
Gras en maïs in vruchtwisseling

Een overzicht van bestaande kennis

Pieter de Wolf¹, Joanneke Spruijt¹ en Marcia Stienezen²

1 Wageningen University & Research PAGV

2 Wageningen Livestock Research

Dit onderzoek is in opdracht van de PPS Ruwvoederproductie en Bodembeheer uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR) business unit PAGV

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, November 2017

Rapport WPR-748

Wolf, Pieter de, Joanneke Spruijt en Marcia Stienezen, 2017. *Gras en maïs in vruchtwisseling; een overzicht van bestaande kennis*. Wageningen Research, WPR-rapport 748

Dit rapport is gratis te downloaden op: <https://doi.org/10.18174/428680>

Trefwoorden: gras, gras-klover, snijmaïs, continueelt, vruchtwisseling

© 2017 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Praktijkonderzoek AGV, Postbus 430; 8200 AK Lelystad; T 0320 291 111; www.wur.nl/plant-research

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

Stichting Wageningen Research. 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 Stichting Wageningen Research.

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

WPR-rapport 748

Inhoud

	Summary	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
	1.1 Probleemstelling, achtergrond	9
	1.2 Doelstelling van het project	9
2	Resultaten	11
	2.1 Maïs	11
	2.2 Gras en gras-klaver	12
	2.3 Gras-maïs vruchtwisseling	13
3	Conclusies en discussie	17
	3.1 Conclusies	17
	3.2 Discussie	17
	3.3 Aanbevelingen	19
	Literatuur	21

Summary

In organic farming in the Netherlands, a crop rotation of silage maize and grass/clover leys is quite common. However, on conventional dairy farms, silage maize is often grown on the same fields for years. The interest in systems with a crop rotation of grass(clover) and maize (and other crops) is increasing in conventional dairy farming. At the same time, several questions have risen related to the economics, soil quality and carbon and nitrogen losses in crop rotations. A literature survey was conducted to study the information which became available on crop rotations in the last decades. To get a view on the outcomes of ongoing research, experts have been interviewed.

Growing silage maize on the same field for years has serious disadvantages: yields will decrease, in some cases with up to 20%. Soil organic matter also decreases and nitrate leaching goes up. In some cases, soil pathogens will build up, increasingly causing problems with germination and plant loss. Introducing a crop rotation with grass leys is an adequate solution for these problems, although the risk of nitrogen leaching is still possible: the maize crop often cannot consume all the nitrogen that is released from the ploughed grass ley. Except for problems with soil pathogens, the problems of continuous maize growing can be reduced with some optimisations within this system, e.g. through short-season maize varieties combined with a well-developed catch crop.

For grass-clover, a crop rotation is almost a must. The conditions for the clover are becoming worse in a few years, due to the increased soil fertility (N) and the build-up of soil borne pests and diseases. The introduction of a period of arable crops (maize and other crops) is an effective way to restore good conditions for clover, reducing soil nitrogen and pathogen levels (depending on the specific crops). Due to the high nitrogen build-up of grass-clover over a few years, the risk of nitrogen leaching is substantial. If the right crop and a subsequent catch-crop is chosen, this risk can be managed.

For grass, the introduction of a crop rotation brings no great benefits. Research shows that permanent grassland can remain productive for a long time and costs of grassland renewal are significant. In the case new varieties are introduced, renewal can bring a slightly higher yield. In practice however, grassland productivity is often decreasing after several years, so renewal can have substantial benefits in terms of extra yield. The difference between research and practice is not explained in literature, but there are some indications by experts that grassland management in practice is sub-optimal, causing soil compaction and damage to the grass sod.

In case of grassland renewal, due to decreasing productivity, the length of the grassland period has great consequences for the losses of carbon and nitrogen. Grass will build up organic matter (containing carbon and nitrogen) over time: the longer the grassland period, the more carbon and nitrogen is stored, the more will be released (mineralised) when grassland is renewed. Carbon is released as CO₂ and Nitrogen mostly as nitrate. As an indication: grassland of 5 years and longer releases more N than any crop and subsequent catch crop can consume. From this perspective, it's better to make a clear choice between grass leys of 4 years maximum in a clever crop rotation, or permanent grassland that is managed in a way that it remains productive. If a farmer has problems with silage maize as well, this could be an extra reason for introduction of a rotation of grass leys and maize.

Samenvatting

In de biologische landbouw is afwisseling van snijmaïs en gras(klaver) geen uitzondering. Op gangbare bedrijven is het echter meer gebruikelijk om snijmaïs jarenlang op hetzelfde perceel te telen. Om verschillende redenen is er ook in de gangbare landbouw interesse in concepten waarin snijmaïs geteeld wordt in een vruchtwisseling met gras, eventueel aangevuld met andere akkerbouwgewassen. Er zijn echter allerlei vragen, niet alleen over de economische aspecten, maar ook over bodemkwaliteit en emissies van koolstof en stikstof. Omdat er de laatste decennia veel onderzoek aan deze onderwerpen is gedaan, is een literatuurstudie uitgevoerd om te zien wat er bekend is en zijn experts geïnterviewd die betrokken zijn bij lopend onderzoek.

Wat betreft snijmaïs is het evident dat jarenlange maïsteelt op hetzelfde perceel grote nadelen heeft: de opbrengst loopt terug met soms wel 20%, het organische stofpercentage daalt gaandeweg en de nitraatuitspoeling neemt toe. Daarnaast nemen in de praktijk de problemen met o.a. kiemschimmels toe, waardoor de continueelt van snijmaïs steeds problematischer wordt. Het afwisselen van snijmaïs met grasland blijkt een adequate oplossing voor genoemde problemen in de snijmaïsteelt. Een belangrijk risico is wel de uitspoeling van stikstof na gescheurd grasland: de snijmaïs neemt de vrijkomende stikstof niet allemaal op. Overigens is er ook nog wel wat verbetering mogelijk in de continueelt van maïs, o.a. door het gebruik van vroeger oogstbare rassen en de teelt van een vang- of tussengewas.

Voor grasklaver is een vruchtwisseling eigenlijk een must: het klaveraandeel loopt gaandeweg terug, omdat de condities voor klaver verslechteren, o.a. een hogere bodemvruchtbaarheid, toenemende ziekten en plagen. Een bouwlandperiode is een effectieve manier om weer gunstige condities voor klaver te creëren, omdat de bodem verschaalt en (afhankelijk van de gewassen) de ziekte- en plaagdruk afnemen. Omdat grasklaver veel stikstof opbouwt, is het emissierisico na het scheuren reëel: met een gerichte keus voor het volggewas plus vanggewas is dat risico beheersbaar.

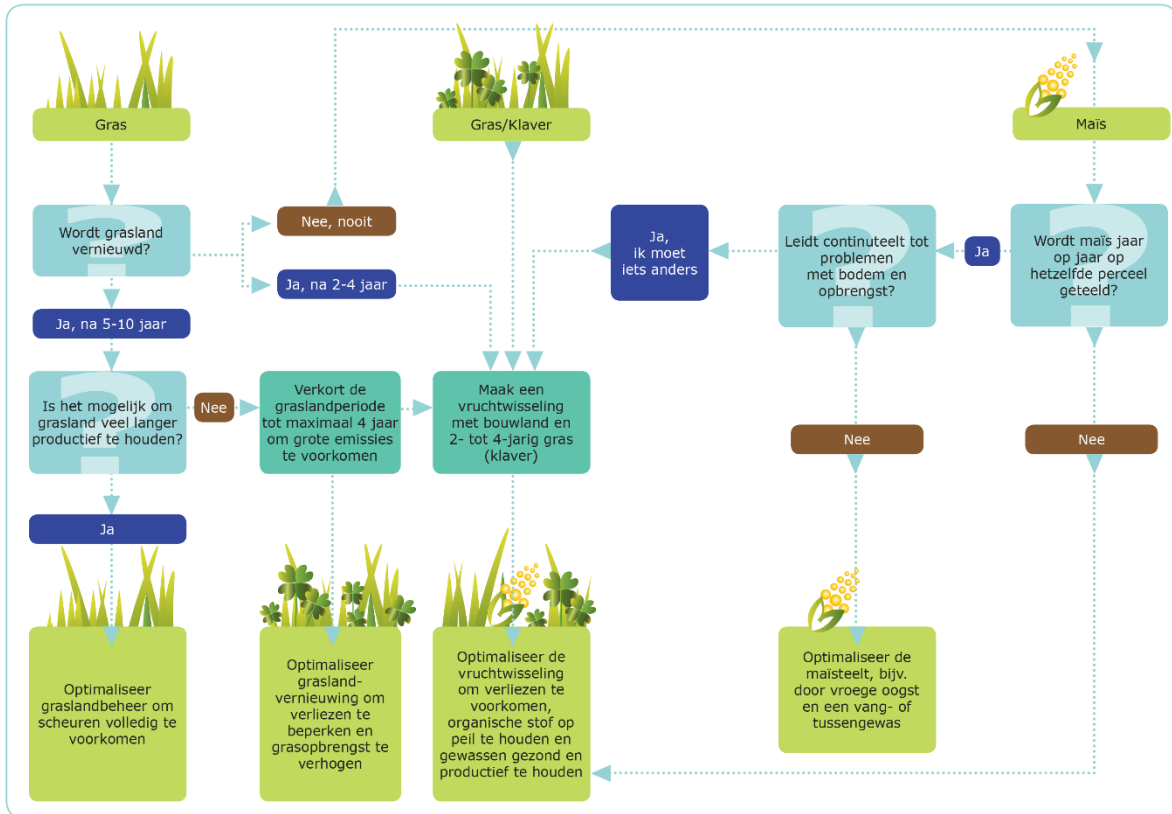
Voor grasland is de situatie meer genuanceerd. Graslandvernieuwing is relatief kostbaar, dit betreft niet alleen de directe kosten, maar ook de gemiste opbrengst na het scheuren. Uit onderzoek blijkt dat grasland productief kan blijven in lengte van jaren, waardoor graslandvernieuwing weinig winst oplevert. Hoogstens kan door nieuwe, betere grasrassen een beperkte extra opbrengst gerealiseerd worden.

Echter, praktijkervaringen laten zien dat de productiviteit van grasland vaak na verloop van tijd afneemt, waardoor graslandvernieuwing wel degelijk een behoorlijk positief effect kan hebben en economisch gezien ook uit kan. Het is niet eenduidig aan te wijzen wat de oorzaak is van dit verschil tussen onderzoek en praktijk. Er zijn aanwijzingen dat het graslandbeheer in de praktijk niet optimaal is, waardoor o.a. bodemverdichting en beschadiging van de zode optreden.

In de situatie waarin grasland vernieuwd wordt omdat de productiviteit terugloopt, is het scheurmoment van grote invloed op de verliezen van koolstof en stikstof. Hoe ouder het grasland, hoe meer koolstof en stikstof zijn vastgelegd in de zode en hoe meer er vrijkomt. De koolstof verdwijnt als CO₂ in de lucht, maar de vrijkomende stikstof leidt tot grote emissierisico's. Als indicatie: bij grasland van 5 jaar en ouder komt er meer vrij dan een volgend gewas + vanggewas kan opnemen. Ook vanuit de ondernemer gezien is het jammer om stikstof kwijt te raken via emissies. Vanuit deze optiek is het beter om een fundamentele keus te maken voor kortdurend grasland (maximaal 4 jaar), al dan niet met klaver, met een slimme keus van volggewassen, of grasland zo te beheren dat graslandvernieuwing overbodig wordt. De problematiek met de continueelt van maïs zou een extra reden kunnen zijn om maïs te combineren in een rotatie met kortdurend grasland.

Op de volgende pagina staan de aanbevelingen schematisch weergegeven in een beslisboom.

Beslisboom | Gras (klaver) en maïs: wel of niet in rotatie?



1 Inleiding

Mais wordt op biologische bedrijven vaak afgewisseld met een aantal jaren grasklaver. Ook voor gangbare bedrijven heeft de afwisseling van mais met grasland en vice-versa voordelen. Hoe langer de grasland of grasklaver periode, hoe lager de kosten van zaai en grondbewerking per productiejaar. Maar hoe langer de graslandperiode hoe groter het risico op hoge broeikasgasemissie en nitraat uitspoeling bij inwerken. Daarnaast lopen grasklaver opbrengsten na een aantal jaren terug (klaver is een pionier soort) en geeft ook een langere periode van teelt van mais in monocultuur risico's op opbrengstderving. Voor een (biologische) akkerbouwer is een tussengewas van grasklaver een veel gebruikte optie, voor een veehouder is het een veel minder aantrekkelijke keuze. Wat is vanuit economisch en vanuit milieukundig (koolstof opslag, broeikasgasemissies, nitraatuitspoeling) oogpunt de meest optimale keuze?

1.1 Probleemstelling, achtergrond

De continue teelt van snijmaïs loopt tegen zijn grenzen aan. Een meer gevarieerd bouwplan is beter in staat om de beschikbare input (licht, mineralen, water, CO₂) om te zetten in kwalitatief hoogwaardig ruwvoeder. Ook de lange termijn productiviteit van de bodem zal beter gediend worden met een meer gevarieerd bouwplan. Het gaat hier om gewascombinaties in de tijd en ruimte (maïs, grasland, groenbemesters, leguminosen).

1.2 Doelstelling van het project

Op basis van bestaande kennis verbeterd inzicht krijgen in de optimale bouwplan combinaties mais – gras en/of grasklaver vanuit milieukundig en economisch perspectief. Eventuele lacunes in de huidige kennis worden benoemd.

2 Resultaten

2.1 Maïs

Over de problematiek van jaar op jaar telen van snijmaïs op hetzelfde perceel is weinig onduidelijkheid. Onderzoek op zavelgrond, uitgevoerd in de jaren '80 liet al zien dat snijmaïs in continueelt tot 13% lagere droge stofopbrengst geeft (Huiskamp en Lamers, 1992). Experts geven aan dat opbrengstverliezen tot 20% voorkomen (De Vries, 2013). Het omgekeerde bewijs wordt ook geleverd: het introduceren van een vruchtwisseling na continueelt van snijmaïs leidt tot een opbrengstverhoging, die varieert van enkele procenten (Van Dijk et al, 1996) tot 18% (Van Eekeren et al, 2011).

De verklaring van dit opbrengsteffect is complex: enerzijds wordt gewezen op het voorkomen van verschillende schimmelziektes en plagen (Huiskamp en Lamers, 1992; Groten, pers. med.). Anderzijds wijzen verschillende onderzoeken in de richting van de bodemfysische, bodemchemische en bodembioologische aspecten: door continueelt van maïs daalt het organische stofpercentage (Aarts et al, 2002), wat niet bevorderlijk is voor de bodemstructuur, de vochthuishouding en de beschikbaarheid van o.a. stikstof via mineralisatie door bodemleven (van Eekeren et al, 2008). Het is daarom niet verwonderlijk dat snijmaïsteelt na grasland zo positief uitpakt, en dan met name op droge zandgrond (van Eekeren et al, 2011): de organische stof zorgt voor een betere vochthuishouding en structuur en er komt veel stikstof vrij door mineralisatie.

De continueelt van maïs is ook niet gunstig voor de nitraatuitspoeling: onderzoek op de Marke laat zien dat de uitspoeling toeneemt naarmate er langer maïs op een perceel wordt geteeld, tot nitraatconcentraties van wel 70 mg/l (norm is 50 mg/l) (Aarts et al, 2002). Ook hier lijkt het lage organische stofgehalte en de suboptimale bodemstructuur een verklaring te vormen: de bufferende werking van organische stof ontbreekt grotendeels en de beworteling is mogelijk ook beperkt en oppervlakkig.

De optimalisatie van de snijmaïsteelt als continueelt is ook in onderzoek: er is veel aandacht voor de mogelijkheden van korte-seizoensmaïs of ultra-vroege maïsrassen. Deze bieden een aantal voordelen: het telen van een effectieve groenbemester/vanggewas is beter mogelijk door de vroege oogst, waardoor meer organische stof wordt opgebouwd en de nitraatuitspoeling in najaar/winter wordt beperkt. Daarnaast worden de risico's van structureerschade beperkt door de vroegere oogst, wat positief is voor het volgende jaar (Riemens et al, 2015, Verhoeven et al, 2015). De potentiële opbrengst van deze rassen ligt weliswaar meestal wat lager in vergelijking met latere maïsrassen. Als de hierboven beschreven problemen echter grotendeels voorkomen kunnen worden door het gebruik van vroege rassen, kan de meerjarige opbrengst wellicht concurreren met late rassen die hun opbrengstpotentie niet realiseren. Bovendien biedt de vroege oogst mogelijkheden om als vanggewas een gewas te kiezen dat nog geoogst kan worden en zo de opbrengstderving van de korte-seizoensmaï kan compenseren.

Aanvullend wordt ook gekeken naar systemen waar de grond minder wordt bewerkt, om organische stofafbraak tegen te gaan. Een optie is dat de groenbemester/vanggewas niet wordt ondergeploegd, maar wordt gemaaid of doodgespoten voor de inzaai van snijmaïs. In een andere variant worden stroken gefreesd in de levende of doodgespoten groenbemester, waarin dan maïs wordt gezaaid. Ook hiermee worden voordelen behaald met het behoud van organische stof en het verminderen van stikstofverliezen. De opbrengsteffecten op maïs zijn wisselend, mede omdat deze nieuwe ontwikkelingen nog niet volledig uitgerijpt zijn. Zo verhoogt niet-kerende grondbewerking de overlevingskans van enkele ziekten en plagen, die afhankelijk van de rassenkeus tot opbrengstverliezen kunnen leiden (Riemens et al, 2015, Verhoeven et al, 2015, Deru et al, 2015). Overigens is wel een positief effect merkbaar op de onkruidpopulatie: door een geslaagde groenbemester, al dan niet ondergezaaid onder maïs, die niet wordt ondergewerkt, wordt de onkruiddruk verlaagd (Huiting et al, 2015). Ondanks de beschikbaarheid van herbiciden blijken onkruiden in snijmaïs toch opbrengst te kosten in de praktijk, tot wel 10%. (van der Weide, pers. med.).

Daarbij hoort wel de volgende kanttekening, die overigens vaker wordt gemaakt: in de praktijk worden onnodige fouten gemaakt, o.a. met onkruidbestrijding, bemesting, rassenkeus, uitvoering van werkzaamheden etc. die behoorlijk opbrengst kosten. Deze opbrengstverliezen zijn dus niet direct te

wijten aan het teeltsysteem (maïs al dan niet in vruchtwisseling), of anders gezegd: een slecht uitgevoerde vruchtwisseling biedt ook geen oplossing voor maïs verbouwd in continue teelt.

2.2 Gras en gras-klover

Grasland is een meerjarige teelt. De meeste gangbare melkveebedrijven kiezen voor zogenaamd permanent grasland. Dit is grasland dat meerdere jaren ligt zonder dat het gescheurd wordt. De duur van permanent grasland is niet eenduidig. Onder de Nederlandse wetgeving inzake het Gemeenschappelijke landbouwbeleid (GLB, GLB 2016) wordt onder permanent grasland verstaan grasland voor minimaal 5 jaar. In de biologische sector wordt vaker gekozen voor gras-klover. Economisch gezien is het voordelig om gras zo lang mogelijk te laten liggen: de kosten voor graslandvernieuwing zijn aanzienlijk, niet alleen vanwege de bewerking- en inzaaikosten, maar ook vanwege de opbrengstderving in de beginfase. In de praktijk is teruglopende productiviteit van het grasland de belangrijkste reden om grasland te vernieuwen.

Er is wat discussie over de productiviteit van permanent en kortdurend grasland. In langjarig Belgisch onderzoek blijkt dat permanent grasland een vrij constante, hoge productie kan hebben, vergelijkbaar met 3-jarig gras in vruchtwisseling (Nevens en Reheul, 2003). Ook van Dijk et al (1996) concludeert op basis van langjarig onderzoek in Flevoland dat de lengte van de graslandperiode geen invloed heeft op de productiviteit. In onderzoek op De Marke levert 3-jarig grasland echter gemiddeld 4,5% meer droge stof per ha op, vergeleken met permanent grasland (Aarts et al, 2002). Volgens Evers (2003) en van der Vegte (pers. med.) is graslandvernieuwing of kortdurend grasland ook gunstig voor de productie, omdat geprofiteerd kan worden van de hogere productiviteit van nieuwe rassen. Uit het rassenonderzoek blijkt ook dat de productiviteit van gras gemiddeld 0,5% per jaar stijgt (van der Schoot, pers. med.). In de praktijk lijkt teruglopende productie van permanent grasland vooral gerelateerd aan het beheer (Anonymus, 2016): door bodemverdichting en beschadiging van de zode verandert de botanische samenstelling en daalt de productiviteit. Er worden uiteenlopende oorzaken genoemd: bewerking met zware machines onder ongunstige omstandigheden (de Boer, pers. med), beschadiging van de zode door berijden, bevriezing, urinebrandplekken (Anonymus, 2016) en primaire en secundaire schade van engerlingen en snuitkeverlarven (van Rozen, 2015). Maar ook het maaien van te zware sneden en het te diep maaien kan de zode beschadigen. In een beschadigde zode krijgen onkruiden en minder productieve grassen een kans, waardoor de productiviteit terugloopt. Het aandeel goede grassen in de zode aangevuld met informatie over zode beschadiging en de bewerkbaarheid van het perceel is een maat voor het vernieuwen van grasland (Anonymus, 2016). In de praktijk weegt de winst in opbrengst die gemaakt wordt door veredeling van de grasrassen niet op tegen de fouten die gemaakt worden in het graslandmanagement. Zo kan bijvoorbeeld de effectieve opbrengst van het grasland worden verhoogd door het verhogen van de benutting van het gegroeide gras door het uitvoeren van goed voorraadbeheer, dat wil zeggen maaien en in- en uitscharen op het juiste moment.

In de praktijk is het teruglopende klaveraandeel een reden om gras-klover te vernieuwen. Klover profiteert van een lage bodemvruchtbaarheid, omdat het zelf in staat is om stikstof te binden uit de lucht door symbiose met rhizobium bacteriën. Echter, omdat deze stikstof wel gaandeweg beschikbaar komt voor het gras, door afbraak van plantenresten en bij beweiding ook door mest en urine van dieren, verliest de klover dit voordeel in de loop van de tijd. Het is dus belangrijk dat gras-klover weinig of geen stikstofbemesting ontvangt. Onderzoek wijst uit dat gras-klover dan de hoogste drogestof- en eiwitproductie realiseert (Reheul et al, 2007; Bommelé, 2007).

Klover stelt specifieke eisen aan de standplaats zoals bodemgesteldheid en stikstofbeschikbaarheid (De Wit et al. 2004). Wanneer hier niet aan wordt voldaan slaat de klover niet aan of verdwijnt de klover snel weer. Een voorjaarsbemesting met stikstof stimuleert de grasgroei wanneer de klover nog niet actief is (Schils 1997). Bovendien kunnen het maaibeheer en weidegang ook negatief uitwerken voor klover, bijvoorbeeld door te kort of juist te lang maaien, overbegrazing of vertrapping. De keuze voor witte of rode klover is afhankelijk van het graslandmanagement.

De praktijk kampt er mee dat na een jaar of acht het klaveraandeel in de zode afneemt.

Waarschijnlijk door het optreden van het klaver cysteaaltje (van Eekeren pers.med.).

Praktijkervaring en onderzoek (o.a. van Eekeren et al, 2007) laten zien dat bij het vernieuwen van gras-klover een tussenperiode met bouwland gewenst is: de oude zode laat niet alleen veel stikstof

na, wat ongunstig is voor klaverontwikkeling, maar vaak zijn er ook een aantal lastige schimmels en nematoden ontwikkeld in de oude zode. Na een bouwlandperiode zijn de omstandigheden voor gras-klaverontwikkeling veel gunstiger (Hoving, 2003). Hoe langer de bouwlandperiode, hoe hoger de productie van gras-klaver (van Eekeren et al, 2007). Voorwaarde is wel dat de stikstofbemesting van gras-klaver beperkt wordt om de klaver te stimuleren (Reheul et al, 2007; Bommelé, 2007).

Echter, vernieuwen van gras of gras-klaver is een maatregel waar veel discussie over is, los van de kosten. Gras(-klaver) bouwt over de jaren heen een behoorlijke hoeveelheid organische stof, inclusief organisch gebonden stikstof op (van Eekeren et al, 2011). Het vernietigen van een oude zode zorgt voor mineralisatie van deze organische stof, wat kan leiden tot forse verliezen van koolstof (C) en grote hoeveelheden vrijkomende stikstof (N). Hoe ouder het grasland, hoe meer C en N er vrijkomt. Tegelijk blijkt ook dat de mineralisatiesnelheid van de organische stof bij het scheuren van jong grasland, tot 3 jaar, hoger is. Bij ouder grasland neemt deze mineralisatiesnelheid af. Bij het scheuren van 3-jarig grasland is de hoeveelheid vrijkomende stikstof in het eerste jaar na scheuren maximaal, maar neemt in de jaren erna vrij snel af. Bij ouder grasland is de hoeveelheid vrijkomende stikstof in het eerste jaar na scheuren lager, maar blijft er in de volgende jaren stikstof vrijkomen (Evers et al, 2003; Nevens en Reheul, 2002).

Deze verliezen kunnen beperkt worden door na het scheuren van het grasland gewassen te telen die veel stikstof kunnen opnemen, het gebruik van groenbemesters/vanggewassen en door de zode in het voorjaar te scheuren in plaats van in het najaar (Nevens en Reheul, 2002; Evers et al, 2003).

In Nederlands onderzoek wordt gekeken naar alternatieven voor het omploegen van de oude zode (scheuren), zoals doodspuiten, strokenzaai en herinzaai. Met deze maatregelen komt er minder zuurstof in de grond en blijft de organische stof meer bovenin de bodem, in vergelijking met een kerende groundbewerking, waardoor de mineralisatie minder snel gaat. Het verwachte voordeel blijkt in onderzoek toch tegen te vallen (Deru et al, 2015 en Riemens et al, 2015).

Daarnaast blijkt ploegen een effectieve maatregel om verdichting van de bovenste bodemlaag op te heffen: Als de productiviteit van grasland terugloopt vanwege ondiepe bodemverdichting, is het essentieel om dit probleem eerst op te lossen. Het inzaaien of doorzaaien van grasland op een verdichte bodem is weinig zinvol (de Boer, pers. med.).

Permanent grasland blijkt ook de hoogste biologische bodemactiviteit te hebben, in vergelijking met bouwland of met gras-bouwland combinaties. Deze activiteit neemt snel af als grasland wordt omgezet in bouwland, maar keert ook binnen drie jaar weer terug onder grasland (van Eekeren et al, 2008).

2.3 Gras-maïs vruchtwisseling

Omdat veel melkveebedrijven alleen gras en maïs telen en in sommige regio's nauwelijks andere gewassen worden geteeld, is het telen van gras en maïs in vruchtwisseling een logische optie. Er is veel onderzoek gedaan aan deze combinatie, onder andere op de Marke en in Vlaanderen. Zoals al in paragraaf 2.1 aangegeven, is vruchtwisseling gunstig voor snijmaïsteelt, vergeleken met continueelt. De opbrengst kan met 10-20% toenemen, met name door een betere bodemkwaliteit (structuur, organische stof, vochthuishouding, bodemvruchtbaarheid, bodemgezondheid). De stikstofverliezen nemen ook af in vergelijking met percelen waar continu maïs wordt geteeld en er kan met minder mest dezelfde opbrengst worden behaald.

Voor grasland is het verhaal wat meer genuanceerd: goed beheerd grasland blijft in lengte van jaren productief, en is dus economisch altijd aantrekkelijker dan kortdurend grasland, wat niet of nauwelijks productiever is en wel veel hogere kosten geeft.

Een groot voordeel van een vruchtwisseling voor het grasland is dat hiermee een aantal 'beheersproblemen' opgelost kunnen worden die anders niet opgelost kunnen worden. Te denken valt aan het opheffen van bodemverdichting, het verbeteren van de botanische samenstelling, het opheffen van de ziekten en plaag druk en onkruidbestrijding.

Younie en Hermansen (2000) stellen dat in situaties waar geploegd kan worden én akkerbouw door klimatologische omstandigheden mogelijk is, gras in vruchtwisseling met akkerbouw de voorkeur heeft boven permanent grasland en permanent bouwland.

In veel onderzoek wordt aandacht besteed aan het optimaliseren van een vruchtwisselingssysteem met een aantal jaren gras of gras-klover gevolgd door een aantal jaren akkerbouw. Johnston et. al. (1994) en De Boer et.al. (2012) vonden onder biologische omstandigheden dat bodem N in grasland van 3 jaar ongeveer op hoogste niveau was. Wanneer 3 jaar gras gevolgd door 3 jaar akkerbouw was het meest gunstig voor opbrengst en de kans van optreden van verliezen.

In deze 3:3 verhouding blijkt organische stof opbouw (onder gras) en afbraak (onder mais) met elkaar in evenwicht (van Eekeren et al, 2011). Voor gras-klover is de 3-jarige bouwlandperiode gunstig, omdat de bodem relatief verarmd is (organische stof, stikstof).

Ook vanuit economisch perspectief is dit het meest gunstig omdat de kosten voor graslandvernieuwing worden uitgesmeerd over 3 jaar.

Er zitten wel wat haken en ogen aan de vruchtwisseling van gras en maïs. De eerste is dat snijmaïs niet alle vrijkomende stikstof kan opnemen die vrijkomt uit de gescheurde gras(klover) zode. Dit heeft gedeeltelijk met de hoeveelheid N te maken, maar ook met het gegeven dat de bodemmineralisatie het hoogst is op het moment dat maïs nauwelijks of geen stikstof meer opneemt (nazomer / najaar). Hierdoor treden vaak aanzienlijke N-verliezen op. In het tweede en derde jaar maïs na het scheuren van het 3-jarige grasland, is dit veel minder het geval, omdat de zode van 3-jarig grasland dan weinig stikstof meer nalevert. Door teeltmaatregelen zoals bijvoorbeeld de duur van de grasteelt, de keuze van het volggewas, de (stikstof) bemesting en de teelt van een vanggewas, kunnen de stikstof verliezen beperkt worden (De Wit et.al. 2006). Echter tussen de jaren kan de stikstofmineralisatie sterk variëren waardoor de stikstofverliezen van jaar tot jaar verschillen (Verloop 2014).

Een vanggewas/groenbemester na snijmaïs kan een goede bijdrage leveren aan het verminderen van de stikstofuitspoeling, zeker als deze de winter over blijft staan. Winterharde gewassen, zoals wintergranen en grasgroenbemers zijn hiervoor geschikt. Het probleem is vaak dat snijmaïs laat wordt geoogst, waardoor het vanggewas nauwelijks meer tot ontwikkeling komt en dus ook weinig stikstof op kan nemen. Het is dus belangrijk om al in de rassenkeus van snijmaïs hierop in te spelen door een vroeger ras te kiezen en eventueel het vanggewas onder te zaaien (Verhoeven et al, 2015, Riemens et al, 2015). O.a. Ten Berge (2016) en en Pikula (2016) laten zien dat in het eerste jaar na scheuren géén of een beperkte stikstofbemesting hoeft te worden uitgevoerd om de droge stofopbrengst van de gewassen op peil te houden. Maïs die wordt geteeld na het scheuren van grasland behoeft geen stikstofbemesting te ontvangen (De Boer 2005 en Verloop 2015). Onderzoek op De Marke laat zien dat door te sturen op N-efficiëntie de stikstof verliezen beperkt kunnen worden. Maar toont ook aan dat hierdoor bodem organische stof tot kritieke waarden voor bodemvruchtbaarheid kan dalen (Verloop 2014).

Nevens en Reheul (2002) wijzen op voederbieten als alternatief gewas, dat tot laat in het najaar doorgroeit en stikstof blijft opnemen. Hierdoor kunnen N-verliezen worden beperkt. Voederbieten worden dan te laat geoogst om nog een vanggewas/groenbemester te kunnen zaaien. In de praktijk zijn het bewaren en vervoederen van de voederbieten een belemmering voor de teelt er van in Nederland.

Een ander probleem vormt de overgang van snijmaïs naar gras(-klover): net als bij een vanggewas is het voor een goede ontwikkeling van gras(-klover) ook belangrijk om deze niet te laat te zaaien. Bij late maïsrassen is het soms niet eens mogelijk om succesvol gras te zaaien en komt de ontwikkeling traag op gang, zodat in het eerste jaar één of twee snedes worden gemist. Een vroege maïsoogst, eventueel in combinatie met onderzaai van gras(-klover) voorkomt dit probleem (Verhoeven et al, 2015). Ook het zaaien van een mengteelt gras of graan met een wintererwt of winterveldboon na een vroege maïs oogst biedt perspectieven voor de overgang van snijmaïs naar gras. Een alternatief om goede omstandigheden voor het slagen van de inzaai van gras(-klover) te creëren is het telen van een tussengewas graan voor Gehele Planten Silage (GPS) na de oogst van maïs.

Als laatste spelen er nog enkele praktische problemen: in de praktijk wordt snijmaïs vaak geteeld op percelen die het verst van het melkveebedrijf liggen. Deze percelen zijn ongeschikt voor beweiding vanwege de afstand, en omdat snijmaïs in één keer wordt geoogst, zijn de transportkosten relatief laag in vergelijking met maaiweides die 5-7 keer per jaar gemaaid worden. Het introduceren van een vruchtwisseling op deze percelen betekent dan onvermijdelijk dat er toch gras op afstand wordt geteeld, waardoor de transportkosten toenemen. De huiskavel (grasland rondom de stal) is vaak

exclusief bestemd voor beweiding door het melkvee en is daarmee niet bruikbaar voor de teelt van snijmaïs. Door de maatschappelijke druk op weidegang wordt het belang van grasland op de huiskavel alleen maar groter.

In Tabel 1 zijn de mogelijke teeltmaatregelen en hun effect op de droge stofopbrengst, stikstofuitspoeling, het organische stof% in de bodem, ziektes en plagen in bodem en gewas, onkruiddruk, opslag van koolstof in de bodem, biodiversiteit, bewerkingskosten en de slagingskans vang-/tussengewas, kwalitatief beoordeeld voor zowel maïs als gras en/of gras/klaver.

Tabel 1. Mogelijke teeltmaatregelen bij gras, gras/klaver en maïs in vruchtwisseling kwalitatief beoordeeld op droge stofopbrengst, stikstofuitspoeling, het organische stof% in de bodem, ziektes en plagen in bodem en gewas, onkruiddruk, opslag van koolstof in de bodem, biodiversiteit, bewerkingskosten en de slagingskans vang-/tussengewas.

Teeltmaatregelen	Beoordelingscriteria										Vergelijking t.o.v.
	Droge stofopbrengst hoofdgewas	Stikstof uitspoeling	Organische stof % bodem	Ziektes en plagen bodem en gewas	Onkruiddruk	Opslag van koolstof in bodem	Biodiversiteit	Bewerkingskosten	Slagingskans vang-/tussengewas		
Mais in continu teelt											Mais in continu teelt
Ultra vroeg maïs ras met vanggewas/groenbemester	-	-	+	o	o	o/+	o	o	+		Laat maïs ras met vanggewas/groenbemester
Ultra vroeg maïs ras met tussengewas	-	-	+	?	o	+	o/+	o	+		Laat maïs ras met tussengewas
Niet-kerende grondbewerking	o/+	-	+	?	+	+	?	-	o		Kerende grondbewerking
Mais in vruchtwisseling met 3-4-jarig gras of gras/klaver*											Mais in continu teelt
Laat maïs ras met vanggewas	+	o/+	+	-	-	+	+	+	+	o	Laat maïs ras met vanggewas
Ultra vroeg maïs ras met vanggewas	o/+	-/o	+	-	-	+	+	+	+	+	Laat maïs ras met vanggewas
<i>*geen N-bemesting maïs eerste jaar na scheuren, scheuren in voorjaar.</i>											
Mais in vruchtwisseling met > 5 jarig gras of gras/klaver*											Mais in continu teelt
Laat maïs ras met vanggewas	+	+	+	-	-	+	+	+	+	o	Laat maïs ras met vanggewas
Ultra vroeg maïs ras met vanggewas	o/+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	Laat maïs ras met vanggewas
<i>*geen N-bemesting maïs eerste jaar na scheuren, scheuren in voorjaar.</i>											
Gras/klaver in vruchtwisseling met maïs*											Permanent gras/klaver
Scheuren 3- tot 4-jaar oude zode	+	o/+	-	-	o	-	-	+	o		niet scheuren
Scheuren > 5 jaar oude zode	+	+	-	-	o	-	-	+	o		niet scheuren
<i>*geen N-bemesting maïs eerste jaar na scheuren, scheuren in voorjaar, teelt ultra vroeg maïs ras met vanggewas.</i>											
Gras/klaver in vruchtwisseling met maïs*											Gras/klaver in vruchtwisseling met maïs*
3- tot 4-jarige bouwlandperiode	o	o	-	-	o	-	?	-	o		1- tot 2-jarige bouwlandperiode
3- tot 4-jarige graslandperiode	+	o	+	?	o	+	+	-	o		1- tot 2-jarige graslandperiode
Ultra vroeg maïs ras met vanggewas	o/+	-/o	+	o	o	+	o	o	+		Laat maïs ras met vanggewas
<i>*geen N-bemesting maïs eerste jaar na scheuren, scheuren in voorjaar.</i>											
Gras in vruchtwisseling met maïs*											Permanent gras
Scheuren 3- tot 4-jaar oude zode	o	o/+	-	o	o	-	-	+	o		niet scheuren
Scheuren > 5 jaar oude zode	o	+	-	o	o	-	-	+	o		niet scheuren
<i>*geen N-bemesting maïs eerste jaar na scheuren, scheuren in voorjaar, teelt ultra vroeg maïs ras met vanggewas.</i>											

3 Conclusies en discussie

3.1 Conclusies

Snijmaïs profiteert van vruchtwisseling met gras(klaver)

Er is en wordt veel onderzoek gedaan naar de teelt van snijmaïs, grasland- en grasklaverproductie, al dan niet in vruchtwisseling. Daaruit komt duidelijk naar voren dat jarenlange teelt van snijmaïs op hetzelfde perceel problematisch is: de opbrengst loopt fors terug (tot wel 20%), de bodemkwaliteit daalt en de stikstofverliezen nemen toe (waarbij de waterkwaliteitsnormen worden overschreden). Introductie van een vruchtwisseling met gras kan deze problemen grotendeels ongedaan maken. Ook andere gewassen bieden mogelijkheden voor vruchtwisseling maar zijn in dit rapport, waar de focus op gras-maïs rotaties ligt, buiten beschouwing gelaten.

Teelt van snijmaïs zonder vruchtwisseling kan ook nog beter

Onderzoek laat ook zien dat de continue teelt van snijmaïs beter kan: vroegere rassen, de teelt van een goed ontwikkelde groenbemester/vanggewas, een tussengewas of een niet-kerende grondbewerking kunnen positief uitwerken voor de bodemkwaliteit, een hogere stikstofefficiëntie en het beperken van de verliezen. Of er direct effecten te zien zijn is afhankelijk van de uitgangssituatie van het perceel waarop de maïs wordt geteeld.

Gras in vruchtwisseling biedt weinig voordeel voor gras en verhoogt emissierisico

Uit onderzoek komt ook naar voren dat grasland in vruchtwisseling erg gunstig is voor de snijmaïs, maar dat het voordeel voor grasland beperkt is. Permanent grasland, mits goed beheerd, kan jarenlang productief blijven, met een vergelijkbare productie als jong grasland, maar zonder de hoge kosten van graslandvernieuwing. Daarnaast heeft het scheuren van gras en gras-klaver nog een groot nadeel, omdat uit de zode veel stikstof en koolstof vrijkomt. De meeste gewassen zijn niet in staat om deze stikstof allemaal op te nemen, waardoor (forse) emissies kunnen ontstaan, met name in het eerste jaar na scheuren. Met name uit ouder grasland komt veel stikstof vrij.

Gras-klaver kan niet zonder vruchtwisseling

Voor grasklaver biedt het scheuren van grasland wel voordeel. Het klaveraandeel neemt na enkele jaren af. Doorzaai van klaver is niet effectief, evenals direct na scheuren van gras(klaver) opnieuw grasklaver inzaaien. De bodem is dan niet alleen te rijk aan stikstof, waardoor klaver in het nadeel is ten opzichte van gras, maar er zijn ook schadelijke bodemschimmels en nematodenpopulaties opgebouwd. Een bouwlandperiode tussen scheuren en herinzaai van grasklaver is een effectieve maatregel om deze problemen op te lossen. Hoe langer de bouwlandperiode, hoe gunstiger voor de grasklaver. Een vruchtwisseling van bijvoorbeeld 3-jarig grasklaver met meerdere jaren maïs (en/of andere gewassen) is gunstig voor beide gewassen. Ook hier geldt overigens dat in het eerste jaar na scheuren van gras-klaver forse stikstofemissies kunnen optreden. Door teeltmaatregelen zoals de lengte van de grasteelt, de stikstofbemesting, de vruchtopvolgving en het gebruik van vanggewassen, kunnen de stikstofemissies voorkomen of beperkt worden.

3.2 Discussie

Verskil tussen onderzoek en praktijk?

De voordelen van graslandvernieuwing komen niet duidelijk uit onderzoek naar voren. Dat is opvallend, omdat dit in de praktijk toch relatief vaak gebeurt. Het lijkt erop dat het verschil zit in het beheer: in onderzoekssituaties mag verondersteld worden dat het beheer optimaal is, waardoor de zode in goede conditie blijft. In de praktijk zijn veel signalen van suboptimaal beheer: er zijn aanwijzingen van verdichting van de bodem door zware machines (soms op natte grond) en van beschadiging van de zode door zodebemers, maaien of vertrapping door dieren. Het gevolg is vaak

dat de beworteling en vochtuithouding wordt verstoord en dat andere grassen en onkruiden hun intrede doen, waardoor de productiviteit fors kan dalen. De bodemverdichting herstelt niet vanzelf, waardoor allerlei maatregelen, zoals herinzaai of gericht maai-beheer, niet effectief zijn om de productiviteit van het grasland te herstellen. In deze context is het logisch dat graslandvernieuwing voordelig is (voor de productie). Daarnaast is duidelijk dat een kerende grondbewerking (ploegen) nodig kan zijn om verdichting ongedaan te maken. De keerzijde is dat er flinke kosten worden gemaakt en behoorlijke emissies kunnen optreden na scheuren.

Vroege maïsrassen blijken zowel in continueelt als in vruchtwisseling gunstig, omdat ze ruimte bieden voor een vanggewas/groenbemester of voor herinzaai van gras(-klaver) in het vroege najaar. De praktijk is helaas vaak dat men deze rassen niet kiest, omdat de potentiële opbrengst wat lager ligt in vergelijking met latere rassen. Het is echter twijfelachtig of late rassen deze hogere potentiële opbrengst realiseren in een continueelt: de bodemkwaliteit is dan zodanig slecht dat opbrengstverliezen van 10-20% niet ondenkbaar zijn. Het is daarom zeker zinvol om het systeem van vroege rassen met geslaagde groenbemesters of tussengewassen over meerdere jaren te vergelijken met de praktijksituatie van late rassen met geen of minimaal ontwikkelde groenbemesters of tussengewassen.

Het beheer van grasklaver is ook een aandachtspunt in de praktijk. Het blijkt lastig om het klaverpercentage op peil te houden. Het is de vraag of dit alleen veroorzaakt wordt door het feit dat klaver zelf stikstof vastlegt en na enkele jaren aan dit succes ten onder gaat. In de praktijk zijn maai- en beweidingsbeheer niet altijd optimaal en zeker in de gangbare melkveehouderij is het vermoeden dat er toch teveel stikstof wordt toegediend aan grasklaver. De agronomische uitdaging is dus om een kortdurende (2-4 jaar) grasklaver optimaal te beheren, dan een bouwlandperiode van enkele jaren te introduceren, waarna de situatie voor herinzaai van grasklaver weer gunstig is.

Verliezen van N en organische stof na scheuren van grasland

Er is veel discussie over het verlies van stikstof en organische stof na het scheuren van grasland. Veehouders hebben terecht het beeld dat bollen, akkerbouwgewassen of maïs ongunstig zijn voor het organische stofpercentage van de bodem. De emissies na het scheuren van grasland zijn ook evident. Diverse natuur- en milieuorganisaties en beleidsmakers zien blijvend grasland ook als het summum van biodiversiteit en bodemleven, niet helemaal onterecht. Echter, in de praktijk is continueelt van snijmaïs de keerzijde van permanent grasland, en onderzoek laat duidelijk zien dat continueelt van snijmaïs verre van duurzaam is, in meerdere opzichten. Daarnaast grijpen veel veehouders toch naar graslandvernieuwing omdat de productie na verloop van tijd terugloopt. Onderzoek laat zien dat hoe langer de graslandperiode, hoe hoger de hoeveelheid koolstof en stikstof is die vrijkomt. Kortom: het is belangrijk om bij het beoordelen van de duurzaamheid en biodiversiteit het complete systeem van gras en maïs in ogenschouw te nemen en rekening te houden met suboptimaal beheer in de praktijk.

Invloed mineralenwetgeving

De mineralenwetgeving heeft ook invloed op gras- en maïssystemen: bedrijven die vallen onder de derogatie (ruimte om meer dierlijke N per ha te gebruiken), moeten minimaal 80% grasland hebben (voor 2015: 70%). Daardoor is een deel van de snijmaïsteelt verschoven naar akkerbouwbedrijven en onderdeel geworden van een akkerbouwvruchtwisseling. Omdat veel melkveehouders hun mest vooral willen gebruiken op grasland, om de drogestof- en eiwitopbrengst te maximaliseren, wordt er steeds minder mest gebruikt op de maïspcelen. Dat komt de productiviteit van deze pcelen niet ten goede. Tegelijk wordt vruchtwisseling met gras hierdoor nog minder aantrekkelijk, omdat dit ten koste kan gaan van de graslandopbrengst.

Een ander gevolg van derogatie is dat er relatief veel dieren per hectare gehouden kunnen worden. Daardoor zijn veehouders in de praktijk soms bezig met het 'plaatsen van mest' in plaats van het sturen op de gewasbehoefte. Dit kan één van de oorzaken zijn dat gras-klaver soms toch teveel stikstofbemesting ontvangt. Overigens is er opnieuw discussie over de voortzetting van de derogatie en is op het moment van schrijven van dit rapport nog steeds geen duidelijkheid over de melkveewet, het systeem van fosfaatrechten en de maatregelen om weer onder het fosfaatplafond te komen. Een positief fenomeen is dat veel melkveehouders door het gebruik van de Kringloopwijzer inzicht krijgen in de (berekende) opbrengst van gras en snijmaïs op het eigen bedrijf. Die blijkt in de praktijk vaak lager dan men had gedacht. Vanuit de wens om de melkproductie per hectare verder te verhogen ontstaat er dan aandacht voor de optimalisatie van grasland en ruwvoerproductie. Dit literatuuronderzoek laat zien dat er nog veel mogelijk is in dit opzicht.

Invloed Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB)

Hoewel de vergroeningseisen van het nieuwe GLB nog geen bedrijfsspecifieke normen zijn, is wel duidelijk dat permanent (d.w.z. minimaal 5-jarig) grasland wordt gestimuleerd. Als deze eisen uiteindelijk toch bedrijfsspecifiek zijn, is dat in combinatie met de derogatie-eis van 80% grasland een behoorlijke beperking voor gras-maïs rotaties en voor vruchtwisseling met andere gewassen dan gras(klaver) en maïs. Alleen grasland van 5 jaar en ouder kan dan in rotatie worden gebracht, maar dit leidt tot grote verliezen van koolstof en stikstof. Gezien het intensieve graslandbeheer is het niet onwaarschijnlijk dat veehouders na 5-10 jaar de productiviteit van grasland zien teruglopen en dan grasland gaan scheuren. Een kortere cyclus van 2-4 jaar gras, gevolgd door enkele jaren maïs, kan milieutechnisch gunstiger uitpakken dan een soort worst case praktijk, waarin continu maïs wordt geteeld op 20% van het bedrijf, terwijl op de overige 80% het grasland na 5-10 jaar wordt vernieuwd. Op beide delen zijn de C en N verliezen dan onnodig hoog.

3.3 Aanbevelingen

Optimaliseer huidige praktijk maïsteelt

Voor de praktijk is het in alle gevallen gunstig om de continueelt maïs te optimaliseren: een vroeger ras met een geslaagde groenbemester hoeft in de praktijk geen opbrengst te kosten en is gunstig voor de bodemkwaliteit en het terugdringen van emissies. Ook in een vruchtwisseling is een vroeg ras wenselijk, omdat herinzaai van gras(-klaver) in het vroege najaar veel gunstiger is voor de emissiebeperking en de opbrengst in het eerste jaar.

Overweeg vruchtwisseling met gras(klaver) en maïs

De vraag blijft of de continueelt van snijmaïs op lange termijn houdbaar is: met name problemen met bodemschimmels, aaltjes en andere plagen worden mogelijk niet opgelost door vroegere rassen en groenbemers, maar wel door een vruchtwisseling met andere gewassen. Een vruchtwisseling met gras ligt op veel veehouderijbedrijven voor de hand, maar een systeem met gras-klaver is zeker het overwegen waard. Gras-klaver profiteert van een vruchtwisseling, kan met weinig bemesting toe en levert veel stikstof op voor de bouwlandperiode erna. Het is wel aan te bevelen om deze overgang van gras(-klaver) naar bouwland goed te optimaliseren, vanwege het risico op grote stikstofemissies.

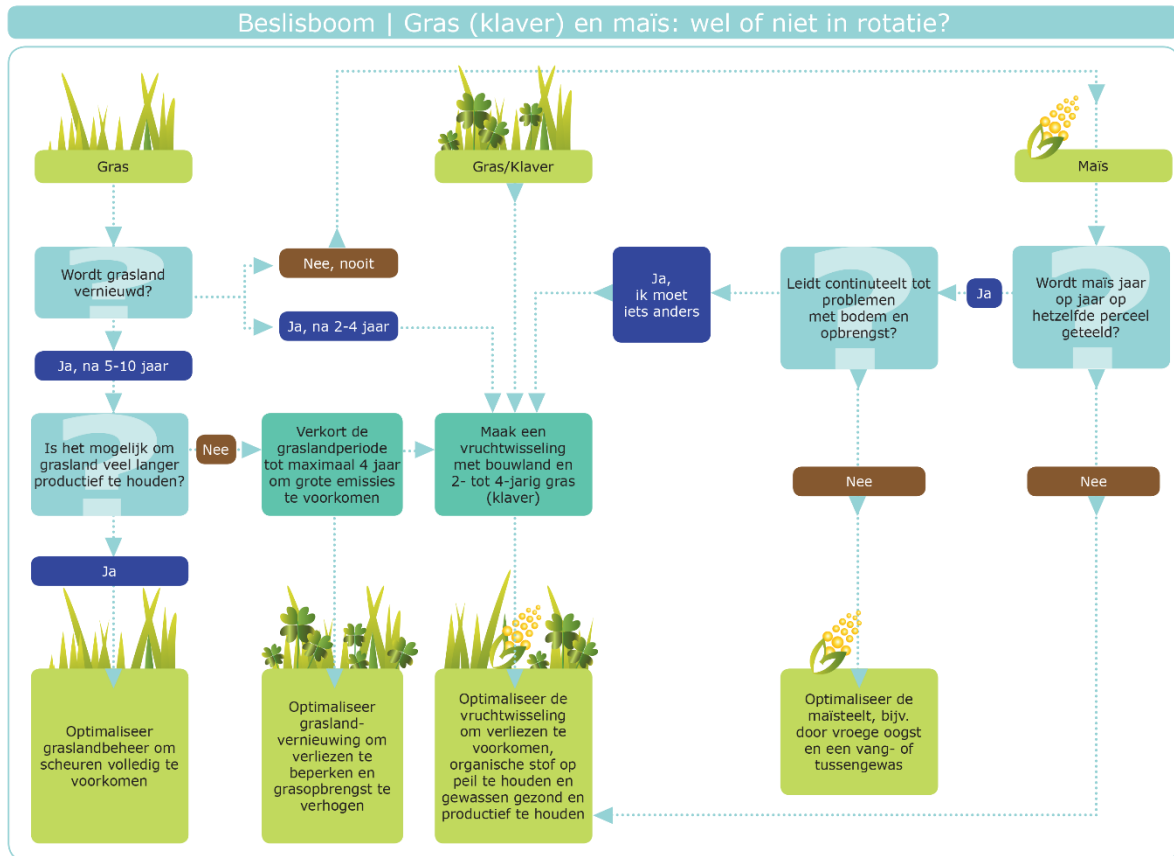
Verder onderzoek naar kosten en baten

Het literatuuronderzoek geeft al een eerste inzicht in een aantal aspecten van gras en maïs, al dan niet in rotatie. Echter, het verdient aanbeveling om met deze informatie en een aantal expertinschattingen een aantal concrete bedrijfssituaties door te rekenen op kosten en baten. Zo wordt in onderzoek van Van Dijk et al (1996) gesteld dat de kosten van graslandvernieuwing niet opwegen tegen de meeropbrengst van snijmaïs in een gras-maïs vruchtwisseling. Er zijn echter in het literatuuronderzoek wel aanwijzingen om deze conclusie te nuanceren: voor gras-klaver ligt dit zeer waarschijnlijk anders, omdat gras-klaver duidelijk profiteert van vruchtwisseling. Daarnaast zou een berekening ook rekening kunnen houden met suboptimaal graslandbeheer in de praktijk, waardoor langjarig grasland afneemt in productie. Wanneer wordt het dan gunstig om grasland te vernieuwen; voldoen de huidige criteria voor graslandvernieuwing nog (Anonymus 2016)?

Verder onderzoek naar optimale lengte van graslandperiode in vruchtwisseling

Een andere belangrijke vraag is hoe lang de graslandperiode moet zijn voor welke omstandigheden (natuurlijke en bedrijfssituatie). Younie en Hermansen (2000) concluderen dat op percelen die geploegd kunnen worden kortdurend grasland in vruchtwisseling geteeld zou moeten worden ten gunste van zowel de grasland als de akkerbouw fase. Dat zou betekenen dat permanent grasland op percelen geteeld zou moeten worden die door natuurlijke omstandigheden niet of slecht geploegd kunnen worden (bijvoorbeeld veen of zware klei). Permanent grasland is in dit geval grasland dat nooit wordt gescheurd. In alle andere gevallen zou volgens Younie en Hermansen (2000) kortdurend grasland in vruchtwisseling met akkerbouw gewassen moeten worden geteeld. Zoals De Boer et al. (2012) laten zien is de keuze van de graslandperiode en de bouwland periode afhankelijk van de criteria die gesteld worden. Verloop geeft aan dat de criteria voor elke situatie, combinatie van natuurlijke omstandigheden en bedrijfssysteem, specifiek zijn.

Tot slot: alle praktische aanbevelingen voor gras(klaver) en maïs zijn weergegeven in onderstaande beslisboom.



Literatuur

- Aarts, H.F.M., G.J. Hilhorst, G.J., F. Nevens, en J.J. Schröder, 2002. Betekenis wisselbouw voor melkveebedrijf op lichte zandgrond; Analyse van resultaten proefbedrijf "De Marke", Rapport 36, Wageningen UR en CLM.
- Anonymus 2016. Handboek melkveehouderij 2016/17. URL: <http://www.wur.nl/nl/show/Handboek-Melkveehouderij.htm>.
- Bommelé L., 2007. Growing potatoes and grass-clover after turned down grassland. PhD thesis, University of Gent, Belgium.
- De Boer, H., 2005. Onderzoek vruchtwisseling: geen bemesting snijmaïs na scheuren van gras-klover. V-focus december 2005.
- De Boer, H.C., N.J.M. van Eekeren, J.B. Pinxterhuis, M.W.J. Stienezen, 2012. Optimal length of the grass-clover period in crop rotations: results of a 9-year field experiment under organic conditions, Wageningen UR Livestock Research, Report 660.
- De Vries, F., 2013. Interview met Z. van der Vegte en J. Groten. Maismoeheid bestrijden met vruchtwisseling. V-focus december 2013. URL: <http://edepot.wur.nl/283954>.
- GLB 2016. URL: <http://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/gemeenschappelijk-landbouwbeleid>.
- De Wit, J., M. van Dongen, N. van Eekeren, E. Heeres, 2004. Handboek gras klover. Teelt en voeding van grasklover onder biologische omstandigheden. Louis Bolk Instituut. URL: <http://www.louisbolk.org/downloads/1331.pdf>.
- De Wit, J., N. van Eekeren, C.J. van der Burgt, 2006. Optimalisatie van stikstofbenutting na het scheuren van grasklover. Bioveem rapport 15 Animal Science Group.
- Deru J., H. van Schooten, H. Huiting, R. van der Weide, 2015. Reduced tillage for silage maize on sand and clay soils: effect on yield and soil organic matter. Grassland Science in Europe, Vol. 20 – Grassland and forages in high output dairy farming systems, 398-400.
- Evers, A.G., M.H.A. de Haan, H.A. van Schooten, A.P. Philipsen en J.A. de Boer, 2003. Snijmaïs op melkveebedrijven: gevolgen voor milieu en economie. PraktijkRapport Rundvee 24.
- Hoving, I.E., 2003. Farm management and economics – grass in rotation with arable crops. Second workshop of the EGF-Working Group 'Grassland Resowing and Grass-arable Rotations' Kiel, Germany, 27-28 February 2003, Plant Research International B.V., Wageningen, Report 80.
- Huiskamp, Th. en G.J. Lamers, 1992. Teeltfrequentie-effecten bij erwten, veldbonen, bruine bonen, snijmaïs, vlas en zaaiuien. PAGV verslag 143.
- Johnston, A.E., McEwen, J.M., Lane, P.W., Hewitt, M.V., Poulton, P.R., Yeoman, D.P., 1994. Effects of one to six year old ryegrass-clover leys on soil nitrogen and on subsequent yields and fertilizer nitrogen requirements of the arable sequence winter wheat, winter beans (*Vicia faba*) grown on a sandy loam soil. Journal of Agricultural Science Cambridge 122, 73-89.
- Nevens, F., D. Reheul, 2002. The nitrogen- and non-nitrogen-contribution effect of ploughed grass leys on the following arable forage crops: determination and optimum use. European Journal of Agronomy 16, 57-74.
- Nevens, F., D. Reheul, 2003. Permanent grassland and 3-year leys alternating with 3 years of arable land: 31 years of comparison. European Journal of Agronomy 19, 77-90.
- Pikula, D., H.F.M. ten Berge, P.W. Goedhart, J.J. Schröder, 2016. Apparent nitrogen fertilizer replacement value of grass-clover leys and of farmyard manure in an arable rotation. Part II: farmyard manure. Soil Use and Management, June 2016, 32 (Suppl. 1), 20-31.
- Reheul D., A. de Vliegheer., L. Bommelé, L. Carlier, 2007. The comparison between temporary and permanent grassland. Grassland Science in Europe, 12, 1-13.
- Schils, R.L.M., 1997. Effect of a spring application of nitrogen on the performance of perennial ryegrass-white clover swards at two sites in the Netherlands, Netherlands Journal of Agricultural Science 45, 263-275.
- Riemens, M.M. , H.F. Huiting, J.G.C. Deru, H.A. van Schooten, J. Verloop, R.Y. van der Weide, 2015. Duurzaam bodembeheer maïs; projectresultaat 2014, Wageningen UR PPO/PRI rapport 632.

-
- Ten Berge, H.F.M., D. Pikula, P.W. Goedhart, J.J. Schröder, 2016. Apparent nitrogen fertilizer replacement value of grass-clover leys and of farmyard manure in an arable rotation. Part I: grass-clover leys, *Soil Use and Management*, June 2016, 32 (Suppl. 1), 9–19.
- Van Dijk, W., T. Baan Hofman, K. Nijssen, H. Everts, A.P. Wouters, J.G. Lamers, J. Alblas, J. van Bezooijen, 1996. Effecten van maïs- gras vruchtwisseling. PAGV verslag 217.
- Van Eekeren, N., U. Prins, 2008. Direct sowing of maize in a grass sward. Multifunctional Grasslands in a Changing World. Volume II, IGC/IRC Conference 2008.
- Van Eekeren, N., L. Bommele, J. Bloem, T. Schouten, M. Rutgers, R. de Goede, D. Reheul, L. Brussaard, 2008. Soil biological quality after 36 years of ley-arable cropping, permanent grassland and permanent arable cropping. *Applied Soil Ecology* 40, 432-446.
- Van Eekeren, N., G.J. van der Burgt, B. Philipsen, H. van Schooten H., M. de Haan, 2011, Vruchtwisseling van gras en maïs Effect op organische stof en kosten/baten. V-focus april 4 2011.
- Van Eekeren, N., U. Prins, G. Oomen, 2007. Direct zaaien van maïs in een partnergewas. Louis Bolk Instituut.
- Van Rozen, K., R. Wolters, A.J. Olijve, 2015. Duurzame aanpak Engerlingen: ken de vijand! Brochure. Reeks Groene kennis, Stichting Veldleeuwerik. URL: <http://veldleeuwerik.nl/wp-content/uploads/2016/08/BrochureEngerlingenDEF.pdf>
- Verhoeven, J.T.W., D.A. van der Schans, H.A. van Schooten, J. Groten, 2015. Grondig boeren met maïs in Drenthe; Eindverslag project periode 2012-2015. PPO Publicatienr. 647.
- Verloop, J., Hilhorst, G.J., Oenema, J., Keulen, H. van, Sebek, L. B. J. en Ittersum, M.K. van., 2014. Soil N mineralization in a dairy production system with grass and forage crops. *Nutr Cycl Agroecosyst* 98:267–280.
- Verloop J. and Hilhorst, J., 2015. Optimizing N management through improving transitions of temporary grassland and maize in rotation. *Grassland Science in Europe*, Vol. 20, 334-336.
- Younie, D., J. Hermansen, 2000. The role of grassland in organic livestock farming. In: Søegaard, et al. (Eds.), *Grassland Farming—Balancing environmental and economic demands*. Proceedings of the 18th General Meeting of the European Grassland Federation, Aalborg, Denmark, 22–25 May 2000, pp. 493–509.

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 430
8200 AK Lelystad
T 0320 291 111
www.wur.nl/plant-research

WPR-Rapport 748

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research 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.

