

Asesu'r Amrywiaeth o Boblogaeth Mapio

Dau-Rhiant Miscanthus



Awdur: Amy Richards (150004367)

Goruchwylwr: Dr. Kim Kenobi

Cyd-oruchwylwyr: Dr. Kerrie Farrar, Dr. Wayne Aubrey

Adran Mathemateg
Prifysgol Aberystwyth

27 Medi 2019

Cyflwynir y traethawd hir hwn fel cyflawniad rhannol o radd
MSc yng Ngwyddoniaeth Data (G490)

"Mae'r penderfyniadau rydym yn ei wneud heddiw yn hanfodol wrth sicrhau byd diogel a cynaliadwy ar gyfer pawb, nawr ac yn y dyfodol"

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2019

Crynodeb

Mae agweddau tuag at ddefnydd tanwyddau ffosil yn newid i'r waeth yn gyflym wrth i bobl dysgu a deall yr effaith mae llosgi tanwyddau ffosil yn cael ar ein byd. Un amgen arfaethedig i'w defnydd yw'r datblygiad o fiodanwydd. Mae'r papur yma yn dadansoddi set data sy'n rhychwantu tair blwyddyn o fesuriadau ar blanhigion Miscanthus a thyfir yn Aberystwyth, Cymru. Dadansoddir ymddygiad 105 genoteip o Miscanthus a datblygwyd model llinol â fydd yn rhagfynegi cnwd pob genoteip trwy ddefnyddio nodweddion ffenotypig y planhigion. Defnyddir rhagfynegiadau'r model llinol er mwyn penderfynu pa enoteipiau a dylir ei datblygu'n bellach er mwyn gwella ansawdd a chynnrych y cnwd. Mae canlyniadau asesiad amrywiant y planhigion Miscanthus yn y papur yma yn awgrymu fe fydd genoteip gorau o Miscanthus ar gyfer tyfu am fiolanwydd yn hinsawdd debyg i Aberystwyth yn blodeuo'n hwyr yn y flwyddyn gyda dwysedd trawslyn uchel a gyda choesynnau tal â dail wedi'i leoli'n uchel i fyny'r coesyn.

Cydnabyddiaethau

Diolch o galon i fy oruchwilwr Dr. Kim Kenobi am ei amynedd a charedigrwydd trwy pob cam o'r prosiect yma ac am rannu ei arbenigedd *R* i fy helpu i wella fy natrysiad arfaethedig i'r broblem.

Diolch i Dr. Kerrie Farrar am rannu'r data gyda mi a bod ar gael i drafod manylion penodol biolegol y data. Diolch am gred yn ofyn i a rhoi fi'r hyder i orffen y prosiect â agwedd bositif a gobeithiol am ddatblygiad academaidd pellach yn y dyfodol.

Diolch i Dr. Wayne Aubrey am yr awgrym i ddefnyddio L^AT_EX i ysgrifennu'r traethawd hir yma.

Yn olaf, diolch i fy mhartner Dale am fod yna i fi trwy pob cam. Ni fyddaf wedi gorffen hwn hebddo ti.

Cynnwys

1 Cyflwyniad	1
1.1 Cefndir	1
1.2 Miscanthus	2
2 Deunyddiau a Dulliau	8
2.1 Amcan y Prosiect	8
2.2 Y Data	8
2.2.1 Paratoi'r Data	11
2.3 Methodoleg	13
2.3.1 R ac RStudio	14
2.3.2 Model Llinol	14
2.3.3 StepAIC	16
3 Canlyniadau	17
3.1 Dadansoddi Archwiliadol	17
3.1.1 Dosbarthiad Blynnyddol y Planhigion	17
3.1.2 Cymharu Cyfarteredd Newidynnau	18
3.1.3 Plotiau Pâr	25
3.2 Model Llinol 2012	49
3.3 Model Llinol 2013	56
3.4 Model Llinol Terfynol	63
4 Casgliadau	67
4.1 Canfyddiadau Allweddol	67
4.1.1 Genoteipiau I Ddatblygu Ymhellach	68
4.2 Ymchwil Bellach	69
4.3 Adolygiad Beirniadol	69
A Y Data Crai	72
B Y Data Wedi'i Baratoi	74
C Pecynnau R a Defnyddir	75

Rhestr o Ffigyrau

1	Misanthus x giganteus yn Sir Benfro	4
2	Rhieni poblogaeth mapio Misanthus y prosiect yma	9
3	Cynhaeaf Misanthus yn parc Bluestone yn Sir Benfro	9
4	Dosbarthiad Grŵp 2011	17
5	Dosbarthiad Grŵp 2012	18
6	Dosbarthiad Grŵp 2013	18
7	Mesuriadau Cyfartalog Diamedr Coesyn Dros 3 Blwyddyn	19
8	Mesuriadau Cyfartalog Diamedr Clwmp Dros 3 Blwyddyn	20
9	Mesuriadau Cyfartalog Dwysedd Trawslun Dros 3 Blwyddyn	21
10	Mesuriadau Cyfartalog Ligule y Coesyn Talaf Dros 3 Blwyddyn	22
11	Mesuriadau Cyfartalog Uchder Canopi Dros 3 Blwyddyn	23
12	Mesuriadau Cyfartalog am Ddiwrnod y Flwyddyn mae pob Genoteip yn Cyrfaedd Uchder Canopi Macsimwm	24
13	Plot Pâr Diamedr Coesyn	26
14	Plot Pâr Diamedr Clwmp	27
15	Plot Pâr Dwysedd Trawslun	28
16	Plot Pâr Ligule y Coesyn Talaf	29
17	Plot Pâr Blodyn y Coesyn Talaf	30
18	Plot Pâr Deilen Wir y Coesyn Talaf	31
19	Plot Pâr yr Uchder Canopi Macsimwm	32
20	Plot Pâr Diwrnod Uchder Canopi Macsimwm	33
21	Plot Pâr Cam Blodeuo A	34
22	Plot Pâr Cam Blodeuo F	35
23	Plot Pâr Diwrnod Ymddangosiad	36
24	Plot Pâr Data Sengl 2011	37
25	Plot Pâr Data Parhaus 2011	39
26	Plot Pâr Data Sengl 2012	41
27	Plot Pâr Data Parhaus 2012	43
28	Plot Pâr Data Sengl 2013	45
29	Plot Pâr Data Parhaus 2013	47
30	Plot Cydberthynas 2012	49
31	Plotiau Diagnostig lm1.aic	54
32	Plot Termau Atchwelied lm1.aic	55
33	Plot Cydberthynas 2013	56
34	Plotiau Diagnostig lm1.2013.aic	61
35	Termau Atchwelied lm1.2013.aic	61
36	Gwerthoedd Wir yn erbyn Gwerthoedd wedi Ffitio lm1.aic	63

37	Gwerthoedd Wir yn erbyn Gwerthoedd wedi Ffitio lm1.aic	64
38	Gwerthoedd Wir yn erbyn Gwerthoedd wedi Ffitio lm2	65
39	Gwerthoedd Wir yn erbyn Gwerthoedd wedi Ffitio lm2	66
40	Bloc 1 Cynllun Plannu	72
41	Ciplun Data Sengl 2012	72
42	Ciplun Data Parhaus 2012	73
43	Ciplun Data Cynhaeaf 2012	73
44	Ciplun Data Sengl 2012	74
45	Ciplun Data Parhaus 2012	74

1 Cyflwyniad

1.1 Cefndir

Mae dirywiant o gronfeydd tanwydd ffosil ynghyd ag adnabyddiad fod allyriadau nwyon tŷ gwydr fel carbon deuocsi yn gyfrifol am waethygiad newid hinsawdd wedi ffocysu sylw'r byd ar leihau ein dibyniaeth ar y gronfa danwyddau ffosil meidrol. Mae arweinyddion ar draws y byd wedi cyhoeddi argyfwng hinsawdd [1] a'r cytundeb cyffredinol yw bod llosgi tanwyddau ffosil sy'n gyfrifol am tua hanner o'r cynnydd yn dymereddau ar draws y byd ac yn agos at un traean o godiad lefel y môr [2].

Un amgen arfaethedig i'r defnydd o danwyddau ffosil yw'r datblygiad o gnydau bio-ynni sef ynni sy'n ddeilliadol o ddeunydd a oedd unwaith yn fyw er enghraift goed, cnydau neu wastraff anifail. Mae cnydau bio-ynni yn faes ymchwil sydd yn tyfu cryn lawer wrth i agwedd tuag at ddulliau ynni traddodiadol fel tanwydd ffosil newid i'r waeth. Gall bio-ynni cymryd ffurf o fater solid (biomas) ar gyfer hylosgiad, neu gynnyrch hylif (biolanwydd) a gellir eu defnyddio i bŵeru cerbydau e.e. ceir a bysys. Gall biomas a biolanwydd eu deillio o gnydau bio-ynni: fydd ei datblygiad yn hynod o bwysig wrth geisio lleihau ein defnydd o danwyddau ffosil a fydd yn lleihau ein hallyriadau o nwy tŷ gwydr, ac felly yn arafu newid hinsawdd a'u heffeithiau dinistriol.

Mae'r cysyniad o ddefnyddio planhigion fel ffynhonnell egni wedi bodoli am flynyddoedd; nes cafodd olew ei ddarganfod yn 1859 roedd cnydau coedwigaeth ac amaethyddol yn ffynonellau egni a ddefnyddir mwyaf yn y byd [3]. Yn 2000, roedd canran cynhyrchiad trydan oddi ar ffynonellau adnewyddadwy o fewn y Deyrnas Unedig ond yn 2.6%, codwyd hyn i 29.2% erbyn 2017 ac mae'r canran wedi cyrraedd 33.0% erbyn 2019 [4]. Mae hwn yn dangos y cynnydd enfawr yn gynhyrchiad egni adnewyddadwy mewn ond dau ddegawd. Mae rhesymau am y newid yma yn cynnwys gymhellion rhyngwladol a cenedlaethol fel y Gyfarwyddeb Ynni Adnewyddadwy'r Undeb Ewropeaidd [5] sef wedi gosod y nod o'r gwledydd o fewn yr Undeb Ewropeaidd gyrraedd 32% o'i cynhyrchiad ynni yn dod o ffynonellau adnewyddadwy erbyn 2030.

Mae cnydau bio-ynni yn ffafriol gan ei fod yn gynnyrch uchel gyda photensial egni uchel ac gyda'r gallu i dyfu mewn pridd ansawdd isel. Mae plannu cnydau bio-ynni ar dir âr wedi profi eu bod yn gallu gwella ansawdd y pridd dros y tymor-hir trwy gynyddu cynnwys carbon organig y pridd [6]. Mae'r planhigyn yn tynnu carbon o'r atmosffer yn ystod tyfiant ac yn storio rhan ohoni yn fater organig o fewn y pridd.

Nodwedd bwysig arall yw ei fod gydag anghenion isel ar gyfer rhagdriniaeth fiolegol, gemegol a ffisegol cyn gall eu defnyddio fel bio-ynni. Gall maes o gnydau bio-ynni gweithredu fel system hidlo ar gyfer rheolaeth llygredd; maent yn tynnu gwreithiau a phlaladdwr gormodaeth o'r dŵr arwyneb cyn iddo lygru dŵr daear neu afonydd/nentydd.

Er mwyn i gadwyn cyflenwad bio-ynni fod yn llwyddiannus mae rhaid iddo fod yn egniol ffafriol, cynnal neu gynyddu lefelau carbon y pridd a bod yn gost-effeithiol ac yn gynaliadwy i'r amgylchedd heb ymyrru ar gynhyrchiad bwyd hanfodol [6]. Un o'r prif ardaloedd ffocws i ymchwilwyr yn y maes yma yw sut i wella cyfansoddiad a strwythur biocemegol cnydau bio-ynni â fydd yn galluogi cynydd yn y cynhyrchiad y tunelledd ynni.

Yn amlwg ni fydd datblygiad cnydau bio-ynni yn datrys holl broblemau sy'n deillio o ddefnydd tanwyddau ffosil ac ni gall bio-ynni amnewid tanwyddion ffosil yn llwyr oherwydd yr ardal cnydio enfawr sydd ei angen; ond wrth archwilio opsiynau fel cymysgu biomas gyda glo [7] a gwella ansawdd a chynnrych pob cynhaeaf o'r cnydau mae'n gam yn y cyfeiriad cywir.

1.2 Miscanthus

Mae biomas delfrydol yn defnyddio'r adnoddau sydd ar gael fel dŵr yn effeithiol, yn gnwd lluosflwydd h.y. nid oes angen ailblannu'n flynyddol, nid yw'n ymledol ac nid oes ganddo anghenion gwrtraith na phlaladdwr uchel. Un cnwd bio-ynni dan sylw sydd yn cyflawni'r gofynion yma yw *Miscanthus* [8], genws planhigyn Africanaidd, Ewrasiaidd ac Ynysoedd Pasifig yn y teulu glaswellt. Enw cyffredin y planhigyn yw *Glaswellt Elifant*. Mae *Miscanthus* yn gnwd cynnrych uchel sydd yn tyfu i uchderau o dros dri metr mewn rhai hinsoddau, gydag golwg debyg i bambŵ. Mae *Miscanthus* yn gnwd bio-ynni ail-cenhedlaeth sydd yn golygu ei fod yn fwy effeithlon na chnydau bio-ynni cenhedlaeth gyntaf (e.e. corn, siwgrcan, had rŵp ac olew palmwydd). Mae cnydau ail-cenhedlaeth yn gallu cynhyrchu tanwydd o fiomas sydd ddim yn gallu eu defnyddio fel bwyd e.e. cnydau coediog, gwastraff amaethyddol a chnydau bio-ynni sydd yn cael eu tyfu ar dir âr sydd ddim yn addas ar gyfer tyfu bwyd arni. Wedi'u seilio ar pump-ar-hugain milltir i'r galwyn, gall un dunnell o *Fiscanthus* cynhyrchu digon o danwydd i yrru car dros 750 milltir [9].

Mae datblygiad masnachol *Miscanthus* wedi bod ar y gweill ers 1998 ac yn cael ei arwain gan y cwmni Renewable Energy Crops Ltd. [9]. Mae'r cwmni yn cynnig amryw o wasanaethau sy'n cynnwys plannu a sefydlu *Miscanthus* a chyngor ag ymgynghoriaeth agronomeg a chynaeafu.

Mae'r cwmni hefyd yn cynnig cytundebau ar gyfer tyfwyr tymor hir er mwyn ceisio dylanwadu mwy o ffermwyr i dyfu Miscanthus ar raddfa fawr.

Mae prosiect *Optimizing Miscanthus Biomass Production* (OPTIMISC) [10] â harianned gan yr Undeb Ewropeaidd gyda'r nod o optimeiddio cadwyn cyflenwad Miscanthus trwy dreialu nifer o groesrywiau Miscanthus ar draws Ewrop a gweithio i geisio dinistrio neu leihau'r nodweddion sydd yn cyfyngu ar botensial defnyddio Miscanthus fel bio-ynni.

Llwyddiant cymharol ddiweddar yn ddatblygiad Miscanthus fel bio-ynni yw sefydliad Cynllun Bridio Miscanthus [11] yn Athrofa y Gwyddorau Biologol, Amgylcheddol a Gwledig (IBERS) ym Mhrifysgol Aberystwyth yn 2004. Nod y cynllun yw cynyddu cynnrych biomas cnwd ar dir sydd ddim yn cael ei ddefnyddio ar gyfer tyfu bwyd. Mae'r cynllun yn ffocysu ar baru genoteipiau a chroesrywiau gydag amodau tyfu ar draws Ewrop a'r U.D.A.

Y croesryw mwyaf nodwediadol o Miscanthus yw *Miscanthus x giganteus* â casglwyd gan Aksel Olsen o Yokahama, Japan yn 1935. Cymerwyd y planhigyn i Denmark ble cafwyd ei drin a'i lledu trwy Ewrop a Gogledd America ar gyfer ei phlannu ar gyfer ddefnydd garddwriaethol [8]. Oblegid i'w cynnrych uchel dros amrywiaeth o amodau, mae *Miscanthus x giganteus* wedi'i thyfu'n llwyddiannus ar draws y byd - o hinsawdd canoldir yn Sbaen hyd at hinsoddau Gogleddol yn Sgandinafia [12]. Yn Ewrop mae *Miscanthus x giganteus* wedi ei astudio yn eang ers 1983 ar gyfer hylosgiad er mwyn cynhyrchu gwres a thrydan [13]. Mae *Miscanthus x giganteus* yn groesryw o *Miscanthus Sinensis* a *Miscanthus Sacchariflorus*; mae'n unigryw o fewn y rhywogaeth gan ei fod yn cadw lefelau gweithgaredd ffotograffig-synthetig ar dymereddau isel [14]. Mae nifer fawr o groesrywiau Miscanthus wedi ei threialu ar draws Ewrop dros y 30 blwyddyn ddiwethaf ac mae ganddyn nhw potensial cynnrych uchel ynghyd a mewnbynnau isel sydd yn gwneud yn ddefnyddiol iawn wrth gynyddu cynhyrchiad biomas ar draws Ewrop yn y dyfodol [15].



Ffigwr 1: *Miscanthus x giganteus* yn Sir Benfro

Er bod *Miscanthus x giganteus* wedi bod yn y croesryw mwyaf poblogaidd dros Ewrop am sawl flwyddyn, mae yna bryderon amdani yn dod i'r sylw. Mae yna gostau uchel wrth dyfu'r croesryw ar raddfa fawr ac mae sawl achos o'r croesryw yn methu i sefydlu mewn hinsoddau oerach ar ledredau uchel [14].

Mae *Miscanthus x giganteus* yn diploid ac mae hyn yn golygu fod yna anhawster bridio'r croesryw yma [16]. Ni gall un croesryw cyflawni holl ofynion pob defnydd o *Miscanthus* ac mae tyfu ardaloedd mawr o un clôn yn cynyddu risg clefyd a phlâ. Mae angen sylfaen genetig eang a datblygiad genoteipiau gwahanol o *Miscanthus* goresgyn y cyfyngiadau sydd yn ymwneud â hyn [17]. Mae ffocws gwyddonwyr a biolegwyr nawr yn edrych ar gyfuniadau croesryw gwahanol a gellir ei datblygu yn y genws *Miscanthus* er mwyn ei thyfu mewn hinsoddau ac ar ledredau gwahanol ar draws Ewrop a'r byd.

Mae gyda *Miscanthus* effeithlonrwydd defnydd-dŵr uchel iawn ac un pryder o gorblannu *Miscanthus* yw'r galwad cynyddol am ddŵr; mae rhaid cynllunio'n ofalus ble fydd planhigfeydd *Miscanthus* yn bodoli [6] i sicrhau nid oes prinder dŵr yn yr ardal. Pryder arall yw bod cynyddu cynhyrchiad *Miscanthus* yn gallu cael effaith negyddol ar yr amgylchedd naturiol ehangach [6].

Mae rhan fwyaf o bryderon cost sy'n gysylltiedig â biodanwyddau yn ymwneud a datblygu biodanwydd o gnydau bwyd blynnyddol gyda chostau gwrtraith uchel [6]; mae defnyddio *Miscanthus* yn lleihau'r pryder yma gan nid yw *Miscanthus* yn cael ei defnyddio fel bwyd ac nid oes angen lefelau mawr o wrtaith i'w tyfu.

Wrth tyfu Miscanthus, mae gwrtraith nitrogen yn ddiangen yn eithrio pridd ffrwythlondeb isel, mae plaladdwyr yn gwbl ddiangen ond mae chwynladdwyr yn angenrheidiol yn ystod y blynnyddoedd cyntaf o sefydliad ac ar ôl hynny mae atal chwyn naturiol drwy gysgodi yn ddigonol [6].

Mae nifer o dreialon wedi ei gyflawni ar draws Ewrop gyda'r nod o ymchwilio gwelliant cynnrych Miscanthus a ffeindio genoteip delfrydol ar gyfer yr hinsawdd ac amgylchedd y tyfir ynddo. Un treial o ddiddordeb yw treial a gyflawnwyd yn 2000 yn yr Almaen [18]. Darganfu yr ymchwilwyr fod tra bod llawer o ymchwil yn cael ei wneud i mewn i'r croesryw Miscanthus x giganteus, mae rhisomau (coesyn planhigyn dan ddaear sydd yn cynnwys nodau ble mae egniadau a choesynnau newydd yn tarddu o) y croesryw yma yn annigonol yn ystod y misoedd Gaeaf. Nid yw Miscanthus x giganteus wedi'i addasu'n dda i bob hinsawdd a gwelwyd goroesiad gwael o'r croesryw yn ardaloedd yn Ogledd Ewrop dros y gaeaf y flwyddyn gyntaf ar ôl ei phlannu.

Gwelwyd y tîm o ymchwilwyr agoriad yn y maes ymchwil i ehangu sylfaen genetig Miscanthus trwy ffeindio croesrywiau gwahanol sydd yn fwy addas am hinsoddau gwahanol. Rheswm bwysig arall dros ehangu'r sylfaen genetig yw bod defnyddio un croesryw Miscanthus yn unig ar gyfer datblygiad bio-danwydd yn cario risg sylweddol o ymosodiad gan blâu a chlefydau [18]. Mae gan y genws Miscanthus amrediad daearyddol mawr ac felly mae amrywiad genetig sylweddol a gall ei archwilio er mwyn bridio genoteipiau newydd [18].

Casglwyd 15 genoteip o Miscanthus a'i plannwyd yn De'r Almaen ar gyfer y treial. Mesurwyd nodweddion tyfiant ffenotypig fel uchder, dwysedd blagur, diamedr coesyn, amser blodeuo a chyfradd heneiddedd dros dair blwyddyn. Y prif gasgliadau o'r ymchwil yma yw bod o leiaf dwy flwyddyn o ddata ei angen er mwyn cymharu tyfiant genoteipiau gwahanol, ni gall cynnrych ac ansawdd y biomas ei ragfynegi o ddefnyddio data o flwyddyn gyntaf tyfiant y planhigion yn unig. Rheswm dros hyn yw bod Miscanthus yn blanhigyn blynnyddol rhisomatous h.y. mae gyda Miscanthus coesyn dan ddaear sydd yn creu gwreiddiau ac eginau o'i nodau, ac felly mae nodweddion tyfiant yn newid wrth i'r planhigyn aeddfedu ac felly mae angen nifer o flynyddoedd o ddata er mwyn gwir dadansoddi potensial genoteip [18].

Y nodweddion mwyaf pwysig wrth ystyried rhagfynegiad ymddygiad genoteipiau gwahanol oedd amser blodeuo a chyfradd heneiddedd dros yr Hydref. Ffeindiwyd fod ansawdd biomas isaf gyda'r croesrywiau gyda heneiddedd hwyr yn y flwyddyn a bod ansawdd biomas uchaf gyda chroesrywiau gyda heneiddedd cynnar a choesau tenau [18].

Cafodd 21 genoteip ei astudio yn dreial yng Ngogledd Ffrainc a ffocws yr astudiaeth oedd dadansoddi'r gwahaniaethau rhwng dyddiad blodeuo a chyfradd tyfiant o bob genoteip. Ffeindiwyd fod uchder canopi â cydberthynas positif cryf gyda'r cynnrych o fomas [19]. Gellir amcangyfrif ymddygiad genoteip trwy fesur ei gyfradd tyfu ac uchder y canopi gan fod potensial biomas o gnwd yw lluoswm o gyfradd tyfiant a hyd dyfiant [19].

Cynhaliwyd astudiaeth arall o 15 genoteip Miscanthus at bum safle ar draws Ewrop yn Sweden, Denmark, Lloegr, Yr Almaen a Portiwgal [17]. Prif gasgliad o'r astudiaeth yma yw bod genoteipiau gyda'r cynnrych mwyaf yn Sweden a Denmark oedd y genoteipiau gyda'r cynnrych lleiaf yn Portiwgal â'r Almaen [17]; mae'r genoteipiau felly gyda chanlyniadau gwahanol yn dibynnu ar ble yn y byd a pa fath o amgylchedd maent yn tyfu yn ddo. Cafwyd sawl nodwedd ffenotypig ei mesur dros y treial yn cynnwys uchder coesyn, diamedr coesyn, amser blodeuo, cyfradd heneiddedd a chynnrych. Defnyddiwyd canlyniadau o'r astudiaeth yma i gyfrannu tuag at wybodaeth o ble yn Ewrop sy'n mwyaf addas ar gyfer tyfu genoteipiau gwahanol. Yn debyg i'r astudiaeth yn yr Almaen, y casgliad oedd bod uchder y planhigyn, sydd yn cael ei dylanwadu gan amser blodeuo, oedd y nodwedd fwyaf pwysig wrth ddewis y genoteip gorau [17].

Yn 2001 cynhaliwyd astudiaeth arall gyda'r ffocws y tro yma ar optimeiddio amser cynhaefu Miscanthus at chwe safle dros Ewrop [20] fel rhan o'r prosiect OPTIMISC [10]. Mae canlyniadau'r astudiaeth yma yn dangos fod oediant amser cynhaefu yn amrywio rhwng genoteipiau oherwydd y gwahaniaethau rhwng diamedr y coesynnau ac amser blodeuo h.y. heneiddedd [20].

Astudiaeth arall o dan OPTIMISC yw astudiaeth ar sut mae straen sychder yn effeithio tyfiant ac ansawdd cnydau Miscanthus ar gyfer bio-ynni. Astudiwyd 50 genoteip Miscanthus o dan amodau sychder ac amodau rheolaeth mewn arbrawf tŷ gwydr[21]. Mae sychder yn un o'r straeniau abiotig mwyaf cyffredin ac fe fydd digwyddiadau o sychder ond yn codi wrth i newid hinsawdd gwaethygu[22]. Atyniad mawr o Miscanthus yw bod ei thyfiant lluosflwydd a'i system gwreiddyn helaeth yn golygu ei fod yn well at ffeindio a defnyddio cronfeydd dŵr dan bridd na phlanhigion blynnyddol [23]. Ffeindiwyd fod gwahaniaethau helaeth rhwng pwysau'r planhigion sydd yn dangos amrywiant mawr mewn sut mae genoteipiau gwahanol yn goroesi sychder [21]. Mae yna felly potensial mawr i ymchwilio ac arsylwi genoteipiau Miscanthus a gall ymdopi gydag amodau sychder yn well na genoteipiau arall.

Dechreuwyd cynllun bridio Miscanthus yn adran bioleg IBERS ym Mhrifysgol Aberystwyth nôl yn 2004. Yr amcan oedd bridio amrywiaeth o groesrywiau Miscanthus a fydd yn goroesi mewn amodau tyfu gwahanol er mwyn ei ddefnyddio fel tanwydd biomas yn y dyfodol [15]. Ceisiwyd nifer fawr o groesiadau rhwng rhywogaethau Miscanthus ac mae'r treialon yma yn cael ei ddefnyddio i geisio gwella modeli mathemategol a defnyddir i ragfynegi ymddygiad y croesrywiau. Cyfunwyd data o dreialon Asia ac Ewrop, ynghyd ag arsylwadau o arbrofion tŷ gwydr yn Aberystwyth er mwyn deillio model mathemategol er mwyn ragfynegi'r amodau amgylcheddol sydd ei angen er mwyn cydamseru blodeuo [24]. Mae'r arsylwadau a chymerir ar y planhigion yn cynnwys uchder y planhigion, cyfradd ffotosynthesis, defnydd dŵr, ymateb i sychiad a data blodeuo, ymddangosiad a heneiddiad.

Mae datblygiad pellach y cnwd Miscanthus yn dibynnu ar sawl ffactor. Un o'r rhain yw'r gystadleuaeth gyda ffuriau eraill o ynni ac fe fydd gwerth marchnadol Miscanthus yn dibynnu ar gost o glo, nwy, olew a'r costau cynhyrchu ynni niwclear ac ynni adnewyddadwy eraill fel gwynt, solar, ton, llanw ac hydro [2]. Fe fydd defnydd o Miscanthus yn cynyddu os ffeindir croesrywiau a ellir goddef straen biotig ac anfiotig a ellir ei phlannu ar raddfa fawr ac yna ei reoli ar gost isel [15].

Wrth ystyried yr ymchwil sydd yn ceisio gwella neu bridio genoteipiau delfrydol o gnydau bio-ynni, mae'r ffenoteipiau a thargedir fel arfer yn ffocysu ar ymwrthedd i glefydau, sicrhau'r cynnrych macsimwm, gwella ansawdd y cnwd, lleihau gwastraff, neu gyflwyno goddefgarwch i amodau amgylcheddol heriol fel sychder [25]. Mae rhaid i'r nod canolog o fridio cnydau bio-ynni fod yn dwysau cynaliadwy'r cynnrych - mae rhaid i gynnrych biomas cynyddu i bob uned o dir heb niwed amgylcheddol neu mwy o fewnbynnau agronomeg fel dyfrhad atodol, ffrwythloni a defnydd plaladdwyr. Mae hefyd rhaid i berfformiad y cnwd fod yn gyson; mae rhaid i gnydau bio-ynni darparu cynnrych uchel dibynadwy yn flynyddol hyd yn oed pan mae amodau hinsoddol yn newid.

2 Deunyddiau a Dulliau

2.1 Amcan y Prosiect

Mae adran IBERS yn Aberystwyth yn un o ymchwilwyr blaenllaw yn y datblygiad o blanhigion Miscanthus ar gyfer bio-danwydd. Amcan y prosiect yma yw dadansoddi data a gasglwyd gan adran IBERS ar gylchred blynnyddol planhigion Miscanthus dros gyfnod o dair blwyddyn er mwyn penderfynu pa enoteipiau o Miscanthus yw'r mwyaf addas i ddatblygu ymhellach. Mae yna 302 planhigyn yn y data wedi ymledu dros 105 genoteip gwahanol.

2.2 Y Data

Rhoddwyd y data crai ar gyfer y prosiect yma gan Dr. Kerrie Farrar fel pum ffeil CSV; tair ffeil yn cynnwys data cylchred blynnyddol planhigion Miscanthus a dau ffeil gyda chanlyniadau cynhaeaf dwy flwyddyn. Mae Dr. Farrar wedi'i leoli yn adran Astudiaethau Biolegol, Amgylcheddol a Gwledig (IBERS) ym Mhrifysgol Aberystwyth ac mae ymchwil Dr. Farrar yn ffocysu ar sut mae planhigion yn datblygu mewn ymateb i'w genom, amgylchedd a'u rhygweithiadau biotig. Mae Dr. Farrar yn rhedeg y grŵp ymchwil Bioleg Cnydau Egni yn IBERS a nod yr ymchwil yw gwella cynnrych cnydau bio-ynni er mwyn darparu biomas cynaliadwy fel amgen i ynni sy'n seiliedig ar betroliwm, tanwyddau hylif ar gyfer cludiant a chemegolion swmp.

Mae yna dau rhan i'r data blynnyddol tyfiant Miscanthus; data sengl a data parhaus. Mae'r data sengl yn cynnwys mesuriadau ac arsylwadau unigol ar y planhigion ac mae'r data parhaus yn cynnwys mesuriadau wythnosol dros sawl mis ar y planhigion. Mae yna 105 genoteip gwahanol o Fiscanthus ag arsyliwyd dros y tair flwyddyn; 2011, 2012 a 2013. Mae'r data cynhaeaf ond ar gael ar gyfer blynnyddoedd 2012 a 2013. Mae'r data cynhaeaf yn cynnwys colofnau am bwysau ffres, canran cynnwys lleithder a pwysau sych terfynol pob planhigyn. Y colofn sydd dan sylw yn y prosiect yma yw pwysau sych pob planhigyn ar ddiwedd y cynhaeaf gan fod hwn yw'r biomas mae'r planhigyn wedi creu h.y. faint gall ei llosgi fel biodanwydd. Gwelir *atodiad A* ar gyfer ciplun o'r data crai a chynllun maes y planhigion.



Ffigwr 2: Rhieni poblogaeth mapio Miscanthus y prosiect yma



Ffigwr 3: Cynhaeaf Miscanthus yn parc Bluestone yn Sir Benfro

Nodwedd	Blwyddyn	Disgrifiad
Diamedr Coesyn (mm)	2011, 2012, 2013	Dewisir tri choesyn ar hap o bob planhigyn, cymerir un mesuriad o bob coesyn o'r diamedr hanner ffordd i fyny'r coesyn.
Diamedr Clwmp (cm)	2011, 2012, 2013	Mesuriad o ddiamedr sylfaen y planhigyn. Mae yna sawl coesyn i un planhigyn, hwn yw'r diamedr pob coesyn gyda'i gilydd fel clwmp.
Dwysedd Trawslun	2011, 2012, 2013	Mesuriad o ba mor ddwys yw'r planhigyn. Cymerir y mesuriad trwy osod ffon trwy'r planhigyn, codi'r ffon i hanner ffordd i fyny'r planhigyn a chyfri sawl coesyn sydd yn cyffwrdd y ffon ar un ochr.
Ligule Coesyn Talaf (cm)	2011, 2012, 2013	Mesuriad o sylfaen y planhigyn i'r ligule (tyfiant tenau ar gyffordd y ddeilen a'r coesyn) ar y coesyn talaf.
Deilen Coesyn Talaf (cm)	2012, 2013	Mesuriad o sylfaen y planhigyn i'r ddeilen wir ar y coesyn talaf.
Blodyn Coesyn Talaf (cm)	2011, 2012, 2013	Mesuriad o sylfaen y planhigyn i'r blodyn ar y coesyn talaf.
Dwyster Blodeuo	2011, 2012, 2013	Canran o'r planhigyn sydd yn blodeuo. Nodir pryd fod y planhigyn yn llai na 50 % wedi blodeuo, mwy na 50% wedi blodeuo a mwy na 80% wedi blodeuo.
Dwyster Heneiddiad	2011, 2012, 2013	Canran o'r planhigyn sydd wedi heneiddio h.y. planhigyn wedi gwywo, dirywio gydag oed. Nodir pryd fod y planhigyn dros 80% wedi heneiddio.
Uchder Canopi (cm)	2011, 2012, 2013	Cymerir mesuriadau unwaith yr wythnos o uchder y canopi pob planhigyn dros gyfnod o 7 mis.
Arsylwadau Blodeuo	2011, 2012, 2013	Nodir pryd fod pob planhigyn yn flodeuo. Mae yna dau cam; A ac F. Cam A yw'r arwydd cyntaf o flodeuo a cham F yn dynodi fod y planhigyn wedi blodeuo. Cymerir y mesuriadau yma yn wythnosol dros gyfnod o 5 mis.
Ymddangosiad	2012, 2013	Mae data 2012 yn cynnwys mesuriadau wythnosol am ymddangosiad pob planhigyn dros gyfnod o bum mis. Mae data 2013 yn cynnwys mesuriadau am dair mis.

Tabl 1: Nodweddion Ffenotypig y Data Miscanthus

2.2.1 Paratoi'r Data

Roedd rhaid paratoi'r data'n helaeth cyn dechrau defnyddio a dadansoddi'r data. Roedd nifer o broblemau gyda'r data crai fel enwau colofnau cymhleth neu aneglur, data ar goll a chynllun gor-gymhleth a fydd yn cymhlethu'r côd ag ysgrifennir i ddadansoddi'r data.

Ysgrifennir tair sgrift er mwyn cyflawni hyn; `Data_cleanup_2011.R`, `Data_cleanup_2012.R` a `Data_cleanup_2013.R`. Mae'r tair ffeil Excel cylchred bywyd blynnyddol *Misanthus* yn debyg i'w gilydd ond mae yna mân newidiadau fel enwau colofnau a nifer o fesuriadau sy'n wahanol o flwyddyn i flwyddyn ac felly deliais gyda phob flwyddyn o ddata ar wahân.

ID Genoteip

Rhoddir ID unigryw i bob planhigyn yn y golofn **UID**, er enghraifft 28287 ac ID i wahaniaethu rhwng genoteipiau yn golofn **MxNumber**, er enghraifft -**Mx1553#114**. Mae pob **UID** yn unigryw ond nid yw'r **MxNumber** yn unigryw gan fod sawl planhigyn i bob genoteip.

Roedd nifer o gofnodion yn y golofn **MxNumber** dim yn rhif ond yn genoteip penodol o *Fiscanthus -Goliath* neu *-Giganteus*. Cam cyntaf paratoi'r data oedd newid y rhifau MX mewn i gyfanrifau i ddefnyddio fel ID y genoteipiau. Cafwyd y cymeriadau blaenol -**Mx1553#** ei stribedi oddi ar yr ID i adael cyfanrif 3 digid ar gyfer pob rhes o ddata. Newidiwyd cofnodion **Goliath** i **Gol** a newidiwyd cofnodion **Giganteus** i **Gig**. Storiwyd yr ID yma mewn colofn newydd **Genotype**. Cam olaf oedd trefnu'r data yn drefn esgynnol y rhifau ID genoteip dros y data sengl a parhaus pob flwyddyn. Gwelwyd fod yna fel arfer tri chofnod ar gyfer pob genoteip, dau ar gyfer **Giganteus** a deuddeg ar gyfer **Goliath**.

Planhigion Marw

Roedd yna 22 cofnod yn y data crai o blanhigion marw; roedd pob mesuriad y planhigion yma yn 0 neu *NA* ac ni fydd y data yma o unrhyw ddefnydd i'r ymchwiliad. Dewisais i dynnu'r cofnodion yma o'r data yn llwyr er mwyn ei eithrio o ddadansoddiad pellach.

Diamedr Coesyn

Dros bob flwyddyn o'r data mae yna tri mesuriad ar gyfer diamedr coesyn. Crynhoiais hyn mewn i golofn **meanStemDiameter** er mwyn cymharu'n haws rhwng genoteipiau a phlotio'r data yn fwy gweledol effeithlon. Diffiniai golofn arall, **sdStemDiam** sydd yn dal gwyriad safonol y tri mesuriad o'r diamedr coesyn ar gyfer pob planhigyn.

Diamedr Clwmp

Dros bob flwyddyn o'r data mae yna dau mesuriad ar gyfer diamedr clwmp. Crynhoiais hyn i golofn **meanClumpDiam** sydd yn mesuriad gyfartalog y diamedr clwmp i bob planhigyn. Yn tebyg i diamedr coesyn, diffiniai colofn **sdClumpDiam** i dal gwyriad safonol y mesuriadau diamedr coesyn ar gyfer pob planhigyn.

DoYFirst3Emergence

Rhoddir sgôr o 0-3 i bob planhigyn wedi selio ar ei ymddangosiad gan ddefnyddio'r ffiniau yma -

- 0: Dim ymddangosiad o gwbl
- 1: 1-10cm
- 2: Hyd at 15cm
- 3: Hyd at 20cm

Diffiniwyd colofn **DoYFirst3Emergence** sydd yn cynnwys diwrnod y flwyddyn mae pob planhigyn yn cyrraedd sgôr 3 o ymddangosiad. Ar ôl i blanhigyn cyrraedd sgôr 3 mae uchder canopi yn cael ei fesur.

Cofnodion Mympwyol

Roedd sawl cofnod annilys mewn sawl colofn yn y data. Enghraift o hyn yw cofnodion o -9999 yn y colofnau dwyster blodeuo a dwyster heneiddedd. Newidiwyd y cofnodion yma i NA. Roedd cofnodion arall yn y colofnau yma yn 318 ac felly newidiwyd y rhain i y. Mae'r pâr o NA ac y yn llawer haws i ddadansoddi na rifau mympwyol fel -9999 a 318.

Ailenwi Colofnau

Yn y data parhaus, mae'r colofnau wedi ei rhifo fel rhifau o'r diwrnodau'r blwyddyn. Yn y cofnodion ShootCounts2011, newidir y colofnau rhifol e.e 87 i ShootCountsDoY87, ble mae DoY yn sefyll am 'Day of Year'. Wrth ailenwi colofnau fel hyn fe fyddir yn haws i'w darllen yn y côd. Enghraifftiau arall yw newid X178.1 i CanopyHeightDoY178 a newid X213.2 i FloweringStageDoY213.

Allanolyn

Ar ddiwedd pob ffeil Data_cleanup deliais gyda allanolion. Roedd rhai yn cwbl annilys a newidiwyd y rhain i NA oherwydd doedd dim ffordd i wybod os roedd y gwerth wedi ysgrifennu'n anghywir neu'n gamgymeriad. Newidiwyd rhai i'r gwerth cywir, er enghraifft roedd CanopyHeightDoY274 a CanopyHeightDoY281 yn 130, gallem ddiddwytho fod y cofnod yn golofn CanopyHeightDoY289 o 1130 wedi'i theipio'n anghywir a dylai fod yn 130.

Ar ôl paratoi'r data, arbediwyd y data fel chwech ffeil CSV newydd; Single_2011_clean.csv, Single_2012_clean.csv, Single_2013_clean.csv, Continuous_2011_clean.csv, Continuous_2012_clean.csv, Continuous_2013_clean.csv. Defnyddir y sgrift read.in.clean.data.R er mwyn darllen i mewn y ffeiliau CSV er mwyn ei archwilio.
Gwelir *atodiad B* i weld ciplun o'r data ar ôl ei baratoi.

2.3 Methodoleg

Modelu rhagfynegol yw'r proses o ddatblygu model sydd yn cynhyrchu rhagfynegiad cywir am ryw newidyn o ddiddordeb. Rydym â diddordeb mewn rhagfynegi newidyn Y gan ddefnyddio set o newidynnau cysylltiedig, X_1, X_2, \dots, X_i ac yna defnyddio'r wybodaeth rydym yn dysgu o'r model er mwyn rhagfynegi Y gan ddefnyddio'r arsylwadau o X_1, X_2, \dots, X_i . Ar gyfer y prosiect yma, rydym eisiau datblygu model rhagfynegol er mwyn rhagfynegi cynnyrch (h.y. pwysau sych) o 105 genoteip gwahanol Miscanthus. Fe fydd y model yma yn helpu i archwilwyr yn y maes dewis pa enoteipiau i ddatblygu ymhellach. Fe fydd model da yn syml (nifer isel o baramedrau), dealladwy ac yn cyflawni rhagfynegiadau cywir.

Dylai model fod ond mor gymhleth ag sydd yn holol angenrheidiol i ddisgrifio'r data h.y. mae model gyda 10 newidyn ond yn well na model gydag 1 newidyn os yw'n llawer gwell fit i'r data sydd dim pob tro yn wir.

2.3.1 R ac RStudio

Defnyddir yr iaith godio ystadegol R [26] o fewn yr amgylchedd datblygu integredig RStudio [27]. Dewisir R gan ei fod yn darparu amgylchedd dwys i ddadansoddi, prosesu, trawsnewid a delweddu data. Mae nifer o becynnau defnyddiol a pherthnasol i'r prosiect yma yn R. Gwelir *Atodiad C* i weld y pecynnau a defnyddir yn ystod y prosiect yma.

2.3.2 Model Llinol

Math o model rhagfynegol yw'r model llinol lluosog. Defnyddir atchweliad llinol (*linear regression*) er mwyn rhagfynegi gwerth newidyn Y yn seiliedig ar un neu fwy newidyn rhagfynegydd X. Y nod yw i fodelu newidyn parhaus Y fel ffwythiant mathemategol o un neu fwy newidyn X fel y gallwn defnyddio'r model i ragfynegi Y pan dim ond yr X sy'n hysbys.

Gall yr hafaliad ei cyffredinoli fel:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \dots + \epsilon_i$$

Ble Y_i yw'r ith ymateb, β_0 yw'r rhyng-gipiad ar yr echelin-y, β_1 yw'r graddiant, X_i yw'r gwerth i o'r newidyn X ac ϵ_i yw'r gwall i sef y rhan o Y ni gall y model ei esbonio.

Tybiaethau Atchweliad Llinol

- Llinioledd:** Mae rhaid i berthynas llinol bodoli rhwng Y a'r rhagfynegwyr X_1, X_2, \dots, X_i . Mae'n bwysig i archwilio'r data ar gyfer allanolion (outliers) gan fod atchweliad llinol yn sensitif iawn i effeithiau allanolion yn y data. Gall allanolion ei gweld yn y data trwy plotiau gwasgariad o bob newidyn.
- Normalrwydd:** Mae atchweliad lluosog yn tybio fod y gweddillion wedi'u dosbarthu'n Normal. Gall hwn ei gwirio trwy *Plot Q-Q*. Os nad yw'r data wedi ei dosbarthu'n Normal, gall trawsnewidiad amlinol fel trawsnewidiad *log* delio â hyn.

-
3. **Aml-Llinelloldeb:** Mae atchweliad lluosog yn tybio nad yw'r newidynnau annibynol â gydberthynas uchel h.y. mae cydberthynas rhy uchel yn bodoli rhwng y newidynnau annibynol â'i gilydd.
 4. **Homoscedasticity:** Mae'r amrywiant o'r termau gwall yn tebyg ar draws gwerthoedd y newidynnau annibynol. Gwelir hwn trwy plotio'r termau gweddill yn erbyn y termau wedi'i ffitio (residuals vs. fitted), dylai'r pwyntiau wedi'i dosbarthu'n hafal ar draws pob gwerth o'r newidynnau annibynol.

R^2 - Y Cyfernod Penderfyniad

Defnyddir R^2 fel dangosydd o berfformiad model llinol, mae'n dangos gallu rhagfynegol y model ac yr agosach yw'r gwerth at 1, y gwell yw'r model. Nid yw R^2 yn mesur cywirdeb model ond mae'n fesur ei defnyddioldeb. Yn fathemategol, R^2 yw canran amrywiaeth y newidyn dibynnol y mae'r model llinol yn egluro.

Y newidynnau a fydd yn cael ei ystyried wrth datblygu model llinol y prosiect yma yw -

- **TransectCount**

Dwysedd trawslun y planhigyn

- **MaxCanopyHeight**

Uchder canopi macsimwm y planhigyn

- **DoYmaxCanopyHeight**

Diwrnod y flwyddyn mae'n planhigyn yn cyrraedd ei uchder canopi macsimwm

- **ClumpDiameter**

Diamedr clwmp y planhigyn

- **TallestStemLigule**

Uchder ligule coesyn talaf y planhigyn

- **TallestStemTrueLeaf**

Uchder deilen coesyn talaf y planhigyn

- **TallestStemFlowerBase**

Uchder blodyn coesyn talaf y planhigyn

- **FloweringStageDoYFirstA**

Diwrnod y flwyddyn mae'r planhigyn yn cyrraedd cam cyntaf blodeuo (flagleaf)

- **FloweringStageDoYFirstF**

Diwrnod y flwyddyn mae'r planhigyn yn blodeuo

- **DoYFirst3Emergence**

Diwrnod y flwyddyn mae'r planhigyn yn cyrraedd sgôr 3 o ymddangosrwydd h.y. cyrraedd 20cm o uchder

2.3.3 StepAIC

Mae StepAIC yn ceisio dewis y rhagfynegwyr gorau am model atchweliad llinol lluosog trwy cymharu modeli gyda rhagfynegwyr gwahanol mewn ffordd dilyniannol.

Mae StepAIC yn cyfuniad o ddetholiad model *stepwise* h.y. dewis model trwy dull dilyniannol; ac *AIC* sydd yn sefyll am *Akaike Information Criteria*. Mae'r maen prawf gwybodaeth yn penderfynu'n wrthrychol y model gorau trwy dewis y model gyda'r gwerth AIC lleiaf. Y nod yw ffeindio cydbwysedd rhwng addasrwydd y model a'i chymhlethod.

Gallech edrych ar bob cyfuniad posib o fodeli llinol a gall ei chreu gyda'r newidynnau rhagfynegwyr yn unigol ond mae'r ffwythiant *StepAIC* yn gwneud y dasg yma'n gyflym ac yn effeithiol.

Nid yw StepAIC o reidrwydd yn gwella'r model ond mae'n symleiddio'r model heb effeithio llawer ar berfformiad. Mae'r ffwythiant yn tynnu'r newidyn gyda'r gwerth AIC lleiaf pob iteriad gan fod hwn yw'r newidyn sydd yn achosi'r colled lleiaf o wybodaeth wrth ei tynnu o'r model. Mae'r ffwythiant hefyd yn ychwanegu newidynnau yn ôl i'r model mewn iteriadau dilynnol er mwyn gweld os yw ei ychwanegiad yn cynyddu'r gwerth AIC.

Wedi i'r ffwythiant mynd trwy bob iteriad posib o'r newidynnau, y canlyniad yw model gyda set orau possibl o newidynnau. Ar ôl i fodel ei dewis gan defnyddio StepAIC, gellir ei defnyddio er mwyn rhagfynegi gwerthoedd y newidyn Y.

3 Canlyniadau

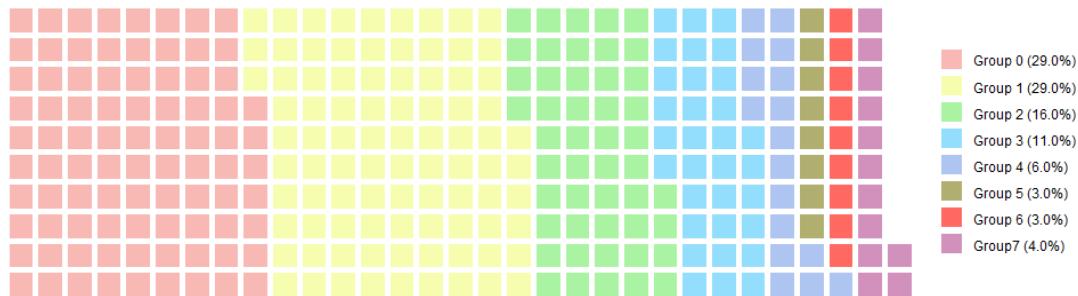
3.1 Dadansoddi Archwiliadol

Defnyddir y tair sgrift Clean_Data_Exploration_2011.R, Clean_Data_Exploration_2012.R a Clean_Data_Exploration_2013.R er mwyn cyflawni'r dadansoddi archwiliadol.

3.1.1 Dosbarthiad Blynnyddol y Planhigion

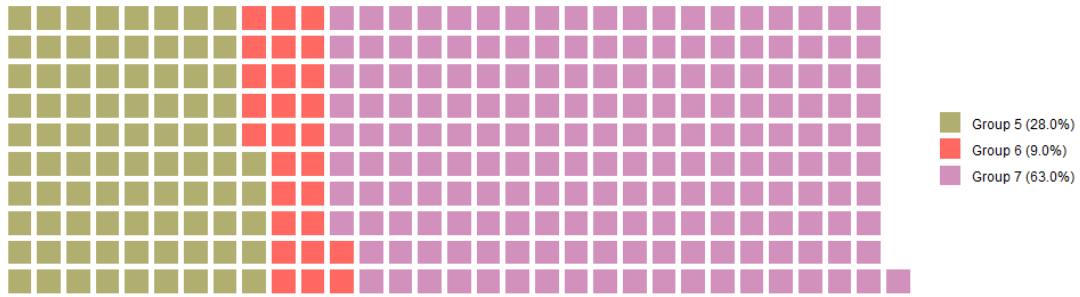
Diffiniais wyth grŵp gan defnyddio'r pedwar newidyn FloweringIntensityLessThan50, FloweringIntensityGreaterThan50, FloweringIntensityGreaterThan80 a SenescedGreaterThan80.

- Grŵp 0: Dim dwyster blodeuo wedi cofnodi
- Grŵp 1: Dwyster blodeuo yn llai na 50%
- Grŵp 2: Dwyster blodeuo yn fwy na 50%
- Grŵp 3: Dwyster blodeuo yn fwy na 80%
- Grŵp 4: Heneiddedd fwy na 80%
- Grŵp 5: Dwyster blodeuo yn llai na 50% a heneiddedd fwy na 80%
- Grŵp 6: Dwyster blodeuo yn fwy na 50% a heneiddedd fwy na 80%
- Grŵp 7: Dwyster blodeuo yn fwy na 80% a heneiddedd fwy na 80%



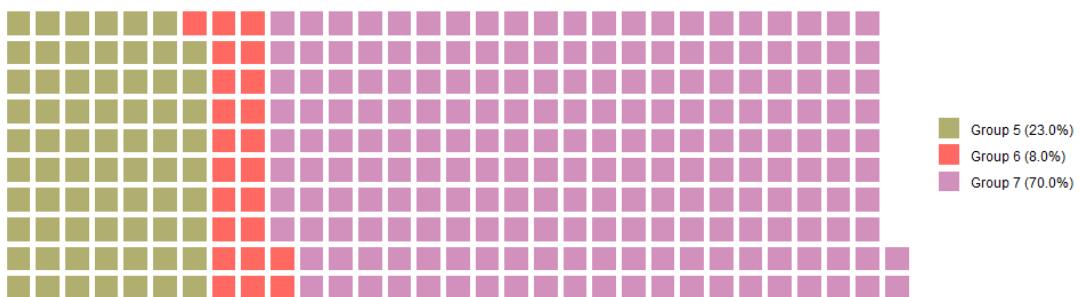
Ffigwr 4: Dosbarthiad Grŵp 2011

Gwelwn fod 29% o'r planhigion heb ddechrau blodeuo eto â 29% arall gyda dwyster blodeuo llai na 50% yn 2011. Mae hwn yn awgrymu fod y mwyafrif helaeth o'r planhigion heb aeddfedu eto a heb gyrraedd y cam flodeuo. Dim ond 10% o'r planhigion sydd wedi cyrraedd cam heneiddedd.



Ffigwr 5: Dosbarthiad Grŵp 2012

Erbyn 2012 mae 63% wedi cyrraedd grŵp 7 wedi cymharu ag ond 4% yn 2011 sydd yn awgrymu fod y planhigion wedi aeddfedu erbyn 2012. Mae pob planhigyn wedi cyrraedd cam heneiddedd erbyn 2012 gyda'r mwyafrif o blanhigion gyda dwysedd blodeuo dros 80% a heneiddedd dros 80%.

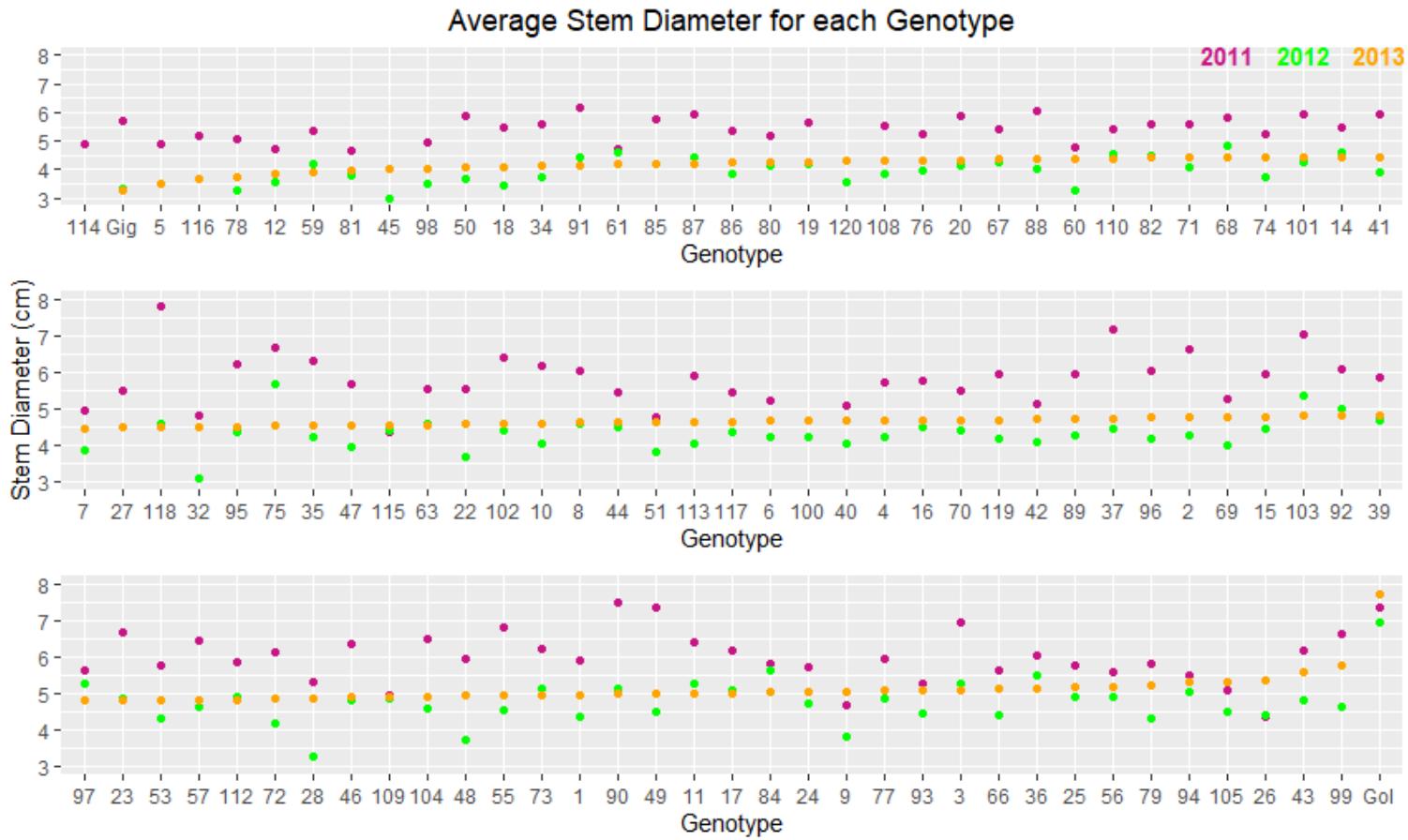


Ffigwr 6: Dosbarthiad Grŵp 2013

Mae 2013 yn dangos yr un patrwm dosbarthiad â 2012 gyda'r mwyafrif helaeth o blanhigion yn grŵp 7. Mae hwn yn awgrymu fod planhigion yn aeddfedu'n gyflym o'i blwyddyn gyntaf i'w ail flwyddyn ac yna yn arafu ac yn dilyn yr un patrwm yn flynyddol sydd yn ddisgwyliedig o blanhigion lluosflwydd fel Miscanthus.

3.1.2 Cymharu Cyfartaledd Newidynnau

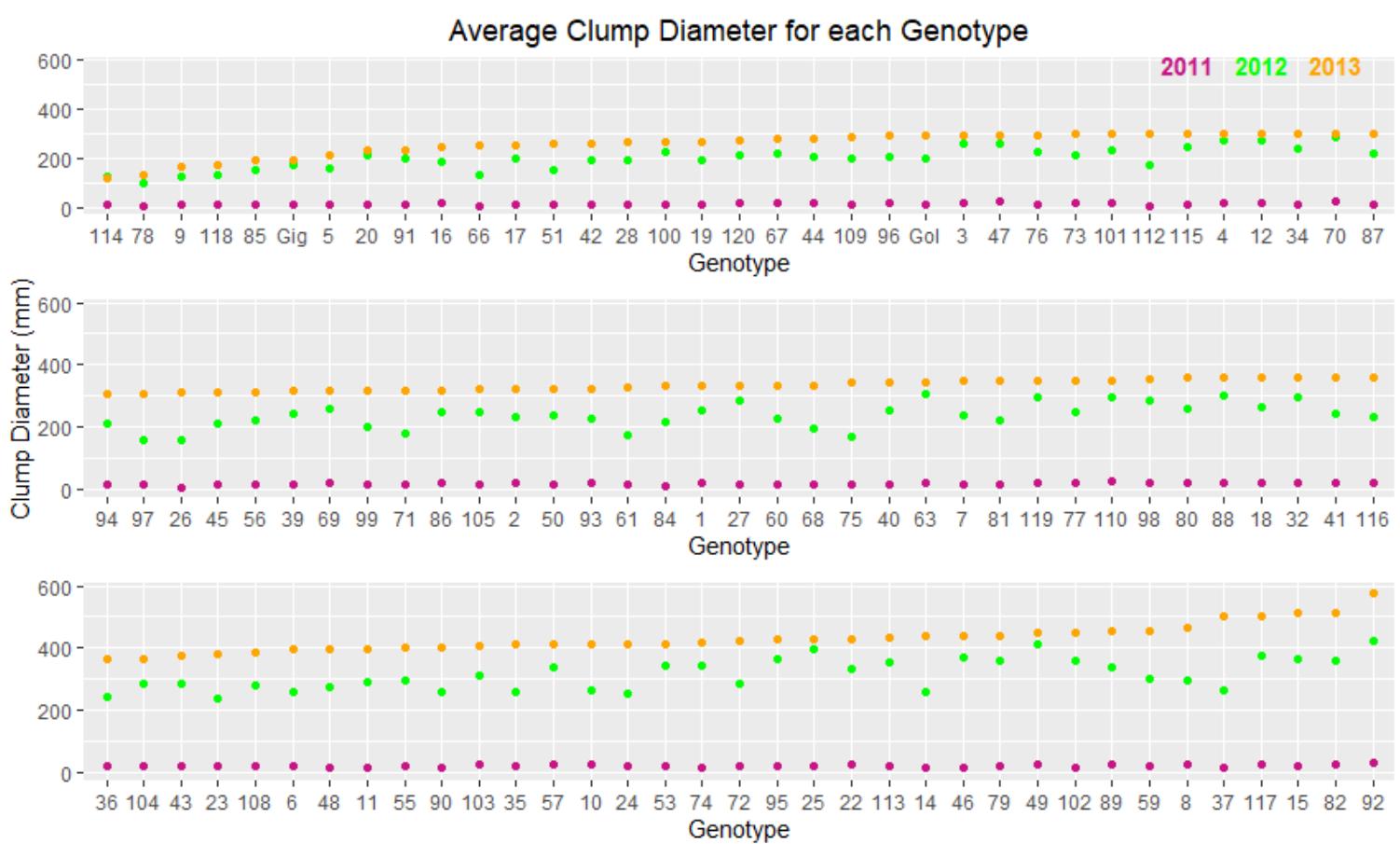
Mae yna 302 planhigyn yn y data wedi ymledu dros 105 genoteip. Cyfrifwyd cyfartaledd nifer o'r newidynnau i bob genoteip er mwyn ei phlotio yn weledol effeithlon. Gan fod nifer fawr o enoteipiau yn cael ei archwilio, rhannais y data mewn i dri grŵp fel ei fod yn gallu ei weld yn haws ar graff. Mae'r graffiau dilynnol wedi trefnu mewn trefn esgynnol o enoteipiau 2013 h.y. wedi trefnu wrth y flwyddyn ble mae'r planhigion ar ei mwyaf aeddfed.



Ffigwr 7: Mesuriadau Cyfartalog Diamedr Coesyn Dros 3 Blwyddyn

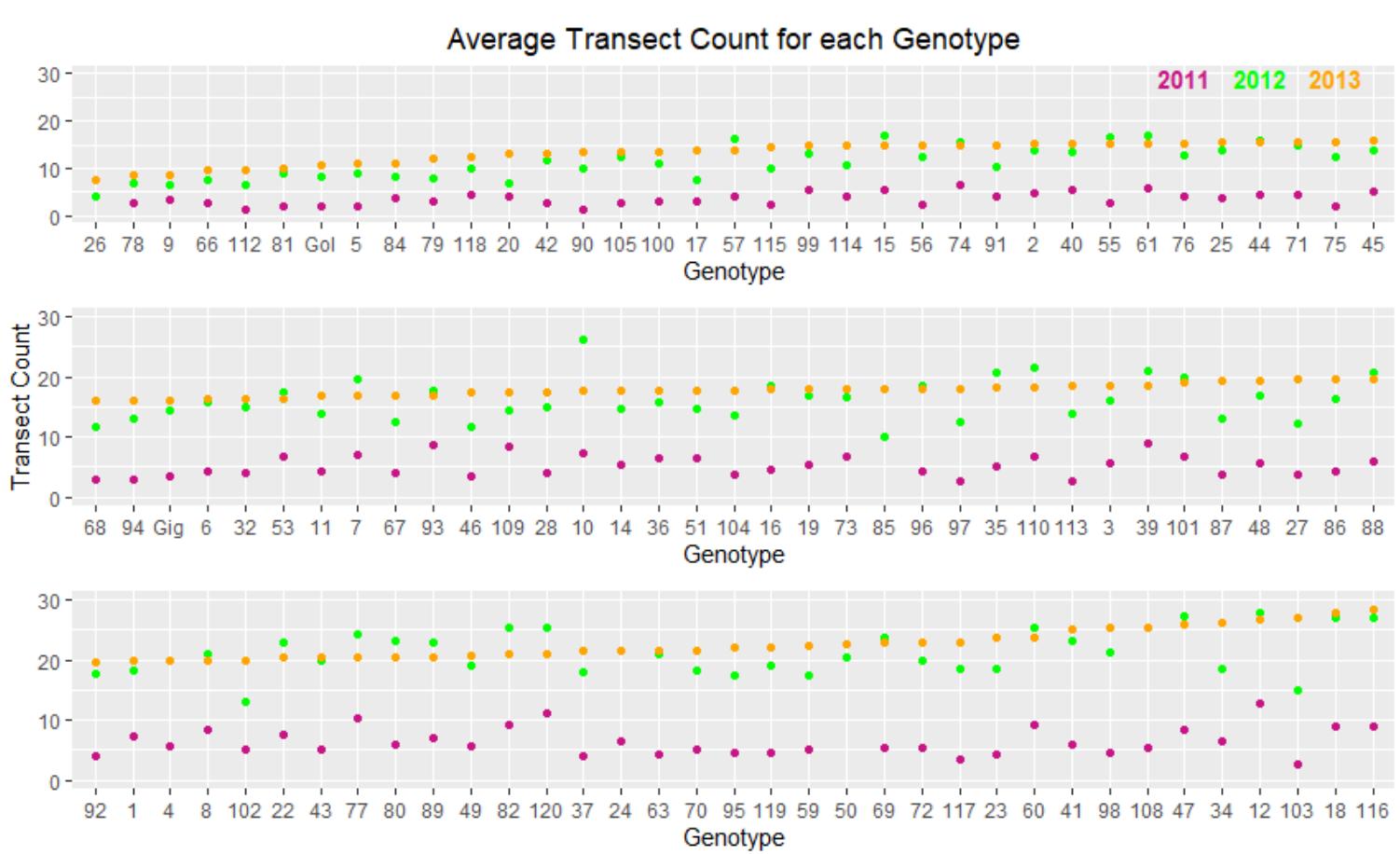
Mae'r mwyafrif helaeth o ddiamedrau coesyn yn llai mewn blynnyddoedd dilynnol o 2011. Mae'r patrwm cyffredinol yn dangos fod diamedr coesyn ar ei isaf yn 2012 ac yn uwch yn 2013. Gwerth cymedrol diamedr coesyn yn 2011 oedd 5.27, 4.30 yn 2012 a 4.63 yn 2013.

Mae diamedr coesyn yn un o'r newidynnau sydd yn cael ei dylanwadu llawer gan yr amgylchedd. Mae'r coesynnau yn cael ei thorri ar ddiwedd pob blwyddyn i'w defnyddio fel biodanwydd ac felly mae'n rhesymol ni fydd patrwm esgynol diamedr coesynnau yn flynyddol. Mae'r coesynnau hefyd yn cael ei dewis ar hap o'r planhigyn felly nid yw'n gwaranteedig fydd y coesynnau mwyaf yn cael ei dewis i fesur.



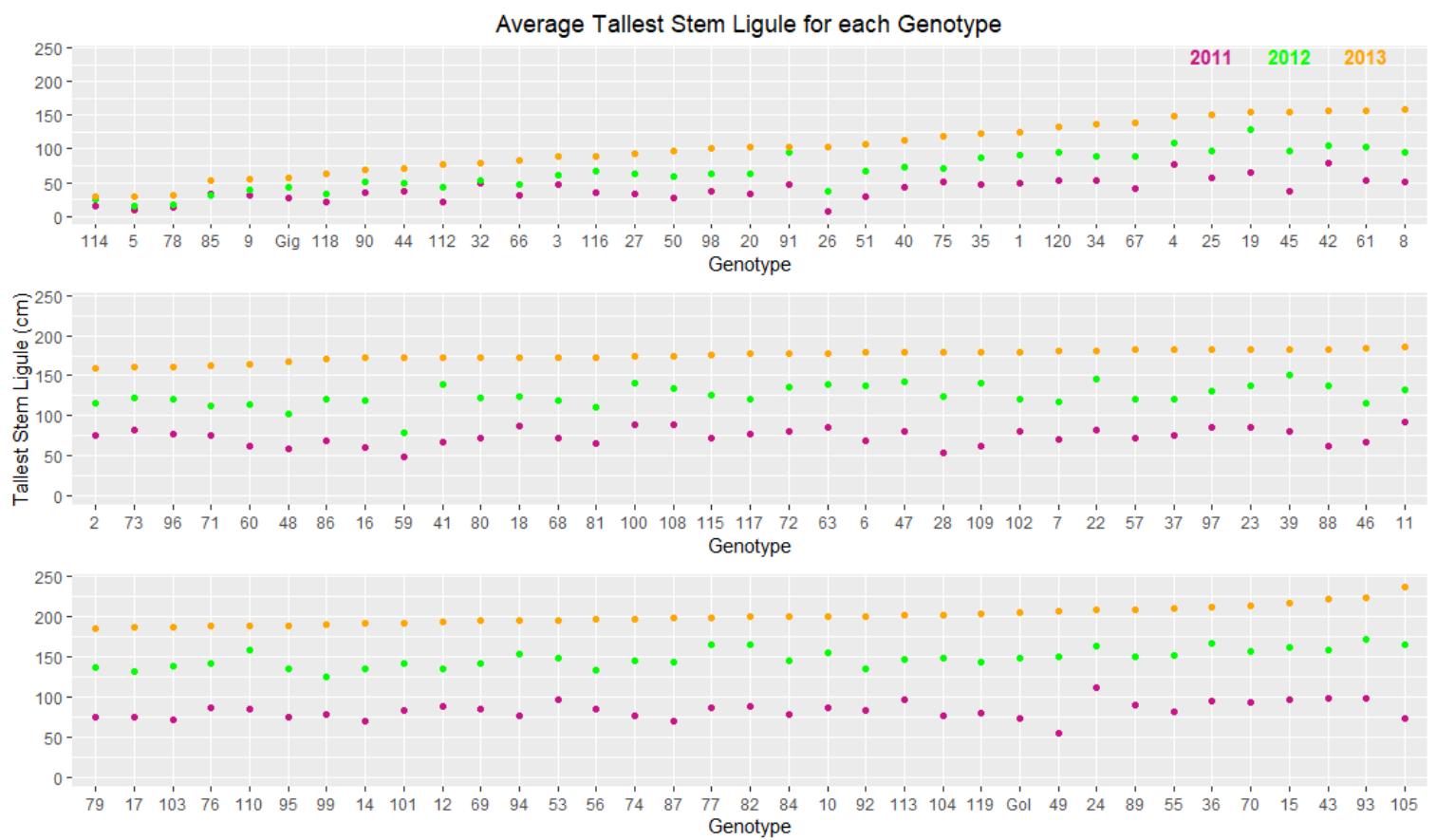
Ffigwr 8: Mesuriadau Cyfartalog Diamedr Clwmp Dros 3 Blwyddyn

Y patrwm cyffredinol yw bod y diamedr clwmp yn cynyddu'n flynyddol; mae hwn yn rhesymol gan fod y planhigyn yn aeddfedu'n flynyddol. Dylai fod mwy o goesynnau pob flwyddyn ac felly fydd y diamedr clwmp yn cynyddu. Mae yna dyfiant mawr o 2011 i 2012 ac yna mae'n arafu o 2012 i 2013. Mae yna rhai genoteipiau sydd prin yn gweld cynydd yn ddiamedr clwmp o 2012 i 2013.



Ffigwr 9: Mesuriadau Cyfartalog Dwysedd Trawslun Dros 3 Blwyddyn

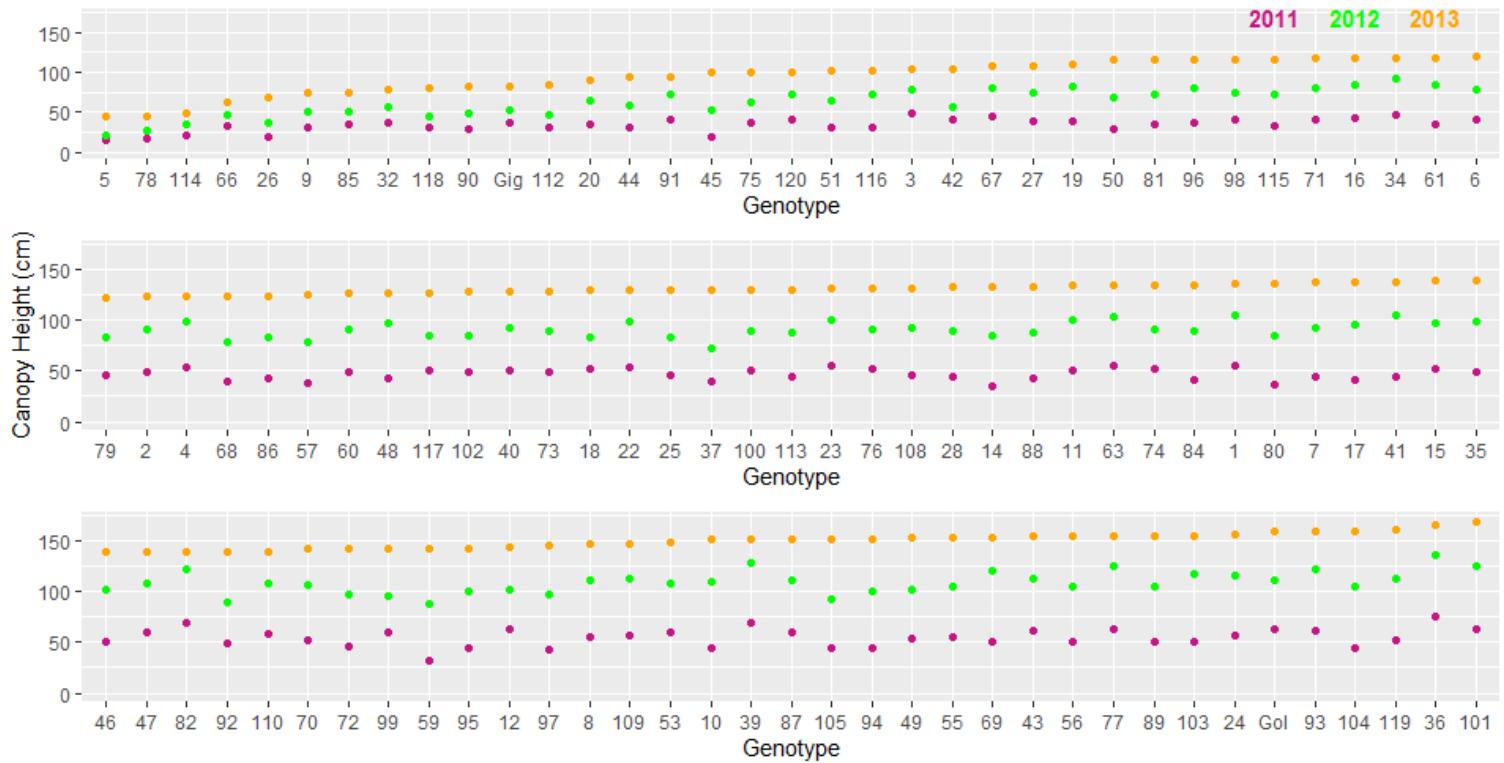
Mae'r dwysedd trawslun hefyd yn dilyn y patrwm cyffredinol o gynnydd blynyddol. Mae yna llai eto o wahaniaeth rhwng 2012 a 2013 sydd yn awgrymu fod nifer o goesynnau sydd yn cyrraedd uchder o hanner ffordd i fyny'r planhigyn yn llai na'r nifer o goesynnau ar sylfaen y planhigyn. Mae hwn yn esbonio'r gwahaniaeth uwch rhwng diamedr clwmp 2012 a 2013.



Ffigwr 10: Mesuriadau Cyfartalog Ligule y Coesyn Talaf Dros 3 Blwyddyn

Mae dosbarthiad ligule y coesyn talaf hefyd yn dilyn y patrwm o gynnydd blynyddol. Gweler fod y genoteipiau gyda'r ligule coesyn talaf uchaf yn 2011 dal gyda mesuriad ligule y coesyn talaf uchel yn 2013 h.y. os yw genoteip gyda mesuriad ligule uchel yn 2011, mae'r patrwm yn dangos fod y genoteip gyda mesuriad ligule uchel yn flynyddoedd dilynnol pob tro.

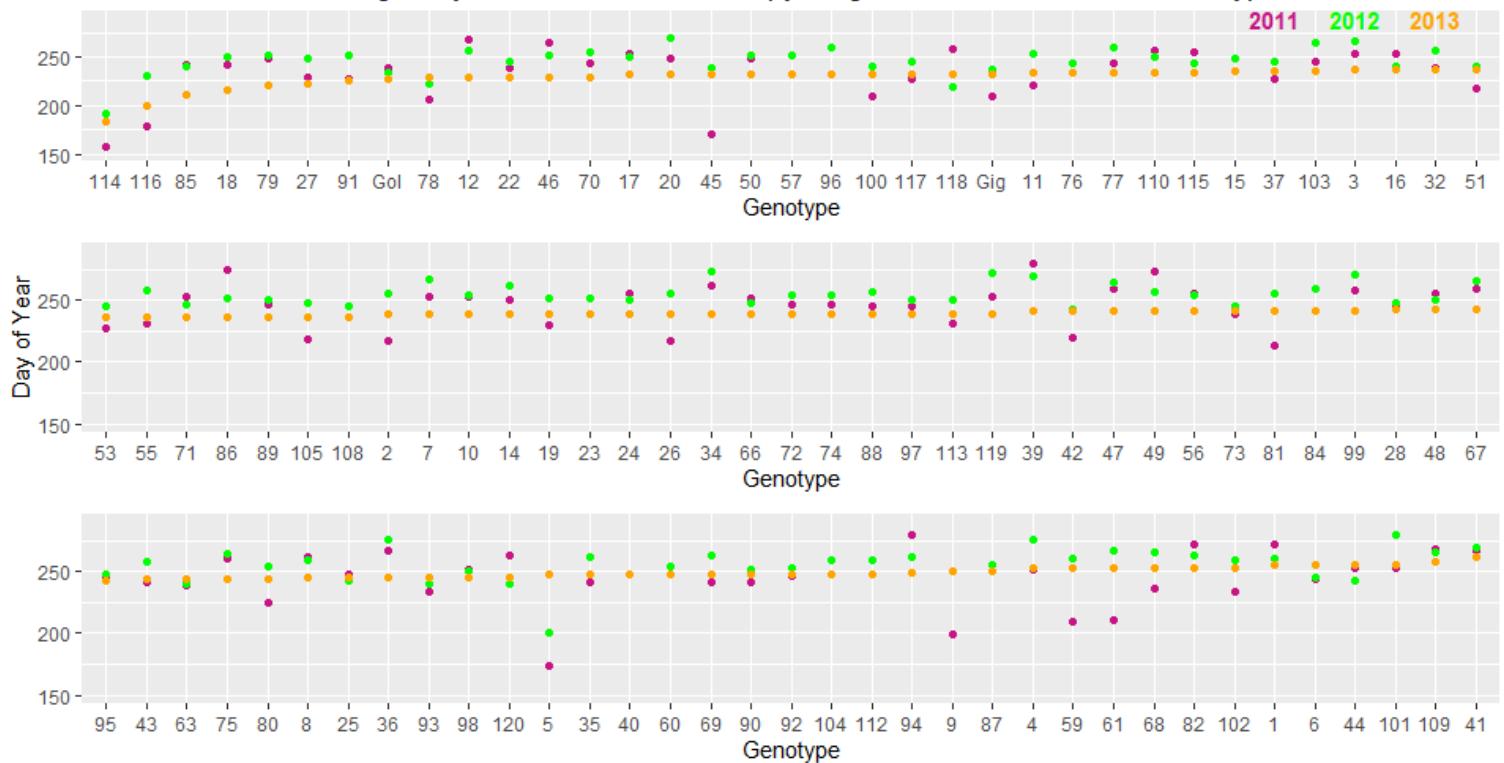
Average Maximum Canopy Height for each Genotype



Ffigwr 11: Mesuriadau Cyfartalog Uchder Canopi Dros 3 Blwyddyn

Mae cynnydd blynnyddol amlwg i'w weld gyda'r newidyn yma. Mae pob genoteip gydag uchder canopi macsimwm uwch yn flynyddoedd dilynnol sydd eto yn awgrymu os oes gan enoteip uchder canopi uchel un flwyddyn, mae'n debygol fydd gydag uchder canopi uchel yn flynyddoedd dilynnol hefyd.

Average Day of Year Maximum Canopy Height is Reached for each Genotype



Ffigwr 12: Mesuriadau Cyfartalog am Ddiwrnod y Flwyddyn mae pob Genoteip yn Cyrraedd Uchder Canopi Macsimwm

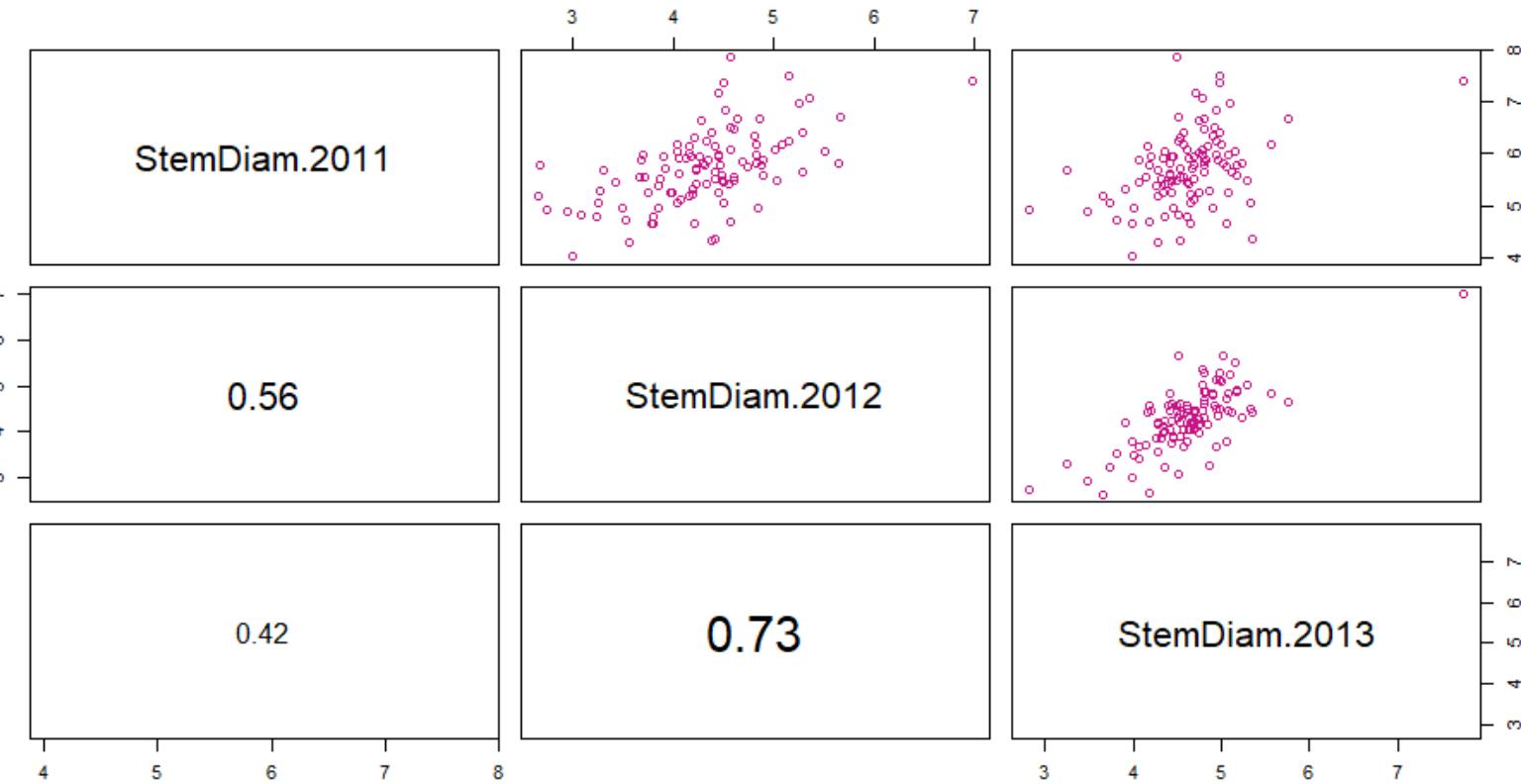
Nid yw'r mesuriadau yma wedi ei dosbarthu'n cynyddol fel MaxCanopyHeight. Nid oes patrwm clir i'w weld ond gwelwn fod sawl genoteip yn 2011 gyda diwrnod cyrraedd uchder canopi macsimwm yn sylweddol is na'r blynyddoedd dilynnol. Mae'r newidyn yma yn cael ei dylanwadu gan yr amgylchedd yn gryf iawn h.y. tywydd ac amodau tyfu ac felly mae'n rhesymol i beidio gweld patrwm clir yn flynyddol. Fe fydd y genoteip delfrydol yn cyrraedd ei uchder canopi macsimwm yn hwyrach yn y flwyddyn h.y. mae'n tyfu trwy gydol y tymor tyfu.

Ni chafwyd TallestStemFlowerBase, TallestStemTrueLeaf, FloweringStageDoYFirstA, FloweringStageDoYFirstF a DoYFirst3Emergence ei phlotio fel hyn gan fod gormodedd o ddata ar goll rhwng y blynyddoedd i'w gymharu.

3.1.3 Plotiau Pâr

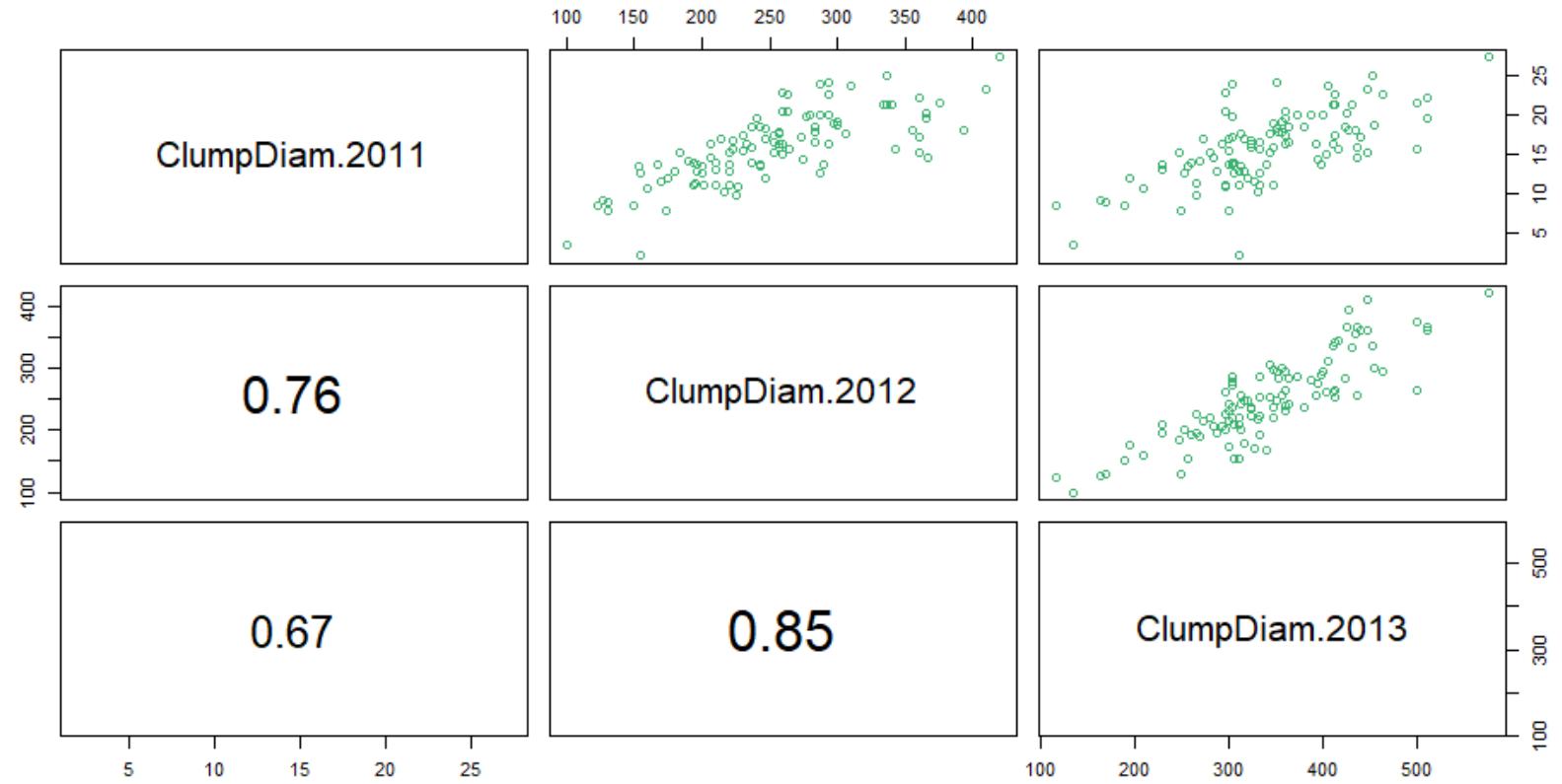
Mae plot pâr yn matrics plot gwasgariad sydd yn dangos y perthynas rhwng newidynnau. Mae'n dull defnyddiol i weld patrymau ac anghysonderau yn y data er mwyn ei dadansoddi ymhellach. Yn dilyn mae plotiau pâr am y newidynnau dros y tair flwyddyn; trwy ddadansoddi'r plotiau yma, gallwn weld os oes perthynas llinol yn bodoli rhwng y newidynnau dros y blynnyddoedd.

Mae cydberthynas yn fesuriad ystadegol sydd yn rhoi'r ddibyniaeth llinol rhwng dau newidyn. Cymerir mesuriad o gydberthynas gwerth rhwng -1 a +1. Mae gwerth yn agos at 0 yn awgrymu perthynas wan iawn rhwng y newidynnau ac mae gwerth cydberthynas isel ($-0.2 < x < 0.2$) yn awgrymu nad yw y rhagfynegydd X yn esbonio yr amrywiaeth yn Y ac dylem edrych am newidynnau esboniadol arall.



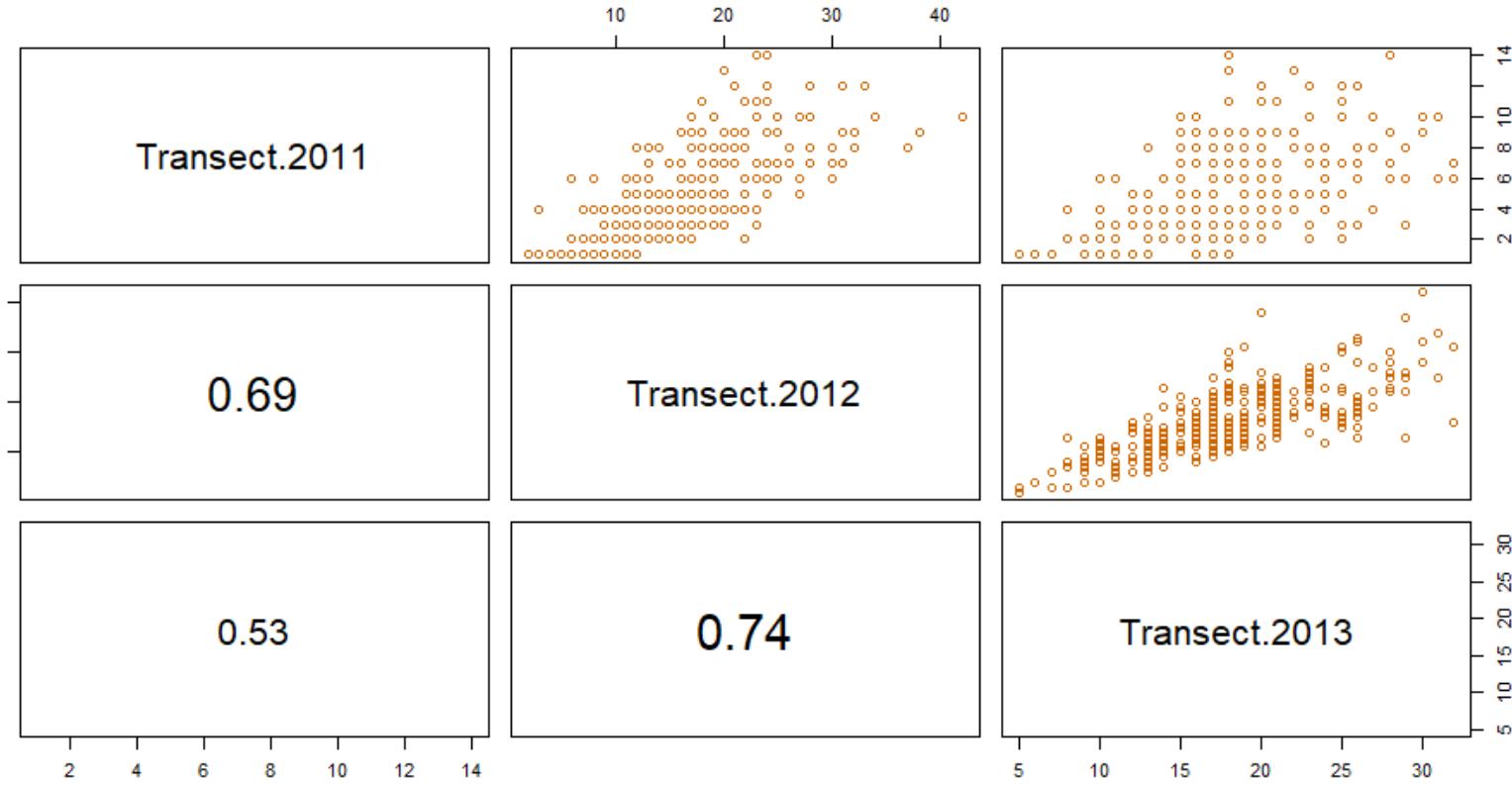
Ffigwr 13: Plot Pâr Diamedr Coesyn

Gwelwn berthynas llinol rhwng y tair flwyddyn gyda pherthynas cryfach rhwng 2012 a 2013 nag sydd rhwng 2011 a 2013 unwaith eto. Mae hwn yn ddisgwyliedig wrth ystyried dosbarthiad blynnyddol y planhigion fel y gwelwyd yn bennod 3.1.1.. Er ei fod yn edrych fod gwerth allanolion yn y data ar ôl edrych ar y data crai penderfynais nid yw'n gwerth allanolyn - nid yw'n rhy wahanol i'r gwerthoedd arall. Mae yna berthynas llinol rhwng y blynnyddoedd ond gan fod y coesynnau yn cael ei dewis ar hap o'r planhigion i'w fesur, nid yw'r newidyn yma mor ddibynadwy i ddefnyddio i ragfynegi cynnyrch wrth gymharu â newidynnau arall.



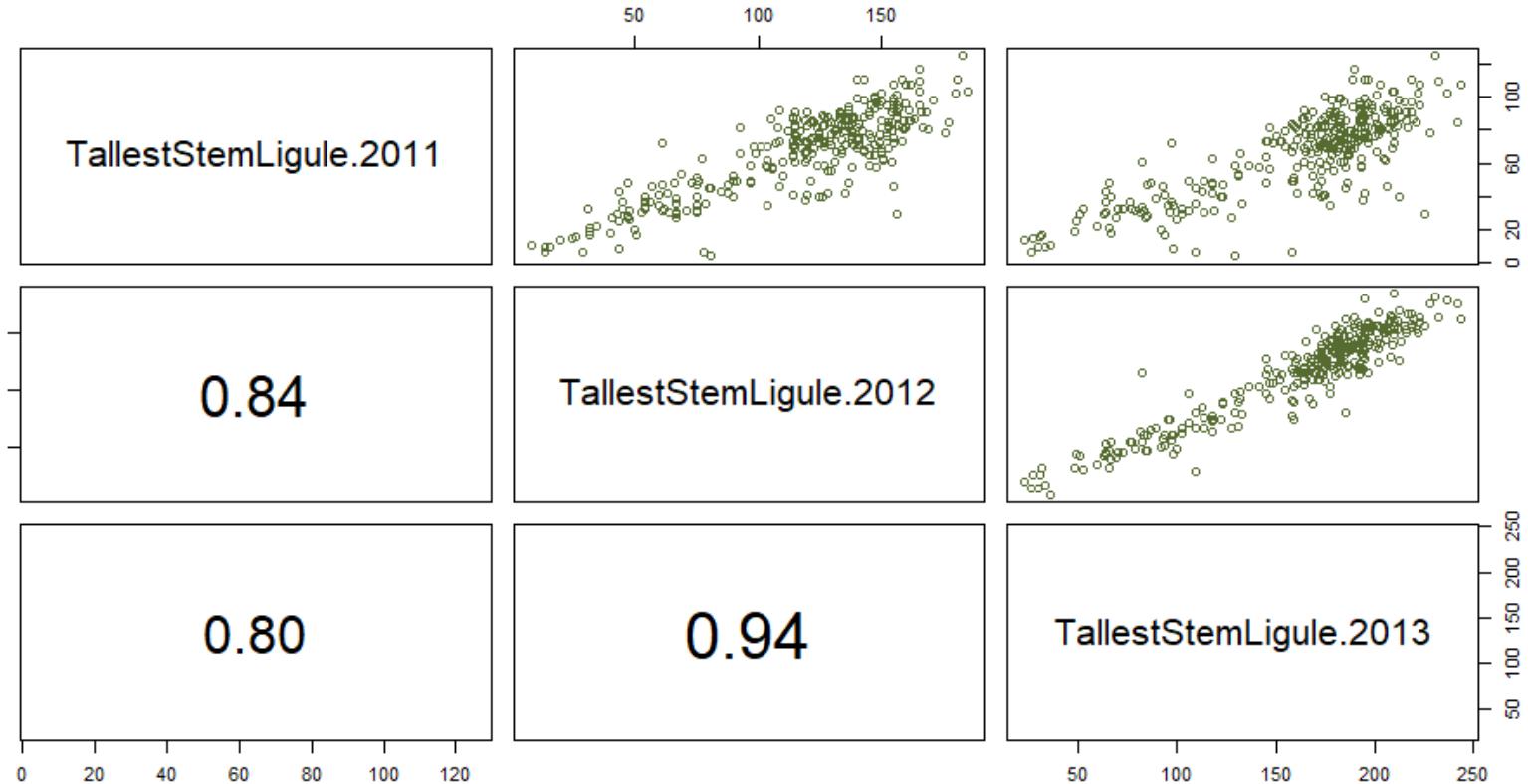
Ffigwr 14: Plot Pâr Diamedr Clwmp

Gwelwn berthynas llinol gymharol gryf rhwng y tair blwyddyn. Eto mae'r perthynas llinol yn gryfach rhwng 2012 a 2013 nag 2011 a 2013 sydd yn ddisgwyliedig wrth ystyried dosbarthiad blynnyddol y planhigion. Mae hwn yn dangos fod diamedr clwmp uchel un flwyddyn yn golygu fe fydd diamedr clwmp hefyd yn uchel y flwyddyn nesaf h.y. mae perthynas llinol cryf rhwng diamedrau clwmp y tair blwyddyn.



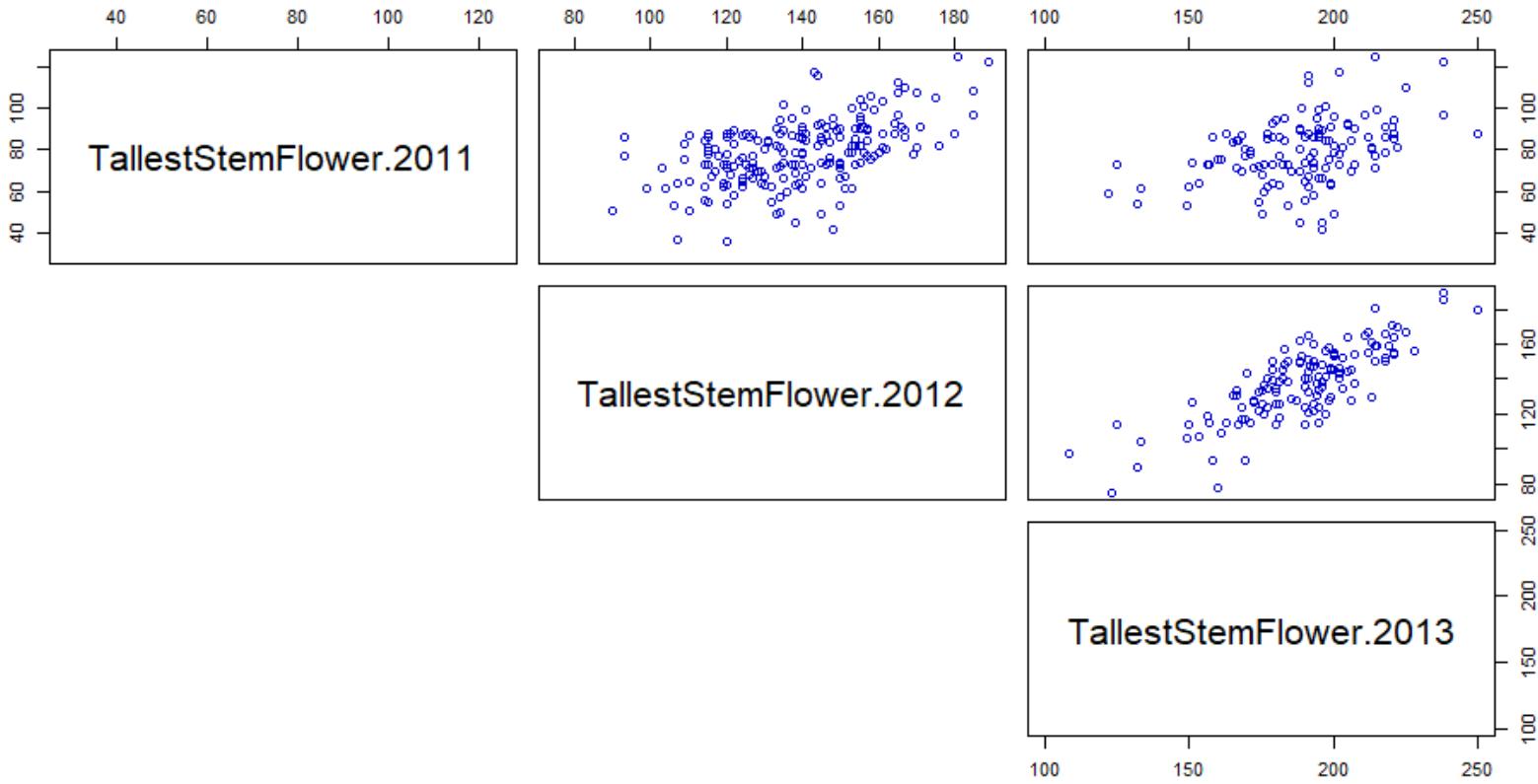
Ffigwr 15: Plot Pâr Dwysedd Trawslun

Gwelwn fod mesuriadau dwysedd trawslun yn 2011 yn is na mesuriadau'r blynnyddoedd dilynnol. Roedd yna lawer llai o goesynnau yn 2011 i gymharu gyda'r blynnyddoedd dilynnol ac felly mae'n rhesymol fod y dwysedd trawslun yn llai. Serch hynny, mae yna berthynas llinol gymharol gryf rhwng y tair flwyddyn yn awgrymu fod y genoteipiau gyda dwysedd trawslun uchel yn 2011 dal i fod gyda dwysedd trawslun uchel yn 2012 a 2013.



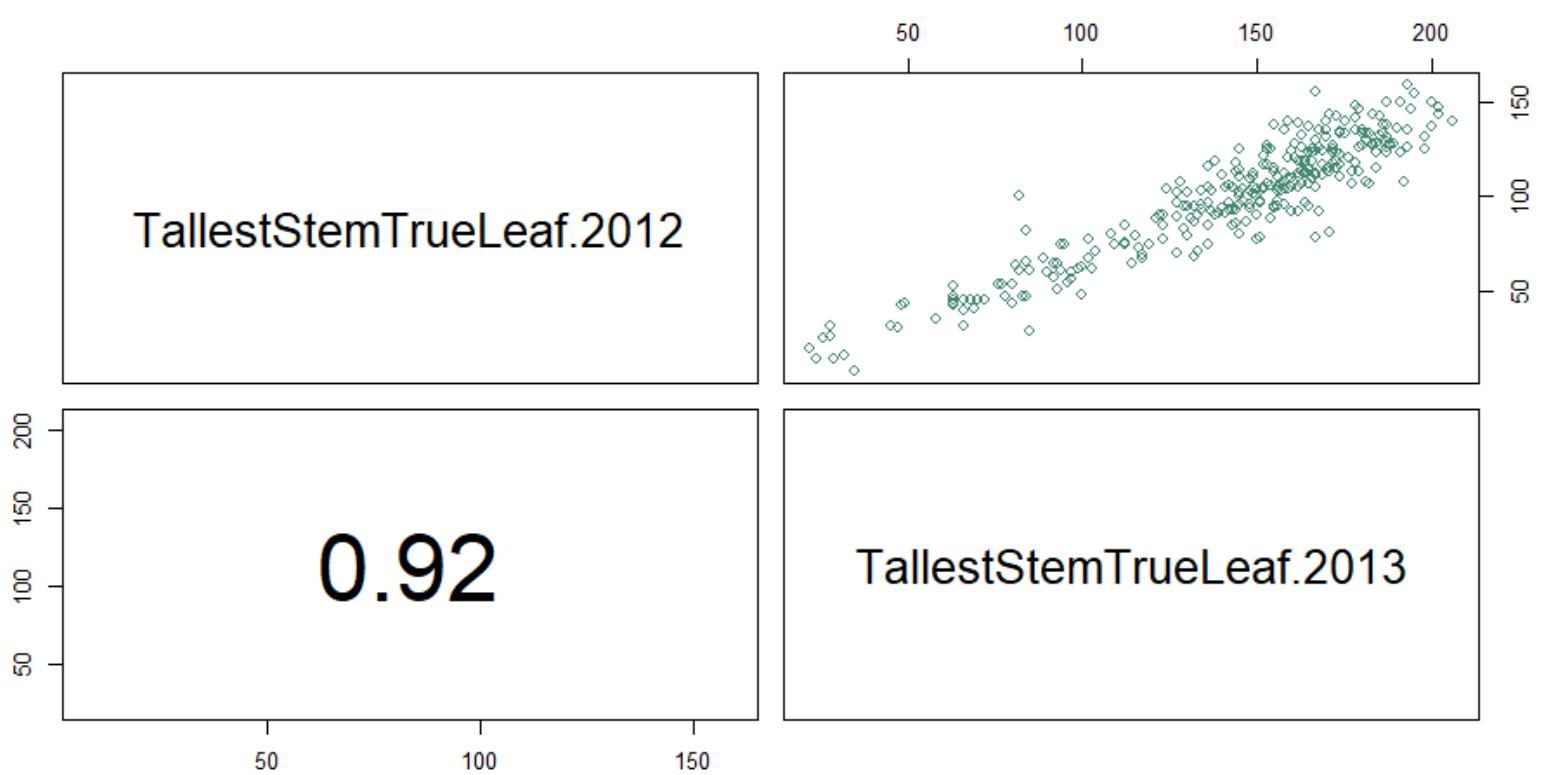
Ffigwr 16: Plot Pâr Ligule y Coesyn Talaf

Mae yna berthynas llinol cryf iawn rhwng y tair blwyddyn eto yn awgrymu fod y planhigion gydag uchder y ligule fwy ar y coesyn talaf dal i fod gyda mesuriad uchel yn flynyddoedd dilynnol.



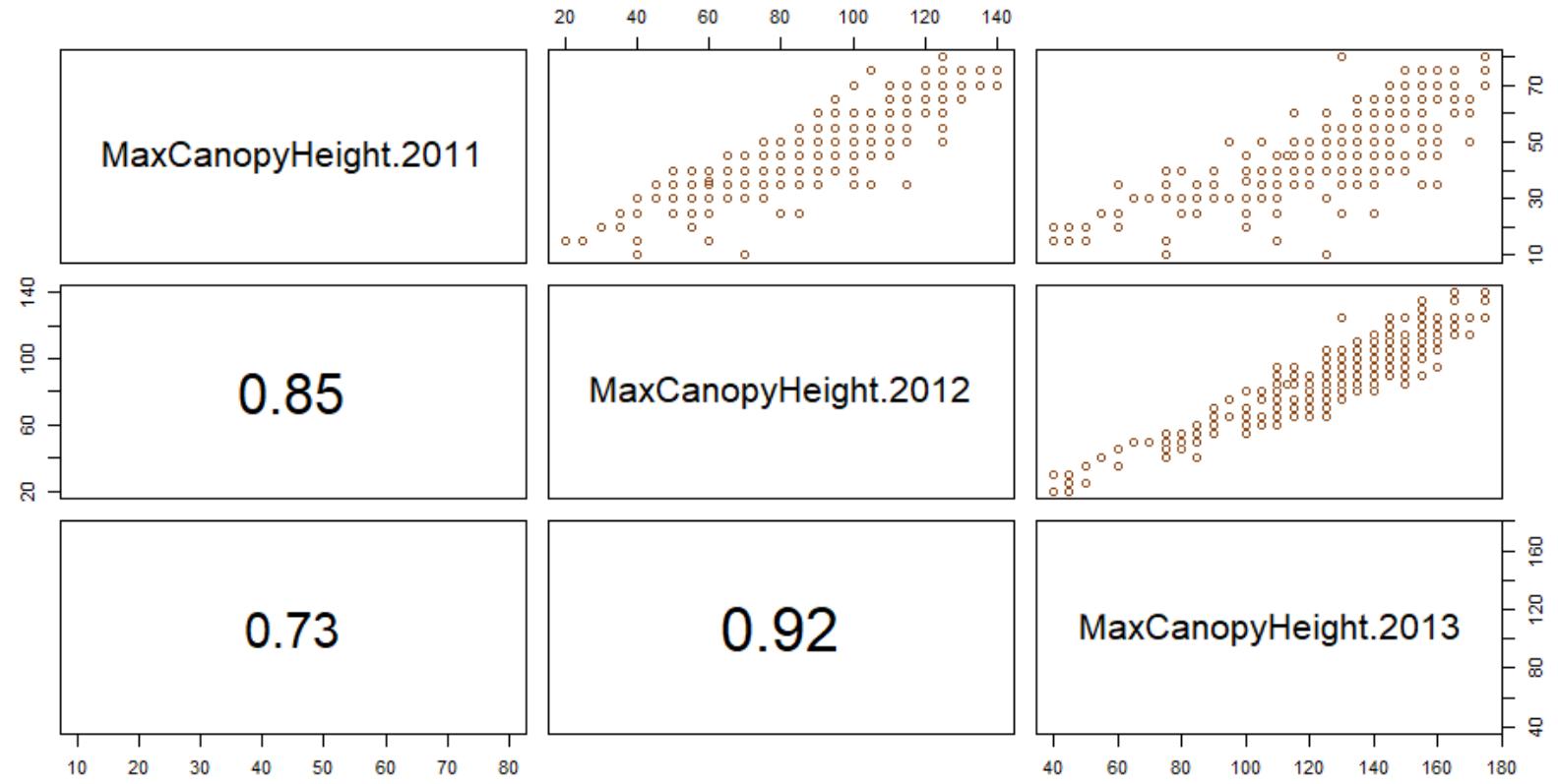
Ffigwr 17: Plot Pâr Blodyn y Coesyn Talaf

Mae perthynas llinol rhwng y tair flwyddyn gyda'r perthynas cryfaf rhwng 2012 a 2013. Mae hwn yn awgrymu fod blodyn y coesyn talaf yn 2012 yn dylanwadu ar uchder blodyn y coesyn talaf yn 2013. Mae'n ddisgwylidig nad oes perthynas cryf rhwng 2011 a'r ddwy flwyddyn arall - wrth ystyried dosbarthiad y planhigion yn 2011, nid oedd y mwyafrif ohonynt wedi cyrraedd cam flodeuo. Mae yna ormodedd o ddata ar goll rhwng y blynnyddoedd i gyfrifo gwerthoedd cydberthynas ar gyfer y plot yma.



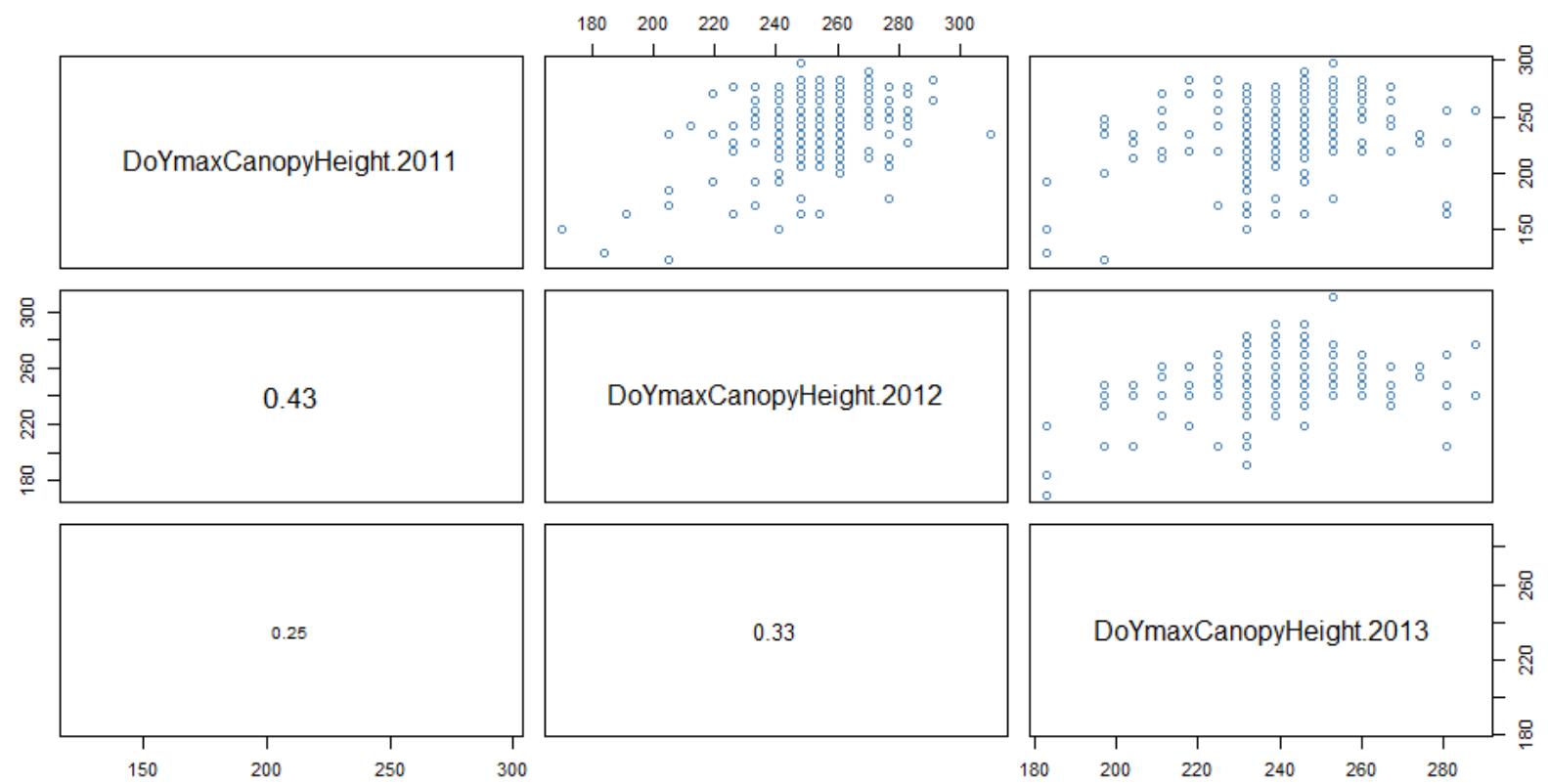
Ffigwr 18: Plot Pâr Deilen Wir y Coesyn Talaf

Mae perthynas llinol cryf iawn rhwng uchder deilen wir y coesyn talaf o 2012 a 2013 sydd eto yn awgrymu fod uchder deilen wir blanhigyn yn 2012 yn dylanwadu ar uchder y ddeilen wir yr un planhigyn yn 2013.



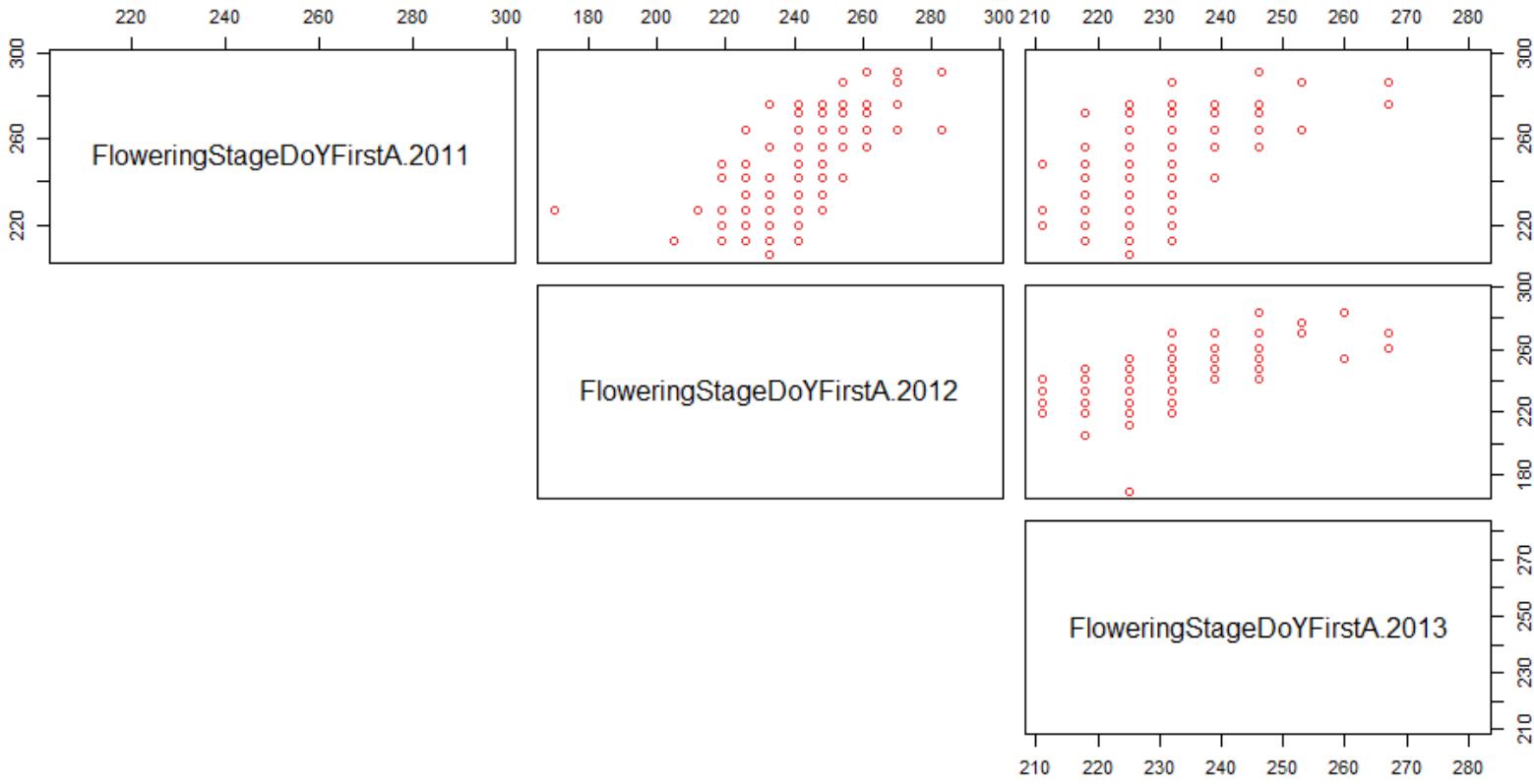
Ffigwr 19: Plot Pâr yr Uchder Canopi Macsimwm

Mae perthynas llinol cryf rhwng pob flwyddyn o fesuriadau uchder canopi macsimwm. Mae hwn unwaith eto yn awgrymu fod y planhigion gyda uchder canopi uchel yn parhau i fod yn y planhigion gydag uchder canopi uchel yn blynnyddoedd dilynnol.



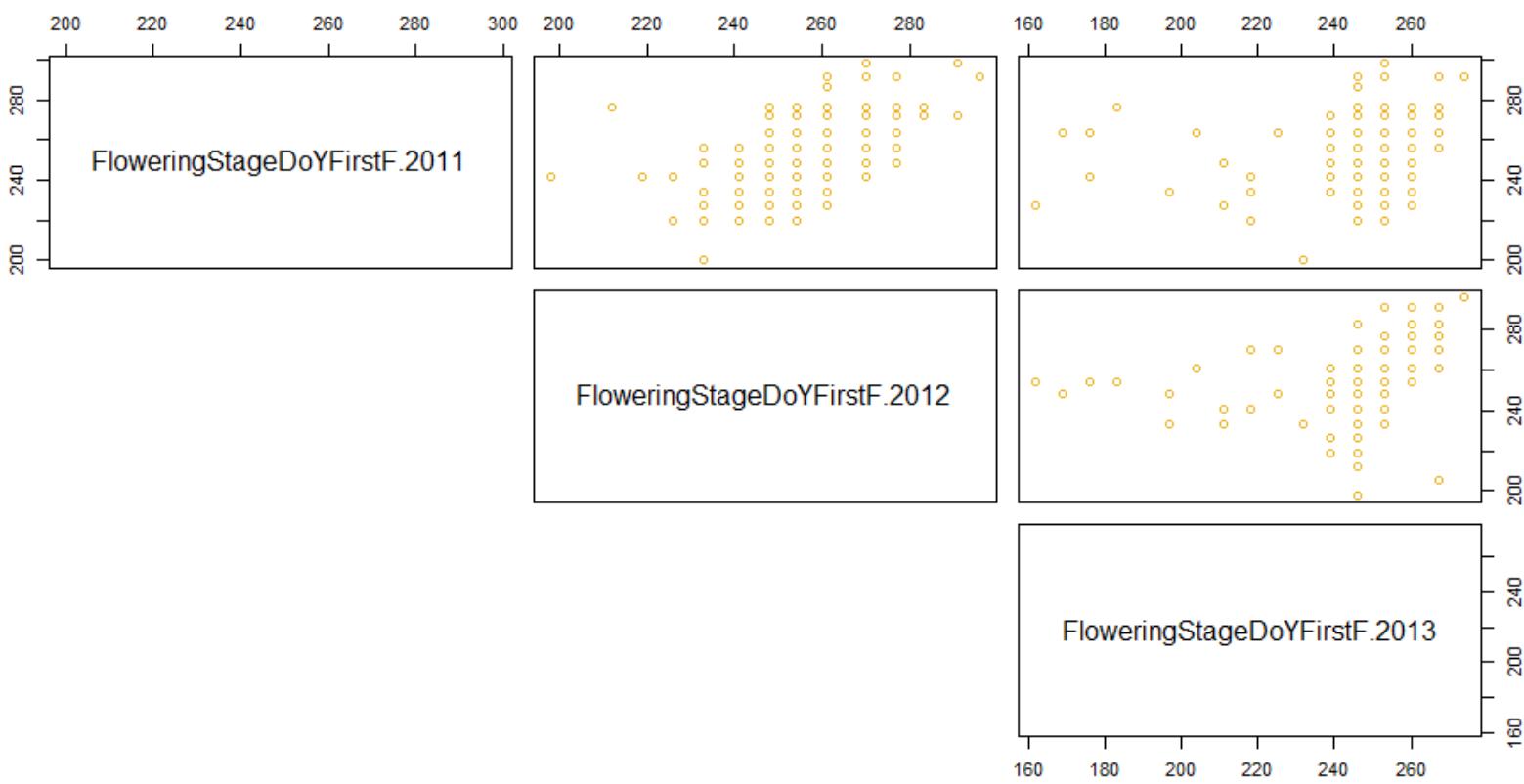
Ffigwr 20: Plot Pâr Diwrnod Uchder Canopi Macsimwm

Nid oes perthynas llinol cryf rhwng y tair blwyddyn sydd yn awgrymu nid yw diwrnod mae'r planhigyn yn cyrraedd yr uchder canopi macsimwm yn dylanwadu ar y diwrnod mewn blynyddoedd dilynnol. Gall hwn fod am sawl rheswm yn cynnwys effeithiau amgylcheddol fel tywydd gwahanol rhwng y blynyddoedd.



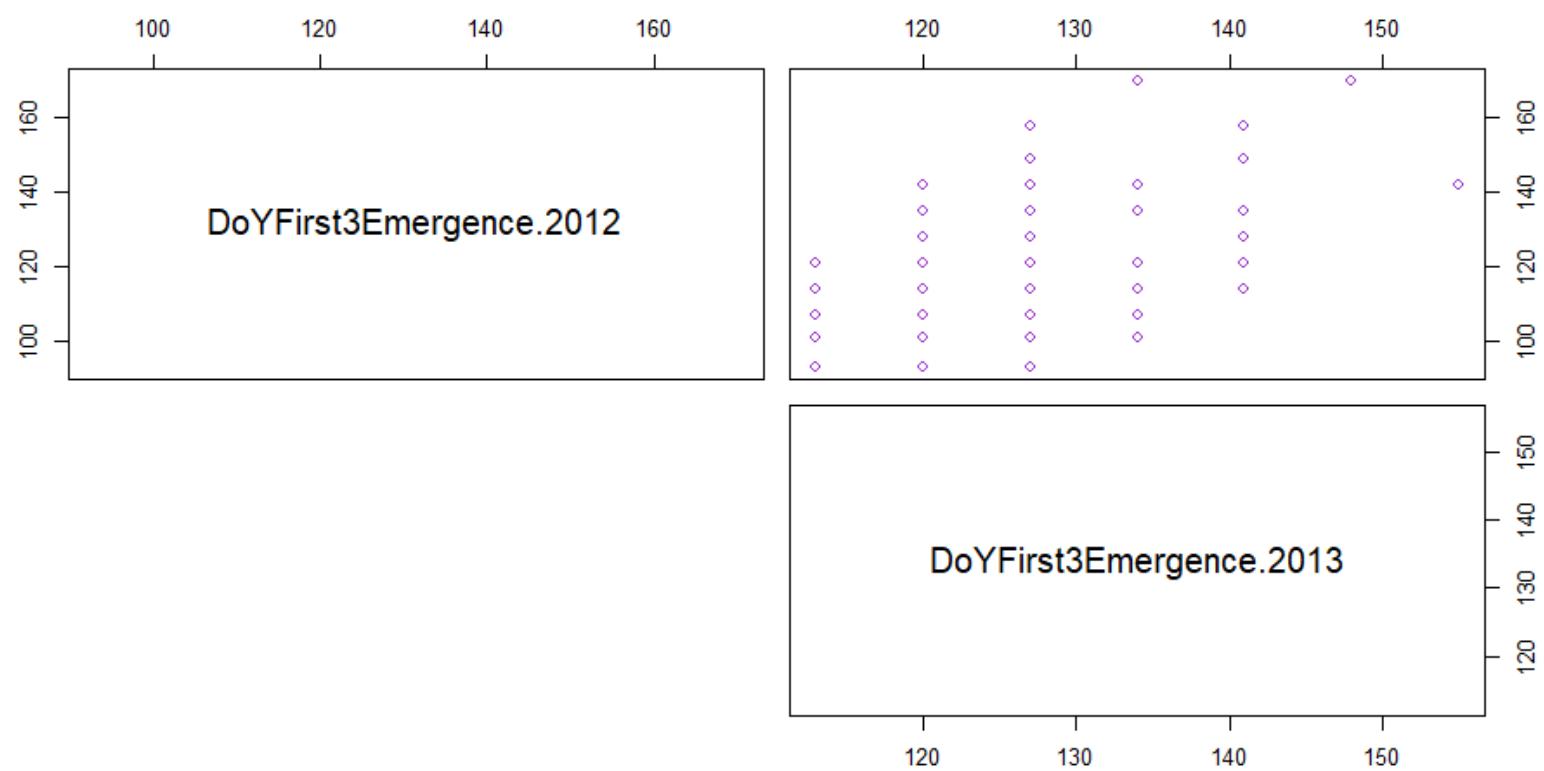
Ffigwr 21: Plot Pâr Cam Blodeuo A

Mae perthnasau llinol cymharol wan rhwng y mesuriadau cam blodeuo A, sef y dangosydd cyntaf o flodeuo yn y planhigyn. Mae hwn yn awgrymu nid yw diwrnod mae planhigyn yn cyrraedd cam A o flodeuo yn dylanwadu ar y diwrnod mae'n cyrraedd y cam yma mewn blynyddoedd dilynnol. Mae gormodedd o ddata ar goll rhwng y blynyddoedd i gyfrifo'r gwerthoedd cydberthynas ar gyfer y newidyn yma.



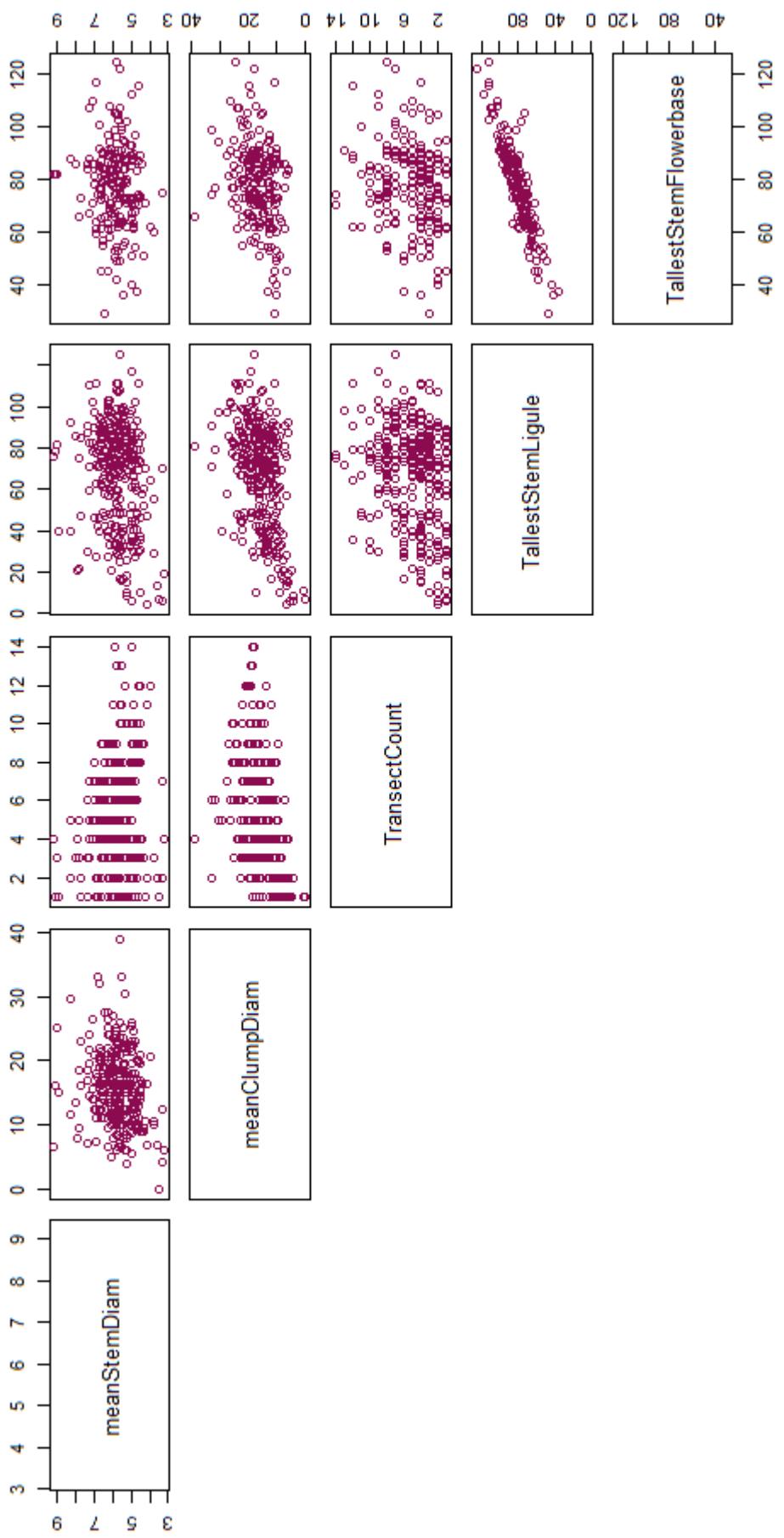
Ffigwr 22: Plot Pâr Cam Blodeuo F

Mae yna berthynas llinol rhwng y tair blwyddyn ond mae'n edrych i fod patrwm ar hap ar y diwrnodau cynharach yn y flwyddyn. Mae yna llai o blanhigion yn cyrraedd cam F nag sydd yn cyrraedd cam A o flodeuo. Mae yna ormodedd o ddata ar goll rhwng y blynnyddoedd i gyfrifo'r gwerthoedd cydberthynas ar gyfer y newidyn yma.



Ffigwr 23: Plot Pâr Diwrnod Ymddangosiad

Mae yna berthynas llinol rhwng y mesuriadau diwrnod ymddangosiad rhwng 2012 a 2013. Fe fydd patrwm gwell i’w weld os oedd yna mwy o ddata ar gael ar gyfer y newidyn yma. Nid oes digon o fesuriadau i baru rhwng y blynnyddoedd i gyfrifo gwerth cydberthynas.

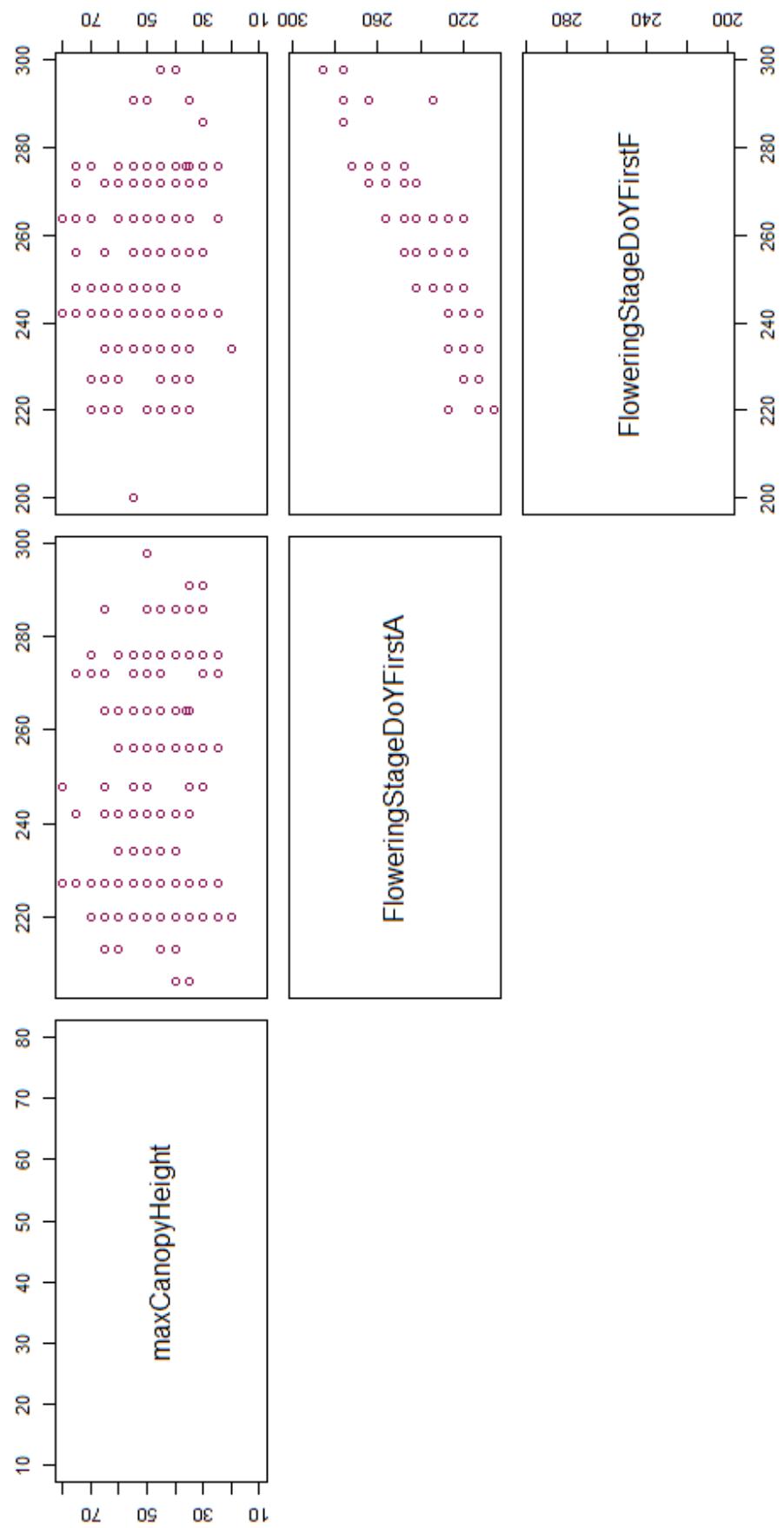


Figwr 24: Plot P r Data Sengl 2011

Gwelwn fod y cydberthynas cryfaf rhwng **tallestStemLigule** a **tallestStemFlowerBase** sydd yn rhesymol gan fod blodau uwchben ligule ar y planhigyn, h.y. mae rhaid i ligule bodoli er mwyn i flodyn bodoli. Mae'r perthynas rhyngddynt mor gryf mae'n rhesymol i dybio ei fod bron a bod yn mesur yr un peth (autocorrelated).

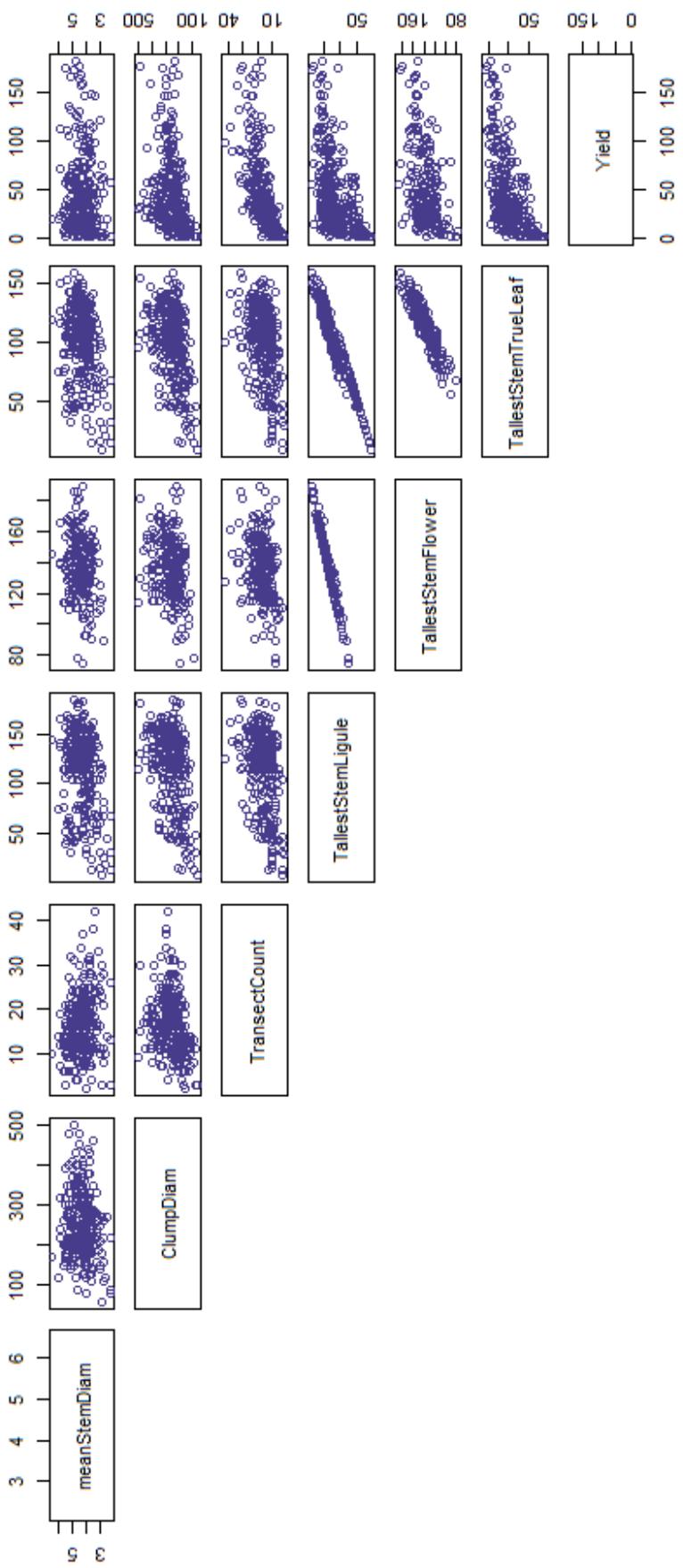
Gwelwn berthynas llinol cynnil yn y plotiau **meanStemDiam** sydd yn awgrymu nid yw'r newidyn yma yn dylanwadu llawer ar y newidynnau arall. Mae yna rhywfath o berthynas llinol rhwng **meanStemDiam** a **meanClumpDiam**.

Mae'n edrych i fod yn berthynas llinol negatif rhwng **meanStemDiam** a **TransectCount** sydd yn rhesymol i dybio fod y mwyaf o goesynnau sydd ar blanhigyn, y lleiaf fydd diamedr pob coesyn unigol.



Ffigwr 25: Plot Pår Data Parhaus 2011

Mae yna berthynas llinol cryf rhwng FloweringStageDoYFirstA ac FloweringStageDoYFirstF sydd yn ddisgwylidig gan fod cam blodeuo F yn dilyn cam blodeuo A. Nid oes perthynas amlwg rhwng maxCanopyHeight a'r ddau gam flodeuo sydd yn awgrymu nid yw uchder y canopi yn dylanwadu ar bryd mae planhigyn yn blodeuo.



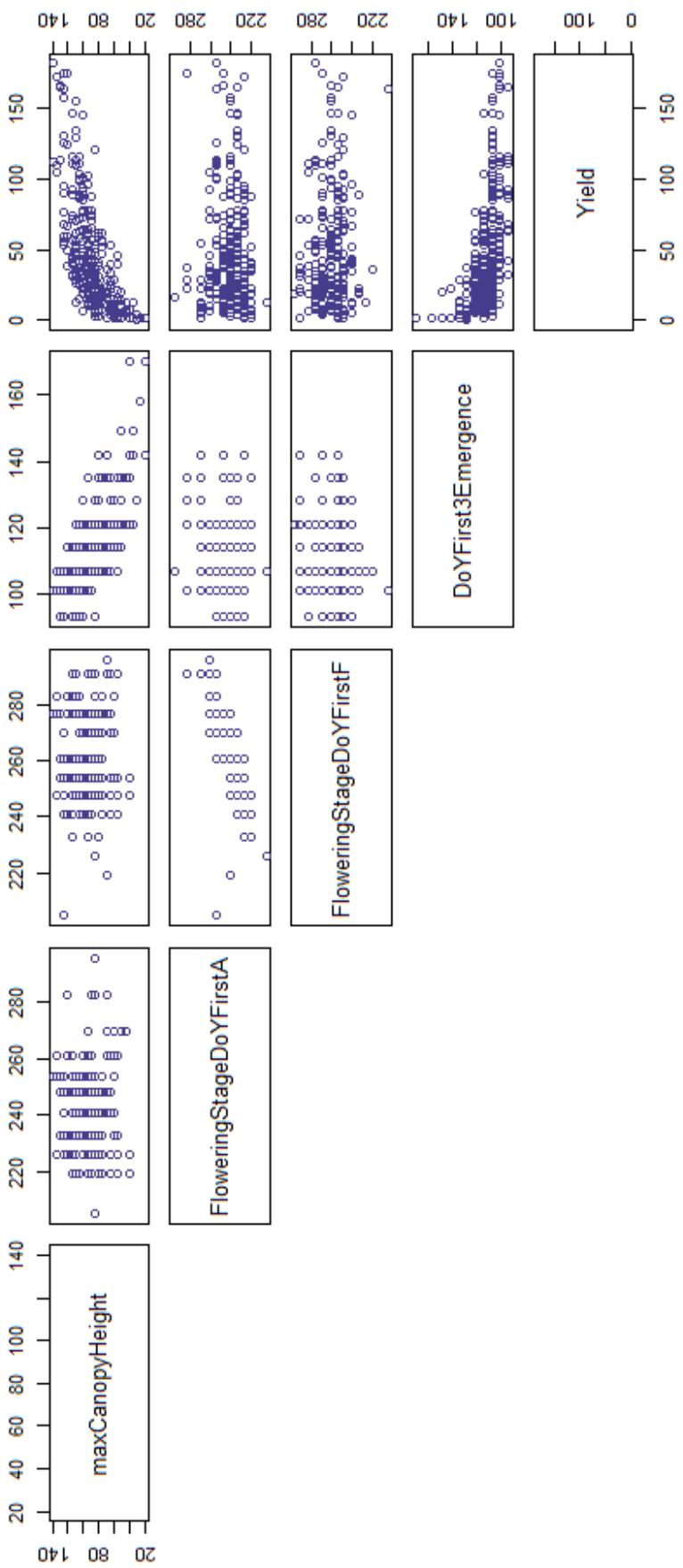
Figgw 26: Plot Pår Data Sengj 2012

Mae yna rhywfath o berthynas llinol i'w weld rhwng pob newidyn. Gwelwn gydberthnasau cryf rhwng y tri newidyn **tallestStemLigule**, **tallestStemFlowerBase** a **tallestStemTrueLeaf**. Mae hwn yn ddisgwylledig gan fod deilen yn dilyn datblygiad o ligule ac mae blodyn yn dilyn datblygiad o ddeilen. Mae pryder fod y tri newidyn yma yn â cydberthynas rhy uchel i ddefnyddio fel newidynnau unigol mewn model llinol.

Mae gyda'r gwerth **Yield** cydberthynas llinol gymharol gryf gyda'r dwysedd trawslun sydd yn ddisgwylledig gan fod os yw'r nifer o goesynnau yn uwch ar y planhigyn, dylai fod mwy o blanhigyn fel pwysau sych ar ddiwedd y cynhaeaf i ddefnyddio fel biodanwydd.

Mae gyda'r **Yield** cydberthynas llinol gyda'r tri newidyn o ligule, deilen a blodyn y coesyn talaf. Mae hwn yn awgrymu fod mwy o bwysau sych yn dod o blanhigion talach, sydd yn rhesymol i dybio.

Mae cydberthynas gwanach rhwng **Yield** a **meanStemDiam** sydd yn awgrymu nid yw'r newidyn yma yn bwysig iawn wrth ystyried cynnrych uchel.

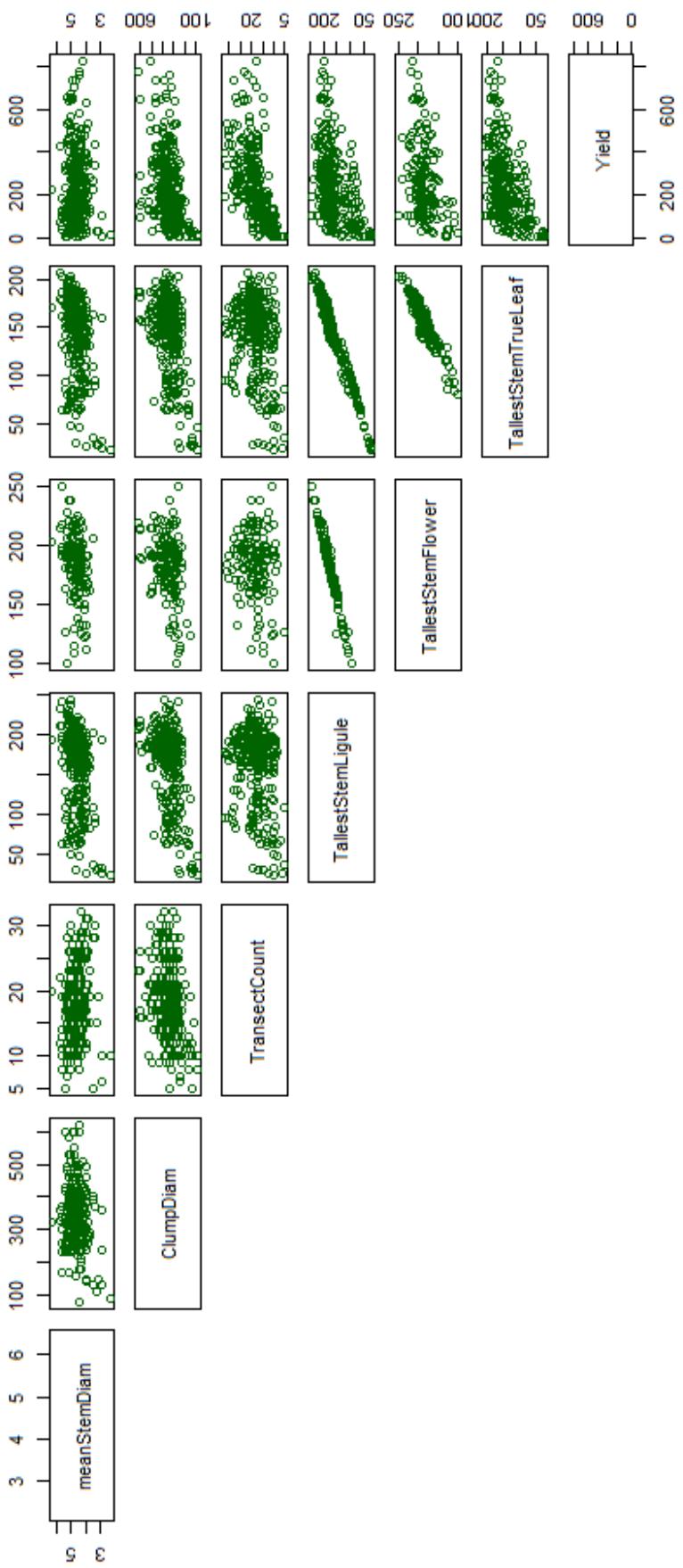


Ffigwr 27: Plot Pâr Data Parhaus 2012

Mae gyda `DoYFirst3Emergence`, sef sgôr ymddangosiad, cydberthynas llinol negatif gyda `Yield`. Mae hwn yn dangos fod ymddangosiad gynnar yn arwain at fwy o gynnyrch. Y gynharach mae planhigyn yn cyrraedd sgôr 3 o ymddangosiad, h.y. 20cm o uchder mae'n deg i dybio fe fydd y planhigyn yn cyrraedd ei uchder macsimwm ac felly yn blodeuo'n cynharach. Mae hwn yn awgrymu fod planhigion sydd yn blodeuo'n gynnar yn cynhyrchu llai o fas biodanwydd wedi ei chynhaeafu sydd yn rhesymol. Ategwyd hyn gan y perthynas llinol negatif rhwng `DoYFirst3Emergence` a `maxCanopyHeight`. Mae'r planhigion sydd yn ymddangos yn gynnar yn debygol o gyrraedd uchder uwch.

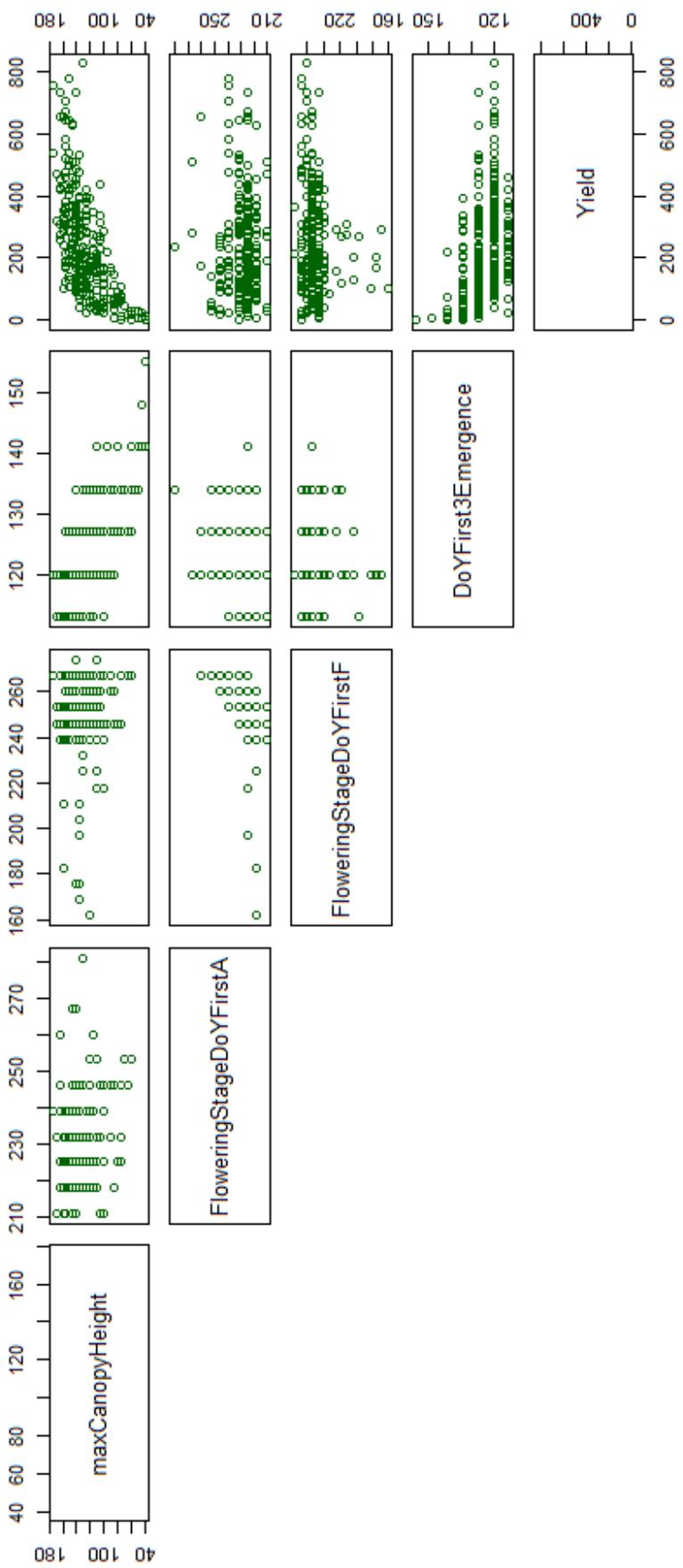
Mae perthynas llinol cryf rhwng `Yield` ac uchder canopi macsimwm, yn awgrymu fod y mwyaf tal yw planhigyn, y mwy o fas biodanwydd sydd yn cael ei chynhyrchu.

Mae cydberthynas cynnil rhwng `Yield` ac y ddau gam blodeuo, `FloweringStageDoYFirstA`, `FloweringStageDoYFirstF` sy'n awgrymu nid ydynt yn newidynnau pwysig i ystyried wrth drafod `Yield`. Mae angen mwy o bwyntiau data yn y newidynnau yma er mwyn dod i gasgliad pendant ar ei dylanwad.



Figgwr 28: Plot Pår Data Sengl 2013

Unwaith eto, mae **Yield** yn dangos rhywfath o berthynas llinol â pob newidyn. Mae'r tri newidyn **Tallest Stem** eto gyda cydberthynas uchel iawn gyda'i gilydd. Mae'r gwerthoedd ar gyfer **mean Stem Diam** yn edrych i fod yn fwy ysbeidiol wrth gymharu â 2012 ac nid oes perthynas llinol glir i'w weld. Mae'r newidynnau ar y gyfan yn rhyngweithio â **Yield** yn debyg i 2012.



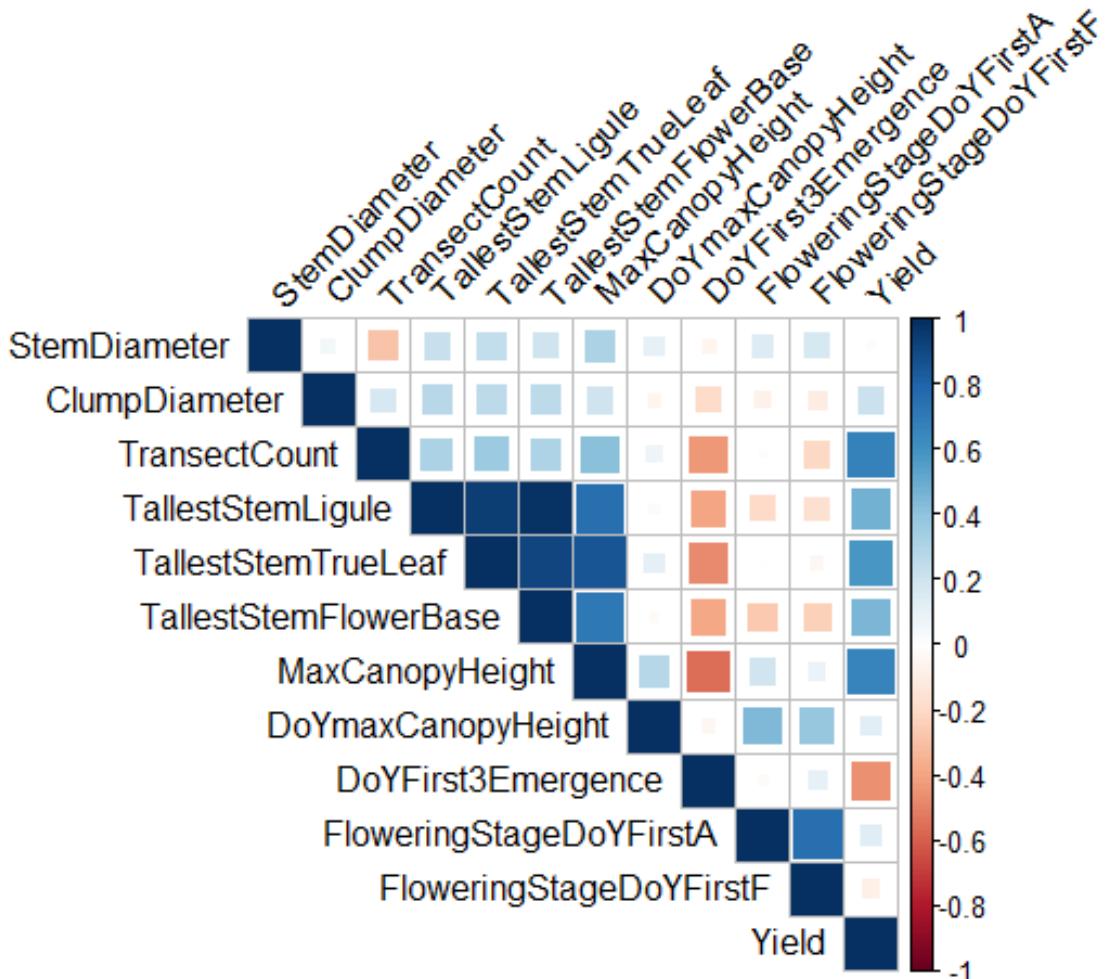
Ffigwr 29: Plot Pâr Data Parhaus 2013

Mae cydberthynas llinol negatif clir rhwng `MaxCanopyHeight` a `DoYFirst3Emergence` sydd yn dangos fod y gynharach mae planhigyn yn cyrraedd sgôr 3 o ymddangosiad, y talaf fydd ei uchder canopi.

Mae'r data ar gyfer `FloweringStageDoYFirst3` yn edrych i fod yn fwy ysbeidiol na 2012 a gyda cydberthynas llai â `Yield`.

Gwelwn cydberthynas negtaif rhwng `Yield` a `DoYFirst3Emergence` sydd yn dangos fod ymddangosiad gynharch yn golygu cynnrych uwch.

3.2 Model Llinol 2012



Ffigwr 30: Plot Cydberthynas 2012

Gwelwn fod perthnasau positif cryf rhwng Yield a sawl newidyn - TransectCount, TallestStemLigule, TallestStemTrueLeaf, TallestStemFlowerBase a MaxCanopyHeight yn awgrymu fod y newidynnau yma fydd yn bwysig wrth ddatblygu model llinol h.y. rhain yw'r newidynnau sydd gyda'r dylanwad mwyaf ar gynnyrch biodanwydd.

Nid oes cydberthynas prin o gwbl rhwng StemDiameter a Yield, (-0.09), sy'n awgrymu nid yw diamedr y coesyn gydag unrhyw dylanwad ar faint o fiodanwydd sy'n cael ei chynhaeafu.

Gan ddefnyddio'r plotiau pâr a'r plot cydberthynas, rhagfynegir bydd y newidynnau gorau ar gyfer rhagfynegi cynyrrch Miscanthus yn MaxCanopyHeight a TransectCount.

Creuwn modeli llinol syml (un newidyn) i weld R^2 ar gyfer pob newidyn. Y model yn yr achos yma fydd -

```
lm(Yield ~ Rhagfynegydd)
```

Rhagfynegydd	R^2
TransectCount	0.4476
MaxCanopyHeight	0.4423
TallestStemTrueLeaf	0.3449
TallestStemLigule	0.2221
DoYFirst3Emergence	0.2074
TallestStemFlowerBase	0.2005
DoYMaxCanopyHeight	0.1131
ClumpDiameter	0.0412
FloweringStageDoYFirstA	0.0122
FloweringStageDoYFirstF	0.0032
StemDiameter	-0.0046

Gwelwn o'r tabl ni gall un o'r modeli llinol syml yma esbonio **Yield** yn llawn h.y. ni gall un newidyn ar ben ei hun rhagfynegi **Yield** ac felly defnyddiwn fodel llinol lluosog er mwyn rhagfynegi **Yield** yn wwell. Wrth edrych ar y rhagfynegydd **StemDiameter**, mae gwerth R^2 negatif yn golygu fod yr atchweliad llinol gan ddefnyddio **StemDiameter** yn unig yn waeth na defnyddio'r gwerth cyfartalog h.y. mae'r model yn ffitio'n gwaeth na defnyddio llinell lorweddol.

Ar ôl trafod â biolegwr, cymerir **MaxCanopyHeight** allan o'r datblygiad model llinol gan ei fod yn nodwedd gyfansawdd h.y. cyfuniad o sawl newidyn ac nid yw'n rhagfynegydd da iawn i ddefnyddio wrth adeiladu model llinol. Fel arfer fe fydd dewis un o'r newidynnau **TallestStemLigule**, **TallestStemFlowerBase** a **TallestStemTrueLeaf** i ddefnyddio yn lle tri yn synhwyrol gan ei fod â gydberthynas uchel gyda'i gilydd. Yn yr achos yma, fe fyddwn yn gadael i StepAIC dewis pa newidynnau i gadw yn y model.

Edrychwn ar fodel llinol sydd yn defnyddio *pob* rhagfynegydd -

```
# A linear model with every explanatory variable
> lm1 <- lm(Yield ~ StemDiameter + TransectCount + TallestStemTrueLeaf +
+ TallestStemLigule + DoYFirst3Emergence + TallestStemFlowerBase +
+ ClumpDiameter + FloweringStageDoYFirstA +
+ FloweringStageDoYFirstF, data=SC.2012.lm.df)

# Printing a summary of lm1
> summary(lm1)

Call:
lm(formula = Yield ~ StemDiameter + TransectCount + TallestStemTrueLeaf +
TallestStemLigule + DoYFirst3Emergence + TallestStemFlowerBase +
ClumpDiameter + FloweringStageDoYFirstA + FloweringStageDoYFirstF,
data = SC.2012.lm.df)

Residuals:
    Min      1Q  Median      3Q     Max 
-45.932 -16.860  -3.114  12.779  91.288 

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)    
(Intercept) -89.36611   65.76021  -1.359  0.17594  
StemDiameter   3.30550   3.43354   0.963  0.33705  
TransectCount   3.30352   0.37114   8.901 7.56e-16 *** 
TallestStemTrueLeaf 1.62948   0.36179   4.504 1.23e-05 *** 
TallestStemLigule -0.63756   0.75565  -0.844  0.39999  
DoYFirst3Emergence -0.10144   0.23703  -0.428  0.66921  
TallestStemFlowerBase -0.26130   0.68431  -0.382  0.70305  
ClumpDiameter    0.02343   0.02547   0.920  0.35899  
FloweringStageDoYFirstA 0.71571   0.30296   2.362  0.01928 *  
FloweringStageDoYFirstF -0.60743   0.23308  -2.606  0.00996 ** 
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 25.18 on 172 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6629, Adjusted R-squared:  0.6452 
F-statistic: 37.58 on 9 and 172 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Gwerth R^2 trwy defnyddio pob newidyn rhagfynegydd yw **0.6629** sydd yn llawer gwell na'r gwerthoedd R^2 a cafwyd trwy defnyddio un rhagfynegydd yn unig. Gwerth R^2 wedi'i addasu yw **0.6452**. Mae cyfernodau y newidynnau yn edrych i fod yn synhwyrol. Mae'r pedwar newidyn negatif yn gysylltiedig â blodeuo ac mae blodeuo cynnar yn golygu llai o gynnyrch biodanwydd.

Wrth edrych ar allbwn y ffwythiant `summary`, gwelwn fod y mwyafrif o'r newidynnau dim yn arwyddocaol wrth edrych ar y rhes `Signif.codes`. Mae hwn yn dangos fod yna gormodedd o newidynnau yn y model sydd ddim wir yn ychwanegu unrhyw gwybodaeth defnyddiol i'r model.

Defnyddiwn StepAIC er mwyn dewis nodweddion mwyaf arwyddocaol y model:

```
# Using StepAIC to find best model
> lm1.aic <- MASS::stepAIC(lm1)

Start:  AIC=1184.03
Yield ~ StemDiameter + TransectCount + TallestStemTrueLeaf +
      TallestStemLigule + DoYFirst3Emergence + TallestStemFlowerBase +
      ClumpDiameter + FloweringStageDoYFirstA + FloweringStageDoYFirstF

              Df Sum of Sq    RSS     AIC
- TallestStemFlowerBase   1       92 109166 1182.2
- DoYFirst3Emergence     1      116 109190 1182.2
- TallestStemLigule       1      451 109525 1182.8
- ClumpDiameter          1      536 109610 1182.9
- StemDiameter           1      588 109661 1183.0
<none>                      109073 1184.0
- FloweringStageDoYFirstA 1      3539 112613 1187.8
- FloweringStageDoYFirstF 1      4307 113380 1189.1
- TallestStemTrueLeaf     1      12864 121937 1202.3
- TransectCount           1      50242 159316 1251.0

Step:  AIC=1182.18
Yield ~ StemDiameter + TransectCount + TallestStemTrueLeaf +
      TallestStemLigule + DoYFirst3Emergence + ClumpDiameter +
      FloweringStageDoYFirstA + FloweringStageDoYFirstF

              Df Sum of Sq    RSS     AIC
- DoYFirst3Emergence     1       134 109300 1180.4
- ClumpDiameter          1       555 109721 1181.1
- StemDiameter           1       562 109728 1181.1
<none>                      109166 1182.2
- FloweringStageDoYFirstA 1      4205 113371 1187.1
- TallestStemLigule       1      4263 113429 1187.2
- FloweringStageDoYFirstF 1      4268 113434 1187.2
- TallestStemTrueLeaf     1      12862 122028 1200.5
- TransectCount           1      50226 159392 1249.1

Step:  AIC=1180.41
Yield ~ StemDiameter + TransectCount + TallestStemTrueLeaf +
      TallestStemLigule + ClumpDiameter + FloweringStageDoYFirstA +
      FloweringStageDoYFirstF

              Df Sum of Sq    RSS     AIC
- ClumpDiameter          1       580 109880 1179.4
- StemDiameter           1       619 109919 1179.4
<none>                      109300 1180.4
- FloweringStageDoYFirstA 1      4188 113488 1185.2
- FloweringStageDoYFirstF 1      4382 113682 1185.6
- TallestStemLigule       1      4628 113928 1186.0
- TallestStemTrueLeaf     1      14568 123867 1201.2
- TransectCount           1      53802 163102 1251.3

Step:  AIC=1179.37
Yield ~ StemDiameter + TransectCount + TallestStemTrueLeaf +
      TallestStemLigule + FloweringStageDoYFirstA + FloweringStageDoYFirstF

              Df Sum of Sq    RSS     AIC
```

```

- StemDiameter          1      678 110558 1178.5
<none>                      109880 1179.4
- FloweringStageDoYFirstA 1      4173 114053 1184.2
- FloweringStageDoYFirstF 1      4455 114335 1184.6
- TallestStemLigule       1      4496 114376 1184.7
- TallestStemTrueLeaf     1      14698 124578 1200.2
- TransectCount           1      55198 165079 1251.5

Step:  AIC=1178.49
Yield ~ TransectCount + TallestStemTrueLeaf + TallestStemLigule +
FloweringStageDoYFirstA + FloweringStageDoYFirstF

              Df Sum of Sq    RSS    AIC
<none>                  110558 1178.5
- TallestStemLigule       1      4347 114905 1183.5
- FloweringStageDoYFirstF 1      4405 114963 1183.6
- FloweringStageDoYFirstA 1      4611 115169 1183.9
- TallestStemTrueLeaf     1      15312 125870 1200.1
- TransectCount           1      58149 168707 1253.4

# Printing summary of lm1.aic
> summary(lm1.aic)

Call:
lm(formula = Yield ~ TransectCount + TallestStemTrueLeaf + TallestStemLigule +
FloweringStageDoYFirstA + FloweringStageDoYFirstF, data = SC.2012.lm.df)

Residuals:
    Min      1Q   Median      3Q      Max
-46.760 -17.265  -3.153  14.155  93.901

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -103.1863   54.6889 -1.887  0.06084 .
TransectCount  3.2386   0.3366  9.621 < 2e-16 ***
TallestStemTrueLeaf 1.7093   0.3462  4.937 1.83e-06 ***
TallestStemLigule -0.8896   0.3382 -2.631  0.00928 **
FloweringStageDoYFirstA 0.7788   0.2874  2.709  0.00741 **
FloweringStageDoYFirstF -0.6125   0.2313 -2.648  0.00883 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

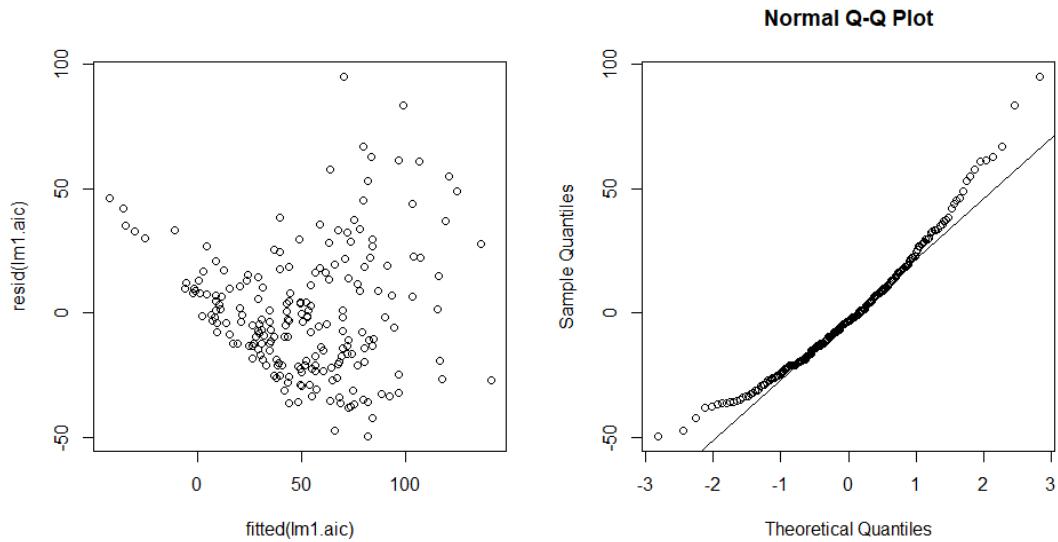
Residual standard error: 25.06 on 176 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6583, Adjusted R-squared:  0.6486
F-statistic: 67.81 on 5 and 176 DF,  p-value: < 2.2e-16

```

Mae gwerth R^2 nawr yn **0.6583** ac R^2 wedi'i addasu yw **0.6486** sydd yn arbennig - nid yw'r gwerth wedi prin newid ond mae'r model wedi lleihau o 9 newidyn rhagfynegol i ond 5. Gwelwn fod y ddau newidyn mwyaf arwyddocaoi yn y model yma yw **TransectCount** a **TallestStemTrueLeaf**.

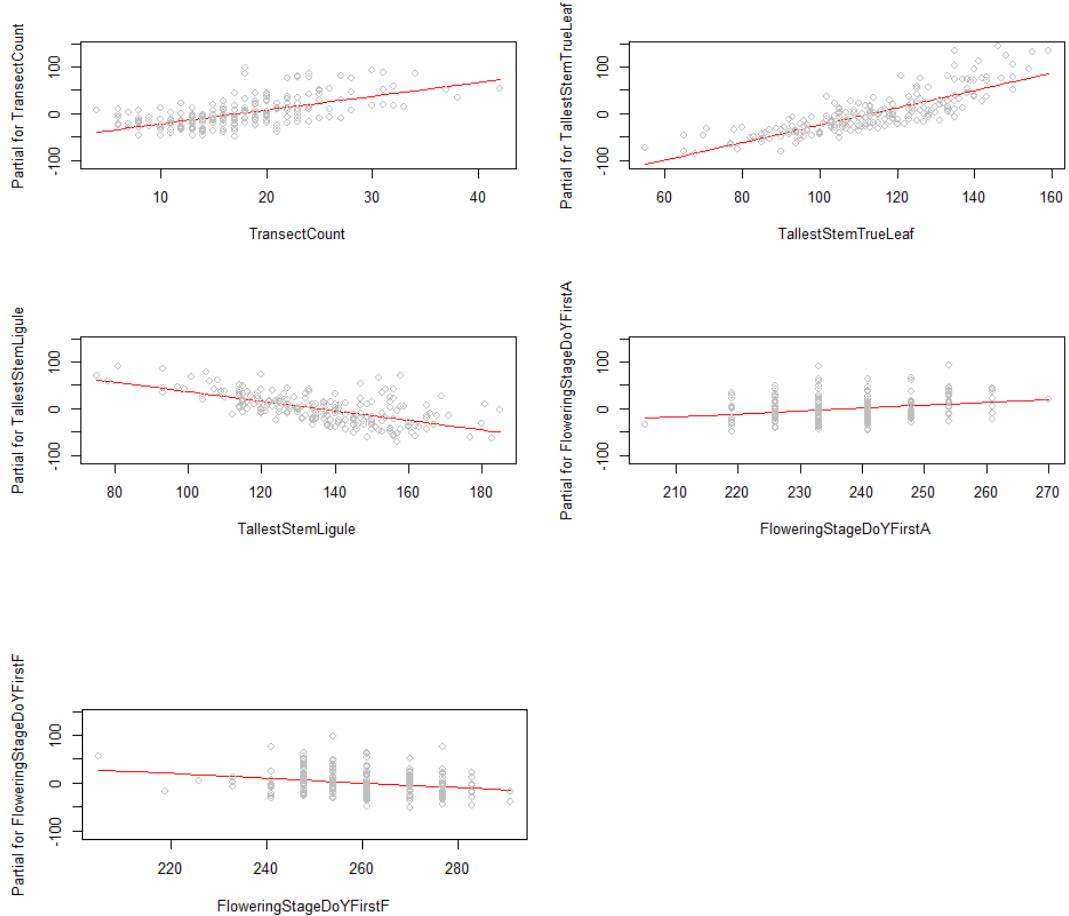
Dylai'r gweddillion wedi'i dosbarthu'n gyfartal o gwmpas y gwerth cyfartalog 0. Y gweddillion yw'r gwahaniaeth rhwng y gwerthoedd ag arsylwyd yn y newidyn ymateb (**Yield** yn yr achos yma) a'r gwerthoedd wnaeth y model rhagfynegi. Gwelwn nid yw'r gweddillion yn yr esiampl yma yn gymesur iawn. Edrychwn ar hyn yn fwy gan defnyddio plotiau diagnostig.

Trwy ddefnyddio'r ffwythiant StepAIC rydym wedi meintoli effaith y newidynnau rhagfynegol ar `Yield` sef pwysau sych Miscanthus amser cynhaeafu. Gallem nawr dod i'r casgliad fod `TransectCount`, `TallestStemTrueLeaf` a `FloweringStageDoYFirstA` yn cael effaith positif sylweddol ar `Yield` ond mae `TallestStemLigule` ac `FloweringStageDoYFirstF` yn cael effaith sylweddol negatif ar `Yield`.



Ffigwr 31: Plotiau Diagnostig lm1.aic

O dan y rhagdybiaeth o linoedd, ni dylai fod unrhyw patrwm yn y graff *Residuals vs Fitted*. Nid oes patrwm amlwg yn y graff yma. Mae'r graff Q-Q yn dangos normalrwydd y model - mae'r pwyntiau yn agos i'r llinell groeslin ac felly casglwyd fod y model yn ddigon normal a digon llinol i'w defnyddio er bod gwelliant yn bosib trwy ymchwil ystadegol pellach i sicrhau fod ragdybiaethau modeli llinol yn wir i'r model yma.



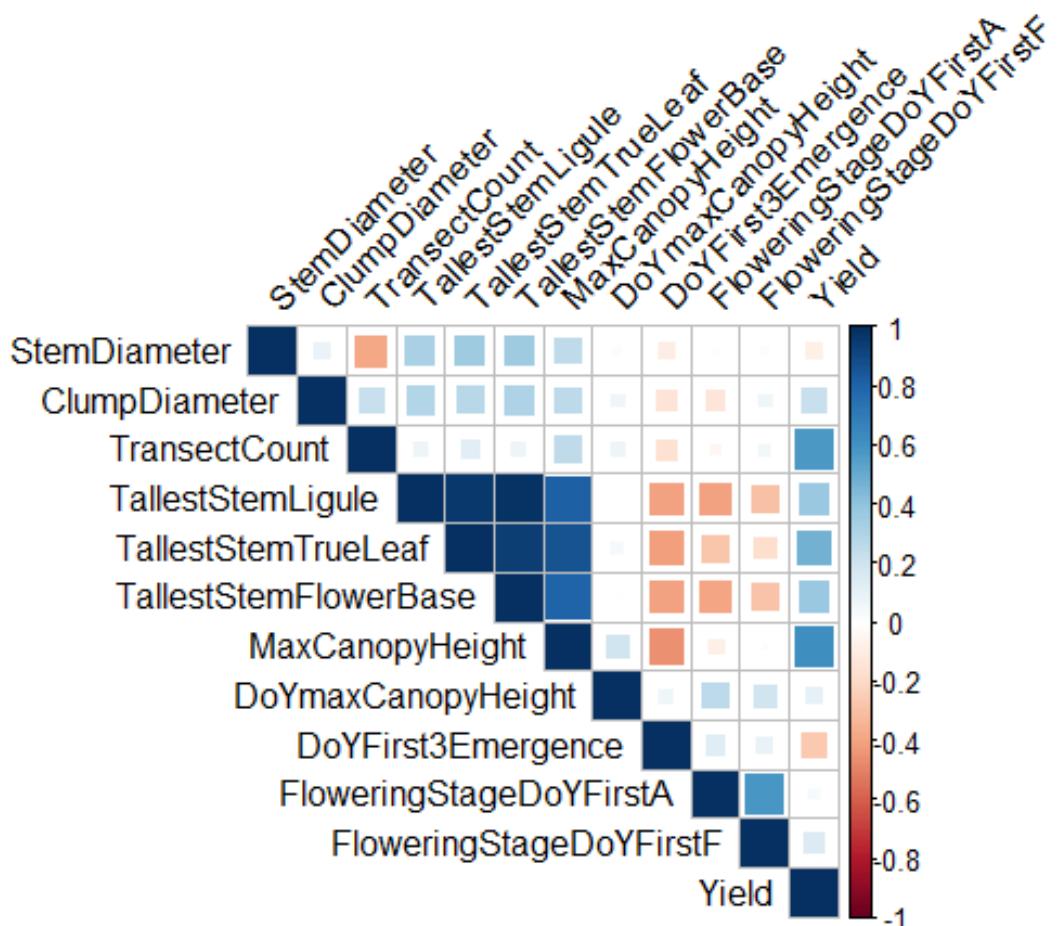
Ffigwr 32: Plot Termau Atchweliad lm1.aic

Gallwn gweld o'r plotiau termau atchweliad cyfraniad pob term tuag at y model llinol. Y mwyaf yw llethr y graff, y mwyaf mae'n cyfrannu tuag at y model. O hyn, gwelwn fod TransectCount, TallestStemTrueLeaf a FloweringStageDoYFirstA gydag effeithiau positif ar y model, a FloweringStageDoYFirstF a TallestStemLigule gydag effaith negatif ar y model. Gwelwn fod data FloweringStageDoYFirstF yn fwy ysbeidiol na'r newidynnau arall.

Casgliad o'r model yma yw fod y pump newidyn yw'r mwyaf bwysig wrth datblygu model i rhagfynegi Yield a dyma'r fformiwlw ar gyfer ei rhagfynegiad -

$$Yield = -92.7537 + 2.9513TransectCount + 1.8650TallestStemTrueLeaf - 1.0239TallestStemLigule + 0.6288FloweringStageDoYFirstA - 0.4990FloweringStageDoYFirstF$$

3.3 Model Llinol 2013



Ffigwr 33: Plot Cydberthynas 2013

Mae'r plot cydberthynas ar gyfer 2013 yn dilyn patrwm tebyg iawn i 2012 sy'n disgwylidig.

Mae'n syndod pa mor amherthnasol yw FloweringStageDoYFirstA i Yield wrth ystyried mae'n un o'r newidynnau a oedd yn fodel llinol terfynol 2012. Ar y cyfan, mae'r newidynnau rhagfynegol yn dilyn patrwm tebyg gyda'r un fath o gydberthynas â Yield.

Yn debyg i ddatblygu model llinol 2012, gwelwn beth yw gwerthoedd R^2 wrth ddefnyddio un rhagfynegydd ar y tro gan ddefnyddio'r model -

`lm(Yield ~ Rhagfynegydd)`

Rhagfynegydd	R^2
MaxCanopyHeight	0.3793
TransectCount	0.3335
TallestStemTrueLeaf	0.2215
TallestStemLigule	0.139
TallestStemFlowerBase	0.1387
DoYFirst3Emergence	0.06892
ClumpDiameter	0.05081
FloweringStageDoYFirstF	0.02456
DoYMaxCanopyHeight	0.01183
StemDiameter	0.007831
FloweringStageDoYFirstA	0.001108

Mae MaxCanopyHeight a TransectCount dal i fod yn y newidynnau rhagfynegol gorau ar gyfer rhagfynegi Yield ar ben ei hun. Mae'n syndod fod FloweringStageDoYFirstA yw'r rhagfynegydd gwaethaf ar ben ei hun gan fod hwn yw'r un o'r newidynnau a oedd yn y model llinol terfynol ar gyfer 2012.

Edrychwn ar y model llinol sydd yn defnyddio *pob* rhagfynegydd -

```
# A linear model with every explanatory variable
> lm1.2013 <- lm(Yield ~ StemDiameter + TransectCount + TallestStemTrueLeaf +
+ TallestStemLigule + DoYFirst3Emergence + TallestStemFlowerBase +
+ ClumpDiameter + FloweringStageDoYFirstA +
+ FloweringStageDoYFirstF, data=SC.2013.lm.df)

# Printing a summary of lm1
> summary(lm1.2013)

Call:
lm(formula = Yield ~ StemDiameter + TransectCount + TallestStemTrueLeaf +
TallestStemLigule + DoYFirst3Emergence + TallestStemFlowerBase +
ClumpDiameter + FloweringStageDoYFirstA + FloweringStageDoYFirstF,
data = SC.2013.lm.df)

Residuals:
    Min      1Q  Median      3Q     Max 
-253.47  -77.79  -16.28   64.81  305.85 

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)    
(Intercept) -729.21292  539.93378 -1.351 0.179660  
StemDiameter -36.24512   27.30621 -1.327 0.187189  
TransectCount 13.67403   2.42406  5.641 1.37e-07 *** 
TallestStemTrueLeaf 8.78314   2.29354  3.830 0.000216 *** 
TallestStemLigule -6.66114   3.35137 -1.988 0.049389 *  
DoYFirst3Emergence -1.04863   2.19048 -0.479 0.633105  
TallestStemFlowerBase 1.57323   2.31440  0.680 0.498112  
ClumpDiameter  0.03217   0.14015  0.230 0.818868  
FloweringStageDoYFirstA 0.57957   1.56348  0.371 0.711590  
FloweringStageDoYFirstF 1.67105   1.35642  1.232 0.220640  
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 117.6 on 108 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5705,  Adjusted R-squared:  0.5347 
F-statistic: 15.94 on 9 and 108 DF,  p-value: 2.55e-16
```

Gwerth R^2 o **0.5705** sydd yn golygu fod 57.05% o'r amrywiaeth y model yn gallu ei esbonio trwy defnyddio pob rhagfynegydd.

Y cam nesaf yw i geisio symleiddio'r model a dewis y nodweddion mwyaf pwysig trwy defnyddio StepAIC -

```
# Using StepAIC to find best model
> lm1.2013.aic <- MASS::stepAIC(lm1.2013)

Start:  AIC=1134.55
Yield ~ StemDiameter + TransectCount + TallestStemTrueLeaf +
TallestStemLigule + DoYFirst3Emergence + TallestStemFlowerBase +
ClumpDiameter + FloweringStageDoYFirstA + FloweringStageDoYFirstF

          Df Sum of Sq      RSS      AIC
```

```

- ClumpDiameter          1      728 1493263 1132.6
- FloweringStageDoYFirstA 1      1899 1494433 1132.7
- DoYFirst3Emergence      1      3167 1495702 1132.8
- TallestStemFlowerBase   1      6386 1498920 1133.0
- FloweringStageDoYFirstF 1      20975 1513509 1134.2
- StemDiameter            1      24349 1516883 1134.5
<none>                   1492534 1134.5
- TallestStemLigule        1      54595 1547129 1136.8
- TallestStemTrueLeaf      1      202669 1695203 1147.6
- TransectCount           1      439751 1932285 1163.0

Step: AIC=1132.6
Yield ~ StemDiameter + TransectCount + TallestStemTrueLeaf +
      TallestStemLigule + DoYFirst3Emergence + TallestStemFlowerBase +
      FloweringStageDoYFirstA + FloweringStageDoYFirstF

      Df Sum of Sq      RSS      AIC
- FloweringStageDoYFirstA 1      1735 1494998 1130.7
- DoYFirst3Emergence       1      3185 1496448 1130.8
- TallestStemFlowerBase    1      6643 1499905 1131.1
- FloweringStageDoYFirstF 1      23760 1517022 1132.5
- StemDiameter             1      23764 1517026 1132.5
<none>                   1493263 1132.6
- TallestStemLigule        1      53903 1547166 1134.8
- TallestStemTrueLeaf      1      203518 1696780 1145.7
- TransectCount            1      475742 1969005 1163.2

Step: AIC=1130.74
Yield ~ StemDiameter + TransectCount + TallestStemTrueLeaf +
      TallestStemLigule + DoYFirst3Emergence + TallestStemFlowerBase +
      FloweringStageDoYFirstF

      Df Sum of Sq      RSS      AIC
- DoYFirst3Emergence       1      3256 1498254 1129.0
- TallestStemFlowerBase    1      6582 1501580 1129.3
- StemDiameter              1      23255 1518253 1130.6
<none>                   1494998 1130.7
- FloweringStageDoYFirstF  1      34551 1529549 1131.4
- TallestStemLigule         1      61267 1556265 1133.5
- TallestStemTrueLeaf       1      234629 1729626 1145.9
- TransectCount             1      474433 1969431 1161.3

Step: AIC=1129
Yield ~ StemDiameter + TransectCount + TallestStemTrueLeaf +
      TallestStemLigule + TallestStemFlowerBase + FloweringStageDoYFirstF

      Df Sum of Sq      RSS      AIC
- TallestStemFlowerBase    1      7198 1505451 1127.6
- StemDiameter              1      23402 1521655 1128.8
<none>                   1498254 1129.0
- FloweringStageDoYFirstF  1      34269 1532523 1129.7
- TallestStemLigule         1      61913 1560167 1131.8
- TallestStemTrueLeaf       1      238713 1736966 1144.4
- TransectCount             1      486658 1984912 1160.2

Step: AIC=1127.56
Yield ~ StemDiameter + TransectCount + TallestStemTrueLeaf +
      TallestStemLigule + FloweringStageDoYFirstF

```

```

          Df Sum of Sq      RSS      AIC
- StemDiameter           1    19295 1524747 1127.1
<none>                      1505451 1127.6
- FloweringStageDoYFirstF 1    37422 1542873 1128.5
- TallestStemLigule        1    88823 1594274 1132.3
- TallestStemTrueLeaf      1    231700 1737152 1142.5
- TransectCount            1    511864 2017315 1160.1

Step:  AIC=1127.07
Yield ~ TransectCount + TallestStemTrueLeaf + TallestStemLigule +
FloweringStageDoYFirstF

          Df Sum of Sq      RSS      AIC
<none>                      1524747 1127.1
- FloweringStageDoYFirstF  1    33749 1558495 1127.7
- TallestStemLigule        1    82725 1607472 1131.3
- TallestStemTrueLeaf      1    214692 1739438 1140.6
- TransectCount            1    788017 2312764 1174.2

```

```

# Printing summary of lm1.aic
> summary(lm1.aic)

Call:
lm(formula = Yield ~ TransectCount + TallestStemTrueLeaf + TallestStemLigule +
FloweringStageDoYFirstF, data = SC.2013.lm.df)

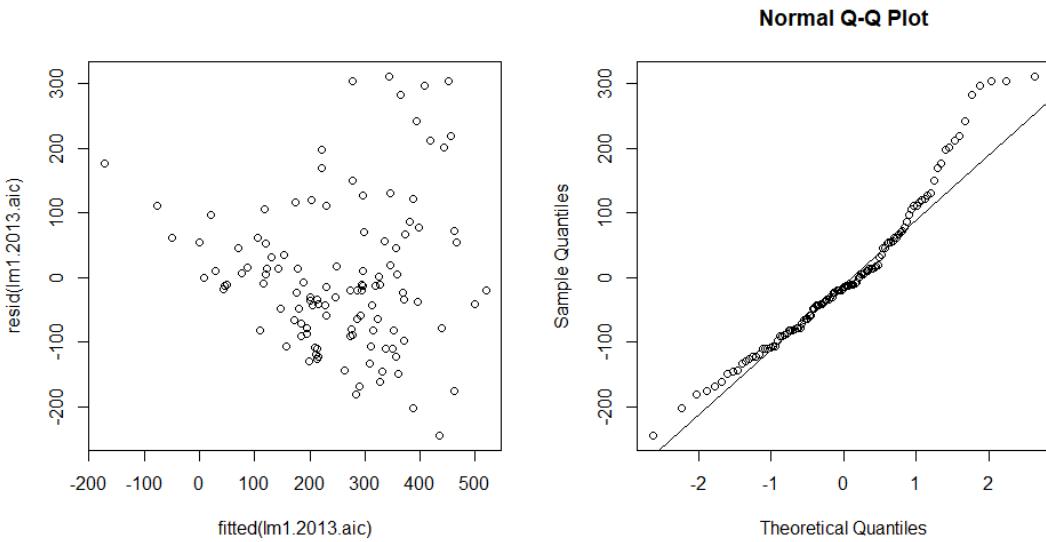
Residuals:
    Min      1Q  Median      3Q      Max 
-244.46 -79.78 -16.11  56.00 311.62 

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)    
(Intercept) -931.448    343.324 -2.713 0.007711 ** 
TransectCount   15.365     2.011  7.642 7.56e-12 *** 
TallestStemTrueLeaf  8.290     2.078  3.989 0.000118 *** 
TallestStemLigule -4.834     1.952 -2.476 0.014767 *  
FloweringStageDoYFirstF  1.888     1.194  1.581 0.116560    
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 116.2 on 113 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5612, Adjusted R-squared:  0.5457 
F-statistic: 36.14 on 4 and 113 DF,  p-value: < 2.2e-16

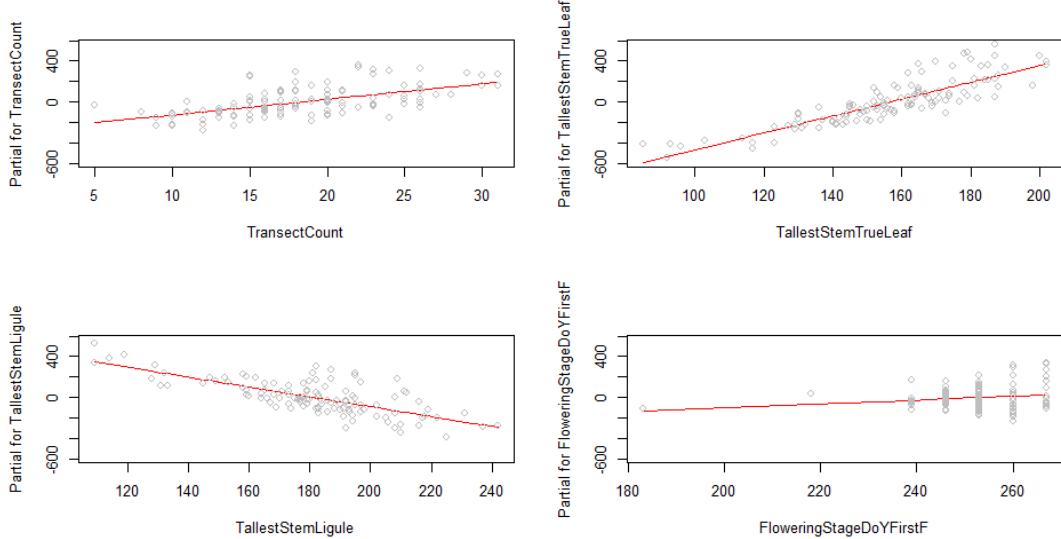
```

Gwerth R^2 ar ôl rhedeg StepAIC ar y model yw **0.5612** a'r R^2 wedi addasu yw **0.5467** sydd eto yn dda iawn wrth ystyried fod y model wedi lleihau o 9 newidyn i 4.



Ffigwr 34: Plotiau Diagnostig lm1.2013.aic

Mae'r plotiau diagnostig yn dangos nid oes llawer o batrwm yn y plot gweddillion yn erbyn y gwerthoedd wedi'i ffitio sydd yn cadarnhau'r rhagdybiaeth o llinoldeb. Mae'r plot Q-Q yn dangos fod y model â dosbarthiad Normal. Gall y plotiau yma ei wella, yn enwedig Normalrwydd ar ochr bell y llinell ffit orau.



Ffigwr 35: Termau Atchweliad lm1.2013.aic

Gallwn gweld o'r plotiau termau atchweliad cyfraniad pob term tuag at y model llinol. Mae TransectCount a TallestStemTrueLeaf a FloweringStageDoYFirstF yn cael effaith positif ar Yield ac mae TallestStemLigule yn cael effaith negatif ar Yield.

Unwaith eto, mae'n edrych fod gwerthoedd FloweringStageDoYFirstF yn fwy ysbeidiol na'r newidynnau arall.

Casgliad o ddatblygu'r model yma yw fod TransectCount, TallestStemTrueLeaf, TallestStemLigule a FloweringStageDoYFirstF yw'r rhagfynegion mwyaf bwysig i'r flwyddyn yma. Fformiwla y model 2013 yw -

$$Yield = -931.448 + 15.365TransectCount + 8.29TallestStemTrueLeaf - 4.834TallestStemLigule + 1.888FloweringStageDoYFirstF$$

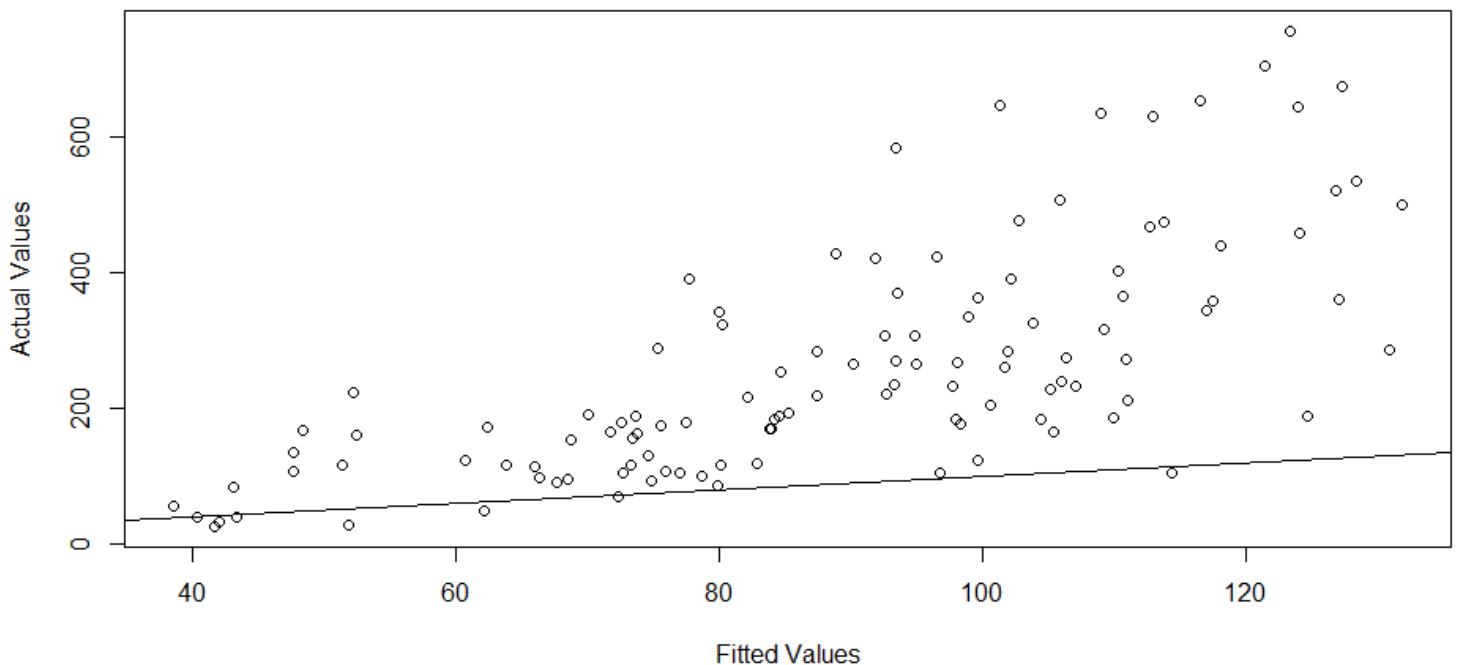
3.4 Model Llinol Terfynol

Defnyddiwn model llinol 2012 er mwyn ceisio rhagfynegi gwerthoedd Yield 2013.

```
# Using lm1.aic to predict 2013 values

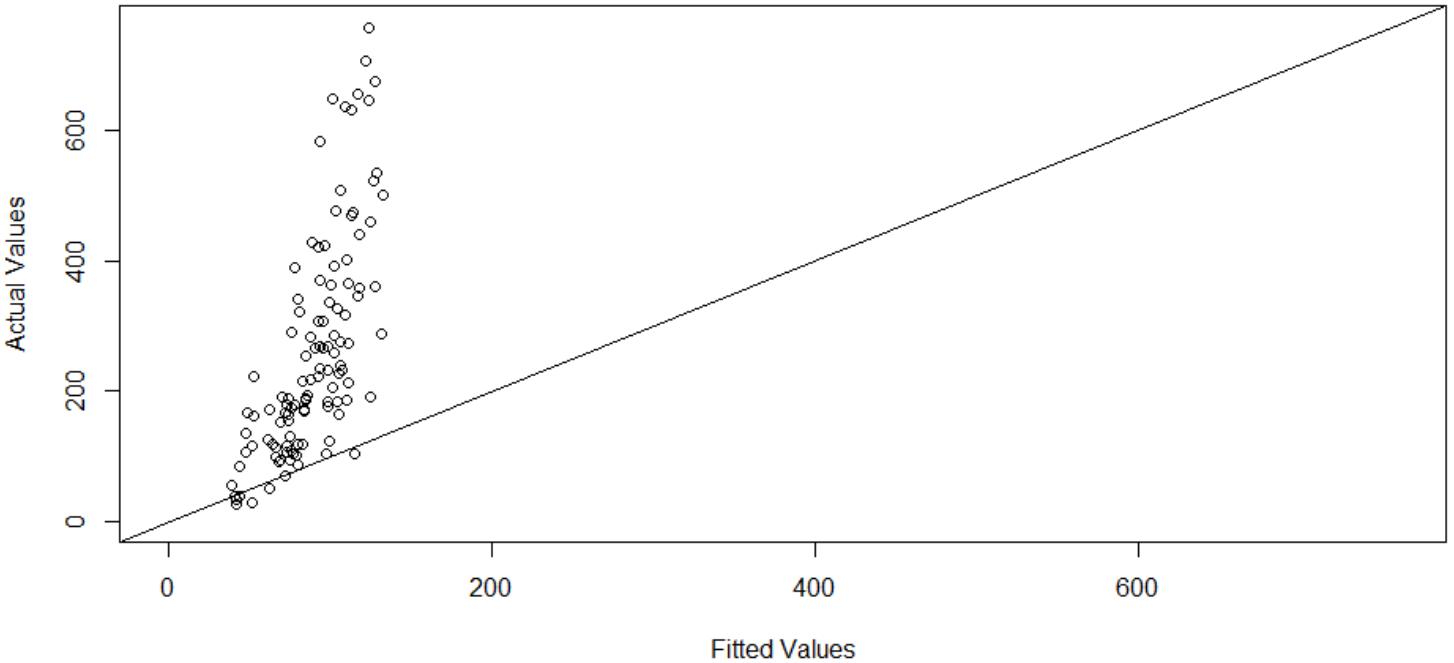
#2013 Yield data
dw.predict.2013 <- predict(lm1.aic, SC.2013.lm.df)

# Plotting the predicted values against the fitted values
plot(dw.predict.2013, SC.2013.lm.df$Yield, xlab="Fitted Values", ylab="Actual
      Values")
abline(a=0, b=1)
```



Ffigwr 36: Gwerthoedd Wir yn erbyn Gwerthoedd wedi Ffitio lm1.aic

Mae'r plot yma yn dangos gwerthoedd gwir o Yield 2013 yn erbyn y gwerthoedd mae'r model 2012 lm1.aic wedi rhagfynegi. Gwelir fod y model yn goramcangyfrif yn rheolaidd. Gwelir hwn yn well ar y plot islaw sydd yr un plot ar echelinnau sydd ar yr un raddfa.



Ffigwr 37: Gwerthoedd Wir yn erbyn Gwerthoedd wedi Ffitio lm1.aic

Ar gyfer rhagfynegiad hollol gywir fe fydd y pwyntiau yn gorwedd yn berffaith ar draws y llinell $x = y$ h.y. $Actual = Fitted$. Mae'n glir nid yw'r model yma yn un perffaith gan fod y mwyafrif o'r pwyntiau yn gorwedd uwchben y llinell. Mae'r pwyntiau yn wasgaredig, yn enwedig tuag at werthoedd uwch. Mae'r model yn goramcangyfrif gwerthoedd dros tua 60 pob tro.

Wrth ystyried y rhagdybiaethau modeli llinol; tynnir `TallestStemTrueLeaf` o'r model i weld os yw'n ei gwella. Dewisir i eithrio'r newidyn yma o'r model gan fod `TallestStemTrueLeaf` a `TallestStemLigule` gyda chydberthynas mor agos, gall hwn torri rhagdybiaeth o *aml-llinelloldeb*. Hefyd tynnir `FloweringStageDoYFirstA` o'r model gan ei fod gyda aml-llinelloldeb uchel â `FloweringStageDoYFirstF`.

```

# Removing FloweringStageDoYFirstF and TallestStemTrueLeaf from model
lm2 <- lm(Yield ~ TransectCount + TallestStemTrueLeaf + TallestStemLigule +
            FloweringStageDoYFirstA, data = SC.2012.lm.df)

> summary(lm2)

Call:
lm(formula = Yield ~ TransectCount + TallestStemTrueLeaf + TallestStemLigule +
    FloweringStageDoYFirstA, data = SC.2012.lm.df)

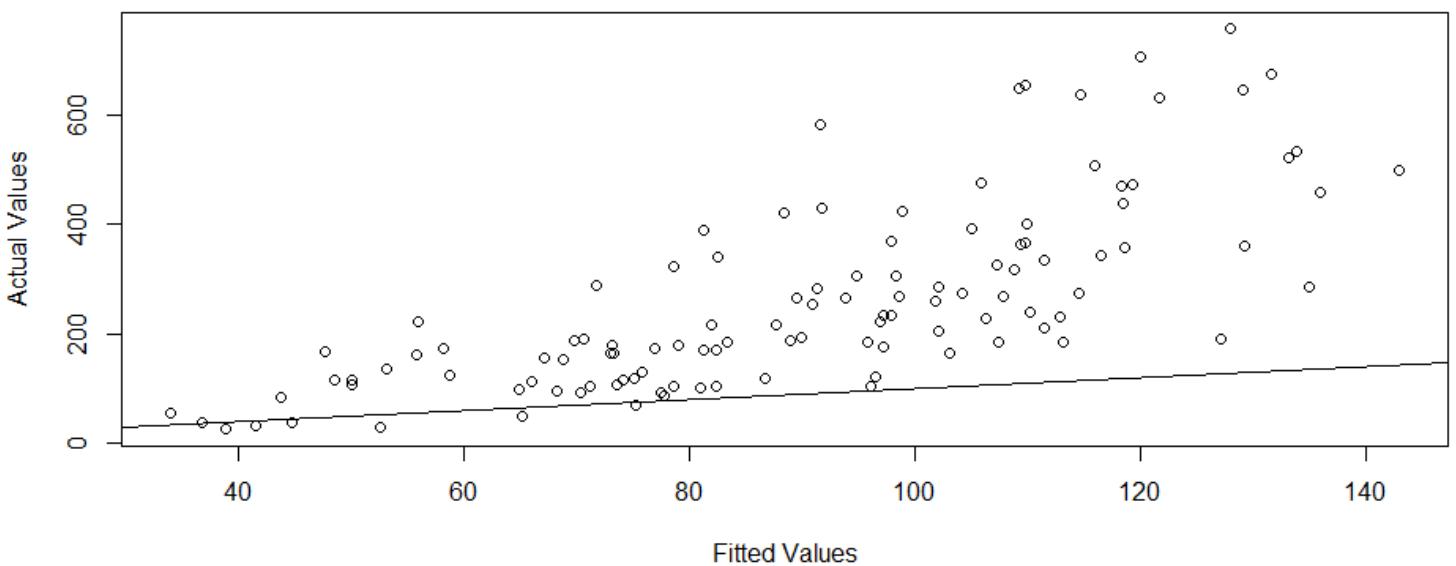
Residuals:
    Min      1Q  Median      3Q     Max 
-51.174 -16.906 -3.512  13.245  94.821 

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)    
(Intercept) -132.9704   54.4211  -2.443  0.01553 *  
TransectCount       3.4243   0.3348  10.229 < 2e-16 *** 
TallestStemTrueLeaf 1.7526   0.3516   4.984 1.47e-06 *** 
TallestStemLigule -0.9283   0.3435  -2.702  0.00756 ** 
FloweringStageDoYFirstA 0.2218   0.1992   1.113  0.26701 
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 

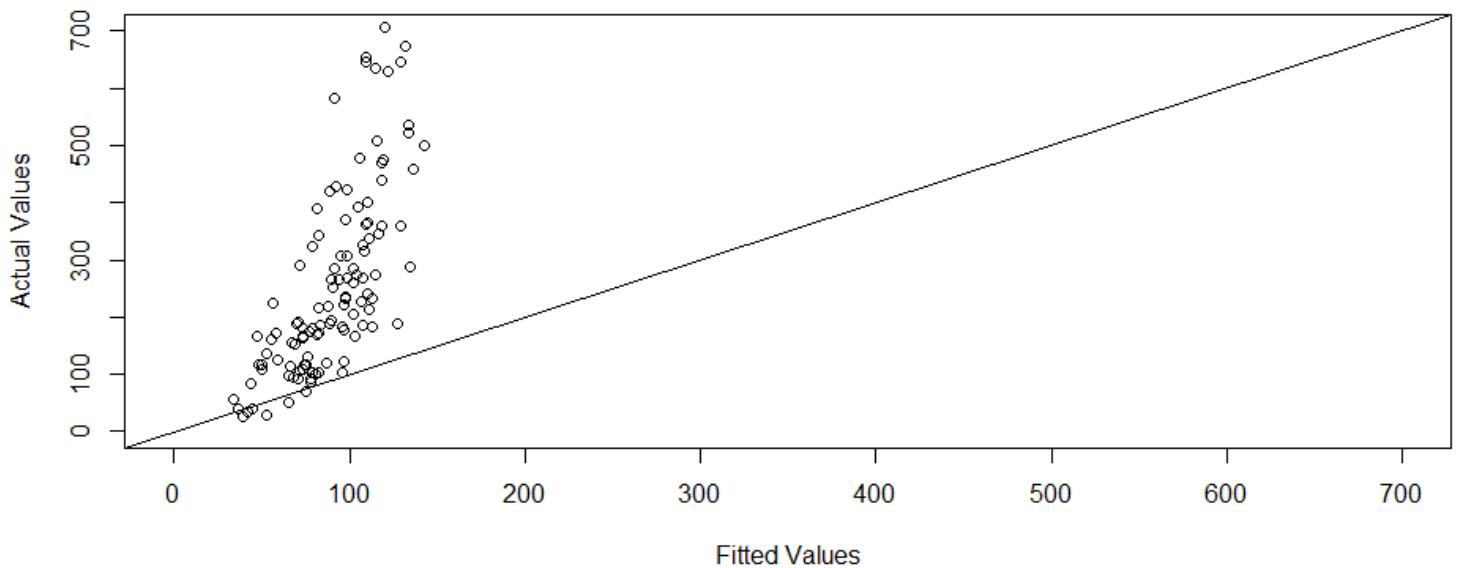
Residual standard error: 25.49 on 177 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6447, Adjusted R-squared:  0.6366 
F-statistic: 80.28 on 4 and 177 DF,  p-value: < 2.2e-16

```

Gwelwn gwerth R^2 o **0.6447** ac R^2 wedi addasu o **0.6366**. Defnyddir y model newydd yma i geisio rhagfynegi gwerthoedd Yield 2013 unwaith eto a phlotio'r gwerthoedd gwir yn erbyn y gwerthoedd rhagfynegol -



Ffigwr 38: Gwerthoedd Wir yn erbyn Gwerthoedd wedi Ffitio lm2



Ffigwr 39: Gwerthoedd Wir yn erbyn Gwerthoedd wedi Ffitio lm2

Gwelwn gwelliant dibwys o ganlyniad i eithrio'r dau newidyn aml-llinelloldeb.

Y casgliad o hwn yw bod hi'n debygol fod dulliau ystadegol mwy soffistigedig ei angen i wella'r model yma. Y budd o'r model yw bod rydym yn gwybod pa newidynnau fydd yn effeithio cynnrych a pha nodweddion i edrych am mewn genoteipiau i ddatblygu ymhellach.

4 Casgliadau

4.1 Canfyddiadau Allweddol

Y canfyddiad allweddol a chodir o'r prosiect yma yw bod rhagfynegi ymddygiad a chynnyrch planhigion Miscanthus yn dasg gymhleth ac anodd gyda nifer fawr iawn o newidynnau posib a ffactorau amgylcheddol i'w ystyried.

Serch hynny, rydym wedi magu mewnwelediad i sut mae nodweddion ffenotypig Miscanthus yn rhyngweithio gyda'i gilydd, gyda chynnyrch amser cynhaeafu a hefyd sut maent yn newid a datblygu'n flynyddol.

Mae cynnyrch yn nodwedd gymhleth iawn ac ni gall unrhyw nodwedd ar ben ei hun esbonio unrhyw mwy na 45% o'r pwysau sych ac oedd yn amrywio o 0.6kg i 182.1kg. Trwy ddefnyddio pob nodwedd mewn model llinol cynyddodd esboniad o'r cynnyrch i 66% ac aros at 66% wrth ddefnyddio model wedi'i symleiddio ar ôl rhedeg ffwythiant StepAIC.

Mae'r faint o gynnyrch biomas mae planhigyn yn cynhyrchu yn gysylltiedig gyda ffenoleg y canopi - hyd y canopi o amser flodeuo i heneiddedd ac wrth ystyried y dail ar y planhigyn. Gwelwn hwn wrth ystyried y nodweddion a dewisir StepAIC i fod yn y nodweddion mwyaf bwysig i rhagfynegi cynnyrch.

Rydym wedi ffeindio fod -

- Dyddiad ymddangosiad yn nodwedd bwysig wrth geisio rhagfynegi cynnyrch genoteip Miscanthus. Os yw genoteip yn ymddangos yn gynnar mae'n fwy tebygol o gyrraedd uchderau uwch a blodeuo'n hwyr ac felly cynhyrchu mwy o bwysau sych amser cynhaeafu. Mae dyddiad ymddangosiad felly yn nodwedd hynod o bwysig i fonitro wrth ddatblygu genoteipiau Miscanthus. Mae dyddiad ymddangosiad yn fwy dibynadwy i ddefnyddio fel nodwedd i gymharu â uchder canopi. Mae uchder canopi yn gyfuniad o sawl nodwedd ac mae'n debygol iawn os yw planhigyn gyda dyddiad ymddangosiad cynnar, fe fydd yn tyfu i uchder canopi uchel hefyd.
- Mae amser blodeuo â ddylanwad mawr ar gynnyrch biodanwydd Miscanthus. Mae blodeuo yn golygu ni fydd y planhigyn yn tyfu'n rhagor ac felly yn ddelfrydol rydym eisiau genoteipiau sydd yn blodeuo'n hwyr.

4.1.1 Genoteipiau I Ddatblygu Ymhellach

O'r canlyniadau rydym yn deall dylai genoteip a fydd yn cynhyrchu Yield uchel fod â'r nodweddion -

- **TransectCount** uchel - mae mwy o goesynnau'r planhigyn yn golygu bydd mwy o fomas amser cynhaeafu.
- **DoYFirst3Emergence** cynnar - mae planhigyn sydd yn ymddangos yn gynnar fel arfer yn cyrraedd uchder canopi uwch sydd yn golygu mwy o fomas amser cynhaeafu.
- **FloweringStageDoYFirstF** hwyr - mae'r genoteip delfrydol yn blodeuo'n hwyrach yn y flwyddyn. Wedi i blanhigyn blodeuo, nid yw'n tyfu'n rhagor felly'r hwyrach mae'n blodeuo, yr uwch fydd y planhigyn yn tyfu.

Edrychwn ar genoteipiau gyda'r 30 gwerth **TransectCount** uchaf, y 30 gwerth isaf am **DoYFirst3Emergence** a'r 30 gwerth uchaf am **FloweringStageDoYFirstF** dros y dau blwyddyn er mwyn dewis y genoteipiau gorau i ddatblygu ymhellach. Mae'r tabl isod yn dangos crynodeb o'r genoteipiau o fewn y grŵp o 60 genoteipiau sydd â mwy nag un o'r nodweddion delfrydol.

Genoteip	Dwysedd Trawslun Uchel	Diwrnod Ymddangosiad Cynnar	Diwrnod Cam Blodeuo F Hwyr
10	✓	✓	
12	✓	✓	
22	✓	✓	
40		✓	✓
41	✓	✓	
50	✓		✓
69	✓	✓	
72	✓	✓	
77	✓	✓	
82	✓	✓	
89	✓		✓
98	✓		✓
102	✓	✓	
110	✓	✓	
116	✓		✓

Yn anffodus nid oedd un genoteip yn meddu'r tair nodwedd ond mae 15 genoteip yn meddu dau ohonynt. Wrth gyfuno popeth yn y prosiect yma, rhain yw'r genoteipiau'r dylir ei ddatblygu ymhellach er mwyn ceisio gwella cynnyrch ac ansawdd y cnwd Miscanthus.

4.2 Ymchwil Bellach

Er mwyn gwella'r prosiect yma, fe fydd hi'n ddefnyddiol i astudio amrediad blynnyddol uwch h.y. astudio pump neu chwe blwyddyn yn lle dau. Gall casgliadau cryfach ei wneud oddi ar fwy o ddata. Mae ond dwy flwyddyn o ddata cynhaefu yn ddigon i adeiladu model syml ond fe fydd rhagfynegion yn well os oedd yna mwy o ddata i ddadansoddi.

Er mwyn ymestyn y prosiect yma, fe fydd hi'n ddefnyddiol i weld sut mae'r planhigion yn ymateb i amodau sychder. Fe fydd sychder yn dod yn broblem fwy cyffredin wrth i newid hinsawdd gwaethygu ac felly mae ymchwil i mewn i enoteipiau a gall wrthsefyll sychder o bwys uchel yn y maes ymchwil yma. Fe fydd defnyddio canlyniadau o brosiect archwilio effaith sychder ar enoteipiau Miscanthus ynghyd â phrosiect yma yn arwain at ganfyddiadau mwy sicr o ba fath o enoteipiau i ddatblygu ymhellach.

Mae'n drueni fod gymaint o ddata ar goll. Ar ôl cael gwared â rhesi a oedd yn cynnwys gwerthoedd *NA* neu werthoedd cwbl ar goll o'r data er mwyn ei defnyddio mewn modeli llinol, ond 118 planhigyn allan o'r 302 dechreuol oedd ar ôl yn y set data. Fe fydd y dadansoddiad ystadegol wedi bod yn well os oedd yna mwy o bwyntiau data i ddefnyddio. Oherwydd natur cymryd mesuriadau ar bethau byw fel planhigion, mae'n annhebygol fydd set data heb ddata ar goll neu anghywir yn bodoli.

4.3 Adolygiad Beirniadol

Ar y cyfan rydw i'n hapus iawn gyda datblygiad y prosiect yma. Er fy mod wedi digalonni nad yw'r model llinol yn rhagfynegi cynnyrch mor dda ag y roeddwn eisiau, rydw i dal yn hapus gyda chynnwys, cyflwyniad a datblygiad y prosiect.

Efallai fe fydd ychwanegu termau rhyngweithiad at y model llinol wedi ei wella ond wrth edrych ar y plotiau diagnostig o'r modeli a creuwyd, mae'n glir fod problem mwy a na fydd termau rhyngweithiad yn ei datrys.

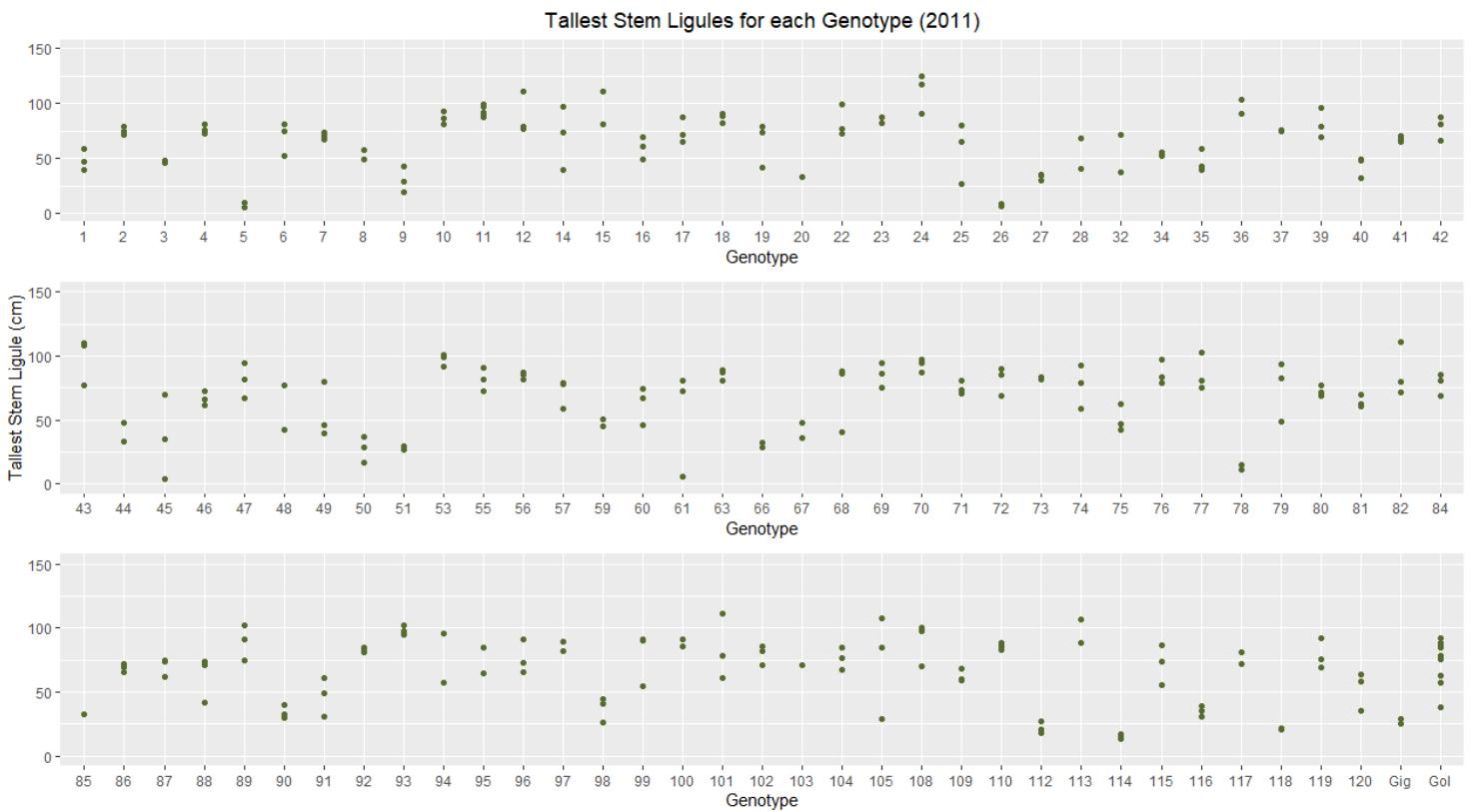
Wrth edrych yn ôl ar linell amser y prosiect yma, fe fyddai'n gwario llai o amser ar blotio graffiau a fwy o amser ar ddadansoddiad ystadegol yn lle. Gwariais lawer o amser yn plotio data 2011 heb sylweddoli ei fod yn y lleiaf pwysig ac yn ddibwys i brif bwrpas y prosiect. Mae'r plotiau gwasgariad tair blwyddyn, plotiau pâr a'r plotiau cydberthynas yn y bôn yn dangos bron a bod yr un wybodaeth. Mae hi dal i fod yn ddefnyddiol i weld yr un data mewn gwahanol ffyrdd er mwyn gweld patrymau a chydberthnasau a ellir ei heb weld mewn plot arall.

Fe fydd y prosiect yn darllen yn well os roedd y dadansoddiad yn cael ei chyflawni mewn cronoleg gwrthdroi h.y. 2013 yn gyntaf gan ei fod yn y flwyddyn fwyaf pwysig wrth ystyried nod y prosiect. Nid oedd data 2011 yn bwysig iawn wrth ystyried rhagfynegi cynnrych y planhigion Miscanthus.

Fe fydd cynnwys plotiau cyfres amser o'r data parhaus wedi fod yn buddiol i'r prosiect. Fe fydd gweld datblygiad y newidynnau parhaus dros amser yn weledol wedi ychwanegu at fy neall o sut mae'r newidynnau yn datblygu.

Ar gyfer y plotiau gwasgariad gyda thair blwyddyn ar yr un echelinnau, gall hwn fod yn gor-symleiddiad o'r data. Mae yna amrywioldeb mawr rhwng planhigion pob genoteip ac felly mae defnyddio cymedr grŵp dim yn y ffurf fwyaf diliys o gymharu genoteipiau. Serch hynny, os nad oedd y genoteipiau wedi'i chymedroli fel hyn, fe fydd y plotiau gwasgariad tair blwyddyn yn anarllenadwy ac yn anodd tynnu gwybodaeth ohono.

Dyma'r fath o amrywiant sydd rhwng genoteipiau -



Fe fydd hi'n anodd iawn i benderfynu pa enoteip yn union yw'r gorau gan fod dim ond 3 clôn o bob genoteip ac mae'r gwahaniaeth yn y mesuriadau o fewn y genoteip yn fawr iawn.

Mae'r datblygiad personol o gyflawni prosiect o'r maint yma wedi bod yn anhygoel. Rydw i nawr yn hyderus a hyfedr wrth ddefnyddio iaith ystadegol *R* ac rwy'n gobeithio mae'n sgil fe fyddai'n parhau i ddefnyddio a datblygu. Mae'r un peth yn wir wrth drafod \LaTeX . Doeddwn i heb ddefnyddio \LaTeX_cyn y prosiect yma ac mae hi wedi bod yn gromlin dysgu serth ond un fuddiol iawn i ddysgu. Mae'n sgil hynod o ddefnyddiol rydw i'n gobeithio fy mod yn parhau i ddatblygu a defnyddio.

Anhawster ychwanegol i'r prosiect yma yw fy newis i ysgrifennu mewn Cymraeg. Mae hwn wedi bod yn anodd, yn enwedig wrth ystyried termau gwyddonol a mathemategol does dim cyfeithiad clir iddynt. Serch hynny, mae wedi bod yn broses buddiol a gwerthfawr i mi. Rydw i nawr yn fwy hyderus ysgrifennu'n Gymraeg nag yr oeddwn pryd gorffenais fy lefelau-A yn ysgol Gymraeg cyn dechrau ym mhrifysgol. Mae hwn yn hyder buddiol ac amhrisiadwy i mi wrth geisio am swyddi ble mae siarad ac ysgrifennu Cymraeg rhugl yn angenrheidiol.

A Y Data Crai

Row	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Row
1	- Mx 1553#114	- Mx 1553#101	- Mx 1553#25	- Mx 1553#1	- Mx 1553#45	- Goliath	- Mx 1553#28	- Mx 1553#79	- Mx 1553#105	- Mx 1553#48	- Mx 1553#120	- Mx 1553#74	1
2	- Mx 1553#12	- Mx 1553#55	- Mx 1553#116	- Mx 1553#3	- Mx 1553#43	- Mx 1553#36	- Mx 1553#6	- Mx 1553#110	- Mx 1553#77	- Mx 1553#4	- Goliath	- Goliath	2
3	- Mx 1553#47	- Mx 1553#115	- Mx 1553#66	- Goliath	- Mx 1553#23	- Mx 1553#37	- Mx 1553#71	- Mx 1553#109	- Mx 1553#89	- Mx 1553#73	- Mx 1553#7	- Mx 1553#2	3
4	- Mx 1553#24	- Mx 1553#75	- Mx 1553#61	- Mx 1553#32	- Mx 1553#15	- Mx 1553#90	- Mx 1553#86	- Mx 1553#80	- Mx 1553#5	- Mx 1553#20	- Mx 1553#103	- Mx 1553#10	4
5	- Mx 1553#17	- Mx 1553#97	- Mx 1553#57	- Mx 1553#67	- Mx 1553#88	- Mx 1553#51	- Mx 1553#94	- Mx 1553#8	- Mx 1553#22	- Mx 1553#92	- Mx 1553#84	- Mx 1553#60	5
6	- Mx 1553#102	- Mx 1553#112	- Mx 1553#117	- Mx 1553#95	- Mx 1553#118	- Mx 1553#78	- Mx 1553#39	- Mx 1553#98	- Mx 1553#119	- Mx 1553#59	- Mx 1553#104	- Mx 1553#82	6
7	- Mx 1553#76	- Mx 1553#113	- Mx 1553#85	- Mx 1553#42	- Mx 1553#40	- Mx 1553#68	- Mx 1553#14	- Mx 1553#69	- Mx 1553#16	- Mx 1553#81	- Mx 1553#26	- Mx 1553#44	7
8	- Mx 1553#27	- Mx 1553#108	- Mx 1553#19	- Mx 1553#34	- Mx 1553#70	- Mx 1553#53	- Mx 1553#41	- Mx 1553#93	- Mx 1553#18	- Mx 1553#72	- Mx 1553#99	- Mx 1553#91	8
9	- Mx 1553#50	- Mx 1553#11	- Mx 1553#100	- Mx 1553#35	- Mx 1553#46	- Mx 1553#63	- Mx 1553#9	- Mx 1553#43	- Goliath	- Mx 1553#56	- Mx 1553#87	- Mx 1553#96	9

Block 1

Ffigwr 40: Bloc 1 Cynllun Plannu

Dyma bloc 1 o'r cynllun maes y planhigion croesryw *Misanthus*. Plannir 3 bloc 9x12 sef 324 planhigyn yn gyfan gwbl. Y planhigion ag amlygwyd yw'r planhigion bu farw. Gweler fod dosbarthiad ar hap i'r planhigion.

BLOCK	ROW	COLUMN	UID	Mx Number	Block	Stem	Stem	Stem	Plant Angle	Clump	Transect	Tallest Stem	Flowering Intensity			Senesced	
						Diameter	Diameter	Diameter	inside			Diameter mm	Count	Ligule	True leaf	Flower	
						Date	Date	Date	Date			Date	Date	Date	Date	Date	
1	1	1	27801	- Mx 1553#114	1	310	310	310	366+32	366+32	318	303	332	332	332	332	332
1	1	2	27810	- Mx 1553#101	1	3.1	2.6	2	0	10	120	10	20	20	0		y
1	1	3	27819	- Mx 1553#25	1	3.2	4.1	5.1	0	5	240	28	131	119	131	y	
1	1	4	27827	- Mx 1553#1	1	4.4	4.5	4.8	0	5	400	12	132	112	132		y y
1	1	5	27835	- Mx 1553#45	1	4.5	3.6	3	0	5	240	18	88	88	0		y y
1	1	6	aBR 15 fs B1-R1 C6	- Goliath	1	3.7	3	2.4	0	10	210	16	104	79	109		y y
1	1	7	27852	- Mx 1553#28	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	8	27861	- Mx 1553#79	1	3.3	2.6	3	0	10	150	16	114	98	114		y
1	1	9	27870	- Mx 1553#105	1	4.3	4.1	4.7	0	35	330	7	137	105	140		y y
1	1	10	27878	- Mx 1553#48	1	4	3.5	4.7	0	10	180	16	156	125	156		y y
1	1	11	27887	- Mx 1553#120	1	4.8	5.5	2.3	0	20	220	23	115	109	115	y	
1	1	12	27895	- Mx 1553#74	1	4.1	3.5	3.8	0	15	230	31	114	95	114	y	y
1	2	12	aBR 15 fs B1-R2 C12	- Goliath	1	3.7	3.4	3.5	0	15	460	17	147	124	147		y y
1	2	11	aBR 15 fs B1-R2 C11	- Goliath	1	8.2	8.2	7.2	0	20	260	9	159	127	167		y y
1	2	10	27879	- Mx 1553#4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2	9	27871	- Mx 1553#77	1	4.9	3.7	4.4	0	15	340	25	115	105	115		y y
1	2	8	27862	- Mx 1553#110	1	5.1	4.9	3.5	0	10	250	24	155	142	155		y y
						5.44	5.1	4.5	0	15	300	26	157	133	157		y y

Ffigwr 41: Ciplun Data Sengl 2012

Nodyn: Nid yw pob rhes yn cael ei dangos yma.

Gweler fod cynllun cymharol aneglur a gor-gymhleth gyda'r data.

SHOOT COUNTS 2012 ABR15FS												EMERGENCE 2012 ABR15FS					
BLOCK	ROW	COLUMN	UID	Mx Number	Block	Date	Date	Date	Date	Date	Date	Date	Date	Date	Date	Date	Date
						72	79	79	86	93	101	107	114	121	128	135	
1	1	1	27801	- Mx 1553#114	1	0	3		0	1	2	2	2	2	3	3	
1	1	2	27810	- Mx 1553#101	1	1	6		1	2	3	3	3				
1	1	3	27819	- Mx 1553#25	1	0	4		1	2	2	3	3	3	3		
1	1	4	27827	- Mx 1553#1	1	13	14	2	2	2	2	3	3	3			
1	1	5	27835	- Mx 1553#45	1	5	10		1	1	2	2	3	3	3		
1	1	6	aBR 15 fs B1-R1 C6	- Goliath	1	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
1	1	7	27852	- Mx 1553#28	1	2	3	3	1	2	2	3	3	3	3		
1	1	8	27861	- Mx 1553#79	1	0	0		1	1	2	2	2	3	3		
1	1	9	27870	- Mx 1553#105	1	0	0		1	1	1	2	2	3			
1	1	10	27878	- Mx 1553#48	1	0	9	3	1	2	2	3	3	3	3	3	
1	1	11	27887	- Mx 1553#120	1	20	27	2	1	2	2	2	2	3	3		
1	1	12	27895	- Mx 1553#74	1	0	4	2	1	1	1	2	2	3	3		
1	2	12	aBR 15 fs B1-R2 C12	- Goliath	1	6	7		2	3	3	3	3				
1	2	11	aBR 15 fs B1-R2 C11	- Goliath	1	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
1	2	10	27879	- Mx 1553#4	1	8	12	5	2	2	2	3	3				
1	2	9	27871	- Mx 1553#77	1	9	22	2	2	2	2	3	3				
1	2	8	27862	- Mx 1553#110	1	19 inc 2 new	26	3	2	2	2	2	3	3			
1	2	7	27853	- Mx 1553#6	1	15	25	10	2	2	2	3	3	3			
1	2	6	27844	- Mx 1553#36	1	7	13	9	2	2	2	3	3				
1	2	5	27836	- Mx 1553#43	1	1	8	1	1	2	2	2	3	3			
1	2	4	27828	- Mx 1553#3	1	18	24	4	2	2	2	3	3	3	3		

Ffigwr 42: Ciplun Data Parhaus 2012

Nodyn: Nid yw pob rhes neu colofn yn cael ei dangos yma.

Gweler eto fod cynllun gor-gymhleth gyda'r data ynghyd â data ar goll.

No.	Batch	UID	Trial	Mx#	Rep	Row	Col	Live	FW wt	FS wt	DS wt	MC%	DW%	Whole DW
1	B24	27801	ABR 15 FS	Mx 1553#114	Block 1	R1	C1	1	4.0	3.0	3.0	0.0	100.0	4.0
2	B24	27810	ABR 15 FS	Mx 1553#101	Block 1	R1	C2	1	97.0	86.0	64.0	25.6	74.4	72.2
3	B24	27819	ABR 15 FS	Mx 1553#25	Block 1	R1	C3	1	25.0	21.0	16.0	23.8	76.2	19.0
4	B24	27827	ABR 15 FS	Mx 1553#1	Block 1	R1	C4	1	62.0	58.0	39.0	32.8	67.2	41.7
5	B24	27835	ABR 15 FS	Mx 1553#45	Block 1	R1	C5	1	9.0	9.0	5.0	44.4	55.6	5.0
6	B24	61696	ABR 15 FS	Goliath	Block 1	R1	C6	0	0.0	0.0	0.0			
7	B24	27852	ABR 15 FS	Mx 1553#28	Block 1	R1	C7	1	23.0	21.0	18.0	14.3	85.7	19.7
8	B24	27861	ABR 15 FS	Mx 1553#79	Block 1	R1	C8	1	26.0	21.0	10.0	52.4	47.6	12.4
9	B24	27870	ABR 15 FS	Mx 1553#105	Block 1	R1	C9	1	9.0	8.0	7.0	12.5	87.5	7.9
10	B24	27878	ABR 15 FS	Mx 1553#48	Block 1	R1	C10	1	101.0	89.0	63.0	29.2	70.8	71.5
11	B24	27887	ABR 15 FS	Mx 1553#120	Block 1	R1	C11	1	80.0	70.0	49.0	30.0	70.0	56.0
12	B24	27895	ABR 15 FS	Mx 1553#74	Block 1	R1	C12	1	57.0	50.0	41.0	18.0	82.0	46.7
13	B24	61697	ABR 15 FS	Goliath	Block 1	R2	C12	1	57.3	52.8	36.3	31.3	68.8	39.4
14	B24	61698	ABR 15 FS	Goliath	Block 1	R2	C11	0	0.0	0.0	0.0			
15	B24	27879	ABR 15 FS	Mx 1553#4	Block 1	R2	C10	1	153.0	131.0	95.0	27.5	72.5	111.0
16	B24	27871	ABR 15 FS	Mx 1553#77	Block 1	R2	C9	1	161.0	106.0	85.0	19.8	80.2	129.1
17	B24	27862	ABR 15 FS	Mx 1553#110	Block 1	R2	C8	1	73.0	68.0	52.0	23.5	76.5	55.8
18	B24	27853	ABR 15 FS	Mx 1553#6	Block 1	R2	C7	1	59.0	53.0	42.0	20.8	79.2	46.8
19	B24	27844	ABR 15 FS	Mx 1553#36	Block 1	R2	C6	1	138.0	109.0	83.0	23.9	76.1	105.1
20	B24	27836	ABR 15 FS	Mx 1553#43	Block 1	R2	C5	1	24.0	23.0	18.0	21.7	78.3	18.8
21	B24	27828	ABR 15 FS	Mx 1553#3	Block 1	R2	C4	1	93.0	88.0	58.0	34.1	65.9	61.3
22	B24	27820	ABR 15 FS	Mx 1553#116	Block 1	R2	C3	1	68.0	59.0	46.0	22.0	78.0	53.0
23	B24	27811	ABR 15 FS	Mx 1553#55	Block 1	R2	C2	1	6.0	6.0	6.0	0.0	100.0	6.0

Ffigwr 43: Ciplun Data Cynhaeaf 2012

Nodyn: Nid yw pob rhes yn cael ei dangos yma.

Gweler fod y data cynhaeaf yn cydfynd â'r data parhaus a sengl, gallwn paru pob planhigyn i'w gwerth cynhaeaf trwy defnyddio'r colofn UID. Y colofn rydym yn defnyddio fel gwerth **Yield** yw'r colofn WholeDW sef pwysau sych y planhigyn ar amser cynheafu,

B Y Data Wedi'i Baratoi

BLOCK	ROW	COLUMN	UID	Mx.Number	Genotype	StemDiam1	StemDiam2	StemDiam3	meanStemDiam	sdStemDiam	AngleInside	AngleOutside	ClumpDiam	TransectCount	TallestStemLigule	TallestStemTrueLeaf	
1	1	4	27827	- Mx 1553#1	1	4.5	3.6	3	3.7	0.8	0	5	240	18	88	88	N
2	7	6	27954	- Mx 1553#1	1	7.3	5.9	3.7	5.6	1.8	0	20	200	12	90	90	N
3	4	3	28026	- Mx 1553#1	1	3.7	2.8	4.7	3.7	1	0	10	320	25	97	97	N
1	3	12	27896	- Mx 1553#2	2	4.3	4.3	3.3	4	0.6	0	10	300	17	117	102	
2	9	3	27929	- Mx 1553#2	2	5.1	4	2.8	4	1.2	0	10	150	8	107	89	
3	3	6	28051	- Mx 1553#2	2	5.4	4.1	5.2	4.9	0.7	0	5	250	16	122	101	
1	2	4	27828	- Mx 1553#3	3	5.3	6	4.5	5.3	0.8	0	15	270	21	66	66	N
2	6	4	27935	- Mx 1553#3	3	4.5	5.5	6.2	5.4	0.9	0	25	350	15	61	61	N
3	1	10	28083	- Mx 1553#3	3	5.4	5.6	4.3	5.1	0.7	0	15	160	12	57	57	N
1	2	10	27879	- Mx 1553#4	4	4.9	3.7	4.4	4.3	0.6	0	15	340	25	115	105	
2	3	2	27914	- Mx 1553#4	4	5	4.5	2.5	4	1.3	5	15	210	16	93	85	
3	8	2	28021	- Mx 1553#4	4	4.5	5	3.5	4.3	0.8	0	10	270	19	119	102	
1	4	9	27873	- Mx 1553#5	5	1.8	2.9	2.2	2.3	0.6	0	5	90	13	14	14	N
2	7	7	27962	- Mx 1553#5	5	2.2	3.3	3.4	3	0.7	0	25	210	10	16	16	N
3	2	12	28102	- Mx 1553#5	5	3.7	2.8	4.3	3.6	0.8	5	15	180	4	14	14	N
1	2	7	27853	- Mx 1553#6	6	3	3.7	2.8	3.2	0.5	0	10	280	22	141	117	
2	4	7	27959	- Mx 1553#6	6	5	5.4	4.1	4.8	0.7	0	15	170	10	110	85	
3	9	1	28014	- Mx 1553#6	6	3.6	4.5	5.7	4.6	1.1	0	5	320	15	160	135	
1	3	11	27888	- Mx 1553#7	7	4.4	3.7	4.2	4.1	0.4	0	15	240	20	120	105	
2	5	12	28001	- Mx 1553#7	7	4.4	3	4	3.8	0.7	0	10	230	22	134	119	
3	4	9	28077	- Mx 1553#7	7	2.5	4.2	4.3	3.7	1	0	5	240	17	98	94	N
1	5	8	27865	- Mx 1553#8	8	4.9	2.9	3.7	3.8	1	0	20	260	22	90	90	N
2	5	6	27952	- Mx 1553#8	8	3.2	5.3	4.7	4.4	1.1	0	10	300	20	91	91	N

Ffigwr 44: Ciplun Data Sengl 2012

BLOCK	ROW	COLUMN	UID	Mx.Number	Genotype	ShootCountsDoY72	ShootCountsDoY79	maxShootCount	DoYmaxShootCount	EmergenceDoY86	EmergenceDoY93	EmergenceDoY101
1	1	4	27827	- Mx 1553#1	1	13	14	14	79	2	2	2
2	7	6	27954	- Mx 1553#1	1	5	10	10	79	2	2	2
3	4	3	28026	- Mx 1553#1	1	1	6	6	79	2	2	2
1	3	12	27896	- Mx 1553#2	2	11	13	13	79	2	2	2
2	9	3	27929	- Mx 1553#2	2	0	2	2	79	2	2	2
3	3	6	28051	- Mx 1553#2	2	6	8	8	79	2	2	2
1	2	4	27828	- Mx 1553#3	3	18	24	24	79	2	2	2
2	6	4	27935	- Mx 1553#3	3	10	11	11	79	2	2	2
3	1	10	28083	- Mx 1553#3	3	2	5	5	79	2	2	2
1	2	10	27879	- Mx 1553#4	4	8	12	12	79	2	2	2
2	3	2	27914	- Mx 1553#4	4	0	4	4	79	1	1	2
3	8	2	28021	- Mx 1553#4	4	0	8	8	79	2	2	2
1	4	9	27873	- Mx 1553#5	5	8	20	20	79	1	1	1
2	7	7	27962	- Mx 1553#5	5	4	10	10	79	1	1	1
3	2	12	28102	- Mx 1553#5	5	0	0	0	72	0	0	0
1	2	7	27853	- Mx 1553#6	6	15	25	25	79	2	2	2
2	4	7	27959	- Mx 1553#6	6	2	4	4	79	1	1	2
3	9	1	28014	- Mx 1553#6	6	14	25	25	79	2	2	2
1	3	11	27888	- Mx 1553#7	7	3	11	11	79	1	2	2
2	5	12	28001	- Mx 1553#7	7	1	9	9	79	2	2	2
3	4	9	28077	- Mx 1553#7	7	0	10	10	79	2	2	2

Ffigwr 45: Ciplun Data Parhaus 2012

Nodyn: Nid yw pob colofn neu rhes yn cael ei dangos yma.

Gweler fod cynllun mwy syml a dealladwy wedi i'r data ei baratoi.

C Pecynnau R a Defnyddir

Pecyn	Ffwythiant	Disgrifiad
MASS	StepAIC	Defnyddir y ffwythiant StepAIC i gyflawni atchweliad cam wrth gam ar fodoli llinol. Canlyniad o ddefnyddio'r ffwythiant yw model wedi'i symleiddio heb golled o effeithiolrwydd.
ggplot2	qplot, ggtitle, geom_point	Defnyddir ggplot2 trwy'r holl prosiect i greu plotiau o'r data. Gall plotiau ggplot2 ei addasu'n helaeth ac roedd hyn yn nodwedd ddefnyddiol.
gridExtra	grid.arrange	Defnyddir y ffwythiant yma i drefnu tair plot mewn i un. Roedd hyn yn ddefnyddiol iawn gan fod gymaint o blanhigion i ddangos ar un graff.
corplot	cor	Defnyddir y ffwythiant yma i greu plot cydberthynas o'r holl newidynnau. Roedd hyn yn ddefnyddiol gan nid oedd ffordd o weld pob newidyn ar plot pairs ond roedd modd cyfuno newidynnau o'r data sengl a'r data parhaus ar blot cydberthynas.
waffle	waffle	Defnyddir y ffwythiant yma i greu waffle plot o ddosbarthiad blynnyddol y planhigion. Mae hwn yn ffordd mwy effeithiol o ddangos data na mewn siart cylch.

References

- [1] C. E. Declaration, “Climate emergency declaration - call to declare a climate emergency.” [Online]. Available: <https://climateemergencydeclaration.org/>
- [2] B. Ekwurzel, J. Boneham, M. W. Dalton, R. Heede, R. J. Mera, M. R. Allen, and P. C. Frumhoff, “The rise in global atmospheric co₂, surface temperature and sea level from emissions traced to major carbon producers,” 2017. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-017-1978-0>
- [3] Dipti and Priyanka, “Bioenergy crops an alternative energy,” 2013. [Online]. Available: https://www.ripublication.com/ijeem_spl/ijeemv4n3_17.pdf
- [4] Department for Business, Energy and Industrial Strategy - UK Government, “Dukes 2019 chapter 6: Renewable sources of energy,” 2019. [Online]. Available: <https://www.gov.uk/government/statistics/renewable-sources-of-energy-chapter-6-digest-of-united-kingdom-energy-statistics-dukes>
- [5] European Commission, “Renewable energy directive,” 2019. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive>
- [6] J. P. McCalmont, A. Hastings, N. P. McNamara, G. M. Richter, P. Robson, I. S. Donnison, and J. Clifton-Brown, “Environmental costs and benefits of growing miscanthus for bioenergy in the uk,” 2015. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12294>
- [7] B. Wagenaar and E. Van den Heuvel, “Co-combustion of miscanthus in a pulverised coal combustor: Experiments in a droptube furnace,” 1997. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953497000093>
- [8] E. Anderson, R. Arundale, M. Maughan, A. Oladeinde, A. Wycislo, and T. Voigt, “Growth and agronomy of miscanthus x giganteus for biomass production,” 2014. [Online]. Available: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.4155/bfs.10.80>
- [9] MNL Miscanthus Nursery Limited, “Miscanthus | biomass crop | biofuel | energy crop | elephant grass | miscanthus,” 2019. [Online]. Available: <http://www.recrops.com/miscanthus>

-
- [10] OPTIMISC - European Union, “Optimisc - optimizing miscanthus biomass production.” [Online]. Available: <https://optimisc.uni-hohenheim.de/en>
 - [11] Miscanthus Breeding Programme, “Miscanthus breeding.” [Online]. Available: <http://www.mischanthusbreeding.org/index.html>
 - [12] A. Carroll and C. Somerville, “Cellulosic biofuels | annual review of plant biology,” 2008. [Online]. Available: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.arplant.043008.092125>
 - [13] I. Lewandowski, J. C. Clifton-Brown, J. M. O. Scurlock, and W. Huisman, “Miscanthus: European experience with a novel energy crop,” 2000. [Online]. Available: [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(00\)00032-5](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(00)00032-5)
 - [14] S. Naidu, S. Moose, A. Al-Shoaibi, C. Raines, and S. Long, “Cold tolerance of c4 photosynthesis in miscanthus x giganteus: Adaptation in amount and sequence of c4 photosynthetic enzymes,” 2003. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12857847>
 - [15] J. Clifton-Brown, “Progress in upscaling miscanthus biomass production for the european bio-economy with seed-based hybrids,” 2016. [Online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gcbb.12357>
 - [16] J. Lafferty and T. Lelley, “Cytogenetic studies of different miscanthus species with potential for agricultural use,” 1994. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1994.tb00730.x>
 - [17] J. Clifton-Brown, I. Lewandowski, B. Andersson, and G. Basch, “Performance of 15 miscanthus genotypes at five sites in europe,” 2001. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/216810703_Performance_of_15_Miscanthus_Genotypes_at_Five_Sites_in_Europe
 - [18] J. Clifton-Brown and I. Lewandowski, “Screening miscanthus genotypes in field trials to optimise biomass yield and quality in southern germany,” 2000. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030101001204>
 - [19] H. W. Zub, C. Rambaud, L. Bethencourt, and M. Brancourt-Hulmel, “Late emergence and rapid growth maximize the plant development of miscanthus clones,” 2012. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12155-012-9194-2>
 - [20] Y. Iqbal, A. Kiesel, M. Wagner, C. Nunn, O. Kalinina, A. F. S. J. Hastings, J. C. Clifton-Brown, and I. Lewandowski, “Combustion quality

-
- of different miscanthus genotypes across europe,” 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00727>
- [21] T. Weijde, H. L., S. Hawkins, E. Sembiring, K. Farrar, O. Dolstra, R. Visser, and L. Trindade, “Impact of drought stress on growth and quality of miscanthus for biofuel production,” 2016. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12382>
- [22] A. Dai, “Increasing drought under global warming in observations and models,” 2013. [Online]. Available: <https://www.nature.com/articles/nclimate1633>
- [23] T. Weijde, C. Kamei, A. Torres, W. Vermerris, O. Dolstra, R. Visser, and L. Trindade, “The potential of c4 grasses for cellulosic biofuel production,” 2013. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00107>
- [24] E. Jensen, J. Norris, A. Cookson, K. Farrar, I. Donnison, and J. Clifton-Brown, “Flowering induction in the bioenergy grass miscanthus sacchariflorus is a quantitative short-day response, whilst delayed flowering under long days increases biomass accumulation,” 2012. [Online]. Available: <https://academic.oup.com/jxb/article/64/2/541/531595>
- [25] M. R. Allwright and G. Taylor, “Molecular breeding for improved second generation bioenergy crops,” 2016. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1360138515002502>
- [26] R, “The r project for statistical computing.” [Online]. Available: <https://www.r-project.org/>
- [27] RStudio, “Rstudio -open source and enterprise-ready professional software for data science.” [Online]. Available: <https://rstudio.com/>