

Rhaglen Monitro a Modelu Amgylchedd a Materion Gwledig (ERAMMP)

Adroddiad-69 ERAMMP: Dichonoldeb Cynyddu Cnydau a Dyfir ar Ffermydd yng Nghymru fel Mesur Lliniaru Nwy Tŷ Gwydr ac ar gyfer Darparu Nwyddau Cyhoeddus

Prosser, H.

Cyfeirnod Cleient Llywodraeth Cymru / Contract C210/2016/2017
Fersiwn 1.0.0
Dyddiad 22-Tachwedd-2022



Wedi'i Ariannu gan:



Hanes y Fersiwn

Fersiwn	Diweddarwyd Gan	Dyddiad	Newidiadau
1.0.0	Tîm Awduron	22/11/2022	Cyhoeddi

Mae'r adroddiad hwn ar gael yn electronig yma / This report is available electronically at: www.erammp.wales/69

Neu trwy sganio'r cod QR a ddangosir / Or by scanning the QR code shown.



Mae'r ddogfen yma hefyd ar gael yn Saesneg / This document is also available in English

Cyfes	Rhaglen Monitro a Modelu Amgylchedd a Materion Gwledig (ERAMMP)
Teitl	Adroddiad 69 ERAMMP Dichonoldeb Cynyddu Cnydau a Dyfir ar Ffermydd yng Nghymru fel Mesur Lliniaru Nwy Tŷ Gwydr ac ar gyfer Darparu Nwyddau Cyhoeddus
Cleient	Llywodraeth Cymru
Cyfeirnod y cleient	C210/2016/2017
Cyfrinachedd, hawlfraint ac atgynhyrchu	© Hawlfraint y Goron 2022 Mae'r adroddiad hwn wedi'i drwyddedu o dan y Drwydded Llywodraeth Agored 3.0
Manylion cyswllt UKCEH	Bronwen Williams Canolfan Ecoleg a Hydroleg y DU (UKCEH) Canolfan Amgylchedd Cymru, Ffordd Deiniol, Bangor, Gwynedd LL57 2UW 01248/374500 erammp@ceh.ac.uk
Awdur gohebol	Havard Prosser g/o erramp@ceh.ac.uk
Awduron	Havard Prosser
Awduron ac adolygwyr sy'n cyfrannu	Ken Stebbings (Llywodraeth Cymru) Diolch i Julie Wright, Maethegydd y Cwmni, Grŵp Wynnstay Ccc
Sut i ddyfynnu (hir)	Prosser, H. (2022). <i>Rhaglen Modelu a Monitro Amgylchedd a Materion Gwledig (ERAMMP)</i> . Adroddiad 69 ERAMMP Dichonoldeb Cynyddu Cnydau a Dyfir ar Ffermydd yng Nghymru fel mesur Lliniaru Nwy Tŷ Gwydr ac ar gyfer Darparu Nwyddau Cyhoeddus Adroddiad i Lywodraeth Cymru (Contract C210/2016/2017)(Canolfan y DU ar gyfer Prosiectau Ecoleg a Hydroleg 06297 a 06810)
Sut i ddyfynnu (byr)	Prosser, H. (2022). <i>Rhaglen Modelu a Monitro Amgylchedd a Materion Gwledig (ERAMMP)</i> . Adroddiad 69 ERAMMP Dichonoldeb Cynyddu Cnydau a Dyfir ar Ffermydd yng Nghymru fel Mesur Lliniaru Nwy Tŷ Gwydr ac ar gyfer Darparu Nwyddau Cyhoeddus. Adroddiad i Lywodraeth Cymru (Contract C210/2016/2017)(UKCEH 06297/06810)
Cymeradwywyd gan	Bridget Emmett (UKCEH) James Skates (Llywodraeth Cymru)

Byrfoddau a Ddefnyddir yn yr Adroddiad hwn

AHDB	Bwrdd Datblygu Amaethyddiaeth a Garddwriaeth 2018
ALC	Dosbarthiad Tir Amaethyddol
BMV	Gorau a Mwyaf Amlbwrpas
CP	Protein Amrwd
DDGS	Grawniau Distyllwyr Wedi'u Sychu a Sylwedd Hydawdd
DM	Sylwedd Sych
DUP	Protein Wedi'i Dreulio Heb ei Ddiraddio
FAO	Sefydliad Bwyd ac Amaethyddiaeth y Cenhedloedd Unedig
GHG	Nwy Tŷ Gwydr
IPCC	Panel Rhynglywodraethol ar newid Hinsawdd
ME	Ynni Metaboladwy
MJ	Mega Joulau
RDP	Protein Wedi'i Ddiraddio gan Rwmen
SBM	Pryd Ffa Soia
SOC	Carbon Organig y Pridd
UKCEH	Canolfan y DU ar gyfer Ecoleg a Hydroleg
UKCP18	Rhagamcanion Hinsawdd y DU

Ehangir ar fyrfoddau a rhai o'r termau technegol a ddefnyddir yn yr adroddiad hwn yng ngeirfaoedd y rhaglen:
<https://erammp.wales/en/glossary> (Saesneg) a <https://erammp.cymru/geirfa> (Cymraeg)

Cynnwys

1	Rhagymadrodd	2
2	Crynodeb Gweithredol	3
3	Arolwg o Ymchwil i Lifau Nwyon Tŷ Gwydr o Briddoedd a Llystyfiant o Dyfu Grawn	5
3.1	Newidiadau mewn Stociau Carbon Pridd	5
3.2	Allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr o Weithrediadau Tyfu Cnydau Âr	7
3.3	Cymhariaeth o Allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr ar gyfer Tyfu Grawn yng Nghymru a Dwyrain Lloegr	9
4	Disodli Blawd Ffa Soia (SBM) â Chnydau Protein Wedi'u Tyfu yn y DU	11
4.1	Bwyta SBM mewn deietau anifeiliaid	11
4.2	Dadansoddiad o Ddewisiadau Amgen i Brotein.....	13
4.3	Allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr o Soia a Chnydau Amgen.....	16
4.4	Ehangu Cnydau Porthiant i Gymryd Lle Porthiannau a Fewnforir	20
4.5	Crynodeb	22
5	Ailosod i Gymru	23
5.1	Amcangyfrifon arwynebedd.....	23
5.2	Effaith Senarios Newid Hinsawdd ar Ardaloedd Tyfu Cnydau Âr yng Nghymru.	24
5.3	Effeithiau Newid Hinsawdd ar Gnydau	25
5.4	Opsynau ar gyfer Ehangu Cnydau Grawn i Ateb Gofynion Porthiannau Anifeiliaid Cymru	27
5.5	Opsynau ar gyfer Ehangu Cnydau Âr ar gyfer Cynhyrchu Protein	29
6	Asesiad Integredig o Gydfuddion a Chyfaddawdau	34
7	Casgliadau	35
8	Cyfeiriadau	36

1 Rhagymadrodd

Mae Llywodraeth Cymru wedi adnabod yr angen i sefydlu a fyddai ehangu cnydau a dyfir ar ffermydd Cymru yn fecanwaith effeithiol ar gyfer gwella gwytnwch busnes fferm ac ar gyfer lleihau allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr (GHG). Gallai porthiannau wedi'u tyfu gartref leihau bwyd da byw wedi'i gaffael o rannau eraill o'r DU ac wedi'i fewnforio o dramor. Fodd bynnag, gall fod effeithiau negyddol ar allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr o dyfu o briddoedd, a'r costau ychwanegol o fewnbynau fel gwrteithiau i gyflawni elw economaidd lle mae hinsawdd Cymru yn llai ffariol ar gyfer y fath gnydau.

Mae'r adroddiad hwn yn adolygu'r allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr o gnydau â'r, ac wedyn yn archwilio'r mater penodol o effeithiau mewnfurion o flawd ffa soia ar gyfer maeth anifeiliaid, a beth yw'r dewisiadau amgen. Mae blawd ffa soia wedi dod yn gydran hanfodol o borthiannau ar gyfer gwartheg godro, moch a dofednod sy'n cynhyrchu'n uchel oherwydd y mathau o brotein ac asidau amino mae'n ei gynnwys. Mae'r cwmpas ar gyfer tyfu'r dewisiadau amgen hyn yng Nghymru yn cael ei drafod, gan asesu'r allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr ac effeithiau amgylcheddol eraill.

2 Crynodeb Gweithredol

- Nid yw Cymru'n gallu bod yn hunangynhaliol mewn porthiant anifeiliaid ar gyfer y lefelau presennol o gynnyrch da byw ond gallai cynnydd mewn cynnyrch cartref helpu i gynyddu gwytnwch trwy leihau bod yn agored i farchnadoedd byd-eang ar gyfer porthiannau wedi'u mewnfario.
- Mae sawl risg a rhwystr yn gysylltiedig â chynyddu cynnyrch porthiant anifeiliaid o gnydau â'r yng Nghymru i'w cydbwysu yn erbyn y budd posibl o wytwnwch cynyddol o gynhyrchu helaethach yng Nghymru. Bydd angen i Lywodraeth Cymru ystyried y risgiau amgylcheddol tebygol o allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr cynyddol, effeithiau cynyddol ar fioamrywiaeth o ddefnydd helaethach o blaladdwyr a gwrteithiau, a llygredd dŵr cynyddol o erydiad pridd a ffo helaethach o ffrwythlonwyr a phlaladdwyr. Bydd angen i unrhyw gymhellion gan Lywodraeth Cymru i annog y trawsnewid gael ei seilio ar weithredu fframwaith rheoleiddiol a chynghorol cryf i reoli'r risgiau.
- Byddai cynnydd mewn cnydau â'r amgen yng Nghymru yn rhoi ffermio da byw Cymru o dan anfantais economaidd oherwydd natur anghystadluel cynhyrchu o gymharu ag ardaloedd o'r DU sy'n darparu cynnyrch uwch. Bydd ffermwyr yn gofyn am gyfalaf ychwanegol ar gyfer cyfarpar tyfu a chynaeafu ac ar gyfer cyfleusterau ar y fferm ar gyfer sychu a storio'r cnydau sy'n cael eu cynaeafu.
- Byddai ehangu tir cnydau â'r yng Nghymru trwy amaethu glaswelltir yn achosi allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr sylweddol ychwanegol o gymharu â mewnfario grawniau o ardaloedd â'r sefydliedig rhanbarthau dwyreiniol Lloegr lle mae tyfu cnydau â'r dros lawer o flynyddoedd wedi dihybyddu lefelau carbon pridd a lleihau allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr. Gallai Cymru gael manteision os bydd rhagamcanion newid hinsawdd o lawiad is a sychderau cynyddol yn digwydd i raddau helaethach yn nwyrain Lloegr nac yng Nghymru.
- Yn seiliedig ar sawl rhagdybiaeth, byddai angen i gynhyrchu grawniau gartref ar gyfer porthiant cyfansawdd i anifeiliaid yng Nghymru gynyddu o tua 800,000t yn flynyddol ac yn gofyn am tua 165,000ha o dir â'r ychwanegol i gyflawni hunangynhaliath.
- Defnyddiodd Gymru amcangyfrif o 138,400 tonnell fetrig o flawd ffa soia wedi'i fewnfario ar gyfer da byw yn 2018-9 yn bennaf i warthog godro, dofednod a moch. O'r dewisiadau amgen i flawd ffa soia sy'n gallu cael eu tyfu yng Nghymru, grawniau a blawd had rêp yw'r porthiannau mwyaf addas. Byddai'r opsiynau hyn yn gofyn i dir â'r gynyddu o tua 81,000ha – gan ddyblu'r ardal â'r bron o 92,941ha yn 2021.
- Byddai'r opsiynau i gymryd lle blawd ffa soia a chynyddu cynnyrch grawniau cartref yn gofyn am tua 250,000ha o dir â'r ychwanegol. Canllawiau yw'r rhain i'r ehangu gofynnol o ardaloedd â'r ar gyfer disodliad llwyr porthiannau anifeiliaid gan gnydau wedi'u tyfu yng Nghymru ond gallai gael ei raddio i'r graddau disodli sy'n cael eu targedu.
- Yn ymarferol mae gan Gymru ardal gyfyngedig iawn ar gyfer ehangu cnydau â'r sy'n gallu cael eu tyfu'n effeithlon – yn seiliedig ar y swm o dir ALC Graddau 1-3a sy'n addas ar gyfer ehangu cnydau â'r – tua 321,500ha. Mae senarios newid hinsawdd yn

rhag-weld y byddai arwynebedd y tir gorau yn lleihau erbyn 2050 er y byddai tyfu gawniau yn cael ei ffafrio gan amodau sychach a chynhesach.

- Mae trosi glaswelltir i âr yn achosi colled sylweddol o garbon pridd sy'n cyfrannu at yr allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr o amaethyddiaeth. Yng Nghymru bydd hyn fel arfer tua 91-102 t CO₂e/ha yn bennaf yn y ddwy flynedd gyntaf ar ôl y trosi i âr o laswelltir. Byddai trosi 250,000ha o laswelltir i âr yn cynyddu allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr o 463kt CO₂e yn 2018 i 11,800kt CO₂e/y flwyddyn am y ddwy flynedd gyntaf, **gan dreblu'r allyriadau amaethyddiaeth presennol. Dros y 20-30 mlynedd dilynol byddai allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr cynyddol o tua 1400kt CO₂e yn flynyddol yn digwydd yn ogystal â'r allyriadau presennol o tua 400kt CO₂e yn flynyddol o ddefnydd tir a newid defnydd tir.**
- Bydd dychwelyd tir âr i laswelltir trwy reoli cylchdroadol yn dal a storio rhywfaint o'r carbon a gollir ond ar gyfradd is nac ar gyfer y golled wreiddiol.
- Ar wahan i'r golled i garbon pridd, mae allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr ychwanegol o weithrediadau âr ymarferol yn enwedig gweithgynhyrchu gwrtaith a'i osod. Mae gosodiadau cynyddol o wrteithiau a phlaladdwyr ar gyfer cynydu âr hefyd yn cynyddu'r risgiau o lygredd dŵr ac ewtroffeiddio cynefinoedd lled-naturiol.
- Strategaethau amgen yw defnyddio deietau porthiant yn gyfan gwbl ar gyfer gwartheg godro ond â'r gostyngiad o gynnyrch llaeth dyddiol o tua 50%. Byddai hyn yn cael effeithiau negyddol ar allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr pe byddai cyfanswm cynnyrch llaeth yng Nghymru yn cael ei gynnal trwy ddyblu niferoedd gwartheg. Gallai bridiau llaeth-eidion pwrpas dwbl sy'n cynhyrchu llai helpu i uchafu'r defnydd o gnydau porthiant.

3 Arolwg o Ymchwil i Lifau Nwyon Tŷ Gwydr o Briddoedd a Llystyfiant o Dyfu Grawn

Mae ehangu cynhyrchu cnydau âr trwy drosi glaswelltir yn cael effaith arwyddocaol ar allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr oherwydd bod ffynonellau allyrru ychwanegol.

- Rhyddhau stociau carbon pridd o laswelltir trwy aredig a thyfu
- Rhyddhau nitrogen pridd trwy N_2O trwy ymgorffori deunydd organig (gwair, gwreiddiau, gweddillion cnydau)
- Allyriadau o beirianwaith ffermydd ar gyfer tyfu, diogelu cnydau a chynaeafu
- Allyriadau o osod gwrteithiau (gweithgynhyrchu a gosod)
- Allyriadau o weithgynhyrchu plaladdwyr

3.1 Newidiadau mewn Stociau Carbon Pridd

Adroddodd Emmett et al. (2010) fod stociau carbon pridd yng Nghymru o'r Arolwg Cefn Gwlad 2007 yn 56.0t C/ha ar gyfer âr, a 68.1t ar gyfer glaswelltir wedi'i wella - gan bwysleisio'r gostyngiad o stociau carbon pridd trwy allyriadau o garbon deuocsid ar drosi glaswelltir i dir âr. Mae'r stoc carbon pridd is mewn priddoedd âr yn adlewyrchu'r ffaith fod ymarferion amaethyddol fel aredig, sy'n cymysgu haenau pridd ac yn torri agregau pridd, yn cyflymu dadelfeniad C organig uwchbridd (Conant et al., 2001). Mae newidiadau mewn Carbon Organig Pridd (SOC) trwy amser yn anllinellol ar ôl newid mewn defnydd tir neu mewn rheolaeth glaswelltir.

Gwahaniaethodd Smith et al. (2019) ddsbarth 'gwair cylchdroadol' y Rhestr Bridd Genedlaethol (hynny yw, gwair sy'n cael ei hau ac yna'n cael ei drin bob ychydig flynyddoedd fel rhan o gylchdroad âr) o'r dosbarth âr i gynrychioli rheolaeth âr barhaus. Yng Nghymru, y tebygolrwydd yw y bydd mwyaf âr yn gylchdroadol yn hytach nac âr parhaus. Roedd SOCau cymedrig y DU yn 43.2t C/ha yn seiliedig ar 552 safle a 58.7 t C/ha yn seiliedig ar 301 safle o dan âr a gwair cylchdroadol yn eu tro, gan ddangos y dirywiad mawr o SOC mewn priddoedd âr parhaus.

Mae carbon yn cael ei golli yn gyflymach nac mae'n cael ei ennill ar ôl newid mewn defnydd tir (Soussana et al., 2004). O ganlyniad i drin ac ail-hau cyfnodol, mae glaswelltiroedd parhad byr yn tueddu i fod â photensial ar gyfer storio C pridd yn ganolog rhwng cnydau a glaswelltiroedd parhaol. Mae'r storio carbon yn cynyddu yn unol ag aredig llai mynych (soussana et al., 2002). Nid yw cynnydd mewn stociau SOC yn digwydd ar unwaith ond dros gyfnod o flynyddoedd. Mae cyfarwyddyd ymarfer da IPCCpresennol ar gyfer rhestrau allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr yn rhagdybio cyfnod o 20 mlynedd i gydbwysedd newydd ddigwydd ar ôl trosi (IPCC, 2006).

Yr effaith negyddol gryfaf ar SOC a adroddir gan Guo a Gifford (2002) yw o drosi o borfa i gnydau. Adroddodd Freibauer et al. (2004) am ostyngiadau yn yr amrediad o 1.0 i 1.7 t C/ha/y flwyddyn. Mae astudiaeth arall yn dangos bod trosi glaswelltir parhaol i gnwd blynyddol yn gallu gostwng SOC ar gyfradd o 0.96 t C/ha/y flwyddyn fros gyfnod o 20 mlynedd (Soussana et al., 2004). Amcangyfrifodd De Klein et al. (2006) fod colledion carbon pridd yn 30.3-60.6 t C/ha dros 30 mlynedd ar gyfer glaswelltir tymheraidd wedi'i drosi i dir âr parhaus, â cholled ar gyfartaledd o 1.01-2.02 t C/ha/y flwyddyn.

Mae FAO (2016) yn pwysleisio bod y gostyngiad o stociau carbon mewn priddoedd âr yn cael ei effeithio'n gryf gan ddychweliad gweddillion cnydau i'r cae, gosod gwrtaith organig a'r

raddfa o ddwystr trin. Amcangyfrifodd FAO (2016) ddisbyddiad arwyddocaol o garbon organig pridd ar dir âr - roedd y golled garbon ar gyfartaledd tua 0.4tC/ha/y flwyddyn ar gyfer amaethyddiaeth gonfensiynol. Yn yr Arolwg Cefn Gwlad 2007 monitro pridd amcangyfrifodd Emmett et al. (2010) golled ar gyfartaledd o 0.19t C/ha/y flwyddyn ar gyfer tir âr.

Mae'n bwysig i gydnabod bod yr amcangyfrifon o golledion ar gyfartaledd dros gyfnodau o 20-30 mlynedd, ond yn cuddio'r golled sylweddol gychwynnol o garbon pridd o newid defnydd tir. Mae colled o garbon pridd o rhwng 10 a 32t /C/ha dros y ddwy flynedd ar ôl aredig glaswelltir, hyd yn oed lle mae gwair yn cael ei hau wedyn (linster et al., 2013).

Mae ffermwyr Cymru yn debygol o aredig tir am ddau reswm - i dyfu cnydau âr (yn barhaus neu mewn cylchdroad â glaswelltir dros dro), ac i adnewyddu porfa trwy drosi gwair yn ôl i wair. Dangosodd Jordan et al. (2022) fod cynnydd syweddol mewn stociau carbon pridd organig (SOC) ledled Prydain Fawr yn bosibl os yw tir âr mewn cylchdroad â leiau gwair. Cynyddodd cynnwys leiau seiliedig ar wair mewn cylchdroad âr â mynychter isel (un flwyddyn o lei wedi'i dilyn gan gan ddwy flynedd âr) stociau SOC o 3 tC/ha o fewn 30 mlynedd o gymharu â thyfu cnydau âr parhaus. Cynyddodd stociau SOC o 16 tC/ha o fewn 30 mlynedd os yw leiau pedair blynedd yn cael eu dilyn gan ddwy flynedd o gnydau âr. Roedd y cynnydd hwn yn ymwneud â stociau SOC o dyfu cnydau âr parhaus. Mae gan dyfu cnydau gorchudd dros y gaeaf ym mhob blwyddyn o gylchdroi âr y potensial i gynyddu stociau SOC tir cnydau ym Mhrydain o gyfartaledd o 10 tC/ha (20.3%) ar ôl 30 mlynedd, o gymharu â dim tyfu cnydau gorchudd.

Mae angen i'r allyriadau o drosi o laswelltir i âr gael ei gymharu a'r cyfraddau dal a storio sylfaenol ar gyfer glaswelltir na chafodd ei darfu. Amcangyfrifodd FAO (2016) fod cyfradd dal a storio carbon o 0.144 tC/ha/y flwyddyn yn cael ei defnyddio ar gyfer porfeydd parhaol heb adnewyddu glaswelltir, â chyfraddau isaf a mwyaf rhagdybiedig o rhwng 0 a 0.228 tC/ha/y flwyddyn. Amcangyfrifodd Soussana et al. (2010) gyfradd dal a storio C glaswelltir ar gyfartaledd o 0.05 ± 0.30 tC/ha/y flwyddyn ar gyfer glaswelltiroedd o dan reolaeth barhaus. Amcangyfrifodd Arolwg Cefn Gwlad 2007 monitro pridd (Emmett et al 2010) y gyfradd dal a storio o 0.05tC/ha/y flwyddyn ar gyfer glaswelltir wedi'i wella.

O'r gwerthoedd llenyddiaeth hyn, mae newidiadau carbon pridd a chyfraddau dal a storio/colledion yn cael eu crynhoi yn Nhabl 3.1

Tabl 3.1 Newidiadau carbon organig pridd a dal a storio/colledion o newidiadau defnydd tir

Newid Defnydd Tir	Carbon Pridd (tC/ha)	Dal a Storio Carbon (tC/ha/y flwyddyn)
Glaswelltir i âr parhaus	0 58.7-83.8 i 43.2-56.0	- 0.96 i -2.02 -5 i -16 yn y 2 flynedd gyntaf
Âr i laswelltir cylchdroadol	0 43.2 i 58.7	+0.1 i +0.53*
Âr yn aros yn âr	Amrediad o 43.2 i 56.0	-0.19 i -0.4**
Glaswelltir na chafodd ei darfu	Amrediad o 68.1 i 83.8	-0.25 i + 0.35 gwerth cymedrig o +0.05

*Nodiadau * Yn dibynnu ar gylchdroi rhwng glaswelltir ac âr*

*** Yn dibynnu ar faint o flynyddoedd mae tyfu cnydau parhaus wedi digwydd a SOC cychwynnol y pridd.*

Mae allyriadau ocsid nitrus hefyd yn digwydd wrth ymgorffori llystyfiant i mewn i briddoedd. Canfu Vellinga et al. (2004) yn yr Iseldiroedd fod allyriadau yn uchel iawn yn syth ar ôl aredig ac yn gostwng yn araf. Pob tro roedd glaswelltir yn cael ei adnewyddu, digwyddodd

allyriadau N₂O 1.8 i 5.5 t CO₂ e/ha. Cynigiodd aredig glaswelltir yn y gwanwyn gyfleoedd realistig i ostwng yr allyriadau N₂O. Daeth Davies et al. (2000) hefyd i'r casgliad fod gan adael glastiroedd heb eu pori a heb eu gwrteithio dros y gaeaf cyn aredig yn y gwanwyn y potensial i leihau'r fath allyriadau yn sylweddol. Canfu Baggs et al. (2000) pan oedd gwair/meillion a glaswelltir rhygwellt yn cael ei aredig, digwyddodd y rhan fwyaf o allyriadau N₂O dros y 21 diwrnod cyntaf ar ôl hynny a gostyngodd i allyriadau cyn tyfu ar ôl 36 diwrnod.

Bydd trosi glaswelltir parhaol neu dros dro i dir âr yn arwain at ostyngiad o SOC trwy allyriadau o garbon deuocsid dros 20-30 mlynedd, tra bo glaswelltir parhaol yn cael ei amcangyfrif i ddal a storio carbon ar raddfa fach. Byddai ymchwydd o allyriadau am y blynyddoedd cyntaf ar ôl trosi i gnydau âr. Mae cylchdroadau glaswelltir âr yn lleihau allyriadau o gymharu â thyfu cnydau âr parhaus.

Mae adnewyddu glaswelltir trwy aredig yn achosi'r golled o SOC sy'n gyflym o gymharu â'r gyfradd o ddal a storio wrth i laswelltir ailsefydlu. Mae drilio uniongyrchol i ail-hau leiau yn cael ei arfer ond mae'n defnyddio llyswenwyn glyffosffad i leihau'r gystadleuaeth o lystyfiant presennol. Mae allyriadau o adnewyddu glaswelltir yn rhyddhau carbon pridd, ac mae'n rhaid i hyn gael ei gydbwysu yn erbyn cyfraddau dal a storio carbon i'r dyfodol a pherfformiad cynyddol y glaswelltir a adferwyd.

Mae sefydlu cnydau gorchudd yn hytrach na gadael bonion gwellt âr noeth dros y gaeaf o fudd i SOC ond mae llawer o gnydau a dyfir yn gyffredin mewn cylchdroadau âr yn cael eu sefydlu yn yr hydref (e.e. gwenith gaeaf neu rêp hadau olew y gaeaf) sy'n llai cydnaws neu'n anghydnaws â chnydau gorchudd dros y gaeaf. Byddai symudiad at gyltffarau wedi'u hau yn y gwanwyn yn ennyn cosb cynnyrch sydd ddim yn cymell ffermwyr ac yn peryglu dadleoli tyfu yn rhywle arall.

3.2 Allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr o Weithrediadau Tyfu Cnydau Âr

Mae amrediad o amcangyfrifon o'r allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr wedi cael ei wneud, ag amrywiaeth sylweddol yn y niferoedd, yn dibynnu ar ragdybiaethau am ffiniau'r dadansoddiad cylch bywyd ac yn enwedig graddau'r defnydd o wrtaith - prif ffynhonnell yr allyriadau.

Amcangyfrifodd Williams et al. (2010) fod gan gynhyrchu gwenith bara y DU allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr o 0.42 tonnell fetrig o CO₂ e /tonnell fetrig o gynnyrch. Amcangyfrifodd Mosnier et al. (2011) allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr o 0.538 tonnell fetrig CO₂ e /tonnell fetrig o gynnyrch ar gyfer gwenith yn Ffrainc, a 0.503 tonnell fetrig CO₂ e /tonnell fetrig ar gyfer barlys.

Adolygodd Audsley a Wilkinson (2014) allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr ar gyfer amrediad o systemau cnydau ac amcangyfrifodd allyriadau ar gyfer y cnydau âr (Tabl 3.2). Gall yr allyriadau yng Nghymru fod yn llai lle mae gwrteithiau anifeiliaid yn cael eu defnyddio i raddau helaethach i ychwanegu at wrteithiau wedi'u gweithgynhyrchu o gymharu â'r arferion yn Lloegr.

Tabl 3.2 Allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr o Reoli Cnydau Âr

Cnwd	Allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr (t CO ₂ e/tunnell)
Gwenith Gaeaf (Bara)	0.51
Gwenith Gaeaf (porthiant)	0.46
Barlys gaeaf	0.42
Barlys gwanwyn	0.38
Rêp hadau olew	1.05
Ffa caeau	0.51

Gwnaethant ragdybio bod lefelau carbon pridd mewn systemau âr parhaus yn sefydlog oherwydd bod colledion o garbon pridd wedi digwydd yn y gorffennol. I leihau allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr cafodd opsiynau agronomegol eu hasesu gan gynnwys:

- 20% o ostyngiad mewn N a osodwyd; un effaith o leihau cyfanswm mewnbwn N yw fod y crynodiad o brotein yn y cnwd yn cael ei leihau hefyd. Mae hyn yn lleihau'r tebygolrwydd o rawn gwenith o fod o ansawdd addas ar gyfer gwneud bara. (Mae gwenith ar gyfer bara yn gofyn am leiafswm cynnwys protein o 13%).
- dim tyfu trin ar gyfer yr holl rawnfwydydd a llystyfiannau; mae peidio â thrin yn achosi gostyngiad mewn allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr o ganlyniad i ddefnydd prif ynni llai ar gyfer tyfu. Daeth Jordan et al. (2022) i'r casgliad mai effaith fach oedd gan beidio â thrin ar lefelau carbon pridd.
- dim ymgorffori gwellt ar gyfer pob grawn a rêp hadau olew oherwydd bod ymgorffori gwellt i bridd yn achosi allyriadau N₂O o bridd – proses debyg a ddisgrifir uchod ar gyfer pan fydd llystyfiant glaswelltir yn cael ei ymgorffori i mewn i bridd.

Lle roedd y tri opsiwn agronomegol yn briodol i'r cnwd, roedd gan N gostyngol yr effaith fwyaf ar allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr. Roedd effaith gyfunol yr opsiynau ar ostyngiad y ganran mewn allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr uchaf ar gyfer y cnydau grawn (gostyngiad o 15% ar gyfartaledd). Ar gyfer bara gaeaf byddai'r gostyngiad o 0.51t CO₂e/t y cynnyrch i 0.42t CO₂e/t y cynnyrch. Amcangyfrifodd Berry et al. (2010) yn y DU fod ffactor allyrru gwenith y gaeaf ar gyfartaledd yn 0.503t CO₂e/t.

Cymharodd Smith et al (2019) yr allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr ar gyfer cynhyrchu organig yn erbyn confensiynol i gnydau âr – gweler Tabl 3.3. Roedd eu hamcangyfrifon yn is na rhai Berry et al (2010).

Tabl 3.3 Cymhariaeth o Ffactorau Allyrru ar gyfer Cnydau Âr mewn Systemau Confensiynol ac Organig

Cnwd	Ffactor allyrru t CO ₂ e/t y cynnyrch - Confensiynol	Ffactor allyrru t CO ₂ e/t y cynnyrch - Confensiynol
Gwenith	0.42	0.33
Barlys	0.38	0.31
Ceirch	0.35	0.37
Rêp Hadau Olew	0.89	0.76

Mae'r gwahaniaethau rhwng ymarferion confensiynol ac organig yn adlewyrchu'r gwahaniaethau mewn mewnbynnau, yn enwedig o wrteithiau a phlaladdwyr. Ar gyfer gwenith bara, mae cynhyrchu organig yn defnyddio tua 20% yn llai o ynni fesul tunnelli fetrig nac anorganig, tra'n meddiannu tair gwaith yr arwynebedd tir (yn cynnwys tymhorau ychwanegol sy'n ofynnol ar gyfer adeiladu frwythlondeb a chnydau gorchudd). Daeth Smith et al. (2019) i'r casgliad er bod allyriadau/ha yn is o gnydau organig, mae cynnyrch yn cael ei haneru'n fras ac mae angen cnydau sy'n trwsio nitrogen. Felly ychydig mae'r allyriadau cyffredinol mewn llawer o achosion wedi newid. Cynhyrchu gwrtaith, amaethiadau a chynaeafu yw'r prif ddefnyddwyr ynni, â chynhyrchu gwrtaith yn rheoli cynhyrchu anorganaid (53%) a gwaith caeau yn rheoli cynhyrchu organig (60%).

Gan eithrio allyriadau newid defnydd tir, mae tyfu cnydau â'r yn arwain at allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr o amaethiad, gwrteithiau a phlaladdwyr a gweithrediadau cynaeafu yn yr amrediad o 0.31-0.54 t CO₂e/t y cynnyrch, yn dibynnu ar y math a rheolaeth o rawn. Y prif gyfranwyr at allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr yw o weithgynhyrchu gwrtaith a'r allyriadau ocsid nitrus o'i osod i'r pridd.

3.3 Cymhariaeth o Allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr ar gyfer Tyfu Grawn yng Nghymru a Dwyrain Lloegr

Ar gyfer yr opsiwn o dyfu mwy o gnydau yng Nghymru, mae angen i asesu allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr ystyried cynhyrchion yng Nghymru o gymharu a'r prif ardaloedd tyfu yn rhanbarthau dwyreiniol Lloegr. Hefyd mae angen i golledion carbon pridd gael eu hystyried ar gyfer trosi glaswelltir i â'r yng Nghymru. Mae angen i allyriadau trafndiaeth ar gyfer symud grawniau i Gymru hefyd gael eu cynnwys mewn allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr cyffredinol.

Mae tabl 3.4 yn crynhoi'r cynnyrch cnwd ar gyfartaledd ar gyfer prif ardaloedd tyfu Lloegr yn Swydd Efrog, Dwyrain y Canoldir, Dwyrain Lloegr a De Dwyrain Lloegr ar gyfer 2011-2021. Mae'r rhain yn cael eu cymharu â'r cynnyrch cnydau ar gyfer Cymru dros yr un cyfnod wedi'i amcangyfrif yn anuniongyrchol o gynhyrchion mewn ardaloedd cyffiniol yng ngorllewin Lloegr (DEFRA 2011).

Tabl 3.4 Cymariaethau o Gynhyrchion Cnydau Ar Gyfartaledd i Ranbarthau Dwyrain Lloegr a Chymru - 2011-2021

Cnwd	Cynhyrchion Cnydau (t/ha) Rhanbarthau Dwyrain Lloegr	Cynhyrchion Cnydau (t/ha) Cymru	Gostyngiad Canran o Gynhyrchion Cnydau yng Nghymru o gymharu â Rhanbarthau Dwyrain Lloegr
Gwenith gaeaf	8.03	7.2	10.3
Barlys gwanwyn	5.8	5.1	12.0
Barlys gaeaf	6.8	6.5	4.6

I ehangu'r tir â'r yng Nghymru, mae tir ychwanegol ar gyfer grawniau yn gallu dod o drosi glaswelltir i gynhyrchu â'r, amcangyfrifodd Berry et al. (2010) y byddai'r allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr a achosir gan aredig glaswelltir yn achosi i allyriadau godi o 0.503 i 0.713t CO₂e fesul tunnelli fetrig o rawn a gynhyrchir. Roedd hyn yn seiliedig ar y rhagdybiaeth dros gyfnod o 30 mlynedd fod yr allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr yn deillio o drosi glaswelltir tymeraidd i dir cnydau â'r yn 111- 242t CO₂e/ha (De Klein et al., 2006). Rhagdybiodd yr astudiaeth werth canol amrediad o 180t CO₂e/ha dros gyfnod 30 mlynedd, neu gyfartaledd o 6t CO₂e/ha/y flwyddyn, ar gyfer trosi glaswelltir tymeraidd. Mae hyn yn gyfartaledd dros 30 mlynedd ond yn ymarferol mae colledion yn digwydd yn yr ychydig flynyddoedd cyntaf. Yn amlwg byddai cylchdroad cnwd rhwng leiau â'r a gwair yn lleihau'r golled hon o SOC.

Yn ogystal â'r colledion a grynhoir yn Nhabl 3.5, bydd y colledion SOC yn ymchwyddo yn dilyn trosi o laswelltir i âr, a bydd hyn yn digwydd am yr ychydig flynyddoedd cyntaf o dyfu cnydau âr. Bydd hyn yn arwyddocaol i laswelltir a drosi i dir âr yng Nghymru, tra yn Nwyrain Lloegr mae'r rhan fwyaf o ardaloedd tyfu grawn yn debygol o gael eu rheoli fel tir âr parhaus, ac felly â SOC is a chyfraddau colli llai.

Gan ragdybio bod gweithrediadau âr yr un peth i Loegr a Chymru, bydd yr allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr fesull tunnelli fetrig o gynnyrch yn llai yn Lloegr oherwydd y cynhyrchion uwch a cholled fach o garbon organig pridd yn seiliedig ar ragdybiaethau Audsley a Wilkinson (2014).

Mae pa mor fach mae'r colledion hyn yn destun dadl. I briddoedd Lloegr, mae Tabl 3.5 yn defnyddio'r golled amcangyfrifedig ar gyfartaledd o 0.19t C/ha/y flwyddyn ar gyfer tir âr (Emmett et al. (2010). Mae allyriadau'n cael eu dyfynnu fel amrediad rhwng 0 a'r gwerthoedd a gyfrifir o'r amcangyfrif gan Emmett et al. Mae'r allyriadau wedi'u cyfunol fesul tunnelli fetrig o rawn yn cael eu crynhoi yn Nhabl 3.5 ar gyfer Lloegr a Chymru, gan ystyried y cynhyrchion is yng Nghymru ar gyfer yr un gweithrediadau âr. Mae'r allyriadau o weithrediadau âr yn seiliedig ar amcangyfrifon Audsley a Wilkinson (2014). Mae allyriadau newid defnydd tir ar gyfer Cymru yn seiliedig ar drawsnewid glaswelltir i âr gan ddefnyddio amcangyfrif Berry et al. (2010) – 0.21t CO₂e/t grawn.

Tabl 3.5 Allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr ar gyfer Cnydau Grawn yng Nghymru a Lloegr

Cnwd	Allyriadau Carbon Pridd o ddefnydd tir (t CO ₂ e/t Grawn)	Allyriadau Gweithredu Âr (t CO ₂ e/t Grawn)	Cyfanswm Allyriadau (t CO ₂ e/t Grawn)
Gwenith gaeaf - Lloegr	0/0.09	0.46	0.46/0.55
Gwenith gaeaf - Cymru	0.21	0.51	0.72
Barlys gwanwyn - Lloegr	0/0.12	0.38	0.38/0.50
Barlys gwanwyn - Cymru	0.21	0.43	0.64
Barlys gaeaf - Lloegr	0/0.10	0.42	0.42/0.52
Barlys gaeaf - Cymru	0.21	0.44	0.61

Sylwer: Mae allyriadau/tunnelli fetrig gweithredu âr wedi cael eu diwygio i adlewyrchu cynhyrchion is yng Nghymru.

Byddai cludo grawn o Ddwyrain Lloegr ar daith dwy ffordd o 400 milltir ar gyfer Cerbyd Nwyddau Trwm cymalog yn dal 29 tunnelli fetrig o rawn yn arwain at ollyngiadau o tua 620kg CO₂, yn cyfateb i 0.021t CO₂/t grawn (AECOM, 2016). Mae hyn lawer yn llai na'r allyriadau ychwanegol o dyfu'r cnydau yng Nghymru.

Mae Tabl 3.5 yn dangos y byddai ehangu tir cnydau âr yng Nghymru trwy dyfu glaswelltir yn achosi allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr ychwanegol o gymharu â mewnfario grawnfwydydd o'r ardaloedd âr sefydledig o ranbarthau dwyreiniol Lloegr hyd yn oed yn ystyried allyriadau cludiant. Fodd bynnag, yn y dyfodol, gall newid hinsawdd arwain at gynhyrchion gostyngol yn nwyrain Lloegr oherwydd glawiad gostyngol a thymereddau uwch, gan leihau'r fantais cynnyrch o gymharu â chnydau a dyfir yng Nghymru. Gweler Adran 5.3.

4 Disodli Blawd Ffa Soia (SBM) â Chnydau Protein Wedi'u Tyfu yn y DU

4.1 Bwyta SBM mewn deietau anifeiliaid

Dros y degawd diwethaf, mae pryder cynyddol wedi bod i gynyddu'r cyflenwad o ddewiadau amgen i SBM ar gyfer cynhyrchu da byw yn y DU, fel ffordd o leihau dibyniaeth ar fewnforion sy'n achosi effeithiau amgylcheddol trwy glirio coedwigoedd glaw trofannol a thrin glaswelltiroedd trofannol. Yn ogystal â'r allyriadau o glirio tir a cholli dal a storio carbon o goedwigoedd a phriddoedd, mae pryderon mawr eraill am yr effeithiau ar fioamrywiaeth, ac effeithiau cymdeithasol economaidd ar boblogaethau lleol yn yr ardaloedd ffynhonnell. Byddai gostyngiad o BM wedi'i fewnforio hefyd yn helpu gwytnwch amaethyddiaeth Cymru.

SBM yw'r is-gynnyrch o echdynnu olew ffa soia o ffa soia cyfan. Mae sawl proses yn bodoli, yn arwain at gynhyrchion gwahanol. Mae SBM fel arfer yn cael ei ddsbarthu ar gyfer marchnata wrth ei gynnwys protein amrwd. Mae mathau protein uchel yn cael eu caffael o hadau wedi'u dadblisgo. Mae mathau eraill o SBM yn cynnwys y plisgynnau neu ran o'r plisgyn.

Mewnforiodd y DU 3.5 tunnell fetrig o soia yn 2019 (EFECA - DU Bord Gron ar Soia Cynaliadwy, 2020). Pan fydd yn cael ei gyfuno â'r swm o soia sefydledig mewn bwydydd a fewnforir i mewn i'r DU, mae cyfanswm y treuliant yn dod i tua 4.2 miliwn tunnell fetrig sy'n cyfateb i ffa soia. Mae'r rhan fwyaf o hyn, tua 75% yn cael ei ddefnyddio o fewn porthiant anifeiliaid, a mewnforion wedi'u sefydlu mewn cig, cynnyrch llaeth ac wyau. Mae soia wedi'i sefydlu mewn cynhyrchion a fewnforir sydd â soia 'wedi'i sefydlu' o'u mewn, er enghraifft, dofednod neu borc fydd wedi cael eu magu dramor ar ddeiet yn cynnwys soia ac yna wedi'i allforio i'w fwyta ym marchnad y DU. Lle mae ffa soia yn cael eu cyflenwi i farchnad y DU, mae'r SBM cyfatebol yn cael ei ddefnyddio i fynegi symiau mewnforio - wedi'i gyfrifo ar 72.5% cynnyrch. Mae'r 2,412,400t o SBM a ddefnyddir gan amaethyddiaeth y DU (Tabl 4.1) yn cyfateb i 3,331,600t o ffa soia.

Ffynonellau o soia wedi'i fewnforio i'r DU yw yr Ariannin (42%), Brasil (27%), Gogledd America (14%), Paragwai (8%), Tsieina (2%) a gwledydd eraill (6%). Amcangyfrifir bod 62% o soia a fewnforir i mewn i'r DU yn 2019 wedi'i sicrhau gan safon soia ardystiedig dim ddatgoedwigo na throsi. Os yw soia sy'n cael ei gaffael o diriogaethau a ystyrir yn risg isel o ddatgoedwigo (Gogledd America a Chanada) a soia sy'n cael ei gwmpasu gan contract Moratoriwm Soia'r Amason yn cael eu hychwanegu at y ffigur hwn, daeth cyfanswm y gyfran o soia a fewnforiwyd i'r DU yn 2019 wedi'i ystyried i fod o ffynonellau mewn risg isel o ddatgoedwigo/trosi neu wedi'i sicrhau gan safon soia ardystiedig heb ddatgoedwigo na throsi i 62%.

Mae Tabl 4.1 yn crynhoi'r treuliant o flawd ffa soia (EFECA - UK Bord Gron ar Soia Cynaliadwy, 2020). Nododd yr adroddiad 1.9 miliwn tunnell fetrig a adroddwyd gan broseswyr a dyrannodd 0.4 miliwn tunnell fetrig goll i broseswyr ar fferm. I Gymru, roedd yr amcangyfrifon yn seiliedig ar y gyfran o boblogaeth anifeiliaid y DU yng Nghymru lle mae'r defnyddiau mawr o SBM ar gyfer gwartheg llaeth a chywion ieir brwylio.

Tabl 4.1 Treuliant blawd ffa soia gan y sector da byw yng Ngorffennaf 2018-Mehafin 2019

Rhywogaeth	Defnydd Porthiant Blyneddol y DU (tunelli metrig)	Blawd Ffa Soia y DU (tunelli metrig)	Defnydd Porthiant Blyneddol Cymru (tunelli metrig)	Blawd Ffa Soia Cymru (tunelli metrig)
Gwartheg godro	3,235,200	360,600	420,800	46,900
Gwartheg a lloi eidion	1,179,400	62,700	129,800	6,900
Moch	2,112,000	358,700	10,600	1,800
Dofednod - cig	5,374,860	1,213,800	268,800	60,700
Dofednod - wyau	1,875,540	284,500	93,600	14,200
Defaid	858,000	28,300	239,500	7,900
Cyfanswm	15,654,300	2,412,400	1,163,100	138,400

Sylwer: I Gymru, mae treuliant amcangyfrifedig wedi cael ei seilio ar y gyfran o boblogaeth anifeiliaid y DU yng Nghymru.

Byddai'r 138,400 tunnell fetrig o flawd ffa soia a ddefnyddir yng Nghymru yn cael ei gynhyrchu o 190,900 tunnell fetrig o ffa soia (72.5% cynnyrch) ac ar gynnyrch ar gyfartaledd o 3.2 tunnell fetrig/ha, byddai gofyn am dir tramor o tua 59,700h - y rhagdybir bod tua 77% ohono yn Ne America.

Ystyrir bod SBM yn ffynhonnell protein delfrydol oherwydd

- Bod ganddo un o'r cynhwysion protein uchaf o'r holl gnydau amaethyddol (tua 55% protein amrwd mewn DM)
- Mae'n cynnwys symiau arwyddocaol o'r holl asidau amino hanfodol yn enwedig lysin, systin a threonin sy'n angenrheidiol i anifeiliaid umstumogaidd (moch a dofednod) sydd ddim yn gallu syntheseiddio'r rhain ac felly yn gofyn am ffynhonnell ddeietegol.
- Mae ganddo lefelau isel o ffactorau gwrthfaethol sy'n gallu cyfyngu ar dwf anifeiliaid.
- Mae ganddo dderbynioldeb uchel a chynnwys ffibr isel (4.5%)
- Mae ganddo gynnwys ffosfforws uchel (0.65-0.8% P) sy'n werthfawr i anifeiliaid sydd ddim yn cnoi cil.
- Mae ganddo ansawdd cyson ar gyfer gweithgynhyrchwyr cyfansoddion i gynhyrchu cyfansoddiadau bwyd dibynadwy
- Mae'n ffynhonnell protein cost isaf ar gyfer da byw. Mae pris y SBM yn pennu'r pris ar gyfer pob porthiant protein arall.

I anifeiliaid sy'n cnoi cil, mae SBM yn uchel iawn mewn protein amrwd, mae darparu swm fach yn gallu lleihau diffygion protein mewn deietau. Mae'r cyflenwad o asidau amino o SBM yn dod o ddwy ffynhonnell.

- Mae porthiant yn cael ei drosglwyddo i'r flaenstumog lle mae'n cael ei ddiraddio gan ficro-organeddau cyn cael ei syntheseiddio i asidau amino a phrotein wedi hynny i ateb anghenion micro-organebau'r flaenstumog. Mae'r protein microbig yn pasio i'r wir stumog ac mae'n cael ei dreulio a'i amsugno. (Protein Wedi'i Ddiraddio gan Flaenstumog - RDP)
- Protein sydd ddim yn cael ei ddiraddio yn y flaenstumog a choluddyn bach i ddarparu asidau amino ychwanegol. (Protein Wedi'i Dreulio Heb ei Ddiraddio - DUP).

Mae angen i ddewis ffynonellau protein ystyried nid yn unig cyfanswm cynnwys protein amrwd ond hefyd diraddiadwyedd y flaenstumog. Mae treuliadwyedd hefyd yn bwysig gan nad oes gwerth mewn dewis porthiant sy'n dianc rhag diraddiad blaenstumog ond sydd wedyn yn annhreuliadwy.

Mae SBM yn ddeniadol oherwydd ei lefel uwch o DUO o gymharu â ffynonellau protein eraill. I anifeiliaid sy'n cnoi cil, mae hyn yn golygu bod tua traean o'r soia yn gallu mynd trwy'r flaenstumog heb ei ddiraddio ac mae'n mynd i mewn i'r bedwaredd stumog a choluddyn lle mae protein ar gael yn uniongyrchol i'r anifail. Mae DUP yn gydran hanfodol o ddeietau anifeiliaid sy'n cnoi cil sy'n cynhyrchu'n uchel, yn enwedig gwartheg sy'n cynhyrchu'n uchel a mamogiaid mewn beichiogrwydd hwyr. Mae eu lefel gynhyrchu uchel yn golygu nad yw'r galw am brotein yn gallu cael ei ateb yn llawn gan brotein microbig o ficrobau blaenstumog. Mae hyn yn arbennig o wir ar gyfer methionin a lysin lle mae ychwanegiad wedi'i ddiogelu wedi cael ei ddangos i gynyddu cynnyrch llaeth (Nichols et al., 1998) Hefyd i anifeiliaid ar ddeietau porthiant uchel, histidin yn aml yw'r asid amino cyfyngol cyntaf oherwydd y ddibyniaeth helaethach ar brotein microbig (Lee et al., 2012). Mae cynnyrch llaeth yn cynyddu wrth i brotein deietegol gynyddu. Ond wrth i lefelau DUP gynyddu, mae'r defnydd o nitrogen mewn llaeth yn lleihau ac mae'r swm o nitrogen a ollyngir mewn wrin yn cynyddu. Yn ei dro mae hyn yn gallu arwain at allyriadau ocsid nitrus lle mae wrin yn cael ei ollwng ar y pridd.

Daeth Wilkinson a Lee i'r casgliad (2018) ar gyfer y cynnyrch llaeth dyddiol uchaf o 45 litr, na fyddai deiet porthiant yn darparu galw ynni'r fuwch. Hyd yn oed ar 35 litr/y dydd ni fyddai'r Ynni Metaboladwy (ME) o borthiant yn ateb y galw am ynni. Felly, ar gyfer buwch odro fodern sy'n cynhyrchu'n uchel mae angen am atchwanegiad.

I wartheg eidion, mae gwair a phorthiant wedi'i gadw yn ffurfio sylfaen y deietau ond ychwanegir atynt gan fwydydd startsh uchel fel grawniau, stwnsh siwgr betys ac ychwanegolion protein. Mae porthiannau cyfansawdd sy'n cynnwys SBM yn cael eu defnyddio i wella cyfraddau magu pwysau byw. I ddefaid, mae dwysfwydydd fel grawniau a dwysfwydydd sy'n cynnwys SBM yn cael eu defnyddio ar gyfer mamogiaid beichiog ac yn ystod llaethiad cynnar.

I dda byw unstumogaidd (moch a dofednod), mae gan SBM broffil maethol ardderchog, a chydbwysedd da o asidau amino Mae hyn yn neilltuol o bwysig i'r da byw hyn sydd ddim yn gallu syntheseiddio rhai asidau amino fel lysin, threonin a sistin. Mewn gwrthgyferbyniad ag anifeiliaid sy'n cnoi cil, mae gan foch a dofednod allu cyfyngedig iawn i drawsnewid eu proteinau deietegol yn y broses dreulio ac maen nhw felly'n ddibynnol ar y cydbwysedd cywir o asidau amino hanfodol yn y deiet i sicrhau defnydd effeithlon o'r porthiant. Fel arfer, mae deietau da byw unstumogaidd yn cynnwys gwenith yn bennaf (11%) a grawn india corn (8.8% protein), gyda SBM yn brif ffynhonnell protein ychwanegol. Yng Nghymru, mae'r niferoedd uchel o ddofednod yn gofyn am ddeietau sy'n gwbl ddibynnol ar rawniau a dwysfwydydd. Mae systemau crwydro rhydd ac organig hefyd yn gofyn am y defnydd o rawniau a phorthiannau cyfansawdd protein uchel.

4.2 Dadansoddiad o Ddewisiadau Amgen i Brotein

Her rhoi maeth i fuwch odro yw sefydlu'r swm lleiaf o brotein sy'n ofynnol gan wartheg godro sy'n cynhyrchu'n uchel i gyflawni cynnyrch llaeth gorau tra'n isafu allyriadau amgylcheddol. Mewn metaddansoddiad o broteinau ychwanegiadol adroddodd Huhtanen et al. (2011) fod porthiant hadau rēp yn gallu cael ei amnewid yn llwyddiannus am SBM. Roedd ymatebion cynnyrch llaeth yn ogystal â phrotein i dderbyniad Protein Amrwd cynyddol yn fwy â phorthiant hadau rēp o gymharu ag ychwanegu SBM. Gwnaethant ddangos bod gwerth cynhyrchiol protein porthiant hadau rēp o leiaf gygal â phrotein SBM ar gyfer gwartheg godro

sy'n cynhyrchu llaeth. Mae'r cyflenwad o asidau amino ar gyfer amsugno yn y flaenstumog o ddeietau porthiant hadau rēp yr un peth ag o deietau SBM. Mae ymatebion cynhyrchu gwell i borthiant hadau rēp o leiaf yn rhannol gysylltiedig â chynnydd helaethach mewn derbyniad porthiant sy'n gallu cael ei briodoli i gydbwysedd gwell rhwng asidau amino ac ynni mewn maetholion a amsugrir. I wartheg godro sy'n cynhyrchu'n uchel, mae cyflenwad DUP yn bwysig. Mae porthiant hadau rēp wedi'i fwrw allan wedi'i drin â gwres a DDGS gwenith yn darparu crynodiadau DUP tebyg i un SBM (Schingoethe et al., 2009).

Archwiliodd astudiaeth bwysig gan Jones et al. (2014) yr eilyddion posibl ar gyfer blawd ffa soia ar gyfer da byw y DU gyda'r priff focws ar y ffactorau economaidd Daethant i'r casgliad y byddai disodli blawd ffa soia ar unrhyw raddfa arwyddocaol yn gofyn am gymysgedd o gnydau protein ac is-gynhyrchion diwydiannol. Mae Tabl 4.2 yn crynhoi nodweddion y prif gnydau a chynhyrchion cnydau a gafodd eu hystyried. Mae'r ffigur protein amrwd treuliadwy yn rhoi awgrym o'i werth i'r anifail. Mae ynni metaboladwy yn cynrychioli ynni sydd ar gael i'w ddefnyddio gan yr anifail ac mae'n cael ei gyfrifo fel yr ynni treuliadwy llai ynni a gollir mewn wrin a nwyon llosgadwy.

Tabl 4.2 Cnydau a Chynhyrchion Cnydau sy'n addas ar gyfer da byw y DU fel ffynonellau protein

Cnwd	Protein Amrwd Treuliadwy (% DM)	Ynni Metaboladwy (MJ/hk DM)	Uchafswm Cyfradd Cynhwysiant mewn Dognau Porthiant (%)		
			Llaeth	Eidion	Dofednod
Blawd ffa soia	55	13.6	35	35	25/35
Blawd hadau rēp	38	10.5/12.1	25	25	0/2.5
Blawd hadau rēp	35	12.9	25	25	0
Bysedd y blaidd	28	11/14.5	12.5	15	0.5/7.5
Blawd blodau haul	28	7.1/10.2	25	25	0/10
Pys wedi'u sychu	23	13/15.4	30	30	0/7.5
Ffa caeau	26	13.5/15.8	20	20	0/5
Blawd had llin	18.5	18.9/20.5	20	20	0/2.5
Gwair - silwair	14/15	10.8/11.2	100	100	0
Maglys - wedi'i	18	10	30	30	0/2.5
Ceirch noeth	9.4	12.2/13.2	25	35	0/15
Gwenith	12.6	13.8/16	40	40	50/60
Porthiant gwenith	16/21	11.5	30	30	25/30
Barlys	9	13.2/14.5	50	50	25/70
Rhyg	8.5	12/13.5	25	30	2.5
Rhygwenith	11.6	13.5/14.5	30	35	10/35
Stwnsh siwgr betys	7.2	12.5	30	40	0
Gwenith DDGS	34.8	13.7	30	30	25

Sylwer: MJ = mega joules; DM = Sylwedd Sych

Mae manteision ac anfanteision pob dewis yn cael eu crynhoi isod.

1. Mae blawd rēp hadau olew yn uchel mewn protein â phroffil asid amino tebyg i soia. Mae ganddo gynnwys ffibr uchel sy'n lleihau ei gynnwys ynni ac felly ei werth i anifeiliaid sydd ddim yn cnoi cil yn enwedig dofednod. Mae hadau rēp yn cynhyrchu

tua 35% olew a 65% porthiant pan gaiff ei echdynnu'n llawn trwy wasgu wedi'i ddilyn gan echdynnu toddydd. Mae echdynnu toddydd fel arfer yn cynnwys rhagwresogi hadau i tua 35%, gan rwygo côt yr hedyn trwy basio trwy roleri, cyflyru'r hadau trwy wresogi i 80-90 °C i rwygo celloedd olew, gwasgu'r hadau trwy basio trwy gyfres o wasgfeydd sgrïw, wedi'i ddilyn gan echdynnu toddydd â hecsan, ac wedyn triniaeth wresogi i symud y toddydd trwy dostio'r blawd (Crawshaw, 2019). Mae'r driniaeth wres hon yn gostwng diraddiadwyedd protein. Mae diraddiadwyedd is blaenstumog yn arwain at gyfrannau uwch o brotein fel DUP.

2. Mae gan hadau rêp poeth wedi'u gwasgu 18.4% DUP, yn debyg i un pryd ffa soia (21.7% DUP). Mae'r gwasgu poeth yn diogelu proteinau rhag treulid yn y flaenstumog. Mae'r dull echdynnu olew hwn yn cynnwys triniaeth gwres i gyflyru'r hadau, wedi'i ddilyn gan echdynnu mecanyddol mewn allyrrwr. Mae gan borthiant allyrrwr grynodiad ME uwch oherwydd cynnwys olew gweddilliol uwch (>80g/kg) o gymharu â >40g/kg ar gyfer hadau rêp wedi'u hechdynnu dan doddydd, a threulidwyedd uwch o DUP (newkirk et al., 2002).
3. Mae hadau bysedd y blaidd yn cynnwys protein cymharol uchel ond mae ganddynt broffil asid amino gwael yn enwedig o lysin a methionin. Mae gan fysedd y blaidd gynnwys cymharol uchel o bolysacaridau anstrwythurol sy'n eu gwneud yn llai addas ar gyfer anifeiliaid sydd ddim yn cnoi cil. Mae bysedd y blaidd yn gofyn am ychwanegiad ag asidau amino synthetig i wella gwerth maethol i foch a dofednod.
4. Mae gan flawd blodau haul gynnwys protein yn yr amrediad 29-45% yn dibynnu ar y prosesu. Mae'n gyfoethog mewn asidau amino sy'n cynnwys swlffwr ond yn isel mewn lysin a threonin sydd ar gael. Mae'n uchel mewn ffibr ac ynni isel ac mae'n gweddu orau i'r stoc llai cynhyrchiol. Mae disodli soia'n llwyr yn arwain at golledion cynhyrchiol mewn moch a dofednod, ond mae disodli rhannol hyd at 20% yn bosibl.
5. Mae pys yn dderbyniol iawn a phorthiannau protein uchel â phroffil asid amino sy'n addas i'r rhan fwyaf o dda byw. Mae gan pys lefelau uchel o lysin a lefelau rhesymol o asidau amino eraill. Mae treulidwyedd protein ychydig yn is nac ar gyfer soia. Mae pys yn cynnwys ffactorau gwrthfaethol sy'n effeithio ar rywogaethau da byw i raddau amrywiol. Gellr ei fwydo i dofednod.
6. Mae ffa yn ffynhonnell dda o brotein, ond yn is na soia. Mae'r proffil asid amino yn debyg i un soia â lefelau da o lysin ond lefelau is o fethionin a sistin. Mae gan ffa ynni uchel a chynnwys fibr isel ond mae ganddynt ffactorau gwrthfaethol - taninau, wreas, ffytadau, gwaedgyfludyddion, glwcosidau - gan eu gwneud yn anaddas i dofednod oherwydd bod y taninau yn ymyrryd â threulio.
7. Mae blawd had llin yn cael ei echdynnu gan olew ond mae'r porthiant sy'n weddill yn dal i gynnwys lefelau uchel o ynni, olew a charbohydradau sydd ar gael ond cynnwys protein cymedrol yn unig a lefelau isel o asidau amino hanfodol, yn enwedig lysin. Mae had llin yn ffynhonnell gyfoethog o asid brasterog aml-annirlawn omega-3 (PUFA) ac yn is mewn asidau brasterog dirlawn. Mae wedi cael ei ddefnyddio mewn deietau anifeiliad i gynyddu PUFAu mewn llaeth a chig ar gyfer buddion i iechyd dynol. Mae hadau llin yn gallu cael effaith ryddhaol mewn anifeiliaid sy'n cnoi cil, braster carcass meddal ac ocsideddio braster mewn llaeth. Nid yw'n addas ar gyfer dofednod oherwydd y proffil asid amino gwael, cynnwys ffibr uchel a'r effaith ryddhaol.
8. Mae ansawdd gwair wedi'i sychu yn amrywio'n fawr yn dibynnu ar y cnwd gwair ac ansawdd cynaeafu a storio. Nid yw'n borthiant protein uchel ac mae'n gofyn am ychwanegiadau i gywiro diffygion protein.
9. Mae gan faglys gynnwys protein cymedrol - uwch na gwair. Nid oes ganddo ffactorau gwrthfaethol. Mae cynnwys ffibr uchel yn cyfyngu cynhwysiant mewn dognau cynnyrch uchel.

10. Mae Grawniau Distyllwyr Wedi'u Sychu a Sylweddau Hydawdd (DGGS) yn cael ei gynhyrchu o eplesu gwenith, barlys ac india corn i ethanol ar gyfer biodanwyddau, cwrw a gwirodydd. Mae'n uchel mewn ynni a phrotein. Mae ganddo lefelau cymedrol o ffibr treuliadwy. Mae gwresogi yn ystod prosesu yn gwneud y protein yn rhannol ddiraddiadwy i'r flaenstumog. Mae ganddo flas da. Gall fod ganddo lefelau uchel o gopr os yw distylliad mewn distyllbair copr. Mae'r lefelau copr uchel yn ei wneud yn anaddas i ddefaid, ond mae'n addas i ddofednod a moch.
11. Mae porthiant gwenith yn is-gynnyrch o felino blawd gan gynnwys bran gwenith, endosberm a sgriniadau startsh eraill. Mae ganddo gynnwys protein defnyddiol ac mae'n uchel mewn startsh a ffibr treuliadwy.

Rhedodd Jones et al. (2014) senarios economaidd oedd yn seiliedig ar gyfyngu ar ddefnydd soia trwy godi pris y porthiant, a chyfyngu ar fewnforion stociau porthiant amgen. Cafodd argaeledd DDGS ei gyfyngu hefyd o symiau amrywiol. Roedd tyfu a defnyddio cnydau wedi'u tyfu gartref yn anghyfyngedig i asesu'r graddau y gall disodli ddiraddiadwy. Mae canlyniadau wedi'u modelu ar gyfer newidiadau blynyddol yn cael eu crynhoi isod

Defnyddiodd Jones et al. (2014) Fodel Dyrannu Defnydd Tir (LUAM) i broffwydo faint o dir fyddai'n ofynnol ar gyfer ffynonellau protein ychwanegol a pha ddefnyddiau tir fyddai'n cael eu dadleoli. Roedd hyn yn seiliedig ar ardaloedd tir 2009 yn y DU. Y tueddiadau a gafodd eu hadnabod oedd

- Cynnydd mewn arwynebedd cnydau ar gyfer: gwenith, ffa, pys a bysedd y blaidd
- Gostyngiadau mewn arwynebedd cnydau ar gyfer: barlys a grawniau eraill
- Cynnydd neu ostyngiad mewn arwynebedd cnwd hadau rēp, yn dibynnu ar y lefelau o fewnforion o flawd hadau rēp yn cystadlu a chynhyrchu gartref.

Y prif gasgliadau gan Jones et al. (2014) oedd yn seiliedig ar welliannau i rinweddau maethol y dewisiadau amgen i SBM, wedi'u cyfuno ag argaeledd asidau animo synthetig, byddai'n dechnegol ddichonadwy i ddisodli hyd at 50% o'r holl SBM a fewnforir. Ni fyddai un o'r senarios yn dileu'r ddibyniaeth ar SBM oni bai fod symudiad i ffwrdd o ddwysáu yn enwedig yn y sectorau llaeth a dofednod, a/neu ostyngiad mewn cyfanswm niferoedd da byw.

Pe na byddai SBM yn cael ei gynnwys mewn deunyddiau bwyd, byddai'r holl borthiannau cyfansawdd i dda byw yn cynyddu yn eu prisiau. Pe byddai'r newid hwn yn cael ei weithredu yng Nghymru a'r Du ac nid mewn gwledydd eraill sy'n cynhyrchu da byw, yna byddai cynhyrchu Cymru a'r DU yn cael ei roi dan anfantais, a byddai mewnforion bwyd yn cynyddu. O safbwynt hunangynhaliath, mae'r angen i sicrhau bod cnydau yn gallu cael eu tyfu'n gynhyrchol yng Nghymru, tra'n peidio cynyddu allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr ac effeithiau amgylcheddol eraill fel llygredd aer a dŵr.

4.3 Allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr o Soia a Chnydau Amgen

Wrth ddyrannu allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr o gynhyrchion bwydo anifeiliaid, mae'n bwysig i ddyrannu allyriadau i'r prif gynnyrch a stoc bwyd is-gynnyrch. Er enghraifft, mae ffa soia yn cael eu prosesu i gynhyrchu olew a SBM, mae hadau rēp yn cael eu prosesu i gynhyrchu olew hadau rēp a blawd hadau rēp, ac mae Grawniau Distyllfa Wedi'u Sychu a Sylweddau Hydawdd (DGGS) yn is-gynnyrch a gynhyrchir o eplesu grawniau i gynhyrchu ethanol ar gyfer diodydd neu danwydd. Cafodd dau ddull o ddyrannu eu defnyddio yn seiliedig ar eu hallbynnau torfol neu werthoedd marchnad (Benavides et al. (2020).

- Rhagdybiodd yr amcangyfrif seiliedig ar fàs i drosi'r stoc porthiant i'r cynhyrchion gwahanol, roedd gofyn am yr un swm o ddeunudd a mewnbynnau ynni i gynhyrchu'r un nifer o gynhyrchion fesul màs.

- Mae'r dull seiliedig ar werth marchnad yn dyrannu'r allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr a beichiau defnyddio ynni gan ragdybio bod gwerth marchnad uwch cynhyrchion unigol yn gofyn am symiau helaethach o ynni a mewnbynnau materol.

O ystyried y gwerthoedd marchnad amrywiol o gynhyrchion o un stoc porthiant, mae'r amcangyfrifon seiliedig ar fâs yn cael eu disgrifio yma. Mae'r holl ffigurau allyriadau yn cael eu dyfynnu mewn t CO₂e/t y cynnyrch er mwyn cymharu'n hawdd, er bod rhai papurau yn dyfynnu allyriadau mewn kg CO₂e/kg y cynnyrch.

4.3.1 Blawd Ffa Soia

Adroddodd Opio et al. (2013) ym Mrasil, fod datgoedwigo (trosi coedwigoedd i dir cnydau blynyddol) yn rhyddhau cyfartaledd o 37t CO₂e/ha, ac yn yr Ariannin, mae trosi coedwigoedd a thir prysglwyni i gnydau blynyddol yn rhyddhau cyfanswm o 17 a 2.2t CO₂e/ha, yn eu tro. Cafodd allyriadau o Newid Defnydd Tir (LUC) wedi'i yrru gan ffa soia eu cyfrifo fel yr allyriadau cronedig ar gyfer un flwyddyn yn deillio o gyfanswm yr ardal a ddatgoedwigwyd yn ystod y cyfnod 1990-2006 wedi'i rannu gan gyfanswm y cynnyrch ffa soia yn 2006. Yn unol â chanllawiau IPCC, mae allyriadau yn codi o LUC yn cael eu dyrannu dros gyfnod o 20 mlynedd (y cyfnod "amorteiddio").

Yn seiliedig ar y data hyn, cafodd dau ddwystr allyrru LUC yn seiliedig ar ddulliau asesu pedwar cylch bywyd eu hamcangyfrif ar gyfer blawd ffa soia a gynhyrchir ym Mrasil a'r Ariannin. Roedd gwerthoedd ar gyfer yr Ariannin yn yr amrediad 0.34-4.23t CO₂e/t blawd ffa soia a 2.98-7.69t CO₂ e/t blawd ffa soia o Frasil. Amcangyfrifodd Castanheira a Freire (2013) pan fydd allyriadau o LUC yn cael eu heithrio, mae'r Nwyon Tŷ Gwydr yn amrywio o 0.3 i 0.6t CO₂e/t blawd ffa soia, yn dibynnu ar ddulliau gwrtaith ac amaethu. Byddai dwyster y Nwyon Tŷ Gwydr yn gymwys i ardaloedd tyfu cnydau mewn gwledydd eraill fel yr Unol Daleithiau sy'n cyflenwi'r DU. Amcangyfrifodd Benavides et al. (2020) yr allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr i fod yn 0.482tCO₂e/t blawd ffa soia ar ddyraniad torfol rhwng olew a blawd, gan eithrio'r allyriadau LUC.

Mewn astudiaeth o effaith amgylcheddol bosibl amrediad o fformwleiddiadau deiet ar gyfer gwartheg godro yn cynhyrchu 40 kg o laeth/y dydd, defnyddiodd Wilkinson a Garnsworthy (2017) werth y blawd ffa soia o 1.056t CO₂e/t DM, sy'n cynnwys 0.625t CO₂e/kg DM yn deillio o dyfu, prosesu a chludo'r cnwd, a 0.431 kg CO₂e/t DM yn deillio o ddefnydd tir a newid defnydd tir. Mae'r ffactor allyriadau yn sylweddol is na'r gwerth a ddefnyddir mewn rhai astudiaethau (e.e. 7.690t CO₂e/t DM ar gyfer blawd ffa soia Brasil (Opio et al., 2013) oherwydd gwahaniaeth mewn dyrannu newid defnydd tir. Cydnabyddodd fod y rhan fwyaf o gynhyrchu ffa soia ar dir sydd wedi bod mewn tyfu cnydau â am fwy nac 20 mlynedd ac mae mewn cydbwysedd carbon yn awr.

Gan defnyddio'r ffigur ar gyfartaledd gan Wilkinson a Garnsworthy (2017), mae defnydd Cymru o 138,400t SBM i 125,700t DM yn achosi allyriadau o 132,730t CO₂e yn 2018-19, ond byddai hyn yn fwy os yw ffactor uchafswm allyrru Opio et al. (2013) yn cael ei ddefnyddio.

4.3.2 Hadau rêp

Amcangyfrifodd Smith et al. (2019) yr allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr o hadau rêp i fod yn 0.89t CO₂e/t hadau rêp. Amcangyfrifodd Audsley a Wilkinson (2014) fod gan hadau rêp allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr o 1.05t CO₂e /t y cynnyrch o gymharu â 0.70t CO₂e /t y cynnyrch ar gyfer soia. Fodd bynnag, pan gafodd ei gymharu â Phrotein Amrwd, roedd gan y blawd soia werth o 1.96 kg CO₂e /kg CP o gymharu â 5.33 kg CO₂e /kg CP ar gyfer hadau rêp.

Amcangyfrifodd Fridrihsone et al. (2020) gyfanswm allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr yn 1.335t CO₂ e/t ar gyfer hadau rêp y gwanwyn ac 1.128t CO₂ e/t ar gyfer hadau rêp y gaeaf yng Ngogledd Ewrop. O'r LCA ar gyfer cynhyrchu'r cnwd a phrosesu, gan gyfartaleddu cynydu gwanwyn a gaeaf, cafodd allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr eu dyrannu yn ôl mäs y cynhyrchion - olew (35%) a blawd (65%). Yr allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr amcangyfrifedig yw 0.467t CO₂ e/t olew a 0.868t CO₂e/t blawd.

Yn 2020, roedd gostyngiad 41% mewn arwynebedd cynydu i ychydig dros 1 miliwn hectar yn y DU a chynnyrch o 2.7 miliwn tunnell fetrig/ha, o dan y cyfartaledd pum mlynedd o 3.5 tunnell fetrig/ha. Roedd gostyngiad cyffredinol o gynhyrchion o hadau rêp oherwydd difrod gan chwilen chwain oherwydd y gwaharddiad ar driniaeth pryfleiddiad neonicotinoid o'r hedyn, ynghyd ag amodau gaeaf gwlyb anffafriol a gwanwyn sych yn 2019-20.

4.3.3 Blodyn Haul

Blawd blodyn haul yw'r is-gynnyrch o echdynnu olew o hadau blodyn haul. Yn nhermau cynhyrchu, mae'n 4ydd blawd olew pwysicaf ar ôl blawd ffa soia, blawd hadau rêp a blawd hadau cotwm. Mae dau gyfyngiad mawr ar gynhyrchu cynydu blodau haul llwyddiannus yn y DU, mae'r ddau yn ymwneud â gwres sydd ar gael. Y cyntaf yw hyd y tymor tyfu, fel y pennir gan y dyddiad cynharaf y mae hau yn ymarferol a'r dydiad hwyraf mae aeddfedu yn gorffen ac nadoes modd oedi ar gynaeafu mwyach. Yr ail yw faint o wres sydd ar gael i'w ddefnyddio gan y cnwd yn ystod y tymor tyfu hwn. Mae angen i dymereddau pridd fod rhwng 7-9°C yn y 10cm uchaf ar gyfer drilio a thymheredd aer dyddiol sylfaenol o dros 6°C.

Mae Canolfan Organig Cymru wedi ymchwilio i ddichonoldeb tyfu blodau haul yng Nghymru (Nixey et al., 2014). Gallai cornel de-ddwyrain Cymru a phocedi o dir yn Sir Benfro, Ynys Môn a Gogledd-Ddwyrain eithaf Cymru gynnal cnwd. Maen nhw'n cynhyrchu rhwng 1.5-2.5 t/ha pan gânt eu tyfu'n gonfensiynol yn y DU. Yn ymarferol, ychydig iawn o flodau haul sy'n cael eu tyfu yn y DU a chynnyrch blynyddol o 3000t yn 2008. Nid oes ffigurau wedi'u diweddarau ar gael. Yn y DU, mae cynhyrchion cynydu yn gyfyngedig gan dywydd amrywiol a chynaeafau hwyr.

O fetaddadansoddiad o astudiaethau yn y prif wledydd cynhyrchu, amcangyfrifodd Alcock et al (2020) fod gyfanswm allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr ar gyfartaledd yn 1.85t CO₂e /t olew. Yn seiliedig ar gyfraddau echdynnu olew o tua 37% fesul pwysau'r hadau blodau haul, mae 1t o hadau yn cynhyrchu 0.37t olew â'r 0.63t olew sy'n weddiill yn flawd. Gan dyrannu'r allyriadau rhwng olew a blawd ar sail mäs, mae hyn yn arwain at ffactor allyrru o 1.17t CO₂e/t blawd.

4.3.4 Bysedd y blaidd

Mae bysedd y blaidd gwyn (*Lupinus albus* L.), bysedd y blaidd melyn (*L. luteus* L.) a bysedd y blaidd glas (*L. angustifolius* L.), yn llysdwyfiannau Ewropeaidd brodorol. Mae eu cynnwys protein hadau yn uchel (hyd at 40%). Canfu Lee et al (2016) fod cynnwys bysedd y blaidd glas yn neiet ieir yn dodwy ar gyfradd o 150 g/kg DM yn arwain at ddim effeithiau niweidiol mewn cynhyrchu nac iechyd ieir a gallai gael ei ddefnyddio fel rhan o ddogyn gytwys i leihau dibyniaeth ar brotein soia.

Mae cynnyrch bysedd y blaidd yn Ewrop tua 200,000-300,000 o dunelli metrig yn flynyddol. Yn y DU, mae tua 2000ha yn cael eu tyfu (J Nix Pocketbook, 2022) - 60-70% gwyn (yn bennaf yn y De a'r Dwyrain), 15-20% glas a'r gweddill yn felyn. Mae Soya UK yn argymhell

bod bysedd y blaidd glas yn gallu cael eu tyfu yng Nghymru¹ Mae cynnyrch y DU yn yr amrediad 2.5-3.5t/ha, gan arwain at gynnyrch yn y DU yn yr amrediad 5000-7000 tonnelli fetrig. Nid oes data ar allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr wedi cael eu canfod, ond gan fod bysedd y blaidd yn llystyfiannau sy'n sefydlogi nitrogen, byddal disgwyl i'w hallyriadau fod yn debyg i rai llystyfiannau eraill fel ffa.

4.3.5 Ffa a Phys

Yn y DU, mae pys yn cael eu tyfu'n bennaf i bobl eu bwyta, â chyfran fach yn unig o samplau gradd isel yn cael eu defnyddio ar gyfer porthiant anifeiliaid. Mae ffa caeau yn cael eu plannu yn y gwanwyn a'r hydref. Mae 53% yn cael eu hau yn y gwanwyn. Yn Lloegr, cafodd 135,000ha o ffa caeau eu tyfu yn 2019, a 64,000ha o bys (DEFRA Arolwg Mehefin, 2020). Nid oes data ar gael i Gymru er y bydd yr arwynebedd yn fach. Mae cynhyrchion yn yr amrediad 0.3-5t/ha (John Nix Handbook, 2022). Dangosodd adroddiad diweddar ar ddwy fferm yn Sir Fynwy gynhyrchion o ffa gwanwyn mor uchel â 7t/ha (Farmers Weekly, 11^{fed} Chwefror 2022). Amcangyfrifodd Audsley a Wilkinson (2014) yr allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr ar gyfer ffa caeau i fod yn 0.51t CO₂e/t y cynnyrch a'r allyriadau fesul kg Protein Amrwd yn debyg i Soia. Mae ffa a phys yn bwysig fel cnwd torri oherwydd eu bod yn sefydlogi nitrogen sy'n cael ei adael yn y pridd i gnydau dilynol. Mae'r sefydlogi nitrogen yn gadael tua 50kgN/ha yn y pridd ar ôl cnwd ffa gwanwyn (Farmers Weekly, 11^{fed} Chwefror 2022)

4.3.6 Grawniau Distyllwyr Wedi'u Sychu a Sylweddau Hydawdd (DGGS)

Mae cynhyrchu DDGS yn ddwys o ran Nwyon Tŷ Gwydr oherwydd bod cynhyrchu yn gofyn am y camau prosesu o echdynnu grawn a sychu. Gan ddefnyddio dyraniad torfol ar gyfer rhannu'r allyriadau rhwng cynhyrchu ethanol a chynhyrchu'r DDGS, cafodd yr allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr eu hamcangyfrif i fod yn 0.869t CO₂e /t y cynnyrch (Benavides et al., 2020). Nid yw hyn yn cynnwys allyriadau o newid defnydd tir.

4.3.7 Porthiant Gwenith

Yng nghynhyrchu blawd gwyn, mae tua 75% yn cael ei echdynnu a'r 25% sy'n weddill yn weddill a elwir yn borthiant gwenith. Mae hyn yn amrywio'n sylweddol o ran cyfansoddiad, gan ddibynnu ar yr yd gwreiddiol a'r gyfradd echdynnu. Mae'r cynnwys protein amrwd yn gyffredinol o fewn yr amrediad 16-21% DM ac mae cynnwys ynni metaboladwy yn 11.5 MJ/kgDM. Er bod yr allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr o gynhyrchu gwenith yn hysbys (gweler Tabl 3.5) ni chafodd data ar allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr o'r prosesu eu canfod.

4.3.8 Asidau amino

Astudiodd Mosnier et al. (2011) ymgorffori asidau amino (AAau) defnydd porthiant (FU) mewn deietau i leihau y defnydd o flawd ffa soia cyfoethog mewn protein i foch a dofednod. Mae FU AAau yn cael eu defnyddio'n gyffredin yn awr mewn fformwleiddiadau porthiant moch a dofednod. Mewn moch a dofednod, lysin, methionin a threonin yw'r AAau mwyaf cyfyngol ar gyfer adeiladu cyhyrau ac maen nhw ar gael fel cynhyrchion synthetig diwydiannol. Ymchwiliodd yr astudiaeth hon a yw ymgorffori L-lysin HCl, L-threonin a FU-methionin yn lleihau effeithiau amgylcheddol porthiannau moch a brwylio gan ddefnyddio

¹ <http://www.soya-uk.com/lupin/>

Asesiad Cylch Bywyd. Cafodd yr allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr ar gyfer y tri asid amino eu cyfrifo i fod yn

- L-lysin a L-threonin 4.294t CO₂e/t y cynnyrch.
- L-methionin 2.96t CO₂e/t y cynnyrch.

Er bod yr allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr o gynhyrchu asidau amino yn uchel, oherwydd y digwyddodd ymgorffori'r asidau amino i mewn i gymysgeddau porthiant ar lefelau o tua 1% neu lai, cyfraniad bach a wnaethant i allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr cyffredinol y cymysgedd porthiant cyffredinol.

I wartheg godro, mae ymatebion i asidau amino ychwanegol hanfodol fel methionin a lysin ar gynhyrchion llaeth yn amrywiol ac yn anodd i'w rhag-weld (Sinclair et al., 2014). Maen nhw'n argymhell y gall strategaethau deietegol sy'n anelu at wneud y mwyaf o synthesis protein microbig fynd rhan o'r ffordd at liniaru gostyngiadau disgwylidig mewn derbyniad a chynnyrch llaeth wrth fwydo deietau Protein Amrwd isel. Mae angen i asidau amino synthetig gael eu diogelu rhag diraddiad yn y flaenstumog.

Mae moch a dofednod yn ddibynnol ar y cydbwysedd cywir o asidau amino hanfodol mewn porthiannau i sicrhau defnydd effeithlon y porthiant gan fod ganddynt allu cyfyngedig iawn i drawsffurfio cyfansoddiad eu protein deietegol. Er enghraifft, mae angen methionin, lysin, threonin, isolewcin, falin ac arginin ar frwylwyr (Dozier et al., 2008).

4.4 Ehangu Cnydau Porthiant i Gymryd Lle Porthiannau a Fewnforir

Ar wahan i laswelltir - gwair wedi'i bori a'i gynaeafu, y prif gnydau porthiant a dyfir yng Nghymru yw maip, erfin a chêl. Mae silwair india corn hefyd yn cael ei dyfu ar gyfer gwartheg godro.

Mae betys porthi yn cael ei dyfu yng Nghymru fel cnwd toriad. Mae gan y cnydau hyn werth neilltuol fel adnoddau porthiant gaeaf i wartheg a defaid. Argymhellir i gyfraddau cynhwysiant fod yn yr amrediad 35-50% o gyfanswm treuliant sylwedd sych, gyda mynediad at wair a gwellt. Mae hyn er mwyn atal ymchwydd a goitr (diffyg iodid). Mae Tabl 4.3 yn crynhoi'r cynhyrthion porthiant ac ansawdd yn y DU (Yeates a Simpson, 2010), gan gymharu porthiannau cnydau â'r gwair - wedi'i bori a'i gadw.

Tabl 4.3 Cynhyrchion ac ansawdd cnydau porthiant

Cnwd	Cynnyrch Defnyddiadwy (tunelli metrig/hectar)	Ynni (MJ/kg DM)	Protein Amrwd (% in DM)
Gwair (wedi'i bori)	8.8	11.5	17
Gwair (wedi'i bori) (meillion uchel gwyn)	8.8	11.5	19

Gwair (wedi'i bori) hen borfa	6.0	10.5	15
Silwair gwair (3 thoriad - wedi'i glampio neu wedi'i felio/lapio)	10.2	10.8/11.2	14/15
Maip (haf)	5.1	11.2	17
Erfin	6.5	12.9	10
Cêl (wedi'i bori)	7.5	11	16.8
Sicori, rhygwellt , meillion gwyn (wedi'i bori)	8.0	11	20
Silwair india corn	11.7	11.2	9
Betys porthiant	12.8	13.0	12.5

Mae cnydau porthiant yn darparu ffynhonnell borthiant bwysig i anifeilaid sy'n cnoi cil ym misoedd y gaeaf i ychwanegu cyflenwadau silwair a gwair a gynaeafir yn yr haf. Mae data ar gyfer gwair a silwair yn cael eu cynnwys er cymhariaeth.

Mae cynhyrchion gwair defnyddadwy yn llai na chynhyrchion gwair gwirioneddol oherwydd bod llystyfiant gweddilliol yn cael ei adael i aildyfu. Yn y DU, roedd cynhyrchion gwair ar gyfartaledd yn 9.2tDM/ha yn 2021 (grasscheck UK). Mae gwelliannau i reoli gwair wedi cynorthwyo cynnydd cynhyrchiant o hyd at 12tDM/ha i'r ffermydd gorau - er bod hyn yn gallu dibynnu ar ddefnydd trwm o wrteithiau artiffisial ag allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr cysylltiedig. Nid yw allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr ar gael ar gyfer maip, erfin, çêl na betys porthiant

Mae cnydau porthiant yn gydran bwysig o ddeietau - silwair a chnydau gwreiddiau yn bwysig yn y gaeaf, a gwair yn y tymor tyfu, ond nid ydynt yn eilydd ar gyfer y cynnwys protein uchel a ddarperir gan SBM.

4.5 Crynodeb

Gan ystyried yr allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr i gynhyrchu tunnell fetrig o brotein amrwd, o Dabl 4.2 a gwerthoedd llenyddiaeth o allyriadau (Wilkinson(2011): Wilkinson a Garnsworthy (2017); Audsley a Williams (2014)). Mae Tabl 4.4 yn darparu crynodeb ar gyfer cynydu amgen.

Tabl 4.4 Crynodeb o allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr i gynhyrchu protein amrwd

Cnwd	Protein Amrwd (CP) (%)	Ffactor Allyrru t CO ₂ e/t y cynnyrch	Allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr t CO ₂ e/t CP
Blawd Ffa Soia	55	1.056/7.690	1.92/13.98
Blawd hadau rēp - echdynnwyd toddydd	38	0.868	2.28
Blawd hadau rēp - bwriwyd allan a thriniwyd â gwres	35	0.868	2.28*
Blawd blodyn haul	28	0.31/1.12	1.11/4.0
Ffa	26	0.69**	2.65
Gwenith gaeaf	12.6	0.72	5.71
Barlys gwanwyn	9	0.64	7.83
Gwenith DDGS	34.8	1.08**	3.10

*Yn seiliedig ar allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr yn bod yn debyg i rai blawd hadau rēp yr echdynnwyd toddydd ** Mae'n rhagdybio cynnyrch ffa o 4t/ha *** Yn seiliedig ar ffactor allyrru ar gyfer gwenith a chynnyrch o DDGS/tunnell fetrig o rawn

Mae'r amrediad o allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr fesul tunnell fetrig o CP yn amrywio'n fawr ar gyfer pob porthiant, ond yn gyffredinol, mae allyriadau'n is ar gyfer CP i'r porthiannau a chynnwys protein uchel. Mae gan rawniau gynnwys CP isel, gan arwain at allyriadau uchel fesul tunnell fetrig o brotein. Mae gan flawd hadau rēp wedi'i drin gan wres wedi'i fwrw allan, DDGS gwenith, a ffa yr allyriadau isaf.

I wartheg godro sy'n cynhyrchu'n uchel, mae cyflenwad DUP yn bwysig. Mae blawd hadau rēp wedi'i drin gan wres wedi'i fwrw allan a DDGS gwenith yn darparu crynodiadau DUP tebyg i rai SBM (Schingoethe et al, 2009)

I foch a dofednod sydd ddim yn gallu trawsffurfio proteinau i'r proffil asid amino gofynnol, mae deieteau yr ychwanegir atynt gan asidau amino yn ofynnol i ddisodli SBM.

5 Ailosod i Gymru

Mae asesu'r opsiynau tyfu cnydau i Gymru yn gofyn am amcangyfrif o'r tir sy'n addas ar gyfer ehangu cnydau â'r, ynghyd a dadansoddiad o'r cnydau posibl a allai gael eu tyfu'n llwyddiannus yng Nghymru - gan ystyried pridd, hinsawdd (yn awr ac i'r dyfodol) a'r galw am yr allbynnau cnydau o fewn y system ffermio.

5.1 Amcangyfrifon arwynebedd

Yn 2021, mae gan Gymru arwynebedd o gnydau a garddwriaeth a amcangyfrifir i fod yn 92,941ha (Medi 2021) a 155,923ha wedi'i neilltuo i laswelltir o dan 5 oed y rhagdybir ei fod yn laswelltir dros dro o bosibl mewn cylchdroad ag â'r. Mae'r data hyn yn hannu o ymatebion i'r Arolwg Amaethyddiaeth Mehefin blynyddol. Mae data manwl ar gnydau yn dod o Arolwg Amaethyddiaeth a Garddwriaeth Llywodraeth Cymru (Tachwedd 2021). Mae Tabl 5.1 yn crynhoi'r data.

Tabl 5.1 Defnydd Tir Amaethyddol yng Nghymru 2021

Cnwd	Arwynebedd yn 2021 (ha)
Gwenith	23,223
Barlys Gaeaf	8,482
Barlys Gwanwyn	12,105
Grawniau eraill (yn cynnwys ceirch)	6,700
Tatws	2,341
Cnydau ar gyfer bwydo stoc e.e. gwreiddiau, cêl	16,265
India corn	14,821
Rêp hadau olew	4,841
Cnydau eraill	4,163
Garddwriaeth yn cynnwys perllannau, stoc meithrinfa gwydn, cnydau llysiau a salad	1,500
Cyfanswm	94,141

Gorchuddiodd glaswelltir dros 5 mlwydd oed (wedi'i ddehongli ffel glaswelltir parhaol) 1,141,336 ha ynghyd ag unig hawliau pori garw.

Mae tyfu cnydau â'r yn debygol o fod yn gyfyngedig i Ddosbarthiad Tir Amaethyddol (ALC) tir graddfa 1: tir amaethyddol o ansawdd ardderchog, (4,000ha), Graddfa 2: tir amaethyddol o ansawdd da (125,800ha), a Graddfa 3a: tir amaethyddol o ansawdd da i gymedrol (191,700ha). Mae tir graddfa 3a yn darparu cynhyrchion canolig i uchel o amrediad cul o gnydau â'r (e.e. grawniau), neu gynhyrchion cymedrol o wair, rêp hadau olew, tatws, a chnydau garddwriaethol sy'n gofyn llai. Dim ond tir amaethyddol hyd at Raddfa 3a (cyfanswm o 321,500ha) fydd fel arfer yn addas ar gyfer amaethu a chnydau garddwriaethol (MAFF, 1988), er y dangosodd Adroddiad Gofynion Cnydau Cymru (ADAS 2019) y byddai tir Graddfa 3b (487,900ha) yn addas ar gyfer rhai cnydau grawn – rhyg, ceirch, ceirch noeth a rhygwenith. Mae hyn yn gosb o gynhyrchion is a mwy amrywiol.

Mae tir Graddfa 1 wedi'i leoli mewn pocedi bach o iseldir Gogledd-Ddwyrain a De Cymru. Yn yr un modd, mae tir Graddfa 2 wedi'i leoli yn bennaf yn iseldir Gogledd a De Cymru, Ynys Môn a Sir Benfro. Mae tir Graddfa 3 wedi'i ddsbarthu'n fwy eang ac mae wedi'i leoli mewn ardaloedd isel arfordirol a mewndirol. dyffrynnoedd afonydd (e.e. yr Wysg a'r Hafren) ac ar hyd ffin Cymru/Lloegr. Mae tir amaethyddol Graddfa 4 (412,200ha) a Graddfa 5 (461,100ha) wedi'i leoli yn ardaloedd ucheldir canolog Cymru.

Nid yw'n bosibl i ddynodi lle mae tir cnydau a glaswelltir wedi'i leoli yn yr ardalloedd graddfa ALC, ond mae'n debygol fod y tir cnydau a glaswelltir dros dro (cyfanswm o 248,864 ha) yn meddiannu y rhan fwyaf o dir Graddfeydd 1-3a (cyfanswm o 321,500ha). Byddai unrhyw ehangu o gnydau â'r yn cael eu canolbwyntio ar dir yn y Graddfeydd hyn.

5.2 Effaith Senarios Newid Hinsawdd ar Ardaloedd Tyfu Cnydau Âr yng Nghymru.

Mae'n bwysig i ystyried y newidiadau tebygol mewn ardaloedd tir ALC wedi'u modelu o senarios newid hinsawdd (Keay a Hannam, 2020). Cafodd y modelu ei seilio ar senarios arfaethedig UKCP18 ar gyfer allyriadau isel, canolig ac uchel (UKCP18). Y senarios arfaethedig yw fod glawiad blynyddol ar gyfartaledd yn newid ychydig dros y cyfnodau arfaethedig, ond mae dosbarthiad y glawiad yn newid rhwng tymhorau. Mae cynnydd mewn glawiad yn y gaeaf a llai o lawiad ym misoedd yr haf ar gyfer pob senario allyrru.

Mae tymheredd cronedig yn fesur o gynhesrwydd cymharol lleoliad ac mae'n dymheredd aer dyddiol uwchben 0°C. Mae tymhereddau cronedig uwchben 0°C yn cynyddu i 2080 ar gyfer pob senario allyrru â misoedd haf sylweddol gynhesach erbyn 2060 o gymharu â'r llinell sylfaen. Mae diffygion lleithder yn dangos cynnydd arwyddocaol i 2080 ar gyfer cnydau (gwenith a thatws). Rhagwelir y diffygion mwyaf yn ardaloedd ffin Cymru/Lloegr, Sir Benfro ac Ynys Môn erbyn 2080.

Gan ganolbwyntio ar effaith y senarios hyn ar y tir Gorau a Mwyaf Amlbwrpas (BMV) (Graddfeydd 1-3a) (Tabl 5.2), byddai cynnydd yn yr ardal BMV erbyn 2050, wrth i dir Graddfa 3a gynyddu'n bennaf ar draul tir ansawdd uwch Graddfeydd 1 a 2 land. Byddai rhywfaint o gynydd o dir Graddfa 3b o ganlyniad i dir Graddfa 4 yn lleihau.

Tabl 5.2 Canran Ardaloedd Tir mewn Graddfeydd ALC yn seiliedig ar Senarios Newid Hinsawdd i 2050 a 2080.

Graddfa ALC	Canran o arwynebedd tir (llinell sylfaen)	Canrannau o Ardaloedd Tir yn Senarios Newid Hinsawdd 2050			Canrannau o Ardaloedd Tir yn Senarios Newid Hinsawdd 2080		
		Isel	Canolig	Uchel	Isel	Canolig	Uchel
1	0.31	0.18	0.19	0.15	0.11	0.09	0.06
2	7.92	7.1	7.43	4.76	2.92	2.02	0.53
3a	11.84	16.35	16.21	16.77	15.06	13.74	8.09
3b	28.75	33.28	32.99	33.78	34.26	34.37	28.03
4	24.22	17.20	17.27	18.89	22.45	24.51	38.61
5	26.95	25.89	25.90	25.65	25.41	25.27	24.69
Cyfanswm BMV (graddfeydd 1-3a)	20.09	23.63	23.83	21.68	18.09	15.85	8.68

Erbyn 2080 byddai'r hinsawdd arfaethedig yn achosi gostyngiad sylweddol o dir Graddfeydd 1 a 2 o dan y senario allyriadau uchel. Byddai arwynebedd tir Graddfa 3a yn lleihau rhwng 2050 a 2080 fel y byddai cyfanswm arwynebedd tir BMV yn lleihau yn enwedig o dan y senario allyriadau uchel. Byddai arwynebedd tir Graddfa 3b yn cynyddu erbyn 2080 o dan y senarios isel a chanolig o ganlyniad i drosglwyddo o dir Graddfa 4 ond byddai'r duedd hon yn gwrthdroi o dan y senario uchel. Trwy gydol y cyfnod at 2080, byddai arwynebedd tir Graddfa 5 yn aros yn ddiglyfnedid.

5.3 Effeithiau Newid Hinsawdd ar Gnydau

Mae addasrwydd hinsoddol tir ar gyfer cynydu yn gallu cael eu seilio'n rhannol ar yr ALC gan fod ffactorau hinsoddol yn ffurfio rhan o'r asesiad o addasrwydd tir ar gyfer tyfu cynydu. Nodweddion pridd yw'r prif ffactor arall mewn pennu graddau ALC. Mae'r meini prawf hinsoddol yn cael eu hystyried gyntaf wrth ddsbarthu tir. Mae hinsawdd yn gallu bod o'r pwys mwyaf yn yr ystyr y bydd cyfyngiadau dwys yn cyfyngu tir i raddau is heb ystyried amodau pridd neu safle ffatriol. Yn gyffredinol, mae cyfyngiadau ar ddefnydd amaethyddol yn cynyddu wrth i lawiad gynyddu a thymheredd ar gyfartaledd yn gostwng.

Mae ffactorau hinsoddol pwysig yn cynnwys hyd y cyfnod tyfu, sy'n ddibynnol ar tymheredd cronedig - y tymheredd aer dyddiol uwchbeb 0°C. Mae hyn hefyd yn ddibynnol ar uchder y tir. Mae ffactorau perthynol eraill yn cynnwys y nifer o ddyddiau rhew, a'r nifer o oriau heulwen.

Mae'r tymheredd blynyddol cymedrig yn ffactor arall mewn pennu'r raddfa ALC. Mae'r rhyngweithio rhwng tymheredd a chynnyrch yn gallu bod yn gymhleth. I rawniau, mae cynyddu tymhereddau yn gallu lleihau cynnyrch trwy fyrhau yr amser i gyrraedd aeddfedrwydd, hynny yw gosod blodeuo a hadau (Wheeler et al., 1996). Mae'r cyfnod at aeddfedrwydd yn dibynnu ar y tymheredd ac mewn llawer o achosion hyd y dydd (Bindi a Howden, 2004). Mewn rhai achosion, gallai cynnydd mewn tymheredd fyrhau hyd y cyfnod tyfu, felly'n lleihau cynhyrchion (Porter a Gawith, 1999). I lawer o gnydau garddwriaethol wedi'u tyfu mewn cae gallai unrhyw gynnydd mewn tymheredd fod yn fuddiol trwy gynyddu'r amrediad daearyddol a'r cyfnod cynaeafu yng Nghymru.

Mae glawiad a phatrwm y glawiad yn bwysig i gynhyrchiant cnydau. Er enghraifft, mae hafau cynnes, sych yn lleihau tyfiant cnydau a'r cynnyrch dilynol. Mae planhigion yn gallu gwella o gyfnodau byr o brinder dŵr sy'n lleihau ehangu canopi cnydau yn ystod eu cyfnod tyfiannol (gan leihau'r potensial ar gyfer ffotosynthesis) ond bydd cyfnodau hirach yn cael effaith barhaol ar gynnyrch cnydau. I'r gwrthwyneb, mae gormod o lawiad yn gallu achosi problemau â sefydlu cnydau (yn yr hydref) a/neu leihau cynhyrchion (glawiad gwanwyn/haf) oherwydd pwysau afiechyd cynyddol a lefelau isel o olau haul. Mae glawiad uchel yn gysylltiedig â gwlybanaeth pridd, sy'n gallu lleihau cynhyrchiant ac amlochredd y tir ac effeithio ar gynhyrchiant/cynnyrch cnydau.

O gymharu â rhanbarthau dwyrain Lloegr, adroddodd Cho et al. (2012) fod cynhyrchu gwenith yn ardaloedd gogleddol a gorllewinol Cymru a Lloegr yn fwyaf tebygol o elwa o hinsawdd cynhesach a sychach. Bydd sensitifrwydd hinsawdd yn amrywio â chnydau. Er enghraifft, adroddodd Semenov (2009) y gellid disgwyl i'r gwenith blodeuol Avalon gynhyrchu cynnydd cynnyrch mwy o gymharu â brîd gwenith Mersia o dan senarios newid hinsawdd erbyn y 2050au. Bydd cynhyrchion gwenith gaeaf y DU yn cael eu heffeithio'n negyddol gan sychderau â chostau cynyddol posibl i rai ffermwyr, y gall fod angen iddynt fuddsoddi mewn systemau dyfrio. Mae newid hinsawdd yn y DU yn gallu cael effaith ar ansawdd cynnyrch cnydau yn ogystal â chynhyrchion cyffredinol (Rial-Lovera et al., 2017).

Gallai newid hinsawdd arwain at gyfleoedd i gnydau newydd. Mae Coleman et al (2021) wedi ymchwilio i dyfu ffa soia yn y DU i gymryd lle mewnfôrion â'r cnwd ffa soia yn cael ei aeddfedu'n llwyddiannus ym mhob treial maes a gynhaliwyd. Amrywiai cynhyrchion rhwng 0.4 t/ha yn 2018 i 2.9 t/ha yn 2017 â chyfartaledd o 1.1 t/ha. Mae'r canlyniadau cynnar hyn yn awgrymu erbyn 2050 y galai ffa soia fod yn gnwd hyfyw ar draws y rhan fwyaf o Loegr a de Cymru o dan senario newid hinsawdd amrediad canolog ac uchel.

Mae Tabl 5.3 yn crynhoi'r raddfa ALC addas ar gyfer cnydau penodol ag arwydd o sensitifrwydd hinsawdd. Mae angen tir Graddfa ALC 1-3b ar y rhan fwyaf o gnydau grawn. Er bod y tir BMV yn cael ei ystyried i fod yn gyfyngedig i Raddfeyd 1-3a, gallai defnydd o dir Graddfa 3b gynyddu'r arwynebedd posibl o dir cnydau o 22-24% i tua 56% yn 2050. Byddai cnydau yn is ac yn fwy amrywiol o ganlyniad i'r tywydd.

Tabl 5.3 Graddfeydd ALC addas a sensitifrwydd hinsawdd i gnydau

Cnwd	Gofynion ALC	Sensitifrwydd hinsawdd
Gwenith	1-3b	Mae datblygiad yn cael ei lywodraethu gan dymheredd, gwanwyneiddio (mewn amrywiadau gaeaf) a hyd diwrnod. Dyfrlenwi mewn cnydau gaeaf Lletya mewn amodau haf gwlyb
Barlys	1-3b	Mae datblygiad yn cael ei lywodraethu gan dymheredd, gwanwyneiddio (mewn amrywiadau barlys gaeaf) a hyd diwrnod. Dyfrlenwi mewn cnydau gaeaf Plygu coesau plenhigion mewn amodau haf gwlyb
Ceirch	1-3b	Ni fydd tir ar uchder uchel yn addas oherwydd gwlypter a thymheredd pridd. Sigo cnydau mewn amodau haf gwlyb
Rêp hadau olew	1-3b	Ni fydd tir ar uchder uchel yn addas oherwydd gwlypter a thymheredd pridd.
India corn	1-3a	Mae safleoedd >180 m yn ffiniol ac ond yn debygol o fod yn addas â phriddoedd ysgafnach, sychach. Mae angen swm penodedig o ynni solar i ddatblygu o eginiaid hyd at gynaeafu ar gyfer grawn.
Ffa caeau	1-3a	Ni fydd tir ar uchder uchel yn addas oherwydd gwlypter a thymheredd pridd.
Ffa soia	1-3a	Sensitif iawn i farrug wrth i hedyn ymddangos a phod yn llenwi. Mae angen tymhereddau pridd o >10°C i'r hedyn ymddangos ond rhwng 13-16°C yw'r gorau. Mae gormod o leithder yn effeithio'n ddwys ar hadau yn ymddangos a thyfiant cynnar.
Pys	1/2	Sensitif i ddiffygion lleithder pridd ar ddechrau blodeuo ac yn ystod chwyddo'r pod. Ni fydd tir ar uchder uchel yn addas oherwydd gwlypter a thymheredd pridd.

ADAS (2017) ADAS (2019)

I rawniau mae'r ardaloedd mwyaf addas yng Nghymru ar hyn o bryd wedi'u lleoli yn Ynys Môn, Sir Fynwy, Sir y Fflint a dyffryn is Gwy ym Mhowys, ac ardal lai yn ne Sir Benfro a Bro Morgannwg. O'r senarios newid hinsawdd, mae diffygion lleithder yn dangos cynnydd arwyddocaol i 2080 yn y diffyg posibl o ddŵr ar gael i gnydau (gwenith a thatws). Mae'r diffygion mwyaf yn ardaloedd ffin Cymru/Lloegr, De Cymru, Sir Benfro ac Ynys Môn erbyn 2080. Mae Sir Fynwy yn debygol o fod yr ardal gyntaf yng Nghymru i brofi gostyngiad mewn addasrwydd tir ar gyfer tyfu cnydau. Mae effeithiau sychder yn debygol o gael eu profi yn yr ardal hon o fewn yr ugain mlynedd nesaf. Mae'n ymddangos mai'r ardal o Gymru â'r cyfle amaethyddol mwyaf rhwng 2050 a 2080 yw gogledd Sir Benfro o gwmpas mynyddoedd y Preseli, gogledd Sir Gaerfyrddin, a de Ceredigion. Gallai amodau sychder cynyddol yn nwyrain Lloegr wneud y tir Gorau a Mwyaf Amlbwrpas (BMV) yng ngorllewin Lloegr a Chymru hyd yn oed yn bwysicach ar gyfer cynhyrchu bwyd i bobl.

Yn gyffredinol, rhagwelir y bydd y tir BMV ar gael y mae grawniau a chnydau eraill yn gallu cael eu tyfu arno yn sefydlog. Bydd hinsawdd Cymru yn y dyfodol ag amodau sychach a chynhesach yn ffafrio cynhyrchu grawn, â manteision (e.e. hafau sychach gan leihau sigo cnydau a gwella amseroldeb cynhaeaf) ac anfanteision (e.e. gaeafau gwlypach yn cynyddu dyfrlenwi) effeithiau ar gnydau gwenith a barlys.

5.4 Opsiynau ar gyfer Ehangu Cnydau Grawn i Ateb Gofynion Porthiannau Anifeiliaid Cymru

I asesu hunangynhaliath Cymru i ateb gofynion porthiant anifeiliaid, mae Tabl 5.4 yn crynhoi'r niferoedd da byw yn y DU a Chymru yn 2020. **Er bod ystadegau porthiant anifeiliaid y DU yn cael eu cynhyrchu gan AHDB (AHDB 2022), mae gwahanu'r rhain i**

Gymru yn gymhleth oherwydd y prinder gwybodaeth ar sut mae grawniau'n cael eu defnyddio gan bob sector anifeiliaid.

Tabl 5.4 Poblogaeth da byw ar gyfer y DU a Chymru yn 2020

Da byw	Poblogaeth y DU	Poblogaeth Cymru	Cyfran Cymru o Boblogaeth y DU (%)
Defaid	32,700,000	8,990,000	27
Gwartheg	9,610,000	1,120,000	12
Bridio llaeth	1,850,000	250,000	14
Bridio eidion	1,510,000	160,000	11
Dofednod	181,960,000	9,840,000	5
Moch	5,050,000	30,000	0.6

Adroddiadau AHDB ar ddefnydd grawn y DU, ac mae'r rhain yn cael eu crynhoi yn Nhabl 5.5

Tabl 5.5 Defnydd Grawn Blynnyddol ar Gyfartaledd yn y DU

Grawn	Sector	Defnydd Blynnyddol ar Gyfartaledd i'r DU ar gyfer Porthiant Anifeiliaid 2016-21 (kt)
Gwenith	Popeth	7,165
	Unedau Dofednod Integredig	1,175
	Anifeiliaid eraill	5,990
Barlys	Popeth	4,147
	Unedau Dofednod Integredig	71
	Anifeiliaid eraill	4,076
Ceirch	Popeth	316
India corn	Popeth	1,368
Cyfanswm Grawniau	Popeth	12,996

I asesu'r gofynion grawn ar gyfer porthiant anifeiliaid yng Nghymru, rhagdybir bod y cynhyrchu presennol yng Nghymru yn cael ei ddefnyddio'n bennaf ar fferm ac ychydig iawn yn cael ei anfon at gymysgwyr porthiant ar gyfer ei ymgorffori i mewn i borthiannau, neu ar gyfer cynhyrchu ethanol. Mae'r asesiad hwn yn seiliedig ar y raddfa fach o dyfu grawn yng Nghymru.

Mae ffermwyr Cymru yn prynu amcangyfrif o 1,163,100 tonnall fetrig o borthiant ychwanegol (Tabl 4.1). Mae Ystadegau Porthiant Anifeiliaid ar gyfer Prydain Fawr (Defra, 2018) yn dangos bod y gyfran o rawniau tua 70% a'r gweddill yn ffynonellau protein uchel - cacennau a blodiau o rēp hadau olew, soia a blodau haul. Mae'r swm o rawniau sydd ei angen yn y porthiant cyfansawdd felly yn 814299 tonnall fetrig. I fod yn hunangynhaliol mewn grawniau, byddai angen i Gymru dyfu'r maint hwn o wenith, barlys a cheirch. Gwenith yw'r brif gydran o rawn - tua 80%, a'r gweddill yn farlys yn bennaf a swm bach o geirch. India corn cyfan a fflawiog yw'r grawn arall mewn porthiant anifeiliaid, ond nid yw'n gallu cael ei dyfu'n llwyddiannus yng Nghymru ar hyn o bryd. Mae Tabl 5.6 yn darparu amcangyfrifon o'r grawniau ar gyfer ateb yr anghenion ar gyfer porthiannau cyfansawdd, a'r arwynebedd tyfu cnydau ychwanegol sydd ei angen.

Tabl 5.6 Gofynion Grawniau i ateb Galw Porthiant Cyfansawdd Cymru.

Anghenion Porthiant Cyfansawdd - Cymru	Canran cyfansoddiad o gyfanswm porthiant cyfansawdd (%)	Symiau o bob cydran porthiant (tunelli metrig)	Arwynebedd grawn ychwanegol sydd ei angen (ha)*
Cyfanswm porthiant cyfansawdd	-	1,163,100	
Cyfanswm porthiant grawn	70	814,200	
Cyfanswm porthiant gwenith	55.5	646,000	89,700
Cyfanswm porthiant barlys	13.93	162,000	27,000
Cyfanswm porthiant ceirch	0.54	6,280	1,300
Cyfanswm arwynebedd gofynnol		118,000	

*Yn seiliedig ar gynnyrch ar gyfartaledd o 7.2t/ha ar gyfer gwenith, 6t/ha ar gyfer barlys gaeaf a gwanwyn, a 4.8t/ha ar gyfer ceirch.

Yn ymarferol, byddai'r ehangu ardaloedd â'r o tua 118,000ha yn digwydd ar dir sy'n cael ei amaethu eisoes ar sail cylchdroaol, hynny yw, y 161,000ha o laswelltir wedi'i wella. Byddai'n gofyn am ehangiad mawr o'r 50,510ha sy'n cael ei ddefnyddio ar hyn o bryd ar gyfer cynydau grawn. Yr her yw i ganfod cynydau sydd â gwerth maethol uwch na glaswelltir wedi'i wella ar gyfer da byw yng Nghymru. Yn amlwg mae trosi glaswelltir wedi'i wella i dir â'r yn lleihau'r glaswelltir mwyaf cynhyrchiol a byddai'n gofyn am ostyngiad mewn niferoedd da byw oni bai y gellir gwella glaswelltir arall. Byddai hyn yn gofyn am reolaw-eth ddwysach o'r 763,000ha o 'laswelltir wedi'i wella' a gafodd ei nodi gan Arolwg Cefn Gwlad 2007 (Smart et al. 2009). Mae'n rhaid i ehangu tir â'r ystyried yr allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr o golli carbon pridd ac o fewnbynau tyfu cynydau â'r. Bydd goblygiadau amgylcheddol a bioamrywiaeth eraill i'w hystyried.

I grynhoi mae rhagor o ymchwil yn ofynnol i amcangyfrif cyfanswm anghenion grawn ar gyfer porthiannau anifeiliaid yng Nghymru, yn enwedig i ganfod y dadansoddiad o fathau a defnydd grawn gan bob sector da byw yng Nghymru. Mae adroddiadau presennol yn darparu amcangyfrifon ar gyfer y DU ond nid ar gyfer Cymru. Yn seiliedig ar nifer o ragdybiaethau, byddai ateb gofynion Cymru yn gofyn am ehangiad o dyfu grawn o tua 118,000ha, cynnydd mawr o gymharu â'r tir o ansawdd da sydd ar gael ar hyn o bryd ar gyfer tyfu grawn, a'r ardal dyfu grawn bresennol.

5.5 Opsiynau ar gyfer Ehangu Cnydau Âr ar gyfer Cynhyrchu Protein

5.5.1 Dadansoddiad o'r sector

Ar sail sector, gan ystyried yr amnewidion dewisol ar gyfer mathau o dda byw, y prif amnewidion posibl ar gyfer cynhyrchion bwyd a fewnforir yw:

- Llaeth - blawd hadau rŵp wedi'i drin â gwres Adroddodd Huhtanen et al. (2011) fod blawd hadau rŵp yn gallu cael ei ddisodli'n llwyddiannus gan flawd ffa soia ar gyfer gwartheg godro Adroddodd Garnsworthy et al. (2021) hefyd y bydd gan gynhyrchion hadau rŵp sy'n diogelu'r flaenstumog sy'n cael eu bwydo i wartheg yn cael cynnyrch llaeth tebyg neu well o gynharu â deiet reoli (seiliedig ar soia). Mae'r deietau yn cynnwys DDGS gwenith i ddarparu protein amrwd ychwanegol.

- Dofednod (cig ac wyau) - blawd hadau rēp, DDGS gwenith, ffa caeau. Yn ymarferol yr opsiynau mwyaf tebygol yw i gynyddu ffracsiynau grawn a blawd hadau rēp o'r deiet ac ychwanegu ag asidau amino. Ar hyn o bryd mae cynhyrchion y DU o ffa caeau yn rhy amrywiol i gymysgwyr eu defnyddio.
- Eidion a defaid - grawniau, is-gynhyrchion grawn (porthiant gwenith, glwten india coen, grawniau bragwyr a distyllwyr) a chnydau porthiant. Mae lefelau uchel o gynhyrchu yn gyflawnadwy o borfa wedi'i phori a silwair o ansawdd uchel. Adroddodd Warren et al. (2008) am orffen bustych Holstein-Friesian ac Aberdeen Angus yn 24 mis oed a 614 a 686kg yn eu tro, oddi ar silwair gwair faint a fynnir heb ddim porthiant ychwanegol. Gorffennodd Lee et al. (2009) wartheg godro didoli ar wair a silwair meillion coch faint a fynnir ag enillion pwysau byw dyddiol ar gyfartaledd o 1.3kg. Mae'r ddwy astudiaeth yn dangos bod bwydo silwair o ansawdd uchel heb ychwanegiad yn gallu arwain at enillion pwysau byw derbyniol.

Am yr amser presennol, gan ystyried y symiau bach o fysedd y blaidd a blodau haul sy'n cael eu tyfu yn y DU ar hyn o bryd a'r gofynion hinsawdd ar gyfer cynhyrchion digonol, mae'n annhebygol y bydd gan gymysgwyr ddiddordeb yng ngofynion technegol darparu porthiannau o ansawdd cyson o symiau amrywiol ac ansawdd y porthiannau hyn. Mae cymysgwyr yn dibynnu ar hyn o bryd ar fewnforion o flodau haul (tua 300,000-400,000t/y flwyddyn ar gacen a blawd blodau haul (AHDB 2022)).

Byddai angen i'r her i ddisodli SBM gael ei ateb gan ehangu tyfu cnydau i gynhyrchu hadau rēp a grawniau a chynnwys is-gynhyrchion fel DDSG gwenith ar gyfer gwartheg godro sy'n cynhyrchu'n uchel, a hadau rēp, grawniau a ffa caeau ar gyfer dofednod a moch.

5.5.2 Opsiyndau ar gyfer lleihau defnydd SBM yng Nghymru

5.5.2.1 Opsiwn 1. Dileu SBM o ddeietau defaid a gwartheg eidion

Fel y nodwyd uchod, gallai porthiant o ansawdd uchel leihau'r angen am grynodiadau protein uchel yn seiliedig ar SBM ar gyfer y sectorau eidion a defaid. Byddai hyn yn lleihau defnydd SBM o 14,800 tonnall fetrig yng Nghymru.

5.5.2.2 Opsiwn 2. Disodli SBM gan flawd hadau rēp a DDGS gwenith i wartheg godro

Er mwyn i'r sector llaeth leihau'r defnydd o 46,900t SBM, mae'r fformwleiddiad deiet a ddefnyddir gan Garnsworthy et al. (2021) i wartheg godro yn darparu sail defnyddiol ar gyfer y swm o amnewid. Defnyddiodd yr astudiaeth ddogneau yn cynnwys 115-117kg/t Sylwedd Sych o flawd hadau rēp (wedi'i fwrw allan neu ei echdynnu) i amnewid ar gyfer 96kg/t Sylwedd Sych blawd ffa soia i gyflawni perfformiad cynnyrch llaeth tebyg. Ychwanegwyd at y deiet yn cynnwys blawd hadau rēp hefyd gan 77-78kg/t Sylwedd Sych DDGS gwenith ychwanegol.

- Byddai amnewid o 46,900t SBM yn gofyn am 56,670t o flawd hadau rēp.
- Ar gyfansoddiad o 35% olew a 65% blawd, cyfanswm yr hadau olew sydd ei angen yw 87,185t
- Ar gynnyrch o 2.7t/ha, cyfartaledd y DU yn 2020, byddai hyn yn gofyn am 32,290ha o dir.
- Byddai amnewid 46,900t SBM yn gofyn am 38,100t DDGS gwenith o 129,150t o wenith. (O 1t o wenith, mae 295kg o DDGS gwenith yn cael ei gynhyrchu)

- Ar gynnyrch gaeaf ar gyfartaledd o 7.2t/ha yng Nghymru, byddai hyn yn gofyn am 17,940ha o dir âr.
- Byddai'r tir gofynnol yn ehangu arwynebedd tyfu cnydau âr ar gyfer rêp hadau olew a gwenith gaeaf o tua 50,000ha yng Nghymru, o gymharu â'r arwynebedd âr presennol o 92,941ha. Byddai ehangu yn cymryd rhan sylweddol o'r tir Graddfeydd 1-3a sy'n weddill (cyfanswm o 321,500 ha).
- O dabl 4.4, byddai allyriadau Nwyon Tŷ GwydrG ar gyfer blawd hadau rêp yn 64,000 t CO₂e ac o gynhyrchu DDGS gwenith yn 41,200 t CO₂e, gan wneud cyfanswm allyriadau o 105,200t CO₂e.
- Yn y trawsnewid cychwynnol o laswelltir i âr, gallai'r allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr fod yn cyfateb i 5-16tC/ha i 250,000-800,000tC ar gyfer 50,000ha. Byddai hyn yn cael ei adennill os yw tir âr mewn cylchdroad â leiau gwair.

5.5.2.3 Opsiwn 3 Disodli SBM gan flawd hadau rêp ar gyfer dofednod a moch.

Byddai disodli 50% o SBM yn lleihau'r hyn sy'n ofynnol o 38,400t.

- Gan ystyried bod 1000kg o flawd ffa soia yn cynnwys 480kg o brotein amrwd a 1000kg o flawd hadau rêp yn cynnwys 339kg o brotein amrwd, y swm o flawd hadau rêp sy'n ofynnol i gymryd lle 38,400 o SBM fyddai 54,370t. Mae angen i'r rhagdybiaeth hon ystyried y bydd treuliadwyedd asid amino yn amrywio rhwng y ffynonellau protein.
- Byddai ychwanegiadau asid amino yn ofynnol hefyd ond nid ydynt yn cael eu mesur. Byddai newidiadau i allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr yn fach oherwydd y symiau bach sy'n cael eu defnyddio.
- Ar gyfer cynhyrchu 54,370t o flawd hadau rêp, byddai 83,650t o hadau rêp yn ofynnol.
- Ar gynnyrch ar gyfartaledd o 2.7t/ha, byddai hyn yn gofyn am 30,980ha o dir âr ychwanegol, o gymharu â'r 92,941ha sy'n cael eu defnyddio ar hyn o bryd ar gyfer cnydau âr yng Nghymru.
- Byddai allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr tua 60,000t CO₂e cyn gynted â bod tir âr yn cael ei sefydlu, ond gallai'r trosi cychwynnol o laswelltir i âr arwain at allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr o 5-16tC/ha yn cyfateb i 155,000-500,000tC ar gyfer y 30,970ha. Byddai hyn yn cael ei adennill yn rhannol os yw tir âr mewn cylchdroad â leiau gwair.

5.5.2.4 Opsiwn 4 Lleihau SBM mewn gwartheg godro

Gallai SBM gael ei leihau neu'i ddileu gan y defnydd o gnydau porthiant. Cafodd y potensial o ddeiet porthiant i gyd i gynorthwyo cynhyrchu llaeth o wartheg a heffrod yn y Deyrnas Unedig ei adolygu gan Wilkinson a Lee (2018). Treialodd Rae et al. (1987) y defnydd o silwair rhygwellt treuliadwyedd uchel i'r gwartheg ar ddiwedd y gaeaf i ddechrau'r tymor pori. Wedi hynny, derbyniodd yr anifeiliaid borfa wedi'i phori fel yr unig borthiant hyd yr hydref pan roedd gwartheg yn cael eu lletya ac yn cael silwair treuliadwyedd is ar gyfer gweddill y llaethiad ac yn ystod y cyfnod sych. Roedd cynhyrchion llaeth llaethiad yn isel ac ar gyfartaledd yn 4680kg i wartheg a 4006kg i heffrod ar 3.94% braster a 3.14% protein. Roedd iechyd a ffrwythlondeb anifeiliaid yn foddhaol.

Mewn adolygiad gan Fulkerson a Trevaskis (1997) daethant i'r casgliad fod cynnyrch llaeth o 20-25 litr y dydd o wartheg Friesian yn gyflawnadwy o borfa fel unig borthiant. Mae hyn yn ostyngiad sylweddol ar y cynnyrch dyddiol o hyd at 45 litr sy'n dod o wartheg Holstein sy'n

cynhyrchu'n uchel. Mae'r potensial yn bodoli i gynyddu cynhyrchu llaeth o borfa trwy wella'r gymhareb protein: carbohydrad. Un strategaeth sy'n cael ei defnyddio'n aml mewn rhanbarthau pori uchel yw sicrhau lefel uchel o garbohydradau anstrwythurol yn y borfa gan addasu amser pori (Miller et al., 2011).

Yng nghyd-destun Cymru dylai'r gallu i ddefnyddio cnydau porthiant gael eu huchafu, gan roi'r amodau amgylcheddol a hinsawdd sy'n ffafrio tyfu gwair. Ond byddai cynnal y lefel gyffredinol o gynhyrchu llaeth yn gofyn am ddyblu posibl o'r fuches odro â chynnydd cysylltiedig mewn allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr. Byddai gostyngiad mewn niferoedd gwartheg eidion, oherwydd mwy o wartheg godro i'w difa a mwy o loi wedi'u bridio ar gyfer llaeth ar gyfer eidion. Un opsiwn fyddai i gynyddu bridiau pwrpas deuol ar gyfer cynhyrchu llaeth ac eidion i uchafu'r defnydd o gnydau porthiant. Byddai'r allyriadau o gnydau â'r hefyd yn cael eu lleihau, ond byddai allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr o wartheg yn cynyddu. Yn economaidd byddai'r fath newid system yn cael effeithiau mawr ar ffermio gwartheg yng Nghymru.

5.5.2.5 Opsiwn 5 Disodli SBM gan Brotein Pryfed mewn porthiant dofednod

Mae ymchwil masnachol yn edrych ar y defnydd o flawd pryfed mewn deietau dofednod, yn enwedig larfau pryfed (PROteINSECT 2016). Mae'r rhain yn cael eu tyfu ar sylwedd organig, cyn i'r pryfed gael eu cynaeafu a'u gwasgu i flawd. Mae blawd pryfed yn uchel mewn protein o ansawdd da ac mae'n dreuliadwy iawn ond nid yw wedi cael ei gymeradwyo eto ar gyfer porthiant i anifeiliaid sy'n mynd i mewn i'r gadwyn fwyd ddynol. Budd amgylcheddol y dechnoleg hon yw y gallai gwrtaith dofednod a ffrydiau gwastraff bwyd eraill gael eu defnyddio fel ffynhonnell porthiant i'r pryfed. (Gasco et al 2019).

Mae pryfed yn gyffredinol yn gyfoethog mewn cynnwys protein (30-68% DM) â phroffilau asid amino wedi'u cydbwysu'n dda. Mae gan flawd pryfed werth protein da (37-49%). Mae'r proffil maeth pryfed yn gallu cael ei fodlyu gan strategaethau deietegol priodol, yn unol â gofynion deietegol anifeiliaid penodol. Yn ogystal, gellir gwneud yn iawn am rai diffygion mewn asidau amino hanfodol neu fwnau yn hawdd trwy ychwanegiad deiet priodol ag asidau amino synthetig neu grynodiadau mwnol. Mae treuliadwyedd cynnyrch yn deillio o bryfed yn cael ei ddylanwadu gan rywogaeth y pryf, y lefelau cynhwysiant a chan y broses (sychu, dad-dewhau). Mae gwerthoedd treuliadwyedd uchel wedi cael eu cofnodi.

Ynglŷn â'r cynhwysion porthiant eraill, mae'n rhaid i brotocolau a rheolaethau wedi'u diffinio'n dda o ddeunydd pryfed gael eu gweithredu a'u rheoleiddio i amddiffyn diogelwch anifeiliaid a dynol. Byddai amnewid llwyr o'r 75,100t o SBM sy'n cael ei ddefnyddio yn y sector dofednod yn her enfawr.

5.5.2.6 I grynhoi

Byddai opsiynau 2 a 3 ar gyfer disodli SBM a hadau rêp a grawniau ychwanegol yn gofyn am ddyblu arwynebedd â'r presennol yng Nghymru, i ddisodli defnydd SBM ar gyfer gwartheg godro a 50% o amnewid o SBM ar gyfer moch a dofednod. O ystyried maint isel tir o ansawdd uchel yng Nghymru, byddai hyn yn cael effaith enfawr ar yr adnodd yn aros ar gael am laswelltir ansawdd uchel ar gyfer da byw.

Byddai opsiynau 2 a 3 yn cynyddu allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr yng Nghymru o tua 165kt CO₂e o gymharu â'r cyfanswm allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr o 5,600kt CO₂e – cynnydd o 3%. Byddai ymchwydd sylweddol cychwynnol mewn allyriadau wrth i garbon pridd gael ei gollu yn y trosi o laswelltir i dir â'r, wedi'i gyfryngu'n rhannol pe byddai â'r mewn cylchdroad â leiau gwair.

Byddai'r opsiwn mwy drastig o ddibynnu ar ddeietau porthiant yn gyfan gwbl ar gyfer gwartheg godro yn arwain at ostyngiad mewn cynhyrchion llaeth o tua 50% - gan ofyn i ragor

o wartheg ar gyfer cynnal yr un cynhyrchu llaeth cyffredinol. Byddai hyn yn cael effeithiau economaidd sylweddol yn ogystal ag yn cynyddu allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr yn sylweddol. Yn ymarferol y tebygolrwydd fyddai cyfaddawd - derbyn cynhyrchion rhannol ostyngol ac o bosibl defnyddio bridiau pwrpas deuol sy'n gallu cynhyrchu llaeth yn rhesymol ac addasrwydd ar gyfer cynhyrchu eidion.

Mae gan broteinau pryfed rôl bosibl i'w chwarae ar gyfer porthiannau dofednod a moch ar yr amod fod cymeradwyaeth reolaethol yn cael ei rhoi

6 Asesiad Integredig o Gydfuddion a Chyfaddawdau

Tabl 6.1 Asesiad Integredig o gydfuddion a chyfaddawdau

Priodoledd	Budd	Anfantais
Tegwch byd-eang	Byddai amnewid mewnforion soia yn lleihau dibyniaeth Cymru ar dir dramor (tua 59,700ha) yn enwedig yn Ne America, sy'n cyfrannu 77% o fewnforion y DU.	
Economeg	Mae'n lleihau dibyniaeth ar gynhyrchion bwyd wedi'u mewnforio Mae arallgyfeirio cnydau yn helpu gwytnwch yn erbyn methiannau cnydau (plâu a thywydd)	Mae dewisiadau amgen ar hyn o bryd yn ddrotach na soia, gan fygwth hyfywedd mentrau da byw Cymreig. Mae cyfansoddiad crynodiadau porthiant yn cael ei reoli gan gymysgwyr porthiant, sy'n defnyddio bwydydd anifeiliaid â chost isaf
Allryiadau Nwyon Tŷ Gwydr	Mae'n lleihau allyriadau o gynhyrchu soia o ardaloedd trofannol tramor a throsi o goedwig i dir cnydau	Bydd cnydau â'r wedi'u tyfu gartref yn cynyddu allyriadau Cymru yn enwedig yn yr ychydig flynyddoedd cyntaf ar ôl trosi o laswelltir i â'r.
Carbon Pridd	Cadw carbon pridd mewn coedwigoedd trofannol	Colled carbon pridd yng Nghymru â throsi i â'r
Strwythur y pridd	Mae amaethu yn gallu gwella strwythur priddoedd wedi'u caledu, yn dibynnu ar fath o gyfarpar	Difrod o gyfarpar trwm yn enwedig mewn priddoedd gwlyb
Ansawdd dŵr	Dim	Risg uwch o erydiad pridd ym misoedd y gaeaf, a phan fydd gan gaeau linell tram i fyny llethrau. Risg uwch o redeg i fwrdd gan blaladdwyr a gwrteithiau
Ansawdd aer	Dim	Allryiadau amonia posibl o osod gwrteithiau a ffrwythlonwyr yn ddwysach
Bioamrywiaeth	Lleihau dibyniaeth ar soia o ardaloedd trofannol ag adnoddau bioamrywiaeth mawr. Mae cnydau gorchudd a phorthiant yng Nghymru yn gallu darparu gwarchodaeth i adar a mamaliaid ac ychwanegu at ffynonellau porthiant. Mae cynefinoedd mwy amrywiol yn bosibl â chnydau â'r.	Colled cynefin glaswelltir
Rheoli llifogydd	Mae amaethu yn gallu gwella strwythur priddoedd wedi'u caledu, yn dibynnu ar fath o gyfarpar	Mae cyfarpar trwm yn gallu gwneud priddoedd yn anhydraidd

7 Casgliadau

Mae ehangu cnydau âr yng Nghymru ar gyfer grawniau a chnydau protein uchel fel hadau rêp yn wynebu'r her o ganfod tir o ansawdd uchel pan mae Graddfeydd ALC 1-3a yn gyfyngedig mewn arwynebedd yng Nghymru - yn dod i 321,500ha. Mae llawer o'r tir o'r ansawdd gorau yn cael ei ddefnyddio eisoes ar gyfer cnydau âr a glaswelltir wedi'i wella ar gyfer defnydd dwys. Mae cynhyrchion cnydau grawn yng Nghymru yn is nac yn nwyrain Lloegr, gan gosbi ffermwyr Cymru i ryw raddau.

Mae newid hinsawdd yn debygol o arwain at gollir tir o'r ansawdd uchaf, er y gall Cymru sicrhau manteision o gymharu â rhanbarthau dwyrain Lloegr lle mae newid hinsawdd yn cael ei rag-weld yn cael effeithiau niweidiol helaethach ar gynhyrchion oherwydd glawriad is, tymereddau uwch ar gyfartaledd a chyfnodau o sychder.

Bydd colledion carbon pridd o drosi glaswelltir i âr yn ychwanegu'n arwyddocaol at allyriadau Nwyon Tŷ Gwydr Cymru, yn yr ychydig flynyddoedd cyntaf ar ôl trosi.

Mae canfod dewisiadau amgen i soia yn anodd oherwydd bod gan y dewisiadau amgen lefelau protein is ynghyd â chydrannau gwrthfaethol sy'n effeithio ar dreuliadwyedd ac archwaeth. Dewisiadau amgen sy'n gallu cael eu tyfu'n llwyddiannus yng Nghymru yw gwenith a grawniau eraill, hadau rêp, a gwair a chnydau porthiant. Gallai cnydau eraill fel blodau haul a bysedd y blaidd ddod yn bwysicach - yn dibynnu ar newid hinsawdd yn y dyfodol.

8 Cyfeiriadau

- ADAS (2017) Capability, Suitability and Climate Programme. Crop Requirements Reports Part 1. Report to Welsh Government.
- ADAS (2019) Capability, Suitability and Climate Programme. Crop Requirements Reports Part 2. Report to Welsh Government.
- AECOM (2016) Eco-driving for HGVs. Report to UK Dept of Transport
- AHDB (2022) GB Animal Feed Production
[https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/MI%20Reports/BST/Dec%](https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/MI%20Reports/BST/Dec%202022/MI%20Reports/BST/Dec%202022%20-%20Final%20-%2020220922-3.pdf)
- Alcock, D., Salt, D. and Ramsden, S.J. (2020) A harmonised systems-wide re-analysis of greenhouse gas emissions from sunflower oil production
- Audsley, E. and Wilkinson, J.M. (2014). What is the potential for reducing national greenhouse gas emissions from crop and livestock production systems? *Journal of Cleaner Production* 73, 263–268
- Baggs, E.M., Rees, R.M., Smith, K.A. and Vinten, A.J.A. (2000) Nitrous oxide emissions from soils after incorporating crop residues. *Soil Use and Management* 16, 82-87
- Benavides T., Cai H., Wang M. and Bajjalieh N. (2020) Life-cycle analysis of soybean meal, distiller-dried grains with solubles, and synthetic amino acid-based feeds for swine and poultry production. *Animal Feed Science and Technology* 268, 114607
- Berry, P. M., Kindred, D. R., Olesenc, J. E., Jorgensend, L. N. and Paveleya, N. D. (2010) Quantifying the effect of interactions between disease control, nitrogen supply and land use change on the greenhouse gas emissions associated with wheat production. *Plant Pathology* 59, 753–763.
- Bindi, M. and Howden, M. (2004). Challenges and opportunities for cropping systems in a changing climate. IN: *New directions for a diverse planet. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress. 26 September-1 October 2004, Brisbane, Australia.*
- Castanheira, É.G. and Freire, F. (2013). Greenhouse gas assessment of soybean production: implications of land use change and different cultivation systems, *Journal of Cleaner Production*. 54, 49-60
- Cho, K, Falloon, P, Gornall, J., Betts, R. and Clark, R. (2012) Winter wheat yields in the UK: Uncertainties in climate and management impacts. *Clim Res* 54:49–68.
- Crawshaw, R. 2019. *Co-Product Feeds in Europe: Animal feeds derived from industrial processing.* Lulu.com. ISBN 978-0-244-20922-3.
- Coleman, K, Whitmore, A.P., Hassall, K. L, Shield, I., Semenov, M.A., Dobermann, A., Bourhis, Y., Eskandary, A. and Milne, A. E. (2021) The potential for soybean to diversify the production of plant-based protein in the UK. *Science of the Total Environment*, 767,144903
- Conant, R.T., Paustian, K. and Elliott, E.T. (2001) Impacts of periodic management and conversion into grasslands: effects on soil carbon. *Ecological Applications* 11, 343-355.
- Davies, M.G., Smith, K.A. and Vinten, A.J.A. (2001) The Mineralisation and Fate of Nitrogen Following Ploughing of Grass and Grass-Clover Swards. *Biology and Fertility of Soils*, 33, 423-434.
- DEFRA (2018) *Animal Feed Statistics for Great Britain – December 2017.*
- DEFRA (2021) *Farming Statistics – final crop areas, yields, livestock populations and agricultural workforce at 1 June 2021 United Kingdom*
- Dozier, W.A., Kidd, M.T. and Corzo, A. (2008). Amino acid responses of broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 17:157-167.
- EFECA. UK Roundtable on Sustainable Soya: Annual progress report, 2020

Emmett, B., Reynolds, B., Chamberlain, P.M., Rowe, E., Spurgeon, D., Brittain, S.A., Frogbrook, Z., Hughes, S., Laylor, A.J., Poskitt, J., Potter, E., Robinson, D.A., Scott, A., Wood, C., Woods, C., 2010. CS Technical Report No. 9/07: Soils Report from 2007.

FAO. 2016. Environmental performance of animal feeds supply chains: Guidelines for assessment. Livestock Environmental Assessment and Performance Partnership. FAO, Rome, Italy.

Freibauer, A., Rounsevell, I. M., Smith, P. and Verhagen, J. (2004). Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. *Geoderma*, 122, 1-23 (2004).

Fridrihsone, A., Romagnoli, F. and Cabulis, U. (2020) Environmental Life Cycle Assessment of Rapeseed and Rapeseed Oil Produced in Northern Europe: A Latvian Case Study. *Sustainability* 12, 5699; doi:10.3390/su12145699

Fulkerson, W.J. and Trevaskis, L. (1997). Limitations to milk production from pasture. Recent advances in animal nutrition in Australia. University of New England, Armidale. NSW, Australia, pp. 159–165.

Garnsworthy, P.C., Saunders, N., Goodman, J. R. and Marsden, M. (2021). Evaluation of rumen protected rapeseed expeller (NovaPro) as an alternative to soya bean meal in dairy cow diets. *Animal Feed Science and Technology* 273, 114816

Gasco, L., Biasato, I., Dabbou, S., Schiavone, A. and Gai F., 2019. Animals fed insect-based diets: state-of-the-art on digestibility, performance and product quality. *Animals*. 9(4):170

Grasscheck UK [GrassCheckGB – 2021 SEASON SUMMARY - GrassCheck GB](#)

Guo, L.B. and Gifford, R.M. (2002). Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology* 8, 345-360.

Huhtanen, P., Hetta, M. and Swensson, C. 2011. Evaluation of canola meal as a protein supplement for dairy cows: a review and a meta-analysis. *Canadian Journal of Animal Science* 91, 529–543.

IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

John Nix Pocketbook for 2022. www.thepocketbook.co.uk

Jones, P.J., Thomas, D., Hazzledine, M. and Ryme, R. C. (2014) Replacing soya in livestock feeds with UK-grown protein crops: prospects and implications. Centre for Agriculture Strategy Reading University.

Jordan, M.W., Smith, P., Long, P.R., Bürkner, P.-C., Petrokofsky, G. and Willis, K.J (2022). Can Regenerative Agriculture increase national soil carbon stocks? Simulated country-scale adoption of reduced tillage, cover cropping, and ley-arable integration using RothC. *Science of the Total Environment* 825, 153955.

Keay, C.A. and Hannam, J.A. (2020) The effect of Climate Change on Agricultural Land Classification (ALC) in Wales. Capability, Suitability and Climate Programme, Welsh Government Report 95pp

De Klein, C.A.M., Novoa, R.S.A., Ogle, S.M et al., 2006. N₂O emissions from managed soils, and CO₂ emissions from lime and urea application. I: Eggleston S et al., eds. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Geneva, Switzerland: International Panel on Climate Change, 11.1–54

Lee, C., Hristov, A.N., Cassidy, T.W., Heyler, K.S, Lapierre, H., Varga, G.A., de Veth, M.J., Patton, R.A. and Parys, C. (2012) Rumen-protected lysine, methionine, and histidine increase milk protein yield in dairy cows fed a metabolizable protein-deficient diet. *J Dairy Sci.*;95 6042-56.

Lee, M.R.F., Parkinson, S., Fleming, H.R., Theobald, V.J., Leemans, D.K. and Burgess, A. (2016). The potential of blue lupins (*Lupinus angustifolius*), as a protein source, in the diets of laying hens. *Veterinary and Animal Science* 1, 29–35.

Linsler, D., Geisseler, D., Loges, R., Taube, F. and Ludwig, B. (2013) Temporal dynamics of soil organic matter composition and aggregate distribution in permanent grassland after a single tillage event in a temperate climate. *Soil and Tillage Research* 126, 90-99.

MAFF (1988) Agricultural Land Classification of England and Wales Available at:

<http://publications.naturalengland.org.uk/file/5526580165083136>

Miller, L.A., Moorby, J.M., Davies, D.R., Humphreys, M.O, Scollan, N.D., Macrae, J.C. and Theodorou M.K. (2001) Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.): milk production from late-lactation dairy cows. *Grass and Forage Science* 56, 383–394.

Mosnier, E., van der Werf, H.M.G., Boissy J. and Dourmad J.-Y (2011) Evaluation of the environmental implications of the incorporation of feed-use amino acids in the manufacturing of pig and broiler feeds using Life Cycle Assessment. *Animal*, 5:12, 1972–1983.

Newkirk, R.W., Classen, H.L., Scott, T.A. and Edney, M.J., (2003). The availability and content of amino acids in toasted and non-toasted canola meals. *Canadian J. Anim. Sci.* 83, 131– 668 139.

Nichols, J. R., Schingoethe, D. J., Maiga, H. A., Brouk, M. J. and Piepenbrink, M. S. (1998). Evaluation of corn distillers grains and ruminally protected lysine and methionine for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 81 (2): 482-491.

Nixey, C., Marsh, R. and Little, T. (2014). Making poultry feed more sustainable: The potential of home-grown sunflowers. *Organic Centre Wales*.

Opio, C., Gerber, P., Mottet, A., Falcucci, A., Tempio, G., Macleod, M., Vellinga, T., Henderson, B. and Steinfeld, H. 2013. Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains – a global life cycle assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.

Porter, J.R. and Gawith, M. (1999). Temperatures and the growth and development of wheat: a review. *European Journal of Agronomy*, 10, 23-36.

[proteinsect-whitepaper-2016.pdf](#)

Rae, R.C., Thomas, C., Reeve, A., Golightly, A.J., Hodson, R.G. and Baker, R.D. (1987). The potential of an all-grass diet for the late winter calving dairy cow. *Grass and Forage Science* 42, 249–257.

Rial-Lovera, K., Davies, W.P. and Cannon, N.D. (2017) Implications of climate change predictions for UK cropping and prospects for possible mitigation: a review of challenges and potential responses. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 97, 17-32.

Schingoethe, D.J., Kalscheur, K.F., Hippen, A.R. and Garcia, A.D. (2009) The use of distillers products in dairy cattle diets. *J Dairy Sci.* 92(12):5802-13

Semenov, M.A. (2009). Impacts of climate change on wheat in England and Wales. *J R Soc Interface* 6:343–350.

Sinclair, K.D., Garnsworthy P.C., Mann G.E. and Sinclair L.A. (2014) Reducing dietary protein in dairy cow diets: implications for nitrogen utilization, milk production, welfare and fertility. *Animal* (2014), 8:2, 262–274

Smart, S.M., Allen, D., Murphy, J., Carey, P.D., Emmett, B.A., Reynolds, B., Simpson, I.C., Evans, R.A., Skates, J., Scott, W.A., Maskell, L.C., Norton, L.R., Rossall, M.J. and Wood, C.. 2009 *Countryside Survey: Wales results from 2007*. NERC/Centre for Ecology & Hydrology, 88pp. (CEH Project Number: C03259)

Smith, L.G., Kirk, G.J.D., Jones, P.J. et al. (2019) The greenhouse gas impacts of converting food production in England and Wales to organic methods. *Nat Commun* 10, 4641.

Soya UK lupin – Soya UK (soya-uk.com)

Soussana, J.F., Loiseau, P., Vuichard, N., Ceschia, E., Balesdent, J., Chevallier, T. and Arrouays, D. (2004). Carbon cycling and sequestration opportunities in temperate grasslands. *Soil Use and Management* 20: 219– 230.

Soussana, J.F., Tallec, T. and Blanfort, V. (2010) Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. *Animal*, 4(3): 334–350.

UKCP18 [UK Climate Projections \(UKCP\) - Met Office](#)

Vellinga, T.V., Van den Pol-Van Dasselaar, A. and Kuikman, P.J. (2004). The impact of grassland ploughing on CO₂ and N₂O emissions in the Netherlands. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 70: 33-45.

Warren, H. E., Scollan, N.D., Enser, M., Hughes, S. I., Richardson, R.I. and Wood, J.D. (2008). Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat Science* 78, 256–269.

Welsh Government Survey of Agriculture and Horticulture (November 2021) [Survey of agriculture and horticulture: June 2021 \(gov.wales\)](#)

Wheeler, T. R., Morison, J. I. L., Ellis, R. H. and Hadley, P. (1994). The effects of CO₂, temperature and their interaction on the growth and yield of carrot (*Daucus carota* L.). *Plant Cell and Environment*, 17, 1275-1284.

Wilkinson, J.M. (2011). Re-defining efficiency of feed use by livestock. *Animal* 5, 1014–1022

Wilkinson, J.M. and Garnsworthy P.C (2017) Dietary options to reduce the environmental impact of milk production. *Journal of Agricultural Science* 155, 334–347.

Wilkinson, J. M. and Lee, M.R.F. (2018) Review: Use of human-edible animal feeds by ruminant livestock. *Animal* 12, 1735–1743.

Williams, A., Audsley, E. and Sandars, D. (2010). Assessing ideas for reducing environmental burdens of producing bread wheat, oilseed rape and potatoes in England and Wales using simulation and system modelling. *International Journal of Life Cycle Assessment*. 15, 855-868.

Yeats, M., and Simpson R. (2010) Forage choice, costs and rotations. EBLEX.

Swyddfa Rhaglen ERAMMP
UKCEH Bangor
Canolfan Amgylchedd Cymru
Ffordd Deiniol
Bangor, Gwynedd
LL57 2UW
+ 44 (0)1248 374500
erammp@ceh.ac.uk

www.erammp.wales
www.erammp.cymru

www.erammp.wales