
Advisering rijenbemesting bij aardappel en zaaiui

Notitie voor het Handboek Bodem en Bemesting

Willem van Geel

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondgroenten

Dit literatuuronderzoek is voor de Commissie Bemesting Akkerbouw/Vollgrondsgroententeelt (CBAV) uitgevoerd door Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre)

Wageningen UR is een samenwerkingsverband tussen Wageningen Universiteit en Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek.

Lelystad, november 2015

PPO-rapport 667

Van Geel, Willem, 2015. *Advisering rijenbemesting bij aardappel en zaaiui; Notitie voor het Handboek Bodem en Bemesting*. Wageningen, the foundation Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek. Research Institute Praktijkonderzoek Plant & Omgeving / Plant Research International, Wageningen UR (University & Research centre), PPO-rapport 667.

© 2015 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Research Institute Praktijkonderzoek Plant & Omgeving/Plant Research International, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; www.wageningenur.nl

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

Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

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

PPO-rapport 667

Inhoud

1	Inleiding	5
2	Stikstofrijenbemesting aardappel	7
	2.1 Resultaten uit onderzoek	7
	2.2 Discussie	9
3	Fosfaatrijenbemesting aardappel	11
	3.1 Resultaten uit onderzoek	11
	3.2 Discussie	12
4	Rijenbemesting met drijfmest bij aardappel	13
	4.1 Resultaten uit onderzoek	13
	4.2 Discussie	14
5	Stikstofrijenbemesting bij zaaiui	15
	5.1 Resultaten uit onderzoek	15
	5.2 Discussie	15
6	Fosfaatrijenbemesting bij zaaiui	17
	6.1 Resultaten uit onderzoek	17
	6.2 Discussie	18
7	Rijenbemesting met NP-meststoffen	19
	7.1 Resultaten uit onderzoek	19
	7.2 Discussie	20
8	Referenties	23

1 Inleiding

In het Handboek Bodem en Bemesting zijn in het voorjaar van 2015 aanpassingen en aanvullingen doorgevoerd om de advisering over rijenbemesting beter in beeld te brengen. Aanvullend zijn in opdracht van de NCOR (Herre Bartlema) de resultaten van rijenbemesting bij aardappel en zaaiui op een rij gezet met als doel om tot een rijenbemestingsadvies te komen. In deze notitie komen achtereenvolgens stikstof- en fosfaatrijenbemesting bij aardappel en zaaiui aan de orde en rijenbemesting met drijfmest bij aardappel. Verder gaat de notitie in op het toedienen van een NP-meststof in de rij. Op basis van deze notitie zullen aanpassingen of toevoegingen in het handboek bodem en bemesting worden opgenomen met betrekking tot rijenbemesting.

In 1953 legde C.T. de Wit de grondslag voor rijenbemesting in Nederland met zijn proefschrift 'A physical theory on placement of fertilizers' (De Wit, 1953). Hij berekende daarin hoeveel er op de stikstof-, kali- en fosfaatgift kan worden bespaard door de meststof in de rij toe te dienen in plaats van breedwerpig. De Wit onderbouwde onderbouwde zijn berekeningen mede op basis van nationale en internationale onderzoeksresultaten van veldproeven, gepubliceerd in de periode 1912-1952. Na het verschijnen van de theorie van De Wit zijn in Nederland veel rijenbemestingsproeven uitgevoerd. In deze notitie wordt ingegaan op openbare publicaties van in Nederland uitgevoerde proeven met rijenbemesting na het verschijnen van de theorie van De Wit.

2 Stikstofrijenbemesting aardappel

2.1 Resultaten uit onderzoek

Prummel (1957) vond in zeven proeven met aardappelen en vier proeven met suikerbieten op zand- en kleigronden een stikstofbesparing door rijenbemesting van gemiddeld 13% voor aardappel en 16% voor suikerbiet ten opzichte van breedwerpige toediening.

Bij rijenbemesting werd de meststof bij aardappel en biet aan beide zijden van de rij toegediend, 5-7 cm naast de rij en 2 cm onder zaai-/pootdiepte. De breedwerpige toegediende stikstof werd op het zaai-/pootbed gestrooid en ingewerkt.

Van Erp en Dijksterhuis (1991) vonden in een proef op noordelijke zandgrond een hogere knolopbrengst door N-rijenbemesting ten opzichte van breedwerpige bemesting en een hogere N-opname in de knollen c.q. een hogere 'apparent nitrogen recovery' (ANR). Bij de laagste N-gift in de proef (50 kg N per ha) was de ANR anderhalf keer zo hoog als bij breedwerpige bemesting. Bij de hoogste gift in de proef (150 kg N per ha) was het verschil kleiner: factor 1,3.

Bij rijenbemesting was de meststof aan beide zijden van de rij toegediend, 6 cm naast de rij en 8 cm dieper dan de poter. De breedwerpige toegediende stikstof was vóór poten gestrooid.

In negen aardappelproeven met meerdere N-trappen uitgevoerd op vier locaties op kleigronden en löss in 1991 en 1992 (in Flevoland, het Zuidwesten en Zuid-Limburg), kwam over het geheel beschouwd geen beter effect op de opbrengst naar voren van N rijenbemesting ten opzichte van breedwerpige bemesting (Titulaer, 1991a, 1991b, 1992a, 1992b, 1992c; Alblas, 1999). In de meeste proeven kwam geen betrouwbaar opbrengstverschil naar voren tussen rijenbemesting of breedwerpige bemesting (beide met KAS). Soms gaf rijenbemesting een wat beter resultaat, maar soms ook een wat slechter resultaat.

Bij rijenbemesting werd de meststof aan beide zijden van de rij toegediend, 10 cm naast de rij en 10 cm beneden de poter. De breedwerpige toegediende stikstof werd vóór poten gestrooid. De toegepaste N giften varieerden per proef.

In een bemestingsproef met aardappel op zuidwestelijk klei in 2010 Slabbekoorn (2011a) gaf rijtoepassing van urean als basisbemesting een iets lagere opbrengst (niet significant) dan breedwerpige toediening van KAS. Er zijn basisgiften toegepast van 120, 160 en 200 kg N per ha. De meststoffen zijn na het poten en voor frezen toegediend. De urean is met twee kouters aan beide kanten in de rug gebracht schuin boven de poters (op 10 cm afstand naast de rij en zo'n 5 cm boven de poters).

Na de basisgift van 120 kg N per ha is in beide gevallen 80 kg N per ha na opkomst plus 50 kg N per ha rond knolzetting breedwerpig bijbemest met KAS. Na de basisgift van 160 kg N per ha is niet bijbemest en na de basisgift van 200 kg N per ha is in beide gevallen 50 kg N per ha rond knolzetting breedwerpig bijbemest met KAS. De opbrengst was bij de basisbemesting met urean bij alle drie de N-niveaus en verdelingen iets lager dan bij de breedwerpige bemesting met KAS (niet significant). Er was ook een object opgenomen met 250 kg N per ha rijenbemesting met urean aan de basis en een breedwerpige bijbemesting bij knolzetting van 50 kg N per ha met KAS (totaal 300 kg N per ha). De opbrengst was bij dit object iets hoger dan bij een eenmalige breedwerpige KAS-gift van 250 kg N per ha aan de basis, maar iets lager dan bij een gedeelde, breedwerpige KAS-gift van 250 kg N per ha. De verschillen waren niet significant.

In een aardappelproef op zuidwestelijk klei in 2011 vond Slabbekoorn (2011b) geen significant verschil in N-benutting, gelet op opbrengst en N-opname in de knollen, tussen breedwerpige bemesting met KAS en rijenbemesting met urean bij een N-trappenreeks van 0 tot 200 kg N per ha. De KAS werd na poten gestrooid, vóór het frezen van de ruggen. De urean werd na poten en voor frezen met twee kouters aan beide kanten in de rug gebracht op 10 cm afstand naast de rij en zo'n 5 cm boven de poters. Op basis van (d.s.-)opbrengst werd een 6-8% hogere stikstofefficiency afgeleid

voor urean in de rij ten opzichte van KAS breedwerpig, maar op basis van N-opname in de knollen een 6% lagere efficiency. De gevonden efficiency-verschillen waren niet significant.

In dezelfde proef is ook een vergelijking gemaakt tussen urean, spui loog en mineralenconcentraat, alle toegediend in de rug na poten als hierboven omschreven, en breedwerpige bemesting met KAS na poten, alle in doseringen van 150 en 200 kg N per ha. Daarna is bij deze objecten nog 50 kg N per ha breedwerpig bijbemest. De objecten met urean, spui loog of mineralenconcentraat in de rij gaven een iets hogere opbrengst, een 5-10% hogere N-opname in de knollen en 9-16% hogere ANR dan KAS breedwerpig. De verschillen ten opzichte van KAS waren echter niet significant. Ook onderling waren er geen significante verschillen tussen urean, spui loog of mineralenconcentraat.

In twee aardappelproeven op centrale zee klei, uitgevoerd in 2012 en 2013, gaf rijtoediening in de ruggen van urean of spui loog in doseringen van 75 en 150 kg N per ha gemiddeld eenzelfde knolopbrengst en onderwatergewicht als gelijke breedwerpige N-giften met KAS (Smit et al., 2013). De stikstofopname in de knollen was bij de rijtoepassing van urean of spui loog in 2013 wat hoger dan bij breedwerpige bemesting met KAS (niet significant), maar in 2012 niet. Gemiddeld over de beide jaren en meststoffen was de N-opname 2% hoger (niet significant) en de ANR 8% hoger ten opzichte van KAS breedwerpig.

De meststoffen waren na poten en vóór frezen met twee kouters aan beide kanten naast de poters in de rug gebracht op 10 cm afstand van de rij. De KAS was na poten en vóór frezen gestrooid. Bij injectie van spui loog in de rug bleek dat de hoogte van de N-gift nog aandacht behoeft in vervolgonderzoek. Bij een te hoge gift is er mogelijk risico van opbrengstderving door fytoxiciteit.

In twee aardappelproeven op zuidoostelijk zand in 2012 en 2013 leidde rijtoediening in de ruggen van vloeibaar ammoniumnitraat, spui loog of mineralenconcentraat in de proef van 2012 tot een betere stikstofbenutting dan breedwerpige bemesting met KAS bij lage N-gift (50 kg N per ha), maar niet bij hogere N-gift (100 kg N per ha). De ANR was bij de lage KAS-gift erg laag (22%) tegenover 49% bij de hoge KAS-gift.

In de knolopbrengst kwamen de effecten minder sterk tot uiting. Bij de lage N-gift was de knolopbrengst iets hoger bij rijenbemesting, maar niet significant. Bij de hogere N-gift was de knolopbrengst niet hoger. Rijenbemesting met urean gaf algeheel een lagere knolopbrengst in de proef van 2012.

In de proef van 2013 was de stikstofbenutting bij de rijtoepassingen met de verschillende N meststoffen niet hoger dan bij KAS breedwerpig en ook waren er geen duidelijke verschillen in knolopbrengst.

Als basisbemesting was in deze proeven een beperkte VDM-gift toegediend à 55 kg N werkzaam per ha vóór poten. De vloeibare N-meststoffen waren tussen poten en aanaarden van de ruggen met een kouter in de rug gebracht, de lage N-gift aan één kant en de hoge N-gift aan twee kanten. De KAS was ook na poten gestrooid.

In drie aardappelproeven op lössgrond in 2012, 2013 en 2014 is rijenbemesting met urean vergeleken met breedwerpige bemesting met urean (volvelds verspoten en ingewerkt) en met KAS (Kusters et al. 2013, 2014 en 2015). De meststoffen werden toegediend na een basisbemesting met varkensdrijfmest. De urean in de rij werd aan beide zijden van de rug schuin onder de poters aangebracht.

In alle drie de proeven gaf rijenbemesting met urean een iets hogere opbrengst dan de breedwerpige bemesting met urean of KAS. Volvelds verspuiten van urean gaf in de proeven van 2012 en 2013 een gelijke opbrengst als strooien van KAS, maar in 2014 een wat lagere. De verschillen waren echter geen van alle significant. Hoewel het effect van rijenbemesting niet met voldoende betrouwbaarheid kon worden vastgesteld, geven de proeven de indruk dat door rijenbemesting met urean gemiddeld met een 25 kg/ha lagere N-gift een even hoge opbrengst kon worden behaald als met breedwerpige bemesting met KAS.

In proeven en demo's met zetmeelaardappel in 2012-2014 op noordelijk zandgrond werd een overwegend positief resultaat gevonden door toepassing van de vloeibare stikstofmeststof NTS (een mengsel van urean en ammoniumthiosulfaat) ten opzichte van volvelds toepassing van NTS. De gemiddelde meeropbrengst door rijtoepassing bedroeg ruim 7% (Sikken, 2015). Dit onderzoek wordt in 2015 voortgezet.

Het is niet goed te onderscheiden in hoeverre de door Sikken (2015) gevonden meeropbrengst door rijenbemesting met NTS het gevolg is van een plaatsingseffect van stikstof of van reductie van ammoniakemissie. Bij de rijentoeppassing van NTS is mogelijk minder N-verlies door emissie opgetreden dan bij de volvelds toepassing, doordat de meststof in de grond wordt geïnjecteerd. Evenwel wordt van NTS aangegeven dat deze meststof niet of nauwelijks vervluchtigingsverlies geeft. Uit een driejarig onderzoek van Rutgers & Malda (2012) op twee zandlocaties en één kleilocatie bleek dat volvelds toepassing van NTS een vergelijkbare knolopbrengst en vrijwel gelijke N recovery gaf als breedwerpig strooien van KAS. Het is derhalve aannemelijk dat in het onderzoek van Sikken sprake is van een plaatsingseffect.

In meerjarige onderzoek naar de effectiviteit van maatregelen ter bestrijding van schurftaantasting bij aardappelen is in 1997 in twee proeven op klei (in Flevoland en Groningen) ook gekeken naar het effect van rijenbemesting en volvelds bemesting met zwavelzure ammoniak (ZA) en ureum (Bus, 2002). Bij rijenbemesting werden de meststoffen na poten boven de poters aangebracht. Daarna zijn de ruggen gefreesd. De dosering bedroeg 180 kg N per ha (Flevoland) respectievelijk 150 kg N per ha (Groningen).

In de proef te Flevoland gaven zowel de volvelds als rijentoeppassing met ZA en ureum een reductie van de schurftaantasting ten opzichte van volvelds bemesting met KAS. In de proef te Groningen gaf enkel de rijentoeppassing een reductie. In beide proeven leidde de rijentoeppassing bij beide meststoffen tot een tragere gewasopkomst dan volvelds bemesting. De rijentoeppassing met ZA gaf te Flevoland een vrijwel gelijke knolopbrengst als de volvelds toepassing en te Groningen een iets lagere opbrengst (niet significant). De rijentoeppassing van ureum gaf in beide proeven een lagere opbrengst dan de volvelds toepassing (significant te Flevoland en niet significant te Groningen).

In een derde proef in 1998 op blokzand zijn drie doseringen (60, 120 en 180 kg N per ha) van in water opgelost ureum toegepast, waarvan de helft over de pootgeul werd gespoten en de andere helft volvelds over de pootruggen direct voor het frezen. Bij de twee lagere giften vond een volvelds aanvulling plaats met KAS. Alle behandelingen met ureum gaven in deze geen reductie van de schurftaantasting in deze proef ten opzichte van volvelds bemesting met KAS.

De rijentoeppassing met ureum leidde bij alle drie de doseringen tot een tragere opkomst dan de volvelds bemesting met ureum (korrel) à 180 kg N per ha. De opkomst was trager naarmate de N-gift met ureum hoger was. Ook gaf de rijentoeppassing bij de twee hoogste doseringen een significant lagere opbrengst dan de volvelds gift ureum. Bij de laagste dosering was de opbrengst gelijk aan die van de volvelds bemesting.

2.2 Discussie

Stikstofrijenbemesting bij aardappelen is in meerdere proeven onderzocht. Het resultaat ervan was wisselend. Het positieve effect van stikstofrijenbemesting bij aardappel dat Prummel (1957) vond, is in latere jaren soms teruggevonden in proeven, maar lang niet altijd. Mogelijk komt dit door de gestegen bodemvruchtbaarheid en mineralisatie sinds de jaren '50.

Meststoffen zijn niet de enige bron van stikstof voor het gewas. Mineralisatie is ook een belangrijke aanvoerpost. De stikstof uit andere bronnen (N_{min} na de winter, mineralisatie en depositie) betreft breedwerpig verdeelde stikstof in de bodem. Een mogelijke verklaring is dat bij rijenbemesting de stikstof uit de meststof weliswaar beter door het gewas opgenomen maar de stikstof elders in de grond slechter (persoonlijk communicatie Huub Titulaer, oud bemestingsonderzoeker bij het PAGV †). Een andere verklaring is dat stikstof die vlak vóór poten of vóór rugopbouw breedwerpig wordt gestrooid, ook in de aardappelruggen terecht, weliswaar verdeeld door de rug, maar toch dicht bij de plant.

Tot slot is nog een mogelijke verklaring dat (volvelds) stikstofbemesting soms de mineralisatie stimuleert (priming-effect), waardoor er extra stikstof beschikbaar komt in de bodem. Bij rijenbemesting treedt dit effect niet of in mindere mate op, omdat de meststof niet door de grond wordt verdeeld, maar lokaal op een kleine plaats is geconcentreerd.

Uit de beschreven proeven kan niet duidelijk worden opgemaakt in hoeverre de plek van toediening bij rijenbemesting van invloed is op de N-benutting bij rijenbemesting. In de oudere proeven (die vóór

2000 zijn uitgevoerd) werd een korrelmeststof gebruikt (KAS), die schuin onder de poters werd geplaatst. Hiermee werd zowel een betere als geen betere N benutting gevonden door rijenbemesting. In recente proeven (na 2010) is met verschillende vloeibare N-meststoffen gewerkt die naast of schuin boven de poter zijn geplaatst. In sommige proeven had het een positief effect of leek het een positief effect te geven ten opzichte van breedwerpig strooien van KAS, maar in andere weer niet. De verschillen waren veelal ook niet significant. Verder zijn in deze proeven toedieningstechniek en vorm en samenstelling van de meststof met elkaar verstrengeld, waardoor moeilijk is te onderscheiden in hoeverre een positief of negatief effect van rijenbemesting samenhangt met de gebruikte meststof en of bij gebruik van een andere meststof eenzelfde resultaat zou mogen worden verwacht. Een eventueel nog uit te voeren actie is om alle beschikbare datasets samen te voegen en overall (statistisch) te analyseren. Een aanvullende actie daarbij is om bruikbare datasets van recente proeven van derden (die niet zijn gepubliceerd) toe te voegen (mits men deze beschikbaar wil stellen).

Nochtans kan op basis van de beschikbare, openbare resultaten van Nederlandse proeven geen algemeen geldend advies worden gegeven voor de reductie van de stikstofgift door N rijenbemesting bij aardappel. Daarvoor zijn de proefresultaten te wisselvallig. Sowieso zal geen algemeen geldend rijenbemestingsadvies kunnen worden opgesteld. Eerst zal moeten worden uitgezocht wanneer (onder welke groeiomstandigheden) een positief effect mag worden verwacht en wanneer niet. Wellicht is met stikstofrijenbemesting bij aardappelen alleen een besparing mogelijk bij een laag stikstofleverend vermogen en/of een slechte beworteling (door onder andere een slechte structuur, storende lagen in de bodem) en een daardoor lage stikstofbenutting c.q. op percelen waar men ervaart dat voor een goede gewasgroei en opbrengst (veel) meer stikstof nodig is dan volgens de N bemestingsrichtlijn.

Tot slot heeft rijenbemesting waarbij de meststof in de grond wordt gebracht, als voordeel dat het een vorm is van emissiearme toediening. Bij gebruik van N-meststoffen met een hoog aandeel ammonium-N en/of ureum-N zal daardoor minder ammoniakvervluchtiging optreden dan bij volvelds toediening, waardoor de N-werking gelijkwaardig is aan die van KAS. Uit de proeven van Slabbekoorn (2011) en Smit (2013) bleek dat rijtoepassing in de ruggen van urean, spuihoog of mineralenconcentraat een even goed resultaat had op de opbrengst als breedwerpige bemesting met KAS (bij gelijke N-giften). Enkel toepassing van urean in de rug gaf soms een wat minder goed resultaat.

Uit de proeven die Bus (2002) beschrijft, blijkt overigens dat bij gebruik van zuurwerkende meststoffen geconcentreerde plaatsing kritisch is (met name bij ureum). Plaatsing boven de poters pakte in deze proeven slecht uit.

Bij gebruik van meststoffen met een hoog aandeel ammonium of ureum (inclusief reststromen als spuihoog en mineralenconcentraat) verdient rijenbemesting niettemin aanbeveling als emissiearme toedieningstechniek, met name op kalkrijke gronden met een $\text{pH} \geq 7$. Wel moet de meststof zorgvuldig op voldoende afstand naast de poters worden geplaatst om gewasschade te voorkomen.

3 Fosfaatrijenbemesting aardappel

3.1 Resultaten uit onderzoek

Prummel (1957, 1977) vond dat het effect van fosfaatrijenbemesting bij aardappel kleiner was dan bij maïs en bonen. In 23 veldproeven met aardappel vond hij een gemiddelde besparing door rijenbemesting van 33% ten opzichte van breedwerpige bemesting met fosfaat. Bij maïs en bonen was een besparing mogelijk van 66% respectievelijk 83%. Verder vond hij in aardappel wel een besparing ten opzichte van breedwerpige fosfaatbemesting op zandgronden, maar niet op kleigronden. Het effect van rijenbemesting neemt af naarmate de fosfaattoestand van de grond hoger is (Prummel, 1957). Enige besparing door fosfaatrijenbemesting is bij aardappel te verwachten op fosfaatbehoeftegronden, maar niet op goed met fosfaat voorziene gronden. Ook De Wit (1953) gaf al aan dat fosfaatrijenbemesting enkel voordeel biedt op gronden met een lage tot matige fosfaattoestand. In 10 aardappelproeven op vier verschillende kleilocaties in de periode 1977 t/m 1980 met een gemiddelde Pw van 22 onderscheidde fosfaatrijenbemesting zich niet van breedwerpige fosfaatbemesting (Prummel, 1981a).

Bij rijenbemesting werd het fosfaat aan beide zijden van de rij toegediend, 5-7 cm naast de rij en even diep als de poter. Het breedwerpig toegediende fosfaat werd vóór poten gestrooid en ingewerkt.

Dekker en Van Wijk (2005) vonden in 2005 in een proef met consumptieaardappel bij Pw 23 en in een proef met pootaardappel bij Pw 26, beide op klei, geen effect op de opbrengst van rijenbemesting met fosfaat noch van rijenbemesting met een NP-meststof ten opzichte van breedwerpige fosfaatbemesting. Fosfaatbemesting leidde überhaupt niet tot een duidelijk meeropbrengst ten opzichte van geen fosfaatbemesting.

Zij vonden eenzelfde resultaat in een tweejarige proef (2004 en 2005) met knolselderij op klei: geen duidelijk verschil tussen breedwerpige fosfaatbemesting en rijenbemesting maar ook geen duidelijk meeropbrengst door fosfaatbemesting. Knolselderij is qua fosfaatbehoefte ingedeeld in gewasgroep 1, evenals aardappel.

Wander et al. (2010) vergeleken in 2009 en 2010 in zes veldproeven met consumptieaardappelen op twee kleilocaties en op een zuidoostelijk zandlocatie vloeibare NP-meststoffen, toegediend via rijenbemesting bij poten, ten opzichte van breedwerpige bemesting met tripelsuperfosfaat. De Pw op de proefvelden varieerde van 18 tot 35. De fosfaatgift die werd toegediend met de vloeibare meststofsysteemen bedroeg 50% van de breedwerpige fosfaatgift met tripelsuperfosfaat (TSP). In de proeven van 2010 was ook een object met een 50% breedwerpige TSP-gift opgenomen. Geconcludeerd werd dat met behoud van opbrengst door het toepassen van vloeibare fosfaatmeststoffen in de rij bij het poten een besparing van 50% op de breedwerpige fosfaatgift kon worden gerealiseerd. Evenwel gaf in de proeven van 2010 het 50% TSP-object gemiddeld over de drie locaties ook geen lagere opbrengst dan 100% TSP en gaven de vloeibare NP-meststoffen geen significant hogere opbrengst dan het 50% TSP-object. Er kan niet uit de proeven worden opgemaakt dat de rijenbemesting bij gelijke fosfaatgift tot een efficiëntere fosfaatbenutting leidde dan de breedwerpige bemesting.

Smit et al. (2013) vonden in tweejarig onderzoek op klei in 2012 en 2013 bij Pw 25-30 geen reactie van het gewas op de fosfaatbemesting en ook geen verschil tussen breedwerpige of rijentoepassing, noch qua opbrengst, noch qua knolzetting, noch qua fosfaatopname. Bij rijenbemesting was het fosfaat bij poten toegediend, 5 cm naast de rij en even diep als de poter. Het breedwerpig toegediende fosfaat werd na poten en vóór frezen gestrooid.

3.2 Discussie

Aangezien aardappel een fosfaatbehoefstig gewas is met een tamelijk zwakke beworteling en het op ruime rijenafstand wordt geteeld, wordt een positief effect van rijenbemesting verwacht. Het positieve effect van fosfaatrijenbemesting dat Prummel (1957) vond, is in latere proeven echter niet opgetreden. Prummel gaf overigens al aan dat geen besparing door rijenbemesting bij aardappel is te verwachten op goed met fosfaat voorziene gronden. Verder vond hij wel een besparing op zandgronden, maar niet op kleigronden.

Er zijn meerdere, mogelijk verklaringen waarom in aardappelproeven vaak geen betere fosfaatbenutting door rijenbemesting wordt gevonden ten opzicht van breedwerpige bemesting (Prummel, 1981a; Van Erp & Titulaer, 1991; Van Dijk et al., 2008). Waarschijnlijk is het effect van rijenbemesting bij aardappelen beperkt, omdat bij breedwerpige toediening vóór poten of rugopbouw het fosfaat bij poten/rugopbouw in de aardappelruggen terecht komt en op deze wijze ook dicht bij de planten wordt geplaatst. Verder zijn er relatief veel reservestoffen aanwezig in de poter, waardoor een geplaatste gift een minder groot effect heeft dan bij een gewas waarbij minder reservestoffen in het zaad aanwezig zijn, zoals maïs. Tot slot is de fosfaattoestand op de meeste Nederlandse gronden te hoog om een effect van rijenbemesting te mogen verwachten. Een positief effect treedt waarschijnlijk alleen op zandgronden met een lage fosfaattoestand. Volgens de gegevens van Prummel (1957) zou hier door rijenbemesting met de helft van de breedwerpige fosfaatgift kunnen worden volstaan.

Als laatste moet worden opgemerkt dat bij een goede tot hoge fosfaattoestand van de bodem verschillen in efficiëntie tussen breedwerpige en rijenbemesting moeilijk zijn aan te tonen in veldproeven, omdat het effect van fosfaatbemesting op de opbrengst en fosfaatopname relatief klein. Volgens Dekker & Postma (2008) bedraagt het effect van fosfaatbemesting op de fysieke opbrengst bij gewassen uit gewasgroep 0 (o.a. bladgewassen) 6% bij Pw 35 en 2% bij Pw 45. Voor gewasgroep 1 (o.a. aardappel) is dat 5% resp. 2% en voor gewasgroep 2 (o.a. suikerbiet) 4 resp. 1%. Voor de gewasgroepen 3 (o.a. zomergerst) en 4 (o.a. wintertarwe) is het 0% bij beide Pw-getallen. Ook Wander et al. (2010) vonden in tweejarig veldonderzoek op drie locaties bij Pw 18-35 een gemiddelde meeropbrengst door fosfaatbemesting bij aardappel van slechts enkele procenten. Bij deze relatief kleine opbrengstverschillen c.q. relatief klein effect van de bemesting zijn, gelet op de veldvariatie, verschillen in efficiëntie moeilijk aan te tonen. Bij afwezigheid van een duidelijke fosfaatreactie kan de effectiviteit van de toedieningswijze niet worden vastgesteld.

Een alternatief is om de besparingsmogelijkheid door rijenbemesting te verkennen met behulp van modelberekeningen. Ehlert et al. (2002) deden dit bijvoorbeeld voor peen op zand en klei. Volgens de berekening kon door rijenbemesting op klei de helft van de gift worden bespaard en op zand 2/3 van de gift ten opzichte van breedwerpige bemesting. Smit et al. (2009) vonden met modelberekeningen dat bij kort groeiende gewassen met een hoge fosfaatbehoefte door plaatsing met relatief kleine hoeveelheden fosfaat kan worden volstaan om de door het gewas gevraagde opname te kunnen realiseren.

Van modelberekeningen staat niet vast dat de uitkomst ervan overeenkomt met die van veldonderzoek, waardoor validatie in proeven nodig blijft. Ze bieden wel de mogelijkheid om de sterkte van het effect van rijenbemesting bij een aantal gewassen onderling te vergelijken en op basis hiervan een besparingspercentage te schatten door vergelijking met bijvoorbeeld stamslaboon, waarvoor de effectiviteit van fosfaatrijenbemesting wel is vastgesteld in veldproeven.

4 Rijenbemesting met drijfmest bij aardappel

4.1 Resultaten uit onderzoek

Voor de aardappelteelt op zandgronden in Nederland wordt in veel gevallen dierlijke mest toegediend. Op zandgronden wordt nagenoeg al het fosfaat via dierlijk mest toegediend.

In de teelt van snijmaïs bleek rijenbemesting met drijfmest net zo effectief te zijn als rijenbemesting met kunstmest (Schröder et al., 2015). In een aantal recente proeven is nagegaan of dit ook geldt voor aardappel.

Smit et al. (2013) onderzochten in 2012 en 2013 in proeven op zuidoostelijk zand en centrale zeeklei het perspectief van rijenbemesting met varkensdrijfmest (VDM) bij consumptieaardappel. Op beide proeflocaties werd de VDM daarbij vóór poten toegediend, volvelds of als rijenbemesting om de 75 cm. In de kleiproeven is daarnaast een proefobject opgenomen waarbij de mest na poten is toegediend in de zijkant van de ruggen en (binnen 10 minuten) met grond is toegedekt. Toediening na poten geeft de akkerbouwer op klei meer speelruimte om droge omstandigheden af te wachten om de mest toe te dienen en structuurschade te voorkomen.

In de proeven op klei leidde rijenbemesting met VDM in aardappel vóór poten niet tot een betere stikstof- en fosfaatbenutting en evenmin tot een hogere opbrengst dan volvelds toediening vóór poten. Verder gaf toediening in de rij met een bouwlandinjecteur meer grondverstoring dan ondiepere volvelds toediening met een zodebemester (vergeleken in 2013). Ook was een indruk dat bij plaatsing recht onder de poters mogelijk zoutschade kan optreden. Op basis van deze twee proeven lijkt rijenbemesting met VDM op kleigrond vóór poten geen perspectievolle toedieningsmethode. De VDM-rijentoepassing na poten op klei leidde daarentegen wel tot een iets hogere stikstof- en fosfaatbenutting en knolopbrengst als de volvelds toepassing vóór poten (niet significant). Ook gaf het een wat hoger onderwatergewicht (significant).

In de proeven op zand leidde rijenbemesting met VDM in aardappel vóór poten in 2012 niet tot een betere stikstof- en fosfaatbenutting en evenmin tot een hogere opbrengst dan volvelds toediening vóór poten. In 2013 gaf rijenbemesting met VDM bij de lage dosering (15 ton per ha) wel een betere stikstofbenutting en een hogere opbrengst dan de volvelds bemesting (verschil significant). Bij de lage volvelds gift VDM was er geen reactie van het gewas op de bemesting (geen hogere opbrengst en geen extra N-opname ten opzichte van het onbemeste object).

In 2012 en 2013 is rijenbemesting met varkensdrijfmest ook onderzocht in veldproeven met consumptieaardappel op lössgrond (Kusters et al., 2013 en 2014). De mest in de rij werd onder de poters aangebracht. In 2012 was dat op een diepte van 16 cm. In 2013 werden aanbrengen op twee dieptes vergeleken: 12 cm en 22 cm. De volvelds toediening vond plaats met een schijveneg bemester.

In 2012 leidde de rijenbemesting met VDM tot een iets hogere opbrengst dan de breedwerpige bemesting, maar het verschil was niet significant. In 2013 gaf de rijenbemesting met VDM een significant lagere opbrengst dan volvelds bemesting, zowel bij toediening van de mest op een diepte van 12 cm als 22 cm.

In 2014 werden in twee proeven en vijf praktijkdemo's volvelds toediening en rijentoediening van organische mest bij zetmeelaardappel vergeleken. Geconcludeerd werd dat rijenbemesting met organische mest in zetmeelaardappel weinig perspectiefvol bleek te zijn (Sikken, 2015)

4.2 Discussie

Uit de tot nu toe uitgevoerde proeven blijkt geen voordeel van rijenbemesting met dierlijke mest ten opzichte van volvelds toediening. Zoals eerder in deze notitie aangegeven, zal bij de huidige bodemvruchtbaarheid door plaatsing van drijfmest, de N- en P-benutting niet duidelijk beter zijn dan bij (emissiearme) volvelds toepassing.

Bij toepassing van drijfmest in aardappel op klei wordt in praktijk de mest vaak na poten toegediend om structuurschade te voorkomen. In de proeven op klei in 2012 en 2013 gaf toediening na poten in de ruggen een minstens even goed resultaat als toediening vóór poten. Twee jaar van onderzoek op één locatie is weinig om harde conclusies te trekken, maar het lijkt een perspectievolle methode om drijfmest te aan te wenden in de aardappelteelt op klei, mits de mest emissiearm kan worden toegediend. Dit laatste is een belangrijk aandachtspunt. Dit lukt niet altijd even goed en dan is er kans op wat meer ammoniakvervluchting en daardoor een lagere stikstofwerking.

5 Stikstofrijenbemesting bij zaaiui

5.1 Resultaten uit onderzoek

De Visser (1996) deed in 1991-1994 in zes proeven met zaaiui op drie kleilocaties onderzoek naar stikstofrijenbemesting. De stikstofgift wordt bij zaaiui gedeeld. Hij onderzocht of het voordelen biedt om de eerste N-gift bij zaaiui als rijenbemesting met een kalksalpeteroplossing toe te dienen. Dit had eerder een negatieve invloed op de groei en resulteerde in overwegend lagere opbrengsten (gemiddeld 4% lager ten opzichte van volvelds bemesting). De Visser noemde als mogelijk oorzaken: a) verstoring van de grondstructuur vlakbij de planten door het toedieningskouter; b) zoutschade. De meststof was 4 cm naast de zaairij toegediend en 5 cm eronder.

In een tweejarig onderzoek op klei, in 2012 en 2013, vergeleken Malda & Rutgers (2013) in zaaiuien stikstofrijenbemesting, toegediend in twee tot drie keer, met breedwerpige bemesting in twee tot drie keer. De eerste gift betrof rijenbemesting dan wel breedwerpige toediening van APP. Voor de 2e en 3e gift werd urean in de rij toegediend dan wel KAS breedwerpig gestrooid. De meststoffen werden 8 cm naast de zaairij toegediend en op ca. 8 cm diepte om zoutschade te voorkomen. De stikstofrijenbemesting leidde in beide jaren niet tot een hogere opbrengst dan de volvelds bemesting. In 2012 leidde het ook niet tot een hogere N-opname; in 2013 wel maar niet significant. Gemiddeld over de beide jaren was de ANR, op basis van de N-opname in het geoogst product, bij rijenbemesting 12% hoger dan bij breedwerpige bemesting.

5.2 Discussie

Er zijn slechts een beperkt aantal openbare gegevens van in Nederland uitgevoerde proeven naar N-rijenbemesting bij zaaiui beschikbaar. De resultaten ervan zijn niet eenduidig en laten geen overtuigend voordeel van N-rijenbemesting zien.

Zaaiui is bij de opkomst en beginontwikkeling gevoelig voor zoutschade. Om die reden wordt de N-gift gedeeld en is de eerste gift laag. Door rijenbemesting wordt juist een hogere zoutconcentratie in de nabijheid van het zaad/de kiemplanten aangebracht ten opzichte van breedwerpige bemesting, wat risico geeft op gewasschade. Wellicht is dit te ondervangen door met name de eerste N-gift als rijenbemesting sterk te verlagen ten opzichte van het volvelds advies van 30-40 kg N per ha.

Uit de proeven van Malda & Rutgers (2013) blijkt overigens ook dat bemesting met urean geen slechter resultaat hoeft te geven dan bemesting met KAS (door meer ammoniakvervluchtigingsverlies), als de meststof, niet te dicht bij de zaairij, in de grond wordt gebracht.

Door rijenbemesting wordt alleen de netto beteelde oppervlakte van het bed bemest. Er komt geen meststof in de rijsporen, in tegenstelling tot breedwerpige bemesting. In theorie zou hierdoor stikstof kunnen worden bespaard, als wordt aangenomen dat het zwakwortelende gewas uit de stikstof die in de rijsporen ligt niet of minder goed benut. Bij 5 rijen uien met een rijenafstand van 27 cm (=135 cm) op een bed van 150 cm zou wellicht met $135/150 = 90\%$ van de volvelds gift kunnen worden volstaan. De proefresultaten van Malda & Rutgers (2013) lijken dit te bevestigen (in 2013), maar het zal nader moeten worden onderzocht om het met meer zekerheid te kunnen vaststellen.

Aanbeveling is het onderzoek aan stikstofrijenbemesting in zaaiui voor te zetten en met name in te steken op een (sterk) verlaagde eerste N-gift ten opzichte van het volvelds advies.

Het handboek bodem en bemesting bevat geen N-rijenbemestingsadvies voor zaaiui. Op basis van de beschikbare Nederlandse proefresultaten kan ook geen N-rijenbemestingsadvies worden opgesteld. Als

zo'n advies zou worden opgesteld, moet daarbij ook informatie worden gegeven ook geschikte meststoffen voor rijenbemesting in zaaiui om het risico van zoutschade te beperken.

6 Fosfaatrijenbemesting bij zaaiui

6.1 Resultaten uit onderzoek

De Visser (1996) deed in 1992-1994 in vijf proeven met zaaiui op drie kleilocaties onderzoek naar rijenbemesting met NP-meststoffen. De Pw op de proefpercelen varieerde van 31 tot 53. In 1992 (één proef) betrof dat een mengsel van polyfosfaten en ureum en in 1993 en 1994 ammoniumpolyfosfaat (APP). Het betrof een extra fosfaatgift in de rij bovenop de (volvelds) basisbemesting. Rijenbemesting met het mengsel van polyfosfaten en ureum in de proef van 1991 leidde tot 7% opbrengstderving. Rijenbemesting met APP leidde tot een snellere begingroei en een hogere opbrengst. In één proef bedroeg de meeropbrengst zelfs 25%. Uit de proeven kan geen besparingspercentage door rijenbemesting worden afgeleid (de proefopzet leende zich hier niet voor).

In 1996-1998 werden vijf zaaiuienproeven en één plantuienproef uitgevoerd op drie verschillende kleilocaties met Pw-getallen van 21 tot 37 en in één proef van 85 (Van Geel, 2001). Vergeleken werden rijentoediening en volvelds toediening van APP, rijentoediening van een vloeibare NP-meststof op basis van orthofosfaat en in 1997 en 1998 ook volvelds bemesting met tripelsuperfosfaat. De rijenbemesting beïnvloedde in sommige proeven de opkomst nadelig. De gunstige effecten van rijenbemesting met APP die in de proeven van 1993-1994 van De Visser werden gevonden, traden in de proeven van 1996-1998 niet op. Er was in de proeven geen tot een geringe opbrengstreactie van het gewas op de fosfaatbemesting en er traden geen duidelijke verschillen op tussen de meststoffen of toedieningsmethoden. Er was ook geen sprake van een hogere fosfaatopname bij rijenbemesting ten opzichte van volvelds bemesting. Überhaupt was de fosfaatopname niet tot nauwelijks hoger ten opzichte van geen fosfaatbemesting (ook niet op de proefvelden met Pw 21-37).

Malda & Rutgers (2012) deden in 2010 t/m 2012 op twee verschillende kleilocaties (Pw variërend van 24 tot 41) onderzoek naar de werking van verschillende fosfaatmeststoffen in zaaiuien. Er werd een vergelijking gemaakt tussen verschillende vloeibare fosfaathoudende meststoffen die in een dosering van 10 kg P₂O₅ per ha in de zaairij over het zaad werden gespoten. Verder was breedwerpige bemesting met di-ammoniumfosfaat (DAP) en APP in de proeven opgenomen met giften van 50 tot 100 kg P₂O₅ per ha.

De breedwerpige fosfaatbemesting leidde niet tot een opbrengstverhoging ten opzichte van geen fosfaatbemesting. Het effect van rijentoepassing op het zaad wisselde per meststof, variërend van een iets betere opbrengst (met Powerstart) dan bij breedwerpige fosfaatbemesting tot een duidelijk lagere opbrengst (met onder andere APP).

Malda & Rutgers (2013) vergeleken in tweejarig onderzoek op klei met zaaiui bij Pw 33-34, in 2012 en 2013, rijenbemesting met tripelsuperfosfaat, ammoniumfosfaat of APP met breedwerpige fosfaatbemesting. Ook werd een proefobject opgenomen waarbij een NP-startmeststof (Powerstart) over het zaad werd gespoten bij zaai.

De fosfaatbemesting leidde niet tot een hogere opbrengst en fosfaatopname (gemeten in de geoogste uien) dan geen fosfaatbemesting. Het effect van toediening van Powerstart rechtstreeks op het zaad of als rijenbemesting was niet consistent. In 2012 gaf toepassing op het zaad een iets hogere opbrengst dan rijenbemesting (n.s.), maar in 2013 gaf rijenbemesting een significant hogere opbrengst dan toediening op het zaad.

NP-rijenbemesting met mono-ammoniumfosfaat (MAP) leek tot een tragere beginontwikkeling te leiden dan rijenbemesting met ammoniumpolyfosfaat (APP). Ook leek het bij de hoge dosering (80 kg P₂O₅ per ha) een iets lagere opbrengst te geven dan rijenbemesting met APP en tripelsuperfosfaat (TSP). Mogelijk leidt plaatsing van MAP in de rij eerder tot zoutschade dan plaatsing van APP in de rij.

De Ruijter et al. (2009) vergeleken in 2008 en 2009 op zandgrond met een Pw-getal van 27 respectievelijk 19 kleine fosfaatgiften (10 en 30 kg P₂O₅ per ha) toegediend via rijenbemesting met

een breedwerpige gift van 200 kg P2O5 per ha en een nulobject (geen fosfaatbemesting). Ze deden dit in diverse gewassen waaronder zaaiui.

Fosfaatbemesting versnelde de begingroei van spinazie, suikerbiet, ui, stamslaboon en snijmaïs. Bij spinazie was de begingroei bij de breedwerpige fosfaatgift sneller dan bij de kleine fosfaatgiften in de rij. Bij ui verdwenen de verschillen in de loop van het groeiseizoen, evenals bij snijmaïs in het tweede jaar. Bij de oogst verhoogde fosfaatbemesting de opbrengst van suikerbiet, spruitkool, prei, spinazie, vroege stamslaboon en snijmaïs. Zowel een geplaatste gift van 10 als 30 kg P2O5 per ha gaf een vergelijkbare opbrengst als een breedwerpige gift van 200 kg P2O5. Fosfaatbemesting had geen effect op de opbrengst van ui, peen, ijsbergsla, late stamslaboon en maïs in het tweede proefjaar.

De fosfaatopname door het gewas verschilde niet significant tussen 30 kg P2O5 in de rij of 200 kg P2O5 breedwerpig. Bij 10 kg P2O5 in de rij was de opname soms lager.

Met een kleine fosfaatgift als rijenbemesting kon in alle gevallen even zo goed in de fosfaatbehoefte van het gewas worden voorzien als met een veel hogere breedwerpige fosfaatgift. Er is echter niet onderzocht of een breedwerpige gift van 30 kg P2O5 per ha een slechter resultaat zou hebben gegeven dan de rijenbemestingsgift.

6.2 Discussie

Hoewel zaaiui is ingedeeld in de gewasgroep van fosfaatbehoefte gewassen (gewasgroep 1) blijkt uit recente proeven dat er vaak geen of een zeer beperkte opbrengstreactie is op de fosfaatbemesting. Ook Van Wijk et al. (2013) vonden op een fosfaattoestandenproefveld in Lelystad (klei) in een eenjarige beproeving (2008) geen opbrengsttoename bij zaaiui door fosfaatbemesting bij een Pw van 30 of hoger. Bij een Pw van 15 was er wel een opbrengstreactie op de fosfaatbemesting.

Het knelpunt m.b.t. de fosfaatopname van zaaiui ligt vooral in de begingroEIFase. Het wortelstelsel is dan nog te beperkt van omvang voor opname, waardoor een relatief hoge P-concentratie nodig is om een geringe fosfaatopname te realiseren (o.a. Smit et al, 2009). Naarmate het gewas zich ontwikkelt, wordt de omvang van het wortelstelsel minder beperkend en kan ook bij lagere P-toestand of P-bemesting aan de (dan hogere) gewasvraag worden voldaan.

Dit is te ondervangen door fosfaat in de rij te geven. Tevens kan daar een kleine hoeveelheid stikstof aan worden toegevoegd c.q. een NP-meststof in de rij worden toegediend. De bevindingen uit proeven en praktijk zijn dat dit soms de begingroei stimuleert en de opbrengst verhoogt, maar lang niet altijd, of de begingroei wel stimuleert maar niet de opbrengst verhoogt (Van Geel, 2000). Het heeft daarom vooral het karakter van een verzekeringspremie. Niettemin kan daardoor waarschijnlijk wel met een lagere fosfaatgift worden volstaan dan de huidige geadviseerde volveldsgiften om onder alle omstandigheden te garanderen dat in de gewasbehoefte wordt voorzien.

Aanbeveling is om het volvelds fosfaatbemestingsadvies voor zaaiui te herzien. Zaaiui is ingedeeld in gewasgroep 1 (fosfaatbehoefte gewassen), maar laat zelden een reactie op fosfaatbemesting zien. Daar voor in de plaats verdient het aanbeveling een bemestingsadvies te ontwikkelen voor toediening van een (N)P-startgift in de rij. Het opstellen van adviesgiften, afhankelijk van de fosfaattoestand van de bodem, vraagt nog om een nadere onderbouwing. Mogelijk kan dit met behulp van modelberekeningen, ondersteund door veldproeven. Verder moet ook het risico van zoutschade en/of structuurschade aandacht krijgen in het advies: hoe dit is te voorkomen. De onderbouwing en uitwerking van zo'n advies zal in een additioneel project vorm moet krijgen.

7 Rijenbemesting met NP-meststoffen

7.1 Resultaten uit onderzoek

Toediening van een NP-meststof (ammoniumfosfaat) in de rij heeft soms nog sterker effect op de begingroei en opbrengst dan alleen stikstof of fosfaat in de rij. Dit is vastgesteld in proeven met maïs (Arnold & ten Hag, 1982), stamslaboon en tuinboon (Prummel & von Barnau Sijthoff, 1975; Prummel, 1981a). Zowel stikstof als fosfaat zijn door plaatsing goed en snel beschikbaar voor de jonge planten en beide bevorderen ze de begingroei. Verder kan toediening van ammonium-N in de rij samen met fosfaat de fosfaatopname bevorderen door de verzurende werking van ammonium.

Van Dijk (1997) vond bij toediening van kleine aanvullende giften P of NP in de rij (startgiften bovenop de basisbemesting met drijfmest) bij maïs op zand (bij Pw 20) ook een opbrengstverhoging, die bij NP iets sterker was dan bij alleen P (niet significant). Van Dijk et al. (1998) vonden dat het positieve effect van een NP-startgift in de rij bij maïs op de opbrengst bij lagere Pw sterker was dan bij hogere Pw.

Ook Schröder et al. (2000) vonden in tien demonstratieproeven op zand dat het effect van NP-startgift in de rij op de opbrengst kleiner was naarmate de fosfaattoestand hoger was. Ze gaven aan dat het economisch rendement van de rijenbemesting twijfelachtig is op percelen met een Pw ≥ 50 waar meer dan 45 m³ rundveedrijfmest per ha wordt toegediend.

Schröder et al. (2015) vonden dat door rijenbemesting met drijfmest bij maïs de NP-startgift in de rij met kunstmest achterwege kan worden gelaten.

Van Geel (2000) vond in vijf proeven met stamslaboon in twee van de vijf (bij Pw 27 en 76) een hogere opbrengst door toediening in de rij van een ammoniumfosfaatmeststof (APP 10+34) dan door toediening van alleen fosfaat in de rij. In een derde proef (Pw 57) was er geen verschil tussen de twee toepassingen en in de vierde en vijfde proef was er geen duidelijk effect van de fosfaatbemesting op de opbrengst (Pw 27 en 44).

Met NP-rijenbemesting in aardappel op kleigronden vond Prummel (1981a) wisselende resultaten. In sommige proeven werd een iets hogere en in andere een lage opbrengst verkregen dan bij breedwerpige bemesting. Gemiddeld over de proeven gaf NP-rijenbemesting geen beter resultaat dan breedwerpige bemesting.

Van Geel (2000) vond in drie proeven met aardappel in twee van de drie (Pw 19 en 66) een hogere opbrengst door rijtoepassing van APP 10+34 dan door alleen fosfaat in de rij. In de derde proef (Pw 38) was er geen duidelijke effect van de fosfaatbemesting op de opbrengst.

Smit et al. (2013) vonden in tweejarig onderzoek op klei in 2012 en 2013 bij Pw 25-30 geen effect van rijtoepassing met een NP-meststof (APP 10+34). Er was ook geen reactie van het gewas op de fosfaatbemesting (bij Pw 25-30).

In de eerder aangehaalde proeven van Wander et al. (2010) onder "Fosfaatrijenbemesting aardappel" werden in 2010 vloeibare NP-meststoffen toegediend in de rij vergeleken met breedwerpige bemesting met tripelsuperfosfaat bij gelijke fosfaatgift (de 50%-dosering in de proeven). De vloeibare NP meststoffen in de rij gaven geen significant hogere opbrengst dan de breedwerpige fosfaatgift.

Van Iperen meldt in het tijdschrift Aardappelmagazine dat in proeven op klei (uitgevoerd bij PPO Westmaas) drie jaar achtereenvolgend een meeropbrengst bij aardappel werd verkregen van 4,7 ton per ha t.o.v. breedwerpige bemesting met korrelmeststoffen door rijenbemesting met fosfaat (in korrel- en granulaatvorm) plus een vloeibare stikstofmeststof op basis van ureum (Delleman, 2014).

NP-rijenbemesting bij zaai is hierboven in dit document beschreven onder 'Fosfaatrijenbemesting zaai'.

Uit de literatuur blijkt dat er ook een risico zit aan NP-rijenbemesting: opbrengstderving door zoutschade als gevolg van teveel ammonium-N te dicht bij de plant. De Wit (1953) wees reeds in zijn dissertatie over rijenbemesting op het belang van de juiste afstand van plaatsing om zoutschade te voorkomen. Ook Prummel & von Barnau Sijthoff (1975) en Prummel (1981a) wijzen op het risico van een te hoge concentratie ammonium-N dichtbij het zaad (45-55 kg N per ha in proeven met stamslaboon), wat de opbrengst juist kan verlagen. Arnold en ten Hag (1982) duiden op het risico van ammoniakvergiftiging van maïs op kalkhoudende gronden bij een te hoge ammonium-N-gift in de rij. Om zoutschade te voorkomen adviseert Prummel (1981b) om bij snijmaïs en bonen niet meer dan 30 à 40 kg ammonium-N in de rij toe te dienen.

Van Geel (2000) vond bij rijenbemesting met APP in diverse gewassen dat de hoogste giften in de proeven meestal een minder goed resultaat gaven dan de lagere giften. Een optimale dosering leek 4 à 5 ml per strekkende meter te zijn. Dat stemt bij een rijenafstand van 50 cm of 75 cm overeen met 80-100 l APP per ha respectievelijk 53-67 l APP per ha ofwel 11-14 kg respectievelijk 7-9 kg ammonium-N per ha. In de proeven van Smit et al. (2013) had rijenbemesting met APP geen effect maar trad ook geen schade op bij doseringen van 50 en 100 kg P₂O₅ per ha respectievelijk 15 en 29 kg ammonium-N per ha.

7.2 Discussie

Positieve effecten van NP-rijenbemesting (beter dan alleen P in de rij) zijn gevonden in proeven met maïs, bonen en aardappel. Hoewel bij aardappel vaak geen effect van enkel stikstof- of fosfaatkunstmest in de rij werd gevonden proeven werd wel regelmatig een positief effect van NP-rijenbemesting gevonden.

Evenwel bleek het effect van NP-rijenbemesting op de opbrengst nogal te variëren: van een wat lagere of gelijkblijvende tot een duidelijk hogere opbrengst. Een verklaring voor de lagere opbrengsten is dat een te hoge zoutconcentratie bij rijtoediening of een te dichte plaatsing bij de planten de wortel- en gewasontwikkeling juist remt in plaats van stimuleert. Verder hangt het effect af van de groeiomstandigheden. Naarmate de fosfaattoestand van de bodem lager is, mag een sterker effect worden verwacht. Echter, ook bij hoge fosfaattoestand blijkt een positief effect op te kunnen treden. Bij een beperkte wortelontwikkeling in het voorjaar, op koude natte grond en/of een slechte structuur, kan de plant het beschikbare fosfaat in de bodem niet goed opnemen en reageert dan gunstig op een (start)gift die in rij is geplaatst.

Het risico van zoutschade beperkt de hoeveelheid ammonium-N die in de rij kan worden toegediend bij gebruik van NP-meststoffen. Daarom moeten meststoffen worden gekozen met een lage N/P-verhouding of moet ook de hoeveelheid fosfaat worden beperkt, zoals het geval is bij de NP-startgift in maïs (20 à 30 kg N en P₂O₅ per ha).

In geval men een kleine fosfaatgift in de rij wil geven (als startgift) en een grote hoeveelheid stikstof, is het beter om deze giften gescheiden toe te dienen. De fosfaatmeststof kan dan dicht bij de planten worden toegediend (5 cm afstand tot de rij) en de stikstof er wat verder vanaf (±8 cm).

Toediening in de zaaivoor is ook een vorm van geconcentreerde plaatsing, maar is niet hetzelfde als rijenbemesting waarbij de meststof een aantal centimeters naast de rij wordt geplaatst. Bij zaaivoortoediening is het risico van zoutschade groter, waardoor meststoffen met een lage zoutwaarde moeten worden gebruikt in een lage dosering.

Handboek bodem en bemesting

In het handboek bodem en bemesting is geen expliciet advies voor NP-rijenbemesting of NP-startgiften in de rij opgenomen. Op basis van wat erover uit de literatuur bekend is, is het alleen mogelijk om een advies te geven voor maïs en boon. Voor aardappel en zaaiui is de beschikbare informatie (te) summier.

Maïs

De bemestingsadvisering voor maïs wordt afgestemd met de Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen (CBGV). Hoewel in praktijk bij zaaïen vaak een NP-startgift wordt (of werd) gegeven, wordt dit niet expliciet in het handboek bodem en bemesting aanbevolen. Wel wordt onder

stikstofrijenbemesting aangeraden om sowieso 20-30 kg N per ha van de (volvelds) adviesgift als rijenbemesting met kunstmest toe te dienen. Verder wordt aanbevolen om bij rijenbemesting met stikstof en fosfaat gezamenlijk niet meer dan 120 kg per ha toe te dienen.

Door het verbod op gebruik van kunstmestfosfaat op derogatiebedrijven is toediening van een NP-startgift met kunstmest niet meer mogelijk binnen de wet. Alternatieven zijn toediening van drijfmest in de rij (op zand) of een fosfaatrecyclingsproduct als struviet. Voor de teelt van maïs op niet-derogatiebedrijven (o.a. akkerbouwbedrijven) is een NP-startgift met kunstmest nog wel mogelijk. Gelet op de bevindingen van Van Dijk (1997), Van Dijk et al. (1998), Schröder et al. (2000), Van der Schoot & Van Dijk (2001) en Schröder et al. (2015) is het voorstel om een advies over een NP-startgift in de rij bij maïs op te nemen en dit af te stemmen met de CBGV.

Boon

In het handboek bodem en bemesting is een fosfaatrijenbemestingsadvies opgenomen voor boon (tabel 3.4 in het onderdeel fosfaatbemesting onder 'Gewasgericht advies bij rijenbemesting'). Voorstel is om een extra voernoot onder de tabel op te nemen over NP-rijenbemesting.

Hoewel boon gunstig reageert op een NP-rijenbemesting komt uit de literatuur niet eenduidig naar voren hoeveel ammonium-N er maximaal in de rij kan worden toegediend. Prummel (1981b) noemt maximaal 30 à 40 kg ammonium-N om zoutschade te voorkomen. Van Geel (2000) noemt 11-14 kg ammonium-N per ha als optimale range. Voorstel is om het advies aan de voorzichtige kant te houden: maximaal 15 kg N per ha.

Aardappel

NP-rijenbemesting heeft perspectief in aardappel maar op basis van de beschikbare proefgegevens is het lastig om een advies op te stellen: wanneer zinvol en welke dosering? Voor deze literatuurstudie is gebruik gemaakt van openbare, gepubliceerde onderzoeksresultaten. Voorstel is om bij het bedrijfsleven na te gaan of er niet-gepubliceerde resultaten zijn van proeven met NP-rijenbemesting in aardappel die men beschikbaar zou willen stellen aan de CBAV. Op basis van deze aanvullende gegevens kan misschien een advies worden opgesteld.

Zaaiui

Zie het voorstel hierboven onder 'Fosfaatrijenbemesting zaaiui' om te komen tot een herziening van het fosfaatbemestingsadvies voor zaaiui.

Verder is het voorstel om in het handboek om in de tekst bij gewasgericht advies fosfaatrijenbemesting een tekstfragment op te nemen over NP-rijenbemesting bij zaaiui, gericht op de begingroefase.

8 Referenties

- Alblas, J. (1999). Stikstofrijenbemesting heeft geen effect op de wortelverdeling bij aardappelen. PAV-bulletin Akkerbouw, oktober 1999, p. 29-31.
- Arnold, G.H. & B.A. ten Hag (1982). Rijenbemesting met fosfaat bij snijmaïs. Bedrijfsontwikkeling 13, p. 403-408
- Bus, C.B. (2002). Onderzoek bestrijding gewone schurft in aardappel. Een documenterend verslag van 26 veldproeven over de periode 1995-2000. PPO 1154381. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, 36 p.
- De Ruijter, F.J., A.L. Smit & E.J.J. Meurs (2009). Plaatsing als strategie voor een efficiënte fosfaatbemesting. 2. Veldproeven. Rapport 314. Plant Research International, Wageningen, 26 p.
- De Visser, C.L.M. (1996). Toepassing van het stikstofbijmeststelsel in zaaiuien. Verslag nr. 220. PAGV, Lelystad, 88 p. + bijlagen.
- De Wit, C.T. (1953). A physical theory on placement of fertilizers. Proefschrift Landbouwhogeschool, Wageningen.
- De Willigen, P & M. van Noordwijk (1987). Roots, plant production and nutrient use efficiency. Proefschrift Landbouwuniversiteit Wageningen, 282 p.
- Dekker, P. en K. van Wijk (2005). Fosfaatmanagement op praktijkbedrijven. Informatieblad 398.99, december 2005, uit de mest- en mineralenprogramma's.
- Dekker, P.H.M. & R. Postma (2008). Verhoging efficiëntie fosfaatbemesting. PPO nr. 3250061800. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, 28 p.
- Delleman, J. (2014). Vloeibare rijenbemesting geeft meer opbrengst en is praktijkrijp. Aardappelwereld magazine, sep 2014, nr. 9, p. 22-23
- Ehlert P.A.I., C.A.Ph. van Wijk & P. de Willigen (2002). Fosfaatbehoefte van vollegrondsgroentegewassen. 3. Precisiebemesting. PPO-projectrapport nr. 1125232, 27 p.
- Kusters P.J.J.M., G.J.H.M. Meuffels & J.W.A.M. Crijns (2013). Praktijknetwerk rijenbemesting Zuid Limburg. Tussenrapportage 2012. www.rijenbemestingzuidlimburg.nl
- Kusters P.J.J.M., G.J.H.M. Meuffels & J.W.A.M. Crijns (2014). Praktijknetwerk rijenbemesting Zuid Limburg. Tussenrapportage 2013. www.rijenbemestingzuidlimburg.nl
- Kusters P.J.J.M., G.J.H.M. Meuffels & J.W.A.M. Crijns (2015). Praktijknetwerk rijenbemesting Zuid Limburg. Eindrapportage. www.rijenbemestingzuidlimburg.nl
- Malda, J.T. & R. Rutgers (2012). Fosfaat (rijen)bemesting in zaaiuien. Meerjarige onderzoekresultaten naar het effect van Avail, APP volvelds en fosfaatrijenbemesting met vloeibare meststoffen in de teelt van zaaiuien op kleigronden in 2010 t/m 2012. Altic, Dronten, 26 p.
- Malda, J.T. & R. Rutgers (2013). Bemestingsonderzoek zaaiuien. Meerjarige onderzoeksresultaten naar bemestingsstrategieën om tot een hogere N-en P-efficiëntie te komen in de teelt van zaaiuien op een kleigrond in Zuidwest Nederland. Altic, Dronten, 26 p. Opgenomen in: Smit et al., 2013.
- Prummel, J. (1957). Fertilizer placement experiments. Plant and Soil 8, p. 213-253.
- Prummel, J. & P.A. von Barnau Sijthoff (1975). Rijenbemesting met fosfaat bij stamslabonen en tuinbonen. Bedrijfsontwikkeling 6, p. 173-175.
- Prummel, J. (1977). Rijenbemesting bij aardappelen en bieten. Bedrijfsontwikkeling 8, p. 1045-1048.
- Prummel, J. (1981a). Rijenbemesting met fosfaat bij bonen en aardappelen. Bedrijfsontwikkeling 12, p. 1091-1094.
- Prummel, J. (1981b). Bemestingsbeleid voor fosfaat en kali op bouwland. Stikstof 98, p. 447-451.
- Rutgers, R. & J.T. Malda (2012). N-bemesting aardappel. Meerjarige onderzoeksresultaten van de stikstofbenutting van vloeibare N-meststoffen in de teelt van aardappelen op locaties in Noordoost- en Zuidoost-Nederland en in de Flevopolder in de jaren 2010 t/m 2012. Altic, Dronten, 44 p.
- Schröder, J., W. van Dijk, E. Bleumer & B. Philipsen (2000). Maïs zonder kunstmest. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR), 13 (2000)1, p. 16-18.
- Schröder, J.J., G.D. Vermeulen, J.R. van der Schoot, W. van Dijk, J.F.M. Huijsmans, G.J.H.M. Meuffels & D.A. van der Schans (2015). Maize yields benefit from injected manure positioned in bands. European Journal of Agronomy 64, 29-36.

- Sikken, J. (2015). Mineralen in de rij met GPS. Presentatie voor het praktijknetwerk 'Meer met minder door rechte sporen', 11 feb 2015.
- Slabbekoorn, H. (2011a). Rijenbemesting in relatie tot schilkwaliteit tafelaardappelen, 2010. PPO nr. 32 501 773 00. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, 43 p.
- Slabbekoorn, H. (2011b). Rijenbemesting in aardappelen. Rijenbemesting versus breedwerpig en perspectief van nieuwe meststoffen. Proj. nr. 32 502 168 00. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, 44 p.
- Smit, A.L., P. de Willigen & A.A. Pronk (2009). Plaatsing als strategie voor een efficiënte fosfaatbemesting. 1. Literatuur en modelonderzoek. Rapport 216. Plant Research International, Wageningen, 28 p. + bijlagen.
- Smit, B., W. van Geel, J.T. Malda & A. Pronk (2013). Rijenbemesting: kansen, nieuwe producten en technieken. Plant Research International, Wageningen en Altic, Dronten.
- Titulaer, H.H.H. (1991a). Rijenbemesting bij poot- en consumptieaardappelen. Landbouwkundig onderzoek 1991. Stichting Proefbedrijven Flevoland en Stichting Proefboerderij Prof. Dr. J.M. van Bemmelenhoeve, p. 113-117.
- Titulaer, H.H.H. (1991b). Rijenbemesting bij consumptie-aardappelen. Van onderzoek naar voorlichting löss / rivierklei 1991. Stichting Proefboerderij Wijnandsrade, p. 57-60.
- Titulaer, H.H.H. (1992a). Rijenbemesting bij poot- en consumptieaardappelen. Landbouwkundig onderzoek 1992. Stichting Proefbedrijven Flevoland en Stichting Proefboerderij Prof. Dr. J.M. van Bemmelenhoeve, p. 103-106.
- Titulaer, H.H.H. (1992b). Rijenbemesting consumptieaardappelen (1991 en 1992). Resultaten van het landbouwkundig onderzoek in Zuidwest-Nederland 1992. Vereniging ROC Westmaas en Stichting Proefboerderij Rusthoeve, p. 18-21.
- Titulaer, H.H.H. (1992c). Rijenbemesting bij aardappelen. Van onderzoek naar voorlichting löss / rivierklei 1991. Stichting Proefboerderij Wijnandsrade, p. 65-66.
- Van der Schoot, J.R. & W. van Dijk (2001). Rijenbemesting met dierlijke mest in maïs maakt kunstmest overbodig. PPO-Bulletin Akkerbouw 2003 – nr. 2, p. 13-17.
- Van Dijk, W., P.H.M. Dekker, H.F.M. ten Berge, A.L. Smit & J.R. van der Schoot (2008). Aanscherping van fosfaatgebruiksnormen op bouwland bij akker- en tuinbouwgewassen. Verkenning van noodzaak en mogelijkheden tot differentiatie. PPO nr. 367, PPO, Lelystad, 88 p.
- Van Dijk, W. (1997). Ondiepe toediening dierlijke mest bij maïs. PAV Bulletin Akkerbouw, februari 1997, p. 15-17.
- Van Dijk, W., J.J. Schröder, A.P. Philipsen & E. Bleumer (1998). Maïs zonder kunstmest. PAV Bulletin Akkerbouw, mei 1998, p. 28-29.
- Van Erp, P.J. & G.H. Dijksterhuis (1991). Rijenbemesting bij aardappelen. Landbouwmechanisatie 4, p. 13-25.
- Van Geel, W. (2000). Geen meerwaarde polyfosfaat. PAV Bulletin Akkerbouw, april 2000, 4e jaargang, p. 38-41.
- Van Geel, W. (2001). Polyfosfaat in uien. Projectrapport 65.2.24: Invloed van fosfaatrijenbemesting met polyfosfaat op de opbrengst en vroegrijpheid van uien. PAGV, Lelystad, 29 p.
- Van Wijk, C.A.P., J.J. de Haan, P.A.I. Ehlert & W. van den Berg (2013). Lange termijn effecten van fosfaatbalansen op bouwland; fosfaattrappen proefveld Lelystad. PPO Publicatie 549, PPO-AGV, Lelystad, 76 p.
- Wander, J., H.J. Russchen, T. A. van Dijk, H. van den Akker, O. van Campen & L. Remijn (2011). Vloeibare meststofsysteemen in consumptieaardappelen. Resultaten veldproeven 2009 en 2010. PA 405915. DLV Plant, Dronten.

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wageningenUR.nl

PPO-rapport 667



Bij Wageningen UR proberen plantonderzoekers de eigenschappen van planten te benutten om problemen op het gebied van voedsel, grondstoffen en energie op te lossen. Zo worden onze kennis van planten en onze moderne voorzieningen ingezet om de kwaliteit van leven in het algemeen en de innovatiekracht van onze opdrachtgevers in het bijzonder te vergroten.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
