



联合国
粮食及
农业组织

Food and Agriculture
Organization of the
United Nations

Organisation des Nations
Unies pour l'alimentation
et l'agriculture

Продовольственная и
сельскохозяйственная организация
Объединенных Наций

Organización de las
Naciones Unidas para la
Alimentación y la Agricultura

منظمة
الأمم المتحدة
للأغذية والزراعة



هيئة الموارد الوراثية للأغذية والزراعة

البند 9-2 من جدول الأعمال المؤقت
الدورة العادية التاسعة عشرة
روما، 17-21 يوليو/تموز 2023
الكائنات الحية الدقيقة الهامة لعملية الهضم لدى المجترات

بيان المحتويات

الفقرات

أولاً- مقدمة	1-4
ثانياً- معلومات أساسية	5-8
ثالثاً- لمحة عامة والحالة والاتجاهات	9-17
رابعاً- التوصيف والصون	18-21
خامساً- الاستخدام المستدام	22-25
سادساً- الأطر السياساتية والقانونية والمؤسسية	26-30
سابعاً- الفجوات والاحتياجات والإجراءات المحتملة	31-32
ثامناً- التوجيهات المطلوبة	33

أولاً - مقدمة

1- اعتمدت هيئة الموارد الوراثية للأغذية والزراعة (الهيئة)، في دورتها العادية السابعة عشرة، خطة عملها بشأن الاستخدام المستدام للموارد الوراثية للأغذية والزراعة من الكائنات الحية الدقيقة واللافقاريات وصورها (خطة العمل).¹ وتتناول خطة العمل الكائنات الحية الدقيقة واللافقاريات كمجموعات وظيفية وتتوقع أن تتمثل المجموعتان الوظيفيتان اللتان ستنظر فيهما الهيئة في دورتها العادية التاسعة عشرة في ما يلي: (1) الكائنات الحية الدقيقة واللافقاريات الموجودة في التربة، مع التركيز على العلاج البيولوجي والكائنات الحية التي تقوم بتدوير المغذيات،² (2) والكائنات الحية الدقيقة الهامة لعملية الهضم لدى المجترات.

2- وتتوخى خطة العمل أن يتم تناول كل مجموعة وظيفية على أساس ما يلي:

- موجز عن الحالة والاتجاهات الخاصة بصون الكائنات الحية الدقيقة واللافقاريات واستخدامها والحصول عليها وتقاسم المنافع الناشئة عنها، بالاستناد إلى عمل الهيئة السابق، والأدبيات الموجودة، وحسب الاقتضاء، دراسة استقصائية مفتوحة يمكن أن تجمع أيضاً أفضل الممارسات المتعلقة بصونها واستخدامها المستدام؛
- وخريطة بالمنظمات الإقليمية والدولية والمؤسسات الأخرى المهمة بالنسبة إلى المجموعة الوظيفية وتحديد المجالات الاستراتيجية للتعاون المحتمل؛
- وتحليل للثغرات والاحتياجات، والإمكانيات المتاحة للهيئة وأعضائها لمعالجتها.³

3- واستجابةً لخطة العمل، كلفت المنظمة جامعة كوينز في بلفاست بالمملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية، بإعداد دراسة عن استخدام الكائنات الحية الدقيقة الهامة لعملية الهضم لدى المجترات وصورها. ويرد مشروع الدراسة، بصيغته المنقحة في ضوء التعليقات الواردة من أعضاء جماعة العمل الفنية الحكومية الدولية المعنية بالموارد الوراثية الحيوانية للأغذية والزراعة التابعة لها (جماعة العمل)، في الوثيقة بعنوان مشروع دراسة بشأن الاستخدام المستدام للكائنات الحية الدقيقة الهامة لعملية الهضم لدى المجترات وصورها.⁴ وبناءً على طلب جماعة العمل،⁵ أتيحت التعليقات في الإسهامات الواردة في الوثيقة والمقدمة بشأن مشروع دراسة بشأن الاستخدام المستدام للكائنات الحية الدقيقة الهامة لعملية الهضم لدى المجترات وصورها،⁶ من أجل إحاطة الهيئة بها.

4- وتستند هذه الوثيقة إلى نتائج مشروع الدراسة المنقح لتقديم لمحة عامة عن حالة الكائنات الحية الدقيقة الهامة لعملية الهضم لدى المجترات وإدارتها، وتسعى إلى الحصول على توجيهات من الهيئة بشأن العمل المستقبلي المتعلق بهذه المجموعة من الكائنات الحية الدقيقة.

¹ المرفق هاء بالوثيقة CGRFA-17/19/Report.

² انظر الوثيقة CGRFA-19/23/9.1/Inf.1، والوثيقة CGRFA-19/23/9.1/Inf.1.

³ الفقرة 7 من المرفق هاء بالوثيقة CGRFA-17/19/Report.

⁴ انظر الوثيقة CGRFA-19/23/9.2/Inf.1.

⁵ الفقرة 28 من الوثيقة CGRFA-19/23/9.1.

⁶ انظر الوثيقة CGRFA-19/23/9.2/Inf.2.

ثانيًا - معلومات أساسية

5- يعتبر الإنتاج الحيواني من المجترات وثيق الصلة باثنين من أهم التحديات التي تواجه العالم: تحسين الأمن الغذائي والتغذية لسكان العالم الآخذين في التزايد وتخفيف آثار تغير المناخ. ويمكن للمجترات تحويل المواد النباتية غير الصالحة للأكل البشري بسبب محتواها العالي من الألياف إلى أغذية صالحة للأكل غنية بالبروتينات والمغذيات الدقيقة. ومع ذلك، يُعد الجهاز الهضمي للمجترات مصدرًا رئيسيًا لغاز الميثان الذي يوجد ضمن غازات الاحتباس الحراري. وتُعد الكائنات الحية الدقيقة، لا سيما تلك التي تعيش في المعدة - الجزء الرئيسي من الجزء الأمامي من معدة المجترات - ضرورية لكلٍ من القدرات الهضمية للمجترات ودورها كمصدر للميثان.

6- والمعدة عبارة عن نظام بيئي ديناميكي معقد يتكوّن من البكتيريا اللاهوائية، والأوليات، والفطريات اللاهوائية، والعتائق الميثانوجينية والعائيات. وتتفكّك الكربوهيدرات التي تتناولها المجترات بفعل الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في المعدة، مما يؤدي إلى إنتاج العديد من الأحماض الدهنية المتطايرة التي يستخدمها الحيوان كمصدر للطاقة. ولكن العملية تنتج أيضًا الهيدروجين، الذي تستخدمه العتائق الموجودة في المعدة لتحويل ثاني أكسيد الكربون إلى ميثان، والذي ينتقل بعد ذلك من فم الحيوان إلى الغلاف الجوي.

7- وتؤثر خصائص ميكروبيوم المعدة (تجمع أو مجموعة الكائنات الحية الدقيقة داخل المعدة) على إمداد الحيوانات بالمغذيات وكمية الهيدروجين المتاحة للعتائق المولدة للعتائق الميثانوجينية. وهذا يثير احتمال أن يكون التلاعب بمنطقة الوحدة الأحيائية للمعدة وسيلة لتحسين تغذية الحيوانات وتقليل انبعاثات الميثان. وبالتالي، باتت الحاجة إلى فهم بيئة المعدة وأدوار الكائنات الحية الدقيقة في المعدة أكبر من أي وقت مضى.

8- وتشمل الأعمال السابقة المتعلقة بالكائنات الحية الدقيقة الهامة لعملية الهضم لدى المجترات التي أجريت تحت رعاية الهيئة نشر وثيقة الدراسة الأساسية رقم 61 في عام 2012 بعنوان *الكائنات الحية الدقيقة وعملية الهضم لدى المجترات: حالة المعارف والاتجاهات والتوقعات المستقبلية*، وفي عام 2019، ضمن القسم 5-8 "التنوع الميكروبي للمعدة" من حالة التنوع البيولوجي للأغذية والزراعة في العالم.⁷

ثالثًا - نظرة عامة والحالة والاتجاهات

9- تمت دراسة ميكروبيوم المعدة لعقود عديدة. وتُعد بكتيريا المعدة المجموعة الأكثر وفرة وتنوعًا من الكائنات الحية الدقيقة في المعدة وهي تؤدي الكثير من الوظائف، بما في ذلك تفكيك النشا والسليولوز والبروتينات والدهون. ويُنظر إلى العديد منها على أنها عامة (لديها مجموعة واسعة من الوظائف) وإلى البعض الآخر على أنه أكثر تخصصًا. وعلى الرغم من حدوث تطورات تكنولوجية كبيرة خلال العقد الماضي، فإن وظائف بكتيريا المعدة وتفاعلاتها مع العائل والأعضاء الآخرين في ميكروبيوم المعدة لا تزال غير مفهومة جيدًا. ولا يزال تصنيف بكتيريا المعدة يمثل تحديًا كبيرًا. وتُهيمن بعض الأصناف البكتيرية عددًا، لكن الدراسات أظهرت أن تلك الموجودة بأعداد أقل يمكن أن يكون لها مع ذلك تأثير كبير على النظام الإيكولوجي للمعدة.

FAO. 2019. *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture*, J. Bélanger & D. Pilling (eds.). FAO⁷ Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome. <https://doi.org/10.4060/CA3129EN>

10- وقدمت النهج القائمة على التسلسل في السنوات الأخيرة نظرة ثاقبة عن وظائف بكتيريا المعدة وتأثيرات مجموعة من العوامل مثل جينات العائل والنمط الغذائي للعائل واستخدام المواد المضافة إلى الأعلاف. كما أنها أدوات رئيسية في تحديد المواد النشطة بيولوجيًا داخل المعدة لاستخدامها المحتمل في صناعة التكنولوجيا الحيوية. وتحسنت القدرة على استزراع بكتيريا المعدة بشكل ملحوظ في السنوات الأخيرة.

11- وتشكّل عتائق المعدة، نظرًا إلى دورها المذكور أعلاه في تكوين الميثان، هدفًا رئيسيًا لأبحاث المعدة الميكروبية. وهذه الكائنات هي كائنات لاهوائية صارمة، وبالتالي فإن نموها خارج المعدة يمثل تحديًا. ومع ذلك، من الممكن استزاعها في المختبر، كما أحرز تقدم في ما يتعلق بتحسين المعرفة بتصنيفها، والمسارات التي تنتج من خلالها غاز الميثان وتفاعلها مع الأنواع الأخرى من الكائنات الحية الدقيقة في المعدة، مثل الكائنات الأولية والفطريات.

12- وإذا كانت البكتيريا هي المجموعة الأكثر عددًا من بين الكائنات الحية الدقيقة في المعدة، فإن الأولي (Protozoa) تشغل أكبر مساحة داخل المعدة (تصل إلى 50 في المائة). ولا تزال الدراسات بشأن أولي المعدة غير كافية بسبب التحديات التي تنطوي عليها تربيتها ولأنّ تركيبها الجيني المعقد يجعل الدراسات الجينية صعبة. وبسبب هذه المشكلة الأخيرة، وحتى فترة غير بعيدة، أجري تسلسل جينوم واحد فقط من أولي المعدة (*Epidinium caudatum*). ولا تزال وظيفة أولي المعدة مثيرة للجدل إلى حد ما. فبعضها ليفي، بينما يستخدم البعض الآخر الكربوهيدرات "البسيطة". وتساعد هذه العمليات في تفكيك العلف وتحسين توافر العناصر المغذية للحيوان العائل. ولكن الأولي مرتبطة أيضًا بتكوين الميثان. وتبيّن أن انبعاثات غاز الميثان من الحيوانات التي أزيلت معدتها (التي أزيلت الأولي الخاصة بها باستخدام وسائل كيميائية) تكون منخفضة مقارنة بتلك التي لم تتم إزالة معدتها. وتُعد الحيوانات التي أزيلت الأولي الخاصة بها أيضًا أكثر إنتاجية من حيث متوسط زيادة الوزن اليومية أو إنتاج الحليب. غير أن أولي المعدة تختلف اختلافًا كبيرًا في مساهمتها في تدهور النبات وإنتاج الميثان، وبالتالي قد لا تشكّل إزالة الأولي بالكامل الاستراتيجية المثلى. ومع ذلك، يظل انتقاء أنواع معينة من الأولي لإزالتها من المعدة أمرًا صعبًا.

13- وتُعد فطريات المعدة اللاهوائية من عوامل تحلل الألياف الصلبة بفضل مخزونها الواسع من الإنزيمات المحللة للكربوهيدرات وقدرتها على اختراق جدران الخلايا النباتية جسدًا. ويفيد الإجراء الأخير ميكروبات المعدة الأخرى عن طريق زيادة مساحة السطح المتاحة لشغلها. ويُعزّز نشاط الفطريات اللاهوائية عن طريق العتائق الميتانوجينية، والتي من المعروف أنها ترتبط جسدًا بالكتلة الحيوية الفطرية اللاهوائية. وقد تبيّن أنه يمكن استخدام الفطريات اللاهوائية لتحسين المتناول من الأعلاف، وهضمها، وكفاءتها، وزيادة الوزن اليومي وإنتاج الحليب. ولكنها لا تخضع لدراسة روتينية رغم توافر طرائق الاستزراع المناسبة.

14- وتشكّل الفيروسات، بما في ذلك العاثيات (الفيروسات التي تستخدم البكتيريا كعائل لها)، أيضًا جزءًا من ميكروبيوم المعدة. وقد تم عزل العاثيات عن المعدة منذ فترة طويلة أي من ستينيات القرن الماضي. وأُجريت بعض الأبحاث حولها خلال سبعينيات وثمانينيات القرن الماضي، ولكن تم فقط تصنيف تلك التي لديها تطبيقات تكنولوجية حيوية محتملة وحفظها في مجموعات الاستزراع. وشهدت السنوات الأخيرة بعض الدراسات التي عزلت العاثيات الإضافية وسلسلة جينوماتها. ومن المعروف من سياقات أخرى أن العاثيات تغير بيئة الميكروبيوم. ولكن لا يُعرف الكثير عن أدوارها في المعدة.

15- وأظهر تحليل ميكروبيومات المعدة المأخوذة من أنواع مختلفة من العائل وأجزاء مختلفة من العالم أن مجموعة أساسية من الكائنات الحية الدقيقة تهيمن عليها. وتعزى الاختلافات في المقام الأول إلى النمط الغذائي للعائل، ولكنها تتأثر أيضًا

بالنوع والسلالة وفرادى جينات العائل. ومن المحتمل أن يكون وجود مجموعات صغيرة جغرافية محددة من كائنات المعدة مرتبطاً بوجود أصناف متعلقة بالمناخ في المواد النباتية المستهلكة أو بوجود سلالات متكيفة محلياً من المجترات. ومن المحتمل أن تؤدي الكائنات الحية الدقيقة في مثل هذه المجموعات "الصغيرة" أدواراً مهمة في السماح لعائلها بالتعامل مع الظروف البيئية المحلية وتمثيل مجموعات التنوع الوراثي التي يلزم الحفاظ عليها والتي يمكن استغلالها بشكل أكبر.

16- ولا يكون ميكروبيوم المعدة ثابتاً طوال عمر الحيوان. فالعجول حديثة الولادة عادةً ما توصف بأنها "حيوانات في مرحلة ما قبل الاجترار" وتعمل أجهزتها الهضمية بطريقة أكثر تشابهاً مع تلك الخاصة بالحيوانات الصغيرة أحادية المعدة من تلك الخاصة بالمجترات البالغة. ويحدث الانتقال من مرحلة ما قبل الاجترار إلى مرحلة المجترات ما بين الأسبوع الرابع والثامن من العمر ويرتبط ارتباطاً وثيقاً بانتشار واستقرار الميكروبيوم المبكر. وتشير الأدلة إلى أنّ مجموعة أساسية من الميكروبات تستقر في وقت مبكر وتستمر حتى البلوغ، على الرغم من أن أعدادها تتغير بمرور الوقت. ولكن، لاحظت دراسات مختلفة تجمعات ميكروبية مختلفة في المراحل المبكرة من الحياة. وقد تكون هذه الاختلافات ناجمة عن اختلافات في نُهج الإدارة. وهناك أدلة على أن عوامل، مثل طريقة الولادة والتغذية قبل الفطام وعمر الفطام والنمط الغذائي المبكر والتلقيح بسائل المعدة، يمكن أن تؤثر على الميكروبيوم المبكر.

17- وتعني الاتجاهات نحو التصنيع ونحانس ممارسات إدارة الحيوان على الصعيد العالمي ارتفاع خطر فقدان التنوع المحلي للكائنات الدقيقة. فعلى سبيل المثال، لوحظ أن المكملات الغذائية التي تحتوي على كربوهيدرات سهلة الهضم، كما هو شائع في النظم الأكثر تصنيعاً، مرتبطة بتبسيط المجموعة الميكروبية للمعدة، مما يؤدي إلى انخفاض التنوع البكتيري وانخفاض تركيزات الميكروبات اللبغية. وبالمثل، ارتبطت زيادة كفاءة الأعلاف في المجترات (هدف رئيسي في تربية المجترات نظراً إلى الحاجة إلى توفير الغذاء بشكل مستدام لعدد سكان العالم المتزايد) بالحد من تنوع ميكروبيوم المعدة. ورُبطت الاستراتيجيات التي تنطوي على استخدام المواد المضافة إلى الأعلاف لتقليل إنتاج الميثان المنبعث من المجترات بالتغيرات في ميكروبيوم المجترات الذي قد يؤدي إلى إحداث مزيد من التجانس فيه على المستوى العالمي.

رابعاً- التوصيف والصون

18- تبرز الاتجاهات الموضحة في نهاية القسم أعلاه الحاجة إلى جمع وتصنيف مجموعات الكائنات الحية الدقيقة في المعدة. وكانت مجموعة Hungate⁸، وهي مشروع رائد حديثاً للتحالف العالمي للبحوث بشأن غازات الاحتباس الحراري المتصلة بالزراعة (GRA)، والتي قدمت 501 من بكتيريا المعدة والجينومات الأثرية، خطوة كبيرة إلى الأمام في هذا الصدد. ولكن المشروع انتهى الآن بسبب نقص التمويل، ولا يزال العديد من جينومات ميكروبات المعدة غير متوفر. ولا تُمثل بعض الأصناف البكتيرية بما يكفي في مجموعة Hungate مقارنة بتمثيلها في مجموعة البيانات العالمية بشأن تعداد بكتيريا المعدة (مشروع رئيسي سابق للتحالف العالمي للبحوث بشأن غازات الاحتباس الحراري المتصلة بالزراعة) والجينومات مما يسمى بكتيريا المعدة غير القابلة للاستزراع والجينومات المجمعّة ميتاجينومياً.

19- وحدثت تطورات تكنولوجية كبيرة في علم المعدة خلال العقد الماضي، لا سيما في ما يتعلق بتكنولوجيات "omic". ولكن في حين أن هذا كان مفيداً من حيث ربط ميكروبيوم المعدة بالنمط الظاهري للعائل، فإنه لم ينتج عنه

⁸ <https://genome.jgi.doe.gov/portal/HungateCollection/HungateCollection.info.html>

تقدم كبير من حيث تأكيد وظائف كائنات دقيقة معينة. وسيطلب التقدم في هذا الصدد وضع كتالوج محسن لعمليات استزراع ميكروبات المعدة الخالصة.

20- وتكتسي المجموعات المستزرعة المفتوحة للجمهور، مثل تلك الخاصة بمجموعة معهد لاينيز DSMZ الألمانية للكائنات الدقيقة والخلايا المستزرعة⁹ في ألمانيا ومجموعة الأنواع المستزرعة الأمريكية¹⁰ أهمية محورية للحفاظ على التنوع الجيني الميكروبي العالمي وضمان الوصول المفتوح لأصحاب المصلحة. ولكن العديد من المواد المعزولة لا تودع في المجموعات المستزرعة، إذ لا يوجد إلزام قانوني للقيام بذلك. وتعني المخاوف بشأن الملكية الفكرية أن الكثير من الميكروبات التي لها استخدام تجاري محتمل تظل في فرادى مرافق التخزين حتى بعد تسجيل براءات الاختراع والنشر.

21- وهناك نقص عام في المعرفة بالكائنات الحية الدقيقة التي تعيش في المعدة والمرتبطة بمناطق موضعية معينة، ويخضع قليل جدًا منها للاستزراع.

خامسًا - الاستخدام المستدام

22- كما هو مذكور أعلاه، يمكن أن تسهم الإدارة الفعالة لميكروبيوم المعدة في التخفيف من انبعاثات الميثان من نظم إنتاج المجترات. ويُعد تغيير النمط الغذائي للحيوان العائل أسهل طريقة لإحداث تغيير فوري في ميكروبيوم المعدة وكمية الميثان المنتجة. وتشمل التدخلات المحتملة تلك التي تقلل الانبعاثات لكل وحدة منتج وتلك التي تؤدي إلى انخفاض مطلق في الانبعاثات. ويشمل التدخل الأول زيادة مستويات العلف، وتقليل النضج وزيادة قابلية هضم العلف المقدم للحيوانات، وخفض نسبة العلف من أجل التركيز على النمط الغذائي. ويتضمن التدخل الثاني تكميل النظام الغذائي بمثبطات الميثان (على سبيل المثال 3-نيترووكسي بروبانول [3-NOP، المعروف تجاريًا باسم Bovaer®])، والذي يثبط الخطوة الأخيرة في تكوين الميثان في المعدة، والأعلاف المدبغة، وأحواض الإلكتروليت (المواد الكيميائية أو الميكروبات التي تستخدم الهيدروجين من أجل تقليل كمية الميثانوجينيس) والزيوت والدهون أو البذور الزيتية. ورغم تحقيق نتائج واعدة، فإن الآليات التي تعمل من خلالها العديد من الأساليب الغذائية لا تزال غير واضحة.

23- وتبين أن جينوم العائل يؤثر على ميكروبيوم المعدة، وتظهر البيانات العالمية الحديثة إمكانية تكاثر المجترات مع انخفاض انبعاثات الميثان. ويمكن لمثل هذا النهج أن يقلل من انبعاثات الميثان بنسبة تصل إلى 30 في المائة بناءً على انبعاثات الميثان اليومية (غم/يوم)، وإنتاج الميثان (غم/كغم من امتصاص المادة الجافة) وكثافة الميثان (غم/كغم أو لتر من المادة المنتجة). وحتى في هذا الصدد، هناك حاجة إلى مزيد من العمل لتأكيد إمكانية تكاثر المجترات التي تنبعث منها كميات منخفضة من الميثان، ولتوضيح الآليات الكامنة وراء الآثار الملحوظة بالفعل.

24- وإن ميكروبيوم المعدة (والميكروبيوم في الجهاز الهضمي لدى المجترات بشكل عام)، بالإضافة إلى أهميته في التخفيف من تغير المناخ، فهو يكتسي أيضًا أهمية بالنسبة إلى الجهود المبذولة لتنفيذ نهج "صحة واحدة".¹¹ وتم إثبات

⁹ <https://www.dsmz.de/>

¹⁰ <https://www.atcc.org/>

¹¹ "نهج" صحة واحدة" هو نهج متكامل وموحد يرمي إلى تحقيق التوازن بين صحة الإنسان والحيوان والنظم الإيكولوجية وتحسينها على النحو الأمثل بصورة مستدامة. وهو نهج يقرّ بالعلاقة الوثيقة والترابط القائم بين صحة البشر والحيوانات المدجنة والبرية والنباتات والبيئة الواسعة النطاق (بما يشمل النظم الإيكولوجية). فريق الخبراء الرفيع المستوى المعني بصحة واحدة، Bilivogui، Behravesh C.B، Almuhairei S، Adisasmito، W.B، Bukachi S.A، وآخرون. 2022. صحة واحدة: تعريف جديد لمستقبل مستدام وصحي. *PLoS Pathogens*, 18(6): e1010537. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1010537>

الترايط بين الميكروبات البشرية والحيوانية والبيئية في العديد من الدراسات، وهذا يؤكد الحاجة إلى اتباع نهج متكامل في قضايا، مثل انتشار مقاومة مضادات الميكروبات. وتحتوي بكتيريا المعدة على جينات مقاومة لمضادات الميكروبات يمكن أن تنتقل بسهولة إلى بكتيريا أخرى. وتقدم ميكروبات المعدة أيضاً مركبات جديدة نشطة بيولوجياً يمكن استخدامها لتعزيز صحة الإنسان والحيوان والبيئة، على سبيل المثال في تطوير مضادات ميكروبات جديدة أو في التنقية الحيوية.

25- وقد استُخدمت المضادات الحيوية لسنوات عديدة كمحفزات للنمو في الأعلاف الحيوانية بسبب المنافع التي يمكن أن توفرها من حيث صحة الحيوان وكفاءة الأعلاف. ومع حظر استخدام المضادات الحيوية كوسيلة وقائية ومحفزات للنمو في الكثير من البلدان، برزت مُهج بديلة، بما في ذلك استخدام الميكروبات التي يمكن تقديمها كأغذية مباشرة (مصادر الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في الطبيعة). ورغم أن استخدام هذا النهج في المحترات لا يزال قيد التطوير، فقد ارتبط بتحسينات في صحة الحيوانات الصغيرة، وزيادة إنتاج الحليب وتعزيز النمو، مما يشير إلى أنه قد يكون بديلاً مجدياً لاستخدام مضادات الميكروبات.

سادساً- الأطر السياسية والقانونية والمؤسسية

26- تشمل الأطر السياسية والقانونية ذات الصلة بإدارة الكائنات الحية الدقيقة في المعدة تلك المتعلقة بتغير المناخ، وتلك المتعلقة بصون التنوع البيولوجي للأغذية والزراعة واستخدامه وتبادلته، وتلك المتصلة بسلامة الأغذية والأعلاف، وتلك الخاصة بالتسويق.

27- وتؤثر السياسات المتعلقة بالمناخ بشكل متزايد على توافر التمويل للعمل بشأن كائنات المعدة الدقيقة، مع إعطاء العديد من الجهات الممولة الأولوية للجهود المبذولة لتحسين ميكروبيوم المعدة لتحقيق تخفيضات في انبعاثات الميثان. ولكن، بإمكان الأطر التنظيمية أن تكون حاجزاً أمام اعتماد تكنولوجيات من هذا القبيل بسبب الوقت اللازم للحصول على الموافقة على طرحها. وغالباً ما يعتبر توسيم المنتجات على أنه تم إنتاجها بانبعثات منخفضة من غاز الميثان، منطقة رمادية من الناحية التنظيمية. وحيثما يكون المستهلكون غير قادرين أو غير راغبين في تحمّل تكاليف مثل هذه الابتكارات من خلال زيادة أسعار السوق، قد تكون هناك حاجة لتدخل حكومي لدعمها أو جعل عملية تطويرها أمراً إلزامياً. وقد تكون الآثار المترتبة على السياسات المتعلقة بالموافقة على المواد المضافة إلى الأعلاف واستخدامها رادعاً في بعض البلدان. وقد تشكّل استراتيجيات، مثل تشجيع استخدام البقوليات والأعلاف المدبغة كعلف للحيوانات، بدائل أقل كلفة ولكنها تؤثر بقدر أقل في الانبعاثات.

28- وأدى بروتوكول ناغويا بشأن الحصول على الموارد الجينية والتقاسم العادل والمنصف للمنافع الناشئة عن استخدامها الملحق باتفاقية التنوع البيولوجي (بروتوكول ناغويا) إلى زيادة مستوى البيروقراطية التي ينطوي عليها تبادل الكائنات الحية الدقيقة لدى المحترات، مما أثار مخاوف بين الذين يقومون باستخدامها وصونها على المستوى العالمي.

29- وتتبع معظم وكالات التمويل والمجالات سياسة الوصول المفتوح التي تضمن إتاحة جميع البيانات التي تستند إليها المادة للجمهور عند تقديم المقالات للمراجعة. ولكن المنشورات التي تتضمن أبحاثاً عن العزلات الميكروبية الجديدة غير ملزمة بضمان الوصول المفتوح إلى العزلة من خلال إدراجها في مجموعة خاصة بالاستزراع قبل النشر. وهذا يعني محدودية التقاسم المفتوح للعزلات لأغراض البحث المستمر والمنافع المجتمعية. ويشكّل هذا الأمر تحدياً كبيراً، ولذلك ثمة

حاجة إلى القيام بتغييرات. ولكن، لا بدّ أيضًا من الإشارة إلى أن مثل هذه التغييرات ستتطلب بنية تحتية متطورة بالنسبة إلى المجموعات المستزرعة الحالية لتمكين المنظمات المسؤولة عنها من الحفاظ على العزلات المتزايدة وإتاحتها.

30- وتشمل المؤسسات والشبكات الرئيسية المتعلقة باستخدام الكائنات الحية الدقيقة الهامة لعملية الهضم لدى المجترات وصونها على نحو مستدام، المجموعات المستزرعة التي تمت مناقشتها في القسم الرابع، والتحالف العالمي للبحوث بشأن غازات الاحتباس الحراري المتصلة بالزراعة (تمت مناقشته أيضًا في القسم الرابع)، ومجموعة أبحاث الثروة الحيوانية التابعة للتحالف العالمي للبحوث بشأن غازات الاحتباس الحراري المتصلة بالزراعة وشبكة الجينومات الميكروبية المتعلقة بالمعدة، وعددًا من الجامعات والمعاهد البحثية حول العالم التي تتمتع بقدرة كبيرة على عزل الميكروبات لدى المجترات والحفاظ عليها ولديها مجموعاتها الخاصة. ومن المحتمل أن يمتلك القطاع الخاص أيضًا مجموعات، ولكن تفاصيل هذه المجموعات غير متاحة للجمهور. وبالإضافة إلى مشاريع التحالف العالمي للبحوث بشأن غازات الاحتباس الحراري المتصلة بالزراعة المذكورة أعلاه، يعمل عدد من المشاريع الكبرى الأخرى على تعزيز تعاون أصحاب المصلحة على المستوى الدولي، بما في ذلك مشاريع برنامج الاتحاد الأوروبي "أفق 2020" MASTER (تطبيقات الميكروبيوم لنظم غذائية مستدامة من خلال التكنولوجيات والشركات)¹² ومشروع Holoruminant.¹³ وأفاد بعض أصحاب المصلحة من البلدان النامية بأنّ نقص التمويل يشكل عقبة أمام مشاركتهم في الأنشطة التعاونية.

سابعًا - الفجوات والاحتياجات والإجراءات المحتملة

31- استنادًا إلى استعراض للمؤلفات والردود على استبيان غير رسمي أُرسِل إلى أعضاء شبكة الجينومات الميكروبية المتعلقة بالمعدة التابعة للتحالف العالمي للبحوث بشأن غازات الاحتباس الحراري المتصلة بالزراعة، يمكن تسليط الضوء على الفجوات والاحتياجات التالية:

- الأبحاث. لا يزال هناك الكثير مما يتعين القيام به لتحسين المعارف حول ميكروبيوم المعدة ووظائفه. وتشمل الأمور الأولوية تحسين تقنيات استزراع الكائنات الحية الدقيقة في المعدة، واستكشاف إمكانية استخدام العزلات كميكروبات تُغذى مباشرة لتقليل انبعاثات الميثان.
- المجموعات المستزرعة. هناك حاجة إلى أن تقرر المجالات على أن الكائنات الحية الدقيقة المستخدمة في الأبحاث التي تنشرها تودع في مجموعات مستزرعة مفتوحة أمام الجمهور. ويجب تحسين قدرة المجموعات المستزرعة، حتى تتمكن من استيعاب العينات الإضافية.
- أطر السياسات. يتعين استعراض السياسات والتشريعات والترتيبات المؤسسية ذات الصلة، بما في ذلك تلك المتعلقة بالحصول على الموارد وتقاسم منافعها وبالملكية الفكرية، وتحديثها عند الضرورة، بهدف ضمان إتاحة إطار تمكيني مناسب للبحث والتعاون بشأن كائنات المعدة الدقيقة وإدارتها. وهناك أيضًا حاجة إلى وضع سياسات من شأنها تعزيز اعتماد الابتكارات المنبثقة عن البحث في هذا المجال والتي يمكن أن تساعد في تقليل انبعاثات الميثان.

¹² <https://www.master-h2020.eu/>

¹³ <https://holoruminant.eu/>

- 32- ويمكن اتخاذ الإجراءات التالية لتحسين استخدام كائنات المعدة الدقيقة وصونها على نحو مستدام على المستويين العالمي والوطني، بما في ذلك احتمالية اتخاذها من قبل الهيئة وأعضائها:
- إنشاء فريق خبراء علمي للعمل من أجل إعطاء الأولوية للأنشطة المتعلقة بإدارة الكائنات الحية الدقيقة الهامة لعملية الهضم لدى المجترات وتحديد المخاطر التي تهدد استخدام هذه الكائنات وصونها على نحو مستدام؛
 - وضمان توفير الموارد الكافية لمبادرات البحث العالمية المتعلقة باستزراع كائنات المعدة الدقيقة وفهرستها وتوصيفها وإدارتها؛
 - وتعزيز السياسات التي تضمن إيداع جميع العزلات الميكروبية الخالصة في المجموعات المستزرعة المفتوحة قبل نشر أي بيانات تتعلق بالكائن (الكائنات) المعنية؛
 - وتعزيز قدرة المنظمات التي تدير المجموعات المستزرعة المفتوحة للجمهور لتمكينها من التعامل مع الطلب المتزايد الذي قد تسببه سياسة تتطلب الإيداع المعزول؛
 - وتعزيز تمويل البحوث في إدارة ميكروبيوم المعدة، لا سيما في ما يتعلق بتربية المجترات والابتكارات الغذائية؛
 - وتعزيز الابتكارات السياسية والقانونية التي تسهل تبادل عينات المعدة الميكروبية على الصعيد العالمي؛
 - وتوفير حوافز لتشجيع التعاون العالمي، وخاصة التعاون الذي يشمل البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل.

ثامناً - التوجيهات المطلوبة

- 33- قد ترغب الهيئة في القيام بما يلي:
- (1) الأخذ علماً بمشروع الدراسة وإبداء التعليقات عليها؛
 - (2) والتوصية بوضع الدراسة في صيغتها النهائية ونشرها؛
 - (3) والنظر في كيفية استجابتها لنتائج الدراسة وتوصياتها، وطبيعة إجراءات المتابعة اللازمة لضمان استمرار الهيئة وأعضائها في تعزيز عملهم في مجال الكائنات الحية الدقيقة الهامة لعملية الهضم لدى المجترات؛
 - (4) والتوصية بأن تراعي المنظمة نتائج الدراسة في عملها المتعلق بالاستخدام المستدام للكائنات الحية الدقيقة الهامة لعملية الهضم لدى المجترات وصونها، بحسب الاقتضاء؛
 - (5) ودعوة الأعضاء إلى تعزيز الاستخدام المستدام للكائنات الحية الدقيقة الهامة لعملية الهضم لدى المجترات وصونها والحرص على إعطائها الاعتبار الواجب في السياسات وعمليات وضع السياسات على المستويات المحلية والوطنية والإقليمية والدولية؛
 - (6) ودعوة الأعضاء إلى إدارة التنوع الوراثي الموجود في السلالات المحلية والأعلاف وميكروبات المعدة لدى الحيوانات المجترة وصونها بطريقة متكاملة؛
 - (7) وتشجيع أصحاب المصلحة المعنيين، بما في ذلك المؤسسات العلمية، على التعاون بشأن الاستخدام المستدام للكائنات الحية الدقيقة الهامة لعملية الهضم لدى المجترات وصونها، ولا سيما في ما يتعلق بتنمية القدرات في البلدان النامية والبلدان التي يمر اقتصادها بمرحلة انتقالية؛

- (8) ودعوة الأعضاء وأصحاب المصلحة إلى تكثيف البحوث بشأن إدارة ميكروبيوم المعدة لدى الحيوانات المجترة، لا سيما في ما يتعلق بتربية المجترات، وكفاءة الإنتاج، ومقاومة الأمراض، والقدرة على التكيف مع الظروف البيئية المتغيرة، وبشأن الآثار المحتملة للكائنات الدقيقة الهامة على صحة الحيوان والإنسان، ولكن أيضاً على الابتكارات في مجال الأعلاف للتخفيف من حدة تغير المناخ؛
- (9) والطلب من الأمانة التعاون مع خبراء معينين في ما يتعلق بصياغة توصيات محددة بشأن بالكائنات الحية الدقيقة الهامة لعملية الهضم لدى المجترات لكي تواصل الهيئة النظر فيها في دورتها القادمة.