



Fieldlab Fruit 4.0 - Variabel stikstof bemesten in boomgaard op basis van dronewaarnemingen en bodemscan.

Auteurs | Pieter van Dalfsen, Rien van der Maas, Arjan de Bruine, Peter van Elk, Peter Oostdijk

WPR-OT-1085



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Fieldlab Fruit 4.0 - Variabel stikstof bemesten in boomgaard op basis van dronewaarnemingen en bodemscan.

Pieter van Dalfsen, Rien van der Maas, Arjan de Bruine, Peter van Elk, Peter Oostdijk

Dit onderzoek is met medefinanciering van provincie Gelderland uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Open Teelten, in het kader van Regeling Duurzaam bodembeheer van de toplaag (Zaaknummer: 2018-015222).

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, maart 2024

Rapport WPR-OT-1085

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/653243>

Samenvatting

In een vijfjarig onderzoek in Conference-peer is nagegaan of de geografische variatie in stikstofgehalte van bladeren in de boomgaard als mogelijk gevolg van textuurvariatie in de bodem te meten is met non destructieve metingen. Via aangelegde stikstoftrappen in de boomgaard kon geen aantoonbaar verschil worden gecreëerd in stikstofgehalten in het blad. De geteste non destructieve methode met drones bleek geen geschikte methode, mede door de waargenomen storende werking van variatie van magnesium en ijzer op de gemeten waarden met de drones. Het inschatten van het stikstofgehalte in bladeren met behulp van een handscanner biedt wel perspectief om de geografische variatie in stikstofgehalte in kaart te brengen.

Trefwoorden: Fruitteelt, peer, stikstof, non destructieve meting

© 2024 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 200, 6670 AE Zetten; T 0488 47 37 02; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

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

Rapport WPR-OT-1085
WUR-projectnummer: 3750391200

Foto omslag: Detailfoto van een proefvak van een stikstoftrap op 1 april 2022, waarbij in het vak N++ zojuist stikstof via kunstmestkorrels is aangebracht.

Dit project werd financieel mede mogelijk gemaakt door Provincie Gelderland.



Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	7
2 Uitvoering 2019	9
2.1 Aanpak	9
2.2 Resultaten	9
3 Uitvoering 2020	11
3.1 Aanpak	11
3.1.1 Bodemscan	11
3.1.2 Stikstoftrappen	11
3.1.3 Dronevluchten	11
3.1.4 Bemonstering	12
3.2 Resultaten	12
3.2.1 Bodemscan	12
3.2.2 Stikstoftrappen	13
3.2.3 Dronevluchten	13
4 Uitvoering 2021	15
4.1 Aanpak	15
4.2 Resultaten	15
5 Uitvoering 2022	17
5.1 Inleiding	17
5.2 Aanpak	17
5.3 Resultaten	17
6 Uitvoering 2023	19
6.1 Aanpak	19
6.2 Resultaten	19
7 Discussie en conclusie	21
Literatuur	23

Samenvatting

Stikstof is een belangrijk element voor een goede perenproductie. In de bodem is stikstof een element wat makkelijk uit het wortelmilieu verdwijnt, maar is er verschil tussen zand- en kleigronden. In het Rivierengebied kunnen grote verschillen in de bodemsamenstelling (zand / klei-afzettingen) aanwezig zijn binnen de boomgaard, waardoor mogelijk ook het stikstofgehalte binnen de boomgaard varieert. Momenteel worden boomgaarden op boomgaarniveau bemonsterd op het stikstofgehalte in de bladeren, waarop de stikstofgift (ook op boomgaarniveau) wordt afgestemd. In dit project is onderzocht of met gewasindexen (CI-red, NDRE en sCCCI) via drones de variatie in stikstofgehalte in perenboomgaarden non destructief kan worden gemeten. Hiervoor zijn 3 jaar lang stikstoftrappen aangelegd in meerdere perenboomgaarden in Rivierenland en zijn op meerdere momenten de genoemde gewasindexen vastgelegd. In de stikstoftrappen zijn, ondanks grote stappen, geen aantoonbare verschillen in het stikstofgehalte in het blad gecreëerd. De geteste gewasindexen via drones gaven geen betrouwbare voorspelling van het stikstofgehalte in het blad. De conclusie is dat, ondanks goede literatuuraanwijzingen en oriënterende metingen, door te weinig variatie in stikstof en de waargenomen storende werking van variatie van Magnesium en IJzer deze methode te weinig perspectief heeft om verder ontwikkeld te worden.

De uitgevoerde bodemscans (EM38-MK2) in de 3 testboomgaarden had een (zeer) zwakke correlatie met de groeikrachtvariatie in de boomgaarden. Aan het einde van het project zijn als alternatief voor dronemetingen oriënterende metingen gedaan met een mobiele meetmethode t.b.v. meting van blad (stikstofgehalte) en grond (kleigehalte) met een handscanner (Agrocares) in vergelijking met een chemisch/fysische analyse als standaardmethode.

De oriënterende metingen van perenbladeren met de handscanner gaf een goede correlatie ($R^2 = 0.72$ in 2022 en $R^2 = 0.59$ in 2023) met een laboratoriumreferentiemethode. De meting van het aandeel klei in de grondmonsters met de handscanner gaf een redelijke indicatie, maar vertoonde een behoorlijke variatie tussen individuele metingen.

1 Inleiding

Rol van stikstof in de perenteelt

Stikstof is een belangrijk element voor een goede perenproductie. Een tekort aan stikstof veroorzaakt slechtere groei en opbrengstvermindering, zowel kwantitatief als kwalitatief (minder grondkleur). Een stikstof overmaat zorgt voor een te sterke groeikracht en een slechtere bewaarbaarheid van de vruchten. Perenboomgaarden zijn daarmee gebaat bij optimale stikstofgehalten in de plant én de wortelzone.

In de bodem is stikstof een element wat makkelijk uit het wortelmilieu verdwijnt. Op zandgronden spoelt nitraat makkelijk uit naar het grondwater. Op kleigronden is denitrificatie een belangrijke verliespost voor stikstof. Dit is vooral het geval op te natte percelen/hoeken (slechte bodemstructuur), waarbij nitraat onder zuurstofloze omstandigheden door anaerobe bacteriën wordt omgezet in stikstofgas en vervolgens vervluchtigd en dus niet meer beschikbaar is voor de plantenwortel. Vanwege de ontstaansgeschiedenis van het Rivierengebied zijn er grote verschillen in de bodemsamenstelling (zand / klei-afzettingen), waardoor er naar verwachting variatie zal zijn in stikstofgehalten binnen de boomgaard.

Momenteel worden boomgaarden op boomgaarniveau bemonsterd op het stikstofgehalte in de bladeren, waarop de stikstofgift (ook op boomgaarniveau) wordt afgestemd. Hiermee is er geen anticipatie op de geografische variatie binnen de boomgaard.

Gewasmeting met drones

Perry, et al (2018) hebben ontdekt dat de stikstofstatus van boomgaarden kan worden beoordeeld door middel van drone-opnamen. Hierbij wordt het gewas beoordeeld op reflectie in het NabijInfrarood (NIR) en het rode spectrum, aan de hand waarvan een bepaalde gewasindex kan worden berekend. Er werd een verband gevonden tussen de zogenoemde simplified Canopy Chlorophyll Content Index (sCCCI) en het % stikstof in het blad. Dit onderzoek is uitgevoerd in Australië in rood gebloste peren. In Nederland wordt de perenproductie gedomineerd door het groene ras Conference. Via onderzoek zal moeten worden vastgesteld of deze relatie ook geldig is onder de Nederlandse omstandigheden (klimaat, ras, boomvorm, bodem, bemesting).

WUR Open Teelten (niet gepubliceerd onderzoek) heeft in zomer 2018 een oriënterende dronemeting laten uitvoeren in enkele Conference-boomgaarden in Noord-Holland, waar in een proef voor andere doeleinden drie jaar lang stikstoftrappen waren aangelegd (hoog, normaal en laag). In het derde jaar kwamen verschillen naar voren in de sCCCI tussen de verschillende stikstofniveau's in de boom. Op basis hiervan is uitgebreider onderzoek relevant om tot toepassing in de praktijk te kunnen komen.

Bodemmeting met bodemscans

Een methode om bodemverschillen in kaart te brengen is een bodemscan met de EM38-MK2. Hiermee wordt de geleidbaarheid of EC (Electrical Conductivity) gemeten d.m.v. elektromagnetische inductie of elektrische weerstand. Hiervoor rijdt een voertuig met daarop gemonteerd de sensor over het in kaart te brengen perceel. De EC van de bodem hangt samen met een aantal bodemeigenschappen, zoals textuur, vochtgehalte, zoutgehalte, temperatuur en organische stof. Soms wordt naast de EC ook de pH en/of organische stof gehalte gemeten. De diepte waarover gemeten wordt varieert van 0-30 cm tot 0-300 cm in afhankelijkheid van de methode en type sensor. Van Meirvenne et al. (2013) pleiten ervoor om EC als primaire bodemfactor aan te merken, en dus niet als secundaire parameter die een maat is voor andere bodemparameters. De waarnemingen worden verwerkt tot een kaartbeeld.

Doelen

Het ontwikkelen van een betrouwbare meetmethode voor het optimaliseren van de stikstofbenutting in perenboomgaarden op basis van dronebeelden en bodemscan op zodanige wijze dat de kwaliteit van Conference peren gewaarborgd is maar de milieulast verkleind wordt.

Subdoelen:

- Verminderen van stikstofverliezen uit de wortelzone naar grondwater en naar de lucht
- Lokaal verbeteren van de bodemstructuur in de boomgaard (via organische stoftoediening) als lange termijn oplossing voor onnodig stikstofverlies via denitrificatie.
- Lokaal verbeteren van het stikstofgehalte in de bomen door op plaatsen met bodemstructuurproblemen bomen te bespuiten met bladvoeding (korte termijnoplossing).
- Optimaliseren van de productie in hele boomgaard door lokaal verbeteren van te natte plekken.

2 Uitvoering 2019

2.1 Aanpak

Met de deelnemende fruitteeltbedrijven in de Betuwe zijn 3 proefboomgaarden geselecteerd. Elk bedrijf heeft een boomgaard ter beschikking gesteld van 3 tot 6 ha per boomgaard, gecodeerd als Me, Ve en Vr. Op 24 augustus heeft Aurea Imaging dronevluchten met een multispectraal-camera (Multispect, Parrot Sequoia) uitgevoerd, waarbij o.a. de sCCCI (simplified Canopy Chlorophyll Content Index) per boomvlak is gemeten. Deze meet de Red Edge band bij golflengte 735 nm. De sCCCI is, evenals Perry, et al (2018) berekend als NDRE/NDVI (Normalized Difference Red Edge / Normalized Difference Vegetation Index). Aan de hand van de sCCCI-kaarten zijn per boomgaard 5 gps-locaties geselecteerd met een goede verdeling over de gemeten range van sCCCI. Op deze locaties zijn van 3 bomen een 100 bladeren bemonsterd, die zijn geanalyseerd bij Eurofins als Gewascheck fruit. Vervolgens zijn de gemeten gemiddelde sCCCI-waarden van betreffende 3 bomen gerelateerd aan de stikstofgehalten in het blad. Omdat een tekort van magnesium, mangaan en zink ook geelverkleuring geeft van het blad, zijn de gemiddelde sCCCI-waarden ook aan deze elementen gerelateerd. IJzergebrek veroorzaakt ook geelverkleuring, maar kan niet betrouwbaar worden gemeten in het blad.

2.2 Resultaten

In figuur 1 is de relatie te zien tussen sCCCI en het stikstofgehalte in het blad. Opvallend is dat in alle bladmonsters relatief lage stikstofgehalten zijn gevonden, nl. 19 – 21 g N/kg d.s., waarbij het streefgehalte bij een dergelijk bemonsteringstijdstip tussen 22 en 24 g/kg d.s. is (Kodde, 1994). Alleen bij bedrijf 'Ve' was er sprake van een sterke correlatie (0.97). Omdat niet alleen stikstof een geelverkleuring van het blad geeft, is ook de correlatie berekend van de nutriënten magnesium, mangaan en zink. Deze staan in tabel 1. Bij bedrijf 'Ve' bleken deze elementen ook enige correlatie te hebben met sCCCI. Voor met name magnesium had de sCCCI een sterke correlatie bij alle 3 bedrijven, hoewel de gevonden magnesiumwaarden altijd binnen de streefwaarde vielen. Bij bedrijf 'Vr' was op de locatie met de laagste sCCCI ijzergebrek zichtbaar. Bij weglaten van deze waarneming in de reeks is er sprake van een veel sterkere correlatie tussen sCCCI en N-gehalte.



Figuur 1 Relatie tussen sCCCI op 24 augustus en het gehalte stikstof (g/kg ds) op 13 augustus voor 3 verschillende boomgaarden. Rood omcirkeld is een uitbijter met bemonsteringslocatie met zichtbare Fe-gebrekssymptomen (bedrijf Vr).

Tabel 1 *Correlatie coëfficiënten (R^2) tussen sCCCI-index en N, Mg, Mn en Zn - gehalten in het blad met aanvullend de interpretatie van deze nutriënt gehalten t.o.v. BemestingsadviesBasis Fruitteelt (Kodde, 1994).*

Boomgaard	Stikstof		Magnesium		Mangaan		Zink	
Me	0.01	laag	0.76	normaal	0.16	normaal	0.03	laag
Ve	0.97	laag	0.51	hoog	0.45	hoog	0.41	hoog
Vr	0.17	laag	0.77	normaal	0.07	normaal	0.73	hoog

3 Uitvoering 2020

3.1 Aanpak

3.1.1 Bodemscan

Op 3 april 2020 is op de 3 deelnemende boomgaarden een bodemscan uitgevoerd met de EM38-MK2 door het bedrijf FleurenTech (figuur 2). De geleidbaarheid van de bodem is gemeten voor 2 diepten, nl. 0 - 0.5m en 0 - 1.0 meter. Als data is er een geïnterpoleerde kaart opgeleverd in een grid van 50x50 cm. Via QGIS-software zijn de bodemscan en de sCCCI- en groeikrachtkaart van augustus 2019 per boomvlak geografisch aan elkaar gelinkt, waarna de correlatie is berekend tussen beide kaarten.



Figuur 2 De bodemscan is uitgevoerd met de EM38-MK2 in voorjaar 2020.

3.1.2 Stikstoftrappen

In de 3 deelnemende boomgaarden zijn stikstoftrappen aangelegd om verschil in stikstofgehalte in het blad te creëren. In elke boomgaard zijn 4 behandelingen uitgevoerd in 3 herhalingen als blokkenproef. Elke behandeling-herhaling-combinatie bestond uit 2 paalvakken (ca. 14 bomen). De locaties van de stikstoftrappen zijn gekozen in gebieden die volgens de dronekaart van 2019 relatief lage CCCI-waarden hadden.

De aanvullende stikstof in de behandelingen N+ en N++ is toegediend via KAS (27% N). De totale gift is in 2020 verdeeld over 4 momenten om verlies via uitspoeling te verminderen. In tabel 2 is de giftdatum en giftgrootte aangegeven. De giften zijn berekend als kg N/ha boomgaard, maar volledig toegediend op de zwartstrook. In behandeling N- is de standaard kunstmestgift (als KAS of ureum) door de teler overgeslagen. Eventuele organische stofbemesting via compost of champost) en fertigatie is ongewijzigd over de hele proef uitgevoerd.

Tabel 2 Stikstofgift via kunstmest (kg N/ha boomgaard) per behandeling per moment in 2020.

Code	Behandeling	13-3	20-3	7-4	7-5	teler	totaal
N-	laag stikstof	0	0	0	0	0	0
St	Standaard	0	0	0	0	50	50
N+	hoog stikstof	22	42	39	47	50	200
N++	zeer hoog stikstof	22	81	112	135	50	400

3.1.3 Dronevluchten

In elke proefboomgaard zijn er op 3 momenten dronevluchten uitgevoerd om het juiste beoordelingsmoment te bepalen voor het meten van stikstofverschillen. Er is gekozen om de vluchten uit te voeren op 13 juni, 18

juli en 2 september. De dronevluchten zijn uitgevoerd met 2 varianten van sensoren, namelijk Multispec en Altum. Aurea Imaging verwachtte meer last van schadueffecten op de gemeten sCCCI-index bij de methode uit 2019 en adviseerde om ook een nieuwe variant te beproeven die bij een net andere golflengte meet, nl. Micasense Altum die Red Edge meet bij 710 nm. De Multispec-camera meet de Red Edge bij 735 nm.

Per dronevlucht zijn 6 kaarten gemaakt, nl. 3 indices (CI-red, NDRE en sCCCI) elk berekend in 2 percentielen (P75 en P90).

Voor de analyse in hoeverre de dronekaarten een voorspelling geven van het stikstofgehalte in het blad is voor alle 6 kaarten per boomgaard per behandeling/herhalingscombinatie een gemiddelde waarde berekend van de 4 bemonsterde bomen. Vervolgens is de correlatie berekend met het stikstofgehalte in het blad.

3.1.4 Bemonstering

Vanwege de natte start van maart is er een grondmonster genomen half maart (Nmin en bemestingswijzer), als een verzamelmonster per behandeling. Alleen de extreme behandelingen zijn bemonsterd, namelijk st en N++. Daarna was het een zeer droog voorjaar; pas vanaf half mei was er enige regen.

Half juli zijn er bladmonsters genomen in de stikstoftrappen (100 bladeren per monster). In elke behandeling/herhalingscombinatie zijn voor de bemonstering 4 bomen geselecteerd met een normale groeikracht. Aanvullend zijn zowel in boomgaarden Me als Vr op basis van de eerste resultaten uit de dronevluchten met Multispec-camera op 5 geselecteerde posities met lage of juist hoge sCCCI-waarden ook bladmonsters genomen. Eind augustus zijn de stikstoftrappen opnieuw bemonsterd via blad in dezelfde bomen.

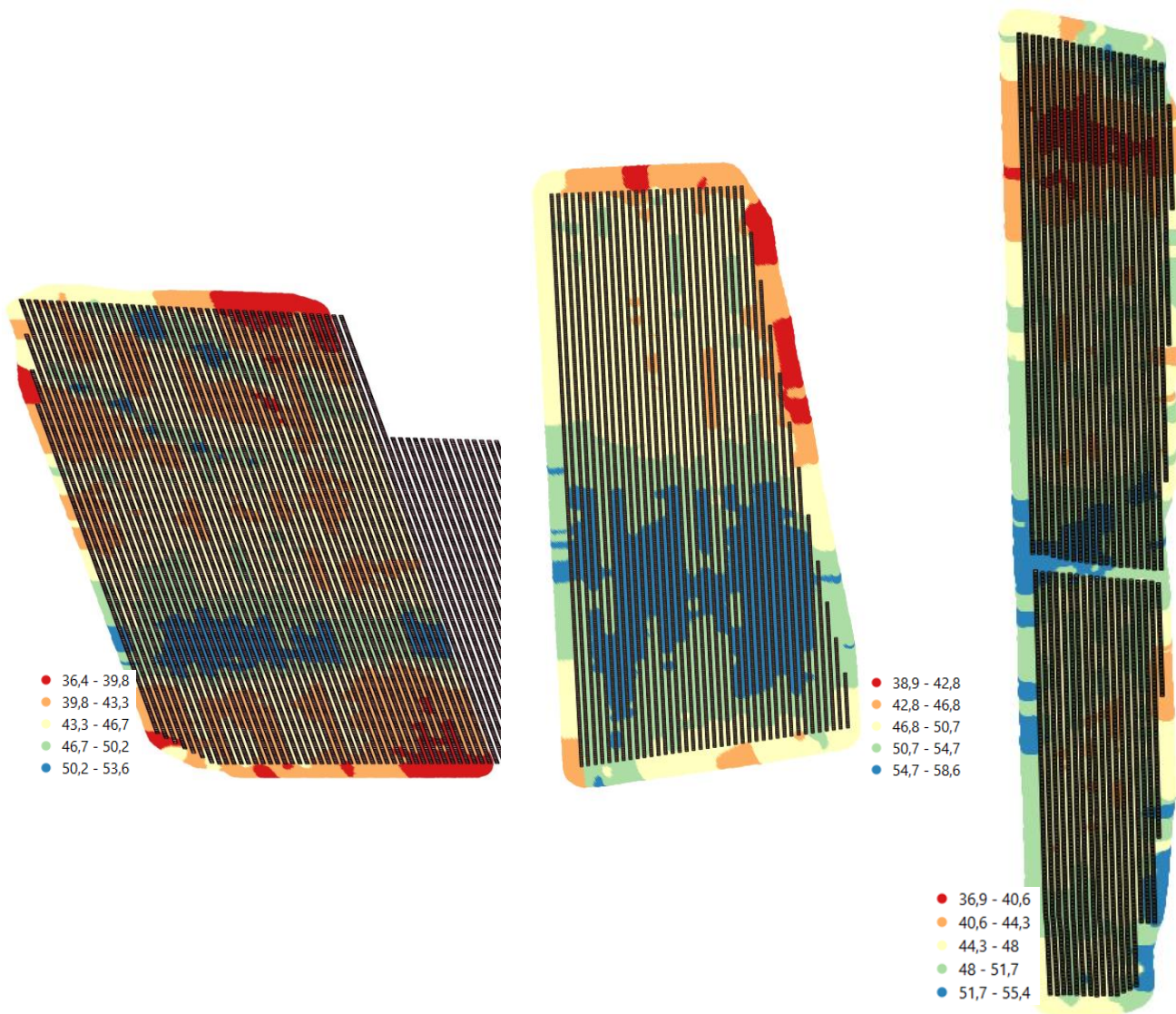
3.2 Resultaten

3.2.1 Bodemscan

In het voorjaar 2020 is een bodemscan uitgevoerd in de 3 deelnemende boomgaarden. Alle 3 bodemscans vertoonden variatie in het perceel. De absolute range aan gemeten EC was redelijk vergelijkbaar tussen de boomgaarden (figuur 3). Er is gezocht naar correlaties tussen de uitkomsten van de bodemscan (variatie in ondergrond) en de variatie in gewasreflectie (sCCCI), groeikracht en boomhoogte op basis van de dronevlucht in augustus 2019 van de betreffende boomgaarden (tabel 2). De berekende correlaties waren voor alle parameters zeer laag, behalve bij 1 boomgaard (Ve) zwak m.b.t. de parameters groeikracht en boomhoogte.

Tabel 3 Correlatie coëfficiënten (R^2) tussen EC-waarden uit bodemscan (2 meetbereiken, nl. 0.5 en 1.0 m) en parameters uit de groeikrachtkaart in augustus 2019 (sCCCI, groeikracht en boomhoogte).

Boomgaard	EC	sCCCI	groeikracht	boomhoogte
Me	0.5 m	0.00	0.01	0.01
	1.0 m	0.00	0.02	0.02
Ve	0.5 m	0.02	0.29	0.15
	1.0 m	0.03	0.31	0.15
Vr	0.5 m	0.00	0.00	0.01
	1.0 m	0.00	0.00	0.01



Figuur 3 Weergave van de 3 bodemscans met de EC tot 0.5 m diepte (v.l.n.r. Me, Ve, Vr). NB. Elke bodemscan heeft een eigen legenda.

3.2.2 Stikstoftrappen

In tabel 4 worden gemiddelde gehalten stikstof weergegeven voor de 3 deelnemende boomgaarden, welke zijn bemonsterd op zowel 30 juli als 26 augustus. De gevonden gehalten waren in elke behandeling binnen de streefwaarde. Er zijn geen significante verschillen gevonden in stikstofgehalte tussen de behandelingen voor beide bemonsteringsmomenten.

Tabel 4 Gemiddeld gehalte stikstof in bladmonsters (g N/kg ds) per boomgaard en per behandeling op 2 bemonsteringsmomenten in 2020.

Boomgaard	Moment	N-	St	N+	N++
Me	30-Jul	22.7	23.5	24.1	24.2
	26-Aug	23.1	23.4	23.4	24.3
Ve	30-Jul	20.7	21.6	21.2	21.9
	26-Aug	22.7	22.7	22.6	22.3
Vr	30-Jul	22.5	22.2	22.7	23.1
	26-Aug	21.7	22.2	22.1	22.1

3.2.3 Dronevluchten

Tabel 5 toont de berekende correlaties (R^2) tussen gemeten gewasindexen CI-red, NDRE en sCCCI via de uitgevoerde dronevluchten en het stikstofgehalte in het blad. Bij het monsternmoment 30-7 zijn er extra

bladmonsters genomen op basis van de dronekaart. Uit deze analyse komt naar voren dat de correlatie varieert tussen redelijk ($R^2 = 0.53$) en nihil. De gevonden verschillen zijn voor de verschillende monstermomenten ten opzichte van de datum van de dronevlucht of voor de verschillende boomgaardlocaties niet consistent. Bijvoorbeeld in boomgaard Ve werd met bladbemonstering op 26 augustus wel een redelijke correlatie ($R^2 = 0.46$) gevonden met de Altum-CIRed-p75 op 20 juli, terwijl een bladbemonsteringsmoment op 30-7 (dichtbij het vliegmoment) een veel lagere correlatie heeft ($R^2 = 0.13$). Daar komt bij dat in het geval van een hogere correlatie, nl. $R^2 = \text{ca } 0.5$ (bijv. Altum en Multispec op 20-7 in boomgaard Ve op bladmonstermoment 26-8) het verband bij de Altum positief was gecorreleerd ($R = 0.67$) en bij Multispec juist negatief ($R = -0.6$).

Tabel 5 Correlaties (R^2) tussen Dronevluchten (Type camera, vliegmoment, index, percentiel) en het gehalte aan stikstof in de bladmonsters op 2 monstermomenten (30-7 en 26-8) voor 3 verschillende boomgaarden (Me, Ve en Vr).

Camera/vliegmoment/index/percentiel	Me		Ve		Vr	
	30-7	26-8	30-7	26-8	30-7	26-8
Altum_20200613_CIRed_p75	0.08	0.00	0.25	0.53	0.11	0.04
Altum_20200613_CIRed_p90	0.16	0.01	0.28	0.43	0.12	0.01
Altum_20200613_ndre_p75	0.04	0.10	0.03	0.30	0.16	0.03
Altum_20200613_ndre_p90	0.00	0.03	0.20	0.30	0.17	0.03
Altum_20200613_sCCCI_p75	0.02	0.16	0.00	0.16	0.16	0.06
Altum_20200613_sCCCI_p90	0.01	0.05	0.13	0.22	0.17	0.05
Altum_20200720_CIRed_p75	0.22	0.16	0.13	0.46	0.32	0.06
Altum_20200720_CIRed_p90	0.21	0.06	0.16	0.36	0.33	0.04
Altum_20200720_ndre_p75	0.04	0.00	0.02	0.43	0.11	0.01
Altum_20200720_ndre_p90	0.05	0.07	0.05	0.44	0.07	0.01
Altum_20200720_sCCCI_p75	0.16	0.01	0.00	0.34	0.02	0.00
Altum_20200720_sCCCI_p90	0.14	0.12	0.02	0.41	0.00	0.00
Altum_20200902_CIRed_p75	0.08	0.08	0.27	0.11	0.00	0.21
Altum_20200902_CIRed_p90	0.09	0.09	0.34	0.15	0.02	0.21
Altum_20200902_ndre_p75	0.01	0.00	0.16	0.00	0.07	0.12
Altum_20200902_ndre_p90	0.01	0.02	0.33	0.02	0.12	0.11
Altum_20200902_sCCCI_p75	0.00	0.00	0.07	0.04	0.15	0.02
Altum_20200902_sCCCI_p90	0.00	0.00	0.19	0.00	0.18	0.03
Multispec_20200613_CIRed_p75	0.01	0.01	0.00	0.23	0.11	0.09
Multispec_20200613_CIRed_p90	0.02	0.02	0.00	0.08	0.09	0.06
Multispec_20200613_ndre_p75	0.14	0.07	0.22	0.19	0.00	0.13
Multispec_20200613_ndre_p90	0.14	0.11	0.06	0.20	0.01	0.09
Multispec_20200613_sCCCI_p75	0.16	0.07	0.21	0.27	0.01	0.21
Multispec_20200613_sCCCI_p90	0.16	0.11	0.06	0.25	0.01	0.14
Multispec_20200720_CIRed_p75	0.01	0.18	0.04	0.36	0.00	0.20
Multispec_20200720_CIRed_p90	0.02	0.27	0.04	0.38	0.01	0.21
Multispec_20200720_ndre_p75	0.04	0.12	0.17	0.48	0.17	0.05
Multispec_20200720_ndre_p90	0.05	0.15	0.17	0.48	0.20	0.07
Multispec_20200720_sCCCI_p75	0.04	0.08	0.18	0.47	0.16	0.09
Multispec_20200720_sCCCI_p90	0.06	0.10	0.18	0.47	0.19	0.12
Multispec_20200902_CIRed_p75	0.00	0.03	0.28	0.16	0.00	0.09
Multispec_20200902_CIRed_p90	0.00	0.02	0.25	0.10	0.00	0.13
Multispec_20200902_ndre_p75	0.08	0.00	0.00	0.37	0.47	0.23
Multispec_20200902_ndre_p90	0.04	0.01	0.00	0.37	0.40	0.27
Multispec_20200902_sCCCI_p75	0.10	0.00	0.00	0.38	0.38	0.38
Multispec_20200902_sCCCI_p90	0.05	0.01	0.00	0.38	0.32	0.41

4 Uitvoering 2021

4.1 Aanpak

De proef is in 2021 doorgezet op vergelijkbare wijze als in 2020. In de 3 deelnemende boomgaarden zijn opnieuw stikstoftrappen aangelegd in dezelfde proefvakken als 2020. Bij boomgaard Me moest de proef halverwege 2021 worden beëindigd om een onvoorziene externe reden.

De totale gift is in 2021 verdeeld over 3 momenten om verlies via uitspoeling te verminderen. In tabel 6 is de giftdatum en giftgrootte aangegeven. In behandeling N- was de standaard kunstmestgift (als KAS of ureum) alleen bij boomgaard Me overgeslagen; bij boomgaarden Ve en Vr is deze per abuis wel toegepast. Eventuele organische stofbemesting via compost of champost en fertigatie is overal gelijk uitgevoerd door de teler.

Tabel 6 Stikstofgift via kunstmest (kg N/ha zwartstrook) per behandeling per moment in 2021.

Code	Behandeling	4-3	26-3	5-5	teler	totaal
N-	laag stikstof	0	0	0	0 of 50	0 of 50
St	Standaard	0	0	0	50	50
N+	hoog stikstof	50	50	50	50	200
N++	zeer hoog stikstof	125	125	100	50	400

In elke proefboomgaard zijn er op 2 momenten dronevluchten uitgevoerd om het juiste beoordelingsmoment te bepalen voor het meten van stikstofverschillen, namelijk op 23 juni en 11 september (dus niet in juli zoals in 2020, vanwege tegenvallende resultaten in 2020). De verwerking en analyse is op dezelfde wijze uitgevoerd als in 2020.

Omdat het voorjaar 2021 relatief koel was en de maand mei relatief nat is er begin juni een grondmonster genomen (Nmin, steekdiepte 0 – 30 cm) als een check op de aangebrachte stikstoftrap. Alleen de extreme behandelingen zijn bemonsterd, namelijk st en N++, als een verzamelmonster per behandeling.

Op 4 augustus zijn er bladmonsters genomen in de stikstoftrappen op dezelfde wijze als in 2020. Op 21 september is alleen herhaling A bemonsterd.

4.2 Resultaten

Begin juni was er een groot verschil in beschikbare N-voorraad als gevolg van de aangelegde behandelingen Standaard en N++ (tabel 7).

Tabel 7 Beschikbare N-voorraad (kg/ha; 0-30 cm) op 2 juni 2021 in 3 boomgaarden in de behandelingen St en N++.

Boomgaard	St	N++
Me	143	1067
Ve	96	823
Vr	56	436

Op 4 augustus zijn er geen significante verschillen aangetoond in het stikstofgehalte in de bladeren tussen de uitgevoerde behandelingen (tabel 8). De gevonden gehalten waren in elke behandeling binnen de streefwaarde. Er is geen opgaande lijn te ontdekken tussen de hoeveelheid toegediende stikstof en het stikstofgehalte in het blad. Op 21 september waren de gehalten lager dan in augustus, hetgeen gebruikelijk is (Kodde, 1994); opvallend was dat het gehalte in behandeling N+ in beide boomgaarden hoger was dan in N++ (1 herhaling bemonsterd).

Tabel 8 Gemiddeld gehalte stikstof in bladmonsters (g N/kg ds) per boomgaard en per behandeling op 2 bemonsteringsmomenten in 2021.

Boomgaard	Moment	N-	St	N+	N++
Ve	4-Aug	24.6	23.4	24.6	24.9
	21-Sept*	22.5	22.4	24.7	23.0
Vr	4-Aug	24.4	24.5	24.0	24.7
	21-Sept*	21.6	20.9	22.4	21.7

* Op 21 september is alleen herhaling A bemonsterd.

Evenals in 2020 werden in het algemeen matige tot zeer zwakke correlaties (R^2) gevonden tussen de gemeten stikstofgehalten in het blad en de metingen met een drone (tabel 9). Alleen bij boomgaard Ve werd bij camera Altum op het vliegmoment 10 september hogere correlaties gevonden met het stikstofgehalte op 21 september. Dit effect was niet zichtbaar bij boomgaard Vr. Het betrof daarbij een sterk negatieve correlatie, terwijl een positieve correlatie werd verwacht. Op 21 september is slechts 1 herhaling bemonsterd.

Tabel 9 Correlaties (R^2) tussen Dronevluchten (Type camera, vliegmoment, index, percentiel) en het gehalte aan stikstof in de bladmonsters voor 2 verschillende boomgaarden (Ve en Vr) op 2 monsternomenten (4-8 en 21-9).

Camera/vliegmoment/index/percentiel	Ve		Vr	
	4-8	21-9	4-8	21-9
Altum_20210623_CIRed_p75	0.11	0.57	0.22	0.03
Altum_20210623_CIRed_p90	0.13	0.57	0.24	0.00
Altum_20210623_ndre_p75	0.51	0.28	0.30	0.01
Altum_20210623_ndre_p90	0.46	0.35	0.29	0.00
Altum_20210623_sCCCI_p75	0.52	0.19	0.29	0.28
Altum_20210623_sCCCI_p90	0.48	0.26	0.29	0.12
Altum_20210910_CIRed_p75	0.04	0.89	0.25	0.04
Altum_20210910_CIRed_p90	0.05	0.86	0.35	0.00
Altum_20210910_ndre_p75	0.20	0.75	0.18	0.07
Altum_20210910_ndre_p90	0.28	0.63	0.22	0.08
Altum_20210910_sCCCI_p75	0.23	0.69	0.16	0.15
Altum_20210910_sCCCI_p90	0.32	0.54	0.19	0.12
Multispec_20210623_CIRed_p75	0.29	0.06	0.14	0.20
Multispec_20210623_CIRed_p90	0.29	0.03	0.00	0.01
Multispec_20210623_ndre_p75	0.27	0.29	0.47	0.11
Multispec_20210623_ndre_p90	0.34	0.35	0.15	0.00
Multispec_20210623_sCCCI_p75	0.23	0.33	0.04	0.40
Multispec_20210623_sCCCI_p90	0.31	0.40	0.23	0.28
Multispec_20210910_CIRed_p75	0.00	0.35	0.01	0.01
Multispec_20210910_CIRed_p90	0.03	0.61	0.00	0.03
Multispec_20210910_ndre_p75	0.01	0.15	0.07	0.05
Multispec_20210910_ndre_p90	0.01	0.32	0.12	0.29
Multispec_20210910_sCCCI_p75	0.01	0.06	0.07	0.25
Multispec_20210910_sCCCI_p90	0.02	0.23	0.12	0.38

5 Uitvoering 2022

5.1 Inleiding

Uit de resultaten van m.n. 2020 en 2021 kwam naar voren dat het betrouwbaar meten van het stikstofgehalte in het blad van perenbomen met behulp van drones tegenviel en dat er sprake is van complexe relaties in de stikstofhuishouding. Volgens het projectplan was het de bedoeling om vanaf 2021 te starten met variabel organische stof toedienen op basis van de bodemkaart en gemeten stikstofverschillen in het gewas. Deze stap was toen niet haalbaar, omdat geen stikstofverschillen in het gewas werden aangetoond. Aanvullend was het de bedoeling om vanaf 2022 te starten met het variabel stikstof toedienen op basis van stikstofkaart. Ook die stap was niet haalbaar, omdat de dronekaarten geen relevante informatie over stikstofgehalten opleverden.

In overleg met de financier is de doelstelling van het project vanaf 2022 beperkt tot het verkennen van de methode om met een mobiele scanner in het veld het stikstofgehalte in het blad te kunnen meten; dit als mogelijk alternatief voor het meten van stikstofgehalten in het gewas via drones.

5.2 Aanpak

De proef is in 2022 doorgezet op vergelijkbare wijze als in 2020 en 2021. In de 2 deelnemende boomgaarden zijn opnieuw stikstoftrappen aangelegd in dezelfde proefvakken als 2020 en 2021.

De totale gift is in 2022 verdeeld over 3 momenten om verlies via uitspoeling te verminderen. In tabel 10 is de giftdatum en giftgrootte aangegeven. Eventuele organische stofbemesting via compost of champost en fertigatie is door de teler overal hetzelfde uitgevoerd.

Tabel 10 Stikstofgift via kunstmest (kg N/ha zwartstrook) per behandeling per moment in 2021.

Code	Behandeling	3-3	1-4	18-5	teler	totaal
N-	laag stikstof	0	0	0	0	0
St	Standaard	0	0	0	50	50
N+	hoog stikstof	50	50	50	50	200
N++	zeer hoog stikstof	125	125	100	50	400

Vanwege tegenvallende resultaten in 2020 en 2021 is in beide proefboomgaard op 1 moment (19 juli) een dronevlucht uitgevoerd om te achterhalen of hiermee stikstofverschillen in het gewas kunnen worden gemeten. De verwerking en analyse is op dezelfde wijze uitgevoerd als in 2020 en 2021.

Op 21 juli zijn er bladmonsters genomen in de stikstoftrappen op dezelfde wijze als in 2021, ook in dezelfde bomen. Per monster zijn 160 bladeren geplukt. Hiervan zijn 100 bladeren per monster geanalyseerd door Eurofins. Oriënterend zijn 60 bladeren door het bedrijf Agrocarea geanalyseerd met een handscanner (<https://agrocarea.com/scanners/>). Agrocarea heeft in winter 2022/2023 op basis van een grote verzameling bladmonsters van appel en peer gewerkt aan een methode om met de handscanner het stikstofgehalte in blad te meten. Uiteindelijk zou dit kunnen leiden tot een mobiele meetmethode om eenvoudig in de boomgaard de stikstofstatus in het gewas te meten.

5.3 Resultaten

Op 21 juli zijn er evenals in 2020 en 2021 geen significante verschillen aangetoond in het stikstofgehalte in de bladeren tussen de uitgevoerde behandelingen (tabel 11). Er is geen opgaande lijn te ontdekken tussen de hoeveelheid toegediende stikstof en het stikstofgehalte in het blad. Wel was er een verschil in gehalten

tussen beide bedrijven. In boomgaard Ve waren de gevonden gehalten aan de lage kant. In boomgaard Vr lagen alle waarden binnen de streefwaarde.

Tabel 11 Gemiddeld gehalte stikstof in bladmonsters (g N/kg ds) per boomgaard en per behandeling op 21 juli 2022.

Boomgaard	N-	St	N+	N++
Ve	21.8	21.2	21.4	22.0
Vr	23.5	23.5	24.3	24.5

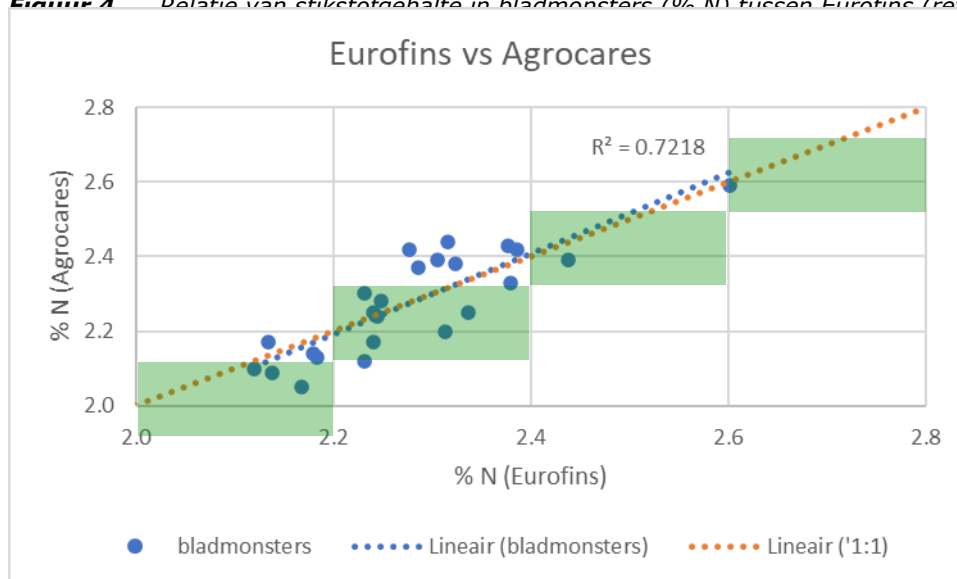
Evenals in 2020 en 2021 werden in het algemeen zwakke tot zeer zwakke correlaties (R^2) gevonden tussen de gemeten stikstofgehalten in het blad en de metingen met een drone (tabel 12).

Tabel 12 Correlaties (R^2) tussen Dronevlucht (Type camera, vliegmoment, index, percentiel) en het gehalte aan stikstof in de bladmonsters voor 2 verschillende boomgaarden (Ve en Vr) op monstertmoment (21 juli).

Camera/vliegmoment/index/percentiel	Ve	Vr
Altum_20220719_CIRed_p75	0.03	0.01
Altum_20220719_CIRed_p90	0.03	0.02
Altum_20220719_ndre_p75	0.01	0.03
Altum_20220719_ndre_p90	0.05	0.03
Altum_20220719_sCCCI_p75	0.00	0.05
Altum_20220719_sCCCI_p90	0.06	0.03
Multispec_20220719_CIRed_p75	0.00	0.04
Multispec_20220719_CIRed_p90	0.00	0.03
Multispec_20220719_ndre_p75	0.05	0.05
Multispec_20220719_ndre_p90	0.02	0.43
Multispec_20220719_sCCCI_p75	0.06	0.06
Multispec_20220719_sCCCI_p90	0.02	0.43

De gemeten stikstofgehalten door Eurofins als referentiemethode zijn oriënterend vergeleken met de nieuwe analysemethode van Agrocres via een handscanner. Uit de vergelijking komt naar voren dat er een goede correlatie is tussen beide methoden ($R^2=0.72$), waarbij de trendlijn zeer goed overeenkomt met de 1:1 vergelijking (figuur 4). Aanvullend is te zien dat de meeste monsters volgens beide methode in dezelfde stikstofklasse vallen (groene vakken in figuur 4).

Figuur 4 Relatie van stikstofgehalte in bladmonsters (% N) tussen Eurofins (referentie) en de Agrocres (handscanner). De punten komen uit op een zelfde



6 Uitvoering 2023

6.1 Aanpak

In 2023 heeft het onderzoek zich gericht op een nadere verkenning van de mogelijkheden van de Agrocates handscanner als mobiele meetmethode.

In 2023 zijn de stikstoftrappen niet opnieuw uitgevoerd. Op 4 juli zijn er in beide boomgaarden totaal 12 bladmonsters genomen, nl. per herhaling in de uitersten van de uitgevoerde stikstoftrappen (behandelingen N- en N++) op dezelfde wijze als in 2022 en van dezelfde bomen.

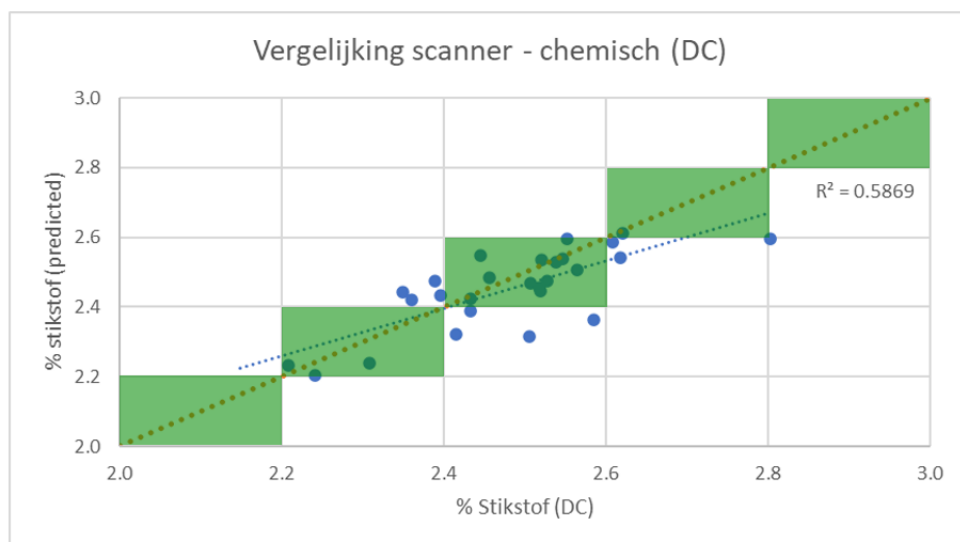
Aanvullend zijn er op Proeftuin Randwijk vanuit 2 bemestingsproeven bladmonsters verzameld: 12 bladmonsters in boomgaard West2C (Conference, V-haag) en 4 bladmonsters in boomgaard West2DB (appel, Kanzi).

Per monster zijn 160 bladeren geplukt. Hiervan zijn 100 bladeren per monster geanalyseerd door Eurofins (methode van 2019-2022) en 60 bladeren door het bedrijf Agrocates. Agrocates heeft de individuele bladeren eerst met de handscanner geanalyseerd en daarna chemisch met de 'Dry Combustion' -methode (Agrocates, 2022).

Op dezelfde posities zijn op 6 juli grondmonsters genomen in de zwartstrook (0-30 cm) en bewaard in de koelcel (5°C). Op 17 juli zijn de grondmonsters gemeten met de handscanner van Agrocates: 5 meetposities in het monster als 1 beoordeling. Per monster zijn 3 van zulke beoordelingen uitgevoerd om de variatie tussen monsterbeoordelingen inzichtelijk te krijgen. Vervolgens zijn de grondmonsters geanalyseerd door Eurofins middels Bemestingswijzer.

6.2 Resultaten

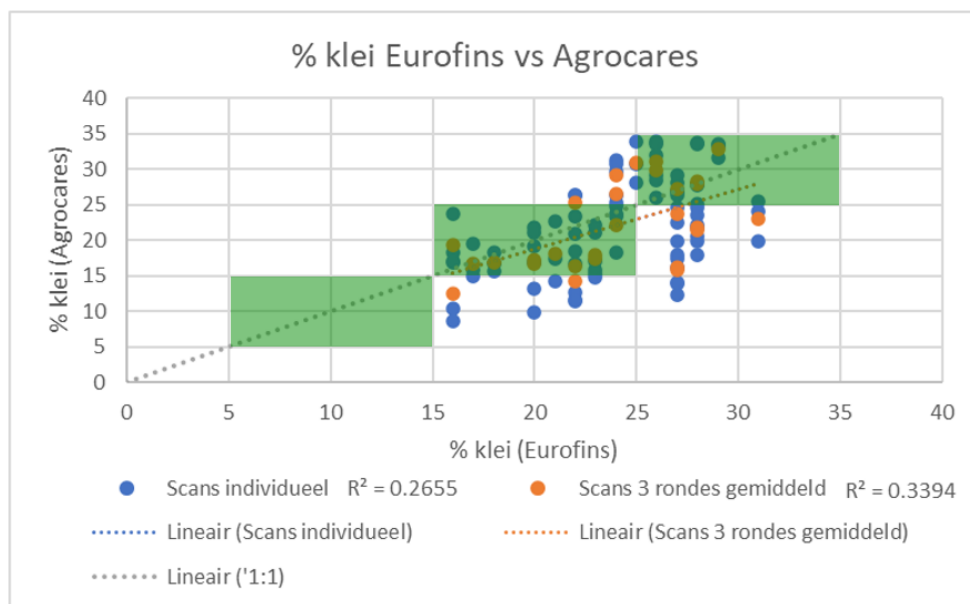
In figuur 5 is te zien dat de meting van bladeren met de Agrocates-handscanner een vrij goede correlatie laat zien met de chemische analyse door Agrocates ($R^2=0.59$). De trendlijn komt behoorlijk goed overeen met de 1:1 lijn. De meerderheid van de bladmonsters (18 van 28) worden door beide methoden in dezelfde klasse ingedeeld. De variatie in de stikstofgehalten tussen de bladmonsters was beperkt; hele lage stikstofgehalten (<2.2%) werden niet aangetroffen. Daarmee was er ook geen overjarig effect in stikstofgehalten tussen de uitgevoerde behandelingen.



Figuur 5 Relatie van stikstofgehalte in bladmonsters (% N) tussen chemische analyse volgens Dry combustion (DC, Agrocates-referentie) en de handscanner van Agrocates (predicted). Monsters die in de groene vlakken liggen, komen uit op een zelfde indeling in een stikstofklasse.

Een deel van elk bladmonster is ook geanalyseerd door Eurofins. Deze data bleek geen of een licht negatieve correlatie te hebben met de data van zowel de handscanner als de chemische referentiemethode van Agrocaraes ($R^2 = 0.04$ resp 0.13). Bij nadere bestudering van de data zijn er afwijkingen gevonden in de codering van de monsters, waardoor de vergelijking met de Eurofins-analyse niet betrouwbaar is.

Van dezelfde posities zijn ook grondmonsters genomen en beoordeeld door zowel de handscanner als geanalyseerd in het Eurofins-laboratorium. Vanuit de doelstelling van het project lag de focus op de bodemsamenstelling (% klei). Bij de vergelijking van % klei werd een correlatie gevonden van $R^2 = 0.26$ voor individuele monsters en $R^2 = 0.34$ bij een gemiddeld van 3 meetrondes per monster met de Agrocaraes handscanner (figuur 6). Deze resultaten laten ook zien dat er een variatie is in uitkomsten van de handscanner. Per monster is de variatiecoëfficiënt berekend ($100 \times \text{standaard-deviatie/gemiddelde}$). De gemiddelde variatiecoëfficiënt over alle 28 monsters lag op 17%. De handscanner is vooral bedoeld als methode om monsters in een klasse in te delen. In figuur 6 zijn klassen gehanteerd van 10% als relevante verschillen voor de bodemsamenstelling. Ca. 50% van de uitslagen van Agrocaraes werd in dezelfde klasse ingedeeld als volgens de Eurofins-uitslag.



Figuur 6 Relatie van kleigehalte (%) in grondmonsters tussen laboratoriumanalyse (Eurofins als referentie) en de handscanner van Agrocaraes. Monsters die in de groene vlakken liggen (klasse per 10%), komen uit op een indeling in dezelfde klasse.

7 Discussie en conclusie

In dit project is onderzocht of met gewasindexen (CI-red, NDRE en sCCCI) via drones de variatie in stikstofgehalte in perenboomgaarden non destructief kan worden gemeten.

Bij initiële metingen in 2019 bleek dat de variatie in magnesiumgehalten storend kan werken op het vaststellen van variatie in het stikstofgehalte (bij 1 van de 3 boomgaarden was het niet storend, bij de andere 2 wel). Daarnaast kan ijzergebrek storend werken. Dit betekent dat het optisch vaststellen van stikstofvariatie alleen mogelijk is wanneer de variatie in het magnesium- en ijzergehalte voldoende laag is. Waarschijnlijk is dit ook het geval bij variatie van nadere voedingselementen die de groenkleur beïnvloeden (Mangaan, Zink).

Drie jaar lang zijn in drie (vanaf 2021 twee) Conference-boomgaarden stikstoftrappen aangelegd in de Betuwe en zijn op meerdere momenten de genoemde gewasindexen met drones vastgelegd. In de stikstoftrappen zijn geen aantoonbare verschillen in het stikstofgehalte in het blad gecreëerd. In 2021 werd via een grondmonster in juni een groot verschil in het stikstofgehalte in de grond gemeten, zonder dat dit een meetbaar effect had op het stikstofgehalte in het blad. Wellicht hebben de relatief drogere voorjaar/zomers in de onderzoeksperiode ook een rol gespeeld. 2021 was relatief nat, terwijl 2019, 2020 en 2020 drogere perioden als gemiddeld hadden (tabel 13).

Tabel 13 Gemiddelde neerslagtekort in Nederland in de periode 2019-2022 (KNMI).

Jaar	Maximum (mm)/periode waarin maximum optrad	Waarde 1 oktober (mm)
(Langjarige gemiddelde)	115 /medio augustus	90
2019	200 /eind augustus	200
2020	250 /begin augustus	200
2021	85 /midden juni	85
2022	315 /eind augustus	220

Dat het niet of nauwelijks gelukt is om met breedwerpige bemesting een range in N-bladgehalte te creëren is nadelig geweest voor het onderzoek. Een eenduidige verklaring is moeilijk te geven. Het is bekend dat veel verschillende omstandigheden en processen van invloed zijn op het beschikbaar maken van stikstof in de bodem en opnemen van stikstof door bomen. Ook kan een verhoogde opname tot meer groei leiden, zodat het netto-effect op het bladgehalte beperkt is. Tenslotte hebben houtige gewassen een grote interne buffer, waardoor stikstofverschillen lastiger zijn aan te brengen. Zelf in de hoogste stikstoftrap, waarin tot wel 350 kg zuiver stikstof/ha boomgaard extra op de zwartstrook is toegediend zijn geen meetbare effecten gevonden.

De geteste gewasindexen via drones gaven overall geen betrouwbare voorspelling van het stikstofgehalte in het blad. In 2020 zijn er op 3 momenten dronevluchten uitgevoerd; vanwege de lage correlaties is dit in de volgende jaren afgeschaald naar 2 resp. 1 beoordelingsmoment. Incidenteel werden betere correlaties gevonden ($R^2 > 0.5$); echter met tegenstrijdige resultaten tussen boomgaarden en vliegmomenten in relatie tot bladbemonsteringsmomenten. Hierbij zijn 2 methoden van Aurea Imaging ingezet, namelijk de multispec en Altum, die bij een iets verschillende golflengte meten in het RedEdge-gebied rond 700 nm. Van belang is dat er in de betrokken boomgaarden geen grote verschillen in stikstofgehalten werden gevonden (via stikstoftrappen en via bemonstering op locaties met grote verschillen volgens de dronekaart).

De conclusie is dat, ondanks goede literatuuraanwijzingen en oriënterende metingen, door te weinig variatie in stikstof en de waargenomen storende werking van variatie van magnesium en ijzer deze methode te weinig perspectief heeft om verder ontwikkeld te worden.

De uitgevoerde bodemscans (EM38-MK2) in de 3 testboomgaarden lieten een variatie in de ondergrond zien. Er was echter een (zeer) zwakke correlatie met de groeikrachtvariatie in de boomgaarden, waardoor het niet zinvol was op basis van deze resultaten een variabele toepassing van bijv. organische stof te doen.

Aan het einde van het project zijn als alternatief voor dronemetingen oriënterende metingen gedaan met een mobiele meetmethode t.b.v. meting van blad (stikstofgehalte) en grond (kleigehalte) met een handscanner (Agrocares) in vergelijking met een chemisch/fysische analyse als standaardmethode.

De oriënterende metingen van bladeren met de handscanner gaf een goede correlatie: $R^2 = 0.72$ in 2022 in vergelijking met Eurofins respectievelijk $R^2 = 0.59$ in 2023 in vergelijking met een chemische analyse door Agrocares. In 2023 werd 64% van de bladmonsters in dezelfde klasse ingedeeld als volgens de referentiemethode. De vergelijking is met een beperkt aantal monsters uitgevoerd; ook bleek achteraf de variatie in stikstofgehalten tussen de monsters niet heel groot te zijn. Deze methode vereist een bredere validatie.

De meting van het aandeel klei in de grondmonsters met de handscanner gaf in 2023 een redelijke indicatie, maar vertoonde een behoorlijke variatie tussen individuele metingen. De gevonden R^2 kwam uit op 0.26 voor individuele monsters en $R^2 = 0.34$ bij een gemiddeld van 3 meetrondes per monster met de Agrocares handscanner. Deze resultaten kwamen niet overeen met resultaten in het project Sensing the Soil (2020 – heden; nog niet gepubliceerde resultaten), waarin met grondmonsters uit een andere boomgaard uit de Betuwe een $R^2 = 0.67$ werd gevonden in de vergelijking tussen de Agrocares scanner en Eurofins-referentie. Het is niet duidelijk waar deze verschillen door zijn veroorzaakt; mogelijk vereist het gebruik van de handscanner meer standaardisatie in het meten van het monster. Deze methode vereist een verdere validatie.

De oorspronkelijk gestelde doelen van het project zijn hiermee niet behaald. Er is wel zicht op een in de boomgaard uit te voeren analyse van het stikstofgehalte in het blad om daarmee de geografische variatie in stikstofgehalte in de boomgaard in kaart te brengen.

Literatuur

Agrocares (2022): Reference Methods Golden Standard Laboratory. <https://support.soilcares.com/hc/en-us/articles/5849365704082-Reference-Methods-Golden-Standard-Laboratory>

Kodde, J. (1994): Adviesbasis voor de bemesting van fruitteeltgewassen in de vollegrond; Grondonderzoek en Bladonderzoek. IKC-AT afdeling fruitteelt, Ministerie LNV.

Meirvenne, M. van, M.M. Islam, Ph. De Smedt, E. Meerschman, E. van De Vijver, T. Saey (2013): Key variables for the identification of soil management classes in the aeolian landscapes of north-west Europe. *Geoderma* 199, 99-105. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.07.017>

Perry, E.M., I. Goodwin, D. Cornwall (2018): Remote Sensing Using Canopy and Leaf Reflectance for Estimating Nitrogen Status in Red-blush Pears. *HortScience* 53(1):78-83. 2018. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI12391-17>

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research

Open Teelten

Lingewal 1

Postbus 200

6670 AE Zetten

T (+31) 488 473 702

www.wur.nl/openteelten

info.openteelten@wur.nl

Rapport WPR-OT 1085

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
