

Fosfaatbehoefte van bloembollen

Het onderzoek is gefinancierd door het Productschap Tuinbouw en het Ministerie van LNV in het kader van de mest en mineralen programma's

Fosfaatbehoefte van bloembollen

Onderbouwing van de fosfaatbemestingsadviezen

P.A.I. Ehlert
H.P. Pasterkamp
G. Brouwer

Alterra-rapport 990

Alterra, Wageningen, 2004

REFERAAT

Ehlert, P.A.I., H.P. Pasterkamp & G. Brouwer, 2004. *Fosfaatbehoefte van bloembollen. Onderbouwing van de fosfaatbemestingsadviezen*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 990. 112 blz.; 6 fig.; 40 tab.; 28 ref.

De fosfaatbemestingsadviezen voor bloembollen zijn in de periode 1996-2002 onderwerp van onderzoek geweest. De aanleiding daartoe werd gevormd door het feit dat het fosfaatoverschot op bedrijfsniveau knelt met het toegelaten overschot volgens MINAS en omdat het advies zwak onderbouwd en gedateerd is. De meststofbehoefte van bolgewassen afhankelijk van de fosfaattoestand van de bodem is vastgesteld. Verder is onderzocht welke fosfaattoestand nagestreefd dient te worden en hoe fosfaatbemesting afgestemd kan worden op de fosfaattoestand zonder in conflict te komen met de milieukwaliteitsdoelstellingen. Een nieuw bemestingsadvies is opgesteld gebaseerd op een combinatie van veld- en procesonderzoek.

In het algemeen reageren bolgewassen in vergelijking met andere gewassen weinig of niet op fosfaattoestand en fosfaatbemesting. Strikte evenwichtsbemesting volgens 'aanvoer is afvoer' volstaat bij de meeste bolgewassen. Reparatiebemesting van een te lage fosfaattoestand van duinzand volgens generieke normen leidt tot verhoogd risico op uitspoeling omdat deze grondsoort zeer zwakke bufferende eigenschappen bezit. Op dergelijke gronden verdient het uit milieuoverwegingen aanbeveling geen reparatiebemesting uit te voeren.

Trefwoorden: adsorptie-isotherm, afvoer, bloembol, crocus, cultivar, dagelijkse vraag, fosfaat, gewasbeschikbaar fosfaat, gladiool, grondsoort, hyacint, iris, lelie, narcis, opname, P-AL-getal, Pi-getal, Pw-getal, tulp, zantedeschia

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 24,50 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 990. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2004 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Woord vooraf	9
Samenvatting	11
Synopsis	13
1 Inleiding	17
1.1 Aanleiding	17
1.2 Het huidige bemestingsadvies voor bloembollen	18
2 Methode voor vaststelling van de fosfaatbehoefte	21
2.1 Grondslag	21
2.2 Data-acquisitie	22
2.3 Samenspel veldonderzoek en modelberekeningen	23
3 Materiaal en methoden	25
3.1 Locaties en grondsoort	25
3.2 Gewassen	25
3.3 Opzet en uitvoering van de veldproeven	29
3.4 Chemisch grond- en gewasonderzoek	29
3.5 Wortelecologisch onderzoek	30
3.6 Bodemfysisch onderzoek	32
3.7 Berekeningen	33
3.7.1 Statistische analyses	33
3.7.1.1 Opbrengst en kwaliteit	33
3.7.1.2 Wortellengtedichtheid en wortelstraal	33
3.7.2 Kritisch Pw-getal	34
4 Opbrengst en kwaliteit	35
4.1 Gladiool	35
4.1.1 Veldwaarnemingen	35
4.1.2 Opbrengst	36
4.1.3 Fosfaatopname	37
4.1.4 Snijbloementeel van de geoogste knollen	37
4.1.5 Discussie en conclusie	40
4.2 Lelie	40
4.2.1 Veldwaarnemingen	40
4.2.2 Opbrengst	41
4.2.3 Fosfaatopname	43
4.2.4 Snijbloementeel van de geoogste bollen	43
4.2.5 Discussie en conclusie	46
4.3 Tulp	46
4.3.1 Veldwaarnemingen	46
4.3.2 Opbrengst	48

4.3.3	De fosfaatopname	49
4.3.4	Snijbloementeelt van de geogste bollen	51
4.3.5	Nateelt op het veld	54
4.3.6	Discussie en conclusie	56
4.4	Bespreking van de gegevens van gladiool, tulp en lelie	56
4.5	Overige gewassen	57
4.5.1	Crocus	57
4.5.1.1	Veldwaarnemingen	57
4.5.1.2	Opbrengst	58
4.5.1.3	Fosfaatopname	58
4.5.1.4	De afbroei van de geogste knollen.	58
4.5.1.5	Nateelt van het geogste plantgoed	59
4.5.1.6	Conclusies	59
4.5.2	Dahlia	60
4.5.2.1	Veldwaarnemingen in 2000	60
4.5.2.2	Opbrengst	60
4.5.2.3	Fosfaatopname	60
4.5.2.4	Conclusies	61
4.5.3	Hyacint	61
4.5.3.1	Veldwaarnemingen	61
4.5.3.2	Opbrengst	61
4.5.3.3	Fosfaatopname	62
4.5.3.4	Afbroei van de geogste bollen	62
4.5.3.5	Nateelt van de bollen	63
4.5.3.6	Conclusies	63
4.5.4	Zantedeschia	63
4.5.4.1	Veldwaarnemingen	63
4.5.4.2	Opbrengst	64
4.5.4.3	Fosfaatopname	64
4.5.4.4	Conclusies	64
4.6	Statistische bewerkingen van de opbrengstgegevens van tulp, lelie en gladiool	65
5	Wortelecologisch onderzoek	69
5.1	Tulp	69
5.2	Lelie	71
5.3	Gladiool	72
5.4	Cultivars en overige bol- en knolgewassen	74
5.4.1	Gladiool	75
5.4.2	Lelie	75
5.4.3	Tulp	76
5.4.4	Overige bolgewassen	76
6	Sorptiekarakteristieken en bufferend vermogen van de grond	79
7	Vergelijking van de fosfaatbehoefte van bolgewassen	81
7.1	Berekeningen van de fosfaattoestand voor gladiool, lelie en tulp	81
7.2	Beschouwing van berekeningsresultaten met PWREQ	82
7.3	Cultivars en andere bolgewassen vergeleken met referentiegewassen	89

8	Fosfaatbemestingsadviezen	93
8.1	Landbouwkundige advies	93
8.1.1	Eigen bedrijf	94
8.1.2	Gehuurd land	94
8.1.2.1	Adviesgift	94
8.1.2.2	Plaatsing in gewasgroepen	95
8.2	Milieuverantwoord bemestingsadvies	96

Literatuur	99
------------	----

Bijlagen

1	Opzet van de veldproeven en proeftechnische kengetallen	103
2	Fosfaatopname van bolgewassen van ander onderzoek (data van PPO-BB van stikstofonderzoek)	109
3	Invoergegevens van cultivars van bolgewassen	111

Woord vooraf

Het project “Kwantificering van de fosfaatdynamiek in de bollenteelt” is gestart bij het LBO (Laboratorium voor Bloembollenonderzoek) te Lisse in een periode dat MINAS grote druk op de bollenteelt legde. Het DLO-Instituut voor Bodemvruchtbaarheid was toen de partner op het gebied van bodemkundig onderzoek. Anno 2004 is er veel veranderd. PPO-bloembollen heeft inmiddels een nieuwe locatie betrokken. Integraal nutriëntenbeheer vormt nu onderdeel van het Centrum Bodem van Alterra. MINAS wordt op afzienbare termijn vervangen door een systeem van gebruiksnormen. Al deze veranderingen hebben een invloed uitgeoefend op het project. Het wetenschappelijk resultaat van het project echter reikt de noodzakelijke handvatten aan voor een landbouwkundig en milieukundig verantwoord gebruik van fosfaat. Die bouwstenen kunnen op verschillende wijze worden toegepast.

Het onderzoek is multidisciplinair van opzet geweest en het voorliggende resultaat is tot stand gekomen door collegiale samenwerking. Aan het project hebben veel mensen bijgedragen.

Andrea Landman heeft ons op weg geholpen met de onderbouwing van de huidige bemestingsadviezen en beschikbare data. De discussies met de gewasspecialisten van PPO-BB Martin van Dam, Nico Groen, Klaske de Jong, Hans Kok, Paul van Leeuwen, Rene Schouten, en Peter Vreeburg zijn bijzonder constructief geweest.

Tom Koot, Svetla Marinova, Eduard Hummelink, Jan Zweers, Popko Bolhuis, Jan Posthumus, hebben zorg gedragen voor adequate bemonstering van de bodem, gewas, bepaling van kwaliteit en/of de bepaling van bodemfysische eigenschappen. Derk Blaauw, Gerwin Koopmans, Wobbe Schuurmans, Bert van der Boom en Gerbert Kets van Alterra Centrum Bodem en Jaap Nelemans, Monique Driessen, Willeke van Tintelen en Kees Koenders van het WUR-departement Omgevingswetenschappen, Sectie Bodemkwaliteit hebben de grondmonsters onderzocht op specifieke chemische kenmerken. Peter de Willigen heeft zijn specialistische kennis ingebracht bij het mechanistisch concept PWREQ en Wim Chardon kennis over bodemchemie. Na pensionering van Henk Pasterkamp heeft Anne Marie van Dam zijn taken overgenomen en haar kritisch oor en kritische blik op al dat fosfaatwerk en conceptrapportagen en concepten van bemestingsadviezen geworpen. Marius Heinen heeft eveneens delen van de rapportage kritisch doorgenomen. Voor hun inzet en bijdrage betuigen wij hier onze dank.

Samenvatting

De fosfaatbemestingsadviezen voor bloembollen zijn in de periode 1996-2002 onderwerp van onderzoek geweest. De aanleiding daartoe werd gevormd door het feit dat het fosfaatoverschot op bedrijfsniveau knelt met het toegelaten overschot volgens MINAS en omdat het advies zwak onderbouwd en gedateerd is. De meststofbehoefte van bolgewassen afhankelijk van de fosfaattoestand van de bodem is vastgesteld. Verder is onderzocht welke fosfaattoestand nagestreefd dient te worden en hoe fosfaatbemesting afgestemd kan worden op de fosfaattoestand zonder in conflict te komen met de milieukwaliteitsdoelstellingen. Een nieuw bemestingsadvies gebaseerd op een combinatie van veld- en procesonderzoek is opgesteld. In het algemeen reageren bolgewassen in verhouding tot de meeste andere gewassen weinig of niet op fosfaattoestand en fosfaatbemesting. Vanaf een Pw-getal $15 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$ werd doorgaans geen reactie vastgesteld. Het streefgetal kan daardoor worden verlaagd naar $20 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$. De meeste bolgewassen zijn daarop geplaatst in gewasgroepen 3 en 4 met een bescheiden of lage fosfaatbehoefte. Strikte evenwichtsbemesting volgens aanvoer is afvoer volstaat bij de meeste bolgewassen. Reparatiebemesting van een lage fosfaattoestand van duinzand volgens generieke normen leidt tot verhoogd risico op uitspoeling omdat deze grondsoort zeer zwakke bufferende eigenschappen bezit. Op dergelijke gronden verdient het uit milieuoogpunt aanbeveling geen reparatiebemesting uit te voeren.

Synopsis

Aanleiding

De fosfaatbestedingsadviezen zijn in de periode 1996-2002 onderwerp van onderzoek geweest. De aanleiding daartoe werd gevormd door het feit dat het fosfaatoverschot op bedrijfsniveau knelt met het toegelaten overschot volgens MINAS en omdat het advies zwak onderbouw en gedateerd is. PPO-Bloembollen en Alterra hebben onderzoek verricht naar de fosfaatbehoefte van bloembolgewassen. Bij het onderzoek stonden bij fosfaat drie vragen centraal.

1. Wat is de meststofbehoefte van bloembollen bij gegeven fosfaattoestand?
2. Welke fosfaattoestand van de bodem dient te worden nagestreefd?
3. Hoe kan fosfaatbemesting afgestemd worden op de fosfaattoestand zonder in conflict te komen met milieukwaliteitsdoelstelling?

Het onderzoek is gebaseerd op een combinatie van veldonderzoek, literatuurstudie en berekeningen met behulp van een model dat gevalideerd is met gegevens van het veldonderzoek en literatuurstudie. De opzet, uitvoering en resultaten worden in dit rapport beschreven.

Veldonderzoek

In 1996 is een verkenning uitgevoerd naar de fosfaatopname van tulp (cv Apeldoorn), lelie (cv Connecticut King) en gladiool (cv Traderhorn) op drie locaties: de proeftuin van PPO te Lisse, het proefbedrijf de Noord te St. Maartensbrug en de van Bemmelenhoeve te Wieringerwerf. Deze bolgewassen zijn kozen op grond van hun onderscheidenlijke vraag naar fosfaat en hun betekenis voor de sector. De fosfaatopname door het gewas in de tijd werd bepaald. Tevens werden wortel-ecologische karakteristieken van het gewas en bodemchemische karakteristieken bepaald. Verkennende berekeningen gaven aan dat gladiool meer fosfaat nodig heeft dan tulp of lelie. De verkenning heeft vorm gegeven aan het bereik in fosfaatbemestingstrappen en uitvoering van veldproeven. In de periode 1997-2000 zijn 11 veldproeven uitgevoerd met tulp (cv Apeldoorn), 9 veldproeven met lelie (cv Connecticut King) en 11 veldproeven met gladiool (cv Traderhorn). De veldproeven zijn uitgevoerd op de kalkhoudende duinzand van de proeftuin van PPO-Bloembollen te Lisse en op kalkhoudende zavel van de proefboerderij De Oostwaardhoeve te Slootdorp (1997) en de dr. H.J. Lovinkhoeve te Marknesse (1998, 1999 en 2000). De proeven zijn aangelegd op percelen met een lage fosfaattoestand (Pw-getal 14 mg P₂O₅ per liter) of voldoende fosfaattoestand (Pw-getal 25 mg P₂O₅ per liter). De opzet van de veldproeven berustte op een factoriële trappenproef met vijf fosfaatgiften met een bereik van 0 tot en met 160 (zand) of 320 kg P₂O₅ (zavel) per ha. Daarnaast zijn in de periode 1998-2002 verkenningen uitgevoerd met cultivars van genoemde bloembolgewassen en daarnaast bij crocus, dahlia, hyacint, iris, narcis en zantedeschia. De verkenningen hadden tot doel om

fosfaatopnames van deze gewassen uit onderzoek met stikstof te verifiëren en te beoordelen op bruikbaarheid bij het opstellen van het bemestingsadvies.

Een aantal veldproeven hadden een te laag opbrengstniveau en zijn daarom niet bij verdere bewerkingen en berekeningen meegenomen. De reactie van een bol- of knolgewas op fosfaattoestand en fosfaatbemesting was doorgaans zeer bescheiden. Bij tulp werd in 3 van de 9 geslaagde veldproeven een significante reactie op fosfaatbemesting vastgesteld, bij lelie en gladiool waren dat respectievelijk 3 van 7 veldproeven en 2 van 9 veldproeven. De reacties traden alleen op op duinzand, niet op zavel. De variatie tussen veldproeven met eenzelfde gewas en fosfaattoestand was aanzienlijk. Een integrale statistische bewerking van de opbrengstgegevens gaf daardoor geen resultaat. De veldproeven zijn daarop afzonderlijk met ANOVA geanalyseerd en de fosfaatgiften waarbij een significante opbrengststijging optrad, werden bepaald. Deze fosfaatgiften zijn gerelateerd aan de fosfaattoestand (Pw-getal) van de teeltlaag 0-20 cm bij aanleg van de veldproeven. Dit gaf de volgende gemiddelde relaties tussen fosfaatbemesting in kg P₂O₅ per ha en fosfaattoestand voor tulp, lelie en gladiool op duinzand.

$$\text{Tulp} \quad \text{Fosfaatgift} = 36,3 - 0,96 * \text{Pw-getal} \quad (1)$$

$$\text{Lelie} \quad \text{Fosfaatgift} = 23,4 - 0,27 * \text{Pw-getal} \quad (2)$$

$$\text{Gladiool} \quad \text{Fosfaatgift} = 109,3 - 4,2 * \text{Pw-getal} \quad (3)$$

Vanwege de wisselvallige reactie van deze bolgewassen op bemesting bij een gegeven fosfaattoestand zijn echter geen van deze relaties significant.

Modelberekeningen

In het onderzoek is het mechanistisch model (PWREQ) van Van Noordwijk ea. (1990) toepast. Met het model kan de fosfaattoestand (Pw-getal) van de bodem worden berekend welke nodig is om het gewas zonder aanvullende fosfaatbemesting volledig in de dagelijkse vraag te kunnen voorzien. De specifieke invoerdata werden op de veldproeven van PPO-BB door ALTERRA en PRI bepaald. Het betreft de volgende parameters.

- Dagelijkse vraag naar fosfaat in de periode dat de vraag het grootst is (kg P per ha per dag).
- De totale fosfaatopname (kg P per ha).
- Architectuur van het wortelstelsel vastgesteld door middel van de wortellengte-dichtheid (Lrv in cm wortel per cm³) en wortelstraal (R in cm).
- Bodemchemische eigenschappen vastgelegd met de adsorptie-isotherm en de desorptieparameters Pw-getal en Pi-getal (methode berust op het extraheren van fosfaat met behulp van een met ijzerhydroxide papiertje geïmpregneerd filterpapier)
- Bodemfysische eigenschappen (pF-curve).

Er zijn ook data gebruikt die verzameld zijn bij gewassen projecten bij akkerbouwgewassen en vollegrondsgroententeelt in het kader van andere fosfaatprojecten. De fosfaatbehoefte van de bol- en knolgewassen is vergeleken met die van het gewas aardappel. Aardappel is meegenomen omdat het gewas het referentiegewas is voor de fosfaatbemestingsadviezen op akkerbouwland. Bij het onderzoek naar de

meststofbehoefte van bolgewassen zijn tulp, lelie en gladiool gedurende 2 of 3 jaar beproefd, bij de overige gewassen zijn verkenningen uitgevoerd. De berekeningsresultaten bij de overige gewassen zijn daardoor oriënterend van aard.

De bolgewassen verschillen aanzienlijk in de fosfaattoestand die nodig is om het gewas te voorzien in de dagelijkse vraag. Dahlia blijkt qua fosfaattoestand tenminste er een te moeten hebben gelijk aan die van aardappel. Hyacint en krokus zijn vragen een hogere fosfaattoestand dan andere bolgewassen. Ook gladiool op duinzand vraagt een hogere fosfaattoestand. De overige bolgewassen kunnen met een (beduidend) lagere fosfaattoestand uit. De modelberekeningen ondersteunen de bevinding in het veld dat lelie en tulp met een lage fosfaattoestand verantwoord geteeld kunnen worden. Gladiool vraagt tenminste een voldoende fosfaattoestand. Verkenningen zijn uitgevoerd met cultivars van tulp, lelie en gladiool en daarnaast aan diverse cultivars van crocus, dahlia, hyacint, iris, narcis en zantedeschia. De berekeningsresultaten voor de fosfaattoestand die nodig is om aan de vraag van het gewas te kunnen voldoen zijn gerelateerd aan die van aardappel en bieden de mogelijkheid om gewassen en cultivars in gewasgroepen te rangschikken naar fosfaatbehoefte.

Bufferend vermogen van de grond

Gronden verschillen aanzienlijk in de mate waarin fosfaat wordt gebufferd. Duinzand legt fosfaat nauwelijks vast en verschilt daarin van overige grondsoorten. Dekzand legt fosfaat wat minder sterk vast dan zeeklei. De variatie binnen humusarm dekzand of zeeklei is dermate groot, dat het onderscheid tussen dalgrond, dekzand en zeeklei vervaagt. De variatie wordt veroorzaakt door bodemkenmerken zoals pH, textuur, organische stof, hoeveelheid ijzer en aluminium, mate van oplading van de bodem met P en vrije koolzure kalk. Zavel en kleigrond bufferen fosfaat aanzienlijk beter terwijl over dekzanden geen algemene uitspraak gedaan kan worden. Daartoe zijn de bodemchemische eigenschappen van locatie tot locatie te verschillend.

Bemestingsadvies

De algemene bevinding dat bolgewassen doorgaans weinig reageren op fosfaatbemesting en fosfaattoestand vormt het uitgangspunt.

Eigen bedrijf

Omdat met fosfaatgiften van eenzelfde orde van grootte als de afvoer, bij Pw-getal hoger dan 15 mg P₂O₅ per liter geen opbrengstverhoging werd vastgesteld, kan voor de meeste gewassen volstaan worden met een evenwichtsbemesting. Het risico op opbrengstderving neemt aanzienlijk toe onder een Pw-getal van 15 mg P₂O₅ l⁻¹. Om een dergelijk risico uit te sluiten is het zaak is om de fosfaattoestand niet onder deze waarde te laten dalen. Rekening houdend met de bepalingfout van het Pw-getal in het laboratorium wordt op basis van het Pw-getal een streefwaarde van 20 mg P₂O₅ l⁻¹ geadviseerd.

Gewassen als hyacint, dahlia en crocus vragen op basis van oriënterend onderzoek meer fosfaat. Het onderzoek biedt onvoldoende mogelijkheden om de

fosfaatbehoefte gemeten als vermeerdering van opbrengst te kalibreren op fosfaattoestand en fosfaatbemesting.

Gebuurd land

Er zijn twee opties. De eerste optie is dat bemest wordt volgens de vergelijkingen (1), (2) of (3).

De tweede optie is dat de bolgewassen opgenomen worden in de gewasgroepen van de akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. De eerste optie leidt tot lagere fosfaatbemestingsadviezen dan de tweede optie.

Om risico op opbrengstderving te beperken is gekozen voor indeling in de gewasgroepen van de akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Dit heeft tevens het voorlichtingskundige voordeel dat adviezen van diverse sectoren gelijk geschoeid zijn. Dahlia is in gewasgroep 1 geplaatst. Voor gewasgroep 3 op duinzand zijn gladiool, hyacint en krokus in gewasgroep 3 geplaatst. Ook voor overige grondsoorten zijn hyacint en krokus in gewasgroep 3 geplaatst. Alle overige bolgewassen zijn voor alle grondsoorten in gewasgroep 4 geplaatst.

Milieuverantwoord bemesten

De huidige bemestingsadviezen kennen gewasgerichte en bodemgerichte adviezen. Bij een gewasgericht advies wordt een bemestingsgift aanbevolen voor het bereiken van een renderende opbrengst in het eerste jaar na toediening. Bij een bodemgericht advies wordt een bepaalde fosfaattoestand gehandhaafd of wordt een te lage fosfaattoestand gerepareerd, bedoeld voor meerdere jaren. Op basis van het onderzoek kan een fosfaattoestand (Pw-getal) van 20 mg P₂O₅ l⁻¹ als streefgetal worden afgeleid.

Het generieke advies voor reparatie van gronden met een te lage fosfaattoestand leidt bij slecht bufferende gronden tot milieuschade. Dit geldt in het bijzonder voor de duinzand. Reparatiebemesting van duinzand is dan ook in strijd met de milieudoelstellingen. Dat geldt in mindere mate ook voor de plaatsing van dalgrond onder de zandgronden. Het verdient aanbeveling om voor deze grondsoorten de reparatiebemesting minimaal te houden door zoveel mogelijk gewasgericht te bemesten.

Differentiatie naar bodemchemische karakteristieken is een absolute voorwaarde voor een milieuverantwoord fosformanagement. Bij (zeer) zwak bufferende gronden is reparatiebemesting te risicovol d.w.z.: er is een te hoog risico dat fosfaat weglekt naar dieper gelegen bodemlagen en naar grond- en oppervlaktewater. Bij dergelijke gronden kan met minder fosfaat volstaan worden. Een lage fosfaattoestand en een strikte evenwichtsbemesting is hier een voorwaarde voor milieuverantwoord bemesten. Om opbrengstverliezen te voorkomen of beperkt te houden dient de vochtvoorziening niet beperkend te zijn. Verder verdient het aanbeveling om fosfaatmeststoffen bij het wortelstelsel te plaatsen (rijenbemesting, plantgatbemesting).

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De teelt van bloembollen in Nederland gaat gepaard met een groot overschot aan fosfor¹ (P). Gemiddeld was dit overschot op zandgrond de afgelopen jaren 32 kg P (73 kg P₂O₅) ha⁻¹ jaar⁻¹. Het overschot varieert per bedrijf en hangt af van de keuze van de meststoffen en bodemverbeterende middelen, de grondsoort, de bedrijfsvoering en het bemestingsregime (Oenema en van Dijk, 1994). Invoering van het mineralenaangiftesysteem (MINAS) beperkte het gebruik van P uit mest en meststoffen. Met minder P via bemesting moeten de opbrengsten worden gerealiseerd. Dit vroeg en vraagt om een zorgvuldige sturing van het gebruik van mest en mineralen op het bedrijf.

De teelt van bloembollen vindt plaats op percelen van eigen bedrijf met continue teelt en in toenemende mate ook op gehuurde percelen. Bij continue bloembollenteelt worden de percelen soms gekeerd, om de ziektedruk onder controle te houden. Daarbij wordt bij een deel van de bollenbedrijven de vruchtbare teeltlaag op zo'n 60 cm diepte geplaatst en de ondergrond naar boven gehaald. Veelvuldige grondbewerking samen met een intensief gebruik van meststoffen en bodemverbeterende middelen hebben geleid tot een aanzienlijke P-aanrijking in de bodemlagen onder de bouwvoor. Het is dan ook niet verwonderlijk dat in de ondergrond soms zeer hoge P-concentraties in de vorm van orthofosfaat (ortho-P) en totaal-P zijn vastgesteld in de bodem en in het drainwater, terwijl de bouwvoor soms nog niet sterk is aangerijkt met P. Zo zijn concentraties van 3-15 mg ortho-P l⁻¹ bodemvocht en 1,5-8,1 mg ortho-P l⁻¹ in het drainwater van bloembollenpercelen in Noord- en Zuid-Holland vastgesteld (Schoumans en Lepelaar, 1995). Het hoge P-overschot en het bodemgebruik zijn hierbij belangrijke oorzaken.

Het overschot of de P balans roept vragen op over de noodzaak van de hoogte van de aanvoer van P op een bollenbedrijf. Dergelijk hoge overschotten worden niet meer toegelaten in kader van Meststoffenwet, en Wet Bodembescherming en zullen door belasting van grond- en oppervlaktewater ontoelaatbaar zijn. Ook komende verordeningen van de Kaderrichtlijn Water en als dochterrichtlijn de grondwaterrichtlijn zullen emissies naar grond- en oppervlaktewater sterk gaan reguleren. Lagere aanvoer door beperkt gebruik van meststoffen en bodemverbeterende middelen is nodig evenals verhoging van de efficiëntie van de opname van P uit de bodem en uit mest en meststoffen. Dit roept echter vragen op in de praktijk over de consequenties daarvan voor opbrengst en kwaliteit en daardoor over de fosfaatbehoefte van bloembollen en bloemknollen. Dit heeft geleid tot een kritische beschouwing van de huidige P-bemestingsadviezen voor deze gewassen.

¹ In dit rapport wordt fosfor (P) gebruikt. Fosfaat (P₂O₅) kan van P worden afgeleid door vermenigvuldiging met 2,29.

1.2 Het huidige bemestingsadvies voor bloembollen

Het huidige advies voor P is gebaseerd op bemestingsonderzoek van zeer beperkte omvang, dat in hoofdzaak dateert uit de periode tot 1950. De gegevens van de veldproeven uit deze periode zijn in bewerkte vorm toegankelijk (Volkerz, 1924, Volkerz, 1936; Anonymus, 1949; Struijs, 1949 en Van der Boon, 1969), maar de oorspronkelijke meetgegevens zijn niet beschikbaar. In de jaren vijftig werd voor bemestingsdoeleinden gebruik gemaakt van extractie met citroenzuur om de P-beschikbaarheid in de grond vast te stellen. Om analytisch-technische redenen werd in 1958 overgegaan naar extractie met ammoniumlactaat-azijnzuur (P-AL-getal). Bij de omzetting van het oude advies op basis van P-citroenzuur-getal naar een advies op basis van P-AL-getal is destijds gebruik gemaakt van grafische verbanden tussen deze twee parameters. Bij de berekening van het P-AL-getal dienden de gehalten aan organische stof en vrije koolzure kalk te worden betrokken (Van der Paauw e.a., 1958). Een herijking van het advies op basis van veldproefgegevens heeft toen niet plaatsgevonden.

In 1968 is het Pw-getal voor zand- en dalgrond ingevoerd ten behoeve van de bemestingsadvisering voor bouwland op basis van grondonderzoek. Vanaf 1971 werd voor de bemestingsadvisering voor bouwland het Pw-getal voor alle grondsoorten in gebruik genomen. Ook toen vond geen herijking van de bemestingsadviezen voor bloembollen op basis van het Pw-getal plaats. Het advies, dat voor de akkerbouw werd ontwikkeld, werd als leidraad gebruikt voor het bemestingsadvies voor bloembollen. De recente wijziging van de waarderingsklassen voor de P-toestand (Pw-getal) in 1998 komt voort uit voorlichtingstechnische overwegingen, maar opnieuw heeft een daadwerkelijke herijking van het bemestingsadvies niet plaatsgevonden (Anonymus, 1998).

Het huidige advies is gebaseerd op het Pw-getal. Teelten op het eigen bedrijf worden onderscheiden van teelten op gehuurd land. Bij teelten op het eigen bedrijf wordt geadviseerd om de toestand op het streefgetal te handhaven. Voor zee- en duinzand is het streefgetal (Pw-getal) 25 mg P₂O₅ l⁻¹; op dekzand, rivierklei en löss is het streefgetal (Pw-getal) 30 mg P₂O₅ l⁻¹. Geadviseerd wordt om een Pw-getal tot 45 mg P₂O₅ l⁻¹ te handhaven. Op gehuurd land wordt niet de grond maar het gewas bemest. Dezelfde grondsoortindeling wordt aangehouden. De hoogte van de P-bemesting is afhankelijk van het Pw-getal van het desbetreffende perceel (Anonymus, 1998).

De ontwikkeling van het huidige bemestingsadvies kent twee wijzigingen in de methode voor grondonderzoek zonder dat daarbij een herijking van het fosfaatbemestingsadvies uitgevoerd werd. Bij de laatste wijziging werd overgegaan naar een geheel ander principe van extractie; van een destructieve extractie met organische zuren werd namelijk over gegaan naar een niet-destructieve extractie met water. De consequenties daarvan voor de calibratie van de gewasreactie op fosfaattoestand is toen niet vastgesteld. Vandaar dat geconstateerd kan worden dat het huidige bemestingsadvies voor bloembollen zwak onderbouwd is en verouderd.

In samenwerking met het voorheen het Laboratorium voor Bloembollen Onderzoek (LBO) thans Praktijkonderzoek Plant en Omgeving Sector Bloembollen (PPO Bloembollen) te Lisse en Plant Research International BV is door Alterra Research Instituut voor de Groene Ruimte onderzoek uitgevoerd naar het verbeteren van het P-bemestingsadvies voor bloembollen. Belangrijke onderzoeksvragen zijn daarbij:

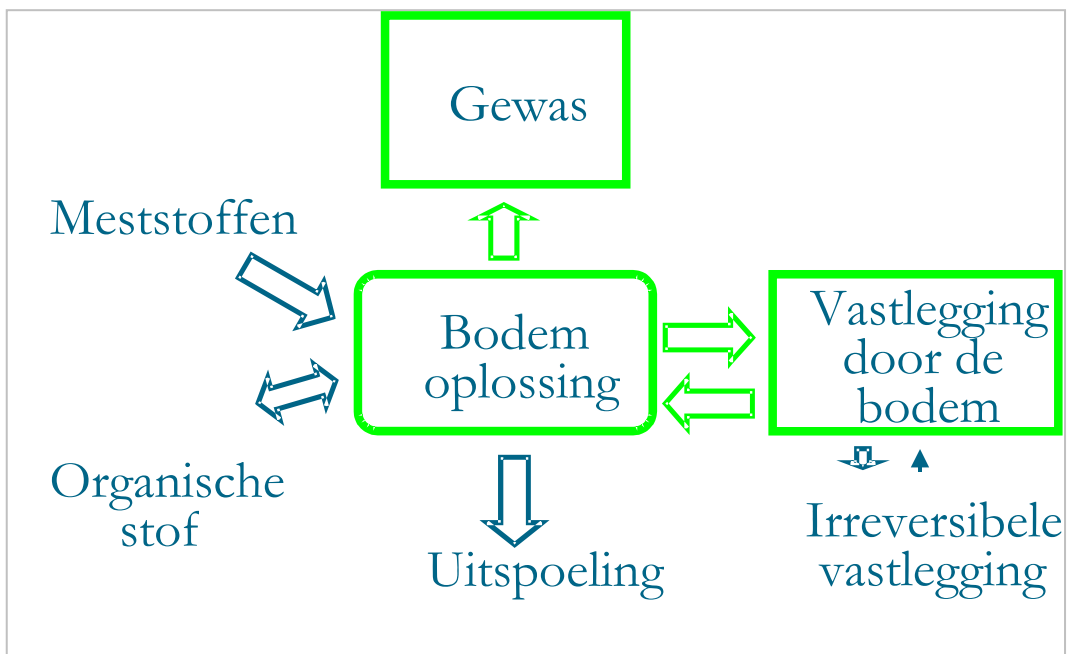
1. Wat is de meststofbehoefte van bloembollen bij gegeven fosfaattoestand?
2. Welke fosfaattoestand van de bodem dient te worden nagestreefd?
3. Hoe kan fosfaatbemesting afgestemd worden op de fosfaattoestand zonder in conflict te komen met milieukwaliteitsdoelstelling?

Dit rapport geeft de resultaten van het onderzoek dat tot doel had bovenstaande vragen te beantwoorden. Het rapport is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 wordt verantwoording gegeven van de methode van onderzoek voor de vaststelling van de P-behoefte van bol- en knolgewassen. In hoofdstuk 3 verantwoordt materiaal en methoden. De gewasontwikkeling wordt besproken in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 vat de resultaten van het wortelecologisch onderzoek samen. Hoofdstuk 6 gaat in op bodemchemische karakteristieken van de onderzoekslocaties. Resultaten van modelberekeningen ten behoeve van het plaatsen in gewasreacties worden gegeven in hoofdstuk 7. Hoofdstuk 8 geeft een voorstel voor de fosfaatbemestingsadviezen voor bolgewassen.

2 Methode voor vaststelling van de fosfaatbehoefte

2.1 Grondslag

Traditioneel werden gewasgerichte fosfaat(P)-bemestingsadviezen gebaseerd op grote series van éénjarige veldproeven met verschillende P-giften (zogenoemde hoeveelheden veldproeven). De schaal, opzet en de lange duur van het onderzoek maken deze series proeven thans zeer kostbaar. Daarom wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van dynamische simulatiemodellen. Bij dit onderzoek is gebruik gemaakt van het oorspronkelijk op het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid ontwikkelde mechanistisch model PWREQ. Hiermee kan de noodzakelijke P-toestand van de bodem worden berekend gegeven een vereiste P-opname van het gewas (Van Noordwijk ea, 1990). Het model is gebaseerd op het principe van vraag en aanbod: het gewas vraagt voor de dagelijkse productie een bepaalde hoeveelheid P per dag en over het totale groeiseizoen. Die dagelijkse vraag naar P en de totale hoeveelheid P, die gedurende het seizoen wordt opgenomen, dient de bodem te leveren. Het gewas neemt P op via het wortelstelsel. Het wortelstel wordt gekarakteriseerd met de wortellengtedichtheid, dit is de lengte van de wortels per volume-eenheid grond (cm cm^{-3}) en de worteldiameter. De door het gewas gevraagde hoeveelheid P wordt gerelateerd aan het specifieke worteloppervlak berekend uit de wortellengtedichtheid en de worteldiameter. Het model berekent het transport van P in de bodem naar de gewaswortels toe op basis van fysische en chemische eigenschappen van de bodem (figuur 1).



Figuur 1. PWREQ: De bodemoplossing dient het gewas adequaat van P te voorzien en wordt op peil gehouden door nalevering uit de bodem en uit meststoffen (inclusief organische bodemverbeterende middelen) en organische stof.

De bodemfysische eigenschappen bepalen via het vochtgehalte de diffusiesnelheid van P in de bodem. Op basis van de pF-curve (vochtretentiekarakteristiek), de textuur, het verloop van het vochtgehalte en de temperatuur en het volumegewicht kan de diffusiesnelheid worden berekend. Het vochtgehalte heeft een grote invloed op het transport van P via diffusie.

De chemische eigenschappen bepalen de mate van beschikbaarheid van P via ad- en desorptie en nalevering. De adsorptie-eigenschappen worden met een adsorptie-isotherm bepaald, de desorptie-eigenschappen met het Pw-getal (Sissingh, 1971) en het Pi-getal (Sissingh, 1991).

De invoergegevens van het model zijn:

Bepalingen aan het gewas, bovengronds

- ❑ P-opname in $\text{kg ha}^{-1} \text{dag}^{-1}$ in het lineaire deel van de groei.
- ❑ P-opname in kg ha^{-1} bij de eind oogst. Dit is de totaal opgenomen P of de afvoer met de oogstproducten plus wat er achterblijft op het veld.

Bepalingen aan het gewas, ondergronds

- ❑ wortellengtedichtheid (cm wortel cm^{-3} grond).
- ❑ worteldiameter (cm).

Bodemfysische bepalingen

- ❑ bulkdichtheid ($\text{volumegewicht, kg dm}^{-3}$).
- ❑ pF-curve.
- ❑ vochtverloop gedurende gewasgroei.

Bodemchemische bepalingen

- ❑ parameters ter vastlegging van de P-dynamiek (Pw-getal, Pi-getal, P-adsorptie-isotherm).

2.2 Data-acquisitie

Op praktijkgedeelten van de proeftuin van het LBO te Lisse, op het proefbedrijf 'De Noord' te St. Maartensbrug en op de proefboerderij 'Van Bemmelenhoeve' te Wieringerwerf werden verkenningen bij drie bolgewassen uitgevoerd. Bij de verkenning werd op vier tijdstippen de P-opname en de wortelontwikkeling van tulp, lelie en gladiool gemeten. Tevens werden de bodemfysische en bodemchemische parameters bepaald. De verkenning bepaalde de opzet en uitvoering van de veldproeven. De veldproeven waren eenvoudig van opzet. Elke veldproef omvatte vijf P-trappen. Het bereik van de P-trappen is bepaald op basis van de metingen van de verkenning en berekeningen met PWREQ. Daarnaast zijn bij iedere veldproef bemeste en onbemeste veldjes aangelegd ten behoeve van het wortelecologische onderzoek. Bemeste veldjes kregen een volledig toereikende fosfaatgift, onbemeste veldjes kregen geen fosfaat; alle overige bemestingen waren conform vigerende praktijk. Van elk gewas is de P-opname in de tijd gemeten. Daarnaast zijn op basis van de verkenningen twee tijdstippen bepaald die het begin en het einde van de

lineaire groeifase van het modelgewas vastlegden. Op die tijdstippen vond een detailopname van het wortelstelsel plaats door middel van het nemen van wortelmonsters met een wortelboor. Voorafgaande aan de aanleg van een veldproef is de bodem bemonsterd. Voor chemisch onderzoek zijn drie bodemlagen bemonsterd, voor bodemfysisch bodemonderzoek vijf bodemlagen. De bemonsteringsdiepte was afhankelijk van grondsoort en locatie. De dikte van de te bemonsteren lagen was afhankelijk van de bouwvoordikte en de verwachte bewortelingsintensiteit.

2.3 Samenspel veldonderzoek en modelberekeningen

Het bemestingsonderzoek in het veld heeft uitsluitend gegeven over de gewasreactie van bolgewassen op P-toestand en P-bemesting. De modelberekeningen hebben uitsluitend gegeven over de fosfaattoestand gegeven de gewaseigenschappen (dagelijkse vraag, totale opname en wortelarchitectuur). De referentiegewassen vormen de spil: van deze gewassen is vastgesteld wat de reactie op P-bemesting en P-toestand is en daarmee werd de calibratie van de P-meststofbehoefte op de P-toestand vastgelegd. De modelberekeningen relateren gewassen onderling aan elkaar. Daarmee wordt de basis gelegd voor onderlinge vergelijking van bolgewassen (soort en variëteit).

3 Materiaal en methoden

3.1 Locaties en grondsoort

Verkenning 1996

De verkenning werd uitgevoerd op de proeftuin (tuin-2) van PPO-bloembollen te Lisse (tulp), het proefbedrijf De Noord te Sint Maartensbrug (lelie) en de proefboerderij de Van Bemmelenhoeve te Wieringerwerf (gladiool). De grondsoort van Lisse en Sint Maartensbrug is duinzand (geestgronden), de locatie te Wieringerwerf is een zavel (tabel 1).

Veldproeven 1997-2000

Veldproeven met gladiool, lelie en tulp zijn aangelegd op proeftuinen van PPO-bloembollen te Lisse (1997, 1998 en 1999), de proefboerderij de Oostwaardhoeve te Slootdorp (1997) en de proefboerderij dr. H.J. Lovinkhoeve te Marknesse (1998, 1999 en 2000).

De locatie te Lisse betrof een duinzand (geestgrond), de overige locaties betroffen zavels. De gronden van alle locaties zijn kalkhoudend.

Verkenningen en veldproeven met andere bol- en knolgewassen zijn uitgevoerd op de proeftuin te Lisse (1998-2002).

Tabel 1 geeft de algemene fysisch-chemische karakteristieken per bodemlaag van de onderzoekslocaties. Het betreft gemiddelden van alle jaren per locatie.

Qua textuur waren de bodemlagen homogeen. De locatie te Slootdorp vormde hierop een uitzondering. Met name in de laag 30-50 cm varieerde het lutumgehalte van 13-26%; variaties in de bouwvoor 0-30 cm en in de laag 50-70 cm waren kleiner, respectievelijk 26-32% en 5-12% (spreiding tussen individuele herhalingen). Overige parameters van grondonderzoek vertoonden een beduidend geringere spreiding tussen herhalingen (data niet gegeven).

Variatie in Pw-getal of PAL-getal was in het algemeen tussen de herhalingen van een veldproef binnen een locatie gering dat wil zeggen het verschil tussen het gemiddelde en de kleinste of grootste waarde was kleiner dan 5 eenheden.

3.2 Gewassen

Referentiegewassen waren tulp (cultivar ‘*Apeldoorn*’), lelie (cultivar ‘*Connecticut King*’) en gladiool (cultivar ‘*Traderhorn*’). Afwegingen van de gewasspecialisten PPO-BB bij de keuze van deze referentiegewassen waren het belang van deze gewassen voor de sector en de beschikbare kennis over de P-opname en de ontwikkeling van het

wortelstelsel. De drie gewassen verschillen sterk in de P-opname in de tijd en in intensiteit van de wortelontwikkeling.

Daarnaast werden in de periode 1998-2002 incidentele verkenningen naar wortel-ecologische parameters uitgevoerd aan overige bol- en knolgewassen. Het betrof de volgende gewassen dahlia (cultivars *Sneeuwstorm* en *Stolz von Berlin*), hyacint (cultivars *Anne Marie* en *Pink Pearl*), iris (cultivars *Blue Magic* en *Symphony*), krokus (cultivars *Dorothy*, *Grote Gele* en *Remembrance*), narcis (cultivars *Carlton* en *Tête à Tête*) en Zantedeschia (cultivar *Cameo*). Bij deze verkenning was tulp (cultivar *Apeldoorn*) het referentiegewas.

Met dahlia (cultivar *Stolz von Berlin*), hyacint (cultivar *Anne Marie*), krokus (cultivar *Grote Gele*) en zantedeschia zijn eenmalig veldproeven uitgevoerd op de proeftuin te Lisse.

De teeltgegevens van de gewassen worden gegeven in bijlage 1.

Tabel 1. Gegevens van grondonderzoek van de proeflocaties.

Locatie	Laag	Lutum	Slib	Leem	pH-KCl	CaCO ₃	Org, stof	Pw-getal	Pw-getal, gewicht	PAL-getal	Pi-getal	P-ox	Al-ox	Fe-ox	P-totaal
	[1]	[2]	[2]	[2]		[2]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[7]	[7]	[5]
Lisse, tuin II	0-20	2,2	2,8	3,3	7,6	3	0,9	12	9	15	3,8	2	3	4	52
	20-40	1,9	2,4	3,3	7,6	2,9	1	11	8	15	3,5	1	3	4	50
	40-60	2	2,4	3,4	7,6	3	0,9	9	6	15	2,9	1	3	4	48
Lisse, van Ruitentuin	0-20	2	2,8	3,8	7,4	2,7	1,8	27	20	44	9,1	7	5	13	100
	20-40	2	2,8	3,6	7,4	2,8	1,8	26	20	44	9,7	7	5	13	96
	40-60	1,9	2,7	3,8	7,4	2,7	1,6	23	17	43	8,4	7	9	18	94
Marknesse	0-25	18,2	30,2	76	7,4	8,9	4,4	14	13	27	5,3	8	17	71	151
	25-50	13,1	22,9	68,6	7,5	8,3	3,3	7	6	12	2	5	13	70	121
	50-75	11,3	24,3	148	7,5	9,5	3,2	4	4	7	1,2	5	13	82	113
Marknesse	0-30	19	32,8	71,4	7,1	8,4	4,6	27	24	35	9,8	11	18	71	161
	30-60	13,1	25,7	75,3	7,3	8,1	3,5	5	5	15	3,1	7	14	77	121
	60-90	11,7	29,4	83,1	7,4	10,5	3,7	4	4	8	2	6	13	84	114
Slootdorp	0-30	28,8	43,7	64,1	7,1	1,6	5,4	29	26	40	11,8	7	17	55	136
	30-50	19,7	29	52,5	7,1	2,4	10,3	5	5	16	2,7	3	17	77	101
	30-50	19,7	29	52,5	7,1	2,4	10,3	5	5	16	2,7	3	17	77	101
St.Maartensbrug	50-70	9,1	13,6	39,3	7,3	4,5	8,1	2	2	9	0,6	1	9	64	84
	0-25	3,2	4,4	7,1	7	0,1	1,6	36	27	33	10,5	4	4	16	67
	25-50	2,9	4,6	6,7	6,8	0,1	1,6	37	29	34	11,4	5	4	15	72
Wieringerwerf	50-75	3,2	4,6	7	6,6	0,1	1,8	17	13	26	6,1	3	3	16	54
	0-30	11,4	16,7	32,9	7,4	9,2	1,8	26	21	40	10,2	8	7	82	153
	30-50	11,5	17	32,1	7,5	9	1,6	9	8	17	3,8	4	8	93	108
	50-70	9,9	14,6	24,7	7,6	8,6	1,3	2	2	4	0,5	1	9	105	75

[1] cm, [2] %, [3] mg P₂O₅ l⁻¹, [4] mg P₂O₅ kg⁻¹, [5] mg P₂O₅ (100 g)⁻¹, [6] mg P kg⁻¹, [7] mmol kg⁻¹

3.3 Opzet en uitvoering van de veldproeven

Verkenning

De verkenning beruiste op één teelt van de referentiegewassen bij gangbare bemestings- en teeltpraktijk. De bij § 2.1 opgegeven invoergegevens werden verzameld; de methoden worden beschreven in volgende paragrafen. Berekend werd welke fosfaattoestand nodig was om het desbetreffende gewas zonder aanvullende fosfaatbemesting verantwoord te kunnen telen. Op basis van de sorptiekaracteristieken (adsorptie-isotherm en P_i -getal) werd vervolgens berekend hoeveel fosfaat nodig was om een te lage fosfaattoestand naar de noodzakelijke fosfaattoestand (P_w -getal) door bemesting te verhogen (resp. 80, 145 of 290 kg P_2O_5 ha⁻¹). De berekende giften werden daarop gestandaardiseerd met het oog op mogelijke integrale (statistische) bewerkingen.

Veldproef

Elke veldproef omvatte vijf P-trappen. De veldproeven werden aangelegd op zand en klei (zavel) waardoor verschil in bufferend vermogen werd aangebracht. Bij gladiool waren de fosfaatgiften op zand 0, 20, 40, 80 en 160 kg P_2O_5 ha⁻¹ en op klei 0, 40, 80, 160 en 320 kg P_2O_5 ha⁻¹. De giften van lelie op zand waren 0, 10, 20, 40 en 80 kg P_2O_5 ha⁻¹ en op de kleilocaties 0, 20, 40, 80 en 160 kg P_2O_5 ha⁻¹. De giften bij tulp waren op beide grondsoorten 0, 20, 40, 80 en 160 kg P_2O_5 ha⁻¹.

Elke behandeling werd in drievoud aangelegd. De veldproef te Slootdorp vormde hierop een uitzondering, het aantal herhalingen was vier in verband met de heterogene textuur in de ondergrond. De statistische opzet beruiste op een factoriële proef in drie of vier herhalingen.

Daarnaast zijn bij iedere veldproef bemeste en niet met P bemeste veldjes aangelegd ten behoeve van het wortelecologisch onderzoek. De P bemesting was gelijk aan de berekende gift afgerond naar 80 of 160 kg P_2O_5 per ha (in 1997 is niet afgerond); bij gladiool is de berekende gift van 290 kg ha⁻¹ toegediend. De bemesting is altijd uitgevoerd met tripelsuperfosfaat; alle overige bemestingen zijn uitgevoerd conform het bemestingsadvies voor bloembollen (Anonymus, 1998).

Van elk gewas is op vier tijdstippen de P-opname in de tijd gemeten bij de behandelingen zonder fosfaatbemesting en bij de hoogste fosfaatgift. Daartoe werd de opbrengst aan drogestof en de P-gehalte in het gewasmateriaal bepaald. De tijdstippen waren: bij planten (plantgoed, t0), begin van de lineaire groeifase (t1), aan het eind van de lineaire groeifase (t2) en eindooft (t3).

3.4 Chemisch grond- en gewasonderzoek

Gewas

Gewasmonsters zijn gewassen met leidingwater om grondresten te verwijderen en werden vervolgens standaard voorbehandeld en gedroogd bij 70°C en gemalen (<1 mm). Drogestofgehalten in gewasmonsters zonder aanhangend waswater zijn bepaald bij 105°C ('ovendroog'). Bij 70° gedroogd monstermateriaal is gebruikt voor analyse op P.

Grond

Voor het bemesten zijn grondmonsters genomen van de bodemlagen 0-20, 20-40 en 40-60 cm op locaties te Lisse, te Slootdorp zijn de bodemlagen 0-30, 30-50 en 50-70 cm bemonsterd en te Marknesse zijn de bodemlagen 0-25, 25-50 en 50-75 cm bemonsterd. De bemonsteringsdikte werd bepaald door de bouwvoordikte en de verwachte bewortelingsintensiteit. De grondmonsters zijn geanalyseerd op Pw-getal met het gewicht van het schepje grond à 1,2 cm³, P-AL-getal, ammoniumoxalaat-oxaalzuur extraheerbaar ijzer, aluminium en fosfaat (resp. Fe-ox, Al-ox en P-ox), Pi-getal, P-adsorptie-isotherm, P-totaal, pH-KCl, lutum (< 2 µ), afslibbare delen (< 16 µ), leem (2-50 µ), calciumcarbonaat en organische stof.

De analyses tbv regulier grondonderzoek werden in 1996 en 1997 uitgevoerd door het Centraal Laboratorium van het voormalige Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB). Na het sluiten van de vestiging in Haren zijn van 1998 de bepalingen uitgevoerd door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek. Beide laboratoria hanteren vergelijkbare methoden hadden resp. hebben interne kwaliteitscontroles en namen (AB) of nemen (BLGG) elk deel aan international ringtesten in het kader van WEPAL.

De fosfaatverzadigingsgraad, het Pi-getal en de fosfaatadsorptie-isotherm zijn bepaald door het AB (tot 1998) en Alterra (na 1998). De fosfaatverzadigingsgraad is daarbij uitgevoerd volgens NEN 5776. Het Pi-getal is uitgevoerd volgens Sissingh (1991). Adsorptie-isothermen zijn bepaald door 2 g grond met 40 ml 0,005 M CaCl₂ (1:20 w/v) gedurende 24 uur bij 20°C met 4 rotaties per minuut (end-over-end) te schudden. Daarop werd gefilterd over fijn filterpapier (Whatman nr. 40) en zijn de P gehalten bepaald volgens Murphy & Riley (1962).

Grondmonsters van de bemonstering van de veldproef met tulp te Marknesse in najaar van 1998 werden abusievelijk gedroogd bij 105°C en daardoor ongeschikt voor verder onderzoek op P-parameters. Gemiddelden van de waarden verkregen bij de veldproeven met lelie en gladiool zijn daarop gebruikt bij verdere berekeningen. De analyseresultaten van de P-adsorptie-isotherm van de veldproef met een voldoende fosfaattoestand (Pw-getal 25 mg P₂O₅ per liter) met gladiool in 1997 leverde door een niet nader aan te wijzen oorzaak onbetrouwbare parameterschattingen op. Bij berekeningen is daarop gebruik gemaakt van gegevens van grondonderzoek met tulp op dezelfde locatie van 1997.

3.5 Wortelecologisch onderzoek

Het wortelecologisch onderzoek startte met een verkenning naar de architectuur van het wortelstelsel met behulp van de naaldenplankmethode. Bij de veldproeven werd de minder bewerkelijke boommethode toegepast. Bij de verkenning bij overige bolgewassen (anders dan gladiool, lelie en tulp) is door PPO-bloembollen een zogenoemde blokmethode toegepast. De methoden worden kort beschreven.

Naaldenplankmethode

Bij de naaldenplankmethode wordt een kuil gegraven tot onder de bewortelde bodemlaag. De wand wordt vertikaal vlak afgestoken en planken met 10 cm lange naalden op 5 x 5 cm afstand worden de wand ingedreven. Met een staaldraad wordt langs de naalden de grondplak losgesneden van de bodem. De grond op de naaldenplank wordt in het veld nog zo bijgesneden dat de dikte gelijkmatig 10 cm is. De lengte en breedte de naaldenplank hangt af van het gewas, de bewortelingsdiepte en het plantverband. De grond van de zo geprepareerde naaldenplank wordt in het wortelecologisch laboratorium met broezende waterstralen verwijderd. Op de naaldenplank blijft dan het wortelstelsel achter dat vervolgens wordt opgeknipt per vakje of per groep vakjes.

Boormethode

Op zandgrond zijn met een wortelboor met een diameter van 7 cm grondmonsters genomen van de bodemlagen van telkens 10 cm dikte (0-10, 10-20, 20-30 etc.) tot de diepte waarbij een breukvlak van een boorkern wortels niet meer waarneembaar waren of grond niet meer bemonsterd kon worden (bv. door grondwater). Op zavel is een boor met een diameter van 8 cm gebruikt.

Direct naast een plant wordt een boring uitgevoerd en de boringen worden herhaald op één of twee posities haaks op de plantrichting. De afstanden variëerden per gewas en teelt. Op zand (plantbed 100 cm) werd op 0-10 en 10-20 cm van de bolrij bemonsterd. Bij de teelt op bedden op klei (rugbreedte 75 cm) werden drie posities meegenomen: 0-10, 10-20 en 20-30 cm; dit is op de rug, halverwege de rug en tussen de rug. De grondmonsters werden daarop in het wortelecologisch laboratorium via elutriatie met water gescheiden in wortels plus fijne gronddeeltjes en grond. De wortels met fijne gronddeeltjes worden daarbij via een extra luchttoevoer met de waterstroom afgevoerd. Grovere minerale delen blijven achter in het elutriatie-apparaat. De waterstroom met wortels met fijne gronddeeltjes wordt over een 1 mm zeef geleid, waarna de achterblijvende wortels worden verzameld. Daarna werden handmatig de wortelmonsters verder opgeschoond.

Blokmethode

Bij verkenning bij overige bol- en knolgewassen anders dan gladiool, lelie of tulp is op de proeftuin te Lisse zijn bodemlagen van 10 cm dikte bemonsterd. Hiertoe werd over twee regels over een breedte van 55 cm (half bed) telkens een laag grond van 10 cm verzameld tot een diepte van 40 cm. De grond werd weggespoeld en de wortels op zeven van 1 mm verzameld.

Monstervoorbehandeling

Na het wegspoelen van de gronddeeltjes en het verwijderen van niet-wortelresten (boormethode) werden wortelmonsters verzameld. Dikke wortels (> 2 mm) werden verwijderd. De wortelmonsters werden ingevroren tot analyse op wortellengtedichtheid en wortelstraal.

Wortellengtedichtheid en wortelstraal

De architectuur van het wortelstelsel werd vastgelegd door bepaling van de wortellengtedichtheid (cm wortel cm⁻³ grond) en wortelstraal (of worteldiameter in

mm). Alle analyses werden uitgevoerd door het wortelecologisch laboratorium van PRI.

De bepaling van de wortellengtedichtheid is in 1996 bij aanvang van het onderzoek handmatig uitgevoerd volgens de gridmethode van Tennant (1975). In 1998 is overgaan naar een efficiëntere en snellere digitale meting van wortellengtedichtheid via de scanningstechniek van WinRhizo. Bij de digitale verwerking wordt een beeldopname gemaakt van een op een glasplaat homogeen uitgespreid wortelmonster dat verder digitaal wordt verwerkt volgens de software van Win RHIZO Equipment Quibec Canada. De berekening van de wortellengtedichtheid is gebaseerd op de gridmethode van Tennant. Tijdens de overgang werden zowel de handmatige methode als de digitale beeldverwerking toegepast om de gevolgen van de overgang naar een andere methode vast te stellen. Afwijkingen tussen beide methoden van wortellengtedichtheid zijn vastgesteld maar zijn voor dit onderzoek van ondergeschikt belang. Het voordeel van de Win RHIZO methode is dat invloed van menselijke observatie wordt uitgesloten. Een nadeel van beeldverwerking is dat de wortelmonsters met de software anno 1998 goed nageschoond diende te zijn teneinde geen overschatting van de wortellengtedichtheid te krijgen. Nieuwere software versies van Win Rhizo blijken echter een beter onderscheidend vermogen te hebben (pers. comm. G. Brouwer).

Een verdere verhoging in de efficiëntie van de bepaling van de wortellengtedichtheid is tot stand gebracht door selecties van de wortelmonsters per gewas per bemonsteringstijdstip en per veldproef na de verwijdering van de grond uit te voeren. Voor deze selectie werden de monsters in individuele glazen potten overgebracht en vervolgens op het oog gerangschikt van lage tot hoge wortellengtedichtheden. Uit zo'n serie van 100-150 potten werden 15-20 potten geselecteerd waarvan de wortellengtedichtheid daadwerkelijk werd gemeten. De wortellengtedichtheid werd daarop gerelateerd aan het rangnummer (laag nummer lage wortellengtedichtheid, hoog nummer hoge wortellengtedichtheid). Regressie-analyse bepaalde de calibratiecurve waaruit voor niet gemeten potten via het rangnummer de wortellengtedichtheid werd berekend.

De wortelstraal werd bepaald door de dikte (worteldiameter) met een bioculair met maatverdeling van 20 aselekt gekozen wortels te meten.

3.6 Bodemfysisch onderzoek

Van elke locatie werd van bodemlagen het verband tussen de drukhoogte (h) en het volumetrisch watergehalte (θ) bepaald. De bepaling van dit verband (waterretentie-karakteristiek) volgde NEN 5786 en NEN 5781. De bemonstering t.b.v. bodemfysisch onderzoek vond in het vroege voorjaar plaats bij opkomst van de tulp of vlak voor het planten van lelie of gladiool. Op de duinzand in Lisse werd per veldproef per gewasblok van de lagen 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 en 40-60 cm ringmonsters gestoken. Op de kleilocaties werden van de lagen 0-10, 10-20, 20-30, 30-50 en 50-75 cm ringmonsters genomen. De ringen van 5 cm hoogte werden in het

midden van elke laag geplaatst. Per bodemlaag werden 5 ringmonsters genomen. Met de ringmonsters werd tevens het volumegewicht bepaald. Naast ringmonsters werd losse grond verzameld voor de bepaling van de het volumetrisch watergehalte bij pF 4.2. De bepaling werd hier uitgevoerd met de membraampers (Verlinden & Bouma, 1983). Tijdens de groei werd in 1998 op de veldproeven wekelijks het vochtgehalte van de lagen 0-10, 10-20, 20-30 en 30-50 cm bepaald en de temperatuur op 10 cm boven de grond en op 10 cm diepte.

3.7 Berekeningen

3.7.1 Statistische analyses

3.7.1.1 Opbrengst en kwaliteit

Alle uitspraken bij de veldproeven berusten op ANOVA – analyse met een overschrijdingskans van 5% tenzij anders aangegeven en zijn gebaseerd op de kleinste significante verschillen (Least Significant Differences (LSD, tweezijdig)).

Bij de bewerking van de gegevens van opbrengst en kwaliteit van de veldproeven zijn de factoren fosfaattoestand, fosfaatbemesting en tijdstip onderscheiden. Het jaar van uitvoering is tot blokeffect gerekend tenzij anders aangegeven.

Bij de afleiding van de calibratielijnen voor tulp, lelie en gladiool is bij de variantie-analyse een lineair effect van bemesting op opbrengst aangenomen. De lage fosfaattoestand had bij de selectie van de locaties gemiddeld een Pw-getal van 14 mg P₂O₅ l⁻¹ en de voldoende toestand een Pw-getal van 25 mg P₂O₅ l⁻¹. Bij de rapportage worden deze generieke waarden gebruikt. Voor de calibratie van meststofgift op fosfaattoestand is echter gebruik gemaakt van feitelijke fosfaattoestanden die iets afwijken van de waarden van het vooronderzoek tbv. de selectie. De calibraties berusten op lineaire regressie-analyse.

3.7.1.2 Wortellengtedichtheid en wortelstraal

Data van wortellengtedichtheid (cm cm⁻³) en worteldiameter (mm) zijn per gewas integraal statistisch bewerkt. Een ANOVA analyse is uitgevoerd met grondsoort (synoniem voor teelt op bedden of ruggen), jaar, fosfaattoestand, fosfaatgift, laag en tijdstip van bemonstering als factoren. Op zavel zijn drie posities in de rug, en op zand zijn in het bed 2 posities bemonsterd. De derde positie op zavel had consequent een lagere wortellengtedichtheid dan overige posities. Omdat posities 1 en 2 bij beide grondsoorten een vergelijkbare horizontale afstand van de plantrij vertegenwoordigen en teneinde de de ANOVA-analyse een orthogonale basis te geven, werd positie 3 uitgesloten bij de statistische analyses. Er is niet gecorrigeerd voor de rugopbouw omdat de dimensie van de rug en met name de mate van klink van de rug gedurende het groeiseizoen niet is gemeten.

Alle analyses zijn uitgevoerd met het statistisch pakket Genstat (Payne e.a., 2002)

3.7.2 Kritisch Pw-getal

Kritische Pw-getallen zijn berekend op basis van de adsorptie-isothermen (Van Noordwijk e.a., 1990). De adsorptie-isothermen zijn hierbij beschreven met een Langmuirvergelijking met één adsorptiemaximum op basis van 6 tot 12 waarnemingen per grondmonster.

$$Q_m = \frac{k * Q_{\max} * C_m}{1 + k * C_m}$$

met:

- Q_m : geadsorbeerde hoeveelheid P (mg kg⁻¹ grond)
- Q_{\max} : adsorptiemaxima in (mg kg⁻¹ grond)
- K : specifieke adsorptie constante (l mg⁻¹)
- C_m : concentratie bij evenwicht (mg P l⁻¹)

Het kritische Pw-getal is bereikt als de fosfaatgehalten in het bodemvocht gelijk worden aan grenswaarde voor zoet stagnant oppervlaktewater of streefwaarden voor grondwater. Daarbij is aangenomen dat 67% van fosfor in het bodemvocht van anorganische herkomst is. De grenswaarde voor zoet stagnant oppervlakte water voor 2005 is 0,15 mg P l⁻¹ en de streefwaarden voor grondwater voor 2020 is 0,4 mg P.l⁻¹ voor zandgronden en 3,0 mg P l⁻¹ voor veen- en kleigronden.

4 Opbrengst en kwaliteit

4.1 Gladiool

4.1.1 Veldwaarnemingen

De proefvelden hadden verschillende gemiddelde vochtgehalten. Op de zandgrond met een lage fosfaattoestand (Pw-getal 14 mg P₂O₅ l⁻¹) was dit gemiddelde in 1997 op 15 cm diepte 16,1% (gew-% van de drogestof). Op de zandgrond met een voldoende fosfaattoestand (Pw-getal 25) was dit 11,8% en op de zavelgrond met een voldoende fosfaattoestand (Pw-getal 25) was dit 20%.

In de stand van het gewas kwamen geen verschillen voor die samenhangen met de bemesting. Het bloeitijdstip op de zandgrond was 15/8 en op de zavelgrond 25/8. Het bloeipercentage werd niet door fosfaatbemesting beïnvloed (tabel 2).

Tabel 2. Het bloeipercentage bij gladiool in 1998 en 1999 als functie van meststofgift en fosfaattoestand van de grond.

Jaar	Bemesting kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹		Fosfaattoestand			
			Laag		Voldoende	
	Zavel	Zand	Zavel	Zand	Zavel	Zand
1998	0	0	12	41	34	75
	40	20	14	54	27	65
	80	40	15	53	33	69
	160	80	16	58	30	65
	320	160	19	73	36	70
	LSD		4	12	8	23
1999	0	0	43	53	58	81
	40	20	44	76	59	79
	80	40	44	78	54	79
	160	80	40	76	58	80
	320	160	44	84	56	88
	LSD		11	11	11	11

In 1998 was het vochtgehalte van de zandgrond bij het proefveld met Pw-getal 25 gemiddeld 12,6% en bij het proefveld met een Pw-getal 14 gemiddeld 18,4%. Het jaar 1998 was een nat groeiseizoen. In het gewas kwamen verschillen in bloeipercentage voor als gevolg van de fosfaatbemesting bij de proefvelden met een lage fosfaattoestand (tabel 2). Het verschil in bloeipercentage tussen de hoogste en laagste bemesting was daarbij op zandgrond 59% en op de zavelgrond 7%. Het bloeitijdstip was 13/8 op de zandgrond en 23/8 op de zavelgrond.

In 1999 was op zandgrond met een Pw-getal van 14 het vochtgehalte gemiddeld 20,3% en op de zandgrond met een Pw-getal van 25 12,2%. Bemesting had op zandgrond bij Pw-getal 14 een hoger percentage bloei tot gevolg; bij de andere proefvelden was dit effect niet aanwezig.

4.1.2 Opbrengst

Tabel 3 geeft de opbrengsten voor de jaren 1997, 1998 en 1999.

1997

Zowel bij de totaal opbrengst als bij het aantal 12/op werd geen effect van de bemesting geconstateerd.

1998

Door de verlate plantdatum - als gevolg van de natte weersomstandigheden - was de opbrengst op de zavel minder dan normaal in de praktijk wordt behaald. Dit kan het effect van de bemesting hebben verminderd. Op de zavel werd bij beide fosfaattoestanden geen effect van de bemesting op de opbrengst vastgesteld. Op zandgrond was er bij de lage fosfaattoestand een effect van de bemesting zowel in totaal oogstgewicht als in aantal 12/op; met toenemende bemesting steeg de opbrengst.

Tabel 3. De opbrengst bij gladiool in grammen en het aantal 12/op per 100 planten bij een aantal bemestingstrappen en fosfaattoestanden van de grond voor 1997, 1998 en 1999.

Jaar	Bemesting		Fosfaattoestand							
	Kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹		Laag				Voldoende			
	Zavel	Zand	Zavel	Zand	Zavel	Zand	Zavel	Zand	Zavel	Zand
			totaal	12/op	totaal	12/op	totaal	12/op	totaal	12/op
1997	0	0	*	*	2986	83	2275	52	3218	86
	40	20	*	*	2852	76	2111	45	3146	86
	80	40	*	*	2781	75	2265	52	3370	90
	160	80	*	*	3039	85	2107	48	3291	88
	320	160	*	*	2927	80	2263	52	3260	89
1998	0	0	1724	29	2566	72	1276	14	2606	82
	40	20	1706	27	2680	79	1244	12	2462	78
	80	40	1712	28	2778	82	1210	14	2526	82
	160	80	1655	25	2782	81	1258	12	2513	78
	320	160	1674	28	2976	86	1257	14	2520	81
1999	0	0	2774	68	2889	84	2273	56	3350	95
	40	20	2587	66	3012	94	2198	51	3360	96
	80	40	2692	67	3050	91	2443	61	3304	93
	160	80	2775	71	3283	92	2305	56	3422	96
	320	160	2836	69	3383	96	2392	58	3385	93
LSD			144	6	202	7	148	8	202	7

1999

De groei was dit jaar op zandgrond goed, op de zavel was het opbrengstniveau aan de lage kant. Van de bemesting werd alleen bij zandgrond met een lage fosfaattoestand een effect vastgesteld: bemesting verhoogde de opbrengst. Bij een voldoende fosfaattoestand had bemesting geen effect op de opbrengst. De gewasreactie qua opbrengst kwam overeen met verschillen in bloeipercentage. Een opbrengstverhogend effect van de bemesting ging gepaard met een hoger bloeipercentage.

4.1.3 Fosfaatopname

De fosfaatopname werd op vier tijdstippen bepaald: bij planten van de knol, bij aanvang van de lineaire groeifase, bij afloop van de lineaire groeifase en bij de eind oogst (respectievelijk t0, t1, t2 en t3). In tabel 4 is de hoeveelheid fosfaat in de plant op een aantal tijdstippen gegeven, dit is bij t2 en t3 inclusief de bloem. De datum van tussenoogst en eind oogst worden gegeven in bijlage 1.

1997

De hoeveelheid fosfaat die met het plantgoed werd meegegeven was 2,4 kg P ha⁻¹. Met het verloop van het groeiseizoen neemt de totale fosfaatopname toe. Op de zandgrond met Pw-getal van 14 mg P₂O₅ l⁻¹ was de totale opname groter bij de hoogste bemestingstrap. Omdat de opbrengst niet toenam is hier sprake van luxe opname. De maximale opname, wat een belangrijk gegeven voor de fosfaatbehoefte is, was 35,3 kg P ha⁻¹. De maximale opname per dag was 0,49 kg P ha⁻¹.

1998

In 1998 was de meest duidelijke toename in opname als gevolg van de bemesting te zien bij het proefveld op zandgrond met Pw-getal 14 mg P₂O₅ l⁻¹. De maximale opname was 34,5 kg P ha⁻¹. De maximale opname per dag was 0,29 kg P ha⁻¹.

1999

In 1999 was alleen bij zand de lage fosfaattoestand een verhoging van de opname als gevolg van de bemesting te zien. De maximale opname was 39 kg P ha⁻¹. De maximale opname per dag was 0,50 kg P ha⁻¹.

4.1.4 Snijbloementeel van de geoogste knollen

De knollen van een aantal wel en niet met fosfaat bemeste veldjes werden gebruikt voor de snijbloementeel in open veld (tabel 5). Hiervoor werd een fosfaatarme grond gebruikt met een lage fosfaattoestand (Pw-getal 14 mg P₂O₅ l⁻¹). In de snijbloementeel werden twee bemesting toegepast: 0 en 160 kg P₂O₅ ha⁻¹.

Tabel 4. In de plant aanwezige fosfaat (kg P ha^{-1}) op drie tijdstippen bij verschillende bemestingstrappen en fosfaattoestanden van zandgrond en zavel bij gladlool¹.

Jaar	Bemesting $\text{kg P}_2\text{O}_5\text{.ha}^{-1}$		Fosfaattoestand											
			Laag						Voldoende					
	Zavel	Zand	Zavel			Zand			Zavel			Zand		
		t1	t2	t3	t1	t2	t3	t1	t2	t3	t1	t2	t3	
1997	0	0	*	*	*	4,2	17	23	4,3	28	31	6,1	22	31
	40	20	*	*	*	4,4	21	26	4,4	27	31	6,3	24	34
	80	40	*	*	*	5	19	24	4,6	28	29	7,6	24	35
	160	80	*	*	*	6,6	21	24	4,2	27	31	7,1	23	32
	320	160	*	*	*	7,1	24	31	5,6	28	32	9,4	26	34
1998	0	0	2,6	14	18	4,2	16	18	2,7	19	20	5,1	19	33
	40	20	2,5	14	17	4,5	15	25	2,7	16	19	5,4	17	33
	80	40	2,6	14	17	4,7	15	21	2,9	18	22	6,3	19	33
	160	80	2,5	13	16	6,2	16	23	2,9	17	22	6,9	19	33
	320	160	2,7	15	20	7	19	27	2,8	17	24	7,3	21	35
1998	0	0	5,2	28	36	4,2	18	24	5,9	28	34	8,1	28	39
	40	20	6	26	33	5,5	19	26	5,2	28	32	8,9	26	36
	80	40	5,3	25	34	5,9	20	26	5,7	29	32	8,4	26	39
	160	80	5,6	26	34	7,8	21	30	5,3	29	36	9,8	29	38
	320	160	6	28	34	8,6	27	35	6,4	30	37	10,3	30	42

¹ De fosfaatopname is per object bepaald, daardoor ontbreken LSD-waarden

1996/1997

Een effect van de behandeling kwam niet uit de waarnemingen aan de geoogste bloemen naar voren (tabel 5). Wel was er een tendens ($p \leq 0,1$) tot meer loze bloemen in de veldjes van de knollen die van niet bemeste veldjes in de voorgaande teelt kwamen; gemiddeld 4% t.o.v. 2%.

1997/1998

Voor de bloemeteelt werden knollen ziftmaat 10/12 gebruikt van de bemestingsproeven op zavel en knollen van de ziftmaat 12/14 van de bemestingsproeven op zandgrond, dit kwam in het gewicht, de lengte en de aarlenge tot uiting. De fosfaatbemesting op het veld in de bloemeteelt gaf onafhankelijk van de herkomst van de knollen een hoger plantgewicht. Andere verschillen kwamen tussen de verschillende behandelingen niet voor.

1998/1999

De bloemeteelt werd uitgevoerd met knollen van de ziftmaat 12/14. Een effect van de teelt bij verschillende bemestingsniveaus of fosfaattoestanden op de bloemeteelt werd niet vastgesteld. Wel waren de dit jaar in de bloemeteelt bemeste objecten over het algemeen zwaarder en hadden een langere aar dan de niet bemeste objecten.

Tabel 5. Resultaten in de buitenbloementeel met knollen maat 12/13 afkomstig van een veldteelt met verschillende fosfaatbestedingen en fosfaattoestanden van de grond.

Jaar	Bemesting in de buiten bloementeel	Bemesting tijdens teelt		Fosfaattoestand															
		kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹		Laag						Voldoende						LSD			
		Zavel	Zand	Zavel		Zand		Zavel		Zand		Zavel		Zand		Aar	Gewicht	Lengte	Aar
				Gewicht ¹	Lengte ²	Aar ³	Gewicht	Lengte	Aar	Gewicht	Lengte	Aar	Gewicht	Lengte	Aar	Gewicht	Lengte	Aar	
1996/1997	0	0	0	*	*	*	191	129	47,6	198	131	49,3	189	129	48,6	30	8	3,2	
		320	160	*	*	*	198	131	49,1	210	130	48,4	198	131	49				
	P-gift	0	0	*	*	*	197	123	46,8	208	128	48,6	191	125	47,3				
		320	160	*	*	*	199	127	48,6	199	125	47,1	213	130	49,5				
1997/1998	0	0	0	232	147	50	276	146	53	235	137	49	284	150	55	30	5	3	
		320	160	225	146	50	265	146	52	252	138	51	263	149	54				
	P-gift	0	0	267	151	54	285	149	55	281	141	50	293	149	54				
		320	160	245	148	51	273	150	54	258	138	50	292	149	54				
1998/1999	0	0	0	189	133	43	157	124	38	196	131	42	165	130	40	29	8	4	
		320	160	190	132	43	171	131	42	188	131	42	160	125	38				
	P-gift	0	0	193	130	44	184	133	43	190	131	44	197	132	44				
		320	160	206	134	43	158	125	39	211	131	43	188	132	43				

¹ Gewicht in gram per bloemstengel

²: Lengte in cm

³: Aarlengte in cm

4.1.5 Discussie en conclusie

In de drie jaar van trappenproeven werd vastgesteld dat een fosfaatbemesting alleen op zandgrond bij een lage fosfaattoestand (Pw-getal 14 mg P₂O₅ l⁻¹) een opbrengstverhogend effect had. Bij een voldoende fosfaattoestand (Pw-getal 25) op zandgronden en bij fosfaattoestanden (Pw-getal) van 14 en 25 mg P₂O₅ per liter op zavel werden geen verschillen door fosfaatbemesting vastgesteld. Deze effecten liepen parallel aan het bloeipercentage op het veld, een hogere opbrengst bij een hogere bemesting ging gepaard met meer bloei.

In twee jaren werd bij een Pw-getal van 14 mg P₂O₅ l⁻¹ op zandgrond de hoogste opbrengst bereikt met een bemesting van 160 kg P₂O₅ ha⁻¹ en in één jaar werd geen reactie gevonden op dit proefveld indien bij de ANOVA-analyse het lineaire effect werd afgezonderd. Op de andere proefvelden was er geen optimum in de bemesting. De opbrengst op de zavel was lager dan in de praktijk wordt gevonden. Een andere factor anders dan fosfaat is hier limiterend geweest. Mogelijk is dit de structuur van de grond geweest.

Wanneer de knollen van de bemestingsproeven gebruikt werden voor de snijbloementeelt was er over de jaren geen effect in de kwaliteit van de plant als gevolg van de fosfaatbemesting in de pittenteelt. Een fosfaatbemesting in de bloementeelt gaf wel een hoger plantgewicht ook al kwamen de knollen van bemeste objecten.

De totale hoeveelheid fosfaat in de plant, inclusief de aar, was bij de optimale fosfaatbemesting voor zandgrond gemiddeld over de jaren 33,0 kg P ha⁻¹ en voor de zavelgrond gemiddeld 33,2 kg P ha⁻¹.

4.2 Lelie

4.2.1 Veldwaarnemingen

Het vochtgehalte was in 1997 voor de proefvelden gemiddeld verschillend. Op 15 cm diepte was het vochtgehalte als percentage van de droge grond 14,7% op zandgrond met Pw-getal 14, het was gemiddeld op die diepte 11,5% op zandgrond met Pw-getal 25 en gemiddeld 21,7% op de zavel met Pw-getal 25.

Verschillen in gewasstand door de bemesting werden niet geconstateerd. Het bloeitijdstip was 27/6 op de zandgrond en 7/7 op de zavel.

In 1998 was het gemiddeld vochtgehalte 13,8% op 15 cm diepte voor de zandgrond met Pw-getal 14, bij de zandgrond met Pw-getal 25 was het gemiddeld vochtgehalte 11,7%. Door de natte omstandigheden kwam bij het gewas op de zavel waterschade voor. Verschillen in de gewasstand als gevolg van de bemesting werden niet geconstateerd. De bloei was op de zandgrond 23/6 en op de zavel 29/6. In 1999 werden eveneens geen verschillen in gewasstand als gevolg van de bemesting geconstateerd. De bloei was rond 12/7

4.2.2 Opbrengst

De opbrengsten van lelie zijn samengevat in tabel 6.

1997

Op zandgrond bij een Pw-getal van 14 als uitgangssituatie was er bij het oogstgewicht aan stengeljong een effect van de bemesting te zien, ook bij de hoofdbollen leek er een tendens tot opbrengstvermeerdering te zijn bij een toenemende bemesting, dit kon echter niet betrouwbaar aangetoond worden en ook in het aantal 12/op kwam het niet tot uiting (tabel 6).

Op zandgrond en zavel met een voldoende fosfaattoestand (Pw-getal 25 mg P₂O₅ l⁻¹) een opbrengstvermeerdering van de hoofdbollen door de bemesting niet aantoonbaar. Door de matige structuur van de grond is de opbrengst op de zavelgrond wat te laag.

1998

Op zavel zijn de opbrengsten dit jaar benadeeld door wateroverlast, waardoor de gegevens minder betrouwbaar zijn.

Het hoofdbolgewicht werd niet aantoonbaar door de bemesting beïnvloed bij de verschillende fosfaattoestanden van de zandgrond, al was er bij Pw-getal 25 mg P₂O₅ l⁻¹ op zandgrond wel een tendens tot verhoging. In het gewicht aan stengeljong was er alleen bij zand met een Pw-getal 25 mg P₂O₅ l⁻¹ een aantoonbaar effect van de bemesting. Het opbrengstniveau kan bij Pw-getal 25 mg P₂O₅ l⁻¹ beïnvloed zijn door schaduw van een aangrenzende haag.

1999

De opbrengst aan hoofdbollen en stengeljong werd niet door de bemesting beïnvloed. Wel nam de opbrengst aan stengeljong bij een voldoende fosfaattoestand wat toe ten opzicht van een lage fosfaattoestand. Het niveau van de opbrengst kan wat benadeeld zijn door een wat mindere structuur van de bouwvoor, onkruidgroei en een lichte Botrytis-aantasting.

Op zandgrond en zavel bij een voldoende fosfaattoestand (Pw-getal 25 mg P₂O₅ l⁻¹) was geen opbrengstvermeerdering van de hoofdbollen door de bemesting aantoonbaar. Door de matige structuur van de grond is de opbrengst op de zavelgrond laag t.o.v. praktijkopbrengsten.

Tabel 6. De opbrengst van lelie in grammen van de hoofdbol, het stengeljong en het aantal 12/op per 100 planten als functie van de bemesting en de fosfaattoestand van de bemesting en de fosfaattoestand van de grond voor drie teeltseizoenen.

Jaar	Bemesting		Fosfaattoestand laag						Fosfaattoestand voldoende					
	kg P ₂ O ₅ kg ⁻¹		Zavel			Zand			Zavel			Zand		
	Zavel	Zand	Hoofdbol	12/op	Stengeljong	Hoofdbol	12/op	Stengeljong	Hoofdbol	12/op	Stengeljong	Hoofdbol	12/op	Stengeljong
1996/1997	0	0	*	*	*	3125	85	1206	2608	67	1029	2658	78	784
	20	10	*	*	*	3139	82	1264	2639	68	878	2884	82	883
	40	20	*	*	*	3186	76	1296	2649	68	952	2752	76	981
	80	40	*	*	*	3256	83	1428	2594	64	1063	2846	78	863
	160	80	*	*	*	3349	82	1623	2575	65	1078	2812	74	1009
1997/1998	0	0	1716	52	561	3579	72	1765	1596	51	512	2863	53	1052
	20	10	1713	43	751	3549	69	1846	1726	52	658	2925	50	1100
	40	20	1707	45	532	3398	66	1802	1599	48	434	2947	53	1161
	80	40	1688	51	413	3651	72	1782	1577	50	525	3257	62	1255
	160	80	1742	52	668	3630	75	1939	1563	49	501	3122	61	1364
1998/1999	0		2914	55	1473	*	*	*	3007	58	1661	*	*	*
	20		2790	45	1493	*	*	*	2950	57	1667	*	*	*
	40		2956	51	1449	*	*	*	2894	57	1815	*	*	*
	80		2980	55	1398	*	*	*	2852	57	1717	*	*	*
	160		2908	52	1453	*	*	*	2981	58	1627	*	*	*
LSD			178	11	263	261	9	205	199	9	221	256	9	263

4.2.3 Fosfaatopname

In tabel 7 is de in de plant aanwezige hoeveelheid fosfaat (kg P ha^{-1}) weergegeven bij drie tijdstippen, bij t2 en t3 is dit inclusief de bloem. De met het plantgoed meegegeven hoeveelheid fosfaat was $4,4 \text{ kg P ha}^{-1}$.

1997

De opname was het grootst op de zandgrond met Pw-getal 14. Mogelijk hangt dit samen met het hogere vochtgehalte van dit proefveld. Een hogere bemesting bij Pw-getal 25 en in mindere mate bij Pw-getal 14 gaf op zandgrond een toename van de totale opname. De maximale hoeveelheid in de plant aanwezig fosfaat was $20,7 \text{ kg P ha}^{-1}$. De maximale opname per dag was $0,16 \text{ kg P ha}^{-1}$.

1998

De met het plantgoed meegegeven hoeveelheid fosfaat was $5,4 \text{ kg P ha}^{-1}$. Door de slechte groei was de opname op de zavelgrond lager dan op de zandgrond. Een hogere bemesting gaf op zandgrond een hogere opname van fosfaat. De maximale hoeveelheid in de plant aanwezig fosfaat was $19,0 \text{ kg P ha}^{-1}$. De maximale opname per dag was $0,11 \text{ kg P ha}^{-1}$.

1999

In het plantgoed was bij het planten $6,8 \text{ kg P ha}^{-1}$ aanwezig. De in de plant aanwezige hoeveelheid fosfaat bij de eind oogst werd niet beïnvloed door de bemesting, wat wijst op weinig of geen luxe consumptie. De maximale hoeveelheid bij eind oogst in de plant aanwezig was $18,3 \text{ kg P ha}^{-1}$. De maximale opname per dag was $0,12 \text{ kg P ha}^{-1}$.

4.2.4 Snijbloementeel van de geoogste bollen

Van een aantal bemeste en niet bemeste veldjes werden de bollen in bloei getrokken in de kas op bemeste ($25 \text{ gram P}_2\text{O}_5 \text{ m}^{-2}$) en niet met fosfaat bemeste potgrond.

1997

Er werden geen significante verschillen vastgesteld in gewicht en lengte van de takken. Ook het aantal aangelegde bloemen en het aantal verdroogde bloemen in de kas waren niet verschillend tussen de behandelingen (tabel 8).

Wel waren er verschillen in bloemverdroging en bladvergelting op de vaas tussen wel en niet in de kas met fosfaat bemeste objecten. Het percentage verdroogd was bij de niet in de kas met fosfaat bemeste planten gemiddeld 14% t.o.v. 5% voor de wel met fosfaat bemeste planten. De niet in de kas met fosfaat bemeste planten vergeelden sneller, na 9 dagen op de vaas was de uitslag van een chlorophylmeter 25 t.o.v. 37 bij de wel met fosfaat bemeste planten. De houdbaarheid van de in de kas met fosfaat bemeste planten was iets beter, 12,2 dagen ten opzichte van 11,3 dagen van de niet met fosfaat bemeste planten.

Tabel 7. In de plant aanwezig fosfaat in kg P ha⁻¹ op drie tijdstippen bij verschillende bemestingstrappen en fosfaattoestanden van de grond¹.

Jaar	Bemesting kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹		Fosfaattoestand												
			Laag						Voldoende						
	Zavel	Zand	Zavel			Zand			Zavel			Zand			
				t1	t2	t3	t1	t2	t3	t1	t2	t3	t1	t2	t3
1997	0	0	*	*	*	3,9	9,4	20	3	7,7	14	3,1	6,7	15	
	40	20	*	*	*	5	10	19	2,9	6,8	16	3,5	8,8	18	
	80	40	*	*	*	5,1	11	20	2,8	7,3	14	3,4	6,8	18	
	160	80	*	*	*	5,4	12	22	3,1	8,2	14	3,5	7,3	17	
	320	160	*	*	*	5,6	14	23	2,8	8,1	15	3,5	8,2	20	
1998	0	0	4,3	4,7	7	5,4	8,7	14	4,5	5,3	7,5	5,1	9,1	16	
	40	20	4,3	5	6,8	5	8	16	4,5	5,3	7,9	5,4	11	15	
	80	40	5	5,4	7,5	5,6	8,8	15	4,3	5,2	7,3	5,5	10	15	
	160	80	4,3	6,2	6,9	5,2	8,8	17	4,5	5,8	9	5,4	10	17	
	320	160	4,3	6,4	7,3	5,4	11	18	4,5	5,4	9	6	13	21	
1998	0	0	6	11	20	*	*	*	5,8	11	19	*	*	*	
	40	20	6	12	20	*	*	*	5,9	10	17	*	*	*	
	80	40	6,4	11	19	*	*	*	6,1	11	17	*	*	*	
	160	80	6,3	12	19	*	*	*	6,3	11	20	*	*	*	
	320	160	6,1	12	20	*	*	*	5,7	10	19	*	*	*	

¹ De fosfaatopname is per object bepaald, daardoor ontbreken LSD-waarden

1998

Van de verschillende bemestingsobjecten in de veldteelt werden bollen afgebroid; van de veldjes op de zavelgrond werden hiervoor bollen in de maat 10/12 gebruikt en van de zandgrond bollen in de maat 12/14. Een voldoende fosfaattoestand gaf een hoger stengelgewicht dan een lage fosfaattoestand (tabel 8). De veldbemestingen met 40 (zand) en 80 (zavel) kg P₂O₅ ha⁻¹ tendeerden naar een hoger plantgewicht dan de andere behandelingen wanneer geen fosfaat in de kas was bijbemest. Deze tendens voor de lengte was niet duidelijk aanwezig. Het aantal knoppen was bij bollen afkomstig van een voldoende fosfaattoestand op zandgrond hoger dan bij bollen afkomstig van een lage fosfaattoestand, ook de bemesting in de kas had vrijwel steeds een gunstig effect. Het percentage bloemverdroging was gemiddeld 8% en verschilde niet voor de behandelingen.

Op de vaas werden geen verschillen in houdbaarheid (gemiddeld 12,6 dagen), bladkleur en bloemverdroging (gemiddeld 3,7%) vastgesteld.

Tabel 8. De opbrengst van lelie in grammen van de hoofdbol, het stengeljong en het aantal 12/op per 100 planten als functie van de bemesting en de fosfaattoestand van de grond voor drie teeltseizoenen.

Jaar	Bemesting in de bloemeteelt bij afbroei	Bemesting in veld		Fosfaattoestand																	
		kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹		Laag								Voldoende									
				Zavel				Zand				Zavel				Zand				LSD	
		Zavel	Zand	Gewicht ¹	Lengte ²	Aantal knoppen	Gewicht	Lengte	Aantal knoppen	Gewicht	Lengte	Aantal knoppen	Gewicht	Lengte	Aar	Gewicht	Lengte	Aar	Gewicht	Lengte	Aantal knoppen
1997	0	0	0	*	*	*	77,7	92,5	7,6	79,9	90,5	7,9	86,8	95,5	7,5	13,1	6,4	1,3			
		160	80	*	*	*	78,2	95,0	7,1	84,3	91,0	8,8	83,7	96,5	7,6						
	25 g P ₂ O ₅ per m ²	0	0	*	*	*	74,6	85,5	7,7	76,7	91,0	8,6	78,5	92,0	7,4						
		160	80	*	*	*	75,2	87,0	7,1	81,8	88,5	8,5	82,3	90,0	7,8						
1998	0	0	0	52,9	79,1	5,2	82,1	96,1	6,7	57,2	88,7	5,1	95,9	104,0	7,4	11,8	6,8	0,7			
		80	40	60,9	88,7	5,6	92,4	101,0	6,7	61,3	85,4	5,4	99,8	102,0	7,0						
		160	80	52,7	82,4	5,2	84,2	94,1	6,7	55,1	86,3	5,3	91,0	102,0	6,9						
	25 g P ₂ O ₅ per m ²	0	0	61,4	83,5	5,7	81,9	94,4	6,6	63,7	88,1	5,9	94,3	103,0	7,4						
		80	40	53,9	81,0	5,3	86,1	95,4	6,7	68,4	91,6	5,7	95,2	102,0	7,5						
		160	80	56,0	83,6	5,4	89,9	95,8	7,0	63,8	86,0	6,0	96,6	102,0	7,6						
1999	0	0	*	111,2	115,6	9,6	*	*	*	118,3	115,3	9,9	*	*	*	12,1	7,5	0,6			
		80	*	110,5	115,4	9,7	*	*	*	122,6	114,5	10,3	*	*	*						
		160	*	109,9	112,9	9,5	*	*	*	110,6	112,5	9,7	*	*	*						

1 Gewicht in g per stengel; 2 lengte in cm.

1999

De bemesting op het veld in het voorgaande jaar bij de bollenteelt had geen duidelijk effect op zowel het gewicht, de lengte als het aantal knoppen (tabel 9). Het plantgewicht en het aantal knoppen waren hoger bij de planten afkomstig van objecten met een voldoende toestand. De houdbaarheid op de vaas en de bladvergeling verschilden niet per object.

4.2.5 Discussie en conclusie

Lelie blijkt nauwelijks op fosfaatbemesting te reageren. De hoofdbolopbrengst gemiddeld over de jaren was op zandgrond met een lage fosfaattoestand het hoogst bij een dosering van $80 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$. Bij zandgrond met een Pw-getal 25 was er in een jaar een tendens tot opbrengstverhoging voor de hoofdbollen bij een bemesting tot $40 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ en één jaar tot $10 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$. Op zavelgrond had bemesting geen effect. Werden de opbrengsten van de hoofdbol en stengeljong samen genomen, dan werd het effect van de bemesting op zand een lage fosfaattoestand nog iets duidelijker. De significante bemestingen op de verschillende grondsoorten bleven voor de totaalopbrengst van hoofbol en stengelbollen gelijk als voor de hoofdbol. Het opbrengstniveau voor de zavelgrond was laag. Dit wordt onder meer toegeschreven aan de matige bodemstructuur.

De bloemeteelt van de bollen werd over de jaren gezien niet duidelijk beïnvloed door de herkomst van het uitgangsmateriaal. Wel ging in een jaar een fosfaatbemesting in de kas gepaard met een langer groen blijven van het blad op de vaas.

4.3 Tulp

4.3.1 Veldwaarnemingen

Het gemiddelde vochtgehalte uitgedrukt in de drogestof verschilde in '96/'97 per proefveld. Het gemiddeld vochtgehalte van zandgrond met lage fosfaattoestand (Pw-getal $14 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$) was op 15 cm diepte 21,2%, van zandgrond met een voldoende fosfaattoestand (Pw-getal 25) 12,9% en van zavelgrond met een voldoende fosfaattoestand (Pw-getal 25) 22,2%.

Verschillen in gewasstand, die samenhangen met de bemesting, waren niet aanwezig. Het bloeitijdstip was op de zavelgrond 24/4 en op zandgrond 28/4. Uit metingen met een chlorophylmeter bleek dat de bladkleur bij de bloei niet verschilde als gevolg van de bemestingstrappen.

Tabel 9. Resultaten in de kasteelt met liehebollen afkomstig van een veldteelt met verschillende fosfaattrappen, plantmaat 12/14.

Jaar	Bemesting bij afbroei g P ₂ O ₅ m ⁻²	Bemesting bij teelt kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Fosfaattoestand																
			Laag						Voldoende										
			Zavel			Zand			Zavel			Zand			LSD				
			Zavel	Zand		Gewicht ¹	Lengte ²	Aantal knoppen	Gewicht	Lengte	Aantal knoppen	Gewicht	Lengte	Aantal knoppen	Gewicht	Lengte	Aantal knoppen	Gewicht	Lengte
1997	0	0	0	*	*	*	77,7	92,5	7,6	79,9	90,5	7,9	86,8	95,5	7,5	13,1	6,4	1,3	
		160	80	*	*	*	78,2	95,0	7,1	84,3	91,0	8,8	83,7	96,5	7,6				
	25	0	0	*	*	*	74,6	85,5	7,7	76,7	91,0	8,6	78,5	92,0	7,4				
		160	80	*	*	*	75,2	87,0	7,1	81,8	88,5	8,5	82,3	90,0	7,8				
	1998	0	0	0	52,9	79,1	5,2	82,1	96,1	6,7	57,2	88,7	5,1	95,9	104,0	7,4	11,8	6,8	0,7
			80	40	60,9	88,7	5,6	92,4	101,0	6,7	61,3	85,4	5,4	99,8	102,0	7,0			
160			80	52,7	82,4	5,2	84,2	94,1	6,7	55,1	86,3	5,3	91,0	102,0	6,9				
25		0	0	61,4	83,5	5,7	81,9	94,4	6,6	63,7	88,1	5,9	94,3	103,0	7,4				
		80	40	53,9	81,0	5,3	86,1	95,4	6,7	68,4	91,6	5,7	95,2	102,0	7,5				
		160	80	56,0	83,6	5,4	89,9	95,8	7,0	63,8	86,0	6,0	96,6	102,0	7,6				
1999	0	0	*	111,2	115,6	9,6	*	*	*	118,3	115,3	9,9	*	*	*	12,1	7,5	0,6	
		80	*	110,5	115,4	9,7	*	*	*	122,6	114,5	10,3	*	*	*				
		160	*	109,9	112,9	9,5	*	*	*	110,6	112,5	9,7	*	*	*				

¹ Gewicht in g per stengel; ² lengte in cm.

In '97/'98 was het gemiddelde vochtgehalte op zandgrond met een lage fosfaattoestand (Pw-getal 14) 16,8% en bij voldoende fosfaattoestand (Pw-getal 25) 13,9%. De bemesting gaf geen verschil in gewasstand te zien.

In '98/'99 was bij zandgrond met Pw 14 het gemiddeld vochtgehalte 14,3% en bij Pw 25 11,9%. Er was geen verschil in gewasstand als gevolg van de bemesting.

4.3.2 Opbrengst

De opbrengstgegevens van tulp worden gegeven in tabel 10.

1997

De opbrengst was in '96/'97 voor de drie proefvelden verschillend. De mindere groei op de zandgrond is waarschijnlijk vooral een gevolg van de wat late plantdatum in combinatie met de zeer vroeg invallende vorst.

Zowel bij Pw-getal 14 op zandgrond als Pw-getal 25 op zandgrond was er in '96/'97 een iets hogere opbrengst bij de hoogste P gift, zowel in totaal oogstgewicht als in aantal 10/op. Op de zavelgrond bij Pw 25 kon geen effect van de bemesting worden aangetoond.

1998

In '97/'98 was de opbrengst op zandgrond hoger dan op de zavel. Bij de lage fosfaattoestand gaf de hoogste mestgift op zandgrond een toename in opbrengst te zien, bij een voldoende fosfaattoestand op zandgrond en bij beide fosfaattoestanden op zavel was er geen effect van de bemesting. De opbrengst op de zavelgrond was lager dan verwacht mocht worden, waarschijnlijk door de matige structuur en het optreden van een licht Botrytis-aantasting.

1999-2000

In '98/'99 en '99/'00 was op de zavel bij beide fosfaattoestanden van de grond geen effect van de bemesting op de opbrengst te zien. De opbrengst was mogelijk niet optimaal door een matige bodemstructuur en competitie met onkruid. Bij de zandgrond was er bij hoge en lage Pw een tendens tot opbrengstverhoging door bemesting.

Tabel 10. De opbrengst in grammen en het aantal 10/op per 100 planten van tulpen bij verschillende bemestingstrappen en fosfaattoestanden van de grond.

Jaar	Bemesting kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Fosfaattoestand							
		Laag				Voldoende			
		Alle gronden		Zand		Zavel		Zand	
		totaal	10/op	totaal	10/op	totaal	10/op	totaal	10/op
1997	0	*	*	2418	17	3387	61	2849	32
	20	*	*	2375	17	3289	64	2869	36
	40	*	*	2471	22	3502	62	2818	39
	80	*	*	2523	24	3280	56	2921	38
	160	*	*	2539	24	3237	61	3016	42
1998	0	2876	33	3733	61	2870	33	3407	60
	20	2897	37	3622	63	2811	32	3439	59
	40	2973	36	3647	60	2968	37	3435	58
	80	2845	35	3836	64	2835	36	3501	62
	160	3040	41	3867	67	2784	33	3556	63
1999 (zand)/	0	3656	51	3570	57	3730	58	4002	68
2000 (zavel)	20	3654	53	3732	65	3776	59	3964	70
	40	3680	48	3681	61	3686	59	4131	74
	80	3773	53	3738	68	3786	60	4048	76
	160	3565	45	3883	65	3730	58	4201	77
	LSD	219	7	160	6	186	8	96	6

4.3.3 De fosfaatopname

In '96/'97 was de hoeveelheid fosfaat die met het plantgoed werd meegegeven 6,5 kg P ha⁻¹, in '97/'98 was dit 5,7 kg P ha⁻¹ in '98/'99 9,6 kg P ha⁻¹ en in '99/'00 7,9 kg P ha⁻¹.

In tabel 11 is de in de plant aanwezige hoeveelheid fosfaat op drie tijdstippen weergegeven. Voor de tijdstippen t2 en t3 is dit inclusief de bloem.

In '96/'97 verschilde de totale hoeveelheid opgenomen P per proefveld. Op de zandgrond met een lage fosfaattoestand was een aanzienlijke toename in P-opname bij hogere bemestingstrappen. Ook bij de voldoende fosfaattoestand op zandgrond neemt de opname met de bemesting toe. Dit wordt veroorzaakt door zowel een hogere opbrengst als een hoger gehalte. Op de zavel met een voldoende fosfaattoestand (Pw-getal 25 mg P₂O₅ l⁻¹) was het effect van de bemesting op de P-opname

niet aanwezig. De maximaal in de plant aanwezige hoeveelheid fosfaat was 28,6 kg P ha⁻¹. Per dag werd maximaal 0,16 kg P ha⁻¹ opgenomen.

In '97/'98 was er op zandgrond bij Pw 14 een toename van de opgenomen hoeveelheid P bij toename van de hoeveelheid bemesting. Zowel de opbrengst als het gehalte waren daarbij toegenomen. Bij de andere proefvelden was er geen aantoonbaar verschil tussen de behandelingen. De maximaal in de plant aanwezige hoeveelheid fosfaat was 29,6 kg P ha⁻¹. Per dag werd maximaal 0,23 kg P ha⁻¹ opgenomen.

De totaal in de plant aanwezige hoeveelheid fosfaat was in de proeven van '98/'00 als gevolg van de bemesting alleen verschillend bij zand met een Pw 14. De hoeveelheid opgenomen P was op de zavelgrond hoger dan op de zandgrond, dit kan samenhangen met het hoger stikstofgehalte in de proeven op de zavelgrond. De maximaal in de plant aanwezige hoeveelheid fosfaat was 31,8 kg P ha⁻¹. Per dag werd maximaal 0,36 kg P ha⁻¹ opgenomen.

Tabel 11. In de plant aanwezig P in kg ha⁻¹ op een aantal tijdstippen bij verschillende bemestingstrappen en fosfaattoestanden van de grond. Resultaten van 1999 betreffen zandgrond, die van 2000 voor de zavel.

Jaar	Bemesting kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹		Fosfaattoestand											
			Laag						Voldoende					
	Zavel	Zand	Zavel	Zand	Zand	Zand	Zavel	Zand	Zavel	Zand	Zavel	Zand		
		t1	t2	t3	t1	t2	t3	t1	t2	t3	t1	t2	t3	
1997	0	0	*	*	*	6,2	6,6	6,9	8,1	14	26	7,3	7,2	9,3
	40	20	*	*	*	7	7,2	7,8	8	13	29	7	8,5	11
	80	40	*	*	*	6,6	7,7	8,3	8,6	14	26	7,3	8,1	11
	160	80	*	*	*	7,1	8,7	11	8,6	14	26	8,4	10	11
	320	160	*	*	*	7,9	11	12	9,1	13	26	8,9	11	15
1998	0	0	4,9	9,3	20	6,5	9,5	21	5,8	13	24	6,8	10	23
	40	20	5,2	8,4	18	6,7	11	24	6	14	22	7,1	10	22
	80	40	5,3	8,8	19	7,9	13	24	6,2	14	25	7,6	12	22
	160	80	5,3	10	19	8,6	14	25	6,3	14	23	8,3	13	28
	320	160	5,8	11	21	8,8	17	30	7,2	14	23	8,1	15	26
1999/ 2000	0	0	10,6	20	21	7,8	10	16	9,8	24	28	8,3	12	20
	40	20	10,7	21	23	8,5	10	15	10,5	24	31	8,8	12	20
	80	40	10,6	21	21	8,8	11	15	11,3	22	26	8,8	14	24
	160	80	10,3	21	24	8,5	13	18	9,9	24	29	9,1	13	22
	320	160	10,5	20	25	9	14	20	10,9	24	32	10,5	16	24

4.3.4 Snijbloementeel van de geogste bollen

De bollen uit de veldproef werden afgebroeid om het na-effect van de veldbemesting op de broeikwaliteit te beoordelen. Dit werd gedaan door te planten op bemeste (25 g P₂O₅ m⁻²) en op onbemeste potgrond. Kistenbroei en de vijfgraden-broei werden uitgevoerd. De resultaten worden vermeld in respectievelijk tabel 12 en 13.

'96/'97

In de vijfgraden-broei was er een tendens dat de bollen afkomstig van de bemeste veldjes bij een lage fosfaattoestand een zwaardere plant en een grotere bloem gaven dan de bollen afkomstig van de onbemeste veldjes. In gewaslengte was er geen verschil. De bemesting in de kas had geen duidelijk effect op de gewaskwaliteit. In houdbaarheid op de vaas waren er geen aantoonbare verschillen als gevolg van de behandelingen.

'97/'98

Er was een tendens dat bollen afkomstig van bemeste veldjes bij een lage fosfaattoestand op zandgrond een zwaardere plant gaven dan de bollen van de onbemeste veldjes. Bemesting in de kas had geen effect op het plantgewicht. De bloemgrootte en de lengte werden niet duidelijk door de veldbemesting of de bemesting in de kas beïnvloed. In de kasproeven kwamen dit jaar wat éénbladers voor; dit aantal was het grootst bij de bollen afkomstig van de onbemeste veldjes bij een lage fosfaattoestand (10%) en was lager bij een voldoende fosfaattoestand met een veldbemesting (2%). De houdbaarheid op de vaas en de bladkleur gaven geen verschillen te zien als gevolg van de behandelingen.

'98/'99 (*zand*) en '99/'00 (*zavel*)

Bij de bollen afkomstig van de bemestingsproeven van de zandgrond en van de zavel werd geen effect van de bolinhoud op de broeieresultaten gevonden. Eénbladers kwamen op zandgrond vrijwel niet voor zodat het effect daarop dit jaar niet kon worden nagegaan. Bij de bollen van de zavelgrond was er geen verschil in éénbladers als gevolg van de bemesting, wel was er een verschil tussen de herkomst van de proefvelden, het percentage éénbladers bij de bollen afkomstig van de lage fosfaattoestand was 37% en van de voldoende fosfaattoestand 22%. Dit kan echter ook door andere factoren dan het fosfaatgehalte van de grond zijn veroorzaakt, het bolgewicht van de geplante bollen was niet verschillend. Er werden geen verschillen in houdbaarheid op de vaas vastgesteld.

'96/'97

In de kistenbroei gaven bollen afkomstig van bemeste objecten bij een lage fosfaattoestand van de grond een zwaardere plant dan de bollen van de onbemeste objecten. De tendens was aanwezig dat de bloem van bollen van bemeste veldjes groter was. De bemesting in de kas had geen effect op de kwaliteit van het gewas in de kas. Er waren geen verschillen in houdbaarheid op de vaas, door de verschillende behandelingen.

Tabel 12. Broeieresultaten tulip, 5 graden broei, plantmaat 10/11

Jaar	Bemesting		Fosfaattoestand														
	bij afbroei	bij teelt	Laag									Voldoende					
			Zavel			Zand			Zavel			Zand			LSD		
	g P ₂ O ₅ m ⁻²	kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Alle gronden	Gewicht	Lengte	Bloem	Gewicht	Lengte	Bloem	Gewicht	Lengte	Bloem	Gewicht	Lengte	Bloem	Gewicht	Lengte
1996/1997	0	0	*	*	*	31,2	44,1	5,1	34	43,7	5,3	32,8	45,7	5,2	4,7	4,1	0,3
		160	*	*	*	34,2	44,7	5,3	33,3	41,7	5,3	35,4	45,5	5,4			
	25	0	*	*	*	30,8	44,2	5	30,8	41,5	5,1	33,1	45,2	5,2			
		160	*	*	*	34,2	45,6	5,3	32,1	40,5	5,1	33,8	45,4	5,4			
1997/1998	0	0	30,5	43,7	5	34,1	45,8	5	31,2	44,6	5	36,8	44,8	5,2	3,7	2,6	0,4
		40	31	42,7	5,2	37,1	48,2	5,1	32	44,4	5	34,7	44,9	5			
		160	30,7	43,8	5,1	37,3	47,3	5,2	30,6	44,3	5	35,9	45	5,1			
	25	0	31,4	43,5	4,7	35,2	46	5,1	31,3	44,2	5	37	45,9	5,2			
		40	30,1	45	5	37,5	47,7	5	33,2	44,9	5	36,8	45,8	5,1			
		160	28,9	43,6	5	38,1	46,2	5,2	30,2	43,9	5	37	44,7	5,1			
1998/1999	25	0	*	*	*	32	37,4	4,9	*	*	*	33,4	35,6	4,9	7,6	5	0,3
		40	*	*	*	29,4	34,2	4,8	*	*	*	34,4	36,7	4,9			
		160	*	*	*	32,4	36,4	4,8	*	*	*	29,4	34,9	4,6			
1999/2000	25	0	32	44,2	44,9	*	*	*	31,3	44	43,6	*	*	*	2,4	1,8	2,2
		40	32,8	45,3	45,1	*	*	*	31	43,5	43,6	*	*	*			
		160	32,6	45,3	45,2	*	*	*	32,5	45,1	44,2	*	*	*			

Tabel 13. Broeiresultaten kistenbroei, plantmaat 11/12

Jaar	Bemesting bij afbroei g P ₂ O ₅ m ⁻²	Bemesting bij teelt kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Fosfaattoestand															
			Laag						Voldoende									
			Alle gronden			Zand			Zavel			Zand			LSD			
			Gewicht ¹	Lengte ²	Bloem ²	Gewicht	Lengte	Bloem	Gewicht	Lengte	Bloem	Gewicht	Lengte	Bloem	Gewicht	Lengte	Bloem	
1996/1997	0	0	*	*	*	24,3	36,9	5,3	28,9	39,4	5,6	25	40,7	5,3	2,7	3,9	0,5	
		160	*	*	*	29,4	39,8	5,5	26,6	40	5,6	28,6	42,3	5,6				
	25	0	*	*	*	23	39,6	5,1	26,9	38,8	5,4	27,2	41,5	5,3				
		160	*	*	*	30,5	42,5	5,5	27,4	38,8	5,6	27,5	39	5,3				
	1997/1998	0	0	29,9	43,4	5,4	33,5	44,1	5,4	28,3	43,8	5,3	33,1	44,4	5,3	4,1	3,7	0,2
			40	30	45,3	5,3	34,4	45	5,3	30,3	45,2	5,2	33,9	45,9	5,3			
160			30,1	43,3	5,4	36,5	46,2	5,4	29,7	43	5,4	32,2	44,5	5,4				
25		0	29,7	46,3	5,2	36	47	5,4	31	45,4	5,3	34,9	46,7	5,3				
		40	29,1	45	5,3	37,4	47,5	5,4	29,7	44,6	5,2	34,3	46,2	5,6				
		160	29,7	44,8	5,3	38,1	47,6	5,5	31,3	45,8	5,4	34,4	44,2	5,4				

1 Gewicht in gram, 2 Lengte in cm en bloemgrootte in cm.

'97/'98

Er was geen verschil in plantgewicht en gewaslengte bij bollen afkomstig van verschillende veldbemestingen. Er was een tendens dat bemesting in de kas een langere en zwaardere plant tot gevolg had. De behandelingen hadden geen aantoonbaar effect op de bloemgrootte.

Er waren geen verschillen in houdbaarheid en bladkleur bij uitbloei op de vaas. Er was een tendens tot meer bijspruiten bij de bollen die op het veld bemest waren, het percentage bijspruiten was gemiddeld 123% bij de onbemeste bollen en 148% bij de bollen die de hoogste bemesting op het veld kregen.

4.3.5 Nateelt op het veld

Het plantgoed uit de bemestingsproef werd nageteeld op het veld waarbij al dan niet een fosfaatbemesting van 160 kg P₂O₅ ha⁻¹ werd toegepast (tabel 14).

'96/'97

Het oogstgewicht werd zowel door het uitgangsmateriaal als de bemesting in de nateelt beïnvloed. Bollen afkomstig van bemeste objecten gaven een hoger oogstgewicht ($p < 0,1$) dan bollen afkomstig van niet bemeste objecten. Bemesting in de nateelt gaf steeds een hogere opbrengst. In het aantal 10/op was alleen het effect van de bemesting in de nateelt duidelijk van invloed. De verklistering werd niet door het uitgangsmateriaal of de bemesting in de nateelt beïnvloed. Het percentage bloeiende planten was groter wanneer de bollen afkomstig waren van objecten die het voorgaande jaar bemest waren. De bemesting in de nateelt had geen effect op het percentage bloeiende planten.

'97/'98

Van de onderzochte factoren werd geen effect op het oogstgewicht gevonden. Bij een voldoende fosfaattoestand op de zavelgrond was het aantal 10/op hoger wanneer het plantgoed afkomstig was van een bemest veldje in het voorgaande jaar in vergelijking met een niet bemest veldje. Op het bloeipercantage hadden de bemesting in de voorgaande teelt en in de nateelt geen duidelijk effect.

'98/'99 '99/00

Het oogstgewicht werd alleen door een bemesting in de nateelt positief beïnvloed, wat overeenkomt met de effecten in de trappenproeven bij een laag Pw-getal. De verklistering werd alleen door de bemesting in het tweede jaar beïnvloed en dit hangt samen met de betere groei. Het bloeipercantage werd niet beïnvloed door de behandelingen bij de bollen van de zandgrond, bij de bollen van de zavel was het bloeipercantage erg laag, waardoor eventuele verschillen door de bemesting ook niet aantoonbaar waren.

Tabel 14. Resultaten in de nateelt van plantgoed (zijt 8/9) afkomstig uit fosfaatrapportenproeven, totaalgenicht in grammen en het aantal 10/op per 100 planten, de verklistering en het bloeipercentage

Jaar	Bemesting bij nateelt kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Bemesting bij teelt kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Fosfaattoestand																			
			Laag				Voldoende								LSD							
			Alle gronden		Zavel	Zand	Zavel				Zand				Zavel				Zand			
Totaal	10/ op	Verklis- tering	Bloei	Totaal	10/ op	Verklis- tering	Bloei	Totaal	10/ op	Verklis- tering	Bloei	Totaal	10/ op	Verklis- tering	Bloei	Totaal	10/ op	Verklis- tering	Bloei			
1996/1997	0	0	*	*	*	*	2805	55	3,5	20	2856	56	3,1	50	2621	45	3,4	9	371	20	0,3	14
	0	160	*	*	*	*	2887	64	3,4	31	2926	63	3	54	2968	62	3,4	29				
	160	0	*	*	*	*	2971	60	3,3	28	2982	65	3,1	49	3020	63	3,5	17				
	160	160	*	*	*	*	3097	66	3,5	39	3393	67	3,4	62	3425	73	3,6	26				
1997/1998	0	0	2932	61	*	13	3018	61	*	43	2754	53	*	14	2830	50	*	23	566	17	*	21
	0	160	2909	53	*	8	2910	59	*	33	2836	58	*	17	2854	52	*	33				
	160	0	2987	60	*	13	3111	53	*	29	2552	44	*	21	2868	56	*	21				
	160	160	2694	49	*	10	3249	66	*	48	3157	76	*	14	3372	66	*	23				
1998/1999	0	0	*	*	*	*	2055	*	3,1	26	*	*	*	*	2217	*	3	31	241	*	0,2	9
	0	160	*	*	*	*	2207	*	3	30	*	*	*	*	2234	*	2,9	35				
	160	0	*	*	*	*	2562	*	3,5	24	*	*	*	*	2541	*	3,4	35				
	160	160	*	*	*	*	2375	*	3,2	30	*	*	*	*	2682	*	3,4	27				
1999/2000	0	0	2183	*	*	3	2055	*	3,1	26	2461	*	*	8	2217	*	3	31	156	*	*	2
	0	160	2145	*	*	2	2207	*	3	30	2569	*	*	6	2234	*	2,9	35				
	160	0	2356	*	*	3	2562	*	3,5	24	2534	*	*	10	2541	*	3,4	35				
	160	160	2372	*	*	3	2375	*	3,2	30	2544	*	*	7	2682	*	3,4	27				

4.3.6 Discussie en conclusie

In de verschillende jaren van proefneming waren de effecten van een fosfaatbemesting op de opbrengst niet groot noch bij een voldoende als noch bij een lage fosfaattoestand (Pw-getal) van de grond. Betrouwbare verschillen kwamen alleen voor op de zandgrond. Bij zand met een Pw-getal 14 gaf in twee jaren een dosering van 80 kg P₂O₅ een opbrengstverhoging. Bij zand met Pw-getal 25 was er in een jaar een lichte stijging bij hogere bemesting tot 40 kg P₂O₅ indien lineaire effecten werden onderscheiden. De gegevens van '96/'97 op zandgrond konden niet gebruikt worden door slechte groei als gevolg van vorstschade. Op de zavelgrond kon geen tendens tot opbrengstverhoging worden waargenomen bij zowel Pw-getal 14 als Pw-getal 25. Het opbrengstniveau van de bollen op de zavelgrond is de twee laatste jaren waarschijnlijk beïnvloed door de mindere bodemstructuur, het optreden van onkruidgroei en een lichte Botrytisaantasting. Voor de bepaling van de fosfaatbehoefte kan daarom beter worden uitgegaan van het opbrengstniveau van de zandgrondproeven m.u.v. '96/'97 waarbij door laat te planten en een strenge winter de opbrengst lager was dan normaal. In de afbroei van de bollen van de verschillende veldproeven werd soms een verschil in plantkwaliteit geconstateerd. In het eerste proefjaar was bij bollen afkomstig van de zandgrond met een laag Pw-getal de kwaliteit van de geoogste plant zwaarder wanneer de bollen in het voorgaande jaar bemest waren. Het P-gehalte van de bollen was toen echter laag waarschijnlijk door de slechte groeiomstandigheden als gevolg van de vroeg invallende winter en daardoor niet representatief. In het tweede jaar leek dit effect op de plantkwaliteit tot een bemesting van 40 kg P₂O₅ aanwezig, daarboven niet meer. In het derde jaar was er geen effect van de bemesting op de kwaliteit. De kwaliteit van de bloem in de broei vraagt daarom geen hogere dosering van de bemesting dan die welke noodzakelijk is voor de opbrengst.

Bij de nateelt van het plantgoed leek er in het eerste jaar een effect van de herkomst op de opbrengst en het bloeipcentage. Er was echter geen duidelijke samenhang met de gehalten aan fosfaat in de bol zodat hier waarschijnlijk toch sprake is van toeval mede als gevolg van de mindere kwaliteit van het uitgangsmateriaal door de omstandigheden in het jaar ervoor. De twee volgende jaren was geen herkomsteffect aanwezig.

De totale hoeveelheid fosfaat in de plant die correspondeert met de optimale opbrengst was bij de oogst gemiddeld 23,0 kg P ha⁻¹ op zavel en 21,9 kg P ha⁻¹ op zand.

4.4 Bespreking van de gegevens van gladiool, tulp en lelie

In de verschillende jaren van proefneming waren de effecten van een fosfaatbemesting op de opbrengst gering zowel bij een voldoende als lage fosfaattoestand (respectievelijk Pw-getal 25 en 14 mg P₂O₅ l⁻¹). Betrouwbare verschillen kwamen bij lelie niet voor. Bij tulp en gladiool werden alleen op duinzand betrouwbare effecten van bemesting vastgesteld. In het algemeen was er sprake van

een tendens tot opbrengstverhoging bij zand een lage fosfaattoestand. Gemiddeld over de jaren was er bij zand met een Pw-getal 14 een opbrengstverhoging tot een dosering van 80 kg P₂O₅ ha⁻¹. Bij zand met Pw-getal 25 was gemiddeld over de jaren er een lichte stijging in opbrengst bij hogere bemesting. Op de zavelgrond kon geen tendens tot opbrengstverhoging worden waargenomen bij zowel Pw-getal 14 als Pw-getal 25. Door per veldproef en per gewas lineaire effecten van bemesting bij de statistische bewerking op opbrengst te onderscheiden konden in een beperkt aantal gevallen een significantie worden aangetoond. Op dit aspect wordt in paragraaf 4.5 nader ingegaan.

In de afbroei van de bollen van de verschillende veldproeven werd soms een verschil in plantkwaliteit geconstateerd. In het eerste proefjaar was bij bollen afkomstig van de zandgrond met een laag Pw-getal de kwaliteit van de geoogste plant zwaarder wanneer de bollen in het voorgaande jaar bemest waren. Het gehalte van de bollen was toen echter, waarschijnlijk door de slechte groeiomstandigheden als gevolg van de vroeg invallende winter erg laag en daardoor niet representatief. In het tweede jaar leek dit effect op de plantkwaliteit tot een bemesting van 40 kg P₂O₅ per ha, aanwezig, daarboven niet meer. De kwaliteit van de bloem in de broei vraagt daarom geen hogere dosering van de bemesting dan die welke noodzakelijk is voor de opbrengst.

Bij de nateelt van het plantgoed leek er in het eerste jaar een effect van de herkomst op de opbrengst en het bloeipcentage. Er was echter geen duidelijke samenhang met de gehalten aan fosfaat in de bol zodat hier waarschijnlijk toch sprake is van toeval mede als gevolg van de mindere kwaliteit van het uitgangsmateriaal door de omstandigheden in het jaar ervoor. De twee volgende jaren was geen herkomst effect aanwezig.

De totale hoeveelheid fosfaat in de plant die correspondeert met de optimale opbrengst was bij de oogst gemiddeld 23,0 kg P ha⁻¹ op zavel en 21,9 kg P ha⁻¹ op zand.

4.5 Overige gewassen

4.5.1 Crocus

4.5.1.1 Veldwaarnemingen

De stand van het gewas toonde geen effect van de bemesting. Het gemiddelde vochtgehalte op 15cm diepte was 13,2% als percentage van de droge grond.

4.5.1.2 Opbrengst

Zowel in het aantal 9/op als in het gewicht was geen duidelijk effect van de fosfaatbemesting waar te nemen (tabel 15).

Tabel 15. De totale opbrengst in grammen en het aantal 9/op per 100 planten bij verschillende fosfaatbemestingstrappen voor crocus op zandgrond met lage fosfaattoestand (Pw-getal 14 mg P₂O₅ t⁻¹).

Bemesting kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Gewasparameters voor de opbrengst	
	Totaal	9/op
0	2070	33
20	2098	37
40	2082	30
80	2103	40
160	2116	39
LSD	127	14

4.5.1.3 Fosfaatopname

De hoeveelheid fosfor in het plantgoed was 11,8 kg P ha⁻¹. Tabel 16 geeft de fosfaatopname op drie tijdstippen.

Tabel 16. In de plant aanwezig P in kg ha⁻¹ op een aantal tijdstippen bij verschillende bemestingstrappen op zandgrond met een lage fosfaattoestand (Pw-getal 14 mg P₂O₅ t⁻¹)

Bemesting kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Tijdstip ¹		
	t1	t2	t3
0	14,5	14,9	14,8
20	15,1	15,3	17,4
40	13,8	15,9	15,6
80	15,0	17,4	16,9
160	15,3	18,7	18,9

¹ LSD waarden zijn niet gegeven omdat het gewasonderzoek per behandeling is uitgevoerd en niet per herhaling.

Maximaal was in de plant 18,9 kg P ha⁻¹ aanwezig. De maximale opname per dag was 0,15 kg P ha⁻¹.

4.5.1.4 De afbroei van de geogste knollen.

De geogste knollen uit de veldteelt werden afgebroeid op potjes met potgrond met 0,75 kg PG-mix m⁻³.

Er was een tendens (P=0,1) dat het aantal bloemen iets toenam wanneer de knollen afkomstig waren van veldjes met een hogere bemesting (tabel 17). Het aantal verdroogde bloemen en het aantal spruiten werd niet door de herkomst beïnvloed.

Tabel 17. De afbroeieresultaten van crocusknollen uit de veldproef met verschillende fosfaatbemestingstrappen (knolmaat 9/10).

Bemesting kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Bloemen knol ⁻¹	Verdroogde bloemen knol ⁻¹	Spruiten knol ⁻¹
0	3,2	0,6	3,9
20	3,4	0,7	4,0
40	3,3	0,7	4,1
80	3,5	0,6	4,0
160	3,6	0,5	3,9
LSD	0,3	0,2	0,3

4.5.1.5 Nateelt van het geoogste plantgoed

De knollen van ziftmaat 8/9 werden nageteeld op grond met een lage fosfaattoestand (Pw-getal 14 mg P₂O₅ l⁻¹). Er werden twee giften in de nateelt toegepast: 0 en 160 kg P₂O₅ ha⁻¹ gegeven. Daarbij werd geen positief effect van de bemesting in het eerste jaar of in het tweede jaar gevonden.

Tabel 18. De opbrengst in grammen per 100 planten van nageteeld plantgoed dat wel of niet in het tweede jaar werd bemest

Bemesting teelt, 1 ^e jaar kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Bemesting in de nateelt, 2 ^e jaar, kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	
	0	160
0	1242	1263
20	1319	1288
40	1156	1210
80	1312	1277
160	1160	1277
LSD	180	180

4.5.1.6 Conclusies

Voor het vaststellen van de fosfaatbehoefte wordt gebruik gemaakt van veeljarige resultaten over de fosfaatopname uit de stikstofproeven. Deze proef is uitgevoerd om te zien of een nog hogere dosering van fosfaat gewenst zou zijn. Gezien de geringe effecten van een fosfaatbemesting bij een laag Pw-getal kunnen de gegevens over de fosfaatopname uit de stikstofproeven bij een hoog Pw-getal (> 39 in de N proeven) zonder het risico van onderschatting van de fosfaatbehoefte voor een goede opbrengst worden gebruikt.

4.5.2 Dahlia

4.5.2.1 Veldwaarnemingen in 2000

In de stand van het gewas werden in 2000 grote verschillen waargenomen als gevolg van de bemesting met fosfaat. Bij een hogere bemesting was er een snellere start van de groei en meer gewas gedurende het groeiseizoen. Onbemest en de laagste bemestingstrap werden tweemaal gemaaid, de andere objecten driemaal. Er was geen duidelijk verschil in uitval als gevolg van de bemesting, gemiddeld lag het percentage uitval op 5%. Het gemiddelde vochtgehalte als percentage van de droge grond op 15 cm diepte was 11,8%.

4.5.2.2 Opbrengst

Tot een bemesting van 120 kg P₂O₅ ha⁻¹ was er een sterke significante opbrengstverhoging door een fosfaatbemesting. Nog hogere bemesting had geen opbrengstvermeerderend effect.

Tabel 18. De opbrengst in grammen en het aantal knollen zwaarder dan 100 gram per 100 planten bij een aantal bemestingstrappen bij dahlia op duinzand bij Pw-getal 14 mg P₂O₅ l¹.

Bemesting kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Opbrengstparameter	
	totaal	>100 g
0	7800	23
30	8800	35
60	12800	57
120	15600	70
240	15400	74
LSD	2100	15

4.5.2.3 Fosfaatopname

In de tabel 19 worden de in de plant aanwezige hoeveelheid fosfaat (kg P ha⁻¹) gegeven bij tijdstip 2 en tijdstip 3 is dit inclusief de hoeveelheid die in de tussenliggende perioden met het maaisel werd afgevoerd.

Tabel 19. In de plant aanwezig P in kg ha⁻¹ op een aantal tijdstippen bij verschillende bemestingstrappen voor crocus op zandgrond bij Pw-getal 14 mg P₂O₅ l¹.

Bemesting kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	t1	t2	t3
0	0,1	0,8	9,8
20	0,3	1,1	11,7
40	0,4	2,8	14,5
120	1,4	6,5	21,4
240	2,6	9,7	24,9

LSD waarden niet gegeven omdat de fosfaatgehalten per object zijn gemeten

De maximaal in de plant aanwezige hoeveelheid fosfor was 24,9 kg P ha⁻¹. De opname was maximaal 0,25 kg P ha⁻¹ dag⁻¹.

4.5.2.4 Conclusies

De opbrengst bereikte een maximum bij een dosering van 120 kg P₂O₅ ha⁻¹. De fosfaatopname was bij deze opbrengst 21,4 kg P ha⁻¹. Dit is minder dan in de N proeven werd opgenomen. De gegevens van de N proeven kunnen daarom waarschijnlijk gebruikt worden zonder grote kans op een te lage inschatting van de fosfaatbehoefte.

4.5.3 Hyacint

4.5.3.1 Veldwaarnemingen

Het gemiddelde vochtgehalte als percentage van de droge grond was in het seizoen '99/'00 op een diepte van 15 cm 15,1%. Het gewas van de objecten met de hoogste bemesting had een meer opstaande groei. In het seizoen '00/'01 was het gemiddeld vochtgehalte op 15 cm diepte 14,2%. Er waren geen duidelijke verschillen in gewasstand te zien.

4.5.3.2 Opbrengst

Tabel 20 geeft de resultaten voor de gewasreactie van hyacint op bemesting.

2000

Er was een sterk effect van de bemesting op de opbrengst. De opbrengst steeg met de meststofgift.

2001

In tegenstelling tot het vorige jaar was er dit jaar ondanks de hogere bemesting geen effect van de fosfaatbemesting op de opbrengst te zien.

Tabel 20. De opbrengst in grammen en het aantal 15/op per 100 planten bij een aantal bemestingstrappen bij hyacint op zandgrond bij lage fosfaattoestand (Pn-getal 14 mg P₂O₅ l⁻¹).

Jaar	Bemesting kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Opbrengstparameter	
		totaal	15/op
2000	0	6787	61
	20	6969	68
	40	7105	74
	80	7458	84
	160	7932	93
2001	0	7674	98
	40	7871	96
	80	7672	96
	160	8149	98
	320	7841	95
LSD		760	11

4.5.3.3 Fosfaatopname

De hoeveelheid fosfaat in de plant op de verschillende tijdstippen is weergegeven in tabel 21. Bij alle tijdstippen is de hoeveelheid die in de bloem aanwezig was bij het getal inbegrepen. Het plantgoed bevatte 7,4 kg P ha⁻¹ in 2000 en 10,3 kg P ha⁻¹ in 2001.

Tabel 21. In de plant aanwezig P in kg ha⁻¹ op een aantal tijdstippen bij verschillende bemestingstrappen voor hyacint

Jaar	Bemesting kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Tijdstip		
		t1	t2	t3
2000	0	8,5	10,5	16,4
	20	9,2	12,6	16,8
	40	10,7	13,0	20,5
	80	10,6	15,0	22,7
	160	14,6	18,3	23,7
2001	0	11,6	15,7	22,6
	40	13,7	18,1	27,6
	80	14,3	18,2	28,8
	160	15,9	22,7	28,6
	320	15,5	22,2	27,9

LSD waarden niet gegeven omdat de fosfaatgehalten per object zijn gemeten

2000

De maximaal in de plant aanwezige hoeveelheid P was 23,7 kg P ha⁻¹. De maximale opname per dag was 0,23 kg P ha⁻¹ dag⁻¹.

2001

Dit jaar was de maximaal in de plant aanwezige hoeveelheid 28,8 kg P ha⁻¹ en de maximale opname per dag was 0,29 kg P ha⁻¹ dag⁻¹.

4.5.3.4 Afbroei van de geogste bollen

De bollen afkomstig van de bemestingsproef op het veld werden afgebroeid op potgrond met PG-mix 0,75 kg m⁻³.

Tabel 22. De afbroeieresultaten van hyacintenbollen afkomstig van een fosfaatbemestingsproef met verschillende bemestingstrappen (bolmaat 16/17; 2001).

Bemesting kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	nagels per plant	lengte cm	bladlengte cm	nagels per bijbloem	% platstelen
0	17,4	28,2	23,1	13,1	19
20	20,1	26,6	22,5	14,4	36
40	21,2	27,7	23,1	14,8	40
80	22,1	27,9	22,9	15,5	34
160	22,3	27,8	22,1	16,1	38
LSD	2,6	1,8	1,3	1,2	30

Het aantal nagels per bloemsteel nam toe wanneer de bollen een hogere fosfaatbemesting op het veld hadden gehad (tabel 22). Dit was ook het geval bij de bijbloemen, per bol was er een bijbloem bij alle behandelingen. Boven de 80 kg P₂O₅ ha⁻¹ was dit effect minimaal. Voor het aantal platstelen, de steellengte en de bladlengte was er geen aantoonbaar verschil als gevolg van de herkomst van de bollen.

4.5.3.5 Nateelt van de bollen

Van zift 15/16 werden de bollen uit de trappenproef nageteeld op grond met een Pw-getal 14 mg P₂O₅ l⁻¹ waarbij al dan niet een bemesting van 160 kg P₂O₅ ha⁻¹ werd gegeven.

Tabel 23. De opbrengst in gram per 100 bollen van bollen (maat 15/16) afkomstig uit de fosfaattrappenproef

Bemesting bij teelt, 1 ^e jaar kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Bemesting in de nateelt, 2 ^e jaar	
	geen	160 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹
0	13674	15817
20	16014	15852
40	14271	15628
80	14810	16720
160	14974	15882
LSD	973	973

Er was geen effect van de bemesting in het eerste jaar op de opbrengst, de bemesting in het tweede jaar gaf een gemiddeld 8 procent hogere opbrengst (tabel 23).

4.5.3.6 Conclusies

De proeven gaven voor de twee jaren een verschillend effect van de fosfaatbemesting te zien. Het zou daarom nuttig zijn nog een derde jaar op te nemen. De opgenomen hoeveelheden fosfaat bij de hoogste opbrengst zijn lager dan de opnames bij de stikstofbemestingsproeven die bij een hoge Pw zijn uitgevoerd. De fosfaatopnamegegevens uit de stikstofproeven kunnen daarom waarschijnlijk ook gebruikt worden voor het bepalen van de fosfaatbehoefte van de hyacint zonder onderschatting van de fosfaatbehoefte.

4.5.4 Zantedeschia

4.5.4.1 Veldwaarnemingen

In het gewas kwam in de loop van het seizoen ongeveer 25% uitval voor door Erwinia. De bemesting gaf geen verschil in gewasstand. Het vochtgehalte van de grond als percentage van het drooggewicht was op 15 cm diepte gemiddeld 10%.

4.5.4.2 Opbrengst

Voor de beoordeling van de opbrengst is uitgegaan van de gezonde planten. De resultaten worden in tabel 24 gegeven.

Tabel 24. De opbrengst in grammen per 100 planten bij verschillende fosfaatbemestingstrappen voor *Zantedeschia* op zandgrond met een voldoende fosfaattoestand (Pw-getal 31 mg P₂O₅ l⁻¹).

Bemesting kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Oogstgewicht per 100 planten	
	g	
0	10819	
70	10987	
140	11584	
210	11832	
LSD	871	

Bemesting leidde tot opbrengstverhoging. Een bemesting van 140 kg blijkt onder de omstandigheden van dit proefveld een gewenste dosering. Een nog hogere gift gaf geen duidelijk hogere opbrengst.

4.5.4.3 Fosfaatopname

Met het plantgoed werd 8,3 kg P ha⁻¹ meegegeven. De totaal in de plant aanwezig hoeveelheid P op de verschillende bemonsteringstijdstippen staan in tabel 25.

Tabel 25. In de plant aanwezig P in kg P ha⁻¹ op drie tijdstippen bij vier bemestingstrappen op zandgrond met een voldoende fosfaattoestand (Pw-getal 31 mg P₂O₅ l⁻¹).

Bemesting Kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Tijdstip	
	t1	t2
0	7,3	17,3
70	8,9	16,2
140	7,5	15,2
210	10,2	17,9

LSD waarden niet gegeven omdat de fosfaatgehalten per object zijn gemeten

De totale opname van P verschilt weinig voor de verschillende bemestingen. De maximaal in de plant aanwezige hoeveelheid P was 22,4 kg P ha⁻¹. De maximale opname per dag was 0,35 kg P ha⁻¹.

4.5.4.4 Conclusies

De proef is gedaan om te zien of de gegevens van de fosfaatopname zoals die in de N proeven werd waargenomen gebruikt kon worden voor de berekening van de fosfaatbehoefte zonder een onderschatting van de fosfaatbehoefte. Uit deze P trappenproef blijkt dat de P opname voor de minimaal gewenste bemesting lager is dan in de N proeven waarin hij gemiddeld 38 kg P ha⁻¹ was. Voor de berekening van de fosfaatbehoefte kunnen dus de gegevens uit de N proeven zonder kans op onderschatting worden gebruikt.

4.6 Statistische bewerkingen van de opbrengstgegevens van tulp, lelie en gladiool

De veldproeven dienen om de opbrengstreactie van het gewas op fosfaattoestand en fosfaatbemesting te calibreren. Om deze calibratie uit te voeren is onderzocht of de opbrengstgegevens integraal wiskundig kunnen worden beschreven. Het doel van deze analyse was om te komen tot per gewas een uniforme mathematische beschrijving van de opbrengstreactie van tulp, lelie en gladiool op fosfaatbemesting en fosfaattoestand. Het middel daarbij is multivariate regressie analyse. Drie vergelijkingen zijn onderzocht:

$$\text{Opbrengst} = c + a * (1 - \text{EXP}(g * \text{fosfaatgift})) \quad (1)$$

$$\text{Opbrengst} = a * (1 - \text{EXP}(g * \text{fosfaatvoorziening})) \quad (2)$$

$$\text{Met fosfaatvoorziening} = \text{fosfaatgift} + r * \text{Pw-geval} \quad (3)$$

$$\text{Opbrengst} = c + a * (1 - \text{EXP}(g * \text{fosfaatvoorziening})) \quad (4)$$

In deze vergelijkingen zijn c, a, g en r parameterschattingen.

De keuze van de vergelijking met een constante (model 1 en model 4) is gebaseerd op de aanname dat met het planten van bloembollen een aanzienlijke hoeveelheid P meegegeven wordt.

Vergelijking (1) verschilt principieel van de vergelijkingen (2) en (3). Vergelijking (1) beschrijft de opbrengstreactie gegeven een fosfaattoestand. De opbrengst neemt toe met stijging van de fosfaatgift. Overmaat aan fosfaat leidt niet tot schade maar geeft zelfs nog een verhoging van de opbrengst. Vergelijking (1) is de beschrijving van de wet van de verminderende meeropbrengst (Mitscherlich).

Vergelijking (2) beschrijft de opbrengstreactie als functie van de fosfaattoestand en fosfaatbemesting. Onderliggend argument voor vergelijking (2) is de veronderstelling dat bij lage fosfaattoestanden ondanks ruime bemesting niet eenzelfde opbrengst bereikt wordt als bij hoge fosfaattoestanden. Om deze reden komen zowel fosfaatgift als fosfaattoestand in de exponent voor.

Bij akkerbouwgewassen (aardappel en suikerbiet) en vollegrondsgroentengewassen (sla, peen) is aangetoond dat ruime fosfaatbemesting niet voldoende is om een lage fosfaattoestand te compenseren. Vandaar dat bij akkerbouwgewassen en bij vollegrondsgroentengewassen het streefgetal is ingevoerd (Ehlert e.a, 2000).

Vergelijking (2) biedt de mogelijkheid om te verifiëren of de fosfaattoestand een belangrijke factor is bij de teelt van bloembollen en daardoor of het noodzakelijk is om een streefgetal in te stellen. Vergelijking (1) sluit die verificatie uit.

Alle data van de referentiegewassen zijn integraal statistisch bewerkt. De analyses wezen uit dat dat de data teveel variatie bevatte. Zowel vergelijking (1) als vergelijking (2) passen slecht bij de data. Parameterschattingen konden daardoor of niet bepaald worden (er werd geen convergentie bereikt) of de voorspelling paste slecht bij de data met name in het traject van bemesting.

Vervolgens is een vereenvoudigde relatie is onderzocht. Indien een lineair verband verondersteld wordt (opbrengst = $c + a \cdot P$ -gift) dan blijken telkens per gewas slechts twee veldproeven passend te zijn maar voor overige veldproeven ontbreekt een relatie tussen bemesting en opbrengst.

De algemene constatering is dat de variatie tussen de blokken groot is en niet veroorzaakt wordt door de P-toestand of P-bemesting. Lineaire en niet-lineaire regressie analyses (multivariate regressie analyse) is daarop als middel om alle veldgegevens te condenseren niet verder uitgewerkt. De veldproeven zijn per gewas en per proefjaar individueel geanalyseerd met ANOVA. Op basis van LSD-waarden zijn significante fosfaatgiften bepaald. Het onderscheidend vermogen werd verhoogd om per veldproef per gewas per proefjaar een lineair effect van bemesting op de opbrengst te onderscheiden.

ANOVA analyses wijzen dan uit dat alleen bij lage tot zeer lage fosfaattoestand voor de zandgrond van de proeftuin te Lisse bij gladiool een effect van bemesting te verwachten is. Bij lage fosfaattoestanden werd bij 2 veldproeven een reactie vast gesteld. Bij een voldoende fosfaattoestand reageert gladiool niet meer op bemesting. Op de zavel van de Lovinkhoeve of de Oostwaardhoeve werd geen effect van fosfaatbemesting en fosfaattoestand vastgesteld.

Tulp reageerde bij drie veldproeven op zand op bemesting bij Pw-getal 14 mg P₂O₅ per liter op zand maar niet op de overige veldproeven.

De totale opbrengst van hoofdbol en stengeljong van lelie reageert niet op bemesting op zavel, op zand werden bij drie veldproeven een positief effect van bemesting vastgesteld, één maal bij Pw-getal 14 mg P₂O₅ l⁻¹, tweemaal bij Pw-getal 25 mg P₂O₅ l⁻¹.

In tabel 26 worden de giften gegeven waarboven het gewas niet meer significant reageert op fosfaatbemesting.

Een gewasgericht bemestingsadvies is af te leiden door aan te nemen dat de fosfaatgift evenredig daalt met toename van het Pw-getal. Het resultaat wordt gegeven in figuur 2. De fosfaatgiften laten zich tot de volgende rechten vereffenen.

$$\text{Tulp} \quad \text{Fosfaatgift} = 36,3 - 0,96 * \text{Pw-getal} \quad (5)$$

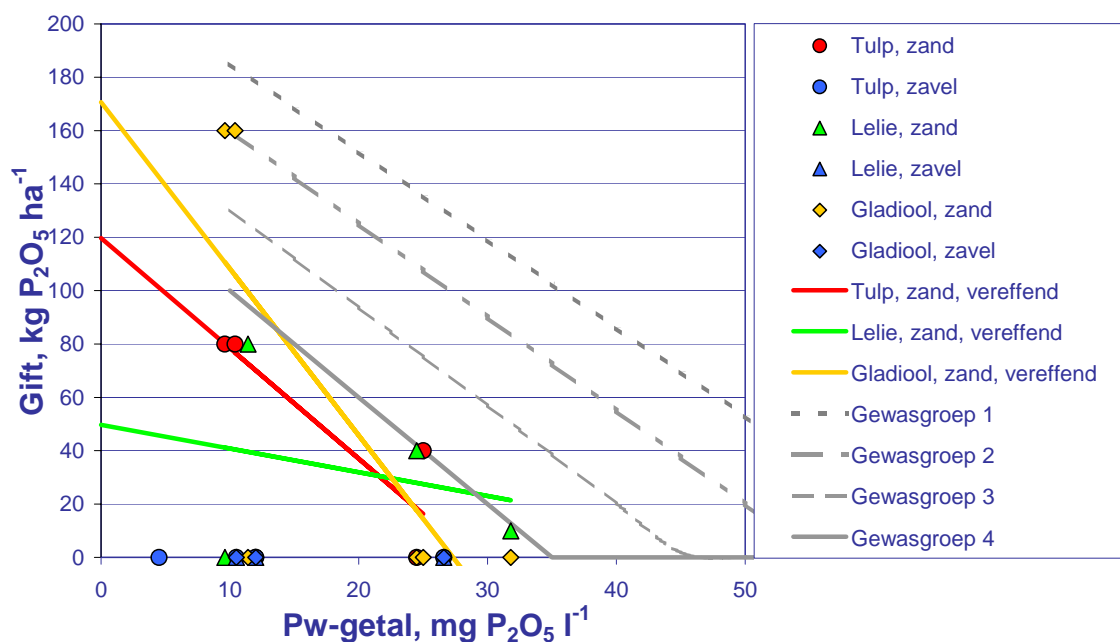
$$\text{Lelie} \quad \text{Fosfaatgift} = 23,4 - 0,27 * \text{Pw-getal} \quad (6)$$

$$\text{Gladiool} \quad \text{Fosfaatgift} = 109,3 - 4,2 * \text{Pw-getal} \quad (7)$$

In figuur 2 zijn tevens de gewasgerichte bemestingsadviezen voor de akkerbouwgewasgroepen 1, 2, 3 en 4 opgenomen. Bolgewassen blijken ten opzichte van de akkerbouwgewassen een lagere behoefte aan fosfaat te hebben. Pas onder een Pw-getal van 15 mg P₂O₅ l⁻¹ worden significant hogere fosfaatgiften vastgesteld dan bolgewassen afvoeren.

Tabel 26. Fosfaatgift per blok waarboven geen significante stijging van de opbrengst bij gladiool is vastgesteld.

Blok	Grondsoort	Toestand	Fosfaatgift in kg P ₂ O ₅ per ha		
			Tulp	Lelie	Gladiool
2	Duinzand	14	0	80	0
4	Duinzand	25	0	10	0
6	Duinzand	14	80	0	160
8	Duinzand	25	0	40	0
12	Duinzand	14	80	0	160
14	Duinzand	25	40	0	0
3	Zavel	25	0	0	0
5	Zavel	14	0	0	0
7	Zavel	25	0	0	0
11	Zavel	14	0	0	0
13	Zavel	25	0	0	0



Figuur 2. Gemiddeld verband tussen fosfaatgift en Pw-getal voor tulp, lelie en gladiool en voor de bemestingsadviezen voor de gewasgroepen 1, 2, 3 en 4 van het bemestingsadvies voor akkerbouwgewassen (Van Dijk, 2003).

5 Wortelecologisch onderzoek

De wortellengtedichtheid geeft het aantal cm wortels cm^{-3} grond weer. Samen met de wortelstraal is het een karakteristiek voor de mate waarin een gewas in staat is om een specifieke bodemlaag te exploiteren. Bij de verkenning zijn deze parameters van wortelecologisch onderzoek met de naaldenplankmethode bepaald, bij de daarop volgende veldproeven is de boormethode toegepast. Cultivars zijn onderling vergeleken met de methode die door het LBO werd gehanteerd (zie paragraaf 2.6). Bij tulp, lelie en gladiool werd het wortelstelsel gekarakteriseerd door aan het begin en aan het einde van de lineaire groeifase de wortellengtedichtheid (L_{rv}) en de wortelstraal te bepalen. De meetgegevens worden in dit hoofdstuk in gecondenseerde vorm gepresenteerd waarbij of een gemiddelde waarde voor een specifieke boorpositie tov van de plantrijen wordt gegeven of een gemiddelde over de posities tov de plantrij.

5.1 Tulp

De wortellengtedichtheid (L_{rv}) varieerde per jaar. In 1997 werden significante lagere waarden voor de wortellengtedichtheid gevonden dan in daaropvolgende jaren. Dit was met name het geval op zand bij lage fosfaattoestand. Deze lage waarden correleerden met de oogst met lage opbrengst in 1997. Indien de meetgegevens van 1997 op zand buiten beschouwing worden gelaten is er geen duidelijk effect van de fosfaattoestand of fosfaatbemesting op de wortellengtedichtheid bij tulp. Er is geen consistent beeld van de wortelontwikkeling op de twee tijdstippen van bemonstering als functie van de fosfaattoestand en fosfaatbemesting. De wortellengtedichtheid op zavel was gemiddeld genomen hoger dan op zand; gemiddeld over de laag 0-50 cm werd $0,7 \text{ cm cm}^{-3}$ op zavel vastgesteld over alle jaren en op zand $0,5 \text{ cm cm}^{-3}$.

In 1997, 1998 en 2000 werden op het tweede tijdstip wat lagere waarden voor de wortellengtedichtheid gevonden, in 1999 wat hogere waarden. Gemiddeld over de bodemlaag 0-50 cm was er geen effect. De grootste effecten werden gevonden in de bodemlaag 10-20 cm (tabel 27). Een relatie met de opgelegde behandelingen ontbrak.

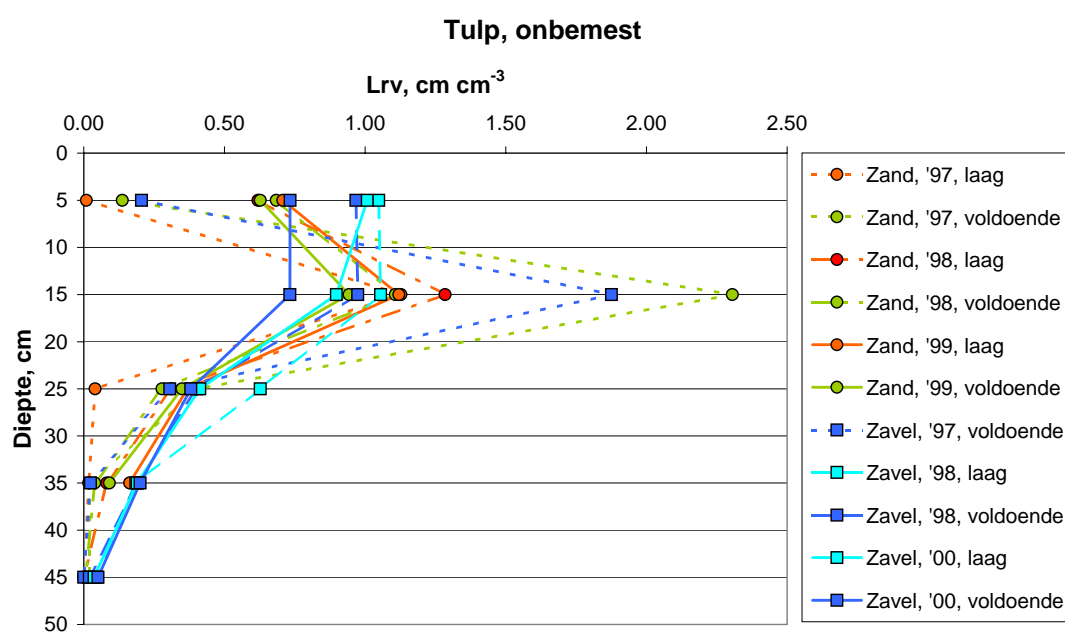
Figuur 3 geeft het verloop van de wortellengtedichtheid met de diepte voor de onbemeste behandelingen. Het verloop is niet gecorrigeerd voor de rugopbouw op zavel.

Tulp vormt de meeste wortels in de laag 10-25 cm; daarboven in de laag 0-10 cm en daaronder in de lagen dieper dan 25 cm neemt de wortellengtedichtheid snel af. Wortels zijn aangetroffen onder het plantbed en in de rug. Onder de paden naast de plantbedden en in de geulen tussen de verschillende rugopbouw werden geen (zand) of weinig wortels (zavel) aangetroffen ($L_{rv} \leq 0,14 \text{ cm cm}^{-3}$).

De worteldiameter werd niet beïnvloed door de fosfaattoestand of de fosfaatbemesting. Ook monsters van verschillende lagen of posities in horizontaal vlak toonden geen onderlinge verschillen. Gemiddeld was de worteldiameter 0,74 mm (wortelstraal 0,37 mm). Er was een klein verschil tussen de grondsoorten. Op zand was de wortel wat dikker. De worteldiameter was 0,74 mm; op zavel was de worteldiameter 0,70 mm. De matige groei op zand in 1997 ging gepaard met wat dikkere wortels (worteldiameter 0,80 mm).

Tabel 27. Wortellengtedichtheid van tulp in de bodemlaag 10-20 cm in de eerste 7 cm (duinzand) of 8 cm (zavel) haaks op de plantrij bij onbemeste en bemeste veldjes op duinzand en zavel op twee tijdstippen (t1 en t2).

Grond	Jaar	Fosfaattoestand	Onbemest		Bemest	
			t1	t2	t1	t2
Duinzand	1997	Laag	2,36	1,75	2,52	2,02
Duinzand	1997	Voldoende	2,70	4,02	3,37	3,43
Duinzand	1998	Laag	2,33	1,60	1,51	1,82
Duinzand	1998	Voldoende	1,79	1,39	1,52	2,00
Duinzand	1999	Laag	1,24	2,28	1,18	2,23
Duinzand	1999	Voldoende	1,01	1,28	0,88	1,46
Zavel	1997	Voldoende	4,73	3,93	1,93	3,99
Zavel	1998	Laag	2,18	2,59	2,65	3,39
Zavel	1998	Voldoende	2,21	1,64	2,21	1,91
Zavel	2000	Laag	2,35	1,71	2,92	2,47
Zavel	2000	Voldoende	1,47	1,57	2,40	1,21



Figuur 3. Wortellengtedichtheden van tulp op zand en zavel in 1997, 1998, 1999 (zand) en 2000 (zavel) in de bodemlagen 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm en 30-40 cm bij lage en voldoende fosfaattoestand zonder fosfaatbemesting, gemiddeld over de 1^e en 2^e positie in het horizontale vlak.

5.2 Lelie

De wortellengtedichtheid van lelie reageerde niet op de fosfaatbemesting. Indien het jaar 1998 op zavel buiten beschouwing wordt gelaten wegens een te lage opbrengst in vergelijking tot de praktijk, dan heeft ook de fosfaattoestand geen effect uitgeoefend op de wortellengtedichtheid. In 1998 had het gewas op zavel bij een voldoende fosfaattoestand minder wortels dan bij lage fosfaattoestand (gemiddelde over de laag 0-60 cm bij lage fosfaattoestand 0,72 cm cm⁻³ en bij een voldoende toestand 0,27 cm cm⁻³).

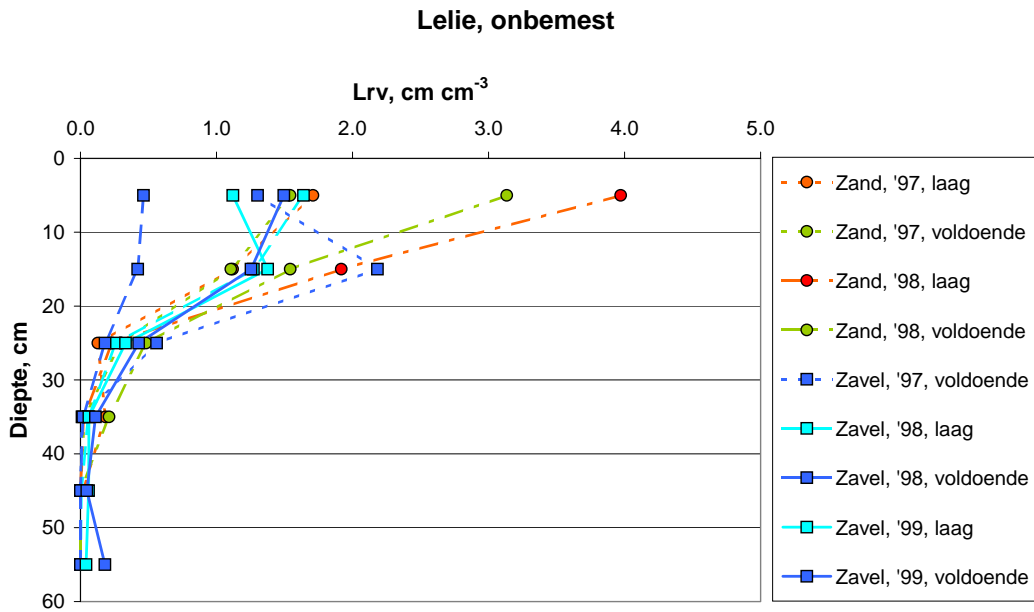
Op duinzand was de wortellengtedichtheid hoger dan op zavel (gemiddeld over de laag 0-50 cm 0,87 cm cm⁻³ versus 0,72 cm cm⁻³). De wortellengtedichtheid varieerde per jaar (tabel 28). Gemiddeld over de laag 0-50 cm werd op zand in 1997 0,64 cm cm⁻³ vastgesteld en in 1998 1,08 cm cm⁻³; op zavel werd in 1997, 1998 en in 1999 respectievelijk 0,95, 0,49 en 0,82 cm cm⁻³ vastgesteld. De resultaten van 1998, met zeer lage waarden voor de wortellengtedichtheid voor lelie op zavel, zijn de oorzaak voor het verschil tussen grondsoort en jaren. Indien de resultaten voor 1998 niet meegewogen worden, dan vormt lelie op zavel meer wortels (hogere Lrv) dan op duinzand; er zijn dan ook geen verschillen tussen de jaren.

Tabel 28. Wortellengtedichtheid van lelie in de bodemlagen 0-10 en 10-20 cm in de eerste 7 cm (duinzand) of 8 cm (zavel) haaks op de plantrij bij onbemeste en bemeste veldjes op duinzand en zavel op twee tijdstippen (t1 en t2).

Grond	Jaar	Fosfaattoestand	Laag	Onbemest		Bemest	
			[cm]	t1	t2	t1	t2
duinzand	1997	laag	0-10	1,39	2,44	1,60	2,67
			10-20	1,25	1,26	0,71	1,72
		voldoende	0-10	1,79	2,51	1,99	3,50
			10-20	1,21	2,12	0,90	3,08
	1998	laag	0-10	3,06	5,65	4,12	6,46
			10-20	2,37	2,32	2,39	2,59
		voldoende	0-10	3,02	5,27	3,99	6,04
			10-20	1,71	2,28	1,92	2,17
Zavel	1997	voldoende	0-10	1,11	2,80	1,30	2,50
			10-20	2,59	4,66	2,88	3,75
		laag	0-10	1,83	2,55	1,93	2,38
			10-20	1,99	2,99	1,74	2,57
	1998	voldoende	0-10	0,55	1,09	0,88	1,37
			10-20	0,54	1,19	0,63	0,84
		laag	0-10	0,53	3,54	1,09	3,82
			10-20	1,20	4,69	1,72	4,26
	1999	laag	0-10	1,19	4,72	1,57	4,15
			10-20	1,29	4,56	1,33	4,92
		voldoende	0-10	1,19	4,72	1,57	4,15
			10-20	1,29	4,56	1,33	4,92
LSD				0,83			

Lelie bewortelt voornamelijk de laag 0-20 cm (figuur 4). Met name in de laag 0-10 komen de meeste wortels voor. De wortellengtedichtheid is dan hoog (> 3 cm cm⁻³). Na 30 cm komen nog maar weinig wortels in het bodemprofiel voor. Ook onder de

paden en tussen de ruggen op zavel worden op den duur leliewortels aangetroffen maar beduidende minder dat in de plantbedden en in de ruggen. Bij de eerste bemonstering is de wortelengtedichtheid nog verwaarloosbaar klein ($< 0,1 \text{ cm cm}^{-3}$). Bij het tweede tijdstip werd tussen de ruggen de laag 0-20 cm wortels aangetroffen in relatief lage dichtheden (tot $0,5 \text{ cm cm}^{-3}$).



Figuur 4. Wortelengtedichtheden van lelie op zand en zavel in 1997, 1998, 1999 in de bodemlagen 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm en 40-50 cm bij lage en voldoende fosfaattoestand zonder fosfaatbemesting, gemiddeld over de posities in horizontaal vlak.

Er is een groot onderscheid in wortelengtedichtheid op de twee tijdstippen van bemonstering. Aan het eind van de lineaire groeifase is de wortelengtedichtheid sterk toegenomen: gemiddeld met circa $1,4 \text{ cm cm}^{-3}$.

De worteldiameter is afhankelijk van de bemonsterde laag; de worteldiameter neemt af met de toenemende diepte. In de lagen 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 en 50-60 cm was de worteldiameter gemiddeld 0,71, 0,83, 0,61, 0,56, 0,54 en 0,55 mm.

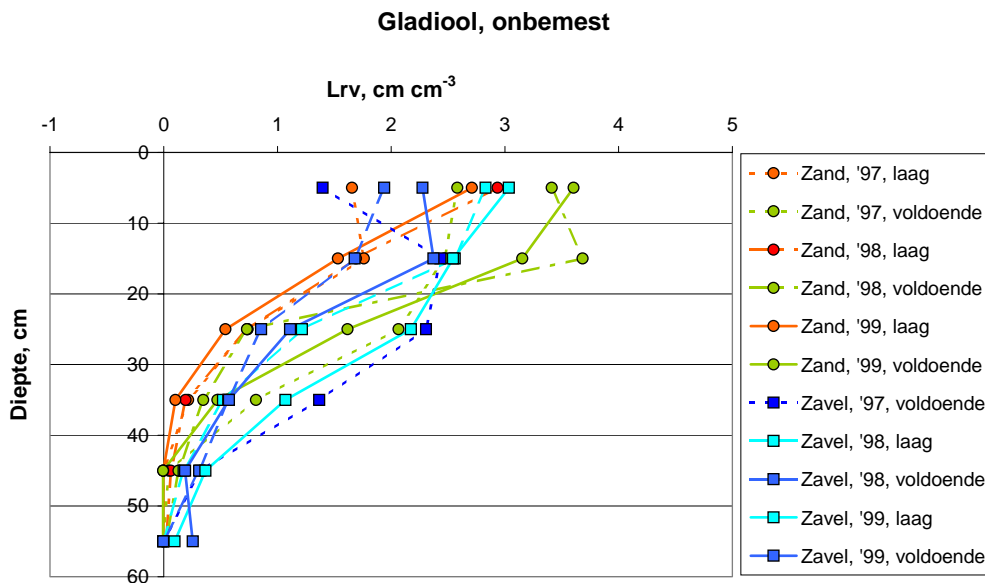
5.3 Gladiool

Over het geheel had gladiool op duinzand eenzelfde wortelengtedichtheid als op zavel. De wortelengtedichtheid op duinzand was hoger bij de voldoende fosfaattoestand in vergelijking met de lage fosfaattoestand; op zavel werd bij een lage fosfaattoestand een hogere wortelengtedichtheid vastgesteld in vergelijking met die op een voldoende fosfaattoestand. Fosfaatbemesting verhoogde op duinzand de wortelengtedichtheid consistent in alle proefjaren maar significantie werd alleen vastgesteld voor 1997 bij lage fosfaattoestand en 1998 bij een voldoende fosfaattoestand. Op zavel werd geen consistent beeld vastgesteld. In 1997 werd bij een voldoende fosfaattoestand een significante verhoging vastgesteld, in 1999 bij lage fosfaattoestand een significante verlaging van de wortelengtedichtheid als gevolg

van bemesting. Bij de overige veldproeven was er geen wezenlijk verschil (tabel 29). Tussen de jaren waren er verschillen in wortelengtedichtheden. De teelt op zavel in 1997 gaf hoger waarden t.o.v. andere jaren. Op duinzand was in 1998 de wortelengtedichtheid hoger dan in andere jaren.

Gladiool bewortelde vooral de laag 0-30 cm (figuur 5). De hoogste wortelengtedichtheden worden aangetroffen in de laag 0-10 cm; daaronder neemt de wortelengtedichtheid af. De wortelengtedichtheden in de laag 0-30 cm zijn hoger dan die van tulp en lelie. Lelie heeft echter een hogere wortelengtedichtheid in de laag 0-10 cm. Bij aanvang van de lineaire groeifase werden ook wortels aangetroffen tussen de ruggen; bij afsluiting van deze groeifase had de laag 0-10 cm gemiddeld $2,5 \text{ cm cm}^{-3}$, de laag 10-20 cm gemiddeld $1,6 \text{ cm cm}^{-3}$ en de laag 20-30 cm gemiddeld $1,1 \text{ cm cm}^{-3}$.

De worteldiameter verschilt per laag maar wordt niet bepaald door de grondsoort of fosfaattoestand. In de laag 0-10 cm is de diameter 0,45 mm. De diameter neemt dan toe: in de laag 10-20 cm 0,58 mm. In de lagen 20-30 cm, 30-40 cm en 40-50 cm was de worteldiameter respectievelijk 0,53, 0,43, 0,45 en 0,43 mm. Jaareffecten waren aanwezig; in 1997, 1998 en 1999 was de gemiddelde worteldiameter 0,43, 0,40 en 0,62 mm. Gemiddeld is de worteldiameter 0,51 mm.



Figuur 5. Wortelengtedichtheden van gladiool op zand en zavel in 1997, 1998, 1999 in de bodemlagen 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, 40-50 en 50-60 cm bij lage en voldoende fosfaattoestand zonder fosfaatbemesting, gemiddelde over de posities in horizontaal vlak.

Tabel 29. Wortellengtedichtheid van gladiool in de bodemlagen 0-10, 10-20 en 20-30 cm in de eerste 7 cm (duinzand) of 8 cm (zavel) baaks op de plantrij bij onbemeste en bemeste veldjes op duinzand en zavel op twee tijdstippen (t1 en t2).

Grond	Jaar	Fosfaattoestand	Laag	Onbemest		Bemest		
			[cm]	t1	t2	t1	t2	
duinzand	1997	laag	0-10	0,78	2,38	1,90	2,34	
			10-20	1,27	2,51	1,77	2,32	
			20-30	0,29	1,18	0,53	1,70	
		voldoende	0-10	1,32	3,30	2,22	2,79	
			10-20	2,43	1,43	2,35	0,83	
			20-30	1,47	3,01	0,62	3,17	
	1998	laag	0-10	2,63	2,63	2,45	3,05	
			10-20	1,15	1,82	1,59	4,01	
			20-30	0,31	1,27	0,38	1,27	
		voldoende	0-10	2,52	4,10	3,59	5,08	
			10-20	2,68	4,42	3,33	4,75	
			20-30	0,49	1,25	0,52	1,92	
	1998	laag	0-10	1,93	3,26	2,17	3,54	
			10-20	1,07	1,68	1,78	2,01	
			20-30	0,26	0,75	0,37	0,94	
		voldoende	0-10	3,67	3,88	2,95	3,91	
			10-20	2,96	3,18	4,90	3,20	
			20-30	1,21	2,46	2,03	1,85	
Zavel	1997	voldoende	0-10	0,18	2,42	1,10	2,81	
			10-20	1,92	2,32	2,10	3,40	
			20-30	2,03	3,25	2,29	3,13	
		1998	laag	0-10	3,03	3,04	2,95	3,84
				10-20	3,92	3,18	2,47	3,71
				20-30	0,39	2,14	0,50	2,03
	voldoende	0-10	0,97	2,93	1,62	2,53		
		10-20	1,10	2,75	1,59	2,82		
		20-30	0,51	1,05	0,35	2,02		
	1999	laag	0-10	2,42	2,56	2,21	2,59	
			10-20	2,71	2,71	2,39	2,64	
			20-30	1,90	2,43	1,00	2,07	
		voldoende	0-10	0,97	3,77	0,71	4,25	
			10-20	1,34	3,97	0,99	4,69	
			20-30	0,42	2,07	0,49	2,20	
	LSD				0,83			

5.4 Cultivars en overige bol- en knolgewassen

Bij cultivars van tulp, lelie en gladiool zijn verkenningen uitgevoerd naar de dagelijkse vraag naar fosfaat en totale fosfaatopname en wortelecologische parameters. De bemonstering is uitgevoerd door PPO-bloembollen en berust op afgraven van bodemlagen (blokmethode). Deze methode geeft minder detail dan de naaldenplank- of boormethode. In 1999 zijn cultivars van gladiool onderzocht; in 2000 zijn wortelecologische karakteristieken bij cultivars van dahlia, crocus, hyacint, iris en narcis met

tulp apeldoorn rood als referentie bepaald. Verkenningen naar wortelecologische parameters zijn uitgevoerd bij cultivars van lelie in 2001 met de cultivar Connecticut King als referentie. In 2002 is zantedeschia onderzocht.

5.4.1 Gladiool

Bij gladiool zijn door PPO-bloembollen gegevens verzameld van de cultivars Hunting Song, My Love, Novalux en Traderhorn als referentie. Bij deze cultivars zijn geen wortellengtedichtheden en wortelstralen bepaald maar wortelgewichten. Omdat ook van Traderhorn het wortelgewicht bekend was van de bemonstering met de naaldenplank, zijn hieruit via het wortel per gram getal (cm wortel per gram wortel) de wortellengtedichtheden afgeleid onder de aanname dat de morfologie (architectuur) het wortelstelsel van de cultivars identiek is. De cultivars hebben dan een wat lager wortellengtedichtheid in de laag van 1,3 à 1,5 cm cm^{-3} in vergelijking tot 1,9 cm cm^{-3} voor de bodemlaag 0-20 cm. Omdat de wortelstraal niet is gemeten werd een waarde van 0,31 mm aangenomen bij hierna te melden berekeningsresultaten.

5.4.2 Lelie

In 2001 zijn verkenningen op de proeftuin te Lisse en het proefbedrijf De Noord uitgevoerd bij cultivars van lelie, nl. Casa Blanca, Connecticut King, Lorina, Pollyanna, Snow Queen en Stargazer.

Gemiddeld genomen hebben de cultivars op de proeftuin te Lisse meer wortels per cm^{-3} grond dan op het proefbedrijf De Noord (tabel 30). De wortellengtedichtheden zijn als volgt te rangschikken: Stargazer < Casa Blanca = Connecticut King < Snow Queen < Pollyanna < Lorina.

Tabel 30. Wortellengtedichtheden van zes leliecultivars op twee locaties bij het begin van de lineaire groeifase (t1) en bij het einde van de lineaire groeifase (t2) op de proeftuin te Lisse en het proefbedrijf De Noord in 1999.

Variëteit	Laag [cm]	Locatie			
		Proeftuin Lisse		De Noord	
		t1	t2	t1	t2
Casa Blanca	0-10	1,8	2,2	-	-
Casa Blanca	10-20	0,6	1,7	-	-
Casa Blanca	20-30	0,0	0,1	-	-
Connecticut King	0-10	2,2	2,5	1,1	2,1
Connecticut King	10-20	0,5	1,1	1,0	1,5
Connecticut King	20-30	0,0	0,2	0,2	0,6
Lorina	0-10	2,8	3,9	-	-
Lorina	10-20	2,5	2,5	-	-
Lorina	20-30	0,7	0,9	-	-
Pollyanna	0-10	0,1	3,8	-	-
Pollyanna	10-20	3,1	2,1	-	-
Pollyanna	20-30	0,3	0,5	-	-
Snow Queen	0-10	3,2	2,8	0,8	1,8
Snow Queen	10-20	2,2	2,5	1,1	1,5
Snow Queen	20-30	0,2	0,3	0,4	0,5
Stargazer	0-10	0,8	1,1	0,2	0,3
Stargazer	10-20	0,8	1,4	1,1	1,1
Stargazer	20-30	0,0	0,1	0,0	0,1

De worteldiameter van de cultivars was gemiddeld 0,74 mm.

5.4.3 Tulp

De cultivars Apeldoorn, Madam-Lefebvre, Parade Prominence zijn onderzocht op reactie op fosfaatbemesting, er zijn bij het onderzoek geen wortelecologische metingen uitgevoerd.

5.4.4 Overige bolgewassen

De wortellengtedichtheden en worteldiameter van cultivars van crocus (Remembrance, Dorothy), hyacint (Pink Pearl, Anna Marie) Narcis (Tête à Tête, Carlton), Iris (Symphony, Blue Magic), Dahlia (Sneeuwstorm, Stolz of Berlin) worden in tabel 31 en 32 gegeven. Tulp (Apeldoorn) is als referentiegewas meegenomen.

Dahlia en iris hebben in de bodemlaag 10-20 cm meer wortels dan tulp, overige bolgewassen minder. Dahlia en iris geven eveneens meer wortels in de laag 0-10 en 20-30 cm tov tulp. Crocus heeft tov. tulp meer wortels in de laag 0-10 cm. Dahlia wortelt tot in de laag 30-40 cm overige gewassen nauwelijks.

Hyacint en narcis hebben dikkere wortels dan tulp, overige gewassen hebben dunnere wortels.

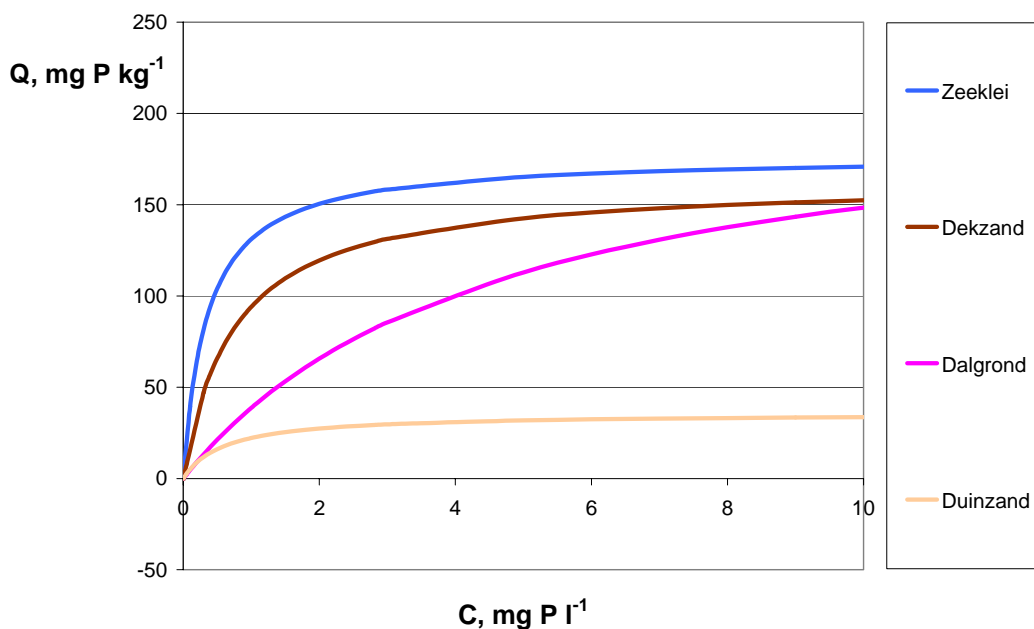
Tabel 31. Wortellengtedichtheden en worteldiameter van cultivars van crocus, dahlia, hyacint, iris en narcis vergeleken met het referentiegewas tulp met cultivar Apeldoorn bemonsterd met de blok-methode.

Laag [cm]	Tulp Apeldoorn	Crocus Remembrance	Crocus Dorothy	Dahlia Sneeuwstorm	Dahlia Stolz of Berlin	Hyacint Pink Pearl	Hyacint Anna Marie	Iris Sym-phony	Iris Blue Magic	Narcis Tête à Tête	Narcis Carlton
<i>Wortellengtedichtheid, cm cm³</i>											
0-10	0,23	0,45	0,36	1,09	0,86	0,13	0,27	0,53	0,46	0,03	0,03
10-20	0,88	0,57	0,53	0,95	0,82	0,56	0,54	1,19	0,70	0,39	0,47
20-30	0,12	0,11	0,62	0,82	0,37	0,12	0,1	0,73	0,38	0,14	0,28
30-40	0	0	0,01	0,32	0,1	0	0	0,08	0,02	0,01	0,04
<i>Wortelstraal, mm</i>											
0-10	0,35	0,20	0,18	0,17	0,18	0,52	0,53	0,25	0,27	0,42	0,54
10-20	0,35	0,26	0,24	0,16	0,15	0,55	0,68	0,27	0,32	0,64	0,57
20-30	0,32	0,23	0,22	0,19	0,18	0,55	0,53	0,24	0,24	0,46	0,59
30-40	0,40	0,13	0,20	0,21	0,27	*	0,71	0,26	0,36	0,52	0,61

6 Sorptiekarakteristieken en bufferend vermogen van de grond

In het kader van dit onderzoek zijn sorptiekarakteristieken van grond voor fosfaat bepaald met adsorptie-isothermen en Pi-getal. Een adsorptie-isotherm geeft informatie over de mate waarin fosfaat door de grond wordt vastgelegd, de totale hoeveelheid die kan worden vastgelegd en de mate waarin grond veranderingen in de fosfaatconcentratie in de bodemoplossing kan bufferen. Een Pi-getal geeft informatie over de voorraad fosfaat die kan desorberen.

Een adsorptie-isotherm wordt bepaald door in een bepaalde tijdsperiode de verandering in de fosfaatconcentratie te meten na toevoeging van een bekende hoeveelheid fosfaat aan suspensie van grond in een oplossing. De oplossing bestaat uit een achtergrondselectrolyt (0,005 M CaCl₂). Figuur 6 geeft de adsorptie-isothermen voor duinzand, dalgrond, dekzand en zeeklei.



Figuur 6. Fosfaatadsorptie-isothermen voor duinzand, dalgrond, dekzand en zeeklei. Q is de hoeveelheid fosfaat die aan de grond is geadsorbeerd in mg P kg^{-1} , C is de fosfaatconcentratie in de suspensie na 22 uur schudden in mg P l^{-1} . Het figuur is gebaseerd op 239 adsorptie-isothermen.

Naarmate de concentratie in de suspensie van grond en achtergrondelectrolyt hoger wordt, is grond steeds minder goed in staat om het fosfaat vast te leggen (reversibele en irreversibele vastlegging of sorptie). Bij hoge concentraties wordt fosfaat niet of nauwelijks meer door de grond vastgelegd: een maximum voor de vastlegging wordt bereikt. De kromming van de curve geeft informatie over de mate waarin de grond in staat is om een bepaalde concentratie in de suspensie te handhaven bij variërende sorptie aan de grond. Deze verandering ($\delta Q/\delta C$) geeft de mate van buffering aan (Ehlert e.a. 2003).

Tabel 32 geeft het bereik in de Langmuirparameters k en Q_{\max} (zie ook paragraaf 3.5). Duinzand legt in vergelijking met andere grondsoorten beduidend minder fosfaat vast. Ten opzichte van de andere grondsoorten wordt bij relatief lage concentratie en maximale vastlegging van P bereikt. Dalgrond legt P sterker vast dan duinzand maar beduidend minder sterk dan dekzand of zeeklei. Dekzand legt P wat minder sterk vast dan zeeklei.

Variatie binnen een grondsoort ontbreekt in figuur 6. De variatie binnen dekzand of zeeklei is dermate groot, dat het onderscheid tussen dalgrond, dekzand en zeeklei vervaagt. De variatie wordt veroorzaakt door bodemkenmerken zoals pH, textuur, organische stof, hoeveelheid ijzer en aluminium, mate van oplading van de bodem met P en vrije koolzure kalk. Er is echter geen eenduidig verband tussen genoemde algemene kenmerken van grondonderzoek en de Langmuirparameters met uitzondering van aluminium en ijzer dat met oxalaat-oxaalzuur wordt geëxtraheerd. Aluminium en ijzer zijn gecorreleerd met Q_{\max} (data niet gegeven).

Tabel 32. Langmuirparameters k en Q_{\max} voor dalgrond, dekzand, duinzand, zeeklei en aantal grondmonsters waarvan een adsorptieisotherm bepaald is.

Grondsoort	Langmuir parameters						
	k (mg l ⁻¹)			Q _{max} (mg P kg ⁻¹)			Aantal
	Gemiddeld	Minimum	Maximum	Gemiddeld	Minimum	Maximum	
Dalgrond	0,217	0,160	0,312	216,7	179,9	243,9	6
Dekzand	1,352	0,292	3,934	163,7	44,6	479,5	37
Duinzand	1,645	0,201	4,832	35,7	9,3	89,5	57
Zeeklei	2,872	0,160	25,776	176,7	66,6	443,8	139

Het bufferend vermogen van de grond neemt toe volgens duinzand > dalgrond > dekzand > zeeklei. Gronden met een laag bufferend vermogen hebben een hoger risico op het weglekken van fosfaat naar andere milieucompartimenten.

7 Vergelijking van de fosfaatbehoefte van bolgewassen

In hoofdstuk 2 is uiteengezet hoe met het mechanistisch concept PWREQ de fosfaattoestand kan worden berekend en welke invoergegevens daarvoor nodig zijn. In dit hoofdstuk worden de resultaten van berekeningen op basis van de metingen van de veldproeven met gladiool, lelie en tulp gegeven als mede de resultaten met de cultivars en overige bolgewassen (Metingen zijn gegeven in hoofdstukken 4 en 5). De berekeningen bieden handvatten om gewassen in gewasgroepen te plaatsen.

7.1 Berekeningen van de fosfaattoestand voor gladiool, lelie en tulp

Met PWREQ is de fosfaattoestand van de bodem berekend die nodig is om het gewas zonder aanvullende fosfaatbemesting in de dagelijkse vraag (dP/dt) en totale netto fosfaatopname te kunnen voorzien. De totale netto fosfaatopname is berekend uit de totale bruto opname verminderd met de hoeveelheid fosfaat in het plantgoed. Let op: de berekeningen gaan in alle gevallen uit van fosfor (P). Het berekeningsresultaat van het Pw-getal is gegeven in de gebruikelijke dimensie van $\text{mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$ grond.

De wortellengtedichtheid (L_{rv}) en de worteldiameter (D) zijn gemiddelden van twee lagen van de bemonstering met de boor van 0-10, 10-20 of 20-30 cm. De lagen, die het sterkst beworteld waren, zijn gekozen voor de berekeningen. Alle posities van deze twee lagen zijn meegewogen en een gemiddelde waarde is berekend. Bij de vochtgehalten zijn gemeten waarden gebruikt (hoofdstuk 4). Indien meetgegevens ontbraken is gerekend met 25% (gewichtsbasis) vocht bij duinzand, 35% op zavel te Marknesse of 40% op de zavel te Slootdorp.

De bodemchemische eigenschappen zijn afgeleid van de adsorptie-isothermen. Per veldproef per proefjaar en per gewas is één grondmonster geanalyseerd. Omdat de fosfaatopname door de bemesting kan toenemen is voor de onbemeste situatie en voor de hoogste gift een berekening uitgevoerd. Bij lelie en gladiool werden de opbrengst in 1998 op zavel als misoogst aangemerkt. Ook de opbrengst van tulp in 1997 is als misoogst aangemerkt. Teelten die als misoogst werden aangemerkt, worden niet gerapporteerd. Tabellen 33, 34 en 35 geven de resultaten voor respectievelijk gladiool, lelie en tulp.

Gladiool

Bij een hoge fosfaatbemesting van 160 (zand) of 320 (klei) $\text{kg P}_2\text{O}_5$ per ha werd respectievelijk 6 en 2 kg P (of 14 en 5 $\text{kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$) extra opgenomen. Vooral bij een lage fosfaattoestand op zand werd P efficiënter benut (13%). Gemiddeld bedraagt het uitbatingspercentage van 1,3% op zavel en 8,5% op zand. Gladiool nam per dag gemiddeld 0,33 kg P ha^{-1} (bereik 0,26 – 0,49 kg P ha^{-1}) op. De dagelijkse opname op zand was lager dan die op de zavel. Op de zavel te Slootdorp werd meer P opgenomen dan in Marknesse maar mogelijk betreft dat een jaareffect. Bij een lage

fosfaattoestand op zavel werd in totaal minder P opgenomen dan op zavel of zand met een voldoende fosfaattoestand.

Volgens de berekening met PWREQ kan gladiool op tuin2 en de van Ruitentuin te Lisse zonder aanvullende fosfaatbemesting in de dagelijkse vraag naar fosfaat en totale fosfaatopname worden voorzien indien de fosfaattoestand gemiddeld 40 à 50 mg P₂O₅ l⁻¹ is. Voor Slootdorp en Marknesse wordt een gemiddelde waarde van 75 à 80 mg P₂O₅ l⁻¹ berekend. Het effect van fosfaatbemesting op P-opname heeft weinig effect op de berekende fosfaattoestand.

Het berekeningsresultaat komt niet overeen met de veldwaarneming. Boven een Pw-getal van 25 mg P₂O₅ l⁻¹ is geen meetbaar effect op de opbrengst vastgesteld. Op zavel is in het geheel geen effect van bemesting vastgesteld.

Lelie

Door een gift van 80 kg P₂O₅ ha⁻¹ op zand werd gemiddeld 4 kg P ha⁻¹ extra opgenomen. Het effect van 160 kg P₂O₅ ha⁻¹ op extra opname door lelie op zavel is gering (0,3 kg P ha⁻¹). Dit geeft een uitbatingspercentage van 11% op zand en 0,3% op zavel.

De dagelijkse vraag is gemiddeld 0,13 kg P ha⁻¹ dag⁻¹ en in totaal wordt gemiddeld 15 kg P (36 kg P₂O₅ ha⁻¹) opgenomen (tabel 34). Daarmee is lelie een gewas met tov van akkerbouwgewassen een bescheiden vraag naar P. Berekend werd dat op zand een Pw-getal van 25 à 30 mg P₂O₅ l⁻¹ toereikend is, op zavel 40 à 45 mg P₂O₅ l⁻¹.

Op zand komt de berekende waarde overeen met de veldwaarnemingen, op zavel komt het berekeningsresultaat niet overeen: er is boven een Pw-getal van 25 mg P₂O₅ l⁻¹ geen meetbaar effect op de opbrengst vastgesteld.

Tulp

Een gift van 160 kg P₂O₅ op zand gaf gemiddeld een extra opname van 1,9 kg P ha⁻¹ (4,4 kg P₂O₅ ha⁻¹) en op zavel van 0,5 kg P ha⁻¹ (1 kg P₂O₅ ha⁻¹). Voor zand werd daardoor gemiddeld 2,8% van het toegediende fosfaat benut, op zavel 0,7%.

De vraag naar fosfaat was gemiddeld 0,3 kg P ha⁻¹ dag⁻¹ en de netto opname 20 kg P ha⁻¹ (46 kg P₂O₅ ha⁻¹).

Op zand vraagt tulp een gemiddeld fosfaattoestand van 30 à 55 mg P₂O₅ l⁻¹; op zavel 60 à 75 mg P₂O₅ l⁻¹.

De berekende waarden zijn hoger dan afgeleid kan worden uit de gewasreactie vastgesteld in het veldonderzoek.

7.2 Beschouwing van berekeningsresultaten met PWREQ

De berekende waarden voor de fosfaattoestand van gladiool, lelie en tulp zijn veelal hoger dan werd vastgesteld in het bemestingsonderzoek bij lage en voldoende fosfaattoestand op zand en zavel. De berekeningsresultaten geven wel eenzelfde volgorde voor de fosfaatbehoefte van deze bolgewassen: lelie > tulp > gladiool als met de veldproeven werd vastgesteld. Het mechanistisch concept van PWREQ is gebaseerd op Van Noordwijk e.a. (1991). Dit model gaat in essentie ervan uit van een juist voor de gewaseis toereikende situatie en rekent dan terug wat het beginaanbod van fosfaat in termen van het Pw-getal zou moeten zijn. Voor akkerbouwgewassen

kwamen berekende waarden overeen met gemiddelde veldwaarnemingen (Van Noordwijk e.a., 1991). Dit werd opnieuw bevestigd door Ehlert en Van Wijk (2002). Het resultaat met bolgewassen wijst op een overschatting van de berekende fosfaattoestand tov de gemeten gewasreactie op fosfaatbemesting en fosfaattoestand. Die overschatting kan veroorzaakt worden door een vergaande vereenvoudiging en door methodische aspecten van onderzoek.

Het mechanistisch concept is eenvoudig van opzet en berust daardoor op verschillende veronderstellingen. Deze zijn ondermeer:

- de vraag door het gewas is gedurende het lineair deel van de groei constant;
- de transpiratiesnelheid van het gewas is constant;
- fosfaat wordt alleen uit de bouwvoor opgenomen;
- de wortels zijn evenwijdig en regelmatig verdeeld en even actief;
- de wortellengtedichtheid is over de gehele bouwvoor gelijk;
- de wortellengtedichtheid en worteldiameter zijn in de tijd constant;
- de bodemfysische en bodemchemische eigenschappen zijn overal hetzelfde en constant in de tijd;
- beschikbaar fosfaat kan worden vastgesteld met Pi-getal
- de sorptie is volledig reversibel.

Deze veronderstellingen zijn uitvoerig behandeld door De Willigen & Van Noordwijk (1987). Uitgaande van een specifieke (optimale) situatie kan aangegeven worden wat de consequenties zijn van veranderingen in waarden van de invoerparameters op het berekeningsresultaat; met andere woorden hoe gevoelig is het berekeningsresultaat voor verandering van parameterwaarden? De gevoeligheid van het berekeningsresultaat wordt bij afnemende parameterwaarde in toenemende mate bepaald door $\text{transpiratie} > \text{worteldiameter} > \text{vereiste fosfaatopname} > \text{wortellengtedichtheid} > \text{vochtgehalte}$. (pers. comm. P. de Willigen). Met name bij een uitdrogende grond wordt een hogere fosfaattoestand berekend gegeven de gewaseis. Daarna bepaalt de wortellengtedichtheid sterk het berekeningsresultaat, met name bij wortellengtedichtheden lager dan 1 cm cm^{-3} neemt de berekende fosfaattoestand sterk toe. Naarmate echter de parameterwaarden toenemen verandert de gevoeligheid van het berekeningsresultaat. De vochttoestand en de wortellengtedichtheid verliezen aan gewicht terwijl de vereiste fosfaatopname sterk bepalend wordt: $\text{vochtgehalte} > \text{wortellengtedichtheid} > \text{wortelstraal} > \text{transpiratie} > \text{vereiste opname}$. In deze benadering worden wortellengtedichtheid en wortelstraal onafhankelijk van elkaar gedacht. Dat is tot op zekere hoogte waar; in het algemeen is er samenhang.

De veronderstelling dat de bodem homogene fysisch- en chemische eigenschappen heeft is een vergaande abstractie. Bodems zijn heterogeen. Bemonsteringsprotocollen trachten die heterogeniteit te ondervangen. Ook de bepaling van de fysische en chemische eigenschappen op het laboratorium brengt variatie met zich mee. De Langmuirparameters k en Q_{\max} zijn met een statistische bewerking bepaald. De uitkomst van deze berekening is toegepast bij berekeningen met PWREQ. Verkenningen met gevoeligheidsanalyse voor deze Langmuirparameters heeft uitgewezen dat ten opzichte van het gemiddelde berekeningsresultaat een bereik van

$\pm 25\%$ mogelijk is (pers. comm. P. de Willigen). Deze getalswaarde voor het bereik is voor één enkele situatie afgeleid en kan daardoor niet gegeneraliseerd worden.

Een gevoeligheidsanalyse vormt geen onderdeel van deze rapportage van het fosfaatonderzoek bij bloembollen. Aan een aantal veronderstellingen is te ontkomen door gebruik te maken van andere simulatiemodellen (Heinen en de Willigen, 1998). Deze simulatiemodellen bieden de mogelijkheid om heterogeniteit op profielschaal op te nemen en ontwikkelingen in de tijd te berekenen (Heinen en de Willigen, 1998; Heinen e.a., 2003; de Willigen e.a., 2002). Toepassing van deze recent ontwikkelde simulatiemodellen is wenselijk. Toepassing vormde echter geen onderdeel van het hier gerapporteerde onderzoek.

De grotere variatie in berekende waarden bij tulp is waarschijnlijk met name veroorzaakt door de relatief lage waarde voor de wortellengtedichtheid. Een tweede bron van variatie bij de berekeningen wordt gevormd door de Langmuirparameters en de onderliggende bepalingmethode op het laboratorium en statistische bewerking. Juist op kalkhoudende gronden ($\text{pH} > 6,5$) is precipitatie van fosfaat een storende factor bij de bepaling van de adsorptieisotherm. Daarnaast vraagt de statistische bepaling een relatief groot aantal meetpunten. Deze methodische aspecten worden hier niet verder uiteengezet. Wel wordt erop gewezen dat adsorptieisothermen op kalkhoudende gronden niet zonder meer kunnen worden gebruikt. Om precipitatie uit te sluiten verdient het aanbeveling om bij lagere concentratiebereiken te meten en de adsorptieisothermen volgens Freundlich te beschrijven.

De bevinding dat in kwalitatieve zin de volgorde van de gewasreactie op fosfaatbemesting en fosfaattoestand overeenkomt met die welke in het veld is vastgesteld, biedt de mogelijkheid om gewassen onderling te vergelijken gegeven vaststaande bodemfysische en bodemchemische eigenschappen ondanks het vergaande abstractieniveau van het mechanistisch concept.

Tabel 33. Invoerdata van gladiool en de daaruit berekende fosfaattoestand.

Blok	Locatie	Pw-getal mg P ₂ O ₅ l ⁻¹	P-gift kg P ₂ O ₅ l ⁻¹	dP/dt kg P dag ⁻¹	Totale P opname kg P ha ⁻¹	P met plantgoed kg P ha ⁻¹	Netto P opname kg P ha ⁻¹	Lrv cm cm ⁻³	D mm	k mg l ⁻¹	Qmax mg kg ⁻¹	Pw-getal berekend mg P ₂ O ₅ l ⁻¹
2	Tuin II	Laag	0	0,27	23,12	2,36	20,76	1,08	0,49	0,43	25,8	68
			160	0,35	30,58	2,36	28,22	1,28	0,49		75	
3	Slootdorp	Voldoende	0	0,49	42,03	2,36	39,67	1,98	0,49	0,99	150,4	79
			320	0,46	43,87	2,36	41,51	1,92	0,49		79	
4	Van Ruintentuin	Voldoende	0	0,33	30,56	2,36	28,20	2,15	0,49	0,4	28,3	57
			160	0,34	34,27	2,36	31,91	2,34	0,49		58	
6	Tuin II	Laag	0	0,23	18,15	3,08	15,07	2,30	0,36	1,05	15,5	35
			160	0,24	26,91	3,08	23,83	2,67	0,38		41	
8	Van Ruintentuin	Voldoende	0	0,29	32,76	3,08	29,68	3,53	0,37	1,12	28,5	49
			160	0,28	34,47	3,08	31,39	4,29	0,40		45	
11	Lovinkhoeve	Laag	0	0,42	38,73	2,53	36,20	2,33	0,62	0,11	365,5	79
			320	0,40	36,98	2,53	34,45	2,33	0,55		81	
12	Tuin II	Laag	0	0,28	24,44	2,53	21,91	2,13	0,70	0,49	23,6	42
			160	0,35	35,33	2,53	32,80	2,24	0,71		52	
13	Lovinkhoeve	Voldoende	0	0,41	37,38	2,53	34,85	2,64	0,58	0,13	362,8	75
			320	0,44	40,9	2,53	38,37	2,32	0,61		89	
14	Van Ruintentuin	Voldoende	0	0,38	39,45	2,53	36,92	3,67	0,58	0,23	49,2	53
			160	0,38	42,39	2,53	39,86	3,44	0,58		55	

Tabel 34. Invoerdata van lelie en de daaruit berekende fosfaattoestand.

Blok	Locatie	Pw-getal	P-gift kg P ₂ O ₅ kg ⁻¹	dP/dt kg P dag ⁻¹	Totale P opname kg P ha ⁻¹	P met plantgoed kg P ha ⁻¹	Netto P opname kg P ha ⁻¹	Lrv cm cm ⁻³	D mm	k mg l ⁻¹	Qmax mg kg ⁻¹	Pw-getal berekend mg P ₂ O ₅ l ⁻¹
2	Tuin II	laag	0	0,14	20,19	4,39	15,81	1,42	0,81	0,41	24,31	34
			80	0,15	22,65	4,39	18,26	1,42	0,81			36
3	Slootdorp	voldoende	0	0,14	19,71	4,39	15,33	1,05	0,74	0,67	166,94	31
			160	0,15	20,59	4,39	16,20	1,03	0,74			31
4	Van Ruintentuin	voldoende	0	0,11	14,97	4,39	10,58	0,63	0,79	3,69	11,36	27
			80	0,14	19,60	4,39	15,21	0,74	0,79			27
6	Tuin II	laag	0	0,08	14,43	5,45	8,98	2,95	0,75	71,76	4,28	15
			80	0,11	17,82	5,45	12,37	3,13	0,76			15
8	Van Ruintentuin	voldoende	0	0,12	19,39	5,45	13,94	3,36	0,79	1,21	28	25
			80	0,16	24,54	5,45	19,09	1,60	0,77			25
11	Lovinkhoeve	laag	0	0,15	22,99	6,84	16,15	2,24	0,67	0,11	385,83	36
			160	0,15	23,50	6,84	16,65	2,00	0,71			40
13	Lovinkhoeve	voldoende	0	0,15	23,57	6,84	16,72	1,87	0,55	0,12	380,42	49
			160	0,15	22,85	6,84	16,01	2,06	0,57			42

Tabel 35. Invoerdata van tulp en de daaruit brekende fosfaattoestand.

Blok	Locatie	Pw-getal mg P ₂ O ₅ l ⁻¹	P-gift kg P ₂ O ₅ l ⁻¹	dP/dt kg P dag ⁻¹	Totale P opname kg P ha ⁻¹	P met plantgoed kg P ha ⁻¹	Netto P opname kg P ha ⁻¹	Lrv cm cm ⁻³	D mm	k mg l ⁻¹	Q _{max} mg kg ⁻¹	Pw-getal berekend mg P ₂ O ₅ l ⁻¹
3	Slootdorp	voldoende	0	0,31	27,00	6,80	20,20	1,62	0,73	1,22	154,66	53
			160	0,33	27,48	6,80	20,68	1,17	0,73			73
5	Lovinkhoeve	laag	0	0,28	25,31	5,67	19,64	1,31	0,75	1,96	138,09	63
			160	0,27	26,47	5,67	20,80	1,50	0,76			64
6	Tuin II	laag	0	0,30	21,36	5,67	15,69	0,96	0,73	4,53	9,13	41
			160	0,31	25,59	5,67	19,92	1,14	0,73			48
7	Lovinkhoeve	voldoende	0	0,29	29,59	5,67	23,92	1,48	0,71	1,65	131,79	92
			160	0,25	28,72	5,67	23,05	1,22	0,72			75
8	Van Ruinentuin	voldoende	0	0,33	23,44	5,67	17,77	0,90	0,72	1,62	34,85	64
			160	0,29	26,43	5,67	20,76	1,26	0,73			64
11	Lovinkhoeve	laag	0	0,24	33,11	9,60	23,51	1,37	0,64	0,11	375,69	63
			160	0,25	36,85	9,60	27,25	1,59	0,62			64
12	Tuin II	laag	0	0,29	15,64	7,86	7,78	0,92	0,71	0,61	11,51	30
			160	0,37	20,15	7,86	12,29	0,86	0,69			37
13	Lovinkhoeve	voldoende	0	0,38	38,65	9,60	29,05	1,02	0,65	0,11	385,83	30
			160	0,34	42,75	9,60	33,15	1,23	0,63			30
14	Van Ruinentuin	voldoende	0	0,23	20,14	7,86	12,28	0,79	0,73	0,23	44,25	61
			160	0,23	23,90	7,86	16,04	0,91	0,70			58

7.3 Cultivars en andere bolgewassen vergeleken met referentiegewassen

In hoofdstuk 4 is het resultaat van de veldproeven gegeven. Op basis van de veldproeven kan de gewasreactie van gladiool, lelie en tulp op fosfaattoestand en fosfaatbemesting worden gecalibreerd. Deze referentiegewassen zijn gekozen vanwege hun belang voor de sector en op vermeende onderscheid in reactie op fosfaatbemesting en fosfaattoestand. In deze paragraaf wordt de onderlinge verhouding van cultivars van de referentiegewassen en andere bolgewassen besproken. Daarbij wordt gebruik gemaakt van gegevens van onderzoek die een onderscheidenlijke herkomst hebben en condities hebben.

De werkwijze voor het vergelijken van de cultivars en andere bolgewassen volgt die welke toegepast is bij vollegrondsgroenten (Ehlert en Van Wijk, 2002).

Cultivars en overige bolgewassen zijn vergeleken met de referentiegewassen door een globale benadering uit te voeren. De groeiwijze is vergeleken met de referentiegewassen en daarnaast werd berekend welke fosfaattoestand de bodem diende te hebben om het gewas om zonder aanvullende fosfaatbemesting te kunnen voorzien in dagelijkse en totale vraag naar fosfaat. De berekende fosfaattoestanden zijn daarop gerelateerd aan die van de referentiebolgewassen. Tevens is het gewas aardappel opgenomen in de vergelijking ten einde de resultaten te kunnen vergelijken met die van akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten (Ehlert en Van Wijk, 2002).

Data van bolgewassen, die nodig zijn voor de vergelijking, zijn zeer schaars beschikbaar. Het volgende materiaal is gebruikt om vergelijkingen van bolgewassen en cultivars te kunnen uitvoeren.

Fosfaatopname en dagelijkse vraag naar fosfaat

Er is gebruik gemaakt van de meetgegevens van onderzoek zoals gerapporteerd in hoofdstuk 4 van dit rapport. Daarnaast zijn gegevens van veldproeven met stikstofbemesting verzameld. In deze veldproeven was ook de fosfaatafvoer bepaald en soms de fosfaatopname (naast stikstofopname) in de tijd. Bijlage 2 vat deze PPO-BB data samen.

De werkwijze voor het afleiden van de dagelijkse opname van fosfaat volgt Ehlert en Van Wijk (2002). In de lineaire groeifase blijkt circa 60% van de totale netto fosfaatopname plaats te vinden. Omdat bij crocus de duur van deze groeifase relatief kort bleek te zijn, leidt dit tot een hoge waarde voor de dagelijkse vraag (kg P ha^{-1}) terwijl de totale fosfaatopname niet afwijkend hoog is.

Wortellengtedichtheid en worteldiameter

Deze parameters zijn vastgesteld bij de referentiebolgewassen gladiool, lelie en tulp. Bij een aantal cultivars en overige bolgewassen zijn metingen uitgevoerd. De bemonsteringsmethode (blokmethode) verschilt van die van de referentiegewassen. Zodoende verschillen de meetwaarden en daardoor kunnen data van berekening alleen vergeleken worden indien gestandaardiseerd werd naar dezelfde meetmethode voor wortellengtedichtheid en worteldiameter. Voor de onderlinge vergelijking vormt

dan ook de blokmethode de referentie. Bij ontbrekende waarden bij cultivars en overige bolgewassen is gebruik gemaakt van gegevens van het referentiegewas dat qua teelt en qua groeiwijze het meest overeen kwam.

Bij cultivars van tulp is uitsluitend gebruik gemaakt van de gegevens van het referentiegewas met de cultivar Apeldoorn.

Bij cultivars van gladiool werd de ontwikkeling als niet representatief voor de praktijksituatie beoordeeld. In deze paragraaf worden wel de resultaten van de berekening gegeven ter wille van het overzicht.

Bodem- en bodemfysische bepalingen

Meetgegevens zijn gebruikt van de veldproeven. Indien meetgegevens ontbraken is gebruik gemaakt van bekende gegevens van dezelfde proeflocatie. Tevens zijn berekeningen uitgevoerd met gegevens van locaties te Breda, Haren (Gr), Horst, Lelystad, Lisse, Meterik, Valthermond, Westmaas, Wijster en een lössgrond.

Resultaten

Alle berekeningen zijn uitgevoerd onder het opleggen van een optimale vochttoestand van de bodem dwz dat de bodem altijd op veldcapaciteit was.

In tabel 36 wordt de berekende fosfaattoestand gegeven gebaseerd op gemiddelde waarden per bolgewas van alle cultivars. De onderlinge vergelijking van de cultivars wordt gegeven in tabel 37. Data voor dagelijkse vraag, totale netto opname, wortellengtedichtheid en worteldiameter worden gegeven bijlage 3.

Aardappel is opgenomen als een voorbeeld van een fosfaatbehoefstig gewas. De meetgegevens van de bolgewassen kunnen gemiddeld worden tot een dagelijkse vraag van $0,28 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ dag}^{-1}$, een totale $23,5 \text{ kg P ha}^{-1}$, $L_{rv} = 1,35 \text{ cm cm}^{-3}$ en $D = 0,7 \text{ mm}$ (voor een gemiddeld aardappelgewas bedragen deze parameterwaarden respectievelijk $0,39 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ dag}^{-1}$; $27,9 \text{ kg P ha}^{-1}$; $1,6 \text{ cm cm}^{-3}$; $0,3 \text{ mm}$).

Tabel 36. Gemiddelde berekende fosfaattoestand als P_w -getal in $\text{mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$ voor bolgewassen en aardappel.

Gewas	Lisse	Marknesse	Slootdorp	Zwaagdijk
Aardappel	47	43	43	45
Bol-gemiddeld	36	32	32	36
Crocus	53	55	57	53
Dahlia	59	59	61	59
Gladiool	39	35	35	39
Hyacint	42	40	41	45
Iris	42	40	40	42
Lelie	24	18	17	24
Narcis	36	33	33	39
Tulp	28	24	24	27
Zantedeschia	21	12	11	24

De berekeningen wijzen uit dat dahlia en crocus een hogere fosfaattoestand vragen dan aardappel. Gemiddeld vraagt een bolgewas een lagere fosfaattoestand dan aardappel. Hyacint en iris vragen een lagere fosfaattoestand dan aardappel maar een hogere fosfaattoestand dan een gemiddeld bolgewas. Zantedeschia en lelie vragen de

laagste fosfaattoestand. Gladiool, iris, narcis en tulp vragen tov dahlia een lagere fosfaattoestand maar tov lelie een hogere fosfaattoestand.

De resultaten van berekening van de fosfaattoestanden voor cultivars en overige bolgewassen zijn samenvattend bewerkt. De verschillen in uitkomsten van de berekeningen tussen de grondsoorten (duinzand, dekzand, dalgrond, zeeklei) waren groot en veelal net zo groot als die binnen een grondsoort (data niet gegeven).

Tabel 37. Verhouding tussen de fosfaattoestanden van bolgewassen en van aardappel, waarbij zonder bemesting aan de vraag van het gewas kan worden voldaan.

Bolgewas	Verhouding
Zantedeschia, Comeo	0,3
Lelie, Pollyanna	0,3
Lelie, Snow Queen	0,3
Tulp, Parade	0,5
Lelie, Casa Blanca	0,5
Tulp, Apeldoorn	0,5
Lelie, Connecticut King	0,5
Tulp, Madam-Lefebvre	0,6
Tulp, Prominence	0,7
Lelie, Stargazer	0,7
Gladiool, Nova Lux	0,7
Narcis, Tête à Tête	0,7
Bolgemiddeld	0,7
Gladiool, My Love	0,8
Iris, Symphony	0,8
Narcis, Carlton	0,8
Gladiool, Hunting Song	0,9
Hyacint, Anna Marie	0,9
Gladiool, Traderhorn	0,9
Hyacint, Pink Pearl	1,0
Aardappel	1
Iris, Blue magic	1,1
Crocus, Remembrance	1,1
Crocus, Grote Gele	1,3
Dahlia, Sneeuwstorm	1,4
Dahlia, Stolz of Berlin	1,4
Crocus, Blue Pearl	1,4
Crocus, Dorothy	1,5

Veel bolgewassen vragen een lagere fosfaattoestand dan aardappel. Dahlia en crocus vragen een hogere fosfaattoestand dan aardappel.

Er is in de literatuur geen vergelijkingsmateriaal aangetroffen om te verifiëren of de in tabellen 36 en 37 berekende (relatieve) fosfaattoestand ook elders is waargenomen.

8 Fosfaatbestedingsadviezen

8.1 Landbouwkundige advies

De fosfaatbestedingsadvisering op bouwland kent drie vormen. Deze zijn:

1. een gewasgericht advies
2. een grondgericht advies en
3. een advies voor reparatie van een te lage fosfaattoestand.

Een *gewasgericht* bestedingsadvies is een advies voor een fosfaatgift gegeven een bepaalde gemeten fosfaattoestand van de bouwvoor en voor een gegeven gewas.

Het *grondgerichte advies* geeft richtlijnen t.a.v. de fosfaattoestand die minimaal noodzakelijk is om een verantwoorde productie te behalen. Deze fosfaattoestand wordt streefgetal genoemd. Is de fosfaattoestand op het gewenste streefgetal, dan wordt bemest volgens onttrekking eventueel aangevuld met een toeslag om onvermijdbare daling van gewasbeschikbaar fosfaat in de grond te voorkomen.

Een *advies voor reparatie* van een te lage fosfaattoestand geeft een richtlijn voor de hoeveelheid fosfaat die nodig is om een te lage fosfaattoestand te verhogen naar het streefgetal.

Bij de teelt van bloembollen wordt van deze drie onderscheidenlijke vormen gebruik gemaakt, zij het dat daarbij onderscheid wordt aangebracht tussen de teelt op het eigen bedrijf en de teelt op gehuurd land.

Eigen bedrijf

Bij de teelt op het eigen bedrijf wordt in feite een grondgerichte advisering gevolgd. In het streeftraject wordt geadviseerd om de fosfaattoestand te handhaven door de afvoer van fosfaat met het gewas te compenseren. Een te lage fosfaattoestand dient te worden verhoogd tot het streefgetal. Boven het streeftraject wordt geadviseerd geen bemesting meer te geven.

Gehuurd land

Het huidige bestedingsadvies voor gehuurd land is een typisch voorbeeld van een gewasgericht advies. De aanbevolen hoeveelheid fosfaat is direct afhankelijk van het gevonden Pw-getal.

Op basis van de resultaten van het hier gerapporteerde onderzoek kan een nieuw bestedingsadvies worden opgesteld. De algemene bevinding is dat bolgewassen doorgaans weinig reageren op fosfaatbesteding en fosfaattoestand en dat komt tot uitdrukking in het bestedingsadvies.

8.1.1 Eigen bedrijf

Omdat bij Pw-getal hoger dan $15 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$ bij fosfaatgiften van eenzelfde orde van grootte als de afvoer geen opbrengstverhoging werd vastgesteld, kan voor de meeste bolgewassen volstaan worden met evenwichtsbemesting. Zaak is het om de fosfaattoestand niet lager te doen dalen dan $15 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$. Onder deze waarde is meer fosfaat nodig. De bepaling van het Pw-getal heeft sinds de invoering in 1969 vragen opgeroepen over de betrouwbaarheid. Ook recent worden opnieuw vraagtekens gesteld aan de betrouwbaarheid van de meting. Prummel (1974) heeft voor landbouwkundige doeleinden een standaardafwijking van 13% in de bepaling van het Pw-getal berekend (ter vergelijking voor het P-AL-getal werd 10% vastgesteld). Bij een uitslag van onderzoek dient echter rekening gehouden te worden met een verschil van 5 eenheden absoluut. Om risico uit te sluiten wordt dan ook geadviseerd om ten minste een Pw-getal van $20 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$ na te streven.

Is de fosfaattoestand ten minste $20 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$ dan dient gecompenseerd te worden voor de afvoer van fosfaat met het gewas eventueel aangevuld met een uitspoelingverlies. Omdat boven een Pw-getal van $25 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ l}^{-1}$ bij gladiool, lelie of tulp geen gewasreactie op fosfaatbemesting is vastgesteld, heeft het in het algemeen geen landbouwkundige betekenis om een beduidend hogere fosfaattoestand te handhaven.

Contrôle op de fosfaattoestand heeft betekenis indien de condities waaronder bemonsterd wordt, gestandaardiseerd worden. Bijdrage uit verschillende bronnen die bijdragen aan variatie in het Pw-getal worden daardoor beperkt of uitgesloten. Standaardisatie kan worden uitgevoerd door telkens in de vruchtopvolging na hetzelfde gewas te bemonsteren bij voorkeur voorafgaande aan de teelt van het meest fosfaatbehoefteigste gewas. Verder dient de bemonstering plaats te vinden voor bemesting (zowel kunstmest als organische mest).

8.1.2 Gehuurd land

Er zijn twee opties. Beide opties gaan uit van een calibratielijne van de bemestingsgift als functie van de fosfaattoestand. Bij de keuze voor de calibratielijne zijn er twee mogelijkheden. De eerste optie is dat bemest wordt volgens de vergelijkingen (5), (6) of (7) gegeven in hoofdstuk 4.

De tweede optie is dat de bolgewassen opgenomen worden in de gewasgroepen van de akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen en de daarbij horende calibratielijnen gebruiken. De consequentie van toepassing van deze laatste optie is dat de adviezen voor fosfaatgiften hoger zijn dan vastgesteld werd met de vergelijkingen (5), (6) of (7).

8.1.2.1 Adviesgift

Bemestingsadvies gebaseerd op de calibratielijnen met vergelijkingen (5), (6) of (7) is een vorm van verantwoord bemesten. De calibratie bij lage fosfaattoestanden

staat echter weinig betrouwbaar vast. Er is dan ook een risico op opbrengstderving bij dergelijk lage fosfaattoestanden (Pw-getal < 15 mg P₂O₅ l⁻¹).

Bemestingsadvisering volgens de calibratielijnen van de bemestingsadviezen voor akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten geven met name bij de lage fosfaattoestanden hogere fosfaatgiften en beperkt daardoor risico op opbrengstderving. Daarnaast kunnen bemestingsadviezen voor bloembollen geïntegreerd worden met die voor akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten. Omdat de teelt van bloembollen op gehuurd land veelal akkerbouwland betreft, is het voorlichtingstechnisch eenduidiger uit te dragen. De adviesgiften worden gegeven in tabel 38. Omdat het onderzoek heeft uitgewezen dat op duinzand wel gewasreacties van bolgewassen bij lage en voldoende fosfaattoestand optreden maar bij zavel geheel ontbreken, is zeezand overgebracht naar de rubriek met dekzand, rivierklei, dalgrond en löss.

Tabel 38. Geadviseerde hoeveelheden fosfaat in kg P₂O₅ per ha. voor akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten aangepast voor zeezand (Van Dijk, 2003).

Pw-getal	Dekzand, dalgrond, rivierklei, löss, zeezand					Zeelei				
	Gewasgroepen					Gewasgroep				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
10	.	185	160	130	100	.	185	150	110	60
15	.	170	145	110	80	.	170	130	90	40
20	.	150	125	95	60	.	150	115	65	20
25	.	135	110	75	40	245 ¹	135	95	45	0
30	235 ¹	120	90	55	20	190 ¹	120	75	20	
35	155 ¹	105	75	40	0	130 ¹	105	55	0	
40	95 ¹	85	55	20		90	85	40		
45	90	70	40	0		70	70	0		
50	55	55	20			55	55			
55	35	35	0			35	35			
60	20	20				20	20			
65	0	0				0	0			

1. Door de meststof **te plaatsen** (bovenin het zaaibed, op plantdiepte of als rijenbemesting) kan worden volstaan met 50-75% van de **niet geplaatste** gift. De besparing is groter naarmate de groeiduur korter, de rijenafstand ruimer, de beworteling ondieper, de dagelijkse vraag naar fosfaat en totale fosfaatopname hoger en de fosfaattoestand lager is. In de tabel geldt dit vanaf Pw-getal 45 op dekzand, dalgrond, rivierklei en löss en van 40 op zeelei en zeezand. Bij lagere waarden is de besparing door **plaatsing** al opgenomen in het advies.

Op zandgrond betreft het giften die als rijenbemesting worden toegediend; bij breedwerpig toediening dient 2x zoveel gegeven te worden. Op kleigrond betreft het giften die breedwerpig worden toegediend; bij rijenbemesting kan 75% van de breedwerpig geadviseerde gift worden volstaan. Bij rijenbemesting de halve hoeveelheid.

8.1.2.2 Plaatsing in gewasgroepen

In hoofdstuk 7 zijn bolgewassen en cultivars onderling vergeleken. Samen met de calibratielijnen voor de gewasreactie van gladiool, lelie en tulp op fosfaattoestand en fosfaatbemesting kunnen bolgewassen in gewasgroepen worden ondergebracht. Bij het plaatsen van bolgewassen in gewasgroepen zijn de volgende afwegingen gemaakt (in afnemend belang).

1. Veldwaarnemingen op veldproeven en bolgewas en cultivarvergelijkingen van dit onderzoek, gegevens van stikstofonderzoek;

2. Kenmerken van het te plaatsen gewas: totale fosfaatopname, de dagelijkse vraag naar fosfaat, wortelecologische eigenschappen in vergelijking met die van de referentiegewassen gladiool, lelie en tulp.
3. Resultaat van de met PWREQ berekende fosfaattoestand gewogen naar gewassoort.

De indeling berust op de waarneming dat op duinzand gewasreacties op fosfaattoestand en fosfaatbemesting zijn vastgesteld, op zavel daarentegen niet.

De veldwaarnemingen, de gewassenmerken en de berekeningen voor dahlia zijn consistent met die voor aardappel. Dahlia is daarop in gewasgroep 1 geplaatst.

De veldwaarneming gaf bij crocus geen reactie op fosfaatbemesting aan. Berekeningsresultaten wezen op een met aardappel vergelijkbare fosfaatbehoefte. Dit resultaat berust onder andere op een onzekere bepaling van de dagelijkse vraag naar fosfaat. De veldwaarneming en de onzekerheid over de realiteitswaarde van het berekeningsresultaat heeft geleid tot plaatsing in gewasgroep 3.

Hyacint heeft een wisselvallige maar sterkere opbrengstreactie gegeven dan gladiool. De veldwaarneming gecombineerd met de berekeningsresultaten heeft geleid tot plaatsing in gewasgroep 3.

Het resultaat van het veldonderzoek van gladiool plaatst het gewas in groep 3 voor duinzand en voor overige gronden in gewasgroep 4.

De overige gewassen zijn in gewasgroep 4 geplaatst.

Tabel 39. Indeling van bolgewassen in gewasgroepen.

Gewasgroep	Zeezand, duinzand, wadzand	Dekzand, dalgrond, löss, rivierklei, zeeklei
1	Dahlia	Dahlia
3	Gladiool, hycint, crocus	Hyacint, crocus
4	Iris, lelie, narcis, tulp, zantedeschia, overige bolgewassen	Gladiool, iris, lelie, narcis, tulp, zantedeschia, overige bolgewassen.

8.2 Milieuverantwoord bemestingsadvies

Milieuverantwoord bemesten is erop gericht om tijdens en na de teelt van bolgewassen andere milieucompartimenten niet of zo min mogelijk te belasten. De milieucompartimenten worden gevormd door dieper gelegen bodemlagen en oppervlaktewater en grondwater. Het wortelecologisch onderzoek heeft aangetoond dat bolgewassen doorgaans niet dieper dan tot 30 cm wortels vormen. Fosfaat dat dieper dan 30 cm terecht komt door uitspoeling, verplaatsing met neerslagoverschot en grondbewerking kan als verloren worden beschouwd voor het gewas. Te hoge fosfaattoestanden en te hoge overschotten aan fosfaat leiden tot belasting andere milieucompartimenten. Beheersing van de fosfaattoestand en van het fosfaatoverschot zijn nodig om de belasting naar andere milieucompartimenten onder controle te houden.

De resultaten van dit onderzoek wijzen uit dat het bufferend vermogen en de opslagcapaciteit van duinzand ten opzichte van andere grondsoorten geringer is. Op basis van de sorptiekarakteristieken kunnen fosfaattoestanden worden berekend voor de conditie dat de fosforconcentratie in het bodemvocht gelijk is aan de norm voor zoet stagnant oppervlaktewater of voor grondwater. Deze fosfaattoestand wordt kritisch Pw-getal genoemd. Uitspoeling van bodemvocht met een fosforconcentratie die gelijk is aan een milieucriterium schaadt het milieu niet. Kritische Pw-getallen voor stagnant zoet oppervlaktewater zijn gemiddeld 4 mg P₂O₅ l⁻¹ en voor grondwater 10 mg P₂O₅ l⁻¹ (Ehlert en Koopmans, 2002). Fosfaatuitspoeling op duinzand is een reëel risico bij de teelt van bollen. Tabel 40 geeft een indicatie voor deze uitspoeling. De uitspoeling is afgeleid uit een berekende waarde voor de fosforconcentratie uit het bodemvocht uit de adsorptie-isotherm vereffend voor het Pi-getal en onder de aanname dat het neerslagoverschot 300 mm bedraagt.

Tabel 40. Fosforuitspoeling bij verschillende fosfaattoestanden in kg P ha⁻¹ bij een neerslagoverschot van 300 mm.

Pw-getal mg P ₂ O ₅ l ⁻¹	Berekende fosforconcentratie mg P l ⁻¹	Uitspoeling kg P ha ⁻¹	Uitspoeling kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹
20	1,1	3	7
25	1,4	4	9
30	1,7	5	11
35	2,0	6	14
40	2,3	7	16
45	2,6	8	18
50	2,9	9	20

De kritische Pw-getallen gebaseerd op de streefwaarde voor zoet stagnant oppervlaktewater en de grenswaarde voor grondwater zijn dermate laag dat teelten dan zullen leiden tot ernstige derving van opbrengst en kwaliteit. De mate van uitspoeling kan wel gereduceerd worden door de fosfaattoestand op duinzand niet te hoog te laten oplopen. Het hier gerapporteerde onderzoek wijst uit dat boven een fosfaattoestand van 25 mg P₂O₅ l⁻¹ giften hoger dan de onttrekking niet leiden tot een hogere opbrengst. Verlaging van de fosfaattoestand van een Pw-getal 50 mg P₂O₅ l⁻¹ naar 25 leidt tot een verlaging van de fosfaatuitspoeling van zo'n 11 kg P₂O₅ ha⁻¹.

Ook het huidige advies voor reparatiebemesting vraagt een kritische beschouwing. De grondsoortindeling mag in het licht van het voorafgaande gestelde over de sorptiekarakteristieken van duinzand op zijn minst curieus genoemd worden. Duinzand (alluviaal zand) zit in dezelfde groep als kleigrond terwijl de sorptie-eigenschappen sterk verschillend zijn: duinzand buffert minder en legt fosfaat minder vast. Het advies voor reparatiebemesting voor beide grondsoorten is echter gelijk.

Differentiatie naar bodemchemische karakteristieken is een absolute voorwaarde voor een verantwoord fosformanagement. Bij slecht bufferende gronden is reparatiebemesting te risicovol. Bij dergelijke gronden kan met minder fosfaat volstaan worden. Een lage fosfaattoestand (Pw-getal 20 mg P₂O₅ l⁻¹) en een strikte evenwichtsbemesting is hier een voorwaarde om milieuverantwoorder bemesten. Om opbrengstverliezen te voorkomen of beperkt te houden dient de vochtvoorziening niet beperkend te zijn. Verder verdient het aanbeveling om fosfaatmeststoffen bij het wortelstelsel te plaatsen (rijenbemesting, plantgatbemesting).

Literatuur

Anonymus, 1949. Bemestingsproeven met gladiolen. Verslag der bemestingsproeven. Mededelingen Directie Tuinbouw, 14, 9-27.

Anonymus, 1998. Adviesbasis voor de bemesting van bloembolgewassen. Laboratorium voor Bloembollenonderzoek, Lisse, 36 pp.

Boon, J. van der, 1969. Bemesting in de bollenteelt. Rijkstuinbouwconsulentschap voor bodemaangelegenheden, De Spons, 4, pp.16-17.

Dijk, W., van, 2003. Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouwgewassen en vollegrondsgroentengewassen. Publicatienr. 307, PPO, Lelystad, 66 pp. + bijlagen.

Ehlert, P.A.I., en Wijk, C.A.P., & Berg, W. van de, 2000. Fosfaatbehoefte van vollegrondsgroentegewassen, 1. Bemesting en rendement. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Lelystad, PPO-projectrapportnr. 25.2.32., 46 pp.

Ehlert, P.A.I., en Wijk, C.A.P., 2002. Fosfaatbehoefte van vollegrondsgroentegewassen, 2. Plaatsing in gewasgroepen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Lelystad, PPO-projectrapportnr. 1125232, 46 pp.

Ehlert, P.A.I. en Koopmans, G.F., 2002. Fosfaattoestanden van de praktijkbedrijven van Telen met Toekomst. Een analyse van de situatie bij de start van het project. Plant Research International B.V. 28 pp. + bijlagen.

Ehlert, P., Morel, C., Fotyma, M., and Destain, J.P., 2003. Potential role of phosphate buffering capacity of soils in fertilizer management strategies fitted to environmental goals. J. Plant Nutr. Soil Sci. 166: 409-415.

Heinen, M., en Willigen, P., de, 1998. FUSSIM2. A two-dimensional simulation model for water flow, solutie transport and nutrients in partly unsaturated porous media. Quantitative Approaches in System Analysis, No. 20. AB-DLO and PE, Wageningen, 140 pp.

Heinen, M., Mollier, A., en Willigen, P. de, 2003. Growth of a root system described as diffusion. II. Numerical model and application. Plant and Soil, 252: 251-265.

Noordwijk, M. van, Willigen, P. de, Ehlert, P.A.I., & Chardon, W.J., 1990. A simple model of P uptake by crops as a possible basis for P fertilizer recommendations. Netherlands Journal of Agricultural Science 38: 317-332.

NEN 5776. Nederlandse Norm, 1996. Bodem - Bepaling van ijzer, aluminium en fosfor in een ammoniumoxalaat-oxaalzuurextract voor het vaststellen van de fosfaatverzadiging.

NEN 5786. Nederlandse Norm, 1e druk, april 1991. UDC 628.516:532.696.5. Bodem. Onverzadigde zone. Bepaling van de waterretentiekarakteristiek. Onderdrukmethode tot $h=-200$ cm. Bepaling met een poreuze plaat in combinatie met een buret.

NEN 5781. Nederlandse Norm, 1e druk, augustus 1992, UDC 551.579.5:631.431.1:631.432.2. Bodem. Onverzadigde zone. Gravimetrische bepaling van het watergehalte en de droge volumieke massa van grond.

Oenema O. en Dijk T.A. van, 1994. Fosfaatverliezen en fosfaatoverschotten in de Nederlandse landbouw, Rapport van de technische projectgroep "P-deskstudie", Ministerie van LNV, VROM en V&W, Landbouwschap en Centrale Landbouworganisaties, Project Verliesnormen, Deelrapport I, 102 pp.

Paauw F. van der, Luit B. Van, en Ris J., 1958. De overgang van P-citr naar P-AL, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Rapport VI, Groningen, Nederland, 5 pp.

Payne, R.W., Lane, P.W., Digby, P.G.N., Harding, S.A., Leech, P.K., Morgan, G.W., Todd, A.D., Thompson, R., Tunnicliffe Wilson, G., Welham, S.J. en White, R.P., 1993. Genstat 5, Release 3. Reference Manual. Clarendon Press. Oxford. 796 pp.

Prummel, J., 1974. Verandering in het Pw-getal in de loop van de tijd en onder invloed van bemesting. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, rapport 9-74, 23 pp.

Schoumans, O.F. en Lepelaar, A. 1995. Emissies van bestrijdingsmiddelen en nutriënten in de bloembollenteelt. Procesbeschrijving van het gedrag van anorganisch fosfaat in kalkrijke zandgronden. Rapport 387.1. DLO Staring Centrum, Wageningen, 110 pp.

Sissingh, H.A., 1971. Analytical technique of the Pw method, used for the assessment of the phosphate status of arable soils in the Netherlands. *Plant and Soil* 34, 483-486.

Sissingh, H.A., 1991. Estimation of plant-available phosphates in tropical soils. A new analytical technique. Facsimile reproduction. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid. Nota 235, Haren, Nederland, 4 pp.

Struijs, L.C., 1949. Bemestingsresultaten en -problemen bij de voornaamste bolgewassen. *Mededelingen Directie Tuinbouw*, 12 (8), 616-631.

Tennant, D. 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length. *J. Ecol.* 63: 995-1001.

Verlinden, H.L. en Bouma, J., 1983. Fysische bodemonderzoekmethoden voor de onverzadigde zone. Reeks Bodembescherming, no. 22. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. 's - Gravenhage.

Volkersz, K., 1924. Het gebruik en de toepassing van enkele kunstmeststoffen bij bolgewassen. Overgedrukt uit het Weekblad voor Bloembollencultuur van 29 februari, 4, 7, 11, 14, 18, 21 en 28 maart 1924.

Volkersz, K., 1936. Bemestingsproeven bij bloembollen. Verslag van de belangrijkste bemestingsproefvelden, beplant met bloembollen, van den rijkstuinbouwconsulent, Ir. K. Volkersz te Lisse, over de jaren 1932-1933, 1933-1934 en 1934-1935. Gepubliceerd in het Weekblad voor Bloembollencultuur van 29 Mei, 3, 12, 19 en 26 Juni, 3, 17, 24, en 31 juli, 7, 14 en 28 Augustus 1936.

Willigen, P. de, en Noordwijk, M. van, 1987. Roots, plant production and nutrient use efficiency. Doctoral thesis. Wageningen Agricultural University. 282 pp.

Willigen, P. de, Heinen, M., Mollier, A., en Noordwijk, M. van, 2002. Two-dimensional growth of a root system modelled as a diffusion process. I. Analytical solutions. *Plant and Soil* 240: 225-234.

Bijlage 1 Opzet van de veldproeven en proeftechnische kengetallen

Locatie

Locatie	Grondsoort	Fosfaattoestand ¹	Jaar ²					
			'96/'97	'97/'98	'98/'99	'99/'00	'00/'01	'01/'02
Lisse, proeftuin	Alluviaal zand	Laag (14)	T, L, G	T, L, G	T, G	C, H, D	H	
Lisse, proeftuin	Alluviaal zand	Voldoende (25, 31)	T, L, G	T, L, G	T, G			Z
Oostwaardhoeve	Zavel	Voldoende (25)	T, L, G					
Dr. H.J.Lovinkhoeve	Zavel	Laag (14)		T, L, G	L, G	T		
Dr. H.J. Lovinkhoeve	Zavel	Voldoende (24)		T, L, G	L, G	T		

¹ Fosfaattoestand vastgesteld als Pw-getal, getalswaarde tussen haken geeft waarde in mg P₂O₅ l⁻¹; Zantedeschia is bij Pw-getal 31 getoetst,

² T = tulp, L = lelie, G = gladiool, C = crocus, H = hyacint, D = dahlia, Z = zantedeschia

Teelt

Cultivars, bol/knolgrootte en plantverband

Gewas – cultivars - bol/knolmaat	Bed (zand)	Rug (zavel)
	[Knol of bol per strekkende meter]	
Tulp Apeldoorn 9/10	128	64
Lelie Connecticut King 9/10	104	52
Gladiool Traderhorn 5/6	120	60
Hyacint Anna Marie 12/13('00)	52	-
Hyacint Pink Pearl 12/13('01)	52	-
Crocus Remembrance 9/10	132	-
Dahlia Sneeuwstorm	28	-
Zantedeschia Cameo 12/14	34	-

Grondbewerking

- P bemesting
- Spitten tot 30 cm
- Planten

Bemesting

Bemesting anders dan fosfaatbemesting: volgens voorschrift Adviesbasis
Fosfaatbemesting

Fosfaatgiften in kg P₂O₅ per ha als tripelsuperfosfaat per veldproef

Gewas	Locatie				
	Lisse	Lisse	Oostwaardhoeve	Dr. H.J. Lovinkhoeve	Dr. H.J. Lovinkhoeve
	Fosfaattoestand				
	Laag	Voldoende	Voldoende	Laag	Voldoende
Tulp	0	0	0	0	0
	20	20	20	20	20
	40	40	40	40	40
	80	80	80	80	80
	160	160	160	160	160
Lelie	0	0	0	0	0
	10	10	20	20	20
	20	20	40	40	40
	40	40	80	80	80
	80	80	160	160	160
Gladiool	0	0	0	0	0
	20	20	40	40	40
	40	40	80	80	80
	80	80	160	160	160
	160	160	320	320	320
Crocus en Hyacint	0				
	20				
	40				
	80				
	160				
Dahlia	0				
	30				
	60				
	120				
	240				
Zantedeschia	0				
	70				
	140				
	210				

Superfosfaat werd vlak voor het planten toegediend

Planttijdstip

'96/'97	Tulp	Lisse	26-11-'96	Oostwaardhoeve	11-10-'96
	Lelie	Lisse	26-03-'97	Oostwaardhoeve	2-04-'97
	Gladiool	Lisse	9-04-'97	Oostwaardhoeve	2-04-'97
'97/'98	Tulp	Lisse	19-11-'97	Lovinkhoeve	21-10-'97
	Lelie	Lisse	26-03-'98	Lovinkhoeve	1-04-'98
	Gladiool	Lisse	2-04-'98	Lovinkhoeve	11-05-'98
'98/'99	Tulp	Lisse	30-11-'98		
	Lelie	Lovinkhoeve	29-04-'99		
	Gladiool	Lisse	19-04-'99	Lovinkhoeve	28-04-'99
'99/'00	Tulp	Lovinkhoeve	05-10-'99		
	Crocus	Lisse	13-10-'99		
	Hyacint	Lisse	13-10-'99		
	Dahlia	Lisse	30-05-'00		
'00/'01	Hyacint	Lisse	17-10-'00		
'02	Zantedeschia	Lisse	16-04-'02		

Gewasverzorging Standaard

Beregening bij -300 mbar

Wortelbemonstering Per proefveld bij geen bemesting en bij een optimale bemesting

Bemonsteringstijdstippen van tulp, lelie en gladiool per locatie en seizoen

Seizoen	Locatie Lisse		Lisse		Lisse		Gewasdeel	
	O,-hoeve L,-hoeve		O,-hoeve L,-hoeve		O,-hoeve L,-hoeve			
'96/'97	<i>Tulp</i> plantgoed		<i>Lelie</i> plantgoed		<i>Gladiool</i> plantgoed			
	t1	15/4 28/4	11/4 24/4	23/6 27/6	23/6 7/7	7/7 15/8	gehele plant bloei, alleen bloem	
	t2	20/5	15/5	11/8	11/8	25/8	gehele plant	
t3	23/6	24/6	15/10	17/10	4/11	29/10	oogst, gehele plant	
'97/'98	<i>Tulp</i> plantgoed		<i>Lelie</i> plantgoed		<i>Gladiool</i> plantgoed			
	t1	6/4 23/4	1/4 22/4	12/6 23/6	15/6 29/6	9/7 3/9	gehele plant bloei, alleen bloem	
	t2	13/5	11/5	31/7	3/8	17/8	gehele plant	
t3	22/6	17/6	6/10	29/9	2/11	17/11	oogst, gehele plant	
'98/'99	<i>Tulp</i> plantgoed		<i>Lelie</i> plantgoed		<i>Gladiool</i> plantgoed			
	t1	12/4 26/4	geen geen	geen geen	28/6 12/7	5/7 13/8	7/7 23/8	gehele plant bloei, alleen bloem
	t2	17/5	geen	geen	16/8	25/8	30/8	gehele plant
t3	22/6	geen	geen	12/10	1/11	8/11	oogst, gehele plant	
'99/'00	<i>Tulp</i> plantgoed							
	t1	geen geen	20/4 26/4	geen geen	geen geen	geen geen	gehele plant bloei, alleen bloem	
	t2	geen	29/5	geen	geen	geen	gehele plant	
t3	geen	26/6	geen	geen	geen	geen	oogst, gehele plant	

Bemonsteringstijdstippen van overige gewassen voor Lisse per seizoen

Seizoen	Gewas Crocus	Hyacint	Dahlia	Zantedeschia	Gewasdeel
'99/'00	plantgoed	plantgoed	geen analyse	-	
t1	1/5 - 26/4	11/5 - 27/3	24/7 14/8 -	- - -	gehele plant maaisel bloei, alleen bloem
t2	23/5	13/6	21/8 11/9 2/10	- - -	gehele plant maaisel maaisel
t3	19/6	17/7	23/10	-	oogst, gehele plant
'00/'01 (Hyacint)					
'01/'02 (Zantedeschia)					
	-	plantgoed	-	plantgoed	
t1	-	10/5 9/4	-	29/7 -	gehele plant bloem
t2	-	13/6	-	26/8	gehele plant
t3	-	19/7	-	28/10	oogst, gehele plant

Voorbehandeling gewasmonsters

- Wassen , wortels verwijderen
- Verkleinen
- Bepaling versgewicht
- Drogestofbepaling 3 dagen bij 70°C
- Malen
- Nadrogen bij 70°C en analyse op % P, %N en %ruw-as
- en drogestofbepaling bij 105°C

Overige metingen

Temperatuur

Iedere locatie 10 cm bovengronds en 10 cm ondergronds iedere week

Vochtgehalte grond

Iedere locatie laag 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-50 cm iedere week

Bemonstering bodem

Grondmonsters voor de bepaling van de stikstofvoorraad (N-min) en fosfaattoestand (Pw-getal) voor het planten, Daarnaast zijn op dezelfde tijdstippen grondmonsters gestoken voor het bodemchemisch grondonderzoek,

Bijlage 2 Fosfaatopname van bolgewassen van ander onderzoek (data van PPO-BB van stikstofonderzoek)

Gewas	Jaar	Locatie	Pw-getal mg P ₂ O ₅ l ⁻¹	Opbrengst oogst kg ha ⁻¹	Totale productie		Fosfor op- name kg P ha ⁻¹
					Vers kg ha ⁻¹	droog kg ha ⁻¹	
Referentiegewas							
Gladiool	1987	Lisse	*	31040	38096	10688	60,4
	1988	Lisse	50	22840	40071	11242	49,8
	1989	Creil	45	28880	53800	12831	57,7
Lelie	1984	Breezand	52	18129	35013	9188	18,8
	1985	Breezand	52	19926	38905	14412	21,1
Tulp	1991	Lisse	32	34747	50948	18417	23,7
	1992	Lisse	43	34848	38558	12461	24,4
	1993	Lisse	26	31853	40586	13827	18,9
Overige bolgewassen							
Dahlia, sneeuwstorm	1992	Lisse	26	29400	20764	4760	29,0
	1993	Lisse	41	33075	33009	6326	45,2
	1994	Lisse	35	24500	*	3806	40,0
Dahlia, Stolz von Berlin	1992	Lisse	26	36050	32455	6073	33,2
	1993	Lisse	41	44100	32318	6064	33,2
	1994	Lisse	35	26600	*	4703	37,7
Crocus, Remembrance	1984	Breezand	143	17500	24473	12510	19,0
	1985	Breezand	143	14350	23460	10782	18,4
	1999	Lisse	33	17625	27336	11957	23,0
	2001	Lisse	41	18620	19394	8088	17,3
Crocus, Grote Gele	1984	Onderdijk	39	13540	23410	14803	29,4
	1985	Wieringerwerf	*	20890	22893	14885	27,9
	1985	Onderdijk	39	13820	18280	13104	22,0
Crocus, Dorothy	1999	Lisse	39	*	25774	11845	33,2
	2001	Lisse	41	14820	23649	10961	25,0
Hyacint, Anna Marie	1992	Lisse	65	45360	54261	14299	34,0
Hyacint, Pink Pearl	1991	Lisse	*	34128	42643	12419	29,0
	1992	Lisse	65	46128	50888	14611	35,4
	1993	Lisse	53	42132	51887	16386	31,0
Narcis, Carlton	1992	Lisse	50	52693	58440	20346	34,6
Narcis, Tête à Tête	1992	Lisse	50	25262	36349	10922	24,9
	1993	Lisse	53	26880	39215	12264	25,7
Iris, Symphony	1992	Breezand	50	25600	29203	10186	23,3
	1993	Breezand	51	17867	21304	6329	13,8
	1994	Breezand	46	19710	23893	9044	17,0
Iris, Blue magic	1994	Breezand	46	29120	37696	15238	24,2
	1995	Breezand	39	40320	49879	17415	30,0
	1997	De Noord	53	34400	40962	14243	26,2

Bijlage 3 Invoergegevens van cultivars van bolgewassen

In deze bijlage worden de invoergegevens voor dagelijkse vraag ($\text{kg P ha}^{-1} \text{ dag}^{-1}$), totale netto opname (kg P ha^{-1}), wortellengtedichtheid (LRV, cm cm^{-3}) en worteldiameters (cm) gegeven. De wortelecologische data berusten op bemonstering met de blokmethode.

Gewas	Cultivar	Dagelijkse vraag, $\text{kg P ha}^{-1} \text{ dag}^{-1}$	Totale netto opname, kg P ha^{-1}	LRV, cm cm^{-3}	Worteldiameter, cm
Aardappel		0,39	27,9	1,60	0,030
Bolgewas, gemiddeld		0,28	23,5	1,35	0,070
Crocus	<i>Blue Pearl</i>	0,62	22,3	0,58	0,046
	<i>Dorothy</i>	0,62	29,1	0,580	0,023
	<i>Grote gele</i>	0,45	22,1	0,580	0,023
	<i>Remembrance</i>	0,26	16,9	0,51	0,023
Crocus, gemiddeld		0,44	21,6	0,56	0,046
Dahlia	<i>Sneeuwstorm</i>	0,53	38,1	1,02	0,033
	<i>Stolz of Berlin</i>	0,53	34,3	0,84	0,034
Dahlia, gemiddeld		0,53	36,2	0,93	0,033
Gladiool	<i>Hunting Song</i>	0,31	25,7	1,30	0,062
	<i>My Love</i>	0,24	22,8	1,30	0,062
	<i>Nova Lux</i>	0,31	20,0	1,50	0,062
	<i>Traderborn</i>	0,51	33,8	1,90	0,062
Gladiool, gemiddeld		0,34	25,6	1,50	0,062

Bijlage 3, vervolg

Gewas	Cultivar	Dagelijkse vraag, kg P ha ⁻¹ dag ⁻¹	Totale netto opname, kg P ha ⁻¹	LRV, cm cm ⁻³	Worteldiameter, cm
Hyacint	<i>Anna Marie</i>	0,26	29,9	0,41	0,120
	<i>Pink Pearl</i>	0,34	25,2	0,35	0,110
Hyacint, gemiddeld		0,30	27,5	0,38	0,115
Iris	<i>Blue magic</i>	0,24	24,5	0,58	0,056
	<i>Symphony</i>	0,14	16,2	0,96	0,050
Iris, gemiddeld		0,19	20,3	0,77	0,053
Lelie	<i>Casa Blanca</i>	0,17	22,2	1,57	0,074
	<i>Connecticut King</i>	0,18	21,8	1,48	0,074
	<i>Lorina</i>	0,19	21,5	2,91	0,074
	<i>Pollyanna</i>	0,25	25,4	2,29	0,074
	<i>Snow Queen</i>	0,11	18,2	1,99	0,074
	<i>Stargazer</i>	0,11	18,2	0,85	0,074
	Lelie, gemiddeld		0,16	20,7	1,69
Narcis	<i>Carlton</i>	0,16	26,5	0,32	0,113
	<i>Tete a Tete</i>	0,16	19,1	0,32	0,113
Tulp	<i>Apeldoorn</i>	0,24	12,7	1,60	0,068
	<i>Madam-Lefebvre</i>	0,26	16,4	1,60	0,062
	<i>Parade</i>	0,18	12,8	1,60	0,068
	<i>Prominence</i>	0,33	15,0	1,60	0,068
	<i>Ballerina</i>	0,45	15,5	1,09	0,072
	<i>Prominence</i>	0,43	14,6	1,09	0,072
	<i>Renown</i>	0,26	8,9	1,09	0,072
Tulp, gemiddeld		0,31	13,7	1,38	0,07
Zantedeschia	<i>Zantedeschia</i>	0,20	31,3	1,71	0,122