

Rhan 2: Nwyon tŷ gwydr a gynhyrchir wrth fagu moch

Dr Cate Williams: IBERS, Prifysgol Aberystwyth.

- Ar ôl diystyru effeithiau cynhyrchu porthiant, tail sy'n cynhyrchu'r rhan fwyaf o nwyon tŷ gwydr yn y broses o fagu moch.
- Mae'r math o siediau a ddefnyddir yn cael effaith sylweddol ar allyriadau ocsid nitraidd ac amonia, ac mae lloriau delltog yn cynhyrchu 20% yn llai o'r rhain.
- Mae tail moch yn addas iawn ar gyfer treuliad anaerobig ac yn cynhyrchu gwrtaith cryf o ran bioargaeledd, yn ogystal ag egni adnewyddadwy, gan leihau effeithiau amgylcheddol ffermio moch.
- Mae defnyddio gwadn lusg (*trailing shoe*) neu chwistrellu yn fas yn lleihau'n sylweddol yr allyriadau sy'n cael eu rhyddhau wrth wasgaru tail ar y tir, yn enwedig wrth ddefnyddio gweddillion y treuliwr anaerobig sy'n anweddol iawn.

Gan mai [porc yw'r cig sy'n cael ei fwyta fwyaf ar draws y byd](#), mae'r broses o fagu moch yn chwarae rhan sylweddol yn y diwydiant cynhyrchu da byw, ond mae hyn yn cael ei ddistyru weithiau oherwydd bod llawer o feirniadaeth yn cael ei hanelu tuag at anifeiliaid cnoi cil. Wrth i bobl graffu'n agosach ar y diwydiant ffermio o ran ei effeithiau amgylcheddol ac allyriadau tŷ gwydr, mae'n bwysig peidio ag anghofio'r cyfraniad mae anifeiliaid unstumogaidd, fel moch ac ieir, yn ei wneud yn ogystal ag anifeiliaid cnoi cil. Mae moch yn cynhyrchu [819 miliwn tunnell cyfwerth â CO₂ y flwyddyn](#), ond mae hyn yn swm bach o'i gymharu ag anifeiliaid cnoi cil sy'n cynhyrchu 5,024 t. Eto i gyd, gyda phoblogaeth sy'n dal i dyfu i'w bwydo, byddwn yn debygol o weld cynnydd yn nifer yr anifeiliaid unstumogaidd a chynnydd yn eu hallyriadau o'r herwydd. Mae erthygl flaenorol wedi ystyried y nwyon tŷ gwydr sy'n deillio o'r broses dreulio (allyriadau enterig) a chynhyrchu porthiant gan edrych ar ffyrdd o'u lleihau. Mae cynnig deiet sy'n isel mewn protein (13-14%) ac sy'n seiliedig ar ffynonellau protein a dyfir ar y fferm neu yn ddomestig (gan ddileu neu leihau mewnforion soia) ochr yn ochr ag asidau amino penodol yn cynnig [strategaeth liniaru ddeietegol addawol](#). Mae'r math hwn o ddeiet yn lleihau faint o nitrogen sy'n cael ei ysgarthu (N) ac a fyddai fel arall yn cael ei drosi yn amonia (NH₃) ac yna ei ddefnyddio i greu'r nwy tŷ gwydr cryf, ocsid nitraidd (N₂O). Mae cynhyrchu bwyd anifeiliaid a'i gludo yn cyfrif am swm sylweddol o'r nwyon tŷ gwydr a gynhyrchir wrth

fagu moch ([50-70%](#)) ond yn aml nid yw'r rhain yn cael eu cynnwys mewn dadansoddiadau, ac felly tail yw'r cyfrannwr mwyaf o ran allyriadau ([hyd at 89%](#)) gan olygu ei fod yn darged deniadol ar gyfer mesurau lliniaru. Bydd yr ail erthygl hon yn ystyried sut a pham mae nwyon tŷ gwydr yn cael eu rhyddhau o dail moch a sut gellid eu lleihau.

Nwyon tŷ gwydr o dail

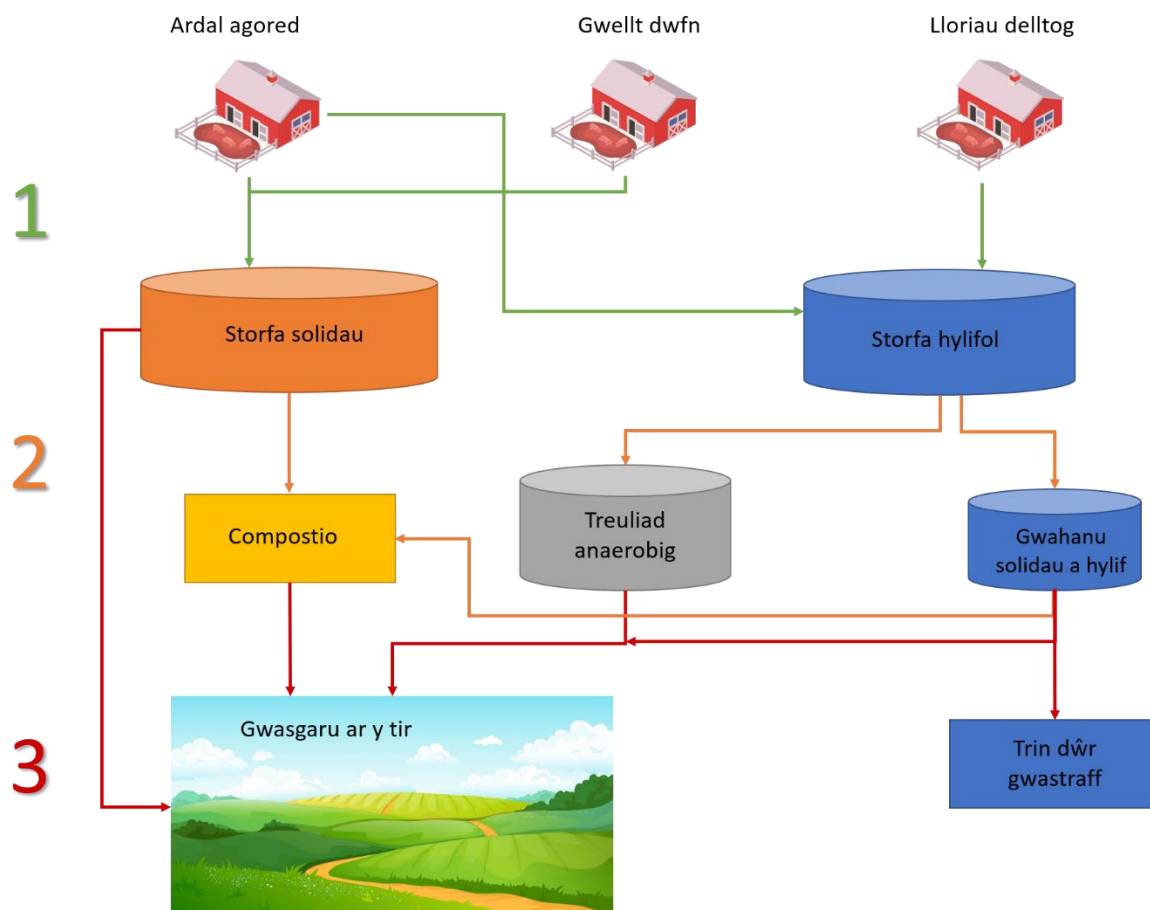
Mae tail moch yn amrywio'n sylweddol o ran ei gyfansoddiad yn dibynnu ar y system reoli a'r deiet ond yn gyffredinol mae'n cael ei nodweddu gan lefelau nitrogen (N) a charbon (C) uchel gyda chyfanswm solidau amrywiol. Oherwydd y system dreulio unstumogaidd, mae tail moch yn gymharol [gyfoethog o ran C bioddiraddadwy](#) o'i gymharu â gwastraff anifeiliaid cnoi cil, gan olygu fod y potensial i gynhyrchu allyriadau CH₄ yn fwy yn ystod y broses reoli tail. Micro-organebau sy'n gyfrifol am eplesu tail, ac mae rhai o'r rhain wedi addasu i ymdopi heb ocsigen (anaerobig) ac ar dymereddau cynnes. Un ar y tro, mae'r bacteria yn coloneiddio gronynnau, [gan eu trosi yn asidau brasterog anweddol, CO₂ a hydrogen \(H₂\)](#), mae'r broses hon hefyd yn cynhyrchu gwres ac yn defnyddio ocsigen, gan greu'r amgylchedd delfrydol i ficrobau eraill (methanogenau) gymryd y swbstradau hyn a chynhyrchu methan (CH₄).

Mae sawl ffordd y gall nwyon tŷ gwydr gael eu cynhyrchu mewn tail:

- 1) Trosi wrea yn NH₃ a CO₂.
- 2) Eplesiad anaerobig deunydd organig yn asidau brasterog anweddol, CH₄ a CO₂.
- 3) Eplesiad aerobig, fel arfer ar arwyneb y tail gan gynhyrchu asidau brasterog anweddol, CH₄ a CO₂.
- 4) N₂O sy'n cael ei gynhyrchu gan facteria arbenigol yn ystod y broses o drosi NH₃.

Mae'r broses o gynhyrchu N₂O yn [fwy cyffredin mewn tail solet](#) na slyri, oherwydd bod bacteria yn gallu cael mynediad at ocsigen a deunydd mwy solet. Bydd lefel a math yr allyriadau yn dibynnu llawer iawn ar ddulliau rheoli gan fod [cyfle i ryddhau nwyon tŷ gwydr ar bob cam](#), boed hynny wrth ei storio neu ei wasgaru (Ffigur 3). Ar ôl ei gasglu, bydd tail naill yn cael ei storio ar ffurf hylif (o unedau agored neu unedau gyda lloriau delltlog) neu ar ffurf solet (o systemau gwasarn neu agored), yna gall solidau gael eu rhoi yn syth ar y tir, neu eu prosesu ymhellach (Ffigur 3). Y dulliau

prosesu mwyaf poblogaidd yw treuliad anaerobig neu gompostio, ond mewn rhai achosion mae hylif a solidau yn cael eu gwahanu cyn defnyddio'r rhan solet ar gyfer treuliad anaerobig (Ffigur 3).



Ffigur 3: Diagram cynllunio o'r dewisiadau ar gyfer storio a thrin tail moch (a addaswyd o [Dennehy et al., 2017](#)).

Siediau

Yn y sector cynhyrchu moch, y siediau a ddefnyddir yn fwyaf cyffredin yw siediau â lloriau delltog gyda phwll oddi tanynt i storio slyri, er bod mwy o ddiddordeb yn ddiweddar mewn systemau gwasarn oherwydd eu bod yn well o ran lles yr anifeiliad ac yn cynhyrchu llai o arogl. Fodd bynnag, pan gawsant eu profi, gwelwyd bod [moch sy'n cael eu cadw mewn system gwasarn yn cynhyrchu 20% yn fwy o nwyon tŷ gwydr](#) na moch sy'n cael eu cadw ar lawr delltog. Er bod llai o wahaniaeth yn y lefelau CH₄ a CO₂, roedd allyriadau NH₃ a N₂O bron ddwywaith yn uwch mewn moch



oedd yn cael eu cadw ar wasarn – gan awgrymu y gall gwasarn a dulliau rheoli tail fod yn darged posibl ar gyfer strategaethau lliniaru. Er bod magu moch ar wellt yn gwella delwedd brand o ran y defnyddiwr, nid hwn yw'r dull sydd orau i'r amgylchedd o anghenraid. Ar y cyfan, mae gwasarn yn cynnig amgylchedd mwy ffafriol i ficrobau – mae angen amgylchedd cynnes, anaerobig ar y rhai sy'n

cynhyrchu NH_3 ac mae angen amodau aerobig ac anaerobig ar y rhai sy'n cynhyrchu N_2O , a darperir hyn oll gan wasarn, ond nid gan slyri o dan lloriau delltog. At hyn, roedd y rheini ar wasarn yn cynhyrchu 50% yn fwy o anwedd dŵr na'r rhai ar loriau delltog, gan olygu y byddai angen mwy o awyru i sicrhau bod y tymheredd a'r lleithder optimwm yn cael eu cynnal.

Mae tystiolaeth gyson i awgrymu bod [tynnu slyri'n rheolaidd](#) o'r storfa yn lleihau allyriadau yn sylweddol. Mae hyn oherwydd bod y pwll o ficro-organebau sy'n cynhyrchu methan (archaea methanogenig a bacteria) yn cael ei dynnu ynghyd â'r slyri. Mewn siediau moch lle cafodd y slyri ei dynnu a lle cafodd y storfeydd eu glanhau ar ôl pob cyfnod pesgi, roedd yr allyriadau 40% yn is nag mewn siediau lle nad oedd y sianeli yn cael eu clirio mor aml.

Dewisiadau storio

Gall storio slyri moch ryddhau lefelau uchel o nwyon tŷ gwydr yn ogystal ag achosi arogleuon annymunol. Y ffordd rhwyddaf a'r mwyaf effeithiol o atal nwyon tŷ gwydr rhag cael eu rhyddhau yw gorchuddio'r storfa neu'r tanc drwy ei selio'n llwyr neu osod gorchudd neu haen drosto, oherwydd mewn rhai achosion [dangoswyd bod haen o wellt yn cynyddu allyriadau nwyon tŷ gwydr](#). Mae astudiaethau wedi dangos bod gorchuddio'r domen â defnydd aerglos yn arafu awyriad gan leihau faint o wres sy'n cael ei gynhyrchu, ac arafu diraddiad deunydd organig ac allyriadau NH_3 .

[Cafodd allyriadau NH₃, N₂O, a CH₄ eu gostwng 12%, 99%, ac 88%](#), yn y drefn honno, pan gafodd y domen dail ei gorchuddio â defnydd aerglos o'i gymharu â dim gorchudd o gwbl.

Mae asideiddio gan ddefnyddio asid lactig neu sylffwrig hefyd yn ddull effeithiol o leihau allyriadau. Wrth i'r pH ostwng, mae adweithiau cemegol yn newid ac yn dechrau ffurfio amoniwm yn hytrach nag amonia, nad yw'n anweddu. Mae astudiaethau wedi dangos [wrth i pH ostwng, roedd yr allyriadau NH₃ yn gostwng hefyd](#) gyda gostyngiadau o 50%, 62% a 77% pan gafodd y pH ei ostwng i 6.0, 5.8 a 5.5, yn y drefn honno. Gwelwyd gostyngiad yn lefel y CH₄ a gynhyrchir hefyd, yn amrywio o [52% hyd at 97%](#). At hyn, gall asideiddio wella cyfatebiaeth mwyn N y slyri hyd at 25% gan wella ei werth fel biowrtaith.

Dull arall o leihau allyriadau nwyon tŷ gwydr yw oeri'r slyri, fel arfer i 15°C neu is. Mae tymereddau isel yn arafu'r broses o gynhyrchu NH₃ a CH₄ a gall y gwres a echdynnir gael [ei ddefnyddio i gynhesu siediau da byw](#), fodd bynnag, mae'r systemau hyn yn gymhleth ac yn ddrud ac felly mae'n bosibl nad ydynt yn ddewis sy'n addas i bawb.

Triniaethau

Ymhlith y technegau niferus sydd ar gael, mae treuliad anaerobig a chynhyrchu bionwy yn cynnig cyfle i leihau allyriadau nwyon tŷ gwydr a'r effaith amgylcheddol gyffredinol yn sylweddol. Mae'r dechneg hon yn defnyddio'r nwyon sy'n cael eu rhyddhau o'r tail i gynhyrchu egni adnewyddadwy a allai leihau neu ddisodli tanwyddau ffosil gan olygu bod modd hefyd ailgylchu maetholion i gynhyrchu biowrtaith sy'n cynnwys llawer o faetholion. Mae treulio ar y cyd â swbstrad arall fel [slyri gwartheg godro](#), [slwtsh carthion](#) neu wastraff bwyd yn ddull cyffredin o wella capasiti i wrthsefyll newidiadau byffro a chydbwysedd maetholion gweddillion y treuliwr anaerobig. Mae capasiti byffro tail moch yn deillio o'i [lefelau uchel o NH₃](#), fodd bynnag, mae'n bosibl gorlwytho'r system gan amharu ar y broses dreulio. Mae angen C ar gyfer treulio anaerobig hefyd, ac felly dylai tail moch gael ei dreulio ar y cyd â gwastraff sy'n uchel o ran C i wella'r gymhareb C: N a chynyddu effeithlonrwydd treulio. Ar ôl mabwysiadu treuliwr anaerobig ar fferm foch yn y Ffindir llwyddwyd i [wrthbwyso 126 t cyferth â CO₂ /y flwyddyn](#) a chynhyrchu 48 MWh o drydan /y flwyddyn, gan ddangos buddion posibl treuliwr anaerobig. Y brif broblem sy'n gysylltiedig â threulwyr anaerobig yw [gwasgaru gweddillion y treuliwr anaerobig yn y cae](#), gan fod y gwrtaith crynodedig uchel sy'n gryf o ran bioargaeledd hefyd yn

anweddol iawn (yn fwy felly na slyri gwartheg heb ei dreulio). Mae astudiaethau yn awgrymu bod [chwistrellu bas neu mewn rhigolau](#) wrth wasgaru gweddillion y treuliwr anaerobig yn lleihau'n sylweddol faint o allyriadau sy'n codi wrth wasgaru tail ar gaeau. Eto i gyd, dangoswyd bod defnyddio gweddillion y treuliwr anaerobig yn gwella'n sylweddol gynhyrchedd biomas uwchben y ddaear a [chynnyrch cnydau yn gyffredinol](#) ($5,800 \text{ Kg/ha}^{-1}$) o'i gymharu â rheolydd heb ei drin. Mae hyn oherwydd bod cyfran mawr (tua 60%) o gyfanswm y N yng ngweddillion y treuliwr anaerobig yn nitrogen parod ac mae [lefelau uwch o ffosfforws yng ngweddillion y treuliwr anaerobig a ddaw o foch](#) o'u cymharu â gweddillion treuliwr anaerobig yn seiliedig ar fwyd neu slyri gwartheg.



Mae tynged gwrthfotigau mewn tail moch yn ystod treulio anaerobig yn fater o bwys wrth fagu moch. Awgryma astudiaethau fod [rhai mathau o wrthfotigau yn diraddio](#) yn gyflym yn ystod y broses dreulio (sylffamethocsasol, erythromycin a trimethoprim) ond mae eraill yn fwy gwydn (sylffadiasin a sylffamethisol). Hyd yma, nid oes dull ar gyfer tynnu gwrthfotigau o dail neu eu dadactifeiddio, ac felly mae perygl y gall chwalu tail sy'n cynnwys gwrthfotigau arwain at ddatblygu ymwrthedd i wrthficrobau yn yr amgylchedd a all halogi tir amgylchynol ac effeithio ar anifeiliaid o bosibl. O ystyried buddion posibl treulio anaerobig, mae ymdrechion i sicrhau'r lefel uchaf o ddiraddiad gwrthfotigau yn y broses dreulio yn faes pwysig ar gyfer ymchwil yn y dyfodol.

Mae'r broses gompostio yn well ar gyfer tail sy'n fwy solet, felly mae'n fwy addas ar gyfer yr elfen solet ar ôl gwahanu hylifau a solidau neu ar gyfer tail o systemau gwasarn sy'n cynnwys gwellt. Mae astudiaethau wedi dangos bod tail sy'n cynnwys [swm bach iawn o wellt yn cynhyrchu mwy o \$\text{CH}_4\$ a \$\text{N}_2\text{O}\$](#) gan fod y tail yn fwy dwys ac

yn llai awyrog gan gynnig yr amodau delfrydol ar gyfer microbau methanogenig. Er mwyn gwella'r sefyllfa, gellid awyru'r domen er mwyn lleihau'r ardaloedd anaerobig. [Awgryma astudiaethau fod](#) tomen gompust sefydlog (nad yw'n cael ei throï na'i hawyru) yn cynhyrchu llai o NH_3 ond mwy o N_2O , ond roedd tomenni a gafodd eu troï bob mis yn cynhyrchu ychydig yn fwy o CH_4 ond 75% yn llai o N_2O . Mae angen rhagor o ymchwil i'r broses hon o gompustio ar raddfa fwy, [gan fod tomen gompust fawr yn cynyddu cyfraddau allyriadau \$\text{N}_2\text{O}\$ a \$\text{CH}_4\$](#) , ond mae angen ardal o dir mwy o faint ar gyfer tomenni bach er mwyn trin y gwastraff. Cyn gall compustio ddod yn strategaeth liniaru effeithiol ar raddfa fawr ar gyfer nwyon tŷ gwydr sy'n deillio o dail, mae angen gwneud y mwyaf o'r dulliau i ddod o hyd i dechneg sy'n gyfeillgar i'r amgylchedd a'r ffermwr hefyd.

Gwasgaru ar y tir

Mae gwasgaru slyri moch yn creu problemau ac allyriadau tebyg i slyri o anifeiliaid eraill – CH_4 a NH_3 sy'n arwain at ffurfio N_2O sy'n peri'r pryder mwyaf, a gall slyri moch hefyd fod yn broblem oherwydd yr arogleuon annymunol. Yn yr UE, mae rheoliadau yn eu lle sy'n mynnu mai yn ystod y gwanwyn/yr haf yn unig y gellir chwalu'r tail ar y tir, sef pan fydd y tywydd fel arfer yn fwy sych, gan leihau'r risg y bydd yn rhedeg oddi ar y tir. Fodd bynnag, oherwydd patrymau glawiad anrhagweladwy yn y DU gall hyn fod yn her a gall glaw annisgwyl arwain at ddŵr ffo, [gan arwain at drwytholchi maetholion](#) (mae N yn peri pryder penodol), llygredd dŵr, ewtroffigedd a difrod i gynefinoedd bywyd gwyllt. Fel y trafodwyd eisoes, mae treuliad anaerobig o slyri yn arwain at wrtaith gwerthfawr sy'n gyfoethog o ran maetholion, ond mae hefyd yn fwy anweddol na slyri heb ei dreulio ac mae ganddo'r potensial i ryddhau lefelau hyd yn oed yn uwch o nwyon tŷ gwydr ar ôl cael ei wasgaru. O'r herwydd, mae'n bwysig ystyried dulliau chwalu eraill yn hytrach na [gwasgaru a chwalu mewn bandiau](#), yn ogystal â sicrhau bod y gwaith o chwalu tail yn cael ei amseru'n dda.

Mae astudiaethau yn awgrymu bod chwistrellu'n fas neu mewn rhigolau wrth wasgaru slyri heb ei dreulio a gweddillion y treuliwr anaerobig yn lleihau allyriadau sy'n deillio o wasgaru ar gaeau yn sylweddol. Dangosodd un astudiaeth [wrth i ddyfnder y chwistrellu gynyddu, gostyngodd yr allyriadau \$\text{CO}_2\$](#) , gyda dyfnder o 10 cm yn cynhyrchu 23.7 g CO_2 tra bod chwistrellu ar 35 cm yn cynhyrchu 2.5 g CO_2 yn unig. Mae astudiaethau eraill wedi nodi gostyngiad o 40-50% wrth gymharu'r defnydd o wadn lusg a dulliau chwistrellu bas â gwasgaru, er mai [chwistrellu bas sydd fwyaf effeithiol](#) i leihau allyriadau wrth wasgaru tail ar gaeau. Mae mesurau

eraill i leihau allyriadau wrth chwalu gweddillion y treuliwr anaerobig yn cynnwys lleihau'r defnydd sych a gludedd gweddillion y treuliwr anaerobig.



Crynodeb

Mae gan dail a slyri sy'n deillio o gynhyrchu moch y potensial i allyrru lefel sylweddol o nwyon tŷ gwydr – CH_4 , CO_2 a N_2O – yn ogystal â chreu problem oherwydd yr arogleuon annymunol. Eto i gyd, mae defnyddio slyri moch mewn treuliwr anaerobig yn cynnig cyfle gwyh i leihau ei effaith amgylcheddol gyffredinol. Mae'r broses dreulio yn arwain at wrtaith cyfoethog sy'n cynnwys maetholion cryf o ran bioargaeledd, y gellir eu defnyddio'n aml yn lle gwrtait sy'n cael ei brynu, mae treuliwr anaerobig hefyd yn cynhyrchu bionwy y gellir ei ddefnyddio i gynhyrchu egni adnewyddadwy. Y broblem gyda'r treuliwr anaerobig yw bod y gweddillion a gynhyrchir yn anweddog a gall hyn arwain at lefelau uchel o nwyon tŷ gwydr wrth eu gwasgaru ar y tir. O'r herwydd, y cyngor yw y dylid defnyddio gwadn lusg neu chwistrellu bas, nid yn unig i leihau'r potensial ar gyfer allyriadau ond i leihau colledion N a sicrhau'r cymeriant gorau posibl gan y cnydau. Ymhlith y dulliau eraill o leihau potensial slyri moch i allyrru nwyon tŷ gwydr mae defnyddio storfeydd wedi'u hadeiladu'n dda, a'u gorchuddio a hefyd asideiddio neu oeri'r slyri sy'n lleihau'n sylweddol faint o N_2O a gaiff ei ryddhau. Mae'r math o siediau a ddefnyddir hefyd yn cael effaith sylweddol ar allyriadau nwyon tŷ gwydr cyffredinol: mae lloriau delltlog yn

Lleihau faint o NH_3 ac N_2O sy'n cael ei gynhyrchu ond mae systemau gwasarn yn gwella safonau lles canfyddedig ac yn bodloni disgwyliadau defnyddwyr. Pan fydd effaith cynhyrchu porthiant yn cael ei ddiystyru, mae tail yn cyfrif am hyd at 89% o'r nwyon tŷ gwydr a gynhyrchir wrth fagu moch, gan olygu fod gan y maes hwn hefyd y potensial mwyaf ar gyfer lliniaru. Mae nifer o astudiaethau gwyddonol yn cefnogi'r dulliau a nodir yn yr erthygl hon, ynghyd â rhai strategaethau amgen eraill, gan awgrymu bod rheswm dros fod yn optimistaidd o safbwynt lleihau allyriadau nwyon tŷ gwydr wrth gynhyrchu moch.