

Is rijenbemesting dé oplossing om stikstofverliezen te minimaliseren?

K. D'Haene^{1,4}, J. Salomez², G. Hofman^{3,4}

¹ Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek (ILVO), Burg. Van Gansberghelaan 109, 9820 Merelbeke

² Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving, K. Albert II-Laan 20, 1000 Brussel

³ Vakgroep Omgeving, Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen, Coupure Links 653, 9000 Gent

⁴ Onderzoeks- en Voorlichtingsplatform Duurzame bemesting

1. Inleiding

Nederlandse landbouwers worden vanaf 2021 verplicht om bij de teelt van maïs op zand- en leemgronden rijenbemesting toe te passen. Rijenbemesting wordt daarbij als 'nieuwe techniek' naar voor geschoven, waarbij enerzijds ingezet wordt op het optimaliseren van de bemesting met dierlijke en/of minerale meststoffen en anderzijds op het terugdringen van de nitraat- (NO_3^-) verontreiniging van grond- en oppervlaktewater.

Deze "nieuwe" techniek kent echter een lange voorgeschiedenis. Rijenbemesting werd in de U.S.A. reeds geïntroduceerd voor de tweede wereldoorlog en in navolging daarvan werden na W.O. II ook in de Lage Landen een aantal pogingen ondernomen om de voordelen van deze techniek aan te tonen én ingang te doen vinden in de praktijk.

Prummel bracht in 1957 de resultaten van meer dan 100 Nederlandse experimenten samen, waarbij zowel stikstof- (N), fosfor- (P) als kalium- (K) toedieningen in de rij met breedwerpige toepassingen vergeleken werden (Prummel, 1957). Ondanks een betere benutting van nutriënten bij rijenbemesting (Fig. 1) geraakte deze techniek grotendeels in de vergetelheid, uitgezonderd P-rijenbemesting bij maïs.

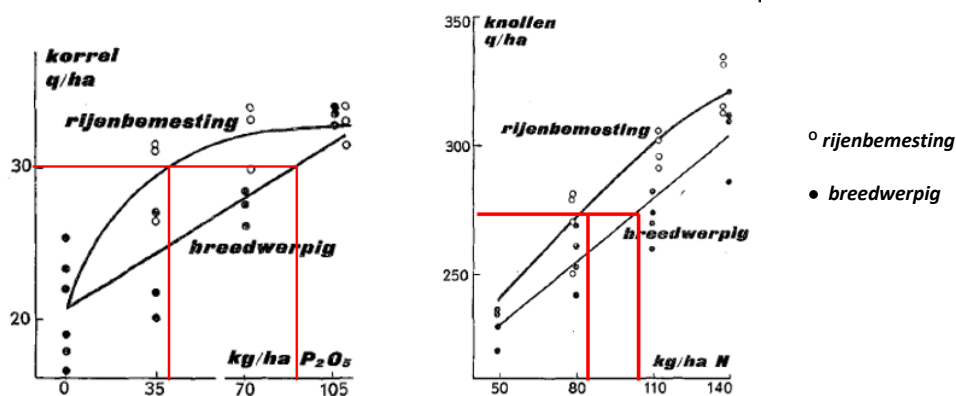


Fig. 1. Effect van rijenbemesting ten opzichte van breedwerpige toediening van fosfaat (P_2O_5) in maïs (links) en stikstof (N) in aardappelen (rechts) (Nederland) (Prummel, 1954)

In Vlaanderen kende het onderzoek naar deze techniek vooral eind de jaren '80-begin jaren '90 een belangrijke opstoot. Het toenmalige 'Laboratorium voor Agrarische bodemkunde' (nu Vakgroep Omgeving) van de Universiteit Gent wou hiermee anticiperen op de beperking van het gebruik van nutriënten, o.a. als gevolg van de invoering van de Nitraatrichtlijn (Anonymus, 1991). Ook toen kreeg deze techniek relatief weinig ingang in de praktijk en bleef breedwerpige bemesting de standaard.

Nu deze techniek via een wettelijke basis (Nederland) grootschalig uitgerold zal worden, worden ter bevestiging/ontkrachting van de geponeerde claims (betere N-efficiëntie, minder uitloging), de toenmalige resultaten, samen met de resultaten van meer recente proeven, uitgevoerd in zowel ons land als in het buitenland, opnieuw geëvalueerd. Daarbij wordt de relevantie van rijenbemesting voor de Vlaamse landbouw nagegaan, dit met het oog op een betere N-efficiëntie en het verlagen van het NO_3^- -N-residu bij de oogst.

2. Breedwerpige versus rijenbemesting

2.1 Inleiding

Breedwerpige toepassing van nutriënten t.o.v. rijenbemesting is gemakkelijk en vlug uitvoerbaar en apparatuur met een grote werkbreedte is beschikbaar. Daartegenover worden aan breedwerpige bemesting een aantal nadelen toegekend (Hofman et al., 1992):

- groot risico op een onvoldoende uniforme verdeling van de meststoffen. Daarbij kunnen zowel overlappingsen als minder bemeste stroken voorkomen. Ook het meemesten van perceelsranden en aangrenzende grachten valt daarbij niet uit te sluiten;
- grotere ammoniakale (NH_3) verliezen via vervluchtiging wanneer meststoffen niet, te ondiep en/of onvoldoende vlug worden ingewerkt;
- nitrificatie van ammoniumhoudende (NH_4^+ -N) meststoffen gebeurt vlugger bij breedwerpige toediening dan bij rijenbemesting. Bij een nat voorjaar kan dit aanleiding geven tot iets grotere NO_3^- -verliezen via uitspoeling, vooral bij zandige bodems. Tevens is er bij breedwerpige toepassing soms een langere periode tussen het tijdstip van bemesten en het moment van zaaien of planten, hetgeen in een nat voorjaar aanleiding kan geven tot drainageverliezen;
- een lagere nutriëntenefficiëntie doordat de toegediende nutriënten in het midden tussen twee rijen moeilijker bereikt worden door de wortels, vooral bij gewassen met een beperkte beworteling en een grote tussenrij-afstand. Dit kan aanleiding geven tot lagere opbrengsten en hogere NO_3^- -N-residu's bij de oogst.

De aangehaalde nadelen zijn voordelen voor een rijenbemesting, waardoor de efficiëntie van rijenbemesting theoretisch hoger zou moeten zijn. Bij rijenbemesting dient er echter wel rekening gehouden te worden met het feit dat rechtstreeks contact tussen meststof en zaad of jonge plant zoveel mogelijk vermeden dient te worden omwille van mogelijke zoutschade en te hoge ammoniakale N-concentraties.

2.2. Risico op verliezen bij de toediening

2.2.1 Verdeling van de meststoffen

Het breedwerpig toepassen van meststoffen zal vaker aanleiding geven tot het voorkomen van over- en onderbemeste stroken alsook aan het meemesten van perceelsranden en eventueel grachten. Dit is in principe niet het geval bij toepassingen in de rij. Een voorbeeld uit de praktijk wordt gegeven in Fig. 2 (Van Meirvenne et al., 1990). Bij een gemiddelde N-bemesting van 205 kg N ha^{-1} schommelde de bemesting per plaats tussen minimum 155 kg N ha^{-1} en een extreem hoge waarde van 300 kg N ha^{-1} . Deze verschillen kunnen aanleiding geven tot verschillen in opbrengsten (Fig. 2) en tot verschillen in NO_3^- -N-residu's bij de oogst. Op te merken valt dat door het gebruik van GPS-sturing en de inzet van geavanceerde meststoffenstrooiers een veel uniformer strooibeeld mogelijk is in vergelijking met 25 jaar geleden.

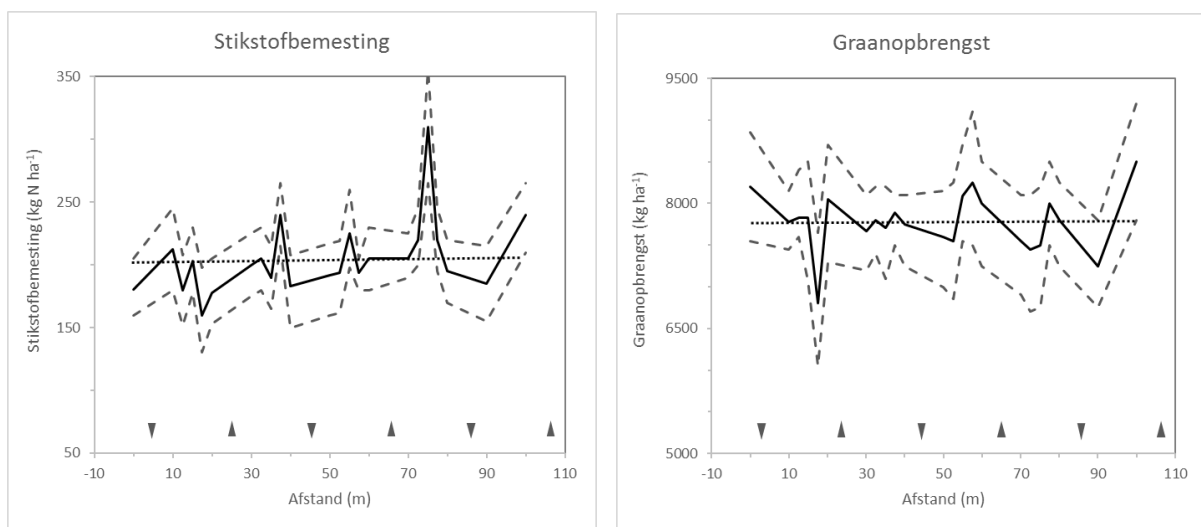


Fig. 2. Verschillen in stikstof- (N) bemesting en graanopbrengst (volle lijn) en overeenstemmende standaardafwijkingen (stippellijn) per plaats. De pijlen duiden de rijrichting van de tractor aan (Van Meirvenne et al., 1990)

Het meemesten van perceelsranden en aanpalende grachten kan nu beperkt worden door het gebruik van kantstrooi-instellingen en/of het rechtstreeks injecteren van mengmest. Op dit ogenblik loopt een onderzoek rond “Bemestingsvrije stroken langs waterlopen” met als doel aanbevelingen te formuleren met betrekking tot de best beschikbare bemestingstechnieken en de aangewezen breedtes voor de bemestingsvrije stroken langs Vlaamse waterlopen.

2.2.2 Verschillen in ammoniakale verfluchtiging

Het oppervlakkig toedienen van ammonium- of ureummeststoffen kan tot belangrijke ammoniakale verliezen leiden in bodems met een $\text{pH-H}_2\text{O}$ boven 7,5. Het incorporeren van deze meststoffen op een diepte van een paar cm kan deze verliezen drastisch verlagen zoals weergegeven in tabel 1.

Tabel 1. Procentuele stikstof- (N) verliezen van 4 N-houdende meststoffen, toegediend op verschillende diepten aan een kalkhoudende kleibodem (pH-H₂O = 8,0 en 7% CaCO₃, 75% veldcapaciteit). Metingen onder labo-omstandigheden gedurende 17 dagen bij een temperatuur van 16°C (Demeyer, 1990)

Diepte (cm)	(NH ₄) ₂ SO ₄ (20-21%N)	NH ₄ NO ₃ (27%N)	CO(NH ₂) ₂ (46%N)	Vloeibare N (30% g/g)
0	35	12	31	19
2	2,5	0,5	6	4
4	0,5	0,3	0,6	0,4

Op bodems met een pH-H₂O < 7,5 zijn deze verliezen bij het breedwerpig toepassen van minerale N-meststoffen minimaal, uitgezonderd voor ureummeststoffen, aangezien bij de hydrolyse van ureum een pH-stijging optreedt (afhankelijk van het bufferend vermogen van de bodem). Omwille van de relatief hoge pH van mengmest kunnen, bij niet onmiddellijk inwerken van de mengmest, de ammoniakale-N-verliezen hoog oplopen, ook bij bodems met een pH-H₂O < 7,5. Het beleid heeft dit, althans voor mengmest, ondervangen door het verplicht emissie-arm aanwenden van mengmest.

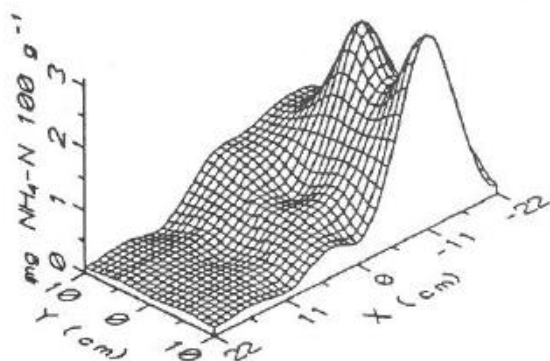
2.3. Risico op verliezen tijdens de teelt

2.3.1. Mogelijke drainageverliezen in het voorjaar

Door het toepassen in de rij van ofwel NH₄⁺-N-meststoffen ofwel mengmest wordt de nitrificatie vertraagd en blijft het NH₄⁺-N-gehalte in de bodem gedurende langere tijd veel hoger dan bij een breedwerpige bemesting. Dit wordt geïllustreerd in Fig. 3. Het geconcentreerd toedienen van NH₄⁺-N-meststoffen heeft dus, tenminste tijdelijk, het effect van een nitrificatieremmer.

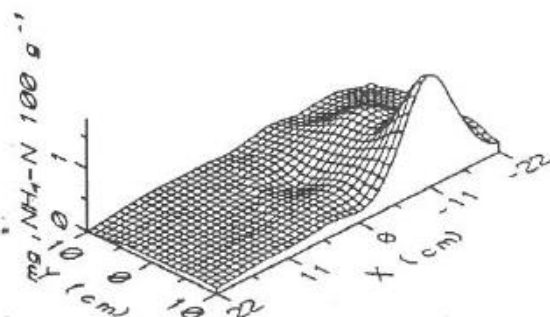
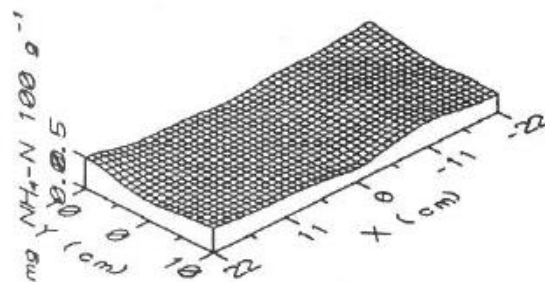
Omwille van de positieve lading van het NH₄⁺-ion zal dit in een nat voorjaar niet of nauwelijks migreren naar de ondergrond, dit in tegenstelling tot het negatief geladen NO₃⁻-ion. Bijkomend geldt dat bij een breedwerpige bemesting vaak een paar dagen (tot soms een paar weken, vb. mengmest) voor zaaien of planten wordt bemest, waardoor vooral in zandige bodems, NO₃⁻-migratie kan optreden en een deel van de N gemigreerd kan zijn tot een diepte onbereikbaar voor ondiep wortelende gewassen. Voor dieper wortelende gewassen kan deze N eventueel later ter beschikking komen. Voor een aantal gewassen echter kan dit nefast kan zijn naar afrijping of kwaliteit toe (vb. een lager suikergehalte bij suikerbieten).

Toediening in de rij

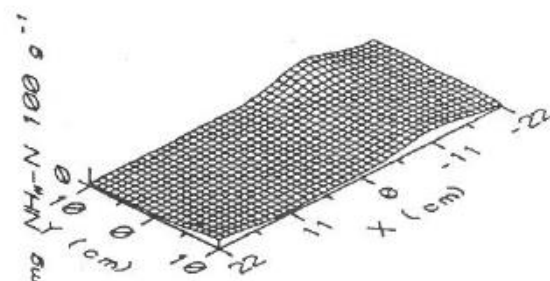
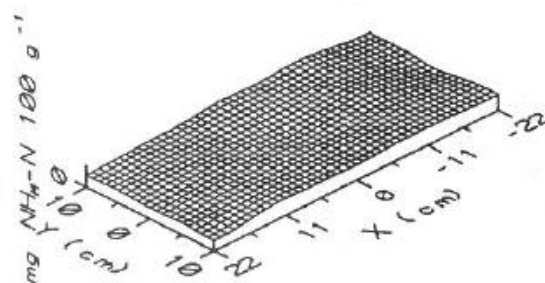


Breedwerpige toediening

Datum
29-5



4-7



2-8

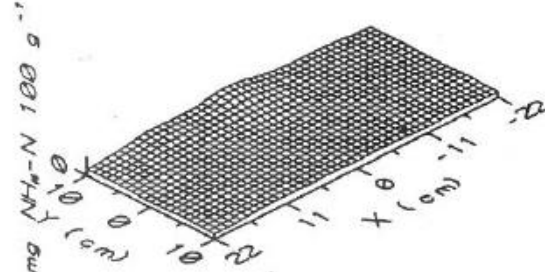


Fig. 3. Evolutie van de ammonium- ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) gehalten in de bouwvoor bij suikerbieten in functie van de toedieningswijze (Hofman et al., 1991). Het gewas bevindt zich op de coördinaten (0,0)

2.3.2. Verschillen in distikstofoxideverliezen

Een mogelijk nadeel van N-rijenbemesting zijn de hogere denitrificatieverliezen (Hunt et al., 2016) hoewel deze supplementaire N-verliezen gering zijn. Belangrijk hierbij is dat naast N_2 ook N_2O geëmitteerd wordt dat een belangrijk broeikasgas is (Fig. 4).

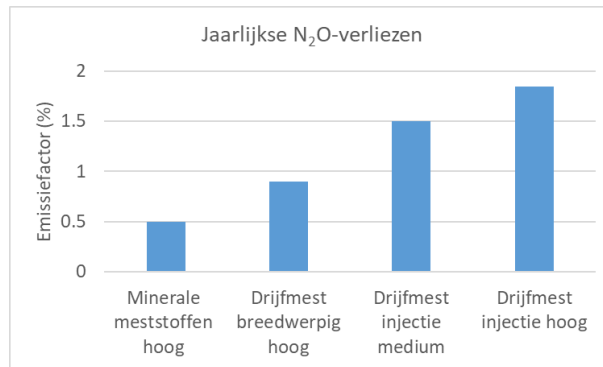


Fig. 4. Jaarlijkse gemiddelde distikstofoxide- (N₂O) verliezen bij toediening van minerale meststoffen (breedwerpig toediening) en breedwerpig toedieningen en injectie van mengmest bij maïs in Canada (2010-2014) (hoog= 250 en medium= 150 kg N ha⁻¹) (Hunt et al., 2016)

2.4. Opbrengsten

Hogere nutriëntenefficiënties met als gevolg hogere opbrengsten, al dan niet gekoppeld aan een lagere N-rijenbemesting en een minimalisatie van het NO₃⁻-N-residu bij de oogst zijn de belangrijkste redenen voor de hernieuwde belangstelling van rijenbemesting.

Nkebiwe et al. (2016) hebben een meta-analyse uitgevoerd over de effecten van rijenbemesting op opbrengsten, nutriëntenconcentratie en nutriëntenopname van bovengrondse plantendelen. Ze analyseerden 1022 datasets, beschreven in 40 studies, voor de periode 1982-2015 (Fig. 5). In vergelijking met een breedwerpig toepassing vonden ze bij een rijenbemesting een gemiddelde opbrengststijging van 3,7%, evenals 3,7% hogere nutriëntenconcentraties en als gevolg daarvan 11,9% hogere nutriëntenopnames in de bovengrondse plantendelen. De meest positieve effecten werden vastgesteld bij gewassen met een beperkte beworteling en een grote afstand tussen de rijen.

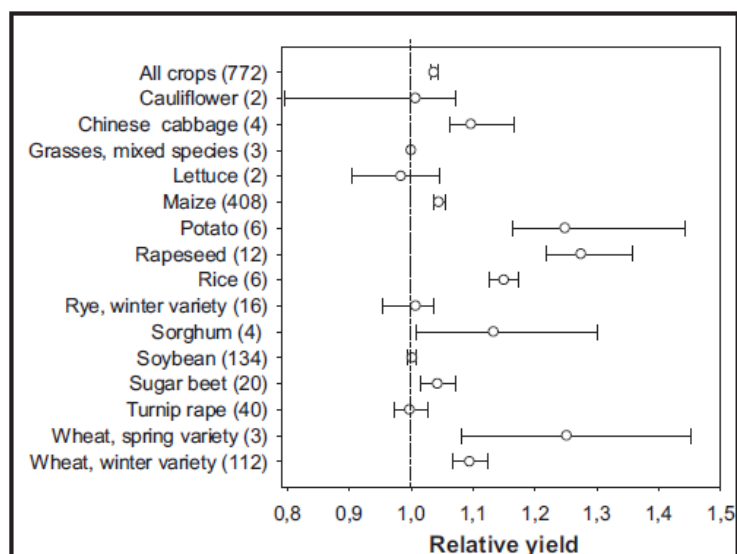


Fig. 5. Relatieve opbrengst (gemiddelde met 95% betrouwbaarheidsinterval) van rijenbemesting ten opzichte van breedwerpig toediening met eenzelfde hoeveelheid bemesting (Nkebiwe et al., 2016)

Schröder et al. (2015b) (Nederland) voerden tussen 1993 en 2012 14 veldproeven uit op maïs waarbij opbrengsten vergeleken werden tussen een conventionele toepassing van rundveemengmest (injectie om de 20 cm) en een bemesting in de rij (op een afstand van ± 5 cm van de rij). Voor dezelfde bemesting werd bij de rijtoepassing een droge stof- (D.S.) opbrengststijging van gemiddeld $760 \text{ kg D.S. ha}^{-1}$ vastgesteld t.o.v. de conventionele injectie. Ook de “schijnbare N-recovery” was hoger bij de rijenbemesting hetgeen aangeeft dat met lagere N-inputs bij rijenbemesting t.o.v. klassieke injectie vergelijkbare opbrengsten gehaald kunnen worden. Doordat in Nederland de maximaal toegestane N-dosis lager is dan het landbouwkundige N-advies voor maïs is een bemesting in de rij aangewezen om voldoende plantbeschikbare N te hebben. Het is zelfs zo dat, in het kader van equivalente maatregelen, een beperkte hoeveelheid N supplementair (zuidelijke zand- en leemgronden: $+25 \text{ kg N ha}^{-1}$ en andere zandgronden: $+10 \text{ kg N ha}^{-1}$) mag toegepast worden boven de generieke N-bemestingslimieten (2017-2020) (Schröder et al., 2015a). Equivalente maatregelen laten toe om af te wijken van de algemeen geldende gebruiksnormen op voorwaarde dat dit milieukundig even goede resultaten oplevert. Schröder et al. (2015a) geven aan dat de bestaande gebruiksnorm van 112 kg N ha^{-1} met $17\text{-}47 \text{ kg N ha}^{-1}$ mag toenemen zonder een nadelig effect op de N-uitspoeling. Wel kan zout schade optreden als de toegepaste hoeveelheid te hoog is, m.a.w. 30 m^3 rundermengmest is geen probleem maar dezelfde hoeveelheid varkensmengmest geeft risico's.

Ook Vermeulen et al. (2013) (Nederland) stelden hogere D.S.-opbrengsten vast bij rijenbemesting t.o.v. een breedwerpige toepassing (101 kg N ha^{-1}) van mengmest bij maïs. Hierdoor kunnen de bodemoverschotten dalen en zo kan op (kunst)mest bespaard worden. Van der Schans et al. (2011) en Kusters (2013, 2014) daarentegen maten een vergelijkbare opbrengst bij breedwerpige toepassing ten opzichte van rijenbemesting van maïs (Fig. 6), maar bij een hogere N-bemesting ($134\text{-}161 \text{ kg N ha}^{-1}$).

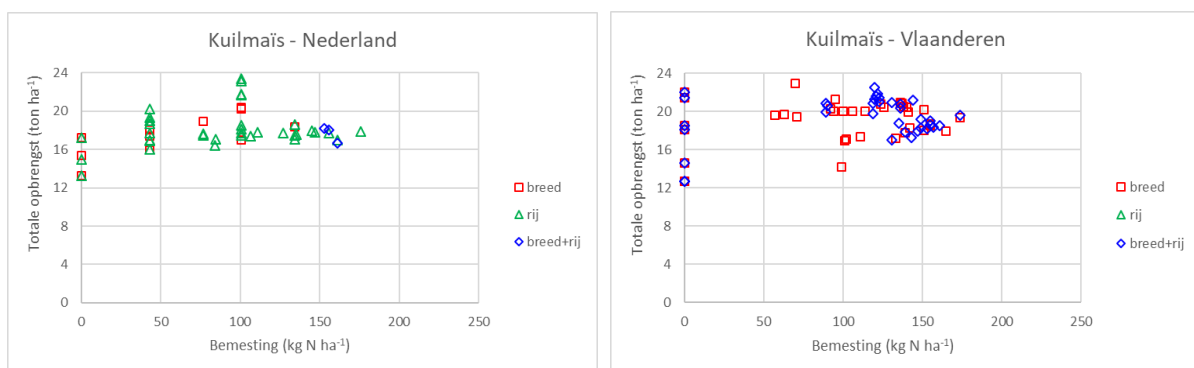


Fig. 6. Opbrengsten van kuilmaïs bij breedwerpige bemesting, rijenbemesting of een combinatie (dierlijke mest breedwerpig en minerale meststoffen in de rij) in Nederland (links) en Vlaanderen (rechts) (Naar: van der Schans et al., 2011; Kusters, 2013, 2014; Vermeulen, 2013; Odeurs et al., 2014a, b)

Federolf et al. (2016) hebben op een 7-tal testsites in het noordwesten van Duitsland eveneens een vergelijking gemaakt tussen een breedwerpige en een rijenbemesting van mengmest bij maïs. De voornaamste conclusie uit dit onderzoek is dat bij een rijenbemesting minder N en P dient toegepast te worden om toch optimale opbrengsten te halen.

Smit et al. (2013) vonden wisselende resultaten bij zowel toediening van mengmest als minerale meststoffen in de rij t.o.v. een breedwerpige toepassing bij aardappelen in Nederland. Enkel bij lage N-giften waren de knolopbrengsten iets hoger bij rijenbemesting.

Een literatuuroverzicht uitgevoerd door van Geel (2015) geeft ook wisselende resultaten van een N-rijenbemesting bij aardappelen in Nederland. Enkel bij een lage bodemvruchtbaarheid komt vaak een positief effect op de opbrengst tot uiting. De auteur besluit dat op basis van de beschikbare resultaten van Nederlandse proeven bij aardappelen geen algemeen geldend advies kan worden gegeven voor de reductie van de N-gift door rijenbemesting.

Ook in Vlaanderen werden studies uitgevoerd om de effecten van een rijenbemesting t.o.v. een breedwerpige toepassing op N-efficiëntie en opbrengsten na te gaan. Deze proeven werden vooral uitgevoerd op gewassen met een relatief grote tussen-rij afstand en/of een beperkte beworteling zoals maïs, aardappelen en suikerbieten.

Een aantal proeven op maïs uitgevoerd door het Landbouwcentrum voor Voedergewassen toonden eveneens nauwelijks verschillen tussen beide bemestingstechnieken bij een bemesting tot het advies (Fig. 6). Ook hier werd vastgesteld dat bij een rijenbemesting minder N konden aangeboden worden zonder productieverlies te lijden. Vergelijkbare resultaten werden gevonden bij zowel het gebruik van minerale meststoffen als van mengmest (Odeurs et al., 2014a, b).

Zoals in Nederland werden bij aardappelen wisselende resultaten van een N-bemesting in de rij t.o.v. een breedwerpige toepassing op de opbrengsten vastgesteld. Proeven uitgevoerd in de vroege jaren '90 schommelden tussen geen verschillen in het ene jaar tot een opbrengststijging van maximaal 10% ten voordele van een N-rijenbemesting (Tabel 2) (Hofman et al., 1993; Salomez et al., 1995).

Tabel 2. Opbrengsten en nitraatstikstof- (NO_3^- -N) residu's (0-60 cm in het jaar 1990 en 0-90 cm voor de overige jaren) bij de oogst van consumptieaardappelen in functie van bemestingstechniek (Hofman et al., 1993; Salomez et al., 1995). De opbrengsten en NO_3^- -N-residu's zijn gemiddelden voor de verschillende bemestingshoeveelheden.

Jaar	Bemestingstrappen + bodem NO_3^- -N (0-60 cm) bij het planten (kg N ha^{-1})	Breedwerpig		Rijenbemesting	
		Opbrengst (ton ha^{-1})	NO_3^- -N-residu (kg N ha^{-1})	Opbrengst (ton ha^{-1})	NO_3^- -N-residu (kg N ha^{-1})
1990	155, 280 en 380	26,1	295	28,5	269
1991	180, 280 en 380	41,7	125	40,1	185
1992	205, 290 en 385	67,3	117	72,6	159
1993	130, 200 en 260	62,0	105	65,8	141

Een aantal recente demonstratieprojecten van het Departement Landbouw en Visserij werden uitgevoerd om de mogelijkheden van een N-rijenbemesting naar opbrengstmaximalisatie en reductie van het NO_3^- -N-residu na te gaan (De Blauwer et al., 2014). Naar opbrengsten werden bij het N-advies geen verschillen tot hoogstens een paar % hogere opbrengsten ten voordele van de rijenbemesting

vastgesteld. Bij een beperkte korting van de N-bemesting in de rij t.o.v. het breedwerpige advies daarentegen konden vaak vergelijkbare opbrengsten genoteerd worden (Fig. 7).

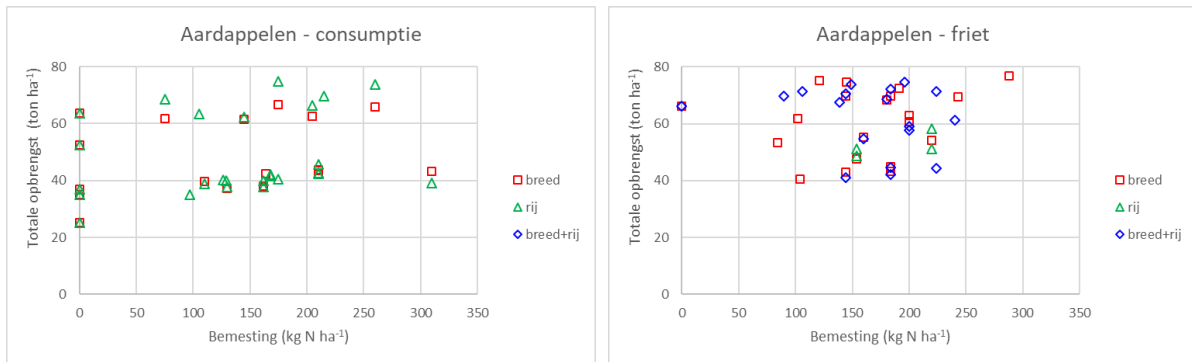


Fig. 7. Opbrengst van consumptie- en frietaardappelen bij breedwerpige bemesting, rijenbemesting of een combinatie (dierlijke mest breedwerpig en minerale meststoffen in de rij) (Naar: Hofman et al., 1993; Salomez et al., 1995; De Blauwer et al., 2014)

Volgens Vandergeten en Vanstallen (1991, 2000) kan bij een bemesting in de rij van suikerbieten een besparing van de N-bemesting met 1/3 gehaald worden en een stijging van de financiële opbrengst van 9% (Fig. 8). Het Koninklijk Belgisch Instituut tot Verbetering van de Biet adviseert een korting van de N-bemesting 15 tot 30% bij N-rijenbemesting t.o.v. een breedwerpige toepassing, afhankelijk van de bodem (mondelijke mededeling). Eigenaardig genoeg wordt op dit ogenblik nog nauwelijks N-rijenbemesting toegepast bij suikerbieten.

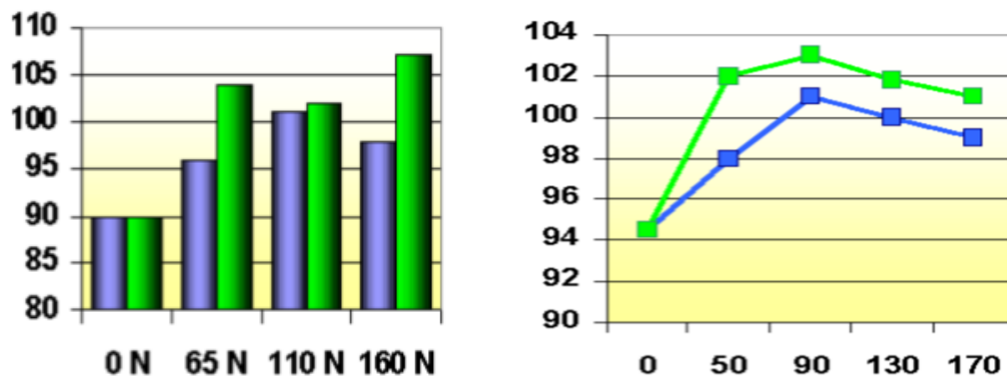


Fig. 8. Links: opbrengst van suikerbieten – Rechts: Financiële opbrengst van suikerbieten bij breedwerpige toediening (blauw) en rijenbemesting (groen) (Vandergeten en Vanstallen, 1991, 2000)

2.5. Nitraatstikstofresidu's bij de oogst

In Vlaanderen is de grootste uitdaging inzake nutriëntenmanagement het voldoen aan de normen van de maximaal toegelaten NO_3^- -N-residu's in het najaar (grotendeels gekoppeld aan de residu's bij de oogst). De NO_3^- -N-gehalten bij de oogst bij een optimale bemesting, gedefinieerd door Hofman et al. (1984) als het latent NO_3^- -N-residu, zijn afhankelijk van een aantal factoren zoals diepte en intensiteit

van de beworteling van het gewas, de tussen-rij afstand van de teelt, het N-opnamepatroon van het desbetreffende gewas in de tijd, de ruimtelijke spreiding van de minerale N in het bodemprofiel zowel verticaal als horizontaal, etc. Dit is de basis voor het opstellen van maximaal toelaatbare NO_3^- -N-residu's per gewas of gewasgroep in Vlaanderen in het najaar.

Voor gewassen met een uitgebreid wortelstelsel, een geringe tussen-rij afstand en een laag latent NO_3^- -N-residu, leidt een aanpassing van de bemestingstechniek niet tot een verlaging van het NO_3^- -N-residu bij de oogst (vb. graangewassen). Ook bij gewassen met een grotere tussen-rij afstand, maar met een uitgebreid wortelstelsel, zoals suikerbieten, kan het bodemprofiel goed uitgeput worden met geringe verschillen in NO_3^- -N-residu's zelfs op maximale afstanden van de plant. Hierbij dient vermeld dat dit enkel het geval is bij (sub)optimale bemestingen (Fig. 9), een voldoende hoge bodemvruchtbaarheid en indien er geen storende lagen in het bodemprofiel aanwezig zijn. Bij bemestingen boven het optimum worden de NO_3^- -N-residu's uiteraard hoger en zijn de verschillen tussen een breedwerpige en een bemesting in de rij groter in het midden tussen twee planrijen (Fig. 10). Volgens Schröder (mondelijke mededeling) daarentegen is het tussenrij-gebied bij maïs relatief schaars beworteld tot ver in de zomer (vooral in droge omstandigheden) hetgeen zou leiden tot hogere NO_3^- -N-residu's in het tussenrij-gebied.

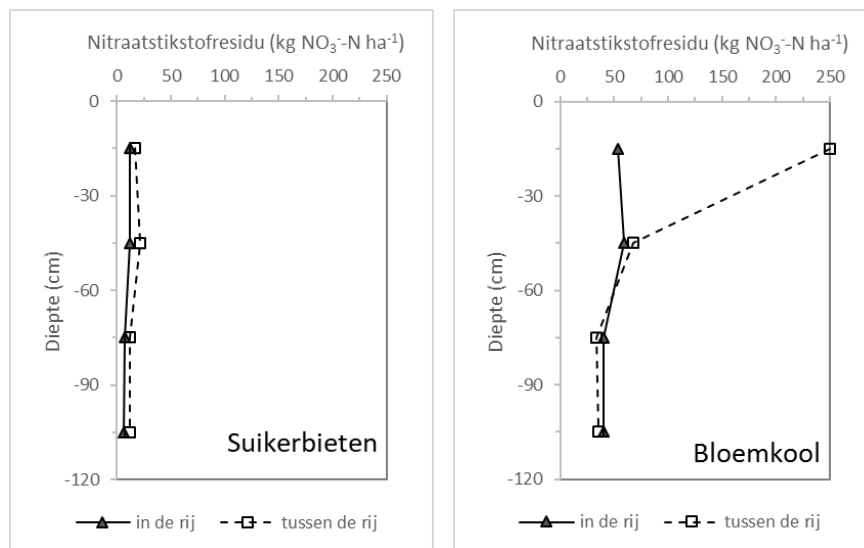


Fig. 9. Nitraatstikstofresidu (kg NO_3^- -N ha^{-1}) 'in' en 'tussen' de rij bij de oogst van suikerbieten en bloemkool bij een optimale bemesting (Hofman et al., 1991)

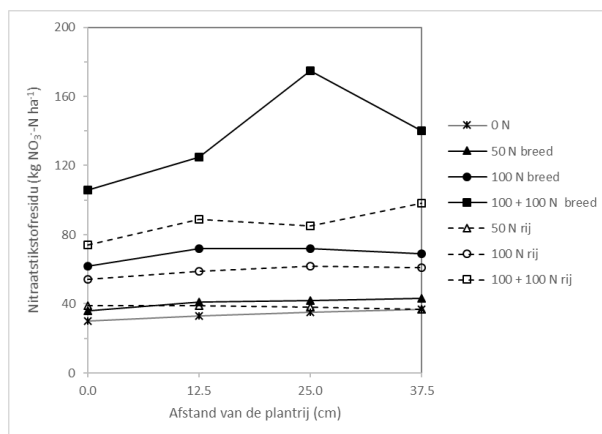


Fig. 10. Nitraatstikstofresidu ($\text{kg NO}_3^- \text{N ha}^{-1}$) in het bodemprofiel (0-120 cm) bij verschillende N-bemestings-trappen en op variërende afstanden van de rij bij de oogst van maïs (Hofman et al., 1991)

Voor gewassen met een hoger latent mineraal N-residu, dit als gevolg van een beperkte worteldensiteit, een ondiepe beworteling en een vaak relatief hoge tussen rij-afstand, zoals aardappelen, is een bemesting in de rij theoretisch te overwegen om de $\text{NO}_3^- \text{N}$ -residu's bij de oogst te beperken. In de praktijk worden vaak wisselende resultaten opgetekend (in Tabel 2). De $\text{NO}_3^- \text{N}$ -residu's (= gemiddeld van de N-trappen 0 tot 385 kg N ha^{-1}) zijn hoog omwille van de N-bemestingshoeveelheden die boven de huidige N-norm liggen. De extreem hoge $\text{NO}_3^- \text{N}$ -residu's in 1990 waren te wijten zeer lage opbrengsten als gevolg van zeer droge omstandigheden tijdens het groeiseizoen (90 mm neerslag t.o.v. de normale neerslaghoeveelheid van 232 mm voor de periode mei tot september). Deze "oude" resultaten worden grotendeels bevestigd door recente proeven uitgevoerd in het kader van demonstratieprojecten van het Departement Landbouw en Visserij (Fig. 11) (De Blauwer et al., 2014).

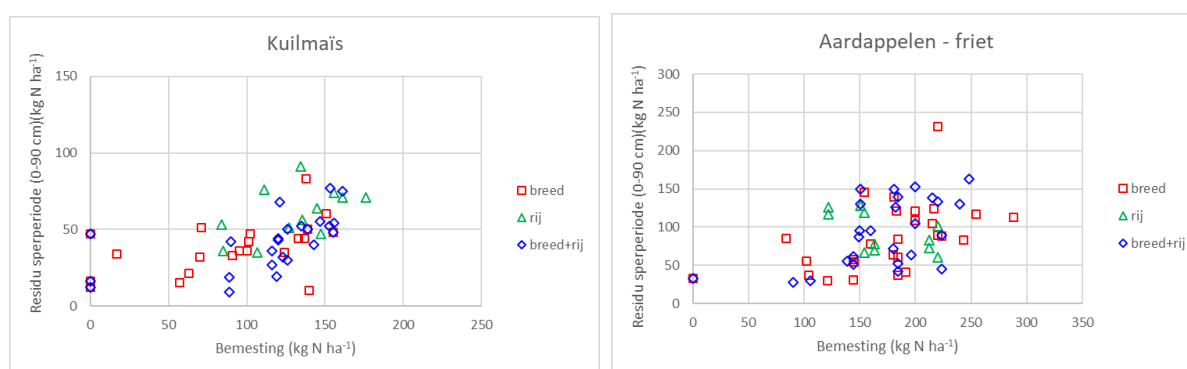


Fig. 11. Nitraatstikstofresidu ($\text{kg NO}_3^- \text{N ha}^{-1}$) (0-90 cm) bij de oogst van kuilmaïs (links) en frietaardappelen (rechts) bij breedwerpige bemesting, rijenbemesting of een combinatie (dierlijke mest breedwerpig en minerale meststoffen in de rij) (Naar: Kusters, 2013, 2014; De Blauwer et al., 2014; Odeurs et al., 2014a, b)

Ook voor een aantal groentegewassen met een beperkte beworteling en een relatief grote tussenrij-afstand is een bemesting in de rij te overwegen. Een aantal groenten wordt immers geoogst in volle groei en dus in volle N-opname. Dit betekent dat tot bij de oogst voldoende beschikbare N dient

aanwezig te zijn, waardoor een bemesting in de rij voordelig kan zijn. Dit is o.a. het geval voor bloemkool, een gewas dat daarenboven een relatief korte vegetatieperiode heeft. Uit Fig. 9 kan afgeleid worden dat het NO_3^- -N-residu duidelijk lager is 'in' de rij dan 'tussen' de rij.

3. Conclusies

In de huidige context rond nutriëntenmanagement dienen aangepaste bemestingstechnieken vooral te focussen op:

- een hoge N-efficiëntie, aangezien in de meeste EU landen beperkingen opgelegd worden naar het gebruik van N en eventueel P toe;
- het beperken van N-verliezen door drainage, m.a.w. zo laag mogelijke NO_3^- -N-residu's bij de oogst en in het najaar.

Voorals gewassen met een beperkte beworteling en een grote tussenrij-afstand komen in aanmerking voor een rijenbemesting.

Aangezien er bijkomende kosten verbonden zijn aan een bemesting in de rij is het voor de landbouwer in de eerste plaats belangrijk dat rijenbemesting economisch rendabel is. Dit betekent dat hogere opbrengsten gehaald moeten worden bij een rijenbemesting t.o.v. eenzelfde hoeveelheid breedwerpige bemesting en/of eenzelfde opbrengst kan gehaald worden met lagere N-bemestingen in de rij t.o.v. een breedwerpige toepassing.

Uit het relatief breed literatuuronderzoek komt duidelijk tot uiting dat er N-efficiëntiewinsten (zij het meestal beperkt) geboekt worden bij een rijenbemesting bij een aantal gewassen met een beperkte beworteling en een relatief grote tussenrij-afstand. Deze winsten zijn het hoogst bij (sub)optimale bemestingen en/of bodems met een lage bodemvruchtbaarheid. Bij scherpe maximale N-bemestingsnormen kan een N-bemesting in de rij een oplossing zijn om aan de desbetreffende wetgeving te voldoen.

Vanuit milieu-overwegingen is het verder reduceren van het NO_3^- -N-residu bij de oogst primordiaal. In deze context is het maar zinnig om een rijenbemesting te overwegen indien het latent mineraal N-residu van het gewas hoog is, zoals o.a. bij aardappelen en een aantal groentegewassen, en de beschikbare N tussen de rij moeilijk kan opgenomen worden. Indien men rekening houdt met een ietwat hogere N-efficiëntie en dus minder N zal toedienen bij rijenbemesting t.o.v. een breedwerpige toepassing kunnen lagere NO_3^- -N-residu's verwacht worden bij rijenbemesting. Daarentegen zijn de NO_3^- -N-residu's bij eenzelfde bemesting soms hoger bij een rijenbemesting t.o.v. een breedwerpige toepassing. Een mogelijke verklaring is dat de iets hogere N-efficiëntie vaak niet opweegt t.o.v. het beperken van de gasvormige verliezen bij de bemesting in de rij.

Tenslotte dient vermeld dat het meeste literatuuronderzoek handelde over het gebruik van minerale N-meststoffen. Uit het aantal beperkte proeven met mengmest kan gesteld worden dat vergelijkbare resultaten kunnen verwacht worden bij het gebruik van mengmest.

4. Referenties

- Anonymous (1991). Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. Official Journal of the European Communities, L373: 0001-0008.
- De Blauwer V., Goeminne M., Bries J. (2014). N naar de aardappel brengen en zo N efficiëntie benutten. Technische eindverslag, ADLO-demonstratieproject, 111 p.
- Demeyer P. (1990). Ammoniakvervluchting uit de bodem na toediening van ureum- en ammoniumhoudende meststoffen. Jaarverslag I.W.O.N.L. Brussel, 67 p.
- Federolf C.P., Westerschulte M., Olfs H.W., Broll G., Trautz D. (2016). Enhanced nutrient use efficiencies from liquid manure by positioned injection in maize cropping in northwest Germany. European Journal of Agronomy, 75, 130-138.
- Hofman G., Ossemerct C., Ide G., Van Ruymbeke M. (1984). Significance of the latent mineral N-residue in the soil profile in nitrogen fertilization advices. In: Welte E., Szabolcs J. (Eds.); Proceedings of the 9th CIEC World Fertilizer Congress, Budapest, Hungary, 225-229.
- Hofman G., Van Meirvenne M., Demyttenare P. (1992). Stikstofbemesting. Toediening van N-meststoffen in de rij: potentiële voordelen. Landbouwtijdschrift, 45 (2), 341-353.
- Hofman G., Van Meirvenne M., Demyttenaere P., Demeyer P. (1991). Beschouwingen bij het toedienen van N-meststoffen in de rij. Studiedag: Optimale bemestingstechnieken voor landbouw en milieu, Technologisch Instituut KVIV, Meise, 3.1.-3.16.
- Hofman G., Versteegen P., Demyttenaere P., Van Meirvenne M., Delanotte P., Ampe G. (1993). Comparison of row and broadcast N application on N efficiency and yield of potatoes. In: Fragoso M.A.C., van Beusichem M.L. (Eds.); Optimization of Plant Nutrition, Kluwer Academic Publishers, 359-365.
- Hunt D., Bittman S., Hogendoorn C., Zhang H. (2016). Improving nitrogen and phosphorus response of corn (*Zea mays* L.) to dairy slurry by precision injection: benefits and risks. Proceedings of the 2016 International Nitrogen Initiative Conference. Solutions to improve nitrogen use efficiency for the world, Melbourne, Australia, www.ini2016.com.
- Kusters E. (2013). Praktijknetwerk Rijenbemesting Zuid-Limburg; Tussenrapportage 2012. Rijenbemesting Zuid-Limburg, 22 p.
- Kusters E. (2014). Praktijknetwerk Rijenbemesting Zuid-Limburg; Tussenrapportage 2013. Rijenbemesting Zuid-Limburg, 28 p.
- Nkebiwe P.M., Weinmann M., Bar-Tal A., Müller T. (2016). Fertilizer placement to improve crop nutrient acquisition and yield; A review and meta-analysis. Field Crops Research, 389-401.
- Odeurs W., Bries J., Latré J., Cauffman D., Vrancken K., Verheyen J., Van de Ven G. (2014a). Maïs bemesten: oude principes, nieuwe technieken. Landbouwcentrum voor Voedergewassen, 13 p.
- Odeurs W., Bries J., Latré J., Cauffman D., Vrancken K., Verheyen J., Van de Ven G. (2014b). Rijenbemesting met mengmest bij maïs. Landbouwcentrum voor Voedergewassen, 10 p.
- Prummel J. (1954). Rijenbemesting. Stikstof, 4, 128-131.
- Prummel J. (1957). Fertilizer placement experiments. Plant and Soil, 8, 231-243.
- Salomez J., Hofman G., Delanote P., Ampe G. (1995). Bemesting in de rij. In: Bries J., Vandendriessche H., Geypens M. (Eds.); Bemesting en berekening van aardappelen in functie van opbrengst en kwaliteit. I.W.O.N.L., Brussel, 146-156.
- Schröder J.J., de Haan J.J., van der Schoot J.R. (2015a). Meststofgebruiksruimte in relatie tot opbrengstniveaus, mestsoort en rijenbemesting. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten. Wageningen UR, PPO-rapport 638, 44 p.
- Schröder J.J., Vermeulen G.D., van der Schoot J.R., van Dijk W., Huijsmans J.F.M., Meuffels G.J.H.M., van der Schans D.A. (2015b). Maize yields benefit from injected manure positioned in bands. European Journal of Agronomy, 64, 29-36.

Smit B., van Geel W., Malda J.T., Pronk A. (2013). Rijenbemesting: kansen, nieuwe producten en technieken. Rapportage 2012 en 2013. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving/ Plant research International, Wageningen, Rapportage 2012 en 2013, 86 p.

Vandergeten J.P., Van Stallen M. (1991). Influence de l'application localisée de doses raisonnées d'azote sur le rendement et la qualité industrielle de la betterave sucrière. 54th congress of IIRB, Brussel, 297-318.

Vandergeten J.P., Van Stallen M. (2000). Stikstofbemesting in suikerbieten. Koninklijk Belgisch Instituut tot Verbetering van de Biet (KBIVB/IRBAB), Tienen, 53 p.

van der Schans D., Meuffels G., van der Schoot J.R., van Dijk W., Vermeulen B. (2011). Precisie plaatsing van drijfmest in maïs; Veldproeven met precieze plaatsing van mest ten opzichte van de maïsrij bij bemesten en zaaien in aparte werkgangen en het effect op bodemdichtheid en mineralenbenutting. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving/ Plant Research International, Wageningen, PPO-rapport 436, 28 p.

Van Geel W. (2015). Advisering rijenbemesting bij aardappel en zaaiui; Notitie voor het Handboek Bodem en Bemesting. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving/ Plant Research International, Wageningen, PPO-rapport 667, 26 p.

Van Meirvenne M., Hofman G., Demyttenaere P. (1990). Spatial variability of N fertilizer application and wheat yield. Fertilizer Research, 23, 15-23.

Vermeulen B., Huijsmans J., Meuffels G. (2013). Precisieplaatsing van drijfmest en grondbewerking in maïs. Plant Research International, Wageningen, Rapport 510, 18 p.