



## BIOMASSAPRODUCTIE EN KWALITEIT VAN LANDBOUWGEWASSEN EN BOMEN IN LIJNVORMIGE AGROFORESTRY SYSTEMEN



Paul Pardon, Bert Reubens, Jan Mertens, Kris Verheyen, Pieter De Frenne,  
Geert De Smet, Victoria Nelissen, Chris Van Waes, Dirk Reheul

Juni 2018

AGENTSCHAP  
INNOVEREN &  
ONDERNEMEN



Vlaanderen  
is ondernemen

ILVO  
Instituut voor Landbouw  
Wissel- en Voedingsonderzoek

inagro  
onderzoek & advies in land- & tuinbouw

UNIVERSITEIT  
GENT

Bodemkundige  
Dienst van België vzw

eco agrobeheercentrum

**Auteurs**

Pardon P., Reubens B., Mertens J., Verheyen K., De Frenne P., De Smet G., Nelissen V., Van Waes C., Reheul D.

**Foto's ©**

Consortium Agroforestry Vlaanderen, tenzij anders vermeld

**Aansprakelijkheidsbeperking**

De volledige inhoud van deze publicatie wordt beschermd door het auteursrecht. De partners van het VLAIO-project 'Agroforestry in Vlaanderen' (zijnde ILVO, Inagro, UGent, Bodemkundige Dienst van België en Agrobeheercentrum Eco<sup>2</sup>) verlenen echter aan alle gebruikers een gratis, wereldwijd toegangsrecht tot de publicatie en de toelating om de inhoud ervan te reproduceren, gebruiken, verspreiden en te tonen voor elke niet-commerciële doelstelling. Deze toelating is echter gekoppeld aan het correct vermelden van het auteurschap en de bijhorende eigendomsrechten.

Deze publicatie werd door de auteurs met de grootste zorg en zorgvuldigheid voorbereid. Noch de projectpartners, noch de auteurs, noch enige andere personen die betrokken werden bij de creatie, productie of totstandkoming van deze publicatie of de informatie die erin vervat zit, kan op enige wijze verantwoordelijk of aansprakelijk gesteld worden voor de juistheid, volledigheid of bruikbaarheid van enige informatie vervat in deze publicatie, noch kunnen ze aansprakelijk gesteld worden voor enige directe of indirecte schade die voortvloeit uit het gebruik van de informatie die beschikbaar gesteld wordt door deze publicatie.

**Meer info en contact:**

[www.agroforestryvlaanderen.be](http://www.agroforestryvlaanderen.be)

[info@agroforestryvlaanderen.be](mailto:info@agroforestryvlaanderen.be)

## Leeswijzer

Wat is agroforestry? Bij agroforestry of boslandbouw wordt de teelt van houtige gewassen (bomen of struiken) doelbewust gecombineerd met die van landbouwgewassen of vee. Op die manier worden vaak nieuwe producten en/of diensten gecreëerd, zowel op economisch, ecologisch als sociaal vlak. Mits doordachte aanpak, kan agroforestry de bedrijfsrendabiliteit verhogen, en helpen om natuurlijke hulpbronnen te behouden en te beschermen.

Agroforestry bestaat in vele vormen en gedaanten. Een typisch systeem dat vaak toegepast wordt in onze contreien, is dat van "alley cropping" waarbij de boomcomponent in rijen in het perceel georganiseerd is. Op deze wijze worden lijnvormige bomenrijen afgewisseld worden met stroken gewas. Ook bij "boundary planting" worden de bomen in lijnen aangeplant, bij dit systeem staan deze echter op de perceelsranden en niet in het perceel zelf.

Dit rapport geeft een overzicht van de potentiële effecten van bomenrijen in alley cropping percelen en op akkerranden op de opbrengst en kwaliteit van een aantal akkerbouwgewassen, met name wintergranen, maïs en aardappelen. Hierbij worden gradiënten in functie van afstand tot de bomenrijen geanalyseerd. De informatie is grotendeels gebaseerd op eigen metingen in systemen waarin de boomcomponent bestond uit populier. Een vergelijking met andere boomsoorten (waaronder walnoot) wordt eveneens gemaakt, en de resultaten worden gerelateerd aan die van vergelijkbare studies.

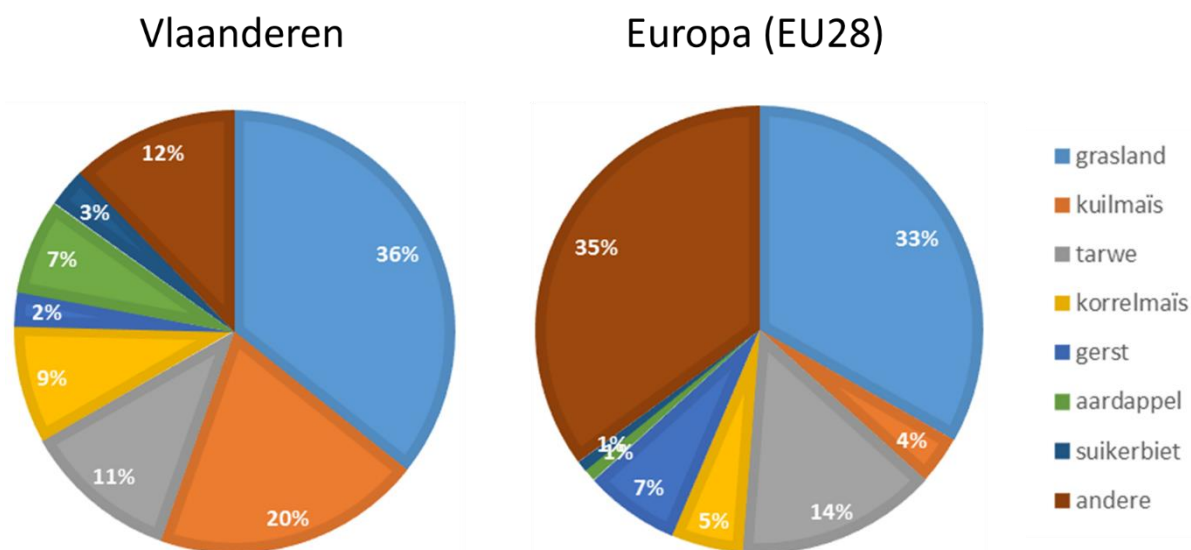
Dit rapport werd geschreven in het kader van het VLAIO-project 'Agroforestry in Vlaanderen' (looptijd september 2014-augustus 2019). Het wordt als een online module beschikbaar gesteld en systematisch geactualiseerd op basis van nieuwe kennis en ervaringen. Voor meer gedetailleerde informatie rond bepaalde onderwerpen, verwijst dit rapport ook regelmatig naar specifieke fiches beschikbaar via het online kennisloket op de website [www.agroforestryvlaanderen.be](http://www.agroforestryvlaanderen.be).

## INHOUD

1 Inleiding	4
2 Landbouwgewas	4
2.1 Opbrengst	5
2.1.1 Akkerbouw	5
2.1.2 Grasland	8
2.2 Kwaliteit	9
2.2.1 Akkerbouw	9
Mais	9
Aardappel	12
Wintergraan	12
2.2.2 Grasland	13
2.3 Effect boomsoort: opbrengst en kwaliteit nabij walnoot	14
2.4 Inzicht in de achterliggende processen: focus op het effect van lichtbeschikbaarheid op opbrengst & kwaliteit van wintertarwe	15
2.4.1 Lichtbeschikbaarheid	16
2.4.2 Opbrengst en kwaliteit wintertarwe	17
3 Referenties	19

## 1 INLEIDING

De totale beschikbare landbouwoppervlakte in Vlaanderen bedraagt 0.6 miljoen hectare (2015), ofte 45 % van het Vlaamse grondgebied. In Vlaanderen zijn de voornaamste gewassen o.b.v. geteelde oppervlakte **tarwe** (*Triticum aestivum* L.), **gerst** (*Hordeum vulgare* L.), **maïs** (*Zea mays* L.), **aardappel** (*Solanum tuberosum* L.) en **suikerbiet** (*Beta vulgaris* L.) (Fig. 1). Deze gewassen beslaan ongeveer de helft van de beschikbare landbouwgrond (FAOstat, 2018; LV, 2016). Circa een derde van het landbouwareaal wordt ingenomen door grasland. Ook in Europa (EU 28) zijn de voornaamste gewassen tarwe, gerst, maïs, en in mindere mate aardappel en suikerbiet (Eurostat, 2017; FAOstat, 2018). In Europa beslaan deze 5 gewassen circa een derde van het landbouwareaal, een derde wordt hier ingenomen door grasland. De totale oppervlakte landbouwgrond in Europa bedraagt 178.5 miljoen hectare. Voor de bovengenoemde landbouwgewassen worden in dit rapport de effecten van bomenrijen op de opbrengst en kwaliteit besproken.



**Figuur 1** Relatieve verdeling van de belangrijkste landbouwgewassen in Vlaanderen en Europa (EU 28) o.b.v. geteelde landbouwoppervlakte (Eurostat, 2017b; FAOstat, 2018).

De huidige landbouw in Vlaanderen (en grote delen van Europa) kent een hoge mechanisatiegraad. Daarom ligt de focus in wat volgt op systemen waarbij de bomen in rijen worden geteeld (bijv. alley cropping, bomen op akkerranden), aangezien deze goed combineerbaar zijn met het gebruik van machines. Daarenboven wordt in deze systemen de hoeveelheid schaduw (en dus de competitie voor licht) beperkt wanneer een noord-zuid oriëntatie van de bomenrijen wordt toegepast.

## 2 LANDBOUWGEWAS

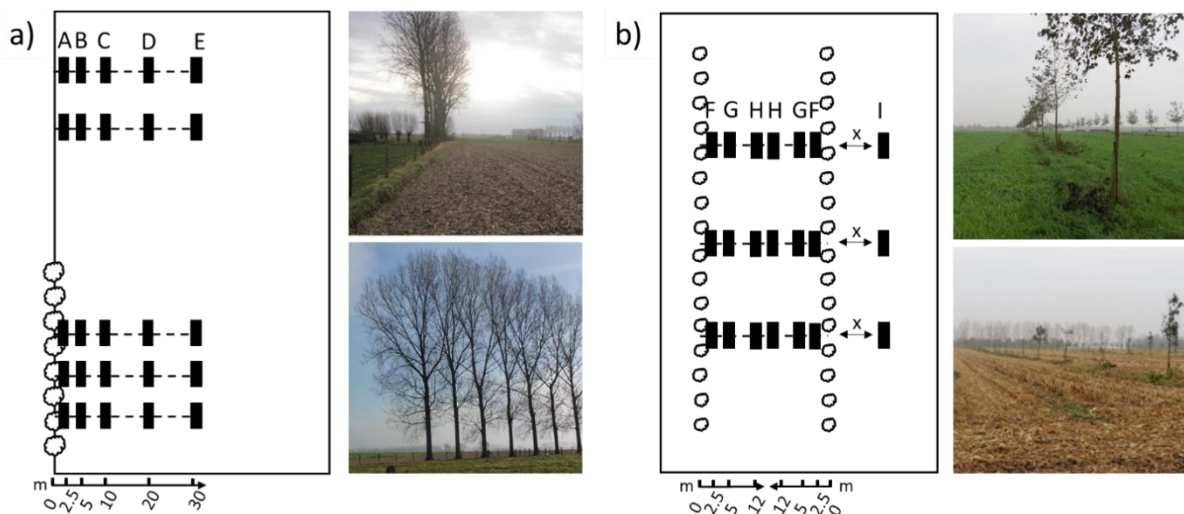
Op basis van metingen in Vlaanderen (en Wallonië) werden gedurende 2015, 2016 en 2017 opbrengst –en kwaliteitsgegevens van bovengenoemde gewassen verzameld in agroforestrysystemen (AFS) met verschillende boomleeftijdsklassen (Pardon et al., in voorbereiding) (Figuur 2). Aangezien mature alley cropping systemen in België nog nagenoeg onbestaande zijn, werden hierbij enerzijds metingen uitgevoerd op een set percelen (# 12) die (gedeeltelijk) geflankeerd worden door een volwassen bomenrij op de perceelsrand (**populier: 15-48 jaar, walnoot: 68-70 jaar**) (Figuur 3). Deze percelen worden in wat volgt aangeduid als “**boundary planted** percelen”. Het boomloze gedeelte van de perceelsrand dient hier als referentiesituatie. De percelen van deze set werden opgesplitst o.b.v. boomgrootte en boomsoort. Daarnaast werd een set van 6 jonge **alley cropping** percelen (**2-7 jaar**) geselecteerd. Aldus werden in totaal drie leeftijdsklassen bekomen: jong (alley cropping), middeloud (populier) en oud (populier en walnoot). De middeloude percelen met populier worden geflankeerd door bomen met een omtrek op borsthoogte groter dan 90 cm maar kleiner dan de

maximaal gewenste omtrek voor industriële verwerking (200 cm). Op de rand van de oude percelen met populier staan bomen met een omtrek groter dan 200 cm.



**Figuur 2** Locatie van de proefpercelen in België (x boundary planting, ◊ alley cropping) (Pardon et al., in voorbereiding).

Op deze percelen werden telkens transecten aangelegd loodrecht op de aanwezige bomenrijen. Binnen deze transecten werden op vaste afstanden opbrengstmetingen en bijhorende kwaliteitsbepalingen uitgevoerd.



**Figuur 3** Locatie van de meetpunten op de boundary planted (a) en young alley cropping (b) percelen. Zwarte rechthoeken geven de locatie aan waar proefopbrengstbepalingen werden uitgevoerd. "x": afstand tussen de dichtstbijzijnde bomenrij en de locatie waar controlemetingen werden uitgevoerd in de alley cropping percelen (variërende tussen 18 tot 55 m) (Pardon et al., in voorbereiding).

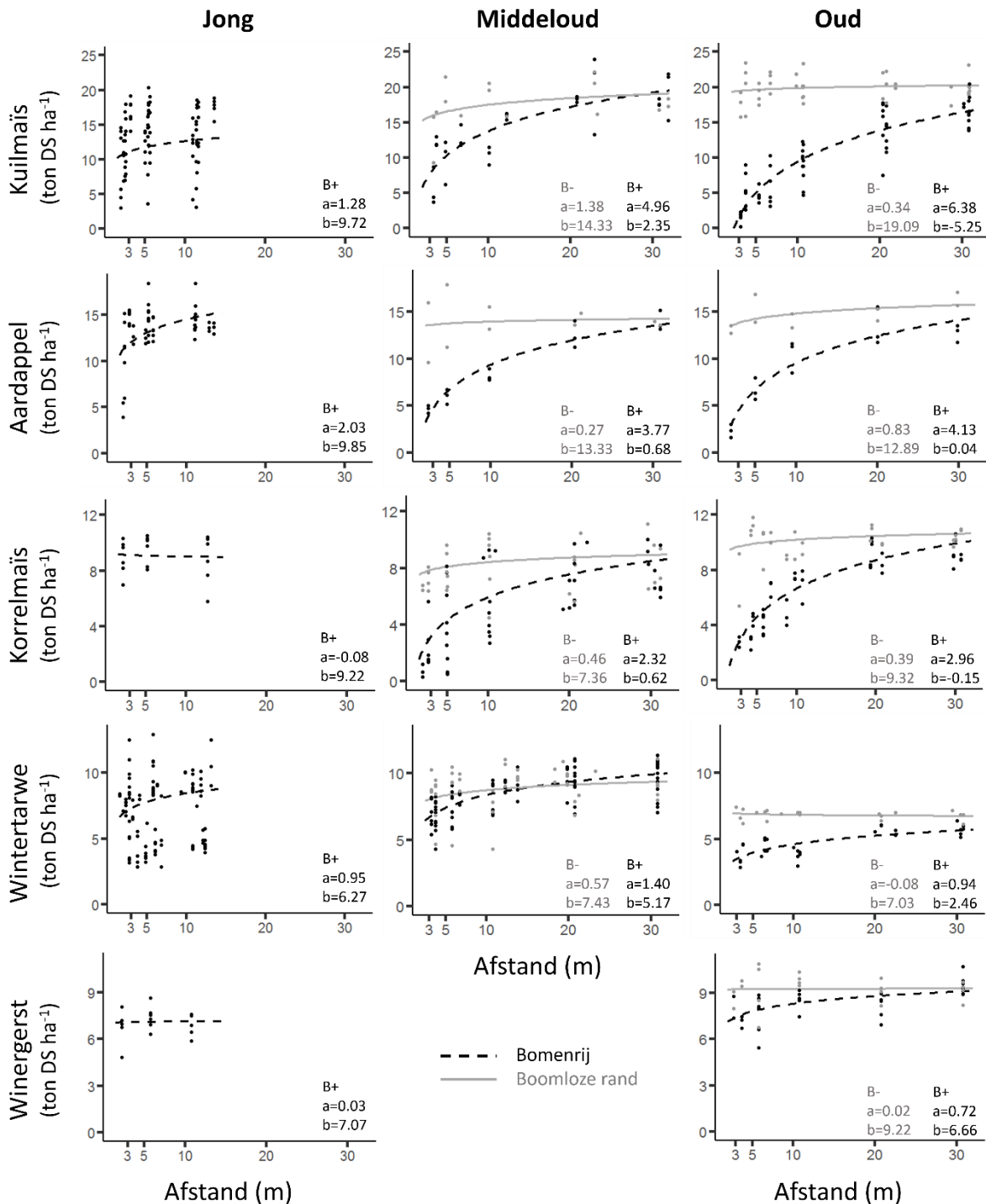
De resultaten betreffende gewasopbrengst en –kwaliteit van de jonge alley cropping percelen worden in wat volgt (2.1 en 2.2) samen voorgesteld met de resultaten van de populierenrijen, en dit voor elk bestudeerd landbouwgewas. Verder (2.3) wordt een vergelijking gemaakt tussen de oude boundary planted percelen met walnoot en populier.

## 2.1 OPBRENGST

### 2.1.1 AKKERBOUW

Op de middeloude en oude percelen met populier bleek de opbrengst van alle gewassen beduidend lager nabij de bomenrij. Deze opbrengstreducties namen exponentieel toe naarmate de afstand tot de bomen kleiner werd

(Figuur 4). De grootte van deze opbrengstreducties was echter afhankelijk van zowel de grootte (leeftijd) van de bomenrij als het type landbouwgewas.

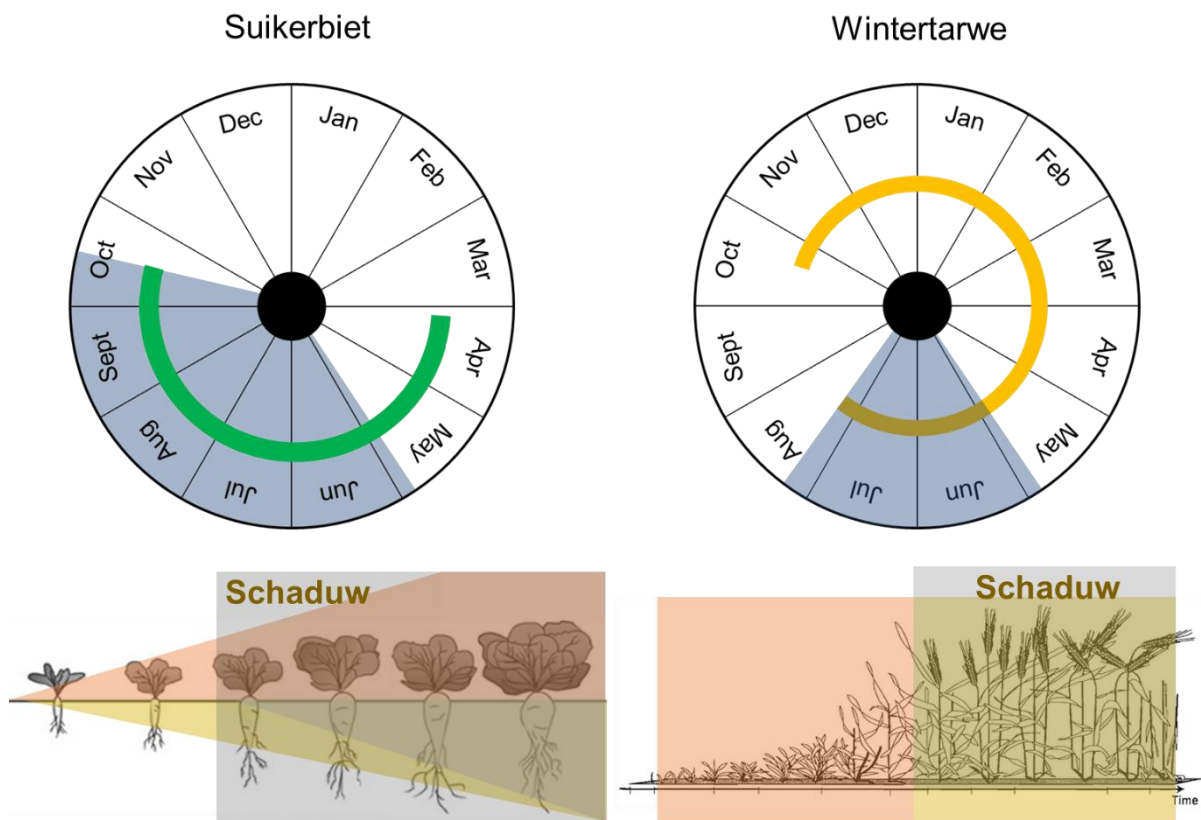


**Figuur 4** Gewasopbrengst in ton DS ha<sup>-1</sup> voor vijf akkerbouwgewassen in functie van aan- of afwezigheid van een bomenrij, en afstand (m) tot de bomenrij en/of boomloze rand. Zwarte stippellijn: bomenrij, grijs: boomloze referentierand. Vergelijking regressie:  $y = a \cdot \ln(\text{afstand in m}) + b$ , "B-": boomloze rand, "B+": bomenrij.

Op een afstand van 2.5 m van de middeloude populieren lag de opbrengst van korrelmajs, kuilmajs, aardappel en wintertarwe respectievelijk 68, 64, 69 en 35 % lager dan op een afstand gelijk aan 30 m van de bomen (Tabel 1). Nabij de oude populierenrijen bedragen deze opbrengstreducties respectievelijk 74, 96, 73, 41 en 20 % voor korrelmajs, kuilmajs, aardappel, wintertarwe en wingergerst.

Indien op de boundary planted percelen de zone tussen 2.5 en 30 m van de middeloude populieren vergeleken wordt met dezelfde zone naast de boomloze referentierand, dan resulteren deze lagere opbrengsten dicht bij de bomenrijen in een totaal opbrengstverlies in deze zone van respectievelijk 22, 14, 24 en 1 % voor korrelmais, kuilmais, aardappel en wintertarwe (Tabel 1). Nabij de oude populierenrijen bedragen de opbrengstreducties in deze zone respectievelijk 26; 43; 28; 28 en 9 % voor korrelmais, kuilmais, aardappel, wintertarwe en wintergerst. Ter vergelijking: indien de zone tussen 2.5 en 12 m van de bomenrijen wordt beschouwd, dienen deze opbrengstreducties met een factor 1.5 tot 2 vermenigvuldigd te worden (m.u.v. tarwe waar deze factor 7.5 bedraagt).

Uit bovenstaande blijkt dat de grootste opbrengstreducties worden waargenomen nabij de oudste bomenrijen en in het bijzonder voor maïs en aardappelen. Reducties in opbrengst van wintertarwe en vooral van wintergerst zijn daarentegen beperkter. Deze relatief grote verschillen naargelang gewastype zijn in hoofdzaak te verklaren door de verschillende overlap in groeiseizoenen tussen deze gewassen en de boomcomponent. Maïs en aardappelen (alsook suikerbiet: zie verder 2.3) worden beide in het voorjaar/lente gezaaid/gepoot. Het groeiseizoen van beide gewassen verloopt dus in belangrijke mate parallel met dit van de aanwezige bomen, wat tot sterke competitie voor licht, water, etc. kan leiden. Dit in tegenstelling tot wintergranen, die in het najaar gezaaid worden en dus een groot deel van hun gewasgroei kunnen volbrengen voor de start van het groeiseizoen van de boomcomponent (Figuur 5). Daarnaast is maïs een C<sub>4</sub> gewas en treedt lichtverzadiging dus later op in vergelijking met C<sub>3</sub> gewassen zoals bijvoorbeeld wintertarwe. Bijgevolg is de groei van maïs sterker onderhevig aan de negatieve effecten van (mogelijke) beschaduwing die voorkomt nabij de bomenrijen.



**Figuur 5** Verschil in de overlap in groeiseizoenen van de boomcomponent (walnoot) en een zomergewas (suikerbiet) versus een wintergewas (wintertarwe) (Artru, 2017).

Ook op de jonge alley cropping percelen werden beduidend lagere gewasopbrengsten waargenomen dicht bij de bomenrij (Figuur 4). Dit echter enkel voor kuilmais, aardappel en wintertarwe. Door de beperkte boomgrootte zijn deze reducties nabij de jonge bomenrijen op de alley cropping percelen daarnaast aanzienlijk



kleiner in vergelijking met de boundary planted percelen met (middel)oude populieren. Voor wintergerst en korrelmaïs werden nabij deze jonge bomenrijen geen betekenisvolle opbrengstreducties gevonden. In het geval van wintergerst is dit mogelijk te wijten aan de zeer beperkte overlap in groeiseizoenen tussen bomen en gewas (zie hoger). Hoewel niet significant, blijkt de opbrengst van korrelmaïs zelfs beperkt hoger te zijn nabij de bomenrijen. Een gelijkaardige (niet-significante) trend werd ook waargenomen door Gillespie et al. (2000) nabij jonge notelaars (3 jaar) in een alley cropping perceel. Deze verhoogde opbrengst werd toegeschreven aan een hogere lichtbeschikbaarheid in de buitenste maisrijen en een potentieel lagere competitie voor vocht met naburige maïsrijen. Hoewel maïs in oudere agroforestrypercelen indien mogelijk best vermeden wordt in de gewasrotatie, geeft bovenstaande aan dat de teelt van dit gewas in jonge agroforestry (AF) percelen zelfs voordelig (hogere opbrengst) kan zijn.

**Tabel 1** Gemiddelde opbrengst (in ton DS ha<sup>-1</sup>) van vijf akkerbouwgewassen in de zone tussen 2.5 en 12 m en tussen 2.5 en 30 m van de bomenrij/boomloze referentierand. "Controle": referentie proefvlakken op jonge alley cropping percelen, "NA": geen data beschikbaar (Pardon et al., in voorbereiding).

		Korrelmaïs	Kuilmaïs	Aardappel	Wintertarwe	Wintergerst
<b>2.5 to 12 m</b>						
Jong	Bomenrij	9.1	12.1	13.7	8.1	7.1
	Controle	NA	14.2	15.4	6.9	7.6
	<b>Δ opbrengst (%)</b>	NA	<b>-14.8</b>	<b>-11.0</b>	<b>17.4</b>	<b>-6.6</b>
Middeloud	Bomenrij	5.0	11.8	7.8	7.8	NA
	Boomloze rand	8.2	17.0	13.8	8.5	NA
	<b>Δ opbrengst (%)</b>	<b>-39.0</b>	<b>-30.6</b>	<b>-43.5</b>	<b>-8.2</b>	NA
Oud	Bomenrij	5.5	6.9	7.9	4.2	8.01
	Boomloze rand	10.0	19.7	14.5	6.9	9.26
	<b>Δ opbrengst (%)</b>	<b>-45.0</b>	<b>-65.0</b>	<b>-45.5</b>	<b>-39.1</b>	<b>-13.5</b>
<b>2.5 to 30 m</b>						
Middeloud	Bomenrij	6.7	15.4	10.6	8.8	NA
	Boomloze rand	8.6	18.0	14.0	8.9	NA
	<b>Δ opbrengst (%)</b>	<b>-22.1</b>	<b>-14.4</b>	<b>-24.3</b>	<b>-1.1</b>	NA
Oud	Bomenrij	7.6	11.5	10.9	4.9	8.5
	Boomloze rand	10.3	20.0	15.1	6.8	9.3
	<b>Δ opbrengst (%)</b>	<b>-26.2</b>	<b>-42.5</b>	<b>-27.8</b>	<b>-27.9</b>	<b>-8.6</b>

Op een afstand van 2.5 m van de bomenrijen op de alley cropping percelen is de opbrengst van kuilmaïs, aardappel en wintertarwe respectievelijk 16, 21 en 17 % lager dan de opbrengst op 12 m van de bomenrijen (Figuur 4). Indien de volledige zone tussen 2.5 en 12 m van de dichtstbijzijnde bomenrij wordt beschouwd, dan blijkt de opbrengst van kuilmaïs, aardappel en wintergerst respectievelijk 15, 11 en 7 % lager te zijn dan de opbrengst in de controle-proefvlakken (Tabel 1). De opbrengst van wintertarwe is daarentegen 17 % hoger. Deze waarde dient echter met voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden, aangezien op de twee alley cropping percelen met de hoogste tarwe-opbrengst geen controlemetingen werden uitgevoerd. In meerdere (buitenlandse) studies werd echter ook reeds een positief effect van boomaanwezigheid waargenomen of gesuggereerd, dit als gevolg van bescherming tegen wind, de creatie van een gunstig microklimaat en een hogere nutriëntenbeschikbaarheid (Thevathasan and Gordon, 2004; Zhang, 1999). Zo werd bijvoorbeeld door Zhang (1999) een gemiddelde stijging in tarweopbrengst van 8.4 % genoteerd in jonge alley cropping systemen (10-12 jaar) in Ontario, Canada.

### 2.1.2 GRASLAND

In silvopastorale systemen in gematigde streken werd tot dusver nog maar weinig empirisch onderzoek uitgevoerd naar de mate waarin productie, botanische samenstelling en voederkwaliteit van het grasland beïnvloed worden door beschaduwning (Ehret et al., 2015). Uit een studie uitgevoerd in Nieuw-Zeeland van Guevara-Escobar et al. (2007) blijkt dat vijf-jaar oude populieren (50-100 bomen/ha) geen effect hebben op grasproductie, terwijl oudere populieren (>29 jaar, 40 bomen/ha) de grasproductie met 40% reduceren. Uit onderzoek van Devkota et al. (2001) uitgevoerd in Nieuw-Zeeland blijkt dat onder een bladerdek van een

populier van meer dan 30 jaar oud de grasproductie 35% bedraagt van de grasproductie in open grasland. Uit die laatste studie blijkt ook dat silvopastorale systemen met loofbomen, met een bladerdek met een bedekkingsgraad van 40-50%, zouden resulteren in een grasproductie van ongeveer 2/3 van de productie in een open weiland. Ehret et al. (2015) onderzochten het effect van artificiële beschaduwing op grasklaver (witte klaver/Engels raaigras) gedurende twee jaren in Duitsland. Bij een beschaduwing van 80% daalde de productie met 70% in beide jaren in vergelijking met een controle zonder beschaduwing, terwijl het klavergehalte met 93% daalde in het tweede jaar, hetgeen wijst op de gevoeligheid van klaver aan een lagere lichtbeschikbaarheid. Bij minder beschaduwing was het effect minder groot. De auteurs besluiten dan ook dat het mogelijk is om met witte klaver/Engels raaigras te werken indien de beschaduwing beperkt of matig is.

## 2.2 KWALITEIT

### 2.2.1 AKKERBOUW

In het onderzoek van Pardon et al. (in voorbereiding) werd voor elk proefvlak, gebruikt voor de opbrengstbepalingen, tevens een gewasstaal verzameld om een set kwaliteitsparameters te analyseren. Volgende parameters werden geanalyseerd voor de respectievelijke gewassen:

Korrelmais	Kuilmais	Aardappel	Wintertarwe	Wintergerst
Droge stof %	Droge stof % Zetmeelgehalte Verteerbaarheid Organische stof (VOS)	Droge stof % Onderwatergewicht (OWG) Diam. > 35mm	Droge stof % Ruw eiwit	Droge stof % Ruw eiwit

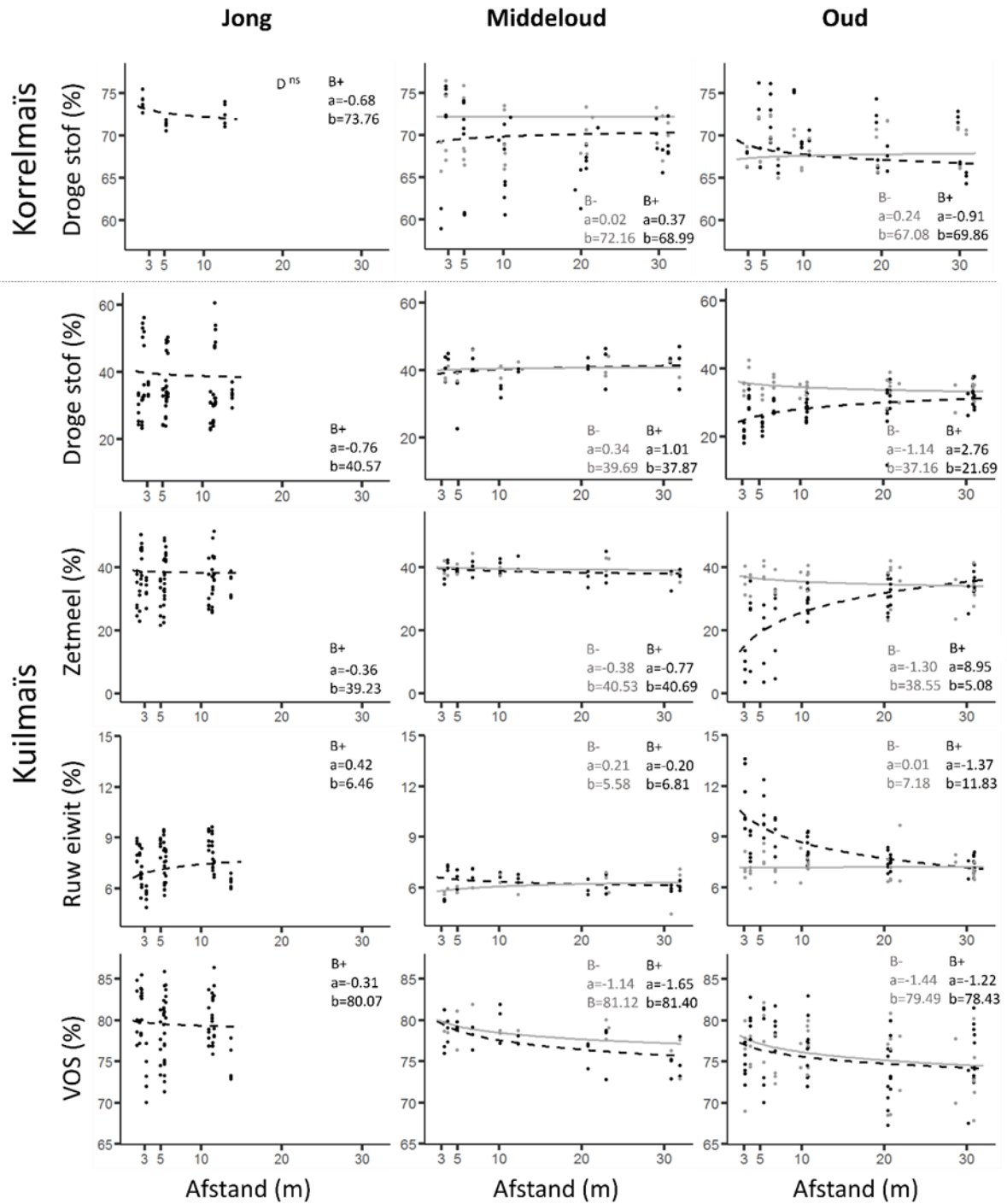
### MAIS

Het effect van de bomenrijen op het **droge stof gehalte** van de mais-stalen bleek vrij variabel te zijn. Dit enerzijds voor korrelmais in vergelijking met kuilmais, en anderzijds over de leeftijdsklassen heen (Figuur 6, Figuur 8):

- Voor **kuilmais** was het effect of de *jonge alley cropping* en *middeloude percelen met populier* zeer beperkt (tot afwezig)
- Op de *oude percelen met populier* bleek het droge stof gehalte van **kuilmaïs** echter significant lager te zijn nabij de bomen (24 % op 2.5 m afstand) in vergelijking met verder in het veld (31 % op 30 m afstand).
- Op de *middeloude percelen met populier* werd een algemene daling van 2.2 % van het droge stof gehalte van **korrelmais** waargenomen in de zone tussen 2.5 en 30 m ten opzichte van de situatie zonder bomen.
- Op de percelen met de *oudste bomenrijen* bleek het droge stof gehalte van **korrelmaïs** dan weer iets hoger te zijn nabij de bomen.

Bovenstaande resultaten geven aan dat, hoewel de mogelijke effecten op droge stof gehalte relatief groot kunnen zijn, deze (sterk) afhankelijk blijken te zijn van perceel-specifieke aspecten en mogelijk jaareffecten.

Effecten van boomaanwezigheid op **ruw eiwit- en zetmeelgehalte** van kuilmaïs waren relatief beperkt voor de *jonge en middeloude leeftijdsklasse*. Voor de *oudste leeftijdsklasse* van populier was het ruw eiwitgehalte echter 3.4 % hoger op een afstand van 2.5 m van de bomenrij in vergelijking met een afstand van 30 m (Figuur 6). In de zone tussen 2.5 en 30 m van de bomenrij komt dit overeen met stijging in ruw eiwitgehalte van 1.0 % ten opzichte van de zone naast de boomloze rand (Tabel 2). Het zetmeelgehalte van de kuilmaïs-stalen was op deze laatstgenoemde percelen 22 % lager nabij de bomenrijen (2.5 m) ten opzichte van verder in het veld (30 m), wat overeenkomt met een globale daling van 6.6 % nabij de bomen (2.5 tot 30 m) in vergelijking met de zone naast de boomloze rand. Geen significante effecten van boomaanwezigheid werden gevonden voor de **celwandverteerbaarheid** van kuilmaïs.



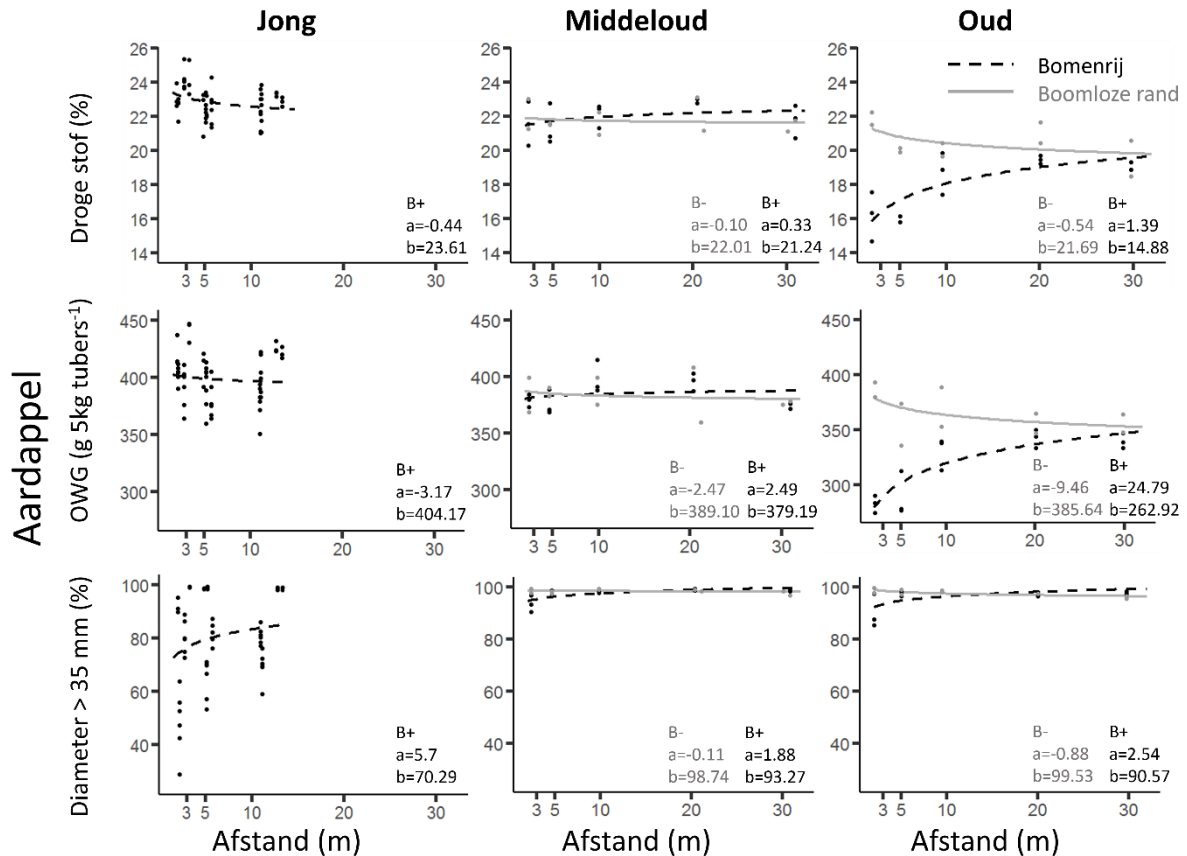
**Figuur 6** Kwaliteit van korrelmaïs en kuilmaïs in functie van aan- of afwezigheid van een bomenrij, en afstand (m) tot de bomenrij en/of boomloze rand. Zwarte stippellijn: bomenrij, grijs: boomloze referentierand. Vergelijking regressie:  $y = a \cdot \ln(\text{afstand in m}) + b$ , "B-": referentie, "B+": bomenrij (Pardon et al., in voorbereiding).

**Tabel 2** Gemiddelde kwaliteit van vijf akkerbouwgewassen in de zone tussen 2.5 en 12 m en tussen 2.5 en 30 m van de bomenrij/boomloze referentierand. "Controle": referentie proefvlakken op jonge alley cropping percelen, "NA": geen data beschikbaar (Pardon et al., in voorbereiding).

		Kuilmajs				Aardappel			Korrelmajs	Wintertarwe		Wintergerst	
		Droge stof (%)	Zetmeel (%)	Ruw eiwit (%)	VOS (%)	Droge stof (%)	OWG (g 5 kg tubers <sup>-1</sup> )	Diameter fractie <35 mm	Droge stof (%)	Droge stof (%)	Ruw eiwit (%)	Droge stof (%)	Ruw eiwit (%)
2.5 to 12m													
Jong	Bomenrij	39.1	38.6	7.3	79.5	13.7	398.2	81.1	72.5	83.7	11.9	90.1	9.4±0.9
	Controle	35.6	37.6	7.7	79.2	22.5	398.1	93.6	NA	84.6	11.7	89.7	10.9±0.4
	<b>Δ opbrengst (%)</b>	<b>9.8</b>	<b>2.7</b>	<b>-5.2</b>	<b>0.4</b>	<b>-39.1</b>	<b>0.0</b>	<b>-13.4</b>	<b>NA</b>	<b>-1.1</b>	<b>1.7</b>	<b>0.4</b>	<b>-13.8</b>
Middeloud	Bomenrij	39.8	39.2	6.4	78.3	21.9	383.9	96.8	69.7	83.2	15.5	NA	NA
	Boomloze rand	40.3	39.8	6.0	79.0	21.8	384.4	98.3	72.2	84.7	13.4	NA	NA
	<b>Δ opbrengst (%)</b>	<b>-1.2</b>	<b>-1,5</b>	<b>6,7</b>	<b>-0,9</b>	<b>0,5</b>	<b>-0,1</b>	<b>-1.5</b>	<b>-3.5</b>	<b>-1.8</b>	<b>15,7</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>
Oud	Bomenrij	26.9	22.1	9.2	76.8	17.5	310.0	95.4	68.1	80.2	15.8	86.4	11.2±1.2
	Boomloze rand	35.0	36.1	7.2	76.1	20.7	367.7	97.9	67.5	83.7	13.5	90.7	10.1±2.0
	<b>Δ opbrengst (%)</b>	<b>-23.1</b>	<b>-38,8</b>	<b>27,8</b>	<b>0,9</b>	<b>-15,5</b>	<b>-15,7</b>	<b>-2.6</b>	<b>0.9</b>	<b>-4.2</b>	<b>17,0</b>	<b>-4.7</b>	<b>10.9</b>
2.5 to 30m													
Middeloud	Bomenrij	41.5	38.7	6.3	77.1	22.1	385.7	98.2	70.0	83.5	15.1	NA	NA
	Boomloze rand	41.6	39.5	6.1	78.1	21.7	382.6	98.2	72.2	84.8	13.5	NA	NA
	<b>Δ opbrengst (%)</b>	<b>-0.2</b>	<b>-2,0</b>	<b>3,3</b>	<b>-1,3</b>	<b>1,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,0</b>	<b>-3.0</b>	<b>-1.5</b>	<b>11,9</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>
Oud	Bomenrij	29.9	28.6	8.2	75.7	18.5	328.0	97.2	67.5	80.3	15.2	86.6	11.0±1.4
	Boomloze rand	34.1	35.2	7.2	75.2	20.3	360.8	97.2	67.7	83.9	13.5	89.5	10.0±2.2
	<b>Δ opbrengst (%)</b>	<b>-12.3</b>	<b>-18,8</b>	<b>13,9</b>	<b>0,7</b>	<b>-8,9</b>	<b>-9,1</b>	<b>0,0</b>	<b>-0.3</b>	<b>-4.3</b>	<b>12,6</b>	<b>-3.3</b>	<b>10.0</b>

## AARDAPPEL

Effecten van boomaanwezigheid op de geanalyseerde kwaliteitsparameters van aardappel waren beperkt op de *jonge alley cropping* percelen en nabij de *middeloude populierenrijen*. Op de percelen geflankeerd door *oude populierenrijen* was zowel het **droge stofgehalte** als het **onderwatergewicht** significant lager nabij de bomen (Figuur 7). In de zone tussen 2.5 en 30 m van de bomenrij werd een gemiddelde daling van deze parameters van respectievelijk 1.8 % en 32.8 g (5 kg tubers<sup>-1</sup>) waargenomen (Tabel 2). De fractie aardappelen met een **diameter** kleiner dan 35 mm was significant hoger nabij de bomen in elke leeftijdsklasse.



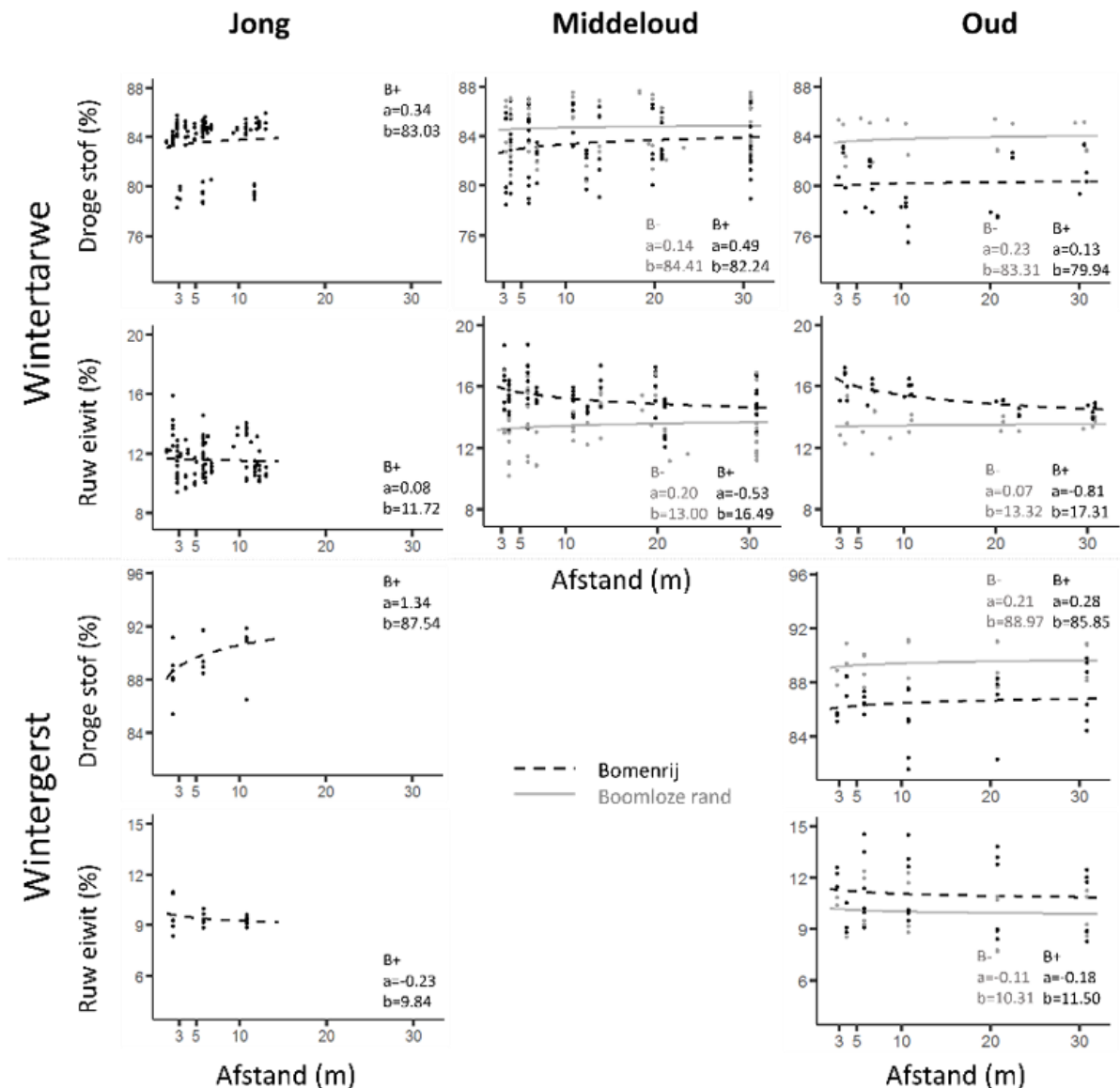
**Figuur 7** Kwaliteit van aardappel in functie van aan- of afwezigheid van een bomenrij, en afstand (m) tot de bomenrij en/of boomloze rand. Zwarte stippellijn: bomenrij, grijs: boomloze referentierand. Vergelijking regressie:  $y = a * \ln(\text{afstand in m}) + b$ , "B-": boomloze rand, "B+": bomenrij (Pardon et al., in voorbereiding).

## WINTERGRAAN

Het **droge stof gehalte** van wintertarwe was doorgaans significant lager nabij de bomen. Voornamelijk op de *middeloude en oude percelen met populier* resulteerde dit in een aanzienlijke daling naast de bomen (2.5 tot 30 m) ten opzichte van de referentiezone van respectievelijk 1.3 en 3.6 % in vergelijking met de zone naast de boomloze referentierand. Een gelijkaardige daling van 2.9 % werd waargenomen voor wintergerst op de percelen van de *oudste leeftijdsklasse* (Figuur 8).

Voor het **ruw eiwitgehalte** van wintertarwe en wintergerst werd een stijging waargenomen. Een absolute stijging in ruw eiwitgehalte van wintertarwe van respectievelijk 1.3 en 2.0 % werd waargenomen op de *middeloude en oude percelen met populier* op 2.5 m van de bomen in vergelijking met op 30 m afstand. Indien de zone tussen 2.5 en 30 m van de bomen vergeleken wordt met dezelfde zone naast de boomloze rand wordt aldus een stijging van respectievelijk 1.6 en 1.7 % gerealiseerd. Het ruw eiwitgehalte van wintergerst bleek 1.0

% hoger in de zone nabij de oudste bomen (2.5 tot 30 m) in vergelijking met de zone naast de boomloze rand op deze percelen.



**Figuur 8** Kwaliteit van wintertarwe en wintergerst in functie van aan- of afwezigheid van een bomenrij, en afstand (m) tot de bomenrij en/of boomloze rand. Zwarte stippellijn: bomenrij, grijs: boomloze referentierand. Vergelijking regressie:  $y = a \cdot \ln(\text{afstand in m}) + b$ , "B-": boomloze rand, "B+": bomenrij (Pardon et al., in voorbereiding).

## 2.2.2 GRASLAND

Zoals hierboven reeds vermeld kan door beschaduwing het voorkomen van bepaalde soorten wijzigen onder beschaduwing. Ook Oosterbaan et al., (2005) geven aan dat de botanische samenstelling in agroforestrypercelen kan wijzigen, waarbij bijvoorbeeld op weinig tot niet bemeste percelen voornamelijk eerder laag-productieve grassen groeien zoals struisgras (*Agrostis capillaris* L.) en gestreepte witbol (*Holcus lanatus* L.). In een studie waarbij de samenstelling van grasland in een alley cropping perceel met populier (14 jaar, rij-afstand 16 m) bestudeerd werd, bleken beide voornoemde grassen het meest vertegenwoordigd (Engels, 2015).

Zonder dat we over kwantitatieve gegevens beschikken, is het daarnaast duidelijk dat het drogen van gemaaid gras onder bomen trager zal verlopen. Dit plaatselijk trager drogen zal ook in een heterogener materiaal resulteren op het moment van inkuilen of hooien. Tijdens goed drogend weer wordt verwacht dat de effecten

beperkt zullen zijn, maar bij slecht drogend weer en bij een relatief hoge boomdichtheid kan dit wellicht de kwaliteit van voordroogkuil of hooi negatief beïnvloeden. Daarnaast kunnen afgevallen takken de maaiwerkzaamheden bemoeilijken en in het hooi terecht komen. Bijgevolg is het aangeraden afgevallen dikkere takken voor het maaien te vermijden.

### 2.3 EFFECT BOOMSOORT: OPBRENGST EN KWALITEIT NABIJ WALNOOT

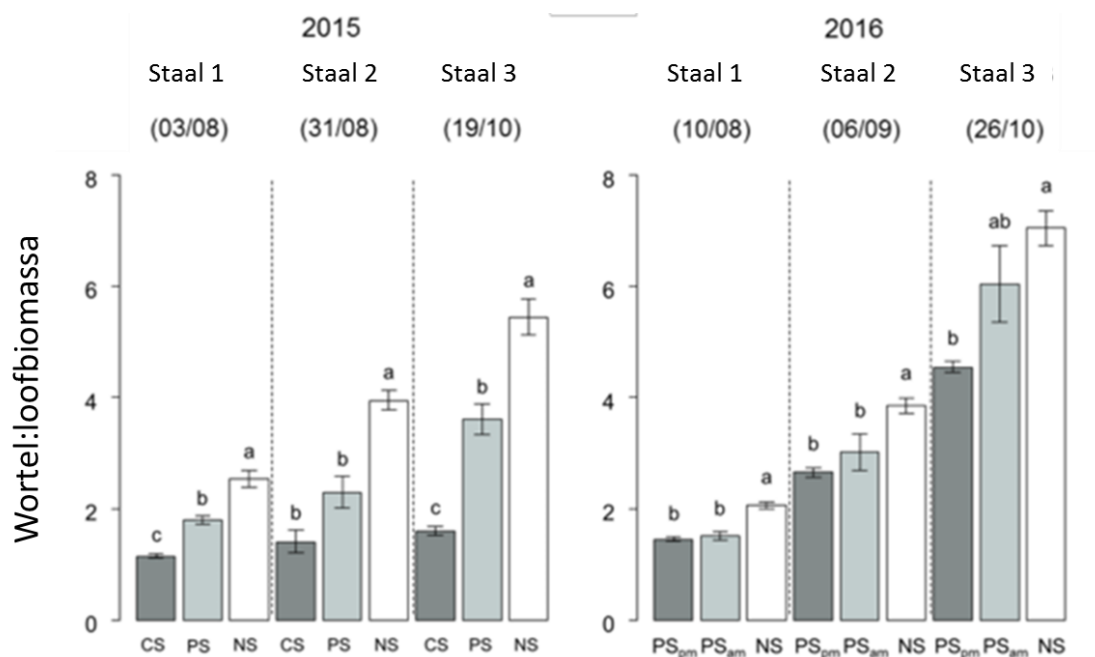
Om na te gaan wat de invloed is van boomsoort op de hiervoor beschreven effecten bij populieren, werden binnen ons project op twee percelen die gedeeltelijk begrensd werden door een rij oude walnootbomen (68 jaar) opbrengstbepalingen van de aanwezige landbouwgewassen uitgevoerd volgens het hierboven beschreven proefopzet (Pardon et al., in voorbereiding). Ook hier bleek de gewasopbrengst exponentieel af te nemen naarmate de afstand tot de walnootbomen kleiner werd. Dit resulteerde in een gewasopbrengst die in de zone tussen 3 en 30 m nabij de bomen respectievelijk 5.0, 10.6, 11.9 en 7.8 % lager was voor wintertarwe, wintergerst, wintertriticale en korrelmaïs in vergelijking met dezelfde zone naast de boomloze referentierand (Tabel 3). Hoewel de leeftijd van de notelaars aanzienlijk hoger is dan de leeftijd van de (oude) populieren in bovenstaand onderzoek, blijken de waargenomen opbrengstverliezen dus aanzienlijk beperkter te zijn. Dit blijkt ook het geval voor de geanalyseerde kwaliteitsparameters. Zo blijkt de gemiddelde relatieve daling in bovengenoemde zone (2.5 – 30 m) zowel voor het droge stof gehalte van wintergraan en maïs, en de stijging in het ruw eiwitgehalte van wintergraan aanzienlijk beperkter in vergelijking met de waargenomen effecten nabij populier (Tabel 2, Tabel 3). Ondanks de lagere leeftijd hebben de oude populieren gemiddeld echter een grotere diameter (75 vs 42 cm) en hoogte (31 vs 12.8 m), waardoor een grotere competitie voor licht (en mogelijk ook voor water) aanwezig is. Dit toont aan hoe boom-effecten in sterke mate kunnen verschillen naargelang de aanwezige boomsoort en hier dus ook rekening mee gehouden dient te worden bij het inschatten van de te verwachten gewasopbrengst.

**Tabel 3** Gemiddelde opbrengst en kwaliteit van vijf akkerbouwgewassen in de zone tussen 2.5 en 30 m van de walnotenrij en de boomloze referentierand (Pardon et al., in voorbereiding).

Gewas	Gemiddelde B+	Gemiddelde B-	Relatief verschil (%)
Wintertarwe			
<i>Ton</i>	11.3	11.9	-5.0
<i>Droge stof (%)</i>	82.7	83.3	0.7
<i>Ruw eiwit</i>	14.8	13.6	8.9
Wintergerst			
<i>Ton</i>	6.6	7.4	-10.6
<i>Droge stof (%)</i>	86.8	87.3	0.6
<i>Ruw eiwit</i>	12.5	11.6	8.1
Wintertriticale			
<i>Ton</i>	7.1	8.0	-11.9
<i>Droge stof (%)</i>	83.4	83.6	0.2
<i>Ruw eiwit</i>	13.5	13.4	0.6
Suikerbiet			
<i>Ton</i>	22.5	26.4	-14.8
<i>Droge stof (%)</i>	23.9	23.9	0.0
<i>Wortel:loof</i>	0.24	0.22	11.3
Korrelmaïs			
<i>Ton</i>	8.8	9.6	-7.8
<i>Droge stof (%)</i>	75.5	78.5	3.8

Op de percelen geflankeerd door walnoot werd naast bovengenoemde gewassen gedurende één meetjaar tevens de opbrengst van suikerbieten bepaald (ton DS ha<sup>-1</sup>, droge stof gehalte (%), wortel:loof). In vergelijking

met wintergranen en korrelmaïs (zie hoger) werd voor suikerbieten een relatief sterke opbrengstdaling van 14.8 % waargenomen in de zone tussen 3 en 30 m van de bomenrij. Relatief grote opbrengstdalingen werden ook waargenomen in het onderzoek van Sidonie Artru (Artru, 2017), waar verliezen tot 73 % werden waargenomen in een experiment waarbij de schaduwwerking van notelaars werd gesimuleerd. In dit experiment werd analoog aan het onderzoek van Pardon et al. (walnoot) een significant verhoogde verhouding tussen loof en wortel biomassa vastgesteld met een lagere wortelopbrengst tot gevolg (Figuur 10, Tabel 4). In het onderzoek van (Artru, 2017) werd daarnaast het gehalte extraheerbare suikers geanalyseerd, hetgeen negatief beïnvloed werd door toepassing van schaduw (Tabel 4).



**Figuur 10** Wortel:loof verhouding van suikerbiet op drie tijdstippen en onder drie beschaduwingsregimes (CS: continu, PS: namiddag, NS: referentie) (Artru, 2017).

**Tabel 4** Gemiddelde productie van loof, wortels en suiker in suikerbiet onder drie beschaduwingsregimes (CS: continu, PS: namiddag, NS: referentie) (Artru, 2017).

		loof		wortel		Suikers		
		Ton DS/ha	Ton DS/ha	Groeisnelheid (ton/ha/dag)	Vochtgehalte (%)	Gehalte (%)	Ton/ha	Extraheerbaarheid (%)
2015	NS	5.12	22.39	0.14	77.00	17.96	17.48	93.74
	PS	5.06	14.29	0.07	77.36	17.18	10.84	92.74
	CS	3.91	6.05	0.025	77.91	16.58	4.54	90.81
2016	NS	3.82	20.47	0.15	77.62	18.08	16.57	93.01
	PS	4.08	16.80	0.14	77.08	17.65	12.94	91.92
	CS	3.75	12.98	0.086	76.94	17.64	9.93	91.35

#### 2.4 INZICHT IN DE ACHTERLIGGENDE PROCESSEN: FOCUS OP HET EFFECT VAN LICHTBESCHIKBAARHEID OP OPBRENGST & KWALITEIT VAN WINTERTARWE

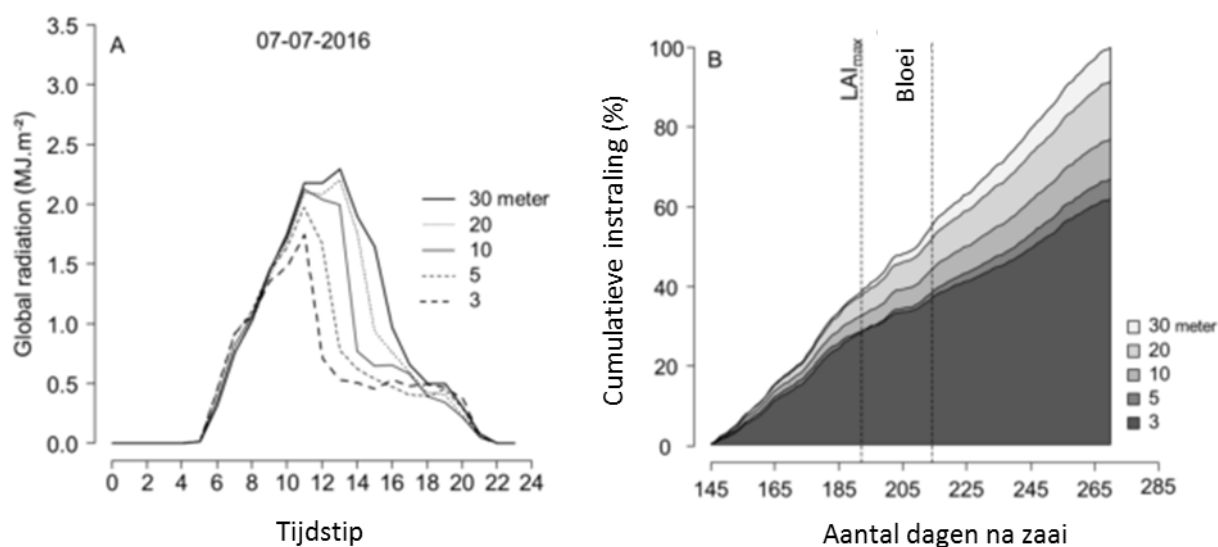
In Vlaanderen (alsook grote delen van Europa) is competitie voor licht een belangrijke opbrengstbepalende factor in agroforestry systemen (Eichhorn et al., 2006). Ook de competitie tussen boom en gewas voor water en nutriënten kan een belangrijke rol spelen. Hiervoor wordt echter verwezen naar de deelrapporten over effecten van agroforestry op wortelverdeling en waterhuishouding, organische stof en nutriëntentoestand, waar dit uitgebreid besproken wordt.



Om het effect van de bomen op de hoeveelheid instralend licht te bepalen werd in 2016 een bijkomend proefopzet uitgevoerd op één van de percelen die gedeeltelijk begrensd wordt door een oude populierenrij (Artru, 2017). De bomenrij op dit perceel is N-Z georiënteerd, waarbij het akkerbouwperceel zich aan de oostzijde bevindt. In dit proefopzet werd een extra transect aangelegd loodrecht op de bomenrij waarbij vijf lichtsensoren werden geplaatst ter hoogte van de proefvlakken gebruikt voor de opbrengstbepalingen (i.e. 3, 5, 10, 20 en 30 m van de bomenrij). Daarnaast werden bijkomende gewasanalyses uitgevoerd waarbij op het moment van bloei (14 juni) en oogst (5 augustus) de bovengrondse biomassa en bladoppervlakte-index van de aanwezige wintertarwe werden bepaald. De bladoppervlakte-index is gedefinieerd als het eenzijdig bladoppervlak per grondeenheid ( $LAI = \text{bladoppervlakte} / \text{grondoppervlak}$ ). Op het moment van oogst werd tevens het aantal aren  $m^{-2}$ , het aantal graankorrels  $aar^{-1}$ , het 1000-korrelgewicht en de korrelgrootte van de tarwe bepaald.

#### 2.4.1 LICHTBESCHIKBAARHEID

De totale instraling werd geanalyseerd doorheen de dag en doorheen (een deel van) het groeiseizoen. In Figuur 11 wordt de dagelijkse variatie weergegeven voor één dag in het groeiseizoen (7 juli) waaruit blijkt dat de wintertarwe naast de populieren in de namiddag beschaduwde werd en de totale duur van de beschaduwing toenam naarmate de afstand tot de bomen kleiner werd. Indien de cumulatieve radiatie gedurende de periode tussen de maximale LAI ( $LAI_{max}$ ) en de bloei van de wintertarwe wordt beschouwd, blijkt deze respectievelijk 48, 42, 30 en 14 % lager te zijn op een afstand van 3, 5, 10 en 20 m van de bomenrij in vergelijking met een referentiesituatie op 30 m van de bomenrij. Gelijkaardige reducties worden bekomen gedurende de periode van bloei tot oogst van de wintertarwe (Tabel 5)



**Figuur 11** A: Voorbeeld van dagelijkse dynamiek in totale instraling ( $MJ/m^2$ ) naast de populierenrij op afstanden 3, 5, 10, 20 en 30 m van de bomen (gemeten 7 Juli 2016), B: Cumulatieve instraling (Artru, 2017).

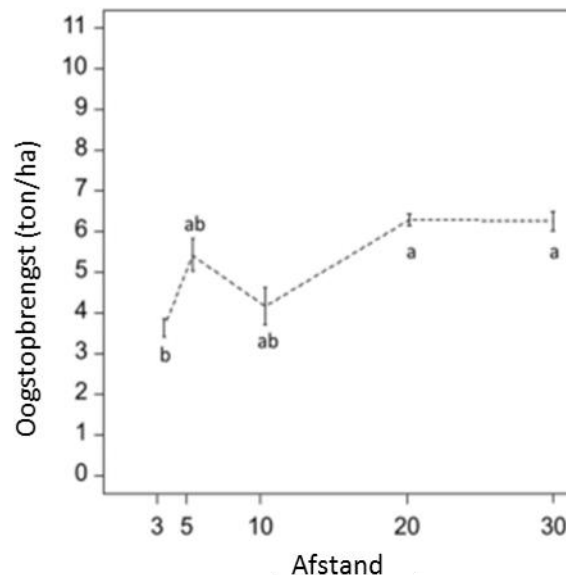
**Tabel 5** Cumulatieve instraling naast de populierenrij op afstanden 3, 5, 10, 20 en 30 m van de bomen (Artru, 2017).

Afstand (m)	Cumulatieve instraling ( $MJ/m^2$ ) – percentage van totale instraling (%)			
	Dagen na zaai	Installatie sensor tot oogst	$LAI_{max}$ tot bloei	Bloei tot oogst
30		145-270	192-214	214-270
30		1795-100	286-100	825-100
20		1642-92	247-86	727-88
10		1380-77	199-70	602-73
5		1203-67	167-58	524-64
3		1114-62	150-52	458-56

#### 2.4.2 OPBRENGST EN KWALITEIT WINTERTARWE

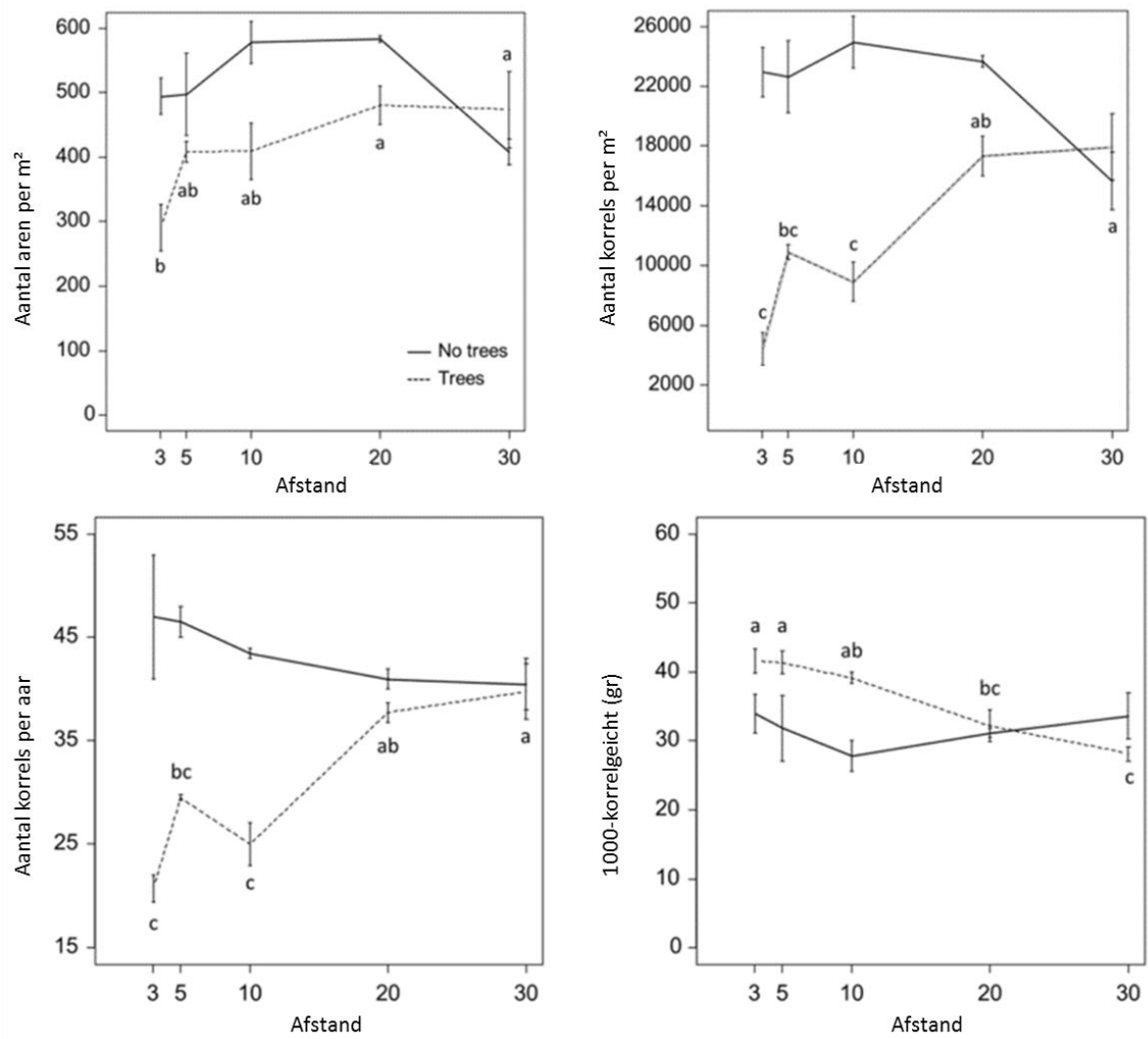
Significante variatie werd gevonden op vlak van graanopbrengst –en kwaliteit. Hierbij dient echter de kanttekening gemaakt te worden dat op bovengenoemd perceel de effecten van beschaduwing niet kunnen losgekoppeld worden van bijvoorbeeld competitie voor vocht. Hoewel de waargenomen trends vaak een (positief of negatief) verband vertonen met de mate van beschaduwing kunnen deze effecten dus niet zonder meer louter aan competitie voor licht worden toegeschreven.

De opbrengstreductie van wintertarwe was het grootst nabij de populierenrij waarbij de opbrengst op 3, 5 en 10 m van de bomenrij respectievelijk 41, 11 en 30 % lager was dan op 30 m (Figuur 12). Op 20 m was geen noemenswaardige opbrengstreductie waarneembaar, ook de gemeten lichtcondities waren hier echter gelijkaardig aan deze op 30 m (Figuur 11). Deze resultaten zijn in overeenstemming met gelijkaardig onderzoek naar schaduweffecten waaruit blijkt dat toepassing van schaduw vanaf ca. 30 dagen voor gewasbloei resulteert in een lagere gewasopbrengst ten gevolge van een lager aantal graankorrels per aar (zie verder) en hieraan gerelateerd een lager aantal korrels  $m^{-2}$  (Abbate et al., 1997; Demotes-Mainard and Jeuffroy, 2004; Estrada-Campuzano et al., 2008).



**Figuur 12** Opbrengst wintertarwe op afstanden 3, 5, 10, 20 en 30 m van de bomen (Artru, 2017).

Naast de totale graanopbrengst werden echter ook de afzonderlijke geanalyseerde oogstcomponenten beïnvloed door de aanwezigheid van de bomen. Zo werd een (significante) reductie in het aantal korrels  $m^{-2}$  waargenomen op 3 m (67 %), 5 m (35 %), 10 m (45 %) en 20 m (3 %) in vergelijking met op 30 m afstand van de bomen. Voor het aantal korrels per aar bedragen deze reducties letterlijk 48, 26, 37 en 5 % (Figuur 13). Een positief effect op het 1000-korrelgewicht werd daarentegen waargenomen met hogere waarden nabij de bomenrij (Figuur 13). Dit hogere korrelgewicht is wellicht gerelateerd aan het lagere aantal korrels per aar waardoor een betere korrelvulling mogelijk is (Artru, 2017).



**Figuur 13** Afzonderlijke oogstcomponenten (aantal aren per m<sup>2</sup>, 1000-korrel gewicht (g), aantal graankorrels per m<sup>2</sup>, aantal graankorrels per aar) in functie van afstand tot de bomenrij/boomloze referentierand (3, 5, 10, 20, 30 m) (Artru, 2017).

### 3 REFERENTIES

- Abbate, P.E., Andrade, F.H., Culot, J.P., Bindraban, P.S., 1997. Grain yield in wheat: effects of radiation during spike growth period. *F. Crop. Res.* 245–257.
- Artru, S., 2017. Impact of spatio-temporal shade on crop growth and productivity, perspectives for temperate agroforestry. University of Liège.
- Demotes-Mainard, S., Jeuffroy, M.H., 2004. Effects of nitrogen and radiation on dry matter and nitrogen accumulation in the spike of winter wheat. *F. Crop. Res.* 221–233. doi:doi:10.1016/j.fcr.2003.11.014
- Eichhorn, M.P., Paris, P., Herzog, F., Incoll, L.D., Liagre, F., Mantzanas, K., Mayus, M., Moreno, G., Papanastasis, V.P., Pilbeam, D.J., Pisanelli, A., Dupraz, C., 2006. Silvoarable systems in Europe - Past, present and future prospects. *Agrofor. Syst.* 67, 29–50. doi:10.1007/s10457-005-1111-7
- Engels, J., 2015. Interacties tussen bomen, bodem en gewas in agroforestry-plantages in Vlaanderen. Catholic University of Leuven.
- Estrada-Campuzano, G., Miralles, D.J., Slafer, G.A., 2008. Yield determination in triticale as affected by radiation in different development phases. *Eur. J. Agron.* 597–605. doi:doi:10.1016/j.eja.2008.01.003
- Eurostat, 2017. Main annual crop statistics [WWW Document]. URL [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Main\\_annual\\_crop\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Main_annual_crop_statistics) (accessed 3.16.18).
- FAOstat, 2018. Production: Crops [WWW Document]. URL <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (accessed 3.16.18).
- Gillespie, A.R., Jose, S., Mengel, D.B., Hoover, W.L., Pope, P.E., Seifert, R.J., Biehle, D.J., Stall, T., Benjamin, T.J., 2000. Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the midwestern USA; 1. Production physiology. *Agrofor. Syst.* 48, 25–40. doi:10.1023/A:1006367303800
- LV, 2016. Landbouwcijfers [WWW Document]. Cijfergegevens Dep. Landbouw en Viss. (Regio Vlaanderen). URL <https://lv.vlaanderen.be/nl/voorlichting-info/feiten-cijfers/landbouwcijfers>
- Oosterbaan, A., Schepers, H., Kwanten, E., 2005. Walnut As a Farm Crop in the Netherlands: an Agroforestry Project in the East and Selection of Cultivars for Organic Cultivation in the North. *Acta Hortic.* 27–34. doi:10.17660/ActaHortic.2005.705.1
- Thevathasan, N. V., Gordon, a M., 2004. Ecology of tree intercropping systems in the North temperate region: Experiences from southern Ontario, Canada: New visitas in Agroforestry. *Agrofor. Syst.* 61, 257–268. doi:10.1023/B:AGFO.0000029003.00933.6d
- Zhang, P., 1999. Nutrient inputs from trees via throughfall, stemflow and litterfall in an intercropping system. M.Sc. dissertation. University of Guelph. 120p.