



Fosfaatbenutting met groenbemesters bij een lage P-toestand van twee gronden van verschillende herkomst

Kees van Wijk



WAGENINGEN UR

For quality of life

Kees van Wijk, 2015. *Fosfaatbenutting met groenbemesters bij lage P-toestand*. Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek. Research Institute Praktijkonderzoek Plant & Omgeving / Plant Research International, Wageningen UR (University & Research centre), PPO/PRI-rapport 683.

© 2016 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Research Institute Praktijkonderzoek Plant & Omgeving Postbus 430, 8200 AK Lelystad, 6700 AA Wageningen; T 0320 29 11 11; www.wageningenur.nl

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

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

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

PPO/PRI-rapport 683

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	7
2 Proefopzet en uitvoering	9
3 Resultaten	13
3.1 Eigenschappen grondherkomsten	13
3.2 Weersverloop en groei groenbemesters en volggewas	16
3.2.1 Weersverloop	16
3.2.2 Groeiverloop	17
3.3 Groenbemesters: opbrengsten, mineralengehalten en -opnamen	18
3.4 Volggewas sla: opbrengsten, mineralengehalten en –opnamen	20
3.4.1 Volggewas sla Teelt I	20
3.4.2 Volggewas sla Teelt II	23
4 Discussie en conclusies	27
Literatuur	33

Samenvatting

Vanwege de eindigheid van de wereldvoorraad makkelijk winbaar fossiel fosfor en om fosforemissies uit (overbemeste) landbouwgronden naar grond- en oppervlaktewater te verminderen, is het Nederlandse landbouwbeleid gericht op het verlagen van fosforbemesting. Het doel van dit beleid is om de P-toestand in bodems met een hoge fosfortoestand te laten dalen en relatief lage toestanden in bodems niet meer dan landbouwkundig noodzakelijk te verhogen.

Op termijn speelt de vraag hoe bij lage fosforbemesting toch nog goed gewassen te telen zijn. Het wordt steeds belangrijker om het fosfor dat in de bodem aanwezig is, te benutten. Binnen project *Verbetering benutting bodemvoorraad fosfaat (BO-31.03-001-010)* wordt onderzocht hoe dit kan en of dit gekwantificeerd kan worden. Het project wordt uitgevoerd door het Louis Bolk Instituut en PPO-AGV.

In 2012 is het project gestart met de volgende doelen:

- a) *kwantificeren van het effect van langjarige organische en anorganische bemesting op de fractie organisch gebonden fosfaat in de bodem en dit correleren aan indicatoren voor de fosfaatvoorziening van de gewassen;*
- b) *een bijdrage leveren aan de ontwikkeling van een rekenmodel om de mineralisatie van fosfaat te voorspellen;*
- c) *inzicht krijgen in de P-huishouding van twee gemengde praktijkbedrijven met zeer beperkte externe aanvoer van P;*
- d) *nagaan of en in hoeverre intensieve of minimale grondbewerking invloed heeft op de fosfaatbenutting door het gewas;*
- e) *kwantificeren van verschillen in opname c.q. benutting van bodemfosfaat tussen verschillende typen groenbemesters en hoeveel hiervan (na inwerken van de groenbemesters) beschikbaar komt voor het volggewas.*

Deze vragen zijn in het eerste deel van het project onderzocht en de resultaten zijn vastgelegd in het tussenverslag *Naar een betere benutting van bodemfosfor* (Wijk et al, 2014). Het veldonderzoek voor vraag e) is toen uitgevoerd bij een fosfaattoestand Pw 28 mg P₂O₅/l, wat geen opbrengstreactie van de groenbemester op het volggewas peen bracht. Daarmee bleef de specifieke vraag binnen dit project:

In hoeverre kunnen groenbemesters fosfor uit de bodem vrijmaken en zo bijdragen aan de fosfaatbehoefte van een volggewas, vooral op fosfaat-marginale gronden?

Ter toetsing van deze vraag is in 2014/2015 een bakkenproef uitgevoerd als een *Proof of Principle*. Er is gekozen voor twee grondherkomsten met een *lage* Pw toestand. De PPO-grond (Pw 7 mg P₂O₅/l, zavel, 23% afslibbaar, 1,2% organische stof), afkomstig van het fosfaattoestanden proefveld Lelystad dat bekend stond om de groeireductie van sla bij lage Pw toestand (Wijk, 1998). Van de grond herkomst Zonnehoeve (Pw 21 mg P₂O₅/l, klei, 55% afslibbaar, 4,1% organische stof) was ook een lage fosfaatbeschikbaarheid bekend, maar de teler ondervindt daarvan geen opbrengstverlies. De proef met beide grondsoorten is uitgevoerd op 1 locatie zodat de objecten onder gelijke omstandigheden getoetst konden worden. In de bakken zijn in de herfst/winter drie pilot *groenbemesters* (snijrogge, winterwikke en zwaardherik) geteeld, naast *niet beteeld*. Als extra behandeling zijn de groenbemesters in het voorjaar al dan niet in de grond ingewerkt. Als volggewas zijn twee teelten met het fosfaatbehoefte gewas kropsla uitgevoerd.

Resultaten: De opbrengstresultaten van beide grondsoorten in de proef lagen in lijn met de resultaten uit eerder onderzoek en praktijkervaring. De grond van de herkomst Zonnehoeve gaf bij beide slateelten een goede opbrengst, die werd bereikt in een normale groeitijd. Een voorafgaande teelt van groenbemester wikke droeg *beperkt* bij aan dit resultaat. De sla van de PPO-grond groeide traag en vormde lichte kroppen, waardoor de marktbare opbrengst tegen viel. Wel gaf het *inwerken van de groenbemester* bij de PPO-grond stelselmatig een licht betere opbrengst. Deze verbetering was echter onvoldoende voor een geslaagde teelt.

De grondherkomst maakte dus het grote verschil. Voor een nadere analyse naar de factoren die de opbrengst bepalen is een overzicht gemaakt van de P-gewasopname, benodigde P-aanbod en de mogelijke fosfaatbronnen voor dekking van het benodigde P-aanbod:

P-gewasopname: Bij de Zonnehoeve grond met groenbemester winterwikke was de totale fosfaatopname van beide slateelten samen 9,2 mg P/kg grond. Bij het slechte teeltresultaat van sla op de PPO-grond met groenbemester winterwikke werd in totaal 6,2 mg P/kg grond door het sla gewas opgenomen.

Benodigd P-aanbod: De gewasopnamen zijn slechts de resultante van een al dan niet geslaagde teelt. Om tot een succesvolle teelt te komen is bij lage Pw toestanden een veel groter P-aanbod voor het gewas nodig dan de P-gewasopname. Volgens Adviesbasis Bemesting Akkerbouw (Haan, 2013) zou voor de *Zonnehoeve grond* met Pw 21 mg P₂O₅/l een P-gift van 58,1 mg/kg grond nodig zijn. Op de PPO grond met de zeer lage Pw 7 mg P₂O₅/l is, om een slateelt te laten slagen zelfs een P-gift van 257,5 mg P/kg grond nodig. (inclusief reparatiebemesting). Er is echter in deze proef geen fosfaatbemesting gegeven. De vraag is wat mogelijk andere bronnen dan de Pw geweest kunnen zijn voor het P-aanbod voor deze slateelt?

Zonnehoeve grond: mogelijke andere bronnen voor P-aanbod van 58,1 mg/kg grond:

- a) *Fosfaatbeschikbaarheid uit de groenbemester:* bij een 60% werkingscoëfficiënt komt door winterwikke afbraak 2,8 mg P/kg grond vrij voor het volggewas. Dat is 5% van de benodigde fosfaatgift volgens het advies. In deze proef droeg een goede groenbemester dus weinig bij aan het gewenste fosfaataanbod.
- b) *Fosfaatbeschikbaarheid uit de P-buffer (P-AL):* de daling van de P-buffer van 22 mg P/kg grond kan ten goede gekomen zijn aan de fosfaatbehoefte van het slagewas.
- c) *Fosfaatbeschikbaarheid uit de gebonden fosfaat: P organisch* daalde in de onderzoekjaar met 266 mg/kg grond tot 33% van P-totaal, terwijl de anorganisch P pool steeg met 328 mg/kg grond tot een aandeel van 67% van P-totaal. Deze forse schommelingen zijn moeilijk te verklaren maar wellicht veroorzaakt door een snelle vertering van organisch materiaal in de Zonnehoeve grond tijdens de warme zomer. Deels zal de vrijgekomen P-organisch vastgelegd zijn in P-anorganisch. Maar de, voor de geslaagde sla teelt nog benodigde 33,3 mg P/kg grond kan gemakkelijk vrij gekomen zijn uit de vertering van organisch materiaal, mede gezien de grote schommelingen binnen de P-totaal-pool.

PPO grond: mogelijke andere bronnen voor benodigde P-aanbod van 257,5 mg/kg grond (voor goede slateelt) en het tekort:

- a) uit de groenbemester komt weinig vrij: 3,9 mg/kg grond,
- b) uit de P-buffer (P-AL) komt hooguit 26 mg/kg grond vrij,
- c) de resterende ruim 227,6 mg/kg grond zou uit de gebonden fosfaat in de organische of anorganische pools moeten komen. In het onderzoekjaar is bij de PPO grond *het P totaal* met 199 mg per kg grond gestegen. Maar P anorganisch is nog meer gestegen: +269 mg P/kg grond. P-organisch is gedaald met 71 mg P/kg grond. Als de vrijgekomen P-organisch geheel toegerekend wordt aan de P-behoefte van de sla, dan resteert er nog een tekort van 156,6 mg P/kg grond. Gezien dit tekort is het duidelijk waarom er op de PPO grond een slecht teeltresultaat bij sla optrad.

Samenvattend kunnen we stellen dat de eenjarige bijdrage van groenbemesters aan de benodigde fosfaataanbod van het volggewas gering was. In deze proef met de Zonnehoeve grond en winterwikke groenbemester was de bijdrage maar 5 % van de geadviseerde sla fosfaatgift. Afhankelijk van volggewas en fosfaattoestand kan dit percentage hoger of lager zijn.

Iets hoger wordt de fosfaat bijdrage uit de groenbemester aan de sla na en periode van 5 of 10 jaar als jaarlijks winterwikke wordt geteeld. Na 5 jaar is de jaarlijkse fosfaatbijdrage uit de groenbemester dan 6,8% en na 10 jaar is dat 7,4 % van de sla P-behoefte voor een geslaagde teelt.

Op de zeer fosfaat marginale PPO grond, gaf inwerken van groenbemester een licht positief effect op het teeltresultaat, echter onvoldoende voor een geslaagde teelt.

1 Inleiding

Vanwege de eindigheid van de wereldvoorraad makkelijk winbaar fossiel fosfor en om fosforemissies uit (overbemeste) landbouwgronden naar grond- en oppervlaktewater te verminderen, is het Nederlandse landbouwbeleid gericht op het verlagen van fosforbemesting. Het doel van dit beleid is om de P-toestand in bodems met een hoge fosfortoestand te laten dalen, en bodems met een relatief lage toestand niet meer dan landbouwkundig noodzakelijk, te verhogen. Op termijn speelt de vraag hoe je bij lage fosforbemesting toch nog goed gewassen kunt telen? Het wordt steeds belangrijker om het fosfor dat in de bodem aanwezig is, te benutten.

Daarom is in 2012 door het Louis Bolk Instituut (LBI) en PPO-AGV een project gestart met de volgende doelen:

- a) kwantificeren van het effect van langjarige organische en anorganische bemesting op de fractie organisch gebonden fosfaat in de bodem en dit correleren aan indicatoren voor de fosfaatvoorziening van de gewassen;
- b) een bijdrage leveren aan de ontwikkeling van een rekenmodel om de mineralisatie van fosfaat te voorspellen;
- c) inzicht krijgen in de P-huishouding van twee gemengde praktijkbedrijven met zeer beperkte externe aanvoer van P;
- d) nagaan of en in hoeverre intensieve of minimale grondbewerking invloed heeft op de fosfaatbenutting door het gewas;
- e) kwantificeren van verschillen in P-opname c.q. benutting van bodemfosfaat tussen verschillende typen groenbemesters en hoeveel hiervan (na inwerken van de groenbemesters) beschikbaar komt en effect heeft op het volggewas. De vragen a, b, c en d zijn in het eerste deel van het project onderzocht en de resultaten zijn vastgelegd in het verslag *Naar een betere benutting van bodemfosfor*.

Tussenrapportage Onderzoek in

2012-2013 (Wijk et al, 2014) Wat betreft vraag e is in 2012/2013 veldonderzoek uitgevoerd. De opzet en resultaten daarvan zijn kort verwoord in tekstbox 1.

Tekstbox 1. *P-opname groenbemesters bij intensieve en minimale grondbewerking en het effect daarvan voor het volggewas*

In seizoen 2012-2013 is onderzoek uitgevoerd om verschillen in P-opname en P-benutting van bodemfosfaat tussen verschillende typen groenbemesters te kwantificeren en te toetsen of deze fosfaat (na inwerken van de groenbemesters) effect had op de opbrengst van het volggewas. Daarvoor is in een biologische teelt op de zavelgrond te Lelystad een veldproef uitgevoerd met drie typen groenbemesters: Italiaans raaigras, winterwikke en bladrammenas, naast geen groenbemester. De proef is aangelegd op een perceel met *standaard ploegen* en op een perceel met *minimale grondbewerking*, waarvan verondersteld wordt dat daar het organisch fosfaat zich meer in de bovenlaag zal bevinden en zodoende eerder bereikbaar is voor een volggewas. De fosfaattoestand van de percelen was Pw 28. De droge stof en de gehalten van de groenbemesters zijn bepaald vóór en na de winter. Het volggewas in deze proef was peen. Daarvan zijn opbrengst en gehalten bepaald.

P-opname groenbemester: Italiaans raaigras produceerde de meeste droge stof en legde het meest fosfaat vast. Winterwikke ontwikkelde zich slecht en had weinig hergroei in het koude voorjaar. De gele mosterd is alleen voor de winter geoogst en vroom daarna uit. Voor de groenbemesters blijken de succesfactoren voor een hoge fosfaatopname te zijn: de keuze van een groeiachtige groenbemester liefst met een hoog fosfaatgehalte, die in korte tijd veel droge stof produceert. De droge stofproductie wordt bepaald door de groeiacht van de groenbemester, de beschikbare groeitijd en de weersomstandigheden tijdens de groeiperiode. *Effect van intensieve (ploegen) of minimale grondbewerking (niet-ploegen):* bij niet-ploegen is de groenbemester in de winter blijven staan en in het voorjaar bemonsterd. In de winter is het gewas 'gesleten' en door rot was de droge stofproductie lager dan bij bemonstering in de herfst bij de behandeling ploegen. Het winterweer bepaalde dus sterk de droge stofproductie en daarmee de fosfaatopname. Grondbewerking ploegen gaf een gemiddeld hogere peen opbrengst maar dit verschil was niet betrouwbaar. Onderzocht zal nog worden of het organisch stof gehalte bij niet-ploegen in de bovenste lagen hoger is, wat zou kunnen inhouden, dat meer organische gebonden fosfaat beschikbaar is voor het volggewas.

Effect op volggewas peen: Bij een hogere fosfaatopname door de groenbemester (en na onderwerken, daardoor een hoger fosfaataanbod) nam de peen opbrengst niet toe. Dit kan veroorzaakt zijn doordat de fosfaattoestand al hoog genoeg was voor dit minder fosfaatbehoeftige gewas of doordat de fosfaat uit de organische

Uit het veldonderzoek bleek dat de meest productieve groenbemesters het meeste fosfaat vastleggen. Maar ook bleek er geen opbrengsteffect van de vastgelegde fosfaat bij het volggewas peen. Het uitblijven van een opbrengst verhogend effect zou veroorzaakt kunnen zijn door de relatief voldoende fosfaattoestand van Pw 28 voor het minder fosfaat behoeftige gewas peen. Kortom, wellicht was fosfaat niet in het minimum voor het gewas peen. Een andere mogelijkheid is dat de fosfaat uit de groenbemester onvoldoende is vrijgekomen.

Daarmee bleef de principevraag of groenbemesters kunnen bijdragen aan de fosfaatvoorziening van een volggewas op fosfaat-marginale gronden, onbeantwoord .

Daarom is in seizoen 2014/2015 een onderzoek rond deze vraag uitgevoerd te Lelystad in een *bakkenproef* met enkele extreme objecten als een *Proof of Principle*: twee verschillende grondsoorten met lage P-toestand, 3 pilot groenbemesters van diverse plantenfamilie van en een volggewas met een grote fosfaat behoefte: kropsla. In hoofdstuk 2 staan de proefopzet en uitvoering. In hoofdstuk 3 zijn de resultaten vermeld. Hoofdstuk 4 geeft de discussie en conclusies weer.

2 Proefopzet en uitvoering

In de bakkenproef waren de volgende objecten opgenomen:

- 2 *grondsoorten* met lage fosfaattoestand (Pw) en verschil in Organische Stof (OS)-gehalte:
 - o zavelgrond, herkomst: PPO Lelystad, 23% afslibbaar; fosfaattoestand Pw 4; OS-gehalte 1,2%
 - o kleigrond, herkomst Zonnehoeve te Zeewolde, 55% afslibbaar, fosfaattoestand Pw 21 en OS-gehalte 4,1%.
De opbouw van de bodemlaag is zo min mogelijk verstoord door deze in blokken uit te steken en in 20 cm diepe bakken te plaatsen.
- 3 *winterharde groenbemesters (GB's) en geen groenbemester (braak)*
 - o winterrogge,
 - o winterwikke
 - o zwaardherik
 - o geen groenbemester (braak)
- *Groenbemesters ingewerkt en afgevoerd*: elke plot bestond uit 2 bakken; per plot is bij de helft van de bakken de GB ingewerkt in bij de andere is de GB afgevoerd (om te toetsen of de GB actief fosfaat beschikbaar maakt voor het volggewas, zonder opname door GB).
- *Volggewas*: kropsla (zeer fosfaatbehoefstig) in 2 teelten: voorjaarsteelt en een herfststeelt.

Toelichting objectkeuzes.

Grondsoorten: om eventuele fosfaateffecten via groenbemesters goed tot uiting te laten komen is gekozen voor grondsoorten met een lage hoeveelheid beschikbare fosfaat (lage Pw toestand). De PPO-grond was afkomstig van het fosfaattoestanden proefveld en speciaal van het object waar 25 jaar (vanaf 1989) geen fosfaat is bemest maar wel fosfaat is afgevoerd via de teelt van gewassen in de rotatie. De kleigrond van de Zonnehoeve is speciaal in de proef opgenomen, omdat op die grondsoort *geen* negatief opbrengsteffect wordt ervaren door de ondernemer, ondanks de lage Pw toestand op die percelen van 11,3 P₂O₅ l⁻¹ in 2012 en 5,8 P₂O₅ l⁻¹ in 2013 (Rietberg, 2014).

De grond van het Zonnehoeve is genomen van hetzelfde perceel waar ook een fosfaattrappen veldproef ligt van het LBI.

Door omstandigheden is deze grond op circa 100 meter afstand van genoemde LBI veldproef gestoken. Om toch een goede koppeling met de LBI veldproef te kunnen maken zijn aanvullend in september 2014 voor de zekerheid 3 extra bakken grond verzameld van een plek pal naast de LBI veldproef. Dit object is aangeduid als *Zonnehoeve BP*. In de 3 bakken zijn in enkelvoud de 3 groenbemesters geteeld, gevolgd door de beide slateelten. De grondanalyses van *Zonnehoeve BP* zijn alleen aan het einde van proef uitgevoerd. De beginwaarden van dit monster is helaas niet bepaald.

Groenbemesters: er is gekozen voor 3 pilotsoorten uit diverse plantenfamilies, een grasachtige, een vlinderbloemige en een kruisbloemige groenbemester. Alle 3 groenbemesters zijn *winterhard*, zodat de GB gewasgroei tot in het voorjaar kon doorgaan. De gekozen groenbemesters worden in de praktijk al gebruikt. De vlinderbloemige GB bindt niet alleen een stikstof uit de lucht, maar zou ook gebonden bodemfosfaat kunnen vrijmaken (Rietberg et al 2014). De zwaardherik (*Eruca sativa*, ras Nemat) heeft als extra eigenschap ook een slechte tot niet-waardgewas voor *M. chitwoodi* te zijn en is inzetbaar op met deze aaltje besmette percelen. Bij het volggewas kropsla komen ook de resultaten in beeld van het object waar *geen groenbemester* gestaan heeft, aangeduid als *Geen GB (braak)*.



Figuur 1. Bakkenproef met 6 slaplanten per bak, afgedekt met een net tegen vogelschade.

Groenbemesters ingewerkt en afgevoerd: In deze proef omvatte elk plot (herhalingsveldje) 2 teeltbakken. In het voorjaar zijn de groenbemesters van beide bakken geoogst en gewogen. Bij een bak is de groenbemester vervolgens ondergewerkt zoals dat in de praktijk ook zou plaatsvinden. Bij de andere bak is de groenbemester niet teruggegeven. Dit om eventueel te toetsen of groenbemesters, los van de eigen mineralenopname door het GB-gewas, ook mineralen zoals fosfaat uit moeilijk beschikbare 'pools' vrijmaken voor opname door het volggewas. In de literatuur zijn er aanwijzingen dat vooral vlinderbloemigen deze eigenschap bezitten (Wijk, 2014). Bij de beoordeling en waarnemingen van het volggewas sla is dus een extra factor toegevoegd, namelijk *groenbemester (GB) wel/niet ingewerkt*.

Volgteelten kropsla: Er zijn 2 volgteelten geweest, zomerteelt (teelt I) en een herfstteelt (teelt II). Beide volgteelten zijn kort voor de oogst beoordeeld op gewasstand. Vervolgens is het gewas geoogst en is de marktbaar opbrengst bepaald bij beide teelten. Van teelt I zijn van per grondherkomst van het *beste object (winterwikke)* en van *Geen GB (braak)* ook de gehalten aan P en N-totaal in het gewas bepaald. Dat is bij teelt II achterwege gelaten om budgettaire redenen. Voor de berekening van de totale gewasopname P en N door volggewas sla over beide teelten, zijn de sla-gehalten van Teelt I van deze objecten gebruikt.

Herhalingen: De proef is uitgevoerd in 3 herhalingen. De bakken zijn buiten geplaatst op pallets.

Teeltuitvoering:

Grondanalyse: bij aanvang van het onderzoek in september 2014 en na de sla-oogst in september 2015 zijn per grondherkomst bemonsterd en geanalyseerd op Pw, P-AI, P-totaal, P-organisch, P anorganisch en N-totaal.

Teelt groenbemesters en kropsla: De groenbemesters zijn gezaaid 1 september 2014 en zijn blijven staan tot april 2015. Toen is per plot (bestaande uit 2 bakken) het gewas van een bak afgevoerd en bij de andere bak is de groenbemester ingewerkt in de bouwvoor. Vervolgens zijn er twee lateelten uitgevoerd; een voorjaarsteelt en een herfstteelt. Verdere technische informatie over de uitvoering is opgenomen in tabel 1.

Tabel 1. **Nadere technische informatie groenbemestersproef 2014/2015 en volggewas kropsla.**

teeltmaatregel	uitvoering	toelichting
zaaidatum groenbemester	1 september 2014	
oogstdatum groenbemester	14 april 2015	gewas en hoofdwortel apart
N-bemesting*	140 kg/ha N	volgens advies; als kalkammonsalpeter
plantdatum sla voorjaarsteelt	6 mei 2014	
oogstdatum sla voorjaarsteelt**	30 juni en 9 juli	2 datums vanwege vroegheid verschillen; vroege objecten eerst, tragere objecten kregen kans om uit te groeien**
N-bemesting	140 kg/ha N	volgens advies; als kalkammonsalpeter
plantdatum sla herfststeelt	30 juli 2015	
oogstdatum sla herfststeelt**	11 + 23 sept. 2015	idem als bij voorjaarsteelt

*er is voldoende stikstof gegeven, zodat de voor het gewas benodigde stikstof niet in het minimum was.

**eerder fosfaatonderzoek leerde dat lagere fosfaatbeschikbaarheid soms alleen een tragere groei opleverde maar later toch een marktbaar product kan geven; vandaar de waar nodig, langere groeitijd.

Beoordelingen: De slateelten zijn in diverse stadia visueel beoordeeld. De beoordelingen van kort voor de oogst zijn in de resultaten opgenomen. *Gewasbeoordeling:* Door de onderzoeker is kort voor de eerste oogst een visuele beoordeling van de algemene gewasstand uitgevoerd en zijn de uitvallers geteld.

Oogst en gehalten aan stikstof en fosfaat: Het gewas en de wortels van de *groenbemesters* zijn apart geoogst. Ondanks nauwgezet spoelen van de wortelmassa is een beperkt deel van de fijne haarwortels verloren gegaan.

Aandeel wortelmassa: de verzamelde wortelmassa maakte van het totale droge stofgewicht gemiddeld 14 % uit, variërend van 19 % voor snijrogge, 15 % voor zwaardherik en 8 % voor winterwikke. De variatie per groenbemester tussen de grondherkomsten was klein (2-4 %). Gezien dit kleine wortelaandeel in het totaal wordt het gewichtsverlies aan 'verloren' haarwortels als laag ingeschat.

Bij de *sla-oogsten* zijn bepaald:

- de verse opbrengst,
- het aandeel marktbaar en losse kroppen (niet marktbaar),
- het droge stof gewicht van de kroppen, bladafval en wortelresten;
- P- en N-gehalten: Deze zijn alleen bepaald bij twee extreme objecten per grondherkomst; namelijk bij het slagewas van behandeling *winterwikke+ ingewerkte groenbemester* en bij de behandeling *geen groenbemester (braak)*. Dit omdat de andere behandelingen weinig oogsteffect vertoonden en uit kostenoverwegingen.

Hoewel de focus in het onderzoek is gericht op fosfaat in het grond- en gewasonderzoek ook het mineraal stikstof bepaald. Dit om eventuele interactie tussen beide mineralen qua opbrengst te kunnen toetsen. Uit eerder bemestingsonderzoek (Van der Schoot, 2002) bleken zich qua opbrengst interactie tussen beide mineralen voor te doen.

Statistische analyse: deze is uitgevoerd met het statistisch pakket *Genstat 17th Edition*.

- *Groenbemesters;* hiervan zijn alle opbrengsten en gehalten statistisch getoetst.
- *Sla, teelt I:* van het volggewas zijn getoetst: vers gewicht, stuks% marktbaar sla, droge stofgewicht, droge stof%, P gehalte, N totaal-gehalte en de P- en N-opname door het gewas.
- *Sla, teelt II:* hiervan zijn getoetst: vers gewicht, droge stofgewicht, droge stof%, stuks% marktbaar sla.

3 Resultaten

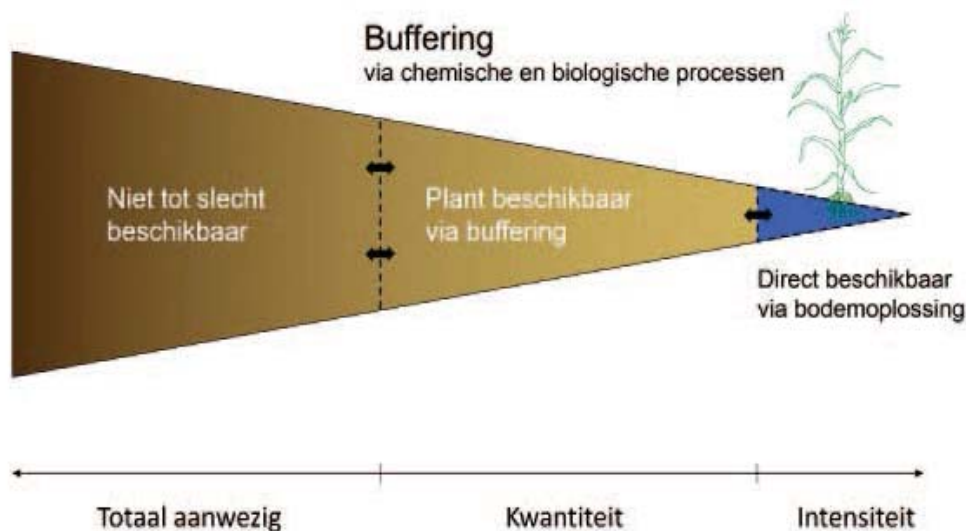
3.1 Eigenschappen grondherkomsten

Bij grondsoorten zijn bij het begin van de proef in september 2014 en na de 2^e sla-oogst in september 2015 op diverse fosfaatgehalten bemonsterd om het fosfaatniveau en het -verloop te bepalen. Tabel 2 geeft daarvan de analyseresultaten.

Tabel 2. Analyseresultaten grondherkomsten op diverse fosfaatgehalten in sept. 2014 en sept. 2015.

Grondherkomst **	monster- datum	destructie H2SO4- H2O2-Se	KUO-bepaling			P-AL bepaling	Pw
			SFA-Nt/Pt	ICP-AES	SFA-Nt/Pt		
	bepaling	N-totaal	P-totaal	P-orga- nisch	P-anorga- nisch	P	
	eenheid >	g/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	g	mg P2O5/l grond
aantoonbaarheidsgrens			100				
PPO-AGV	sept 14	0,9	*	324	61,7	1,06	3
PPO-AGV	sept 15	2,5	543	253	331	1,33	4
							7
Zonnehoeve	sept 14	2,3	*	533	193	1,31	21
Zonnehoeve	sept 15	2,8	796	267	535	1,27	12
Zonnehoeve-BP	sept 15	1,5	626	146	528	1,38	22
Aantoonbaarheids- grens		0,3	100			20	3
Indicatie P-beschikbaarheid voor de plant (volgens fig. 2)			niet tot slecht beschikbaar			beschikbaar via buffering	direct beschikbaar via bodemplossing

* niet bepaald, **de grondmonsters van de Zonnehoeve zijn gestoken van hetzelfde perceel waar ook de fosfaat veldproef van Louis Bolk Instituut (LBI) uitgevoerd wordt zij dat het monster Zonnehoeve op circa 100 meter afstand van de LBI veldproef is genomen. Om een betere koppeling te hebben met de LBI proef is nog een extra monster Zonnehoeve-BP (Buiten Proef) genomen direct bij de LBI veldproef.



Figuur 2. Het intensiteit-buffering-kwantiteitsconcept schematisch weergegeven.

Conclusies P-niveaus per grondherkomst: Tussen beide herkomsten bestaat een verschil in fosfaatkwaliteit bij de diverse bepalingen. In alle fosfaatpools van meer of mindere plantbeschikbaarheid van P (zie figuur 2) blijkt dat de grond van herkomst PPO-AGV lagere gehalten heeft dan de grond van de Zonnehoeve bij dezelfde datum van monstername. Ook zijn er grote gehalte veranderingen tijdens het onderzoekseizoen.

P-CaCl₂ (direct beschikbaar voor het gewas via bodemoplossing): De P-CaCl₂ in de PPO-AGV grond is bij de onderzoekstart zeer laag, stijgt gedurende het onderzoekseizoen nauwelijks en is in september 2015 nog zeer laag. Bij deze lage waarden mag fosfaatgebrek in het gewas verwacht worden als er geen andere fosfaatbronnen voor de plant zijn. De P-CaCl₂ in de Zonnehoeve grond is met 21 mg P₂O₅ l⁻¹ aan de lage kant, daalt gedurende het onderzoekseizoen met 9 mg P₂O₅ l⁻¹ en is in september 2015 ook zeer laag. Ook bij een dergelijke lage waarden zou fosfaatgebrek moeten optreden als het gewas niet uit andere fosfaatbronnen kan putten. Opvallend is, dat het parallelmonster van de Zonnehoeve BP genomen aan het einde van de proefperiode op hetzelfde niveau is als het Zonnehoeve monster bij de start van de proef, ondanks dat daar groenbemesters en 2 slateelten gestaan hebben. De beginwaarde van het monster Zonnehoeve BP is helaas niet bepaald.

P-AL (beschikbaar voor de plant via buffering): Het P-AL getal is bij het begin van de proef in de Zonnehoeve grond (P-AL 114 mg P/kg) circa 50 % hoger dan in de PPO grond (P-AL 74 mg P/kg). Volgens de Adviesbasis Bemesting Maïs 2014 (dat deels op P-AL gebaseerd is) zit de P-AL 114 mg P/kg (= 26 mg P₂O₅/100 g) enigszins onderin het adviestraject en het P-AL getal 74 mg P/kg (= 17 mg P₂O₅/100 g) helemaal onderin het P-AL adviestraject. In de Adviesbasis Bemesting Maïs (Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, 2014) loopt het P-AL traject van P-AL 10 tot en met P-AL 75, in combinatie het P-CaCl₂ traject van 1 t/m 10. De zogenoemde P-buffering (P-AL), waaruit P beschikbaar komt bij lage fosfaathoeveelheden in oplossing (P_w), is dus in de Zonnehoeve vrij laag. Bij de PPO grond ligt deze zelfs nog lager.

Gedurende het proefjaar daalde het P-AL getal bij beide grondherkomsten; bij de grond van de Zonnehoeve was de daling 22 mg P/kg en bij de PPO-AGV grond 26 mg P/kg. De vraag is of dit het gevolg is van de fosfaatvastlegging in de anorganische fosfaatpool of vanwege fosfaat die in bodemoplossing gekomen is en door het gewas opgenomen is ?

P-totaal, P-organisch en P-anorganisch (niet tot slecht beschikbaar voor het gewas): de Zonnehoeve grond heeft een hoger P-totaal (bij beide analysemethoden) en hogere gehalten aan P-organisch en P-anorganisch. De verschillen zijn bij het begin van de proef factor 1,5 tot 3.

Het P-totaal aan het eind van het onderzoek is bij beide grondherkomsten fors gestegen, hoewel er niet bemest is. Bij de Zonnehoeve grond valt de P-totaal stijging nog binnen de

aantoonbaarheidsgrens van de analyse van 100 mg/kg; de stijging van de PPO grond met 200 mg/kg is daaruit niet te verklaren. Doordat vanwege budget bij bemonstering van een mengmonster over de herhalingen is uitgegaan, is de bemonsteringsvariatie tussen de herhalingen niet te traceren. Bij *P-totaal* blijft aan het eind van het onderzoek het niveauverschil tussen grond van de Zonnehoeve en PPO-AGV overeind.

Bij *P-organisch* en bij *P-anorganisch* blijkt bij beide grondherkomsten gedurende het proefjaar een forse stijging van P-anorganisch met factor 2,5-5 plaats gevonden te hebben ten koste van een daling van P-organisch. Blijkbaar is veel P-organisch omgezet in P anorganisch(mineraalvorm).

Samenvattend kan geconcludeerd worden dat op basis van de analyses, de fosfaatinhoud van de **PPO-AGV grond** bij de start *veel te laag* is voor een goede fosfaatvoorziening van het gewas. Voor een goede groei is extra fosfaat nodig. Gedurende het proefseizoen loopt het P-totaal vreemd genoeg op, maar vooral het gedeelte P-anorganisch (P vastgelegd in mineralen). De P-buffering (P-AL) daalt in de tijd. P beschikbaar verandert weinig en blijft zeer laag.

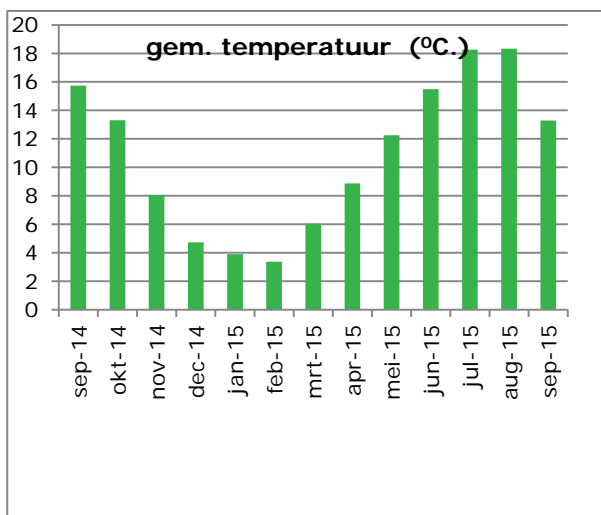
De fosfaatinhoud van de **Zonnehoeve grond** is bij de start *laag tot voldoende* voor een goede fosfaatvoorziening van het gewas (*volgens Adviesbasis Bemesting*). Voor een geslaagde teelt zou een P-bemesting nodig zijn. Gedurende het proefseizoen loopt P-totaal wel op, zonder dat er bemest is. Deze stijging valt nog binnen de aantoonbaarheidsgrens. De P-buffering (P-AL) en de P beschikbaar (Pw) dalen beide in het onderzoekjaar, waarvan de Pw naar een zeer laag niveau.

3.2 Weersverloop en groei groenbemesters en volggewas

3.2.1 Weersverloop

De gemiddelde maandtemperaturen in de onderzoeksperiode sept 2014- oktober 2015 zijn weergegeven in figuur 3. Het weersverloop per kwartaal was als volgt:

Herfst 2014 (sept. okt. nov.): zacht, zonnig en droog. Met een gemiddelde temperatuur van 12,4°C (normaal 10,6°C) was de herfst van 2014 in alle drie maanden zeer zacht. De eerste vorst liet lang op zich wachten. Pas op 21 november kwam de temperatuur lokaal beneden het vriespunt. In De Bilt kwam het op de 25e voor het eerst tot vorst. Met gemiddeld over het land 376 uren zonnenschijn (normaal 320 uren) was de herfst zeer zonnig. Vooral september was zonnig: landelijk gemiddeld 178 uren tegen 143 uren normaal. Gemiddeld was de herfst droog met 136 mm regen tegen een langjarig gemiddelde van 243 mm.



Figuur 3. Gemiddelde maandtemperaturen in de onderzoeksperiode sept.2014-okt. 2015 in De Bilt (bron: KNMI)

Winter 2014-2015 (december, januari, februari): Met een gemiddelde temperatuur van 4,1 °C tegen normaal 3,4°C, was de winter 2014/2015 vrij zacht. Vooral december en januari waren zacht, februari was normaal. De winter kende een afwisseling van zachte en koudere periodes. Het aantal vorstdagen

lag met 37 bij het langjarig gemiddelde van 38 dagen. Met 228 uren zon tegen een langjarig gemiddelde van 196 was de winter zonnig. De winter verliep nat met gemiddeld over het land 238 mm tegen 208 mm normaal.

Lente 2015 (maart, april, mei): vrij koel, droog en zeer zonnig. Met een gemiddelde temperatuur van 9,2 °C tegen 9,5 °C normaal was de lente van 2015 vrij koel. Vooral mei was kouder dan normaal. De hoeveelheid neerslag bleef beperkt; 131 mm tegen normaal 172 mm. De lente was zeer zonnig, met over het land gemiddeld 621 uren zon tegen 517 uur normaal.

Zomer 2015 (juni, juli, augustus): vrij warm, zonnig en vrij nat met een hittegolf en zomerstorm. De gemiddelde temperatuur in De Bilt was 17,5 °C. tegen normaal 17,0 °C. Er was wel sprake van een grillig temperatuurverloop en een sterk wisselend weerbeeld. Vanaf 30 juni tot 5 juli was er een hittegolf. Zonneschijn: de zomer was zonnig met gemiddeld over het land 684 zonuren tegen normaal 608 uren. Alle drie de maanden waren zonniger dan gebruikelijk. *September 2015:* koel en normale hoeveelheid neerslag. Met een temperatuur van 13,4 °C tegen normaal 14,5 °C was september sinds 2001 niet zo koel. Gemiddeld scheen de zon 157 uren tegen een langjarig gemiddelde van 143 uren.

3.2.2 Groeiverloop

Algemeen: Samenvattend kunnen we stellen dat in de herfst/winterperiode de weersomstandigheden voor de groei van de *groenbemesters* relatief gunstig waren. De periode was vrij zacht, waardoor de groenbemesters weinig groeistilstand hadden en weinig vorstschade opliepen. In deze periode was er relatief veel zon en straling, maar altijd minder dan in een voorjaars/zomerperiode. Voor een goede hergroei van de groenbemesters was het voorjaar te koud.

In de groeiperioden van de *slateelten* deden zich extremen voor qua temperaturen en droogte/neerslag maar gemiddeld was het weer niet ongunstig voor een goede sla-groei. Er is bij neerslaggebrek regelmatig berekend volgens goede landbouwpraktijk zowel in de herfst bij de groenbemesters als in de zomer tijdens de slateelt. De gewassen hebben dus voldoende water gehad voor een goede groei.

Groei groenbemesters: De *winterwikke* kenmerkte zich door een snelle opkomst, een trage begingroei en een gevoeligheid voor vogelvraat. Daarom is de gehele proef afgedekt met netten. In het voorjaar ontwikkelde de winterwikke zich nog sterk. Er was in de groenbemesters geen vorstschade, maar wel normale slijtage (bladwegval) bij de snijrogge. De zwaardherik kwam na de winter in bloei. Figuur 4 geeft een beeld van de gewasstand weer na de winter in maart 2015.



Fig. 4. Gewasstand groenbemesters na de winter maart 2015; de lege bakken zijn het object *geen groenbemester (GB)*

Groei slateelten: Het plantmateriaal is door een plantkweker opgekweekt in perspotten. Na uitplanten en water geven was de weggroei van beide teelten goed. Een maand na uitplanten kwamen al groeiverschillen naar voren als gevolg van de behandelingen (zie figuur 5). In slateelt II trad beperkt muizenschade op. De beschadigde kroppen zijn buiten de proef gehouden.



Figuur 5, Eerste groeiverschillen tussen de objecten door de behandelingen, een maand na uitplanten; slateelt I, 5 juni 2015

3.3 Groenbemesters: opbrengsten, mineralengehalten en -opnamen

In tabel 3 staan de opbrengsten en gehalten en N-en P opnamen van de groenbemesters: eerst gemiddeld over per grondherkomst, daarna de gemiddeld per groenbemesters vervolgens uitgesplitst per grondherkomst en groenbemester .

Resultaten groenbemesters

Algemeen: uit de statistische analyse blijkt dat er bij het P gehalte, N totaal gehalte en bij het drooggewicht interactie optreedt tussen *herkomst grond* en *soort groenbemester*. Bij de andere data is er geen interactie en treden al dan niet betrouwbare verschillen per factor *herkomst grond* of *soort groenbemester* op.

Versgewicht: Gemiddeld per grondherkomst liggen de versgewichten dicht bij elkaar en zijn de verschillen niet betrouwbaar Per groenbemester gemiddeld onderscheiden de snijrogge en de zwaardherik zich qua verse opbrengst niet maar ligt de opbrengst van de winterwikke met 16,7 t/ha betrouwbaar hoger

Droge stofopbrengst: De gemiddelde droge stofopbrengst komt uit op 2,7 t/ha, waarbij winterwikke met 3,0 t/ha het hoogste is, gevolgd door snijrogge (winterrogge) met 2,7 t/ha. Vergeleken met de Teelthandleiding Groenbemesters (*Timmer 2003*) is dat voor winterwikke een gemiddelde opbrengst en voor snijrogge een hoge opbrengst. Zwaardherik scoorde lager met gemiddeld 2,5 t/ha droge stof. De verschillen tussen de groenbemesters onderling, maar ook gemiddeld per grondherkomst, zijn statistisch niet betrouwbaar. Binnen de grondherkomst Zeewolde was de droge stofopbrengst van winterwikke wel betrouwbaar hoger dan van beide andere groenbemesters

P-gehalte: Het gemiddelde P-gehalte komt uit op 3,1 g/kg droge stof. Daarbij traden geen betrouwbare verschillen op tussen de groenbemesters onderling. Bij de grondherkomsten was het P-gehalte van de Zeewolde grond met 3,7 g/kg droge stof wel aanzienlijk en betrouwbaar hoger dan het P-gehalte van PPO-AGV grond (2,5 g/kg droge stof).

P-opname: De gemiddelde P-opname door de groenbemesters komt uit op 8,3 kg/ha. Hoewel er betrouwbare verschillen zijn tussen de grondherkomsten onderling en de groenbemesters onderling, is er ook interactie tussen de grondherkomsten en de groenbemesters. De P-opname van de winterwikke van grondherkomst Zeewolde is met 12,8 kg/ha betrouwbaar hoger dan van alle overige P-opnames. De P-opname van de winterwikke van grondherkomst Lelystad is maar 6,5 kg/ha.

P-beschikbaarheid vanuit GB voor volggewas: De door de GB opgenomen P-hoeveelheden zijn de maximale hoeveelheden in deze proef die vanuit de groenbemesters beschikbaar zouden kunnen

komen voor het volggewas, als de werkingscoëfficiënt (gewasvertering/afbraak van de groenbemester) 100% zou zijn. De forfaitaire werkingscoëfficiënt is echter 60% voor het eerst navolgende groeiseizoen. Daarmee zou vanuit de winterwikke grond Zeewolde 7,7 kg/ha P uit een groenbemester worden vrijgemaakt en vanuit winterwikke grond Lelystad slechts 3,9 kg/ha.

N-gehalte: Het gemiddelde N-gehalte de groenbemesters komt uit op 15,2 g/kg droge stof. Hoewel er betrouwbare verschillen zijn tussen de grondherkomsten onderling en de groenbemesters onderling, is er ook interactie tussen de grondherkomst en de groenbemester. De N-gehalten van de winterwikke van grondherkomst Zeewolde en Lelystad zijn betrouwbaar hoger (factor 2,5-3) dan alle overige N-gehalten.

N-opname: De gemiddelde N-opname de groenbemesters komt uit 60,7 kg/ha. Er zijn geen betrouwbare verschillen tussen de grondherkomsten onderling en maar wel tussen de groenbemesters onderling. Ook blijkt er interactie tussen grondherkomsten en groenbemesters. Zo is de N-opname van de winterwikke van grondherkomst Zeewolde met 133,3 kg/ha betrouwbaar hoger dan alle overige N-opnamen. De N-opname van de winterwikke van grondherkomst Lelystad met 96,4 kg/ha is onderscheidbaar lager dan de N opname van winterwikke grondherkomst Zeewolde maar onderscheidbaar hoger dan alle andere combinaties van groenbemesters en grondherkomsten.

N-beschikbaarheid vanuit GB voor volggewas: De hoogste winterwikke opname van 133,3 kg/ha was factor 4,7 hoger dan de N-opname van snijrogge met 27,9 kg/ha. Dit zijn hoogste en laagste hoeveelheden stikstof in deze proef, die maximaal vanuit de groenbemesters beschikbaar zouden kunnen komen voor het volggewas *bij een werkingscoëfficiënt van 100%*. Bij circa 60% werkingscoëfficiënt komt er dan tussen de 80-17 kg stikstof per ha uit een groenbemester vrij voor het volggewas.

Samenvattend zien we bij de P- en N-gewas opnamen aanzienlijk verschillen tussen de grondherkomsten en groenbemesters. Dit wordt niet zozeer veroorzaakt door de verschillen in droge stofproductie als wel door de verschil in gehalten per groenbemesters en per grondherkomst. De combinatie *winterwikke & grondherkomst Zeewolde* scoort daarbij het hoogst bij beide mineralen.

Tabel 3. **Opbrengsten en gehalten en N-en P opnamen van de groenbemesters, eerst gemiddeld over beide grondherkomsten, daarna uitgesplitst per grondherkomst**

	versgewicht	droge stofopbrengst	P-gehalte	P-opname	N-totaal gehalte	N-opname
per herkomst grond *	<i>t/ha</i>	<i>t/ha</i>	<i>g/kg droge stof</i>	<i>kg/ha</i>	<i>g/kg droge stof</i>	<i>kg/ha</i>
Grond Lelystad	14,6 ^a	2,8 ^a	2,5 ^a	6,8 ^a	20,7 ^a	55,5 ^a
Grond Zonnehoeve	13,4 ^a	2,7 ^a	3,7 ^b	9,3 ^b	22,5 ^b	65,9 ^a
per groenbemester *						
snijrogge , gemiddeld	12,4 ^a	2,7 ^a	2,8 ^a	7,2 ^a	11,8 ^a	30,7 ^a
winterwikke, gemiddeld	16,7 ^b	3,0 ^a	3,3 ^a	9,7 ^b	38,7 ^b	114,8 ^b
zwaardherik, gemiddeld	12,8 ^a	2,5 ^a	3,2 ^a	8,1 ^a	14,4 ^a	36,6 ^a
per groenbemester & herkomst grond*						
snijrogge Lelystad	14,7 ^{bc}	3,2 ^{ab}	2,1 ^a	6,7 ^a	10,7 ^a	33,6 ^a
snijrogge Zeewolde	10,2 ^a	2,2 ^a	3,5 ^b	7,6 ^{ab}	12,8 ^{ab}	27,9 ^a
winterwikke, Lelystad	15,6 ^{bc}	2,6 ^{ab}	2,6 ^a	6,5 ^a	37,7 ^c	96,4 ^b
winterwikke, Zeewolde	17,9 ^c	3,5 ^b	3,9 ^b	12,8 ^c	39,6 ^c	133,3 ^c
zwaardherik, Lelystad	13,6 ^{abc}	2,7 ^{ab}	2,7 ^a	7,2 ^{ab}	13,6 ^{ab}	36,5 ^a
zwaardherik, Zeewolde	12,1 ^{ab}	2,4 ^a	3,8 ^b	9,0 ^b	15,2 ^b	36,6 ^a
Totaal gemiddelde	14,0	2,7	3,1	8,3	21,6	60,7

*Bij gelijke letters binnen dezelfde categorie en binnen dezelfde kolom verschillen de data statistisch gezien niet.

3.4 Volggewas sla: opbrengsten, mineralengehalten en – opnamen

3.4.1 Volggewas sla Teelt I

Gewasbeoordeling: Door de onderzoeker is een week voor de 1e oogst een visuele beoordeling onder nummer van de gewasstand uitgevoerd. De resultaten worden weergegeven in tabel 4. Beoordeeld is op de eigenschappen *grondbedekking, kleur, kropvorming en algemene stand*. De gebruikte beoordelingsschaal staat vermeld onder aan de tabel 4.

Tabel 4. **Beoordeling volggewas kropsla teelt I op 22 juni 2015**

Grondherkomst/soort GB/ ingewerkt	grondbedekking	kleur	kropvorming	algemene stand
PPO grond, gemidd.	5,1	4,7	3,3	3,3
<i>Geen GB (braak)</i>	5,3	5,3	3,3	3,3
<i>Winterrogge gemidd.</i>	4,3	4,0	3,0	3,0
GB ingewerkt	4,3	4,0	3,0	3,0
GB afgevoerd	4,3	4,0	3,0	3,0
<i>Winterwikke gemidd.</i>	5,0	4,3	2,8	2,8
GB ingewerkt	5,0	4,7	3,0	3,0
GB afgevoerd	5,0	4,0	2,7	2,7
<i>Zwaardherik gemidd.</i>	5,8	5,0	3,8	3,8
GB ingewerkt	5,7	5,0	4,0	4,0
GB afgevoerd	6,0	5,0	3,7	3,7
Zonnehoeve grond, gemidd.	7,3	7,2	6,9	7,0
<i>Geen GB (braak)</i>	7,3	7,5	7,3	7,2
<i>Winterrogge gemidd.</i>	7,3	7,0	6,3	6,8
GB ingewerkt	7,3	7,3	6,7	7,0
GB afgevoerd	7,3	6,7	6,0	6,7
<i>Winterwikke gemidd.</i>	7,2	7,8	8,0	8,2
GB ingewerkt	7,3	8,0	8,0	8,3
GB afgevoerd	7,0	7,7	8,0	8,0
<i>Zwaardherik gemidd.</i>	7,2	6,5	5,8	6,0
GB ingewerkt	7,0	6,3	5,7	5,7
GB afgevoerd	7,3	6,7	6,0	6,3
beoordelingsschaal	9= geheel bedekt , 1 = geheel onbedekt	9= zeer d. groen , 1 = zeer lichtgr./geel	9= zeer goed, 1 = zeer slecht	9= zeer goed, 1 = zeer slecht

*GB = groenbemester; gemidd. = gemiddeld

Conclusies beoordeling sla teelt I

Herkomst grond: er is een groot verschil in grondbedekking, gewaskleur en algemene stand per grondherkomst ten faveure van de Zonnehoeve. Dit grote verschil treedt op bij alle eigenschappen en bij alle andere behandelingen.

Geen GB (braak) (= geen groenbemester); de beoordeling geen groenbemester is bij de grondherkomst *Lelystad* gelijk aan het gemiddelde. Geen GB scoort in de beoordeling beter dan winterwikke en winterrogge en slechter dan zwaardherik. Op de grond van *Zonnehoeve* is geen GB (braak) beter beoordeeld dan zwaardherik en winterrogge maar minder dan winterwikke.

Groenbemester: De invloed van de groenbemester is bij de Lelystad grond gering. Alleen bij groenbemester zwaardherik is de stand minder slecht dan zonder groenbemester. Bij de Zonnehoeve grond is alleen bij winterwikke positiever beoordeeld dan zonder groenbemester.

Gewasopbrengsten sla teelt I:

Algemeen: De oogst is voor de snelst kropvormende objecten uitgevoerd op 29 juni. Om de trager groeiende objecten toch de kans te geven om uit te groeien is de sla daarvan gesneden op 9 juli. In tabel 5 zijn per behandeling het verse gewicht per ha, drooggewicht per ha, het % marktbaar sla en het % droge stof vermeld.

Conclusies gewasopbrengsten sla teelt I:

Bij alle eigenschappen in tabel 5 waren er tussen de behandelingen geen interacties. Verder waren er alleen significante verschillen binnen de behandeling *grondherkomst* bij 3 van de 4 genoemde eigenschappen. Daarom is alleen bij grondherkomst per eigenschap het kleinst mogelijk betrouwbaar verschil (Isd)vermeld.

Herkomst grond: Het verse gewicht per ha van de Zonnehoeve grond is gemiddeld ruim 10 t/ha hoger dan van de PPO-grond. Daarentegen is het droge stof% van de PPO-grond gemiddeld 1,7 % hoger, waardoor het drooggewicht van de Zonnehoeve grond nog maar 0,2 t/ha hoger uitkomt dan het drooggewicht van de PPO grond. Het % marktbaar sla tussen de 2 grondherkomsten was niet significant verschillend.

Geen groenbemester versus wel groenbemester geteeld: Bij de beide grondherkomsten was bij geen van de sla-opbrengsten een betrouwbaar verschil tussen *wel groenbemester* of *geen groenbemester (braak)*. Qua versgewicht verschilde de opbrengst van *geen groenbemester* weinig van de opbrengst bij de drie ingewerkte groenbemesters. Alleen de verse sla-opbrengst van de winterwikke van de Zonnehoeve grond was aanzienlijk hoger. Dit object scoorde wel een lagere droge stof% wat de droge stof productie van dit object drukte.

Groenbemester wel of niet ingewerkt: Bij het *inwerken* van de groenbemesters bij de *PPO-grond* zijn de vers- en drooggewichten en het % marktbaar sla hoger of gelijk aan *niet inwerken*. Dit leverde geen betrouwbare verschillen op. Bij het droge stof% van de groenbemesters van de PPO-grond zien we het omgekeerde; *niet ingewerkt* is hoger of gelijk aan *wel ingewerkt*; maar ook hier zijn geen statistisch betrouwbaar verschillen.

Bij de *Zonnehoeve* grond is bij geen van de sla opbrengstdata een tendens van verschil tussen *wel groenbemester* of *geen groenbemester* vooraf geteeld, vast te stellen.

Tabel 5. **Opbrengsten volggewas kropsla teelt I, 2015**

Grondherkomst/soort GB/ ingewerkt *	oogst-datum	versgewicht (t/ha)	drooggewicht (t/ha)	% marktbaar sla	% droge stof
PPO grond gem.	9-7	31,1	2,7	88	8,8
<i>Snijrogge gemiddeld</i>	9-7	30,6	2,7	81	9,1
GB ingewerkt	9-7	34,6	2,8	83	8,3
GB niet ingewerkt	9-7	26,7	2,6	78	9,9
<i>Winterwikke gemiddeld</i>	9-7	30,0	2,7	100	9,1
GB ingewerkt	9-7	30,8	2,8	100	9,1
GB niet ingewerkt	9-7	29,2	2,6	100	9,0
<i>Zwaardherik gemiddeld</i>	9-7	30,2	2,6	94	8,8
GB ingewerkt	9-7	33,2	2,8	94	8,5
GB niet ingewerkt	9-7	27,2	2,4	94	9,1
<i>geen Groenbemester</i>	9-7	33,5	2,7	78	8,4
Z'hoeve grond gem.	29-6	41,5	2,9	85	7,1
<i>Snijrogge gemiddeld</i>	29-6	39,5	2,8	89	7,1
GB ingewerkt	29-6	38,5	2,8	94	7,3
GB niet ingewerkt	29-6	40,5	2,8	83	6,8
<i>Winterwikke gemiddeld</i>	29-6	46,9	3,1	89	6,5
GB ingewerkt	29-6	47,8	3,1	83	6,5
GB niet ingewerkt	29-6	46,0	3,0	94	6,6
<i>Zwaardherik gemiddeld</i>	29-6	38,0	2,8	83	7,5
GB ingewerkt	29-6	37,1	2,8	83	7,7
GB niet ingewerkt	29-6	39,0	2,8	83	7,3
<i>Geen Groenbemester</i>	29-6	41,6	2,9	81	7,3
Totaal gemiddelde		36,3	2,8	87	8,0
<i>Lsd grondherkomst**</i>		4,3	0,2	ns	0,6

*GB = groenbemester; gem. = gemiddeld; **Lsd = least significant difference = kleinste getal waarbij de behandelingen nog significant verschilt voor de eigenschap in betreffende kolom; ns = niet significant. Opbrengst, gehalten en gewasopnamen aan P en N, sla teelt I

Van sla teelt I zijn bij *geen GB* (braak) en bij *GB winterwikke* per *grondherkomst* ook de gehalten aan P en N-totaal in het gewas bepaald. Daarmee konden ook de gewasopname van deze mineralen berekend worden. Tabel 6 geeft daarvan de resultaten in vergelijking met de opbrengsten.

Tabel 6. **Sla-opbrengsten, N- en P-gehalten en -opnamen per grondherkomst bij geen/wel winterwikke; teelt I, 2015**

Grondherkomst	geen/wel GB (wikke)	versgewicht (t/ha) *	droge stof gehalte % *	droge stofgew (t/ha) *	P gehalte g/kg droge stof*	P opname kg/ha*	N-totaal gehalte g/kg droge stof*	N-totaal opname kg/ha*
PPO	geen (braak)	33,5 ^a	8,4 ^a	2,7 ^a	2,6 ^a	6,6 ^a	25,3 ^a	65 ^a
PPO	wel	30,8 ^a	9,1 ^b	2,8 ^a	2,5 ^a	6,4 ^a	25,8 ^a	66 ^a
Z'hoeve	geen (braak)	41,6 ^b	7,3 ^c	2,9 ^b	3,9 ^b	10,3 ^b	28,1 ^a	74 ^{ab}
Z'hoeve	wel	47,8 ^c	6,5 ^d	3,1 ^b	4,3 ^b	12,0 ^b	34,3 ^b	96 ^b
<i>Lsd***</i>		4,3	0,6	0,2	0,6	3,5	4,0	24

Bij een gelijke letter binnen een kolom verschillen de data statistisch gezien niet; **GB = groenbemester; *Isd= least significant difference= kleinste verschil waarbij de behandelingen nog significant is voor de eigenschap binnen de kolom.*

Conclusies tabel 6:

Grondherkomsten: hierbij zijn statistisch betrouwbare verschillen tussen de *sla opbrengsten*, de *droge stofgehalten* en de *droge stofproducties* en ook tussen de *fosfaatgehalten* en *fosfaatopnamen* bij de sla. Bij het *N-totaalgehalte* en de *N-totaalopname* zijn de verschillen tussen de grondherkomsten minder groot en alleen significant hoger bij een voorafgaande *winterwikke groenbemestersteelt* op de *grond van de Zonnehoeve*.

Winterwikke: wel of geen voorafgaande teelt van deze groenbemester maakt bij de *PPO grond* geen betrouwbaar verschil bij de in de tabel vermelde eigenschappen. Ook geldt dit voor de meeste eigenschappen binnen object Zonnehoeve grond. Alleen de verse sla opbrengst en het N-totaalgehalte is betrouwbaar hoger met een voorafgaande winterwikke teelt.

3.4.2 Volggewas sla Teelt II

Beoordeling: De resultaten worden weergegeven in tabel 7. De gebruikte beoordelingsschaal staat vermeld onder aan de tabel. In het begin van de 2^e teelt trad beperkt muizenvraat op waardoor deels planten achterbleven. De achterblijvende planten zijn in de beoordeling buiten beschouwing gelaten maar ze zijn wel een door telling in beeld gebracht.

Conclusies beoordeling slateelt II

Herkomst grond: opnieuw er bleek een groot verschil in algemene gewasstand tussen beide grondherkomsten ten faveure van de Zonnehoeve. Dit grote verschil treedt in bij alle behandelingen.

Geen groenbemester (braak) versus groenbemesters; bij grondherkomst *Lelystad* is de gewasstand van winterwikke beter en van zwaardherik en winterrogge als nagenoeg gelijk aan *geen groenbemester* beoordeeld. Bij grondherkomst *Zonnehoeve* is de gewasstand van winterwikke en van zwaardherik iets hoger beoordeeld dan bij *geen groenbemester*; de stand van winterrogge is lager beoordeeld.

Groenbemester wel ingewerkt versus groenbemester afgevoerd: De verschillen zijn klein. Van de 6 beoordelingen van deze factor is tweemaal *ingewerkte groenbemester* beter beoordeeld dan *afgevoerde groenbemester* een maal lager. In de overige gevallen was er een gelijke beoordeling.

Gewasopbrengsten sla teelt II:

Algemeen: De oogst is uitgevoerd op 11 september voor de snelst kropvormende objecten. Om de trager groeiende objecten toch de kans te geven om uit te groeien, is de sla daarvan gesneden op 29 september. Bij de oogsten zijn de opbrengsten bepaald. In tabel 8 zijn per behandeling het verse gewicht, het drooggewicht, het % droge stof, het % marktbaar sla en het stukgewicht marktbaar product vermeld. Bij de eigenschappen in de tabel bleken alleen significante

verschillen ($P=0.05$) tussen de *grondherkomsten*. Er traden geen significante verschillen op bij de andere behandelingen en ook niet bij combinaties van behandelingen. Daarom is alleen van de grondherkomsten het kleinst mogelijk betrouwbaar verschil (Isd) vermeld.

Tabel 7. Beoordeling volggewas kropsla teelt II op 10 sept 2015.

Grondherkomst/soort GB*/ ingewerkt	gewasstand	% achterblijvers**
PPO grond, gemiddeld	5,5	12
<i>Geen GB (braak)</i>	5,2	3
<i>Winterrogge gemiddeld</i>	5,3	17
GB ingewerkt	5,7	0
GB afgevoerd	5,0	33
<i>Winterwikke gemiddeld</i>	6,0	11
GB ingewerkt	6,0	6
GB afgevoerd	6,0	17
<i>Zwaardherik gemiddeld</i>	5,3	17
GB ingewerkt	5,3	6
GB afgevoerd	5,3	28
Zonnehoeve grond, gemiddeld	7,5	17
<i>Geen GB (braak)</i>	7,5	17
<i>Winterrogge gemiddeld</i>	6,8	17
GB ingewerkt	7,0	22
GB afgevoerd	6,7	11
<i>Winterwikke gemiddeld</i>	7,8	22
GB ingewerkt	8,0	28
GB afgevoerd	7,7	17
<i>Zwaardherik gemiddeld</i>	7,7	11
GB ingewerkt	7,7	17
GB afgevoerd	7,7	6
beoordelingsschaal	9= zeer goed, 1= zeer slecht	

*GB = groenbemester, ** deels veroorzaakt door muizenvraat

Conclusies opbrengsten slateelt II

Herkomst grond: Het totale sla versgewicht per ha is van de Zonnehoeve grond gemiddeld 17,5 t/ha hoger dan van de PPO-grond; een verschil van ruim 80 %. Vervolgens is het droge stof% van de Zonnehoeve-grond gemiddeld 1,4 % lager dan het droge stof% van de PPO-grond. Daardoor komt het drooggewicht van de Zonnehoeve grond maar 0,7 t/ha hoger uitkomt dan het drooggewicht van de PPO grond; een verschil van maar 20 %. Het % marktbaar sla en ook het gemiddeld stukgewicht van de sla afkomstig van de PPO grond, was fors lager dan van de sla afkomstig van de Zonnehoeve grond.

Geen groenbemester (braak) versus wel groenbemester geteeld en ingewerkt: Gemiddeld over de grondherkomsten was er bij de sla-stukgewichten een betrouwbaar verschil tussen *wel groenbemester* en *geen groenbemester (braak)*. Het product van de behandeling waar geen groenbemester (braak) geteeld was, was gemiddeld 20 gram zwaarder.

Ook bij de ander eigenschappen waren de uitkomsten sla van *geen groenbemester (braak)* hoger, behalve bij het stuk% marktbaar sla waar teelt *na een groenbemester* 10 % meer verkoopbaar product gaf. Al deze uitkomsten zijn echter niet significant verschillend.

Dit effect is geheel te danken aan de grond herkomst Zonnehoeve, waar het object geen groenbemester (braak) goed scoorde op alle sla-eigenschappen. Binnen de armere PPO grond was de slateelt bij *geen groenbemester* nagenoeg gelijk aan winterwikke en zwaardherik. Wel viel % marktbaar sla bij braak 20 % lager dan gemiddeld bij teelt met ingewerkte groenbemesters. De slateelt met snijrogge voldeed beter geen groenbemester.

Effect per groenbemesters op slateelt II: Bij de sla van de grondherkomst PPO is een redelijk consequente groenbemesters-volgorde (bij ingewerkte GB) voor de meeste eigenschappen: snijrogge scoort het hoogst, gevolgd door winterwikke en daarna zwaardherik. Alleen het % marktbaar kroppen

wisselen winterwikke en zwaardherik van plaats. *Bij de sla van de grondherkomst Zonnehoeve is deze groenbemesters-volgorde (bij ingewerkte GB) niet aanwezig.*

Groenbemester ingewerkt of afgevoerd: Bij de PPO-grond zien we het *inwerken* van de groenbemesters bij alle 3 soorten meer vers- en drooggewichten, een hoger % marktbaar sla en een hoger stukgewicht opleveren. Bij het droge stof% ligt het precies omgekeerd. Daar scoort het *inwerken* van de groenbemesters gemiddeld 0,2 % minder droge stofgehalte dan het *afvoeren*. Bij de rijkere *Zonnehoeve grond* pakt *wel of niet de GB inwerken* wisselend uit, maar is niet inwerken beslist niet slechter.

Tabel 8. **Opbrengsten volggewas kropsla teelt II, 2015**

Grondherkomst/soort GB/ ingewerkt *	oogst-datum	Versgewicht (t/ha)	drooggewicht (t/ha)	% droge stof	% marktbaar sla	stukgew. marktbaar (g)
PPO grond gem.		21,3	1,4	6,7	67	104
Z'hoeve grond gem.		38,8	2,1	5,3	83	173
<i>Isd grondherkomst**</i>		<i>3,9</i>	<i>0,17</i>	<i>0,25</i>	<i>12</i>	<i>15</i>
PPO grond						
- geen GB (braak)	29-9	21,2	1,4	6,7	56	112
- snijrogge gem.	29-9	23,0	1,5	6,7	75	107
GB ingewerkt	29-9	26,1	1,6	6,3	83	112
GB afgevoerd	29-9	19,8	1,4	7,1	67	101
- winterwikke gem.	29-9	21,7	1,4	6,5	69	104
GB ingewerkt	29-9	23,2	1,5	6,3	72	111
GB afgevoerd	29-9	20,2	1,3	6,7	67	96
- zwaardherik gem.	29-9	19,5	1,3	6,9	67	92
GB ingewerkt	29-9	21,5	1,5	6,9	78	95
GB afgevoerd	29-9	17,5	1,2	7,0	56	89
Z'hoeve grond gem.						
- geen GB (braak)	11-9	41,9	2,3	5,4	78	194
- snijrogge gem.	29-9	36,9	1,8	5,0	86	162
GB ingewerkt	29-9	32,5	1,6	4,9	78	151
GB afgevoerd	29-9	41,2	2,1	5,1	94	172
- winterwikke gem.	11-9	38,1	2,1	5,6	75	177
GB ingewerkt	11-9	34,8	2,0	5,7	72	159
GB afgevoerd	11-9	41,4	2,2	5,4	78	194
- zwaardherik gem.	29-9	38,2	2,1	5,4	94	158
GB ingewerkt	29-9	36,3	2,0	5,4	94	150
GB afgevoerd	29-9	40,2	2,1	5,3	94	165
Totaal gemiddeld		30,1	1,7	6,0	75	138

**GB = groenbemester; gem. = gemiddeld; **Isd = least significant difference = kleinste getal waarbij de behandelingen nog significant verschillen voor de eigenschap in betreffende kolom; ns = niet significant*

4 Discussie en conclusies

De vraag binnen dit onderzoek is of groenbemesters kunnen bijdragen aan de fosfaatvoorziening van een volggewas op fosfaat-marginale gronden. Dit is onderzocht in een Proof of Principle op 2 grondsoorten met in de herfst/winter 3 pilot groenbemesters en braak, gevolgd door een vroege en een herfstteelt met het fosfaatbehoefte gewas kropsla.

De grondherkomsten zijn gekozen vanwege een lage Pw toestand. De PPO-grond (zavel, 23% afslibbaar) is gehaald van het fosfaattoestandenproefveld Lelystad waar een beperking van de groei op het slagewas door fosfaatgebrek verwacht kon worden op basis van eerder onderzoek (van Wijk, 1998). Bij de Zonnehoeve grond (klei, 55% afslibbaar) was ook vastgesteld dat deze een lage fosfaatbeschikbaarheid had, maar op deze grond werd juist geen opbrengstreductie ervaren door de telers. Gekozen is voor een bakkenproef op 1 locatie, zodat beide grondsoorten onder gelijke omstandigheden getoetst konden worden. Om de profielopbouw zo min mogelijk te verstoren zijn de gestoken profielblokken grond zo veel mogelijk intact gelaten en in hetzelfde verband in poolfust bakken geplaatst. De proef is op locatie Lelystad in de buitenlucht uitgevoerd.

Opbrengst resultaten volggewas sla: bij de sla resultaten domineren de effecten van de grondherkomsten, zowel bij de gewasstand beoordelingen als bij de fysieke opbrengst van vers en droge stof gewicht. *Deze waren bij de Zonnehoeve grond veel beter dan bij de PPO grond.* Qua % marktbaar kroppen was er in teelt I nog geen verschil tussen de beide grondherkomsten. Wel waren de sla kroggewichten van de PPO-grond lager, wat gemiddeld een lagere financiële opbrengst geeft. Bij slateelt II waren ook de % marktbaar kroppen van de PPO grond veel lager. Het effect van de *andere* behandelingen op de opbrengstresultaten was zeer beperkt:

Geen groenbemester versus wel groenbemester: Bij de beide grondherkomsten was bij geen van de sla-opbrengsten een betrouwbaar verschil tussen gemiddeld *wel groenbemester* of *geen groenbemester (braak)*. Alleen was de verse sla-opbrengst na de GB winterwikke op de Zonnehoeve grond in slateelt I betrouwbaar hoger dan die zonder voorvrucht (braak). De GB winterwikke op de Zonnehoevegrond had wel weer een lager droge stofgehalte, waardoor de droge stofproductie van dit object niet hoger was.

Groenbemester wel of niet ingewerkt: alleen bij de PPO grond geeft het *inwerken van de GB* stelselmatig een licht betere opbrengst.

De opbrengstresultaten in deze vergelijkende proef waren in overeenstemming met de resultaten op beide grondsoorten uit eerder onderzoek en praktijkervaring. De grond van de herkomst Zonnehoeve gaf bij beide slateelten *een veel betere opbrengst*, die ook nog bereikt werd in een kortere groeitijd. Een voorafgaande teelt van groenbemesters droeg maar beperkt aan deze resultaten bij, gezien de nagenoeg gelijke resultaten van het object zonder voorafgaande groenbemester (braak). *De grond herkomst maakte dus het grote verschil. Maar wat dan precies in die grond??*

Ter achtergrondinformatie is eerst in figuur 6 een *bodemchemische karakterisering van de fosfaatophoping in de bodem en de landbouwkundig karakterisering van de fosfaattoestand* gegeven met bijbehorende veelgebruikte analysemethoden per karakteristiek (*naar Schoumans, 2008*). Vervolgens is in tabel 9 een overzicht gemaakt om meer inzicht in te krijgen in de fosfaatstromen in grond en gewas van deze proef. Van de geslaagde slateelt (Zonnehoeve+ GB wikke) de minder geslaagde slateelt (PPO grond+ GB wikke) zijn de totale P opname, het teeltresultaat, de gewasbehoefte en de grootte en het verloop van potentiële fosfaatbronnen voor het gewas vermeld. Voor een goede onderlinge vergelijking zijn de fosfaat opname en de fosfaatbronnen per omgerekend naar *mg P/kg grond*. Voor omrekeningen is uitgegaan van dichtheden van CBLB bij de eindanalyse, zijnde 1,38 kg per liter grond voor de Zonnehoeve en 1,27 kg per liter grond voor PPO grond. De gehanteerde bouwvoordikte is 20 cm, gelijk aan de hoogte van de teeltbak.

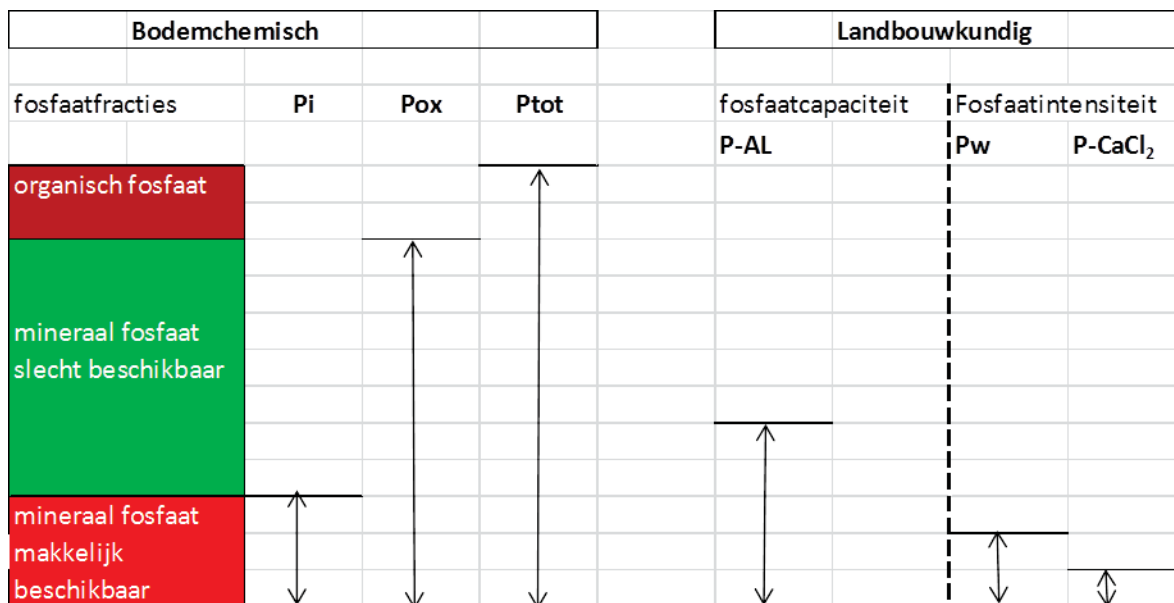


Fig. 6. Bodemchemische karakterisering van de fosfaatophoping in de bodem en de landbouwkundig karakterisering van de fosfaattoestand. NB. pijlen geven indicatief aan welke fracties vrijgemaakt worden (naar Schoumans, 2008).

Als deze hoeveelheid uit de P-AL daling wel beschikbaar is gekomen voor het gewas, dan zou per saldo nog 33,3 mg P/kg grond ontbreken.

Tabel 9. Balans van benodigde P en omvang en verloop van fosfaatbronnen per grondherkomst voor volggewas sla.

grond-herkomst	P opname slateelt I + II <i>mg P/kg grond</i>	P nodig voor goede slateelt en ^a <i>mg P/kg grond</i>	Fosfaatbronnen in <i>mg P/kg grond</i>						
			begin/ eind proef	Pw	P uit groenbem. Bij w.c. 60% ^b	P- AL SFA- Nt/Pt	P- totaal KUO	P- orga- nisch KUO	P- anorga- nisch KUO
Z'hoeve	7,8	58,1	sept. '14	7,0	2,8	114	726	533	193
Z'hoeve			sept. '15	4,0		92	803	267	535
<i>verschil</i>				-3	2,8	- 22	+77	-266	+328
PPO	4,1	257.5 ^c	sept. '14	1,6	3,9	74	385	324	62
PPO			sept. '15	2,9		48	584	253	331
<i>verschil</i>				+1,3	3,9	-26	+199	-71	+269
aantoonbaarheidsgrens				3		20	100		

a)Adviesbasis Bemesting Akkerbouw; voor 2^e slateelt is de halve gift gerekend zoals het advies aangeeft. b) w.c. = werkingscoëfficiënt= afbraak% van de GB in het opvolgende teeltjaar, waardoor ook de P er in vrijkomt. c) reparatiegift 194,3 mg P/kg grond +P gift slateelt 63,2 mg P kg grond.

Verloop fosfaatstromen Zonnehoeve grond met GB winterwikke.

De fosfaatopname bij de geslaagde vroege slateelt (Zonnehoeve grond; Pw 21 mg P₂O₅/l) met groenbemester winterwikke, was 12 kg P per ha. Dit komt redelijk overeen met de gewasopname van de fosfaattoestandenproef in 1996/97 (van Wijk, 1998), toen bij een Pw 17 mg P₂O₅/l een opname van gemiddeld 14 kg P behaald werd in een vroege slateelt.

De gewasopname voor beide slateelten I + II samen was 7,8 mg P/kg bouwvoor voor de behandeling Zonnehoeve grond na winterwikke. Deze gewasopname is slechts de resultante van een al dan niet geslaagde teelt.

Om tot een succesvolle sla teelt te komen is, volgens de goed onderbouwde Adviesbasis Bemesting Akkerbouw (Haan, 2013), een grotere P-beschikbaarheid voor het gewas nodig.

Bemestingsadvies fosfaat: Voor de Zonnehoeve grond zou volgens de Adviesbasis Bemesting in een slateelt bij een P-beschikbaarheid Pw 21 mg P₂O₅/l minimaal nog 245 kg/ha P₂O₅ bemest moeten worden en bij een 2^e teelt binnen het seizoen nog een halve gift extra. *In de systematiek van de Adviesbasis Bemesting is bij een lage fosfaattoestand en een fosfaatbehoefte gewas de geadviseerde fosfaatgift fors hoger dan de gewasopname.*

Omgerekend bedraagt de gewenste fosfaatgift 58,1 mg P/kg grond. Er is echter niet bemest. De vraag is dan: waar haalde het slagewas van de Zonnehoeve grond dan de overige fosfaat vandaan om tot een goed teeltresultaat te komen?

Er zijn voor het gewas meerdere andere fosfaatbronnen: a) de groenbemester, b) de P-buffer (P-AL) zijnde nalevering vanuit de anorganische bodempool, c) de gebonden fosfaat in organische bodempool.

Ad a) Fosfaatbeschikbaarheid uit de groenbemesters: bij een veronderstelde werkingscoëfficiënt van 60% door de vertering van de groenbemester, komt op de Zonnehoeve grond in het 1^e opvolgende teeltjaar na de groenbemester winterwikke 2,8 mg P/kg grond vrij voor het volggewas. Dat komt overeen met circa 60% van de fosfaatopname door de sla, maar het bedraagt slechts 5% van de fosfaat die volgens het advies beschikbaar zou moeten zijn voor een geslaagde teelt. In deze proef droeg een goede groenbemester kan dus maar een klein deel bij aan de fosfaatbehoefte. Het bemestingsadvies volgend, zou er per saldo nog 55,3 mg P/kg grond ontbreken.

Ad b) Fosfaatbeschikbaarheid uit de P-buffer (P-AL): Het P-AL getal is tijdens de proefperiode gedaald met 22 mg P/kg grond. Gezien de P-AL aantoonbaarheidsgrens van 20 mg P/kg grond bij de analyse is het de vraag of dit een reële daling geweest is. Daarnaast zou er nog een bemonsteringsafwijking geweest kunnen zijn. Omdat er van een mengmonster van de 3 herhalingen is gemaakt, is de bemonsteringsafwijking in deze proef niet vast te stellen. Uit eerder onderzoek op deze locatie (Wijk, 2014) werden standaarddeviaties voor P-Al bemonstering van circa 5 mg P/kg grond vastgesteld. Beide variaties samen zou kunnen betekenen dat de P-AL daling niet significant is.

Ad c) Fosfaatbeschikbaarheid uit gebonden fosfaat: De rest moet uit de P-totaalpool gekomen zijn, met name uit de moeilijk beschikbare P van organische fosfaatpool.

De P-totaal van het Zonnehoeve grond was hoog bij de start van de proef met 726 mg P/kg grond in de laag 0-20 cm. In 2013 bijvoorbeeld bedroeg het gemiddelde P-totaal van 4 Zonnehoeve percelen 595 mg P/kg grond in de laag 0-30 cm (Wijk, 2014). Deels zou dit hoge gehalte in de proef veroorzaakt kunnen zijn door de bemonstering van laag 0-20 cm in plaats van laag 0-30 cm. Uit eerder onderzoek (Wijk, 2013) bleek namelijk dat de fosfaathoeveelheden dieper in het bodemprofiel sterk kunnen dalen. In het PPO fosfaattoestanden onderzoek daalde (bij een lage Pw toestand en geen P bemesting) het P-totaal tussen 25 naar 35 cm onder maaiveld met ruim 60 mg P/kg grond. Een mengmonster van 0-20 bodemlaag zal dus wellicht een hogere P-totaal gehad hebben, vergeleken met een mengmonster van 0-30 cm, zoals die in de voorgaande jaren op de Zonnehoeve gestoken zijn.

De P-totaal steeg in 2014/15 volgens analyse met 77 mg tot 803 mg P per kg grond. Hoe reëel is deze stijging, omdat het vreemd is dat P-totaal stijgt zonder P bemesting. Bij de P-totaal analyse wordt een aantoonbaarheidsgrens van 100 mg P/kg grond gegeven. Uit eerder onderzoek (Wijk, 2014) werden standaarddeviaties voor P-totaal bemonstering op de Zonnehoeve van circa 12 mg P/kg grond vastgesteld. Beide effecten samen zou kunnen betekenen dat de P-totaal stijging niet significant is. Anderzijds lijkt de bepaling wel redelijk betrouwbaar, want ook de P-totaal bepaling van hetzelfde monster volgens de destructiemethode komt in sept 2015 met 796 mg uit in die orde van grootte (zie tabel 2).

Het aandeel P organisch in P-totaal is bij aanvang van de proef in september 2014 met 73%, zeer hoog. In de analyse-uitslag wordt voor deze bepaling geen aantoonbaarheidsgrens gegeven, zodat

daaruit geen indicatie voor een eventuele analyse marge te halen is. In 2012 en 2013 was het aandeel P-organisch gemiddeld over vier Zonnehoeve percelen maar respectievelijk 38% en 41%, wat toen als *aanzienlijk* werd aangeduid (Wijk, 2014).

Gedurende het onderzoekjaar van deze proef daalde P organisch met 266 mg tot 33% van P-totaal. De anorganisch P-pool daarentegen steeg in die periode met 328 mg tot een aandeel van 67% van P-totaal. Dit zijn forse schommelingen voor dergelijke pools met gebonden fosfaat waar ter verificatie onderzoek voor nodig is. De verhouding tussen de beide P-pools is wel in de lijn met wat eerder op de Zonnehoeve percelen gevonden is (Wijk, 2014).

De schommelingen zijn wellicht deels te verklaren door het snelle vertering van het organisch materiaal. Het OS-gehalte in de Zonnehoeve grond is met 4,1% relatief hoog. De bakkenproef stond los van de ondergrond opgesteld, waardoor de grondtemperatuur in de bakken mogelijk hoger is opgelopen dan in een vaste grondteelt het geval zou zijn. Daarnaast is in droogte steeds water gegeven zodat steeds voldoende voor vertering aanwezig was. Door beide factoren zou organische stof sneller hebben kunnen verteren. Deels lijkt de vrijgekomen P-organisch ook vastgelegd te zijn in P anorganisch, gezien de stijging van P anorganisch.

Voor een geslaagde kropsla teelt zou nog 33,3 mg P per liter grond nodig zijn. Dit aanbod kan gemakkelijk gekomen zijn uit de P die bij de vertering van organisch materiaal is vrijgekomen.

PPO grond

Gewasopname: Bij de PPO grond met GB winterwikke (met het slechte teeltresultaat) werd in beide teelten samen *4,1 mg P/kg grond* door het slagewas opgenomen. *Bij de PPO grond is ook de vraag wat is de benodigde P-gift en waar is het P-tekort opgetreden?*

Volgens het Adviesbasis Bemesting Akkerbouw (Haan, 2013) zou bij een Pw 4-7 eerst een reparatiegift uitgevoerd moeten worden van 1030 kg/ha P₂O₅ om de grond op het streefniveau Pw 25 te brengen. Omgerekend is dat een gift van *194,3 mg P/kg grond*. Verder zou, om aan de gewasaanbod te voldoen, de 1^e slateelt met *245 kg/ha P₂O₅* bemest moeten worden en bij een 2^e teelt binnen het seizoen nog een halve gift extra. Omgerekend is dat *63,2 mg P/kg grond*. Beide giften samen wordt *257,5 mg P/kg grond*, nodig voor een goede teelt. *Er is echter niet bemest.*

Als we ook voor de PPO grond de verschillende fosfaatbronnen binnen deze proef salderen dan is er ad a) ook de *groenbemester* levert weinig P als het daaruit zou vrijkomen: *3,9 mg per kg grond*.

ad b) uit de daling van de P-buffer (P-Al) komt hooguit *26 mg per kg grond*, als we voorbij gaan aan alle mogelijke afwijkingen door aantoonbaarheid en bemonsterfouten.

ad c) de resterende ruim *227,6 mg/ kg grond* zou uit de gebonden fosfaat in organische pools moeten komen. Nu is bij de PPO grond in het onderzoekjaar ook het *P totaal* met *199 mg per kg grond* gestegen. Maar P anorganische is nog meer gestegen: *+269 mg P per kg grond* (tabel 9). P organisch is gedaald *71 mg P per kg grond*. Als deze vrijgekomen P organisch geheel toegerekend zou worden aan de P-behoefte van de sla, dan resteert er nog *een tekort van 156,6 mg P/kg grond*. Gezien bovenstaand plaatje is het duidelijk waarom er op de PPO grond een slecht sla teeltresultaat optrad.

Potgrond als P-bron?: Een andere potentiële bron van fosfaat zou de potgrond in de 4 cm perspotjes geweest kunnen zijn, waar de slaplanten in opgekweekt zijn. Over beide teelten hadden die een inhoud van in $0,064 \text{ dm}^3 \cdot 12 \text{ perspotjes} = 0,768 \text{ dm}^3$. Het fosfaatgehalte van potgrond (oplosbaar in citroenzuur) $45 \text{ mg P}_2\text{O}_5/\text{l} = 19,7 \text{ mg P/l}$ (bron: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Potgrond>). Daarmee wordt *15,2 mg P* aan een bak van $48 \text{ liter} \cdot 1,35 \text{ kg/l}$ (dichtheid grond) = *64,8 kg grond* toegevoegd. Per kg grond in de bak wordt *0,23 mg P* toegevoegd. Dit is een verwaarloosbare hoeveelheid die niet de stijging van P-totaal veroorzaakt kan hebben.

Terugkomend op de beginvraag wat groenbemesters kunnen bij dragen aan de fosfaatbehoefte van het volggewas sla, is al genoemd dat deze bescheiden in is in het eerste jaar na groenbemestersteelt. In deze proef was bij het beste object de Zonnehoeve grond en winterwikke groenbemester de bijdrage maar 5% van de sla P-behoefte op marginale P-gronden. Afhankelijk van volggewas en fosfaattoestand kan dit percentage hoger of lager zijn.

Iets hoger wordt de fosfaat bijdrage uit groenbemesters als jaarlijks een winterwikke wordt geteeld en de bijdrage na 5 of 10 jaar bekijken. Na 5 jaar wordt de jaarlijkse fosfaatbijdrage uit de groenbemester 4,2 mg P/kg grond zijnde 6,8% van de P-behoefte. Na 10 jaar is dat 4,5 mg P/kg grond; 7,4 % van de P-behoefte.

Literatuur

Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen. 2014. Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen, Mais
(<http://www.bemestingsadvies.nl/bemestingsadvies/3-Mais/33%20Mais%20Fosfaat.pdf>)

Fosfaatgehalte potgrond: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Potgrond>).

Haan, J. et al (2013) Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroenten gewassen. http://www.kennisakker.nl/files/Boekpagina/Adviesbasis_mrt_2013.pdf

Rietberg, Petra, Bart Timmermans. 2014. Naar een betere benutting van bodemfosfor. EKOLAND, december 2014, <http://orgprints.org/28782/1/2954.pdf>

Ros, Gerard, et al. 2014. Een duurzaam bodembeheer volgt de bodemkwaliteit Nieuwe ontwikkelingen om natuurlijke bodemvruchtbaarheid meetbaar te maken.
http://www.nmi-agro.nl/images/nieuws/Duurzaam_bodembeheer_volgt_bodemkwaliteit_feb2014.pdf

Schoumans, O.F., J. Willems & G van Duinhoven, 2008. *30 vragen en antwoorden over fosfaat in relatie tot landbouw en milieu*. Wageningen, Alterra, 53 blz.
http://content.alterra.wur.nl/webdocs/internet/corporate/prodpubl/boekjesbrochures/30vragen_fosfaat.pdf

Timmer, R. et al, Teelthandleiding groenbemesters - Welke groenbemester is de beste keuze?
<http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/handleidingen/teelthandleiding-groenbemesters-welke-groenbemester-de-beste-keuze>

Van der Schoot, J.R., et al, 2002, Interactie stikstof- en fosfaatvoorziening bij aardappel
Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Sector agv; Projectrapport nr. 11 25.2.36
<http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/document/interactie-stikstof-en-fosfaatvoorziening-bij-aardappel>

Wijk, C.A.P. van; Neuvel, J.J. (1998) Vroege kropsla reageert sterk op lage P-toestand van de grond. PAV-bulletin. Vollegrondsgroenteteelt / Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en de Vollegrondsgroenteteelt 1998 (1).p. 21 - 23.

Wijk, C.A.P. van; Haan, J.J. de; Ehlert, P.A.I. ; Berg, W. van den (2013). Lange termijn effecten van fosfaatbalansen op bouwland; fosfaatrapporten proefveld Lelystad. PPO-AGV, (PPO Publicatie 549) - p. 76

Wijk, Kees van, Petra Rietberg, Bart Timmermans, 2014. Naar een betere benutting van bodemfosfor. Tussenrapportage Onderzoek in 2012-2014. Publicatie PPO nr. 635, LBI nr. 2015-014, Projectnummer: 3250237200.

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 430
8200 AK Lelystad
T 0320 29 11 11
www.wageningenUR.nl

PPO/PRI-rapport 683



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

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

Fosfaatbenutting met groenbemesters bij een lage P-toestand van twee gronden van verschillende herkomst

Kees van Wijk¹

¹ Praktijkonderzoek Plant en Omgeving

Dit onderzoek is in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken uitgevoerd door Wageningen UR (University & Research centre), in het kader van beleidsondersteunend onderzoeksthema Duurzame Bodem (-31.03-001-010, PPO projectnummer 3750237200).

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

Wageningen, januari 2016

PPO/PRI-rapport 683

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Praktijkonderzoek Plant & Omgeving,
onderdeel van Wageningen UR
Edelhertweg 1
Postbus 430
8200 AK Lelystad
T (+31)320 29 11 11
www.wageningenUR.nl/ppo

Report: 683

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

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

