انبعاث الميثان من الحيوانات المجترة وعلاقته بالاحتباس الحراري واستراتجيات الحد من الانبعاث

أحمد المجدوب القماطي
قسم الإنتاج الحيواني - كلية الزراعة - جامعة طرابلس / ليبيا

المستخلص

تبقى الحيوانات المجترة في تداخل مستمر مع البيئة المحيطة وفي تبادل منفعة فيما بينهما. تحتاج الحيوانات من المحيط (مباشرة بعد الولادة) إلى البروتوزوا والبكتريا لتأسيس عملية الهضم الميكروبي داخل المعدة الأمامية، وبعد ذلك تحتاج إلى الغذاء والماء والهواء لتوفير الطاقة والبروتين. تحتاج المجترات في المقابل التخلص من مخلفات الهضم من روث وغازات إلى المحيط. وكذلك تبقى الحيوانات المجترة أيضا في تبادل منفعة مع الكائنات الحية الدقيقة التي تعيش داخلها، تستفيد الميكروبات من الغذاء داخل القناة الهضمية لنموها وتكاثرها ويستفيد الحيوان في المقابل كنتيجة للتخمر الميكروبي ما يتم تكوينه من بروتين ميكروبي (وهو أجود أنواع البروتينات) في نموه وإنتاجه وتكاثره ونشاطه. ينتج عن ذلك انبعاث دائم لغاز الميثان وتجمعه في المحيط. وبسبب شراهة الميثان في امتصاص الحرارة، التي تفوق (28 مرة) ما يولده نفس الوزن من ك ا2 فإنه يساهم بدرجة كبيرة في زيادة حرارة المناخ ما يؤدي إلى زيادة في شدة الاحتباس الحراري (Global warming)، حيث يتوقع ارتفاع في حرارة المناخ من 1.8 إلى 4°م مع حلول العام 2050م. يبلغ إجمالي انبعاث الغازات من أنشطة الإنتاج الحيواني بحوالي 6940 تراجرام (ك ا2 مكافئ) منها حوالي 26% من التخمر الميكروبي داخل الحيوان. تختلف كمية الميثان المنبعثة من الحيوانات المجترة حيث قدرت على المستوى العالمي بحوالي (مليون طن، ك ا2 مكافئ) 2495 لأبقار اللحم، 2128 لأبقار اللبن، 747 للأغنام، أما بالنسبة لوحدة الإنتاج فبلغت 30 كجم (ك ا2 مكافئ)/كجم من لحم أبقار، 25 كجم/ كج لحم أغنام و 3 كجم/كجم لبن. تتباين كمية انبعاث الغازات الدفيئة (Green House gas, GHG) خاصة الميثان على حسب نوع الحيوان وحجمه وإنتاجه، ونوع التربية رعوية أو مكثفة (داخل الحظائر)، ونوع الغذاء والتغذية وجودتها، ومقاومة الحيوان للأمراض والطفيليات ومقدرة الحيوان على التأقلم للظروف المحيطة وغيرها. التخلص من انبعاث غاز الميثان أو تخفيظه من أنشطة الإنتاج الحيواني المتعلقة بالحيوانات المجترة أصبح من أولويات واهتمامات جميع الدول للتقليل من شدة الاحتباس الحراري الذي من شأنه توفير المناخ المناسب للحيوانات لزيادة إنتاج متطلبات الطاقة والبروتين لمواجهة الزيادة السكانية خلال العقود القادمة. هناك العديد من الاستراتجيات لعبت دورا حيويا في مكافحة انبعاث غاز الميثان من الحيوانات المجترة منها: 1- تطوير وتحسين على مستوى الحيوان نفسه (تقليل عدد الحيوانات، زيادة إنتاجية الحيوان، تحوير بيئة التخمر، إضافة أنزيمات نشطة، إضافة كائنات حية دقيقة). 2- تطوير الغذاء والتغذية وتحسين جودتها عن طريق إضافة الدهون، الأحماض العضوية، أيونوفور (Ionophore)، التانين (Tennine)، الصابونين (Saponine)، الطحالب (Algea)، الفطريات (Fungus)، العلف المركز أو الحبوب، الأعلاف السكرية، الزيوت الدهنية، الأعلاف البقولية المعمرة، الأعلاف غير التقليدية....وغيرها . 3- استخدام التقنيات الوراثية والحيوية عن طريق تقنية الجينوم (Genome techniques) وذلك باختيار مورثات تفضل تخفيض معدل انبعاث الميثان والتخلص من الأخرى، اختيار المورثات التي تعكس درجة تحمل الحيوان الحرارة (heat tolerance genes)، اختيار المورثات التي تمكن من زيادة إنتاجية الحيوان وتضاعف من مقدرته على مقاومة الأمراض، إنتاج الأمصال والمضادات الحيوية التي تدعم الجهاز المناعي في ظل التغيرات المناخية. لكن ستظل استراتجية العمل من خلال تحسين الحيوان

للاتصال: أحمد المجدوب القماطي. قسم الإنتاج الحيواني - كلية الزراعة - جامعة طرابلس - ليبيا
هاتف: 913129622 218+ البريد الالكتروني: ahmedalmajdob@gmail.com
استلمت بتاريخ: 2024/7/9 أجيزت بتاريخ: 10 /2024/11

وتحسين جودة الغذاء الأكثر نجاحا والأسهل تطبيقا في ظل الظروف المتاحة للحصول على حيوانات أكثر إنتاجا وتأقلماً تستطيع بكفاءة عالية الاستفادة من الأعلاف الموجودة وتحويلها إلى منتجات قابلة للاستهلاك البشري.

الكلمات الدالة: المجترات، الاحتباس الحراري، الغازات الدفيئة، الميثان، قياس الميثان، إستراتيجيات التخلص من الميثان.

المقدمة

الازدياد المتسارع في وتيرة الاحتباس الحراري على المستوى العالمي من خلال توقع ارتفاع في حرارة المناخ من 1.8 إلى 4 °م مع حلول العام 2050م(FAO, 2007) ، يرجع سببه إلى الزيادة الكبيرة في انبعاث الغازات الدفيئة (greenhouse gas, GHG) أهمها غاز الميثان (ك يد4)، وغاز ثاني أكسيد الكربون(ك ا2) و أكسيد النيتروز (ن2 ا)، إضافة إلى باقي الغازات من مصادرها المختلفة (الطاقة والنفط 31% والزراعة 24% وغيرها). تزامنا مع ذلك يواجه العالم زيادة كبيرة في عدد السكان حيث يتوقع وصوله إلى 11.2 مليار نسمة مع العام 2100 م مما يتطلب حجم كبير من المنتجات الحيوانية من لحوم وألبان لسد احتياجاته من الطاقة والبروتين. تلعب الحيوانات المجترة دورا كبيرا في توفير هذه الاحتياجات لكونها قادرة على تحويل الأنواع المختلفة من الأعلاف باختلاف جودتها وقيمتها الغذائية إلى منتجات قابلة للاستهلاك البشري، ذلك بسب مقدرتها على هضم الألياف ميكروبيا من خلال ما تمتلكه من كائنات حية دقيقة (بكتريا، بروتوزوا)، ينتج عنه مصادر للطاقة في صورة أحماض دهنية متطايرة volatile) (Fatty Acids, VFA لازمة لنمو الحيوان وإنتاجه وتناسله بالإضافة إلى إنتاج غازات مصاحبة أهمها غاز الميثان CH4 (علي، 2024 ؛ القماطي، 2024؛ FAO, 2023a) الذي يتطلب التخلص منه خلال عملية التجشؤ وكذلك ما ينبعث عنه عند تخمر الروث والفضلات الأخرى وكذلك غاز أكسيد النيتروز. قدرت كمية الانبعاث الناتجة عن أنشطة الإنتاج الحيواني المختلفة بما فيها التخمر الميكروبي بحوالي 14.5% من إجمالي انبعاث الغازات الدفيئة عالميا. تساهم الحيوانات المجترة بحوالي 18% من كمية الانبعاثات الغازية (Dineshingh, 2014) منها 19% ك ا2 و 1.37% ك يد4 و6.5 % ن2 ا. حوالي 40 – 50 % من كمية الميثان المنبعث مصدرها الحيوانات المجترة منها 90 % من التخمر الميكروبي (Meale *et al.*, 2012). تقدر كمية انبعاث الغازات من أنشطة الإنتاج الحيواني عالميا حوالي 6940 تراجرام ك ا2 مكافئ، 26% منها مصدره التخمر الميكروبي داخل الحيوان. تختلف كمية الميثان المنبعثة من الحيوانات المجترة حيث قدرت بحوالي (مليون طن ك ا2 مكافئ) 2495 لأبقار اللحم، 2128 لأبقار اللبن، 747 للأغنام (FAO, 2003)، وتختلف أيضا بالنسبة لوحدة الإنتاج؛ حيث بلغت (كجم ك ا2 مكافئ): 30/ كجم لحم الأبقار، 25 / كجم لحم الأغنام، 3 كجم/ كجم لبن. أما بالنسبة لمساهمة الروث في كمية انبعاث الميثان فكانت حوالي (طن ك ا2 مكافئ): 1.5 - 2.5 / لأبقار اللحم و 2.5 - 4.5 لأبقار اللبن و 1.5 - 2.5 للضأن والماعز. انبعاث غاز الميثان من المجترات أمر طبيعي ناتج عن طبيعة تكوين هذه الحيوانات ولكن تجمعه داخل المعدة الأمامية يشكل خطراً على الحيوان يتطلب الأمر التخلص منه إلى البيئة المحيطة وكلما زاد معدل الأكل كلما زادت كمية الانبعاث. تجمع الميثان في الهواء الجوي يساعد على زيادة حرارة المناخ (زيادة في الاحتباس الحراري) بسبب شراهة هذا الغاز لذلك، (القماطي، 2023 و O'Canor *et al.*, 2024)، زيادة الحرارة في المقابل تشكل عبأ مناخيا على نشاط الحيوان الإنتاجي وبالتالي انخفاض مساهمته في تأمين الغذاء. في ليبيا لا توجد معلومات على مساهمة الحيوانات بشكل عام (مجترة وغير مجترة) في كمية الغازات المنبعثة إلى المحيط لذلك من المفيد معرفة ما تساهم به هذه الحيوانات. هذه المراجعة تتناول بعض ما تم نشره في مجال مساهمة الحيوانات المجترة في انبعاث غاز الميثان والتعرف على طرق القياس المستخدمة بالإضافة إلى

استعراض الاستراتيجيات المستخدمة في التخلص أو التخفيض من نسبة الانبعاث وهي ترتكز على 3 محاور رئيسية: تطوير إدارة الحيوانات، تطوير تقنيات الغذاء والتغذية واستخدام التقنيات الوراثية والحيوية الحديثة. وفقا لمنظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة (الفاو) تنتج الثروة الحيوانية 7.1 جيجا طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنويا من جميع انبعاثات غازات الدفيئة التي يسببها الإنسان، وهو ما يمثل 14.5 في المائة من جميع انبعاثات غازات الدفيئة على مستوى العالم.

الحيوانات المجترة والاحتباس الحراري

يواجه العالم ازديادا كبيرا في عدد السكان يتوقع وصوله إلى حوالي 9.2 مليار نسمة مع حلول العام 2050 وحوالي 11.2 مليار مع العام 2100(FAO, 2020) . هذه الزيادة يصاحبها زيادة في الطلب على البروتين الحيواني من اللحم واللبن قدرت بحوالي 73- 76% و58- 63% على التوالي مقارنة بالعام2020 ;2011 ,Gerber *et al.*) (Alexder *et al.*, 2012 ، يقابل ذلك ازدياد طلب الحيوان على المادة الجافة من الأعلاف مما يزيد من عملية التخمر الميكروبي وبالتالي زيادة انبعاث الغازات الدفيئة (Greenhouse gas, GHG) كالميثان وك ا2 وأكسيد النتيتروز (ن2 ا) التي تساهم بدورها في ارتفاع حرارة المناخ (Smruti *et al.*, 2022) وبالتالي زيادة الاحتباس الحراري العالمي (Global warming) ؛ حيث يتوقع ارتفاع درجة حرارة كوكب الأرض إلى ما بين 1.8 - 4 °م مع حلول العام 2050(IPCC 2007).

يشير الاحتباس الحراري إلى زيادة درجة حرارة الأرض نتيجة تراكم الغازات واحتباسها في الغلاف الجوي. تراكم هذه الغازات يكون سببا مباشرا في حجب جزء من أشعة الشمس التي تنعكس ثانية إلى الفضاء مما ينتج عنه زيادة في حرارة المناخ (القماطي، 2023). زيادة انبعاث الغازات الدفيئة في المحيط يجعلها أكثر شراهة لامتصاص أشعة الشمس مما ينتج عنه زيادة في حرارة الجزيئات العالقة في الهواء إلى زيادة في الاحتباس الحراري وبالتالي زيادة انعكاس الاشعاع الحراري المتكون في الهواء إلى سطح الأرض في صورة موجات طويلة منعكسة (Stienfield *et al.*, 2006) على هيئة أشعة تحت الحمراء (Infrared or Terrestrial radiation)، تنبعث الغازات في المحيط من مصدرين رئيسين هما انبعاث طبيعي: ما ينبعث من الحيوان (التخمر الميكروبي داخل الجهاز الهضمي والتخمر الميكروبي الخارجي الناتج عن تخمر الروث والبول والمخلفات الأخرى) والعمليات الزراعية المصاحبة له. وانبعاث ناتج عن أنشطة الإنسان المختلفة (anthropogenic) (كالعمليات الصناعية، مصادر نفطية وزراعية.... وغيرها). يعتبر الميثان من أكثر الملوثات الغازية شراهة في امتصاص الحرارة تقدر بحوالي 84 مرة من ك ا2 ويمثل حوالي الثلث من الأثر البيئي مقارنة بالملوثات الأخرى(FAO, 2016). أهم مصادر الغازات المنبعثة في المحيط (IPCC, 2001) تنحدر من التلوث النفطي والصناعي(31%) تليها ما يتعلق بالعمليات الزراعية (24%) جدول(1). يعتبر الميثان من الغازات المنبعثة عن عملية التخمر للمواد العضوية القابلة للتحلل بواسطة النشاط الميكروبي الذي يسبب في حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري. إن قوة غاز الميثان تتعدى 298 مرة من غاز ثاني أكسيد الكربون (IPCC, 2006). يبلغ عمر الميثان في المحيط حوالي 10 - 12 سنة بينما يبقى ك ا2 لمئات السنين. يعتبر الميثان أقوى تسخينا للمناخ من غاز ك ا2. واحد طن من الميثان يولد حوالي 28 مرة من الحرارة عن ما يولده واحد طن من ك ا2. ولقد سجل ازدياد في معدل انبعاث الغازات في الغلاف الجوي على مستوى العالم قدر بحوالي 75% مما كان عليه في العام 1970، منها حوالي 76% من غاز ك ا2 و 16% ميثان، 6% ن 2 ا وحوالي 2% غازات أخرى (IPCC ARS 6 ,2001) . وأن معدل انبعاث الغازات زاد بمقدار 13% في العام 2020 مقارنة بالعام 2000.

المجلة الليبية للعلوم الزراعية، المجلد (29)، العدد (2) 2024: 58-79

جدول1. أهم مصادر انبعاث الغازات الدفيئة في البيئة.

المصدر	النسبة%
إنتاج الطاقة والنفط	31
الأنشطة الزراعية	24
النقل	4
البناء	12
الصناعة	26
مخلفات وفضلات حيوانية	3

IPCC ARS 6 (2001) ، (القماطي 2023)

في ليبيا أوضحت (Global Emission, USDA Fact sheet, 2022) بأن إجمالي كمية الغازات (GHG) المنبعثة في ليبيا في العام 1990 بلغت حوالي 30 طن متري من مكافئ ك ا2 انخفضت إلى 13 ألف طن في العام 2010 م بسبب قفل حقول النفط والغاز بعد العام 2011 م، وتعتبر ليبيا الأعلى في معدل انبعاث الغازات خاصة ك ا2 على مستوى أفريقيا وهي ضمن 10 دول على مستوى العالم في احتراق الغاز والنفط حيث بلغ متوسط نصيب الفرد من ثاني أكسيد الكربون حوالي 8.5 طن متر/ لكل شخص في السنة. ولقد قدر ارتفاع في حرارة الجو أكثر من المعدل بحوالي 1.1 °م في العام 1990 وسيبلغ حوالي 2.2 °م في العام 2040 و 4 °م مع نهاية هذا القرن (UN Climate Change, Fact sheet , Libya, Oct. 2022). زاد انبعاث غاز ك ا2 حوالي 139% في عام 2013 مما كان عليه في عام 1990. يقدر هذا الانبعاث بحوالي 133 طن متري من ك ا2 مكافيء(0.28 % من الانبعاث العالمي)، وبلغت كمية انبعاث ك ا2 مكافيء بحوالي 8.78 لكل نسمة (184% من العالم) (WRI CAIT 2.0.2017) شكل(1). يساهم قطاع الطاقة بحوالي 95% من إجمالي الانبعاث (منها 64% من النفط والغاز و 34% من الصناعة والنقل والكهرباء)، والباقي 5% من قطاعات غير الطاقة (تساهم الزراعة منها بحوالي 48%) (Greenhouse gas emission fact sheet, Feb. 2017) (WRI.CIT 2)، إلا أن نسبة ما يساهم به الإنتاج الحيواني من الغازات المنبعثة من الأنشطة الزراعية في ليبيا لم تحدد ونحتاج إلى معرفتها وتقييمها بشكل دوري ومنتظم. بلغت كمية الغازات المنبعثة من الدول النامية والصحراوية أكثر من 100 مرة من الدول الواقعة في المناطق الباردة لإنتاج 1 كجم من البروتين الحيواني (لحم أو حليب)، ويفسر ذلك بأن معدل استهلاك الحيوانات أكبر بكثير من حيوانات المناطق الباردة وذلك لقلة جودتها ورداءتها من حيث الكمية والنوعية. وبالتالي فإن انبعاث الغازات سيكون أكبر أيضا؛ حيث قدر بحوالي 1000 كجم من مكافئ ك ا2 /1 كجم من البروتين الحيواني مقارنة 10 كجم/1 كجم من البروتين في المناطق الباردة وهذا ما يعبر عنه بكثافة الانبعاث (كمية العلف المستهلك لإنتاج 1 كجم من البروتين/وحدة من الغاز المنبعث) (Global emission-USAID sheet 2022). صنفت الدول حسب انبعاث الميثان إلى نوعين، دول منخفضة الانبعاث وهذه عادة ما ينعدم فيها الإنتاج الحيواني أو موجود بأعداد محدودة ولا يعتمد اقتصادها على الأنشطة الزراعية. ودول مرتفعة في انبعاث الغازات الدفيئة وهذه تمتاز بوجود أعداد كبيرة من الحيوانات وتقع في مناطق باردة ومتقدمة في التقنيات الصناعية.

شكل1: مساهمة المصادر المختلفة في كمية الغازات الدفيئة المنبعثة في ليبيا ومقارنتها بدول العالم.

انبعاث الميثان من الحيوانات المجترة

تعتبر الحيوانات المجترة من أهم مصادر البروتين الحيواني (لحم ولبن) حيث إنها تمتاز بقدرتها الفائقة على تحويل الأعلاف الخشنة بأنواعها المختلفة من خلال التخمر الميكروبي الذي يتم في الكرش إلى منتجات حيوانية قابلة للاستهلاك البشري. من المشاكل التي تنتج عن هذه العملية هو انبعاث نسبة كبيرة من غاز الميثان عن طريق التجشؤ أو كنتيجة لتخمر الروث (القماطي، 2023؛ علي، 2024 ؛ القماطي 2024). حوالي 2-12% من إجمالي الطاقة المهضومة لهذه الأعلاف (Gross Energy Intake ,GEI) تتحول إلى طاقة مفقودة لإنتاج الميثان. هذه النسبة تمثل حوالي 6% من إجمالي انبعاث الغازات الناجمة عن التصرف البشري (Anthropogenic activities). كما أوضحها (Beauchemin *et al.*, 2022). حيث أشار أيضا أن مجموع الانبعاث من الغازات الناجمة عن أنشطة الإنتاج الحيواني قدرت بحوالي 14.5% من إجمالي الانبعاث الكلي للغازات.

تساهم الحيوانات المجترة في زيادة الاحتباس الحراري بسبب ما تنتجه من غازات دفيئة (Greenhouse gas , GHG) أهمها غاز الميثان (ك يد4)، غاز ثاني أكسيد الكربون (ك ا2)، وغاز أكسيد النيتروز (ن2 ا) الناتجة عن التخمر الميكروبي للأعلاف في الكرش وملحقاته (Enteric fermentation). تبلغ مساهمة الحيوانات المجترة حوالي 18% من إجمالي الانبعاث الغازي في العالم، منها حوالي 19% ك ا2، 1.37% ميثان، 6.5% أكسيد نيتروز. بينما تساهم بحوالي 40 - 50% من كمية انبعاث الميثان عالميا، منها 90 % مصدره التخمر الميكروبي داخل الكرش(Meala *et al.*, 2012). من العوامل التي تحد من الانبعاث كمية الأكل المستهلكة والطاقة المهضومة وكفاءة الهضم. عندما يتم التخمر الميكروبي في الكرش يتم اتحاد أيونات الهيدروجين بجزيئات ك ا2 لتكوين الميثان ويتم التخلص من الميثان مصحوبا بفقد في الطاقة من خلال عملية التشجؤ (Eructation) التي تصاحب عملية الاجترار تقدر بحوالي 6 - 12% من إجمالي الطاقة المهضومة وهي كمية تتعدى 3-4 مرات قيمة الطاقة الإجمالية اللازمة للنمو والإنتاج. في العادة يتم تكوين الميثان من عملية التخمر الميكروبي على حساب تكوين ك ا2 وذلك لشراهة الكائنات الحية الاستفادة من الهيدروجين المنبعث عن التخمر في إنتاج الميثان عوضا عن ك ا2 في عملية تسمى بتخليق الميثان(Methanogensis) (Atwood *et al.*, 2011; Finaly *et al.*, 1994). يبلغ عدد الكائنات الحية الدقيقة المحفزة لتصنيع الميثان حوالي 10^{7}- 10^{9} لكل جرام من محتويات الكرش المتغذية على الأعلاف المركزة وحوالي 10^{9}- 10^{10} لكل جرام للحيوانات المتغذية على المراعي، هناك العديد من الكائنات الحية الدقيقة منها البكتريا المسمى (Metano-brevibacter uminantium) تمثل حوالي 62% من إجمالي عدد الكائنات الدقيقة. وفي كل الأحوال تشير معظم الدراسات على أن إنتاج الميثان يعتمد على: نوع الحيوان، كمية الاستهلاك من المادة الجافة، نوع العلف، نسبة الخشن إلى المركز أو

المجلة الليبية للعلوم الزراعية، المجلد (29)، العدد (2) 2024: 58-79

الحبوب، كفاءة التحويل الغذائي، نوعية وكمية التخمر في المعدة الأمامية (89% من التخمر) وبقية القناة الهضمية (11%). تتباين كمية الميثان المنبعثة من مصادر مختلفة متعلقة بالحيوان (جدول، 2) فنلاحظ أن النسبة الكبرى من الميثان مصدرها الروث والفضلات وما يصاحبها من عمليات التجميع والتخزين والنثر وغيرها ثم يليها الانبعاث الناجم عن التخمر الميكروبي داخل الكرش (Ammar *et al.*, 2020).

جدول2. مصدر وكمية الغازات المنبعثة سنويا من أنشطة متعلقة بالإنتاج الحيواني

مصدر الانبعاث	تيرا جرام* – مكافئ ك ا2 / **السنة
تخمر ميكروبي هضمي	1800
الروث والفضلات	2160
استخدامات أراضي تخص الحيوانات	2400
التصحر	100
استصلاح التربة من أجل الزراعة	230
إنتاج الغذاء وما بعد الحصاد	250

المصدر : Steinfield *et al.*, 2006

*teragram = 10^{12} g, 1000 Tg = 1Gt

**Equivalent = Releasing of 1 kg of CH4 is equivalent to releasing of 25 kg of CO_2 1CO_2

في دراسة سابقة (Muxicheng *et al.*, 2022) أوضحت أن كمية انبعاث الغازات من أنشطة الإنتاج الحيواني بلغت حوالي 14.5% من إجمالي انبعثات الغازات الدفيئة منها حوالي 44 % من التخمر الميكروبي الداخلي (ميثان)، 41 % من إنتاج الأعلاف (ثاني أكسيد الكربون والنيتروجين)، 10% من تخمر الروث (ميثان ونيتروجين) و 5 % من استهلاك الطاقة (ك ا2). تختلف الحيوانات المجترة في انبعاث غاز الميثان بدرجات متفاوتة وذلك على حسب نوع الحيوان وإنتاجه (لحم أو لبن) وعلى كمية ونوع الأكل وهضميته وما تحتويه من طاقة إجمالية مهضومة بالإضافة إلى أن هناك عوامل أخرى كالموقع الجغرافي ونوع البيئة ونوع التربية (مراعي أو مكثفة). في دراسة أجريت في أستراليا (Henery and Eckard, 2009) لمعرفة كمية الميثان المنبعثة من الحيوانات المجترة (جدول،3) وجد أن أبقار اللحم كانت الأعلى في كمية الانبعاث تليها الضأن ثم أبقار اللبن.

جدول 3. كمية الميثان المنبعثه من الهضم الميكروبي لحيوانات المزرعة في أستراليا 2006.

نوع الحيوان	ميثان من الكرش (طن متري ك ا2 مكافئ)
أبقار اللحم	36.6
أبقار تسمين	2.1
أبقار اللبن	6.8
ضأن	13.6
أخرى	0.24

المصدر : Henery and Eckard, 2009

وفي دراسة لتقدير كمية الميثان للرأس في اليوم وكمية الطاقة المفقودة المصاحبة لانبعاث الميثان مقارنة بالاحتياجات من الطاقة من 3 أنواع من المجترات (جدول، 4) لاحظا أن كمية الانبعاث في غاز الميثان

وكمية الفاقد في الطاقة والاحتياجات من الطاقة كانت الأعلى في أبقار اللبن والأقل في الضأن، وهذا يتناسب ووزن الجسم لكل نوع. بينما نلاحظ العكس في نسبة الفاقد من الطاقة مقارنة بالاحتياجات أن النعاج كانت الأعلى من العجول ومن أبقار اللبن.

جدول 4. كمية الميثان والطاقة المفقودة في صورة الميثان في الحيوانات المجترة.

نوع الحيوان	متوسط وزن الجسم كجم	ميثان كجم/الرأس/ اليوم	ميجاجول مفقودة/الرأس/ اليوم	متوسط احتياجات الطاقة(ميجاجول/الرأس/ اليوم)	نسبة الفاقد من الاحتياجات
ضأن	48	12	1.75	13	15
عجول لحم	470	70	11	83	13
أبقار لبن	550	119	18	203	8

المصدر : Henery and Eckard, 2009

كمية انبعاث الغازات الدفيئة (GHG) على مستوى العالم من مصادر الحيوانات المجترة مبينة في الجدول (5) حيث كانت كمية الانبعاث من حيوانات اللحم أعلى من حيوانات اللبن في الأنواع المختلفة من المجترات، وأن أبقار اللحم هي الأكثر انبعاثا لغاز الميثان قدرت بحوالي 75% من إجمالي الانبعاث لكل الحيوانات (2345 مليون ك ا2 مكافئ من إجمالي 31362)، وكذلك بالنسبة لوحدة المنتج من اللحم كانت أعلى في اللحم من اللبن وأن انبعاث غاز الميثان لكل وحدة من إنتاج اللحم كانت أيضا أعلي في أبقار اللحم مقارنة بالحيوانات الأخرى. أما بالنسبة لكمية انبعاث غاز ك يد4 السنوية (بالمليون طن مكافئ ك ا2) من الأنشطة الحيوانية فقدرت بحوالي 2495 من أبقار اللحم و2128 من أبقار اللبن و747 من الأغنام. بلغت كمية الغازات المنبعثة من الحيوانات المختلفة (كجم مكافيء ك ا2 / كجم) في أبقار اللحم 30، وفي الأغنام 25، وفي أبقار اللبن 3. أشار تقرير (FAOSTAT, 2020) بأن كمية انبعاث الغازات بلغت في العام 2020 حوالي 3.6 مليون طن مكافيء ك ا2 منها: 0.6 ك ا2 و 1.8 ك يد4 و 1.2 ن2 ا. وحسب نوعية الانبعاث كانت حوالي 3.6 مليون طن مكافيء ك ا2، منها 1.7 تخمر ميكروبي في الكرش، 1 من الروث في المراعي، و0.1 من الأسمدة، و0.8 من مصادر أخرى. نسبة ما تساهم به الحيوانات المجترة من انبعاث في الغازات موضحة في الجدول(6) حيث يلاحظ أن الحيوانات المختلفة تساهم بنسب متفاوته ومتقاربة في انبعاث الغازات من مصادرها المختلفة المتعلقة بأنشطة الإنتاج الحيواني ويبقى التخمر الميكروبي في المعدة الأمامية أكبر المصادر لانبعاث غاز الميثان والروث المخزن أكبر مصدرا لغاز اكسيد النيتروز. يتأثر معدل انبعاث الغازات من الماشية أيضا حسب الموقع وحسب نوع التربية جدول (7)، ومع ذلك نلاحظ أن أبقار اللحم تحت أي نوع من التربية أو في أي منطقة أو بيئة تظل الأكثر انبعاثا في الغازات من أبقار اللبن. تأتي الزيادة في انبعاث الميثان من الحيوانات المجترة بسبب الاحتياجات المرتفعة للطاقة المهضومة ومعدل الأكل اليومي فمثلا في الهند وجد (Crutzen *et al.*, 1986) أن البقرة تنتج حوالي 35 كجم من الميثان في السنة. كما أشار تقرير(IPCC, 2006) أن معدل الفقد الحراري في الطاقة الإجمالي كان حوالي 6.5% في حالة تناول الحيوان عليقة خشنة متوسطة الجودة بينما بلغ الفاقد في الطاقة 3% حين تناول الحيوان العلف المركز. انخفاض معدل انبعاث الميثان بمقدار 25% نتج عنه زيادة في وزن الجسم في ماشية اللحم بحوالي 7.5 كجم/ اليوم وزيادة في إنتاج الحليب في ماشية الحليب بحوالي 1 لتر/ اليوم.

المجلة الليبية للعلوم الزراعية، المجلد (29)، العدد (2) 2024: 58- 79

جدول5. كمية الغازات المنبعثة (GHG) عالميا من الحيوانات المجترة على حسب الإنتاج الكلي من الحليب واللحم وحسب وحدة الإنتاج منهما.

نوع الحيوان	مجموع الإنتاج الكلي (مليون طن)		مجموع الانبعاث الكلي من الغازات مليون ك 2ا مكافي		متوسط الانبعاث كجم ك أ2/كجم من المنتج	
	اللبن	اللحم	اللبن	اللحم	اللبن	اللحم
أبقار اللبن	508.6	26.8	1419.1	490.4	2.8	18.4
أبقار اللحم	-	34.6	-	2345.9	2.8	67.8
المجموع	508.6	61.4	1419.1	2836.8	-	-
المتوسط	-	-	-	-	2.8	43.1
الضأن	8	7.8	67.4	186.9	8.4	24.0
الماعز	12	4.8	62.4	112.5	5.3	23.5
المجموع	20	12.6	129	299.4	-	-
المتوسط	-	-		-	6.85	23.75
المجموع الكلي	528.6	74.0	1548.1	3136.2	-	-
المتوسط العام	-	-	-	-	6.9	33.4

المصدر : FAO 2013

جدول 6. مساهمة كل نوع من المجترات والعمليات الزراعية في إنتاج الغازات الدفيئة.

نوع النشاط	أبقار اللبن %	أبقار اللحم %	المجترات الصغيرة %
الروث المخزن والمتحلل، (ن2 ا)	17	18	15.1
الأسمدة والمخلفات الزراعية، (ن2 ا)	7.4	7.4	7.3
الأعلاف، (ك 2ا)	10.9	10	12.3
التخمر الميكروبي في الكرش، (ك يد4)	46.5	42.6	57.2
الروث، (ك يد4)	3.8	1.9	1.9
الروث، (ن2 ا)	5.5	3.6	3.8
مصادر اخرى ,(ك 2ا)	2.2	1	1.6
ما بعد العمليات الزراعية، (ك 2ا)	5.1	0.5	3.0
ما بعد التسميد، (ك 2ا)	-	14.8	-

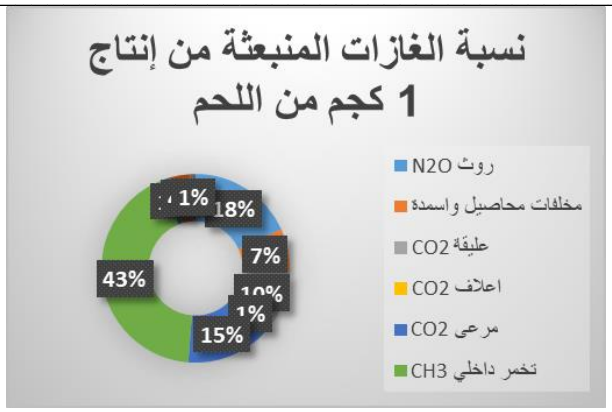
المصدر: FAO 2013

جدول7. معدل انبعاث الغازات من الماشية حسب نوع التربية وحسب الموقع.

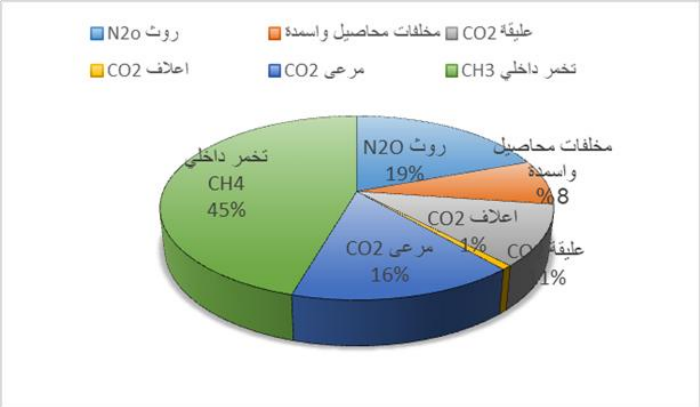
نوع التربية	الموقع شبه صحراوي	الموقع صحراوي	الموقع بارد
1.أبقارلبن مكثفة			
أمريكا الشمالية	**1.9**	**1.5**	**1.7**
أوربا الغربية	**1.6**	**1.6**	**1.7**
آسيا	**2.7**	**2.3**	**2.6**
الساحل الصحراء	**10**	**7.6**	**9.7**
2. أبقار لبن، مرعى			
أمريكا الشمالية	**1.9**	**1.7**	**1.9**
أوربا الغربية	**1.6**	**1.72**	-
آسيا	**1.8**	**2.5**	**7.7**
الساحل الصحراء	**9.6**	**3.1**	**10.8**
3. أبقار لحم،مرعى			
أمريكا الشمالية	**31.1**	**29.9**	**28.7**
أوربا الغربية	**20.4**	**21.7**	**23.9**
آسيا	**31.6**	**26.9**	**76.9**
الساحل الصحراء	**76.7**	**43.1**	**43.2**

المصدر: FAO 2013

يقدر متوسط انبعاث غاز الميثان في أبقار اللبن واللحم في المرعى والتربية المكثفة بحوالي 2.9 و 2.5 كجم ك 2ا مكافئ/ كجم حليب معدل (corrected milk fat, FCM)، ولأبقار اللحم بحوالي 42 و 38.4 كجم ك 2ا مكافئ/ كجم من وزن الجسم على التوالي. تختلف كمية الانبعاث في أبقار اللبن على حسب المنطقة البيئية حيث بلغت 1.6 كجم ك 2ا مكافئ/ كجم FCM في شرق أوروبا، و9 في جنوب الصحراء و16 - 17 في الدول اللصناعية و2- 9 في دول جنوب الصحراء. وتساهم الحيوانات الصغيرة (ضأن وماعز) في إنتاج حوالي 474 مليون طن ك 2ا مكافئ. يعتبر روث المجترات ومخلفاته من أكبر مصادر انبعاث الغازات في الغلاف الجوي وذلك لتعرض الأكل خاصة الألياف إلى التخمر الميكروبي داخل الكرش المسئول على انبعاث كميات كبيرة من غاز الميثان و ك 2ا من خلال التنفس والاجترار ومن خلال ما ينبعث من الروث ومخلفاته. ولقد قدرت كمية الغازات المنبعثة من 1 طن من الروث في صورة ك 2ا مكافئ بحوالي 1.9- 2.5 ، 2.5 – 4.5 ، 1.5 – 2.5 لأبقار اللحم و اللبن والضأن والماعز على التوالي، بينما من الإبل (غير منشورة) بحوالي 1.5 - 2.5 طن كما في الأغنام. قدرت كمية الروث من أبقار الحليب بحوالي 30 و أبقار اللحم 10 – 20 و الأغنام 0.5 – 1 والإبل 10 – 20 طن في السنة. يلخص الشكلان (2 و3) نسبة الانبعاثات الغازية من المصادر المختلقة لإنتاج 1 كجم من اللحم أو 1 لتر من اللبن (Gerber *et al.*, 2013). حيث يلاحظ أن أكبر كمية تنبعث من التخمر الميكروبي داخل الجهاز الهضمي ومن المخلفات داخل المرعى والروث المخزن. ويلاحظ أن كمية الغازات المنبعثة من إنتاج اللحم في المرعى أكبر منها في اللبن، ويلاحظ أن التخمر الميكروبي (Enteric fermentation) هو أكبر مصدر لإنتاج الميثان وأن تخمر الروث هو أكبر مصدر لانبعاث غاز أكسيد النيتروز.

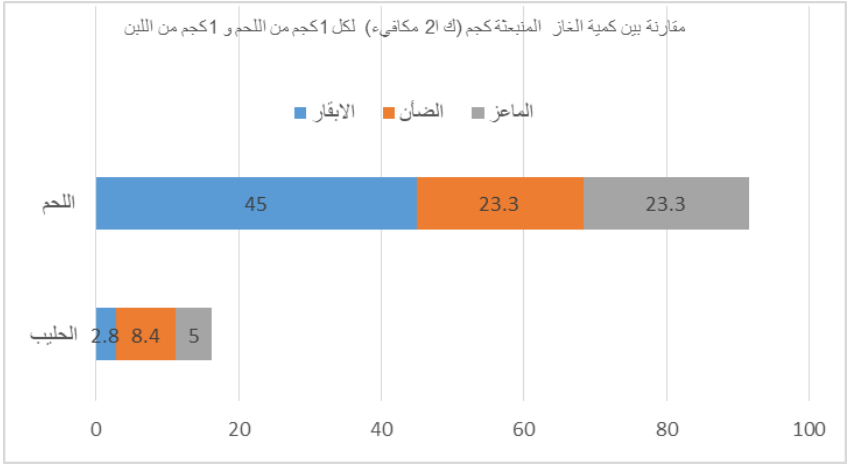


شكل 2. كمية انبعاث الغازات 1 كجم مكافيء ك ا2 لإنتاج واحد كجم من اللحم.



شكل 3. نسبة الغازات المنبعثة من إنتاج واحد لتر من اللبن.

يتضح أن كمية الغازات المنبعثة لإنتاج اللحم أكبر بكثير من إنتاج نفس الوحدة من الحليب 45 مقارنة بحوالي 2.8 في حالة الأبقار و 23.3 مقارنة بحوالي 8.4 في حالة الضأن و 23.3 مقارنة بحوالي 5 في حالة الماعز شكل (4). يلاحظ أن إنتاج اللحوم في الحيوانات المختلفة ينجم عنه أكبر انبعاث للغازات من إنتاج اللبن ربما لاعتماد حيوانات اللحم على الرعي خارج الحظائر مما يضطرها إلى تناول أكبر كمية من الأعشاب التي عادة ما تكون قليل الجودة تحتاج إلى مزيد من الهضم الميكروبي مما يؤدي إلى المزيد من التخمر وانبعاث الغازات.



شكل 4. كمية الغازات المنبعثة ك ا2 مكافيء لكل وحدة إنتاجية من الحليب واللحم للأبقار و الضأن والماعز.

المصدر: القماطي 2023.

المجلة الليبية للعلوم الزراعية، المجلد (29)، العدد (2) 2024: 58- 79

طرق قياس الميثان المنبعث من المجترات

هناك العديد من الطرق المستخدمة لقياس معدل انبعاث الميثان من التخمر الميكروبي داخل الحيوان ومن الروث والمخلفات الحيوانية تم الإشارة إليها بشكل أكثر تفصيلا في مراجع علمية سابقة (Tedeshi *et al.*, 2022 ; O'Connar *et al.*, 2024; Palangi *et al.*, 2022; Testen *et al.*, 2022; Amar *et al.*, 2022) وهي:

-Respiration and accumulation chamber

-In-Vitro Techniques

-Hood and/or head box

- Open - Path Laser

-Gas tracing

-Unperson-Aerial Ground Vehicle UAV /UGF

-Gas sensor capsule

-Satellites

-Li – Dar

-Computer Models

استراتجيات التخلص من الميثان المنبعث من الحيوانات المجترة

لتفادي المخاطر المتوقعة من التغيرات المناخية وازدياد معدل انبعاث الغازات الدفينة من الحيوانتات المجترة والتقليل من الاحتباس الحراري وضعت إستراتجية في اجتماع باريس في العام 2015 كان هدفها المحافظة على أن لا تزداد درجة حرارة المناخ عن 2 °م (Gerber *et al.*, 2003) ، تضمنت هذه الاستراتجية:

1. إدخال أنظمة غذائية مختلفة ومتطورة لتزيد من كفاءة الغذاء والاستفادة القصوى منه.

2. تقنيات جديدة لتحسين الصفات الوراثية للسلالات المحلية وتكثيف برامج الاختيار والاستبعاد مع التركيز على استنباط سلالات ثنائية الغرض.

3. تكثيف المحافظة على التنوع البيولوجي (biodiversity) وتحديد العوامل المؤدية إلى انقراضها.

4. استخدام علائق جديدة ومتزنة هدفها تقليل معدل التخمر الميكروبي وتخمر الروث للتخفيف من انبعاث الغازات ك يد4 , ك ا2 , ن2 ا.

5. تحسين جودة المرعى والاستفادة من المخلفات الزراعية.

هناك العديد من البحوث والدراسات ساهمت في تخفيض كمية الانبعاث من الغازات (GHG) خاصة الميثان المصاحبة لعملية التخمر الميكروبي في المعدة الأمامية للحيوانات المجترة وكذلك الانبعاثات المصاحبة لتخمر الروث وغيرها (سبع الليل، 2024 و FAO , 2023a, 2023 b). تركزت معظم الدراسات والبحوث في معظمها على 3 محاور رئيسية:

1. العمليات الإدارية
2. الغذاء والتغذية
3. التقنيات الحيوية الحديثة

1. استراتجيات تناولت ادارة الحيوان وغيرها

1.1. تخفيض عدد الحيوانات

ذكر Gerber *et al.*, (2011) أن هناك علاقة عكسية بين إنتاجية الحيوان وكمية الغازات المنبعثة و لذلك فإن تخفيض أعداد الحيوانات (كثافة الحيوان/ المساحة) بشكل أفقي والتركيز على التوسع الرأسي بمعنى زيادة إنتاجية الحيوان الواحد يساعد في التخلص من العديد من الحيوانات غير الصالحة للإنتاج. ويتم ذلك من خلال إدارة متقدمة تأخذ في أولوياتها التحسين الوراثي، والتغذية المقننة، وبرنامج صحي وقائي مع برنامج واضح للعمليات التناسلية بمختلف أطوارها. ولقد كان تخفيض أعداد الحيوانات على وحدة المساحة من أنجح الطرق للتخلص من الميثان في عدد كبير من دول العالم. فمثلا في هولندا ازداد إنتاج اللبن من 6270 كجم في العام 1990 إلى 8350 كجم في العام 2008 وانخفض مستوى انبعاث الميثان من 17.6 جرام/ كجم من اللبن إلى حوالي 15.4 جرام/ كجم من اللبن(Bannix *et al.*, 2011). في الهند ازداد إنتاج اللبن من 3.6 كجم/ اليوم إلى 9 كجم/ اليوم، وانخفض انبعاث الميثان من 2.29 إلى 1.38 تراجرام/ السنة.

2.1. تحسين إدارة المرعى

كلما زادت جودة النباتات الرعوية كلما انخفض معدل انبعاث الميثان وذلك بسبب زيادة معدل هضمه (Beauchennin *et al.*, 2008; Beauchamin *et al.*, 2022) فمثلا استخدام الأعلاف البقولية كالبرسيم بنسبة 7.1% من إجمالي الطاقة المهضومة أدى إلى انخفاض في انبعاث الميثان بحوالي 25%، وعند رعي الحيوانات على المرعى البرسيمي مبكراً أدى إلى انخفاض الميثان بحوالي 29 – 45 % في عجول التسمين مقارنة بتلك التي تم رعيها في المراحل الأخيرة من نمو البرسيم.

3.1. تخفيض معدلات الاستهلاك من المنتجات الحيوانية في الدول الصناعية المتقدمة كأمريكا، أوربا الغربية، وروسيا التي تنتج حوالي46.3 % من اللحوم والألبان تنتج فقط 25.5% من غاز الميثان بسبب التخمر الميكروبي في الكرش، بينما في آسيا، أفريقيا، وأمريكا اللاتينية التي تنتج 47.1 % من اللحوم والألبان تنتج حوالي 69 % من الميثان الناتج عن التخمر في الكرش. أشار تقرير(2007) IPCC، أن حوالي 70% من الانبعاث الكلي للغازات الدفيئة (GHG) مصدره الدول النامية.

2. استراتيجيات تناولت الغذاء والتغذية

1.2. نوعية الغذاء

من خلال العديد من الدراسات (Broucek *et al.*, 2018; Beauchamin *et al.*, 2022; Raques *et al.*, 2024) ، اتضح أنه يمكن تخفيض معدل إنتاج الميثان من عملية التخمر الميكروبي الداخلي (Enteric fermentation) بتحسين هضمية الأعلاف من خلال تغذية أعلاف منخفضة في نسبة الألياف (أعلاف بقولية Legumes) مع إضافة الحبوب أو أعلاف مركزة التي تعمل على زيادة الحمضية (انخفاضPH) مما يحفز إنتاج حامض البروبيونيك (Propionic acid, C3). المجترات التي تتغذى على النباتات الرعوية تنتج أكبر كمية من الميثان لكل وحدة من المادة الجافة مقارنة بالتي تتغذى على البقوليات. الزيادة في محتوى الأعلاف في العليقة يقلل من معدل الأكل ويزيد مدة بقاء العلف داخل الكرش ويزيد من انبعاث الميثان من المادة العضوية المهضومة (McAllistar *et al.*, 1996). لاحظ Magdub *et al.*, (1982) أن تغذية مستويات مختلفة من الألياف كان له الأثر في إنتاجية أبقار اللبن تحت الاجهاد الحراري. العليقة المرتفعة في الكربوهيدرات النباتية الذائبة تزيد من إنتاج البروبيومات وتزيد من الحموظة (انخفاض في PH) وتثبط إنتاج الميثان (Vankossel and Russ, 1996). تغذية عليقة عالية في الحبوب يسبب فاقد في الطاقة الناجمة عن الميثان بحوالي أكبر من 50% من تلك العليقة العالية في جودة العلف الخشن (6.5% من الطاقة الإجمالية المهضومة مقارنة بـ 2.4%).

2.2. التحوير الميكروبي في الكرش (Rumen manipulation)

يمكن إجراء بعض التحويرات على عملية التخمر الميكروبي داخل القناة الهضمية لزيادة كفاءة الاستفادة من الأعلاف الخشنة خاصة الرديئة منها وذلك من خلال التحوير في نوع الغذاء، أو التحوير في بيئة التخمر داخل الحيوان أو بكلاهما (Dong *et al.*, 1999; Broucek *et al.*, 2018; Chen *et al.*, 2020; Beauchamin *et al.*, 2022; Raques *et al.*, 2024). تصلب الجدار الخلوي للألياف يحتاج إلى إضافة أنزيمات كالسيليوليز (cellulase) ليقوم بهضم الجدار الخلوي وتحرير السكريات اللازمة لتكوين حامض اللاكتات (Lactic Acid)، إضافة إلى هذا الانزيم في وجود مخلفات القمح زاد من معدل هضم متعدد السكريات (Polysaccharides) من 0.192 إلى 0.359 والبروتين من 0.65 إلى 0.71 (MaCdonalds *et al.*, 2010). وأن إضافة أنزيم الفايتاز (Phytase) لعليقة الماعز زاد من معدل الأكل اليومي من المادة الجافة من 76 الى 84 جرام/ الوزن (0.75).

وزادت هضمية المادة الجافة 11% مع زيادة في معدل النمو اليومي بحوالي 6.5 جرام/الوزن$^{0.75}$. الاستفادة من الأعلاف التقليدية وتحسينها بإضافة اليوريا والمولاس

(Magdub, 1999; Magdub, 2000)، وتصنيعها في شكل قوالب علفية يساعد على عملية الهضم والاستفادة من الأعلاف الرديئة. إضافة بعض الأنواع من الإنزيمات تزيد من هضمية الألياف (اللجنين، السليلوز، الهيمايسليلوز) في عليقة الماعز وتحفز زيادة في عدد البكتريا الهاضمة للألياف وإنتاج الأحماض الدهنية المتطايرة (Volatile fatty acids, VFA)، انخفض عدد البروتوزوا، وزادت كمية الاستفادة من العلف بنسبة 28%. الزيادة في الوزن بمقدار 34.7% في اليوم. إضافة كائنات حية دقيقة من نوع Aspergillus Saccharomyces كما أشار(2010) *Gaggia et al.*, .

وإضافة الفطريات (Fungi) كما ورد في دراسة Sexona *et al.*, 2010). لزيادة إنزيمات من النوع الهاضم للسيلللوز (Hemiclluloase cellulytic) التي بإمكنها هضم اللجنين (Lignin) والسيليلوز وزيادة معدل هضم الألياف وزيادة إنتاج الأحماض الدهنية المتطايرة والبروتين الميكروبي. إضافة أحماض عضوية مثل المالات (Malatte) والفيوماريت (Fumerate) في عليقة المجترات ساعد في تخفيض نسبة انبعاث الميثان وزاد من تكوين حامض البروبيونات (ك3) كما أن إضافة 100 جرام من الفيوماريت/ كجم من المادة الجافة في عليقة الخرفان النامية قلل من انبعاث الميثان بنسبة 60 - 70%.

3.2. إضافة الدهون (Lipids)

يعتبر الدهن من أقوى الإضافات العلفية على الاطلاق في تخفيض كمية إنتاج الميثان من التخمر الميكروبي (Martin *et al.*, 2010, Broucek *et al.*, 2018, Beauchimin *et al.*, 2022) ، حيث لوحظ انخفاض معدل انبعاث الميثان بحوالي 40 % عندما أضيف الدهن في العليقة بنسب عالية. تغذية المجترات 6- 8 % من الدهن من المادة الجافة بغرض زيادة استساغة العلف سبب في فقدان حوالي 10 – 25 % من الميثان ويعزى ذلك أن الدهن يقلل من كمية المادة العضوية المتعرضة للتخمر الميكروبي. إضافة 8 % من الدهن كنسبة من المادة الجافة (Beauchamin *et al.*, 2022) سبب انخفاض في إنتاج الميثان بحوالي 1 جرام/ 1 كجم من المادة الجافة في الأبقار بينما إضافة 10 جرام من الدهن/ كجم من المادة الجافة انخفض الميثان بمعدل 2.6 جرام/1 كجم من المادة الجافة. في مراجعة لعدد من الدراسات على أبقار اللحم واللبن والأغنام وجد(2009) Eckard *et al.*, أن إضافة مصادر زيتية أو دهنية بمعدل 1% من المادة الجافة أدى إلى انخفاض في انبعاث الميثان حوالي 5.6 % وأشار نفس المصدر على أن التفكير في إنتاج أعلاف عالية في الدهن ستكون من أنجح الاستراتجيات في تقليل نسبة انبعاث الميثان.

4.2. اضافات علفية كيميائية وبيولوجية

1.4.2. التانين المستخلص (Condensed Tannins) :

تعتبر مادة "التانين" مركب نباتي طبيعي (Polyphenolic biomolecules) يتواجد في القش والخشب والأتبان والفواكه والزهور وجذور العديد من النباتات. استخدمت هذه المادة كإضافة علفية للمجترات لتثبيط إنتاج الميثان في المعدة الأمامية (Forestomach) فيما يسمى (Anti-Methaanogenhc Factor). يقوم "التانين" بتخفيض انبعاث الميثان عن طريق تخفيض كفاءة هضم الألياف وتخفيض معدل إنتاج الهيدروجين. إضافة مادة التانين إلى أعلاف المجترات أدى إلى انخفاض الميثان بنسبة 13 - 16% (Eckard *et al.*, 2009; Broucek *et al.*, 2018; Raques *et al.*, 2024) وزادت كفاءة هضم البروتين وانخفضت نسبة فقدان النيتروجين في البراز والبول. إضافة هذه المادة بتركيزات منخفضة في عليقة المجترات كان لها الأثر الإيجابي على إنتاج اللبن والنمو وجودة الصوف والإقلال من أعراض النفاخ (Bloat) والقضاء على الطفيليات.

2.4.2. أيونوفورس Ionophores

وهي مواد كيميائية تعمل كمضادات حيوية (Carboxylic Polyether Antibiotics) تستخدم كإضافة علفية للمجترات لزيادة الكفاءة والتحويل الغذائي للأعلاف. من أهم هذه المضادات هو المونينسين (Monensin) الذي يتم استخلاصه من

البكتريا ويستخدم في كثير من دول العالم لزيادة إنتاجية الحيوانات المجترة خاصة في الولايات المتحدة الامريكية (Dong *et al.*, 1999; Raques *et al.*, 2024; Beauchemin *et al.*, 2022) ويعمل على تخفيض انبعاث الميثان من خلال التغيير في النسبة بين حامض الاستيتات (ك2) وحامض البربيونيك (ك3) وتخفيض عدد البوتوزوا في المعدة الأمامية. حقن الحيوان 24 - 35 مليجرام من المونينسن/ 1 كجم من وزن الجسم سبب انخفاض في إنتاج الميثان بحوالي 4 - 13 جرام/ اليوم وحوالي 0 - 10 جرام من الميثان/ اليوم/ كجم من المادة الجافة المستهلكة في أبقار اللحم واللبن. يلاحظ أن تأثير هذا المركب على عملية تكوين الميثان تعتبر من النوع العابر(Transit) بمعنى زمني فمثلا أشار Guan *et al.*, (2006) أن إضافة 33 مليجرام/ 1كجم من المادة الجافة سبب انخفاض في الميثان بحوالي 27 – 30% وذلك خلال 2 - 4 أسابيع الأولى بعد الاضافة؛ وذلك ربما لوجود تأقلم للبكتريا والبروتوزوا خلال هذه الفترة. في دراسة أخرى (Odongo *et al.*, 2007) لاحظ أن إضافة المونينسين إلى أبقار اللبن انخفض معدل إنتاج الميثان لمدة 6 أشهر. وبالرغم من وجود فترة تأقلم للكائنات الدقيقة إلا أنها تعتبر من التقنيات المستخدمة في تخفيض انبعاث غاز الميثان وفي زيادة الكفاءة الإنتاجية للحيوانات المجترة.

3.4.2. منتجات الوقود الحيوية Biofuel byproducts

وهي مستخلصات يتم إنتاجها من واقع المخلفات الناتجة عن عمليات تخمر النشا والحبوب لإنتاج ما يسمى (Dried distiller's grains, DDGS) تستخدم في علائق المجترات لزيادة القيمة الغذائية للبروتين والدهن والألياف المعتدلة (Nutrient Detergent Fibers, NDF) بمعدل 3 أضعاف مقارنة بالغذاء على الحبوب التقليدية وينتج عنها انخفاضا معنويا في إنتاج الميثان بسبب التغير في النسبة بين ك2 ، ك3.

4.4.2. الجلايسين الخام Crude glycerol/glycien:

استبدال النشا في عليقة المجترات بإضافة الجلايسرول بنسبة 15% من المادة الجافة زاد من معدل استهلاك المادة الجافة وضهمية الألياف وإنتاج اللبن وقلل انبعاث الميثان (Fisher *et al.*, 1997).

5.4.2. الصابونين Saponin

الصابونين هي مجموعة من السكريات النباتية تتواجد في كثير من الأعشاب البقولية تضاف إلى أعلاف المجترات لإضافة الرطوبة واللزوجة للألياف ليسهل هضمها وتساعد بشكل جيد في الإقلال من انبعاث الميثان وذلك بتثبيطها لنشاط البروتوزوا وتغيير البيئة الداخلية للكرش (Wang *et al.*, 1999; Raques *et al.*, 2024) ، ولقد انخفض معدل الميثان إلى حوالي 26 % وفي عدد البروتوزوا عندما أضيفت مادة الصابونين بمعدل 8 مليجلرام/ 1كجم من المادة الجافة.

6.4.2. الطحالب Algae

وهي مجموعة كبيرة من النباتات المائية أهمها تبن البحر(Sea Weeds) تستخدم كعلف بديل للمجترات وهي تقوم بإنتاج نوعين من الدهون غير المشبع (ك20:5 ، ك22:6) يعملا على تحوير مسار التخمر الميكروبي إلى تكوين البروتين الميكروبي والتقليل من الميثان (Johnson and Johnson1995 , Abott *et al.*, 2020).

7.4.2. مثبطات إنتاج الميثان Anti-Methanogensis :

وهي مواد كيمائية تستخدم في تثبيط إنتاج الميثان في المجترات بنسبة تتجاوز 50% في الأبقار والأغنام (Miss *et al.*, 1994) . إضافة مثبط BCM إلى عليقة الماعز نتج عنه انخفاض في انبعاث الميثان بمعدل 33% مقارنة بالحيوانات المقارنة (Abecia *et al.*, 2012; Dong *et al.*, 1999; Raques *et al.*, 2024). من أهم هذه المثبطات:

Chloroform, BromoChloromethane - BCM, Cyclodextrine, 2-Bromo-Ethenne-Sulfate,BES

8.4.2. النيترات Nitrates

أدى انخفاض الميثان إلى حوالي 50% عندما أضيفت النيترات إلى علائق المجترات (Hulshofat *et al.*, 2012; Raques *et al.*, 2024; Zang *et al.*, 2018).

9.4.2. الفطر الأبيض (الفقاع) White rot fungi

تعتبر إضافة هذا الفطر من التقنيات البيولوجية حديثة الاستخدام في تغذية المجترات لأن لديه الكفاءة العالية في إنتاج إنزيم اللايجاز (Ligase) الذي يقوم بتحويل الهيما سليلوز إلى سيليلوز ليزيد من القيمة الغذائية للعلف ويزيد من إنتاج البروتين الميكروبي ومن معدل الهضم ومعدل أداء الحيوان (Yilk *et al.*, 2015; Mahesh and Mohinni, 2013).

10.4.2. المحفزات الحيوية Probiotics

عبارة عن بكتريا حية كالخميرة (Yeast) تتواجد في المواد المتخمرة وتضاف لعلائق المجترات لتحسين هضمية الألياف من خلال تحفيز نشاط البكتريا النافعة وتثبيط البكتريا الضارة التي تقوم بتحويل الهيدروجين الناتج عن التخمر الميكروبي إلى تكوين حامض الاسيتات أحد مصادر الطاقة للحيوان المجتر بدلا من تكوين الميثان (Wang *et al.*, 2016).

3. استراتجيات اهتمت بدور التقنيات الحيوية والوراثية الجديدة

1.3. التحسين الوراثي من خلال التحور الجيني (Genetic improvement by gene modification)

تعتبر هذه التقنية من أهم الوسائل التي يتم من خلالها اختيار الحيوان الأمثل وتحسين الإنتاجية للتأقلم للظروف البيئية المختلفة منها اختيار الحيوان المجتر الأقل انبعاثا للميثان. هناك عدد من الباحثين (Tayo *et al.*, 2016; Kim *et al.*, 2016; Raques *et al.*, 2024) استخدموا هذه التقنية للتعرف على خصائص التأقلم للحيوانات الإستوائية والتي منها يتم اختيار الحيوانات الأكثر ملائمة والأكثر إنتاجا. حديثا أصبح استخدام تقنية التعرف على الحمض النووي المنزوع الأوكسجين (DNA marker) باستخدام تقنية تحليل (Single genotype polymorphism, SNP assay) الأكثر شيوعا في تحديد القاعدة الأساسية لتأقلم الحيوان (Kim *et al.*, 2016; Jyotiranjan *et al.*, 2017) الذي قام بتحليل مورثات مخصصة لعملية الانتخاب الوراثي (genetic selection) لتأقلم الحيوانات للمناطق الحارة ومن أهم هذه المورثات:

مورثات لها علاقة بالنمو والزيادة في الوزن:

Bone morphogenetic protein 2, BMP2

Gaba-junction beta-2 protein, GIB2

Bone morphogenetic protein 4, BMP

Gaba -junction alfa-3 , GJA3

* مورثات لها علاقة بالأيض والطاقة :

1. Aldhyde-dehydrogenase , ALDHI A3.1

2. MUTYH , MYH

3. Thyrotropin releasing hormone degrading enzyme, TRHDE

* مورثات لها علاقة بالتحمل الحراري (heat **tolerance**):

1. Guanine nucleotide binding protein alfa-13, GNA13

2. Fibroblast growth factor-2 , FGF2

3. Phospholipase -C beta 1 , PLC Beta1

2.3. زيادة المستوى الصحي للحيوان

هناك العديد من الأمراض التي تصيب الحيوان منها معدي ويصيب الإنسان، وكثير منها يتواجد بيئيا مع الحيوان مثل (Tubersclorosis (TB), Salmonellosis, foot and mouth disease, Brucellosis, Riderpest etc...) ، وهناك أمراض أخرى تتواجد بسبب التغير البيئي والمناخي (Anthrax, Black leg, Pasteurelosis, Blue tongue etc...) ، ومن خلال التقنيات الحيوية يمكن معالجة ومقاومة هذه الأمراض وذلك بإدخال جينات محددة داخل الجينوم (Genom) واختيار النظام المناعي المناسب لمعالجة المرض باستخدام تقنية نقل الأنوية (Nuclear transform technique) التي تقوم بتمكين الجينات النافعة والتخلص من الجينات الضارة (Gene Knock-out) كما بيَّنها Lewin (1989). كما يمكن الحصول على حيوان مقاوم للمرض باستخدام تقنية (Embryonic stem cell transgenic approach Wheeler 2012). زيادة مقاومة الأمراض

يمكن أن تتم من خلال تقنية نقل المورثات المقاومة للأمراض عبر الأجيال وفي ما بينها (Through gene introgression) من خلال تكثيف عملية التهجين والاختيار للحيوانات الأكثر مقاومة للأمراض (Wakchaure *et al.*, 2015).

في مراجعة علمية حديثة أجراها Beauchamine *et al.*, (2022) على الطرق المختلفة المستخدمة في الإقلال من انبعاث الميثان في الحيوانات المرباة في الداخل وفي المرعى أوضح مدى فاعلية هذه الطرق على كمية النقص في الميثان (جرام/ اليوم) و (جرام/ كجم من اللحم واللبن) وكذلك أثرها على إنتاجية الحيون ولخصها كما في الجدول (8).

جدول8. الطرق المستخدمة في تخفيض معدل انبعاث الميثان الداخلي(Enteric) للحيوانات المجترة.

الاستراتيجية	توقع انخفاض انبعات الميثان%		الأثر على الإنتاجية
	جرام /اليوم*	جرام/كجم حليب أو لحم	
زيادة إنتاجية الحيوان	زيادة	15 -25	زيادة
اختيار الحيوان الأمثل انبعاثا للميثان	15	يحتاج الى دراسة	متغيرة
إضافة العلف المركز والدهن	زيادة	15 - 24	زيادة
زيادة هضمية الأعلاف	زيادة	15 - 24	زيادة
استخدام البقوليات المعمرة	متغيرة	%15	متغيرة
أعلاف عالية في السكريات (النشا)	15	15	زيادة قليلة
أعشاب سكرية	15	15	لا تغيير
أيونوفورس (Ionophores)	0 - 15	15	زيادة
أسبارجلس (Asparagellus)	25 <	25 <	متغيرة
أحماض عضوية	15 - 24	متغيرة	متغيرة
نيترات	15 - 24	15	زيادة قليلة
الزيوت الضرورية	15	0 - 15	زيادة قليلة
Tennines & Saponins	15	لا تغيير	يحتاج دراسة
ميكروبات حية	0	0-15	زيادة قليلة

المصدر: (Beauchamine *et al.*, 2022) * زيادة: تعني زيادة في انبعاث الميثان.

الاستنتاج

يتعرض المناخ إلى تغير ملحوظ في درجات الحرارة بشكل متزايد بسبب الزيادة المفرطة في انبعاث الغازات الدفيئة، أصبحت هذه الظاهرة عالمية لا يستثنى منها أحد، وبالتالي تقوم المنظمات الدولية وضعها ضمن الأولويات من خلال تشريع القوانين اللازمة التي تنظم مصادر هذه الغازات. هناك العديد من مصادر انبعاث الغازات الدفيئة ولعل أكبرها الناجم عن أنشطة الطاقة والنفط والزراعة والتصنيع وغيرها. من أهم الغازات التي تساهم بدرجة كبيرة في زيادة حرارة المحيط هو غاز الميثان وهو أيضا ينبعث من مصادر مختلفة أهمها الحيوانات المجترة (الأبقار، والأغنام والإبل). الزيادة في عدد السكان يقابلها زيادة في الطلب على المنتجات الحيوانية (بروتين وطاقة)، زيادة الطلب على المنتجات الحيوانية لا بد أن يوازيها كثافة حيوانية (كما

ونوعا)، وهذه بدورها تحتاج إلى توفير الأعلاف اللازمة (كما ونوعا) وهذا في المقابل يحتاج إلى تخمر ميكروبي للأعلاف اللازمة لإنتاج أهم مصادر الطاقة للحيوانات المجترة في صورة أحماض دهنية متطايرة وبروتين ميكروبي وما يصاحب هذه العملية من انبعاث في الغازات يتطلب الأمر طردها خارجا إلى البيئة المحيطة إضافة إلى كميات من الميثان يتم انبعاثها من عمليات جمع وتخزين ونقل للروث ومخلفاته. إنتاج الغازات داخل الحيوان في حد ذاته يعتبر ميزة هضمية تنتج عن عملية التخمر داخل القناة الهضمية ولكن تجمعها بكميات كبيرة خارج جسم الحيوان يؤدي إلى مشاكل بيئية كبيرة. وعلى هذا فإن التخلص أو التخفيض من معدل انبعاث هذه الغازات يتم على مستويين: مستوى المعدة الأمامية من خلال استراتجيات تحسين الحيوان والغذاء والصحة، وعلى مستوى إدارة ومداولة الروث بداية من التجميع والتخزين والاستخدام المزرعي وغيرها. وفي الختام فإن وضع استراتجية وطنية لدراسة ومعرفة مستوى مساهمة الحيوانات المختلفة (مجترات، أحادية المعدة، الدواجن والطيور بأنواعها) في انبعاث الغازات الدفيئة يجب أن تكون من أولويات البحث العلمي في مجال الإنتاج الحيواني استكمالا لمصادر الانبعاث الغازي الأخرى تنفيدا للقرارات والاتفاقيات الدولية التي ترعاها الأمم المتحدة لكون هذه المشكلة تهم الجميع و لا يتم حلها إلا بالجميع.

المراجع

القماطي، أحمد المجدوب. 2023. التغيرات المناخية وأثرها على الإنتاج الحيواني. ندوة الأمن الغذائي 4. كلية الزراعة جامعة طرابلس - ليبيا.

القماطي ، أحمد المجدوب. 2024. قياس انبعاث غاز الميثان والنيتروجين من حيوانات المزرعة 2024. " تحت النشر".

منظمة الأغذية والزراعة (FAO). 2023 a. تقرير يرسم مسارات خفض الانبعاثات الناتجة عن الثروة الحيوانية.

منظمة الاغذية والزراعة (FAO). 2023b. تقرير حول وضع طرائق للحد من انبعاثات غاز الميثان الصادرة عن الثروة الحيوانية والارز.

سبع الليل، أحمد. 2024. تقليل انبعاثات غاز الميثان من الأبقار كحلول محتملة. المناخ العربي مايو 2024.

علي، محمد السيد 2024 . كيف تساهم الثروة الحيوانية في انبعاثات غاز الميثان في مصر؟ Nature Middle East 2024.

Abecia, L.; Toral, P.G.; Martín-García, A.I.; Martínez, G.; Tomkins, Molina-Machmuller, A.; Ossowski, D. A. & Kreuzer, M. (2012). Comparative evaluation of the effects of coconut oil, oilseeds and crystalline fat on methane release, digestion and energy balance in lambs. Animal Feed Science and Technology, 85: 41.

Abott, D.W.; Aesen, I. M.; Beauchimin, K. A.; Groundahle, F.; Gruniger, R. & Hays, M. 2020 . Seaweeds and seaweed bioactives for mitigation of methane. Challenges and Opportunities. Animals 10:2432.

Amar, H.; Abidji, S.; Ayad, M.; Mujahid, N.; Delhario Marti, M.E.; Chahine, M.; Boura0ui, R. & Mohamed, H. C. 2020 .Estimation of Tunisian Greenhouse Gas Emissions from Different Livestock Species. Journal of Agriculture 10: (11) 562.

Alexder , A.; William, J.P. & Zangtan, yu. 2012. Full adoption of the most effective strategies to mitigate methane emission by ruminants can help meet 1.5 C target by 2030 but not 2050. PANAS 119: 20.

Attwood, G. T.; Altermann, E.; Kelly, W. J.; Leahy, S. C.; Zhang, L. & Morrison, M. 2011. Exploring rumen methanogen genomes to identify

wild ruminants, other herbivorous fauna and humans. Tellus 38B : 271 - 284.

Dineshing, S. C. & Ghosh, N. 2014. Impact of climate change on livestock production: A Review. Journal of Animal Research 4: 223 - 239.

Dong, Y.; Bae, H. D.; Mc-Allistor, T. A.; Mathison, G. W. & Chang, K. G. 1999 Effects of exogenous fibrolytic enzymes and Bromoethane sulfate and monensine on fermentation in rumen Simulation. Canad. J. Animal Sci.79: 491 - 498.

Eckard, R. J.; Grainger, C. and de Klein, C. A. M. 2009. Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: A review. Livestock Science, 130: 47- 56.

FAO, 2003. Greenhouse gas emissions from ruminants supply chain. A global life cycle Assessment.

FAO, 2006. World Agriculture .Towards 2030/2050. FAO. Rome.

FAO. 2016: Key to achieving 2030 Agenda for sustainable development. FAO.

FAO, 2020. World Agriculture: Towards 2015/2030. An FAO Perspective pp. FAO, Rome, Italy, 97 pp.

Finlay, B. J.; Esteban, G.; Clarke, K. J.; Williams, A. G.; Embley, T. M. and Hirt, R. P. 1994. Some rumen ciliates have endosymbiotic methanogens. FEMS Microbiology Leters, 117: 157- 162.

Fisher, L. J.; Erfle, J. D. and Sauer, F. D. 1997. Preliminary evaluation of the addition of glucoenic materials to the rations of lactating cows. Canad. J. of Anim. Sci. 51: 721 - 727.

targets for methane mitigation strategies. Animal Feed Science and Technology, 166 167, 65- 75.

Bannink , A.; VanSchijndel, M. W.; & Dijkstra , J. 2011. A model of enteric fermentation in dairy cows to estimate methane emissions. Animal Feed Sci. Tech. 166: 603 - 6118.

Beauchamine, K. A.; Kreuzer, M.O.; O'Mara ,F. & McAllister,T. A. 2009. Nutritional management for enteric methane abatment: A Review. Aust. J. Exper. Agric. 48: 21 -27.

Beauchemin, K.; Emilio, M.; Ungerfeld, Adibe L.; Abdalla, Clementina Alvarez,Claudia Arndt, Philippe Becquet, Chaouki Benchaar, Alexandre Berndt, Rogerio M. Mauricio, Tim A. McAllister, Walter Oyhantçabal, Saheed A. Salami, Laurence Shalloo, Yan Sun, Juan Tricarico, Aimable Uwizeye, Camillo De Camillis, Martial Bernoux, Timothy Robinson, & Ermias Kebreab. 2022. Invited review: Current enteric methane mitigation options. J. Dairy Sci. 105:9297–9326 .

Broucek, J.2018. Options to methane production abatements in ruminants. A Review. J. Animal. Plant Sci. 28: 348 - 364.

Byeng, R. M.; Soleiman, S. ; Waldrip, H.; David, P.; Richard, W. & Brewer, D. 2020 . Animal Nutrition. 6: 231 – 246.

Chen, H.; Gan, O. & Fan, C. 2020. Methyl M Reductase and its post-transitional modifications .Font Microbiol. Vol. 11. 2020.

https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.578356

Crutzen, p. J.; Aselmann, I. & Seiler, W.1986. Methane production by domestic animals,

and Perdok, H. B. 2012. Dietary nitrate supplementation reduces methane emission in beef cattle fed sugarcane based diets. J. Anim. Sci., 90:2317–2323.

IPCC. 2001. Third assessment report. Climate change and the Mediterranean region.

IPCC. 2006. Emissions from livestock and manure management. In: S. Eggleston, L.; Buendia, K.; Miwa, T. Ngara and K. Tanabe (eds.), IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use (Cambridge, New York: IGES), pp. 1- 89

IPCC. 2007. Climate Change: Synthesis Report; Summary for Policymakers. Retrieved from: http://www.ipcc. ch/pdf/ assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spm .pdf.

Johnson, K. A. and Johnson, D. E. 1995. Methane emissions from cattle. Journal of Animal Science. 73:2483- 2492 .

Jyotiranjan,T.; Mohaptra, S.; Mishra, C.; Dalai, N. and Kundu, A. K. 2017. Heat tolerance in goat - A genetic update. Tha Pharma Innovation Journal 6: 237 – 245.

Mahesh, M. S. and Mohini, M. 2013. Biological treatment of crop residues for ruminant feeding: A Review. African J. of Biotechnology. 12: 4221 - 4231.

Kim, E-S.; Elbeltagy, A. R.; Aboul-Naga, A. M.; Rischkowsky, B.; Sayre, B.; Mwacharo, J. M. and Rothschild, M.F. 2016. Multiple genomic signatures of selection in goats and sheep indigenous to a hot arid environment. Heredity, 116(3): 255.

Gaggìa, F.; Mattarelli P. and Biavati, B. 2010. Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. International Journal of Food Microbiology. 141, S15-S28 .

Gerber, P.J.; Hristov, A.N.; Henderson, B.; Makkar, H.; Oh, J.; Lee, C.; Meinen, R.; Montes, F.; Ott, T.; Firkins, J.; Rotz, A.; Dell, C.; Adesogan, A.T.; Yang, W.Z.;Tricarico, J.M.; Kebreab, E.; Waghorn, G.; Dijkstra, J. and Oosting, S. 2003. Technical options for the mitigation of direct methane and nitrous oxide emissions from livestock: a review. Animal, 7(S2), 220-234.

Gerber, P.; Vellinga, T.; Opio, C. and Steinfeld, H. 2011. Productivity gains and greenhouse gas emissions intensity in dairy systems. Livest. Sci., 139: 100–108.

Global USAID fact sheet 2020.

Global emission, USAID, Fact sheet. Oct. 2022.

Grainger, C. and Beauchamine ,K. A. 2011. Can enteric methane emissions from ruminants be lowered without lowering their production? Animal feed Sci. And Tech. 166: 308 - 320.

Guan, H.; wittenberg, K. M.& Omniski, K. H. 2006. Efficacy of ionophors in cattle diets for mitigation of enteric methane gas. Animal Sci. 84: 1896 - 1906.

Guo,W.S.; Schaefer, D. M.; Guo, X. X.; Pen, L. P. & Menge, O. X. 2006. Use of nitrate-nitrogensis. Asian-Austr. J. of Animal Sci. 22: 542 - 549 .

Henery ,B. and Echard, R. 2009. Green house gase emissions in livestock production systems. Tropical Grass Lands. 43: 1 - 7.

Hulshof, R. B. A.; Berndt, A.; Gerrits, W. J. J.; Dijkstra, J.; van Zijderveld, S. M.; Newbold, J.R.

Agricalturae Scand Section A. Vol. 62: 4, 199 - 211.

Moss, A. R. 1994. Methane production by ruminants. A Review. Nutr. Abst. Rev. Ser. B64: 786 -806.

Muxicheng, B.; McCarl, B. and Cheng, C. 2022. Climate change and livestock production: A Review. Atmosphere 13: 140.

O'Connor, S.; Noonan, F.; Savage, D. and Walsh, J. 2024. Advancement in Real-Time monitoring of entric methane emissions. Agriculture 14: 1096.

Odongo, N. E.; Bagg, R.; Vessie, G.; Dick, P.; Or-Rashid, M. M.; Hook, S. E.; Gray, J. T.; Kebreab, E.; France, J. and McBride, B. W. 2007. Long-term effects of feeding monensin on methane production in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 90, 1781 -178.

Palangi, V.; Taghizadab, A.; Abachi, S. and Lanker, M. 2022. Stratgeies to matigate enteric methane emissions in ruminants : A Review .Sustainability 14 : 13229.

Palangi , V. and Lackner , M. 2022. Management of enteric methane emissions in ruminants using feed additives. A Review. Animals (Basel) 12: 3452.

Raques , S.; Martinez-Fernandez, G.; Ramay0-Goldas, Y.; Popova, M.; Danman,S.; Meale, S. J. and Mogani , D. P. 2024. Recent advances in enteric methane mitigation and the long road to sustainable ruminant production. Annual Review of Animal Biosciences. 12: 321 - 343.

Smruti Smita Mohaptra, Joydip Mukherjee, Mukesh Kumar Bharti, Monish Kumar and Thulasiraman Parkuman. 2022. Effect of

Lewin, H. A. 1989. Disease resistance and immune response genes in cattle: strategies for their detection and evidence of their existence. Journal of Dairy Science, 72(5):1334- 1348.

Magdub, A. B.; Johnson H. D. and Belliy, J. 1982. Effect of environmental heat stress and fiber levels on thyroid physiology of dairy cattle. J. Dairy Sci. 65: 2323 -2331.

Magdub, A. A. 1999. The use of non-controversial feeds in Ruminant nutrition. The first conference on natural resources of Sirt Gulf. 28 - 31 /11/1999.

Magdub, A. A. 2000. Environmental factors affecting meat production in Arab World. The conference on the use of new techniques to improve production in the Arab World. 8 - 10 /2/ 2000. Khortum , Sudan.

Martin, C.; Morgavi, D. P. and Doreau, M. .McAllister, T. A., Okine, E. K., Mathison, G. W. & Cheng, K. J. 2010. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. Canadian Journal of Animal Science, 76, 231- 243

McCaughey, W. p.; Wittenberg , K. and Corrigan ,D. 1999. Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows. Can. J. Animal Sci. 79: 221 - 226 .

McDonald, P.; Edwards, R. A.; Greenhalgh, J. F.D.; Morgan, C. A.; Sinclair, L. A. and Wilkinson, R. G. 2010. Animal Nutrition 7th Eds. Pearson Books, UK .

Meale ,S. J.; Micallister ,T. A.; Beauchemin ,K. A.; Harsted , O. M. , and Chaves, A. V. 2012. Review article: Strategies to reduce greenhouse gas from ruminant livestock. Aca.

UN climate change fact sheet, Libya 2020.

VanKessel, J. A. S. and Russell, J. B. 1996. The effect of pH on ruminal methanogenesis. Fems Microbiology Ecology. 20: 205-210.

Waghorn, G. C.; Clark, H.;Taufa, V. and Cavanage, A. 2008. Monensen controlled release capsules of methane mitigation in pasture fed dairy cows. Aust. J. of Exper. Agric.48: 65 - 68.

Wang, Y. X.; McAllister, T. A.; Newbold, C. J.; Ceeke, P. R. and Cheng, K. J. 1999. Effects of Yucca extract on fermentation and degradation of saponins in the Rusitec. Proceedings of the Western Section, American Society of Animal Science. 48: 149 -152.

WRI. CAIT 2. 2017. Climatic analysis indicators tool: WRI climate data explore. WASH. D. C. WORID RESOURCES INSTITUTE. Progress and challenges. Animal Feed Science and Technology. 147:116-139.

Yilkal, T. 2015. Role of white rot fungi as a biological treatment of low qualityanimal feeds: Review. Scholarly Journal of Agricultural Science. 5(7): 247-255.

Zhang, Z. w.; Cao, Z. J.; Wang, Y. L.; Wang, Y. J.; Yang, H. J.; Li, S. C. 2018. Nitro compounds as potential methagonic Inhibitors in ruminant animals. A Review: Animal feed Sci. Technology: 107 - 114.

global climate change on livestock production and mitigation strategies to climate changes: A Review. International Journal of current Microbiology and Applied Sciences. Vol. 11: 1, 34- 45.

Stienfield , H.; Gerber,P.; Wasnnart Castal, V. 2006. Livestock long shadow. Envir. Issues & options, FAO, Rome .

Testen,T.; Sanjoro, R. A.; Kwon, M. and Kim, S. W. 2022. Strategies to matigate enteric Methane emissions in ruminant animals. J. Micrbiol.Biotech 32: 269 – 277.

Taye, M.; Lee, W.; Caetano-Anolles, K.; Dessie, T.; Hanotte, O.; Mwai, O. A.; Kemp, S.; Cho, S.; Oh, S. J.; Lee, H. K.; and Kim, H. 2016. Whole genome detection of signature of positive selection in African cattle reveals selection for thermo tolerance. Animal Science Journal. 88(12): 1889-1901.

Tedeschi, L.O.; Adibe Luiz Abdalla; Clementina Álvarez; Samuel Weniga Anuga; Jacobo Arango; Karen, A. Beauchemin; Philippe Becquet; Alexandre Berndt; Robert Burns; Camillo De Camillis; Julián Chará; Javier Martin Echazarreta; Mélynda Hassouna; David Kenny; Michael Mathot; Rogerio M. Mauricio; Shelby C. McClelland; Mutian Niu; Alice Anyango Onyango; Ranjan Parajuli; Luiz Gustavo Ribeiro Pereira; Agustin del Prado; Maria Paz Tieri; Aimable Uwizeye and Ermias Kebreab. 2022. Methods of Quantification of methane emitted by ruminants. A review: Journal of Animal Science, 2022, 100, 1–22.

المجلة الليبية للعلوم الزراعية، المجلد (29)، العدد (2) 2024: 58-79

THE LIBYAN JOURNAL OF AGRICULTURE
Volume (29), No. (2), 2024: 58 - 79

Rumen Methane Emission, Relation to Global Warming and Strategies to Ameliorate

Ahmed Magdub Algomati

Department of Animal Production- Faculty of Agriculture - University of Tripoli, Libya

Abstract

Ruminant animals are on a continuous symbiotic association with surroundings. They acquire their own protozoa and bacteria directly from the surrounding post-partum to establish rumen function; in addition they need food, water and air thereafter. On contrast animals need to exhaust gas and expel urine and faeces to surroundings Ruminant are also in symbiotic relation with microbes, they provide microbes with food, and water for them to grow, reproduce and perform rumen fermentation. On the other-hand ruminant animal will get benefits from the best quality protein (microbial protein), manufactured by microbes to get their requirements from energy and protein for their growth, production and reproduction. As a result of continuous microbial fermentation, the accumulation of methane and other gas will remain. As due to methane high greed ability to absorb environmental heat which amounted to 84 x than ability of CO_2. One ton of methane can emit heat by about 28x compared to same weight of CO_2. As due to this, it was expected that air temperature will reach 1.8 - 4 C° by year 2050. The consequence of that the whole of the globe will get more warm. The estimated total GHG emitted from livestock activities globally was about 6490 Tg CO_2.eq, of which 26% from microbial rumen fermentation. The total contribution of different ruminant in methane emission globally (million ton CO_2 eq.) was 2495 for beef, 2128 for dairy cows and 747 for sheep. Based on unit of animal product the emission was ($kgCO_2$ eq): 30/kg beef, 25 / kg sheep meat and 3 / kg milk. The amount of methane emitted will depend on type of animal, its size, productivity, health, type of management (confined, or on range), type of food and quality, resistance to disease and parasites, adaptation to surroundings...etc. Amelioration of methane emission from ruminant activities becomes a priority for all countries due to negative effect on global warming. Some strategies have been applied to mitigate such effects: 1. manipulation and improvement of the existent situation on level of animals (reduce numbers, increase productivity, rumen manipulation, feed additives and new micro-organisms. 2. manipulation of feed and nutrients by adding lipids, essential oils, enzymes, ionophores, Tannins, Saponines, Algae, Fungi, concentrates, low fibers, non-conventional feeds. 3. Use recent advances in genetic and biotechnology to select for better genes allow for low methane emission, high heat tolerant animals, high disease and parasite resistant animals. It is still more practical and easier strategically under our local conditions to look closely to the animal and feed and try to end up with high efficient animal that can depend on whatever feed available and able to be converted to edible food.

Key wards:ruminants, global warming, GHG, methane, measurement of methane, Ameliorating strategies.

***Corresponding Author: Ahmed Al-Magdub Gomatti. Dep. of Animal Production , Fac. Of Agric. Univ. of Tripoli.**

Phone: +218913129622 **E-mail: ahmedalmajdob@gmail.com**

Received: 9/7/2024 **Accepted: 10 /11/ 2024**