–3867.

Lee, S.Y., Kim, H.U., Chae, T.U., Cho, J.S., Kim, J.W., Shin, J.H., et al. (2019) A comprehensive metabolic map for production of bio-based chemicals. *Nat Catal* 2: 18–33.

Levy, S.B. (1982) Microbial resistance to antibiotics. An evolving and persistent problem. *Lancet* 2: 83–88.

Levy, S.B., FitzGerald, G.B., and Maccone, A.B. (1976) Spread of antibiotic-resistant plasmids from chicken to chicken and from chicken to man. *Nature* 260: 40–42.

Microbial Biotechnology. (2017) The contribution of microbial biotechnology to sustainable development goals. *MicroBiotech* 10: 979–1274.

Milani, C., Duranti, S., Bottacini, S., et al. (2017) The first microbial colonizers of the human gut: composition, activities, and health implications of the infant gut microbiota. *Microbiol Mol Biol Rev* 81: e00036–e00017.

Monneret, C. (2017) What is an endocrine disruptor? *Comptes Rend Biol* 340: 403–405.

Moossavi, S., Miliku, K., Sepehri, S., Khafipour, E., and Azad, M.B. (2018) The prebiotic and probiotic properties of human milk: implications for infant immune development and pediatric asthma. *Front Pediatr* 6: 197. <https://doi.org/10.3389/fped.2018.00197>.

Motta, E.V.S., Raymann, K., and Moran, N.A. (2018) Glyphosate perturbs the gut microbiota of honey bees. *Proc Natl Acad Sci U S A* 115: 10305–10310.

Nakatsuji, T., Chen, T.H., Butcher, A.M., Trzoss, L.L., Nam, S.J., Shirakawa, K.T., et al. (2018) A commensal strain of *Staphylococcus epidermidis* protects against skin neoplasia. *Sci Adv* 4: eaao4502.

Nielsen, P.H. (2017) Microbial biotechnology and circular economy in wastewater treatment. *Micro Biotech* 10: 1102–1105.

Richards, S., Paterson, E., Withers, P.J.A., and Stutter, M. (2015) The contribution of household chemicals to environmental discharges via effluents: combining chemical and behavioural data. *J Environ Manage* 150: 427–434.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F.S., Lambin, E.F., et al. (2009) A safe operating space for humanity. *Nature* 461: 472–475.

Rossen, N.G., MacDonald, J.K., de Vries, E.M., D’Haens, G. R., de Vos, W.M., Zoetendal, E.G., and Ponsioen, C.Y. (2015) Fecal microbiota transplantation as novel therapy in gastroenterology: a systematic review. *World J Gastroenterol* 21: 5359–5371.

Savage, A.F., and Jude, B.A. (2014) Starting small: using microbiology to foster scientific literacy. *Trends Microbiol* 22: 365–367.

Scalas, D., Roana, J., Mandras, N., et al. (2017) The Microbiological Microbiological@ mind project: a public engagement initiative of Turin University bringing microbiology and health education into primary schools. *Int J Antimicrob Agents* 50: 588–592.

Sender, R., Fuchs, S., and Milo, R. (2016) Are we really vastly outnumbered? Revisiting the ratio of bacterial to host cells in humans. *Cell* 164: 337–340.

Sharma, A., and Gilbert, J.A. (2018) Microbial exposure and human health. *Curr Opin Microbiol* 44: 79–87.

Timmis, K.N., de Lorenzo, V., Verstraete, W., et al. (2017a) The contribution of microbial biotechnology to economic growth and employment creation. *Micro Biotech* 10: 1137–1144.

## References

Bach, J.-F. (2018) The hygiene hypothesis in autoimmunity: the role of pathogens and commensals. *Nat Rev Immunol* 18: 105–120.

Bartlett, J.G. (1979) Antibiotic-associated pseudomembranous colitis. *Rev Infect Dis* 1: 530–539.

Bergey, D.H. (1916) The pedagogics of bacteriology. *J Bacteriol* 1: 5–14.

Brown, J.M., and Hazen, S.L. (2015) The gut microbial endocrine organ: bacterially derived signals driving cardiometabolic diseases. *Annu Rev Med* 66: 343–359.

Brüssow, H. (2017) Infection therapy: the problem of drug resistance – and possible solutions. *Micro Biotech* 10: 1041–1046.

Cabello, F.C. (2006) Heavy use of prophylactic antibiotics in aquaculture: a growing problem for human and animal health and for the environment. *Environ Microbiol* 8: 1137–1144.

Caselli, E. (2017) Hygiene: microbial strategies to reduce pathogens and drug resistance in clinical settings. *MicroBiotech* 10: 1979–1983.

Christen, V., Kunz, P.Y., and Fent, K. (2018) Endocrine disruption and chronic effects of plant protection products in bees: can we better protect our pollinators? *Environ Pollut* 243: 1588–1601.

Curtis, T. (2006) Microbial ecologists : it’s time to ‘go large’. *Nat Rev Microbiol* 4: 488.

de Lorenzo, V. (2017) Seven microbial bio-processes to help the planet. *Micro Biotech* 10: 995–998.

de Lorenzo, V., Marliere, P., and Sole, R. (2016) Bioremediation at a global scale: from the test tube to planet Earth. *Micro Biotech* 9: 618–625.

Du Toit, A. (2019) The gut microbiome and mental health. *Nat Rev Microbiol* 17: 196. <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0163-z>.

Falkow, S. (1970) Antibiotics in animal feeds. *N Engl J Med* 282: 693–694.

Falkow, S. (1975) *Infectious Multiple Drug Resistance*. London: Pion Ltd.

Falkow, S., Marmur, J., Carey, W.F., et al. (1961) Episomic transfer between *Salmonella typhosa* and *Serratia marcescens*. *Genetics* 46: 703–706.

Finlay, B.B., and Arrieta, M.-C. (2016) *Let them Eat Dirt*. Vancouver, B.C., Canada: Greystone Books.

Garcia, J.L., de Vicente, M., and Galan, B. (2017) Microalgae, old sustainable food and fashion neutraceuticals. *Micro Biotech* 10: 1017–1024.

Gilbert, J.A., Knight, R., and Blakeslee, S. (2017) *Dirt is Good*. New York, USA: St Martin’s Press.

Gilbert, J.A., and Yee, A.L. (2016) Is triclosan harming your microbiome? *Science* 353: 348–334.

Godfray, H.C., Blacquière, T., Field, L.M., et al. (2015) Arestatement of recent advances in the natural science evidence base concerning neonicotinoid insecticides and insect pollinators. *Proc Biol Sci* 282: 20151821.

Gomez de Agüero, M., Ganal-Vonarburg, S.C., Fuhrer, T., et al. (2016) The maternal microbiota drives early postnatal innate immune development. *Science* 351: 1296–1302.

Hobbie, S.E., Finlay, J.C., Janke, B.D., Nidzgorski, D.A., Millet, D.B., and Baker, L.A. (2017) Contrasting nitrogen and phosphorus budgets in urban watersheds and implication for managing urban water pollution. *Proc Natl Acad Sci U S A* 114: 4177–4182.

Timmis, K.N., de Vos, W.M., Ramos, J.L., et al. (2017b) The contribution of microbial biotechnology to sustainable development goals. *Micro Biotech* 10: 984–987.

Trinh, P., Zaneveld, J.R., Safranek, S., and Rabinowitz, P.M. (2018) One health relationships between human, animal, and environmental microbiomes: a mini-review. *Front Public Health* 30: 235. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2018.00235>.

Trivedi, P., Schenk, P.M., Wallenstein, M.D., and Singh, B.K. (2017) Tiny microbes, big yields: enhancing food crop production with biological solutions. *Micro Biotech* 10: 999–1003.

Verstraete, W., and de Vrieze, J. (2017) Microbial biotechnology with major potentials for the urgent environmental needs of the next decades. *Micro Biotech* 10: 988–994.

Wampach, A., Heintz-Buschart, J., Fritz, V., Ramiro-Garcia, J., Habier, J., et al. (2018) Birth mode is associated with earliest strain-conferred gut microbiome functions and immunostimulatory potential. *Nat Commun* 9: 5091.

Wang, B., Yao, M., Lv, L., Ling, Z., and LI, L. (2017) The human microbiota in health and disease. *Engineering* 3: 71–82.

Watanabe, T. (1963) Infective heredity of multiple drug resistance in bacteria. *Bacteriol Rev* 27: 87–115.

Watanabe, T. (1966) Infectious drug resistance in enteric bacteria. *N Engl J Med* 275: 888–894.

Whipps, J.M., Lewis, K., and Cooke, R.C. (1988) Mycoparasitism and plant disease control 161–187. In *Fungi in Biological Control Systems*, Burge, N.M. (ed). Manchester, UK.: Manchester University Press, p. 176.

zur Hausen, H., Bund, T., and de Villiers, E.M. (2017) Infectious agents in bovine red meat and milk and their potential role in cancer and other chronic diseases. *Curr Top Microbiol Immunol* 407: 83–116.