

////////////////////////////////////

GOEDE PRAKTIJKEN VOOR DE

BEMESTING

VAN AARDAPPELEN & MAÏS

Praktijkids
opgesteld n.a.v. studie
“Klimaatadaptieve praktijken voor het terugdringen
van nutriëntenverliezen; een gerichte verkenning”
APLM/2019/4

////////////////////////////////////

Projectconsortium:

Bodemkundige Dienst van België vzw

Sophie Nawara, Wendy Odeurs, Pieter Janssens, Mia Tits en Annemie Elsen

ILVO

Thijs Vanden Nest



Te citeren als:

Odeurs W., Nawara S., Vanden Nest T., Janssens P., Tits M., Elsen A. (2021). Goede praktijken voor de bemesting van aardappelen en maïs-Praktijkgids opgesteld n.a.v. studie "Klimaatadaptieve praktijken voor het terugdringen van nutriëntenverliezen: een gerichte verkenning." Studie uitgevoerd door de Bodemkundige Dienst van België en ILVO Plant in opdracht van de Vlaamse Landmaatschappij. 25 pp.



INHOUD

Inleiding 5	
Waterkwaliteit en bemesting in Vlaanderen.....	5
Aardappelen en maïs in het mestactieplan.....	8
Elk zijn eigenheden en problemen	10
Aardappelen	10
Maïs	15
Is fractionering van stikstof een goed idee?.....	17
Besparing op meststoffen?	18
Wat met de opbrengst?	18
Lagere nitraatresidu's?	19
Gefractioneerde stikstofbemesting in de praktijk.....	19
Rijenbemesting	19
Gesplitste toediening	20
Gunstige randvoorwaarden zijn de basis	22
Goede bodemkwaliteit	22
Goede pH van de bodem	22
Rotatie	23
En werk met kennis van zaken	23
De mogelijkheden samengevat	24
Referenties	25



INLEIDING

De eerste stappen en gesprekken richting een grensoverschrijdend waterkwaliteitsbeleid startten in 1950. In 1975 werden voor het eerst in Europees verband normen vastgelegd voor de hoeveelheid nitraat dat in het water, als voorbereiding op drinkwater, mocht voorkomen. Na jarenlang onderhandelen leidde dit tot de Europese Kaderrichtlijn Water (2000/60/EG), welke van kracht werd op 22 december 2000. Deze voorziet de bescherming van alle wateren in de Europese stroomgebieden, met de expliciete aandacht voor een goede ecologische kwaliteit van oppervlaktewater waarbij een natuurlijke toestand van de waterlichamen wordt nagestreefd.

Het belang van nitraten uit agrarische bronnen leidde al eerder tot de Europese Nitraatrichtlijn in 1991 (91/676/EEG). De nitraatrichtlijn is erop gericht verontreiniging van grond- en oppervlaktewater door nitraten uit agrarische bronnen te voorkomen door goede landbouwpraktijken te stimuleren. De opeenvolgende MestActieProgramma's gaven en geven uitvoering van de nitraatrichtlijn in Vlaanderen.

Deze praktijkgids gaat in op de moeilijkheden en de uitdagingen van stikstofbemesting in aardappelen en maïs en biedt enkele nieuwe scenario's.

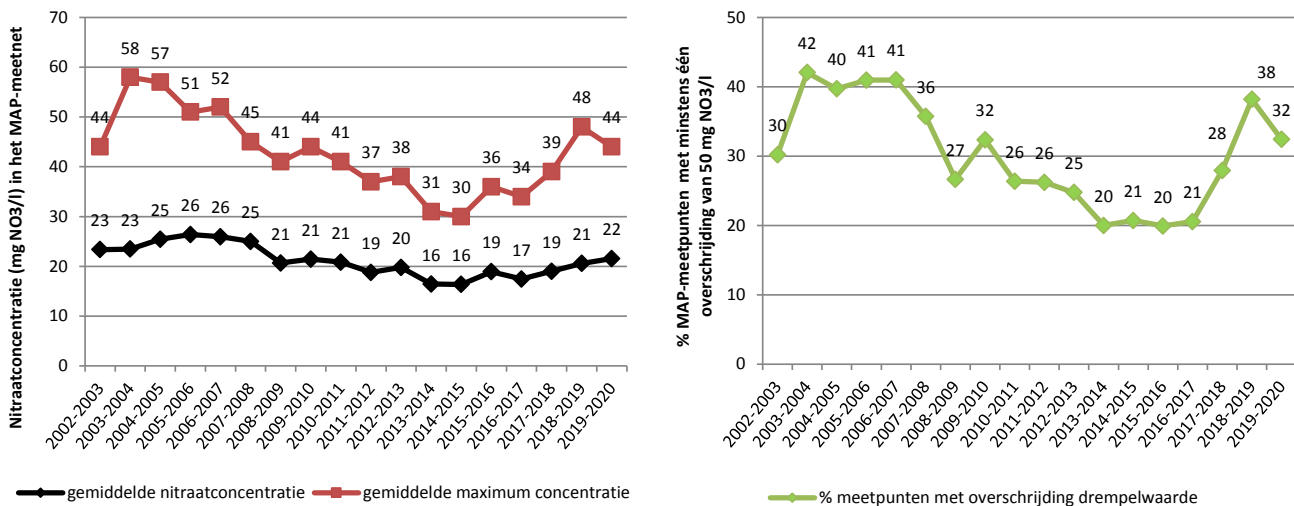
WATERKWALITEIT EN BEMESTING IN VLAANDEREN

De waterkwaliteit in het Vlaamse landbouwgebied verbetert niet langer. De dalende trend waargenomen tot 2014 voor zowel de nitraatconcentratie in het oppervlaktewater als het aantal meetplaatsen met minstens één normoverschrijding voor nitraat zet zich niet langer door (Figuur 1). De gemiddelde nitraatconcentratie in het oppervlaktewater stijgt sinds 2017 opnieuw stilaan terwijl ook meer MAP-meetpunten een overschrijding van de norm vertonen. Het vooropgestelde doel van maximaal 5% MAP-meetpunten met een overschrijding eind 2018 werd niet gerealiseerd.

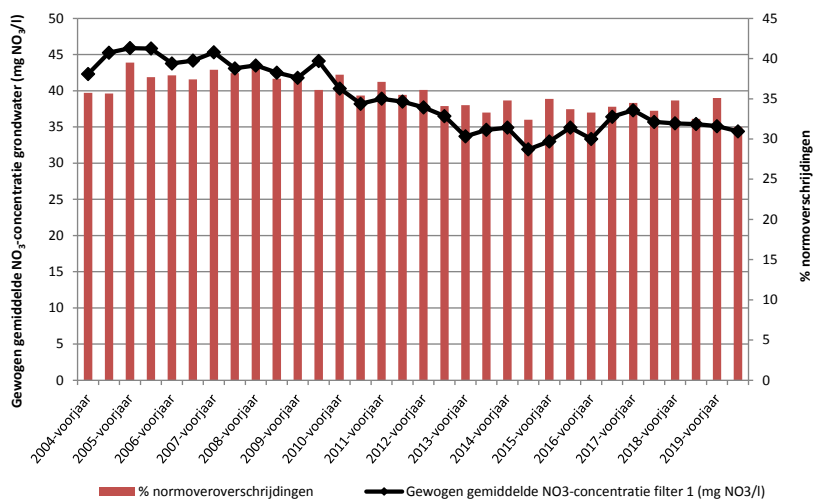
In het freatisch grondwatermeetnet worden niet noodzakelijk meer overschrijdingen waargenomen maar is er na een lichte stijging van de gewogen gemiddelde nitraatconcentratie op het niveau van de eerste filter sinds 2014 eerder een stagnatie sinds najaar 2017. Ook daar is de dalende tendens onderbroken (Figuur 2).

Vanaf MAP6 wordt de oppervlaktewaterkwaliteit per afstroomzone geëvalueerd. Het streefdoel per afstroomzone is een gemiddelde nitraatconcentratie van 18 mg NO₃/l tegen 2027.





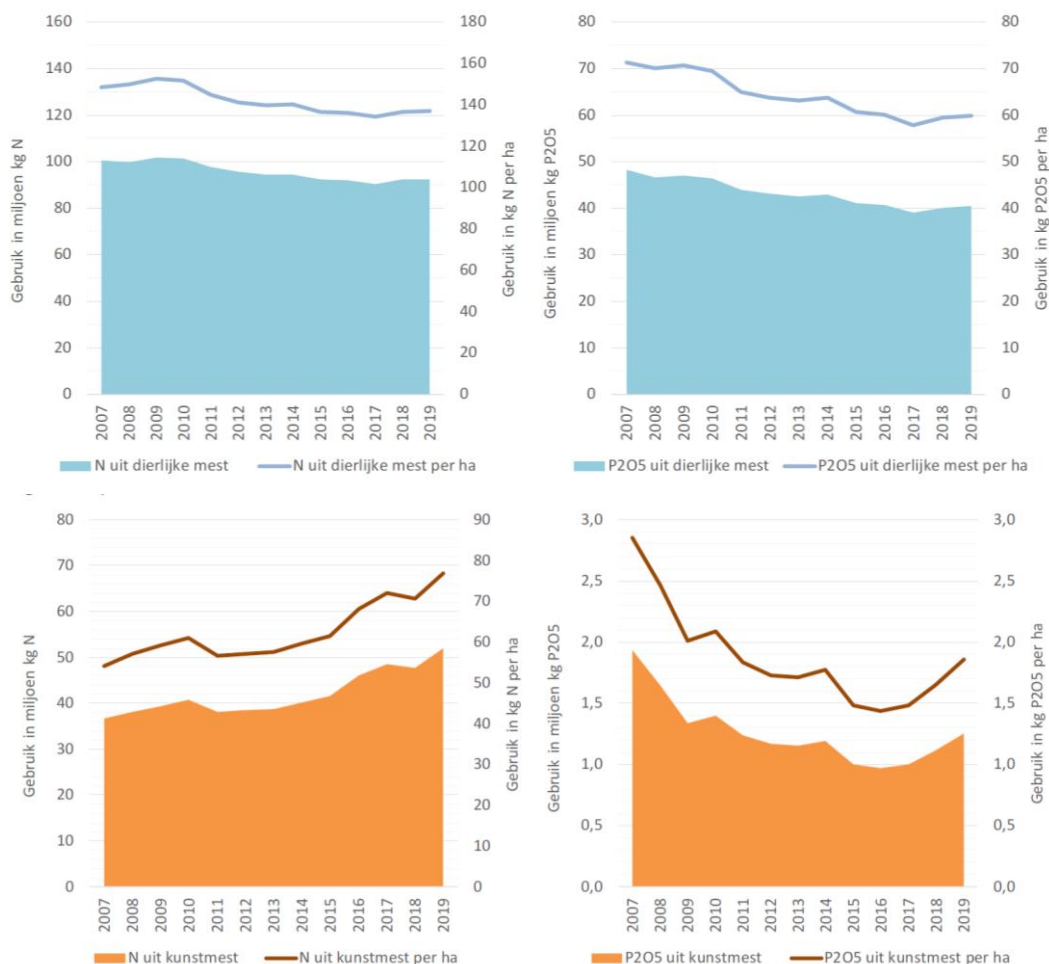
Figuur 1: Evolutie van de gemiddelde nitraatconcentratie (mg NO₃/l), gemiddelde maximumnitraatconcentratie (mg NO₃/l) (links) en het percentage (%) meetpunten in het MAP-meetnet met minstens één overschrijding van de drempelwaarde van 50 mg nitraat/l (rechts) (VMM, Milieuraapport.be).



Figuur 2: Evolutie van het percentage (%) normoverschrijdingen van nitraat in het grondwater en de gemiddelde nitraatconcentratie (mg NO₃/l) in het freatisch grondwater in landbouwgebied ter hoogte van filter 1 (VMM, Milieuraapport.be).

De dierlijke mestproductie was op het einde van MAP5, 2018, stabiel. Het gebruik ervan was in de periode 2007-2017 gedaald (Figuur 3). Vanaf 2018 leidde een verbeterde opvolging van de mestsamenstelling in een wat hoger gebruik van dierlijke mest. Het gebruik van stikstof uit kunstmest daarentegen is gestegen sinds 2007 op basis van de aangiftes van de landbouwers. De toename van het stikstofgebruik uit kunstmest sinds 2007 wordt sterk beïnvloed door de stelselmatige aanscherping van de P_2O_5 -bemestingsnormen in de opeenvolgende actieprogramma's. Fosfor uit kunstmest werd tot 2016 stelselmatig minder toegepast onder impuls van de strengere P_2O_5 -bemestingsnormen.

De maximale afzetruimte voor dierlijke mest in Vlaanderen werd niet volledig ingevuld in de periode 2008-2018 (Vlaamse Overheid, 2019). Nochtans overschrijdt de globale dierlijke mestproductie in Vlaanderen de plaatsingsruimte voor dierlijke mest op landbouwgrond, berekend o.b.v. de maximale bemestingsnormen (VLM, 2020). De afzetruimte voor werkzame stikstof (geheel uit dierlijke mest, kunstmest en andere meststoffen) zal door de stelselmatig strengere N-bemestingsnormen in bepaalde gebieden verder dalen. In deze gebieden moet een nieuw evenwicht gezocht worden tussen de verschillende bemestingsvormen.

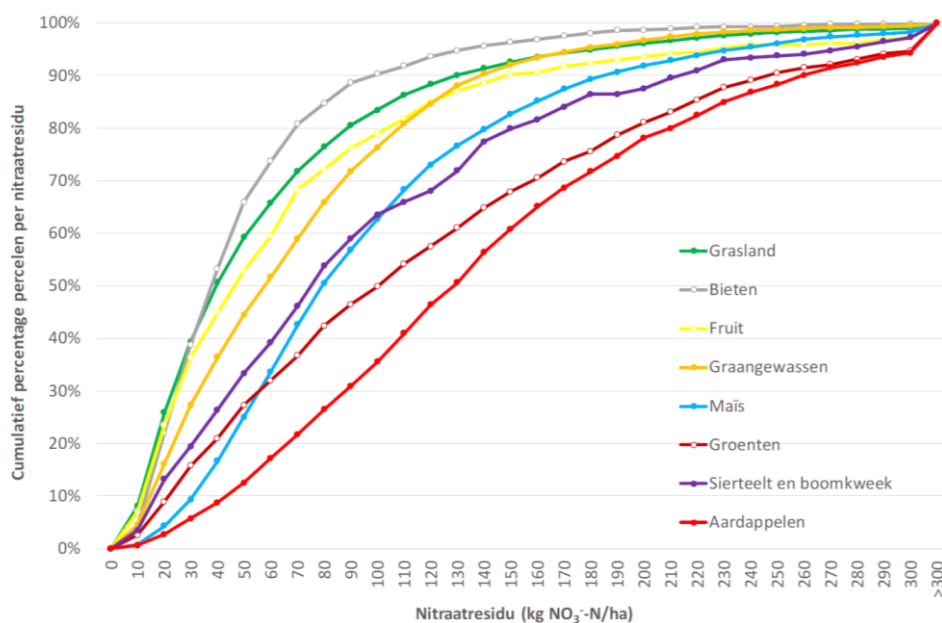


Figuur 3: Evolutie van het gebruik van dierlijke mest (boven) en kunstmest (onder) in Vlaanderen in de periode 2007-2019 (Kunstmest op basis van de aangiftegegevens van de landbouwers bij de Mestbank) (VLM, 2020)

AARDAPPELEN EN MAÏS IN HET MESTACTIEPLAN

In Vlaanderen wordt op het einde van het teeltseizoen (1/10-15/11) het nitraatresidu gemeten om in te schatten of er te veel nitraat is achtergebleven in de bodem. Als er veel nitraat achterblijft na het teeltseizoen, neemt de nitraatuitspoeling naar het grond- en oppervlaktewater tijdens de wintermaanden toe.

De landbouwers worden daarom aangezet om scherp op de snee te bemesten, de nitraatrest te beperken en zo mee te zorgen voor een goede waterkwaliteit. In sommige situaties en voor sommige teelten is het een hele uitdaging om een voldoende laag residu te behalen. Percelen met aardappelen of groenten tonen gemiddeld de hoogste nitraatresidu's, gevolgd door maïs (Figuur 4). Zeker in jaren gekarakteriseerd door atypische weersomstandigheden wordt vaak een hoger nitraatresidu gemeten in gewassen zoals maïs, aardappelen, groenten en sierteelt. Een ondiep wortelstelsel van aardappelen en een weinig vertakt wortelstelsel bij maïs maken het deze teelten al moeilijker. In deze teelten is een accurate bemesting waarbij gestreefd wordt naar een optimale opbrengst in combinatie met geringe milieukundige verliezen dan ook een hele uitdaging.



Figuur 4: Cumulatief percentage percelen dat voldoet aan een bepaald nitraatresidu per gewas, bij de stalnamecampagne van de Mestbank in 2019 (Mestbank, 2020)

Het 4-J-principe, zijnde bemesten met de Juiste mestsoort aan de Juiste dosis op het Juiste tijdstip met de Juiste techniek, biedt hulp. Bemesting volgens het principe van de 4 J's moet onvoorziene weersomstandigheden mee helpen opvangen.

Te vroeg in het groeiseizoen bemesten, met te veel tijd tussen bemesten en zaaien of planten of tot de belangrijkste opnameperiode, past niet in de 4-J-filosofie en vergroot het risico op uitspoeling door onvoorziene regenval. Het is daarom beter om de bemesting uit te voeren op een tijdstip dat het gewas de nutriënten het meest nodig heeft. Ook het fractioneren van de bemesting doorheen het groeiseizoen is een goede praktijk, waarbij de landbouwer kan inspelen op de weersomstandigheden.

Via bemestingsnormen, het principe van werkzame stikstof, uitrijregelingen, het inzetten van vanggewassen, etc. in combinatie met een gebiedsgerichte aanpak wordt door het mestbeleid getracht om de waterkwaliteitsdoelstellingen in Vlaanderen te realiseren.

Bemesting gebeurt in functie van de **werkzame stikstof**, met andere woorden de stikstof die het gewas nuttig kan gebruiken in het jaar van toediening. Hiervoor wordt gekeken naar de werkingscoëfficiënt van de gebruikte meststoffen, of anders gezegd, de verhouding van de werkzame N ten opzichte van de totale N. Voor organisch mest zijn in het Mestdecreet forfaitaire werkingscoëfficiënten per mestsoort bepaald.

Bij de stikstofbemesting moet evenwel rekening gehouden worden met twee normen: de stikstofnorm voor dierlijke mest en de norm voor werkzame stikstof. De Nitraatrichtlijn stelt immers in heel Vlaanderen, dat volledig afgebakend is als kwetsbaar gebied, de **stikstofnorm** voor dierlijke mest op maximaal 170 kg N/ha, ongeacht de teelt en wanneer geen derogatie wordt toegepast. De norm voor werkzame stikstof daarentegen, is afhankelijk van teelt, textuur en gebied. Een actueel overzicht van de bemestingsnormen wordt gegeven in de jaarlijkse publicatie van de Mestbank: [brochure normen en richtwaarden](#).

Vergelijking van de adviezen van Bodemkundige Dienst van België in de periode 2016-2019 met de bemestingsnormen geldig in 2021 toont dat bemesting volgens advies niet altijd evident is. De norm voor werkzame stikstof in 2021 voor aardappelen op niet-zandgronden bedraagt 179 tot 210 kg N/ha, in functie van het gebiedstype. In de periode 2016-2019 bleek echter dat gemiddeld 74 % van de stikstofadviezen 175 kg N/ha of meer bedroeg en dat gemiddeld 48 % van de adviezen op basis van de N-Indexmethode van Bodemkundige Dienst van België 200 kg N/ha of meer voorschreef voor aardappelen (Tits et al., 2020). Samen met de wetenschap dat een eerdere evaluatie van de bemestingsnormen toonde dat een verdere beperking van de bemestingsnorm voor aardappelen, zijnde 210 kg N/ha, vanuit economisch standpunt niet aan te bevelen was (D'Haene et al., 2014), duidt dit op het belang van een doordachte bemesting. Voor maïs bedraagt de norm voor werkzame stikstof in 2021 naargelang het gebiedstype 115 tot 135 kg N/ha. De studie van D'Haene et al. (2014) onderschreef de norm 135 kg N/ha en stelde een goede opbrengst in combinatie met een aanvaardbaar residu mogelijk. Evenwel bleek in de periode 2016-2019 op meer dan 45 % van de maïspcelen een bemesting van 150 kg N/ha of meer nodig (Tits et al., 2020). Dit onderstreept voor deze teelt des te meer het belang van een efficiënte inzet van de bemesting.

Naast de dosis bepaalt het mestbeleid wanneer welke meststof mag uitgereden worden. Meststoffen met gelijkaardige eigenschappen op vlak van stikstofvrijstelling, hebben dezelfde **uitrijregeling**. Het type meststof bepaalt m.a.w. in welke periode de meststof mag opgebracht worden en onder welke voorwaarden. De meststoffen zijn opgedeeld in drie types:

- meststoffen van type 1: stalmest, champost en traagwerkende meststoffen
- meststoffen van type 2: alle meststoffen die niet tot type 1 of 3 behoren
- meststoffen van type 3: kunstmest, spuiroom en effluent



Specifiek voor aardappelen of maïs wordt verder geen onderscheid gemaakt in de uitrijregeling, behalve wanneer het om zware-kleipercelen gaat. De uitrijregeling is voor alle gebiedstypes dezelfde.

Naast een oordeelkundige bemesting is het inzaaien van **vanggewassen** een belangrijke maatregel om directe verliezen van nutriënten tegen te gaan. Aardappelen en maïs kunnen het moeilijker maken voor het zaaien van vanggewassen, zeker bij een latere oogst. Wintergranen als volgteelt, zijn eveneens een goede landbouwpraktijk. Zeker in het voorjaar zijn deze zeer effectief ter beperking van de nitraatuitspoeling. Ze starten immers snel in het voorjaar met de stikstofopname, wat een voordeel is ten opzichte van vaak afgestorven vanggewassen.

De teelt van maïs en aardappelen zijn teelten die het door hun eigenheden en de hogere nitraatresidu's die vastgesteld worden, baat hebben bij een juiste bemestingsstrategie. Ook binnen een steeds engere bemestingsruimte, wat een grote uitdaging is voor deze teelten, is een correcte bemestingsstrategie een noodzaak.

ELK ZIJN EIGENHEDEN EN PROBLEMEN

AARDAPPELEN

De stikstofbemesting van aardappelen is afhankelijk van:

- het teeltdoel en de bijhorende kwaliteitseisen;
- het ras;
- het beoogde oogsttijdstip.

Het ras en het gewenste oogstmoment hangen grotendeels samen. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen:

- Vroege aardappelen
- Half-vroege en half-late aardappelen
- Late aardappelen

Elk van deze soorten doorlopen eenzelfde groeiverloop. De groei van de aardappelplant kent een karakteristiek verloop, bestaande uit verschillende fasen gedurende het groeiseizoen. Er kunnen drie fasen worden onderscheiden:

- de periode tussen poten en opkomst;
- de periode van loofgroei;
- de periode van knolgroei.

De laatste twee fasen overlappen gedeeltelijk: tijdens het eerste deel van de knolgroei vindt nog loofgroei plaats. Eens de loofgroei over zijn maximum heen is, rijpt het gewas af en ontwikkelen de knollen verder door herverdeling van de nutriënten.

Hoe lang een bepaalde periode duurt, wanneer ze start en wanneer ze eindigt, wordt bepaald door tal van factoren. Uiteraard het moment van poten maar ook het groeiseizoen, het ras en de stikstofbemesting spelen hierin een rol.

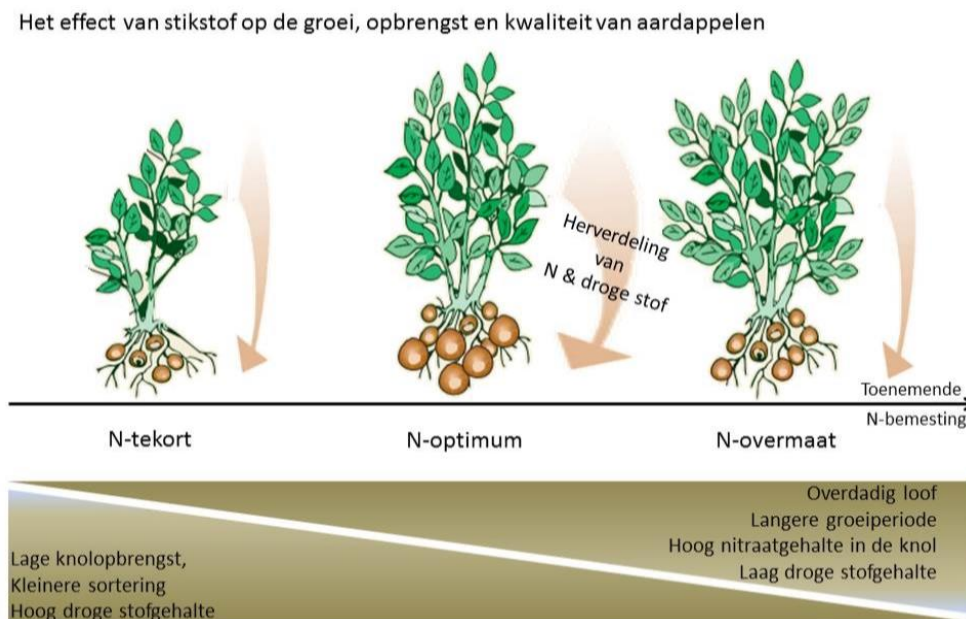
Een hoog stikstofaanbod zorgt voor meer loofvorming en een latere knolgroei. Het loof blijft langer groen en het gewas rijpt trager af. Deze wetenschap moet gebruikt worden in functie van de raseigenschappen.

Vroegrijpende rassen tonen een eerder beperkte loofontwikkeling en de groeisnelheid van de knollen neemt sneller na knolaanleg toe. De herverdeling van droge stof van loof naar knollen komt sneller op gang en het loof sterft sneller af.

Laatrijpende rassen vormen meer loof en over een langere periode. De knolgroei komt langzamer op gang na de knolaanleg maar meer assimilaten kunnen herverdeeld worden. Een berekende N-bemesting zorgt dat loofgroei niet te lang doorgaat en dat het gewas tijdig afrijpt.

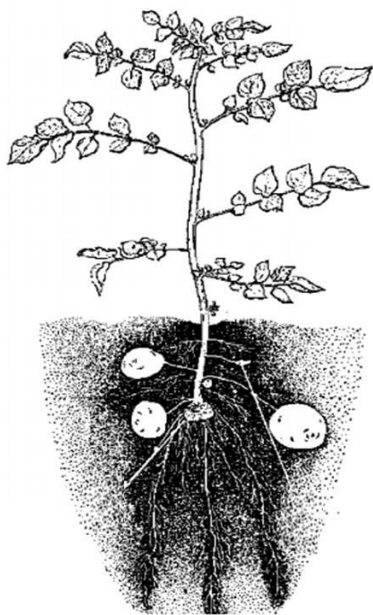
De keuze voor vroege of late aardappelen hangt af van de bestemming, vroege markt of voor lange bewaring, en van de lengte van het groeiseizoen, bv. in functie van het volggewas.

Stikstof is voor aardappelen bepalend voor de opbrengst en de kwaliteit. De dosis moet correct zijn, te weinig is niet goed maar te veel evenmin (Figuur 5).



Figuur 5: Duiding van het effect van stikstof op de groei, opbrengst en kwaliteit van aardappelen.





De stikstofbenutting van aardappelen, met name de stikstofopname door het gewas in functie van de stikstofbemesting of de beschikbare stikstof, is echter matig tot laag.

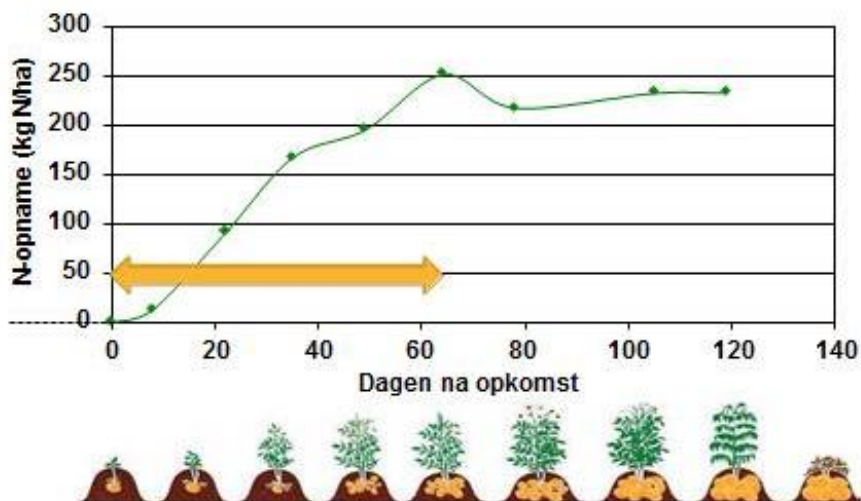
Een eerste oorzaak van de matige stikstofbenutting is het relatief zwak ontwikkelde wortelstelsel van de aardappelplant. Vaak is de bewortelingsdiepte beperkt tot 40 à 50 cm. Ook in de breedterichting is de ontwikkeling beperkt. Waar de wortels niet komen, wordt de stikstof niet opgenomen en blijft deze achter. Het telen op ruggen wordt eveneens als een mogelijke oorzaak van mindere benutting aangeduid.

Een tweede oorzaak is het opnamepatroon van de aardappel en het gebrek aan luxeconsumptie.

Het gebrek aan luxeconsumptie zorgt ervoor dat de extra stikstofopname steeds kleiner wordt bij een toenemende stikstofdosering en het stikstofoverschot groter wordt. De aardappel neemt niet meer stikstof op dan nodig is. Hij heeft echter wel een voldoende ruim stikstofaanbod nodig om maximaal, zowel opbrengst als maatsortering, te kunnen produceren.

Een bijkomende bron van snel mineraliseerbare stikstof op het einde van de teelt is het afstervende loof.

In het stikstofopnamepatroon van aardappelen (Figuur 6) kunnen twee risicoperiodes voor stikstofverlies aangeduid worden. De beperkte opname gedurende enkele weken na poten resulteert in een verhoogd risico op uitspoeling tijdens het begin van de teelt. Een gedeelte van de stikstofbemesting toegepast vóór of bij het poten, kan als nitraatstikstof uitzakken in het bodemprofiel maar zal achteraf niet of slechts gedeeltelijk via capillaire opstijging kunnen gerecupereerd worden door de ondiep wortelende aardappelen.

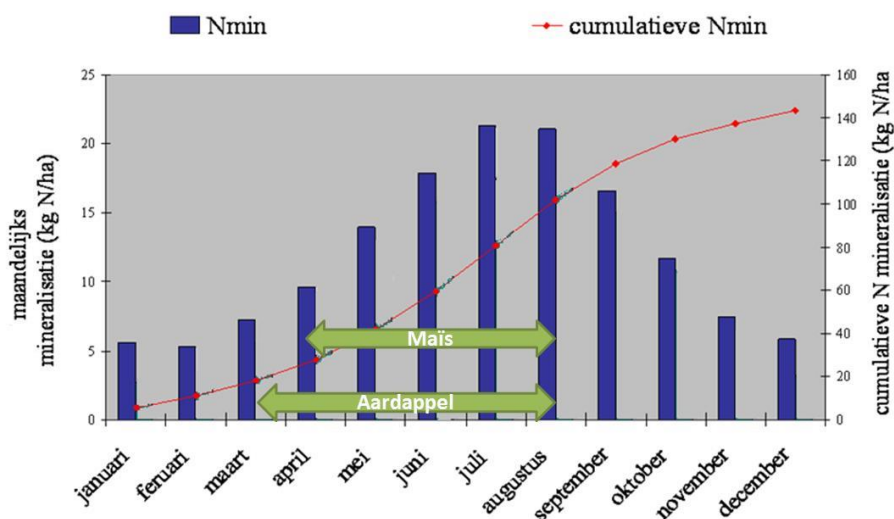


Figuur 6: Cumulatieve stikstofopnamecurve van aardappelen (naar Eeckhout, 2018).

De stippellijn in Figuur 6 duidt tevens aan dat de duur van poten tot opkomst geen constante is en ook mede bepaald wordt door temperatuur en vochtanbod. Voor kieming en de vorming van wortels is vocht en temperatuur nodig. Onder de 10 à 12 °C is de groeisnelheid gering. De optimale temperatuur ligt tussen de 16 en 20 °C.

Tijdens de loofontwikkeling, vooral juni en juli voor laatrijpende rassen, wordt in een relatief korte periode een zeer grote hoeveelheid stikstof vastgelegd in het loof.

Een tweede risicoperiode breekt aan ongeveer 60 dagen na opkomst en zeker tijdens de periode van afrijping, wanneer de knollen groeien onder impuls van de herverdeling van nutriënten en de loofgroei stilvalt. De netto-stikstofopname ligt vanaf dan op een laag niveau om zelfs negatief te worden tegen het einde van het groeiseizoen. De stikstof die vrijkomt door mineralisatie wordt niet meer opgenomen en verhoogt de hoeveelheid nitraat die achterblijft bij de oogst (Figuur 7).

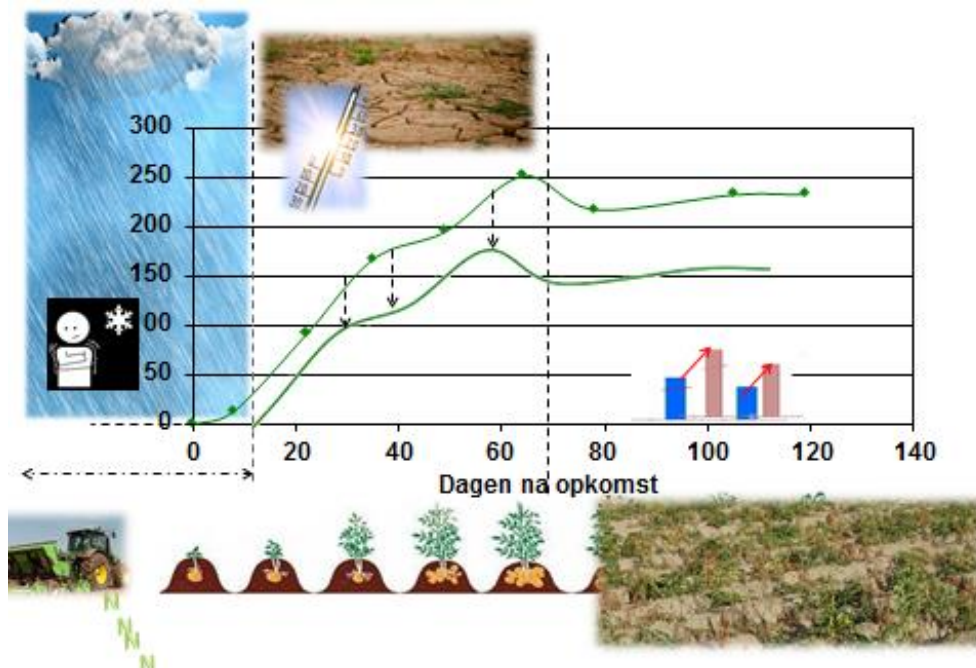


Figuur 7: Indicatie van de maandelijkse N-mineralisatie (N-eco²) en de opnameperiode van maïs en aardappelen (doorlopend vroege en late aardappelen) (Herelixa et al., 2002).

Eén van de moeilijkheden in de aardappelteelt is dat de mogelijkheden van na-oogstmaatregelen beperkter zijn dan bijvoorbeeld in granen. Het overgrote deel, 75 tot 80 % van het aardappelareaal, wordt na half september geroid, waardoor het stikstofvanggewas later kan gezaaid worden. Door de latere zaai kan het vanggewas zich minder ontwikkelen dan vroeger gezaaide vanggewassen en is het niet altijd mogelijk om alle stikstof uit het bodemprofiel op te nemen vóór de winter. Echter ondanks de mindere N-opname in het najaar blijft het inzaaien van een vanggewas een positieve teeltmaatregel. Ook de inzaai van wintertarwe is een goede praktijk ter beperking van nitraatverliezen en met benutting van de stikstof uit de diepere bodemlagen vroeg in het voorjaar.



Uit voorgaande blijkt dat het klimaat op volgende momenten en manieren de aardappelteelt parten kan spelen:



Figuur 8: Mogelijke impact van het klimaat op de aardappelteelt

- ... Te koude en/of te droge start waardoor de opkomst langer op zich laat wachten.
- ... Een te nat voorjaar waardoor stikstof sneller wegzakt dan het kan opgenomen worden.
- ... Te droge/warme omstandigheden eind juni - begin juli, het moment waarop doorgaans een tweede fractie van de stikstofbemesting voorzien wordt. In droge omstandigheden is een tweede fractie met vaste kunstmest moeilijk maar in te warme en droge omstandigheden waarin het bladapparaat ook niet optimaal functioneert, is een bijsturing via het blad niet mogelijk en is er geen verdere groei.
- ... Wanneer de knollen eenmaal gevormd zijn, zijn de effecten van daglengte en temperatuur op het groeipatroon van het gewas minder groot. Echter extreem hoge temperaturen, zoals gekend in 2019 en 2020, kunnen wel leiden tot vervroegd afsterven van het gewas, vooral als de vochtvoorziening onvoldoende is, eveneens gekend in de jaren '18, '19 en '20. Rasafhankelijk neemt de doorwasproblematiek dan ook heel sterk toe. Door langdurige droogte is de stikstofopname beperkt maar bij het herstellen van de vochttoestand komt de mineralisatie terug op gang terwijl er geen opname meer is.

MAÏS



Mais wordt geteeld als ruwvoederteelt, als graangewas of als energiegewas. Het teeltdoel heeft weinig of geen invloed op de stikstofbehoefte. In tegenstelling tot andere teelten heeft mais geen last van overmatige stikstofbemesting en tolereert het grote hoeveelheden drijfmest zonder dat de teelt erdoor bemoeilijkt wordt of dat de voederwaarde of de afrijping er noemenswaardig onder lijdt. Mais laat bij een overdreven stikstofbemesting het teveel aan stikstof gewoon achter in de bodem. Overmaat was lang mee de oorzaak voor de hogere nitraatrest bij het einde van de teelt.

Figuur 9: Wortelstelsel van maïs

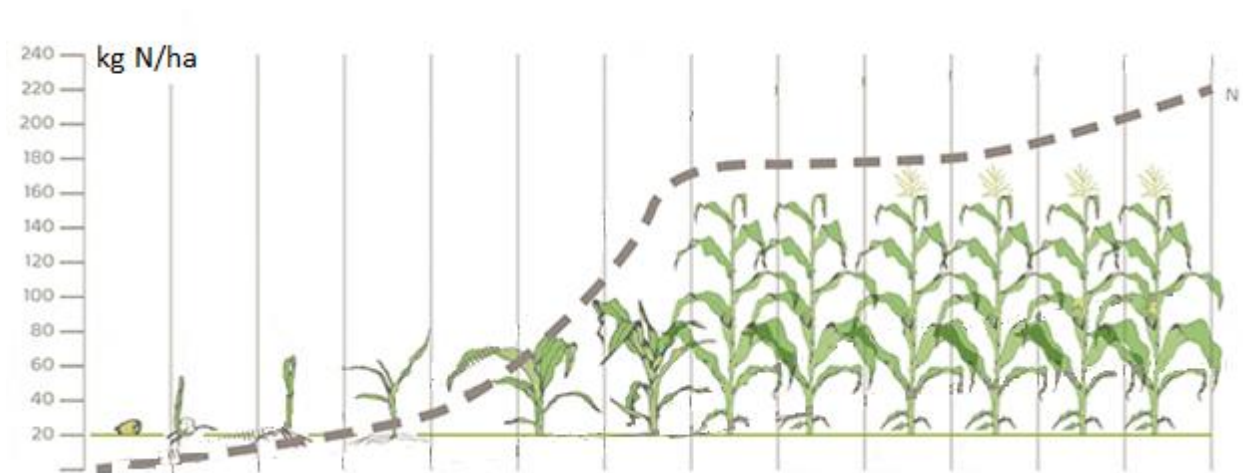
Mais heeft echter enkele specifieke kenmerken die de efficiëntie van het gewas beperken. Dit zijn het wortelstelsel (Figuur 9) en de ontwikkeling ervan, het gebrek aan luxeconsumptie en als subtropisch gewas de moeilijke beginontwikkeling.

Mais kan in ideale omstandigheden relatief diep wortelen maar beperkt zich in de praktijk vaak tot 60 cm diepte. Meer beperkend is de trage wortelgroei tijdens het begin van de teelt. Tot ongeveer drie weken na zaaien is het wortelstelsel beperkt tot een kiemwortel en drie à vier kroonwortels. Ongeveer zes weken na zaai wortelt de maïs gemiddeld tot 40 cm diep.

De stikstofbehoefte in het begin van de teelt is dan ook uitermate beperkt (Figuur 10). Tot het 6-8 bladstadium wordt ongeveer 2 % van de totale behoefte opgenomen. De opnamesnelheid neemt vanaf dat moment sterk toe. Na de jeugdgroei volgt in maïs een periode van exponentiële groei. In een periode van ongeveer twee maanden (juni-juli) wordt het merendeel van de benodigde nutriënten opgenomen. Vanaf het 8 à 10-bladstadium tot bloei wordt ongeveer 80 % van de nodige stikstof opgenomen. Nadien vermindert de opname en worden de nutriënten ook herverdeeld. De mineralisatie in de bodem gaat echter onverstoord verder.

Op dat punt zou kunnen gedacht worden aan stay-green maïs. In theorie moet de kolf in een stay-green plant afrijpen, terwijl de plant groen blijft. Verwacht wordt dat in de 'groene' planten het fotosyntheseprocess langer op gang blijft, waardoor de plant meer suikers kan aanmaken en meer en langer nutriënten zoals stikstof uit de grond zou kunnen halen, waardoor uitspoeling zou kunnen verminderd worden. Echter, uit de resultaten van het onderzoek van Swanckaert (2016) blijkt dat de planten wel langer groen blijven, maar dat de N-opname niet hoger is dan bij 'normale' maïsrassen. De 'groene' plant hindert de herverdeling van voedende bestanddelen zoals stikstof van de groene delen van de plant naar de kolf. Daardoor blijft de kolf kleiner. In een 'normale' plant ontwikkelt de kolf zich ten koste van de groene delen van de plant. Wanneer stay-green planten effectief langer zouden blijven fotosynthetiseren, kan stay-green wél effect hebben. De wortels nemen in dat geval ook langer nutriënten op, waardoor er minder stikstof in de bodem achterblijft.





Figuur 10: N-opname curve maïs (naar efficiëntduengen.de).

Het klimaat kan op verschillende momenten en verschillende manieren de stikstofbenutting door de maïs beïnvloeden.

In een eerste periode van enkele weken na zaai en zelfs na opkomst tot ongeveer het 6-bladstadium is er bijzonder weinig opname. In deze periode kan overvloedige regen de aanwezige nitraatstikstof buiten bereik van de wortels brengen. Koude, waar maïs het moeilijk mee heeft, verlengt deze periode van beperkte N-opname.

Vanaf het 6-bladstadium start een periode van intensieve stikstofopname die doorgaat tot de bloei. In deze periode moet er zeker voldoende stikstof voorradig zijn. In de periode net voor en tijdens de bloei, is de maïs ook bijzonder droogtegevoelig. Langdurige droogte zal op dit moment de opbrengst bepalen. Droogte leidt tot een slechte bevruchting van de kolf en een slechte kolfzetting en betekent onherroepelijk opbrengstderving.

Aan het einde van de bloei is de belangrijkste stikstofopname achter de rug en de stikstof die dan nog mineraliseert in de bodem wordt niet meer benut. Deze bepaalt mee de nitraatrest.

In de periode voorafgaand en rond de bloei van maïs is water hard nodig!

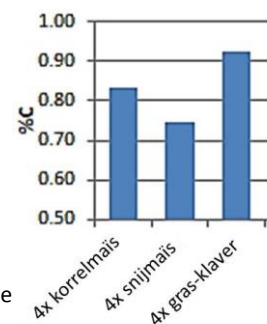
Praktijken of situaties die het voor maïs vaak bijkomend moeilijk maken zijn het frequent voorkomen van monocultuur maïs en het telen van maïs op gescheurd meerjarig grasland.

Het scheuren van grasland kan in het voor- of het najaar. Wanneer grasland wordt ingeschakeld in de vruchtwisseling, wordt vaak in het voorjaar gescheurd. Op derogatiebedrijven is het verplicht om in het voorjaar te scheuren. De stikstofmineralisatie in het eerste jaar na het scheuren van grasland vertoont een grote variatie in de literatuur, gaande van 100 tot 400 kg N per hectare per jaar. Eén van de bepalende factoren in de hoge stikstofmineralisatie is de leeftijd van het grasland. De stikstofmineralisatie neemt toe bij een toenemende leeftijd van het grasland. Praktijkcijfers tonen het risico op een verhoogd nitraatresidu in maïs na een vorige hoofdteelt gras. Op derogatiebedrijven is na het verplicht voorjaars scheuren van meerjarig grasland geen enkele vorm van bemesting toegestaan tenzij door begrazing. Het niet bemesten van maïs na het voorjaars scheuren



van meerjarig grasland is echter altijd aan te bevelen, ongeacht het toepassen van derogatie. Bewijs hiervan zijn maïsproeven in 2012 en 2013 na het scheuren van grasland waar toepassing van 170 kg dierlijke N/ha geen significante meeropbrengst bood in vergelijking met niet-bemeste maïs. Bij het scheuren van meerjarig grasland wordt het gras best minimum één maand voor zaai ingewerkt om de benutting van de mineraliserende zode te optimaliseren.

Op gespecialiseerde melkveebedrijven wordt maïs vaak in monocultuur geteeld. Maïs wordt aanzien als een zelfverdraagzaam gewas en jaar na jaar maïs telen op hetzelfde perceel leek lang te kunnen zonder veel problemen, maar blijkt steeds minder evident. Opbrengsten vallen op dergelijke percelen sneller tegen bij droogte. De oorzaak hiervan is vaak terug te brengen tot een verminderde bodemvruchtbaarheid en een lager organische koolstofgehalte (Figuur 11).

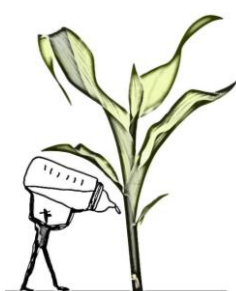


Figuur 11: Organische koolstofgehalte in de bodem (%C) van verschillende vruchtwisselingssystemen in een veldproef te Bottelare (Van de Ven et al., 2018)

Vergelijking van monocultuur maïs met maïs in rotatie in Vlaanderen toont duidelijk een lagere drogestofopbrengst van maïs in monocultuur. Bijkomend werd getoond dat voor eenzelfde opbrengst minder stikstofbemesting nodig is bij maïs geteeld in rotatie dan wanneer maïs geteeld wordt in monocultuur. Over een periode van 8 jaar bleek in rotatie met gras-klover een stikstofbemesting van gemiddeld 67 kg N/ha eenzelfde opbrengst te geven als een bemesting van 150 kg N/ha in monocultuur maïs. In een ruime vruchtwisseling volstond gemiddeld 102 kg N/ha voor eenzelfde opbrengst (Van de Ven et al., 2018).

Naast voorgaande aspecten speelt voor beide teelten ook de rijafstand. Beide gewassen worden op een rijafstand van 75 cm geteeld, een ruimere rijafstand met andere woorden. Ook dit is een parameter die in verband gebracht wordt met een lagere stikstofefficiëntie.

IS FRACTIONERING VAN STIKSTOF EEN GOED IDEE?



Fractionering is een ruim begrip. Bemesting kan zowel in tijd als ruimte gefractioneerd worden.

De stikstofbemesting in de tijd fractioneren betekent de voorziene dosis opsplitsen. Door de stikstof in porties aan te bieden, is de voorraad minerale stikstof op elk moment kleiner en kan er minder verloren gaan. De nood aan een extra portie kan verder in het teeltseizoen opnieuw afgewogen worden. Door de eerste gift zo kort mogelijk voor het zaaien of planten uit te voeren wordt verhinderd dat de nitraatstikstof zich al beweegt tot lager dan 30 cm diepte en bijgevolg niet of te laat opgenomen wordt door het gewas.

De bemesting in de ruimte fractioneren komt neer op het meer plaatsgericht positioneren van de bemesting. Een voorbeeld hiervan is rijenbemesting.

BESPARING OP MESTSTOFFEN?

Door rijenbemesting kan je de mineralenbenutting verbeteren. Dit geldt voor zowel mineralen in kunstmest als de mineralen in organische mest.

In maïs is ruim voldoende bewijs om te kunnen stellen dat door rijentoepassing 25 % op de stikstofbemesting kan bespaard worden. Op vlak van fosfor kan zelfs tot 50 % bespaard worden.

In aardappelen wordt gesteld dat 10 tot 15 % op stikstof kan bespaard worden door rijenbemesting. Voor fosfor wordt een besparing van 40 tot 50 % mogelijk geacht.

RIJEN- BEMESTING	Besparing N	Besparing P
Maïs	25 %	50 %
Aardappel	10-15 %	40-50 %

De bemesting in de tijd opsplitsen is in Vlaanderen het meest gekend en toegepast in de granen. In aardappelen wordt het al frequenter toegepast, veelal in combinatie met bladbemesting, maar in maïs wordt het in Vlaanderen nauwelijks toegepast.

In aardappelen wordt voorgesteld om bij adviezen van meer dan 160 kg N/ha 70 % van de benodigde N-bemesting te voorzien als basisbemesting. De nood aan de overige 30 % kan vanaf ca. 5 weken na opkomst opnieuw bekeken worden. De tussentijdse evaluatie leidt tot een potentiële besparing die varieert tussen 0 %, als de overige 30 % nog moet bijbemest worden, en maximaal 30 % als de overige 30 % niet meer nodig is.

Ook in de maïs is een gesplitste bemesting een mogelijkheid. Deze wordt toegepast in Frankrijk maar vindt weinig toepassing in Nederland of België. Idealiter wordt een gift van 50 kg N/ha bij zaai beoogd en wordt het resterende advies net voor 6-8-bladstadium toegediend. Het doel van de eerste beperkte gift is te voorzien in een goede start. Dit is mogelijk bij zaai of kan op uitspoelingsgevoelige gronden ook in het 2-3-bladstadium. Het hoofddeel van de bemesting wordt toegediend net voor het 6-8-bladstadium. Wanneer geopteerd wordt voor een gesplitste bemesting en in het 3-4-bladstadium een bijkomende evaluatie wordt gedaan, komt op dat moment de mogelijkheid om in functie van het resultaat te besparen op de totale voorziene stikstofbemesting.

WAT MET DE OPBRENGST?

Een hogere opbrengst is niet altijd realiseerbaar door te fractioneren en/of in de rij te bemesten en hoeft ook niet per se de inzet te zijn. De winst die kan gemaakt worden situeert zich veelal op niveau van meststoffenbesparing, een verhoogde efficiëntie en risicobeperking van nutriëntenverliezen.

Er moet dus eerder ingezet worden op “minder mineralen zonder opbrengstverlies”.

Vroeger voerden we veranderingen door als ze meeropbrengsten leverden. Nu vind ik het prima om minder mineralen te gebruiken als dat geen opbrengst kost.

Bart Zijlmans-akkerbouwer
Akkermagazine nr3-Maart 2011

LAGERE NITRAATRESIDU'S?

Een lager nitraatresidu wordt vanuit de praktijk als één van de voordelen van rijenbemesting in aardappelen naar voor geschoven. Ook in maïs neemt de kans op een lager nitraatresidu toe door rijenbemesting toe te passen, zelfs wanneer slechts een beperkt deel van de totale dosis in de rij wordt toegediend.

Bijkomend voordeel van rijenbemesting is de verlaagde N-vervluchting, inherent aan deze toepassingsmethode omwille van het rechtstreeks in de bodem toepassen en afdekken van de meststof.

Een gesplitste bemesting in aardappelen beperkt eveneens het nitraatresidu. Het gesplitst toedienen laat het toe om in ongunstige omstandigheden tijdens het seizoen dat laatste deel niet te geven, terwijl zonder gesplitste toediening vaak voor de zekerheid gekozen wordt en zeker voldoende gegeven wordt.

“En effet, l’azote le plus efficace est celui que l’on n’applique pas, tout en obtenant le meilleur rendement économique.” Gilles Tremblay-MAPAQ Montérégie

GEFRACTIONEERDE STIKSTOFBEMESTING IN DE PRAKTIJK

Zowel rijenbemesting als een gesplitste toediening hebben elk hun bekommernissen of beperkingen en hun voordelen. Bekommernissen bij rijenbemesting zijn de positionering en de beperking van de dosis om zoutschade te voorkomen. Bij een gesplitste toediening wordt eerder gedacht aan verbranding van het gewas of de effectiviteit van de later in het groeiseizoen toegediende fractie.

RIJENBEMESTING

Rijenbemesting in aardappelen kan gebeuren tijdens het poten of, wanneer in een aparte werkgang aangeard wordt, tijdens het aanaarden. Zowel vloeibare als vaste meststoffen kunnen in de rij worden toegepast. Een beperking van de stikstofdosis in de rij is niet onmiddellijk aan de orde.

Belangrijker is de plaatsing. Hoe dichter de meststofkorrels bij de poter liggen, hoe meer risico er is voor verbranding van de kiemen. Als de meststofkorrels echter op de kleine rugjes vallen, dan is een te hoge dosering niet onmiddellijk een probleem. Bij aardappelen kan schuin onder, schuin boven of naast de poter geplaatst worden. Plaatsing recht boven de poters is eerder af te raden, zeker bij gebruik van zuurwerkende meststoffen.

In maïs wordt rijenbemesting hoofdzakelijk bij de zaai en met minerale meststoffen toegepast. Echter ook drijfmest of andere vloeibare organische meststoffen kunnen in de rij toegepast worden. Deze techniek stelt in de praktijk nog wat zorgen. Ook rijenbemesting tijdens de teelt is mogelijk met de juiste toestellen, zoals sleepslangen of pneumatische strooiers.



Rijenbemesting met organische mest wordt met het oog op capaciteitsproblemen best los gezien van de zaai. Door gebruik te maken van RTK-GPS bij het bemesten en zaaien kan de mest worden toegediend waar de maïs zal gezaaid worden. Er moet vermeden worden dat het maïszaad in de drijfmest terechtkomt. Dit resulteert immers in een slechtere opkomst.

Met minerale meststoffen kan tot ca. 50 kg N/ha worden toegediend in de rij. Om zoutschade te vermijden wordt best niet meer dan 200 kg meststof/ha in de rij toegediend. De dosis drijfmest wordt best beperkt tot 30-35 m³/ha om voldoende ondergewerkt te kunnen worden.

GESPLITSTE TOEDIENING

In aardappelen is een gesplitste toediening geen geheel onbekende praktijk. Een stikstofadvies of een beoogde gift van meer dan 160 kg N/ha, wordt best gesplitst in de tijd.

Als basisbemesting volstaat het om 70 % van het advies kort voor het poten toe te dienen of indien mogelijk in de rij.

De eerstvolgende stikstofgift is belangrijk bij knolaanleg. Het begin van de knolaanleg situeert zich ongeveer een zestal weken na planten.

Zeker bij organische bemesting vóór het poten is 4-5 weken na het poten hét moment om te evalueren of bijbemesten nodig is en hoeveel er nodig is.

Bijbemesten kan met een vaste korrel mits wat regen wordt verwacht, of gespreid over enkele bladbehandelingen.

Bijbemesten bij knolaanleg.

Van zichtbare knolaanleg is sprake als minimaal alle stolonen zijn verdikt, zodra de zwelling aan het uiteinde van de stolon tweemaal zo dik is als de stolon zelf.

Vaak beginnen de planten te bloeien als de knolzetting is voltooid.

Wanneer bijbemesting niet tijdig lukt, wordt deze best achterwege gelaten. Als stelregel voor tijdigheid kan in late aardappelen bij benadering 1 juli aangehouden worden. Te laat bijbemesten betekent loof dat moeilijk afrijpt, aardappelen die eventueel gevoeliger zijn voor doorwas en een hoger nitraatresidu (Figuur 5). Indien nodig kan het loof vitaal gehouden worden met kleine dosissen van 3-5 kg N/ha.

Ook in maïs is bemesten in verschillende fracties een goede praktijk. Deze techniek wordt vooral in Frankrijk toegepast en is door het gebruik een organische basisbemesting in Vlaanderen en Nederland minder beproefd en nog niet in gebruik genomen.

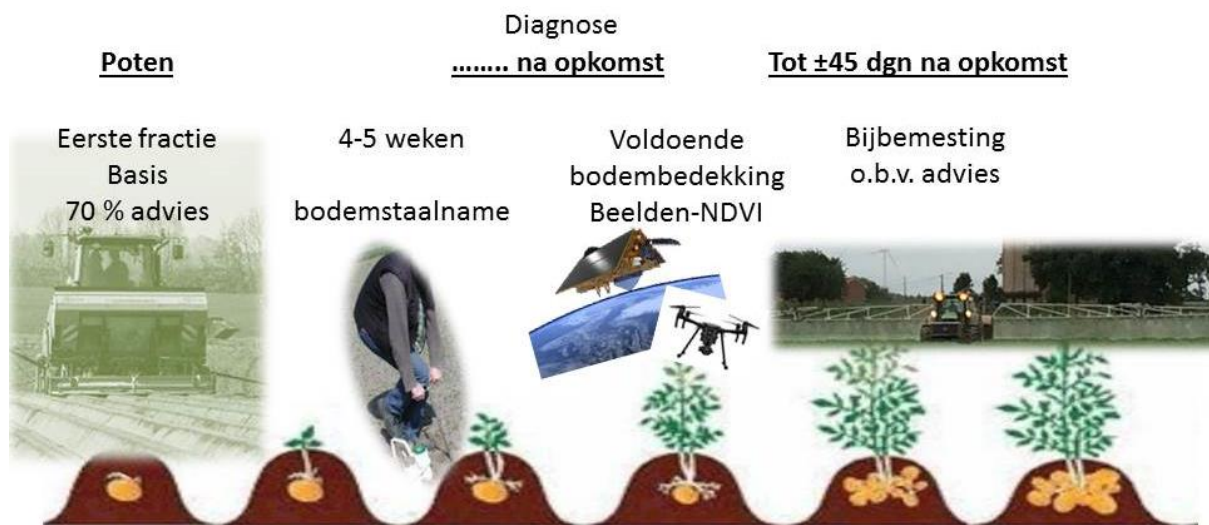
Adviezen van 100 kg N/ha en meer kunnen best gesplitst worden. Een algemene richtlijn bestaat uit een basisbemesting van 50 kg N/ha in de rij en de rest van het advies net vóór of in het 6-8-bladstadium. Een meting in het 4-6-bladstadium kan bijkomende ondersteuning bieden om de tweede dosis correct af te stemmen. In deze strategie is het enigszins de bedoeling om het belangrijkste deel van de bemesting pas in het 6-bladstadium te geven. Bij deze tweede gift bestaat het risico op bladverbranding bij een toepassing over het gewas en speelt het risico op vervluchtiging. Een behandeling onder het blad verdient de voorkeur (Tabel 1).

Het Vlaamse gebruik om de toegelaten hoeveelheid dierlijke mest ten volle te benutten in maïs, beperkt enigszins de mogelijkheid tot fractioneren. Wanneer dierlijke mest gebruikt wordt, wordt best zo kort mogelijk voor zaai bemest, met een aangepaste dosis en aangevuld met minerale mest in de rij.

Tabel 1: Mogelijkheden van enkele meststoffen voor een bemesting na de opkomst in maïs.

N-meststof	Volleveldse toepassing	Langs rij bemesten	Ondergewerkt
Ammoniumnitraat	Afgeraden na 6-8-blad o.w.v. bladverbranding	Aanbevolen vanaf 6-8-blad	Aangeraden in droge omstandigheden
Ureum	Mogelijk op droog blad	Mogelijk	Noodzakelijk om vervluchtiging te beperken
Ureum met inhibitor	Mogelijk op droog blad	Mogelijk	Aangeraden in droge omstandigheden
Urean	Afgeraden o.w.v. bladverbranding	Aanbevolen, gebruik van slangen	Aanbevolen

De voordelen van een gedeelde bemesting kunnen ten volle uitgespeeld worden door op het moment van bijbemesten de **nood en mate van bijbemesting effectief te bepalen**. Hiervoor zijn verschillende oplossingen mogelijk. Bodemstalen en bijhorend advies geven zicht op wat beschikbaar is en wat nog mag verwacht worden. Gewasmetingen of gewasbeelden, van dichtbij of veraf, geven zicht op de stikstoftoestand van het gewas maar geven (nog) geen informatie over beschikbaarheid of verwachtingen. Deze technieken hebben momenteel nog alle baat met ondersteunende metingen en waarnemingen op het veld.



Figuur 12: Scenario van gesplitste stikstofbemesting bij aardappelen, ondersteund door tussentijdse bodemstaalname en/of gewasbeelden.



GUNSTIGE RANDVOORWAARDEN ZIJN DE BASIS

Immers de vruchtbaarheid van de bodem beperkt zich niet tot de bemesting.

GOEDE BODEMKWALITEIT

Een goede bodemstructuur is belangrijk zodat wortels zich goed kunnen ontwikkelen. Vermijd bodemverdichting en onderhoud een goede bodemstructuur.

Houd het organische-koolstofgehalte van de bodem op peil en behoud voldoende waterbergend vermogen. Naargelang het organische-koolstofgehalte van de bodem verhoogt, vergroot de opneembare waterreserve en zal droogtestress later en minder optreden met een hogere opbrengst tot gevolg.

Vanuit het perspectief van klimaatmitigatie is het ook positief als er meer koolstof wordt vastgelegd dan dat er oxideert of afbreekt.

Maatregelen die gericht zijn op de verhoging van het koolstofgehalte van de bodem dragen dus bij aan klimaatmitigatie (vastlegging van koolstof in landbouwbodems) alsook aan klimaatadaptatie. Meer organische stof in de bodem vergroot de robuustheid van de bodem tegen langdurige droge of natte perioden en verkleint de kans op bodemerosie.

GOEDE pH VAN DE BODEM

Houd de pH (zuurtegraad) van je bodem in het oog. Immers in een gewone vruchtwisseling zonder neutraliserende componenten wordt de pH elk teeltseizoen een beetje lager. De grond wordt dus zuurder. Dit komt onder andere door het gebruik van organische mest, minerale meststoffen, humuszuren uit plantenresten en gewasopname van basische stoffen. Een gunstige pH is bepalend voor de opname van nutriënten. Wanneer alle nutriënten voldoende beschikbaar en opneembaar zijn, moet niet onnodig ingezet worden op een verhoogde N-bemesting in een poging om de problemen op te lossen. Een gunstige pH gaat bovendien gepaard met een gunstig calciumgehalte, wat bijdraagt aan een luchtige bodemstructuur (voornamelijk op klei) en zorgt voor een verminderde slempgevoeligheid van leemgronden.

De optimale pH is afhankelijk van de teelt, de textuurklasse en het organische-stofgehalte (Tabel 2).

Tabel 2: Streefzone pH-KCl in functie van de textuurklasse, bij een koolstofgehalte binnen de streefzone (Tits et al., 2020)

Textuurklasse	Streefzone pH-KCl
Zand	5.2-5.6
Zandleem	6.2-6.6
Leem	6.7-7.3
Klei	7.2-7.7

ROTATIE

Maïs in vruchtwisseling biedt ten opzichte van maïs in monocultuur meer mogelijkheden om het gebruik van stikstofmeststoffen te beperken zonder belangrijke opbrengstverliezen.

Gewassen geteeld in monocultuur zijn gevoeliger voor stress. Hierdoor komen negatieve gevolgen, zoals lagere opbrengsten en hogere onkruid- en ziektedruk, te wijten aan suboptimale teeltomstandigheden, in een monocultuur sneller tot uiting. Deze effecten werden in het verleden al eens verdoezeld door overbemesting. Dit is uiteraard niet de juiste oplossing. Op deze manier worden enkel bijkomende verliezen naar het milieu gerealiseerd maar wordt de oorzaak niet aangepakt.

Specifiek voor aardappelen is in het GLB een verplichte rotatie van maximaal één op drie opgenomen. Een rotatie van één op vier of minder frequent is echter nog beter en vertaalt zich onmiddellijk in een betere opbrengst.

EN WERK MET KENNIS VAN ZAKEN

Rijenbemesting, de bemesting verdelen over verschillende fracties, bemesting volgens advies, enz. onder gunstige randvoorwaarden zijn uiteraard aan te bevelen praktijken, maar het belang van kennis van en inzicht in de gebruikte toestellen en producten mag niet onderschat worden.

Voor meststoffen betekent dit zicht hebben op de stikstofinhoud (Tabel 3), de stikstofvorm (Tabel 4), de hoeveelheid werkzame stikstof en de aanbevolen toedieningsmethode.

Tabel 3: Overzicht van de stikstofinhoud en de stikstofvormen in enkele veel voorkomende stikstofmeststoffen

N-meststof	% N	% NO ₃ -N	% NH ₄ -N	% Amide-N	Voordelen	Nadelen
Ureum	46			100	Hoge oplosbaarheid → vaste of vloeibare toepassing	Snelle omzetting tot ammonium, hoger risico vervluchtiging
Urean	30	25	25	50		
Ammoniumnitraat	27	50	50		Hoge oplosbaarheid	
Kaliumnitraat	13	100			Hoge oplosbaarheid, chloorvrij	
Ammoniumsulfaat	21		100		Aanlevering zwavel	Verzurend



Tabel 4: Duur van hydrolyse van ureum tot ammonium en van nitrificatie van ammonium tot nitraat in functie van de bodemtemperatuur (Comifer)

Bodemtemperatuur	Hydrolyse van ureum tot ammonium	Bodemtemperatuur	Nitrificatie van ammonium tot nitraat
2°C	4 dagen	5°C	6 weken
10°C	2 dagen	10°C	2 weken
20°C	1 dag	20°C	1 week

Wat de toestellen betreft, verdient een correcte afstelling de nodige aandacht. Een strooier is maar zo goed als de manier waarop hij afgesteld is.

DE MOGELIJKHEDEN SAMENGEVAT

Aardappelen en maïs worden beiden gekenmerkt door een relatief korte periode van intensieve stikstofopname. In de periode die hieraan voorafgaat, is er een verhoogd risico op te diep wegzakken van nitraatstikstof zodat deze onbereikbaar wordt voor de teelt. In de periode na de intensieve opname, bij benadering vanaf half augustus, is de stikstofopname door de teelt verwaarloosbaar en draagt de mineralisatie integraal bij aan het nitraatresidu. Beide teelten worden bovendien op ruime rijafstand geteeld.

Mogelijkheden voor een betere stikstofbenutting kunnen bijgevolg gevonden worden in rijenbemesting enerzijds en een in de tijd verdeelde bemesting anderzijds. Het opsplitsen van de bemesting gebeurt best met behulp van een begeleidend systeem. De bijbemesting wordt dan aangepast in functie van nieuwe inzichten en vooruitzichten. Hiervoor kan gebruik gemaakt worden van bodemstalen en/of beelden.

De sensing technieken, sensoren op tractoren of camera's op UAV's of satellieten, tonen veel potentieel maar worden vandaag de dag nog best ondersteund met metingen en waarnemingen ter plekke.

Deze strategie past integraal het 4J-principe toe.

Gebruik de Juiste meststof aan de Juiste dosis, op het Juiste moment en met de Juiste techniek.

Doing the right thing at the right time, the right place and in the right amount.

