



De potentie van verschillende aanlegmethoden druppelirrigatie in snijmaïs

Effect op waterbenutting en N-uitspoeling

Robin Walvoort, Herman van Schooten

Datum

augustus 21

Rapportnummer

2021-002





Colofon

Contactgegevens

Agro-Innovatiecentrum De Marke

Roessinkweg 2

7255 PC Hengelo (GLD)

E info@demarke.eu

T +31 (0)575 46 73 23

www.demarke.eu

Agro-Innovatiecentrum De Marke werkt aan een toekomstbestendige melkveehouderij in Oost-Nederland

Agro-Innovatiecentrum De Marke is in 2019 opgericht als boerencoöperatie. In 2021 heeft deze boerencoöperatie De Marke overgenomen van Wageningen University & Research.

Samen met de leden, lokale overheden en partners werkt De Marke samen aan het toekomstbestendig maken van de melkveehouderij op zandgrond in Oost-Nederland. De hoofdthema's van de diverse onderzoeken zijn kringlooplandbouw, natuur inclusieve landbouw, precisielandbouw en het klimaat.



De potentie van verschillende aanlegmethoden druppelirrigatie in snijmaïs

Effect op waterbenutting en N-uitspoeling

Robin Walvoort¹, Herman van Schooten²

1 Agro-Innovatiecentrum De Marke

2 Wageningen Livestock Research

Locatie: Proefboerderij De Marke, Hengelo GLD

Opdrachtgevers: Ministerie van LNV en LTO Noord



Inhoud

Samenvatting.....	4
1. Inleiding	5
2. Materiaal en methode	7
2.1 Locatie.....	7
2.2 Proefopzet	8
2.3 Materiaal.....	8
2.4 Metingen.....	9
2.5 Afstemming water giften	11
2.6 Datums werkzaamheden.....	11
3. Resultaten.....	12
3.1 Bodemvochtgehalte.....	12
3.2 Bodemvochtbalans	17
3.3 Opbrengst en voederwaarde	17
3.4 Water verbruik	19
3.5 N-min bodem	20
3.6 Nitraatgehalte bovenst grondwater.....	22
3.7 Financiële berekening	22
4. Discussie.....	23
5. Conclusies	24
6. Aanbevelingen	25
Literatuurlijst.....	26
Bijlagen	27
Bijlage 1 Overzicht behandelingen	27
Bijlage 2 Bodemanalyse proefveldperceel.....	28
Bijlage 3 Neerslag gegevens.....	30
Bijlage 4 Hoeveelheid irrigatie	31
Bijlage 5 Stikstofbodemvoorraad	33
Bijlage 6 Financiële berekening.....	34
Bijlage 7 Foto's tijdens groeiseizoen	35



Samenvatting

Na positieve ervaringen met druppelirrigatie bij De Marke in 2019 is er in 2020 een uitgebreid onderzoek gedaan naar verschillende aanlegmethoden van druppelirrigatie en het effect van deze methoden op gewasopbrengst en stikstofuitspoeling in snijmaïs. Binnen het onderzoek zijn behandelingen uitgevoerd in vier herhalingen:

- Geen irrigatie;
- Druppelirrigatie in elke rij bovengronds;
- Druppelirrigatie in elke rij ondergronds op 5 cm diep;
- Druppelirrigatie per twee rijen bovengronds.

Rondom het druppelirrigatieproefveld werd het perceel beregenend met een beregeningshaspel. Hieruit zijn 4 blokken apart geoogst en gemonsterd voor de vergelijking met druppelirrigatie. Doordat behandeling "beregeningshaspel" niet willekeurig tussen de behandelingen "druppelirrigatie" lagen konden de resultaten niet statistisch worden getoetst. De vergelijking tussen druppelirrigatie en beregenen met haspel is hierdoor indicatief.

Druppelirrigatie realiseerde 6 ton ds/ha en 3 ton ds/ha meer opbrengst ten opzichte van respectievelijk geen irrigatie en beregenen door middel van een haspel. Daarbij is de zetmeel opbrengst per ha 3452 kg ds hoger dan geen irrigatie en 1159 kg ds hoger dan beregenen met een haspel. De stikstof onttrekking per ha was minimaal 39 kg hoger dan geen irrigatie en 15 kg hoger dan beregenen met een haspel. Druppelirrigatie leidde niet tot een lagere hoeveelheid minerale stikstof in het najaar en er was geen verschil in de hoeveelheid nitraat in het bovenste grondwater tussen de behandelingen. Waarschijnlijk is de oorzaak van het uitblijven van verschillen in minerale stikstof door een verschil in bodemprocessen. Rondom de druppelslang was de bodem continu vochtig, waardoor bodemprocessen zoals mineralisatie van organische stof continu bleven doorgaan. Waar geen water werd geïrrigeerd, hebben de bodemprocessen minimaal gefunctioneerd, waardoor er weinig tot geen stikstof gemineraliseerd werd uit organische stof.

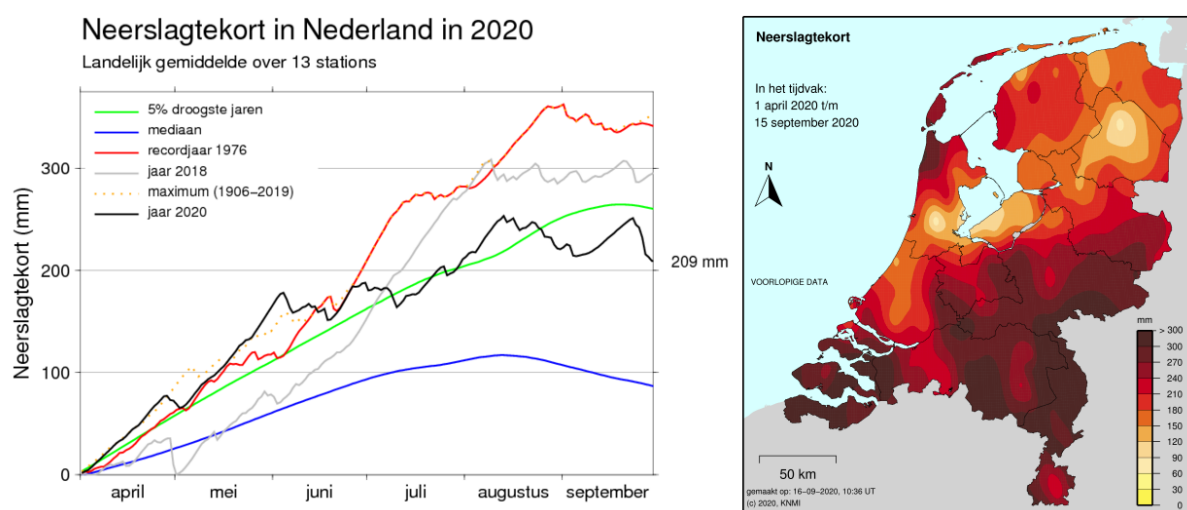
De behandelingen met druppelirrigatie hebben een hogere opbrengst dan de behandeling beregenen met haspel (+/- 3 ton/ds) maar hebben ook meer water toegediend gekregen (+/- 42 mm). Echter produceert druppelirrigatie per 1 mm vocht +/- 40% meer droge stof en +/- 12% meer zetmeel ten opzichte van beregenen met haspel. Alhoewel deze vergelijking niet statistisch kan worden getoetst, geeft indicatief aan dat druppelirrigatie een hogere water efficiëntie heeft, druppelirrigatie zorgt daarentegen niet voor een lager watergebruik.

Het saldo per hectare tussen druppelirrigatie per twee rijen en geen irrigatie is gelijk (€438/ha) ondanks het forse verschil in droge stof opbrengst (+/- 6 ton ds). Het saldo van behandelingen druppelirrigatie elke rij, was zelfs negatief +/- €180/ha, het saldo van beregenen met haspel was net positief €12/ha.

1. Introductie

Afgelopen jaren is het neerslagtekort fors toegenomen (zie Figuur 1). De jaren 2018, 2019 en 2020 behoren tot de 5% droogste jaren ooit gemeten (KNMI, 2020). Bij veel agrariërs, met name in Oost- en Zuid-Nederland zorgt het neerslagtekort voor nieuwe uitdagingen om gezonde gewassen te telen. Met name het toedienen van water op het juiste moment en hoeveelheid is een grote uitdaging. Het toedienen van water gebeurt nu veelal door middel van een beregeningshaspel. Deze manier van water toedienen kent enkele nadelen:

- Vaak wordt er te laat begonnen met het toedienen van water, waardoor er mogelijk al opbrengst derving heeft plaatsgevonden
- Door de verneveling verdampt er relatief veel water
- Toediening is arbeidsintensief
- 2 tot 5% van de maïs wordt platgereden.



Figuur 1. KNMI neerslagtekort Nederland 2020

Een ander systeem om water toe te dienen is druppelirrigatie. In Nederland zijn er in diverse projecten ervaringen opgedaan met druppelirrigatie, bijvoorbeeld in proeftuin Zoet Water Zeeland en Nationale Proeftuin Precisie Landbouw (Dekker, 2019; NPPL, 2019). Druppelirrigatie is hierbij toepast op verschillende gewassen waaronder: uien, (poot)aardappelen, maïs, lilies en tulpen. In deze projecten had druppelirrigatie als voordeel een stabielere groei in gewas, doordat er bij droogte direct water toegediend kan worden. Daarnaast levert druppelirrigatie een besparing van circa 40-60% op aan brandstof/energie. Enkele nadelen waren de tijd die aanleg en verwijderen van de slangen kost, de hoge aanschafkosten en de hoeveelheid afval.

Naast bovenstaande projecten, is er in 2019 op De Marke middels een demo oriënterend gekeken naar de toepassing van druppelirrigatie bij maïsteelt. Deze demo had de volgende behandelingen; beregenen met beregeningshaspel, druppelirrigatie in elke rij bovengronds en druppelirrigatie in elke 2 rijen bovengronds. De resultaten waren hoopgevend (Tabel 1), echter konden de resultaten niet statistisch worden getoetst door het ontbreken van herhalingen en een nul behandeling (geen water toediening). Verder is het niet bekend welk effect druppelirrigatie heeft op de uitspoeling van stikstof (N).

Tabel 1. Resultaten demoproef 2019 De Marke.

	Behandelingen		
	Haspel	Druppelirrigatie	
		Beregenen	Per rij bovengronds
Ds-opbrengst (ton ds/ha)	16,7	20,1	18
Zetmeelgehalte (g/kg ds)	389	429	388
N-opbrengst (kg/ha)	195	225	204
Aantal mm irrigatie	137	206	206



Om de resultaten van de demoproef te toetsen hebben we in dit onderzoek een proefveld aangelegd met drie verschillende aanlegmethoden van druppelirrigatie en een behandeling zonder irrigatie. Het doel van deze proef was om de effecten te bepalen op de opbrengst en kwaliteit van de maïs, inclusief N-opname, de waterbenutting en de N-uitspoeling. Tevens zijn vanuit de resultaten enkele saldoberekeningen gemaakt.



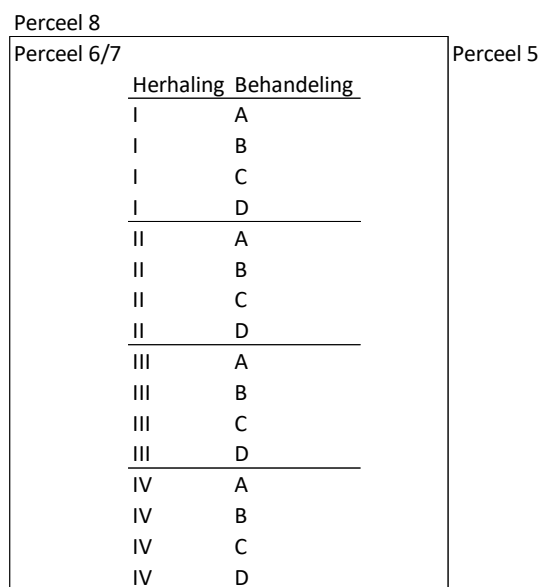
2. Materiaal en methode

2.1 Locatie

De proef is uitgevoerd op een maïspaneel van Proefboerderij De Marke in Hengelo Gelderland met de coördinaten: 52°02'06.5"N 6°20'55.4"E. De grondsoort is zandgrond dat wordt getypeerd als veldpodzolgrond; leemarm en zwak lemig fijn zand (Pdok, n.d.). Tabel 2 geeft de bodemanalyse uit 2019 weer, welke is bemonsterd in de laag 0-25 cm.

Tabel 2. Bodemanalyse proefveldperceel in de laag 0-25 cm

Analyse	Waarde	Eenheid
N-bodemvoorraad	4970	kg N/ha
N-leverend vermogen	60	kg N/ha
P-plantbeschikbaar	6,2	kg N/ha
P-bodemvoorraad	980	kg N/ha
K-plantbeschikbaar	345	kg N/ha
K-bodemvoorraad	265	kg N/ha
Zuurgraad	5,7	pH
Organische stof	4,6	%
Klei (<2µm)	2	%
Silt (2-50µm)	13	%
Zand (>50µm)	80	%
Klei-humus (CEC)	57	mmol/kg
CEC-bezetting	95	%
Vochthoudend vermogen	52	mm
Verwelkingspunt	6	%
Aanvulpunt	9,9	%
Verzadigingspunt	26	%



Figuur 2. Schematisch overzicht van behandelingen in het proefveld



2.2 Proefopzet

Het proefveld met druppelirrigatie lag op 'Perceel 6/7'. Rechts van het proefveldperceel ligt perceel 5 en boven ligt perceel 8. Dit veld was verdeeld in de volgende behandelingen:

- A. Geen druppelirrigatie
- B. Druppelslangen elke rij en boven de grond.
- C. Druppelslangen elke rij en 5 cm onder de grond
- D. Druppelslangen elke twee rijen en boven de grond

De proef is in vier herhalingen uitgevoerd (zie Figuur 2 voor schematisch overzicht en bijlage 1 voor enkele foto's). De afzonderlijke veldjes waren bruto 40 meter lang en 7,5 meter breed. De netto oppervlakte per veldje was 30 x 6 meter.

Perceel 5 en perceel 8 zijn aanliggende percelen die zijn berekend met een haspel. Hieruit zijn 4 blokken apart geoogst en gemonsterd voor een indicatieve vergelijking met druppelirrigatie.

2.3 Materiaal

Het water werd onttrokken uit een puls met een diameter van 25 cm. Op circa 5 meter diepte in de puls zat een pomp die het water naar de verdeelerslang pompte waar de druppelslangen aan waren bevestigd (Figuur 3). De stroom voor de pomp werd bij zonnig weer opgewekt door middel van een solarkar (Figuur 4), bij bewolkt weer werd het water omhoog gepompt via een bezinepomp. De waterdruk op het systeem werd op 1 bar ingesteld. Elke behandeling had een eigen watermeter, op deze manier konden de giften per behandeling worden bijgestuurd. De druppelslangen hadden een diameter van 22 mm.

De bovengrondse druppelslangen zijn aangelegd door de druppelslangen af rollen van een grote rol. De ondergrondse druppelslangen zijn aangelegd door middel van een machine achter een trekker. Deze machine maakt een gleuf op 5-8 cm diepte, legt de druppelslang erin en trekt de gleuf weer dicht.

Toediening

Bij watertoediening via druppelslangen dient rekening gehouden te worden met het feit dat water niet meteen bij de wortels zit. Om de druppelslang vormt een "ballon" met water welke telkens breder wordt en zo uiteindelijk in de wortelzone terecht komt (Figuur 5). Om ervoor te zorgen dat de bodem voldoende tijd krijgt om het water op te nemen en om te voorkomen dat er water wegzakt en mineralen uitspoelen is daarom de gedachte om enkele dagen achtereenvolgens 2 á 3 mm water per dag te geven, en hierbij niet tussentijds te stoppen. Hiermee wordt de "vochtballon" intact gehouden.

Het doel was om het bodemvochtgehalte van de behandeling druppelirrigatie, in de rij, boven het aanvulpunt te houden. Wanneer het bodemvochtgehalte lager was dan het aanvulpunt werd er 3 mm in plaats van 2 mm per dag toegediend.



Figuur 3. Transportleiding



Figuur 4. Solarkar



Figuur 5. Ballon



2.4 Metingen

Bodemvochtgehalte

Bodemvochtmetingen zijn tweewekelijks uitgevoerd door middel van steken van bodemgrondmonsters met een gutsboor van 19mm. In Tabel 3 wordt per behandeling weergegeven waar de bodemvochtmonsters werden gestoken en op welke diepte. Per locatie werden er 20 steken genomen. Daarbij werd het bodemvochtgehalte (volumepercentage) bepaald met behulp van onderstaande formule (Everts et al., 1997). Deze formule geeft het vochtpercentage per 10 cm wortelzone weer. De factor 1.40 staat voor de dichtheid van de grond. Deze is vastgesteld voor zandgronden met een organische stof van rond de 4%.

$$\text{Vochtvoorraad per 10 cm wortelzone: } \frac{(\text{gewicht schaal natte grond} - \text{gewicht schaal droge grond})}{(\text{gewicht schaal droge grond} - \text{gewicht lege schaal})} \times 100 \times 1,40$$

Tabel 3. Locaties en diepte bodemvochtmonsters per behandeling

Behandeling	Locatie	Diepte (cm)
A	In de rij	0-20
		20-40
	Tussen de rij	0-20
		20-40
B	In de rij	0-20
		20-40
	Tussen de rij	0-20
		20-40
C	In de rij	0-20
		20-40
	Tussen de rij	0-20
		20-40
D	In de rij	0-20
		20-40
	Tussen de rij met slang	0-20
		20-40
	Tussen de rij zonder slang	0-20
		20-40

Bodemvochtbalans

Naast de bodemvochtmonsters werd er gedurende het groeiseizoen een bodemvochtbalans bijgehouden met behulp van de online tool "bodemvocht signaal". Het programma geeft de bodemvochtvoorraad weer over de tijd. Voor de berekening van de vochtvoorraad moeten eenmalig een aantal bodemgegevens van het betreffende perceel worden ingevoerd, die van invloed zijn op de vochtthuishouding en daarnaast gewassoort en zaaidatum. Verder heeft het programma de dagelijkse neerslag, de gewasverdamping en de irrigatiehoeveelheid nodig. De dagelijkse neerslag wordt automatisch geladen vanuit Buienradar, maar kan overschreven worden en de gewasverdamping wordt berekend op basis van de referentie gewasverdamping van het KNMI. De irrigatiehoeveelheid moet handmatig worden ingevuld. De gemeten vochtvoorraad kan tevens worden ingevoerd. Hierdoor kan de berekende bodemvochtvoorraad vergeleken worden met de gemeten bodemvochtvoorraad.



Gewasopbrengst

Op 29 september 2020 is de maïs geoogst met de proefveld hakselaar van Unifarm Wageningen. Hierbij is per veld de middelste 4 rijen gewogen en gemonsterd. Van alle velden werden twee monsters genomen. Eén monster werd gebruikt voor droge stof analyse door middel van de droogstoof welke aanwezig was bij "De Marke". Het tweede monsters werd naar Eurofins Agro gestuurd voor voederwaarde analyse.

Minerale N in de bodem

Gedurende het groeiseizoen en na de maïs oogst werden er grondmonsters gestoken om inzicht te krijgen in de verschillen aan hoeveelheid N-mineraal tussen de behandelingen. De grondmonsters zijn op willekeurige plekken genomen in ieder proefveld. De datums waarop de bodemonsters werden gestoken waren: 26 juni 2020, 05 augustus 2020, 06 oktober 2020 en 25 november 2020. De bodemonsters werden niet altijd op dezelfde diepte gestoken. Tijdens de eerste drie datums werden de bodemonsters handmatig door middel van een gutsboor gestoken, Op 26 juni 2020 was de bodem erg hard en zijn de bodemonsters op de dieptes 0-20 en 20-40 cm gestoken. Op 05 augustus 2020 en 06 oktober 2020 werden de bodemonsters op de dieptes 0-30 en 30-60 cm gestoken. Op 25 november 2020 werd de bodemonsters door middel van een hydraulische boor van Unifarm gestoken op de dieptes 0-30, 30-60 en 60-90 cm.

N-mineraal wordt bepaald aan de hand van de concentraties ammoniumstikstof ($N-NH_4$) en nitraatstikstof ($N-NO_3$). Deze bepalingen zijn gedaan door het mengen van één volumedeel verse grond met twee volumedelen extractiemiddel (0,01 M $CaCl_2$). Met deze methodiek kan de minerale stikstofbodemvoorraad van de bodem berekend worden volgens de formule:

$$N_{\text{mineraal}}(\text{kg/ha}) = (N_{NH_4}(\text{mg/L}) + N_{NO_3}(\text{mg/L})) * 2 * \text{bemonsteringsdiepte (cm)} / 10$$

Het gehalte aan N-mineraal in de bodem is na de oogst een belangrijke indicator voor nitraatuitspoeling naar het grondwater. Naarmate het gehalte hoger is, kan er meer nitraat uitspoelen.

Nitraatgehalte bovenste grondwater

Naast de N-mineraal voorraad aan het einde van het groeiseizoen werd het effect van de behandelingen op de N-uitspoeling ook via het nitraatgehalte van het bovenste grondwater gemeten. Daarvoor werden begin maart per veld op twee plekken monsters genomen van het bovenste grondwater volgens de "Procedure open boorgatmethode" van het RIVM. Deze monsters werden door het CBLB laboratorium van Wageningen UR geanalyseerd op het gehalte aan nitraat.

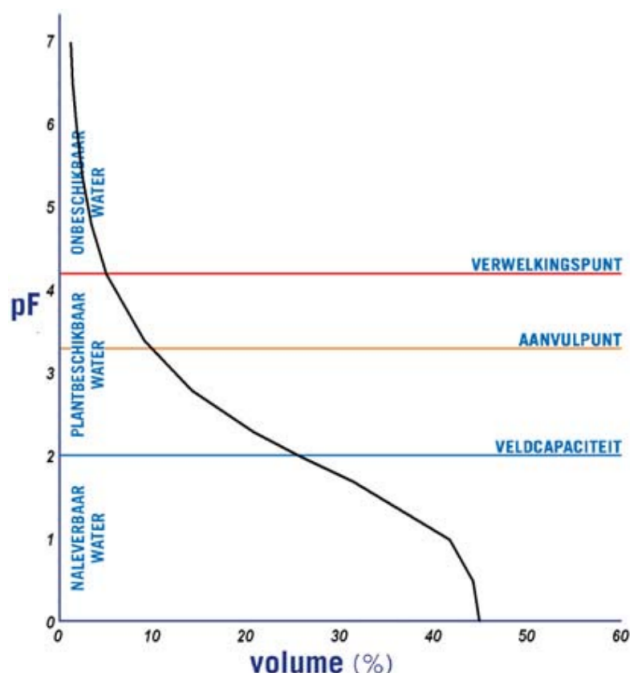
Statistiek

De effecten van de druppelirrigatiebehandelingen (A, B, C en D) op de opbrengst, samenstelling van de maïs en N-mineraal en nitraat is statistisch geanalyseerd door middel van variantieanalyse met behulp van de ANOVA procedure van het statistische pakket Genstat (Genstat Eighteenth Edition. 2015). Daarbij is de LSD (Least Significant Difference) gebruikt om statistische verschillen met een $P < 0.05$ aan te kunnen tonen.



2.5 Afstemming water giften

De hoeveelheid toegediend water is bepaald aan de hand van de pF-curve en het bodemvochtgehalte. Van het proefveld is een bodemonmonster genomen om inzicht te krijgen in de chemische en fysische samenstelling (Bijlage 2). Uit de fysische samenstelling kan een de waterretentie curve, oftewel pF-curve worden bepaald. De pF-curve geeft de veldcapaciteit, het aanvulpunt en het verwelkingpunt weer (Figuur 6). De veldcapaciteit geeft de grens aan van hoeveel procent vocht de bodem maximaal kan vasthouden voordat water uitzakt naar diepere bodemlagen. Het aanvulpunt is de grens vanaf welk bodemvochtpercentage de plant droogtestress kan ervaren. Het verwelkingspunt geeft aan vanaf welk percentage bodemvocht de plant geen water meer kan opnemen. Het streven in deze proef was om het bodemvochtpercentage in de wortelzone boven het aanvulpunt van 9.9% te houden.



Figuur 6. pF curve proefveld.

2.6 Datums werkzaamheden

Onderstaand staan alle werkzaamheden per datum weergegeven.

19 februari 2020	Monstername bodemanalyses
31 maart 2020	Vernietigen onderzaai
28 april 2020	Drijfmest 25 m ³ /ha; 101 kg N/ha; 24 kg P ₂ O ₅ /ha; 133 kg K ₂ O/ha
28 april 2020	Ecoploegen
29 april 2020	Kieseriet 50 kg/ha
04 mei 2020	Maïszaaien LG 31.211
03 juni 2020	Onkruidspuiten; 2 kg/ha Laudis, 0,5 kg /ha Kart
04 juni 2020	Start druppelirrigatie
26 juni 2020	N-min meting bodem
05 augustus 2020	N-min meting bodem
21 augustus 2020	Gestopt met druppelirrigatie
29 september 2020	Oogst maïs
06 oktober 2020	N-min meting bodem
25 november 2020	N-min meting bodem
8 maart 2021	Nitraat metingen bovenste grondwater

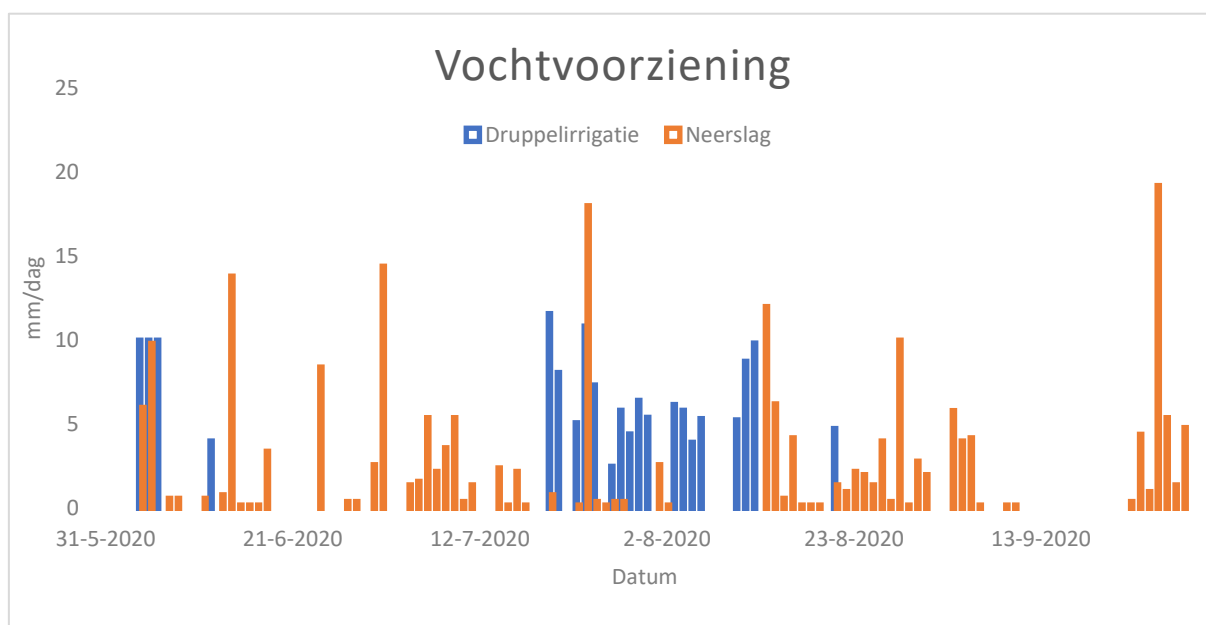


3. Resultaten

3.1 Bodemvochtgehalte

In de rij

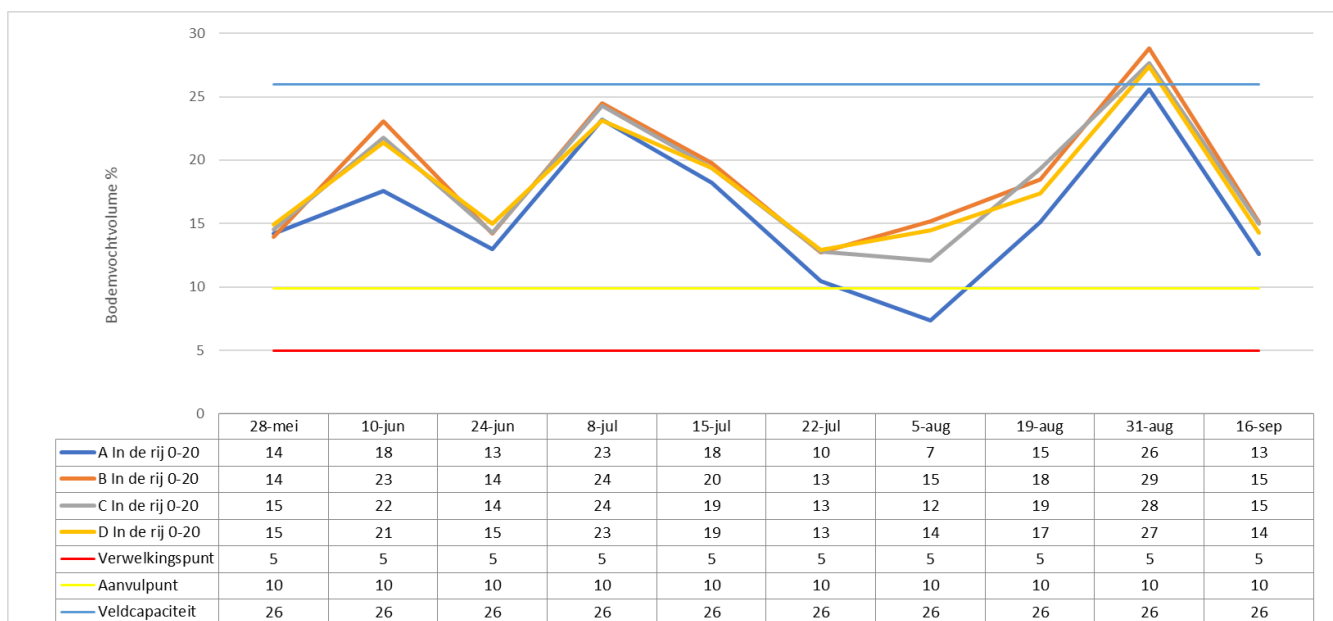
In totaal is voor behandeling A, B, C en D respectievelijk 0, 151, 148 en 146 mm water toegediend tussen 04 juni 2020 en 21 augustus 2020. Tussen mei 2020 en september 2020 is in totaal 207 mm neerslag gevallen (zie Figuur 7 en Bijlage 3 en 4 voor meer details).



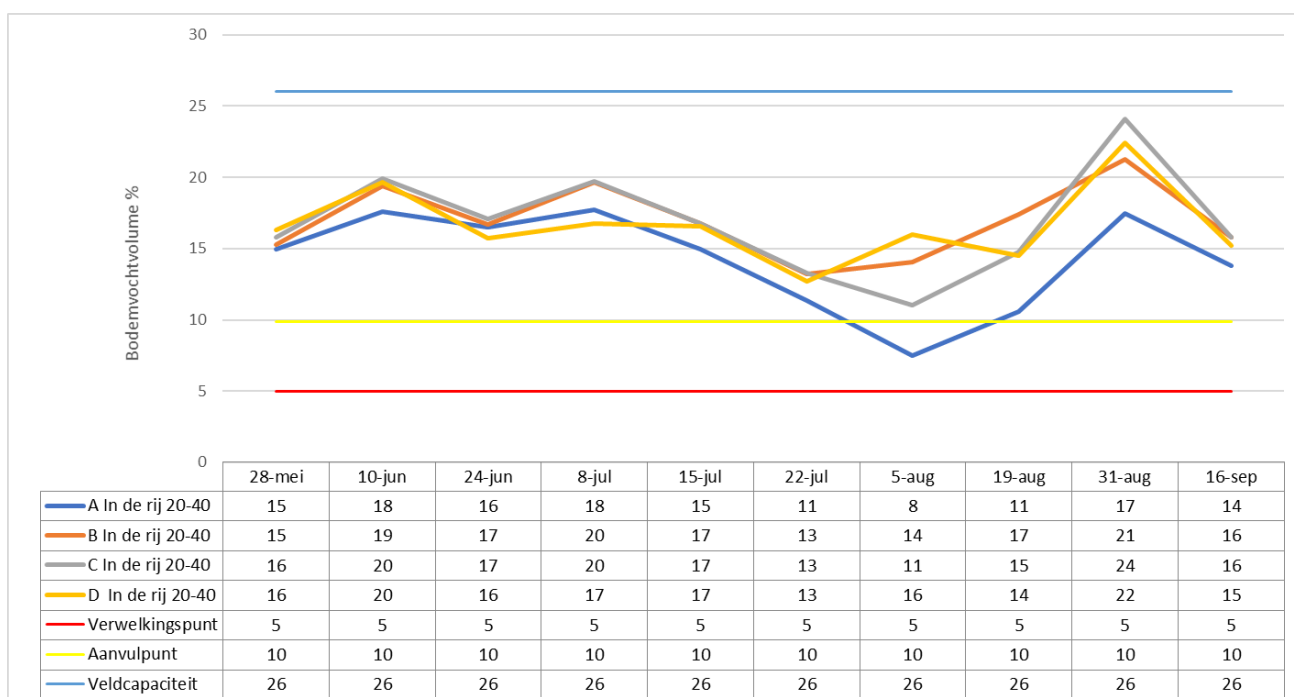
Figuur 7. Aantal mm water via druppelirrigatie en neerslag.

In Figuur 8 is het verloop van het vochtgehalte in de rij in de laag 0-20 cm weergegeven. Wat opvalt is dat het vochtgehalte vrijwel gelijk was tussen de behandelingen (B, C, D) welke water toegediend kregen. Het bodemvochtgehalte van de behandeling (A) welke geen water toegediend kregen was over de gehele tijd tussen de 2-8% lager. In behandeling A waren nauwelijks verschillen in bodemvochtgehalte tussen de verschillende bodemlagen 0-20 en 20-40 cm (Figuur 9).

Het bodemvochtgehalte is in geen enkele behandeling beneden het verwelkingspunt gekomen. Het verwelkingspunt van de bodem is 5 %. Dit betekent dat de maïs in behandeling zonder vochttoediening, in beperkte mate zichzelf van vocht heeft kunnen voorzien. Echter vertoonde de maïs in deze behandeling ernstige symptomen van vocht gebrek, zoals rollende en bruin kleurende bladeren. Deze signalen waren goed te zien vanaf begin augustus, zie Bijlage 7 voor foto's. Begin augustus was tevens het tijdstip waarop het verschil tussen het bodemvochtgehalte tussen de behandeling zonder water toediening en de andere behandelingen het grootst was. Over het algemeen fluctueerde het bodemvochtgehalte van bodemlaag 20-40 cm minder dan bodemlaag 0-20 cm. De uitschieters naar boven in Figuur 8 werden veroorzaakt door neerslag (Bijlage 3) of door irrigatie (Bijlage 4). Deze neerslag of irrigatie had nauwelijks invloed op het bodemvochtgehalte in de bodemlaag 20-40 cm.



Figuur 8. Bodemvochtgehalte in bodemlaag 0-20 cm, weergegeven per behandeling en per locatie over gehele groeiseizoen. Het bodemvochtvolume geeft aan hoeveel procent (%) van de bodem bestaat uit vocht. De letters staan voor de verschillende behandelingen; A: Geen druppelirrigatie; B: Druppelslangen elke rij en boven de grond; C: Druppelslangen elke rij en 5 cm onder de grond; D: Druppelslangen elke twee rijen en boven de grond.



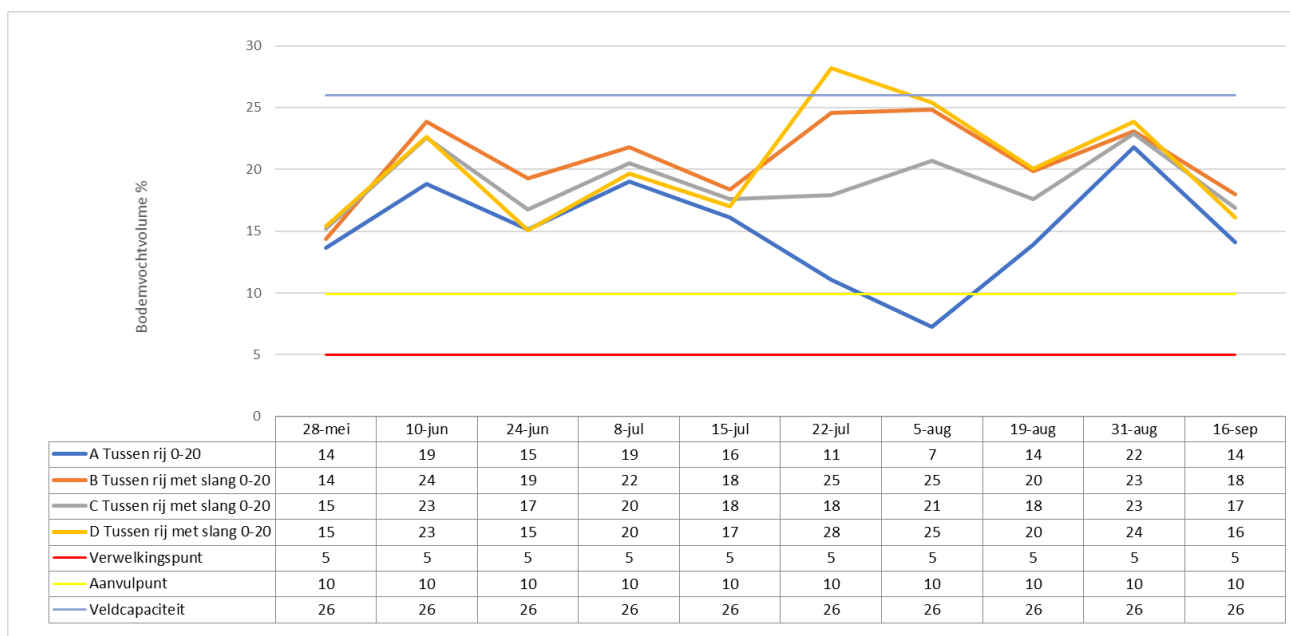
Figuur 9. Bodemvochtgehalte in bodemlaag 20-40 cm, weergegeven per behandeling en per locatie over gehele groeiseizoen. Het bodemvochtvolume geeft aan hoeveel procent (%) van de bodem bestaat uit vocht. De letters staan voor de verschillende behandelingen; A: Geen druppelirrigatie; B: Druppelslangen elke rij en boven de grond; C: Druppelslangen elke rij en 5 cm onder de grond; D: Druppelslangen elke twee rijen en boven de grond.



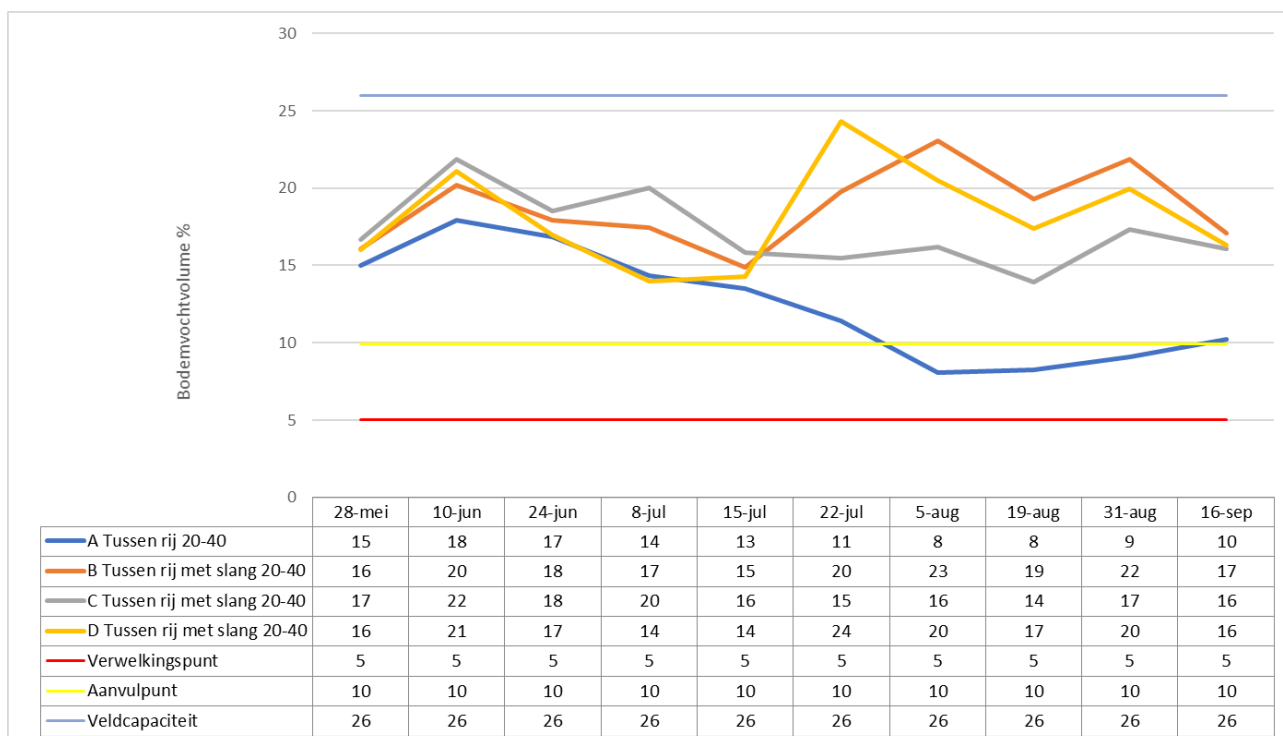
Tussen de rij

Het bodemvochtgehalte op 0-20 cm diepte, tussen de rij, wordt per behandeling weergegeven in Figuur 10. Het bodemvochtgehalte tussen de rij van de behandeling zonder druppelirrigatie (A), komt overeen met die van in de rij (Figuur 8). Het bodemvochtgehalte komt onder het aanvulpunt maar niet onder het verwelkingspunt. Wat opvalt is dat het bodemvochtgehalte van de behandelingen met elke rij een druppelslang boven de grond (B) en met om de rij een druppelslang boven de grond (D) redelijk overeenkomen, ondanks dat behandeling D de helft van de aantal druppelslangen had en dus een twee keer hogere gift had per druppelslang. De bodem bleek dus in staat om het water horizontaal goed te verdelen. Mogelijk heeft hieraan bijgedragen dat de tijdsduur van druppelen bij behandeling D voor eenzelfde dosering twee keer zo lang was dan bij behandeling B. In Figuur 10 komt behandeling D boven veldcapaciteit maar dit heeft niet geleid tot verlies van water naar diepere grondlagen omdat bodemlaag 20-40 cm onder veldcapaciteit is gebleven, zie Figuur 11.

Opvallend is dat het bodemvochtgehalte van de behandeling waarbij de druppelslang onder de grond ligt (C), tussen 15 juli en 31 augustus lager was dan van de andere behandelingen met druppelirrigatie. Alle behandelingen hebben dezelfde hoeveelheid vocht ontvangen en het bodemvochtgehalte in bodemlaag 20-40 cm van behandeling C was daarentegen niet hoger dan de andere behandelingen, wat aangeeft dat het water niet naar een diepere laag is gezakt. Waarom behandeling C systematisch een lager bodemvochtgehalte heeft is onbekend.



Figuur 10. Bodemvochtgehalte in bodemlaag 0-20 cm, weergegeven per behandeling en per locatie over gehele groeiseizoen. Het bodemvochtvolume geeft aan hoeveel procent (%) van de bodem bestaat uit vocht. De letters staan voor de verschillende behandelingen; A: Geen druppelirrigatie; B: Druppelslangen elke rij en boven de grond; C: Druppelslangen elke rij en 5 cm onder de grond; D: Druppelslangen elke twee rijen en boven de grond.

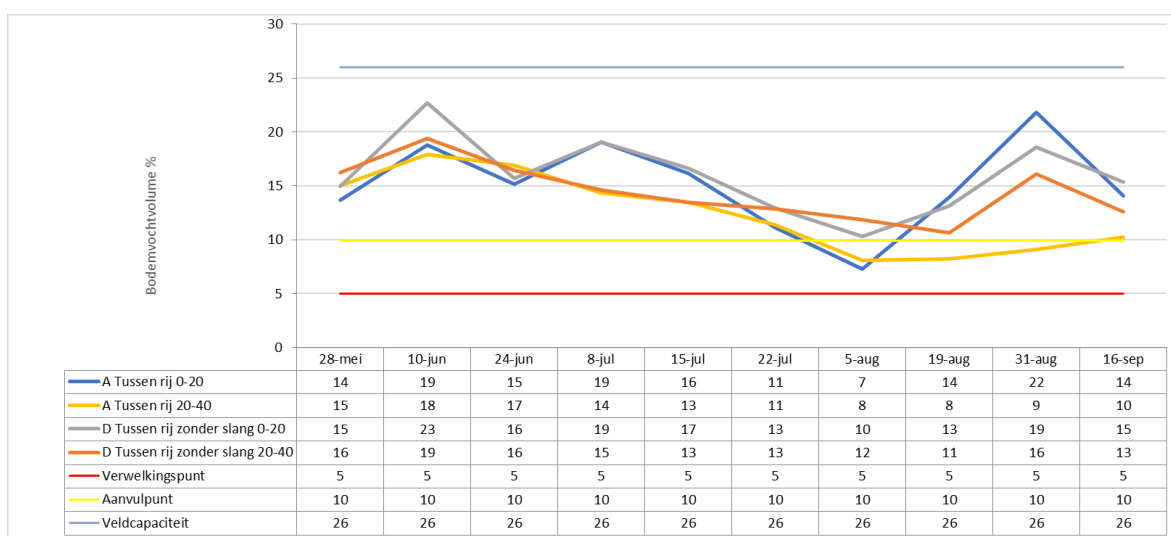


Figuur 11. Bodemvochtgehalte in bodemlaag 20-40 cm, weergegeven per behandeling en per locatie over gehele groeiseizoen. Het bodemvochtvolume geeft aan hoeveel procent (%) van de bodem bestaat uit vocht. De letters staan voor de verschillende behandelingen; A: Geen druppelirrigatie; B: Druppelslangen elke rij en boven de grond; C: Druppelslangen elke rij en 5 cm onder de grond; D: Druppelslangen elke twee rijen en boven de grond.



Tussen de rij zonder slang

De locaties tussen de rij, van behandeling geen druppelirrigatie (A) en behandeling om de rij druppelirrigatie maar dan zonder slang (D) lijken sterk op elkaar (Figuur 12). Op beide plekken wordt geen vocht toegediend. Bij behandeling D, locatie tussen de rij zonder slang, wordt op 75 cm afstand vocht toegediend hierdoor zal vocht 75 cm moeten afleggen om te worden waargenomen. Tussen 28 mei en 22 juli waren er weinig verschillen in bodemvochtvolume tussen behandeling A en D, in bodemlagen 0-20 en 20-40 cm. Vanaf 22 juli is er een verschil van circa 3% bodemvocht tussen behandeling A en D in bodemlaag 20-40 cm. Waarschijnlijk is dit het effect van de waterballon welke zich om de druppelslang vormt in behandeling D. Het water verspreid in de bodem in een kegel vorm. Deze kegel is niet op 0-20 cm te meten vanaf 75 cm van de druppelirrigatie maar wel op 20-40 cm diepte.

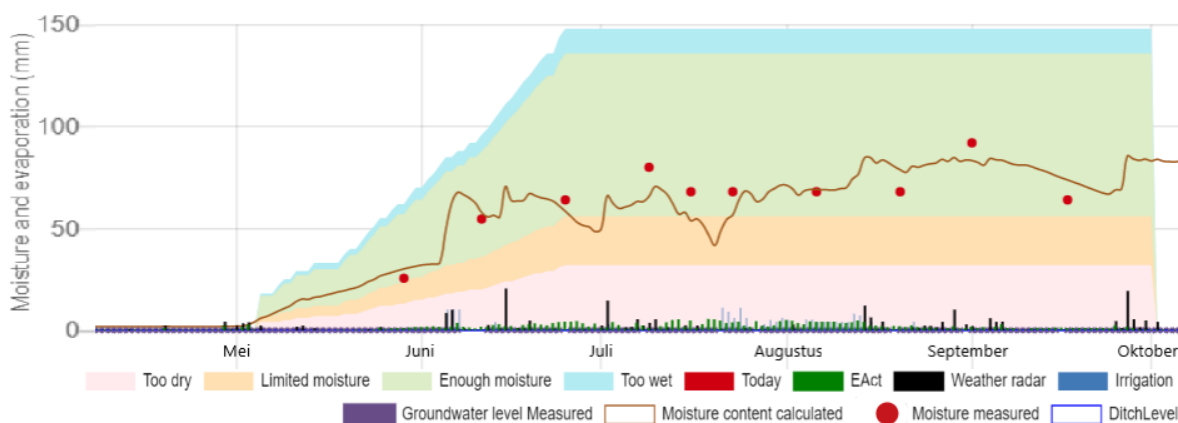


Figuur 12. Bodemvochtgehalte in bodemlaag 0-20 en 20-40 cm van behandelingen A (Geen druppelirrigatie) en D (druppelslangen elke twee rijen en boven de grond). Het bodemvochtvolume geeft aan hoeveel procent (%) van de bodem bestaat uit vocht.



3.2 Bodemvochtbalans

Met behulp van de online tool Bodemvocht signaal werd het verloop van de hoeveelheid beschikbaar vocht in bodemlaag 0-40 cm van de behandelingen met druppelirrigatie berekend (Figuur 13). De bodemvochtbalans werd berekend aan de hand van bodemkernmerken, hoeveelheid neerslag, hoeveelheid verdamping, hoeveelheid irrigatie en grondwaterniveau (zie paragraaf 2.4). De berekende hoeveelheid beschikbaar bodemvocht (rode lijn) kwam redelijk overeen met het gemeten hoeveelheid (rode stippen). De bodemvochtbalans geeft aan dat de maïsplant twee keer gelimiteerde beschikking (oranje vak) had over vocht (01 juli en 20 juli).



Figuur 13. Bodemvochtbalans van de behandelingen met druppelirrigatie. De Y-as geeft de bodemvochtvoorraad in mm weer. De x-as correspondeert met de datums. Het oranjevlak geeft de kritieke grens qua bodemvochtvoorraad aan. Wanneer de rode lijn in de oranje zone komt, is er sprake van vochtgebrek. In paars wordt de hoeveelheid neerslag weergegeven en in groen de dagelijkse verdamping.

3.3 Opbrengst en voederwaarde

In Tabel 4 zijn de opbrengst- en voederwaardegegevens per behandeling weergegeven. Daarnaast zijn de opbrengst aan droge stof (ds) en zetmeel en de VEM-waarde en zetmeelgehalte in grafieken weergegeven (Figuur 14 en Figuur 15). Op een perceel gedeelte vlak naast het proefveld werden ter indicatie ook de opbrengst en voederwaarde bepaald van maïs dat was berekend met een beregeningsberegeningshaspel. De opbrengst en voederwaardegegevens zijn in dezelfde figuren en tabellen gezet ter vergelijking. De behandeling "Beregeningshaspel" werd niet meegenomen in de statistische berekeningen. Door de grote sproeioppervlakte was het praktisch gezien niet mogelijk om de behandeling "Beregeningshaspel" willekeurig tussen de andere behandelingen met herhalingen te positioneren.

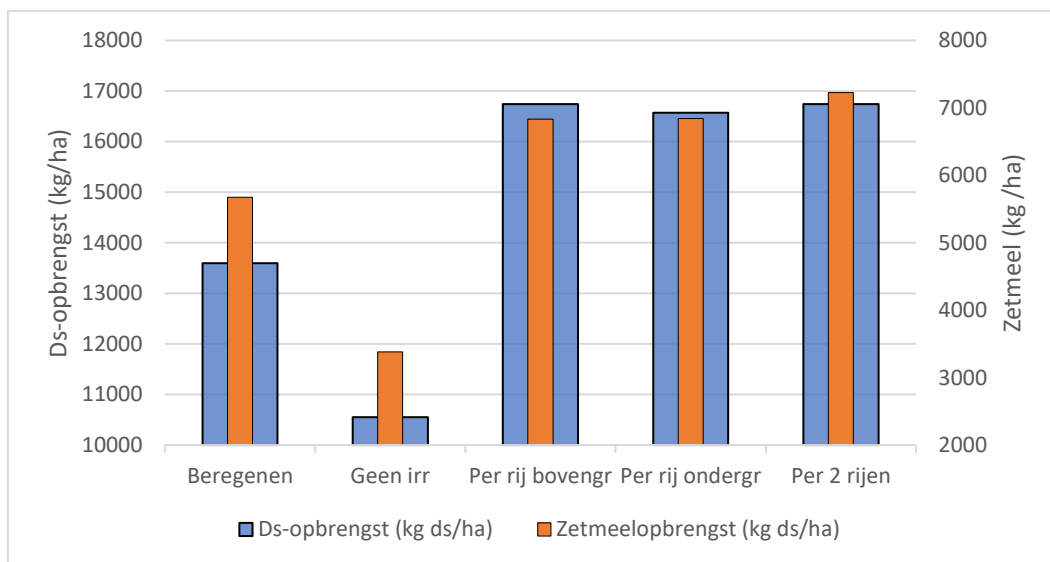
De ds-opbrengst van behandeling "Geen irrigatie" was met 10,5 ton per ha ruim 6 ton lager dan van de behandelingen met druppelirrigatie. De ds-opbrengst van de behandelingen met druppelirrigatie was praktisch gelijk en was gemiddeld ruim 16,5 ton per ha. De lagere ds-opbrengst van de behandeling "Geen irrigatie" werd veroorzaakt door een lagere verse opbrengst (ruim 10 ton per ha) en een lager ds-gehalte (ca. 6% absoluut). De ds-opbrengst van de beregende maïs (beregeningshaspel) lag tussen de behandeling "Geen irrigatie en de behandelingen met druppelirrigatie in.

De zetmeel opbrengst van behandeling "Geen irrigatie" was met 3382 kg/ha de helft lager dan de behandelingen met druppelirrigatie 6834 kg/ha. Ook in de N-opbrengst zijn de verschillen groot, waarbij de behandeling druppelirrigatie 39 kg N/ha meer onttrok dan de behandeling geen irrigatie en 15 kg N/ha meer onttrekt dan de behandeling "beregeningshaspel".

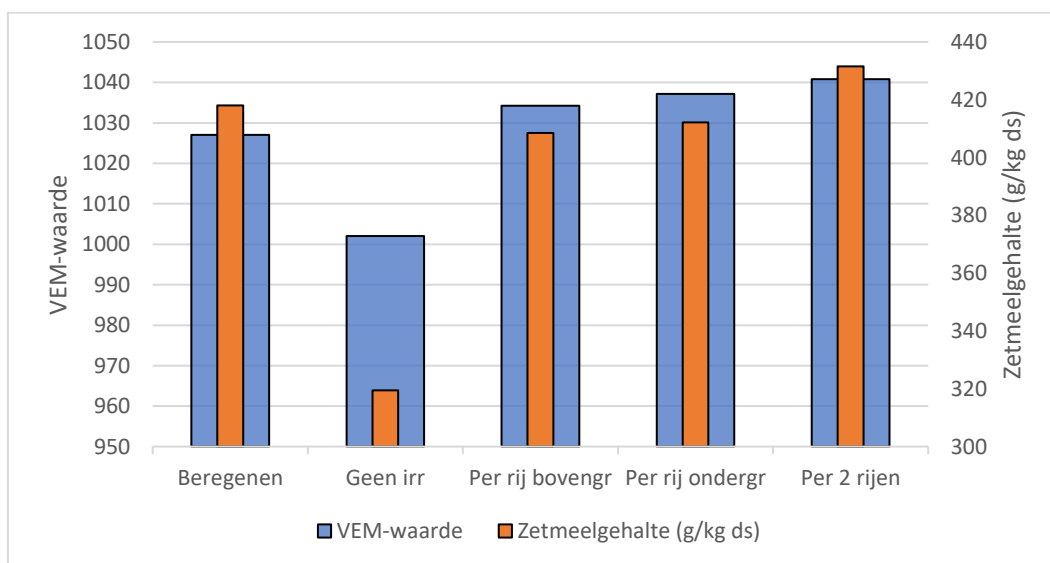


Tabel 4. Opbrengsten per behandelingen.

Kernmerken	Haspel Beregenen	Behandelingen				Statistiek Lsd <0,05
		Geen irrigatie	Druppelirrigatie			
			Per rij bovengronds	Per rij ondergronds	Per 2 rijen bovengronds	
Verse opbrengst (kg/ha)	34944	31517 ^a	42380 ^b	42147 ^b	41860 ^b	2312
Ds-gehalte (%)	38,9	33,5 ^a	39,5 ^b	39,3 ^b	40,0 ^b	0,990
Ds-opbrengst (kg/ha)	13593	10552 ^a	16742 ^b	16570 ^b	16743 ^b	780
VEM-waarde	1027	1002 ^a	1034 ^b	1037 ^b	1041 ^b	27,1
Zetmeelgehalte (g/kg ds)	418	320 ^a	409 ^b	412 ^b	432 ^b	34,2
RE-gehalte (g/kg ds)	67,0	72,8 ^a	60,5 ^b	62,0 ^b	60,3 ^b	6,06
KVEM-opbrengst/ha	13960	10571 ^a	17312 ^b	17193 ^b	17428 ^b	961
Zetmeelopbrengst (kg/ha)	5675	3382 ^a	6834 ^b	6842 ^b	7226 ^b	683
N-opbrengst (kg/ha)	146	122 ^a	162 ^b	165 ^b	161 ^b	14,7



Figuur 14. Droge stof en zetmeel opbrengsten per behandeling.



Figuur 15. VEM waarde en zetmeelgehalte per behandeling.



3.4 Water verbruik

In Tabel 5 is uitgerekend hoeveel 1 mm toegediend vocht door druppelirrigatie of beregening extra produceerde ten opzichte van geen irrigatie qua droge stof, KVEM, zetmeel en stikstof opbrengst. Hierbij werd de volgende formule gebruikt:

$$\text{opbrengst er mm} = \frac{\text{opbrengst behandeling met irrigatie} - \text{opbrengst geen irrigatie}}{\text{aantal mm toegediend vocht}}$$

Deze vergelijking kon niet statistisch worden getoetst omdat de toegediende hoeveelheid vocht niet per veldje gemeten is, maar per behandeling. De gegevens moeten dus gezien worden als indicatief. Druppelirrigatie produceerde met één mm vocht meer droge stof, KVEM en zorgde voor een hogere stikstof onttrekking dan de behandeling met beregeningshaspel. De verschillen qua zetmeelopbrengst per mm zijn klein en niet groter dan tussen de behandelingen met druppelirrigatie.

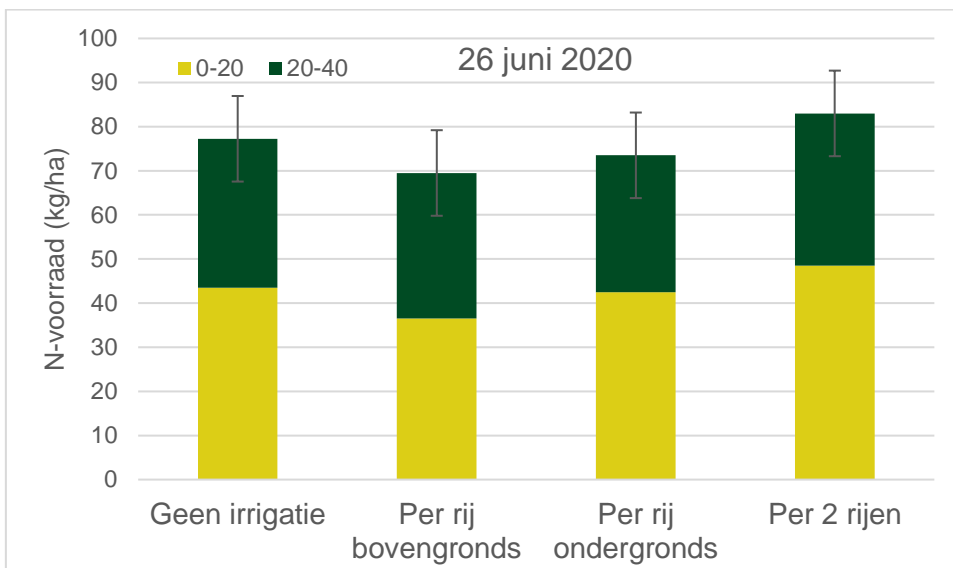
Tabel 5. Opbrengsten per mm vocht per behandeling.

Behandeling	Opbrengst per mm			
	Haspel	Druppelirrigatie		
Kernmerken	Beregenen	Per rij bovengronds	Per rij ondergronds	Per 2 rijen
Aantal mm irrigatie	106	151	148	146
Ds-opbrengst (kg)	28,7	41,0	40,7	42,4
KVEM-opbrengst/ha	32,0	44,6	44,7	47,0
Zetmeelopbrengst (kg/ha)	21,6	22,9	23,4	26,3
N-opbrengst (kg/ha)	0,22	0,26	0,29	0,27

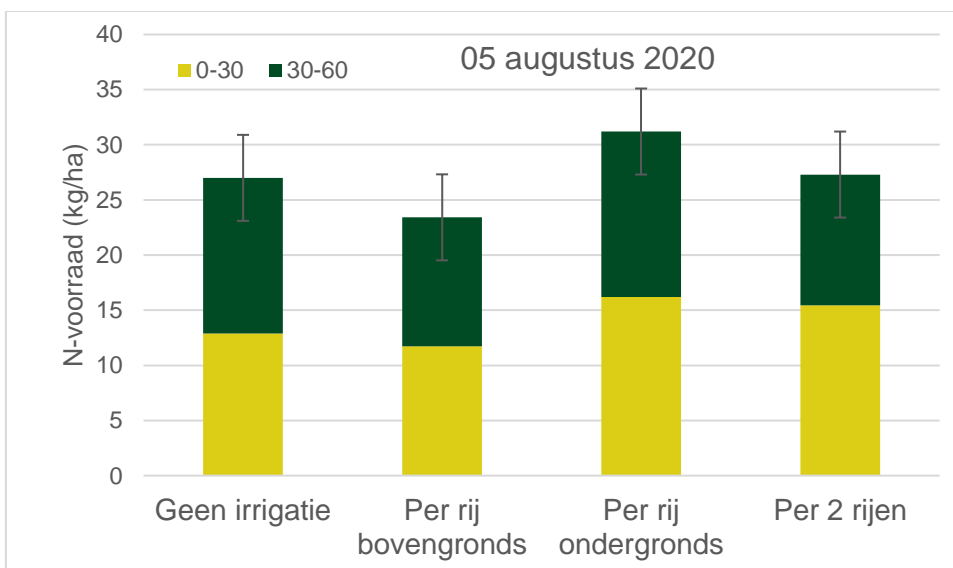


3.5 N-min bodem

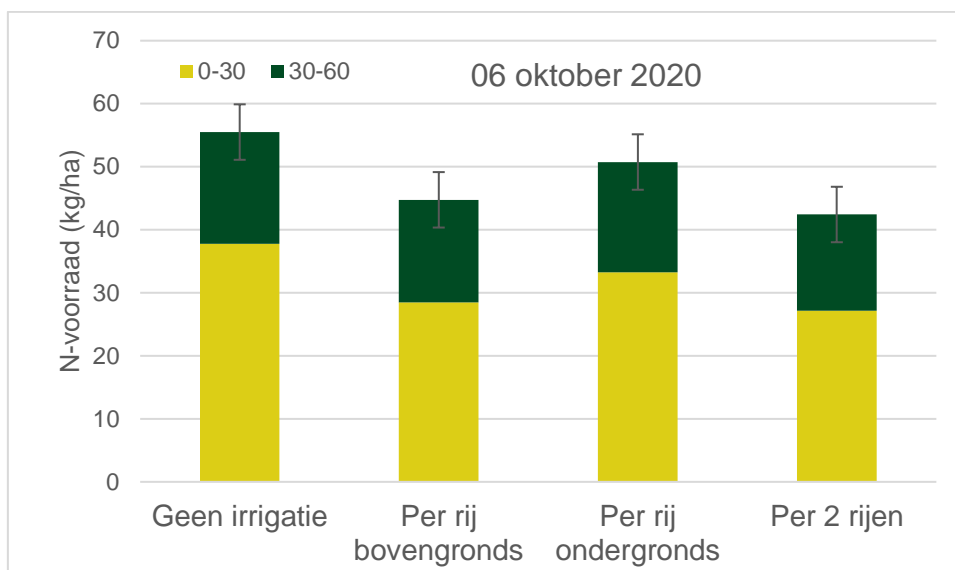
Figuur 16 tot en met Figuur 19 geven per datum de hoeveelheid minerale stikstof weer in de bodem voor elke behandeling. De minerale stikstof wordt uitgesplitst per bodemlaag. Tijdens het groeiseizoen (26 juni en 05 augustus) zijn er geen significante verschillen in de hoeveelheid minerale stikstof tussen de verschillende behandelingen. Op 6 oktober, één week na maïsoogst, is de hoeveelheid minerale stikstof (laag 0-60 cm) van de behandeling druppelirrigatie per twee rijen een significant lager ten opzichte van geen irrigatie en druppelirrigatie per rij bovengronds. Dit verschil is op 25 november niet meer te waar te nemen en zijn er geen verschillen tussen de behandelingen in hoeveelheid minerale stikstof. In Bijlage 5 staan de resultaten weergegeven in tabelvorm.



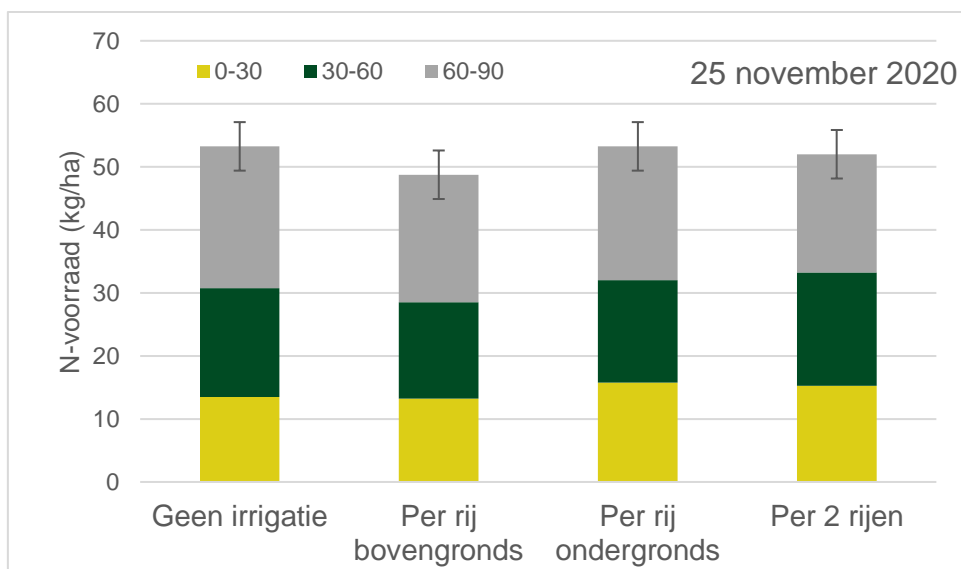
Figuur 16 Cumulatieve N-voorraad bodem op 26 juni in de lagen 0-20 en 20-40 cm. De spreidingsstaafjes geven de LSD weer.



Figuur 17 Cumulatieve N-voorraad bodem op 5 augustus in de lagen 0-30 en 30-60 cm. De spreidingsstaafjes geven de LSD weer.



Figuur 18. Cumulatieve N-voorraad bodem op 6 oktober in de lagen 0-30 en 30-60 cm. De spreidingsstaafjes geven de LSD weer.

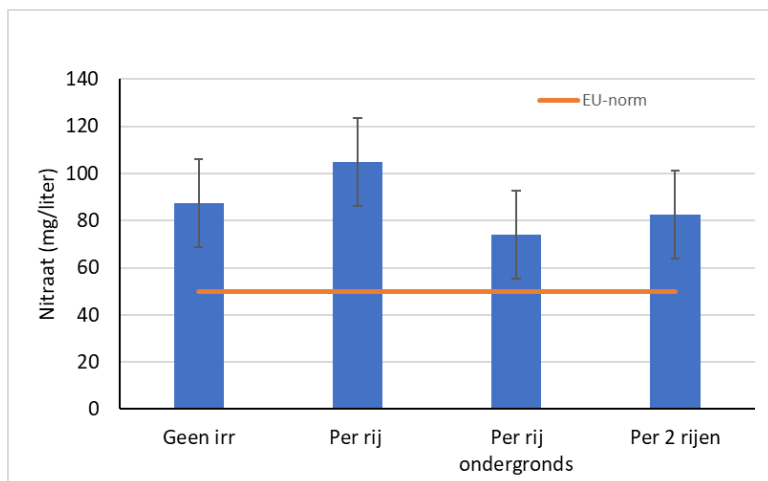


Figuur 19. Cumulatieve N-voorraad bodem op 25 november in de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm. De spreidingsstaafjes geven de LSD weer.



3.6 Nitraatgehalte bovenst grondwater

In Figuur 20 is het nitraatgehalte van het bovenste grondwater op 8 maart per behandeling weergegeven. Het nitraatgehalte van alle behandelingen lag boven de EU-norm van 50 mg/liter en varieerde van 74 tot 105 mg/liter. De verschillen tussen de behandelingen waren echter niet significant.



Figuur 20. Nitraatgehalte van het bovenste grondwater op 8 maart per behandeling. De spreidingsstaafjes geven de LSD weer.

3.7 Financiële berekening

In Tabel 6 is per behandeling de saldoberekening weergegeven. Het saldo per hectare is voor de behandelingen geen irrigatie en druppelirrigatie per twee rijen vrijwel gelijk (tussen de €438-439/ha), terwijl de behandeling haspel het saldo net positief is (€12/ha) en de behandelingen druppelirrigatie elke rij boven- en ondergronds negatief is (-€170 en -€186/ha). De financiële berekeningen staan in Bijlage 6 waarbij de voederwaardeprijs van 22 september 2020 is gebruikt (www.voederwaardeprijzen.nl).

Tabel 6. Financiële saldo berekening van de verschillende behandelingen.

Kernmerken	Haspel Beregenen	Behandelingen			
		Geen irrigatie	Druppelirrigatie		
			Per rij bovengronds	Per rij ondergronds	Per 2 rijen
Voederwaardeopbrengst (€/ha)	€ 2.481	€ 1.953	€ 3.073	€ 3.057	€ 3.072
Teeltkosten (€/ha)	€ -1.515	€ -1.515	€ -1.515	€ -1.515	€ -1.515
Kosten irrigatie (€/ha)	€ -954	€ -	€ -1.728	€ -1.728	€ -1.118
Saldo (€/ha)	€ 12	€ 438	€ -170	€ -186	€ 439



4. Discussie

In deze proef met druppelirrigatie is respectievelijk 6 ton ds/ha en 3 ton ds/ha meer opbrengst geleverd ten opzichte van geen irrigatie en traditioneel beregenen door middel van een haspel. Daarbij was de zetmeel opbrengst per ha minimaal 3452 kg ds (geen irrigatie) en 1159 kg ds (haspel) hoger. De stikstof onttrekking per ha was minimaal 39 kg en 15 kg hoger dan geen irrigatie en beregenen door een haspel. Echter leidt druppelirrigatie niet tot een lagere hoeveelheid minerale stikstof per ha tijdens het groeiseizoen (26 juni en 5 augustus) ten opzichte van geen irrigatie. Eén week na de oogst op 06 oktober was de stikstofbodemvoorraad (laag 0-60cm) bij de behandeling druppelirrigatie per twee rijen significant lager dan alle andere behandelingen. Echter was dit verschil op 25 november weer verdwenen en was er geen significant verschil tussen alle behandelingen. De oorzaak hiervan is waarschijnlijk dat de bodemprocessen gedurende het groeiseizoen op de plek waar wel of geen druppelirrigatie lag wezenlijk anders waren. Rondom de druppelirrigatie is de bodem continu vochtig geweest, waardoor bodemprocessen zoals mineralisatie van organische stof blijven doorgaan. Mineralisatie maakt stikstof beschikbaar en omdat de bodem vochtig was kon de plant de stikstof opnemen. Waar geen water is geïrrigeerd, hebben de bodemprocessen tussen 22 juli en 5 augustus minimaal gefunctioneerd (Figuur 8), waardoor er weinig tot geen stikstof gemineraliseerd is uit organische stof. Kortom, de verschillen in behandelingen leiden in deze proef niet tot een verschil in hoeveelheid minerale N in het najaar en druppelirrigatie leidt dus niet tot een lagere- of hogere kans op stikstof uitspoeling.

De behandelingen met druppelirrigatie hebben een hogere opbrengst dan de behandeling beregenen met haspel (+/- 3 ton/ds), maar hebben ook meer water toegediend gekregen (+/- 42 mm). Echter produceert druppelirrigatie per 1 mm vocht +/- 40% meer droge stof en +/- 12% meer zetmeel ten opzichte van beregenen met haspel. Alhoewel deze vergelijking niet statistisch kan worden getoetst, omdat de behandeling beregenen met haspel naast het proefveld lag van de behandeling met druppelirrigatie, geeft het indicatief aan dat druppelirrigatie een hogere water efficiëntie heeft. Druppelirrigatie zorgt niet voor een lager watergebruik.

Het saldo per hectare tussen druppelirrigatie per twee rijen en geen irrigatie is gelijk (€438/ha) ondanks het forse verschil in droge stof opbrengst (+/- 6 ton ds). Het saldo van behandelingen druppelirrigatie elke rij, was zelfs negatief +/- €180/ha, het saldo van beregenen met haspel was net positief €12/ha. Druppelirrigatie vraagt een behoorlijke investering aan het begin van het groeiseizoen ongeacht het verloop van het groeiseizoen: nat of droog. Daardoor heeft druppelirrigatie hoge vaste kosten welke vooral bestaan uit de druppelirrigatieslangen zelf. Een nadeel is dat de druppelirrigatieslangen slechts één seizoen operationeel zijn. Na één seizoen dienen alle druppelirrigatieslangen te worden vervangen.

Financieel gezien is het zeer de vraag of beregenen in het algemeen perspectief heeft. Echter, beregenen met haspel of druppelirrigatie is een soort verzekering waarmee de agrariër verzekerd is van een kwantitatief en kwalitatief goede gewasopbrengst. Waarbij met beregenen met een haspel aan de hand van het verloop van het groeiseizoen kan worden bepaald of er gestart wordt met beregenen. Deze keuze kan niet worden gemaakt met druppelirrigatie omdat de druppelirrigatieslangen net na het zaaien van de maïs al moet worden geïnstalleerd. Met druppelirrigatie kan wel de hoogste opbrengst behaald worden.



5. Conclusies

In 2020 is er op proefboerderij De Marke een onderzoek uitgevoerd in snijmaïs met drie verschillende aanlegmethoden van druppelirrigatie. Doel van deze proef was om de effecten te onderzoeken van de drie verschillende aanlegmethoden op kwantiteit en kwaliteit van de snijmaïs (inclusief N-opname), waterbenutting, minerale stikstofgehalte tijdens en na het groeiseizoen, nitraat gehalte na het groeiseizoen in het bovenste grondwater en het effect op het saldo. Als referentie is er een blok naast het druppelirrigatie proefveld beregend. Hiervan is alleen de maïsopbrengst gemeten Dit blok lag in hetzelfde perceel als het druppelirrigatieproefveld, maar niet in herhalingen ertussen. De opbrengstresultaten van beregende blok zijn daarom indicatief.

De conclusies van dit onderzoek zijn:

- Het groeiseizoen van 2020 werd gekenmerkt door een erg droge en warme zomer (behoort tot 5% droogste jaren).
- Met alle drie druppelirrigatiemethoden kon vochtvoorziening van de maïs goed op peil worden gehouden.
- De online tool “bodemvocht signaal” gaf een goed beeld van de werkelijke vochtvoorziening. De hoeveelheid neerslag dient nauwkeurig te worden bijgehouden.
- Druppelirrigatie gaf duidelijk hogere opbrengsten aan droge stof (6 ton/ha), zetmeel (3,5 ton/ha) en stikstof (40 kg/ha) t.o.v. geen irrigatie. Beregenen zat daar tussenin.
- Druppelirrigatie produceerde per 1 mm vocht +/- 40% meer droge stof en +/- 12% meer zetmeel ten opzichte van beregenen met haspel. Druppelirrigatie heeft dus een hogere water efficiëntie, maar zorgt daarentegen niet voor een lager watergebruik.
- Er waren geen verschillen in opbrengsten en voederwaarde tussen de verschillende aanlegmethoden.
- Er waren geen duidelijke verschillen in minerale stikstofgehalte tijdens en na het groeiseizoen tussen druppelirrigatie en geen irrigatie. Waarschijnlijk doordat met druppelirrigatie de bodem continu vochtig blijft, waardoor mineralisatie van organische materiaal door blijft gaan. Dit compenseert de extra N-opname van de maïs ten opzichte van geen druppelirrigatie.
- Er waren geen duidelijke verschillen in nitraatgehalte van het bovenste grondwater na het groeiseizoen tussen druppelirrigatie en geen irrigatie.
- Druppelirrigatie per rij en beregenen met een haspel hadden een negatief effect op het saldo. Druppelirrigatie per twee rijen heeft hetzelfde saldo als geen irrigatie. Druppelirrigatie is een soort verzekering, als agrariër ben je verzekert dat je elk jaar het groeipotentieel kunt behalen van snijmaïs wanneer water de beperkende factor is.

6. Aanbevelingen

Gedurende het groeiseizoen hebben we enkele praktische ervaringen opgedaan. Hieronder staan enkele tips:

- Gebruik druppelsslagen van goede kwaliteit, die bijvoorbeeld bestand zijn tegen vraat van ritnaalden (Figuur 21)
- Leg druppelsslagen aan wanneer de rijen of maïsplanten goed zichtbaar zijn en leg de druppelsslagen onder de grond. De druppelsslagen kunnen anders heen en weer waaien en daarmee de maïsplanten beschadigen. Tevens beschermt de grond de druppelsslagen tegen vogelschade (Figuur 22).
- Controleer bij aanleg of de watergift vooraan het perceel evenveel is als achteraan het perceel. Leg een bakje onder de opening van een druppel slang, zowel vooraan het perceel als achteraan. Zet de irrigatie 30 minuten aan en controleer of in beide bakjes evenveel water zit. Neem bij verschil in hoeveelheid contact op met de leverancier. Mogelijk is de waterdruk niet goed ingesteld.

Controleer dagelijks tijdens irrigatie of de druppelsslagen nog aan de verdeelleiding bevestigd zijn en controleer bij bovengrondse aanleg op lekkage door beschadigingen. Druppelsslagen kunnen losspringen van de verdeelleiding, hiermee gaat er veel water verloren in een korte tijd. Tevens valt de druk weg bij de andere druppelsslagen waardoor deze niet goed functioneren.

- Controleer wekelijks of er geen lekkages zijn. Zet de druppelirrigatie aan, hierdoor zijn eventuele lekkages snel zichtbaar. Een drone kan hierbij een goed hulpmiddel zijn.
- Druppelsslagen twee seizoenen gebruiken? Dit kan mits de druppel slang in tact is en is schoongespoeld met schoon water en mogelijk met een zuur zodat al het ijzer verwijderd is (Figuur 23).



Figuur 21. Schade door ritnaalden



Figuur 22. Schade door vogels



Figuur 23. IJzeraanslag



Literatuurlijst

- Dekker, L. (2019). Proeftuin Zoet Water Zeeland. Provincie Zeeland. <https://www.zeeland.nl/water/proeftuin-zoet-water>
- Everts, H., Hoving, I. E., & Schans, D. A. van der. (1997). Beregeningswijzer: Beregeningswijzer Achtergrondinformatie Gebruiksaanwijzing. 13.
- KNMI. (2020). KNMI Droogtemonitor. <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/droogtemonitor>
- NPPL. (2019). Uien krijgen gericht water met druppelirrigatie. NPPL. <https://www.proeftuinprecisielandbouw.nl/uien-krijgen-gericht-water-met-druppelirrigatie/>
- Pdok. (n.d.). 2021. <https://www.pdok.nl/viewer/>
- Walvoort, R en H. van Schooten (2020). Potentie druppelirrigatie in maïs en aardappelen op droge zandgronden in Oost-Nederland. www.demarke.eu

Bijlagen

Bijlage 1 Overzicht behandelingen



Figuur 24. Behandeling A, geen irrigatie.



Figuur 25. Behandeling B, elke rij bovengronds.



Figuur 26. Behandeling C, per rij ondergronds.



Figuur 27. Behandeling D, elke twee rijen bovengronds.



Bijlage 2 Bodemanalyse proefveldperceel

Resultaat	Eenheid	Resultaat	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
Chemisch	N-totale bodemvoorraad	kg N/ha	4970	3600 - 5260	[Bar chart showing value 4970 falling between 3600 and 5260]			
	C/N-ratio		16	13 - 17	[Bar chart showing value 16 falling between 13 and 17]			
	N-leverend vermogen	kg N/ha	60	95 - 145	[Bar chart showing value 60 falling below 95]			
	S-plantbeschikbaar	kg S/ha	< 4	20 - 30	[Bar chart showing value < 4 falling below 20]			
	S-totale bodemvoorraad	kg S/ha	990	650 - 910	[Bar chart showing value 990 falling above 910]			
	C/S-ratio		79	50 - 75	[Bar chart showing value 79 falling above 75]			
	S-leverend vermogen	kg S/ha	13	20 - 30	[Bar chart showing value 13 falling below 20]			
	P-plantbeschikbaar	kg P/ha	6,2	5,8 - 9,7	[Bar chart showing value 6,2 falling between 5,8 and 9,7]			
	P-bodemvoorraad	kg P/ha	980	425 - 650	[Bar chart showing value 980 falling above 650]			
	K-plantbeschikbaar	kg K/ha	345	225 - 355	[Bar chart showing value 345 falling between 225 and 355]			
	K-bodemvoorraad	kg K/ha	265	235 - 370	[Bar chart showing value 265 falling between 235 and 370]			
	Ca-plantbeschikbaar	kg Ca/ha	50	235 - 545	[Bar chart showing value 50 falling below 235]			
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	2730	2315 - 3475	[Bar chart showing value 2730 falling between 2315 and 3475]			
	Mg-plantbeschikbaar	kg Mg/ha	475	160 - 275	[Bar chart showing value 475 falling above 275]			
	Mg-bodemvoorraad	kg Mg/ha	365	130 - 400	[Bar chart showing value 365 falling between 130 and 400]			
Fysisch	Na-plantbeschikbaar	kg Na/ha	65	115 - 160	[Bar chart showing value 65 falling below 115]			
	Na-bodemvoorraad	kg Na/ha	35	75 - 110	[Bar chart showing value 35 falling below 75]			
	Si-plantbeschikbaar	g Si/ha	18890	19470 - 84390	[Bar chart showing value 18890 falling below 19470]			
	Fe-plantbeschikbaar	g Fe/ha	< 6560	8110 - 14610	[Bar chart showing value < 6560 falling below 8110]			
	Zn-plantbeschikbaar	g Zn/ha	2660	1620 - 2430	[Bar chart showing value 2660 falling above 2430]			
	Mn-plantbeschikbaar	g Mn/ha	2430	10390 - 16230	[Bar chart showing value 2430 falling below 10390]			
	Cu-plantbeschikbaar	g Cu/ha	130	130 - 210	[Bar chart showing value 130 falling between 130 and 210]			
	Co-plantbeschikbaar	g Co/ha	10	15 - 25	[Bar chart showing value 10 falling below 15]			
	B-plantbeschikbaar	g B/ha	255	520 - 715	[Bar chart showing value 255 falling below 520]			
	Mo-plantbeschikbaar	g Mo/ha	< 10	320 - 16230	[Bar chart showing value < 10 falling below 320]			
	Se-plantbeschikbaar	g Se/ha	< 6,9	11 - 15	[Bar chart showing value < 6,9 falling below 11]			
	Zuurgraad (pH)		5,7	5,6 - 6,1	[Bar chart showing value 5,7 falling between 5,6 and 6,1]			
	C-organisch	%	2,4		[Bar chart showing value 2,4]			
	Organische stof	%	4,6		[Bar chart showing value 4,6]			
	C/OS-ratio		0,52	0,45 - 0,55	[Bar chart showing value 0,52 falling between 0,45 and 0,55]			
	Koolzure kalk	%	< 0,2	2,0 - 3,0	[Bar chart showing value < 0,2 falling below 2,0]			
	Klei (<2 µm)	%	2		[Bar chart showing value 2]			
	Silt (2-50 µm)	%	13		[Bar chart showing value 13]			
	Zand (>50 µm)	%	80		[Bar chart showing value 80]			
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	57	> 52	[Bar chart showing value 57 falling above 52]			
CEC-bezetting	%	95	> 95	[Bar chart showing value 95 falling below > 95]				
Ca-bezetting	%	74	75 - 85	[Bar chart showing value 74 falling below 75]				
Mg-bezetting	%	16	6,0 - 10	[Bar chart showing value 16 falling above 10]				
K-bezetting	%	3,7	2,0 - 5,0	[Bar chart showing value 3,7 falling between 2,0 and 5,0]				
Na-bezetting	%	0,9	1,0 - 1,5	[Bar chart showing value 0,9 falling below 1,0]				
H-bezetting	%	< 0,1	< 1,0	[Bar chart showing value < 0,1 falling below < 1,0]				
Al-bezetting	%	< 0,1	< 1,0	[Bar chart showing value < 0,1 falling below < 1,0]				



Fysisch Figuur: Textuurdriehoek

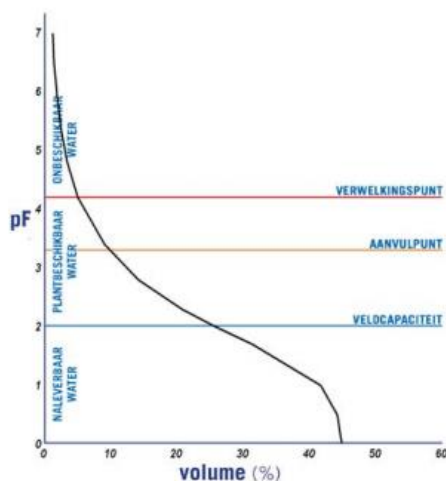


Naast klei (lutum), worden ook de silt- en zandfracties weergegeven. Klei is kleiner dan 2 micrometer (μm), siltdeeltjes zijn 2-50 μm en zanddeeltjes groter dan 50 μm . De onderlinge verdeling van bodemdeeltjes wordt onder andere gebruikt om het verslompingsrisico van een bodem in te schatten. Bij verslumping wordt de bodem dichtgesmeerd met kleinere deeltjes (klei en silt). Een heel eenzijdige verdeling (bijvoorbeeld hoofdzakelijk zand- of kleideeltjes) levert het minste risico van slomp op. Bij 10-20% klei is het risico op slomp het grootst.

Mediaan van de granulaire zandfractie (M50) = 159 μm
M50 is een maat voor de grofheid van zand. We benutten dit bij het vaststellen van het waterbindend vermogen (pF).

De verkruielbaarheid is goed te noemen. Echter is dit ook afhankelijk van de soort teelt. Gezien het resultaat is de kans op verslumping klein.

Figuur: Waterretentiecurve



De hoeveelheid plant beschikbaar water in de bemonsterde laag is 52 mm, dit is wat u maximaal zou moeten beregenen. Alles wat u meer geeft spoelt af van het perceel of zakt naar diepere lagen.

Als het vochtgehalte van het perceel daalt hebben gewassen moeite om voldoende water op te nemen, de grens ligt bij pF 3,3. Wanneer u het vochtgehalte kan bepalen, begin dan met beregenen als het vochtgehalte van dit perceel op 9,9 % vocht zit en geef dan 40 mm.

Het actuele vochtgehalte kan bepaald worden door een vochtsensor of verzamel grond van een tiental plekken in het perceel. Meet het gewicht van de vochtige grond en het gewicht van de grond na 24 uur drogen, het verschil tussen de twee is een indicatie van het vochtgehalte van het perceel.



Bijlage 3 Neerslag gegevens

Neerslag De Marke 2020

(in mm)

dag	jan	feb	mrt	apr	mei	juni	juli	aug	sep	okt	nov	dec	tot
1	0,0	1,4	0,0	0,0	2,4	0,0	14,4	2,6	0,0	2,2			23,0
2	0,4	4,2	6,2	0,0	2,8	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2			14,0
3	3,6	0,0	0,2	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	5,0			15,4
4	1,4	0,6	0,0	0,0	0,8	6,0	1,4	0,0	4,0	0,6			14,8
5	0,8	0,2	8,4	0,0	0,0	9,8	1,6	0,0	4,2	1,4			26,4
6	0,0	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	5,4	0,0	0,2	2,8			13,6
7	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	2,2	0,0	0,0	2,0			6,0
8	2,2	0,2	2,8	0,0	0,0	0,6	3,6	0,0	0,0	9,2			18,6
9	3,0	7,8	0,4	0,0	0,0	0,0	5,4	0,0	0,2	0,0			16,8
10	1,0	2,6	12,4	0,0	0,2	0,0	0,4	0,0	0,2	14,2			31,0
11	0,0	0,6	4,0	0,0	0,8	0,6	1,4	0,0	0,0	4,0			11,4
12	1,6	0,6	5,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			8,0
13	0,2	11,8	3,6	0,0	0,6	0,8	0,0	12,0	0,0	0,4			29,4
14	3,4	0,0	0,2	0,0	0,0	13,8	2,4	6,2	0,0	0,0			26,0
15	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,6	0,0	0,0			3,4
16	0,2	8,4	0,0	0,0	0,0	0,2	2,2	4,2	0,0	0,0			15,2
17	1,4	2,6	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0			4,6
18	3,0	0,4	0,0	1,8	0,0	3,4	0,0	0,2	0,0	0,2			9,0
19	0,6	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,4			6,0
20	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	1,2			5,6
21	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	7,6			9,2
22	0,8	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0			5,8
23	0,0	19,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,2	0,4	0,2			22,4
24	0,0	5,2	0,0	0,0	2,4	8,4	0,0	2,0	4,4	0,2			22,6
25	0,2	1,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,4	1,4	1,0	4,4			8,6
26	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	4,0	19,2	0,6			26,8
27	6,4	4,2	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,4	5,4	1,8			19,0
28	2,0	6,0	0,0	3,0	0,4	0,4	0,4	10,0	1,4	12,4			36,0
29	4,8	2,2	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,2	4,8	7,8			20,8
30	0,8		0,6	1,0	0,0	2,6	0,0	2,8	0,0	0,4			8,2
31	0,0		0,0		0,0		0,0	2,0		1,6			3,6
totaal	41,6	94,6	49,6	7,8	10,6	48,0	43,2	53,8	51,2	80,8	0,0	0,0	481,2
norm	70	58	67	42	62	68	78	78	78	83	82	80	846,0
dgn	23	23	12	6	9	15	19	20	13	24	0	0	164
decade I													
totaal	13,6	17,0	35,6	0,8	6,2	17,0	34,4	2,8	14,6	37,6	0,0	0,0	179,6
dgn	8	7	7	1	4	4	8	2	6	9	0	0	56
decade II													
totaal	12,8	32,8	13,4	2,0	1,4	19,2	7,2	23,6	0,0	6,2	0,0	0,0	118,6
dgn	8	8	4	2	2	7	6	7	0	5	0	0	49
decade III													
totaal	15,2	44,8	0,6	5,0	3,0	11,8	1,6	27,4	36,6	37,0	0,0	0,0	183,0
dgn	7	8	1	3	3	4	5	11	7	10	0	0	59
Aantal dagen met neerslag van:													
0 mm	8	6	19	24	22	15	12	11	17	7	0	0	141
> 0 mm	23	23	12	6	9	15	19	20	13	24	0	0	164
> 1 mm	13	16	8	2	3	6	10	12	8	15	0	0	93
> 5 mm	1	6	5	0	0	4	3	3	3	5	0	0	30
> 10 mm	0	2	1	0	0	1	1	1	1	2	0	0	9



Bijlage 4 Hoeveelheid irrigatie

Datum	Hoeveelheid irrigatie per behandeling (mm)				
	A	B	C	D	Haspel
Totaal	0	151	148	146	106
zondag, mei 31, 2020					32
maandag, juni 01, 2020	0				
dinsdag, juni 02, 2020	0				
woensdag, juni 03, 2020	0				
donderdag, juni 04, 2020	0	10	10	10	
vrijdag, juni 05, 2020	0	10	10	10	
zaterdag, juni 06, 2020	0	10	10	10	
zondag, juni 07, 2020	0				
maandag, juni 08, 2020	0				
dinsdag, juni 09, 2020	0				
woensdag, juni 10, 2020	0				
donderdag, juni 11, 2020	0				
vrijdag, juni 12, 2020	0	4,0	5,0	0,5	
zaterdag, juni 13, 2020	0				
zondag, juni 14, 2020	0				
maandag, juni 15, 2020	0				
dinsdag, juni 16, 2020	0				
woensdag, juni 17, 2020	0				
donderdag, juni 18, 2020	0				
vrijdag, juni 19, 2020	0				
zaterdag, juni 20, 2020	0				
zondag, juni 21, 2020	0				
maandag, juni 22, 2020	0				
dinsdag, juni 23, 2020	0				
woensdag, juni 24, 2020	0				
donderdag, juni 25, 2020	0				
vrijdag, juni 26, 2020	0				
zaterdag, juni 27, 2020	0				
zondag, juni 28, 2020	0				
maandag, juni 29, 2020	0				
dinsdag, juni 30, 2020	0				
woensdag, juli 01, 2020	0				
donderdag, juli 02, 2020	0				
vrijdag, juli 03, 2020	0				
zaterdag, juli 04, 2020	0				
zondag, juli 05, 2020	0				
maandag, juli 06, 2020	0				
dinsdag, juli 07, 2020	0				
woensdag, juli 08, 2020	0				
donderdag, juli 09, 2020	0				
vrijdag, juli 10, 2020	0				



zaterdag, juli 11, 2020	0				
zondag, juli 12, 2020	0				
maandag, juli 13, 2020	0				
dinsdag, juli 14, 2020	0				
woensdag, juli 15, 2020	0				
donderdag, juli 16, 2020	0				
vrijdag, juli 17, 2020	0				
zaterdag, juli 18, 2020	0				
zondag, juli 19, 2020	0				
maandag, juli 20, 2020	0	11,6	14,1	9,4	
dinsdag, juli 21, 2020	0	8,1	5,7	9,7	
woensdag, juli 22, 2020	0				
donderdag, juli 23, 2020	0	5,1	5,9	5,1	26
vrijdag, juli 24, 2020	0	10,8	10,8	9,9	
zaterdag, juli 25, 2020	0	7,3	6,8	4,9	
zondag, juli 26, 2020	0				
maandag, juli 27, 2020	0	2,5	2,7	1,9	
dinsdag, juli 28, 2020	0	5,8	5,4	6,1	
woensdag, juli 29, 2020	0	4,4	3,8	2,6	
donderdag, juli 30, 2020	0	6,4	5,7	6,7	
vrijdag, juli 31, 2020	0	5,4	5,0	5,1	
zaterdag, augustus 01, 2020	0				
zondag, augustus 02, 2020	0				
maandag, augustus 03, 2020	0	6,2	5,4	8,6	
dinsdag, augustus 04, 2020	0	5,8	5,2	5,1	19
woensdag, augustus 05, 2020	0	3,9	3,4	6,3	
donderdag, augustus 06, 2020	0	5,3	4,5	6,5	
vrijdag, augustus 07, 2020	0				
zaterdag, augustus 08, 2020	0				
zondag, augustus 09, 2020	0				
maandag, augustus 10, 2020	0	5,2	4,0	3,7	
dinsdag, augustus 11, 2020	0	8,8	8,7	8,7	
woensdag, augustus 12, 2020	0	9,8	5,6	6,1	
donderdag, augustus 13, 2020	0	0,0	1,9	0,7	
vrijdag, augustus 14, 2020	0	0,0	4,8	4,4	
zaterdag, augustus 15, 2020	0				
zondag, augustus 16, 2020	0				
maandag, augustus 17, 2020	0				29
dinsdag, augustus 18, 2020	0				
woensdag, augustus 19, 2020	0				
donderdag, augustus 20, 2020	0				
vrijdag, augustus 21, 2020	0	4,7	4,0	4,1	



Bijlage 5 Stikstofbodemvoorraad

Minerale stikstof resultaten weergegeven in verschillende bodemlagen en verschillende monsterdatums.

N-bodemvoorraad (kg N-min/ha)					Statistiek	
26-6-2020						
Bodemlaag (cm)	Geen irrigatie	Per rij bovengronds	Druppelirrigatie Per rij ondergronds	Per 2 rijen	F.prob	LSD
0-20	43,5	36,5	42,5	48,5	0,55	18,1
20-40	33,8	33,0	31,0	34,5	0,72	71,0
Som 0-40	77,3	69,5	73,5	83,0	0,48	19,4

N-bodemvoorraad (kg N-min/ha)					Statistiek	
5-8-2020						
Bodemlaag (cm)	Geen irrigatie	Per rij bovengronds	Druppelirrigatie Per rij ondergronds	Per 2 rijen	F.prob	LSD
0-30	12,9	11,7	16,2	15,5	0,08	3,80
30-60	14,1	11,7	15,0	11,9	0,27	4,30
Som 0-60	27,0	24,2	31,2	27,3	0,30	7,80

N-bodemvoorraad (kg N-min/ha)					Statistiek	
6-10-2020						
Bodemlaag (cm)	Geen irrigatie	Per rij bovengronds	Druppelirrigatie Per rij ondergronds	Per 2 rijen	F.prob	LSD
0-30	37,8	28,5	33,3	27,2	0,06	8,20
30-60	17,8	16,3	17,5	15,3	0,25	2,90
Som 0-60	55,5	44,8	50,8	41,8	0,03	8,80

N-bodemvoorraad (kg N-min/ha)					Statistiek	
25-11-2020						
Bodemlaag (cm)	Geen irrigatie	Per rij bovengronds	Druppelirrigatie Per rij ondergronds	Per 2 rijen	F.prob	LSD
0-30	13,5	13,3	15,8	15,3	0,32	3,40
30-60	17,3	15,3	16,3	18,0	0,16	2,60
60-90	22,5	20,3	21,3	18,8	0,50	5,50
Som 0-90	53,3	48,8	53,3	52,0	0,54	7,70



Bijlage 6 Financiële berekening

Op basis voederwaardeprijs 22-09-2020 (WUR)

Kernmerken	Referentie Maïsmeel	Haspel Beregenen	Behandelingen			
			Geen irrigatie	Druppelirrigatie Per rij bovengronds	Per rij ondergronds	Per 2 rijen
VEM	1260	1027	1002	1034	1037	1041
DVE	114	57	66	57	57	55
Droge stof (%)	87	39	34	40	39	40
Prijs (€/product)	220	71	62	73	73	73
kVEM	1096	400	336	408	408	416
kDVE	99	22	22	22	22	22
Voederwaarde prijs (€)	265	85	74	87	87	88
Aankoop/voederwaarde prijs (%)	83	83	83	83	83	83
Prijs (€/ton ds)	253	183	185	184	184	184
Opbrengst (ds/ha)		13,6	10,6	16,7	16,6	16,7
Voederwaardeopbrengst (€/ha)		2481	1953	3073	3057	3072

Kostenpost	Kosten (€/ha)			
	Investing (€/ha)	Afschrijving	Elke rij	Per 2 rijen
Druppelsslagen elke rij	€ 1.220	1 jaar	€ 1.220	
Druppelsslagen per 2 rijen	€ 610	1 jaar		€ 610
Aanvoerleidingen	€ 106	3 jaar	€ 35	€ 35
Pompset	€ 18.234	10 jaar	€ 197	€ 197
Arbeid aanleggen			€ 170	€ 170
Arbeid opruimen			€ 105	€ 105
Totaal			€ 1.728	€ 1.118

Bron: R. Walvoort en H. van Schooten (2020).



Bijlage 7 Foto's tijdens groeiseizoen

Foto's gemaakt op 21 juli 2020



A Geen irrigatie



B Elke rij bovengronds



C Elke rij ondergronds



D Om de rij bovengronds



Foto's gemaakt op 12 augustus 2020



A Geen irrigatie



B Elke rij bovengronds



C Elke rij ondergronds



D Om de rij bovengronds



DE MARKE
AGRO-INNOVATIECENTRUM



Agro-Innovatiecentrum De Marke

Roessinkweg 2, 7255 PC

Hengelo (Gld)

info@demarke.eu

+31 (0)575 46 73 23