

Effect fertigatie in de appel- en perenbomenteelt



11-10-2019
Aeres Hogeschool Dronten
Erik Dekker

Effect fertigatie in de perenbomenteelt

Vooronderzoek

Studentnummer: 3020021.

E-mailadres: Erikdekker123@gmail.com

Opleiding: Agrarisch ondernemerschap Tuin- en akkerbouw

Organisatie: Aeres Hogeschool Dronten

Begeleiders: Gehner, B.

Dronten, 2019

Voorwoord

Voor u ligt een literatuuronderzoek gemaakt door Erik Dekker. Doordat ik opgegroeid ben op een fruitbedrijf heb ik interesse gekregen in de bomenteel. Door een literatuur onderzoek uit te voeren heb ik voldoende informatie gevonden om een aantal proeven op te stellen in de kwekerij.

Boomkwekerij Roelofs wil hier graag aan meewerken, zodat ook zij meer informatie over het effect van fertigatie kunnen verkrijgen.

Graag wil ik Winnie en Claudia Roelofs bedanken voor het mogelijk maken van dit onderzoek. Op hun bedrijf heb ik veel kennis kunnen opdoen over de praktijk van fertigatie en ook mijn proef heb ik hier uit kunnen voeren. Daarnaast bedank ik het bedrijf voor het mogelijk maken van mijn stage.

Veel leesplezier,

Dronten, 2019

Samenvatting

Voor een boomkweker is het van belang om de best mogelijke bomen te kweken. Om deze reden hebben verschillende boomkwekers geïnvesteerd in fertigatie. Doormiddel van fertigatie kunnen er gemakkelijker en sneller benodigde voedingsstoffen aangevoerd worden. Uit het literatuuronderzoek blijkt dat ieder element een verschillend effect heeft op de plant en waardoor het belangrijk is om de voedingsstoffen in de juiste verhouding aan te voeren. De belangrijkste voedingsstoffen zijn stikstof, fosfaat en kali. Stikstof versterkt vooral de vegetatieve groei, fosfaat het wortelstelsel verbeterd en kali heeft een effect op beide en maakt vooral de plant sterker.

Om het daadwerkelijke effect te ondervinden is er een proef opgesteld bij een perceel met perenonderstammen. Er bevinden zich 4 behandelingen binnen de proef:

- 1: Zonder bemesting
- 2: Alleen korrelbemesting
- 3: Korrel en water.
- 4: Korrel en fertigatie

Deze behandelingen zijn uitgevoerd gedurende een jaar en vervolgens zijn er een aantal metingen uitgevoerd om het effect te kunnen bepalen. De metingen gingen over de lengtegroei, diktegroei, wortelgroei en vertakking.

Uit de gegevens is gebleken dat vooral de lengtegroei een verbetering gaf bij de korrel en fertigatie behandeling. Door de efficiëntere stikstofgift worden de aangevoerde voedingsstoffen beter benut door de plant. Naar alle waarschijnlijkheid werkt de diktegroei averechts op de lengtegroei, deze metingen waren echter niet significant en dus niet bruikbaar voor eventuele conclusies. Over de wortelgroei en vertakking kon weinig gezegd worden, hier kwamen geen duidelijke gegevens uit voort. Om een economisch voordeel uit fertigatie te halen zal er nog een vervolg onderzoek moeten volgen. Het advies is om een vervolg proef op te zetten op meerdere locaties en meerdere jaren om eventuele andere factoren uit te kunnen sluiten.

Abstract

For a tree grower it is an important job to make the best trees. For this reason some growers have invested in fertigation. The fertigation makes it possible to bring the nutrition to the plant easily. The literature review says it is important to bring the nutrition's in the right proportions to the plant because every element has its own effect. Too much or too less of one of the elements and the plant will start to grow wrong. The most important elements are nitrogen, phosphate and potassium. Nitrogen has an important role in the vegetative growth, phosphate stimulates the roots and potassium has an effect on both and makes the plant stronger.

To get to know the real effects of fertigation there's made an experiment in a field with pear rootstocks. There are 4 fields, and every field has his own treatment:

- Field 1: No treatment
- Field 2: Only grain fertilizer
- Field 3: Grain fertilizer and water
- Field 4: Grain fertilizer and fertigation

This experiment is done during a year, followed by a number of measurements to get to know the effects. These measurements were about height growth, thickness growth, root growth and branching.

The results show as that the treatment with fertigation gives an improvement of height growth. Because of the extra and more efficient way of transporting nitrogen to the plant, its more easy for the plants to use the nitrogen. We assume that the thickness growth works in the opposite direction, these measurements are not significant so it's not possible to make conclusions about this. The root growth and branching doesn't give significant results so there's nothing to say about these subjects. To get to know if there are any economic benefits about fertigation for tree growers there need to be done a lot more researching in the future. The advice is to start a new experiment on more different locations, in this way it's possible to say that there are no other factors that have any effect on the results.

Inhoud

Effect fertigatie in de perenbomenteelt	1
Vooronderzoek.....	1
Voorwoord	2
Samenvatting.....	3
Abstract	4
Hoofdstuk 1: Inleiding	7
1.1 Productie van een boom	7
1.1.1 Opkweek onderstammen	7
1.1.2 Enten	8
1.1.3 Groei	8
1.1.4 Rooien en sorteren.....	9
Hoofdstuk 2: Wat is er bekend over fertigatie?	14
2.1 Noodzaak watergift	15
2.2 Voedingsstoffen.....	15
2.2.1 Stikstof.....	15
2.2.2 Fosfor.....	20
2.2.3 Kalium	22
2.2.4 Magnesium	23
2.2.5 Mangaan.....	24
2.2.6 Verhoudingen tussen verschillende elementen.....	25
2.2.7 Huidige recepten in de Nederlandse opkweek van fruitbomen	26
2.3 Meerwaarde fertigatie	27
Hoofdstuk 3: Hoofd- en deelvragen	28
Hoofdstuk 4: Materiaal en Methode.....	29
4.1 Perceel.....	29
4.2 Plantmateriaal	30
4.3 Fertigatie-opstelling	31
4.4 Fertigatie-recepten.....	33
4.4.1 Opzet proef.....	33
4.4.2 Bemesting.....	34
4.2.3 Metingen	36
Hoofdstuk 5: Resultaten.....	38
5.1 Gemeten resultaten	38

5.1.1 Wat is het effect van watergift en fertigatie op de wortelgroei van een perenonderstam?	38
5.1.2 Wat is het effect van watergift en fertigatie op de lengte/dikte groei van een perenonderstam?	39
5.1.4 Wat is het effect van watergift en fertigatie op de vegetatieve(takgroei) groei van een perenonderstam?	41
Hoofdstuk 6: Discussie	42
Hoofdstuk 7: Conclusie en aanbevelingen	44
Bibliografie	46
Bijlage 1	48
Bijlage 2	49
Bijlage 3	50

Hoofdstuk 1: Inleiding

Dit rapport start met een literatuuronderzoek naar het effect van fertigatie in de vruchtboomkwekerij. In de fruitteelt wordt al jaren lang gebruikt gemaakt van fertigatie. Vooral peren hebben veel en snel voedingsstoffen nodig. In de boomkwekerij was vooral het aanleggen een complexe onderneming, omdat de bomen relatief kort blijven staan in vergelijking tot fruitteelt, waardoor veel kwekers er voor kozen om geen fertigatie te gebruiken. Ook tegenwoordig zijn er nog steeds kwekers die het niet gebruiken.

Dit heeft ook als reden dat er nog veel discussie is over fertigatie. Het effect is niet altijd zichtbaar, en het ene jaar heeft het meer effect dan het andere. Veel kwekers weten niet zeker of het de grote investering wel waard is, daarnaast vergt het veel onderhoud.

Om fertigatie in een teelt te kunnen onderzoeken, is het allereerst nodig om de teelt goed te kennen. Daarom wordt in het onderstaande hoofdstuk de teelt van begin tot eind beschreven. Het begint bij de moerbedden, hier worden de onderstammen gekweekt. Vervolgens worden deze geënt, geplant en kunnen de enten gaan groeien. Na 2 jaar worden de bomen geroid en gesorteerd om vervolgens naar de klant toe te gaan.

1.1 Productie van een boom

Kenmerkend voor de boomkwekerij is dat het meerdere jaren in beslag neemt voordat de bomen gereed zijn om afgeleverd te worden. Een boomkweker moet de al voordat de teelt gestart wordt nadenken over de vraag binnen de markt over 2 tot 4 jaar.

Voordat een boom uitgegroeid is tot een verkoopbare boom gaan er een aantal stappen en een aantal jaren aan voorbij. Het soort uitgangsmateriaal moet zorgvuldig gekozen worden, denk hierbij aan de soort onderstam en vervolgens de soort appel of peer die op de onderstam moet gaan groeien. Nadat deze keuzes zijn gemaakt gaan de planten de grond in. Hieronder worden de verschillende stappen in het kwekersproces uitgelegd.

1.1.1 Opkweek onderstammen

Vermeerdering vindt plaats door middel van moerbedden. Eerst moet de onderstam voldoende groeien op een moerbed, hier is het belangrijk dat de onderstam genoeg wortels ontwikkelen. Dit wordt gestimuleerd door in de zomer de moerbedden aan te aarden doormiddel van een frees en een aanaardmachine. In de ruggen die de frees vormt wordt een mengsel van turf en zaagsel gestrooid. Vervolgens wordt hier weer grond overheen gegoid, en kunnen de onderstammen wortels gaan aanmaken.

In de winter worden de onderstammen door een zaagmachine afgezaagd en vervolgens gesorteerd. De mindere onderstammen worden nogmaals ongepland zodat deze alsnog wortels kan maken. De betere onderstammen worden gesorteerd op dikte van de stam en wortelhoeveelheid. Een groot deel van de onderstammen worden verkocht, de betere onderstammen worden zelf gebruikt voor het enten.

Na de winter, wanneer alle onderstammen afgezaagd zijn, wordt de overige grond van de moerbedden afgeschoven om de ogen weer licht te geven. Deze zullen weer gaan uitlopen. Op deze manier vindt ieder jaar het zelfde proces plaats.



Figuur 1: Bevordering wortelgroei doormiddel van ruggenfreen

1.1.2 Enten

In de winter zijn medewerkers volop bezig met het maken van handveredelingen van diverse soorten en mutanten. Op een gekweekte onderstam die van de moerbedden af komt, wordt een ent gezet van de soort die de kweker wilt gaan telen. Bij een ent is het belangrijk dat de 2 cambiumlagen goed op elkaar aansluiten zodat de sapstroom doorloopt naar de ent. Is dit niet het geval, dan zal het oog van de gewenste soort niet uitlopen en zal de onderstam zelf gaan groeien. De enten worden in april geplant, er wordt gelijk een fertigatie-slang bij gefreesd voor een goede aansluiting tussen de wortels en de grond.

1.1.3 Groei

Een boom groeit 2 seizoenen tot dat het een volgroeide boom is die klaar is om verkocht te worden. Elk jaar is een boom vanaf april tot september in volle groei. Gedurende deze periode wordt de boom doormiddel van fertigatie gestimuleerd om veel vegetatieve groei te ontwikkelen.

In de bomenteel is gedurende het groeiseizoen veel arbeid nodig, 50 tot 80 medewerkers zijn continu bezig om de kwaliteit van de bomen te bewaken en zo nodig bij te sturen. De teelthandelingen in het groeiseizoen zijn: Stokken zetten, tangen, pluizen, opschonen, selecteren, oculeren, onkruid verwijderen/bestrijden en gewasbescherming.

1.1.4 Rooien en sorteren

Het rooien van de bomen gebeurt met 5 klemband rooiers. De boom wordt met alle wortels uit de grond gesneden en vervolgens schoon geschud door de machine. Vervolgens worden de bomen op een pallet gelegd en gesorteerd in de schuur.



Figuur 2: Rooien van Conference bomen

Bij het sorteren wordt gekeken naar de hoeveelheid wortels, de hoeveelheid en lengte van de takken en of de boom niet ziek is. De hoogste kwaliteit boom is AA6+, dit betekent dat hij van AA kwaliteit is (zeer goed) met 6 of meer takken van 40cm.

In de onderstaande tabel staan de kwaliteitssorteringen van appelbomen weergegeven.

Tabel 1: Maatsorteringen appelbomen

	Takken	Wortels	Beschadiging
AA6+	6 of meer takken van minimaal 20 cm	zeer goed	Minimaal
AA5+	5 takken van minimaal 20 cm	zeer goed	Minimaal
A+	4 tot 5 takken van minimaal 20 cm	goed	kleine beschadigingen
A	3 tot 4 takken van minimaal 20 cm	matig	mogelijk
B	2 tot 3 takken van minimaal 20 cm	matig	mogelijk

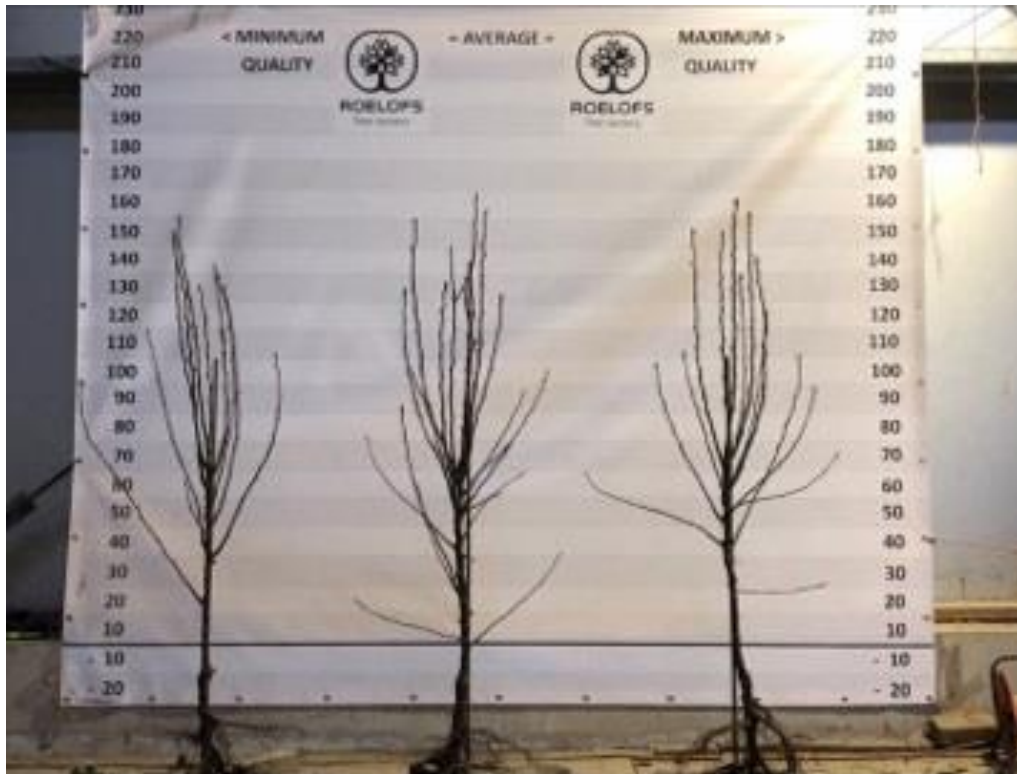
	Takken	Wortels	Beschadiging
AA6+	6 of meer takken van minimaal 20 cm	zeer goed	Minimaal
AA5+	5 takken van minimaal 20 cm	zeer goed	Minimaal
A+	4 tot 5 takken van minimaal 20 cm	goed	kleine beschadigingen
A	3 tot 4 takken van minimaal 20 cm	matig	mogelijk
B	2 tot 3 takken van minimaal 20 cm	matig	mogelijk

AA6+ en AA5+ zijn de beste sorteringen, deze hebben voldoende takken en zeer goede wortels met minimale beschadiging. A+ en A sorteringen zijn bomen van mindere kwaliteit, ze hebben mindere takken en er kunnen mindere of beschadigde wortels aan zitten. De laagste kwaliteit is B, dit zijn bomen met matige takken en wortels. Veel worden deze niet verkocht, alleen wanneer er een tekort aan bomen is, is hier vraag naar.

Bij peren zijn de maatsorteringen anders opgebouwd. Hier wordt ook gekeken naar het systeem waarin de boom geplant gaat worden bij de fruitteler. Zo zijn er V-Haag systemen, 3 en 2-kop systemen, en vrije spillen(1 kop). In overleg met de fruitteler wordt de sortering bepaald en worden de bomen naar kwaliteit gesorteerd. In Tabel 2 zijn de 4 meest voorkomende sorteringen weergegeven. V-haag 4+ is de beste kwaliteit, gevolgd door V-haag 3+. Vrije spillen zijn ook veel voorkomende maatsorteringen, deze bomen hoeven aan minder strenge voorwaarde te voldoen.

Tabel 2: Maatsorteringen perenbomen

	Takken	Wortels	Beschadiging
V-Haag 4+ AA	4 zware koptakken, genoeg onderhoud	Zeer goed	Minimaal
V-Haag 3+ AA	3 zware koptakken, genoeg onderhoud	Zeer goed	Minimaal
Vrije Spil 2-kop AA	2 koptakken, genoeg onderhoud	Goed	Minimaal
Vrije Spil 1-kop A	1 zware koptak, genoeg onderhoud	Goed	kleine beschadiging mogelijk



Figuur 3: Voorbeeld V-haag 4+ bomen

In de bovenstaande afbeelding zijn V-haag 4+ bomen te zien. Ze hebben minimaal 4 zware koptakken die gebruikt kunnen worden voor het V-haag systeem. Omdat deze bomen de hoogste kwaliteit bomen zijn, mogen er geen beschadigingen aanzitten op zowel de takken als de wortels.

In de onderstaande afbeelding zijn vrije spil AA bomen te zien. Deze hebben een stuk minder zware takken en kunnen dus niet voor een V-haag gebruikt worden. Deze bomen kosten minder en worden minder streng beoordeeld.



Figuur 4: Voorbeeld Vrije Spil AA bomen

De teelt van een perenboom is een nogal complex proces, daarom staat er in tabel 3 nogmaals schematisch de teelt weergegeven. Verdeeld over 3 groeiseizoenen vinden er verschillende handelingen plaats om de kwaliteit te bevorderen.

Tabel 3: Overzicht teelt Conference peer

1e groeiseizoen	Planten	Maart/april
	Opschone	Mei-augustus
	Sputen	Maart-september
	Onkruidbestrijding	Maart-september
	Oculeren	Augustus
2e groeiseizoen	Toppen hakselen	Januari
	terugknippen	Maart/april
	Stokken zetten	Maart-mei
	Tangen	Mei-augustus
	Opschone	Mei-augustus
	Sputen	Maart-september
	Onkruidbestrijding	Maart-september
3e groeiseizoen	terugknippen	Januari-maart
	Tangen	Mei-augustus
	Opschone	Mei-augustus
	Sputen	Maart-september
	Onkruidbestrijding	Maart-september
	Stokken verwijderen	Oktober-december
	Rooien	Oktober-februari
Verkoop		Oktober-mei

Hoofdstuk 2: Wat is er bekend over fertigatie?

Vroeger werd er in de bometeelt geen fertigatie gebruikt. De redenen hiervan waren voornamelijk dat het aanleggen erg veel tijd en geld kost, maar ook dat de meerwaarde ervan niet gezien werd. Wanneer de bomen vocht nodig hadden, werd er met de haspel extra water aangevoerd.

Rond het jaar 2012 waren de eerste boomkwekers die begonnen met het aanleggen van fertigatie op hun kwekerijen. (Hortipoint, 2013) Het gericht toedienen van water en meststoffen levert 2 voordelen op. Ten eerste komt de mest op juiste plek terecht, direct bij de wortel, waardoor er minder uitspoeling naar het milieu plaatsvindt. Ten tweede wordt de hoeveelheid water en mest die verbruikt wordt sterk vermindert ten opzichte van de gangbare manieren om vocht aan te voeren met haspels en spuitmachines. (Deltaprogramma agrarisch waterbeheer, 2013)

Door de fertigatie krijgt het gewas op tijd vocht en mest toegediend, wat als verwachting heeft dat het gewas een hogere kwaliteit zal hebben aan het einde van het groeiseizoen. Ook kan de groei nauwkeurig gestuurd worden door het toedienen van verschillende meststoffen die ieder een ander effect hebben op de groei.

Terugkomend op het feit dat veel telers de aanschaf en aanleg van het fertigatiesysteem te duur vinden, heb ik kort gekeken naar onderzoeken die gedaan zijn in 1-jarige akkerbouwgewassen. Ook hier wordt verwacht dat de extra kosten die gemaakt worden, niet terug verdient worden. In de teelt van prei worden de meerkosten van een fertigatiesysteem ten opzichte van het beregenen met een haspel en daarnaast het gebruik van een kunstmeststrooier geschat op €900,- tot €2.300,- per hectare. In de proef is helaas niet duidelijk geworden of de kosten terug verdient kunnen worden.

In de aardappels zijn in 2011 ook de eerste proeven gestart met fertigatie. Hiervan lijken de eerste resultaten positief. De maatsortering bij fertigatie is vele malen egalier en de schurftgevoeligheid is minder. Bij aardappels is het grote voordeel dat de slangen tegelijk met het aanfrezen van de ruggen aangelegd kunnen worden, waardoor er geen extra werkzaamheden bij komen. Ook zijn ze weer makkelijk op te rollen aan het einde van het seizoen. (Bos, 2011)



Figuur 5: Aanleg fertigatie slangen

Ander voordelen van fertigatie zijn:

- Het gewas blijft droog, de infectiedruk van schimmels blijft lager
- Water en voeding wordt direct bij de wortelzone van de boom toegediend
- Betere en preciezere afstemming van de hoeveelheid water en voedingsstoffen op de gewasbehoefte.
- Efficiënter gebruik van voedingsstoffen en water.

2.1 Noodzaak watergift

Een boom groeit gedurende 2 jaar op de boomkwekerij, alvorens die verkocht wordt aan de fruitteler. In deze periode moet de boom 1,5 tot 2 meter hoog worden. In het eerste jaar wordt de stam gevormd, in het tweede jaar groeit de hoofdtak verder en wordt deze gestimuleerd om zijtakken te vormen. Om een boom binnen 2 jaar op de gewenste lengte te krijgen zijn goede groeiomstandigheden noodzakelijk.

Bomen kunnen doormiddel van fertigatie continu water en voedingsstoffen aangevoerd krijgen zonder veel arbeid. De slangen bevinden zich net boven de wortels in de grond. Wat er aangevoerd wordt komt dus daadwerkelijk bij de boom terecht en kan snel worden opgenomen. Vooral in droge periode is het geven van water van grote waarde. Het voorkomt dat de groei van de bomen stagneert en de kwaliteit van de boom achteruit gaat.

Wanneer de omstandigheden zonnig zijn en de plant kan moeilijk aan water komen (turgor neemt af) zullen de huidmondjes sluiten om de verdamping te verminderen. Dit heeft een nadelig effect op de fotosynthese maar voorkomt uitdroging. Dit proces maakt de opname van CO₂ moeilijk en vertraagt de fotosynthese met een verminderde groei tot gevolg. (Cultilene, 2017) Om de groei in stand te houden is het dus van belang de plant van voldoende water te voorzien.

2.2 Voedingsstoffen

Naast het geven van water wordt er geprobeerd om de groei te sturen met voedingsstoffen. Door de nutriëntengift aan te passen naar de behoefte van de plant, wordt de boom naar de gewenste groei gestuurd. Wanneer het gewas een dusdanig hoge behoefte heeft aan voedingsstoffen, kan de installatie iedere dag draaien.

Stikstof, fosfaat en kali zijn stoffen die bepalend zijn voor een plant (hoofdelementen), een onjuiste bodemvoorraad kan zeer grote gevolgen hebben voor de kwaliteit. Voor het planten wordt van ieder perceel een grondmonster genomen om de bodemvoorraad in kaart te brengen. Aan de hand hiervan wordt een bemestingsadvies gemaakt, hierin wordt zowel korrelbemesting als fertigatie in meegenomen.

2.2.1 Stikstof

Stikstof is een hoofdelement die zorgt voor de vorming van bladeren die zonlicht in voedsel omzetten. Door stikstof bemesting zal het basale gebied, de taklengte en de stamhoogte aanzienlijk toenemen. Daarnaast verhoogd het de bladlengte, de bladbreedte en het aantal bladeren per scheut. Dit betekent meer fotosynthese per boom en dus een gezonde en vitale boom. (Brix & Ebell, 1969)

Reserves

Voor een boom is het belangrijk dat er voldoende reserves worden opgeslagen voor de eerste groei van het nieuwe seizoen. Hoe ouder de boom is, hoe meer reserves een boom kan opslaan. Reserves worden opgeslagen in de schors, takken en stam, maar vooral in de wortels. Ook bij jonge bomen, ondanks dat ze nog geen groot wortelstelsel hebben, bevindt de grootste opslag plaats zich in de wortels. Doordat het wortelstelsel snel zal groeien in de daaropvolgende jaren, zal de hoeveelheid N die opgeslagen kan worden ook toenemen. (Tagliavini & Millard, 2005)

Deze reserves bevatten vooral koolhydraten en stikstof. Deze reserves worden gebruikt voor de eerste groei die plaats vindt voordat er fotosynthese en/of opname via de wortels aanwezig is. De koolhydraten vormen het grootste gedeelte van de reserves, de aanwezige stikstof is maar 2% van de totale droge stof in de boom. (Cheng & Fuchigami, 2002) Voor jonge bomen op een kwekerij zijn deze reserves extra belangrijk, door beschadigingen aan de wortels, een gebrek aan nieuwe wortels en/of een te lage temperatuur in de bodem kan de opname van nieuwe voedingsstoffen uit de grond vertraagd worden.

Voor het opbouwen van N-reserves zijn er 2 bronnen. De eerste is de wortelopname vanuit de grond, de ander is de mobilisatie van N uit de bladeren. De eiwitten worden in de bladeren afgebroken en de daaruit resulterende aminozuren worden getransporteerd naar het stam- en wortelweefsel. (Cheng & Fuchigami, 2002)

In een proef is gebleken dat het verhogen van de N-reserves doormiddel van Ureum in de herfst, een negatief effect heeft op de reserves van de koolhydraten. (Cheng & Fuchigami, 2002) Toch wordt de hoeveelheid hergroei in het daarop volgende voorjaar vooral bepaald door de N-reserves. Aangetoond is dat een hoge concentratie aan koolhydraatreserves en een lage concentratie N-reserves nadelig is. Door een te lage N-concentratie kan de boom niet optimaal gebruik maken van de aanwezige koolhydraatreserves. Het verhogen van de N-reserves zorgt er dus voor dat er een groter deel van de koolhydraatreserves gebruikt kan worden voor de hergroei. Het verhogen van de N-concentratie heeft als gevolg dat de koolhydraat concentratie daalt.

Ook het aanvoeren van veel stikstof in het voorjaar heeft weinig effect op de hergroei. Deze kunnen nog niet opgenomen worden. De hergroei wordt vooral bepaald door de N-reserves. (Cheng & Fuchigami, 2002) De stikstofreserves zijn van doorslaggevend belang bij het bepalen van de groeikracht in het nieuwe seizoen. (Tromp, 1983)

Stikstofbemesting

De scheutgroei van een boom is het sterkst in mei-juni, de houtgroei in juli en de wortelgroei in augustus. De hoeveelheid knoppen die uiteindelijk uitlopen en dus takken gaan vormen is sterk afhankelijk van de stikstofreservetoestand van het gewas. De stikstofvoorziening in het voorjaar bepaald grotendeels de groei gedurende het groeiseizoen, de lengtegroei en de afsluiting worden hierdoor bepaalt. Tijdens het groeiseizoen stikstof bemesten vertraagt de afsluiting van de plant, hij kan dus langer doorgroeien. In sommige gevallen is er hernieuwde lengtegroei te zien na een korte periode van stilstand. (Delver, 1973)

Wortels groeien in 2 perioden van het jaar het snelst, in april-juni en van augustus tot de herfst is er een sterke groei te zien. In de winter staat de wortelgroei niet geheel stil. Gebleken is dat stikstof

bemesten in de periode van april-juni een zeer positief effect heeft op de wortelontwikkeling. Bemesten in de herfst of winter heeft minder effect op de wortelgroei.

Volgens een onderzoek uitgevoerd in Engeland gaf de zomerbemesting de meest vitale bomen, de bladeren waren donkergroen en de zetting was zeer goed. Omdat bemesten in een te vroeg stadium, denk aan vroeg in het voorjaar, tot veel wortelschade kan leiden, is het aan te raden om de grote stikstofgift uit te stellen tot in de zomer. (Williams, 1967) Wel is het belangrijk om de hoeveelheid stikstof in de grond en in de plant voorafgaand aan het groeiseizoen optimaal te houden. Dit omdat, zoals eerder vermeld, de stikstofvoorziening in het voorjaar grotendeels de groei gedurende het groeiseizoen bepaald. Een goede stikstofbemesting in de zomer zorgt voor goede wortelgroei, waardoor de boom in de herfst een hogere stikstofvoorraad kan aanleggen. (Dong, Cheng, Scagel, & Fuchigami, 2005) Zoals eerder vermeld kan lang door bemesten met Ureum van belang zijn voor de stikstofvoorraad. Daarnaast moet er in het najaar voldoende stikstofhoudende meststoffen aanwezig zijn, zodat de boom waar nodig nog kan opnemen.

Bij te weinig beschikbare stikstof zal de groei achterblijven omdat energie niet omgezet kan worden. (DLV Plant, WUR-PRI en NMI, 2011) In de bladeren vindt fotosynthese plaats, hier wordt lichtenergie gebruikt om CO₂ om te zetten in koolhydraten (glucose). Deze koolhydraten gebruikt de plant als energiebron om te groeien. Er kan ook overbemesting plaats vinden. Bij overbemesting zal het gewas te hard gaan groeien met als gevolg dat de verhoudingen binnen de plant niet meer zullen kloppen. Het gewas zal een spichtige groei laten zien, en zal daarnaast slap worden. De weerstand zal afnemen en binnenkomende ziekte bronnen zullen een groter gevaar gaan vormen, denk hierbij aan vruchtboomkanker en schurft. Een bijkomende gevaar, vooral gevaarlijk voor een boomkweker, is dat de vorstgevoeligheid groter zal worden. Het is belangrijk dat een teler niet kiest voor de “veilige weg”, maar alleen aanvoert waar de plant om vraagt.



Figuur 6: Stikstofgebrek (De Ruiter, 2019)

In figuur 6 is het gebrek aan stikstof in appelblad te zien. De kleur van het blad is lichter wanneer er een gebrek optreedt. De plant heeft niet genoeg voedingsstoffen om de vegetatieve groei te stimuleren. Het blad is dunner en minder sterk.

Stikstof staat erom bekend dat het zeer mobiel is binnen de plant, een tekort zal altijd het eerst zichtbaar worden in de oudere bladeren. Onder N-deficiëntie, ook wel stikstofgebrek genoemd,

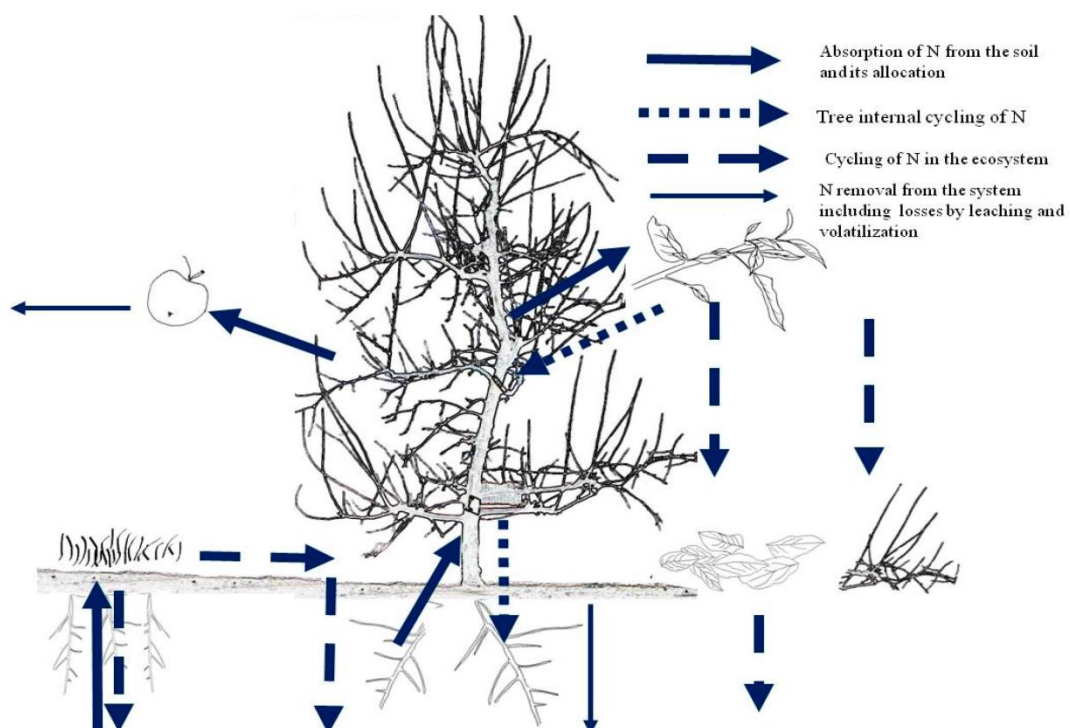
worden de eiwitten gehydrolyseerd (proteolyse) en de daaruit ontstane aminozuren worden verdeeld over de jongere bladeren en de uiteinde van de plant. Deze proteolyse zorgt voor een ineenstorting van chloroplasten en een afname van het chlorofylgehalte. Hierdoor ontstaan de symptomen van een N-tekort.

Het verplaatst zich naar de plek waar de meeste vraag is. In de bloei zullen vooral de bloemknoppen veel stikstof nodig hebben, daarna zal het pas in de vorming van hout gestopt worden. Aan het einde van het jaar laten de bomen hun bladeren vallen, omdat de boom zoveel mogelijk stikstof wil behouden geven alle bladeren ongeveer 50% van hun stikstofvoorraad terug aan de boom zelf. Deze zullen worden opgeslagen in de wortels van de boom, en worden gebruikt in de daaropvolgende lente.

Vorm stikstof

Volgens Carranca, Brunetto en Tigliavini (2018) kunnen fruitbomen stikstof op 2 verschillende manieren opnemen. Zowel NO_3^- (Nitraat) als NH_4^+ (Ammonium) zijn beschikbaar voor een plant, wel is NO_3^- de meest voorkomende in goed beluchte gronden, zoals vaak het geval is in de Flevopolders. Wel is gebleken dat wanneer er meer NH_4^+ aanwezig en opgenomen werd door de fruitboom, dat de boom in de meeste gevallen meer bloemknoppen ontwikkeld. Ook al was de NH_4^+ maar voor een zeer korte periode beschikbaar. (Carranca, Brunetto, & Tigliavini, 2018)

Wanneer de stikstof is opgenomen door de wortels wordt het door het xyleem getransporteerd door de boom en komt het in verschillende organen terecht.



Figuur 7: De stroom van N in het ecosysteem van een fruitboom (Carranca, Brunetto, & Tigliavini, 2018)

Een deel van de voedingsstoffen die naar de wortels worden getransporteerd kunnen weer terug het xyleem in en opnieuw naar de scheuten worden gebracht. Vooral wanneer de wortelactiviteit hoog is, wordt er veel N vanuit de wortel “gerecycled” en teruggebracht naar de scheuten. Dit heeft waarschijnlijk te maken met het feit dat wanneer de wortels veel N opnemen, de scheutgroei zeer hoog is en dat er dus veel voedingsstoffen nodig zijn. In deze periode nemen de wortels juist minder voedingsstoffen op en gaat het grootste gedeelte naar de scheuten. Het verband is omgekeerd evenredig, wanneer er weinig activiteit is krijgen de wortels meer. Bij een proef in Portugal (Carranca, Brunetto, & Tigliavini, 2018) is gebleken dat constant kleine hoeveelheden bemesten gedurende het groeiseizoen, pas na 2 maanden zijn effect laat zien. In de begin maanden gebruikt een boom vooral nog de reserves die hij opgeslagen heeft het voorgaande jaar (remobilisatie). Pas wanneer deze grotendeels verbruikt zijn, wordt er doormiddel van de wortels extra N opgenomen. Tussen het moment dat de remobilisatie stopte en het moment dat de wortels N gingen opnemen was de N-opname minimaal. Daarna steeg de opname weer en bleef deze constant tot de bladval.

Verbeteren bodem

Er zijn verschillende manieren om stikstof beter beschikbaar te maken in de bodem. Het aanvoeren van verse mest zorgt voor een snellere beschikbaarheid van N. Door de aanwezigheid van verschillende bronnen van N, zoals NO_3^- , NH_4^+ , ureum en peptide-N-fracties komt en op verschillende momenten beschikbaar. Daarnaast levert het aanvoeren van organische mest meer bodemleven, organische stof, bodem aggregatie en bodem hydraulische eigenschappen.

Een betere structuur zorgt ook voor betere leefomstandigheden voor de plant. Er komen sneller voedingsstoffen beschikbaar, maar daarnaast blijft er ook langer vocht beschikbaar in de grond en is de afwatering beter. Er zullen minder stressfactoren ontstaan.

Perenbladvlo

Een te hoge stikstofgift in peren kan als gevolg meer perenbladvlo in het gewas veroorzaken. (Helsen, Elk, & Piquet, 2015) In 2013 zijn op een productief perenperceel op de PPO-locatie in Randwijk de populaties van perenbladvlo gevolgd bij 2 stikstofbemestingsbehandelingen. In juni bleek dat er 2 maal zoveel perenbladvlo larven aanwezig waren bij de behandeling waarbij bemest was met 220 kg stikstof/ha in vergelijking met de behandeling waarbij slechts 30 kg/ha gegeven is. De stikstofbladgehalten in de perioden eind juni en begin september vielen voor beide behandelingen in de bemestingsklasse “goed” en alleen in september kon een kleine, statistisch betrouwbare, verhoging van het stikstofbladgehalte vastgesteld worden. Het stikstofbladgehalte is blijkbaar geen goede indicator om het effect van stikstofbemesting op de perenbladvlo-populatie vast te stellen. Het stikstofaanbod in de grond onder deze omstandigheden blijkbaar wel.

2.2.2 Fosfor

Fosfor(P) is het 2^e hoofdelement. Wanneer het over bemesting gaat praat men voornamelijk over fosfaat, dit is het ion dat fosfor bevat en wat wordt toegediend. Een plant heeft tijdig voldoende fosfaat nodig om een goed wortelstelsel aan te kunnen leggen. Te laat fosfaat aanvoeren zal leiden tot een achterblijvende groei, stikstof en andere voedingsstoffen kunnen minder goed benut worden. Fosfaat zelf wordt via de wortels opgenomen en dient bij de energiehuishouding van de plant, waardoor zonlicht omgezet kan worden in energie. In de jeugdfase van een gewas kan er tot 2,5 kg aan fosfaat per hectare opgenomen worden. Daarnaast zorgt fosfaat ervoor dat celmembranen goed functioneren en is het betrokken bij de productie en het transport van eiwitten, suikers en vetten. (Stock, 2014)

Gebrek- en overmaatverschijnselen

Bij een tekort aan fosfaat zal de wortelgroei achterblijven, de bloei zal minder zijn en dus de vruchtvorming ook. Uiteindelijk zal het tekort duidelijk in de bladeren naar voren komen. Ze kleuren donkergroen- blauwgroen tot zelfs roodpaars. (Figuur 6) Een niet-optimale pH in de bodem, een slechte bodemstructuur of koud weer kunnen de beschikbaarheid van fosfaat in de bodem verlagen, ondanks dat er toch een grote bodemvoorraad aanwezig is. Wanneer er een tekort zichtbaar is in de plant, kan het verstandig zijn om eerst te onderzoeken of één van deze factoren een beperkende factor kan zijn voordat er opnieuw stikstof aangevoerd wordt. Voor een optimale beschikbaarheid moet de pH tussen 5,5 en 7 liggen. Wanneer de bodemtemperatuur rond de 21°C is, is 100% van de fosfaat beschikbaar. Bij 13°C is dit maar 30%. Temperatuur speelt een enorm belangrijke rol bij het opnemen van fosfaat.

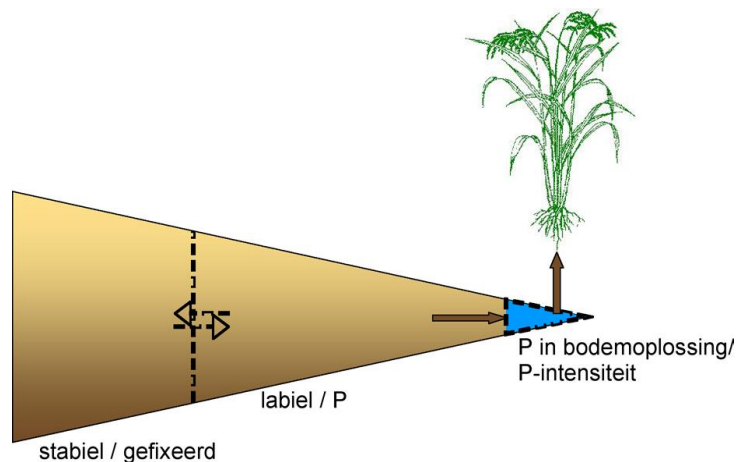


Figuur 8: Fosfaat tekort (De Ruiter, 2019)

Een overmaat van fosfaat ontstaan er vaak problemen met andere elementen. Door een overmaat aan fosfaat slaan elementen als kalium, zink en koper neer onder de vormen van K-, Zn-, Cu-fosfaten. De pH binnen de plant verandert wat het transport binnen de plant vermoeilijkt. Het is zaak om zo snel mogelijk balans in de bodem te krijgen.

Beschikbaarheid

In de bodem is vaak voldoende fosfaat aanwezig, echter kan niet alle fosfaat door een haarwortel worden opgenomen (Immobil). Er is een verschil tussen de direct beschikbare hoeveelheid fosfaat en de hoeveelheid die de bodem kan naleveren. De direct beschikbare fosfaat bevindt zich in de bodemoplossing (figuur 9), de hoeveelheid die de bodem kan naleveren bevindt zich verder in de bodem en is labiel. Een mix van beide maakt het Pw-getal, op basis van dit getal wordt het bemestingsadvies gebaseerd.



Figuur 9: beschikbaarheid fosfaat (DLV Plant, WUR-PRI en NMI, 2011)

Uitspoeling

Uitspoeling van fosfaat is een groot probleem van de laatste jaren. Veel fosfaat komt in het oppervlakte water terecht wat leidt tot een mindere waterkwaliteit en biodiversiteit. Er ontstaat in de zomer snel algenbloei, dit doodt andere planten en dieren en maakt gebieden minder aantrekkelijk voor waterrecreatie. Hierdoor is er een steeds grotere roep om efficiënter gebruik van fosfaat. Plaats specifiek bemesten is een ontwikkeling die steeds meer gebruikt wordt. De mest komt direct bij de wortel te liggen en niet meer in die loze ruimte tussen de planten in.

2.2.3 Kalium

Rol kalium binnen de plant

Kalium mag gezien worden als het mineraal dat een belangrijke sturende rol speelt in de ontwikkeling van een plant. Het heeft daardoor een sterke invloed op de gezondheid en stressbestendigheid van een plant in verschillende omstandigheden.

Kalium heeft een belangrijke rol bij het beheersen van de waterhuishouding. Een plant die veel water opneemt krijgt een verhoogde cel spanning, wat resulteert in een plant die overeind staat en stugger blad heeft. Door de juiste osmotische waarde binnen de plant te hebben, kan een plant juist reageren op droogte. De plant zal zijn huidmondjes openen en de gevormde O₂ uitademen, en CO₂ uit de lucht in te ademen.

Een tweede belangrijke functie is dat kalium als kation⁺ door de wortels opgenomen wordt en zal ook grotendeels in de wortels blijven. Dit zorgt voor compensatie van de negatieve ladingen van anionen, denk hierbij aan fosfaat, nitraat en sulfaat). De plant is hierdoor in staat transport van zetmeel en suikers te regelen en wordt de interne pH geregeld. Enzymreacties kunnen blijven plaats vinden. Bij meer dan 50 enzymen is kalium nodig om te kunnen functioneren. Het is dus nodig bij het opbouwen van eiwitten en celwandopbouw. (Krikke & Evers, 1996)

Gebrek- en overmaatverschijnselen

Zoals in eerder vermeld heeft kalium een essentiële rol bij de vochthuishouding, te weinig kalium zal dus voor een verminderde vochthuishouding zorgen en dit zal zichtbaar worden door een slappe plant en verdroging. Het meest specifieke is chlorose, geelkleuring, langs de rand van het blad en het topje. Een grote fout die gemaakt kan worden bij een stikstofoverschot is dat boeren de hoeveelheid stikstof gaan verlagen. De N/K verhouding is in dit geval vaak niet op orde. Het verhogen van de kalium bemesting is de eigenlijke oplossing.

Bij kalium overbemesting kleurt het blad donkergroen. Een verhoogd kaliumaanbod remt de opname van calcium en magnesium waardoor de gebrek verschijnselen van calcium en kalium zullen optreden.



Figuur 10: gebrek verschijnselen (De Ruiter, 2019)

Uit een onderzoek uit november 2018 is gebleken dat het aanvoeren van kalium een positief effect heeft op de groei. Bij deze proef bleek dat de planten die met 112 kg/ha kali bemest werden, 14% meer bladoppervlakindex(LAI), 3% toename van het aantal hoofdstamknopen en 2% meer lengtegroei hadden ten opzichte van planten die niet bemest waren met kalium. Dit is te verklaren doordat kalium zorgt voor een verbeterde waterhuishouding wat een sterkere plant als gevolg geeft en dus een vergroot LAI en meer lengtegroei. Het bladgewicht was lichter dan bij de niet bemesten planten, dit kan het gevolg zijn van meer uitgerekte planten die breder maar dunner zijn. Meer oppervlakte zorgt voor een betere ademhaling en fotosynthese. (Pettigrew & Meredith Jr, 1997)

Ook is er in deze proef een variatie in de hoeveelheid stikstof meegenomen in verhouding tot de hoeveelheid kali. Een verminderde assimilatiecapaciteit, vaak in verband gebracht met een K-tekort, zou de inefficiëntie van N-gebruik en slechtere vezelkwaliteit kunnen verklaren. Belangrijk is om de N/K-verhouding in balans te houden.

2.2.4 Magnesium

Magnesium is een element wat regelmatig wordt onderschat door telers. De focus ligt vaak op de NPK-elementen, maar magnesium behoort ook tot een hoofdelement binnen de plant. Magnesium heeft bij de opname veel belang bij een juiste verhouding met kalium, calcium en natrium. Omdat magnesium tweewaardig positief is(Mg^{2+}), en de eerder genoemde elementen negatief kan dit problemen veroorzaken. Naarmate de kaliumverzorging hoger is en de calcium voldoende in de plant aanwezig is, neemt de hoeveelheid magnesium af. Bij grondgebonden teelten kan natrium ook een sterke afname van magnesium veroorzaken, dit vanwege de grote mate van mobiliteit van natrium zowel in de bodem als in de plant.

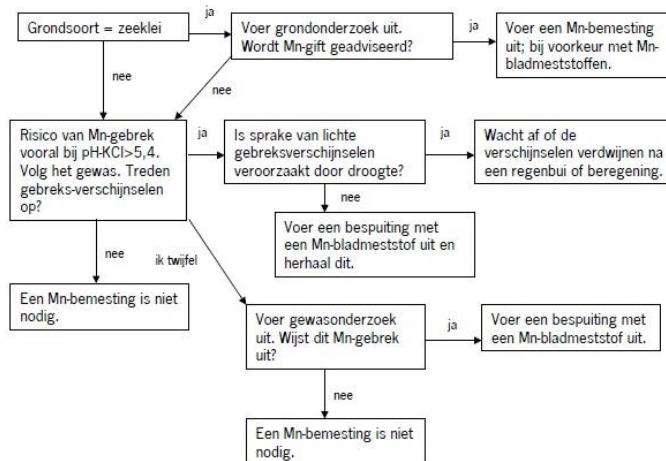
Magnesium is in de plant vooral terug te vinden in de oudere bladeren en in mindere mate in de jongere bladeren. Dit komt omdat het opgeslagen wordt als zout in de vorm van pectinaten en phytinezuur. Ook worden er grote hoeveelheden in het cytoplasma aangetroffen. Deze zijn van groot belang bij de energieuishouding, daarnaast is magnesium belangrijk bij vele enzymen in de plant en is het belangrijk bij het reguleren van de pH in de bladgroenkorrels. (Krikke, 1996)

Magnesium wordt niet veel via de fertigatie aangevoerd. Dit omdat de behoefte van de plant minder hoog is, maar ook omdat magnesium ook regelmatig via de veldspuit wordt toegediend als bladbemesting. Via de veldspuit wordt vooral gebruikt om bij te sturen wanneer er een tekort zichtbaar wordt. Per hectare wordt er 5 kilo toegediend.

2.2.5 Mangaan

Mangaan is een element die net als magnesium veel onderschat wordt. Veel percelen in de Flevopolder hebben een mangaan tekort. Omdat de behoefte dusdanig laag is wordt het bijna niet meegenomen in de bemesting. Een mangaangebrek komt bijna alleen maar voor op gronden met een hoge pH en/of een hoog organische-stofgehalte. Ook langdurige droogte vergroot de kans op een gebrek. Zoals eerder gemeld hebben veel percelen in de Flevopolder een tekort aan mangaan in de bodem, dit komt overeen met het feit dat een mangaangebrek vooral voorkomt op kalkrijke zavel- en lichte zeekleigronden. In deze gronden zit regelmatig teveel kalk, waardoor de opname van mangaan wordt verminderd. (Mangaan, 2018)

Beslisschema mangaanbemesting



Figuur 11: Mangaan advies/ mangaangebrek (Mangaangebrek, 2018)

Mangaan is een bestanddeel van meerdere enzymen en het bij het vormen van bladgroen. Een gebrek zal eerst zichtbaar worden in de jongere bladeren, de bladeren worden bleekgroen, er komen gespikkelde vlekken op het blad die overgaan in necrose. Door een tekort zal de fotosynthese binnen de plant afnemen. Bij een mangaangebrek is de hoeveelheid mangaan vaak niet het probleem, maar is het vooral de opname die een gebrek veroorzaakt. Op humusrijke zandgronden met een pH onder de 5,4 en op kalkrijke kleigronden met een pH boven de 6,2 komt bijna altijd een mangaan gebrek voor. (Mangaangebrek, 2018)

Gebleken is dat een mangaan bemesting via fertigatie niet de meest effectieve manier is om mangaan toe te dienen. Vaak wordt een mangaanbespuiting geadviseerd wanneer er een gebrek wordt verwacht, 4 maal een bespuiting met Mantrax per jaar is over het algemeen voldoende.

2.2.6 Verhoudingen tussen verschillende elementen

Ieder element heeft zijn eigen waarde voor de plant en allemaal zijn ze nodig om een vitale plant te kweken. Toch is het belangrijkste om de onderlinge verhoudingen tussen de verschillende elementen goed op elkaar af te stemmen. Zo is er in India 2 jaar geleden een onderzoek uitgevoerd over de optimale verhoudingen tussen N en K bij peren. Zoals eerder vermeld bevordert N vooral de vegetatieve groei en bepaald K vooral de stevigheid. Voor een boomkweker zeer belangrijk om hier een optimale verhouding tussen te hebben.

In het onderzoek zijn verschillende behandelingen uitgevoerd met de volgende waarden. (Tabel 4) Voor N zijn de waardes 460, 640 en 920 g N/plant gebruikt en voor K zijn de waardes 600, 900, 1200 en 1500 g K₂O/plant gebruikt. Volgens de resultaten waren er 3 behandelingen die betere resultaten hadden dan de rest. Zo had de verhouding 460 g N/plant en 1500 g K₂O/plant de beste stevigheid. Dit is te verklaren doordat er een grote hoeveelheid K in de bemesting zit. Vervolgens had de behandeling 920 g N/plant en 600 g K₂O/plant de langste scheutlengte. Ook hier is een duidelijke verklaring voor, bij deze behandeling bevindt zich de meeste N van alle behandelingen en de minste K. Het is waarschijnlijk een hele lange, maar dunne scheut. De laatste behandeling die er nog uit kwam was de behandeling van 690 g N/plant en 900 g K₂O/plant. Bij deze behandeling produceerde de planten de meeste vruchten, voor een boomkweker is dit niet heel nuttig. (Gil, Kaur, & Singh, 2017)

Tabel 4: Resultaten proef: verhoudingen N en K (Gil, Kaur, & Singh, 2017)

Treatment	Fruit yield (kg/plant)		Number of fruits/plant		Increase in TCSA (cm)	Increase in shoot length (cm)
	2013	2014	2013	2014		
T ₁ -N ₁ K ₁	76.2	78.9	548	578	1.44	12.17
T ₂ -N ₁ K ₂	80.1	85.8	561	612	1.42	11.89
T ₃ -N ₁ K ₃	83.5	88.4	579	614	1.36	11.48
T ₄ -N ₁ K ₄	83.7	90.1	593	651	1.29	11.17
T ₅ -N ₂ K ₁	89.5	94.9	604	660	1.81	13.60
T ₆ -N ₂ K ₂	94.5	101.2	618	689	1.78	13.50
T ₇ -N ₂ K ₃	90.0	92.4	578	615	1.75	12.79
T ₈ -N ₂ K ₄	82.1	83.7	547	560	1.64	12.23
T ₉ -N ₃ K ₁	84.7	85.7	635	651	2.25	14.58
T ₁₀ -N ₃ K ₂	83.5	92.2	643	691	2.20	14.17
T ₁₁ -N ₃ K ₃	80.9	85.1	583	621	2.10	13.78
T ₁₂ -N ₃ K ₄	75.3	79.5	549	570	2.00	13.70
LSD (<i>P</i> =0.05)	4.30	4.90	13.98	14.12	0.18	1.12

Als de resultaten van de bovenstaande proef naast het bemestingsplan van Roelofs gelegd worden, is te zien dat Roelofs ongeveer dezelfde strategie als de behandeling van 920 g N/plant en 600 g K₂O/plant aan houdt in de begin periode. (Hoofdstuk 4.4.2)

2.2.7 Huidige recepten in de Nederlandse opkweek van fruitbomen

Het fertigatieplan wordt vooraf het seizoen ingedeeld in 3 fases. In de 1^e periode geeft Roelofs ongeveer dezelfde verhouding. Dit waarschijnlijk om in het begin de groei snel te laten starten en de voorraad in de bodem op peil te houden.

In de 2^e periode wordt er bijna net zoveel K gegeven als N. De gift van Kalisalpeter wordt verdubbeld en Salpeterzuur wordt weggelaten. Hierdoor stijgt de hoeveelheid N die gegeven wordt enigszins, maar lang niet zoveel als de gift van K. Er wordt ook nog Amnitra 18 N toegevoegd, deze bevat veel N.

In de 3^e periode wordt de Amnitra 18 N ook weggelaten waardoor de hoeveelheid N die gegeven wordt nog verder daalt. De hoeveelheid K wordt nog eens verhoogd. De reden om de hoeveelheid N te verlagen is dat ze de boom willen laten afsluiten op een bepaald moment. Wanneer een boom groot genoeg is mag hij een eindknop vormen. Wordt er veel N gegeven, dan zal de boom het moment van het vormen van de eindknop uitgaan stellen. Door nog een grote hoeveelheid K te bemesten krijgt de boom extra stevigheid en weerstand.

Om ook genoeg fosfaat aan te voeren via de fertigatie wordt er gedurende het hele jaar 3,5 LTR/KG/HA/week aangevoerd. De fosfaatbehoefte is gedurende het hele jaar hetzelfde, de plant heeft het ten alle tijden nodig om voldoende wortels te vormen en het transport binnen de plant te laten functioneren.

Tabel 5: Overzicht verschillende periode

Wekelijkse gift zuivere meststof (KG zuiver/Ha/week	Periode 1	Periode 2	Periode 3
N-tot	20,892	44,100	13,650
NO3	14,412	27,900	13,650
NH4	6,480	16,200	
P2O5	12,750	19,125	14,875
K2O	13,800	41,400	48,300
MgO	4,800	7,200	5,600
SO3	9,600	14,400	11,200
Fe	0,900		

2.3 Meerwaarde fertigatie

Om te zien of fertigatie een verbeterde groei geeft ten opzichte van niet gefertigeerde bomen heeft kan er gekeken worden naar tabel 4. Zoals te zien is wordt de lengte van de scheuten langer naarmate er meer stikstof gegeven wordt. Het verschil tussen de kleinste en de grootste plant is 3,5 centimeter. Dit laat zien dat fertigatie wel degelijk effect heeft.

De gift van N3K1 geeft de langste scheuten. Dit is te verklaren doordat door de hoge stikstof gift groeit de boom vooral in de lengte, omdat de kali gift laag is zal hij weinig energie stoppen in de diktegroei. De kans is dus dat de bomen lang maar slap worden. Het kan verstandig zijn om nog wel voldoende kali aan te voeren. Kijkend naar de resultaten van N3K2, is te zien dat de lengtegroei minder is dan bij N3K1. Wel kan het mogelijk zijn dat de plant een stuk vitaler is omdat het meer kali ter beschikking heeft. Zoals in 4.4.3 uitgelegd heeft kali een sturende rol binnen de plant en is vooral belangrijk voor de vochtthuishouding, wat als gevolg kan hebben dat de plant sterker is.

Uiteraard zijn niet alleen kali en stikstof van belang, ook fosfaat moet in grote hoeveelheden aanwezig zijn gedurende het seizoen. De NPK elementen zijn de hoofdelementen omdat hier de grootste hoeveelheden van nodig zijn. Maar juist de kleinere elementen kunnen voor problemen zorgen, dit omdat ze regelmatig over het hoofd worden gezien. Bijvoorbeeld Mangaan is een probleem in de Flevopolder. Gelukkig is dit element gemakkelijk aan te voeren doormiddel van bladmeststoffen.

Het belangrijkste van het bovenstaande verhaal is vooral dat er niet naar ieder element afzonderlijk gekeken moet worden, maar juist naar het grote geheel. Ieder element heeft zijn eigen effect, door deze effecten te combineren kan de ideale boom gekweekt worden. Een ideale boom moet een degelijk wortelstelsel hebben, met 3 of meer bijwortels met daaraan wortelharen. Het bovengrondse deel van de boom moet een stevige basis hebben in de vorm van een stam van minimaal 50 cm hoog. Daarnaast moet een perenboom 4 of meer hoofdtakken hebben om aan de hoogste eis te voldoen. Fosfaat moet in het begin van het groeiseizoen zorgen voor een goed wortelstelsel zodat de kali en stikstof goed opgenomen kunnen worden om de vegetatieve groei een impuls te kunnen geven. De aanzet voor de nieuwe takken moet zo vroeg mogelijk gegeven worden zodat deze zo lang mogelijk kunnen groeien en uiteindelijk een VH4+ boom kunnen worden. De juiste elementen moeten op de juiste momenten aanwezig zijn, en doormiddel van fertigatie is dit mogelijk.

Hoofdstuk 3: Hoofd- en deelvragen

In hoofdstuk 2 is duidelijk geworden dat fertigatie vele voordelen kan hebben voor de vruchtboomkwekerij. Voedingsstoffen kunnen gemakkelijk en op het juiste moment aangevoerd worden wanneer de plant hierom vraagt. Het is duidelijk geworden dat de verhouding tussen de verschillende elementen een cruciale rol speelt. Echter zijn er nog niet veel proeven geweest die daadwerkelijk hebben aangetoond dat de meerwaarde van fertigatie dusdanig groot is dat het een meerwaarde kan hebben.

In dit hoofdstuk worden daarom de hoofd- en deelvragen opgesteld die doormiddel van een proef onderzocht en beantwoord zullen worden. Hieruit hopen we meer informatie te verkrijgen over de meerwaarde van fertigatie.

Hoofdvraag: Wat is de meerwaarde van watergift en fertigatie in de vruchtboomkwekerij gedurende het eerste groeiseizoen van een perenboom op kleigrond?

Deelvragen:

- Wat is het effect van watergift en fertigatie op de wortelgroei van een perenonderstam?
- Wat is het effect van watergift en fertigatie op de lengte/dikte groei van een perenonderstam?
- Wat is het effect van watergift en fertigatie op de vegetatieve(takgroei) groei van een perenonderstam?

Hypothese:

Het aanvoeren van water zal als voordeel hebben dat een plant ook in droge periode continu door kan groeien. Wanneer een plant gedurende een langere periode geen water tot zijn beschikking heeft zal de groei stagneren, vervolgens zal de groei verder gaan wanneer er weer een dusdanige hoeveelheid water aangevoerd zal worden(regenwater). Door constant water aan te voeren zal deze groei dus niet stagneren en zal er geen kostbare groei verloren gaan.

Fertigatie zal als effect hebben dat zowel de groei van de takken, als de groei van de wortels verbeterd. Zoals in 2.2.1 en in 2.2.2 beschreven kan het aanvoeren van stikstof en fosfaat een positief effect hebben op de vegetatieve groei, maar ook op de wortelgroei. In samenwerking met voldoende kali zal de plant perfect in evenwicht zijn.

In het eerste groeiseizoen zal er nog weinig verschil te zien zijn tussen de verschillende situaties. Het kan zijn dat er wat verschil in vegetatie en wortelgroei te zien zal zijn. Dit vooral omdat het nog onderstammen zijn.

Het volgende groeiseizoen, wanneer de onderstammen geoculeerd zijn, zal er wel een duidelijk verschil te zien zijn. Dit zal vooral in de lengtegroei van de eerstejaars scheuten zijn. De plant beschikt duidelijk over meer voedingsstoffen en deze kunnen makkelijker opgenomen worden doordat de plant een beter wortelstelsel heeft. Dit leidt via het verbeteren van de kwaliteit tot een financieel voordeel.

Hoofdstuk 4: Materiaal en Methode

In dit hoofdstuk precies beschreven hoe de proef is uitgevoerd. De materialen die gebruikt zijn en op welke wijzen en wanneer de metingen zijn uitgevoerd wordt uitgelegd. Vervolgens worden de hoeveelheden meststoffen die toegediend worden in kaart gebracht.

Uit praktische overwegingen is er gekozen om geen herhaling van de proef te maken. Dit kan het bedrijf te veel tijd en geld kosten. Daarom is er gekozen voor 1 proef met een groot oppervlak.

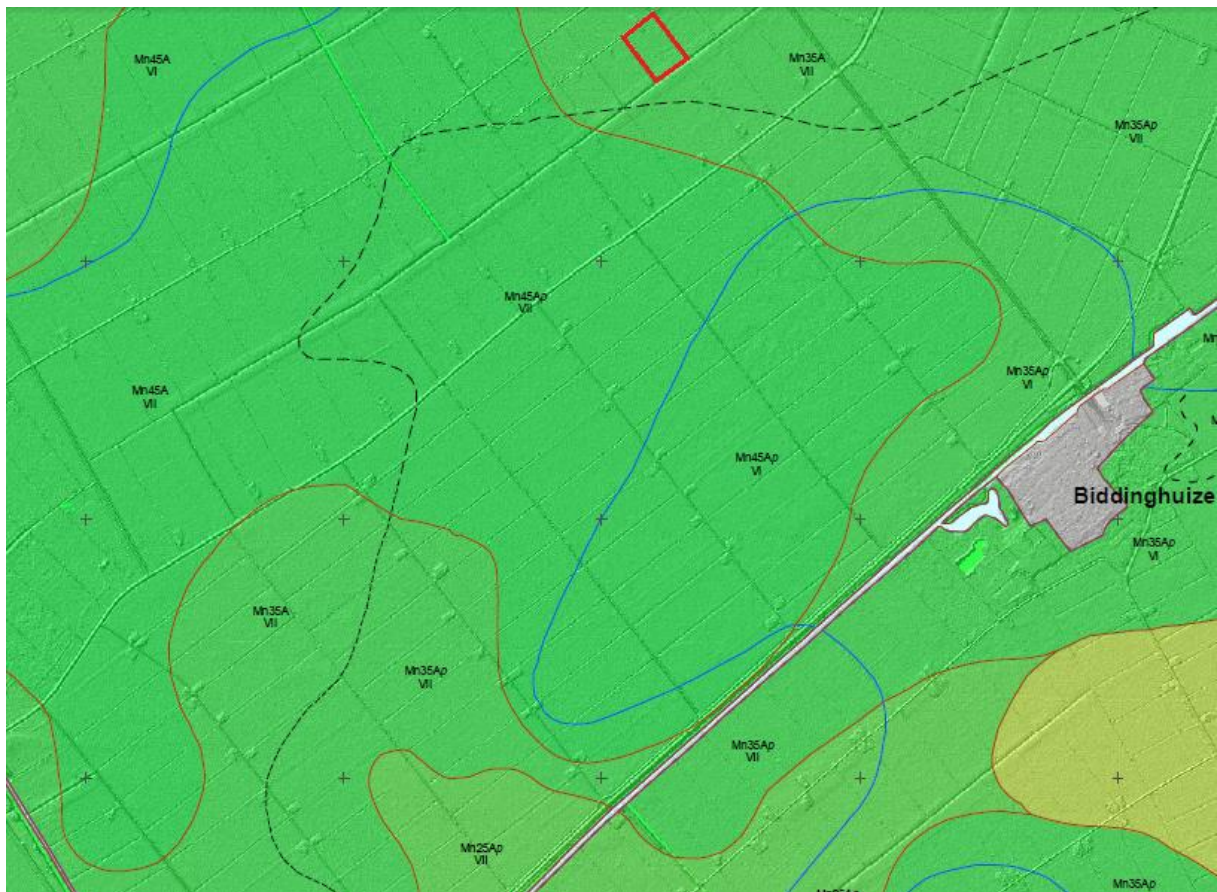
4.1 Perceel

De proef is aangelegd op een perceel aan de Professor Zuurlaan in Biddinghuizen. In de onderstaande afbeelding wordt het perceel weergegeven.



Figuur 12: Perceel Professor Zuurlaan met daarin de proef opstelling(oranje vak)

Het perceel bevindt zich op lichte, kalkrijke zeeklei. Omdat de grond nog een korte geschiedenis heeft, hebben er nog weinig bodemvormende processen plaats gevonden waardoor bodemkundige het een kalkrijke poldervaaggrond noemen(Mn35A VII). VII geeft gegevens over het grondwater in dit gebied. Zo blijkt dat de GHG(gemiddeld hoogste grondwaterstand) tussen de 80 en 140 cm beneden maaiveld ligt. De GLG(gemiddeld laagste grondwaterstand) ligt dieper dan 160 cm beneden maaiveld.



Figuur 13: Bodemkaart van de omgeving van het perceel en het perceel zelf

Zoals in figuur 13 te zien is verschilt de omgeving van het perceel niet veel van bodemsoort. De polder is homogeen wat de grondsoort betreft.

4.2 Plantmateriaal

Voor de proef worden bomen gebruikt van het ras Conference. Conference is een zeer bekend ras in Nederland en België, het is een ras die op meerdere manier geteeld kan worden. Het is een mooi groeiend ras die regelmatig onderhoud nodig heeft. De takken van een Conference zijn sterk, en onder de juiste omstandigheden kunnen deze bomen explosief groeien. Om een Conference boom op te kweken heeft een boomkweker 3 jaar nodig. De bomen zijn tussen 15 en 25 april 2018 geplant.

De onderstam is Kwee Eline, dit is de meest vorstresistente onderstam voor peren waardoor hij zeer gewild is in het oosten van Europa. Een Kwee Eline geeft gladdere en groenere peren dan de andere onderstammen van peren, waardoor niet alle telers er fan van zijn. Deze onderstam zorgt er voor dat de boom rustig groeit (vergelijkbaar met Kwee C), maar voldoende hout maakt om een goeie boom te telen.

Zoals in figuur 13 weergegeven ligt de proef (oranje vakje) achterop het perceel. De kwekerij bestaat uit meerdere blokken van 36 rijen (90 cm), tussen ieder blok bevindt zich een spuitpad. Voor deze proef is de laatste 70 meter van een blok gebruikt. Het proefveld is dus 70 bij 32,4 meter. Vervolgens is dit blok weer in 4 blokken van 9 rijen verdeeld. In ieder blok wordt een andere vorm van bemesting water geven of fertigeren toegepast.

4.3 Fertigatie-opstelling

Bij Roelofs wordt er op het bedrijf gebruikt gemaakt van een watersysteem van VGB watertechniek. Dit bedrijf is gespecialiseerd op het gebied van bemesting via fertigatie. Het systeem bestaat uit een pomp, een mestunit en een hoofdleiding met daarop aangesloten verschillende verdeelleidingen. Doormiddel van het fertigatiesysteem kan de mest- en zuurgift nauwkeurig worden gedoseerd.



Figuur 14: Links staat de mestunit, rechts de container met daarin de pomp en het fertigatiesysteem

In de bovenstaande foto is de mestunit(5000L) te zien(links), hier worden de vooraf bepaalde meststoffen in opgeslagen om ze vervolgens door de computer in de juiste concentratie te laten mengen met het water wat richting de planten gaat. In de container(rechts) bevinden zich de pomp en de computer. Hier kunnen alle gegevens ingevoerd worden die nodig zijn, denk aan de EC van het water, hoeveelheid meststoffen en tijd van fertigeren. Wanneer alle gegevens ingevoerd zijn kan dit systeem zelfstandig draaien, zolang er voldoende meststoffen aanwezig zijn. In het midden van het perceel staat een verdeelstation, hierin bevinden zich kleppen die blokken open kunnen zetten of uitschakelen. Op deze manier fertigeert het systeem niet het gehele perceel tegelijk, dit om voldoende druk op de leidingen te houden. De fertigatie-slangen liggen direct bij de wortels.



Figuur 15: Inhoud fertigatie-container

In figuur 15 is de inhoud van de fertigatie-container te zien. Bovenin de container hangt de computerkast, rechts hangt de opvoerpomp om bij het opstarten de leidingenvol te pompen. Daaronder bevindt zich de compressor voor de waterdruk. Helemaal achterin bevinden zich de slangen en compressor voor de meststoffen. Deze worden in de juiste hoeveelheden aangemengd met het water.

4.4 Fertigatie-recepten

4.4.1 Opzet proef

Zoals eerder uitgelegd bestaat de proef uit 4 verschillende behandelingen. In figuur 16 staat de proef schematisch weergegeven.

Behandeling 1: - Korrelbemesting - Geen water/fertigatie
Behandeling 2: - Geen korrelbemesting - Geen water/fertigatie
Behandeling 3: - Korrelbemesting - Fertigatie
Behandeling 4: - Korrelbemesting - Water

Figuur 16: Schema proefopstelling

- **Behandeling 1 (KORREL):** Hier wordt alleen de standaard korrelbemesting met de kunstmeststrooier toegevoegd. Er liggen geen slangen bij om water te kunnen geven. (200 kg KAS per hectare + 500 kg Kieseriet)
- **Behandeling 2 (GEEN):** Hier wordt niks toegevoegd. Deze proef geldt als vergelijkingsmateriaal voor de overige proeven.
- **Proef 3 (KORREL + FERTI):** In deze proef wordt de maximale hoeveelheid meststoffen aangevoerd. Zowel via de korrelbemesting met de kunstmeststrooier, als de bemesting via de fertigatie. (minimaal 1x per week) (200 kg KAS per hectare + 500 kg Kieseriet)
- **Proef 4: (KORREL + WATER)** Bij deze proef wordt de korrelbemesting gegeven, samen met alleen water via de slangen. (1x per maand watergift) (200 kg KAS per hectare + 500 kg Kieseriet)

Per behandeling staan er 9 Rijen van 70 meter lang. De planten staan op 33 cm van elkaar in de rij.

4.4.2 Bemesting

De bemesting bij boomkwekerij Roelofs wordt per perceel vooraf bepaald door de teeltmanager en de adviseur aan de hand van de bodemanalyse en de verwachten gewasbehoefte. In de bomenteel zijn er bepaalde periode waarin er extra voedingsstoffen voor de planten aanwezig moeten zijn omdat de plant een bepaalde ontwikkeling doormaakt. In de volgende tekst wordt de gegeven bemesting beschreven en uitgelegd.

Eerste periode (+- 6 weken)

In de eerste periode van het groeiseizoen zijn de gegeven hoeveelheden voedingsstoffen nog niet hoog. De plant moet eerst opgang komen en daar is niet veel energie voor nodig. Begin mei tot half juni wordt gezien als de eerste periode. Er wordt vooral stikstof gegeven door Amnitra, Salpeterzuur en Kalisalpeter toe te dienen. In totaal wordt er per week bijna 3,5 kilo stikstof aangevoerd per hectare per week. In de kalisalpeter bevindt zich uiteraard ook 2,3 kg kalium/ha/week. Verder wordt er 2,1 kg fosfaat/ha/week en 0,8 kg Magnesium/Ha/week aangevoerd doormiddel van Fosforzuur en Bitterzout, in de Bitterzout bevindt zich ook 1,6 kg Zwavel/ha/week.

Naast deze meststoffen wordt er om de week Top Trace Bolikel XP meegegeven met de fertigatie. Dit product heeft verder geen invloed op de hoeveelheid aangevoerde voedingsstoffen. De druppeltijd in periode 1 is 15 minuten per blok. Het water wat gebruikt wordt voor de fertigatie is afkomstig uit het kanaal. De EC van dit water kan fluctueren, maar er wordt van een EC van 1 uitgegaan. De ingaande EC is 1,0, de uitgaande EC wordt verhoogd naar 2,0.

Tweede periode (+- 9 weken)

De tweede periode is de periode waar de meeste voedingsstoffen toegediend worden. De plant moet explosief groeien, zowel in de lengte als in de breedte. Om deze explosieve groei te realiseren worden de hoeveelheden stikstof(44,1 kg/ha/week), magnesium(7,2 kg/ha/week), zwavel(14,4 kg/ha/week) en fosfaat(19,1 kg/ha/week) bijna of meer dan verdubbeld. Op Salpeterzuur na worden hier dezelfde meststoffen voor gebruikt als in de eerste periode. Naast de verhoging van de eerder genoemde voedingsstoffen, wordt de hoeveelheid kalium verdrievoudigd. Door een verhoging van de hoeveelheid Kalisalpeter wordt er 41,4 kilo per hectare per week aangevoerd.

Naast deze meststoffen wordt er om de maand Top Soil Humuszuren meegegeven met de fertigatie. Dit product heeft verder geen invloed op de hoeveelheid aangevoerde voedingsstoffen. De druppeltijd in periode 2 is 20 minuten per blok. De ingaande EC is 1,0, de uitgaande EC wordt verhoogd naar 2,0.

Derde periode (+- 7 weken)

In de derde periode worden er minder voedingsstoffen toegediend. Doormiddel van Kalisalpeter, fosforzuur en Bitterzout wordt er Stikstof(13,6 kg/ha/week), fosfaat(14,8 kg/ha/week) en vooral Kalium(48,3 kg/ha/week) toegediend. Daarnaast wordt er nog een kleine hoeveelheid Mg(5,6 kg/ha/week) en S(11,2 kg/ha/week) aan toegevoegd. Alleen de hoeveelheid Kalium wordt verhoogd ten opzichte van de vorige periode, de overige stoffen worden verlaagd om afsluiting te voorkomen.

De druppeltijd in periode 2 is 15 minuten per blok. De ingaande EC is 1,0, de uitgaande EC wordt verhoogd naar 2,0.

In tabel 6 staan de wekelijkse giften nogmaals schematisch weergegeven.

Tabel 6: Wekelijkse gift zuivere meststof(uitgedrukt in kg elementen)

Wekelijkse gift zuivere meststof (KG zuiver/Ha/week	Periode 1	Periode 2	Periode 3
N-tot	20,892	44,100	13,650
NO3	14,412	27,900	13,650
NH4	6,480	16,200	
P2O5	12,750	19,125	14,875
K2O	13,800	41,400	48,300
MgO	4,800	7,200	5,600
SO3	9,600	14,400	11,200
Fe	0,900		

In de onderstaande tabel staan de verschillende bakvullingen per periode weergegeven. De bak is 5000 L groot, deze wordt gevuld met de onderstaande meststoffen en water. Een gevulde bak is voldoende voor 2 weken.

Tabel 7: Bakvulling verschillende periodes

Bakvulling per 5000 ltr/ twee weken/ perceel	Eenheid	Periode 1	Periode 2	Periode 3
Kalisalpeter fijn tuinb 13-0-46	KG	270	540	810
Amnitra 18 N	LTR	523,8	869,4	0
Salpeterzuur 38%-8,4%N	LTR	351	351	351
Fosforzuur 59% 43 P2O5	LTR	189	189	189
Espo Top/ Bitterzout Tuinbouw	KG	270	270	270

4.2.3 Metingen

Aan het eind van het seizoen worden er metingen verricht. Deze metingen bestaan vooral uit het gewas monitoren en kijken of er dusdanige verschillen zichtbaar zijn. Omdat het nog het eerste groeijaar is worden er gedurende het seizoen nog geen metingen gedaan. De verwachting is dat wanneer er verschillende metingen gedaan worden, dat er bijna geen verschil zichtbaar is.

De metingen worden op de volgende manier uitgevoerd:

- **Wortelstelsel:** Per behandeling worden er op acht willekeurige plaatsen 8 planten uit de grond gestoken, die een gemiddelde laten zien van de gehele behandeling. Ze moeten ruim afgestoken worden om zo min mogelijk wortels te beschadigen. Vervolgens worden de wortels schoongemaakt en beoordeeld op de volgende punten:
 - Lengte van de wortels(cm)/ kwaliteit (rapportcijfer)
 - Lengte/dikte van de langste/sterkste wortel(cm)
 - Vitaliteit(ziektes/beschadigingen)

Wanneer een plant gebruikt is voor een meting wordt deze gemarkeerd en terug geplant. De markering betekent dat deze niet meer gebruikt mag worden voor een volgende meting.

- **Lengtegroei:** Voor deze meting worden er per behandeling 20 planten gemeten op hoogte. Van iedere plant worden de 2 langste 1-jarige scheuten gemeten in cm. Het oudere hout niet meegenomen in de meting.
- **Stamdikte:** Bij deze meting wordt van 20 planten behandeling de stamdikte gemeten(cm). De dikte van de stam wordt op 5 centimeter boven de bovenkant van de rug gemeten. De stamdikte wordt gemeten doormiddel van een schuifmaat. De gekozen planten moeten een gemiddelde zijn van de gehele proef. De planten worden bij elke meting willekeurig gekozen.



Figuur 17: Meten stamdikte onderstam

- **Vertakking:** De vertakking wordt gemeten door per behandeling 20 planten te kiezen waarvan het aantal takken van minimaal 5 centimeter geteld worden. De gekozen planten moeten een gemiddelde zijn van de gehele behandeling.
- **Ziektegevoeligheid:** Ziekte gevoeligheid is moeilijk te beoordelen. Wel is het belangrijk om op te letten tijdens de proef. De ziektegevoeligheid zal daarom niet getoetst worden, wel zal er een aantekening gemaakt worden als er duidelijk is dat een behandeling duidelijke schade heeft van een of meerdere ziektes.

Om de meest betrouwbare resultaten te krijgen worden van iedere proef de buitenste 4 rijen niet meegenomen in de metingen. Dit wil zeggen dat van de 9 rijen per proef er 5 gemeten kunnen worden. Korrels van de korrelbemesting kunnen bijvoorbeeld net een rij te ver gestrooid worden.

Allereerst zullen de metingen gedaan worden na het groeiseizoen. De resultaten van de proef zullen worden verzameld in Excel, om vervolgens te verwerken in SPSS. Doormiddel van staafdiagrammen met daarin Error Bars worden de resultaten weergegeven en de mate van betrouwbaarheid getest.

Omdat er bij deze proef meerdere groepen moeten worden vergeleken, zal de t-toets niet volstaan. Daarom zal de ANOVA als toetsingsprocedure gebruikt worden om te kijken of de verschillende behandelingen significante resultaten hebben. Vervolgens zal er nog een Post-Hoc test uitgevoerd worden om te kijken of de verschillende situaties per behandeling significant zijn ten opzichte van elkaar. Uiteindelijk zal hier een conclusie uit volgen, die bepaald of fertigatie een toegevoegde waarde heeft in de teelt van perenonderstammen.

Hoofdstuk 5: Resultaten

In dit hoofdstuk zullen de resultaten van de uitgevoerde proeven verwerkt worden in het programma SPSS, met de toetsingsmethode ANOVA. Hieruit volgen resultaten die de mate van betrouwbaarheid weer geven. Doormiddel van deze resultaten kunnen de deelvragen beantwoord worden.

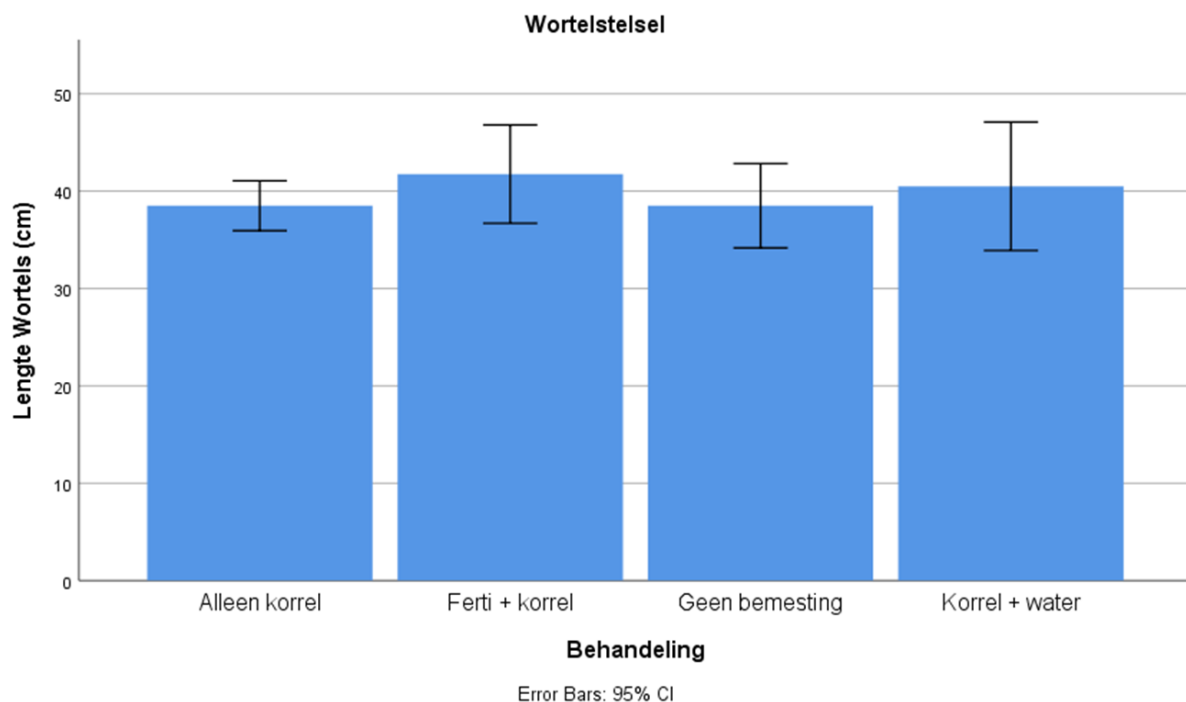
5.1 Gemeten resultaten

De resultaten van de proef zijn in januari gemeten. De gemeten resultaten zijn in bijlage 1 weergegeven in tabellen. Door deze tabellen in SPSS te verwerken zijn er grafieken tot stand gekomen die een duidelijke weergave maken van de verhoudingen.

Per deelvraag zullen de resultaten worden behandeld. Alleen de relevante resultaten zullen bij iedere deelvraag weergegeven worden.

5.1.1 Wat is het effect van watergift en fertilisatie op de wortelgroei van een perenonderstam?

Om de bovenstaande deelvraag te kunnen beantwoorden staan in figuur 18 de resultaten weergegeven die betrekking hebben op het onderzoek naar het effect van verschillende behandelingen op de wortelgroei.



Figuur 18: Gemeten resultaten wo

Wanneer figuur 18 wordt bekeken is te zien dat er een kleine verbetering in wortelgroei zou kunnen zijn omdat het gemiddelde van de gemeten planten hoger ligt dan de andere behandelingen. Echter is dit verschil niet significant en dus kan er niet gezegd worden dat er daadwerkelijk een verbetering heeft plaats gevonden. (Bijlage 2) De behandeling met water en korrel geeft ook een redelijke hoge

waarde aan, dit wekt de suggestie dat vooral het aanvoeren van water een belangrijk item zou kunnen zijn.

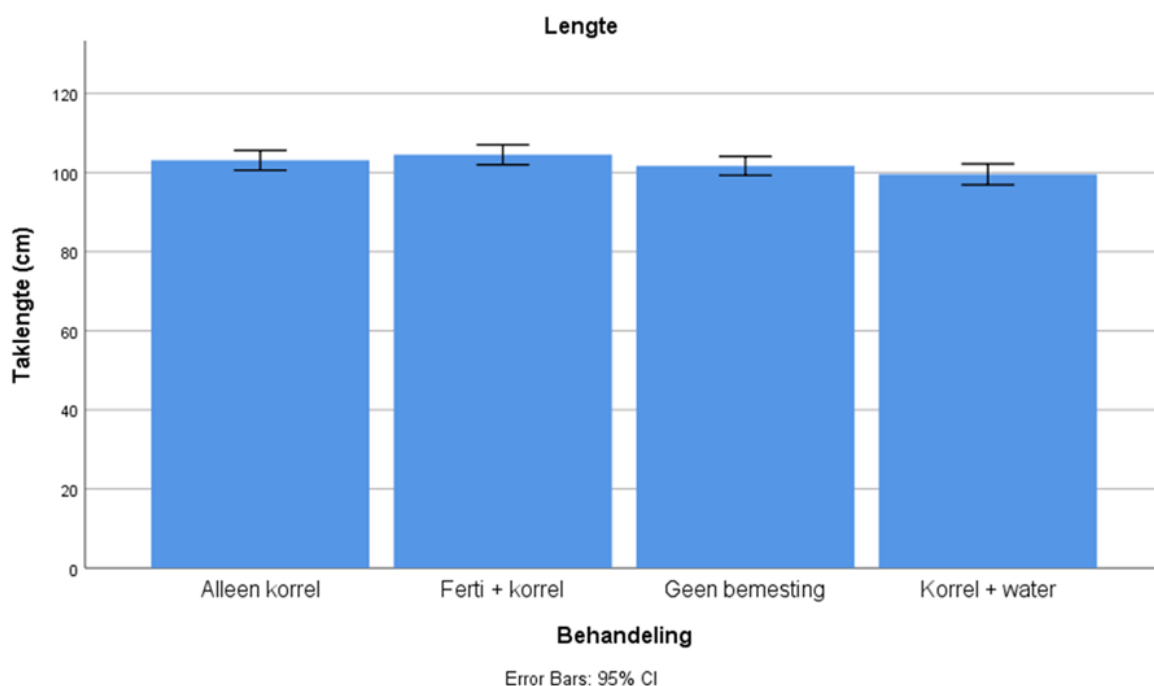
De deelvraag kan dus niet met zekerheid beantwoord worden. Kijkend naar de resultaten van de proef is er geen significant verschil en dus is er geen positief of negatief effect op de wortelgroei door fertigatie.

5.1.2 Wat is het effect van watergift en fertigatie op de lengte/dikte groei van een perenonderstam?

In deze deelvraag worden twee verschillende aspecten behandeld. Er wordt gekeken naar zowel de lengte als dikte groei van de perenonderstammen. Allereerst zal de lengte behandeld worden.

Lengte

Voor de lengte groei zijn de langste 1-jarige scheuten van de onderstam gemeten, en dus niet de gehele lengte van de boom. Dit omdat het vooral gaat om de groei van het afgelopen jaar, daar mag de groei van het voorgaande jaar geen invloed op hebben. In figuur 19 staan de vier behandelingen naast elkaar op de horizontale as weergegeven, met op de verticale as de taklengte. In bijlage 1 staan alle gemeten resultaten weergegeven van deze proef.

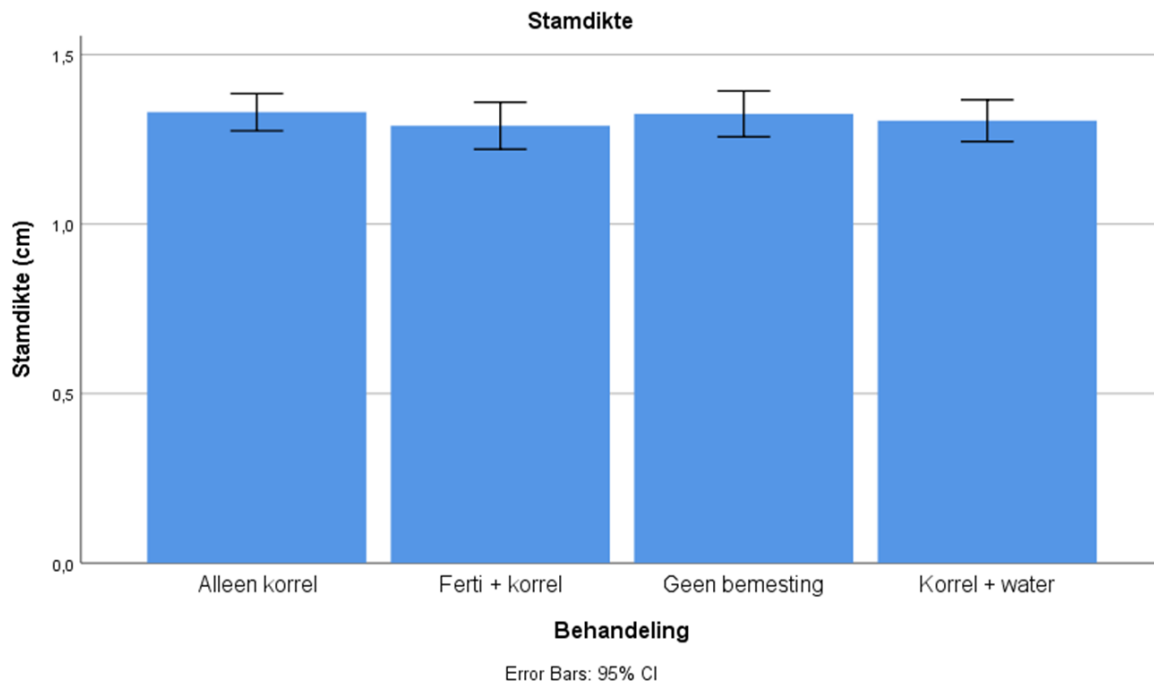


Figuur 19: Gemeten resultaten lengtegroei

Zoals in figuur 19 te zien is, is er een verschil tussen de vier behandelingen. De verwachting dat fertigatie een positief effect zal hebben op de lengte groei lijkt te kloppen want het verschil is significant. (Bijlage 2) De behandeling met water en korrel is het laagst, wat verrassend genoemd kan worden.

Dikte

Voor de diktegroei is de stam gemeten op 5 cm hoogte vanaf de grond. Voor het oculeren is het belangrijk dat de onderstam een sterke basis vormt voor de toekomstige boom. De dikte groei is samen met de wortelgroei een belangrijke basis voor de toekomst. In figuur 20 staan de vier behandelingen naast elkaar weergegeven op de horizontale as, op de verticale as staat de stamdikte in centimeters.



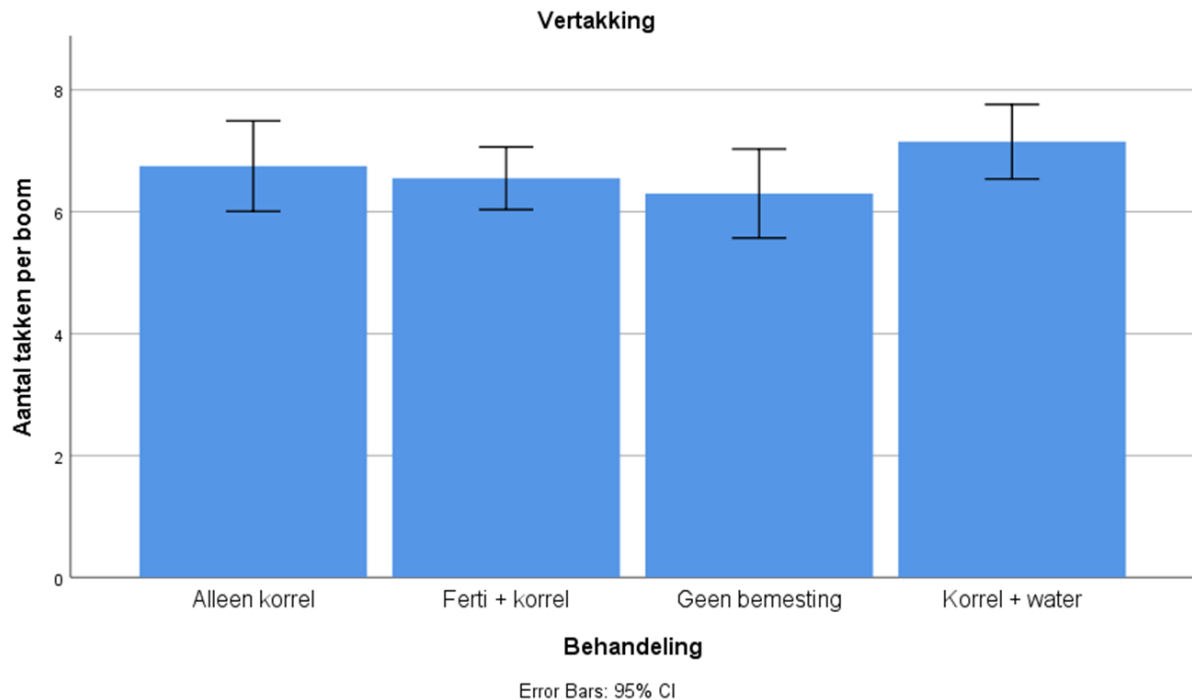
Figuur 20: Gemeten resultaten stamdikte

Uit figuur 20 blijkt dat er geen positief effect hoeft te zijn. Hoewel de verschillen niet significant zijn (Bijlage 2), wekt de grafiek wel het vermoeden dat fertigatie een nadelig effect heeft op de diktegroei. Ook korrel met water is lager dan de lager bemesten behandelingen.

Om antwoord te geven op de deelvraag moeten er gekeken worden of de verschillen significant zijn. Bij de lengtegroei is dit het geval, bij de stamdikte niet. Er kan dus gezegd worden dat het fertigeren een positief effect heeft op de lengte groei van de onderstammen. Bij de dikte groei is dit niet het geval.

5.1.4 Wat is het effect van watergift en fertigatie op de vegetatieve(takgroei) groei van een perenonderstam?

Voor de bovenstaande vraag zijn er per behandeling 20 planten beoordeeld op het aantal takken. In figuur 21 staan de resultaten van deze proef weergegeven. Bij perenonderstammen zijn het aantal takken nog niet van belang, maar het kan al wel een aanduiding zijn dat het vertakking stimuleert.



Figuur 21: Gemeten resultaten vertakking

Er is geen duidelijk verband te zien tussen meer of minder bemesting. (figuur 21) De behandeling met korrel en water is duidelijk de betere, maar niet met alle behandelingen is dit verschil significant.

(Bijlage 2)

Er kan dus niet gesteld worden dat fertigeren tot een verbetering leidt wat betreft de vertakking. Wel kan er gesuggereerd worden dat extra watergift een verbeterde vertakking oplevert.

Hoofdstuk 6: Discussie

Uit de resultaten van het onderzoek zijn een aantal interessante zaken naar voren gekomen. Toch moet er kritisch gekeken worden naar het onderzoek, en moet er gezocht worden naar verbeterpunten en eventuele andere factoren die een belangrijke rol kunnen spelen.

Het onderzoek is uitgevoerd op 1 locatie. Om overige factoren uit te sluiten is het verstandiger om een vervolg onderzoek op meerdere locaties uit te voeren. Op deze manier kan worden uitgesloten dat een bepaalde behandeling bijvoorbeeld net op een drogere plek staat waardoor de resultaten beïnvloed worden. Bij de huidige proef is dit niet gedaan omdat dit niet praktisch was. Voor de medewerkers van het bedrijf was het niet mogelijk om kleine perceeltjes niet te strooien, de machines werken niet precies genoeg daarvoor. Bij het beoordelen van de resultaten moet dus rekening gehouden worden met eventuele factoren die de resultaten kunnen beïnvloeden.

De resultaten die uit de metingen van het wortelstelsel voort kwamen was een duidelijke trend te zien die voldeed aan vooraf gestelde verwachtingen. Omdat de metingen niet significant waren kon deze hypothese niet bevestigd worden. In de resultaten is te zien dat geen bemesting de minste wortelgroei heeft, gevolgd door korrelbemesting, korrel + water en korrel + fertigatie. Deze uitkomst is eenvoudig te verklaren. Bij de behandeling waar de meeste meststoffen en vocht aangevoerd wordt is de groei het best. Vocht is nodig voor groei, wortels groeien beter in vochtige grond. Daarnaast wordt er doormiddel van korrelbemesting met daarbij fertigatie veel stikstof, fosfaat en kali aangevoerd. Met name fosfaat blijkt uit het vooronderzoek het meeste invloed te hebben op wortelgroei. Wanneer er in de overige behandelingen een factor(vocht/bemesting) weggehaald of vermindert wordt, daalt de hoeveelheid wortelgroei. De wortelgroei is bij de onderstammen het belangrijkste onderdeel, de onderstammen worden een jaar voor het oculeren al geplant om een goed wortelstelsel aan te kunnen leggen zodat ze in het 2^e jaar explosief kunnen groeien. Het is daarom een zeer positief gegeven dat de metingen een positief beeld laten zien.

De lengtegroei is de enige meting waarbij de resultaten significant zijn. Uit de Post-Hoc analyse(bijlage 3) blijkt dat de resultaten van alleen korrel, fertigatie + korrel en water + korrel onderling significant zijn. Uit deze resultaten mogen dus conclusies getrokken worden, de resultaten van geen bemesting zijn niet significant en kunnen dus niet meegenomen worden. De conclusie is dat de aanvoer van extra voedingsstoffen doormiddel van fertigatie een positief effect heeft op de lengtegroei van een perenonderstam en dus een meerwaarde. Ook dit komt overeen met de hypothese. Meer stikstof zou moeten zorgen voor een betere vegetatieve groei, waardoor een plant meer en langere takken kan maken, wat ervoor zorgt dat de plant voor een hogere prijs verkocht kan worden.

De behandeling die niet volgens verwachting loopt is de korrel + water. De verwachting was dat de korrel in combinatie met extra water zou zorgen voor een constantere groei en met name in droge periode van grote waarde zou kunnen zijn voor de plant. Echter blijkt de toevoer van water geen verbeterd effect te geven op de plant, kijkend naar de resultaten van alleen korrel en water + korrel onderling. In deze proef blijft altijd de vraag of er andere grondgebonden factoren een rol spelen, dus te harde conclusies kunnen er niet aan verbonden worden.

Bij de resultaten van de stamdikte lijkt een omgekeerde trend zichtbaar te worden. Veel stikstof bemesting lijkt te leiden tot een dunnere stam. Het zelfde geldt voor de aanvoer van extra vocht. Dit kan verklaarbaar zijn. Wanneer een plant veel fosfaat, stikstof en water binnen krijgt, wordt de groei gestimuleerd. Vaak kiest een plant ervoor om of in de lengte te groeien, of in de breedte. Bijna altijd zal de plant in eerste instantie voor de lengte kiezen en zal daar dus de meeste energie naartoe gaan. Wanneer een plant dus veel stikstof binnen krijgt, wordt de lengtegroei dusdanig gestimuleerd dat de diktegroei achterblijft. Pas wanneer de lengtegroei geremd wordt, zal de diktegroei gestimuleerd worden. Het kan dus zo zijn dat bij de behandelingen met veel meststoffen en water de lengte groei meer gestimuleerd worden en de dikte groei minder. De beide grafieken zijn bijna het tegenovergesteld van elkaar, en dit zou kunnen betekenen dat deze theorie klopt. Omdat de resultaten niet significant zijn moeten er geen zware conclusies aan gehangen worden.

Bij de vertakkingsproef is het moeilijk om een verband te vinden. Geen bemesting doet het beter dan korrel bemesting en fertigatie, maar vervolgens is korrel en water wel beter. Kijkend naar de resultaten zou het kunnen zijn dat de voedingsstoffen weinig effect hebben op de vertakking, of de metingen zijn verkeerd uitgekapt. Feit is dat er bijna geen logische verklaring te vinden is voor de onverwachte verschillen.

Wat betreft de ziektedruk zijn er geen grote verschillen gevonden. In alle behandelingen waren er planten uitgevallen, maar overal waren dit acceptabele aantallen en ongeveer gelijk aan elkaar.

Voor een eventueel vervolg onderzoek is het zoals eerder vermeld belangrijk dat er meerdere velden aangelegd worden op verschillende plekken. Dit om eventuele andere factoren uit te sluiten.

Daarnaast kan het interessant zijn om er dieper op in te gaan. Het is nu duidelijk dat de fertigatie effect heeft op de lengtegroei. Het kan interessant zijn om in verschillende doseringen stikstof te gaan werken om te kijken welke doseringen het beste effect hebben. Hierbij moet uiteraard ook gekeken worden naar de andere elementen, denk aan fosfaat en kali.

Bij deze proef waren perenonderstammen gebruikt, uiteindelijk is het belangrijk om te weten wat het effect van fertigatie op de groei van de daadwerkelijke boom is in het 2^e en 3^e groeijaar. Bij een vervolg proef zullen dus wel minstens 2-jarige bomen gebruikt moeten worden.

Hoofdstuk 7: Conclusie en aanbevelingen

In dit onderzoek is onderzoek gedaan naar de vraag: Wat is de meerwaarde van watergift en fertigatie in de vruchtboomkwekerij gedurende het eerste groeiseizoen van een perenboom op kleigrond? Om deze vraag te beantwoorden is er een proef opgesteld met meerdere behandelingen om vervolgens na 1 groeiseizoen de onderlinge verschillen te meten.

Uit de verschillende deelvragen die opgesteld zijn is gebleken dat fertigatie een positief effect heeft op de lengtegroei van een perenonderstam. De eenjarige scheuten bleken bij gefertigeerde onderstammen langer dan bij de niet gefertigeerde onderstammen. Fertigatie in combinatie met de standaard korrelbemesting blijkt dus de beste lengtegroei te geven. Dit is te verklaren doordat er meer stikstof wordt bemest aan de plant doormiddel van fertigatie, de voedingsstoffen komen precies bij de wortels terecht. Bij korrelbemesting komen de korrels meer verspreid over het perceel en niet altijd bij de plant. Daarnaast wordt de stikstof in vloeibare vorm aangevoerd waardoor het gemakkelijk opgenomen kan worden. Bij de lengte proef zijn 3 van de 4 metingen significant, alleen de metingen van het niet bemesten veld kunnen niet meegenomen worden.

In het literatuuronderzoek voorafgaand aan de proef was al gebleken dat stikstof in de juiste combinatie met fosfaat en kali kan zorgen voor een sterkere en groeikrachtigere plant. Fosfaat is vooral belangrijk voor een goede wortelaanleg, en stikstof stimuleert de celdeling en fotosynthese binnen de plant.

Watergift geeft volgens dit onderzoek geen meerwaarde aan de onderstammen, dit was wel de verwachting. Gebleken is dat de lengte groei zelfs minder is dan de alleen met korrel bemesten onderstammen. Een verklaring is hier moeilijk voor te geven. Het groeiseizoen was droog, waardoor extra vocht goed zou moeten zijn voor de plant. Een mogelijkheid is dat de grond dusdanig droog was dat het druppelwater direct door de grond zakte en niet door de grond opgenomen kon worden.

Uit de overige deelvragen zijn geen significante resultaten gekomen. Zowel bij de stamdikte, als de vertakking en de wortelgroei zijn geen bruikbare resultaten gekomen. Wel zijn er in de grafieken bepaalde trends zichtbaar, maar conclusies kunnen hier niet uit getrokken worden.

Het antwoord op de hoofdvraag is dus dat er wel degelijk een meerwaarde is van de fertigatie, maar niet van watergift. Fertigatie verbeterd met name de lengte groei van de boom, waardoor een boom een hogere kwaliteit zal krijgen en dus een voor een betere prijs verkocht zal worden. De grote vraag blijft wat het effect in de volgende jaren zal zijn, want daar wordt de daadwerkelijke boom gevormd. Dan is niet alleen de lengte belangrijk, maar ook de vertakking, wortels en stamdikte. Wat voor effect van fertigatie op de vertakking, wortelgroei en stamdikte heeft kan nog niet gezegd worden. Hier zal verder onderzoek naar gedaan moeten worden om significante cijfers te kunnen krijgen. Op dit moment zijn de resultaten nog niet betrouwbaar genoeg om hier een conclusie over te geven.

Voor de lengtegroei is er dus een meerwaarde, maar uiteindelijk is het belangrijk dat de voedingsstoffen in de juiste verhoudingen aangevoerd worden. Teveel stikstof kan en lange en slappe plant geven die gevoelig is voor ziektes. Daarom is het belangrijk om de plant te monitoren en in te spelen op de behoefte.

Het is nog moeilijk om te zeggen hoeveel de meerwaarde van fertigatie is in financieel opzicht. Dit om de onderstammen die in deze proef gebruikt zijn niet in de huidige staat verkocht worden. Een financieel voordeel kan pas vastgesteld worden als de bomen na 3 jaar klaar zijn voor de verkoop. De verwachting is wel dat wanneer de versterkte lengte groei doorzet gedurende de 3 groeijaren, dat de financiële meerwaarde aanzienlijk zal zijn. Wanneer fertigatie ervoor kan zorgen dat in een perceel 10% meer 4-koppers groeien, levert dit al een aanzienlijk bedrag op. Uiteraard moet er bij het uitrekenen van de extra opbrengst ook gekeken worden naar de extra kosten die aan fertigatie verbonden zitten. Het aanleggen en het onderhouden kost zeer veel tijd, en ook bij het rooien kan het voor vertraging zorgen.

Een vervolgstap in dit onderzoek zou kunnen zijn om een uitgebreidere proef aan te leggen met slechts 2 behandelingen. Bijvoorbeeld 1 proef met fertigatie en 1 proef met alleen korrel. Belangrijk is om deze proef dan op meerdere velden aan te leggen om er zo voor te zorgen dat evt. andere factoren uitgesloten worden.

Verstandig zou zijn om 2 keer in het seizoen metingen uit te voeren. Op deze manier kan er meer inzicht verkregen worden over de groei van een plant. Wanneer worden de wortels gevormd en wanneer groeit de plant het hardst.

Uit de proef zijn geen duidelijke gegevens die aangeven dat er veel verandert moet worden aan de huidige manier van fertigeren op het bedrijf. Het lijkt dus ook verstandig om voorlopig om dezelfde voet door te gaan. Vooral omdat het er toch op lijkt dat de lengte wel wordt gestimuleerd.

Bibliografie

- Bos, H. (2011, juli). *Druppelirrigatie in de rug*. Opgeroepen op 3 maart 2019, van <https://www.boerderij.nl/Akkerbouw/Foto-Video/2011/7/Druppelirrigatie-in-de-rug-BOE018777W/>
- Brix, H., & Ebell, L. F. (1969). Effects of nitrogen fertilization on growth, leaf area, and photosynthesis rate in douglas-fir. *Forest science*, 3-13. Doi:10.1093/forestscience/15.2.189.
- Carranca, C., Brunetto, G., & Tigliavini, M. (2018). Nitrogen Nutrition of Fruit Trees to Reconcile Productivity and Environmental Concerns. *Plants*, doi.org/10.3390/plants7010004.
- Cheng, L., & Fuchigami, L. H. (2002). Growth Performance of Apple Nursery Trees in Relation to Reserve Nitrogen and Carbohydrates. *Tree physiology*, 15-18, Doi: 10.1093/treephys/22.18.1297.
- Cultilene. (2017). *De waterbalans van de plant*. Opgeroepen op 5 augustus 2018, van <https://cultilene.com/wp-content/uploads//2017/12/white-paper-waterbalans-van-de-plant.pdf>
- De Ruiter, J. (2019). *Biologie boeken*. Opgeroepen op 15 maart 2019, van <https://jasperderuiter-wildlife-illustrator.com/>
- Deltaprogramma agrarisch waterbeheer. (2013). *Gerichte bemesting via druppelsystemen e.d.* Opgeroepen op 3 maart 2019, van http://agrarischwaterbeheer.nl/system/files/documenten/boek/gerichte_bemesting_via_druppelsystemen_e_d.pdf
- Delver, P. (1973, 28 maart). *Stikstofvoeding, bodembehandeling en stikstofbemesting bij vruchtbomen(appel, peer)*. Opgeroepen op 4 augustus 2018, van Wageningen University & Research: <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/193835>
- DLV Plant, WUR-PRI en NMI. (2011). *Alles wat u moet weten over fosfaat*. Opgeroepen op 5 augustus 2018, van <http://edepot.wur.nl/171881>
- DLV Plant, WUR-PRI en NMI. (2011). *Wat u moet weten over stikstof*. Opgeroepen op 5 augustus 2018, van <http://edepot.wur.nl/171879>
- Dong, S., Cheng, L., Scagel, F. S., & Fuchigami, H. L. (2005). Method of Nitrogen Application in Summer Affects Plant Growth and Nitrogen Uptake in Autumn in Young Fuji/M.26 Apple Trees. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1465-1477. Doi:10.1081/CSS-200058491.
- Gil, P., Kaur, S., & Singh, N. (2017). Effect of N and K Fertilizers on Growth, Yield and Quality of Pear (*Pyrus pyrifolia*). *Journal of Horticultural Sciences*, 12.
- H.Brix. (1981). Effects of nitrogen fertilizer source and application rates on foliar nitrogen concentration, photosynthesis, and growth of Douglas-fir. *Canadian Journal of Forest Research*, 775-780. <https://doi.org/10.1139/x81-111>.

- Helsen, H., Elk, P., & Piquet, M. v. (2015). Het effect van bemesting op de ontwikkeling van perenbladvlo: Technische rapportage van de waarnemingen. *Praktijkonderzoek Plant en Omgeving*, 4-15. 497809.
- Hortipoint. (2013, 16 juli). *Aanleg van fertigatie*. Opgeroepen op 2 maart 2019, van Hortipoint: <https://www.hortipoint.nl/deboomkwekerij/aanleg-fertigatie-bij-roelofs/>
- Krikke, R. (1996). *Magnesium geeft plant energie*. Opgeroepen op 5 augustus 2018, van <https://www.boom-in-business.nl/upload/artikelen/bib113magnesium.pdf>
- Krikke, R., & Evers, M. (1996). *Voedingselementen in het voetlicht (3)-Kalium*. Opgeroepen op 5 augustus 2018, van <https://www.boom-in-business.nl/upload/artikelen/gk509kalium.pdf>
- Mangaan*. (2018). Opgeroepen op 5 augustus 2018, van Handboek bodem en bemesting: <https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/Bemesting/Sporenelementen/Mangaan.htm>
- Mangaangebrek*. (2018). Opgeroepen op 5 augustus 2018, van Groenkennisnet: <https://wiki.groenkennisnet.nl/display/BEEL/Mangaangebrek>
- Mangaangebrek in loofhoutgewassen*. (2018, 22 februari). Opgeroepen op 15 maart 2019, van Groenkennisnet: <https://wiki.groenkennisnet.nl/display/BEEL/Mangaangebrek+in+Loofhoutgewassen>
- Pettigrew, W., & Meredith Jr, W. R. (1997). Dry matter production, nutrient uptake, and growth of cotton as affected by potassium fertilization. *Journal of plant nutrition*, 531-548. <https://doi.org/10.1080/01904169709365272>.
- Stock, Y. B. (2014, 12 juni). *Wat is de functie van fosfaat?* Opgeroepen op 30 juli 2018, van akkerwijzer.nl: <https://www.akkerwijzer.nl/artikel/132879-wat-is-de-functie-van-fosfaat/>
- Tagliavini, M., & Millard, P. (2005). Fluxes of nitrogen within deciduous fruit trees. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus* 4, 21-30. Doi:10.1.1.595.1682.
- Tromp, J. (1983). Nutrient reserves in roots of fruit trees, in particular carbohydrates. *Plant and Soil*, 71, 401-413. Doi:10.1007/BF02182682.
- Williams, D. G.-C. (1967). Effect of time of application of fertilizer nitrogen on the growth, flower development and fruit set of maiden apple trees. *Journal of Horticultural Science*, 42, 319-338. Doi:10.1080/00221589.1967.11514218.

Bijlage 1

Resultaten proeven met verschillende behandelingen.

Wortelstelsel:

Proef		1	2	3	4	5	6	7	8	Gemiddeld	Rapportcijfer
Wortelstelsel	1. Alleen korrel	40	38	37	34	40	43	35	41	38,5	7
(cm)	2. Geen bemesting	40	38	44	35	44	43	30	34	38,5	7
	3. Ferti+korrel	46	37	48	45	31	40	48	39	41,75	8
	4. Korrel+water	43	37	56	37	29	45	37	40	40,5	8

Lengtegroei:

Proef		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Gemiddeld
lengtegroei	1. Alleen korrel	110	109	106	96	95	101	111	105	106	100	98	107	93	98	104	102	99	109	105	108	103,1
(cm)	2. Geen bemesting	111	106	95	97	94	102	100	97	105	108	104	108	98	95	99	105	101	102	98	110	101,75
	3. Ferti+korrel	107	105	106	104	108	110	103	97	100	105	109	106	97	110	93	96	108	108	103	111	104,3
	4. Korrel+water	89	95	93	101	97	105	93	97	103	105	108	106	94	101	98	105	89	93	104	97	98,65

Stamdikte:

Proef		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Gemiddeld
Stamdikte	1. Alleen korrel	1,3	1,2	1,5	1,3	1,2	1,3	1,4	1,4	1,2	1,3	1,5	1,4	1,1	1,2	1,5	1,4	1,3	1,3	1,5	1,3	1,33
	2. Geen bemesting	1,2	1,3	1,4	1	1,2	1,5	1,3	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,5	1,4	1,5	1,4	1,2	1,3	1,1	1,5	1,32
	3. Ferti+korrel	1,3	1,5	1,2	1,5	1,1	1,2	1,4	1,3	1,1	1,2	1,3	1,5	1	1,3	1,4	1,2	1,3	1,2	1,5	1,4	1,295
	4. Korrel+water	1,4	1,2	1,3	1,5	1,3	1,4	1,1	1,3	1,1	1,2	1,4	1,5	1,3	1,4	1,4	1,1	1,2	1,5	1,4	1,2	1,31

Vertakking

Proef		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Gemiddeld
Vertakking	1. Alleen korrel	6	5	9	6	7	7	6	7	7	8	5	7	12	6	5	6	7	6	6	7	6,75
	2. Geen bemesting	4	7	5	8	5	6	6	7	7	6	6	6	9	8	9	2	6	6	5	6	6,2
	3. Ferti+korrel	6	7	6	7	8	6	7	4	7	6	7	7	7	8	6	6	6	7	7	8	6,65
	4. Korrel+water	6	8	8	7	5	8	8	9	7	8	6	5	5	8	9	9	7	6	7	7	7,15

Bijlage 2

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Lengte	Between Groups	267,438	3	89,146	3,085	0,032
	Within Groups	2195,950	76	28,894		
	Total	2463,388	79			
Stamdikte	Between Groups	0,021	3	0,007	0,369	0,776
	Within Groups	1,407	76	0,019		
	Total	1,428	79			
Vertakking	Between Groups	7,738	3	2,579	1,312	0,277
	Within Groups	149,450	76	1,966		
	Total	157,188	79			
Wortelstelsel	Between Groups	61,375	3	20,458	0,606	0,617
	Within Groups	945,500	28	33,768		
	Total	1006,875	31			

Bijlage 3

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) Behandeling nr	(J) Behandeling nr	Mean	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
			Difference (I-J)			Lower Bound	Upper Bound
Lengte	1	2	1,400	1,700	,413	-1,99	4,79
		3	-1,400	1,700	,413	-4,79	1,99
		4	3,550*	1,700	,040	,16	6,94
	2	1	-1,400	1,700	,413	-4,79	1,99
		3	-2,800	1,700	,104	-6,19	,59
		4	2,150	1,700	,210	-1,24	5,54
	3	1	1,400	1,700	,413	-1,99	4,79
		2	2,800	1,700	,104	-,59	6,19
		4	4,950*	1,700	,005	1,56	8,34
	4	1	-3,550*	1,700	,040	-6,94	-,16
		2	-2,150	1,700	,210	-5,54	1,24
		3	-4,950*	1,700	,005	-8,34	-1,56
Stamdikte	1	2	,0050	,0430	,908	-,081	,091
		3	,0400	,0430	,355	-,046	,126
		4	,0250	,0430	,563	-,061	,111
	2	1	-,0050	,0430	,908	-,091	,081
		3	,0350	,0430	,419	-,051	,121
		4	,0200	,0430	,643	-,066	,106
	3	1	-,0400	,0430	,355	-,126	,046
		2	-,0350	,0430	,419	-,121	,051
		4	-,0150	,0430	,728	-,101	,071
	4	1	-,0250	,0430	,563	-,111	,061
		2	-,0200	,0430	,643	-,106	,066
		3	,0150	,0430	,728	-,071	,101
Vertakking	1	2	,450	,443	,313	-,43	1,33
		3	,200	,443	,653	-,68	1,08
		4	-,400	,443	,370	-1,28	,48
	2	1	-,450	,443	,313	-1,33	,43
		3	-,250	,443	,575	-1,13	,63

	3	4	-,850	,443	,059	-1,73	,03
		1	-,200	,443	,653	-1,08	,68
		2	,250	,443	,575	-,63	1,13
	4	4	-,600	,443	,180	-1,48	,28
		1	,400	,443	,370	-,48	1,28
		2	,850	,443	,059	-,03	1,73
		3	,600	,443	,180	-,28	1,48
		2	,000	2,906	1,000	-5,95	5,95
		3	-3,250	2,906	,273	-9,20	2,70
	1	4	-2,000	2,906	,497	-7,95	3,95
		1	,000	2,906	1,000	-5,95	5,95
		3	-3,250	2,906	,273	-9,20	2,70
Wortelstelsel	2	4	-2,000	2,906	,497	-7,95	3,95
		1	,000	2,906	1,000	-5,95	5,95
		3	-3,250	2,906	,273	-9,20	2,70
	3	4	-2,000	2,906	,497	-7,95	3,95
		1	3,250	2,906	,273	-2,70	9,20
		2	3,250	2,906	,273	-2,70	9,20
	4	4	1,250	2,906	,670	-4,70	7,20
		1	2,000	2,906	,497	-3,95	7,95
		2	2,000	2,906	,497	-3,95	7,95
		3	-1,250	2,906	,670	-7,20	4,70

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.