



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

A

هيئة الموارد الوراثية للأغذية والزراعة

البند 6 من جدول الأعمال المؤقت
جماعة العمل الفنية الحكومية الدولية المعنية بالموارد الوراثية الحيوانية للأغذية والزراعة
الدورة الثانية عشرة
روما، 18-20 يناير/كانون الثاني 2023
الكائنات الحية الدقيقة الهامة لعملية الهضم لدى المجترات

بيان المحتويات

الفقرات

أولاً- مقدمة	6-1
ثانياً- معلومات أساسية	9-7
ثالثاً- لمحة عامة والحالة والاتجاهات	18-10
رابعاً- التوصيف والصون	22-19
خامساً- الاستخدام المستدام	26-23
رابعاً- الأطر السياساتية والقانونية والمؤسسية	31-27
رابعاً- الفجوات والاحتياجات والإجراءات المحتملة	33-32
رابعاً- التوجيهات المطلوبة	34

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 المزمع عقدها في عام 2023 في ما يلي: (1) الكائنات الحية الدقيقة واللافقاريات الموجودة في التربة، مع التركيز على العلاج البيولوجي والكائنات الحية التي تقوم بتدوير المغذيات، (2) والكائنات الحية الدقيقة الهامة لعملية الهضم لدى المجترات.
- 2- وقررت الهيئة، في دورتها العادية الثامنة عشرة، أنه ينبغي معالجة مسألة العمل بشأن الكائنات الحية الدقيقة الهامة بالنسبة إلى عملية الهضم لدى المجترات بحلول الدورة المقبلة لجماعة العمل المعنية بالموارد الوراثية الحيوانية (جماعة العمل).²
- 3- وتتوخى خطة العمل أن يتم تناول كل مجموعة وظيفية على أساس الإسهامات التالية: 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
- 4- 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 للكروش" من حالة التنوع البيولوجي للأغذية والزراعة في العالم.
- 5- واستجابةً لخطة العمل، كلفت المنظمة جامعة كوينز في بلفاست بالمملكة المتحدة بإعداد وثيقة دراسة أساسية عن استخدام الكائنات الحية الدقيقة الهامة لعملية الهضم لدى المجترات وصورها على نحو مستدام. وترد مسودة هذه الدراسة في الوثيقة CGRFA/WG-AnGR-12/23/6/Inf.1.
- 6- وتستند هذه الوثيقة إلى نتائج مسودة الدراسة لتقديم لمحة عامة عن حالة الكائنات الحية الدقيقة الهامة لعملية الهضم لدى المجترات وإدارتها، وتسعى إلى الحصول على توجيهات من جماعة العمل بشأن كيفية إحراز تقدم في عمل الهيئة بشأن هذه الكائنات الحية الدقيقة.

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

² الفقرة 92 من الوثيقة CGRFA-18/21/Report.

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

ثانياً - معلومات أساسية

7- 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 مصدراً رئيسياً لغاز الميثان الذي يوجد ضمن غازات الاحتباس الحراري. وتُعد الكائنات الحية الدقيقة، لا سيما تلك التي تعيش في الكرش - الجزء الرئيسي من الجزء الأمامي من معدة المجترات - ضرورية لكلٍ من القدرات الهضمية للمجترات ودورها كمصدر للميثان.

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

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

ثالثاً - لمحة عامة والحالة والاتجاهات

10- تمت دراسة ميكروبيوم الكرش لعقود عديدة. وتُعد بكتيريا الكرش المجموعة الأكثر وفرة وتنوعاً من الكائنات الحية الدقيقة في الكرش 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 تخصصاً. وعلى الرغم من حدوث تطورات تكنولوجية كبيرة خلال العقد الماضي، فإن وظائف بكتيريا الكرش وتفاعلاتها مع العائل والأعضاء الآخرين في ميكروبيوم الكرش لا تزال غير مفهومة جيداً. ولا يزال تصنيف بكتيريا الكرش يمثل تحدياً كبيراً. وتُهمين بعض الأصناف البكتيرية عددياً، لكن الدراسات أظهرت أن تلك الموجودة بأعداد أقل يمكن أن يكون لها مع ذلك تأثير كبير على النظام الإيكولوجي للكرش.

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

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

13- وإذا كانت البكتيريا هي المجموعة الأكثر عددًا من بين الكائنات الحية الدقيقة في الكرش، فإن الأولي (Protozoa) تشغل أكبر مساحة داخل الكرش (تصل إلى 50 في المائة). ولا تزال طفيليات الكرش غير مدروسة بسبب التحديات التي ينطوي عليها تربيتها ولأن تركيبها الجيني المعقد يجعل الدراسات الجينية صعبة. وبسبب هذه المشكلة الأخيرة، أُجري تسلسل جينوم واحد فقط من أولي الكرش (*Epidinium caudatum*). ولا تزال وظيفة أولي الكرش مثيرة للجدل. فبعضها ليفي، بينما يستخدم البعض الآخر الكربوهيدرات "البسيطة". وتساعد هذه العمليات في تفكيك العلف وتحسين توافر العناصر الغذائية للحيوان العائل. ولكن الأولي مرتبطة أيضًا بتكوين الميثان. وتبيّن أن انبعاثات غاز الميثان من الحيوانات التي أُزيلت كرشها (أزيل الأولي الخاصة بها باستخدام وسائل كيميائية) تكون منخفضة مقارنة بتلك التي لم يتم إزالة كرشها. وتُعد الحيوانات التي أُزيل الأولي الخاصة بها أيضًا أكثر إنتاجية من حيث متوسط زيادة الوزن اليومية أو إنتاج الحليب. غير أن طفيليات الكرش 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 الكرش أمرًا صعبًا.

14- وتُعد فطريات الكرش اللاهوائية من عوامل تحلل الألياف الصلبة بفضل مخزونها الواسع من الإنزيمات المحللة للكربوهيدرات وقدرتها على اختراق جدران الخلايا النباتية جسدًا. ويفيد الإجراء الأخير ميكروبات الكرش الأخرى عن طريق زيادة مساحة السطح المتاحة لشغلها. ويُعزز نشاط الفطريات اللاهوائية عن طريق العتائق الميثانوجينية، والتي من المعروف أنها ترتبط جسدًا بالكتلة الحيوية الفطرية اللاهوائية. وقد تبيّن أن الفطريات اللاهوائية يمكن أن تُستخدم لتحسين المتناول من الأعلاف، وهضمها، وكفاءتها، وزيادة الوزن اليومي وإنتاج الحليب. ولكن لا تخضع لدراسة روتينية على الرغم من توافر الاستزراع المناسب.

15- وتشكّل الفيروسات، بما في ذلك العاثيات (الفيروسات التي تستخدم البكتيريا كعائل لها)، أيضًا جزءًا من ميكروبيوم الكرش. وقد تم عزل العاثيات عن الكرش 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 الكرش.

16- وأظهر تحليل ميكروبيومات الكرش 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 الكرش مرتبطًا بوجود أصناف متعلقة بالمناخ في المواد النباتية المستهلكة أو بوجود سلالات متكيفة محليًا من المجترات. ومن المحتمل أن تؤدي الكائنات الحية الدقيقة في مثل هذه المجموعات "الصغيرة" أدوارًا مهمة في السماح لعائلها

بالتعامل مع الظروف البيئية المحلية وتمثيل مجموعات التنوع الوراثي التي يلزم الحفاظ عليها والتي يمكن استغلالها بشكل أكبر.

17- ولا يكون ميكروبيوم الكرش ثابتًا 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 أربعة وثمانية أسابيع من العمر ويرتبط ارتباطاً وثيقاً بانتشار واستقرار ميكروبيوم في وقت مبكر من العمر. وتشير الدلائل إلى أن مجموعة أساسية من الميكروبات تستقر في وقت مبكر وتستمر حتى سن الرشد، على الرغم من أن أعدادها تتغير بمرور الوقت. ولكن دراسات مختلفة لاحظت تجمعات ميكروبية مختلفة في الحياة المبكرة. 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 الكرش، يمكن أن تؤثر على الميكروبيوم المبكر.

18- وتعني الاتجاهات نحو التصنيع وتجانس 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 تصنيغاً، مرتبطة بتبسيط المجموعة الميكروبية للكرش، مما يؤدي إلى انخفاض التنوع البكتيري وانخفاض تركيزات الميكروبات اللبيفية. وبالمثل، ارتبطت زيادة كفاءة الأعلاف في المجترات (هدف رئيسي في زراعة المجترات نظراً إلى الحاجة إلى توفير الغذاء بشكل مستدام لسكان العالم المتزايدين) بالحد من تنوع ميكروبيوم الكرش. 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 مستوى العالم.

رابعاً - التوصيف والصون

19- تبرز الاتجاهات الموضحة في نهاية القسم أعلاه الحاجة إلى جمع وتصنيف مجموعات الكائنات الحية الدقيقة في الكرش. وكانت مجموعة Hungate⁴، وهي مشروع رائد حديثاً للتحالف العالمي للبحوث بشأن غازات الاحتباس الحراري المتصلة بالزراعة (GRA)، والتي قدمت 501 من بكتيريا الكرش والجينومات الأثرية، خطوة كبيرة إلى الأمام في هذا الصدد. ولكن المشروع انتهى الآن بسبب نقص التمويل، ولا يزال العديد من جينومات ميكروبات الكرش غير متوفر. ولا تُمثل بعض الأصناف البكتيرية بما يكفي في مجموعة Hungate مقارنة بتمثيلها في مجموعة البيانات العالمية بشأن تعداد بكتيريا الكرش (مشروع رئيسي سابق للتحالف العالمي للبحوث بشأن غازات الاحتباس الحراري المتصلة بالزراعة) والجينومات مما يسمى بكتيريا الكرش غير القابلة للاستزراع والجينومات المجمعة ميتاجينومياً.

20- وحدثت تطورات تكنولوجية كبيرة في علم الكرش خلال العقد الماضي، لا سيما في ما يتعلق بتكنولوجيات "omic". ولكن في حين أن هذا كان مفيداً من حيث ربط ميكروبيوم الكرش بالنمط الظاهري للعائل، فإنه لم ينتج عنه تقدم كبير من حيث تأكيد وظائف كائنات دقيقة معينة. وسيتطلب التقدم في هذا الصدد وضع كتالوج محسن لعمليات استزراع ميكروبات الكرش الخالصة.

⁴ <https://genome.jgi.doe.gov/portal/HungateCollection/HungateCollection.info.html>

- 21- وتكتسي المجموعات المستزرعة المفتوحة للعام، مثل تلك الخاصة بمجموعة معهد لاينينز DSMZ الألمانية للكائنات الدقيقة والخلايا المستزرعة⁵ في ألمانيا ومجموعة الأنواع المستزرعة الأمريكية⁶ 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.
- 22- وهناك نقص عام في المعرفة بالكائنات الحية الدقيقة التي تعيش في الكرش والمرتبطة بمناطق موضوعية معينة، ويخضع قليل جداً منها للاستزراع.

خامساً- الاستخدام المستدام

- 23- كما هو مذكور أعلاه، يمكن أن تسهم الإدارة الفعالة لميكروبيوم الكرش في التخفيف من انبعاثات الميثان من نظم إنتاج المجترات. ويُعد تغيير النمط الغذائي للحيوان العائل أسهل طريقة لإحداث تغيير فوري في ميكروبيوم الكرش 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 تجارياً باسم Bovaer®)، والذي يثبط الخطوة الأخيرة في تكوين الميثان في الكرش)، 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.
- 24- وتبين أن جينوم العائل يؤثر على ميكروبيوم الكرش، 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 لتوضيح الآليات الكامنة وراء الآثار الملحوظة.
- 25- وبالإضافة إلى أهميته في التخفيف من تغير المناخ، فإن ميكروبيوم الكرش (والميكروبيوم في الجهاز الهضمي لدى المجترات بشكل عام) مهم أيضاً للجهود المبذولة لتنفيذ نهج "صحة واحدة"⁷. وتم إثبات الترابط 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 الكرش على جينات مقاومة لمضادات الميكروبات يمكن أن تنتقل بسهولة إلى

⁵ <https://www.dsmz.de/>

⁶ <https://www.atcc.org/>

⁷ "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 المدبغة 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>

بكتيريا أخرى. وتقدم ميكروبات الكرش أيضًا مركبات جديدة نشطة بيولوجيًا يمكن استخدامها لتعزيز صحة الإنسان والحيوان والبيئة، على سبيل المثال في تطوير مضادات ميكروبات جديدة أو في التنقية الحيوية.

26- 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 هُجج 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 السياساتية والقانونية والمؤسسية

27- تشمل الأطر السياساتية والقانونية ذات الصلة بإدارة الكائنات الحية الدقيقة في الكرش تلك المتعلقة بتغير المناخ، وتلك المتعلقة بصون التنوع البيولوجي واستخدامه وتبادلته، وتلك ذات الصلة بسلامة الأغذية والأعلاف، وتلك الخاصة بالتسويق.

28- وتؤثر السياسات المتعلقة بالمناخ بشكل متزايد على توافر التمويل للعمل بشأن كائنات الكرش الدقيقة، مع إعطاء العديد من الممولين الأولوية للجهود المبذولة لتحسين ميكروبيوم الكرش لتحقيق تخفيضات في انبعاثات الميثان. ولكن الأطر التنظيمية يمكن أن تكون حاجزاً أمام اعتماد تكنولوجيات من هذا القبيل بسبب الوقت اللازم للحصول على الموافقة على طرحها. وغالبًا ما يعتبر توسيم المنتجات على أنه تم إنتاجها بانبعاثات منخفضة من غاز الميثان، منطقة رمادية من الناحية التنظيمية. وحيثما يكون المستهلكون غير قادرين أو غير راغبين في تحمل تكاليف مثل هذه الابتكارات من خلال زيادة أسعار السوق، قد تكون هناك حاجة لتدخل حكومي لدعم تطويرها. وقد تكون الآثار المترتبة على السياسات المتعلقة بالموافقة على المواد المضافة إلى الأعلاف واستخدامها رادعاً في بعض البلدان. وقد تشكل استراتيجيات، مثل تشجيع استخدام البقوليات والأعلاف المدبغة كعلف للحيوانات، بدائل أقل تكلفة ولكن ذات أثر الانبعاثات.

29- وأدى بروتوكول ناغويا بشأن الحصول على الموارد الجينية والتفاسم 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 وحفظها على مستوى العالم.

30- 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 التفاسم المفتوح للعزلات لأغراض البحث المستمر والمنافع المجتمعية. وبشكل هذا الأمر تحدياً كبيراً، ولذلك ثمة حاجة إلى القيام بتغييرات. ولكن تجب أيضاً 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.

31- وتشمل المؤسسات والشبكات الرئيسية المتعلقة باستخدام الكائنات الحية الدقيقة وصونها على نحو مستدام الهامة لعملية الهضم لدى المجترات، المجموعات المستزرعة التي تمت مناقشتها في القسم رابعاً، والتحالف العالمي للبحوث بشأن غازات الاحتباس الحراري المتصلة بالزراعة (تمت مناقشته أيضاً في القسم رابعاً)، ومجموعة أبحاث الثروة الحيوانية التابعة للتحالف العالمي للبحوث بشأن غازات الاحتباس الحراري المتصلة بالزراعة وشبكة الجينومات الميكروبية المتعلقة بالكرش، وعددًا من الجامعات والمعاهد البحثية حول العالم التي تتمتع بقدرة كبيرة على عزل الميكروبات لدى المجترات والحفاظ عليها ولديها مجموعات خاصة. ومن المحتمل أن يمتلك القطاع الخاص أيضاً مجموعات، لكن 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 التكنولوجيا والشركات)⁸ ومشروع Holoruminant.⁹ وأفاد بعض أصحاب المصلحة من البلدان النامية أن نقص التمويل يشكل عقبة أمام مشاركتهم في الأنشطة التعاونية.

سابعاً - الفجوات والاحتياجات والإجراءات المحتملة

32- استناداً إلى استعراض للمؤلفات والردود على استبيان غير رسمي أرسل إلى أعضاء شبكة الجينومات الميكروبية المتعلقة بالكرش 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 الكرش ووظائفه. وتشمل الأمور الأولوية تحسين تقنيات استزراع الكائنات الحية الدقيقة في الكرش، واستكشاف إمكانية استخدام العزلات كميكروبات تُغذى مباشرة لتقليل انبعاثات الميثان.
- المجموعات المستزرعة. هناك حاجة إلى أن تصر المجالات على أن الكائنات الحية الدقيقة المستخدمة في الأبحاث التي تنشرها تودع في مجموعات مستزرعة مفتوحة الوصول 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 الكرش الدقيقة وإدارتها. وهناك أيضاً حاجة إلى وضع سياسات من شأنها تعزيز اعتماد الابتكارات المنبثقة عن البحث في هذا المجال والتي يمكن أن تساعد في تقليل انبعاثات الميثان.

33- ويمكن اتخاذ الإجراءات التالية لتحسين استخدام كائنات الكرش الدقيقة وصونها على نحو مستدام على المستويين العالمي والوطني، بما في ذلك احتمالية اتخاذها من قبل الهيئة وأعضائها:

⁸ <https://www.master-h2020.eu/>

⁹ <https://holoruminant.eu/>

- 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 الكرش الدقيقة وفهرستها 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 الكرش، لا سيما في ما يتعلق بتربية المجترات والابتكارات الغذائية؛
- وتعزيز الابتكارات السياسية والقانونية التي تسهل تبادل عينات الكرش الميكروبية على الصعيد العالمي؛
- وتوفير حوافز لتشجيع التعاون العالمي، وخاصة التعاون الذي يشمل البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل.

ثامناً - التوجيهات المطلوبة

34- قد ترغب جماعة العمل في القيام بما يلي:

- (1) الإحاطة علمًا بمسودة الدراسة وإبداء التعليقات عليها؛
- (2) والتوصية بأن تطلب الهيئة من المنظمة وضع الدراسة في صيغتها النهائية ونشرها؛
- (3) وإسداء المشورة إلى الهيئة حول كيفية استجابتها لنتائج الدراسة وتوصياتها، وبشأن طبيعة إجراءات المتابعة اللازمة لضمان استمرار الهيئة وأعضائها في تعزيز عملهم في مجال الكائنات الحية الدقيقة الهامة لعملية الهضم لدى المجترات؛
- (4) والتوصية بأن تطلب الهيئة من المنظمة ضمان أخذ نتائج الدراسة في الاعتبار في عملها المتعلق بالكائنات الحية الدقيقة الهامة لعملية الهضم لدى المجترات؛
- (5) والتوصية بأن تدعو الهيئة البلدان 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.