

Evaluatie van NPPL toepassingen

Variabel doseren stikstof bijbemesting 2018-2020

Jits Riepma, Jan Kamp & Corné Kempenaar

Datum: Mei 2021

Versie: Concept

Inhoud

Samenvatting.....	1
1. Inleiding.....	2
2. Toepassingen binnen NPPL.....	3
3. Overall samenvatting NPPL 2018-2020.....	7
4. Conclusies	8
Referenties	9

Samenvatting

Stikstof als meststof is een belangrijke groeifactor in akkerbouwmatige teelten. Telers worden steeds meer gedwongen om zuinig met stikstof om te gaan. Naast de stikstof basis-bemesting aan het begin van de teelt, wordt er vaak gedurende het seizoen ook nog een keer stikstof gegeven om te voorzien in de specifieke stikstofvraag van het gewas (stikstof-bijmesten). Echter zorgen verschillen in de bodem voor verschillen in het stikstof-naleverend vermogen en daarmee in de beschikbare stikstof voor het gewas. Om hiervoor te compenseren, kan er op basis van bodem- of biomassa-kaarten variabel stikstof worden toegediend zodat het volledige gewas ruimtelijk wordt voorzien in de specifieke behoefte.

Binnen de NPPL zijn er over de periode 2018-2020 drie akkerbouwer-deelnemers actief geweest met de toepassing variabel stikstof bemesten. Eén teler heeft dit in alle jaren gedaan, de andere twee zijn hier in 2020 mee begonnen. Het variabel bemesten heeft plaatsgevonden in vier gewassen en 7 teelten: aardappelen (2x), tarwe (2x), uien (2x) en suikerbieten (1x). In 2020 is de variabele stikstofgift bij één teler uitgevoerd bij het zaaien van de uien. Dit gebeurde op basis van een bodemscan. Bij de andere telers is de stikstof bijbemest op basis van de biomassa op dat moment. De biomassa is vastgesteld met behulp van een drone, satellietbeelden en CropSpec sensoren op de trekker. De taakkaarten zijn gemaakt met hulp van de experts of op eigen inzicht met gebruik making van softwaretools. Met uitzondering van de variabele stikstofgift bij het zaaien van de uien, zijn alle stikstof giften uitgevoerd met een weegstrooier. Over het algemeen verliep het maken van de taakkaarten en de technische uitvoering soepel.

De toepassingen hebben naar verwachting geleid tot betere ruimtelijke verdeling van de stikstof over het gewas en een betere efficiëntie van de stikstof. In alle gevallen gaf de teler de focus op het beter verdelen van de kunstmest en is daarmee niet bespaard op de totale hoeveelheid toegediende stikstof. In geen van de gevallen is er een opbrengstmeting gedaan om te zien of er een hogere opbrengst is behaald pleksgewijs dan wel over het gehele perceel. Wel gaven telers aan dat de bemesting goed tot zijn recht leek te komen, waardoor zij uitgaan van een betere opbrengst.

1. Inleiding

Voor de stikstofgift in verschillende teelten zijn er twee strategieën die veel telers toepassen. 1) de volledige gift wordt aan het begin van de teelt gegeven. Of 2) er wordt gekozen voor een strategie waarbij een gedeelte van de bemesting rond de start wordt gegeven en tijdens het seizoen wordt een of meerdere keren bijbemest. Bij beide strategieën zijn deze giften vaak voor het gehele perceel gelijk waarmee de ruimtelijke variatie in het perceel genegeerd wordt. Bovendien is er geen mogelijkheid meer tot bijsturen tijdens het teeltseizoen als de volledige stikstof ruimte aan het begin van de teelt al benut wordt.

Verschillen in de bodem zorgen voor verschil in stikstof naleverend vermogen van de bodem. Verschil in vochtbeschikbaarheid en temperatuur van de bodem heeft invloed op de mineralisatie in de grond, waardoor er ook verschillen ontstaan in de stikstofbeschikbaarheid voor de plant. Gebruik van groenbemesters en organische meststoffen bemoeilijken het inschatten van stikstoflevering door extra mineralisatie. Het verschil tussen de gewasbehoefte en de bodemlevering van stikstof moet aangevuld worden met meststoffen om een optimale groei te realiseren.

Ongeveer 65% van de totale stikstofbehoefte van het gewas wordt binnen 30-60 dagen na opkomst opgenomen. De overige 35% is later nodig. Door alle stikstof al aan de basis te geven resulteert dit in een lage stikstofefficiëntie en bestaat er risico dat stikstof uitspoelt naar het grondwater. Met het stikstof bijmeststelsel wordt de totaalgift opgedeeld. Ongeveer 65% wordt gegeven voor het zaaien/poten, het overige wordt later gegeven naar behoefte van het gewas. De hoeveelheid is afhankelijk van het gewas en de stikstoflevering van de bodem.

De hoeveelheid bij te bemesten stikstof kan worden bepaald aan de hand van sensorwaarden. Door middel van een vegetatie index berekend uit reflectiemetingen, kan een schatting worden gemaakt van de stikstofopname door het gewas. Het bepalen van de vegetatie index kan met verschillende sensoren. Bijvoorbeeld sensoren zoals de Yara N sensor, CropSpec gewassensor, een drone beeld, eBee multispec of satellietbeelden. Voorwaarde is wel dat er een betrouwbare ijklijn beschikbaar is. Met behulp van een gewasgroei model kan een streefwaarde voor de hoeveelheid stikstof worden bepaald. Het verschil tussen de streefwaarde en de stikstofopname is het advies voor de hoeveelheid bij te bemesten stikstof. Door de stikstofopname plaats specifiek te meten aan de hand van de vegetatie index, kan er een plaats specifieke advieskaart gegenereerd worden.

Er zijn een paar mogelijkheden om een stikstof bijbemesting taakkaart op te bouwen. De stikstofbijbemest app op Akkerweb genereert een plaats specifieke advieskaart aan de hand van de sensormetingen. Sensoren die hiervoor gebruikt kunnen worden, zijn sensoren waar een ijklijn voor beschikbaar is. Dit zijn de Yara N sensor, de eBee met Multispec camera die de Chlorofyl Index Red meet of satellieten/drones die WdVI meten. De applicatie berekent met behulp van een gewasgroei model wat de optimale hoeveelheid stikstof zou moeten zijn en rekent de sensorwaarden om naar de opgenomen hoeveelheid stikstof in de plant. Het verschil tussen beiden resulteert in een stikstof bijbemestingskaart. Deze kaart geeft per meetpunt in het perceel aan hoeveel stikstof aangevuld zou moeten worden om aan de stikstof behoefte van het gewas te voldoen. Deze kan vervolgens worden omgezet in een taakkaart die rekening houdt met de werkbreedte van de kunstmeststrooier of de spuit.

Via taakkaart.nl, FarmWorks, SMS software of Akkerweb/FarmMaps apps kan een teler of adviseur zelf aan de hand van een biomassa kaart verkregen uit satelliet beelden, een gift toewijzen aan de verschillende hoeveelheden biomassa. Dit kan vervolgens ook weer omgezet worden naar een taakkaart. De taakkaarten kunnen vervolgens worden gedownload en in de terminal van de trekker of spuit worden geladen. Aan de hand van de taakkaart kan een kunstmeststrooier of spuit de variabele bemesting uitvoeren. Hierdoor komt er meer stikstof terecht waar het nodig is en minder waar al voldoende stikstof beschikbaar was.

2. Toepassingen binnen NPPL

Binnen NPPL is het stikstof bijbemesten in 2018 en 2019 maar door één teler toegepast. In 2020 door 3 telers. De droge jaren maakte het lastig om stikstof bijbemesting uit te voeren. Vanuit het stikstof bijbemesting principe start men met een lagere gift. Vervolgens komt het punt dat er bijbemest moet worden. In geval van droogte kunnen de sensoren niet bepalen of de groeiachterstand door de droogte komt of door stikstof gebrek. Hierdoor is ook de applicatie op Akkerweb niet goed bruikbaar omdat er geen goede inschatting van stikstof in de plant kan worden gemaakt.

2018

De enige teler die in 2018 variabele stikstof bijbemesting heeft toegepast, heeft dat gedaan in de aardappelen. Voor de toepassing in de aardappelen is er met een drone over het perceel gevlogen. Het grote voordeel hiervan was dat de data na een uur al beschikbaar was. Dit is een groot voordeel ten opzichte van een satelliet beeld, die niet altijd op het gewenste moment beschikbaar is. Vervolgens heeft de teler op basis van de variatie in het perceel zelf een bemestingsdosering bepaald en is er dus geen gebruik gemaakt van de bestaande applicaties. Na het maken van de taakkaart om variabel kunstmest te strooien kon deze ingeladen worden op de GPS-terminal. Het inladen gaf wat kleine problemen, maar die konden met goede hulp van de helpdesk snel worden opgelost. Toen de taakkaart op de GPS-terminal van de trekker was ingeladen, is aan de hand van de taakkaart handmatig de dosering van de weegstrooier aangepast aan de aangegeven dosering op de taakkaart. Hierbij is ervoor gekozen om meer stikstof te geven op de stukken waar er veel biomassa stond en minder stikstof bij minder biomassa. Een koppeling tussen de strooier en de gps voor het automatisch aanpassen van de dosering bleek technisch nog niet mogelijk. Deze manier van werken is niet ideaal, maar ging volgens de teler verrassend goed. Gemiddeld is er 250kg kas 27% per hectare bij bemest op dit aardappel perceel. Dat komt neer op 67.5 kg N/ha. Dit is een aanvulling op de basis gift van 85kgN/ha, waardoor de totale stikstofgift uitkomt op de standaard advies gift van ongeveer 150kgN/ha.

2019

In 2019 is door dezelfde teler variabel bijbemest tijdens de eerste stikstofgift in de wintertarwe. Dit is gedaan op basis van biomassa beelden verkregen via taakkaart.nl, waarmee ook de taakkaart is gemaakt. De biomassa werd gebruikt om het perceel op te delen in een aantal zones. Per zone is daarna handmatig de dosering meststof ingesteld, waarbij er meer stikstof werd gegeven op de plekken met een lage biomassa en minder op de plekken met een hoge biomassa. Er is dus geen gebruik gemaakt van bewezen rekenregels achter dit advies. De teler heeft de eerste gemiddelde advies dosering op het perceel hetzelfde gehouden ($400\text{kg kas } 27\% = 108\text{ kgN/ha}$), maar is gaan variëren aan de hand van de biomassa. De taakkaart werd automatisch gegenereerd en kon gedownload worden in het juiste formaat voor de terminal. Voor deze toepassing had de teler de beschikking over een weegstrooier die via ISOBUS aan de GPS terminal op de trekker gekoppeld kon worden. Dit verliep soepel, echter het inladen van de taakkaart kostte iets meer moeite. Na een extra poging is dit wel gelukt. De teler gaf aan dat het in gebruik nemen van een voor hem nieuwe machine en technologie een stuk gemakkelijker ging dan verwacht. Bij deze toepassing lag de focus op het optimaal verdelen van de beschikbare meststoffen. Omdat er geen intelligent beslismodel gebruikt is, zijn er geen absolute doseringen geadviseerd. Er is bij deze toepassing niet op meststoffen bespaard, maar men verwachtte wel een meeropbrengst door de betere verdeling. Er is geen vergelijkingsproef opgezet waardoor hier geen gegevens over beschikbaar zijn.

2020

In 2020 zijn er drie telers bezig geweest met het variabel bemesten. Dezelfde teler die hier al in de voorgaande jaren mee bezig was en twee telers die dit voor het eerst deden. Er is in 2020 variabel bemest in de uien, aardappelen, tarwe en suikerbieten. Eén teler heeft de variabele bemesting in de uien niet gedaan tijdens het groeiseizoen, maar al bij het zaaien. Hij heeft dit gedaan op basis van een lutumkaart verkregen met een bodemscan. Tijdens het zaaien heeft hij op de stukken met hoog lutum gehalte 20% minder bemest als de standaard. Bij lagere lutum gehalten is 20% meer bemest als de standaard. Hierin is de standaard de adviesgift van 400L N-XT meststof (22% N, 5%P), wat neer komt

op 110kg N en 25 kg P. Met hulp van de experts van de WUR is de taakkaart gemaakt en kon deze uitgevoerd worden met een Raven Rate controller. Het plan was om vervolgens op basis van biomassa beelden tijdens de teelt nog extra variabel te bemesten. Vanwege de droogte was de opkomst echter wisselend, hierdoor konden eventuele groeiachterstanden niet gelinkt worden aan bemesting. Daarom is dit plan losgelaten.

De andere twee telers hebben variabel bijgemest gedurende het groeiseizoen. Eén teler heeft dit in de uien en suikerbieten gedaan op basis van variatie in biomassa beelden verkregen met satellietbeelden via Taakkaart.nl. Op basis van eigen inzichten is vervolgens een taakkaart gemaakt om variabel te bemesten, waarbij de plekken met hoge biomassa meer stikstof kregen. Voor de bepaling van de bijbemestingsgift zijn dus geen aangetoonde rekenregels gebruikt. Het inlezen van de taakkaart op de terminal en het uitvoeren van de bijbemesting met de ISOBUS aangestuurde weegstrooier ging voorspoedig.

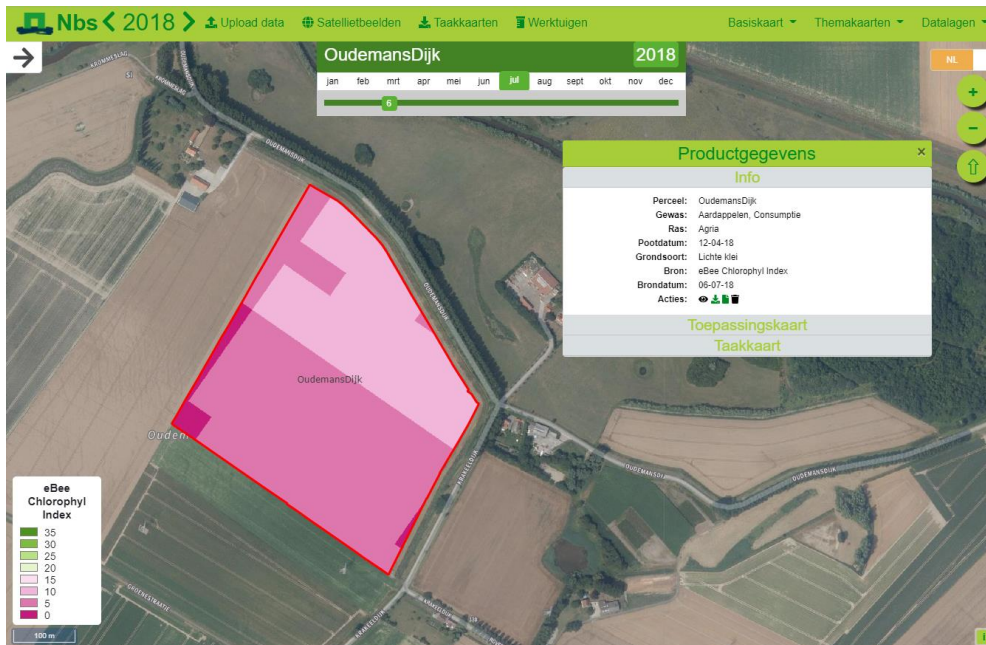
Bij de andere teler zijn in 2020 CropSpec sensoren aan de trekker bevestigd. Hiermee is de biomassa gedurende het seizoen meerdere keren gemeten. Dit geeft gemak, omdat de data altijd beschikbaar is en er niet een aparte dronevlucht voor hoeft te worden uitgevoerd. Echter bleek dat het plaatsen van de sensoren en het compatibel maken met de terminal nog lastig was. Door verschillende software versies kon de data niet goed worden verwerkt door de terminal. Met een vervangende terminal met de juiste software ging het wel, maar ook deze bleek moeite te hebben met het verwerken van de grote datastroom. Ook het uitlezen van de ISOXML meetdata in FarmWorks zorgde voor problemen door het gebruik van specifieke DDI's. Hierdoor kon alleen het Topcon Agriculture Platform (TAP) gebruikt worden om de meetdata uit te lezen. Het uitzoeken van al deze dingen kostte erg veel moeite. Uiteindelijk kon er met het Topcon Agriculture Platform wel een taakkaart gemaakt worden om de variabele bemesting uit te voeren. Het inladen van de taakkaart en het uitvoeren van de bemesting met behulp van een weegstrooier ging in de aardappelen en de tarwe verder soepel. Bij beide telers zijn er geen opbrengstmetingen gedaan. Er is dus geen hogere opbrengst aangetoond. Wel hadden beide telers het gevoel dat het variabel bemesten een positieve invloed had op de opbrengst.



Figuur 1 CropSpec sensor

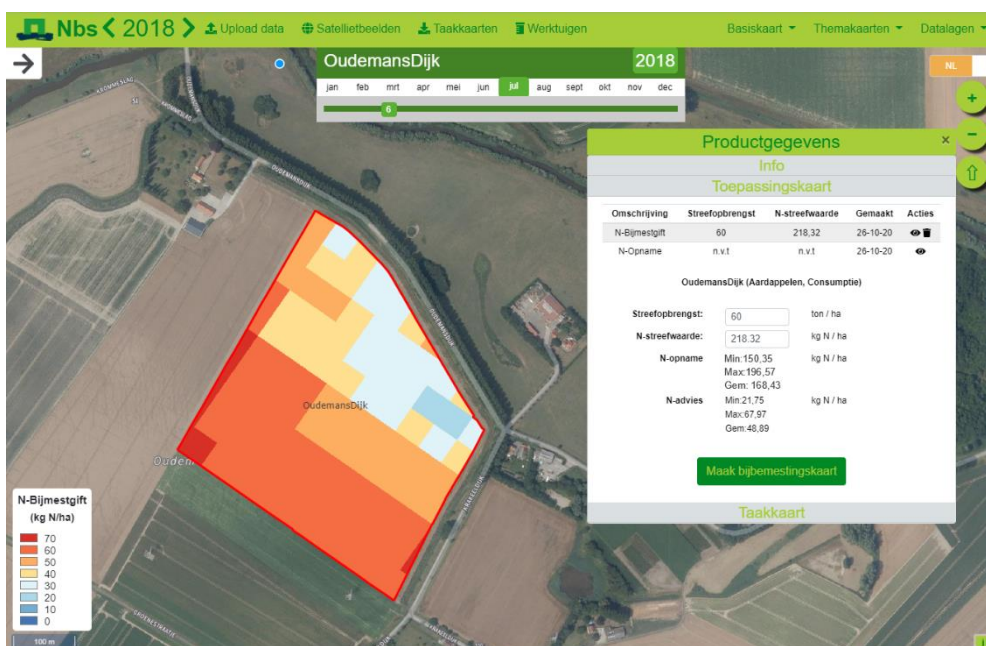
Voorbeeld toepassing

In dit voorbeeld zijn de verschillende stappen weergegeven die een teler neemt om stikstof bij te bemesten in de aardappelen. Hiervoor is een perceel gebruikt waar de chlorofyl index (CI-red) is gemeten door middel van sensoren aan een trekker. Deze data is ingeladen in Akkerweb zoals in Figuur 2 te zien is. Er is duidelijk te zien dat er verschillen zijn in hoeveelheid door het gewas opgenomen stikstof binnen het perceel.



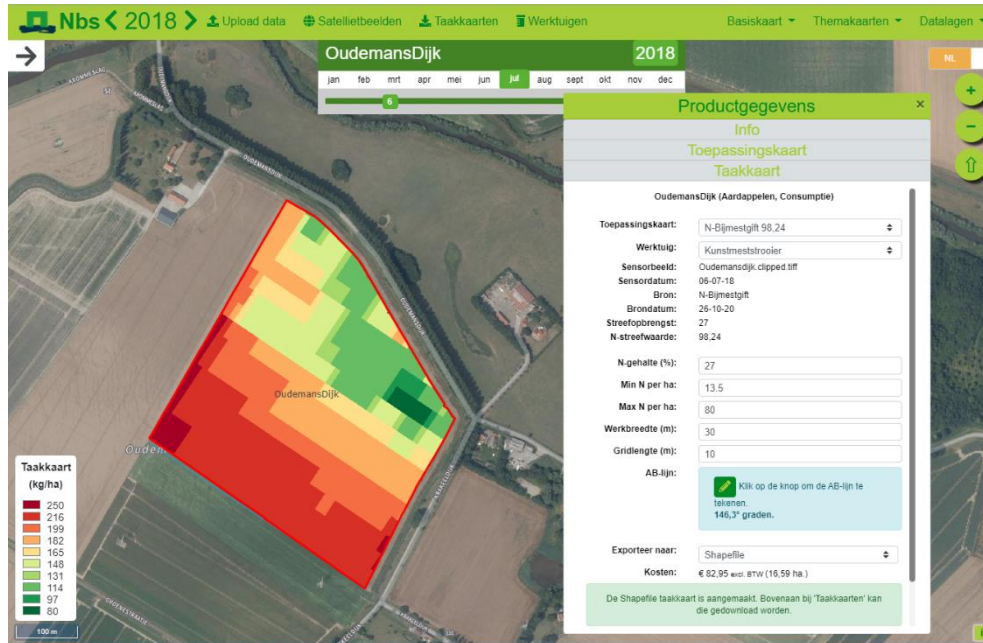
Figuur 2 Variatie in Chlorofyl index binnen aardappelperceel als input voor berekening stikstof opname

Aan de hand van de indexkaart is er een toepassingskaart gemaakt. Hiervoor is de index omgerekend naar hoeveelheid opgenomen stikstof en op de achtergrond is het groeimodel gedraaid om de optimale hoeveelheid stikstof te bepalen. Het verschil tussen beiden is vertaald naar de toepassingskaart die de geadviseerde hoeveelheid stikstof bijmestgift weergeeft. Dit is te zien in Figuur 3.



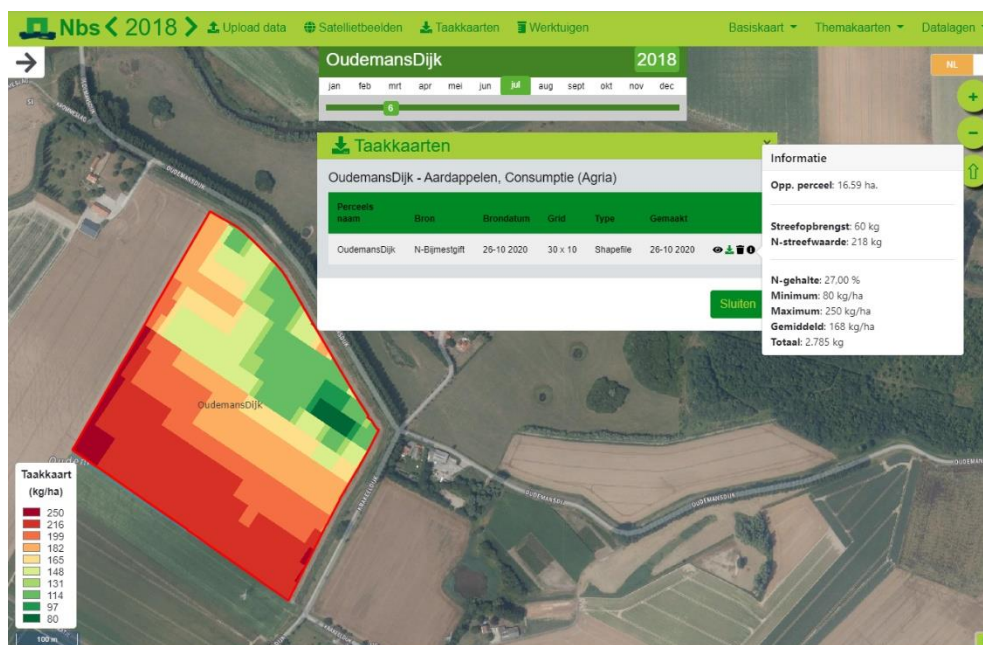
Figuur 3 Toepassingskaart met stikstof advies gift naar aanleiding van stikstof opname

De toepassingskaart kan vervolgens omgezet worden naar een taakkaart. Hierbij wordt de kaart aangepast aan de specificaties van de kunstmeststrooier en de specificaties van de meststof die gestrooid wordt. Hierbij wordt ook de rijrichting aangegeven, de grootte van de vlakken in de rijrichting (gridlengte) en in wat voor bestandstype de taakkaart opgeslagen moet worden om te kunnen openen op de terminal.



Figuur 4 Taakkaart voor het uitvoeren van de toepassingskaart. Aangepast naar de afmetingen van de kunstmeststrooier en kunstmeststof

Als de taakkaart gemaakt is kan deze gedownload worden in het aangegeven formaat. Hierbij is ook te zien hoeveel kunstmest er nodig is voor het gehele perceel. De gedownloade ISO-XML of shape file kan vervolgens ingeladen worden in de terminal die vervolgens de kunstmeststrooier aanstuurt.



Figuur 5 De te downloaden taakkaart met informatie over toepassing zoals hoeveelheid te gebruiken kunstmest

3. Overall samenvatting NPPL 2018-2020

Toepasbaarheid

De uitvoering van deze toepassing verloopt in principe soepel. Het genereren van een taakkaart via Akkerweb of taakkaart.nl op basis van satelliet of drone data gaat soepel. Ervaringen met gebruik FarmWorks of SMS software voor maken taakkaarten waren ook goed. Ook het inladen van een gemaakte taakkaart in de GPS terminal op de trekker en het uitvoeren hiervan is technisch goed mogelijk en niet te ingewikkeld. De betrokken telers konden dit gemakkelijk zelfstandig doen. Echter het gebruik van CropSpec sensoren op de trekker om dezelfde data te verzamelen, bleek bij de NPPL-deelnemer lastig. Toch is er met dergelijke systemen wel goede ervaring.

Daarnaast blijkt dat het nog lastig is om de nieuwe teeltstrategie, waarbij de bemestingsgift wordt opgesplitst en het variabel wordt toegediend, in te passen in de bedrijfsvoering. In alle jaren bleek het droge voorjaar belemmerend te werken om een gesplitste gift te baseren op sensorwaarnemingen.

Een lagere gift aan het begin van het seizoen die aangevuld wordt met een gift gebaseerd op advies uit een beslissingsondersteunend systeem is in de praktijk nog geen gemeengoed. Onder de telers is er nog weinig kennis en ervaring met deze toepassing. Van telers die hiermee in het verleden ervaring opgedaan hebben en geen beregeningsmogelijkheden hadden, is bekend dat zij in droge zomers meer twijfel hadden over de benutting van de later gegeven hoeveelheid stikstof (Janssens et al., 2020). Het vertrouwen moet daarom opgebouwd worden. Een systeem wat advies en aanmaak van taakkaarten integreert, verhoogt de toepasbaarheid van deze techniek. Een nadeel van dit systeem, is de afhankelijkheid van satellietbeelden, die lang niet altijd op het juiste moment beschikbaar zijn. De alternatieve bronnen zoals drone beelden of sensoren op trekkers of strooiers brengen al gauw hogere extra kosten mee. Daarnaast zijn de rekenregels voor dit systeem nog beperkt tot aardappelen en kan er in de andere gewassen dus nog niet op basis van onderbouwde rekenregels gestuurd worden.

Besparingen op de gebruikte stikstof

Omdat er in het bijbemestingssysteem alleen stikstof gegeven wordt naar behoefte van het gewas, kan er in veel gevallen bespaard worden op de gebruikte stikstof. Uit eerdere onderzoeken is gebleken dat er gemiddeld 30 tot 40kg N/ha in de aardappels bespaard kan worden ten opzichte van de stikstof richtlijnen¹. Er zijn zelfs uitschieters van besparingen van meer dan 100kg N/ha bij hoge mineralisatie (van Geel et al., 2012). Echter bij hevige neerslag kan de stikstof basisgift ook gemakkelijk uitspoelen. In die gevallen is gebleken dat er toch extra stikstof nodig blijkt te zijn. Bij een systeem met één gift in het voorjaar is dit effect echter nog groter. Gelet op de grotere extremen door klimaatverandering is dit een aspect die een teler zeker mee moet nemen.

Bij een gemiddelde besparing van 35kg stikstof per hectare, wordt er ongeveer €35,- per hectare bespaard zonder dat dit ten koste gaat van de opbrengst. In de meeste gevallen was er zelfs een lichte meeropbrengst. Dit is aangetoond in eerdere onderzoeken in de consumptie- en zetmeelteelt¹. Daarentegen staan wel de kosten van een biomassa kaart. Dit verschilt van €1,-/ha voor een satelliet beeld tot €25,-/ha voor gewassensensoren of een dronebeeld. In het laatste geval zou deze techniek dan €10,-/ha besparen. Daarnaast wordt er vanwege de betere verdeling ook een meeropbrengst verwacht (tot op heden niet grondig onderzocht). Een extra voordeel is ook dat de bespaarde hoeveelheid stikstof in aardappelen (of graan) weer ingezet kan worden in een ander stikstofbehoefte gewas of perceel om daar de opbrengst te verhogen. Die winst is waarschijnlijk hoger dan de behaalde winst door besparing. De mogelijke meeropbrengst is echter lastig in te schatten en nog niet verder onderzocht. In de andere teelten werd vaak in totaal wel dezelfde hoeveelheid stikstof toegediend, maar werd deze beter verdeeld. Dit levert geen kunstmest besparingen op, maar waarschijnlijk wel een hogere/egalere opbrengst. Dit is echter ook nog niet aangetoond.

¹ Van Evert et al. (2012), Slabbekoorn (2002), Slabbekoorn (2003), Van Geel et al. (2004), Van Evert et al. (2011), Van der Schans (2012), Van Geel et al. (2014), Van Geel en Van der Schans (2015) (Geel W.C.A. et al., 2012)

Effectiviteit

De ervaringen met het stikstof bijbemestingssysteem zijn vooral gericht op het beter tot zijn recht laten komen van de toegediende stikstof. In veel gevallen leidt dit tot een meeropbrengst. De meeropbrengst is echter binnen NPPL niet aangetoond. Dit komt omdat dit op perceelsniveau heel lastig is om te onderzoeken is daar de referentie ontbreekt. In eerdere proefveld-onderzoeken is wel aangetoond dat de gewassen op deze manier met minder stikstof toe kunnen en dat opbrengsttoename reëel is. Hierdoor wordt de effectiviteit en efficiëntie van de toegediende stikstof verhoogd.

Effecten op milieu en volksgezondheid

Het toepassen van stikstof bijbemesting heeft positieve effecten op het milieu en de volksgezondheid. Doordat er een kleinere basisgift wordt gegeven en de rest alleen naar de vraag van het gewas, is er minder risico tot uitspoeling. Dit is ten voordele van de kwaliteit van het grondwater. Door klimaatverandering wordt de kans op extreme hoge neerslag steeds groter en daarmee ook de kans op uitspoeling. Een gedeelde N-gift maakt het systeem enigszins robuuster.

4. Conclusies

- En drietal NPPL deelnemers heeft in een viertal akkerbouwgewassen met succes variabel stikstof toegepast.
- Stikstof-bijbemesten op basis van sensor data is wel een grote stap voor telers omdat ervaring met deze bemestingsstrategie beperkt is.
- Technisch gezien is de toepassing goed uitvoerbaar mits gebruik gemaakt van drone of satelliet beelden.
- Data verkregen met behulp van sensoren aan de trekker verliep minder gemakkelijk in de demonstratie. Ervaringen in andere proefsituaties laten wel goede ervaringen zien van deze on-the-go uitvoering van variabel doseren.
- De toepassing is ook goed uit te voeren met het handmatig aansturen van de kunstmeststrooier.
- Satellietbeelden als basis voor berekening van taakkaarten zijn niet altijd op het juiste moment beschikbaar (probleem van bewolking).
- Drone en/of sensor data zijn meer bedrijfszeker op moment dat je het beeld moet hebben, maar relatief duur.
- Bij droge zomers waarbij de teler niet kan beregenen is het bepalen van de hoogte van de bijbemesting niet goed mogelijk (sensoren meten wel een N-opname tekort, maar dit is niet veroorzaakt door een laag N-gehalte in de bodem maar door het niet kunnen opnemen vanwege de droge omstandigheden).
- De NPPL deelnemers waren tevreden over het resultaat van de variabele toepassing van stikstof omdat zij hogere opbrengst verwachten en een betere stikstof efficiëntie hebben. Dit draagt ook bij aan minder emissie.

Referenties

- Geel W.C.A., van Kroonen-Backbier, B. M. A., Schans D.A., van der, & Malda, J. T. (2012). Ontwerp en toetsing van nieuwe bijmestsystemen voor aardappel op zand- en lössgrond. In *TA - TT* -.
- Janssens, P., Piccard, I., Pauly, K., Garré, S., Dumont, G., von Hebel, C., Van Der Kruk, J., Neumann Andersen, M., Manevski, K., Peng, J., Kørup, K., Kamp, J., & Booiij, J. (2020). *Variable rate irrigation and nitrogen fertilization in potato; engage the spatial variation (potential)*. Soil Service of Belgium.
- van Geel, W. C. A., Kroonen-Backbier, B. M. A., van der Schans, D. A., & Malda, J. T. (2012). *Nieuwe bijmestsystemen en-strategieën voor aardappel op zand-en lössgrond: Deel 1b: ontwerp van systemen en plan van aanpak veldonderzoek*. PPO AGV.
- Booiij, R., D. Uenk, C. Lokhorst and C. Sonneveld. 2001. *Monitoring crop nitrogen status in potatoes, using crop light reflection*. In: G. Grenier and S. Blackmore, editors, *Proceedings of the Third European Conference on Precision Agriculture*. Montpellier, France. p. 893-899.
- Slabbekoorn, H. 2002. *Stikstofbijmestsystemen in consumptieaardappelen*. Projectrapport nr. 110166, WUR-PPO, Westmaas.
- Slabbekoorn, H. 2003. *Stikstofbijmestsystemen in consumptieaardappelen*. Projectrapport nr. 510320, WUR-PPO, Westmaas.
- Van der Schans, D.A. 2012. *Sensorgestuurde advisering van stikstof bijbemesting in aardappel : implementatie en integratie*. PPO Rapport 520. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrond[s]groenten, Lelystad.
- Van Evert, F.K., R. Booiij, J.N. Jukema, H.F.M. Ten Berge, D. Uenk, E.J.J. Meurs, et al. 2012. *Using crop reflectance to determine sidedress N rate in potato saves N and maintains yield*. *European Journal of Agronomy* 43: 58-67. doi:10.1016/j.eja.2012.05.005.
- Van Evert, F.K., D.A. Van der Schans, J.T. Malda, W. Van den Berg, W.C.A. Van Geel and J.N. Jukema. 2011. *Geleide N-bemesting voor aardappelen op basis van gewasreflectie-metingen: Integratie van sensormetingen in een N-bijmeststelsel*. PPO Rapport 423. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO), Lelystad.
- Van Geel, W.C.A., B.M.A. Kroonen-Backbier, D.A. Van der Schans and J.T. Malda. 2014. *Nieuwe bijmestsystemen en -strategieën voor aardappel op zand- en lössgrond. Deel 2: resultaten veldproeven 2012 en 2013*. PPO Rapport 615. PPO-AGV, Lelystad. p. 66.
- Van Geel, W.C.A. and D.A. Van der Schans. 2015. *Toepassing van NBS-aardappelsensing in de teelt van zetmeelaardappelen : IJkakker, veldproef 2014 't Kompas*. PPO Rapport 665. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR, Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondgroenten, Wageningen.
- Van Geel, W.C.A., K.H. Wijnholds and C. Grashoff. 2004. *Ontwikkeling van geleide bemestingssystemen bij de teelt van zetmeelaardappelen 2002-2003*. PPO Rapport voor project 510168. WUR-PPO, Lelystad.

Betrokken telers:

- Martin de Meijer
- Max Sturm
- Pim Sturm

Betrokken experts:

- Fedde Sijbrandij
- Jean-Marie Michielsens
- Johan Booiij
- Koen van Boheemen