

Mae angen dau mewn tango – profion genomig ar wartheg benyw

Y Dr Cate Williams: IBERS, Prifysgol Aberystwyth .

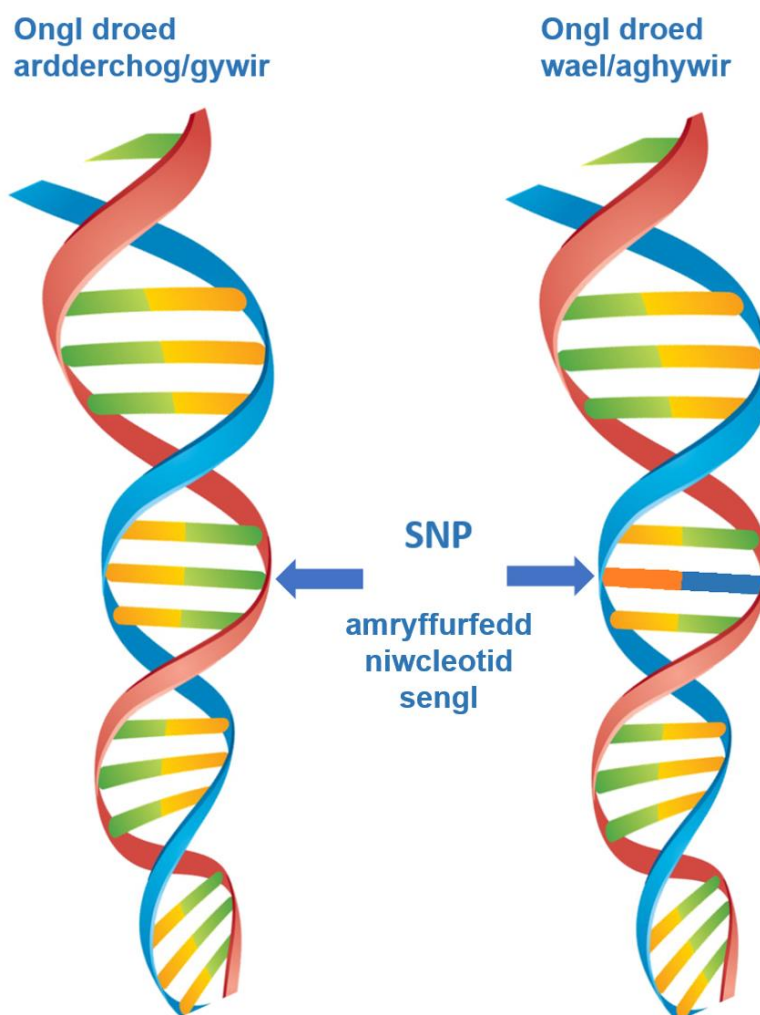
- Mae profion genomig ar deirw llaeth wedi chwyldroi'r broses o ddewis teirw at fridio, gan gynnig llawer o wybodaeth gywir a dibynadwy sy'n fodd i'r ffermwr wneud dewis gwybodus.
- Gallai profion ar anifeiliaid benyw, yn enwedig heffrod, gynnig manteision tebyg, fel enillion genetig cyflym a dewisiadau cywir wrth ddethol anifeiliaid cadw, a allai arwain at anifeiliaid mwy proffidiol.
- Mae profion genomig yn dod yn rhatach ac yn fwy hygyrch ac maen nhw'n darparu gwybodaeth fwy dibynadwy na gwerthusiad ar sail y merched, ond mae'n ddyddiau cynnar eto a does dim astudiaethau achos ar gael eto.
- Mae genynnau ar gyfer nodweddion sydd o ddiddordeb yn amrywio o ran lefelau etifeddu a bydd y rhain yn cydadweithio â'i gilydd. Gan hynny, mae'n bwysig ystyried hyn wrth wneud dewisiadau.

Mae'r defnydd strategol diweddar ar brofion genomig mewn teirw llaeth ifanc wedi chwyldroi'r ffordd y mae ffermwyr llaeth yn dewis teirw at fridio. O'r blaen, roedd rhaid i ferched y tarw gael eu profi, a allai gymryd hyd at chwe mlynedd, ond erbyn hyn gall teirw ifanc gael eu profi'n enetig fel lloi (<1 oed). Ynghyd â'r wybodaeth am y fam a'r tad, mae hyn yn creu adroddiad manwl ar botensial genetig yr anifail hwnnw heb fod angen epil. Mae hyn wedi gwella cyflymder yr enillion genetig, wedi lleihau'r cyfnod rhwng y cenedlaethau ac wedi gwella cywirdeb y gwaith dethol mewn buchesi llaeth mewn gwledydd datblygedig ledled y byd. Serch hynny, dyma un ochr o'r geiniog yn unig. Beth am y fuwch neu'r heffer? Mae paru tarw sydd â photensial genetig "rhagorol" neu "dda iawn" â buwch sydd â photensial genetig gwael neu botensial genetig gweddol yn unig yn golygu ei bod yn annhebygol y bydd yr epil byth yn cyrraedd potensial tebyg i'r tarw. Yn y tymor hir, gallai defnyddio profion genomig ar fuchod a heffrod gynnig manteision tebyg i brofion ar deirw, a'n galluogi i ddethol gwartheg cadw yn gywir iawn. Mae dewis yr heffrod cadw gorau a'r rhai sy'n fwyaf addas i system y fferm yn gallu creu effaith gadarnhaol ar broffidioldeb y fferm.

Sut mae'n gweithio?

Mae profion genetig yn derm ymbarél ar gyfer unrhyw brawf sy'n dadansoddi newidiadau yn y dilyniant DNA neu yn adeiledd y cromosomau. Gall hyn dargedu rhanbarthau yn y DNA neu un genyn. Mae profion genomig, ar y llaw arall, yn cyfeirio at ddadansoddi'r genom **cyfan** (hynny yw *holl* DNA yr organeb) sy'n bosibl yn sgil technolegau dilyniannodi newydd, cyflym. Cafodd y [genom buchol](#) ei ddilyniannodi'n llawn yn 2009 ac mae'n cynnwys 22,000 o enynnau unigol felly mae'r angen am dechnoleg uwch, yn galedwedd ac yn feddalwedd, yn dod yn amlwg. Mae'r prawf yn gofyn am sampl o'r anifail, fel arfer ar ffurf meinwe neu flew ynghyd â chymaint o wybodaeth am y pedigri ag sydd ar gael (o ochrau'r tad a'r fam). Caiff DNA ei dynnu o'r sampl, ei baratoi ac yna ei ddilyniannodi, yna caiff y data dilyniannodi hwn ei drosglwyddo i gyfrifiadur lle mae'n rhaid ei gydosod yn y drefn gywir ac yna ei ddehongli; ar gyfartaledd mae maint y genom buchol [yr un maint â genom dynol](#) sef rhyw 3 Gb (gigabas) neu 3 biliwn o barau o fasau. Nawr dylai'r data am y dilyniant gael ei drefnu'n enynnau a chromosomau ac felly mae darlun o wneuthuriad genetig yr anifail yn dechrau dod i'r golwg. Un allwedd i unrhyw fath o ddilyniannodi genetig yw adeiladu poblogaeth gyfeirio. I drefnu data'r sampl yn enynnau a chromosomau, mae'n cael ei gymharu â dilyniannau hysbys, cywir, yn debyg i ddefnyddio'r llun ar flaen y bocsi i gydosod jig-so yn gywir. I'r perwyl hwn, rhaid casglu DNA o amrywiaeth eang o fridiau ac anifeiliaid o werth genetig gwahanol er mwyn caniatáu i'r samplau dilynol gael eu hanodi'n gywir. Er mwyn cynhyrchu cronfa ddigon mawr o ddata cyfeirio mae gwybodaeth yn cael eu rhannu rhwng gwledydd. Ar hyn o bryd, [mae'r Deyrnas Unedig yn rhannu gwybodaeth genomig](#) ar gyfer gwartheg Holstein, Guernsey, Jersey ac Ayrshire gyda llawer o Ewrop, Canada a'r Unol Daleithiau.

Er mwyn creu cymariaethau rhwng y boblogaeth gyfeirio a'r anifail targed, mae marcwyr (amryffurfeddau niwcleotid sengl neu SNPs) ar gyfer nodweddion sydd o ddiddordeb yn cael eu hadnabod a'u cymharu rhwng y sampl a'r boblogaeth gyfeirio (Ffigur 1). Er enghraifft, ydy'r SNPs yn ein hanifail targed ni sy'n gyfrifol am ongl y droed yn debyg i'r SNPs ar gyfer ongl droed dda iawn yn y boblogaeth gyfeirio, neu ydyn nhw'n debycach i'r rhai sydd ag ongl droed wael? (Ffigur 1) Mae cymharu'n systematig fel hyn yn rhychwantu'r genom cyfan ac yn mynd i'r afael â lliaws o nodweddion (neu fynegeion) sy'n dod at ei gilydd i roi [Gwerthoedd Bridio Genomig Tybiedig \(GEBVs\)](#) – sef darlun eithriadol fanwl o botensial genetig yr anifail.



Ffigur 1: Delwedd ddiagramatig sylfaenol o amryffurfedd niwcleotid sengl (SNP) ddamcaniaethol sy'n gyfrifol am ongl y droed.

Manteision ac anfanteision

Mae manteision dewisiadau genomig yn niferus ac yn bellgyrhaeddol. Mae adnabod y gwartheg sydd â'r potensial genetig uchaf yn cyflymu'r enillion genetig drwy hwyluso'r broses o adnabod anifeiliaid i'w difa, i'w gwerthu neu i'w cadw yn gywir. Gall cadw'r rhai sydd â photensial genetig da yn unig gael amryw o sgil-efeithiau o ran ffrwythlondeb, lloia, cynhyrchedd ac ansawdd llaeth, iechyd anifeiliaid, costau porthiant, hirhoedledd a phroffidioldeb yn gyffredinol, i enwi ychydig yn unig. Mae'r wybodaeth hon yn arbennig o ddefnyddiol pan gaiff ei defnyddio fwy nag unwaith yn ystod oes yr anifail, e.e. mewn heffrod cadw pan fydd y ffermwr yn penderfynu eu

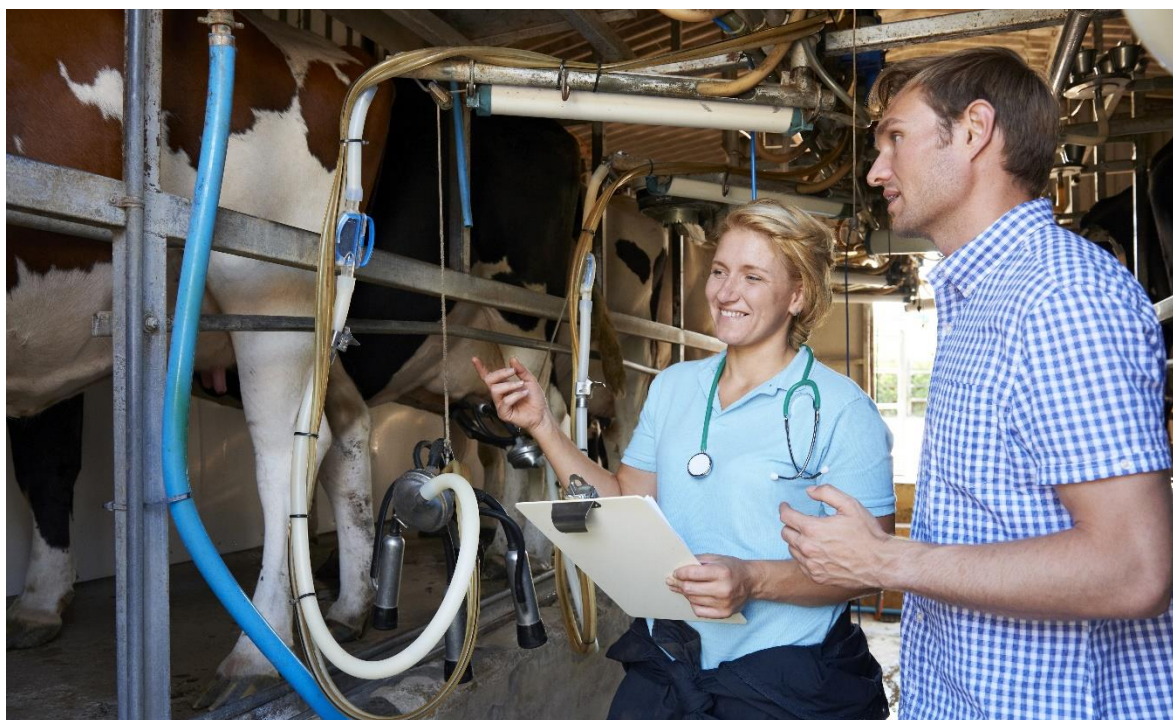
cadw a hefyd pa darw y dylen nhw gael eu troi ato. Mae'r [fantais fwyaf](#) yn cael ei gweld mewn nodweddion nad ydyn nhw'n etifeddadwy iawn a'r nodweddion hynny nad oes modd eu mesur tan yn nes ymlaen mewn bywyd ar ôl i'r ffermwr roi llawer iawn o amser ac arian i'r anifail. Mae'r enghreifftiau'n cynnwys natur yr anifail gydol ei oes a'i ffrwythlondeb – nodweddion na fyddan nhw'n cael eu gweld o bosibl am sawl blwyddyn yn y fuches.

Dros yr 20 mlynedd diwethaf, mae dewis genomig wedi dod yn fwyfwy cywir wrth i'r dechnoleg ddatblygu ac wrth i fwy o wybodaeth gael ei chasglu. Mae cywirdeb y profion yn [dibynnu ar sawl ffactor](#): maint y boblogaeth gyfeirio, gallu'r nodwedd dan sylw i gael ei hetifeddu a nifer yr SNPs sy'n gysylltiedig â'r nodwedd. Er enghraifft, nid yw cymharu 20 heffer Holstein o Gymru â 1,000 o fuchod Jersey o Ganada am nodwedd sydd ag ychydig yn unig o farcwyr yn mynd i roi gwybodaeth gywir iawn. Ar y llaw arall, mae cymharu'r 20 Holstein Cymreig hyn â chofnodion 100,000 o Holsteins eraill o'r Deyrnas Unedig, Canada a'r Unol Daleithiau ar gyfer nodwedd sydd â 100 o SNPs perthynol yn debygol o roi canlyniadau cywir iawn. Ar hyn o bryd, mae dibynadwyedd GEBVs ar gyfer nodweddion cynhyrchu yn aml yn [70% neu'n fwy](#), sef dwywaith yn fwy na'r cyfartaleddau rhieni traddodiadol sy'n cael eu cyfrifo ar sail pedigri. Mae amrywiaeth eang o nodweddion a all gael eu profi, a'r rheini'n cynnwys atgenhedlu, iechyd/hirhoedledd a chynhyrchedd.

Un enghraifft allweddol o hyn yw'r [Mynegai Bridio Economaidd](#) (EBI) a ddatblygwyd yn Iwerddon, ac sydd wedi'i fwriadu i helpu ffermwyr i ddewis y teirw mwyaf proffidiol ar gyfer bridio a heffrod ar gyfer anifeiliaid cadw. Dangosodd [astudiaeth ddiweddar yn cymharu buchod Holstein Friesian 'elît' a'r rhai 'cyfartalog yn genedlaethol'](#) fod buchod a oedd yn perfformio ar y lefel genedlaethol gyfartalog yn cynhyrchu mwy o laeth na'r rhai yn y grŵp elît. Ond, roedd llaeth y grŵp elît yn cynnwys lefelau uwch o fraster a phrotein llaeth, gan arwain at swm tebyg o laeth â lefel y solidau wedi'i hunioni. Pan gynigiwyd deietau gwahanol (e.e. wedi'u seilio ar borthiant, wedi'u hategu â dwysfwyd neu ddeiet â llawer o ddwysfwyd ynddi) cafodd y gwahaniaethau hyn eu cadw, gyda'r buchod elît yn dangos cymharol ychydig o wahaniaeth ym maint y llaeth a'r solidau waeth beth fyddai'r ddeiet. Mae'r astudiaeth yn tynnu sylw at lwyddiant system EBI Iwerddon wrth ostwng maint y llaeth tra'n cynyddu'r cynnyrch solet yn y llaeth. Un arall o fanteision profion genomig yw [atal neu arafu mewfridio](#) a dileu clefydau genetig. Efallai nad yw'r rhesymau hyn yn ddigon i'w cyfiawnhau ar wahân, ond o'u cyplysu â ffactorau eraill maen nhw'n golygu bod profion genomig yn fwy deniadol.



FARMING
connect
cyswllt
FFERMIO



Un o anfoneision allweddol GEBVs yw'r gost, sydd wedi bod yn fater canolog i bob cynhyrchydd ers i'r dechnoleg ddod i'r fei. Er hynny, wrth i'r dechnoleg ddatblygu, [mae wedi dod yn fwy a mwy fforddiadwy](#), yn enwedig o'i chymharu â'r potensial i greu anifeiliaid mwy proffidiol. Aeth un [astudiaeth fanwl](#) allweddol ati i fodelu'r canlyniadau posibl sy'n deillio o ddefnyddio profion genomig mewn heffrod. Roedd y canlyniadau'n awgrymu'n gyson y byddai enillion genetig a chynnydd ym mhroffidioldeb y ffermydd yn gwneud iawn am gost gychwynnol y prawf. Mae hefyd yn bwysig cofio bod GEBVs yn cofnodi'r potensial genetig, sef yr hyn y gallai'r anifail ei gyflawni dan amodau perffaith. Nid yw hyn yn gwarantu y bydd yr anifail yn cyflawni ei botensial gan y bydd llawer o ffactorau amgylcheddol eraill hefyd yn chwarae rhan ym mherfformiad yr anifail.

Effaith profion genomig

Mae yna gorff o dystiolaeth wyddonol i ategu defnyddio profion genomig mewn gwartheg/heffrod, ond mae'r astudiaethau hyn wedi'u seilio ar waith modelu. Mae'r cysyniad o brofion genomig ymhlith benywod yn gymharol newydd o'i gymharu â phrofi teirw ac oherwydd hynny, mae'n debygol o gymryd ychydig yn fwy o amser cyn y bydd astudiaethau achos ar gael. Gallwch weld un enghraifft o waith o'r fath yn

[fferm arddangos Cyswllt Ffermio ym Mountjoy](#), lle mae profion genomig yn cael eu defnyddio i ddewis eu heffrod cadw, gyda diddordeb arbennig yn y mynegeion ar gyfer budd-TB a solidau llaeth (protein a braster). Nod y prosiect yw defnyddio gwaith sgrinio genomig i ddewis yr heffrod mwyaf addas i'r fferm ac ymchwilio yr un pryd i sut i ddefnyddio lloeren i fapio glaswellt a gwndwn llysieuol gyda'r nod o leihau ôl troed amgylcheddol y fferm ond gwella perfformiad a phroffidioldeb yr anifail.

Yn wir, mae canlyniadau cychwynnol prosiect Partneriaeth Arloesi Ewrop (EIP) Cymru [sy'n gwneud profion genomig ar fuchesi llaeth Cymru](#) wedi bod yn addawol. Mae'r prosiect yn defnyddio sgrinio genomig i benderfynu pa anifeiliaid i'w paru â tharw biff (y rhai sydd â gwerth genetig is) a pha rai i'w paru â tharw llaeth (y rhai sydd â gwerth genetig uwch). Mae'r prosiect yn canolbwyntio ar y Mynegai Proffidioldeb Oes genomig (PLI, £) sy'n cynnwys nodweddion iechyd a nodweddion cynhyrchu. Hyd yn hyn, mae gwahaniaethau arwyddocaol wedi'u gweld rhwng y sgoriau PLI a gynhyrchwyd drwy brofion genomig a'r sgoriau a gynhyrchwyd drwy gyfartaleddau'r rhieni. Heb yr wybodaeth a'r eglurder ychwanegol a gafwyd drwy'r profion genomig, byddai [tua 76 o anifeiliaid wedi cael eu categorio'n anghywir](#) a'u troi at y tarw anghywir. Gallai hyn gyfrannu at enillion genetig arafach, lleihau hirhoedledd yr heffer neu'r fuwch a chael effaith negyddol ar genedlaethau'r dyfodol. Mae'r [adroddiad interim](#) yn amlygu'r camsyniad cyffredin mai nodweddion genetig gwael sydd gan anifail sy'n cael ei werthu gyda phrawf genomig. Mae ar bob fferm angen nodweddion ychydig yn wahanol yn eu stoc: er y bydd un am gynyddu'r llaeth a gynhyrchir efallai y bydd un arall am ganolbwyntio ar wrthsefyll clefydau. Felly, gall prawf genomig gynnig lefel ychwanegol o hyder i'r prynwr. Drwy gydol y prosiect, bydd y grŵp yn ceisio casglu hyd yn oed mwy o ddata (e.e. cynnyrch ac ansawdd llaeth, mastitis, lefel, data ffrwythlondeb a phroblemau cloffni) er mwyn cyflwyno gwerthusiad cadarn o sgrinio genomig a'i effaith ar bob menter laeth.

Wrth i fwy o ddata gael ei gasglu a'i ychwanegu at boblogaethau cyfeirio ac wrth i SNPs gael eu darganfod a'u dilysu, gallai golwg ar y gallu i etifeddu'r nodweddion targed helpu i roi syniad o ba mor gyflym y bydd profion genomig yn gwella nodwedd benodol (Tabl 1). Mae sgôr uchel am y gallu i etifeddu yn dynodi bod gennyn/genynnau yn debycach o gael eu trosglwyddo i'r epil, sy'n golygu y byddai gwelliannau yn y nodwedd berthynol yn debygol o ddod i'r amlwg yn gynt nag un sydd â sgôr etifeddu isel. Er enghraifft, mae'r mynegai Mantais TB a grëwyd gan AHDB â [sgôr etifeddu gymharol isel](#) o ~0.1, sy'n debyg i gyfrifiadau celloedd somatig sydd â chyfartaledd o ryw 0.16 (Tabl 1). Ar y llaw arall, mae nodweddion yn ymwneud ag effeithlonrwydd bwydo (DMI ac RFI) a faint o fraster a phrotein sydd yn

y llaeth, yn gymharol hawdd eu hetifeddu ac yn amrywio rhwng 0.30 a 0.43 (Tabl 1). Mae yna gymhlethdod ychwanegol hefyd ar ffurf cydadweithiau a chysylltiadau rhwng y genynnau sy'n gyfrifol am y nodweddion hyn. Er enghraifft, mae'n hysbys bod yna [effaith negyddol ar ffrwythlondeb pan ddewisir ar gyfer cynnyrch llaeth](#) mewn gwartheg godro. Mae'r gwaith i fapio cydadweithiau hyn yn parhau a bydd yn debygol o chwarae rhan bwysig mewn penderfyniadau ar ddetholiadau yn y dyfodol.

Nodwedd	Sgoriau etifeddu											Cyf.	
Braster	0.35	0.41				0.41	0.47	0.35					0.39
Protein	0.32	0.44				0.38	0.53	0.40					0.41
SCCs		0.18	0.17									0.14	0.16
DMI		0.44							0.45		0.40		0.43
RFI		0.33		0.22	0.38					0.27	0.33		0.30

Tabl 1: Amcangyfrifon o etifeddu rhai nodweddion allweddol mewn gwartheg llaeth.

Casglwyd amcangyfrifon o ystod o astudiaethau ar draws amrywiaeth o fridiau llaeth a lleoliadau daearyddol gyda'r ffigur cyfartalog o'r holl astudiaethau i'w weld yn y golofn ar y dde. SCCs: Cyfriadau Celloedd Somatig; DMI: Cymeriant Deunydd Sych; RFI: Cymeriant Porthiant Gweddilliol.

Crynodeb

Mae profion genomig ar deirw llaeth wedi chwyldroi'r broses o ddewis teirw ledled y byd, gan arwain at fridio o deirw iau, llai o gyfnod rhwng y cenedlaethau ac enillion genetig cyflym. Mae'r wybodaeth genomig fanwl hon hefyd yn fwy cywir a dibynadwy na gwerthusiad 'wedi'i seilio ar y merched' ac mae wedi galluogi ffermwyr i wneud penderfyniadau mwy gwybodus a hyderus wrth ddewis teirw. Mae'r manteision ychwanegol yn cynnwys lleihad mewn mewnofridio a'r potensial ar gyfer dileu clefydau genetig. Un o'r rhwystrau allweddol i ddefnyddio profion genomig, yn gyffredinol, fu'r gost, ond wrth i'r dechnolegau aeddfedu a dod yn fwy effeithlon mae cost sgrinio hefyd yn gostwng. O'i gymharu â'r potensial ar gyfer enillion genetig a chynnydd mewn proffidioldeb i ffermydd, caiff cost gychwynnol y prawf ei hadennill sawl gwaith drosodd. Mae gan sgrinio genomig y potensial i ddarparu swm mawr iawn o ddata, felly mae'n rhaid i'r ffermwr benderfynu ar feysydd i ganolbwyntio



FARMING
connect
cyswllt
FFERMIO

arnynt fesul fferm unigol. Rhagwelir y bydd y budd mwyaf yn cael ei weld o ran sgrinio ar gyfer nodweddion sydd â chyfraddau etifeddu isel neu nodweddion nad oes modd eu mesur tan yn ddiweddarach mewn bywyd ar ôl i'r ffermwr eisoes roi llawer iawn o amser ac arian i'r anifail. Er nad dyma'r unig ffactor penderfynu, mae'r gallu i etifeddu yn chwarae rhan annatod mewn gwerthusiadau genomig gan y bydd nodweddion sydd â sgoriau etifeddu isel yn debygol o gymryd mwy o amser i greu gwahaniaeth amlwg yn y fuches. Mae ymchwil barhaus i fireinio a dilysu'r gwerthoedd etifeddol hyn a'u cydadweithiau â'i gilydd yn hollbwysig i roi'r wybodaeth gywiraf posibl i'r diwydiant.