



8

Factsheet Agroforestry

De faciliteit voor agroforestry-onderzoek in de Nederlandse akkerbouw

Wat is de proefopzet, welke keuzes zijn gemaakt en wat wordt er gemonitord?



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Inhoud

1	Over deze factsheet	3
2	Silvoarable agroforestry in Nederland	3
3	Waar liggen de kansen voor agroforestry in Nederland?	4
4	Wat zijn de uitgangspunten voor het onderzoek?	5
5	Wat zijn de onderzoeksvragen?	7
6	Hoe ziet de afstandenproef eruit?	7
6.1	Proefbeschrijving	7
6.2	Aanplant en beheer	8
6.3	Monitoring	9
7	Hoe ziet de boomvormenproef eruit?	10
7.1	Proefbeschrijving	10
7.2	Aanplant en beheer	11
7.3	Monitoring	12
8	Economie	12
9	Slot	13



1| Over deze factsheet

Agroforestry is een landbouwvorm wat tot op heden nauwelijks onderzocht is in Nederland. Omdat er verwacht wordt dat agroforestry een waardevolle bijdrage kan leveren aan een toekomstbestendige landbouw en het oplossen van maatschappelijke opgaven is in 2021 een faciliteit aangelegd die onderzoek naar agroforestry in combinatie met akkerbouw mogelijk maakt. De faciliteit is gericht op het toetsen van de hypothese dat agroforestry een economisch aantrekkelijk teeltsysteem kan zijn voor akkerbouwers in windgevoelige en open landschappen in Nederland en tegelijkertijd andere maatschappelijke doelen kan dienen. Omdat de afwegingen en keuzes die gemaakt zijn in het ontwerp van de faciliteit ook voor andere stakeholders interessant kunnen zijn wordt in deze factsheet de achtergrond en de opzet van de faciliteit uitgelegd. Hiermee hopen we de inzicht en interesse in de proef te vergroten en ook om bij te dragen aan goed doordachte ontwerpen van agroforestry-systemen elders.



2| Silvoarable agroforestry in Nederland

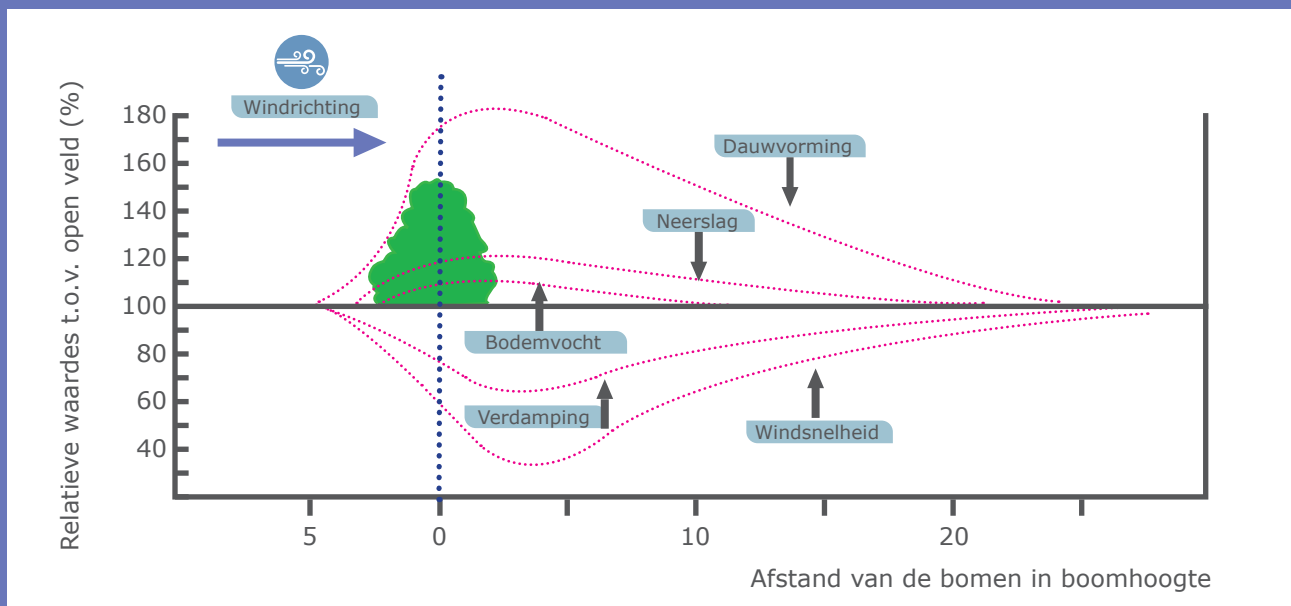
We spreken over agroforestry als houtige, meerjarige gewassen (bomen en struiken) bewust worden gemengd met akkerbouw, groenteteelt of grasland, op hetzelfde perceel. Agroforestry in combinatie met akkerbouw (silvoarable agroforestry) wordt nog nauwelijks toegepast in Nederland. Historisch gezien is alleen de dooradering van houtwallen in het toenmalige kleinschalige landschap een gebruikelijke vorm van landgebruik, die ook onder de definitie van silvoarable agroforestry valt. Een nieuwe vorm van agroforestry in combinatie met akkerbouw is lanenteelt (alley cropping). Deze vorm past bij het hedendaagse grootschalige landschap en het huidige niveau van mechanisering. In lanenteelt worden rijen of stroken met bomen en/of struiken bewust ingepast óp of langs akkerbouwpercelen om positieve interacties tussen bomen en akkerbouwgewas te benutten. Naast hun invloed op het agro-ecosysteem en akkerbouwgewas, kunnen de bomen ook zelf een inkomstenbron vormen voor de akkerbouwer als gekozen wordt voor soorten die regelmatig fruit, noten of biomassa produceren.

De mogelijkheden voor agroforestry in de vorm van lanenteelt zijn ook uit het beleids- en maatschappelijk perspectief heel interessant om verschillende maatschappelijke doelen te bereiken. Klimaatmitigatie door koolstofvastlegging, verhoging van biodiversiteit door een gevarieerder landschap en klimaatadaptatie door buffering tegen extreem weer zijn voorbeelden van hoe agroforestry zou kunnen bijdragen aan maatschappelijke opgaven. Agroforestry past tevens goed bij de beleidsdoelen die uitgezet worden in, onder andere, de Bossenstrategie (LNV, 2020), het Klimaatakkoord, de stikstofstrategie en de Europese Farm to Fork strategie. Lanenteelt staat echter voor de uitdaging dat er erg weinig bekend is over hoe deze systemen werken, hoe ze ontworpen moeten worden en wat hun rendabiliteit is. Om de potentie van agroforestry binnen afzienbare tijd goed te kunnen benutten is gezocht naar generieke en opschaalbare systeemontwerpen voor onderzoek die voor zowel de boer als maatschappij interessant zijn.

3| Waar liggen de kansen voor agroforestry in Nederland?

Een relevant aspect voor Nederland is het effect van bomen op het lokale klimaat; het microklimaat. Doordat bomen de wind remmen verdampt er minder vocht uit bodem en gewas, gaan erosiegevoelige gronden minder verstuiven of afspoelen, en lopen gewassen minder windstress en -schade op (eg. Figuur 1). In Nederland zijn de relatief harde en altijd aanwezige wind in bijvoorbeeld Zeeland en de Flevopolder, evenals de regionaal optredende winderosie in bijvoorbeeld de Veenkoloniën en de Brabantse zandgebieden, de belangrijkste aanknopingspunten voor een generiek agroforestry systeemontwerp. Dit zijn dan ook de gebieden waar verwacht wordt dat de groeimogelijkheden voor agroforestry in combinatie met akkerbouw liggen. Daarnaast is het veranderende klimaat wat betreft hitte en droogte een belangrijk aanknopingspunt voor bijna alle regio's. Om deze reden is ervoor gekozen om een agroforestry-systeem te gaan ontwerpen waarbij de focus ligt op het verbeteren van het microklimaat voor gewassen.

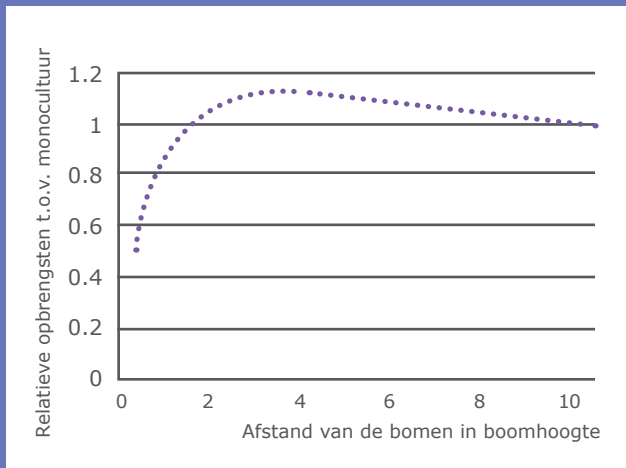
In regio's met sterke wind is in oud onderzoek aangetoond dat in sommige gewassen meeropbrengsten tussen 10 en 40% of zelfs hoger kunnen optreden door windhagen (bijvoorbeeld Voortman, 1977). De grootte van het effect is afhankelijk van het lokale klimaat, de grootte en vorm van de windhaag en de gewassoorten (Baker et al., 2018; Cleugh et al., 1998; Hodges et al., 2004; Kanzler et al., 2019; Mirck et al., 2016; Nuberg, 1988; Taksdal et al., 1992 Zheng et al., 2016). Voor veel relevante gewassoorten zijn de effecten van verschillende typen boomstroken en windhagen echter nog onbekend. Recent onderzoek naar lanenteelt en boomrijen naast percelen toont dat er gemiddeld een negatief effect is op de opbrengst van het naastliggend gewas tot aan een afstand van ongeveer 1,6 keer de boomhoogte en een positief effect tussen 1,6 en 9,5 keer de boomhoogte, met in deze zone een gemiddelde meeropbrengst van 7% (Figuur 2) (Van Vooren et al., 2016). Deze afstanden komen redelijk overeen met wat gevonden werd in het onderzoek naar windhagen (Figuur 3). De studie van Van Vooren et al. (2016) is niet gericht op gebieden met veel of sterke wind waardoor het is



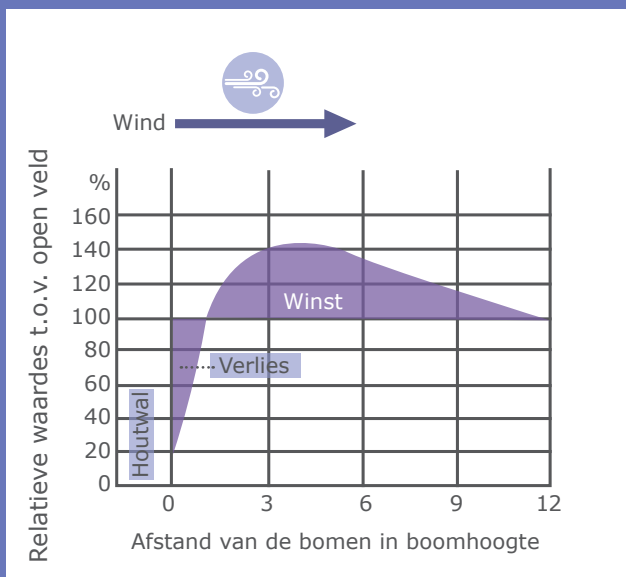
Figuur 1| De effecten van een windhaag op het microklimaat met de windrichting in een rechte hoek op de haag (Gebaseerd op Leuschner & Ellenberg, 2017).

Literatuuronderzoek toont interessante resultaten die gebruikt kunnen worden voor het ontwerpen van een agroforestry-systeem gericht op het verbeteren van het microklimaat. Bomen blijken over grote afstanden de opbrengsten in gewassen te kunnen beïnvloeden, dit effect komt naar verwachting door een verbeterd microklimaat.

mogelijk is dat het effect van agroforestry op gewasopbrengsten groter kan zijn in windgevoelige gebieden en met een ontwerp specifiek gericht op het remmen van de wind. Het positieve effect op gewasopbrengsten op het beteelde oppervlak maakt agroforestry potentieel economisch interessant. Als het gaat om de boomstrook dan is de rendabiliteit afhankelijk van het geteelde houtige gewas. Het maakt ook agroforestry meer relevant in gebieden met relatief hoge grond- en pachtprizen in verband met het oppervlak die voor de bomen ingezet wordt.



Figuur 2| De relatie tussen de relatieve gewasopbrengst (y) uitgezet tegen de afstand van de boom, uitgedrukt in aantal boomhoogtes (x). Opbrengstderiving wordt gevonden tot 1,6 keer de boomhoogte en opbrengstverhoging tussen 1,6 en 9,5 keer de boomhoogte (Gebaseerd op Van Vooren et al., 2016).



Figuur 3| Samenvattende grafiek van de invloed van houtwallen op gewasopbrengsten. Met opbrengstderiving tot ca. 1,5 keer de boomhoogte en opbrengstverhoging tussen 1,5 en 12 keer de boomhoogte (Gebaseerd op Voortman, 1977).

4| Wat zijn de uitgangspunten voor het onderzoek?

Aan het systeemontwerp van de agroforestry-faciliteit is veel discussie vooraf gegaan tussen diverse experts. Uit deze discussies zijn langzamerhand prioriteiten gerangschikt, ontwerpcriteria geformuleerd, voor- en nadelen van bepaalde keuzes in kaart gebracht en gewogen en uiteindelijk knopen doorgehakt. De discussies richtten zich op standplaatsvereisten van boomsoorten, vermarkting van producten (niche vs. mainstream), invloed op arbeidskosten, de aanlooptijd tot productie, landschapsinpassing, de afwenteling tussen windbreekfunctie en productiefunctie van het houtige gewas en de grootte van alle ecosystemendiensten. De grote vraag was: wat voor soort systeem kan aangelegd worden waarvan de onderzoeksuitkomsten waardevol kunnen zijn voor verschillende doeleinden en doelgroepen?

Eén van de eerste keuzes die gemaakt zijn is dat het onderzoek zich in eerste instantie zou moeten gaan richten op het effect van bomenrijen op de akkerbouwgewassen op verschillende afstanden van de bomen, waarbij de optimalisatie van microklimaat-effecten een prioriteit heeft. De criteria voor het ontwerp zijn geformuleerd als:

- opschaalbaar tot 25.000 ha, potentieel interessant systeem voor de gangbare praktijk (economisch, inpasbaarheid)
- goede aansluiting bij de realiteit van de agrarisch ondernemer (markt, arbeid en intrinsieke motivatie)
- meenemend een productief houtig gewas met goed marktperspectief
- wetenschappelijke opzet en internationaal relevant
- microklimaat-effecten relatief snel in kaart te brengen (6-10 jaar)
- een systeem waarbij de natuur een kans krijgt en ecosystemendiensten onderzocht kunnen worden, zoals; biodiversiteit, klimaatadaptatie en koolstofvastlegging
- aansluitend bij de inrichting en culturele identiteit van het landschap (Fuchs et al., 2021)
- Op basis van deze criteria is ervoor gekozen om hazelaars in combinatie met (in ieder geval in de stichtingsfase) een snelgroeiende gemengde (biodiverse) windhaag te gebruiken als houtige gewassen in een lanenteeltsysteem gesitueerd in Lelystad.

De beredening die hoort bij deze keuze is als volgt:

Keuze voor hazelaars

- Voor de economische rendabiliteit (extra inkomen en risicospreiding voor de agrarisch ondernemer) en om aan te sluiten bij het beeld of de verwachting die men over het algemeen heeft bij agroforestry, is gekozen voor hazelaars. De meningen over het marktperspectief zijn overigens enigszins variërend. De handel is geïnteresseerd in Nederlandse (kwaliteits)noten, maar de vraag is wat er gaat gebeuren met de prijsvorming bij opschaling (Reuler et al., 2020).
- Vergeleken met regulier fruit (appels, peren) vergen noten minder arbeid omdat de oogst te mechaniseren is. Dit is een belangrijk aspect is aangezien arbeidskracht in de landbouw vaak moeilijk te vinden is en een grote kostenpost kan zijn.
- Hazelaar is een subsidiabel gewas in het Gemeenschappelijk Landbouw Beleid waardoor de drempel om aan agroforestry te beginnen met dit gewas iets lager is.

Keuze voor de gemengde haag

- Hazelaars zijn vrij windgevoelig, en het is onzeker welk windremmend effect hazelaars kunnen teweegbrengen en hoeveel jaar na aanplant. Daarnaast is het onbekend welke boomvorm hiervoor geschikt is. Om de hazelaars te beschermen tegen wind en om snel een functionerende windhaag te creëren is ervoor gekozen om een gemengde haag aan te planten naast de hazelaarrij. Het idee is om deze gemengde haag in ieder geval in de stichtingsfase (de fase totdat de hazelaars productie geven en de windhaagfunctie kunnen overnemen) te laten staan. Daarna kan de gemengde haag eventueel weggehaald worden (dit volgens het zogenaamde wijkers-blijvers principe). In de loop van de proef zal hierover een besluit genomen gaan worden. Er kan zelfs worden besloten om alleen met de gemengde windhaag verder te gaan als de resultaten daar aanleiding toe geven.
- De gemengde haag heeft een waarde voor biodiversiteit. De toevoeging van de gemengde haag biedt een beter perspectief voor het onderzoeken van effecten van agroforestry op biodiversiteit dan met alleen de hazelaars.

Daarnaast is er gekozen voor om de proef met biologisch beheer uit te voeren. Hiermee kan het volledige effect van het systeem op de biodiversiteit en natuurlijke ziekte- en plaagbestrijding beter in kaart gebracht worden. Een experiment met beheer volgens de gangbare akkerbouw zou wellicht beter aansluiten en beter vergelijkbaar zijn met de praktijk, m.n. gezien het criterium van opschaalbaarheid.

Een kanttekening bij de keuze van de hazelaar is dat beheersbaarheid van de plaag hazelnootboorder (*Curculio nucum*) onzeker is. Er zijn momenteel geen toegelaten gewasbeschermingsmiddelen om de hazelnootboorder te bestrijden. De hazelnootboorder is een opbouwplaa die zorgt voor lege hazelnoten. Het aantastingsniveau kan in de loop der jaren dus toenemen. Deze vraag speelt al bij hazelnoottelers en er wordt kleinschalig onderzoek naar gedaan zoals monitoring en toepassing van alternatieve preventie- en bestrijdingsmethoden.



5| Wat zijn de onderzoeksvragen?

De onderzoeksvragen die beantwoord gaan worden met de agroforestry faciliteit zijn algemeen opgesteld als:

1. Wat is het effect van het systeem op de teelt van de opbrengst en kwaliteit van akkerbouwgewassen?
 - a. Hoe komen deze effecten tot stand (m.n. kijkend naar het microklimaat en de aerodynamica)?
 - b. Wat zijn de afstanden waarbij deze effecten optreden?
 - c. Hoe kunnen deze effecten vertaald en nagebootst worden in andere agroforestry-systemen?
2. Wat is het effect van het systeem op bodemkwaliteit, klimaatadaptatie, koolstofvastlegging, biodiversiteit en bedrijfseconomie?
3. Welke boomvorm, snoeistrategie en aantal rijen van de hazelaar is het meest geschikt om de productiefunctie teweeg te brengen?
 - a. Wat is het effect van de boomvorm en snoeistrategie op arbeid?
 - b. Wat het effect van de boomvorm en snoeistrategie op de productiviteit van de hazelaar?
 - c. Wat is het effect van het aantal rijen in de boomstrook op de productiviteit van de hazelaar?

Het ontwerp bestaat uit twee proeven; namelijk de afstandenproef en de boomvormenproef. Met de afstandenproef worden de eerste twee onderzoeksvragen beantwoord, en met de boom-

vormenproef de laatste. Effecten van het agroforestry systeem op de hazelaar kunnen niet in detail worden onderzocht aangezien er geen monocultuur van de hazelaar beschikbaar is voor wetenschappelijke vergelijking. De conclusies uit dit onderzoek zijn specifiek toepasbaar voor open gebieden of landschappen die vergelijkbaar zijn met de Flevopolder in Nederland.

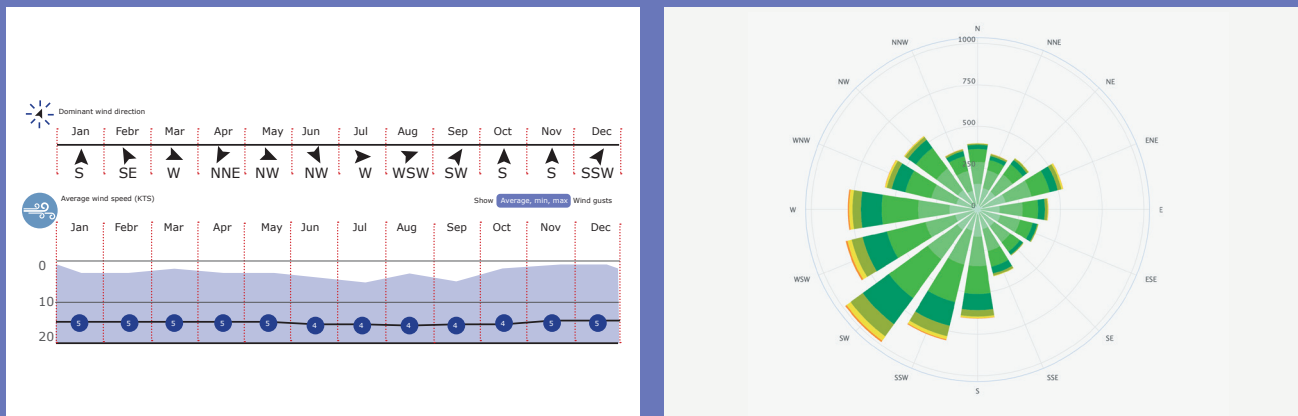
6| Hoe ziet de afstandenproef eruit?

6.1 Proefbeschrijving

In Tabel 1 staan enkele eigenschappen van de afstandenproef op een rij. Alle boomstroken in de proef hebben dezelfde invulling en bestaan uit één rij gemengde haag en één rij hazelaars aan de oostkant van de gemengde haag. Het is een dynamisch ontwerp waarover de uiteindelijke opzet in de loop van de proef een besluit genomen wordt. Een optie is dat de gemengde haag na 5-10 jaar verwijderd wordt (wijker) en de hazelaar-rij blijft (blijver). Dit wordt gedaan als de hazelaar-rij gesloten genoeg is. Met hazelaars die 4-6 m hoog kunnen worden en een windbreek-effect tot ca. 10 keer de boomhoogte worden effecten op gewassen verwacht tot 40-60 m afstand van de boomstrook. De behandelingen van 54 m en 108 m zijn gebaseerd op deze aanname. De richting van de boomstroken is noord-zuid, waardoor de lichtverspreiding op het gewas aan beide kanten egaal is, dit is van belang voor een homogene ontwikkeling van het akkerbouwgewas (Dupraz et al., 2018). Door de noord-zuid richting van de boomstroken is de windremming in het groeiseizoen naar verwachting hoog op deze locatie (Figuur 4, volgende pagina).

Tabel 1 | Overzicht van kenmerken van de afstandenproef.

Type proef	Randomized complete block design
Percelen	2 (1 gewas per perceel per jaar)
Perceeldimensies	250 m x 300 m
Totaal oppervlak	15 ha
Richting boomstroken	Noord-zuid
Breedte boomstroken	6 m
Lengte boomstroken	1500 m
Breedte boomstroken	6 m
Aantal boomstrokem	6
Afstand tussen haag en hazelaars	4,5 m
Gewassen	1 op 8 met consumptieaardappel, doperwtten, zaaiuien, peen, wintertarwe, witte kool en spinazie
Werkbreedte	3 m
Behandelingen	Drie verschillende boomstrook-afstanden: 54 m, 108 m en Referentie=geen windhaag



Figuur 4| De windrichting en windroos bij de agroforestry onderzoeksfaciliteit.



Figuur 5| Plattegrond van de afstandenproef waarin de behandelingen en de afstanden weergegeven zijn.

6.2 Aanplant en beheer

In Tabel 2 staan enkele eigenschappen van de gemengde haag in de afstandenproef op een rij. Voor de aanplant is een loonwerker ingehuurd en zijn stokken en boombeschermers gebruikt. Er is gekozen voor boomsoorten die passend zijn in een snelgroeiende gemengde haag die geen pluus- of vruchtvorming hebben die de eenjarige teelt zou kunnen verstoren. Verwacht wordt dat de soorten geen negatieve effecten hebben op de ziekte en plagen in de eenjarige teelt. 18 wilgen en 4 populieren zijn na uitval in het eerste jaar vervangen met zwarte els en fladderiep. Er is gekozen voor 'opgeknipte' bomen omvoldoende beluchting te halen. Met betrekking tot het aanplantpatroon is aandacht besteed aan het feit dat geen soort te

dominant zou gaan worden, waardoor er minder populieren en wilgen aangeplant zijn, en meer els en iep.

Tabel 2| Overzicht van kenmerken van de gemengde haag in de afstandenproef.

Plantjaar	Begin 2021
Soorten	Zwarte els - <i>Alnus glutinosa</i> , schietwilg - <i>Salix alba</i> 'Belders', fladderiep - <i>Ulmus laevis</i> en zwarte populier - <i>Populus nigra</i> 'Vereecken'
Plantpatroon	Herhaling na 15 bomen: populier, 2x els, wilg, 2x iep, populier, wilg, 2x els, populier, 2x iep en wilg
Plantgoed	150-200 cm
Plantafstand	1 m
Boomhoogte	Gelijk aan max. hoogte hazelaars
Diepte	60-80 cm

In tabel 3 staan enkele eigenschappen van de hazelaars in de afstandenproef op een rij. Er is voor gekozen om voor Nederland voldoende bekende rassen te gebruiken in de proef om de variatie in de data beperkt te houden. Daarbij is het niet bekend hoe nieuwe of geïntroduceerde rassen qua teelt, maar ook op de markt presteren. Deze drie rassen produceren tafelenoten en passen qua bloeitijdstip goed bij elkaar en zijn goed verenigbaar (advies Herman Janssen, De Nootsaek). Ze zijn geënt op 20 cm hoogte op een onderstam van zaailingen van *Coryllus colurna*; de Turkse hazelaar en waren dus één jaar oud bij de aanplant. Voordelen van een onderstam van Turkse hazelaar is dat er geen uitlopers (twijgen laag op de stam of vanuit de wortels) zijn en dat die mogelijk meer droogtetolerant is (persoonlijke mededeling, Bart van Sluis, april 2021). Arbeid voor snoei van uitlopers kan normaliter 1 dag werk per hectare zijn, mogelijk twee keer per jaar. Deze onderstam is dus uitermate geschikt voor agroforestry in de akkerbouw aangezien de arbeidsbeschikbaarheid beperkt is. Verder wordt er weleens beweerd dat je een lagere opbrengst en kleinere noten zou kunnen krijgen met deze onderstam.

Tabel 3| Overzicht van kenmerken van de hazelaars in de afstandenproef.

Plantjaar	Eind 2021
Rassen	<i>Coryllus avellana</i> - 'Gunslebert', <i>Coryllus avellana</i> - 'Gustav's Zeller' of 'Lange Tidlig Zeller' en <i>Coryllus avellana</i> - 'Corabel' (2,5 met Gustav's Zeller en 3,5 rij met Lange Tidlig Zeller)
Plantverband	2:2:1
Plantafstand	3 m
Boomhoogte	6-8 m

Bij de aanplant zijn alle bomen voorzien van linten en tonkinstokken op 1,5 m hoog. De bomenrijen krijgen ook druppelirrigatie met kraanwater uit een tank, met een druppelaar bij iedere boom. De druppelirrigatie wordt bevestigd op 30-40 cm hoogte i.v.m. mechanische onkruidbestrijding (vingerwieder).

Onder de bomen wordt de eerste twee groeijaren een strook van 100-150 cm zwart gehouden. Tussen de bomen wordt een strook van ca. 3 m ingezaaid met een gras-kruidentmengsel geschikt voor extensief maaibeheer. Met deze afmetingen is een spoorbreedte voor snoei van 260 cm mogelijk en een werkbreedte voor snoei van 300 cm mogelijk. Het grasmengsel, een laanboommengsel, bevat *Lolium perenne* - Engels raaigras, *Poa pratensis* - Veldbeemdgras

en *Festuca rubra* - Gewoon roodzwenkgras. Het kruidentmengsel bevat: *Bellis perennis* - Madeliefje, *Cardamine pratensis* - Pinksterbloem, *Crepis capillaris* - Klein streepzaad, *Erodium cicutarium* - Gewone reigersbek, *Hypochaeris radicata* - Gewoon biggenkruid, *Leontodon autumnale* - Vertakte leeuwentand, *Lotus corniculatus* - Gewone rolklaver, *Medicago lupulina* - Hopklaver, *Plantago lanceolata* - Smalle weegbree, *Prunella vulgaris* - Gewone brunel, *Ranunculus repens* - Kruipende boterbloem, *Rumex acetosella* - Schapenzuring, *Trifolium dubium* - Kleine klaver, *Trifolium pratense* - Rode klaver, *Trifolium repens* - Witte klaver.

De gemengde haag en de hazelaarrij krijgen een haagvorm door jaarlijks mechanisch te snoeien en staan hierdoor niet in de weg voor akkerbouwactiviteiten. Het belangrijkste hierbij is om ervoor te zorgen dat de haag niet te dicht wordt. De dichtheid is van belang omdat een te dichte haag een harde windstroom verplaatst in plaats van remt. De eerste 1 m van de stammen wordt ook kaal gehouden zodat er wat luchtverplaatsing aanwezig blijft dicht bij de hagen en de eenjarige gewassen dicht bij de hagen voldoende kunnen opdrogen. De hazelaars hebben in het begin begeleidings-snoei nodig, zoals het aanbinden van zijscheuten en takken in de rijrichting, het snoeien van de kop en stimuleren van zijtakvorming. De hazelaars mogen verder vrij ontwikkelen in de lengterichting van de rij en de snoei is gericht op het halen van een voldoende hoogte en geslotenheid. De hazelaars worden als ze groter zijn mechanisch gesnoeid, met een minimale inzet van handsnoei.

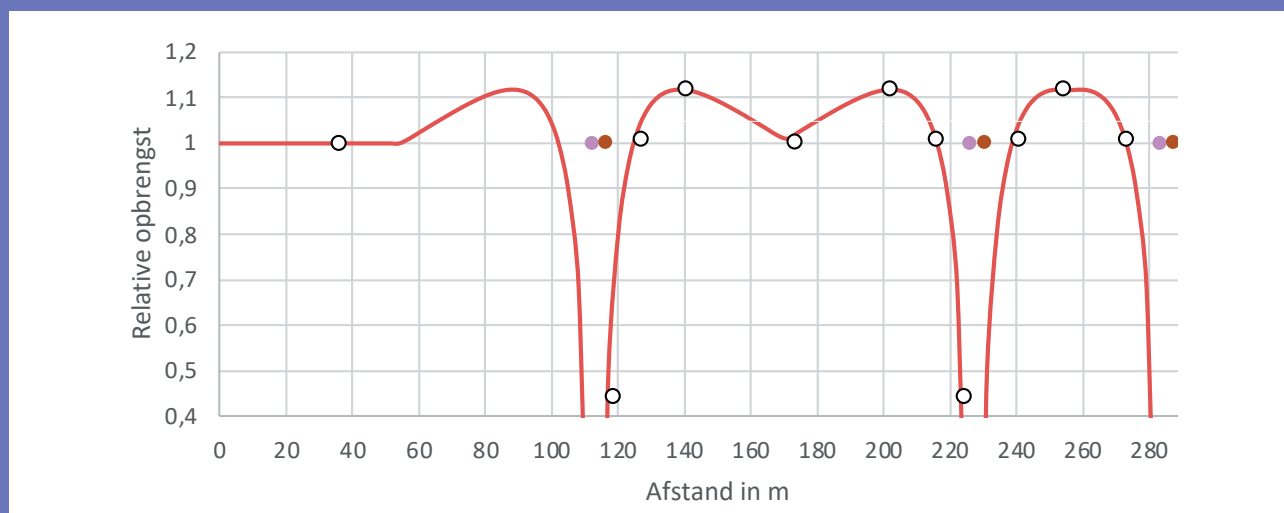
6.3 Monitoring

Microklimaat

De proef wordt nagenoeg continue gemonitord met in totaal 22 bodemstations en zes weerstations. De bodemstations meten het bodemvocht en -temperatuur terwijl de weerstations het microklimaat vastleggen: zonnestraling, neerslag, luchttemperatuur en -vochtigheid en windsnelheid en -richting. Er is voor gekozen om op de punten te meten waar op basis van literatuur het grootste effect verwacht wordt of waar effecten uitgewerkt zijn of elkaar opheffen (Figuur 6). Gebruikmakend van het model van Van Vooren et al. (2016) geeft dit één bodemstation op 75 m afstand van de bomen in de referentiebehandeling, in de 108 m gewasstroken zeven bodemstations op ongeveer 1,5, 10, 23 en 56 m afstand van de bomenrij, en in de 54 m gewasstroken drie bodemstations op 10

en 23 m afstand (vanaf de linker- én rechterkant van de akkerbouwstrook waardoor het totaal aantal bodemstations respectievelijk zeven en drie bodemstations wordt). De bodemstations worden in het midden van de boomstroken geplaatst op 130 m afstand van de perceelsranden. De weerstations worden als volgt geplaatst: één dicht bij de bomenrij op 6 m afstand, één op ca. 80 m afstand en één op 27,5 m afstand.

bepalen, waaronder koolstofopslag. Daarnaast wordt de bulkdichtheid van de bodem bepaald tot 30 cm diepte op de drie afstanden en in de rij wordt ook 30-60 cm bepaald. Er is verder een uitgebreide nulmeting gedaan van bodemparameters op de afstanden 5 en 10 m en in de boomstrook.



Gewas-, bodem- en biodiversiteitsmetingen

- Alle akkerbouwgewassen worden bemonsterd op **opbrengst en kwaliteit**. Dit wordt gedaan op dezelfde afstanden van de bomen als de meetstations. Er zullen ook opbrengstbepalingen worden gedaan aan de hazelaar vanaf dat die begint te produceren.
- **Biodiversiteit** wordt op beide percelen gemeten op drie verschillende afstanden van de boomstroken (25, 50 en 75 meter) en in de boomstrook. De monitoring vindt plaats tussen juni en september. De nachtvinders worden acht keer in het seizoen gevangen met behulp van led emmers. Vliegende insecten worden drie keer in het seizoen gevangen met malaise-vallen. Kruipende insecten worden drie keer per seizoen gevangen met potvallen. Voor de led emmers en malaise vallen is er per bemonsteringsplek één val terwijl voor de potvallen er per bemonsteringsplek drie vallen staan. Tevens wordt ook de aanwezigheid van de hazelnootboorder gemonitord.
- **Bodemmonsters** worden een keer per jaar buiten het groeiseizoen op de drie afstanden en in de boomstrook genomen en opgestuurd naar Eurofins om bodemkwaliteitsaspecten te

Figuur 6| De geschatte opbrengstverschillen op de Y-as en op de X-as de afstanden in het veld van één perceel. De paarse stip is de haag, de donkerbruine stip de hazelaar en de lege stippen de plaatsing van de sensoren.

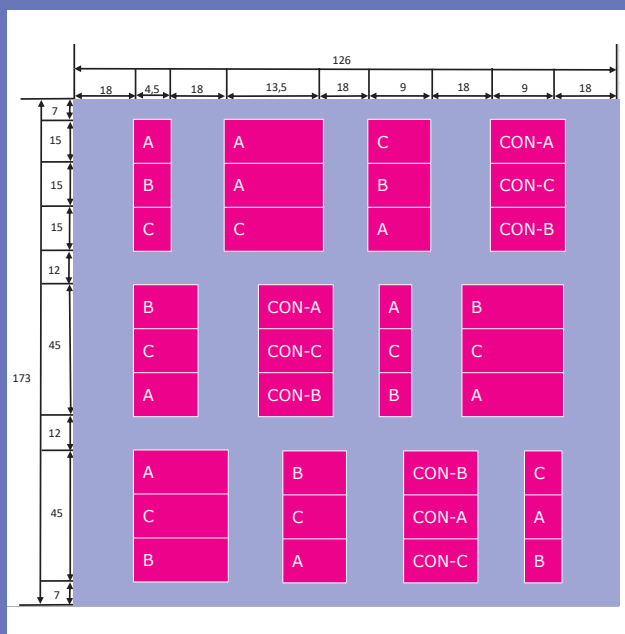
- De **koolstofvastlegging** (en groei) van de bovengrondse delen van de bomen wordt jaarlijks bepaald door uit de lengte en omtrek van de stam en de grootste zijtakken de volume te bepalen. Dit wordt omgerekend naar koolstofopslag.
- Het **windhaagcijfer** voor de mate waarin het eindstadium bereikt is: 100 cm breed, 500 cm hoog en gesloten. Mogelijk gebruikmakend van een digitale methode voor het kijken naar de optische porositeit van de haag.

7 Hoe ziet de boomvormenproef eruit?

7.1 Proefbeschrijving

De criteria voor de boomvorm van hazelaars zijn vanuit het oogpunt van productie en van microklimaatbeheersing verschillend. Het is daarom niet duidelijk wat de beste uiteindelijke boomvorm voor hazelaars in agroforestry zal zijn en wat de consequenties hiervan zijn op arbeid en productiehoeveelheid. Een haagsnoei

van de hazelaar wordt verwacht de opbrengst negatief te beïnvloeden. Tegelijkertijd zou een mechanische snoei veel arbeidskosten besparen. In de boomvormenproef worden verschillende snoei strategieën en boomvormen getoetst in enkele of meerrijige hazelaarstroken. Het aantal rijen wordt verwacht een effect te hebben op de productiehoeveelheid in verband met de windgevoeligheid van hazelaars.



Figuur 7| Plattegrond van de boomvormenproef. Afstanden zijn aangegeven in meters. A=Bolvorm, B=Windhaag met voornamelijk mechanische snoei, C= Windhaag met handsnoei. CON staat voor connectie, dit duidt op dat deze behandeling gelijk is aan de behandeling in de afstandenproef, hierdoor zijn de experimenten met elkaar verbonden.

De ruimtelijke proefopzet wordt weergegeven in Figuur 7. Op elk plot staan vijf hazelaars waarvan de bomen aan de uiteinden een buffer vormen tussen verschillende behandelingen. Er zijn in totaal 12 behandelingen in de proef, bestaand uit minstens drie snoei strategieën en vier plantconfiguraties:

1. 1 rij, gangbare bolvorm als in de standaard hazelnootteelt (A)
2. 1 rij, windhaagmodel met voornamelijk mechanische snoei (B)
3. 1 rij, windhaagmodel met handsnoei evt. aangevuld met mechanische snoei (C)
4. 2 rijen, gangbare bolvorm als in de standaard hazelnootteelt (A)
5. 2 rijen, windhaagmodel met voornamelijk mechanische snoei (B)
6. 2 rijen, windhaagmodel met handsnoei evt.

- aangevuld met mechanische snoei (C)
7. 3 rijen, gangbare bolvorm als in de standaard hazelnootteelt (A)
8. 3 rijen, windhaagmodel met voornamelijk mechanische snoei (B)
9. 3 rijen, windhaagmodel met handsnoei evt. aangevuld met mechanische snoei (C)
10. 1 rij + laanboomwindhaag (CON-B), voornamelijk mechanische snoei
11. 1 rij + laanboomwindhaag (CON), alternatieve snoei 1
12. 1 rij + laanboomwindhaag (CON), alternatieve snoei 2

CON staat voor connectie, dit duidt erop dat deze aanplant gelijk is met de aanplant in de afstandenproef, hierdoor zijn de experimenten met elkaar verbonden. In CON-B wordt ook dezelfde snoei strategie toegepast. De snoei strategie voor de andere CON-behandelingen is nog niet uitgewerkt.

7.2 Aanplant en beheer

In tabel 4 staan overige eigenschappen van de boomvormenproef op een rij. De bomen zijn op dezelfde wijze aangeplant als de bomen in de afstandenproef en de bomen en boomstroken worden met uitzondering voor de snoei op dezelfde wijze beheerd zoals beschreven voor de afstandenproef. De rijen staan op 4,5 m afstand van elkaar om mechanische snoei mogelijk te maken (3 m werkbreedte, 1 m boombreedte, 50 cm speling).

Tabel 4| Overzicht van kenmerken van de boomvormenproef. Overige eigenschappen van de proef zijn gelijk aan de afstandenproef

Type proef	Randomized block design
Herhalingen	3
Perceeldimensies	126 x 173 m
Totaal oppervlak	1,83 ha
Lengte boomstroken	45 m
Gewassen	Biologisch bouwplan
Behandelingen	3*4 = 12 verschillende behandelingen (zie hoofdstuk)
Plantjaar	eind 2021
Plantgoed gemengde haag	Spil 200-250 cm
Rassen hazelaar	<i>Corylus avellana</i> - 'Gunslebert', <i>Corylus avellana</i> - 'Gustav's Zeller' en <i>Corylus avellana</i> - 'Corabel'

7.3 Monitoring

De volgende aspecten worden gemonitord in de boomvormenproef:

- De **arbeidsbehoefte** voor de snoeistrategieën bij de hazelaars wordt elk jaar vastgelegd.
- De **groei van de hazelaars** in boomhoogte, per individuele boom elk jaar in het najaar gemeten
- De **opbrengst van de hazelaars** van drie meetbomen per plot. Beginnend vanaf begin productie.
- Het **windhaagcijfer** voor de mate waarin het eindstadium bereikt is: 100 cm breed, 500 cm hoog en gesloten. Mogelijk gebruikmakend van een digitale methode voor het kijken naar de optische porositeit van de haag.
- Uitgebreide nulmeting van **bodemparameters** (niet jaarlijks).
- De **koolstofvastlegging** in de bomen, mogelijk gebruikmakend van een digitale methode (niet jaarlijks)

8| Economie

De resultaten van de proeven gaan economisch geanalyseerd worden. Voor de analyse worden twee bedrijfsopzetten vergeleken. De referentiesituatie is een biologisch akkerbouwbedrijf met dezelfde akkerbouwgewassen als in de afstandenproef. De agroforestry-bedrijfsopzet betreft een biologisch akkerbouwbedrijf met uiteindelijk alleen hazelaars als houtig gewas. Deze opzet verandert gedurende de jaren waarbij de gemengde haag verwijderd wordt.

In de analyse worden eventuele effecten op akkerbouwgewassen, zoals benoemd in paragraaf 3, opgenomen, zowel de kosten als opbrengsten van de hazelnotenteelt. In Tabel 5 zijn de uitgangspunten voor de bedrijfsopzetten opgenomen, gebaseerd op 15 hectare met een 1 op 8 bouwplan. Voor de hazelaars wordt een gemiddeld saldo opgesteld waardoor het saldo voor hazelaars te vergelijken is met een akkerbouwsaldo. Hiermee worden kosten van uitgangsmateriaal en de aanlegkosten (loonwerk) evenredig verdeeld over de rekenperiode van 25 jaar. Dit komt overeen met de aanpak en uitgangspunten zoals gehanteerd in de Agroforestry Factsheet 4 – Economie. Daarnaast kan het voor toepassing van een soortgelijk ontwerp in de praktijk interessant zijn om door te rekenen wat het saldo zou zijn indien minder kosten voor plantgoed gemaakt zouden worden (voor de onderzoeksfaciliteit is relatief groot plantgoed gebruikt, om sneller effecten te kunnen meten) of wanneer druppelirrigatie achterwege gelaten wordt. Dit soort scenarioberekeningen kunnen uitgevoerd worden.

In het project PPS Ontwikkeling Businessmodellen Agroforestry (2022–2025) gaat onderzocht worden welke economisch haalbare concepten er zijn binnen agroforestry, waarbij gekeken wordt naar de formule (opbrengst x prijs) + betaalde diensten – kosten. Met betaalde diensten wordt bedoeld de (eventuele) vergoeding voor het leveren van ecosysteemdiensten, zoals koolstofvastlegging. Mogelijk zijn er instrumenten voor beloning van ecosysteemdiensten waardoor de rendabiliteit van agroforestry hoger kan worden. Als er hiertoe mogelijkheden blijken te zijn voor het systeem van de agroforestry-proef, zal dit meegenomen worden als een scenario in de economische analyse.

Tabel 5| Overzicht van de uitgangspunten voor economische analyse van het agroforestry-systeem in de afstandenproef.

Uitgangspunten	Biologische akkerbouw	Agroforestry-systeem
Herhalingen	12,5% consumptieaardappel, 12,5% doperwten, 25% wintertarwe, 12,5% zaaiuien, 12,5% winterpeen, 12,5% witte kool (industrie) en 12,5% spinazie	11,5% consumptieaardappel, 11,5% doperwten, 23,1% wintertarwe, 11,5% zaaiuien, 11,5% winterpeen, 11,5% witte kool (industrie) en 1,5% spinazie, 1,03% Hazelnoten, 6,7% servicestrook
Brongetallen	KWIN-AGV 2022	KWIN-AGV 2022, Agroforestry factsheet 4 en proefgegevens
Rekenperiode hazelnoten	-	25 jaar
Opbrengst (volproductief)	-	2.500 kg/ha
Prijs hazelnoten	-	3,50 EUR/kg

Sommige aspecten van de proef zijn nog in ontwikkeling; hetgeen beschreven staat in deze factsheet is wat er op dit moment (najaar '22) bekend is. Mogelijk gaan protocollen en behandelingen iets aangepast worden in de loop van de tijd. De bekendheid over agroforestry en de ontwikkelingen rondom agroforestry (zoals netwerkvorming en de opkomst van adviesbureaus) zijn afgelopen jaren enorm toegenomen. Agroforestry blijft echter een 'langzame teelt', bomen groeien nou eenmaal langzaam; het zal nog jaren duren voordat de in 2021 aangelegde agroforestry faciliteit is volgroeid tot werkend agro-ecosysteem en dat er betrouwbare en bruikbare onderzoeksresultaten uit voort kunnen komen. De onderzoekers verwachten dat zij binnen ca. vier jaar al wel de eerste resultaten kunnen rapporteren over opgetreden microklimaat effecten en trends kunnen beschrijven.

Het is de bedoeling dat de faciliteit minimaal 15 jaar blijft bestaan, en als de uitkomsten positief zijn, mogelijk uitgebreid wordt en/of ná die 15 jaar voortgezet wordt. Het is mogelijk dat de monitoring op de afstanden- en boomvormenproef in de loop van de tijd uitgebreid gaat worden, afhankelijk van de beschikbare financiering. De agroforestry faciliteit is overigens voor externen beschikbaar om metingen in uit te voeren. Ideeën hieromtrent van externe partijen zijn welkom.

Bronnen |

Baker, T. P., Moroni, M. T., Mendham, D., Smith, R., & Hunt, M. A. (2018). Impacts of windbreak shelter on crop and livestock production. *Crop and Pasture Science*, 69(8), 785-796.

Bervaes, J. C. A. M., Dik, E. J., Edelenbosch, N. H., Everts, H., van der Schans, D. A., & Westerdijk, C. E. Mengteelt van populieren met suikerbieten, snijmaïs en gras.

Cleugh, H. A. (1998). Effects of windbreaks on airflow, microclimates and crop yields. *Agroforestry systems*, 41(1), 55-84.

Dupraz, C., Blitz-Frayret, C., Lecomte, I., Molto, Q., Reyes, F., & Gosme, M. (2018). Influence of latitude on the light availability for intercrops in an agroforestry alley-cropping system. *Agroforestry Systems*, 92(4), 1019-1033.

Fuchs, L., Schoutsen, M., Rombouts, P., Noren, I. S., van der Maas, R., & van der Sluis, B. (2021). Agroforestry in het Zeeuwse landschap: Verkenning van de mogelijkheden van agroforestry in combinatie met akkerbouw in de provincie Zeeland met als uitgangspunt de Zeeuwse Bosvisie en de daarin beschreven landschapsoekgebieden (No. WPR-OT-903). Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten.

Hodges, L., Suratman, M. N., Brandle, J. R., & Hubbard, K. G. (2004). Growth and yield of snap beans as affected by wind protection and microclimate changes due to shelterbelts and planting dates. *HortScience*, 39(5), 996-1004.

Kanzler, M., Böhm, C., Mirck, J., Schmitt, D., & Veste, M. (2019). Microclimate effects on evaporation and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) yield within a temperate agroforestry system. *Agroforestry systems*, 93(5), 1821-1841.

Kort, J. (1988). 9. Benefits of windbreaks to field and forage crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 22, 165-190.

Leuschner, C., & Ellenberg, H. (2017). Forest Edges, Scrub, Hedges and Their Herb Communities. In *Ecology of Central European Forests* (pp. 747-774). Springer, Cham.

Mirck, J., Kanzler, M., Böhm, C., & Freese, D. (2016). Sugar beet yields in an alley cropping system during a dry summer. In *IFSA Conference* (pp. 12-15).

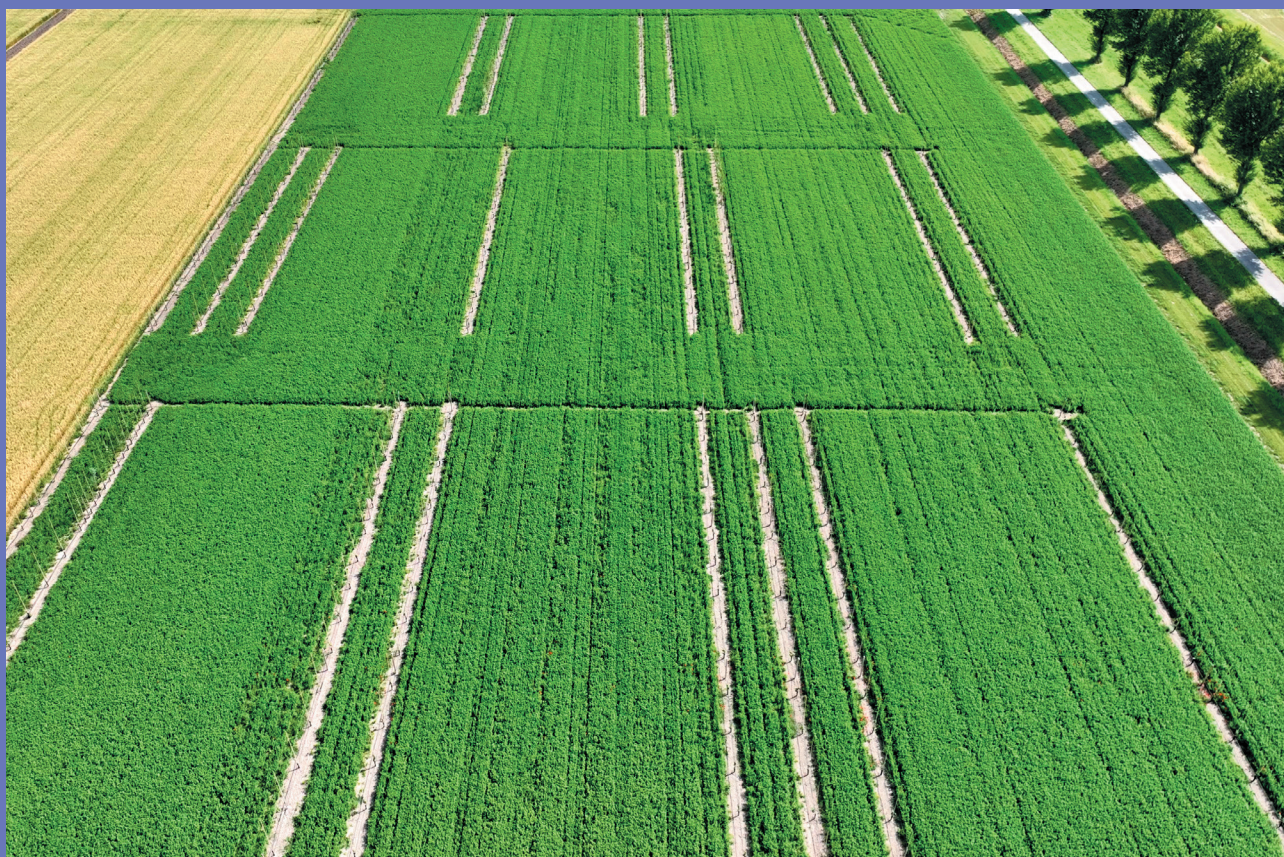
Nuberg, I. K. (1998). Effect of shelter on temperate crops: a review to define research for Australian conditions. *Agroforestry Systems*, 41(1), 3-34.

Reuler, H. van, Schoutsen, M., Cuperus, F., Groot, M., Keur, J., Ravesloot, M., Schepers, H., 2020. Nederlandse Notenteelt; Kennis en innovatie ten behoeve van de ontwikkeling van notenteelt in Nederland. Wageningen Research, Rapport WPR-843.

Taksdal, G. (1992). Windbreak effects on the carrot crop. *Acta Agriculturae Scandinavica B-Plant Soil Sciences*, 42(3), 177-183.

Voortman, R. L. (1977). houtwallen in het landschapsonderzoek van Enschede. *Nederlands bosbouw tijdschrift*.

Zheng, X., Zhu, J., & Xing, Z. (2016). Assessment of the effects of shelterbelts on crop yields at the regional scale in Northeast China. *Agricultural Systems*, 143, 49-60.



Auteurs | Isabella Selin-Norén & Maureen Schoutsen

Met medewerking van | Dirk van Apeldoorn,
Rien van der Maas, Maria-Franca Dekkers & Marcel Vijn

Vormgeving | Caroline Verhoeven

Voorpagina | Joris van der Kamp | Future Farmers Film
Productions. Agroforestry perceel in Lelystad

Contact |

Wageningen University & Research | Open Teelten
E | maureen.schoutsen@wur.nl T | +31(0)320 29 16 40
E | isabella.selinnoren@wur.nl T | +31(0)320 29 11 74

Deze factsheet is onderdeel van de serie 'Factsheets Agroforestry' en is een resultaat van het landelijk onderzoeksprogramma (PPS) Agroforestry (2019-2022)' (medegefinancierd door het ministerie van LNV).

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

© 2022 Wageningen University & Research