

Rhaglen Monitro a Modelu'r Amgylchedd a Materion Gwledig (ERAMMP) Adolygiad o Dystiolaeth y Cynllun Ffermio Cynaliadwy Atodiad Technegol

Atodiad 2: Rheoli Porfa

Newell Price, J.P.¹, Siriwardena, G.M.², Williams, A.P.³, Alison, J.⁴ a
Williams, J.R.¹

¹ADAS, ² Ymddiriedolaeth Adaryddiaeth Prydain, ³ Prifysgol Bangor, ⁴ Y Ganolfan
Ecoleg a Hydroleg

Cyfeirnod y Cleient: Llywodraeth Cymru / Contract C210/2016/2017

Fersiwn 1.1

Dyddiad 05/07/2019



Ariennir gan Lywodraeth Cymru
a Canolfan Ecoleg a Hydroleg



Canolfan
Ecoleg a Hydroleg
CYNGOR YMCHWIL YR AMGYLCHEDD NATURLOL
Centre for
Ecology & Hydrology
NATURAL ENVIRONMENT RESEARCH COUNCIL

Y Gyfres Rhaglen Monitro a Modelu'r Amgylchedd a Materion Gwledig (ERAMMP) – Adolygiad o Dystiolaeth y Cynllun Ffermio Cynaliadwy (WP11), Atodiadau Technegol

Teitl Atodiad Technegol 2: Rheoli porfa

Cleient Llywodraeth Cymru

Cyfeirnod y cleient C210/2016/2017

Cyfrinachedd, hawlfraint a chopïo © Hawlfraint y Goron 2019.
Trwydded Llywodraeth Agored 3.0.

Manylion cysylltu CEH Bronwen Williams
Y Ganolfan Ecoleg a Hydroleg, Canolfan yr Amgylchedd Cymru, Ffordd Deiniol, Bangor, Gwynedd, LL57 2UW
ff: 01248 374500
e: erammp@ceh.ac.uk

Awdur Gohebu Paul Newell Price, ADAS

Sut i ddyfynnu (hir) Newell Price, J.P., Siriwardena, G.M., Williams, A.P., Alison, J. a Williams, J.R. (2019). Atodiad Technegol 2: Rheoli Porfa. Yn *Rhaglen Monitro a Modelu'r Amgylchedd a Materion Gwledig (ERAMMP): Adolygiad o Dystiolaeth y Cynllun Ffermio Cynaliadwy*. Adroddiad i Lywodraeth Cymru (Contract C210/2016/2017). Y Ganolfan Ecoleg a Hydroleg Prosiect NEC06297.

Sut i ddyfynnu (byr) Newell Price, J.P., et al. (2019). Atodiad 2: Rheoli Porfa. Adroddiad ERAMMP i Lywodraeth Cymru (Contract C210/2016/2017) (CEH NEC06297).

Cymeradwywyd gan Chris Bowring
James Skates

Hanes y Fersiwn

| Fersiwn | Diweddardwyd gan | Dyddiad | Newidiadau |
|---------|-------------------|-----------|----------------------------------|
| 0.1 | PNP | 31/5/2019 | Drafft cychwynnol |
| 0.2 | Llywodraeth Cymru | 18/6/2019 | Ymatebion gan Lywodraeth Cymru |
| 0.3-0.4 | PNP | 25/6/2019 | Golyg sylwadau Llywodraeth Cymru |
| 1.1 | PMO | 5/7/2019 | I'w gyhoeddi |
| | | | |
| | | | |

Contents

| | | |
|--------|--|----|
| 1 | Cyflwyniad a chefnidir | 2 |
| 2 | Canlyniadau..... | 4 |
| 3 | Perthnasedd Polisi a Chanlyniadau Polisi | 5 |
| 4 | Rheoli Porfa..... | 6 |
| 4.1 | Cefnogi amrywiaeth porfeydd mewn glaswelltiroedd wedi'u gwella | 6 |
| 4.1.1 | Achosiaeth | 6 |
| 4.1.2 | Cyd-fanteision a chyfaddawdau..... | 12 |
| 4.1.3 | Maint | 12 |
| 4.1.4 | Amserlen..... | 15 |
| 4.1.5 | Materion o ran gofod..... | 16 |
| 4.1.6 | Dadleoli..... | 16 |
| 4.1.7 | Hirhoedledd | 16 |
| 4.1.8 | Rhyngweithio'r hinsawdd | 17 |
| 4.1.9 | Rhwystrau economaidd a chymdeithasol | 17 |
| 4.1.10 | Metrigau a gwiriad | 18 |
| 5 | Bylchau Tystiolaeth | 19 |
| 6 | Crynodeb..... | 20 |
| 7 | Cyfeiriadau | 22 |

1 Cyflwyniad a chefnidir

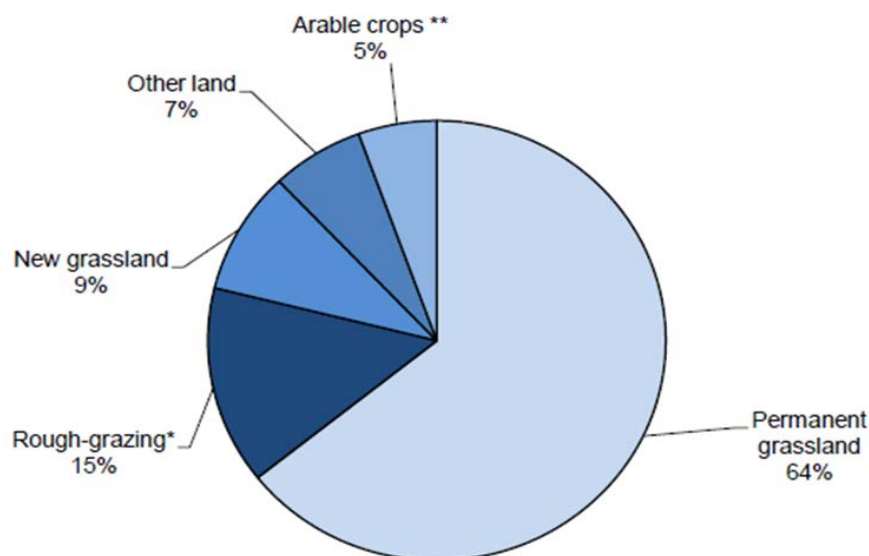
Y briff: Pennu beth yw'r rhesymeg dros ymyrryd ar gyfer cefnogi amrywiaeth porfeydd i wella glaswelltiroedd. Canfod y Nwy Tŷ Gwydr, ansawdd dŵr, ansawdd aer a'r buddion economaidd. Canfod beth fyddai'r canlyniadau amgylcheddol gan gynnwys y lleihad mewn allyriadau nwyon tŷ gwydr, bioamrywiaeth, ansawdd dŵr ac ansawdd aer, a fydd yn cael eu sicrhau drwy arallgyfeirio gwaith rheoli porfa. Canfod beth yw'r cyfraniad y byddai amrywiaeth porfeydd yn ei wneud i gydnerthedd a chynaliadwyedd economaidd amaethyddiaeth yng Nghymru.

Prif amcan yr adolygiad hwn oedd pennu beth yw'r rhesymeg dros ymyrryd ar gyfer cefnogi amrywiaeth porfeydd i wella glaswelltiroedd yng Nghymru.

Caiff arallgyfeirio porfa yn y cyd-destun hwn ei ddiffinio fel cynyddu'r amrywiaeth o rywogaethau planhigion drwy ychwanegu rhywogaethau glaswellt, porfa a chodlys. Fel arfer, gwneir hyn drwy weithgareddau mewn caeau megis ailhau, gor-hau neu hau mewn slotiau.

Caiff glaswelltiroedd gwell eu diffinio fel tir sy'n cynnwys yn bennaf laswellt neu borthiant glas sydd wedi bod yn gwella drwy osod system ddraenio danddaearol, haul rhywogaethau o blanhigion glaswellt cynhyrchiol neu ychwanegu calch a/neu wrtaith cemegol neu organig i gynyddu cronfeydd maeth pridd a chynyddu potensial cynhyrchu glaswellt a/neu borthiant glas. Gellir casglu o Reoliadau Asesu'r Effeithiau Amgylcheddol (Amaethyddiaeth) (Cymru) 2017 fod glaswelltir wedi'i wella yn cynnwys glaswelltir sydd â thros 25% o welliant mewn rhywogaethau glaswellt amaethyddol a/neu feillion gwyn; gwyndonnydd glaswellt tymor byr; a glaswelltir sydd wedi'i amaethu a'i wrteithio dros y blynyddoedd diwethaf (Llywodraeth Cymru, 2017). Fodd bynnag, dylid nodi na fydd pob un o'r papurau ymchwil y cyfeirir atynt yn yr adroddiad hwn wedi cadw at y diffiniad uchod o laswelltir gwell.

Yng Nghymru, mae glaswelltir, gan gynnwys tir pori garw ond heb gynnwys tir comin, yn cwmpasu 88% o'r holl dir ar ddaliadau amaethyddol (Ffigur 1.1; Llywodraeth Cymru, 2018). Mae hyn yn cynnwys 1,083,587 hectar o laswelltir parhaol (nad yw wedi bod yn rhan o gylchdro tir â'r am o leiaf bum mlynedd) a 153,723 hectar o laswelltir dros dro (Tabl 1.1), gan gynrychioli 86% o Ardal Amaethyddol a Ddefnyddir.



Ffigur 1.1. Rhaniad tir ar ddaliadau amaethyddol yng Nghymru o ran defnydd yn 2018 (Llywodraeth Cymru, 2018).

* Tir pori garw lle bo gan y deiliad hawliau unigol (hynny yw, ac eithrio tir pori garw comin)

** Yn cynnwys garddwriaeth (llyisiau a ffrwythau a dyfir yn yr awyr agored, stoc galed a thai gwyr)

| Defnydd tir | Ardal (hectar) |
|--------------------|----------------|
| Tir pori garw | 248,678 |
| Glaswellt parhaol | 1,083,587 |
| Glaswellt dros dro | 153,723 |
| Ydau'r gaeaf | 28,819 |
| Ydau'r gwanwyn | 19,707 |
| Indrawn | 12,022 |
| Rêp had olew | 4,348 |
| Tatws | 3,358 |

Tabl 1.1. Defnydd o dir amaethyddol yng Nghymru (Llywodraeth Cymru, 2018).

Nid yw'r ystadegau ar gyfer ailhau ar gyfer Cymru ar gael, ond mae Defra yn darparu data ar amllder ailhau yn Lloegr, ac mae hyn yn rhoi syniad o'r arfer yng Nghymru ar hyn o bryd. Yn ôl Arolygon Arferion Ffermio Lloegr (2015-2018), roedd tua 70% o ddaliadau da byw â glaswelltir dros dro wedi hau cymysgedd o feillion mewn cyfran o'u glaswelltir dros dro; ac roedd tua 30% wedi hau cymysgedd o feillion yn eu holl laswelltir dros dro (Defra, 2018). Cafodd glaswellt siwgrog eu hau mewn tua 60% o ddaliadau da byw sydd â glaswelltir dros dro. Yr amllder mwyaf cyffredin ar gyfer ailhau meillion neu borfeydd o laswellt siwgrog oedd bob tair i bum mlynedd, â thros 30% o ddaliadau yn ailhau meillion a thua 33% o ddaliadau yn ailhau glaswellt siwgrog mor aml â hynny. Roedd tua thraean o'r ffermydd nad oeddent erioed wedi ailhau meillion a thua 20% erioed wedi ailhau glaswellt siwgrog. Felly, mae cyfran uchel o ffermydd â glaswelltir dros dro yn ailhau ar amllder rhwng dwy a deng mlynedd. Nid oes data ar gyfer amllder adnewyddu neu wella porfa ar gaeau glaswellt parhaol, ond mae tystiolaeth hanesyddol yn dangos bod hyn yn llai cyffredin (Cotswold Seeds, pers. comm. 2017).

Mae defnyddio porfeydd amrywiol neu wyndonnydd llysieuol yn ymddangos i fod ar gynnydd, ond mae tystiolaeth hanesyddol a chyfanswm gwerthiant hadau yn dangos mai cyfran fach o ardal laswelltir sy'n cynnwys porfeydd amlrywogaeth o'r fath (Cotswold Seeds, pers. comm. 2017).

2 Canlyniadau

Dyma'r canlyniadau posibl pennaf y gellid eu disgwyl o gefnogi amrywiaeth porfeydd mewn gwelltiroedd gwell:

- i. Cynhyrchiant gwell (gan gynnwys cynnydd mewn cynhyrchiant fesul uned)
- ii. Dull holistaidd wrth gynllunio busnes ar gyfer y tymor hir gan sicrhau cydnerthedd cymdeithasol, economaidd ac amgylcheddol yn y dyfodol
- iii. Gwell effeithlonrwydd wrth ddefnyddio dŵr
- iv. Gwell effeithlonrwydd wrth ddefnyddio maethynnau (gan gynnwys defnyddio llai ar wrteithion nitrogen a gynhyrchir)
- v. Mwy o garbon yn cael ei ddal a'i storio mewn pridd diraddiedig
- vi. Llai o allyriadau nwyon tŷ gwydr
- vii. Mwy o fioamrywiaeth o ran nifer rhywogaethau a/neu amlder infertebratau a fertebratau (bydd hyn yn ddibynnol ar raddfa'r newid gan y bydd gan rai rhywogaethau ofynion o ran lleiafswm ardal eu cynefin)
- viii. Dŵr yn ymdreiddio'n well
- ix. Gwell cyfraniad i ansawdd aer da (llai o lygryddion aer)
- x. Lliniaru'r risgiau o lifogydd

3 Perthnasedd Polisi a Chanlyniadau Polisi

Mae'r canlyniadau polisi sy'n gysylltiedig â chefnogi amrywiaeth porfeydd mewn glaswellt gwell yn bennaf wedi'u halinio â (gyda photensial i gyfrannu at) y nodau llesiant a ganlyn yn Neddf Llesiant Cenedlaethau'r Dyfodol (Cymru):

- Cymru lewyrchus – defnyddio adnoddau yn effeithlon ac yn gymesur, gan gynnwys gweithredu ar newid hinsawdd
- Cymru gydnerth – cynnal ac ehangu amgylchedd naturiol bioamrywiol gydag ecosystemau gweithredol, iach sy'n cefnogi cydnerthedd cymdeithasol, economaidd ac ecolegol a'r capasiti i addasu i newidiadau
- Cymru sy'n gyfrifol ar lefel fyd-eang – gwneud cyfraniad positif i lesiant byd-eang

Maent hefyd yn cefnogi Nodau Datblygu Cynaliadwy'r Cenhedloedd Unedig, sy'n sail i ddeddfwriaeth Llywodraeth Cymru:

- Iechyd a Llesiant Da – sicrhau bywyd iach a hyrwyddo llesiant i bawb o bob oed – yn bennaf drwy leihau allyriadau amonia a cholledion trwytholchi nitradau
- Dŵr Glân - potensial i wella argaeledd a rheolaeth gynaliadwy dŵr - drwy wella ymdreiddiad dŵr a lleihau colledion trwytholchi nitradau
- Defnyddio a Chynhyrchu yn Gyfrifol – cyfrannu at reolaeth gynaliadwy a defnydd effeithlon o adnoddau naturiol – yn bennaf drwy wella effeithlonrwydd maethynnau
- Gweithredu ar yr Hinsawdd – yn bennaf drwy leihau allyriadau ocsid nitraidd uniongyrchol ac anuniongyrchol
- Bywyd ar y Tir – yn bennaf drwy wella gweithrediad a chydnerthedd ecosystemau

Gallai cefnogi amrywiaeth porfeydd mewn glaswelltiroedd wedi'u gwella hefyd wneud cyfraniad bach at gynaliadwyedd a rheolaeth adnoddau naturiol craidd yn Neddf yr Amgylchedd (Cymru) drwy'r potensial i wella ansawdd yr aer, lleihau allyriadau nwyon tŷ gwydr, dal a storio carbon, gwella ansawdd dŵr, lliniaru'r risg o lifogydd a gwella cydnerthedd ecosystemau.

Gallai'r canlyniadau polisi hefyd fod yn berthnasol i'r blaenoriaethau Polisi Adnoddau Naturiol a ganlyn:

- Adferiad ein hucheldiroedd a'u rheolaeth ar gyfer bioamrywiaeth, carbon, dŵr, risg o lifogydd a buddion hamdden
- Rhwydweithiau ecolegol cydnerth
- Cynnal, gwella ac adfer systemau hydrolegol i leihau'r risg o lifogydd a gwella ansawdd a chyflenwad dŵr

4 Rheoli Porfa

4.1 Cefnogi amrywiaeth porfeydd mewn glaswelltiroedd wedi'u gwella

4.1.1 Achosiaeth

4.1.1.1 Dal a storio carbon a lleihau allyriadau nwyon tŷ gwydr

Lle bo mewnbyn carbon drwy ffotosynthesis yn fwy na'r allbwn drwy resbiradu (planhigion, pridd ac anifeiliaid), erydiad a'r hyn a gymerir (ar ffurf chnydau, llaeth a chig) mae'n bosibl cynyddu lefelau carbon organig mewn pridd (Smith *et al.*, 2014). Felly, mae'r gallu i wirioneddol ddal a storio carbon mewn glaswelltir yn bosibl mewn egwyddor drwy gynyddu'r cynhyrchiant sylfaenol net, gan gyflwyno rhywogaethau o blanhigion â gwreiddiau dyfnach (Dignac *et al.*, 2017; Garcia-Pausas *et al.*, 2008), drwy ddyfnhau'r haen uchaf o bridd a thrwy symud sylweddau organig i'r isbridd drwy wasgaru pridd yn fiolegol, hynny yw gweithgarwch pryfed genwair, chwilod y dom etc., yn enwedig lle nad yw'r dulliau hyn hefyd yn arwain at gynnydd mewn dadgyfansoddiad/resbiradu pridd (Powlson *et al.*, 2011; Garnett *et al.*, 2017).

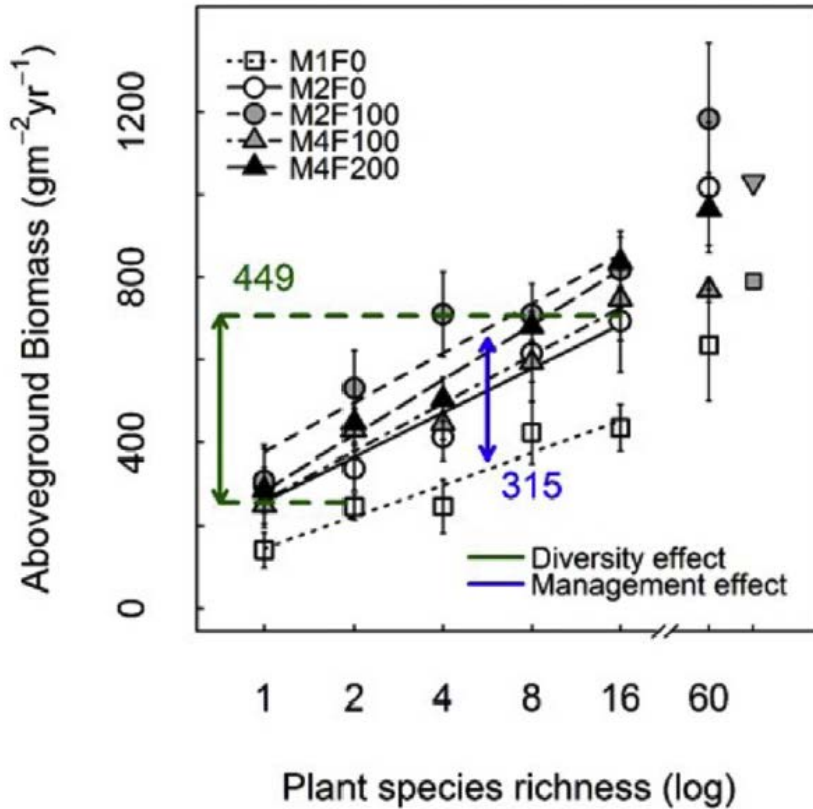
Mae dystiolaeth dda yn dangos y gall cynyddu cynhyrchiant sylfaenol net arwain at gynnydd mewn lefelau carbon organig mewn pridd (er enghraifft, Johnston *et al.*, 2009). Felly, os gall cynyddu amrywiaeth porfeydd arwain at fwy o gynhyrchiant heb gynyddu lefelau defnydd gwrtait nitrogen a gynhyrchir, yna mae'n wirioneddol bosibl llwyddo i ddal a storio carbon mewn pridd. Mae'r dystiolaeth orau i ategu hyn yn deillio o arbrawf Jena (Weisser *et al.*, 2017).

Mewn ardal 10 hecтар yng ngorlifdir afon Saale yn Jena, Thuringia, yr Almaen, ymchwiliodd Weisser *et al.* i'r effaith ar gynhyrchiant rhywogaethau o blanhigion (chwe lefel rhwng 1 a 60 rhywogaeth) ac amrywiaeth gweithredol planhigion mewn porfa ar laswelltir ar dair lefel o ddefnydd gwrtait nitrogen a gynhyrchir: 0 kg o nitrogen yr hecтар, 100 kg o nitrogen yr hecтар a 200 kg o nitrogen yr hecтар (Ffigur 4.1.1.1.1).

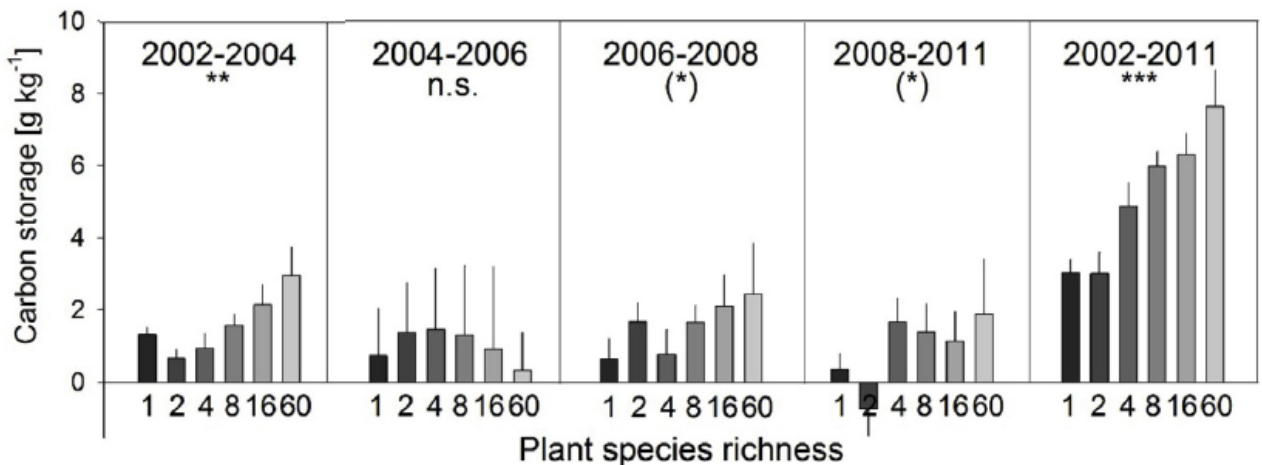
Canfuwyd bod cynhyrchiant glaswelltir wedi cynyddu â'r amrywiaeth rhywogaethau planhigion, a bod effeithiau amrywiaeth planhigion ar gynhyrchiant (y gwahaniaeth cyfartalog rhwng ungydau a chymysgedd o 16 rhywogaeth: 4.5 tonnall o ddeunydd sych yr hecтар y flwyddyn) yn gryfach nag effaith gwrtait nitrogen a gynhyrchir (gwahaniaeth cyfartalog rhwng 0 a 200 kg o nitrogen yr hecтар: 3.2 tonnall o ddeunydd sych yr hecтар y flwyddyn) (Weigelt *et al.*, 2009; Ffigur 4.1.1.1.1). Roedd cynnydd hefyd mewn lefelau carbon organig mewn pridd gydag amrywiaeth gynyddol o rywogaethau planhigion (Lange *et al.*, 2015; Weisser *et al.*, 2017; Ffigur 4.1.1.1.2).

O gymhwysu effaith gwrtait nitrogen a gynhyrchir yn arbrawf Jena i'w gyd-destun, roedd y gwahaniaeth cyfartalog mewn cnwd rhwng 0 a 200 kg o nitrogen yr hecтар yn arbrawf Jena (Dosbarthiad Tyfiant Glaswellt 'Cyffredin' yn seiliedig ar gyfartaledd y glaw yn ystod yr haf a math y pridd) yn 3.2 tonnall o ddeunydd sych yr hecтар y flwyddyn, tra bo rhanbarthau o Gymru â Dosbarthiad Tyfiant Glaswellt 'Cyffredin' i 'Da iawn' yn dangos bod y gwahaniaeth cnwd (ar gymwysiadau o 0 i 200 kg o nitrogen yr hecтар y flwyddyn) yn amrywio o 2.2 i 6.8 tonnall o ddeunydd sych yr hecтар y flwyddyn (Newell Price *et al.*, 2016). Roedd ardaloedd Dosbarthiad Tyfiant Glaswellt 'Da' a 'Da iawn', felly, yn ymateb yn dda i fewnbyn gwrtait nitrogen a gynhyrchir gyda chnydau hyd at 13 tonnall o ddeunydd sych yr hecтар y flwyddyn o ddefnyddio 200 kg o nitrogen yr hecтар wedi'i gynhyrchu (Ffigur 4.1.1.1.3). Yn yr un

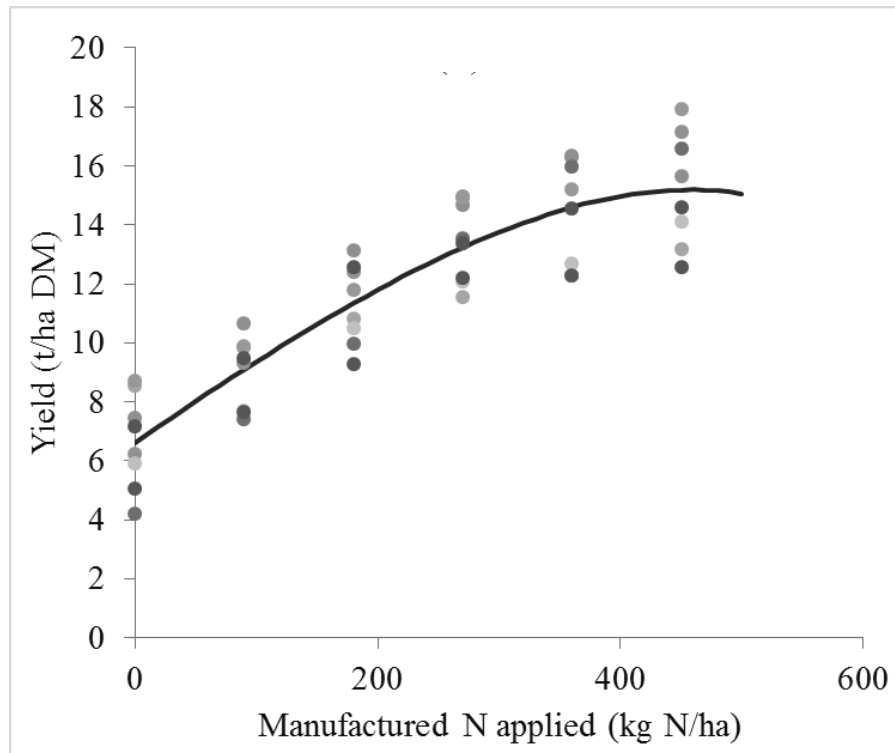
modd, yn nhalaith Thuringia yn yr Almaen (lleoliad arbrawf Jena), nododd Weisser *et al.* (2017) y gall glaswelltiroedd nad oes ganddynt lawer o rywogaethau sydd wedi eu hoptimeiddio ar gyfer cynhyrchu gwair (er enghraifft, cymysgedd o laswellt a meillion drwy ddefnyddio amrywiadau penodol) â mewnbwn gwrtait (tua 200 kg o nitrogen yr hectar⁻¹ y flwyddyn⁻¹ a maethynnau eraill) a hyd at chwe thoriad y flwyddyn fel arfer llwyddo i gasglu cynydau rhwng 1,000 a 1,400 gram y metr² y flwyddyn (10 i 14 tonnell o ddeunydd sych yr hectar y flwyddyn).



Figur 4.1.1.1.1. Effaith rheoli glaswelltir ar y berthynas rhwng ffrwythlonder a chynhyrchiant rhywogaethau planhigion. Mae'r gwerthoedd yn cynrychioli cymedr y cynydau a gesglir fel swm o'r cyfanswm cynhyrchiant cynydau'r flwyddyn (Fynhonnell: Weisser *et al.*, 2017).



Figur 4.1.1.1.2. Datblygiad y berthynas dros amser rhwng ffrwythlonder rhywogaethau a lefelau storio carbon yn y 5cm uchaf (ffynhonnell: Weisser *et al.*, 2017).



Ffigur 4.1.1.1.3. Cymedr cynydu deunydd sych glaswellt mewn ymateb i'r gwrtaith nitrogen a gynhyrchir o arbrofion maes Defra IF01121 yn 2013-15 ar borfeydd glaswellt a chymysgedd o laswellt a meillion yng Nghymru a Lloegr (ffynhonnell: Newell Price *et al.*, 2016).

Serch hynny, mae canlyniadau o arbrawf Jena yn dangos bod cadw amrywiaeth o borfeydd mewn glaswelltir yn debygol o gynyddu rhai o weithrediadau ecosystemau megis cynhyrchu biomas, gan fod yn fanteision hefyd i weithrediadau megis storio carbon a dŵr neu effeithlonrwydd defnydd maethynnau. Fodd bynnag, dylid nodi y cynhaliwyd arbrawf Jena ar gae a oedd gynt o dan reolaeth tir âr yn 2002, felly gall effeithiau'r borfa amrywiol gael ei briodoli hefyd i waddol yr effaith o drawsnewid o dir âr i laswelltir, gan na fydd glaswelltiroedd yn gweithredu fel sinc diddiwedd i garbon (Smith, 2014). At hynny, gall fod yn heriol o fewn systemau ffermio glaswelltir cynhyrchiol i sefydlu a chynnal y lefel o amrywiaeth porfeydd a gyflawnwyd yn arbrawf Jena (8, 16 a 60 rhywogaeth o blanhigion), yn enwedig ar lefelau uwch o ddefnydd gwrtaith nitrogen a gynhyrchir (Muto *et al.*, 2019; Weisser *et al.*, 2017); a byddai hefyd yn lleihau'r opsiynau ar gyfer rheoli chwyn (er enghraifft, rheoli rhywogaethau *Rumex* ac *Asteraceae*).

Dylid hefyd nodi y cafodd y carbon yn y pridd ei fesur ar ddyfnder 30cm yn arbrawf Jena, ac mae arbrofion eraill wedi dangos y potensial i ddal a storio carbon a/neu gynnal lefelau carbon yn ddyfnach yn y pridd (Ward *et al.*, 2016).

Mae profion ac arbrofion eraill, lle bo ffrwythlonder rhywogaethau o blanhigion wedi ei ffugio, hefyd wedi dangos y gall mwy o amrywiaeth o blanhigion gynyddu lefelau cynydu mewn systemau mewnbwn/allbwn isel i gymedrol (Döring *et al.*, 2012; Finn *et al.*, 2013; Hector *et al.*, 1999; Kirwan *et al.*, 2007; Suter *et al.*, 2015); cynnydd yn lefelau'r carbon organig mewn pridd; a lleihad mewn allyriadau nwyon tŷ gwydr o'r pridd (De Vries *et al.*, 2015; Fontaine *et al.*, 2005; Ribas *et al.*, 2015) ac o dda byw fesul uned o fwyd anifeiliaid a fwyteir (Enriquez-Hidalgo *et al.*, 2014). Canfu Hungate *et al.* (2017) fod cynyddu ffrwythlonder rhywogaethau o 1 i 10 â dwbl y gwerth economaidd o gynyddu ffrwythlonder rhywogaethau o 1 i 2. O gynyddu cynhyrchiant

porthiant cartref (cnydau), mae potensial hefyd i leihau allyriadau nwyon tŷ gwydr sy'n gysylltiedig â bwyd anifeiliaid a brynir o lefydd eraill, gan arwain at leihad cyffredinol mewn allyriadau nwyon tŷ gwydr (Styles *et al.* 2018).

Yn y DU, canfu Döring *et al.* (2012) fod cymysgedd hadau â chynhyrchiant agronomaidd uwch yn cynnwys maglys rhuddlas a meillion gwyn, â pherfformiad cyffredinol yn gwella drwy ychwanegu trydydd a phedwaredd rywogaeth o godlys. Roedd y tri chymysgedd amlswyddogaethol oll yn cynnwys maglys du, maglys rhuddlas a meillion coch. Fodd bynnag, er bod meillion coch yn gyffredinol yn fwy cynhyrchiol na meillion gwyn, roedd yn llai parhaus ac yn llai goddefgar i bwysau pori uchel (Smetham, 1973). O gymharu â glaswellt, gall codlysiau a pherlysiau (er enghraifft, meillion coch, meillion gwyn ac ysgellog) hefyd gynnig gwell hydreuledd a symiau uwch o fwynau fesul kg o ddeunydd sych o borthiant pori (Andueza *et al.*, 2013; Lindstrom *et al.*, 2013).

Mae'r rhan fwyaf o'r ymchwil i'r berthynas rhwng amrywiaeth a swyddogaethau o fewn glaswelltiroedd wedi cael eu cynnal mewn systemau heb eu pori. Nid yw effaith porfeydd amrywiol ar gynhyrchiant yn gyson ar draws astudiaethau ychwaith. Er enghraifft, dangosodd Zaralis (2015) fod cynhyrchiant tir o wyndonnydd porfa amrywiol ychydig yn is na'r cynhyrchiant mewn gwyndonnydd cymaradwy o laswellt a meillion. Mae'r effeithiau hefyd yn benodol i'r lleoliad a'r system, er enghraifft maglys rhuddlas yn gallu bod yn gynhyrchiol iawn ar bridd sydd â pH uchel o dan doriad neu gylchdro tir porthi, ond nid yw'n parhau os porthir yn barhaus ar dir neu ar briddoedd asidig.

Serch hynny, yn ôl y data arbrofol sydd ar gael, roedd mwy o amrywiaeth planhigion mewn glaswelltiroedd yn cynnig sefydlogrwydd i swyddogaethau buddiol (Finn *et al.*, 2013), hyd yn oed mewn arbrawf lle porir dros y tymor hir (Laliberté a Tylianakis, 2012). Mae astudiaethau yn awgrymu bod rôl bwysig i fioamrywiaeth a mathau o swyddogaethau planhigion wrth hybu sefydlogrwydd i fuddion ecosystemau (Finn *et al.*, 2013; Shi *et al.*, 2016). Mae buddion cymysgedd yn ymddangos i bara hyd yn oed ar ôl i'r rhywogaethau a gafodd eu hau yn wreiddiol ddiflannu (Connolly *et al.*, 2017). Fodd bynnag, mae angen cynnal rhagor o arbrofion tymor hir, yn enwedig ar gyfer systemau pori.

4.1.1.2 Ansawdd dŵr

Yn gyffredinol, mae glaswelltiroedd yn effeithiol wrth gynnal a gwella ansawdd dŵr (Newell Price *et al.*, 2011; Prosiect Defra NT0605), oherwydd eu bod yn cynnwys trwch o dyfiant drwy gydol y flwyddyn i warchod arwynebedd y pridd gan amsugno maethynnau. Mae'r trwch o dyfiant parhaol ar yr arwyneb yn amsugno nitrogen, ac mae diffyg symudedd y nitrogen mewn crynhoad o ddeunydd pridd organig yn ymddwyn fel sinc tymor hir ar gyfer y nitrogen, ac mae gwarchodaeth arwynebedd y pridd yn lleihau colledion ffosfforws yn llifo o'r cae, ar yr amod nad yw'r glaswelltir yn cael ei sathru neu ei gywasgu'n wael gan draffig cerbydau.

Mae porfeydd amrywiol yn cyflwyno rhywogaethau sy'n bachu nitrogen a rhywogaethau sy'n gwreiddio'n ddyfnach. O gymharu â phorfa rhygwellt, mae potensial felly i leihau'r defnydd a wneir o wrtaith nitrogen a gynhyrchir gan gadw'r un lefel cynhyrchiant a gwell effeithlonrwydd yn y defnydd a wneir o faethynnau (Meyer *et al.* 2018a). Mae lleihau'r defnydd o wrtaith a gynhyrchir yn sgil cyflwyno codlysiau i borfeydd amrywiol yn meddu ar y potensial i leihau colledion trwytholchi nitrad o hyd at 20% ar raddfa cael; a lleihad uniongyrchol ac anuniongyrchol o allyriadau ocsid nitrad o hyd at 50% (Cuttle a James, 1995; Cuttle a Scholefield, 1995; Prosiect Defra WQ0106).

Ffactor bwysig wrth reoli effaith porfeydd amrywiol ar ansawdd dŵr yw'r dull o sefydlu a defnyddio, er enghraifft p'un a yw gwelyau hadau yn cael eu paratoi drwy ddefnyddio dulliau troi'r pridd ynteu drwy beidio trin y pridd, a ph'un a yw rhywogaethau newydd yn cael eu rhoi mewn glaswelltiroedd parhaol ynteu a gânt eu defnyddio fel gwyndonnydd llysieuol tair i bedair blynedd o fewn system gylchdro glaswellt/tir âr. Os defnyddir porfeydd amrywiol fel gwyndonnydd llysieuol, gall y nitrogen a fachir yn ystod cyfnod y gwyndonnydd llysieuol gael ei fwyneiddio wrth i dir gael ei drin wrth baratoi ar gyfer y cyfnod âr. Gall hyn fod yn rhan bwysig o'r cyflenwad maethynnau o fewn systemau gwyndonnydd âr, ond gall hefyd gynyddu'r risg o golledion trwytholchi nitradau (Chalmers *et al.*, 2001; Silgram, 2005; Prosiectau Defra NT1318 a NT1504).

4.1.1.3 Risgiau o lifogydd

Mae'n bosibl y gallai cynyddu amrywiaeth porfeydd wella strwythur pridd a chreu mwy o wrthiant i gywasgiad pridd a chynyddu cyfraddau ymdreiddiad dŵr. Mae arbrawf Jena yn cynnig rhywfaint o dystiolaeth o gyfraddau ymdreiddiad dŵr uwch wrth gynyddu ffrwythlonder rhywogaethau planhigion mewn cyfundrefn torri tyfiant (Weisser *et al.*, 2017), a chynnydd mewn effeithlonrwydd wrth ddefnyddio dŵr o ganlyniad. Mewn cyferbyniad, nid oedd cynnydd i'w weld mewn cyfraddau ymdreiddiad dŵr pan gyflwynwyd un cymysgedd o berlysiâu a chodlysiâu sy'n gwreiddio'n ddwfn i laswelltiroedd porfa barhaol ar bedwar safle yng Nghymru a Lloegr (Prosiect Defra BD5001). Mae astudiaethau eraill yn gweithio ar ungyddau wedi dangos cynnydd mewn cyfraddau ymdreiddiad dŵr (Fychan *et al.*, 2013) neu ostyngiadau mewn lefelau llif oddi ar arwyneb caeau (MacLeod *et al.*, 2013). Felly, gall fod rhywfaint o botensial i leihau'r risg o lifogydd drwy gyflwyno amrywiaeth o borfeydd. Gall gosod perlysiâu a chodlysiâu sy'n gwreiddio'n ddwfn, a chanlyniad hynny o ran lliniaru'r risg o lifogydd fod yn fwy effeithiol lle caiff porfeydd eu hailhau yn hytrach na'u gor-hau gan fod y rhywogaethau a gaiff eu hau yn ymsefydlu ac yn gorchuddio'r tir yn fwy effeithiol. Fodd bynnag, byddai ailhau ar dir llethrog yn arwain at risg fwy o orlif a llifogydd yn ystod y cyfnod ailhau, yn enwedig os yw'r ailhau yn arwain at ddadorchuddio pridd fel ei fod mewn peryg o gael ei effeithio gan law a dŵr sy'n gorlifo ar yr arwyneb yn ystod y cyfnod cynnar o ailhau.

Yn y pen draw, gall y risg o lifogydd sy'n gysylltiedig â glaswellt, cymysgedd o laswellt a meillion ac amrywiaeth o borfeydd fod â chysylltiad agosach at sut y caiff porfa ei rheoli (er enghraifft, cyfraddau stocio a faint o offer trwm a ddefnyddir pan fo priddoedd yn 'wlyb') yn hytrach na natur y borfa ei hun (Prosiect Defra BD5001).

4.1.1.4 Ansawdd aer

Gall amrywiaeth o borfeydd adfer y nitrogen atmosfferig, a thrwy hynny leihau'r defnydd a wneir o wrtaith nitrogen a gynhyrchir (Cuttle a Scholefield, 1995). Mae'n bosibl y gallent hefyd arwain at gynnydd mewn cyfraddau ymdreiddiad dŵr (Weisser *et al.*, 2017). Mae gan y cyfuniad o ddefnyddio llai ar wrtaith nitrogen a gwell ymdreiddiad y potensial i leihau allyriadau amonia yn dilyn offer slyri ynghyd â gwella ansawdd aer (Harrison ac Webb, 2001; Misselbrook *et al.* 2004; Smith *et al.*, 2000). Gallai gwell ymdreiddiad hefyd leihau allyriadau amonia o lecynnau wrin.

4.1.1.5 Bioamrywiaeth

Bydd amrywio porfeydd yn llwyddiannus mewn glaswelltiroedd yn cynyddu'r amrywiaeth o rywogaethau planhigion ac yn arwain at oblygiadau i rywogaethau eraill uwchben y tir ac oddi tano. Fodd bynnag, mae'n bwysig ystyried y gyfradd: er bod y buddion i ansawdd aer, er enghraifft, yn tueddu i amrywio'n llinol â'r ardal yn

cael ei rheoli mewn ffordd benodol, bydd buddion i rywogaethau yn aml yn dibynnu ar y gyfradd yn ôl trothwy neu'r berthynas nad yw'n llinol.

Dangosodd Alison *et al.* (2017) fod glaswelltir sydd wedi'u creu ag amrywiaeth fwy o flodau gwylltion mewn glaswelltir sialc, gan gynnwys codlysiau allweddol megis *Lotus corniculatus*, wedi'u cefnogi gan nifer fawr o wyfynod glaswelltir sialc. Dangosodd Woodcock *et al.* (2013) fod cyflwyno cymysgedd syml o hadau i laswelltiroedd sydd wedi'u gwella'n amaethyddol â photensial i helpu i gefnogi cynnydd mewn amrywiaeth o bryfed cop a thrychfilod; ac er nad oedd cymysgedd hadau angen cynnwys yr amrywiaeth fwyaf i gael y buddion hyn, roedd cynnwys codlysiau yn ymddangos i fod yn hanfodol.

Mewn cyferbyniad, dangosodd prosiect Defra BD5001 nad oedd cyflwyno perllysiau a chodlysiau sy'n gwreiddio'n ddwfn yn cael dim effaith ar fiomas pryfed genwair, niferoedd pryfed genwair (Lees *et al.*, 2016) neu ymddygiad/llwyddiant drudwennod wrth dwrio am fwyd (*Sturnus vulgaris*). Dywed Meyer *et al.* (2018a) na fydd rheoli glaswelltiroedd porfa i gyflawni swyddogaethau ecosystemau'n well o anghenraid yn gwarchod amrywiaeth. Meddai, "ecosystem service provisioning cannot replace high biodiversity as the aim of conservation management". Mae amrywiaeth porfeydd yn un ffactor a allai ddylanwadu ar allu cynefinoedd i gefnogi rhywogaethau penodol, ond mae llawer o ffactorau eraill sy'n ymwneud â'r cynefin ac nad yw'n ymwneud â'r cynefin a fydd yn pennu llwyddiant neu fethiant prosiectau cadwraeth bioamrywiaeth uchel. Er enghraifft, mae strwythur a rheolaeth glaswelltir porfa yn ffactor hanfodol wrth ddarparu cynefin addas ar gyfer rhai rhywogaethau o adar (e.e. Atkinson *et al.*, 2005; Buckingham a Peach, 2006).

4.1.1.6 Cydnerthedd economaidd

Dylai cynyddu amrywiaeth porfeydd, yn enwedig wrth gyflwyno rhywogaethau codlys a phlanhigion, wella cydnerthedd amgylcheddol y borfa (y gallu i ymdopi ag amodau o sychder neu lifogydd) a, thrwy gynyddu cynhyrchiant ac effeithlonrwydd defnydd y borfa o faethynnau, dylai hefyd wella cydnerthedd economaidd mewn systemau allbwn isel i gymedrol. Fel arfer, bydd canolbwyntio ar gynyddu effeithlonrwydd cynhyrchiant a chyfran y llefrith a gynhyrchir a phwysau'r da byw yn deillio o'r glaswellt yn arwain at fwy o elw a chydnerthedd economaidd. Er enghraifft, pwysleisiodd Mihailescu *et al.* (2015) mor bwysig yw optimeiddio'r mewnbwn i wella cynaliadwyedd economaidd. Canfu Humphreys *et al.* (2012) hefyd fod cymysgedd o laswellt a chodlys yn creu cnwd da ac y gellir defnyddio'r cymysgedd i leihau costau a chynyddu'r elw tra bo prisiau gwrtait yn uchel a phrisiau gwerthu llaeth yn isel. Yn ôl Ryan *et al.* (2011), a werthusodd effeithlonrwydd nitrogen fel dangosydd allweddol ar gyfer cynhyrchiant economaidd cynaliadwy systemau cynnyrch llaeth crynodiad uchel ac sy'n seiliedig ar laswellt yn lwerddon, wrth i'r crynodiad o nitrogen gynyddu, roedd lefelau'r nitrogen dros ben fesul hectar yn cynyddu ac effeithlonrwydd defnydd nitrogen fesul hectar yn lleihau. Mae hyn yn dangos pwysigrwydd optimeiddio cynhyrchiant ac effeithlonrwydd y defnydd a wneir o faethynnau o'r glaswellt, cymysgedd o laswellt a meillion ac amrywiaeth porfa.

Gall natur porfa amrywiol gyfrannu at effeithlonrwydd y defnydd a wneir o faethynnau a chydnerthedd economaidd (drwy ddal adnoddau yn fwy effeithlon, yn enwedig yn ystod blynyddoedd sych), ond yn y pen draw natur y pori a'r torri, sy'n gysylltiedig ag effeithlonrwydd defnydd o laswelltir, fydd yn helpu i bennu lefel yr elw mewn systemau pori da byw.

Gallai cyflwyno porfeydd amrywiol arwain at nifer o fuddion posibl. Fodd bynnag, mae ambell beth nad yw'n sicr ynghylch eu defnydd. Er enghraifft, amlinellodd

Peyraud *et al.* (2009) a Phelan *et al.* (2014) nifer o gyfyngiadau wrth ddefnyddio codlysiau sydd angen ymchwil bellach. Gall fod yn anodd rhagdybio cynhyrchiant deunydd sych mewn porfeydd amrywiol a gall fod yn heriol cynnal cynnwys optimwm o godlys mewn porfa, yn enwedig mewn systemau a borir a systemau mewnbwn/allbwn uwch. Yn ogystal, gall codlysiau fod yn anodd eu cadw fel gwair neu silwair, a gall gynyddu'r risg o glwy'r boten mewn da byw.

Amlinellodd Phelan *et al.* (2014) y dylai ymchwil bellach i godlysiau a gesglir dilyn dull syml gan ganolbwyntio ar effeithiau dulliau rheoli gan gynnwys dyddiadau hau, cyfnodau ailgyfnewid/seibiant ac uchder porfa ar ôl ei bori.

4.1.2 Cyd-fanteision a chyfaddawdau

Dylai cefnogi amrywiaeth o borfeydd mewn glaswelltir sydd wedi'i wella helpu i gynyddu nifer gwasanaethau a swyddogaethau ecosystemau megis cynhyrchiant biomas, effeithlonrwydd defnydd dŵr ac effeithlonrwydd defnydd maethynnau. Yn wir, canfu Scherber *et al.* (2010) fod mwy o ffrwythlonder rhywogaethau planhigion yn cynyddu amllder gwahanol grwpiau o organebau, megis nifer o ddsbarthiadau o anifeiliaid; a chanfu Allan *et al.* (2013) fod tua 45% o brosesau'r ecosystemau yr ymchwiliwyd iddynt yn cael eu heffeithio'n sylweddol gan ffrwythlonder rhywogaethau planhigion. Fodd bynnag, mae'n debyg y bydd rheoli tir i optimeiddio un gwasanaeth neu swyddogaeth ecosystem yn lleihau cyflenwad gwasanaethau eraill, ac o bosibl yn lleihau'r gallu i gyflawni aml-swyddogaethau (Meyer *et al.*, 2018b). Er enghraifft, mae cynyddu cynhyrchiant biomas drwy ddefnyddio gwrtaith nitrogen a gynhyrchir (er enghraifft, > 100 kg o nitrogen yr hectar) yn ei gwneud yn anos i gynnal amrywiaeth porfeydd, yn enwedig parhad codlys (Meyer *et al.*, 2018a). Gall hefyd fod yn anos i gynnal ffrwythlonder rhywogaethau planhigion o fewn tir pori yn hytrach na systemau torri, ond gall cyfuniad o dorri a phori tir fod yn optimaidd i reoli amlrywogaethau o borfeydd ar lefel cae ac i annog amrywiaeth ar lefel ranbarthol (Natural England, 2010a; Sebastià *et al.*, 2011).

4.1.3 Maint

Mae'r adran hon yn darparu rhywfaint o sylwadau ar faint y canlyniad yn sgil amrywio porfeydd, hynny yw cynnydd mewn ffrwythlonder rhywogaethau planhigion drwy arferion megis ailhau, gorhau a hau slotiau. Cymerir yn ganiataol y byddai'r cymysgedd hadau a heuir yn cynnwys glaswellt, porfeydd/perlysiâu a chodlysiau. Y llinell sylfaen a ystyrir yw porfeydd rhygwellt pur o fewn glaswelltir dros dro a mwy na 50% o rywogaethau cynhyrchiol, ond lefel isel o feillion i laswelltir parhaol wedi'i wella.

4.1.3.1 Dal a storio carbon a lleihau allyriadau nwyon tŷ gwydr

Gellir cymharu gallu porfeydd amrywiol i ddal a storio carbon â'r potensial cyffredinol i laswelltir wneud yr un fath. Yn seiliedig ar ddadansoddiad gofalus o fesuriadau llif ar naw glaswelltir Ewropeaidd (nid porfeydd amrywiol), canfu Soussana *et al.* (2007) fod y glaswelltiroedd mewn naw safle Ewropeaidd yn ymddwyn fel sinc ar gyfer carbon, â mesur llif o -2.4 ± 0.7 tonnell o garbon yr hectar⁻¹ y flwyddyn⁻¹. Mae'n bosibl y gallai porfeydd amrywiol gynyddu'r gyfradd hon (hynny yw, gall mwy o amrywiaeth rhywogaethau planhigion arwain at gyfradd uwch o lefelau dal a storio carbon), yn gyfrannol i'w gallu i gynyddu cynhyrchiant, gynyddu dyfnder gwreiddiau neu gynyddu dyfnder uwchbridd. Er enghraifft, dangosodd Smith *et al.* (2008) botensial cyfraddau

dal a storio carbon o 0.22 tonnall o garbon yr hectar⁻¹ y flwyddyn⁻¹ yn y rhanbarth â biohinsawdd oer a llaith (cymedrol) o ganlyniad i reoli glaswelltir yn well. Fodd bynnag, mae'n bwysig nodi ei bod yn debygol iawn na all glaswelltiroedd gynyddu stociau o garbon yn ddi-ddiwedd. Yn seiliedig ar dystiolaeth o arolygon pridd wedi'u hailadrodd, arbrofion tymor hir ar laswelltir a chyfrifiadau syml ar y cydbwysedd mas, daeth Smith (2014) i'r casgliad: "it is untenable that grasslands act as a perpetual carbon sink, and the most likely explanation for observed grassland carbon sinks over short periods is legacy effects of land use and land management prior to the beginning of flux measurement periods". Gall defnyddio porfeydd amrywiol, felly, olygu y gellir dal a storio carbon yn agosach at y cyfraddau a fesurwyd gan Soussana (2007), yn enwedig wrth symud o reolaeth wael i reolaeth optimaidd neu ar bridd a oedd gynt wedi dirywio, ond ni fydd yn bosibl dal a storio carbon ar y cyfraddau hyn yn y tymor hwy. Fodd bynnag, dylai polisi yn bendant roi blaenoriaeth i bwysigrwydd gwarchod stociau carbon mewn glaswelltiroedd mawr.

Lle bo ychwanegu codlysiâu yn effeithiol o ran lleihau'r defnydd a wneir o wrtaith nitrogen a gynhyrchir a hynny mewn pridd optimaidd ac amodau agro-hinsawdd, gellid lleihau allyriadau ocsid nitraidd uniongyrchol ac anuniongyrchol. Fodd bynnag, lle caiff codlysiâu eu hychwanegu at borfeydd nad oedd gwrtiaith nitrogen a gynhyrchir yn cael ei ddefnyddio arnynt, gall y nitrogen ychwanegol a fachir arwain at allyriadau net o ocsid nitrad.

Mewn egwyddor, mae cyflwyno codlysiâu yn hybu proses dal a storio, drwy annog tyfiant i wreiddiau glaswellt a thrwy fomas eu gwreiddiau eu hunain. Fodd bynnag, gall llif ocsid nitrad fod yn ganlyniad nas dymunir, yn enwedig mewn pridd sy'n gorlifo ac sy'n draenio'n wael, neu bridd mewn rhanbarthau gwlyb (Garnett *et al.*, 2017; Henderson *et al.*, 2015). Ar gyfradd fyd-eang, amcangyfrifodd Henderson *et al.* (2015) mai dim ond 10% o'r tir pori a welodd garbon yn cael ei ddal a'i storio drwy ychwanegu codlys ar gyfradd uwch na'u heffaith ar allyriadau ocsid nitrad. Gallai codlysiâu a heuir ar y priddoedd 'ffafriol' hyn ddal a storio carbon ar gyfradd o tua 0.5 tonnall o garbon yr hectar y flwyddyn.

Noda Henderson *et al.* (2015) hefyd fod y cynnydd mewn cynhyrchiant glaswelltir sy'n deillio o ychwanegu codlysiâu hefyd yn galluogi niferoedd uwch o anifeiliaid sy'n pori i gael eu cefnogi. O ganlyniad, byddai allyriadau methan hefyd yn cynyddu a byddai hynny'n gwrthbwyso 26% o botensial hau codlysiâu o ran y gyfradd net fyd-eang o ddal a storio carbon. Fodd bynnag, byddai perfformiad gwell gan dda byw (hynny yw, cyfraddau tyfu uwch ac amseroedd gorffen is) yn arwain at lai o allyriadau methan fesul uned da byw o gymharu â'r llinell sylfaen (Smith *et al.*, 2014), hynny yw, mwy o gynhyrchiant gan dda byw sy'n effeithlon o ran allyriadau nwyon tŷ gwyr. Mae hefyd yn bwysig ystyried effaith rhywogaethau perlysiâu sy'n gwreiddio'n ddwfn mewn porfeydd amrywiol. Os gall gwreiddiau ymwreiddio'n ddyfnach i'r uwchbridd a'r isbridd uwch, gallai'r carbon o'r gwreiddiau marw fod yn llai tebygol o gael ei ryddhau oherwydd cyfraddau pydru is yn ddyfnach yn y pridd (Garnett *et al.*, 2017).

4.1.3.2 Ansawdd dŵr

Efallai y gall porfeydd amrywiol wella ansawdd dŵr drwy gyflwyno codlysiâu sy'n adfer lefelau nitrogen (a thrwy hynny ddileu'r angen yn rhannol am wrtaith nitrogen a gynhyrchir) a thrwy gynyddu effeithlonrwydd y defnydd a wneir o nitrogen. Mae amcangyfrifon fod defnyddio codlysiâu yn lleihau colledion trwytholchi nitrad o hyd at 20% lle caiff mewnbyn nitrogen mewn gwrtiaith a gynhyrchir a thail organig eu lleihau i roi ystyriaeth i'r nitrogen a fachir o'r atmosffer (Newell Price *et al.*, 2011).

4.1.3.3 Risgiau o lifogydd

Ychydig iawn a wyddys am effaith defnyddio porfeydd amrywiol ar gyfradd ardal. Fodd bynnag, mae lle i gredu y gallai strwythur pridd gwell helpu i leihau maint esgyniad yr hydrograff mewn rhai digwyddiadau gorlif a llifogydd, drwy gyfraddau ymdreiddio dŵr uwch a storio dŵr yn well mewn pridd. Gall glaswelltir fod yn ffynhonnell sylweddol o lif a gwaddodion (Collins *et al.*, 2010) ac mae angen gwella dealltwriaeth o oblygiadau defnyddio porfeydd amrywiol i gynyddu cyfraddau ymdreiddiad dŵr mewn pridd glaswelltir, ac o bosibl leihau lefelau uchaf llif mewn ardaloedd y cydnabyddir bod ganddynt broblem o ran llifogydd ac erydiad.

4.1.3.4 Ansawdd aer

Gallai cynnwys codlysiau mewn porfeydd amrywiol leihau'r angen i ddefnyddio gwrtaith nitrogen a gynhyrchir ar rai glaswelltiroedd yng Nghymru (hynny yw, glaswelltiroedd sydd wedi'u gwella ac sy'n addas i gyflwyno porfeydd amrywiol iddynt) a, lle mae'r ymyrraeth wedi'i gwneud, gallai o bosibl leihau allyriadau amonia o golledion gwrtaith a gynhyrchir o hyd at tua 50% (Newell Price *et al.*, 2011). Mae'r defnydd a wneir o wrtaith a gynhyrchir ar holl dir amaethyddol y DU yn gyfrifol am tua 18% o allyriadau amonia diwydiant amaethyddiaeth y DU (Misselbrook a Gilhespy, 2019).

4.1.3.5 Bioamrywiaeth

Ar gyfer bioamrywiaeth, mae gormod o amrywiadau posibl ar ymatebion i allu cynnig mesur ystyrion o "faint yr effaith". Byddai angen i'r mesuriadau gynnwys niferoedd/trwch o rywogaethau lluosog o gyfradd cwadrat i gyfradd genedlaethol, yn ogystal â nifer o achosion posibl o amrywiaeth; mesuriadau mewn gwahanol dymhorau ac ar wahanol gyfnodau bywyd etc. Serch hynny, trafodir rhai tueddiadau a phatrymau cyffredinol isod.

Bydd amrywiaeth rhywogaethau planhigion yn cynyddu drwy osod porfeydd amrywiol yn llwyddiannus. Bydd cynyddiadau cydredol yn ffrwythlonder y rhywogaethau cysylltiedig sy'n byw yn y pridd neu mewn planhigion dail megis gwlyfynod, pryfed cop a thrychfilod, ond lleihad yn amllder y rhywogaethau sy'n uniongyrchol gysylltiedig â'r rhywogaethau planhigion a oedd yn dominyddu'n flaenorol. Fodd bynnag, i nifer o rywogaethau, gallai rheolaeth a strwythur cysylltiedig glaswelltir fod mor bwysig â chyfansoddiad rhywogaethau planhigion ar gyfer nodau bioamrywiaeth uchel. Mae hyn yn arbennig o berthnasol i rywogaethau fertebraidd a rhywogaethau sy'n byw yn y pridd, y mae'n hanfodol iddynt gael mynediad at arwyneb pridd a/neu drwch o dyfiant (er enghraifft, ar gyfer nythu a diogelu rhag ysglyfaethwyr) er mwyn sicrhau'r buddion adnoddau mwyaf posibl o borfeydd. Serch hynny, er y gall tyfiant dwys mewn porfeydd wedi'u gwella cynnig nifer fawr o anifeiliaid infertebrataidd a hadau, mae angen strwythur byrrach neu fwy prin i gael mynediad at yr adnoddau hyn (Atkinson *et al.* 2004). Gellir sicrhau amrywiaeth strwythur drwy newid systemau pori neu dorri porfa, neu drwy greu topograffi ar raddfa fân. Dylid nodi bod graddfa'r heterogenedd mewn strwythur (hynny yw, maint y llecyn) yn hanfodol ar gyfer nifer o rywogaethau symudol pellach, oherwydd ymylon y llecyn sy'n rhoi mynediad at dyfiant o wahanol daldra i anifeiliaid unigol, er enghraifft ar gyfer nythu ac ar gyfer twrio am fwyd, fel ffynhonnell bwyd a mynediad at y bwyd hwnnw, neu i'w ddefnyddio ar wahanol gyfnodau o'r cylch bridio (Douglas *et al.* 2010, Atkinson *et al.* 2004, Eglinton *et al.*, 2010).

Gallai mwy o amrywiaeth rhywogaethau planhigion mewn glaswelltiroedd hefyd gefnogi ac, o bosibl, gynyddu rôl glaswelltiroedd. Mae ystod o dystiolaeth yn dangos po fwyaf o reolaeth dwysedd isel a pho agosaf y mae llecynnau o'r fath yn bodoli i

dyfu cnwd, yr uchaf fydd niferoedd y pryfed peillio yn yr ardal (Whittingham, 2014). Mae strwythur gofod y dirwedd o bwysigrwydd arbennig wrth wneud y mwyaf o beillio a chynhyrchiant crydau (Manning *et al.*, 2018). Dylid nodi bod y gwasanaeth y mae anifeiliaid peillio yn ei ddarparu i'r ecosystem yn ddibynnol ar gnydau sy'n cael budd gan bryfed yn peillio'n ddigon agos at ffynonellau (glaswelltir) yr anifeiliaid hynny.

Mater cyffredino sy'n ymwneud â'r berthynas rhwng bioamrywiaeth a darpariaeth swyddogaethau neu wasanaethau yw nad ydynt o anghenraid yn llinol neu'n gymesur. Gan hynny, er bod cryn dystiolaeth bod potensial peillio, er enghraifft, yn cynyddu'n ansoddol â ffrwythlonder rhywogaethau peillio. Yn yr un modd, gellid cynyddu effeithlonrwydd swyddogaethau drwy gynyddu amllder rhywogaethau allweddol, heb unrhyw newid i ffrwythlonder rhywogaethau.

4.1.3.6 Cydnerthedd economaidd

Gall defnyddio porfeydd amrywiol helpu i wella cydnerthedd economaidd mentrau ffermio yn seiliedig ar dda byw sy'n pori, yn enwedig pan fo gwrtiaith a gynhyrchir â phrisiau uchel a llaeth a chig â phrisiau isel (e.e. Humphreys *et al.*, 2012). Fodd bynnag, mae meintioli buddion cydnerthedd economaidd yn heriol a bydd yn dibynnu ar amllder a hyd gylchoedd prisiau nwyddau.

4.1.4 Amserlen

4.1.4.1 Dal a storio carbon a lleihau allyriadau nwyon tŷ gwydr

Byddai'r newidiadau canfyddadwy o ran storio carbon mewn pridd yn llai na 10 mlynedd. Gallai lleihad mewn allyriadau nwyon tŷ gwydr drwy gyflwyno codlysiâu, lle bo'n berthnasol, ddigwydd o fewn y flwyddyn gyntaf o wneud hynny – yn enwedig lle bo codlysiâu yn cymryd lle defnyddio gwrtiaith nitrogen a gynhyrchir.

4.1.4.2 Ansawdd dŵr

Gallai lleihad mewn colledion trwytholchi nitrad ddigwydd yn y gaeaf yn dilyn gosod porfeydd amrywiol yn llwyddiannus.

4.1.4.3 Risgiau o lifogydd

Gallai lleihad mewn risgiau o lifogydd ddigwydd unwaith y mae perlysiâu sy'n gwreiddio'n ddwfn yn ymsefydlu ac unwaith y mae strwythur pridd yn gwella; felly, mewn 0-5 mlynedd.

4.1.4.4 Ansawdd aer

Gellid gwella ansawdd aer o fewn blwyddyn i weithredu lle bo codlysiâu mewn porfeydd amrywiol yn cymryd lle gwrtiaith nitrogen a gynhyrchir.

4.1.4.5 Bioamrywiaeth

Mae'r amserlen yn dibynnu ar gyfradd ac ymateb y newidyn a ddewisir. Mae mesuriadau o amllder anifeiliaid/gweithgareddau/defnydd o gynefin lleol yn debygol o ymateb bron mor sydyn â thyfiant, ond bydd ymatebion ar lefel y boblogaeth yn arafach a gallent gymryd sawl blwyddyn.

Dylai amrywiaeth rhywogaethau planhigion wella o fewn blwyddyn o wneud y newidiadau, gyda gwelliannau cysylltiedig ar lefelau maethol uwch yn cymryd amser hwy, yn enwedig lle bo angen i gyflwyniad porfeydd amrywiol gael ei alinio â newidiadau eraill mewn rheolaeth yn ogystal â newidiadau eraill ar gyfradd y dirwedd (5-10 mlynedd neu >10 mlynedd).

4.1.4.6 Cydnerthedd economaidd

Gellid gweld gwelliannau mewn cydnerthedd economaidd yn y tymor byr i'r tymor canolig (0-5 mlynedd).

4.1.5 Materion o ran gofod

4.1.5.1 Dal a storio carbon a lleihau allyriadau nwyon tŷ gwydr

Dylai'r gwaith o gyflwyno porfeydd amrywiol gael ei dargedu at bridd sy'n draenio'n well lle bo gwelliannau cynhyrchiant yn debygol o fod yn fwy ac allyriadau ocsid nitrad yn llai.

4.1.5.2 Ansawdd dŵr

Dylai gwelliannau mewn ansawdd dŵr o ganlyniad i lai o golledion trwytholchi nitrad fod ar raddfa eang yn y dyfodol.

4.1.5.3 Risgiau o lifogydd

Mae llai o risg o lifogydd yn fwyaf tebygol mewn ardaloedd sydd â llawer o laswelltir a lle bo priddoedd wedi bod mewn cyflwr cymedrol neu wael yn y gorffennol. Fodd bynnag, byddai angen i gyflwyniad porfeydd amrywiol fod yn gysylltiedig â newidiadau mewn rheolaeth glaswelltiroedd megis cyfraddau stocio ac amseroedd pori, er enghraifft, osgoi pori ar gyfraddau stocio uchel pan fo'r porfeydd yn 'wlyb'.

4.1.5.4 Ansawdd aer

Byddai'r newidiadau i ansawdd yr aer ar raddfa fawr, ag effeithiau i'w cael mewn unrhyw leoliad sy'n bennaf yng nghyfeiriad y gwynt.

4.1.5.5 Bioamrywiaeth

Gall effeithiau ar fioamrywiaeth ddigwydd ar lefel is-gae, ar lefel cae, lefel fferm neu lefel tirwedd, gan ddibynnu ar y rhywogaeth yr effeithir arni.

Mae'n debygol y bydd ardaloedd penodol lle bydd effeithiau'n dechrau ar gyfer nifer o rywogaethau. Gall cysylltedd llecynnau llai hefyd fod yn hanfodol wrth arwain at effaith fwy ar ffrwythlonder a/neu amlder rhywogaethau.

4.1.5.6 Cydnerthedd economaidd

Gall gwell cydnerthedd economaidd fod ar lefel y fenter, y fferm neu'r gymuned wledig.

4.1.6 Dadleoli

Mae'n bosibl y bydd materion o ran dadleoli lle caiff porfeydd amrywiol newydd eu creu mewn man a oedd gynt yn dir âr. Gall dadleoli neu ollwng digwydd lle bo defnydd tir yn newid i gynyddu stociau carbon mewn un ardal gan arwain at newid defnydd tir sy'n achosi gollyngiadau carbon mewn ardal arall. Byddai troi tir âr i laswelltir yn hybu dal a storio carbon yn y tir hwnnw, ond gallai hefyd achosi i goedwigoedd neu dir pori mewn mannau eraill droi i dir âr o ganlyniad, gyda gollyngiadau carbon cyfatebol yn y fan honno (Garnett *et al.*, 2017).

Ar gyfer bioamrywiaeth, mae tystiolaeth dda fod hybu heterogenedd tirwedd (hynny yw, gosod cynefinoedd cyferbyniol mewn tirwedd sy'n cynnwys glaswellt neu dir âr yn bennaf) yn rhywbeth cadarnhaol i ystod o rywogaethau adar. Fodd bynnag, yng Nghymru, byddai hyn yn bennaf yn gofyn am droi glaswelltir yn dir âr yn hytrach na throi tir âr yn laswelltir.

4.1.7 Hirhoedledd

Lle bo cyflwyno porfeydd amrywiol yn llwyddiannus, gan arwain at gynydd mewn cynhyrchiant neu gan wella iechyd neu berfformiad anifeiliaid, mae'r broses droi yn debygol o fod yn barhaol. Fodd bynnag, lle nad yw'r buddion o ran cynhyrchiant gwell

yn ymddangos i wrthbwysu'r costau o weithredu, gellid yn hawdd newid y borfa yn ôl i borfa rygwel neu borfa laswellt a meillion, a thros dro fyddai'r effaith wedyn.

Mae porfeydd amrywiol angen rheolaeth reolaidd o ran mabwysiadu system dorri a/neu bori penodol ac o ran yr angen i or-hau yn rheolaidd. Felly, os na chynhelir y lefel hon o reolaeth byddai'r borfa amrywiol yn newid yn sydyn o fewn ychydig flynyddoedd.

4.1.8 Rhyngweithio'r hinsawdd

Gall cyflwyno porfeydd amrywiol gyfrannu at liniaru effeithiau newid hinsawdd ac addasu i'r newid hwnnw. Mae'r effaith liniaru yn arbennig o effeithiol a chlr lle bo gwaith codlysiau o fachu nitrogen yn cymryd lle gwrtait nitrogen a gynhyrchir. Gall yr effaith o addasu i'r hinsawdd fod yn arbennig o glir yn ystod amodau o sychder neu lifogydd. Gan ddibynnu ar gyfansoddiad rhywogaethau planhigion, gallai natur amrywiol y borfa alluogi glaswelltir i ymdopi'n well â phlegynau eithafol amodau'r tywydd o ganlyniad i'r effeithiau cadarnhaol (Hofer *et al.*, 2017).

4.1.9 Rhwystrau economaidd a chymdeithasol

Nid yw ffermwyr mewn systemau glaswelltir allbwn uchel, sy'n ddibynnol ar ymateb glaswellt siwgrog i wrtaith nitrogen a gynhyrchir, yn debygol o fod â diddordeb i gyflwyno porfeydd amrywiol i'w platfform cynhyrchu gan nad yw'r rhywogaethau mewn cymysgeddau amrywiol yn perfformio'n dda o fewn amgylchedd â llawer o faethynnau ac maent yn tueddu i beidio llwyddo o gymharu â rhywogaethau ac amrywiaethau o laswellt ymatebol.

O fewn systemau mewnbwn cymedrol, dylai'r gost o osod (a rheoli) porfeydd amrywiol gael ei gwrthbwysu gan yr arbedion a wneir o ran defnyddio gwrtait nitrogen a gynhyrchir. Byddai cynnydd posibl mewn cynhyrchiant yn ychwanegol at hynny. Fodd bynnag, mae'r enillion o ran cynhyrchiant o fewn systemau cymedrol (dyweder 50-100 kg o nitrogen yr hecтар ar ffurf gwrtait nitrogen a gynhyrchir) yn llai pendant ar gyfer amodau agro-hinsawdd Cymru.

O fewn systemau mewnbwn isel (<50 kg o nitrogen yr hecтар) dylai'r cynnydd mewn cynhyrchiant o gymharu â phorfeydd rhugwellt pur wrthbwysu cost hau a gosod, a gallai fod enillion ychwanegol o ran iechyd a pherfformiad anifeiliaid. Byddai'r enillion o ran cynhyrchiant glaswellt o gymharu â phorfa laswellt/meillion yn is ac yn anodd eu canfod.

Y rhwystrau mwyaf sylweddol i wneud hyn yn ôl pob tebyg yw'r rhwystrau cymdeithasol, ymarferol a seicolegol, ac ni ellir ond goresgyn y rhwystrau hynny drwy ddeall yn well bob system ffermio benodol (mentrau, argaeledd peiriannau, argaeledd llafur, marchnad) ac ymddygiad ffermwr. Mae'n hanfodol deall y cyfyngiadau ymarferol wrth addasu arferion penodol mewn gwahanol dirweddau, amodau microhinsawdd a mathau o bridd; a bydd syniad a gweledigaeth y ffermwr unigol ar gyfer y dyfodol yn hanfodol i benderfynu ar eu capasiti arloesedd (Brooks a Loevinsohn, 2011).

Os bydd symudiad sylweddol i gyflyno porfeydd mwy amrywiol, gallai argaeledd hadau gan gyflenwyr fod yn her. Fodd bynnag, mae ffyrdd eraill o gyflwyno ystod fwy

eang o rywogaethau planhigion, megis drwy ledaenu gwair gwyrdd sydd â llawer o rywogaethau (Natural England, 2010a; 2010b).

4.1.10 Metrigau a gwiriad

Rhestrir isod y metrigau addas i fonitro'r effaith o gyflwyno porfeydd amrywiol ar ganlyniadau amgylcheddol ac economaidd.

4.1.10.1 Dal a storio carbon a lleihau allyriadau nwyon tŷ gwydr

- Data monitro tymor hir ar gyfer lefelau carbon organig mewn pridd – mae Ward *et al.* (2016) yn awgrymu y dylid mesur carbon uwchbridd a charbon isbridd.
- Gwaith arbrofol (safleoedd arbrofol tymor canolig a thymor hir)
- Offer monitro 'eddy covariance' – “a powerful tool for measuring total ecosystem fluxes of carbon. It is able to detect changes in the net ecosystem exchange (NEE) of carbon at fine temporal resolution, and enables estimates to be made of whether a given land management practice results in a net sink or source of carbon” (Smith, 2014)
- Modelu

4.1.10.2 Ansawdd dŵr

- Data ar ansawdd dŵr
- Arbrofion maes

4.1.10.3 Risiau o lifogydd

- Arbrofion maes a modelu

4.1.10.4 Ansawdd aer

- Arbrofion maes a modelu
- Monitro ansawdd yr aer

4.1.10.5 Bioamrywiaeth

- Arolwg ecolegol - byddai ei ddyluniad yn ddibynol iawn ar y raddfa weithredu a'r newidyn targed/ymateb, er enghraifft p'un ai'r nod yw ymchwilio i effeithiau ar raddfa genedlaethol ynteu ddangos effeithiolrwydd ymyrraeth o gymharu â sefyllfa wrthffeithiol
- Synhwyro o bell

4.1.10.6 Cydnerthedd economaidd

- Meincnodi economaidd
- Data Arolwg Busnes Ffermio (canlyniadau, mewnbwn ac incwm; defnydd tir; incwm net y fferm; niferoedd da byw; rhwymedigaethau ac asedau fferm o ran math ac amser; cymariaethau o fewn blwyddyn)

5 Bylchau Tystiolaeth

Dylai ymchwil yn y dyfodol i'r maes hwn ganolbwyntio ar werthuso'r effeithiau o ran buddion cost sy'n gysylltiedig â chyflwyno porfeydd amrywiol o'u cymharu â chymysgedd hadau cyffredin neu borfeydd glaswellt/meillion presennol (Davis, 2016); addasrwydd cymysgedd hadau, rhywogaethau neu amrywiaethau o wahanol fathau o bridd; a gwerth y bwyd anifeiliaid ar gyfer gwyndonnydd amrywiol o gnydau porthiant ar gyfer da byw o ran cynhyrchiant llaeth, perfformiad da byw ac iechyd anifeiliaid. Mae argaeledd hadau a chostau cymysgeddau posibl (Muir et al., 2011), yn enwedig wrth ddefnyddio rhywogaethau cynhenid (Oliveira et al., 2014), hefyd yn bryder. Mae nifer o ffactorau ansicr o hyd felly, yn enwedig ar gyfer amodau Cymru, gan gynnwys:

- Effaith amrywiaeth glaswelltir ar gynhyrchiant a dal a storio carbon mewn pridd mewn amodau pori cyferbyniol a gwahanol systemau rheoli (er enghraifft, gwahanol lefelau mewnbyn maethynnau; system wahanol o ran pori/torri porfa etc.);
- Effeithiau rhyngweithiol rhwng pori ac amrywiaeth planhigion, ac yn fwy penodol, i benderfynu a yw'r effeithiau hyn yn dibynnu ar ychwanegion a/neu rywogaethau;
- Math o bori (cylchdro, parhaus, tymhorol etc.) a math ac amrywiaeth o dda byw (Sebastià et al., 2008, 2011).

Mae bylchau tystiolaeth allweddol eraill yn cynnwys:

- effaith porfeydd amrywiol ar gynhyrchiant glaswelltiroedd Cymru ar wahanol lefelau dwyster, amodau hinsawdd, a nodweddion/rheolaeth bridd; a sut y mae hyn yn cysylltu â niferoedd da byw a'r cyfanswm net cyffredinol o allyriadau nwyon tŷ gwydr ac allyriadau nwyon tŷ gwydr net fesul uned cynhyrchu;
- capasiti porfeydd amrywiol i ddal a storio carbon mewn gwahanol sefyllfaoedd mewn mathau o bridd a hinsoddau yng Nghymru;
- allyriadau ocsid nitrad o borfeydd amrywiol â chodlysiâu a pherlysiâu sydd â gwreiddiau dwfn mewn mathau o bridd a hinsoddau yng Nghymru;
- effaith porfeydd amrywiol wrth liniaru risgiau o lifogydd;
- effaith porfeydd amrywiol a chynnydd mewn cynnwys codlysiâu mewn porfeydd ar ansawdd dŵr, yn enwedig lle bo porfeydd amrywiol yn cael eu defnyddio mewn system gylchdro â chnydau âr;
- mae effaith systemau amaethu cyferbyniol hefyd yn ystyriaeth bwysig; a
- buddion cymharol wahanol batrymau gofod lle gwneir newidiadau ar gyfer ystod y fioamrywiaeth sydd, o bosibl, yn cael ei heffeithio, er enghraifft ar gyfer ardal sydd wedi'i hamrywio, sut y mae gwahanol grwpiau yn ymateb i raniadau'r ardal honno i lecynnau o wahanol feintiau ac â gwahanol bellteroedd rhyngddynt?

6 Crynodeb

Yn Nhabl 6.1, ceir crynodeb lefel uchel o'n casgliadau.

| Hyder | Ymyrraeth | Canlyniadau allweddol | Buddion allweddol | Prif bryderon |
|-------|--|--|---|---|
| Glas | Amrywio porfeydd mewn glaswelltiroedd wedi eu gwella | Mwy o amrywiaeth rhywogaethau planhigion | Mwy o: <ul style="list-style-type: none"> • Swyddogaethau ecosystemau • peillio • cynhyrchiant • amrywiaeth anifeiliaid | <ul style="list-style-type: none"> • Tystiolaeth ar gyfer buddion cynhyrchiant yn amodau agro-hinsawdd Cymru • Ffactorau eraill sydd eu hangen i gynyddu lefelau peillio • Effeithiau graddfa |
| Glas | | Llai o golledion trwytholchi nitrad | <ul style="list-style-type: none"> • Dŵr glanach • Cynefinoedd dyfrol gwell | <ul style="list-style-type: none"> • Wedi'i gyfyngu'n bennaf i sefyllfaoedd lle bo'r nitrogen a fachir gan godlysiau mewn porfeydd amrywiol yn cymryd lle defnyddio gwrtaith nitrogen a gynhyrchir • Gall systemau sy'n seiliedig ar godlysiau hefyd arwain at golledion trwytholchi nitrad, yn enwedig ar ôl amaethu |
| Glas | | Llai o allyriadau nwyon tŷ gwydr | <ul style="list-style-type: none"> • Lliniaru effeithiau newid hinsawdd | <ul style="list-style-type: none"> • Mwyaf effeithiol mewn sefyllfaoedd lle bo'r nitrogen a fachir gan godlysiau mewn porfeydd amrywiol yn cymryd lle defnyddio gwrtaith nitrogen a gynhyrchir |
| Glas | | Llai o allyriadau amonia | <ul style="list-style-type: none"> • Aer glanach • Ansawdd cynefinoedd gwell • Iechyd cyhoeddus gwell | <ul style="list-style-type: none"> • Wedi'i gyfyngu'n bennaf i sefyllfaoedd lle bo'r nitrogen a fachir gan godlysiau mewn porfeydd amrywiol yn cymryd lle defnyddio gwrtaith nitrogen a gynhyrchir • Gallai ymyrraethau eraill megis newid wrea am amoniwm nitrad gael effaith fwy |
| Oren | | Mwy o gynhyrchiant | <ul style="list-style-type: none"> • Cydnheredd economaidd gwell | <ul style="list-style-type: none"> • Mae effeithiolrwydd yng Nghymru yn ansicr, yn |

| Hyder | Ymyrraeth | Canlyniadau allweddol | Buddion allweddol | Prif bryderon |
|-------|-----------|------------------------------|---|--|
| | | | <ul style="list-style-type: none"> • Dal a storio carbon | <p>enwedig ar lefelau dwster gwahanol</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mae'r effeithiau'n debygol o fod yn benodol i systemau ffermio • Mae dal a storio carbon yn fwyaf tebygol mewn glaswelltiroedd dros dro a glaswelltir âr • Mae effeithiau dal a storio carbon yn debygol o fod yn is ac yn fwy cyfyngedig mewn glaswelltiroedd parhaol |
| Oren | | Strwythur pridd gwell | <ul style="list-style-type: none"> • Llai o risg o lifogydd | <ul style="list-style-type: none"> • Diffyg tystiolaeth ar gyfer amodau caeau ac ar raddfa ardaloedd |
| Oren | | Cydnorthedd economaidd gwell | <ul style="list-style-type: none"> • Posibilrwydd y bydd perfformiad busnes ffermydd yn well • Cymunedau gwledig sefydlog • Mwy o hyfywedd gwledig | <ul style="list-style-type: none"> • Angen ei dreialu ar raddfa ffermydd |

Tabl 6.1 Canlyniadau allweddol, buddion allweddol a phrif bryderon sy'n gysylltiedig â chefnogi amrywiaeth porfeydd mewn glaswelltir wedi'u gwella.

Mynegai Lliw:

- **Glas** = wedi'i brofi'n dda ar safleoedd niferus gyda chanlyniadau sy'n gyson gyda'r gadwyn rhesymeg dderbyniol. Dim canlyniadau rhesymol a ystyrir yn anfantheisiol na chyfyngiadau ymarferol yn ymwneud â gweithrediad llwyddiannus.
- **Oren** = cytundeb gan y gymuned arbenigwyr bod yma gadwyn rhesymeg ymyrraeth y gellir ei chefnogi, ond naill ai y mae'r dystiolaeth yn gyfyngedig ar hyn o bryd a/neu mae rhai cyfaddawdau neu ganlyniadau a ystyrir yn anfantheisiol y mae angen i Lywodraeth Cymru eu hystyried.
- **Pinc** = naill ai nid yw'r feirniadaeth arbenigol yn cefnogi'r gadwyn rhesymeg neu, er y byddai'r gadwyn rhesymeg yn awgrymu y dylai weithio, mae tystiolaeth o un neu fwy o'r canlynol:
 - mae ei photensial ymarferol yn gyfyngedig oherwydd amryw o broblemau (e.e. mae y tu hwnt i ddisgwyliad rhesymol y gefnogaeth gynghorol y gellir ei darparu a/neu mae'r canlyniad hynod amrywiol y tu hwnt i'r ddealltwriaeth neu'r gallu i dargedu ar hyn o bryd),
 - mae'r canlyniad / fantais mor fach, heb fawr gyd-fanteision, fel nad ydyw werth y costau gweinyddol,
 - mae cyfaddawdau sylweddol.

7 Cyfeiriadau

Alison, J., Duffield, S.J., Morecroft, M.D., Marrs, R.H. a Hodgson, J.A. (2017). Successful restoration of moth abundance and species-richness in grassland created under agri-environment schemes. *Biological Conservation* 213, 51–58.

Allan, E. *et al.* (2013). A comparison of the strength of biodiversity effects across multiple functions. *Oecologia* 173, 223-237.

Andueza, D., Picard, F., Jestin, M. ac Aufrere, J. (2013). The effect of feeding animals ad libitum vs. at maintenance level on the in vivo digestibility of mown herbage from two permanent grasslands of different botanical composition. *Grass Forage Sci.* 68, 418-426.

Atkinson, P.W., Fuller, R.J., Vickery, J.A., Conway, G.J., Tallwin, J.R.B., Smith, R.E.N., Haysom, K.A., Ings, T.C., Asteraki, E.J. a Brown, V.K. (2005). Influence of agricultural management, sward structure and food resources on grassland field use by birds in lowland England. *Journal of Applied Ecology*, 42(5), 932-942.

Brooks, S. and Loevinsohn, M. (2011). Shaping agricultural innovation systems responsive to food insecurity and climate change. *Natural Resources Forum* 35,185-200.

Buckingham, D.L., a Peach, W.J. (2006). Leaving final-cut grass silage in situ overwinter as a seed resource for declining farmland birds. *Biodiversity & Conservation*, 15(12), 3827.

Chalmers A.G., Bacon E.T.G. and Clarke J.H. (2001). Changes in soil mineral nitrogen during and after 3-year and 5-year set-aside and nitrate leaching losses after ploughing out the 5-year plant covers in the UK. *Plant and Soil*, 228, 157-177.

Collins A.L., Walling D.E., Webb L. and King P. (2010) Apportioning catchment scale sediment sources using a modified composite fingerprinting technique incorporating property weightings and prior information. *Geoderma* 155, 249-261.

Connolly, J. *et al.* (2017). Weed suppression greatly increased by plant diversity in intensively managed grasslands: a continental-scale experiment. *J. Appl. Ecol.* 38, 42–49.

Cuttle, S.P. and James, A.R. (1995). Leaching of lime and fertilisers from a reseeded upland pasture on a stagnogley soil in mid-Wales. *Agricultural Water Management*, 28, 95-112.

Cuttle, S.P. and Scholefield, D. (1995). Management options to limit nitrate leaching from grassland. *Journal of Contaminant Hydrology*, 20, 299-312.

Davis, C. (2016). Cost-benefit analysis of multi-species cover crop mixtures used for supplemental forage. In Resilience emerging from scarcity and abundance. ASA, CSSA and SSSA International Annual Meetings.

Defra (2018). Greenhouse gas mitigation practices – England. Farm Practices Survey 2018. National Statistics. Cyhoeddwy 24 Mai 2018.

De Vries, F. T., Bracht Jørgensen, H., Hedlund, K. a Bardgett, R. D. (2015). Disentangling plant and soil microbial controls on carbon and nitrogen loss in grassland mesocosms. *J. Ecol.* 103, 629–640 (2015).

Dignac, M.-F. *et al.* (2017). Increasing soil carbon storage: mechanisms, effects of agricultural practices and proxies. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 37, 14 (2017).

Döring T.F. *et al.* (2012) Using legume-based mixtures to enhance the nitrogen use efficiency and economic viability of cropping systems. Final Report of the LEGLINK project. AHDB Project Report No. RD-3447.

Douglas, D. J., Vickery, J. A., a Benton, T. G. (2009). Improving the value of field margins as foraging habitat for farmland birds. *Journal of Applied Ecology*, 46(2), 353-362.

Eglington, S. M., Bolton, M., Smart, M. A., Sutherland, W. J., Watkinson, A. R., a Gill, J. A. (2010). Managing water levels on wet grasslands to improve foraging conditions for breeding northern lapwing *Vanellus*. *Journal of Applied Ecology*, 47 (2), 451-458.

Enriquez-Hidalgo, D., Gilliland, T., Deighton, M. H., O'Donovan, M. a Hennessy, D. (2014). Milk production and enteric methane emissions by dairy cows grazing fertilized perennial ryegrass pasture with or without inclusion of white clover. *J. Dairy Sci.* 97, 1400–1412.

Finn, J. A. *et al.* (2013). Ecosystem function enhanced by combining four functional types of plant species in intensively managed grassland mixtures: a 3-year continental-scale field experiment. *J. Appl. Ecol.* 50, 365–375.

Fontaine, S. a Barot, S. (2005). Size and functional diversity of microbe populations control plant persistence and long-term soil carbon accumulation. *Ecol. Lett.* 8, 1075–1087.

Fornara, D.A. a Tilman, D. (2008). Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation. *Journal of Ecology* 96 (2), 314–322 doi:10.1111/j.1365-2745.2007.01345.x

Fychan, R., Scott, M.B., Davies, J.W., Sanderson, R., Scullion, J., Crotty, F.V. and Marley C.L. (2013). The effect of chicory, perennial ryegrass, red clover or white clover on the soil physical properties. Proceedings of the British Grassland Society Research Conference, 2013.

Garcia-Pausas, J. *et al.* (2008). Factors regulating carbon mineralization in the surface and subsurface soils of Pyrenean mountain grasslands. *Soil Biol. Biochem.* 40, 2803–2810.

Garnett, T., Godde, C., Muller, A., Röös, E., Smith, P., de Boer, I.J.M., zu Ermgassen, E., Herrero, M., van Middelaar, C., Schader, C. and van Zanten, H. (2017). Grazed and Confused? Ruminating on cattle, grazing systems, methane, nitrous oxide, the soil carbon sequestration question – and what it all means for greenhouse gas emissions. FCRN, University of Oxford.

Harrison, R., and Webb, J. (2001). A review of the effect of N fertilizer type on gaseous emissions. *Advances in Agronomy* 73, 65-108.

Hector *et al.* (1999). Plant diversity and productivity experiments in European Grasslands. *Science* (80).286, 1123–7.

Henderson, B.B., Gerber, P.J., Hilinski, T.E., Falcucci, A., Ojima D.S., Salvatore, M. and Conant, R.T. (2015). Greenhouse gas mitigation potential of the world's grazing lands: Modelling soil carbon and nitrogen fluxes of mitigation practices. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 207, 91-100.

Hofer D., Suter M., Buchmann N. and Lüscher A. (2017). Nitrogen status of functionally different forage species explains resistance to severe drought and post-drought overcompensation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 236: 312-322

Humphreys, J., Mihailescu, E. a Casey, I. A. (2012). An economic comparison of systems of dairy production based on N-fertilized grass and grass-white clover grassland in a moist maritime environment. *Grass and Forage Science*, 67, 519-525.

Hungate, B. A., Barbier, E.B., Ando, A.W., Marks, S.P., Reich, P.B., van Gestel, N., Tilman, D., Knops, J.M.H., Hooper, D.U., Butterfield, B.J. a Cardinale, B. J. (2017). The economic value of grassland species for carbon storage. *Sci. Adv.* 3, e1601880 (2017).

Johnston A. E., Poulton P. R. and Coleman K. (2009). Soil organic matter: Its importance in sustainable agriculture and carbon dioxide fluxes. *Advances in Agronomy* 101, 1–57.

Kirwan, L. et al. (2007). Evenness drives consistent diversity effects in intensive grassland systems across 28 European sites. *J. Ecol.* 95, 530–539.

Laliberté, E. a Tylianakis, J. M. (2012). Cascading effects of long-term land-use changes on plant traits and ecosystem functioning. *Ecology* 93, 145–155.

Lange, M. et al. (2015). Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. *Nat. Commun.* 6:6707 doi: 10.1038/ncomms7707.

Lees, K.J., McKenzie, A.J., Newell Price, J.P., Critchley, C.N., Rhymer, C.M., Chambers, B.J. and Whittingham, M.J. (2016). The effects of soil compaction mitigation on below-ground fauna: How earthworms respond to mechanical loosening and power harrow cultivation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 232, 273–282.

Lindstrom, B.E.M., Frankow-Lindberg, B.E., Dahlin, A.S., Wivstad, M. a Watson, C.A. (2013). Micronutrient concentrations in common and novel forage species and varieties grown on two contrasting soils. *Grass Forage Sci.* 68, 427-436.

MacLeod et al. (2013). A novel grass hybrid to reduce flood generation in temperate regions. *Nature Scientific Reports* 3, 1683.

Manning, P., Van der Plas, F., Soliveres, S., Allan, E., Maestre, F.T., Mace, G., Whittingham, M.J., Fischer M. (2018). Redefining ecosystem multifunctionality? *Nature Ecology & Evolution* 2, 427–436.

Meyer, S.T., Eisenhauer, N., Jochum, M. a Weisser, W.W. (2018a). Effects of biodiversity on ecosystem functioning in a grassland experiment (Jena) and implications for management. *Grassland Science in Europe*, Vol. 23 – Sustainable meat and milk production from grasslands, 816-818.

Meyer, S.T., Ptacnik, R., Hillebrand, H., Bessler, H., Buchmann, N., Ebeling, A., Eisenhauer, N., Engels, C., Fischer, M., Halle, S., Klein, A.-M., Oelmann, Y., Roscher, C., Rottstock, T., Scherber, C., Scheu, S., Schmid, B., Schulze, E.-D., Temperton, V.M., Tschamntke, T., Voigt, W., Weigelt, A., Wilcke, W. a Weisser, W.W. (2018b). Biodiversity-multifunctionality relationships depend on identity and number of measured functions. *Nature Ecology & Evolution* 2, 44-49.

Mihailescu, E., Ryan, W., Murphy, P. N. C., Casey, I. A. a Humphreys, J. (2015). Economic impacts of nitrogen and phosphorus use efficiency on nineteen intensive grass-based dairy farms in the South of Ireland. *Agricultural Systems*, 132, 121-132.

Misselbrook, T.H. a Gilhespy, S.L. (2019). Inventory of Ammonia Emissions from UK Agriculture, 2017. DEFRA Contract SCF0107. Inventory Submission Report, Chwefror 2019.

Misselbrook, T.H., Sutton, M.A., and Scholefield, D. (2004). A simple process-based model for estimating ammonia emissions from agricultural land after fertilizer applications. *Soil Use and Management* 20, 365-372.

Muir, J. P., Pitman, W. D. a Foster, J. L. (2011). Sustainable, low-input, warm-season, grass-legume grassland mixtures: Mission (nearly) impossible? *Grass Forage Sci.* 66, 301–315.

Muto, P., Jones, N., Newell Price, P., MacArthur, R., Micklewright, K., Conyers, S. a Forster-Brown C. (2019). How Well is the Legume and Herb-rich Ley Option Implemented Under Environmental Stewardship? – Defra M&E Report – LM0468. J.P. Newell Price, E.C. Jewkes and S.E. Pattinson (editors). Proceedings of the BGS/BSSS Winter Meeting on improving grassland performance: managing soil structure and organic matter. Bickenhill, Solihull. Mawrth 2019. Cyhoeddwyd gan Gymdeithas Glaswelltir Prydain.

Natural England (2010a). Sward enhancement: diversifying grassland by oversowing and slot seeding. Natural England Technical Information Note TIN064.

Natural England (2010b). Sward enhancement: diversifying grassland by spreading species-rich green hay. Natural England Technical Information Note TIN063.

Newell-Price, J.P., Harris, D., Taylor, M., Williams, J.R., Anthony, S.G., Duethmann, D., Gooday, R.D., Lord, E.I., Chambers, B.J., Chadwick, D.R. a Misselbrook, T.H. (2011). Mitigation Methods - User Guide. An Inventory of Mitigation Methods and Guide to their Effects on Diffuse Water Pollution, Greenhouse Gas Emissions and Ammonia Emissions from Agriculture. Lluniwyd fel rhan o Brosiect Defra WQ0106.

Newell Price, J.P., Lobley, M. and Williams J.R. (2016). Updating Grassland Fertiliser Recommendations: Principles and Practice. Proceedings International Fertiliser Society, 789. tt. 2-28.

Oliveira, G., Clemente, A., Nunes, A. a Correia, O. (2014). Suitability and limitations of native species for seed mixtures to re-vegetate degraded areas. *Appl. Veg. Sci.* 17, 726–736.

Peyraud, J. L., Le Gall, A. a Luescher, A. (2009). Potential food production from forage legume-based-systems in Europe: an overview. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 48, 115-135.

Phelan, P., Casey, I. A. a Humphreys, J. (2014). The effects of simulated summer-to-winter grazing management on herbage production in a grass-clover sward. *Grass and Forage Science*, 69, 251-265.

Powlson, D. S., Whitmore, A. P. a Goulding, K.W.T. 2011. Soil carbon sequestration to mitigate climate change: a critical re-examination to identify the true and the false. *European Journal of Soil Science*, 62, 42-55.

Ribas, A. *et al.* (2015). Plant identity and evenness affect yield and trace gas exchanges in forage mixtures. *Plant Soil* 391, 93–108 (2015).

Ryan, W., Hennessy, D., Murphy, J. J., Boland, T. M. a Shalloo, L. (2011). A model of nitrogen efficiency in contrasting grass-based dairy systems. *Journal of Dairy Science*, 94, 1032-1044.

Scherber, C. *et al.* (2010). Bottom-up effects of plant diversity on multitrophic interactions in a biodiversity experiment. *Nature* 468, 553-556.

Sebastià, M.-T., Palero, N. a de Bello, F. (2011). Changes in management modify agro-diversity in sainfoin swards in the Eastern Pyrenees. *Agronomy for Sustainable Development* 31, 533–540.

Sebastià, M. a Bello, F. (2008). Grazing as a factor structuring grasslands in the Pyrenees. *Appl. Veg. Sci.* 11 (2), 215-222.

Shi, Z. et al. (2016). Dual mechanisms regulate ecosystem stability under decade-long warming and hay harvest. *Nat. Commun.* 7, 11973 (2016).

Silgram, M. (2005). Effectiveness of the Nitrate Sensitive Areas scheme 1994-2003. Adroddiad terfynol ar gyfer Prosiect Defra M272/56. t.22.

Smetham, M. L. (1973): Pasture legume species and strains. In: Pastures and pasture plants, golygydd gan Langer, R. H. M. Wellington, Sydney, Llundain: A. H. ac A. W. Reed, p. 85-128.

Smith, K. A., Jackson, D. R., Misselbrook, T. H., Pain, B. F., and Johnson, R. A. (2000). Reduction of ammonia emission by slurry application techniques. *Journal of Agricultural Engineering Research* 77, 277-287.

Smith, P. Do grasslands act as a perpetual sink for carbon? *Glob. Chang. Biol.* 20, 2708–11 (2014).

Smith, P.M., Bustamante, H., Ahammad, H., Clark, H., Dong, E.A., Elsidig, H., Haberl, R., Harper, J., House, M., Jafari, O., Masera, C., Mbow, N.H., Ravindranath, C.W., Rice, C., Robledo Abad, A., Romanovskaya, F., Sperling, and F. Tubiello (2014). Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Smith P, Martino D, Cai Z et al. (2008) Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363, 789–813.

Soussana JF, Allard V, Pilegaard K et al. (2007) Full accounting of the greenhouse gas (CO₂, N₂O, CH₄) budget of nine European grassland sites. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 121, 121–134.

Suter, M., Connolly, J., Finn, J. A., Loges, R., Kirwan, L., Sebastià, M.-T. a Luescher, A. (2015). Nitrogen yield advantage from grass-legume mixtures is robust over a wide range of legume proportions and environmental conditions. *Global Change Biology*, 21, 2424-2438.

Styles, D, Gonzalez Mejia, A, Moorby, J, Foskolos, A a Gibbons, J 2018, 'Climate mitigation by dairy intensification depends on intensive use of spared grassland', *Global Change Biology*, 24 (2), 681-693.

Ward, S. E., Smart, S. M., Quirk, H., Tallowin, J. R. B., Mortimer, S. R., Shiel, R. S., Wilby, A. a Bardgett, R. D. (2016). Legacy effects of grassland management on soil carbon to depth. *Global Change Biol*, 22, 2929–2938. doi:10.1111/gcb.13246

Weigelt, A., Weisser, W. W., Buchmann, N. a Scherer-Lorenzen, M. (2009). Biodiversity for multifunctional grasslands: Equal productivity in high-diversity low-input and low-diversity high-input systems. *Biogeosciences*, 6, 1695–1706.

Weisser, W.W., Roscher, C., Meyer, S.T., Ebeling, A., Luo, G., Allan, E., Beßler, H., Barnard, R.L., Buchmann, N., Buscot, F., Engels, C., Fischer, C., Fischer, F., Gessler, A., Gleixner, G., Halle, S., Hildebrandt, A., Hillebrand, H., de Kroon, H., Lange, M., Leimer, S., Le Roux, X., Milcu, A., Mommer, L., Niklaus, P.A., Oelmann, Y., Proulx, R., Roy, J., Scherber, C., Scherer-Lorenzen, M., Scheu, S., Tschamntke, T., Wachendorf, M., Wagg, C., Weigelt, A., Wilcke, W., Wirth, C., Schulze, E-D., Schmid, B. a Eisenhauer, N.(2017). Biodiversity effects on ecosystem functioning in a 15-year grassland experiment: Patterns, mechanisms, and open questions. *Basic and Applied Ecology*, 23, 1-73. ISSN 1439-1791.

Llywodraeth Cymru (2017). Rheoliadau Asesu'r Effeithiau Amgylcheddol (Amaethyddiaeth) (Cymru) 2017. Canllaw Cyffredinol. t.22.

Llywodraeth Cymru (2018). Mehefin 2018 Arolwg o'r cyfrifiad amaethyddol a garddwrol: Canlyniadau Cymru. Cyhoeddiad Ystadegol Cyntaf. 27 Tachwedd 2018, SFR 116/2018.

Whittingham, M.J. (2011). The future of agri-environmental schemes: biodiversity gains and ecosystem service delivery? *Journal of Applied Ecology* 48, 509–513

Zaralis, K. (2015). SOLID participatory research from UK: Performance of Diverse Swards on Commercial Dairy Farms, cynhaliwyd fel rhan o brosiect SOLID (Cytundeb rhif 266367 (<http://www.solidairy.eu/>), â chymorth ariannol gan y Gymuned Ewropeaidd o dan Raglen y Seithfed Fframwaith.

Prosiectau Defra

Prosiect Defra BD5001 – ‘Characterisation of soil structural degradation under grassland and development of measures to ameliorate its impact on biodiversity and other soil functions’.

Prosiect Defra NT0605 – ‘To quantify nitrate leaching from swards continuously grazed by cattle’.

Prosiect Defra NT1318 – ‘Effect of cultivation on soil nitrogen mineralisation’.

Prosiect Defra NT1504 – ‘N mineralisation in arable conditions’.

Prosiect Defra NT1825 – ‘Nitrate leaching in sustainable livestock. LINK project (LK0613)’.

Prosiect Defra NT1806 – ‘To develop a predictive capacity for N loss from grassland’.

Prosiect Defra ES0106 – ‘Developing integrated land use and manure management strategies to control diffuse nutrient losses from drained clay soils: BRIMSTONE-NPS’.

Prosiect Defra WQ0106 – ‘Characterisation of soil structural degradation under grassland and development of measures to ameliorate its impact on biodiversity and other soil functions’.

Ymholiadau i:

Swyddfa Prosiect ERAMMP

CEH Bangor

Canolfan yr Amgylchedd Cymru

Ffordd Deiniol

Bangor

Gwynedd

LL57 2UW

Ff: + 44 (0)1248 374528

E: erammp@ceh.ac.uk

www.erammp.cymru

www.erammp.wales