Louis Bolk Instituut

Rapportage
Onderzoek naar agroforestrysysteem van laanbomen in grasland van melkveehouder

2018-2021

Evert Prins, Joost Sleiderink, Nyncke Hoekstra, Nick van Eekeren

© 2022 Louis Bolk Instituut

Rapportage Onderzoek naar agroforestrysysteem van laanbomen in grasland van melkveehouder - 2018-2021

Evert Prins, Joost Sleiderink, Nyncke Hoekstra, Nick van Eekeren

Trefwoorden: laanboomteelt, agroforestry, silvopasture

Publicatienummer 2022-003 LbD

36 pagina's

Deze publicatie is beschikbaar via
www.louisbolk.nl/publicaties

www.louisbolk.nl
info@louisbolk.nl
T 0343 523 860
Kosterijland 3-5
3981 AJ Bunnik
@LouisBolk

Louis Bolk Instituut: Onderzoek en advies ter bevordering van duurzame landbouw, voeding en gezondheid

Voorwoord en leeswijzer

In het project Laanboomteelt hebben het Louis Bolk Instituut, Duinboeren, veehouders en boomkwekers van 2016 tot 2021 onderzocht wat de toepasbaarheid is van laanboomteelt op grasland. Centraal in dit project stond een experiment welke in dit rapport wordt beschreven.

In het eerste hoofdstuk wordt ingegaan op de aanleiding voor het experiment. Hoofdstuk twee beschrijft de methoden en aanpak van het experiment. In het derde hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd, die vervolgens in het vierde hoofdstuk worden bediscussieerd. Het laatste hoofdstuk bevat conclusies en concrete aanbevelingen voor vervolg van dit onderzoek

Het project is uitgevoerd door Stichting Duinboeren en het Louis Bolk Instituut in samenwerking met het Streekhuis Het Groene Woud. Bij de uitvoering van het project zijn ook melkveehouders en (laan)boomtelers betrokken.

Het project werd gefinancierd door de Provincie Noord-Brabant, AgriFood Capital en deelnemers. Het project werd begeleid door een stuurgroep met Yvo Kortmann (voorzitter), Willy Thijssen (secretaris), Ger van den Oetelaar, Sjaak Sprangers, Geert Thyssen en Jan Willem Erisman.

Inhoud

1 Introductie **5**

2 Methoden en aanpak **8**

2.1 Opzet van de proef 8
2.2 Metingen 13
2.3 Data-analyse 14

3 Resultaten **16**

3.1 Groeiomstandigheden 16
3.2 Uitval van bomen 16
3.3 Groei van de bomen 17
3.4 Bodemvochtgehalte en temperatuur in 2020 19
3.5 Bodemvocht en neerslag in 2021 21
3.6 Aanplantmethoden 22
3.7 Grasopbrengst 24

4 Discussie **25**

5 Conclusies en aanbevelingen **28**

Referenties **33**

Bijlage 1: Shortlist van geschikte bomen zoals bepaald voor aanvang van de proef **34**

Bijlage 2: Opbrengsten grasland aan verschillende zijden van boomrij **35**

Bijlage 3: Opbrengsten grasland op verschillende afstand van de boomrij **36**

1 Introductie

Agroforestry komt in Nederland steeds meer in de aandacht te staan. Onder agroforestry verstaan we het opzettelijk integreren van houtige gewassen (bomen en struiken) met de teelt van gewassen of dierlijke productiesystemen, vanwege de beoogde voordelen die ontstaan door de ecologische en economische interacties (Mosquera-Losada et al., 2009). Agroforestry is daarmee een verzamelnaam voor een groot aantal verschillende landbouwsystemen. Voorbeelden van agroforestrysystemen zijn voederbomen op veehouderijen, het beplanten van de kippenuitlopen, rijenteeltsystemen in de akkerbouw, (walnoten)bomen in het grasland bij een veehouder en voedselbossen.

In de landbouwvisie Landbouw, Natuur en Voedsel: Waardevol en Verbonden (Ministerie LNV, 2018) is agroforestry voor het eerst op nationaal niveau genoemd als landbouwmethode die kan bijdragen aan het verduurzamen van de sector. Recentelijk heeft agroforestry in Nederland een duw in de rug gekregen, doordat het ook als maatregel is opgenomen in de Bossenstrategie (IPO & Ministerie LNV, 2020). Nederland heeft zich tot doel gesteld om niet alleen extra bos aan te planten, maar ook zogenaamde bomen buiten het bos te realiseren. Verschillende vormen van agroforestry lenen zich hier goed voor.

Laanbomenteelt en melkveehouderij

Een bijzondere combinatie van teelten die in Nederland niet eerder is uitgeprobeerd, betreft het opkweken van laanbomen in grasland van een melkveehouder. Er zijn genoeg redenen om deze combinatie verder te verkennen.

De druk op de landbouwgrond wordt in Nederland steeds groter. Er is grond nodig voor de realisatie van natuur, voor de uitbreiding van woonkernen en industrieterreinen en in toenemende mate voor energievoorziening. Op de hoge zandgronden in Brabant lijden de laanbomenteelt en de melkveehouderij hieronder, omdat ze in principe beroep willen doen op hetzelfde areaal.

Historisch gezien is de laanbomenteelt in Noord-Brabant altijd van groot belang geweest voor de lokale economie. Laanbomen worden voornamelijk geplant in openbare ruimten zoals parken en langs wegen. De in Nederland geproduceerde laanbomen worden zowel in het binnen- als het buitenland verkocht. De toegenomen prijs van landbouwgrond in combinatie met kleinere winstmarges hebben geleid tot verslechtering van het economisch perspectief van de sector. Daarnaast speelt het feit dat bij sommige teelten het gebruik van pesticiden hoog ligt. Bovendien kan nitraatuitspoeling een probleem vormen. Het is de moeite waard om duurzamere alternatieven te vinden om laanbomen op te kweken.

Een slim ontworpen agroforestrysysteem van laanbomenteelt in grasland kan wellicht een oplossing bieden. Het past in het beeld van kringlooplandbouw omdat reeds is aangetoond dat bomen kunnen bijdragen om kringlopen te sluiten. De wortelstelsels van bomen en grasland vullen elkaar aan: nutriënten die vanuit het gras uitspoelen naar diepere bodemlagen, kunnen door de wortels van (laan)bomen opgevangen, waardoor uitspoeling wordt voorkomen. Er zijn meer positieve effecten te verwachten. In het geval van laanbomenteelt op grasland van een melkveehouderij, kan de schaduwwerking van de bomen extreme hitte en droogte mitigeren, wat zorgt voor minder droogtestress van het grasland. Ook draagt de schaduw bij aan een beter leefklimaat voor vee en daarmee een beter dierenwelzijn. Wanneer het lukt om succesvol laanbomen op te kweken op grasland van de melkveehouderij wordt hetzelfde land multifunctioneel gebruikt, waar beide sectoren economisch voordeel uit kunnen halen.

Hierbij wordt tegen een aantal vragen aangelopen.

Welke boom doet het goed in combinatie met grasland?
De verwachting was dat groeikrachtige bomen met een diep wortelstelsel minder concurrentie van het grasland ervaren, met betere groei tot gevolg.

Welke plantafstand is optimaal (voor gras en voor de boom)?
Een hoge boomdichtheid (dus meerdere rijen bomen parallel aan elkaar) vermindert de oppervlakte per boom waarin concurrentie met het grasland optreedt. Om deze reden werd ingeschat dat een hoge boomdichtheid ten goede komt aan de groei van bomen. Een hoge boomdichtheid gaat echter ten koste van grasproductie.

Wat is het effect van het gras op de boom, en welke groei kunnen we verwachten van de boom?
Hierbij was de verwachting dat de bomen in het grasland vanwege suboptimale groeiomstandigheden iets achter zouden blijven in groei ten opzichte van reguliere plantafstand.

Wat is het effect van de bomen op het gras en wat kunnen we verwachten van de grasproductie?
De verwachting is dat de jonge bomen weinig invloed zouden hebben op graslandproductie. De graslandproductie van het gehele systeem vermindert naar verwachting echter wel, omdat door de aanwezigheid van bomen simpelweg minder oppervlakte gemaaid kan worden.

Om de verwachtingen te toetsen werd een experiment opgezet. Een aantal van deze vragen werd met het uitwerken van de experimentele opzet reeds beantwoord en uitgewerkt onder hoofdstuk 2, Methoden en aanpak. De tweede helft van de vragen werd beantwoord met de uitvoering van het experiment. Deze resultaten zijn beschreven in hoofdstuk 3. In hoofdstuk vier worden de resultaten bediscussieerd en worden aanbevelingen gedaan voor de toekomst.

2 Methoden en aanpak

In de winter van 2017-2018 is samen met verschillende boomkwekerijen een opzet gemaakt voor een experiment (van Erdum, 2018).

2.1 Opzet van de proef

Locatie

Het veldexperiment is uitgevoerd in Udenhout op het huiskavel van melkveehouder Jan Schapendonk (51°36'13" N 5°09'13"). Udenhout heeft een gemiddelde jaartemperatuur van 9,5 °Celsius en een gemiddelde jaarlijkse neerslag van 790 mm. De bodem is zanderig. Het experiment ligt op een zandkop in het perceel.

Figuur 1: De locatie van het experiment in het geel gemarkeerde perceel, met in het zuiden de Berkhoek en in het oosten de rotonde aan de Kreitenmolsestraat en het bedrijf van melkveehouder Jan Schapendonk.

Beweiding

Laanbomen in agroforestrysystemen zijn een absolute innovatie. Vanwege de complexiteit van het systeem is ervoor gekozen om het grasland van het experiment niet te beweiden. De dieren zijn namelijk een extra element in het systeem, die interpretatie van onderzoeksgegevens nog complexer maakt. Omdat we nog heel weinig weten van de verschillende interacties in dergelijke systemen, is ervoor gekozen om de complexiteit niet onnodig te verhogen.

Boomkeuze

Door een uitgebreide rapportage over de gebruikerswaarde en standplaats van een groot aantal in Nederland gekweekte laanbomen (Hiemstra (2012)) te combineren met een bomenlijst van Van Iersel B.V. is een eerste lijst met potentiele bomen samengesteld. Deze database bestond uit 42 bomen met informatie over de lengte, kroondiameter, vorm en dichtheid, groeisnelheid, lichtvereisten, wind-, droogte en zouttolerantie, wortelontwikkeling en ziektebestendigheid. Deze lijst werd aangevuld met verschillende online databases zoals TreeEbb (Boomkwekerij Ebben, 2016), Van den Berk Tree Database (Van den Berk Boomkwekerijen, 2018), en factsheets van de Universiteit van Florida (University of Florida 2013). Daarna is de bomenlijst aangevuld door Gerald de Groot, manager van Boomkwekerij Udenhout. Dit leidde tot een shortlist van 9 populaire soorten met hoge economische waarden: *Quercus robur* (zomereik), *Quercus palustris* (moeraseik), *Acer pseudoplatanus* (Gewone esdoorn), *Acer rubrum* (rode esdoorn), *Fagus sylvatica* (gewone beuk), *Fraxinus excelsior* (Es), *Liquidambar styraciflua* (amberboom), *Ulmus* 'Columella' (iep) en *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' (valse christusdoorn). Een uitgebreid overzicht van de score van deze bomen is te vinden in bijlage 1. In gesprek met boomkwekerij Udenhout werd een laatste selectie gedaan op basis van diepe wortelgroei, saldo, windtolerantie, ziektetolerantie. Diepe wortelgroei is belangrijk om de concurrentie met het aan-de-oppervlakte-wortelde gras te verminderen. Wind-, en ziektetolerantie zijn aandachtspunten bij iedere teelt op de boomkwekerij en saldo moet het uiteindelijk een duurzame innovatie maken. Op basis van deze uitgangspunten werd gekozen om de proef aan te leggen met *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' (Valse Christusdoorn) en *Ulmus* 'Columella' (iep).

Figuur 2: Valse Christusdoorn (Gleditsia triaconthos 'Skyline'*) links en Iep (Ulmus* 'Columella'*) rechts*

De Valse Christusdoorn komt oorspronkelijk uit Noord-Amerika. Het is in Nederland een populaire boom geworden, omdat hij redelijk snel groeit en goed windbestendig is. Vergeleken met andere variëteiten heeft de Skyline een wat hogere kroondichtheid. De boom is gevoelig voor de Gleditsiabladgalmug (*Danineura gleditchiae*), maar de betrokken boomkwekers hebben aangegeven dat het niet nodig is om daar tegen te spuiten. 'Skyline' is een van de meest populaire en gezonde variëteiten van de Valse Christusdoorn.

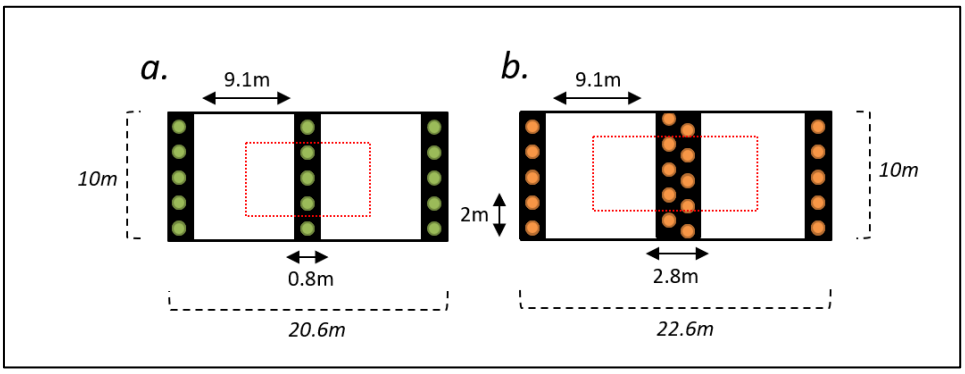
De *Ulmus* 'Columella' staat bekend om zijn hoge resistentie tegen iepenziekte. Het is een zogenaamde zuilvormige boom met gemiddelde kroondichtheid, die uiteindelijk 20 meter hoog kan worden. De cultivar is goed windbestendig. Omdat de boom ook zoutbestendig is, wordt deze veel geplant in kustgebieden.

Plantafstanden en experimentele opzet

In dit experiment werden laanbomen gecombineerd met grasland. Daarbij werden de bomen op rechte lijnen geplant, zodat machinale werkzaamheden makkelijk uitgevoerd konden worden. Op deze manier ontstond een opzet vergelijkbaar met die van *alley cropping* systemen. Het gras werd daarbij geteeld in een soort gangpad tussen de bomen. De minimale breedte van het gangpad werd bepaald door de werkbreedte van de machines die nodig zijn op het grasland. Met een maximale werkbreedte van 8,1 m (tank en injecteur drijfmest) werd de breedte van het gangpad tussen de bomen vastgesteld op 9,1 m. Op die manier kon veilig tussen de bomen worden gemanoeuvreerd. De bomen in de rij kregen een plantafstand van 2 m, wat gelijk is aan de plantafstand elders op de kwekerij.

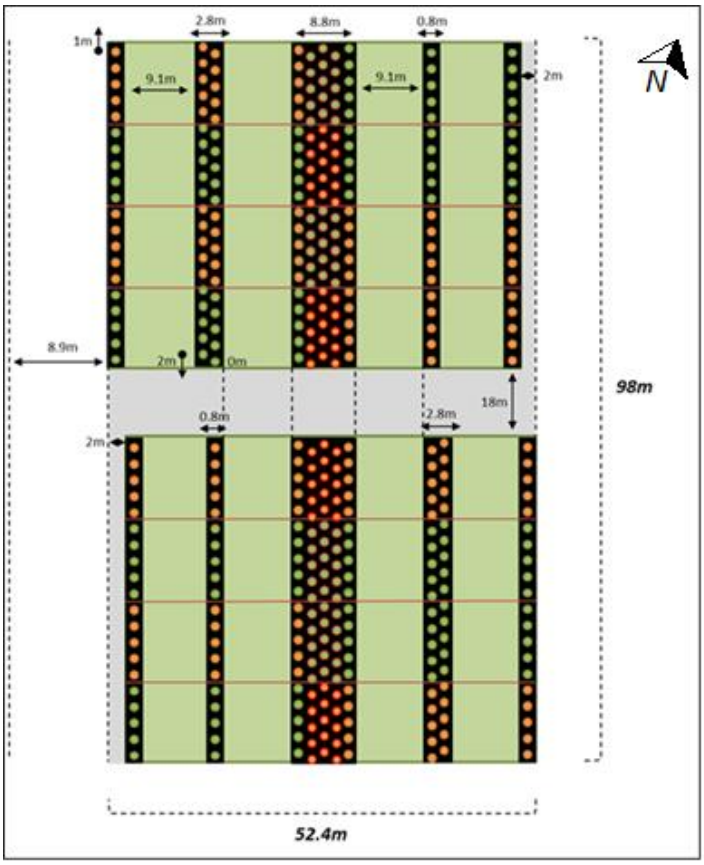
Het experiment bestond uit twee boomsoorten die in drie verschillende behandelingen werden aangelegd, namelijk: in enkele of dubbele rijen of volvelds. De volveldse behandeling bestond uit 5 rijen waarvan aan de middelste 3 gemeten wordt. De buitenste twee rijen werden vanwege randeffecten niet meegenomen in de analyses. De volveldse behandeling reflecteerde de praktijksituatie op boomkwekerijen en diende daarom als controle voor de boomgroei. Daarnaast werd een controle voor de grasgroei zonder de invloed van bomen aangelegd in het gedeelte van het perceel waar geen bomen aangeplant zijn. Alle behandelingen werden 4 keer herhaald zodat er sprake was van 36 plots.

Elke plot bestond uit twee 9,1 m brede grasstroken met aan de buitenkant een enkele rij bomen en aan de binnenkant een enkele of een dubbele rij bomen. Een plot had een lengte van 10 meter. Met een plantafstand van 2 m tussen de bomen wil dat dus zeggen dat de centrale rij van de plots met een enkele rij bomen 5 bomen telden en dat de centrale rijen bomen van de plots met een dubbele rij 10 bomen telden (Figuur 4 en 5).



Figuur 3: De opzet van meetplots met a) een enkele en b) een dubbele rij bomen

De rijen werden zo veel mogelijk aangeplant op de noord-zuidlijn, om schaduw van de bomen op het grasland zoveel mogelijk te voorkomen.



Figuur 4: De experimentele opzet: In het ontwerp werden iep (groen) en Valse Christusdoorn (oranje) geplant in twee vlakken. Zowel in het noordelijke als het zuidelijke deel werd een enkele en een dubbele rij bomen aangelegd, met in het midden een volvelds bomenstrook (5 rijen, waarvan de middelste 3 werden gemeten).

Extra experiment aanplantmethode

Omdat gedurende het experiment bleek dat het gebrek aan vocht grote invloed had op het experiment, werd besloten om in het voorjaar van 2020 een extra bomenrij aan te planten. Dit met de reden om te onderzoeken of bodembewerking invloed heeft op het aanslaan en de groei van de bomen. Er werd een bomenrij aangelegd met achtereenvolgens 5 *Gleditsia*, 5 iep, 5 *Gleditsia* en weer 5 iep. Voor de gehele strook werd het grasland gefreesd. Voor de helft van de strook (met daarin dus 5 *Gleditsia* en 5 iep) werd de bodem ook gewoeld. Deze bomenrij is geplant haaks op, en +/- 15 m ten zuiden van, de bomenrijen van de rest van het experiment. Op deze afstand werd uitgesloten dat de verschillende onderdelen van het experiment elkaar zouden beïnvloeden.

Grasland

Op het moment dat de proef werd aangelegd was Engels raaigras (*Lolium perenne*) de meest dominante grassoort op het perceel. Engels raaigras is de meest geteelde grassoort op de betreffende melkveehouderij, vanwege de hoge voederkwaliteit, smakelijkheid en hoge opbrengst. Engels raaigras is niet het meest schaduwtolerante gras, maar met de boomkeuze werd de concurrentie voor licht reeds zo veel mogelijk beperkt. In 2019 is de bedrijfsvoering van de melkveehouder veranderd van conventioneel naar biologisch. Dit heeft geen verdere gevolgen voor het experiment gehad.

Aanleg en Management

Het experiment werd mei 2018 aangelegd door stroken van 80 cm in het grasland te frezen. Dit wijkt af van de conventionele manier van bomen aanplanten, waarbij eerst een jaar groenbemester wordt geteeld, champost wordt opgebracht, geploegd en gras wordt gezaaid. Bij aanvang van het experiment werd voor minimale grondbewerking gekozen, met het argument dat de bomen daardoor steviger (windbestendiger) zouden staan. De bomen zijn na het frezen van het grasland op een reguliere manier geplant, ondersteund met bamboe boompalen.

Het grasland werd op de reguliere manier beheerd en liep daarmee mee in het graslandbeheer van de rest van het melkveebedrijf. De exacte momenten van bemesting en grasmaaien zijn daarmee onderhevig aan weersomstandigheden geweest. Het gras werd gemaaid en ingekuild. Ook het beheer van de bomen werd zoveel mogelijk hetzelfde gehouden als het beheer van de andere bomen op de kwekerij. In de praktijk bleek dit lastig. Met name door het extreme weer (zie discussie) moesten in de boomkwekerij alle zeilen bijgezet worden om de reguliere percelen van genoeg water te voorzien. Daarbij kwamen de bomen in het experiment niet bij elke watergift van de boomkwekerij aan de beurt. In zowel 2018 en 2019 is beperkt water gegeven aan de bomen. In 2018 en 2019 heeft dit dan ook geleid tot veel uitval. In beide winters zijn bomen ingeboet om het experiment

te herstellen. Gedurende de winters zijn de bomen gesnoeid en opgebonden. In de winter 2020-2021 zijn dode bomen geheel verwijderd.

2.2 Metingen

Tijdens het experiment hebben de volgende metingen plaatsgevonden:

Uitval van de bomen en groei

Voor aanvang van de metingen werd een database aangelegd met daarin de positie van alle bomen. Alle informatie over groei en uitval van de bomen werd in de loop van de tijd aan deze database toegevoegd. In het voorjaar van 2020 (april) en 2021 (maart) en het najaar van 2021 (november) werden alle bomen opgemeten. Dit resulteerde in data over groeiseizoen 2020 en 2021. In maart en november 2021 werden ook de 20 bomen van het 'Experiment Aanplantmethoden' gemeten.

De groei van laanbomen wordt normaal gesproken uitgedrukt in groei van de diameter van de stam op borsthoogte. Omdat de boomstam (mede door de snoei van zijtakken) zeer grillig is, kan het veel uitmaken als een paar centimeter hoger of lager wordt gemeten. Daarnaast maakt het door die grilligheid ook uit aan welke kant van de boom wordt gemeten. Om deze variatie minder invloed te laten hebben op de meetresultaten werd gekozen om de diameter op borsthoogte met een schuifmaat twee keer te meten, haaks op elkaar. Daarnaast werd ook de omtrek van de boom op borsthoogte met een meetlint opgenomen.

Graslandopbrengst

De graslandopbrengst van iedere snede werd gemeten naast enkele rijen bomen en naast de volvelds bomenrijen, steeds ten noordoosten en zuidwesten, op 1 meter van de bomenrij en op 3 meter van de bomenrij, in twee herhalingen. Dit betreft dus 16 meetpunten per snede (8 ten noordoosten van bomen, 8 ten zuidwesten; 8 langs enkele rijen, 8 langs volvelds bomen 8 op 1 meter van de bomenrij en 8 op 3 meter van de bomenrij). Daarnaast werd als controle op 4 plaatsen het grasland gemeten waar geen invloed werd verwacht van de bomen. In totaal hebben dus steeds 20 metingen plaatsgevonden per snede. De opbrengstbepaling werd gedaan door steeds parallel aan de bomenrij met een balkmaaier een strook van ongeveer 4 strekkende meter bij 0,81 m uit te maaien. Het gemaaide gras werd verzameld en gewogen als verse opbrengst. Een representatief monster werd verzameld en opgestuurd naar Eurofins voor drogestofbepaling en voederwaardeanalyse. Van iedere gemaaide strook werd tot op de cm nauwkeurig de lengte gemeten. Het product van deze maailengte en de breedte van de maaibalk gaven het gemaaide oppervlak, waarmee de graslandproductie per hectare uitgerekend kon

worden. De graslandopbrengst werd in overeenstemming met de maaimomenten van de rest van het perceel in mei en juli van 2020 en mei en augustus van 2021 bepaald.

Bodemvocht en bodemtemperatuur

Door de forse droogte gedurende de eerste twee jaar van het experiment werd duidelijk dat onder deze omstandigheden vocht de belangrijkste beperkende factor werd in het experiment. Vanuit Waterschap de Dommel werden 12 Parrot Flower Power Bodemsensoren ter beschikking gesteld. Met deze sensoren werd in 2020 bodemvocht en bodemtemperatuur op 10 cm diepte gemonitord. Om het maximale effect van de bomen op bodemvocht te meten werd besloten de sensoren op 4 plaatsen uit te zetten naast de 5-dubbele bomenrij: twee maal ten oosten van de bomenrij en twee maal ten westen van de bomenrij (steeds naast de iep). Op alle vier de plekken werd een sensor geplaatst op 0,2 m, 1 m en 3 m afstand van de bomenrij in grasland. De 12 sensoren werden gedurende de periode mei tot en met oktober 2020 op 7 momenten uitgelezen.

Om beter inzicht te verkrijgen in het verloop van bodemvocht zijn in de periode juni tot en met oktober 3 bodemvochtsensoren ten noordoosten van een volvelds bomenrij geïnstalleerd (op 0,2 m, 1 m en 3 meter van de bomen). Het bodemvocht werd op 10 cm diepte continu gelogd door middel van een HOBO weerstation en datalogger.

Indringingsweerstand

In het najaar van 2021 werd met een penetrologger van Eijkelkamp de indringingsweerstand tot 80 cm diepte gemeten in het gewoelde en niet-gewoelde gedeelte van het Experiment Aanplantmethoden gemeten. Dezelfde meting werd gedaan in het onaangeroerde grasland en in een willekeurige bomenrij die in 2018 was geplant. Bij deze metingen werd in elk van de behandelingen 10x gemeten in de bomenrij, steeds op het midden tussen twee bomen. Dit werd gedaan op een snelheid van 2 cm per seconde met een *cone* van 1 cm^2.

2.3 Data-analyse

Uitschieters in de gemeten boomgroei (Jaarlijkse groei < -10 mm of > 20 mm of tweejaarlijkse groei < -10 mm of > 30 mm) werden beschouwd als meetfouten en zijn niet meegenomen in de data-analyse. Bomen die zijn uitgevallen tijdens een groeiperiode zijn niet meegenomen in de analyse van groei. Bomen in randen werden ook niet meegenomen in de groeianalyse.

De statistische analyse van de groei van de bomen werd gedaan met behulp van “lme4” en “lmerTest” packages in R uitgevoerd met boomsoort en behandeling en interactieterm van deze twee factoren als verklarende variabelen en blok ingebed in vlak als random

variabele. Post-hoc tests werden gedaan met behulp van het R package “emmeans”. Een groot deel van de bomen is door de extreme groeiomstandigheden uitgevallen. Door middel van χ^2 -tests, is getoetst of deze sterfte afhankelijk was van de verschillende factoren uit het experiment.

3 Resultaten

3.1 Groeiomstandigheden

Het experiment liep van mei 2018 tot november 2021. De proef is aangelegd met de kennis van toen en zonder te weten dat het experiment drie van de meest extreme jaren wat betreft weersomstandigheden zou moeten doorstaan.

Dit begon reeds bij aanvang van het experiment: 2018 was een extreem warm, extreem zonnig en zeer droog jaar (KNMI). Na 2014 was dit met een gemiddelde temperatuur van 11,3 graden in Nederland het warmste jaar ooit gemeten. De bomen werden geplant in mei, wat de warmste meimaand was van in ieder geval de laatste 300 jaar. De daar op volgende zomer was met een etmaalgemiddelde in De Bilt met 18,9 graden de warmste sinds 1901. In het zuiden was een hittegolf van 12 juli tot 8-9 augustus: de langste regionale hittegolf ooit met de grootste warmteproductie. Het KNMI gaf op 26 en 27 juli voor het eerst een code oranje uit voor extreme hitte. Begin augustus liep het landelijk gemiddelde neerslagtekort op tot 300 mm. Ook de herfst was zacht en landelijk scheen de zon nog nooit zoveel sinds 1901. Het najaar verliep wat zachter dan normaal.

In 2019 veranderde er niet veel aan de omstandigheden. Het was bijna net zo warm en droog als 2018. Hoewel mei een relatief koele maand was en september normaal, waren alle andere maanden warmer dan gemiddeld. Op 25 juli werd in Gilze-Rijen 40,7 graden Celsius gemeten, de hoogste temperatuur sinds minimaal 300 jaar in Nederland. Het jaar werd het twee na zonnigste jaar ooit gemeten. Gemiddeld viel er een stuk minder regen dan gebruikelijk. Met name in het zuidoosten van Nederland was er veel last van droogte.

2020 was opnieuw een recordjaar, het werd samen met 2014 het warmste jaar sinds tenminste 1901. Hoewel in februari nat was, was 2020 het derde jaar op rij dat het in het oosten en zuidoosten van het land opnieuw zeer droog was. Eind september was er in het zuiden op veel plaatsen een neerslagtekort van meer dan 300 mm. Het laatste jaar van het experiment verliep redelijk normaal.

3.2 Uitval van bomen

Uitval van de bomen heeft grote invloed gehad op het experiment. Het is naast de groei van bomen een belangrijke indicator van hoe goed de bomen het doen in het grasland. De uitval van de bomen is op drie momenten geregistreerd, waardoor er twee groeiperioden met elkaar vergeleken kunnen worden. Groeiseizoen 2020 (voorjaar ’20- voorjaar ’21) was een relatief droge periode. Groeiseizoen 2021 (voorjaar ’21 – najaar ’21) was een periode met groeizaam weer en relatief veel neerslag.

Groeiseizoen 2020

Van alle bomen in het experiment (excl. die aan de randen van de velden en de randen van de volveldse behandeling) vond er meer uitval plaats van *Gleditsia* dan van iep in 2020 (p<0,001). Het plantverband (enkele, dubbele rij, volvelds) had geen significant effect op de uitval in 2020. De uitval van bomen in vlak 1 (de zuidelijke helft van het experiment was met 31,7% groter dan de 18,3% uitval in vlak 2 (de noordelijke helft van het experiment (p=0,025). Binnen vlak 1 was significant meer uitval van de bomen aan het uiteinde van de bomenrij dan in de middelste 2 blokken (p<0,001), maar ditzelfde patroon werd niet waargenomen in vlak 2.

Tabel 1: Het effect van boomsoort en plantverband op de uitval in 2020, 2021 en over de hele meetperiode

Behandeling	Plantverband	2020		2021		Gehele periode	
Boomsoort	Iep	14	12%	4	4%	18	15%
	Gleditsia	46	38%	7	10%	53	44%
	p-waarde	***		ns		***	
Plantverband	Enkele rij	9	23%	3	10%	12	30%
	Dubbele rij	21	26%	2	3%	23	29%
	Volvelds	30	25%	6	7%	36	30%
	p-waarde	ns		ns		ns	

Groeiseizoen 2021

Ook in 2021 was er uitval van bomen. Dit betrof echter een periode met gunstigere groeiomstandigheden. Gedurende deze periode waren er geen significante verschillen te zien tussen boomsoort, vlak en behandeling (p=0,47).

Gehele periode

Over de gehele periode blijft het significante verschil in uitval tussen iep en *Gleditsia* overeind. De verschillende plantverbanden leveren geen significante verschillen op in uitval van de bomen.

3.3 Groei van de bomen

Bomen die zijn uitgevallen tijdens een groeiperiode zijn niet meegenomen in de analyse van groei. De groei van de bomen is uitgedrukt in het verschil van de omtrek tussen twee meetmomenten.

De groei van laanbomen wordt normaal gesproken uitgedrukt in groei van de diameter van de stam op borsthoogte. Omdat de boomstam (mede door de snoei van zijtakken) zeer grillig is, kan het veel uitmaken als een paar centimeter hoger of lager wordt gemeten.

Daarnaast maakt het door die grilligheid ook uit aan welke kant van de boom wordt gemeten. Om deze variatie minder invloed te laten hebben op de meetresultaten is ervoor gekozen om de diameter op borsthoogte met een schuifmaat twee keer te meten, haaks op elkaar. Daarnaast is ook de omtrek van de boom met een meetlint opgenomen.

Tijdens de data-analyse werd de groei van de bomen gemeten als diameter omgerekend naar groei in omtrek. Daar kwam uit naar voren dat de berekende omtrek op basis van de gemeten diameter significant hoger was dan de direct gemeten omtrek (groeiseizoen 2020: p=0,04; groeiseizoen 2021: p=<0,001). Dit is waarschijnlijk te wijten aan de grilligheid van de boom: als de doorsnee een paar centimeter hoger of lager wordt gemeten, heeft dat grote invloed. Over de gehele experimentele periode was het verschil tussen de twee meet-methoden niet significant, maar gaf wel dezelfde trend aan (p=0,08). De directe meting van de omtrek beschouwen we in dit geval als nauwkeuriger, omdat deze niet afhankelijk is van de hoek waarin gemeten wordt. Om deze reden is de omtrek als maat aangehouden bij onze analyses en resultaten. Dit benadrukt het belang van een betere meetmethode waarbij exact op dezelfde plaats gemeten wordt.

Seizoen 2020

Voor groei tussen voorjaar 2020 en voorjaar 2021 werd een trend van boomsoort (p=0,09) waargenomen (Tabel 2). De grote mate van uitval van bomen en zeer beperkte groei in algemene zin heeft hier wellicht grote invloed op gehad.

Seizoen 2021

De groei tussen voorjaar 2021 en najaar 2021 was overduidelijk afhankelijk van boomsoort. Iep groeide in deze periode significant harder dan *Gleditsia* (p<0,001) (Tabel 2).

De bomen die in de dubbele rij en volvelds zijn geplant leken harder te groeien dan de bomen in de enkele rij, met name voor *Gleditsia*, die in de enkele rij nauwelijks groei vertoonde. Echter, het effect van plantverband was net niet significant (p=0,057). Opvallend is dat de *Gleditsia* in de enkele rij nauwelijks groei vertoonde. Tussen de dubbele rij en volvelds werden geen significante verschillen gevonden.

Gehele periode

Voor de bomen die over de gehele experimentele periode levend waren gebleven, werd ook een significant verschil gevonden in groei tussen de boomsoorten (p=0,006), waarbij iep harder groeide dan *Gleditsia*. Ook was de groei in de enkele rij minder dan in de dubbele en volle rij. Inclusief de uitschieters in groei werd een significante interactie tussen deze twee factoren aangetoond (p=0,09) (Tabel 3). Deze significante interactie betekent dat het behandelingseffect niet hetzelfde is voor beide boomsoorten. *Gleditsia* groeide namelijk het

best in dubbele rijen over de gehele proefperiode, terwijl iepen het beste deden in volveldse situatie. Wanneer dezelfde analyse werd verricht nadat uitschieters in groei uit de dataset waren verwijderd, was dit interactie-effect net niet meer significant (p=0,09).

Tabel 2: Het effect van boomsoort en plantverband op de groei (mm omtrek, sd cursief) in 2020, 2021 over beide perioden

Boomsoort	Plantverband	Groei 2020	Groei 2021	Gehele periode
Gleditsia	Enkele rij	8,2 ± *3,3*	0,5 ± *3,4*	9,4 ± *3,4*
	Dubbele rij	8,2 ± *5,6*	2,8 ± *4,2*	14,6 ± *7,1*
	Volvelds	7,8 ± *4,7*	2,9 ± *4,4*	11,4 ± *5,1*
Iep	Enkele rij	5,1 ± *3,8*	5,9 ± *4,8*	11,5 ± *4,6*
	Dubbele rij	6,5 ± *5,7*	7,8 ± *5,6*	14,5 ± *6,3*
	Volvelds	7,2 ± *6,1*	8,9 ± *6,1*	16,7 ± *6,8*

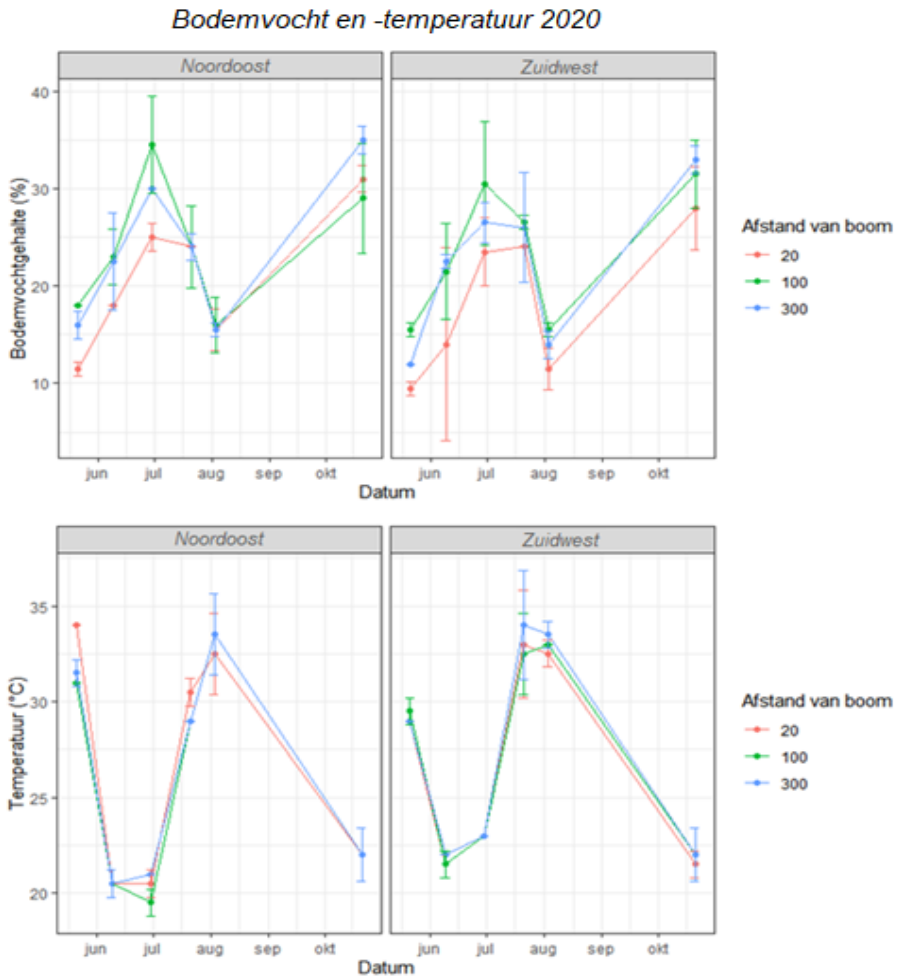
Tabel 3: Significantie (P-waarde) tussen boomsoort, behandeling en interactie tussen deze twee factoren

Factoren Groei	2020	2021	Gehele periode
Boomsoort	0,09	<0,001	0,006
Behandeling	0,87	0,057	0,009
Boomsoort*Behandeling	0,48	0,88	0,09

3.4 Bodemvochtgehalte en temperatuur in 2020

Het effect van oriëntatie ten opzichte van de bomenrij (noordoost of zuidwest) en afstand tot de bomenrij (20,100 en 300 cm) op het bodemvochtgehalte op 10 cm diepte onder het gras is op zeven momenten bepaald.

Het vochtgehalte was significant verschillend voor de verschillende meetmomenten (p<0,001) wat het effect is van verschillende weersomstandigheden tijdens meetmomenten. Gemiddeld genomen over de gehele periode was het vochtgehalte 7% (1,5 m^3/m^3) hoger aan de noordoostzijde (Tabel 4). Dit betreft een significant verschil (p=0,046). Voor vochtgehalte werd daarnaast een significant effect van afstand van boom waargenomen (p<0,001). Gemiddeld over de gehele periode was het vochtgehalte op 20 cm van de boom met 19,6 m^3/m^3 significant lager dan op 100 cm (23,8 m^3/m^3) en 300 cm (23,1 m^3/m^3) van de boom. Het vochtgehalte op 100 en 300 cm van de boom verschilde onderling niet significant. Dicht bij de boom wordt zowel door de boom zelf als door het gras vocht onttrokken, wat leidt tot een lager vochtgehalte. Gras en boom concurreren hier dus met elkaar voor vocht op 10 cm diepte. Op 100 cm van de boom af zien we deze concurrentie echter al niet meer terug, aangezien er geen significant verschil tussen het vochtgehalte op 100 en 300 cm van de boom was. Opvallend is verder dat in juli bodemvocht aan beide zijden van de bomen het hoogst was op 100 cm van de boom.



Figuur 5: Bodemvocht en bodemtemperatuur op 7 momenten in 2020, op 20, 100 en 300 cm aan de noordoost- en zuidwestkant van de volvelds bomen

Ook voor de bodemtemperatuur was het meetmoment bepalend (p<0,001), wat weer het resultaat is van metingen onder verschillende weersomstandigheden. De bodem ten zuidwesten van de bomenrij was gemiddeld slechts 0,7 °C hoger dan de bodem ten noordwesten van de bomenrij. Dit betrof echter wel een significant verschil (p=0,017). De afstand van de boom was niet bepalend voor de bodemtemperatuur.

Tabel 4: Bodemvocht en -temperatuur op verschillende posities en aftanden van de bomenrij

Positie t.o.v. de boom (oriëntatie)	**Afstand van boom (cm)**	**Vochtgehalte ± standaard deviatie m^3/m^3**	**Temperatuur ± standaard deviatie**
Noordoost	20	20,8 ± 6,9	26,7 ± 6,1
	100	24,1 ± 7,2	25,9 ± 5,8
	300	23,8 ± 7,5	26,3 ± 5,6
	gemiddeld	*22,9*	*26,3*
Zuidwest	20	18,4 ± 8,1	26,8 ± 5,2
	100	23,5 ± 7,3	26,9 ± 5,2
	300	22,3 ± 7,9	27,3 ± 5,5
	gemiddeld	*21,4*	*27,0*

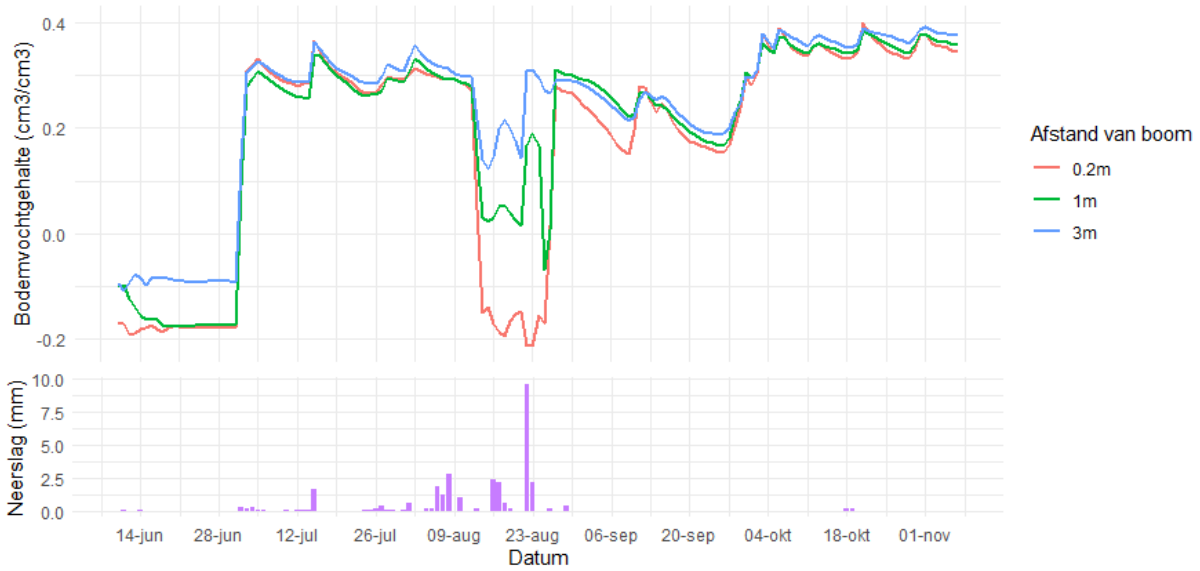
Voor bodemtemperatuur werd een significante interactie tussen datum en oriëntatie waargenomen. Dit betekent dat de oriëntatie afhankelijk van de datum effecten in verschillende richtingen vertoonde. In Figuur 5 is dit te zien doordat de temperatuur tijdens de meting in mei lager is aan de zuidwestzijde, terwijl deze vervolgens gedurende juni-augustus hoger is aan de zuidwestzijde en in oktober de gemiddelde temperatuur aan de noordzijde gelijk is als die aan de zuidzijde.

Tabel 5: Significantie (p-waarde) van de behandelingen op bodemvocht en bodemtemperatuur en hun interactiefactoren

Factor	Vochtgehalte	Temperatuur
Datum (D)	<0,001	<0,001
Oriëntatie (O)	0,046	0,017
Afstand van boom (A)	<0,001	0,57
D*O	0,51	<0,001
D*A	0,17	0,80
O*A	0,59	0,31
D*O*A	0,97	0,83

3.5 Bodemvocht en neerslag in 2021

In het groeiseizoen van 2021 zijn vochtsensoren op 20, 100 en 300 cm van de bomenrij geplaatst. De positie van deze vochtsensoren is ten noordoosten van de 5-dubbele rij bomen, naast iepen in vak 2. Voor deze positie is gekozen omdat daar het meeste effect van de bomen op de vochthuishouding werd verwacht. Uit het verloop van vocht is duidelijk te zien dat het meeste vocht werd waargenomen op grotere afstand van de boom.



Figuur 6: bodemvocht en neerslag in de periode juni – november 2021

In tegenstelling tot de vochtmeting van 2020 lijkt bovendien een verschil waarneembaar tussen bodemvocht op 100 en 300 cm van de boom. Of dit een significant verschil is kan met deze meting niet gezegd worden. In de discussie wordt hier verder op ingegaan.

3.6 Aanplantmethoden

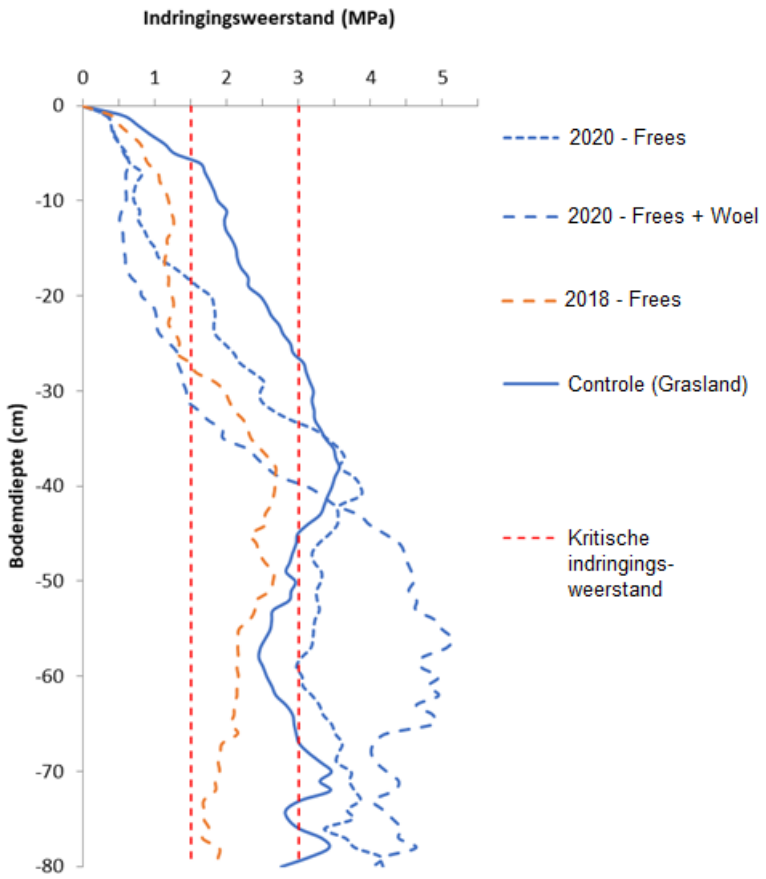
De bomen van het hoofdexperiment zijn geplant in grasland met frezen als enige bodembewerking. Dit om de bomen stevig te laten staan. Gedurende het experiment bleek deze keuze niet bevorderlijk was voor de overlevingskans en de groei van de bomen onder droge omstandigheden. Om te kijken wat het effect is van een betere bodem-bewerking is een extra rij bomen geplant. De helft van de bomen is geplant in een gefreesde strook, de andere helft in een strook die is gefreesd en gewoeld tot een diepte van 40 cm.

Indringingsweerstand

In oktober van 2021 is de indringingsweerstand tussen de bomen gemeten in het gefreesde gedeelte, in het gedeelte dat is gefreesd en gewoeld, in het grasland en in het gedeelte van het experiment dat in mei 2018 is aangelegd. De meting vond respectievelijk 1,5 en 3,5 jaar na aanplant plaats.

In het gedeelte dat in 2018 werd gewoeld werd zoals verwacht de laagste indringings-weerstand gemeten (Figuur 7). Pas na een diepte van 35 cm werd de kritische waarde van 1,5 MPa bereikt, waarbij wortelgroei bemoeilijkt wordt. De lijn van de indringingsweerstand in het gefreesde gedeelte liep mooi parallel aan die van het gewoelde gedeelte. Het verschil tussen deze lijnen tot een diepte van ruim 40 cm is het effect van het woelen na 1,5 jaar. Dat is behoorlijk fors, omdat de kritische waarde van 1,5 MPa in het gefreesde gedeelte al na ongeveer 15 cm wordt bereikt, in tegenstelling tot het gewoelde gedeelte, waar de kritische waarde pas na 35 cm wordt bereikt.

Zoals verwacht is de indringingsweerstand in de eerste 15 cm van de in 2018 gefreesde bodem hoger dan de indringingsweerstand van in 2020 gefreesde bodem. Opvallend is dat in diepere bodemlagen ook verschillen optreden die niet verklaarbaar zijn door de methode van grondbewerking. De verschillen zijn echter relatief klein. Het niet bewerkte land (controle) geeft in de bovenlaag de meeste indringingsweerstand. Dit is in lijn met de overige resultaten van het experiment, die laten zien dat de bodem onder onverstoord (oud) grasland in dit geval erg hard is. Na 5 centimeter wordt de kritische grens van bemoeilijkte wortelgroei voor gras al overschreden.



Figuur 7: Indringingsweerstand op verschillende diepten in de behandelingen van het in 2020 aangelegde experiment Aanplantmethoden (frees en frees + woel), in het hoofdexperiment (2018 frees) en in het tussenliggende grasland

Groei van bomen

In de winter van 2019/2020 zijn van elke boomsoort 10 bomen geplant, waarvan de helft in alleen gefreesde grond en de helft in gefreesde en gewoelde grond. Het effect van deze voorbehandeling heeft geen effect gehad op groei van de bomen. In deze extra rij werd over de gehele groeiperiode een trend van boomsoort opgemerkt (p=0,09) met een hardere groei van de iep (Tabel 6).

Tabel 6: Groei van bomen in omtrek in gefreesde en gewoelde grond in vergelijking met gefreesde grond voor de perioden 2020, 2021 en over beide groeiseizoenen en de p-waarden van voorbehandeling, boomsoort en voorbehandeling x boomsoort.

Voorbehandeling		N	2020	2021	Totaal
Frezen en woelen		9	6,1 ± 4,5	3,6 ± 5,6	9,7 ± 8,9
Frezen		9	4,9 ± 2,7	2,4 ± 1,4	7,3 ± 1,7
P	Voorbehandeling (V)		0,52	0,55	0,44
	Boomsoort (B)		0,21	0,13	0,09
	V x B		0,80	0,06	0,17

3.7 Grasopbrengst

Ondanks verschillen bodemtemperatuur en bodemvocht, werden geen significante verschillen waargenomen in graslandproductie naast enkele rijen, volveldsrijen en in gras zonder bomen. Dit geldt zowel voor de opbrengst als voederwaarde en voor zowel 2020 (Tabel 7) als 2021 (Tabel 8). Ook werden geen significante verschillen gevonden in graslandopbrengst aan verschillende zijde van de boom (Bijlage 2) en verschillende afstanden van de boom (Bijlage 3).

Tabel 7: Grasopbrengst en voederwaarde naast enkele rijen bomen, volvelds bomen en zonder bomen in 2020

	Naast enkele rij	**Naast volvelds bomen**	**Zonder bomen (controle)**	**p-waarde**
Opbrengst (t ds/ha)	3.3 ±1,2	3,8 ±1,2	3,3 ±1,3	0,42
Ds (%)	26,5 ±3,1	27,7 ±2,5	27,3 ±2,1	0,44
Ruw eiwit	120,5 ±22,3	120,3 ±27,1	130,9 ±27,7	0,59
Ruwe Celstof	237,1 ±32,5	235,9 ±32,5	230,0 ±33,4	0,88
Ruwe as	84,1 ±11,7	81,4 ±8,1	82,9 ±6,8	0,73
Suiker	156,2 ±63,5	161,8 ±58,9	169,4 ±74,7	0,89
VEM	893,0 ±86,1	901,1 ±94,8	923,8 ±82,3	0,73
OEB	-20,3 ±22,0	-21,4 ±23,5	-15,1 ±26,4	0,82
DVE	68,7 ±15,1	70,3 ±16,6	74,0 ±16,3	0,75
VEM-prod	2872,3 ±857,8	3349,7 ±784,3	2921,2 ±957,8	0,25
DVE-prod	214,6 ±55,3	252,7 ±51,5	224,3 ±58,7	0,14

Tabel 8: Grasopbrengst en voederwaarde naast enkele rijen bomen, volvelds bomen en zonder bomen in 2021

Rijlabels	**Naast enkele rij**	**Naast volvelds bomen**	**Zonder bomen (controle)**	**p-waarde**
Opbrengst (t ds/ha)	3,1 ±1,1	3,1 ±1,0	3,2 ±0,5	0,98
Ds (%)	16,3 ±2,7	16,0 ±2,5	19,4 ±5,2	0,06
Ruw eiwit	129,1 ±22,9	132,6 ±12,9	127,8 ±13,1	0,77
Ruwe Celstof	246,1 ±28,8	235,9 ±18,4	235,3 ±28,1	0,44
Ruwe as	115,0 ±25,6	125,9 ±27,4	122,4 ±33,6	0,54
Suiker	94,6 ±77,8	99,0 ±76,9	124,1 ±80,7	0,70
VEM	838,7 ±80,1	839,2 ±76,6	843,6 ±118,8	0,99
OEB	-0,4 ±17,7	1,8 ±12,8	-2,9 ±14,0	0,77
DVE	56,3 ±9,9	57,1 ±8,4	58,0 ±11,1	0,91
VEM-prod	2682,0 ±1081,1	2630,0 ±995,0	2680,4 ±667,8	0,99
DVE-prod	181,1 ±79,0	180,7 ±74,6	185,1 ±54,0	0,99

4 Discussie

Praktijk van het water geven

Zoals in de resultaten reeds is beschreven heeft het experiment extreme weersomstandigheden moeten doorstaan. Door deze omstandigheden heeft Kwekerij Udenhout (verantwoordelijk voor het onderhoud van de bomen) alle zeilen bij moeten zetten om overal op het eigen bedrijf voldoende water te geven. De eerste jaren van het experiment was er geen put in de omgeving, waardoor met een watertank water gegeven moest worden, wat veel tijd kost. Het was voor de kwekerij met het uitzonderlijke weer niet mogelijk om overal op het bedrijf op tijd water te geven. Het experiment had daarbij geen prioriteit, vanwege het lage aantal bomen per hectare. Dit is de realiteit van het ondernemen en een belangrijke les voor dit experiment. Het laat zien dat met minder bomen per hectare in vergelijking met reguliere percelen het onderhoud in algemene zin minder efficiënt wordt, met alle gevolgen van dien. Vanaf 2020 is vanuit het project organisatorisch en financieel ingegrepen door een externe partij water te laten geven met een watertank.

Uitval van de bomen

Hoewel in het experiment voor twee sterke boomsoorten was gekozen, traden er toch verschillen op. In 2020 waren meer *Gleditsia* dan iepen uitgevallen (38% tegenover 12%). Een verschil in uitval tussen beide soorten is in lijn met de verwachting, maar wel groter dan vooraf was ingeschat. Over het algemeen wordt de iep beschouwd als een sterkere groeier dan *Gleditsia*. Het is echter wel een opvallend resultaat, omdat iep wat oppervlakkiger wortelt dan *Gleditsia*. Daarbij zou verwacht worden dat de iep meer concurrentie ondervindt van het grasland. Mogelijk heeft bij de *Gleditsia* de slechte fysische bodemkwaliteit (compactie) een nog een groter effect gehad op uitval van de bomen dan bij die iep. De *Gleditsia* wortelt normaal gesproken dieper. Mogelijk is dit niet gelukt door de verdichte bodem, waardoor de bomen niet in waren om een goed wortelstelsel te ontwikkelen en nog meer last hadden van de droogte.

Opvallend is dat er meer bomen uitvielen in vlak 1 (het zuidelijke gedeelte van het experiment), dan vlak 2 (het noordelijke gedeelte van het experiment). Dit zou te verklaren kunnen zijn door plaatselijke verschillen in bodemkwaliteit. Vlak 1 (het zuidelijke gedeelte) lag ook iets hoger dan het andere deel van de proef, waardoor er mogelijk nog eerder watergebrek optrad. Binnen vlak 1 was significant meer uitval van de bomen aan het uiteinde van de bomenrij dan in de middelste 2 blokken. Uitval aan de uiteinden van de rijen is te verklaren doordat de bomen daar aan drie zijden concurrentie ondervinden van het grasland.

Groei van de bomen

In 2020 (droge periode) werd geen verschil in groei tussen de boomsoorten gevonden. Dit is te verklaren doordat er in die periode veel bomen zijn uitgevallen en de bomen die de extreme periode hebben overleefd maar beperkte groei hebben doorgemaakt. In 2021 (en over de gehele periode) groeide iep harder dan *Gleditsia*. In 2020 werd geen significant verschil gevonden tussen de verschillende plantafstanden. Net als bij de boomsoorten is dit te verklaren dat in die periode er veel boomuitval was, en de bomen die overleefden zeer beperkte groei doormaakten. In het natte jaar van 2021 werd wel meer groei opgemerkt in de dubbele rij en volvelds plantverband. Dit suggereert dat een dubbele rij al flink bijdraagt in het verminderen van de concurrentie. Dat de enkele rijen minder hard groeien kan verklaard worden door een sterkere concurrentie van het grasland. Hoewel tussen de dubbele rij en tussen de volvelds geplante bomen ook gras groeit, lijkt die concurrentie minder te zijn. Waarschijnlijk komt dat doordat het niet ingezaaide, onbemeste gras tussen de bomen minder water verbruikt. Een andere verklaring voor de betere prestatie van de bomen in dubbele en volveldsaanplant ten opzichte van de bomen in enkele rijen is dat deze bomen in elkaars schaduw staan maar mogelijk gedeeltelijk ook uit de wind stonden, wat (de gevolgen van) extreme hitte doet verminderen maar ook verdamping door de wind vermindert.

Graslandproductie en groeiomstandigheden gras

Uit het experiment kwam naar voren dat de concurrentie om vocht het tussen gras en bomen het meest bepalend is geweest. Het is zeer waarschijnlijk dat gevestigd (oud) grasland onder droge omstandigheden sterker concurreert dan jonge bomen.

In deze studie vonden we geen indicatie dat grasgroei beïnvloed werd door de aanwezigheid van de bomen. Er werd geen verschil gevonden in grasgroei op verschillende afstanden en posities van de bomenrijen. Dit is in lijn met andere studies (Oosterbaan et al. 2002; Newman & Adams 1997), waar vaak de conclusie getrokken wordt dat bij de aanplant van jonge bomen niet of nauwelijks opbrengstverlies van graslandopbrengst optreedt. Wanneer de bomen groter worden, wordt het wortelgestel krachtiger en draaien de rollen om: de concurrentiekracht van bomen wordt groter dan die van het grasland. Bomen zorgen voor meer en langere periode schaduw en winnen met een krachtig wortelgestel de concurrentie van het gras, met grasopbrengstverlies tot gevolg.

Ondanks dat de grasgroei niet significant verschillend was op verschillende posities ten opzichte van de bomenrij en op verschillende afstanden van de bomenrij, werden er al wel verschillen in groeiomstandigheden gemeten. Het bodemvocht op 20 cm van de boom was significant lager dan op andere afstanden van de boom. Aan de schaduwkant van de bomen (noordoost) werd in 2020 7% meer bodemvocht gemeten. Het lijkt dat beperkte

schaduwwerking in deze extreme omstandigheden reeds verdamping van vocht verminderen. Wat wel opvallend is, is dat de beperkte schaduw die de bomen veroorzaken dit effect al teweegbrengt. In juli van 2020 werd er meer bodemvocht op 100 cm van de boom gemeten dan op 20 cm en 300 cm van de boom Dit zou verklaard kunnen worden doordat in juli in het gebied tot 1 m van de boom de meeste schaduw valt en dat op 1 m van de boom geen concurrentie meer is voor vocht tussen bomen en het gras, waar dat op 20 cm wel het geval is. Hoewel we de jaren door de verschillende meetmethoden niet één op één met elkaar kunnen vergelijken, zien we een aanwijzing dat onder extremere omstandigheden (droog en veel zon) de schaduw van de bomen een meer uitgesproken effect hebben op bodemvocht. Dit is echter een hypothese die om verder onderzoek vraagt.

Het is de verwachting dat wanneer de bomen groter worden, er wel invloed is op de grasproductie. Dit kan dan positieve (meer grasgroei door schaduwwerking in droge periode) of negatieve effecten (minder grasgroei door vochtonttrekking) hebben.

Experiment Aanlegmethoden

Uit de indringingsweerstandsmetingen kwam naar voren dat de bodem van het perceel erg compact is. In het veld is dit vanaf 2018 ook te zien aan de vegetatie. De compacte bodem in combinatie met de droogte zorgde ervoor dat gras plaatsmaakte voor paardenbloem. Deze planten hebben een sterke penwortel die beter in staat is harde lagen te penetreren, waarmee ze onder deze omstandigheden (droogte en verharde bodem) concurrentievoordeel hebben ten opzichte van het gras.

Uit het experiment kwam een groot verschil in indringingsweerstand naar voren tussen verschillende soorten bodembewerking voorafgaand aan het planten van de bomen. Het is verklaarbaar dat 3,5 jaar na aanleg nog verschillen nog meetbaar zijn. Er wordt immers niet met zware machines tussen de bomen gereden. Wat opmerkelijk is dat de indringingsweerstand tussen de bomen die in 2018 zijn geplant tot 80 cm diep lager is dan onder het grasland. Dit kan niet veroorzaakt zijn door de oppervlakkige bodembewerking voorafgaand aan het planten. De lagere indringingsweerstand onder de bomen kan het resultaat zijn van boomwortels die de grond los hebben gemaakt, of met wortelexudaten en haarwortels het bodemleven hebben gevoed.

Opvallend genoeg kwam uit dit experiment niet naar voren dat de bodembewerking een effect heeft op uitval of groei van de bomen. Voor beide behandelingen viel één boom uit en er werd geen significant effect waargenomen op groei van de bomen. Wellicht kan bij toekomstig onderzoek de aanlegmethoden zoals de boomkweker die hanteert worden toegevoegd als behandeling: een jaar groenbemester, champost toevoegen en inwerken.

5 Conclusies en aanbevelingen

Het extreme weer is van grote invloed geweest op de resultaten van dit experiment. Gebleken is dat een agroforestrysysteem met laanbomen op grasland nog niet geheel klaar is voor de praktijk. Door de extreme omstandigheden zijn echter wel waardevolle lessen geleerd, die het uitrollen van deze innovatie in de praktijk een grote stap dichterbij hebben gebracht. Duidelijk werd dat vochtconcurrentie grote invloed heeft op de prestatie van het hele systeem, iep beter presteerde dan *Gleditsia* en dat bodemvoorbereiding en plantverband een belangrijke rol spelen. Op basis van de geleerde lessen worden in dit hoofdstuk een aantal aanbevelingen gedaan voor het verder uitwerken van deze innovatie.

Methoden water geven

In toekomstige samenwerkingsverbanden tussen een veehouder en een boomkweker blijft het belangrijk om goede afspraken te maken en percelen te kiezen waar makkelijk water gegeven kan worden. Bij dit experiment was de boomkweker verantwoordelijk voor het water geven, omdat deze partij ook economisch het meeste belang heeft bij groei en aanslaan van de bomen. Hoewel de veehouder bij water geven met een haspel ook belang heeft (ivm betere grasgroei) blijft dit toch de meest logische taakverdeling. Daarnaast heeft het niet in het voordeel gewerkt dat dit experiment klein is opgezet. Wanneer een samenwerking op grote schaal ontstaat, kan de situatie gecreëerd worden waarbij bijvoorbeeld op 25 hectare laanbomen worden geplant in grasland van een melkveehouder. In dat geval is het financieel belang voor de boomkweker ook groter om de laanbomen goed te voorzien van water. Methodes voor water geven in de boomkwekerij hebben de afgelopen tijd met de droge jaren ook niet stilgestaan. Vanuit het oogpunt van efficiënt watergebruik wordt tegenwoordig bij de aanleg van een veld bomen, druppelslangen ingegraven op 15-20 cm diepte. Bij een agroforestry-opzet waarbij rijen bomen worden afgewisseld met stroken grasland, kan overwogen worden om ook onder het grasland druppelirrigatie aan te leggen, zodat de melkveehouderij in droge perioden zijn graslandproductie kan handhaven. Een tussenoplossing is om de eerste meter grasland naast de bomenrij te voorzien van druppelslangen, zodat de vochtconcurrentie tussen bomen en grasland teniet wordt gedaan. Ook bij andere agroforestrysystemen (zoals fruitbomen en notenbomen op grasland) wordt steeds meer met (bovengrondse) druppelslangen gewerkt. Het blijft zeer belangrijk dat bomen de eerste 5 jaar voldoende water krijgen om een goed wortelstelsel te ontwikkelen.

Andere boomsoorten

Uit het experiment kwam naar voren dat iep minder uitviel en sterker groeide dan *Gleditsia*. Dit laat zien dat verschillende boomsoorten anders reageren op dezelfde omstandigheden. In 2018 werd verwacht dat deze twee bomen het goed zouden doen en minimaal

concurrentie aan zouden gaan met het gras. Nu is bevestigd dat het gras concurrentiekrachtiger is onder extreme omstandigheden. Omdat de kans op vergelijkbare omstandigheden als in dit experiment in de toekomst toeneemt, is het logischer om in een dergelijk agroforestrysysteem groeikrachtigere bomen te kiezen. De voorkeur gaat uit naar sterke inheemse en pionierssoorten zoals zomereik, gewone beuk en els.

Methode van aanplant

Het extreme weer in combinatie met de aanplantmethode heeft voor veel uitval en weinig groei gezorgd. Met de kennis van toen is in 2018 bewust gekozen om het land niet veel te bewerken (alleen frezen), zodat de bomen stevig zouden staan en windtoleranter zouden zijn. In dit project is ervaren dat dit in het vervolg anders moet en het verstandig is om eerst te investeren in het verhogen van de bodemkwaliteit. Bij de aanplant van een regulier perceel laanbomen komt het perceel vaak in het voorjaar leeg ter beschikking van de boomkweker. Eerst wordt een jaar groenbemester (vaak *Tagetes*) geteeld, wat in de winter afsterft. In januari wordt dit gewas geklepeld, wordt champost aangevoerd en het perceel geploegd. Daarna worden bomen geplant en wordt gras gezaaid. De bomen staat vervolgens 4 tot 5 jaar op het perceel. Bij een toekomstige samenwerking tussen een veehouder en een laanbomenkweker wordt aangeraden deze manier van aanplanten te hanteren. Dit heeft de voorkeur boven planten in oud grasland. Mocht toch in oud grasland worden geplant dan moet bijzondere aandacht zijn voor bodembewerking (grond losmaken) bodemverrijking (compost), irrigatie en onderzaai. Bovendien heeft aanplant aan het begin van het plantseizoen de voorkeur boven aanplant aan het einde van het plantseizoen.

De periode van (slechts) 4-5 jaar zorgt ervoor dat het grasland tussen de bomen geen blijvend grasland wordt. Omdat het een kortere periode is, lijkt de teelt van productief kruidenrijk grasland tussen de bomen ook geschikt. De lange wortels van cichorei en rode klaver zorgen voor extra droogtetolerantie. Hoewel dan op diepere bodemlagen juist de concurrentie tussen het grasland en de bomen juist wordt vergroot, zou dit in het voordeel van het kruidenrijk grasland uit kunnen pakken. Na die periode van 5 jaar wordt het vaak uitdagender om de kruiden in het grasland te houden. Wanneer de bomen geoogst worden, kan het perceel gescheurd worden voor een andere teelt, of wellicht is het mogelijk de rijen een stukje op te schuiven op hetzelfde perceel.

Aanbeveling concurrentie gras verminderen

Om de vochtconcurrentie tussen het grasland en de bomen te verminderen spelen de grondbewerking, boomsoorten en plantafstand (aantal rijen) een grote rol. Een dubbele rij presteerde duidelijk beter dan een enkele rij. Daarnaast kan gekeken worden naar de concurrentie in de rij. Voorheen werden op de boomkwekerij boomstroken zwart gehouden

door mechanische of chemische onkruidbestrijding. Dit wordt vanuit duurzaamheids-oogpunt nauwelijks meer gedaan. In plaats daarvan wordt een gras of bloemenmengsel ingezaaid wat minder krachtig groeit en de concurrentie met de bomen minder aangaat. In de fruitteelt zijn wel ervaringen met een monocultuur van witte klaver als ondervrucht in de rij. Bovendien zit de boomkwekerij er normaalgesproken bovenop om het gras en kruiden tussen de bomen kort te houden. Tijdens deze proef is dat met onvoldoende regelmaat gebeurd. Ook wordt in de boomkwekerij gemulcht. Dat wil zeggen dat gras vanuit de paden wordt gemaaid en tussen de bomen wordt geveegd. Deze laag van organische stof voorkomt verdamping. Ook dit beheer kan de gevolgen van concurrentie om vocht verminderen. Het is aan te bevelen om dergelijk beheer in het vervolg toe te passen.

Aanbevelingen onderzoeksmethoden

Bovenstaand worden reeds verschillende aanbevelingen gedaan voor een andere opzet. Ook op het gebied van toekomstige metingen kunnen suggesties worden gedaan. Belangrijk is dat het meten van de groei van de bomen in toekomstig onderzoek op een andere manier gebeurt. Door de grilligheid van de boomstam kan een meting van de omtrek of diameter een paar centimeter hoger of lager hele grote verschillen geven. Bij dit experiment werd verwacht dat het aantal bomen deze verschillen zou middelen, maar het is nauwkeuriger om steeds precies op dezelfde hoogte te meten. Mogelijk kan de hoogte van waarop de boom periodiek gemeten wordt op de boom gemarkeerd worden.

De vochtsensoren in het experiment gaven belangrijke informatie. Bij vervolgonderzoek wordt aangeraden om meerdere continue-metingen te doen, zodat op significantie getoetst kan worden. Bij momentopname van bodemvocht dient goed nagedacht te worden over de meetmomenten. Bijvoorbeeld door iedere dag op dezelfde tijd te meten, eventueel meerdere keren op een dag. Bij minder extreem weer en een andere proefopzet is het waarschijnlijk dat gebrek aan vocht in het teeltsysteem minder aan de orde is. Desondanks blijven (vooral op zandgronden) vochtmetingen belangrijk om meer inzicht te krijgen in de interacties tussen grasland en bomen. Aanvullend kan in vervolgonderzoek ingezet worden op het monitoren van boomgezondheid (ziekten) bij verschillende plantafstanden. Wanneer bomen worden gekozen met een vollere kroon, wordt lichtconcurrentie belangrijker en wellicht worden er dan ook eerder verschillen gevonden in grasopbrengst.

Concrete samenwerking boomkwekerij en biologische melkveehouders

De afgelopen jaren heeft de boomteelt een snelle verduurzamingsslag gemaakt. Het middelengebruik is sterk teruggebracht. Voor sommige boomkwekers zit de bedrijfsvoering daarmee al redelijk dicht tegen van een biologisch gecertificeerde bedrijfsvoering aan. Deze boomkwekers overwegen nu om hun teelt te laten certificeren door SKAL. Biologische

teelt sterkt 'het verhaal' naar de consument, geeft draagvlak aan de hele sector en draagt wellicht bij aan een beter verdienmodel.

Het grootste probleem hierbij is dat de grond waarop de bomen worden geteeld SKAL gecertificeerd moet zijn. Hierbij ontstaan zeer interessante samenwerkingsmogelijkheden met de biologische melkveehouderij. Wanneer een perceel na de boomteelt in gebruik wordt genomen door agrariër met een niet-biologische teelt, vervalt de SKAL-certificering en moet een aantal jaar gewacht worden om dit perceel weer vanuit SKAL te certificeren. Biologisch melkveehouders zijn gebaat bij een samenwerking om hun areaal te behouden of te vergroten. Tijdens het project hebben boomkwekers en een aantal biologisch melkveehouders aangegeven dit spoor verder te willen verkennen. Ook in het agro-forestrysysteem waarbij boomteelt plaatsvindt in het grasland, liggen kansen voor een biologische bedrijfsvoering. Niet alleen de bomen, maar ook het gras wordt biologisch geteeld. De prijzen voor biologisch gras liggen nu eenmaal een stuk hoger dan conventioneel geteeld gras. Het zou ook interessant zijn om te experimenteren met teelt van mais tussen de laanbomen, omdat veel snijmais wordt geïmporteerd van buiten het gebied. We weten dat mais sterker negatief reageert op de aanwezigheid van bomen dan gras, maar wellicht valt van de concurrentie net als bij gras bij weinig schaduwwerking van de bomen mee of kan bijvoorbeeld graan voor Gehele Plant Silage worden geteeld.

Lessen voor andere agroforestrysystemen

Agroforestry zit de afgelopen jaren behoorlijk in de lift. Steeds meer boeren willen met verschillende soorten agroforestry aan de slag. Dat blijkt onder meer uit het feit dat over het hele land lokale agroforestrynetwerken stijgen in aantal en in grootte. In december 2021 is een het nationale Agroforestry Netwerk Nederland gelanceerd, waarmee LNV en RVO inzetten op het verbinden van de praktijk, kennis en overheid. Er werd met veel interesse gekeken naar de uitkomsten van dit experiment. Bij veel boeren leeft een toenemende interesse in voederbomen, noten en fruitbomen op grasland, bomen in de uitloop van kippen, rijenteelt in de akkerbouw en voedselbossen. De informatie die voortkomt uit deze proef is zeer relevant van al deze systemen.
Het belang van de goede boom op de goede plek, de bodembewerking in bestaand grasland bij blijvend grasland en het belang van voldoende beschikbaarheid van water wordt in deze proef onderstreept. De concurrentiekracht van gras onder droge omstandigheden is vele malen groter dan oorspronkelijk werd ingeschat. Bij de aanplant en onderhoud van agroforestrysystemen dient deze concurrentie dus verkleind te worden. Dit kan worden bereikt doormiddel van het verbeteren van de bodemkwaliteit in de rij, het zaaien van minder krachtige grasmengsels, mulchen tussen de bomenrij en het gebruik van druppelslangen. Het plantverband wat aangeraden wordt is afhankelijk van het systeem en de beoogde doelen, al lijkt de voorkeur voor de meeste systemen wel uit te gaan naar meerdere bomenrijen naast elkaar, wat de groei van de bomen ten goede komt. Mocht er

beweid worden, dan is het nog belangrijker om meerdere rijen bomen naast elkaar te planten, zodat meer schaduw ontstaat voor koeien (ter bevordering van dierenwelzijn) en minder geïnvesteerd hoeft te worden in boombescherming in de vorm van palen en draad.

Ten slotte dient het belang van samenwerking tussen verschillende sectoren te worden onderstreept. Het samenbrengen van verschillende vakgebieden is uitdagend, maar uiterst waardevol. Tijdens dit project hebben melkveehouders en boomkwekers elkaar gevonden en werken ze samen in het vinden en verfijnen van nieuwe synergiën.

Samengevat kunnen de volgende antwoorden gegeven worden op de vragen die vooraf zijn gesteld:

Welke boom doet het goed in combinatie met grasland?
De iep deed het beter dan de *Gleditsia*. Verwacht wordt dat met nog sterkere bomen, betere resultaten worden bereikt.

Welke plantafstand is optimaal (voor gras en voor de boom)?
Omdat met de omstandigheden in deze proef het gras concurrentiekrachtiger was dan de bomen is het voor de prestatie van het gehele systeem belangrijk dat een plantafstand gehanteerd wordt die in het voordeel is van de bomen. Dat lijkt minimaal een dubbele rij te zijn.

Wat is het effect van het gras op de boom, en welke groei kunnen we verwachten van de boom?
Het effect van gras op de boom is in dit geval, bij minimale bodembewerking en extreme droogte, heel groot gebleken. Dermate groot dat het grote mate van uitval tot gevolg heeft gehad. In deze studie worden verschillende aanbevelingen gedaan om de concurrentie sterk te doen verminderen.

Wat is het effect van de bomen op het gras, en wat kunnen we verwachten van de grasproductie?
Het effect van bomen op het gras is in lijn met de verwachtingen minimaal gebleken.

Referenties

Boomkwekerij Ebben (2016) TreeEbb. https://www.ebben.nl/nl/treeebb/# geraadpleegd 12 februari 2018

Hiemstra JA (2012) De juiste boom, een samenvatting van 15 jaar onderzoek naar de gebruikwaarde van straatbomen.

IPO & Ministerie LNV (2020) Uitwerking ambities en doelen landelijke Bossenstrategie en beleidsagenda 2030. Den Haag

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (2018) Visie Landbouw Natuur en Voedsel: Waardevol en Verbonden. Den Haag

Mosquera-Losada MR, McAdam JH, Romero-Franco R, Santiago-Freijanes JJ, Rigueiro-Rodróguez A (2009) Definitions and Components of Agroforestry Practices in Europe. In: RigueiroRodríguez A, McAdam J and MR Mosquera-Losada (Eds). Agroforestry in Europe: Current Status and Future Prospects. Springer Netherlands pp 3-19

Newman, S.M. and M. Adams, 1997. Agronomic and economic aspects of walnut agroforestry in the UK. In: L'agroforesterie pour une développement rural durable. Atelier International- Montpellier (France)- 23-29 juin 1997, p. 223-225

Oosterbaan, A., H. Valk en A.K. van der Werf, 2001. Literatuurstudie naar interacties tussen grasvegetaties en walnotenbeplantingen. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterrarapport 369. 26 blz. 1 tab.; 32 ref

University of Florida (2013) Tree fact sheets. https://hort.ifas.ufl.edu/database/trees/trees_scientific.shtml

Van den Berk Boomkwekerijen (2018) Europese Bomenfilter. https://www.vdberk.nl/bomen geraadpleegd 12 februari 2018

Van Erdum, F.(2018) The production of ornamental trees with forage grass, Minor Research Project Report, Universiteit Utrecht en Louis Bolk Instituut

Bijlage 1: Shortlist van geschikte bomen zoals bepaald voor aanvang van de proef

	Quercus robur	***Quercus palustris***	***Acer pseudoplatanus***	***Acer rubrum***	***Fagus sylvatica***	***Fraxinus excelsior***	**Ulmus 'Columella'**	***Gleditsia triacanthos* 'Skyline'**	***Liquidambar styraciflua***
Economisch perspectief	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Wortel-ontwikkeling	Diep	Oppervlakkig	Diep	Oppervlakkig	Oppervlakkig	Diep	Diep/ oppervlakkig	Diep	Oppervlakkig
Groeisnelheid	Gemiddeld	Gemiddeld	Gemiddeld	Gemiddeld tot snel	Gemiddeld	Snel	Gemiddeld	Snel	Gemiddeld
Windtolerantie	Hoog	Hoog	Heel hoog	Middelmatig	Middelmatig	Hoog	Hoog	Hoog	Middelmatig
Boomvorm	Rond	Ovaal	Ovaal	Rond	Rond	Rond	Zuilvormig	Ovaal	Ovaal
Ziekte-gevoeligheid	Hoog	Hoog	Laag	Laag	Hoog	Hoog	Laag (spec. voor deze var.)	Laag	Laag
Giftig voor vee	Ja	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee

Bijlage 2: Opbrengsten grasland aan verschillende zijden van boomrij

2020	noordoost	zuidwest	p-waarde
t ds/ha	3,6±1,4	3,6±1,0	0,96
Ds (%)	28,0±2,8	26,2±2,7	0,08
Ruw eiwit	120,7±26,0	120,1±23,6	0,95
Ruwe Celstof	230,8±33,4	242,3±30,4	0,32
Ruwe as	83,2±6,2	82,3±13	0,80
Suiker	168,5±61,9	149,5±59,1	0,40
VEM	908,4±87,2	885,7±92,5	0,48
OEB	-21,6±24,2	-20,0±21,3	0,46
DVE	70,9±15,5	68,1±16,1	0,63
VEM-prod	3139,2±1009,0	3082,8±672,9	0,86
DVE-prod	235,6±63,7	231,7±49,2	0,85

2021	noordoost	zuidwest	p-waarde
t ds/ha	3,0±1,1	3,2±0,9	0,70
Ds (%)	16,7±2,3	15,7±2,8	0,28
Ruw eiwit	127,4±17,0	134,3±19,5	0,30
Ruwe Celstof	237,7±23,9	244,4±25,0	0,44
Ruwe as	122,6±29,4	118,3±24,5	0,67
Suiker	104,5±84,8	89,1±68,2	0,59
VEM	843,8±91,1	834,1±62,7	0,74
OEB	-1,4±16,0	2,8±14,6	0,84
DVE	56,5±9,5	56,8±8,9	0,93
VEM-prod	2631,3±1157,2	2680,7±905,4	0,90
DVE-prod	178,4±85,7	183,4±66,7	0,86

Bijlage 3: Opbrengsten grasland op verschillende afstand van de boomrij

2020	1m	3m	p-waarde
t ds/ha	3,8±1,2	3,3±1,2	0,26
Ds (%)	27,3±2,7	26,9±3,0	0,64
Ruw eiwit	116,9±23,8	123,9±25,3	0,42
R. Celstof	240,9±34,0	232,1±30,2	0,44
Ruwe as	80,5±9,8	84,9±10,1	0,23
Suiker	152,90±57,6	165,1±64,2	0,59
VEM	878,9±102,7	915,2±71,9	0,26
OEB	-22,7±21,3	-18,9±24,0	0,97
DVE	67,4±17,0	71,6±14,4	0,46
VEMprod	3255,0±802,3	2967,0±885,7	0,36
DVE-prod	241,9±55,3	225,4±57,3	0,43

2021	1m	3m	p-waarde
t ds/ha	3,0±1,1	3,3±0,9	0,41
Ds (%)	15,9±2,0	16,5±3,1	0,54
Ruw eiwit	130,8±16,8	130,9±20,4	0,98
R. Celstof	234,3±24,0	247,8±23,5	0,13
Ruwe as	123,4±26,7	117,5±27,3	0,55
Suiker	95,2±76,9	98,4±77,8	0,91
VEM	840,1±60,7	837,8±92,7	0,94
OEB	0,8±15,1	0,6±15,9	0,65
DVE	56,3±7,7	57,0±10,5	0,84
VEMprod	2516,6±2795,3	2795,3±1014,0	0,46
DVE-prod	170,0±75,0	191,7±77,1	0,44