

september 2012



rapport 1450

Naar een optimale bemesting van asperge; een verdiepende studie

EINDCONCEPT

ir. R. Postma

dr.ir. L. van Schöll

nutriënten management instituut nmi bv
postbus 250
6700 ag wageningen
Binnenhaven 5
6709 pd wageningen
tel. (088) 876 1280
e-mail nmi@nmi-agro.nl
internet www.nmi-agro.nl

© 2012 Wageningen, Nutriënten Management Instituut NMI B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit de inhoud mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de directie van Nutriënten Management Instituut NMI.

Rapporten van NMI dienen in eerste instantie ter informatie van de opdrachtgever. Over uitgebrachte rapporten, of delen daarvan, mag door de opdrachtgever slechts met vermelding van de naam van NMI worden gepubliceerd. Ieder ander gebruik (daaronder begrepen reclame-uitingen en integrale publicatie van uitgebrachte rapporten) is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van NMI.

Disclaimer

Nutriënten Management Instituut NMI stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen voortvloeiend uit het gebruik van door of namens NMI verstrekte onderzoeksresultaten en/of adviezen.

Verspreiding

Ronnie de Hoon, Vollegrondsgroente.net

1x

Karst Weening, Productschap Tuinbouw

2x

Inhoud

	pagina
Samenvatting en conclusies	2
1 Inleiding	4
2 Gewasontwikkeling en opname van nutriënten	5
2.1 Gewasontwikkeling	5
2.2 Opname van nutriënten	7
3 Inventarisatie bemestingsonderzoek	9
3.1 Algemeen	9
3.2 N-bemesting	10
3.3 P-bemesting	15
3.4 K bemesting	19
3.5 Bekalking en Ca- en Mg-bemesting	21
3.6 Overige elementen	23
3.7 Organische stof en organische meststoffen	24
3.8 Samenvatting bemestingsonderzoek	26
4 Evaluatie huidige bemestingsadviezen en –praktijken	27
4.1 Algemeen	27
4.2 N-advies	27
4.2.1 Nederland	27
4.2.2 Duitsland	28
4.2.3 Evaluatie N-advies	31
4.3 P-advies	32
4.3.1 Nederland	32
4.3.2 Duitsland	33
4.3.3 Evaluatie P-advies	35
4.4 K-advies	35
4.4.1 Nederland	35
4.4.2 Duitsland	36
4.4.3 Evaluatie K-advies	37
4.5 pH-advies	38
4.5.1 Nederland	38
4.5.2 Duitsland	39
4.5.3 Evaluatie pH	39
4.6 Mg-advies	40
4.6.1 Nederland	40
4.6.2 Duitsland	41
4.6.3 Evaluatie Mg-advies	42
4.7 Overige elementen	43
4.8 Organische stof	43
4.9 Conclusie	44
5 Richtlijnen voor een optimale bemesting van asperge	45
6 Geraadpleegde bronnen	47

Samenvatting en conclusies

In het kader van het toenemend belang van teeltoptimalisatie op moderne, gespecialiseerde aspergebedrijven is er behoefte aan een betere onderbouwing van bemestingsadviezen en een actualisatie van de richtlijnen voor een nauwkeurige bemesting. Productschap Tuinbouw en de Landelijke Kerngroep Asperge van LTO Vollegrondsgroente.net hebben daarom via een tender-procedure aan Nutriënten Management Instituut NMI gevraagd een bureaustudie uit te voeren, waarin de relevante informatie over de bemesting van asperges wordt verzameld en vertaald in richtlijnen voor de praktijk. De betreffende studie is beschreven in het voorliggende rapport, waarin achtereenvolgens wordt ingegaan op i) de gewasontwikkeling en opname van nutriënten gedurende de teelt, ii) de resultaten van bemestingsonderzoek, iii) huidige bemestingsadviezen in Nederland en Duitsland en iv) richtlijnen voor een optimale bemesting van asperges.

Gedurende de eerste jaren na aanplant wordt er door de plant geïnvesteerd in de ondergrondse opslagwortels en de daarin aanwezige koolhydraten. Dit geldt ook voor de hoeveelheid nutriënten in de opslagwortels, die gedurende de eerste jaren toeneemt. Aan het einde van het derde jaar bedraagt de hoeveelheid nutriënten in de opslagwortels ca. 300 kg N, 140 kg P_2O_5 , 470 kg K_2O en 50 kg MgO per ha. Een adequate bemesting in de eerste jaren is dan ook van groot belang voor een goede ontwikkeling van het aspergegewas, waarbij de opslagwortels een belangrijke plaats innemen. In de (productie)jaren na het derde jaar neemt de hoeveelheid nutriënten in de opslagwortels niet meer toe en dient de bemesting vooral nog om de (beperkte) afvoer met het oogstproduct te compenseren.

Het aantal bemestingsproeven bij asperges dat in de literatuur is beschreven is beperkt. Daarbij zijn de teeltomstandigheden (ras, opbrengstniveau, plantdichtheid, grondsoort, klimaat) vaak nogal afwijkend van die in Nederland, wat de bruikbaarheid van de proefresultaten beperkt. Twee meerjarige proeven die in Duitsland zijn uitgevoerd in 1971-1982 (Hartmann) en 1986-1996 (Paschold) zijn het meest relevant voor Nederland, ondanks dat ook daar sprake was van afwijkende teeltomstandigheden. Dit en ander onderzoek leidde tot het volgende beeld:

- De effecten van N-bemesting waren beperkt en een N-gift van 50-100 kg N per ha was veelal voldoende; het effect op de opbrengst in klasse I was groter dan op de totale opbrengst;
- De effecten van P-bemesting waren in het algemeen klein of afwezig, tenzij de P-toestand van de bodem zeer laag was. Een beperkte P-gift van 50 kg P_2O_5 per ha volstond meestal;
- K-bemesting had een vrij groot effect op de opbrengst en sortering van asperges, waarbij de grootte van het effect mede afhing van N. Optimale K-giften varieerden tussen 150-350 kg K_2O per ha.
- Uit veldproeven in Duitsland en potproeven in Nederland bleek het grote effect van pH. Een bekalking van een grond met een pH-KCl van 5,1 leidde tot een opbrengstverhoging van 16%.
- Op gronden met een zeer lage Mg-toestand leidde een Mg-bemesting tot een meeropbrengst van 22-30% en in combinatie met een bekalking tot een opbrengst die 40% hoger was dan de controle. Dit effect werd nog versterkt door een B-bemesting.
- In pot- en veldproeven met een aantal organische meststoffen bleek dat het gebruik van paardenmest voor de voorraadbemesting van asperges leidde tot een hogere opbrengst maar ook hogere N-verliezen dan champost en compost. De verschillen tussen de producten werden veroorzaakt door verschillen in de N-levering en stabiliteit van de organische stof.

Uit een vergelijking van de Nederlandse en Duitse bemestingsadviezen voor asperges bleek dat de Duitse adviezen gedifferentieerder zijn dan de Nederlandse. De Duitse adviezen zijn sinds enige jaren herzien en sindsdien wordt voor het afleiden van het advies voor de bemesting van asperges

bijvoorbeeld rekening gehouden met de plantdichtheid en het productieniveau. Daarbij zijn de adviezen niet meer alleen gebaseerd op veldproeven met meerdere bemestingstrappen, maar op een combinatie van resultaten uit veldproeven en bakkenproeven, praktijkervaringen, literatuurgegevens en overleg tussen onderzoekers en voorlichters. Op basis van een evaluatie van de verschillen tussen de Nederlandse en Duitse adviezen en de onderbouwing ervan lijkt het zinvol het Duitse N-advies over te nemen, maar voor de overige adviezen vast te houden aan de Nederlandse adviezen.

Voor de richtlijnen voor de bemesting betekent dat het volgende:

- Ten behoeve van de voorraadbemesting wordt aanbevolen composten in te zetten, aangezien daarmee relatief veel stabiele organische stof wordt aangevoerd, zonder dat daarmee te veel beschikbare nutriënten worden toegediend. Daarnaast kan een eventuele aanvullende behoefte aan nutriënten (vooral N, K en Mg) worden ingevuld met kunstmest.
- Ten behoeve van de N-bemesting stellen we voor het Duitse advies over te nemen. Dat advies wordt berekend uit de $N_{\min}$ -streefwaarde verminderd met de (gemeten) $N_{\min}$ voorraad in de bodem. De waarde voor de $N_{\min}$ -streefwaarde is afhankelijk van het teeltjaar en de plantdichtheid, zoals dat is weergegeven in tabel A.1. Ten opzichte van het bestaande advies betekent dat een verhoging van het N-advies in de eerste drie jaren (voor de eerste twee jaren is het advies 80 – $N_{\min}$ en voor de jaren daarna 100 – $N_{\min}$) en een verlaging van het advies in de jaren daarna.

Tabel A.1. $N_{\min}$ -streefwaarden (in kg N/ha) voor de afzonderlijke teeltjaren en bij twee plantdichtheden.

Teeltjaar	Plantdichtheid		Bemonsteringsdiepte voor $N_{\min}$, cm
	15.000	≥ 20.000	
1	110	140	60
2	130	160	90
3	140	160	90
4 en volgend	80	80	90

- Er is geen duidelijke aanleiding om het Nederlandse P-advies voor asperges aan te passen op basis van het Duitse advies. Dit betekent dat we voorstellen het Nederlandse advies, dat bestaat uit een bodemgericht en een gewasgericht advies, te handhaven. In de praktijk betekent dat dat jaarlijks 50-70 kg P_2O_5 per ha toegediend moet worden om de afvoer te compenseren, tenzij er sprake is van een hoge P-toestand van de bodem die men wil verlagen. In dat geval kan met een lagere P-gift worden volstaan.
- Voor K stellen we voor de opzet van het Nederlandse K-bemestingsadvies, dat eveneens bestaat uit een bodemgericht en een gewasgericht deel, te handhaven. Wel lijkt het op basis van het Duitse advies gewenst het gewasgerichte K-advies aan te passen. Voor de praktijk heeft dat echter geen consequenties, omdat het bodemgerichte K-advies voor het handhaven van de K-toestand op zandgrond 200 kg K_2O per ha bedraagt. Dat is steeds hoger dan het gewasgerichte advies.
- In het bestaande pH-advies voor asperges in Nederland wordt een streeftraject aangehouden van 5,5 - 5,8. Er is geen reden om hier van af te wijken. Gebleken is dat de pH in monsters van praktijkpercelen in veel gevallen suboptimaal (18-29% lager dan 5,4 en 45-53% hoger dan 5,9) is. Aandacht voor de pH lijkt dan ook een belangrijk aandachtspunt voor praktijkbedrijven.
- In het Mg-advies is een Mg-toestand van 75-109 mg MgO/kg als streeftraject opgenomen. Voor een bodem met 2% organische stof en een bouwvoor van 30 cm betekent dat een jaarlijkse gift van 90 kg MgO per ha. Het lijkt niet nodig het Nederlandse advies voor Mg aan te passen aan het Duitse.

1 Inleiding

Op moderne, gespecialiseerde aspergebedrijven neemt het belang van teeltoptimalisatie toe. De bemesting is een belangrijk onderdeel van de teelt, maar daarnaar is in Nederland relatief weinig onderzoek gedaan. Op praktijkbedrijven wordt de bemesting voor een belangrijk deel op basis van ervaring uitgevoerd. Daarom is er behoefte aan een betere onderbouwing van bemestingsadviezen en een actualisatie van de richtlijnen voor een nauwkeurige bemesting. Dit betreft zowel de voorraadbemesting bij de aanleg als de bemesting in de daaropvolgende productie jaren. Productschap Tuinbouw en de Landelijke Kerngroep Asperge van LTO Vollegrondsgroente.net hebben daarom via een tender-procedure aan Nutriënten Management Instituut NMI gevraagd een bureaustudie uit te voeren, waarin de relevante informatie over de bemesting van asperges wordt verzameld en vertaald in richtlijnen voor de praktijk.

De afgelopen jaren zijn in Nederland een aantal bureaustudies uitgevoerd, waarin de optimalisering van de bemesting van asperges centraal stond. Zo is in het kader van de vaststelling van N-gebruiksnormen voor asperges nagegaan of een aanpassing van het bestaande N-bemestingsadvies voor asperges nodig en mogelijk was (Dekker & Van Dijk, 2005). Daarin werd o.a. vastgesteld dat het N-advies voor asperges in Duitsland hoger is dan in Nederland, dat het Duitse advies beter onderbouwd is en dat het zinvol lijkt het advies in Nederland voor het tweede en derde jaar na aanplant te verhogen.

In Duitsland is een N-bijmeststelsel (dit wordt daar Nmin-Sollwert of KNS genoemd) voor asperges ontwikkeld, waarbij de N-bemesting gedurende de teelt wordt afgestemd op de N-behoefte (N-opname) van het gewas en de N-beschikbaarheid in de bodem (Paschold, 2011). In Nederland is een NBS voor veel vollegrondsgroenten beschikbaar, maar niet voor asperges (Van Dijk & Van Geel, 2012).

In 2010 is bestaande kennis over de bemesting van asperge in een inventarisatie verzameld door HAS Kennistransfer (Klein et al., 2010). Die studie vormde het uitgangspunt voor de hier beschreven literatuurstudie, waarbij in aanvulling daarop een verdiepingsslag is aangebracht en waarbij meer aandacht is besteed aan de interpretatie.

Het doel van het project is om het inzicht in de exacte bemestingsbehoefte en –wijze van asperges in Nederland te verhogen. Daarbij worden de volgende subdoelstellingen onderscheiden:

- kwantificeren van de behoefte van de plant aan N, P, K en Mg,
- kwantificeren benodigde hoeveelheid voorraadbemesting, inclusief keuze (organische) meststof,
- kwantificeren benodigde hoeveelheid aanvullende bemesting, inclusief verdeling over de jaren en optimale toedieningswijze en -tijdstip,
- aangeven van de optimale pH en EC-waarden.

2 Gewasontwikkeling en opname van nutriënten

2.1 Gewasontwikkeling

Asperge is een meerjarig gewas. De volledige teeltperiode na uitplanten beslaat 8-10 jaar. Na het uitplanten van de wortelstok/kroon in het 1e jaar komen de jonge aspergeplanten in het voorjaar snel op en ontwikkelen een sterke gewasgroei bovengronds. De stengels vertakken zich zeer sterk en zijn voorzien van fijn vertakte, afgeplatte twijgen die schijnbladeren of phyllocladiën genoemd worden. De maximale omvang van het loof wordt in het eerste jaar in september bereikt, waarna de herverdeling van droge stof naar de ondergrondse delen goed op gang komt. Dit zorgt er voor dat de verhouding tussen bovengrondse en ondergrondse delen in de loop van het jaar verschuift naar de ondergrondse delen. Begin mei bedraagt die verhouding ca. 1:1,3, in september 1:2,4 en in december 1:4,2 (Poll, 1998). De plant probeert met een minimum aan bovengrondse massa een maximum aan opslagorganen (rhizomen, vlezige wortels, knoppen en haarwortels) te vormen.

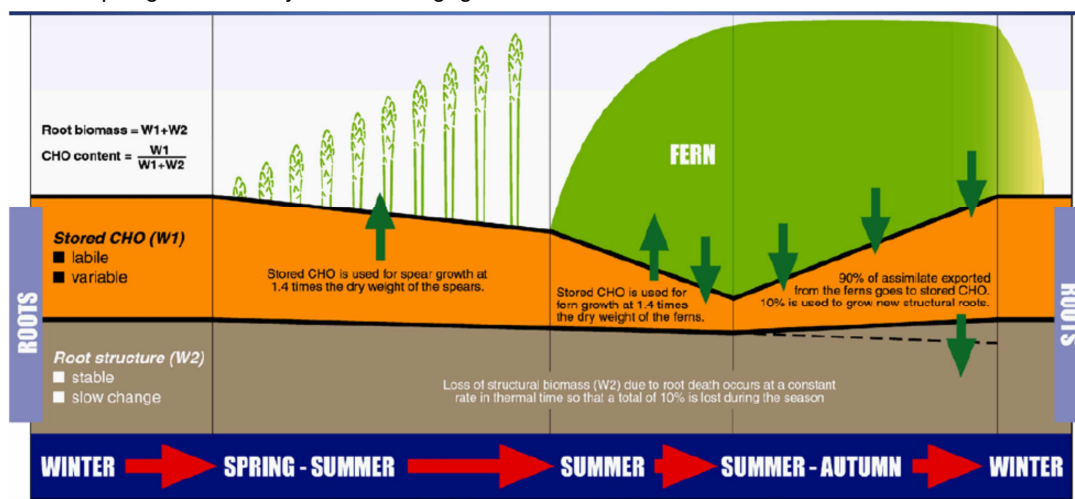
In het 2^{de} jaar na uitplanten wordt begonnen met een korte oogst. In velden van 3 jaar en ouder wordt gedurende de gehele oogstperiode geoogst en van jaar 4 tot jaar 10 is de plant in volle productie. De basis van de plant is de 'kroon' die gevormd wordt door de wortelstokken (rhizomen). Vanuit de wortelstokken groeien de wortels en de stengels. De stengels beginnen in maart uit te lopen. Een deel daarvan wordt geoogst als asperges. Na de oogstperiode (hoofdseizoen eind april tot eind juni) groeien de overige stengels uit tot loof (Bronnen: Poll, 1998 en Drost, 2011a)

De stengels ontwikkelen zich vanuit knoppen die op de wortelstokken liggen. Op een volwassen kroon bevinden zich in het voorjaar zo'n 10-15 clusters van (actieve) knoppen, en daarnaast nog veel kleinere clusters met (slapende) knoppen. Elk cluster bevat 5-7 knoppen. In potentie kan een aspergeplant meer dan 100 stengels ontwikkelen, maar in praktijk zullen slechts ongeveer 25 stengels uitlopen, waarvan een deel wordt geoogst als asperge. De knoppen van waaruit de stengels zich hebben ontwikkeld verdwijnen. In juli en augustus worden er nieuwe knoppen gevormd, die de basis vormen van het gewas voor het volgende jaar. De nieuwe knoppen ontstaan iets boven de oude knoppen, waardoor de plant in de loop der jaren omhoog komt. (Bronnen: Poll, 1998 en Drost, 2011a)

Het wortelstelsel bestaat uit twee verschillende soorten wortels: de grove opslagwortels en de fijne wortels. De opslagwortels zorgen voor de opslag van koolhydraten en de levering van koolhydraten aan de stengels en het loof gedurende de groei. Uit een volwassen kroon groeien in het algemeen meer dan 200 grote, vlezige opslagwortels (Drost, 2011). Het groeiverloop van de aspergeplant gedurende het jaar en de (her)verdeling van koolhydraten tussen boven- en ondergrondse plantendelen is schematisch weergegeven in figuur 2.1. In de eerste 5 jaar na het uitplanten breiden zowel de kroon als de opslagwortels zich uit. De opslagwortels groeien vanuit de wortelstokken, ze groeien vrij langzaam en worden ongeveer 5 jaar oud. Na 5 jaar is het afsterven van opslagwortels in evenwicht met de nieuwe wortelgroei en ontwikkeling van de kroon. De omvang van het opslagwortelstelsel is bepalend voor de energievoorraad en daardoor de productiviteit van de plant (Wilson et al. 2005, Drost 2011a,b). Er lijkt sprake te zijn van een goede correlatie tussen de hoeveelheid koolhydraten die is opgeslagen in de opslagwortels en het opbrengstniveau (Drost, 2011b). De bemesting gedurende de eerste jaren na uitplanten is daardoor van belang voor de productiecapaciteit van de aspergeplanten gedurende de gehele teeltperiode (8-10 jaar). Drost (2011a,b) vergelijkt de grove wortels met de benzine tank: de omvang van de tank bepaalt de potentiële productiecapaciteit (Bronnen: Poll, 1991 en Drost, 2011a).

Een schematische weergave van het groeiverloop van de aspergeplant gedurende het jaar en de (her)verdeling van koolhydraten tussen boven- en ondergrondse plantendelen is weergegeven in Figuur 2-1.

De fijne wortels zijn verantwoordelijk voor de opname van water en nutriënten. Vergeleken met de opslagwortels hebben zij een groot oppervlakte. De fijne wortels groeien vanuit de opslagwortels, en hebben een beperkte lengte (1,5-2 cm). Na 30 dagen worden zij vervangen door verse wortels. De meeste fijne wortels bevinden zich in de bovenste 30 cm, maar ze komen voor tot een diepte van ca. 70 cm. Dit betekent dat de bemesting gericht dient te zijn op het aanbrengen van voedingsstoffen in de bovenste bodemlagen. Bij de voorraadbemesting is het voor het aanbrengen van voedingsstoffen dan ook niet gewenst om de meststoffen tot grotere diepte aan te brengen. Vanuit het oogpunt van de bodemstructuur kan het wel zinvol zijn organisch materiaal in de vorm van compost of organische mest over een grotere diepte aan te brengen. Een overzicht van de verschillende functies en eigenschappen van de opslagwortels en fijne wortels is gegeven in Tabel 2-1.



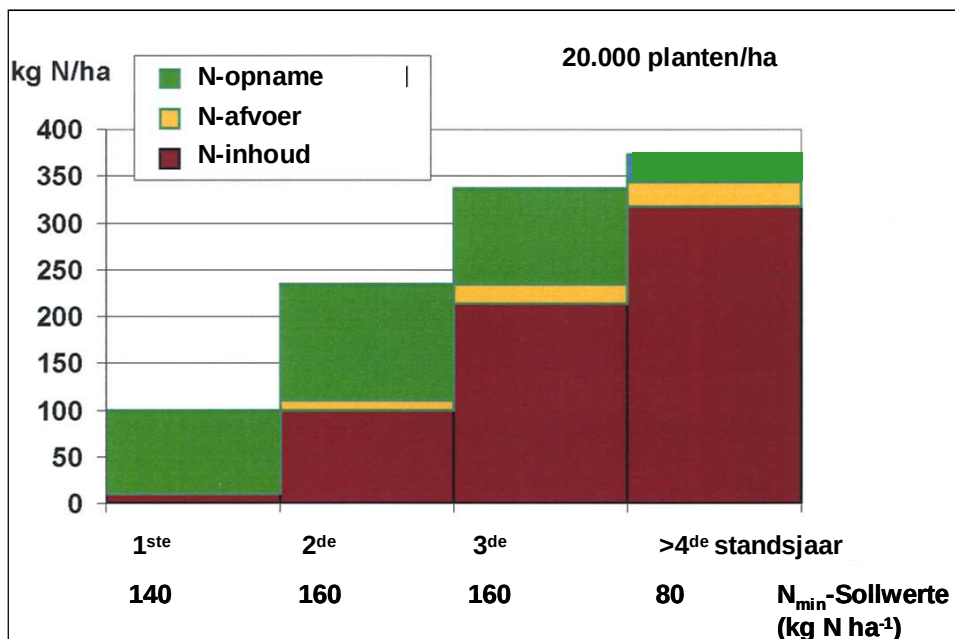
Figuur 2-1 Schematische weergave van het groeiverloop van de aspergeplant gedurende het jaar en de (her)verdeling van koolhydraten tussen boven- en ondergrondse plantendelen (Bron: Drost, 2011a).

Tabel 2-1 Overzicht van de functie en kenmerken van grove opslagslagwortels en fijne wortels van aspergeplanten (afgeleid van Drost 2011a,b).

groe opslagwortels	fijne opname wortels
• opslag en levering van koolhydraten en voedingsstoffen • groeien vanuit wortelstokken • 0-60 cm diepte • levensduur 5 jaar • langzame groei • afgebroken wortels groeien niet verder uit • totaal 0,6-0,9 km lengte per m³ • 20% van totale worteloppervlak • 98% van totale wortelgewicht • verkleuren van wit (jaar 1) tot bruin (jaar 5) • groeiperiode: juli-september	• opname van water en voedingsstoffen • groeien vanuit opslagwortels • 0-70 cm, merendeel in bovenste 30 cm • levensduur 30 dagen • snelle groei en vervanging • 1,5-2 cm lengte • totaal 2,0-3,0 km lengte per m³ • 80% van totale worteloppervlak • 2% van totale wortelgewicht • wit • groeiperiode: juni-september

2.2 Opname van nutriënten

Zoals hiervoor al is beschreven wordt er door de plant gedurende de eerste jaren na de aanplant geïnvesteerd in de ondergrondse opslagorganen en de daarin aanwezige hoeveelheid koolhydraten. Dat betekent dat de hoeveelheid ondergrondse biomassa in die eerste jaren na aanplant toeneemt. Dit zal echter niet alleen gelden voor droge stof en koolhydraten, maar tevens voor nutriënten. De hoeveelheid nutriënten die aanwezig is in de ondergrondse opslagorganen (vooral opslagwortels) neemt gedurende de eerste jaren na aanplant toe. Vrij recent is dit voor N in beeld gebracht door Paschold (2007, 2011; figuur 2.2). Die hoeveelheden worden beïnvloed door de plantdichtheid en opbrengstniveaus, die in Nederland af kunnen wijken van die in Duitsland. De informatie over het verloop van de N-opname in de achtereenvolgende teeltjaren is gebruikt als basis voor het aangepaste N-bemestingsadvies in Duitsland (zie hoofdstuk 4). Voor de andere nutriënten is door Paschold (2008) eveneens aangegeven hoeveel nutriënten in de eerste jaren worden opgenomen/onttrokken ten behoeve van de ontwikkeling van de opslagwortels. Daarbij is niet aangegeven welke hoeveelheden nutriënten aan het eind van het derde jaar zijn opgeslagen, maar die informatie hebben we berekend op basis van de jaarlijkse opname en het beeld voor de cumulatieve N-opslag zoals dat in figuur 2.2 is gegeven (tabel 2.2). Deze hoeveelheden komen vrij goed overeen met de hoeveelheden van 440 kg N, 115 kg P₂O₅ en 450 kg K₂O die volgens Drost (2011b) in opslagwortels aanwezig kunnen zijn.



Figuur 2.2. N-opname, N-afvoer met de oogst en N-opslag/vastlegging in ondergrondse opslagorganen gedurende de eerste 4 jaren na aanplant (Bron: Paschold, 2007).

Tabel 2.2. Opname van nutriënten in de eerste 3 jaren na aanplant en de nutriënteninhoud in opslagwortels aan het eind van de betreffende jaren (uitgaande van 20.000 planten per hectare). Tussen haakjes de hoeveelheid die wordt afgevoerd bij bruto oogst van 2 ton in jaar 2 en 8 ton in jaar 3 (Paschold, 2007 en 2008).

Jaar	N-opname per jaar	N-inhoud einde jaar	P-opname per jaar	P-inhoud einde jaar	K-opname per jaar	K-inhoud einde jaar	Mg-opname per jaar	Mg-inhoud einde jaar
	kg N/ha/jr	kg N/ha	kg P ₂ O ₅ /ha/jr	kg P ₂ O ₅ /ha	kg K ₂ O/ha/jr	kg K ₂ O/ha	kg MgO/ha/jr	kg MgO/ha
1	108	108	37	37	117	117	12	12
2	124 (5)	227	60 (1,6)	95,4	189 (4,8)	301,2	20 (0,3)	31,7
3	104 (20)	311	55 (6,6)	143,8	189 (19,2)	471	20 (1,3)	50,4

In de jaren na het derde jaar is er geen/nauwelijks sprake meer van een opbouw/toename van de opslag van nutriënten in de wortels, maar blijft de inhoud ongeveer gelijk. Op dat moment zijn opbouw en afbraak van de hoeveelheid biomassa en de inhoud aan koolhydraten en nutriënten min of meer in evenwicht. Een adequate bemesting gedurende de eerste jaren dient dan ook met name gericht te zijn op een voldoende voorziening ten behoeve van de opslag van de nutriënten en koolhydraten in de opslagwortels. Dit is essentieel voor de productie in de daaropvolgende jaren.

3 Inventarisatie bemestingsonderzoek

3.1 Algemeen

Er is niet heel veel onderzoek gedaan naar het optimaliseren van bemesting van asperges. Dit heeft ongetwijfeld te maken met het feit dat het een meerjarig gewas is, wat de proeftechnische uitvoering van dergelijk onderzoek bemoeilijkt. Het onderzoek dat in Nederland is uitgevoerd en beschreven in de literatuur is zeer beperkt en (zeer) oud (Nagels, 1953; Smilde, 1972). Ook is er in Nederland nog wel het nodige gedaan aan bodemgeschiktheidsonderzoek en grondbewerking voor de teelt van asperges (Reijmerink, 1964; Van Dam, 1973; Van Dam et al., 1987). Het meeste onderzoek naar de bemesting van asperges dat we in deze studie hebben gebruikt is echter afkomstig uit het buitenland. Daarbij is het onderzoek dat in Duitsland is gedaan, vooral bij de Forschungsanstalt Geisenheim, het meest relevant voor Nederland, aangezien de omstandigheden (klimatologisch en qua bodemeigenschappen) relatief goed zijn te vergelijken met die in Nederland. De bekendste onderzoekers in Duitsland die in de afgelopen decennia op dit terrein actief zijn geweest zijn de heren Hartmann en Paschold. Daarnaast zijn een aantal proefschriften verschenen over de bemesting van asperges, met de volgende onderwerpen:

- het effect van compost op de N-huishouding en groei en opbrengst van asperges (Bloom, 2003),
- het effect van de N- en S-bemesting op de samenstelling en voedingswaarde (Shalaby, 2004),
- het effect van de N-bemesting op asperges (Hirsch, 1985) en
- de beoordeling en regulering van de Mg-bemesting van asperges (Born, 1981).

Verder is gebruik gemaakt van studies uit de volgende landen:

- VS (Drost, Sanders, Pitman, Makus),
- Italië (Magnifico),
- Spanje (Espejo),
- Nieuw Zeeland (Douglas)
- Canada (Sommerville & Whalen),
- Chili (Krarup).

Daarnaast is in overleg met de Kerngroep Asperges en LTO Vollegrondsgroenten.net contact gezocht met enkele asperge-specialisten in Nederland en het buitenland:

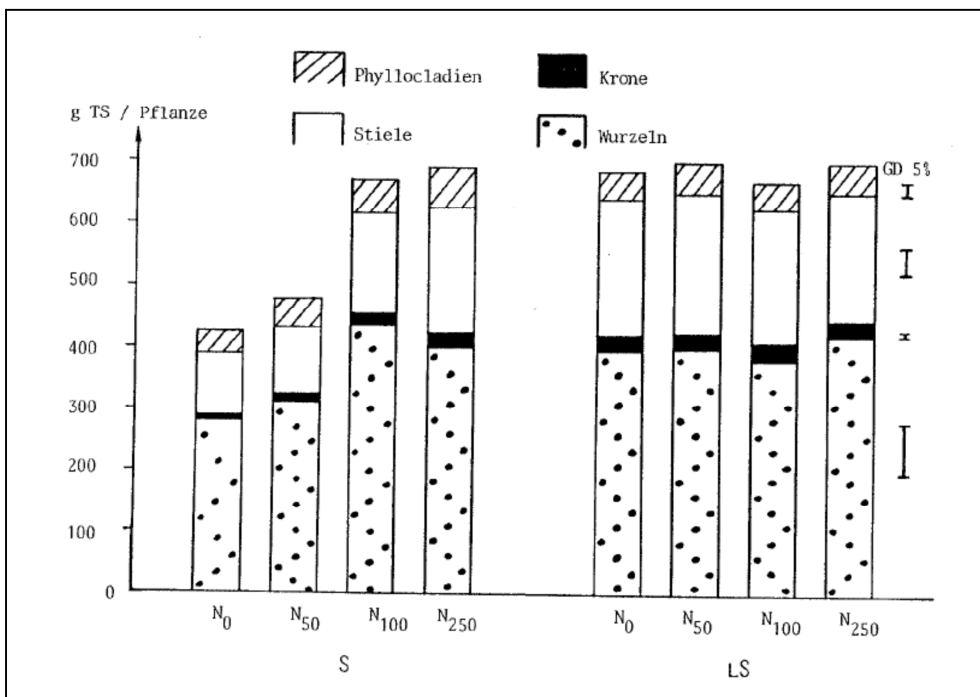
- Piet Beurskens, Limseeds,
- Jos Verhaegh, Bejo,
- Ludger Aldenhoff (Duitsland),
- Joachim Ziegler (Duitsland),
- Christian Befve (Frankrijk),
- Dan Drost (Verenigde Staten).

Hierna gaan we in op bemestingsonderzoek dat in de literatuur is beschreven en dat was gericht op uiteenlopende nutriënten, de pH/bekalking en/of de organische stofvoorziening door het toepassen van organische meststoffen. Het gaat om zeer uiteenlopende studies, variërend van pot- en veldproeven tot proeven met voedingsoplossingen. De relevantie hiervan voor de praktijk van de aspergeteelt in Nederland is niet altijd even groot, omdat de gebruikte rassen, de bodem- en klimaatomstandigheden en de plantdichtheid sterk af kunnen wijken van die in Nederland, maar omdat de beschikbare hoeveelheid onderzoeksresultaten beperkt is, bespreken we het hier toch. In een volgend hoofdstuk gaan we in op

de vertaalbaarheid naar adviezen voor de bemesting in Nederland.

3.2 N-bemesting

Hirsch (1985) onderzocht het effect van N-bemesting bij asperge in een 2 jaar durende proef na aanplant in lysimeters (bakken met vochtdoorlatende bodem) met een volume van 650 liter in Ingelheim (D). De lysimeters waren gevuld met een zandgrond (0,37% organische stof) of een lemige zandgrond (0,65% organische stof). Op 2 mei werden er in elke lysimeter 2 éénjarige aspergeplanten van 50 gram geplant. De volgende stikstof niveaus werden aangelegd 0-50-100-250 kg N ha⁻¹, waarbij de N werd toegediend in drie giften (15 mei, 15 juni en 15 juli) in beide onderzoeksjaren. De proef werd beëindigd in september van het tweede proefjaar, waarna de onder- en bovengrondse delen werden gedroogd en gewogen. Op de zandgrond was er een duidelijk waarneembare respons op toename van de N-bemesting tot 100 kg N in zowel de bovengrondse als ondergrondse delen (Figuur 3-1). Een verdere verhoging tot 250 kg N ha⁻¹ gaf geen significante verandering in droge stof productie. In de lemige zandgrond was er geen effect van N-bemesting; bij 0 kg N ha⁻¹ was de groei al gelijk aan die bij 250 kg N op de zandgrond. Hirsch concludeerde dan ook dat de grondsoort een belangrijke factor is voor de N-benutting, en dat een gift van 100 kg N ha⁻¹ voldoende is. Daarbij is het van belang vast te stellen dat in Nederland vrijwel alle asperges worden verbouwd op zandgrond en vrijwel geen aspergeteelt op lemige zandgrond plaatsheeft.



Figuur 3-1 De bovengrondse (Phyllocladien= schijnbladeren en Stiele= Stelen) en ondergrondse (Krone = kroon en Wurzeln) droge stof productie van 2-jarige aspergeplanten op zand (S) of lemig zand (LS) in een lysimeterproef (Hirsch 1985).

Hartmann et al. (1987) en Hartmann (1989) behandelden de resultaten van een 12-jarige veldproef (vanaf 1971 t/m 1982) op een lemige zandgrond in Duitsland (Ingelheim; Rheinland Pfalz), waarin het effect van drie N-bemestingsniveaus op de groei en opbrengst van een aspergegewas werd bestudeerd. Volgens Hartmann zijn N-giften van 100 kg N ha⁻¹ voldoende, en leiden hogere N-giften tot een lichte verlaging (-6%) van de opbrengst. Het is onduidelijk of dat effect statistisch significant is, aangezien dat

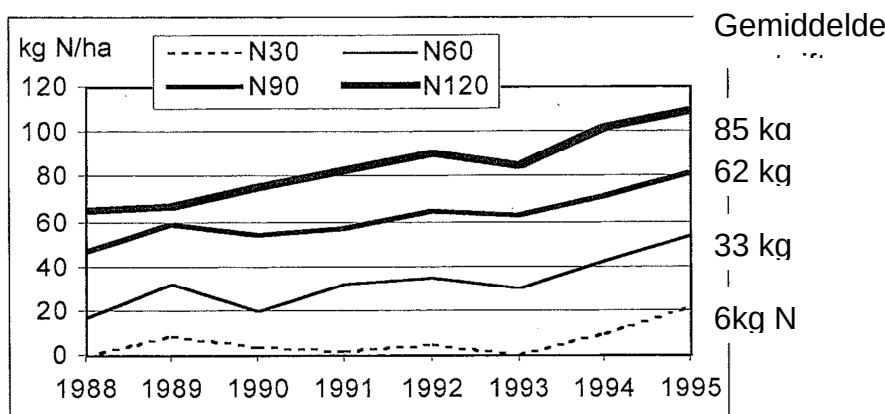
niet wordt aangegeven. Gemiddeld genomen over de 8 belangrijkste productie jaren was de opbrengst bij 250 kg N per ha 2,6% lager dan bij 100 kg N per ha (tabel 3.1). De hoogte van de N-bemesting had evenmin invloed op het aandeel stengels met een diameter van 16-26 mm (Klasse Extra) of van 10-12 mm (Klasse III).

Het tijdstip van toedienen, april of juni, heeft volgens Hartmann et al. (1987; gebaseerd op 6-jarig onderzoek van 1975 t/m 1980) geen effect op de opbrengst bij de oogst.

Tabel 3.1. Effect van de hoogte van de N-gift op de cumulatieve absolute en relatieve opbrengst in een veldproef over de periode 1975-1982 (Hartmann et al., 1987; Hartmann, 1989).

N-gift	opbrengst t ha ⁻¹ 1975 tot 1982	relatieve opbrengst t.o.v 100 kg N ha ⁻¹
100	63,16	100%
250	61,53	97,4%
400	62,30	98,6%

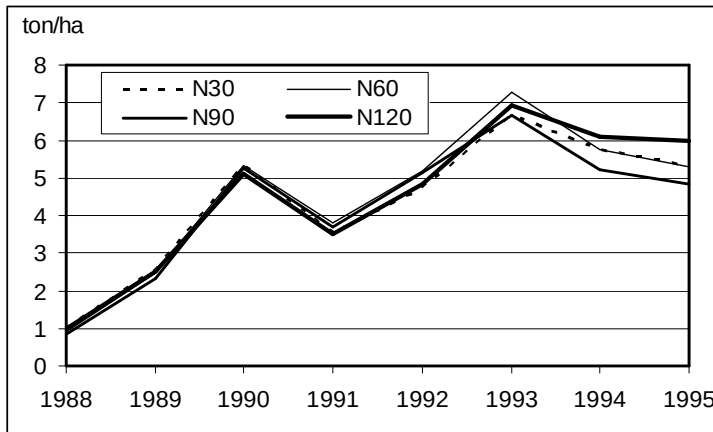
Paschold et al. (1999, 2003) onderzochten het effect van de N-bemesting bij asperge (ras Huchels AM33), met een plantdichtheid van 13.000 planten per hectare in een veldproef op een zandgrond met 1% organische stof in Ingelheim (in Rheinland Pfalz, Duitsland). Voor het planten werd 66 m³ turf per hectare ingewerkt. De bemesting werd eind juni uitgevoerd met een minerale meststof. De proef werd in april 1986 aangelegd met vier herhalingen, metingen zijn uitgevoerd van 1988 tot 1996. De N-gift werd zo gedoseerd dat een $N_{\min}$ -Sollwerte = $N_{\min}$ -streefwaarde = $N_{\min}$ -voorraad + $N_{\min}$ -bemesting) van 30-60-90-120 kg N per hectare bereikt werd. In figuur 3.2 wordt de daadwerkelijke N-gift voor de 4 behandelingen en het verloop gedurende de 8 proefjaren weergegeven, met geheel rechts de gemiddelde N-giften over de 8 jaren. Te zien valt dat de N-bemesting bijna lineair toeneemt met het verstrijken van de jaren. Dit duidt op een afnemende N-levering vanuit de bodem; bij aanvang van de proef was de $N_{\min}$ -voorraad ongeveer 50 kg N per hectare, terwijl de $N_{\min}$ -voorraad op het eind nog maar ongeveer 10 kg N per hectare was.



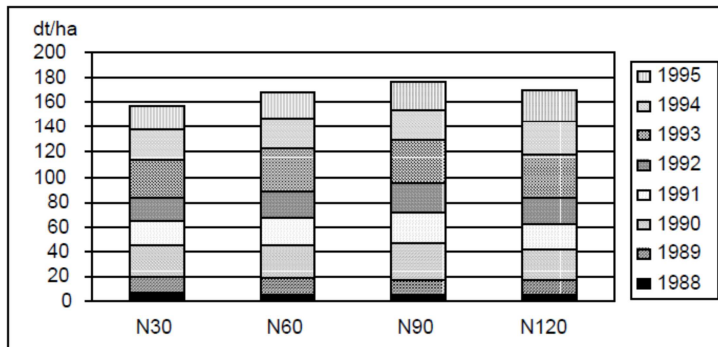
Figuur 3.2. Verloop van de N-gift bij de 4 behandelingen gedurende de periode van 1988-1995 (Paschold, 1999 en 2003; voor toelichting zie tekst).

Opvallend is dat de hoogte van de N-gift geen significante invloed op de hoogte van de (totale) opbrengst had (figuur 3.3). Als alleen de opbrengst van handelsklasse I bekeken wordt, dan is er wel een lichte opbrengstverhoging bij oplopende N-giften of streefwaarden voor $N_{\min}$ ($N_{\min}$ -Sollwerte) tot 90 kg N ha⁻¹ te zien (figuur 3.4). Een verdere toename van de N-gift tot een $N_{\min}$ -streefwaarde van 120 geeft een afname van de opbrengst in handelsklasse I. De niet-vermarktbaar opbrengst van asperges

met een diameter <10mm neemt af bij oplopende N-bemesting, van gemiddeld 1,8 ton per hectare bij $N_{\min}$ -Sollwerte 30 tot 1,5 ton per hectare bij $N_{\min}$ -streefwaarde van 120 kg N per ha. Door de relatief lage plantdichtheid is de vertaalbaarheid van deze resultaten naar de Nederlandse situatie moeilijk.



Figuur 3.3. Verloop van de totale opbrengst van asperges (in ton per ha per jaar) bij de 4 behandelingen gedurende de periode van 1988-1995 (Paschold, 1999 en 2003; voor toelichting zie tekst; plantdichtheid was 13.000 planten per ha).



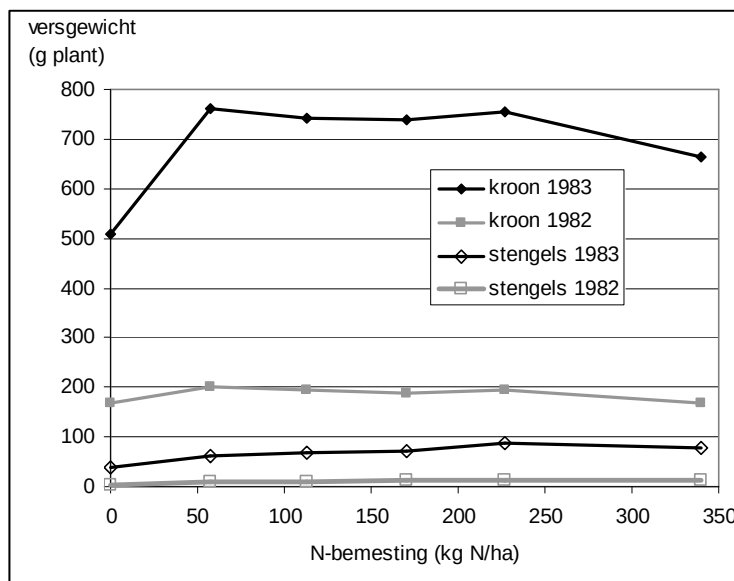
Figuur 3.4. Cumulatieve opbrengst van asperges (klasse I) over de periode 1988-1995 bij de 4 behandelingen (Paschold, 1999 en 2003; voor toelichting zie tekst; plantdichtheid was 13.000 planten per ha).

Paschold et al. (2008) onderzochten ook het effect van het gebruik van een N-meststof met de nitrificatieremmer DMPP (ENTEC 26), waardoor stikstof (N) langer aanwezig blijft in de vorm van ammonium (NH_4) en minder snel uit zal spoelen. Dit werd onderzocht in een veldproef in de jaren van 2000 t/m 2004 met het ras Eposs op een zandgrond met 0,9% organische stof, waarbij een vergelijking werd gemaakt tussen de gangbare meststof Ammoniumsulfaatsalpeter (ammoniumsulfaat + ammoniumnitraat; ASS) en ENTEC. Beide meststoffen bevatten 26% N en in beide objecten werd bemest tot een streefwaarde van 120 (jaar 1) tot 100 kg N per ha (volgende jaren) volgens het NBS-systeem. In alle productie jaren, maar vooral in het vijfde jaar, leidde de bemesting met ENTEC tot een hogere opbrengst dan met ASS. Dit werd geweten aan de verlaagde N-uitspoeling, waardoor meer N beschikbaar blijft voor het gewas, maar het is ook denkbaar dat het gewas een voorkeur heeft voor N-opname in de vorm van NH_4 in plaats van NO_3 . Vreemd genoeg werd er bij grondonderzoek na 4, 8 en 12 weken na de meststofgiften vrijwel geen NH_4 aangetroffen in de bodem. Op basis daarvan lijkt de werkingsduur van de nitrificatieremmer nogal kortdurend te zijn geweest.

Pitman et al. (1991) onderzochten het effect van N-bemesting op de groei van de kronen en loof en fructose-concentratie van aspergeplanten in een potproef in de VS gedurende 2 jaar. Eénjarige kronen

(Princevine) werden geplant in 21 L potten, gevuld met 23 kg lemig zand met 0,5% organische stof. P en K werden toegediend als superfosfaat (1,5 g P per pot) en kaliumchloride (4,2 g K per pot). Tien dagen na planten werden de N-behandelingen aangelegd, met niveaus overeenkomend met 0-57-113-170-227-340 kg N ha⁻¹. De N-bemesting werd in het tweede proefjaar herhaald.

Een oplopende N-bemesting leidde tot een toename van het loofgewicht en een afname van de fructoseconcentratie in de kroon (Figuur 3-5, Tabel 3-2). Het gewicht van de kroon nam toe bij een verhoging van de N-gift van 0 tot 57 kg N per ha, maar een verdere verhoging van de N-gift tot 227 kg N ha gaf geen verdere toename van het kroongewicht. Een N-bemesting van 340 kg N per ha leidde tot een lagere kroonmassa dan een gift van 227 kg N per ha. Zowel de omvang van de kroon als het gehalte aan fructose worden door Pitman et al. gezien als indicatoren voor de groei en opbrengst van het gewas in de toekomst. Geconcludeerd werd dat een (te) hoge N-bemesting leidt tot een overmatige loofgroei, die ten koste kan gaan van de kroonmassa en het fructosegehalte. Overigens zijn de N-giften in de potproef niet goed te vertalen naar veldomstandigheden.



Figuur 3-5. De gemiddelde loof- en kroongewichten van asperge in een potproef met oplopende N-bemesting in 1^{ste} (1982) en 2^{de} (1983) jaar na planten van 1-jarige kronen (Pitman et al., 1991).

Tabel 3-2. Het effect van N-bemesting in een potproef op de omvang van de kroon (crown) en de bovengrondse delen (fern) en fructoseconcentratie in de kroon in het 1^{ste} (1982) en 2^{de} (1983) jaar na planten van 1-jarige kronen (Pitman et al. 1991)

N applied (kg·ha ⁻¹)	Crown growth (g)		Wt (g)		Ht (cm)		Fructose content (mg·g ⁻¹)	
	1982	1983	1982	1983	1982	1983	1982	1983
0	169	510	4.6	40.3	62.0	102.1	113	105
57	202	760	9.0	62.6	65.8	103.7	104	110
113	193	741	10.5	68.3	64.7	96.4	95	101
170	189	739	11.8	72.3	64.0	95.2	82	100
227	195	755	14.1	87.8	62.8	91.7	92	96
340	169	665	12.8	77.4	60.8	91.7	92	99

Makus (1995) onderzocht het effect van N-bemesting bij asperge in een veldproef op een lemige zandgrond in Arkansas (VS). Aperges van ras 'Jersey Giant' waren 6 jaar voor de start van de proef uitgeplant. Op 17 maart (voor oogstseizoen) of 25 mei (na oogstseizoen) werd 80 kg N in de vorm van

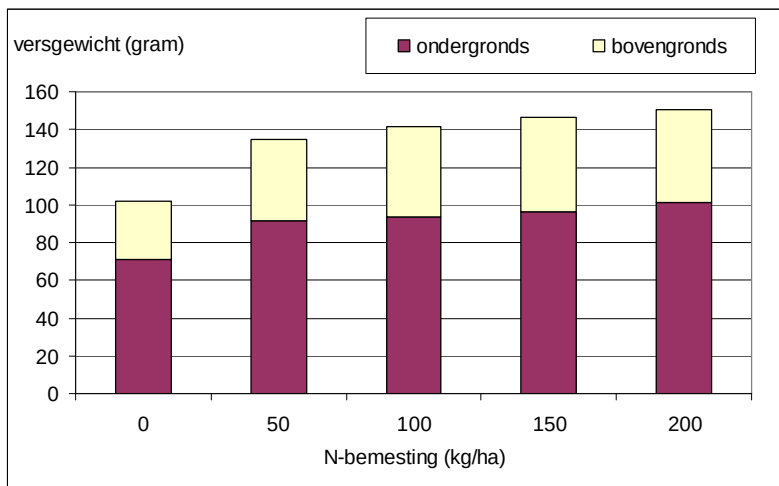
ammoniumnitraat (NH_4NO_3) als rijenbemesting toegediend. Gedurende het oogstseizoen (van 29 maart tot 21 mei) werden de geoogste aspergestengels drie keer bemonsterd. Er was geen respons in opbrengst of kleur op de N-bemesting van 17 maart. De opbrengst was 4,99 ton per hectare, met een gemiddeld gewicht per asperge van 13,3 gram. De N-bemesting had geen effect op het N-gehalte en een licht negatief effect op het K-gehalte in de geoogste asperges, gemeten in segmenten 5-10 cm onder de top (tabel 3.3). Er was geen statistisch significant effect van N-bemesting op de gehalten aan andere nutriënten.

Tabel 3-3 Nutriëntgehalten in groene en witte asperges (Jersey Giant) met of zonder N-gift van 80 kg N per hectare. Gehalten zijn gemeten in segmenten 5-10 cm onder de top van asperges (Makus 1995).

N bemesting, kg N/ha	N, g/100 g d.s.	P, g/100 g d.s.	K, g/100 g d.s.	S, g/100 g d.s.	Ca, g/100 g d.s.	Mg, g/100 g d.s.
0	4.37	0.612	2.93 ^a	0.658	0.152	0.183
80	4.38	0.602	2.82 ^b	0.638	0.140	0.177

Het effect van tijdstip van N-bemesting op de opname en redistributie van N uit bemesting door asperge is onderzocht door Ledgard et al. 1994 met behulp van ^{15}N , een zogenaamde stabiele isotoop die kan worden onderscheiden van de "normale" N. Dit soort proeven worden uitgevoerd om precies te kunnen nagaan of N die met meststoffen wordt toegediend door de plant worden opgenomen en zo ja, in welke organen van de plant die terecht komen. Metingen werden uitgevoerd in een veldproef op een perceel met 6-jarige planten op een lemige zandgrond bij Hamilton (NZ). N-bemestingen met 0-50-100 kg ^{15}N ha⁻¹ (met ^{15}N) werden gegeven vóór de oogstperiode, tijdens oogst vlak voor periode van snelle stengelgroei, en na de oogst voor de ontwikkeling van (schijn)bladeren. Er was geen verschil in opbrengst tussen de verschillende N-bemestingsniveaus. Metingen van de ^{15}N wezen uit dat van de N in de geoogste asperges weinig afkomstig was van de N-bemesting. De meeste N (24% van de N-gift) werd opgenomen na de oogst, gedurende de eerste 8 weken dat de (schijn)bladeren zich ontwikkelden. Bij het afsterven van het blad (late herfst) werd 90% van de ^{15}N herverdeeld en getransporteerd naar de kroon en opslagwortels. In het volgende jaar was de ^{15}N aanrijking in de stengels tijdens de oogst hoger dan in de kroon en opslagwortels, wat er op duidt dat de meeste N in de geoogste asperges afkomstig is uit de opslagwortels.

Krurup et al. (2002) onderzochten het effect van N-bemestingsniveaus bij opkweek van aspergeplanten uit zaad in veldproeven op drie locaties in Chili. Het betrof het ras Atlas en er werden 25 zaden per m gezaaid, terwijl de rijafstand 60 cm was. Dit betekent een zaaidichtheid van ruim 400.000 zaadjes per ha, wat aanmerkelijk hoger is dan de 250.000 per ha die in Nederland gangbaar is. Bemestingsniveaus waren 0-50-100-150-200 kg N per hectare. Na 6 maanden werden de planten geoogst. Er was een significant effect van N-bemesting op de groei van zowel de bovengrondse als ondergrondse delen. De hoogte van de N-bemesting was niet van invloed: tussen de giften 50 en 200 kg N was geen significant verschil in opbrengst (figuur 3.6), maar er was wel sprake van een tendens waarbij de opbrengst toenam met hogere N-giften.



Figuur 3.6. Effect van N-bemesting op de ontwikkeling van aspergeplanten (boven- en ondergronds; in gram per plant) (Krarup et al., 2002).

Conclusies N-bemesting

- Het aantal bruikbare N-bemestingsproeven dat in de literatuur wordt beschreven is beperkt. Twee meerjarige veldproeven bij asperges die zijn uitgevoerd in Duitsland in de periode 1971-1982 (Hartmann, 1989) en 1986-1996 (Paschold, 1999) zijn het meest relevant.
- De plantdichtheid in de proeven die hiervoor zijn besproken was vrijwel steeds lager dan in de huidige praktijk, waardoor de proefresultaten mogelijk een onderschatting van de N-behoefte geven.
- Het effect van N-bemesting op opbrengst was in veel proeven beperkt, waarbij soms sprake is van verschillen tussen grondsoorten: in een bakkenproef was er op een zandgrond een duidelijk effect van de N-gift op de opbrengst, terwijl het effect op lemige grond geheel afwezig was;
- Het effect van de N-gift op de opbrengst van asperges met de hoogste kwaliteit (klasse I) is iets groter dan op totale opbrengst;
- Een N-gift van 50-100 kg N per ha, waarbij tevens rekening wordt gehouden met de Nmin-voorraad, was in de proeven vaak voldoende;
- Het grootste deel van de N-gift wordt na de oogst opgenomen in bovengrondse delen. Ondanks dat uit onderzoek is gebleken dat het geen verschil maakt of de N in april of juni wordt toegediend, is een N-gift na de oogst in juni aan te bevelen;
- In de herfst wordt het grootste deel van de N uit bovengrondse delen herverdeeld naar opslagwortels.

3.3 P-bemesting

Hartmann (1989) heeft het effect van een P-bemesting van 50-150 kg P_2O_5 ha⁻¹ op de cumulatieve opbrengst in de eerder genoemde 12-jarige veldproef in Duitsland beschreven bij een P-toestand van de bodem van 7,5 mg P_2O_5 per 100 g grond (bepaald met een CAL-extractie; de P-toestand wordt als “matig” beoordeeld (Paschold, 2008)). Daarbij was er gemiddeld over de jaren nauwelijks effect van het verschil in P-giften (1,3%; tabel 3.4). Gedurende de eerste 6 productie jaren lagen de opbrengsten bij de hoge P-gift van 150 kg P_2O_5 per ha ongeveer 3-5% hoger en in de laatste 3 jaren 2-5% lager dan bij 50 kg P_2O_5 . Hartmann gaf aan dat het verschil in het effect van de P-gift tussen de eerste en de laatste jaren gekoppeld was aan een stijging van P-gehalten in de bodem, waardoor een geringe P-gift in de laatste jaren blijkbaar voldoende was om de maximale opbrengst te realiseren. Het verklaart echter niet het (kleine) negatieve effect van de hogere P-gift. De P-toestand in de bodem werd in het object met de lage gift verhoogd van 7,5 tot 15,8 mg P_2O_5 per 100 g grond (0-20 cm; wordt beoordeeld als “optimaal”)

en in het object met de hoge gift tot 20,2 mg P_2O_5 per 100 g grond (beoordeeld als "hoog").

De hoogte van de fosfaatgift had geen invloed op het aandeel asperges met een diameter van 16-26 mm (Klasse Extra) dan wel 10-12 mm (Klasse III).

Tabel 3.4. Effect van de hoogte van de P-gift op de cumulatieve absolute en relatieve opbrengst in een veldproef over de periode 1975-1982 (Hartmann, 1989).

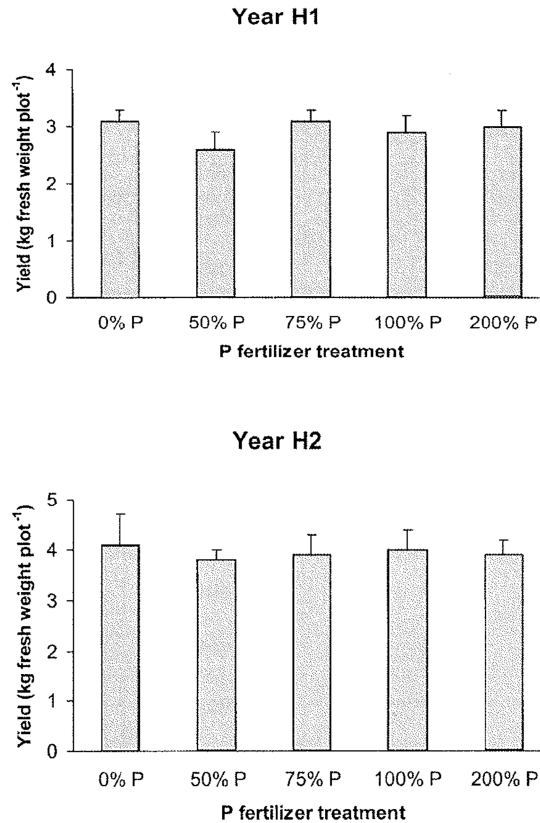
P_2O_5 -gift	opbrengst t ha ⁻¹	relatieve opbrengst t.o.v. 50 kg
	1975-1982	P_2O_5 ha ⁻¹
50 (kg P_2O_5 ha ⁻¹)	61,91	100%
150 (kg P_2O_5 ha ⁻¹)	62,73	101.3%

Sommerville & Whalen (2005) onderzochten het effect van P-bemesting op de opbrengst van groene asperge gedurende het derde en vierde jaar na uitplanten in een veldproef in Canada. Eenjarige aspergekronen (ras Guelph Millenium) werden geplant in een lemige zandbodem met een OS% van 9,6% (wat aanmerkelijk hoger is dan de 2-3% in Nederlandse gronden voor de aspergeteelt) en een pH- H_2O van 6,0. De P-toestand van de bodem bedroeg 160 mg P per kg grond, bepaald met de Mehlich III-extractie en de P-verzadigingsgraad was 16, terwijl die vanuit milieuoogpunt eigenlijk niet hoger dan 13 zou mogen zijn. De P-bemesting (met het goed oplosbare tripelsuperfosfaat) werd op 3-5 cm afstand van kronen in de plantgeul gegeven. In de volgende jaren werd de P-gift als rijenbemesting toegediend, op 10 cm diepte en 5 cm naast de rij. De bemesting met N en K werd uitgevoerd conform het bemestingsadvies. De P-giften waren gelijk aan 0, 50, 75, 100 en 200% van het bemestingsadvies (Tabel 3-5). In de oogstjaren werd gedurende 10 tot 18 dagen geoogst.

Tabel 3-5. Het Canadese P-bemestingsadvies dat als basis diende voor de P-giften in de objecten (0-200% van advies) gedurende de 4 proefjaren (Sommerville en Whalen, 2005).

Eenheid	uitplant jaar	2 ^{de} jaar	3 ^{de} jaar	4 ^{de} jaar	cumulatief
kg P per ha	100	55	50	40	245
kg P_2O_5 /ha	229	126	115	92	561

De gemiddelde opbrengsten lagen in het 3^{de} jaar na uitplanten tussen de 2,6 en 3,1 kg per plotje (resp. 2063 en 2460 kg ha⁻¹) en in het 4^{de} jaar na uitplanten tussen de 3,8 en 4,1 kg per plot (resp. 3015 en 3254 kg ha⁻¹). Dit zijn voor de regio normale opbrengsten. De P-bemesting had geen effect op de marktbaar opbrengst in beide jaren (Figuur 3-7), wat er op wijst dat er voldoende P in de bodem aanwezig was om zonder aanvullende P-bemesting de maximale opbrengst te kunnen realiseren.



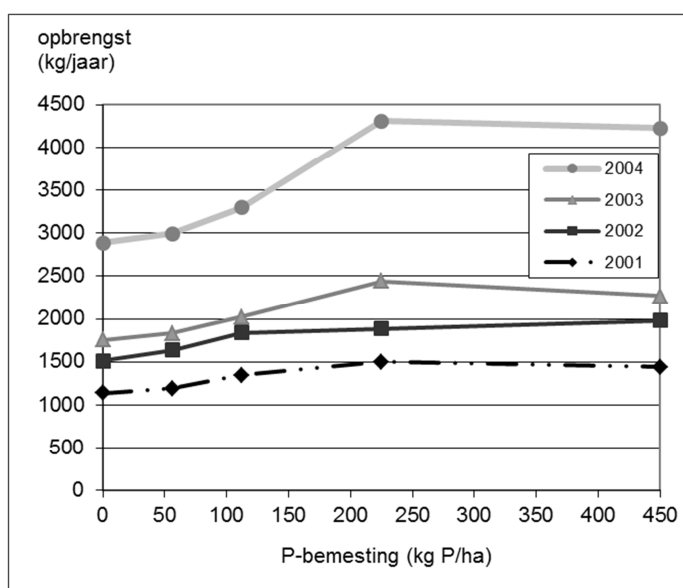
Figuur 3-7 De gemiddelde marktbaar aspergeopbrengst ($n=5$, met standaardfout) bij oplopende P-bemesting, uitgedrukt ten opzichte van P-bemestingsadvies, in 3^{de} en 4^{de} jaar na uitplanten (Sommerville & Whalen, 2005).

Drost (2008) onderzocht het effect van hoogte van P-bemesting op de opbrengst en wortelgroei van asperges in een 6-jarige veldproef (1999-2004) op een P-arme zavelgrond met een P-Olsen van 3,1 mg P per kg (locatie: Logan, Utah, VS). Fosfaat werd voor het uitplanten van de kronen in 1999 op de bodem van het plantgat aangebracht als superfosfaat in niveaus van 0-56-112-225 en 450 kg P ha⁻¹, overeenkomend met 0, 128, 256, 515 en 1030 kg P₂O₅ per ha. De fosfaatbemesting werd niet herhaald. Stikstof werd jaarlijks toegediend als ammoniumnitraat (75 kg N ha⁻¹). Bij elk P-niveau waren er drie herhalingen met het ras 'Jersey Giant', en drie herhalingen met het ras 'Atlas'.

Een eenmalige P-bemesting voor het aanplanten resulteerde in een verhoogde aspergeopbrengst en grotere wortelmassa in de daaropvolgende 5 jaren. In de eerste jaren waren de effecten niet statistisch significant, maar in de latere jaren was het verschil tussen de 0 en 515 kg P₂O₅-gift wel significant. De oplopende niveaus van P gaven een lineaire toename van de opbrengst, met een meeropbrengst van 30% bij 515 kg P₂O₅ ten opzichte van 0 P in de eerste oogstjaren, en een meeropbrengst van 50% bij 515 kg P₂O₅ ten opzichte van 0 P in het 4^{de} oogstjaar (2004). Een verdere verhoging van de P-gift tot 1030 kg P₂O₅ ha⁻¹ gaf geen additionele opbrengstverhoging (tabel 3.6; figuur 3.8).

Tabel 3.6. Effect van een eenmalige P-gift op de opbrengst in een meerjarige veldproef op een P-arme bodem in Utah, VS (Drost, 2008).

P-gift		Opbrengst (kg/ha)			
(kg P/ha)	(kg P ₂ O ₅ /ha)	2001	2002	2003	2004
0	0	1138	1513	1757	2888
56	128	1190	1634	1829	2991
112	256	1346	1839	2020	3294
225	515	1498	1883	2443	4306
450	1030	1440	1977	2267	4228
LSD 0.05		366	435	321	1022



Figuur 3-8. Marktbaar aspergeopbrengst bij eenmalige P-bemesting, toegepast voor uitplanten kronen in 1999 (Drost, 2008)

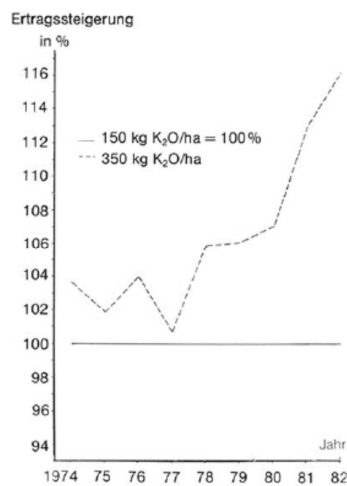
Espejo et al. (2008) volgden de veranderingen in de bodemsamenstelling (beschikbaar P, pH en organische stof) na een P-gift van 0, 25 en 50 kg P₂O₅ per ha in de vorm van superfosfaat aan een kalkrijke grond met lage P-beschikbaarheid in een veldproef in Spanje (Granada). Ze stelden vast dat de P-beschikbaarheid werd verhoogd, dat de pH in de loop van de meetperiode afnam en dat ook het organische stofgehalte daalde.

Conclusies P-bemesting

- In het algemeen zijn de effecten van P-bemesting klein of afwezig (overigens ontbrak controle zonder P-gift in proef Hartmann);
- Alleen bij zeer lage P-toestanden in de bodem, werd een duidelijk effect van een P-gift bij planten waargenomen (zie o.a. proef Drost);
- Een beperkte P-gift (ca. 50 kg P₂O₅ per ha) lijkt in de meeste gevallen te volstaan.

3.4 K bemesting

Hartmann (1989) heeft de resultaten van de eerdergenoemde 12-jarige veldproef in Duitsland beschreven, waarbij ook kaliumbemesting is bestudeerd. Daarbij is een K-gift van 150 kg K₂O per ha vergeleken met een gift van 350 kg K₂O per ha bij een K-toestand van de bodem van 5,3 mg K₂O per 100 g grond (CAL-extractie; de K-toestand wordt als “laag” beoordeeld (Strobl, 2008)). Vooral de K-gift van 350 kg K₂O per ha is voor Nederlandse begrippen zeer hoog. Gemiddeld genomen over de 8 belangrijkste productie jaren gaf een K-gift van 350 kg K₂O ha⁻¹ een opbrengstverhoging van 4,6% ten opzichte van die bij 150 kg K₂O (tabel 3.7). In de eerste productie jaren was dit verschil slechts 2,6%, maar vanaf het vierde productiejaar was er een sterke stijging in de meeropbrengst tot 16% in het laatste oogstjaar (figuur 3.9).

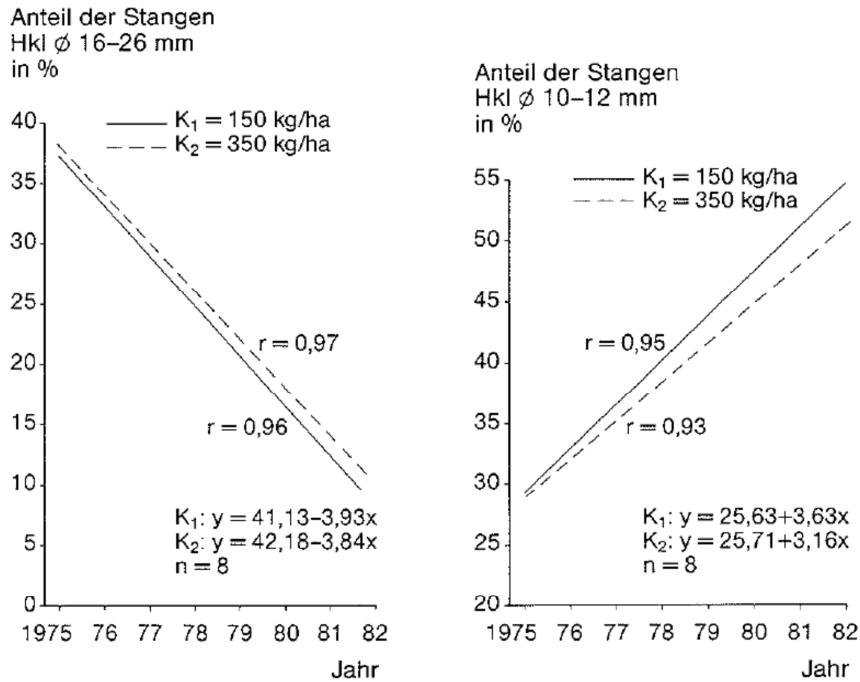


Figuur 3.9. Verloop van de relatieve opbrengst gedurende meerjarig onderzoek bij een K-gift van 350 kg K₂O per ha ten opzichte van 150 kg K₂O per ha (bron: Hartmann, 1989).

De hoogte van de K-gift had een klein effect op het aandeel asperges met een diameter van 16-26 mm of 10-12 mm (figuur 3.10). Het aandeel asperges met een diameter 16-26 mm (Klasse Extra) was bij de hoogste K-gift (350 kg K₂O per ha) hoger en daalde minder sterk in de loop van de jaren dan bij de lage K-gift (150 kg K₂O per ha). Het aandeel asperges met een diameter van 10-12 mm (Klasse III) was bij de hoge K-gift juist lager en nam minder sterk toe dan bij de lage kaliumbemesting. Het verschil is overigens slechts enkele procenten.

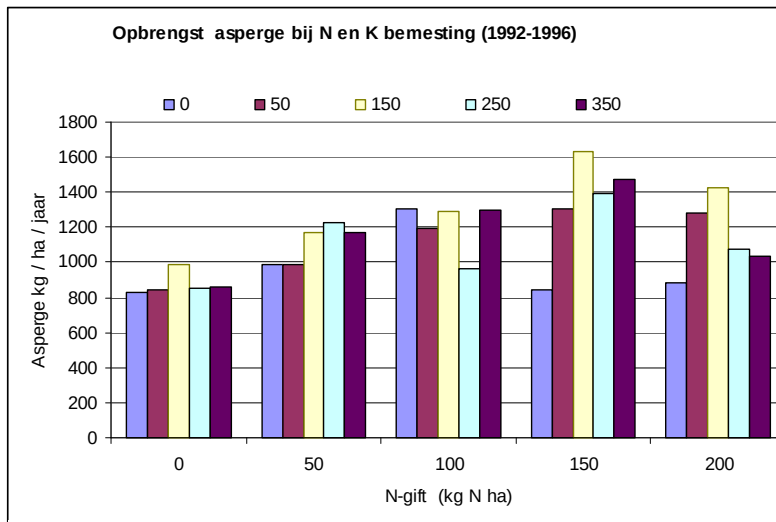
Tabel 3.7. Effect van de hoogte van de K-gift op de cumulatieve absolute en relatieve opbrengst in een veldproef over de periode 1975-1982 (Hartmann, 1989).

K ₂ O-gift	opbrengst t ha ⁻¹ 1975 tot 1982	relatieve opbrengst t.o.v 150 kg K ₂ O ha ⁻¹
150	61,37	100%
350	64,19	104.6%



Figuur 3.10. Effect van de hoogte van de K-gift op het verloop van de sortering van asperges (links aandeel 16-26 mm; rechts aandeel 10-12 mm in %) gedurende de meerjarige veldproef (Hartmann, 1989).

Sanders (1999) onderzocht het gezamenlijke effect van N- en K-bemesting in een 5-jarige veldproef na uitplanten op de productie van asperge (ras "Jersey Gem") op een zavelgrond in de VS. Aspergekronen werden in 1991 geplant en in de daaropvolgende jaren geoogst. Giften met N (0-50-100-150-200 kg N ha⁻¹) en K (0-50-150-250-350 kg K₂O ha⁻¹) werden in alle mogelijke combinaties gegeven. De N-gift werd breedwerpig toegediend als NH₄NO₃, de K werd als KCl via rijenbemesting toegediend, 15 cm naast de rij aan beide kanten. De meststofgiften werden gesplitst, met een helft voor en de andere helft na de oogst. De cumulatieve en gemiddelde opbrengst van de marktbaar asperges (jaren 1992-1996) nam toe met een toename van de N-bemesting tot 150 kg N ha⁻¹ en K-bemesting tot 150 K₂O ha⁻¹, waarbij moet worden opgemerkt dat de opbrengsten op een veel lager niveau liggen dan in Nederland (figuur 3.11). Een K-gift van 250 en 350 kg K₂O per ha leidde tot een lagere opbrengst dan een gift van 150 kg K₂O per ha. Daarnaast leidde een N-bemesting van 200 kg N ha⁻¹ eveneens tot een opbrengstdaling ten opzichte van een gift van 150 kg N ha⁻¹. In de afzonderlijke jaren was er sprake van een interactie tussen de N- en K-bemesting, waarbij een gift van 150 kg voor zowel N als K₂O in de hoogste opbrengst resulteerde.



Figuur 3-11. De gemiddelde aspergeopbrengst bij alle combinaties van N- en K-bemesting gedurende 5 jaar na uitplanten (Sanders 1999)

Conclusies K-bemesting

- In veldproeven had K-bemesting een vrij groot effect op de opbrengst en sortering van asperges, waarbij de grootte van het effect mede afhangt van de N-voorziening;
- De hoogte van de optimale K-gift varieerde tussen studies die zijn gedaan in de VS en Duitsland. In de VS was de optimale K-gift 150 kg K₂O per ha, maar daar waren de opbrengsten erg laag. In veldproeven die in de 70'er en 80'er jaren in Duitsland zijn uitgevoerd en waar de opbrengsten op een vergelijkbaar niveau liggen als in Nederland, werd bij een K-gift van 350 kg K₂O per ha een opbrengstverhoging van ca. 5% gerealiseerd ten opzichte van een gift van 150 kg K₂O per ha.
- De resultaten uit de genoemde veldproeven zijn niet rechtstreeks te vertalen naar de huidige teelt van asperges in Nederland, omdat de teeltwijze nogal afwijkt, o.a. door hogere plantdichtheden, opbrengsten e.d.

3.5 Bekalking en Ca- en Mg-bemesting

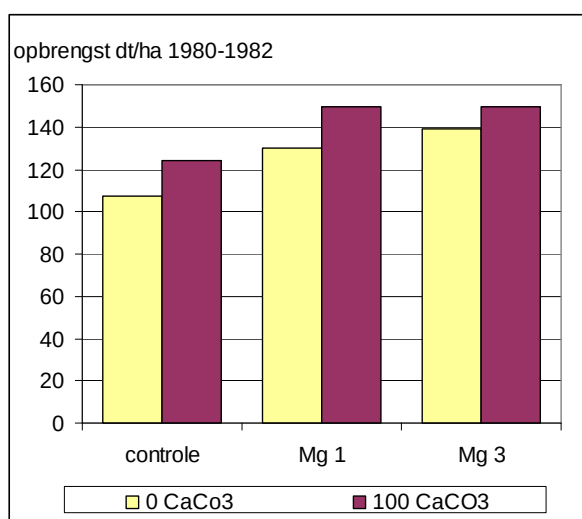
Het effect van Ca- en/of Mg-bemesting op de opbrengst van asperges is in het uitgevoerde onderzoek niet altijd goed te onderscheiden van het effect van pH-verhoging van de bodem door bekalking. De kalkmeststoffen bevatten namelijk vrijwel altijd Ca en vaak ook Mg. Hartmann (1989) beschreef de resultaten van een 6-jarige veldproef, waarbij gedurende de proef in totaal 10 ton CaCO₃ ha⁻¹ werd toegediend aan een zandbodem met pH-CaCl₂ van 5,1. De opbrengststijging van 16% is volgens Hartmann te verklaren uit de pH-verhoging en niet uit de Ca-toevoer. In de behandeling met bekalking steeg het aandeel asperges met een diameter van 16-22 mm van 15,2 % tot 19,1%, terwijl het aandeel asperges met een diameter van 10-12 mm daalde van 37,1% naar 33,7% in vergelijking met de niet bekalkte controle. Een lage pH kan gepaard gaan met een slechte beschikbaarheid van bepaalde elementen (b.v. Mg), maar ook met een hoge beschikbaarheid van andere elementen, zoals Al, dat toxisch kan worden.

Tabel 3.8. Effect van de hoogte van bekalking op de cumulatieve absolute en relatieve opbrengst in een veldproef over de periode 1980-1982 (Hartmann, 1989).

bekalking	opbrengst t ha ⁻¹ 1980-1982	relatieve opbrengst ten opzichte van controle zonder bekalking
Controle	10,71	100%
bekalkt *	12,42	116.0%

* in totaal 10 t CaCO₃ ha⁻¹ gedurende de looptijd van de proef.

In de genoemde veldproef werd naast de bekalking ook een Mg-bemesting uitgevoerd (Hartmann, 1989; Born, 1981). De Mg-toestand was 2,0 mg Mg/100 g, ofwel 3,3 mg MgO/100 g (met CAL-extractie) en werd beoordeeld als zeer laag (Strobl, 2008). De totale giften over de gehele proeftijd waren 565 en 1703 kg MgO per ha (waarvan 270 respectievelijk 810 in eerste jaar) en 0 of 10 ton CaCO₃. Zowel de bekalking als de Mg-bemesting leidden tot een opbrengstverhoging (figuur 3.12). Te zien valt dat bij de onbekalkte bodem (en dus ook met lagere pH) een Mg-bemesting van 565 kg MgO per ha gedurende 5 jaar een opbrengstverhoging gaf van +22%. Een verdrievoudiging van de Mg-bemesting gaf een verdere verhoging tot +30%. De combinatie van bekalking en Mg-bemesting leidde tot een opbrengstverhoging van +40% ten opzichte van de controle bij beide Mg-giften (figuur 3.12).



Figuur 3.12. Effect van bekalking en Mg-bemesting op de opbrengst (in dt= 100 kg) op een zandgrond met een pH-CaCl₂ van 5,1. De Mg-giften waren 565 (Mg 1) en 1703 kg MgO per ha (Mg 2) (Bron: Hartmann, 1989).

Smilde et al. (1972) hebben gekeken naar effecten van Ca-, Mg- en B-bemesting en bekalking in pot- en veldproeven, mede in relatie tot topverwelking. Herhaalde bespuitingen met magnesium (als magnesiumsulfaat) en calcium (als calciumchloride) in een veldproef in Noord Limburg hadden geen invloed op het optreden van topverwelking.

In de potproeven met Mg- en B-arme zandgronden met een lage pH (pH-KCl 4,4-4,7) afkomstig uit Noord Limburg werd een positief effect van bekalking en Mg-, B- en Ca-bemesting op de loofproductie van aspergezaailingen gevonden. Er was een zeer groot effect van bekalking, vooral op de grond met een pH-KCl van 4,4. In objecten waar naast de bekalking ook nog een aanvullende bemesting werd uitgevoerd met Ca (in de vorm van gips, CaSO₄·H₂O), Mg (in de vorm van bitterzout, MgSO₄·7H₂O) en B (in de vorm van borax, Na₂B₄O₇·10H₂O), werd de hoogste loofproductie gevonden. Bemesting van Ca, Mg en/of B zonder bekalking had slechts een klein effect. Volgens de auteurs was bij de lage pH

mogelijk sprake van Mn-overmaat.

Op de grond met pH-KCl van 4,7 had een afzonderlijke bekalking of Mg-gift ook een groot effect op de loofproductie. Een gecombineerde bekalking met Mg- en B-bemesting leidde echter tot de hoogste loofopbrengst. Een afzonderlijke Ca- of B-bemesting had op deze grond weinig effect.

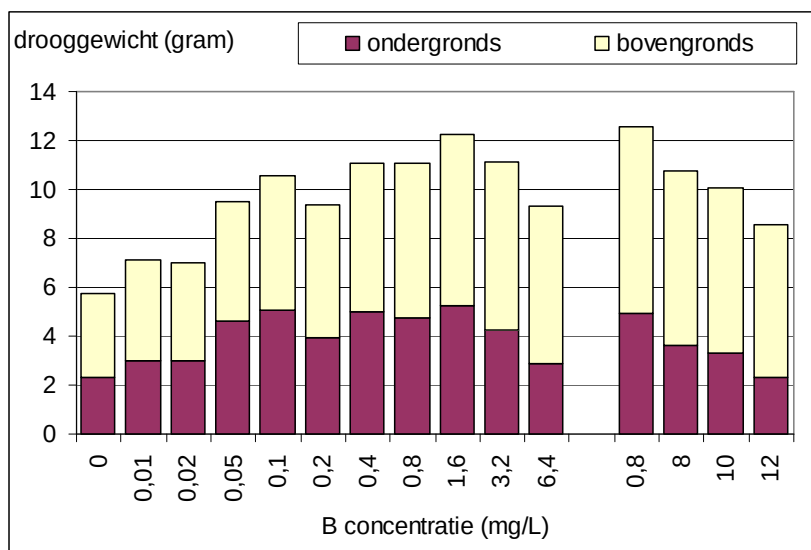
Conclusies

- Een bekalking van zure gronden ($\text{pH-KCl} < 5$) is bij asperges van groot belang, aangezien het een groot effect op de opbrengst kan hebben. Dit is o.a. gebleken in veldproeven in Duitsland en potproeven die zijn uitgevoerd in Nederland. Ook bij wat hogere pH's lijkt een bekalking nodig. Een aanvullende Ca-bemesting (b.v. met gips) lijkt in dit geval niet/nauwelijks nodig.
- Op gronden met een lage Mg-toestand is een Mg-bemesting zinvol, en leidt tot een hogere opbrengst. In grond met een lage pH wordt dit effect vergroot door bekalking. Bij een lage Mg-toestand en een lage pH kan worden overwogen een Mg-houdende kalkmeststof in te zetten.

3.6 Overige elementen

Smilde et al. (1972) beschreven veldproeven met B-bemesting op 4 praktijkpercelen in Noord Limburg, met een vrij lage pH (pH-KCl 5,0-5,4) en een lage B-toestand. De proeven liepen van het najaar 1966 tot het najaar van 1968. Borium bleek geen duidelijke invloed te hebben op het aantal levende en dode stengels en de som van de diameters van levende stengels en evenmin op het optreden van topverwelking. Daarom zijn in aanvulling op de veldproeven tevens potproeven uitgevoerd waarin het effect van B-bemesting in B-arme gronden op de ontwikkeling van aspergezaailingen is onderzocht. Daar had een B-bemesting wel degelijk effect, vooral in combinatie met bekalking en een Mg-bemesting (zie hiervoor).

Douglas et al. (1989) onderzochten de behoefte aan borium van aspergezaailingen in een potproef met gesteriliseerd zand en een nutriëntenoplossing in Nieuw Zeeland. In twee proeven werden oplopende boriumconcentraties tussen 0-6,4 mg B L^{-1} dan wel 0,8-12 mg B L^{-1} met de voedingsoplossing toegediend. Bij concentraties tot 1,6 mg B L^{-1} was er een sterk positieve groeirespons, wat volgens Douglas et al. duidt op een hoge boriumbehoefte van asperge. Bij hogere concentraties nam de meeropbrengst weer af, wat duidt op een optimum in de B-beschikbaarheid voor asperges. Dit laatste werd bevestigd in de tweede proef, waarin het wortelgewicht halveerde bij een toename van de B-concentratie in de voedingsoplossing van 0,8 tot 12 mg B L^{-1} . De concentraties in de potproef kunnen niet direct geëxtrapoleerd worden naar hoeveelheden in het veld, maar ook daar zal sprake zijn van een optimum in de B-voorziening. Bij een boriumbemesting moet normaalgesproken rekening gehouden worden met eventuele toxiciteit bij te hoge giften, maar dit geldt niet of nauwelijks voor asperges, omdat het gewas relatief tolerant is voor hoge B-concentraties (Douglas et al., 1989).



Figuur 3.13. Effect van de B-concentratie in een nutriëntenoplossing in een potproef op boven- en ondergrondse hoeveelheid biomassa (Bron: Douglas et al., 1989).

Het effect van de toediening van aspergezout ($\text{NaCl} + \text{MgCl}_2$) staat nogal in de belangstelling, o.a. in relatie tot het voorkomen van de schimmel *Fusarium oxysporum* en roest (o.a. Van Kruistum et al., 2007, 2008). In een bakkenproef werd van 2001 t/m 2004 de werking van 1 ton aspergezout per ha bij het ras “Gijnlim” onderzocht na toediening aan een grond waarop in de periode van 1990 tot 2001 asperges zijn geteeld. Vastgesteld dat de opbrengst in de twee oogstjaren (2003 en 2004) met 37% werd verhoogd ten opzichte van de controle zonder zoutgift. Als echter Mn aan het zout werd toegediend, werd geen significante opbrengstverhoging ten opzichte van de controle verkregen. Er werd geen duidelijke verklaring voor het aanzienlijke positieve effect van de Na-gift op de opbrengst gegeven. Mogelijke verklaringen zijn een verminderde aantasting van *Fusarium oxysporum* en *Fusarium redolens*, maar een direct positief effect van Na op de groei van asperges is ook een mogelijkheid (Marschner, 1995).

3.7 Organische stof en organische meststoffen

Het belang van een goede organische stofvoorziening voor de teelt van asperges is reeds lang bekend (o.a. Van Dam, 1973; Hartmann & Hermann, 1986). Dit heeft te maken met de gunstige effecten van organische stof op het vermogen van grond om water en nutriënten vast te houden, te bufferen en te leveren en met de gunstige effecten op de bodemstructuur. Vaak worden er op gronden met hoge organische stofgehalten hogere opbrengsten gevonden dan op gronden met lage organische stofgehalten (o.a. Van Dam, 1973). Overigens stelden Paschold et al. (2000) in een vijfjarige veldproef vast dat de opbrengsten die op een grond met 0,3% organische stof werd gerealiseerd iets hoger was dan op een grond met 1,4% organische stof. Dit was mogelijk omdat de lagere N-levering op het perceel met 0,3% organische stof werd gecompenseerd door een hogere N-bemesting.

Het vrijkomen van stikstof (N) uit organische meststoffen door het mineralisatieproces stond centraal in de studie van Bloom (2003). Een hoge gift met N-rijke organische meststoffen kan leiden tot een (zeer) hoge N-beschikbaarheid in de bodem die hoger is dan de gewasbehoefte. Dit betekent dat er minerale stikstof (N) in de bodem achterblijft die uit kan spoelen in perioden met een neerslagoverschot.

Aangezien dat kan leiden tot hoge nitraat (NO_3)-gehaltes in het grondwater, moet dat zoveel mogelijk worden voorkomen. Bloom heeft daarom de mogelijkheden verkend om N-rijke dierlijke mesten te vervangen door composten, waaruit minder N beschikbaar komt door mineralisatie. Daarom zijn een aantal organische mesten, waaronder paardenmest, champost en composten, vergeleken na toediening in pot- en veldproeven gedurende de eerste 3 jaren na het planten van aspergekronen. Daarbij werd vastgesteld dat de paardenmest tot de hoogste opbrengst van aspergestengels leidde, maar dat daarmee ook de hoogste N-verliezen optraden. Geconcludeerd werd dat compost goede mogelijkheden biedt om de organische stofvoorziening op peil te houden en N-verliezen te beperken, maar dat zo nodig aanvullende N-giften met kunstmest moeten worden gegeven ten behoeve van een goede N-voorziening van het gewas. Het verschil tussen een goed uitgerijpte compost en stalmest of champost is dat de organische stof in de compost stabiel is en dus langzamer afbreekt en dat er uit de compost minder N (en P) vrijkomt dan uit stalmest of champost. Ter info zijn gegevens over de samenstelling van een aantal veelvoorkomende organische meststoffen weergegeven in tabel 3.9.

De Ruijter & Wilms (2008) hebben een studie gedaan naar de benodigde organische bemesting bij de teelt van asperges op een aantal praktijkbedrijven die hebben deelgenomen aan het project Telers Mineraal Paraat. Daarbij is een inschatting gemaakt van de N-behoefte van het gewas in de eerste jaren na aanplant en is gekeken hoeveel N er vrij kan komen uit organische meststoffen na toediening. Tevens zijn op 4 bedrijven metingen gedaan aan de Nmin-voorraad in 3 bodemlagen (op een diepte van 0-30, 30-60 en 60-90 cm beneden maaiveld) gedurende het groeiseizoen. Ze concludeerden dat in de N-voorziening gedurende de eerste twee jaren kan worden voorzien door de bijdrage van de bodemmineralisatie en een beperkte organische mestgift. Vanwege de hoge stabiliteit van organische stof in compost werd geadviseerd voorafgaand aan de teelt als organische meststof compost te gebruiken.

Tabel 3.9. Mediane samenstelling van dierlijke mest en compost in kg per ton vers product (Bron: Van Dijk & Van Geel, 2012).

Mestsoort	DS	OS	N-totaal	Nm	Norg	P_2O_5	K_2O	MgO	Na_2O	Dichtheid (kg/m ³)
Drijfmest										
Rundvee	85	64	4,1	2,0	2,1	1,5	5,8	1,2	0,7	1005
Vleesvarkens	93	43	7,1	4,6	2,5	4,6	5,8	1,5	1,2	1040
Zeugen	67	25	5,0	3,3	1,7	3,5	4,9	1,4	0,9	
Vaste mest										
Rundvee grupstal	194	152	5,3	0,9	4,4	2,8	6,1	2,2	1,0	900
Varkens (stro)	260	153	7,9	2,6	5,3	7,9	8,5	2,5	0,9	
Leghennen*	573	416	25,6	2,5	23,1	19,6	15,5	5,5	1,7	605
Leghennen + nadroog**	810	427	34,1	3,9	30,2	27,8	20,1	5,9	2,3	
Kippenstrooiselmest	713	359	28,0	3,6	24,4	25,6	20,8	7,5	3,4	600
Vleeskuikens + parelhoen	626	419	32,1	8,0	24,1	16,8	20,5	7,1	3,0	605
Paarden	287	160	4,6	0,5	4,1	2,7	8,1	1,8	1,6	700
Compost										
Champost	336	211	7,6	0,4	7,2	4,5	10,0	2,3	0,9	550
GFT-compost	696	242	12,8	1,2	11,6	6,3	11,3	4,8		800
Groencompost	559	179	5,0	0,5	4,5	2,2	4,2	1,8		

*: Gehouden op een mestbandbatterij met geforceerde droging zonder nadroging

** : Gehouden op een mestbandbatterij met geforceerde droging met nadroging

3.8 Samenvatting bemestingsonderzoek

Tabel 3.10. Samenvatting van het bemestingsonderzoek in asperges dat is beschreven in 3.2 t/m 3.6.

Auteur+land	type proef	bemestingsniveaus	effecten
Hirsch (1985), Duitsland	lysimeterproef, 1 ^e en 2 ^e jaar na planten, zandgrond en lemig zand; N-proef	N-giften overeenkomend met 0-50-100-250 kg N ha ⁻¹	- Op zandgrond positieve respons van de drogestofproductie op N-giften tot 100 kg N/ha; - Op lemige zandgrond geen effect van hoogte N-gift
Hartmann et al. (1987); Hartmann (1989), Duitsland (Ingelheim)	12-jarige veldproef (1971-1982) op lemige zandgrond; N-, P- en K-proef	N: 100, 250 en 400 kg N/ha P: 50 en 150 kg P ₂ O ₅ /ha K: 150 en 350 kg K ₂ O/ha	- Hoogste opbrengst bij 100 kg N per ha: gemiddeld 7,8 ton per ha per jaar. - Vrijwel geen effect van P-gift op opbrengst bij matige P-toestand bodem, maar wel van K: - Opbrengst 5% hoger bij 350 dan bij 150 kg K₂O
Paschold et al. (1999, 2003), Duitsland (Ingelheim)	10-jarige veldproef (1986-1995) op zandgrond met 1% organische stof; N-proef; 13.000 pl per ha	N _{min} -streefwaarden van 30-60-90-120 kg N/ha met gemiddelde N-giften van 6-33- 62-85 kg N/ha	- geen invloed van N-gift op totaal opbrengst; die varieerde tussen 4 en 7 ton per ha per jaar - lichte toename (+10%) van aspergeklasse I en afname van asperges met diameter <10 mm bij toename gift tot N_{min}-streefwaarde 90 kg N ha⁻¹
Paschold et al. (2008) Duitsland	5-jarige veldproef op zandgrond met 0,9% organische stof	N _{min} -streefwaarden van 120 en 100 kg N/ha via Entec en ASS	- Entec gaf hogere opbrengsten dan ASS (ammoniumsulfaatsalpeter) in 4^e en 5^e jaar - Mogelijk door lagere uitspoeling of NH₄-opname
Pitman et al. (1991), VS	Potproef met lemig zand met 0,5% organische stof, 1 ^{ste} en 2 ^{de} jaar na planten; N-proef	N-giften overeenkomend met 0-57-113-170-227-340 kg N ha ⁻¹	- toename van kroongewicht bij N-gift 57 kg N - opbrengsttoename bij verdere verhoging N-gift - hoge N-gift (340 kg N ha⁻¹) geeft verlaging van loofontwikkeling en fructosegehalte van kroon vergeleken met N-gift van 227 kg N ha⁻¹
Makus (1995), VS	veldproef op lemige zandgrond, bij 6-jarig gewas	0-80 kg N vóór of na oogst als rijenbemesting	- geen significant effect op opbrengst (5 ton per ha) of N-opname - licht negatief effect op K-gehalte
Ledgard et al. (1994), Nieuw Zeeland	veldproef naar effect tijdstip N-toediening op opname en verdeling in plant	N –giften 0-50-100 kg ¹⁵ N voor, tijdens en na de oogst	- geen effect van N-gift op opbrengst - N-opname vooral ná oogst tijdens bladgroei - van de late N-gift kwam 24% in stengels - van de vroege N-gift kwam 10% in stengels - benutting van de N-gift voor de oogst is lager dan die van N-gift na oogst
Krup et al. (2002), Chili	veldproef opkweek aspergeplanten; 400.00 zaden/ha	0-50-100-150-200 kg N; oogst 6 maanden na zaaien	- positief effect van N op plantgewicht - geen verschil tussen N-gift van 50 of 200 kg N ha⁻¹
Sommerville & Whalen (2005), Canada	5-jarige veldproef op lemige zandgrond met 9,6% org.stof, metingen in 3 ^e en 4 ^e jaar; P-proef	0-50-75-100-200% van P-bemestingsadvies: 1 ^e jaar 230, 2 ^e jaar 125, 3 ^e jaar 115, 4 ^e jaar 92 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹ in rij	- geen significant effect van P-bemesting op marktbaar opbrengst in 3^e en 4^e jaar - Marktbaar opbrengsten bedroegen in 3^e jaar ruim 2 ton/ha en in 4^e jaar ruim 3 ton/ha.
Drost (2008), VS	veldproef op zavelgrond met lage P-toestand	eenmalige P-gift met superfosfaat in plantgat 0-56-112-225 en 450 kg P ha ⁻¹	- significante opbrengstverhoging tot 225 kg P (=515 kg P₂O₅/ha) in vergelijking met 0 kg P - geen verdere opbrengstverhoging bij toename P-gift tot 450 kg P (=1030 kg P₂O₅/ha)
Sanders (1999), VS	5-jarige veldproef op zavelgrond; NxK-proef	0-50-100-150-200 kg N ha ⁻¹ en 0-50-150-250 kg K ₂ O ha ⁻¹ in alle combinaties; N breed-werpig (via NH ₄ NO ₃); K in rij (als KCl); de helft vóór en de helft na oogst	- toename marktbaar opbrengst bij oplopende N-bemesting tot 150 kg N ha⁻¹; bij 200 kg N/ha was sprake van opbrengstreductie - toename marktbaar opbrengst bij oplopende K bemesting tot 150 kg K₂O ha⁻¹ - positieve interactie tussen N- en K- bemesting. Hoogste opbrengst bij 150 kg N, 150 kg K₂O/ha
Hartmann (1989) en Born (1981), Duitsland	6-jarige veldproef op zandgrond met pH 5,1 en lage Mg-toestand. Proef met bekalking en Mg-bemesting	0-10 ton CaCO ₃ per ha; 0, 565 en 1700 kg MgO per ha in 6 jaar	- Alleen bekalking leidde tot 16% meeropbrengst - Alleen Mg-bemesting leidde tot 22-30% meeropbrengst (afhankelijk van Mg-gift) - Gecombineerde bekalking en Mg-bemesting gaf meeropbrengst tot 40%.
Smilde et al. (1972), Nederland, veldproef in Noord Limburg	Pot- en veldproeven met Ca-, Mg-, B-bemesting en bekalking	Ca- en Mg-bespuiting in veldproeven; bekalking en Ca, Mg- en B-bemesting van arme zandgrond in potproef	- Bekalking van zandgrond met pH-KCl 4,4-4,7: groot effect op opbrengst zaailingen in potproef - Aanvullende giften met Ca, Mg en B hadden positief effect - Geen effect Ca- en Mg-bespuiting in veldproef
Douglas et al. (1989) Nieuw Zeeland	Potproef met steriel zand; B-proef; zaailingen	Voedingsoplossingen met 0 – 12 mg B l ⁻¹	Positieve respons bij oplopende B – concentratie tot ca. 1,6 mg B l⁻¹, daarna daling. Er is dus optimum voor B-beschikbaarheid.
Van Kruistum et al. (2007, 2008), Nederland	Bakkenproef met aspergezout in 2001-2004 met ras “Gijnlim”. Aspergegrond.	1 ton aspergezout (NaCl + MgCl ₂) per ha, met of zonder Mn	- Aspergezout verhoogde opbrengst met 37% - Mogelijk veroorzaakt door verminderde Fusarium- aantasting of direct positief effect van Na of Mg op groei

4 Evaluatie huidige bemestingsadviezen en –praktijken

4.1 Algemeen

De huidige bemestingsadviezen voor Nederland zijn beschreven in de Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen (Van Dijk & Van Geel, 2012). De bemestingsadviezen houden zowel rekening met de behoefte van het gewas als de levering vanuit de bodem. Voor fosfaat en kali is er zowel een bodemgericht als een gewasgericht bemestingsadvies. Het bodemgerichte advies is bedoeld voor het in stand houden of bereiken van een streefwaarde voor de bodemtoestand. Het gewasgerichte advies is bedoeld voor het behalen van een economisch optimale opbrengst. Bij een hoge bodemtoestand en hoge nutriëntenlevering is de benodigde meststofgift voor het bereiken van de economisch optimale opbrengst relatief laag. Daarnaast zijn er adviezen voor Mg en de pH (bekalking), maar de adviezen voor S en B die voor veel gewassen beschikbaar zijn zijn niet geldig voor asperges. Er is geen advies voor organische stof. Het is onduidelijk of de bemestingsadviezen voor asperge zijn gebaseerd op onderzoek (pot- en/of veldproeven). Hierover is geen documentatie voorhanden (Dekker & Van Dijk, 2005).

In Duitsland zijn de bemestingsadviezen voor asperge gedifferentieerder dan in Nederland. De Duitse adviezen zijn sinds enige jaren herzien en sindsdien wordt voor het afleiden van het advies voor de bemesting van asperges bijvoorbeeld rekening gehouden met de plantdichtheid en het productieniveau. Daarbij zijn de adviezen niet meer alleen gebaseerd op veldproeven met meerdere bemestingstrappen, maar op een combinatie van resultaten uit veldproeven en bakkenproeven, praktijkervaringen, literatuurgegevens en overleg tussen onderzoekers en voorlichters (Paschold & Ziegler, 2007; Strobl, 2008). Voor de vollegrondsgroenten, waaronder asperge, zijn bemestingsadviezen opgesteld door IGZ (Feller et al., 2011).

Hierna worden voor N, P, K, pH/bekalking, Mg en B de adviezen voor Nederland en Duitsland kort beschreven, wordt aangegeven in welke opzichten de adviezen verschillen en wordt nagegaan of er op basis van het Duitse advies en/of de onderzoeksresultaten uit het voorgaande hoofdstuk aanleiding is om het Nederlandse advies aan te passen.

4.2 N-advies

4.2.1 Nederland

Het stikstofbemestingsadvies is een richtlijn voor de gemiddelde optimale stikstofgift door de jaren heen. De optimale N-gift is behalve van het gewas afhankelijk van andere factoren zoals voorvrucht, bemestingsverleden, vochtvoorziening. Bij het N-bemestingsadvies voor asperges wordt onderscheid gemaakt tussen vestigingsjaren en oogstjaren (Tabel 4-1). Het N-bemestingsadvies voor de vestigingsjaren is met $80 - N_{\min}$ kg N ha⁻¹ lager dan de geadviseerde $100 - N_{\min}$ kg N ha⁻¹ voor de productie jaren. Bij het advies voor de N-gift dient de hoeveelheid minerale N in de bewortelbare laag (0-90 cm) in mindering gebracht te worden.

Tabel 4-1 N-bemestingsadvies voor asperges in Nederland (van Dijk & Van Geel, 2012)

jaar na zaaien	kg N / ha
1 ^{ste} en 2 ^{de} jaar	80 – N _{min} (0-90 cm) bemonstering voorjaar
productiejaren	100 – N _{min} (0-90 cm) bemonstering na oogst in juni

Bij het N-bemestingsadvies wordt geen rekening gehouden met het N-leverend vermogen van de bodem. Wel wordt er aangegeven hoeveel kan worden gekort op de N-gift na het onderwerken van groenbemesters of oogstresten (van Dijk & Van Geel, 2012).

4.2.2 Duitsland

Bij het Duitse N-bemestingsadvies wordt evenals in Nederland gebruik gemaakt van de N_{min}-methode, die wordt toegelicht in Feller et al. (2011). De opbouw van het advies is echter verschillend, doordat in het Duitse advies wordt uitgegaan van een N_{min} streefwaarde (N_{min}-Sollwert) in de bodem. Dit is de hoeveelheid N die in de bodem aanwezig moet zijn voor een geslaagd gewas. Het N-bemestingsadvies is dan gelijk aan de N_{min}-streefwaarde minus de in de bodem aanwezige N_{min} voorraad:

$$\text{N-advies} = \text{N}_{\text{min}}\text{-streefwaarde} - \text{N}_{\text{min}} \text{ voorraad} \quad \text{kg N ha}^{-1}$$

Voor een aantal gewassen zijn de N_{min}-streefwaarden afgeleid uit bemestingsproeven (Fink et al., 2011). Dit is echter omslachtig en ook niet voor alle gewassen eenduidig vast te stellen. Bij asperge speelt bijvoorbeeld het aantal planten en het productieniveau een rol bij behoefte aan nutriënten.

Daarom is voor asperge een balansmethode ontwikkeld om de N_{min}-streefwaarden te berekenen, waarbij de benodigde bemesting afhangt van de verwachte opname door het gewas, het vrijkomen van N door mineralisatie en een minimaal benodigde N_{min}-voorraad in de bodem. Door Paschold (2007) is aangegeven dat voor de onderbouwing van het advies o.a. gebruik is gemaakt van de resultaten van meerjarige veldproeven en bakkenproeven die zijn uitgevoerd in Ingelheim in Rheinland Pfalz. Het is echter niet precies duidelijk welke proeven dat zijn en wat daarvan de resultaten waren, maar voor een belangrijk deel zal het gaan om proeven die in hoofdstuk 3 zijn beschreven.

De N_{min}-streefwaarde is daarbij opgebouwd uit de verwachte N-opname door het gewas, een minimaal benodigde N_{min}-voorraad in de bodem (de N_{min}-buffervoorraad), verminderd met de verwachte N-mineralisatie.

$$\text{N}_{\text{min}} \text{ streefwaarde} = \text{N opname} + \text{N}_{\text{min}} \text{ buffervoorraad} - \text{netto N mineralisatie} \quad \text{kg N ha}^{-1}$$

De N_{min}-buffervoorraad is de hoeveelheid N die niet door het gewas kan worden opgenomen en die minimaal in de bewortelde bodemlaag aanwezig moet zijn om een goede N-voorziening tot aan het einde van het groeiseizoen zeker te stellen. Deze minimaal benodigde hoeveelheid N_{min} is voor een aantal gewassen afgeleid uit veldproeven, door na te gaan hoeveel N_{min} er aan het einde van het groeiseizoen nog aanwezig is in de bodem bij een goed groeiend en voldoende bemest gewas. Bij gewassen zonder data is de N_{min}-buffervoorraad van vergelijkbare gewassen afgeleid.

De afleiding van de N_{min} streefwaarden voor asperge zijn beschreven door Paschold (2007, 2011). Er wordt onderscheid gemaakt tussen 1^{ste}, 2^{de}, 3^{de} en 4^{de} teeltjaar en ouder. Daarbij wordt rekening gehouden met de plantdichtheid (tabel 4.2) en de bruto-opbrengst (voor de berekening van de

afvoer/opname). Naast de N_{min} -streefwaarden voor het gehele groeiseizoen is er ook een afleiding waarbij de N_{min} -streefwaarden en het N-bemestingsadvies worden gesplitst in twee giften (Paschold, 2011).

Tabel 4.2. N_{min} -streefwaarden (in kg N/ha) voor de afzonderlijke teeltjaren en bij twee plantdichtheden (gebaseerd op Paschold, 2011).

Teeltjaar	Plantdichtheid		Bemonsteringsdiepte voor N_{min} , cm
	15.000	≥ 20.000	
1	110	140	60
2	130	160	90
3	140	160	90
4 en volgend	80	80	90

De aanleiding voor de herziening van de N_{min} -streefwaarden in Duitsland werd gevormd door de volgende factoren (Paschold, 2007 en 2011):

- Nieuwe rassen met hogere potentiële opbrengstniveaus, waardoor de N-opname ook hoger is;
- Een verhoging van de plantdichtheid tot 25.000 planten per ha, waar eerder 14.000 de norm was. Dit hangt samen met het geteelde ras en het heeft vooral in de eerste jaren na aanplant een groot effect op de nutriëntenbehoefte;
- Het inzicht dat een te hoog N-aanbod leidt tot een overmatige loofontwikkeling, wat de aspergeopbrengst nadelig kan beïnvloeden;
- Het inzicht dat een te hoog N-aanbod leidt tot een hoge belasting van het milieu, door uitspoeling van nitraat naar het grondwater.

Hierna wordt kort ingegaan op de onderdelen waaruit de N_{min} -streefwaarde wordt berekend:

N-opname

De stikstofbehoefte van aspergeplanten is in de eerste jaren na uitplanten beduidend hoger dan in latere jaren. Dit komt omdat gedurende de eerste jaren na uitplanten er een uitbreiding van de overblijvende ondergrondse biomassa plaatsvindt, waarbij N wordt vastgelegd in de opslagwortels (zie ook hoofdstuk 2). Na het vierde jaar blijft de ondergrondse biomassa stabiel, en is er enkel nog N nodig voor onderhoud en ter compensatie van afvoer. Dit is reeds weergegeven in figuur 2.2 in hoofdstuk 2.

N_{min} -buffervoorraad

De N_{min} buffervoorraad is gedurende de eerste jaren 40 kg N per ha, maar vanaf het 4^{de} teeltjaar is dat nog maar de helft, namelijk 20 kg N per ha. Paschold (2011) vermeldt niet hoe deze waarde is afgeleid, maar het lijkt aannemelijk dat de buffervoorraad na enige jaren lager is door een lagere N-behoefte en een betere beworteling van het gewas.

Netto N-mineralisatie

Gedurende het groeiseizoen komt er vanuit de organische stof in de bodem ook N door mineralisatie beschikbaar. Paschold (2011) stelt deze hoeveelheid voor een humusarme (<1% organische stof) bodem gedurende de eerste twee teeltjaren op 10 kg N per jaar, in de navolgende jaren op 0. Dit zijn zeer lage hoeveelheden, die in de meeste Nederlandse gronden aanzienlijk hoger zullen zijn. Daarbij moet gedacht worden aan hoeveelheden van minimaal 50-100 kg N per ha per jaar. De hoogte van de

N-mineralisatie op een bepaald perceel is sterk afhankelijk van de geschiedenis van het perceel (oorspronkelijke grondsoort, maar vooral de teelt- en bemestingshistorie).

In onderstaande tabellen zijn de kengetallen vermeld die zijn gebruikt om de streefwaarden bij uiteenlopende situaties (plantdichtheid en teeltjaar) af te leiden.

Tabel 4.3. Berekende en afgeronde streefwaarde op basis van N-opname, Nmin-voorraad en N-mineralisatie (alle in kg N per ha per jaar) bij een plantdichtheid van 15.000 planten per ha. Diepte staat voor bemonsteringsdiepte.

teelt- jaar	Diepte, cm	N opname	Nmin buffervoorraad	N- mineralisatie	Streefwaarde	
					berekend	afgerond
1	60	82	40	10	112	110
2	90	99	40	10	129	130
3	90	98	40	0	138	140
4	90	55	20	0	75	80

Tabel 4.4. Berekende en afgeronde streefwaarde op basis van N-opname, Nmin-voorraad en N-mineralisatie (alle in kg N per ha per jaar) bij een plantdichtheid van ≥ 20.000 planten per ha. Diepte staat voor bemonsteringsdiepte.

teelt- jaar	Diepte, cm	N opname	Nmin buffervoorraad	N mineralisatie	Streefwaarde	
					berekend	afgerond
1	60	108	40	10	138	140
2	90	129	40	10	159	160
3	90	124	40	0	164	160
4	90	55	20	0	75	80

Voor percelen met hoge plantdichtheden raadt Paschold aan om twee maal te bemonsteren, en de stikstofgift daar op aan te passen. Ook de Nmin-streefwaarden zijn dan aangepast, er wordt een percentage van de Nmin-Sollwert voor 1 bemonstering aangehouden. Voor het eerste teeltjaar is ook de bemonsteringsdiepte anders (Paschold, 2008; tabel 4.5 en 4.6).

Verder wordt rekening gehouden met het opbrengstniveau, doordat de onttrekking van nutriënten (=opname) daarvan afhankelijk is.

Tabel 4.5. Richtlijnen voor de Nmin-streefwaarden bij twee monsternametijdstippen (Paschold, 2008).

Standjaar	1 ^{ste} bodemmonster	% van Nmin sollwert	2 ^{de} monster	% van Nmin sollwert
1	aanvang groei (30 cm)	30%	midden-eind juni 60 cm	70% sollwert
2	1 week voor einde oogst	30%	6 weken na einde oogst	70 %
3	“	50%	“	50%
4	“	50%	“	50%

Tabel 4.6. Aangepaste Nmin-streefwaarden bij twee monsternametijdstippen voor twee plantdichtheden

standsjaar	1 ^{ste} monstername plantdichtheid 15000	2 ^{de} monstername	1 ^{ste} monstername plantdichtheid 20000	2 ^{de} monstername
1	70	100	80	120
2	80	110	90	130
3	110	100	120	110
4	80	80	80	80

4.2.3 Evaluatie N-advies

Uit het voorgaande blijkt dat het Nederlandse en Duitse N-bemestingsadvies verschillen ten aanzien van de volgende zaken:

- Het Duitse advies is flexibeler en houdt rekening met plantdichtheid en opbrengstniveau/N-opname;
- In het Duitse advies is het N-advies voor de eerste 3 jaren hoger dan voor de jaren daarna, terwijl dat in het Nederlandse advies precies andersom is;
- In het Duitse advies is de bemonsteringsdiepte voor de Nmin-bepaling voor het eerste jaar gelijk aan 60 cm en voor de jaren daarna aan 90 cm, terwijl dat voor Nederland voor alle jaren gelijk is aan 90 cm;
- Het is duidelijk hoe de streefwaarden in het Duitse advies zijn onderbouwd (met balansmethode berekend uit N-opname, Nmin-buffervoorraad en N-mineralisatie), terwijl het voor het Nederlandse advies niet duidelijk is hoe de adviesgiften zijn afgeleid.

Aangezien er aan de totstandkoming en recente aanpassing van het Duitse N-bemestingsadvies voor asperges veel meer aandacht is besteed dan aan het Nederlandse advies, lijkt het zinvol om na te gaan of en zo ja welke elementen uit het Duitse advies kunnen worden overgenomen in het Nederlandse.

Daarom worden de hiervoor genoemde punten hierna achtereenvolgens behandeld:

- Flexibiliteit: het lijkt gewenst ook in het Nederlandse advies rekening te kunnen houden met plantdichtheid en opbrengstniveau, aangezien daarin aanzienlijke verschillen voor kunnen komen die van invloed zijn op de N-behoefte. Overigens is de plantdichtheid volgens de Landelijke Kerngroep Asperges van LTO Vollegrondsgroente.net in Nederland vaak hoger dan in Duitsland, zodat ook daarmee rekening kan worden gehouden. Hogere plantdichtheden hebben vooral effect op de N-opname in de eerste jaren, maar volgens Paschold (2011) veranderen de streefwaarden niet meer bij plantdichtheden boven de 20.000 planten per ha. Wel adviseert hij in dat geval 2 keer per jaar te bemonsteren voor de Nmin-meting (tabel 4.5 en 4.6). In een bijeenkomst van de Landelijk Kerngroep Asperges kwam naar voren dat dit laatste voor Nederland ongewenst is, omdat

- een tweede meststofgift na 6-7 weken na het stoppen van de oogst praktisch moeilijk uitvoerbaar is.
- Adviezen per teeltjaar: het lijkt gewenst de verdeling van de N-adviesgiften over de teeltjaren uit het Duitse advies over te nemen in het Nederlandse advies. Hiermee wordt beter rekening gehouden met de vastlegging van nutriënten in de opslagwortels en het daarmee samenhangende verloop van de N-opname door het aspergegewas gedurende de eerste jaren na aanleg (Paschold, 2007 en 2011). Hiermee worden de adviesgiften in de eerste jaren hoger dan de giften vanaf het vierde jaar.
 - Bemonsteringsdiepte: ook hier lijkt het zinvol het Duitse advies over te nemen, wat betekent dat de Nmin-voorraad in het eerste jaar wordt bepaald in de 0-60 cm bodemlaag.
 - Hoogte van de streefwaarden: deze zijn in het Duitse advies gedurende de eerste jaren betrekkelijk hoog, wat voor een deel het gevolg is van zeer lage waarden voor de N-mineralisatie. Het lijkt zeer waarschijnlijk dat de N-mineralisatie onder Nederlandse omstandigheden (veel) hoger zal zijn dan 0-10 kg N per ha per jaar uit het Duitse advies, waardoor de hoogte van de streefwaarden aanzienlijk lager zouden zijn. Uitgaande van een N-mineralisatie van 50 kg N per ha per jaar zouden de streefwaarden voor het 1^e, 2^e, 3^e en 4^e jaar gelijk zijn aan respectievelijk 100, 120, 110 en 30 kg N per ha per jaar. Het lijkt zinvol aanvullend onderzoek te doen naar de gewenste hoogte van de streefwaarden onder Nederlandse omstandigheden.

4.3 P-advies

4.3.1 Nederland

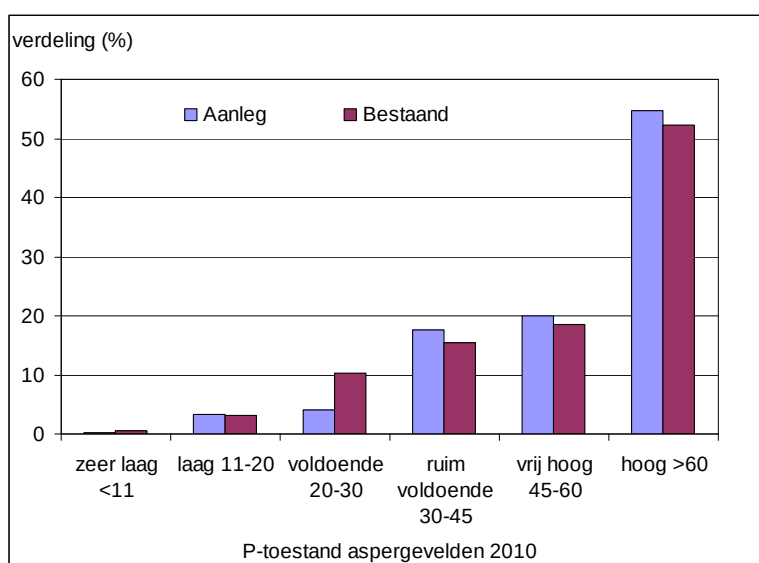
In het Nederlandse P-bemestingsadvies wordt onderscheid gemaakt naar een gewasgericht en een bodembericht advies. Er moet aan beide adviezen worden voldaan. De gewasgerichte adviezen zijn afhankelijk van de P-behoefte van het gewas (daartoe zijn gewassen ingedeeld in een aantal gewasgroepen, die verschillen in P-behoefte) en de P-toestand van de bodem. Bij het bodemgerichte advies wordt een bepaalde fosfaattoestand van de bodem nagestreefd. Voor het karakteriseren van de P-toestand en de P-levering wordt de Pw-meting als basis gebruikt in huidige basisbemestingsadviezen. Het streefgetal voor de fosfaattoestand is een Pw van 20 of 30, afhankelijk van de gewassen in het bouwplan. Aangezien asperge wordt beschouwd als een gewas met een lage P-behoefte is het streefgetal gelijk aan 20. Indien de fosfaattoestand lager is dan het streefgetal wordt geadviseerd om de fosfaattoestand op peil te brengen door een bemesting met een P-meststof. Gebleken is namelijk dat bij een lage P-toestand een hoge P-bemesting minder opbrengst geeft dan bij een hoge P-toestand. Voor het handhaven van de streefstoestand moet gemiddeld over het bouwplan de afvoer en een onvermijdbaar verlies worden toegediend via meststoffen. Dit komt globaal overeen met een hoeveelheid tussen 50 en 70 kg P₂O₅ per ha. In bouwplannen met weinig P-behoefte gewassen is het bodemgerichte advies hoger dan het gewasgerichte.

Daarnaast is er een gewasgericht P-advies dat ook gebaseerd is op het Pw-getal van de grond. Gewassen worden daarvoor in groepen met verschillende fosfaatbehoeften ingedeeld. Asperges zijn ingedeeld bij de minst-fosfaatbehoefte gewassen. Hiervoor geldt de rekenformule P-gift = 140-4*Pw, afgerond op veelvouden van 5 kg (voor dekzand, dalgrond, löss). In tabel 4.7 worden de geadviseerde fosfaatgiften in relatie tot Pw gegeven.

Tabel 4-7 P-bemestingsadvies voor asperges (kg P_2O_5 / ha) op dekzand, dalgrond of löss in afhankelijkheid van de Pw waarde van grond (Van Dijk & Van Geel, 2012).

Pw	kg P_2O_5 / ha
10	100
15	80
20	60
25	40
30	20
>35	0

Een overzicht van de fosfaattoestand van ca. 1000 grondmonsters die zijn genomen in aspergepercelen (gemeten door BLGG AgroXpertus, 2010) is weergegeven in Figuur 4-1. Het valt op dat een groot aandeel van de aspergepercelen een hoge P-toestand heeft. Dit beeld komt overeen met informatie uit andere studies over de fosfaattoestand van landbouwgronden in Zuidoost Nederland. Van zowel de percelen in aanleg als bestaande percelen heeft 3% een Pw lager dan 20. Hierbij zou zowel een bodemgerichte als een gewasgerichte P-bemesting geadviseerd worden. Meer dan 50 % van de percelen, zowel bij aanleg als bestaande, heeft een P-toestand hoog, met een Pw van meer dan 60. Van de percelen in aanleg heeft 89% een Pw >35, bij de bestaande percelen is dat 82 %. Deze percelen hebben volgens de bemestingsadviesbasis geen P-bemesting nodig.



Figuur 4-1 Procentuele verdeling van aspergepercelen (in aanleg of bestaand) over waarderingsklassen voor de P-toestand (gemeten door BLGG AgroXpertus, 2010).

4.3.2 Duitsland

Paschold (2008) maakt bij het afleiden van bemestingsadviezen voor P, K en Mg evenals voor N gebruik van de balansmethode, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen de 1^e, 2^e, 3^e en volgende teeltjaren. Het uitgangspunt is dat de benodigde bemesting gelijk is aan de onttrekking door het gewas, waarbij gecorrigeerd wordt voor de levering vanuit de bodem en eventuele verliezen. Doordat in de eerste jaren het wortel- en rhizoomstelsel opgebouwd moet worden is de behoefte aan nutriënten in de beginfase hoger dan in latere jaren. Ook neemt de afvoer met de oogst toe, waarvoor gecompenseerd wordt bij bemestingsadvies. Vanaf het vierde jaar groeit het wortelstelsel niet meer, en kunnen korte periodes van

tekorten in de bodem opgevangen worden door de voorraden in het wortelstelsel.

De onttrekking van nutriënten door het gewas in de eerste jaren na aanplant wordt dan ook vooral bepaald door de vastlegging in het rhizoom- en wortelstelsel (in eerste 3 jaar afhankelijk van plantdichtheid; tabel 4.8). Bij de omrekening van informatie over de P-, K- en Mg-behoefte/opname per plant naar de opname per hectare is gebruik gemaakt van informatie over de plantdichtheid. Vanaf het vierde jaar is het wortelstelsel zodanig ontwikkeld dat de totale omvang van wortelstelsels bij beide plantdichtheden vergelijkbaar zijn.

Tabel 4.8. Fosfaat-opname (kg P_2O_5 /ha/jaar) door een aspergegewas in de eerste jaren na aanleg in afhankelijkheid van plantdichtheid. Er is rekening gehouden met de P-vastlegging in opslagwortels en de opbrengstafhankelijke P-afvoer met de oogst (Paschold, 2008).

Teeltjaar	P-opname bij 2 plantdichtheden	
	15.000 planten/ha	20.000 planten/ha
1	27	37
2	46	60
3	44	55
4	21	21

Bij een plantdichtheid van 20.000 planten per ha is voor de jaren 1-3 uitgegaan van een gemiddelde P-onttrekking van 50 kg P_2O_5 per ha en voor jaar 4 en volgend van 20 kg P_2O_5 per ha.

Bij het afleiden van de adviesgiften voor P wordt naast de P-behoefte van het gewas rekening gehouden met de P-beschikbaarheid in de bodem. Er is een indeling gemaakt in bodems met een zeer lage tot zeer hoge beschikbaarheid. De indeling is gebaseerd op analyses met het CAL-extract (voor P_2O_5 en K_2O). Het gemiddeld bemestingsadvies, dat is afgeleid uit de behoefte van gewas, gaat uit van een P-toestand die als normaal wordt beoordeeld. Bij de andere P-toestanden wordt een correctie toegepast voor de beschikbaarheid (tabel 4.9).

Tabel 4.9. Fosfaatbemestingsadvies (in kg P_2O_5 per ha) in afhankelijkheid van P-toestand van de bodem en het teeltjaar (naar Paschold, 2008).

P-CAL, mg P_2O_5 /100 g	waarderings- klasse	P-advies jaar 1-3	P-advies jaar 4 en volgend
< 6	laag	100	40
6-12	matig	75	30
13-24	normaal	50	20
25-34	hoog	25	10
>34	zeer hoog	0	0

De data voor de berekening van de nutriëntenbehoefte van het aspergegewas zijn verzameld door onderzoekers van verschillende instituten uit meerdere deelstaten in Duitsland. Hiervoor zijn in meerdere proefvelden/praktijkpercelen gehele planten uitgegraven, gewogen, gedroogd en geanalyseerd (Paschold, 2008; resultaten zelf zijn niet gegeven in artikel).

4.3.3 Evaluatie P-advies

Het Nederlandse P-advies is niet specifiek voor asperges ontwikkeld, maar is een generiek advies voor alle gewassen, waarbij onderscheid wordt gemaakt naar een bodemgericht en een gewasgericht advies. Uitgangspunt voor het bodemgerichte advies is dat de P-toestand van de bodem gehandhaafd dient te worden door het compenseren van de afvoer met het gewas. Dit betekent dat jaarlijks 50-70 kg P_2O_5 per ha toegediend te worden. Bij het gewasgerichte advies speelt de P-behoefte van en de P-toestand van de bodem een rol. Het aspergegewas is ingedeeld in de gewasgroep met de minst fosfaatbehoefte gewassen. Op basis van onderzoeksresultaten uit hoofdstuk 3 lijkt dit terecht: het gewas reageert zelfs bij lage P-toestanden vaak nauwelijks op een P-bemesting. Het betekent dat het gewasgerichte P-advies bij het streefgetal ($P_w = 20$) gelijk is aan 60 kg P_2O_5 /ha, maar bij hogere P-toestanden lager. In de meeste gevallen zal het bodemgerichte advies hoger zijn dan dit gewasgerichte.

In het Duitse P-advies vormt de P-opname door het gewas de basis voor de hoogte van de adviesgift. Deze systematiek komt enigszins overeen met het bodemgerichte advies uit het Nederlandse P-advies. Ook zijn er overeenkomsten met het Nederlandse gebruiksnormenstelsel, waarbij de toegestane P-toediening is gebaseerd op de gemiddelde P-onttrekking (hierbij wordt overigens geen verschil gemaakt tussen gewassen). Er is in het Duitse advies weliswaar een correctie toegepast voor de P-beschikbaarheid in de bodem, maar de wijze waarop dit onderbouwd is is onduidelijk. In het Duitse advies is het P-advies bij een "normale" P-toestand van de bodem in jaar 1-3 na aanleg gelijk aan 50 kg P_2O_5 /ha en vanaf het 4^e jaar gelijk aan 20 kg P_2O_5 /ha. Voor de eerste jaren is het Duitse advies dus vrijwel gelijk aan het Nederlandse advies, zoals hiervoor is aangegeven.

Er is geen duidelijke aanleiding om het Nederlandse P-advies voor asperges aan te passen op basis van het Duitse advies.

4.4 K-advies

4.4.1 Nederland

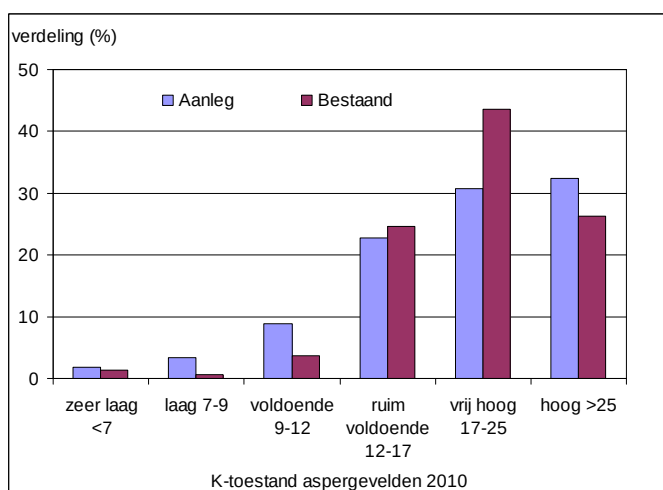
In het Nederlandse kaliumbemestingsadvies wordt evenals bij fosfaat onderscheid gemaakt tussen een bodemgericht en een gewasgericht advies. Ook in dit geval moet aan beide adviezen worden voldaan. De kaliumtoestand van de bodem wordt in het basisbemestingsadvies uitgedrukt met behulp van het K-getal en de K-HCl (löss). Op zandgrond lijkt de kalitoestand geen directe invloed te hebben op de opbrengst. Om echter te voorkomen dat in extreme jaren de K-voorziening geheel afhankelijk zou zijn van een recente K-bemesting wordt toch een streefwaarde van 11 voor het K-getal aangehouden. Daartoe moet op bouwplanniveau de onttrekking van ca. 150 kg K_2O per ha en een onvermijdbaar verlies van 0-50 kg K_2O per ha (resp. voor klei en zand) gecompenseerd worden via de bemesting. In het algemeen is het bodemgerichte advies hoger dan het gewasgerichte.

Het gewasgerichte K-advies is afhankelijk van de grondsoort en de kaliumbehoefte van het gewas. Asperge is ingedeeld bij de minst kaliumbehoefte gewassen. Het gewasgerichte kaliumbemestingsadvies voor asperge op dekzand, dalgrond en löss wordt weergegeven in Tabel 4-10 (Van Dijk & Van Geel, 2012).

Tabel 4-10. Het gewasgerichte K-bemestingsadvies (kg K₂O / ha) voor dekzand en dalgrond in relatie tot het K-getal en voor löss in relatie tot K-HCl (Van Dijk & Van Geel, 2012).

K-getal en/of K-HCl	dekzand, dalgrond	Löss
<4	220	160
6	190	150
8	160	130
10	130	110
12	110	90
14	90	70
16	70	40
18	60	0
20	50	0
22	40	0
24	30	0
>26	0	0

Een overzicht van de kaliumtoestand van aspergepercelen (gemeten door BLGG AgroXpertus, 2010) is weergegeven in Figuur 4-2.



Figuur 4-2 Procentuele verdeling van aspergepercelen (in aanleg of bestaand) over waarderingsklassen voor de K-toestand (gemeten door BLGG AgroXpertus, 2010).

Van de aspergepercelen in aanleg heeft 9% een K-getal lager dan 11, voor de bestaande percelen is dat 4%. Hier zou volgens het bodemgerichte advies een K-gift nodig zijn om het K-getal op de streefwaarde van 11 te brengen.

Van de aspergepercelen in aanleg heeft 32% een K-toestand hoog met een K-getal hoger dan 25. Van de bestaande percelen is dat 26%. Op deze percelen is volgens het bemestingsadvies geen K-bemesting nodig.

4.4.2 Duitsland

Zoals bij de bespreking van het P-advies in Duitsland al is aangegeven is ook het K-advies voor asperges in Duitsland gebaseerd op de balansmethode (K-advies gelijk aan K-onttrekking gewas, een

eventueel onvermijdelijk K-verlies, gecorrigeerd voor de K-beschikbaarheid in de bodem) (Paschold, 2008). De K-opname door het aspergewas in afhankelijkheid van plantdichtheid is gegeven in tabel 4.11.

Tabel 4.11. Kali-opname (kg K₂O/ha/jaar) door een aspergewas in de eerste jaren na aanleg in afhankelijkheid van plantdichtheid. Er is rekening gehouden met de K-vastlegging in opslagwortels en de opbrengstafhankelijke K-afvoer met de oogst (Paschold, 2008).

Teeltjaar	K-opname bij 2 plantdichtheden	
	15.000 planten/ha	20.000 planten/ha
1	89	117
2	146	189
3	154	189
4	90	90

Bij een plantdichtheid van 20.000 planten per ha is voor de jaren 1-3 uitgegaan van een gemiddelde K-onttrekking van 175 kg K₂O per ha en voor jaar 4 en volgend van 90 kg K₂O per ha.

Bij het afleiden van de adviesgiften voor K wordt naast de K-behoefte van het gewas rekening gehouden met de K-beschikbaarheid in de bodem. Er is een indeling gemaakt in bodems met een zeer lage tot zeer hoge beschikbaarheid. De indeling is gebaseerd op analyses met het CAL-extract. Het gemiddeld bemestingsadvies, dat is afgeleid uit de behoefte van gewas, gaat uit van een K-toestand die als normaal wordt beoordeeld. Bij de andere K-toestanden wordt een correctie toegepast voor de beschikbaarheid (tabel 4.12).

Tabel 4.12. Kalibemestingsadvies (in kg K₂O per ha) in afhankelijkheid van K-toestand van de bodem en het teeltjaar (naar Paschold, 2008).

K-CAL (zandgrond), mg K ₂ O/100 g	waarderings- klasse	K-advies jaar 1-3	K-advies jaar 4 en volgend
< 5	laag	300	180
5-9	matig	230	135
10-15	normaal	175	90
16-25	hoog	85	45
>25	zeer hoog	0	0

4.4.3 Evaluatie K-advies

Evenals bij P is het K-advies voor asperges in Nederland en Duitsland verschillend. In Nederland is het advies generiek en worden gewassen op basis van de K-behoefte ingedeeld in gewasgroepen. De onderbouwing van de indeling van asperges in de gewasgroep met de minst K-behoefte gewassen (gewasgroep 4) is onduidelijk. Bij een streefwaarde van de K-toestand van 11 is het gewasgerichte K-advies voor asperges op zandgrond gelijk aan 120 kg K₂O per ha en bij hogere K-toestanden is het lager. Het bodemgerichte K-advies is gericht op het compenseren van de onttrekking en bedraagt voor het handhaven van de K-toestand 200 kg K₂O per ha voor zandgrond.

In Duitsland is het K-advies gebaseerd op de K-onttrekking door het aspergewas, wordt onderscheid gemaakt naar teeltjaren en wordt een correctie aangebracht voor de K-beschikbaarheid in de grond. Bij een normale K-toestand van de bodem is het K-advies voor de jaren 1-3 gelijk aan 175 en vanaf jaar 4

gelijk aan 90 kg K₂O per ha.

Gezien de vrij grote effecten van K-bemesting op de opbrengst van asperges (zie hoofdstuk 3) en de grotere K-behoefte in de eerste jaren na aanleg dan in de daarna volgende productie jaren, wordt voorgesteld het Nederlandse gewasgerichte K-advies voor asperges aan te passen aan het Duitse, waarbij dus onderscheid wordt gemaakt naar plantdichtheden en teeltjaren en waarbij het K-advies voor de jaren 1-3 wordt verhoogd en vanaf jaar 4 wordt verlaagd. Wel moeten de K-CAL worden vertaald in de K-HCl en het K-getal die in Nederland worden gehanteerd. Voor het K-advies voor de praktijk heeft dat echter geen consequenties, omdat het bodemgerichte K-advies voor het handhaven van de K-toestand op zandgrond 200 kg K₂O per ha bedraagt.

4.5 pH-advies

4.5.1 Nederland

De Nederlandse bemestingsadviesbasis bevat een aparte waarderingstabel voor asperges (Tabel 4-13). Onder de pH-KCl 5,2 is de waardering laag. Bij een lage pH wordt bij percelen in aanleg geadviseerd om een reparatiebekalking uit te voeren tot pH 5,9. Bij bestaande bedden is dat pH 5,5.

Daarnaast wordt er rekening gehouden met een daling van de pH door uitspoelingsverlies van kalk uit de bouwvoor. Ter compensatie wordt geadviseerd zo nodig een onderhoudsbekalking uit te voeren om de pH op peil te houden. De verwachte pH-daling ten opzichte van de uitgangs-pH is 0,25 pH eenheid in 4 jaar bij een uitgangs-pH van 5,0, en 0,39 pH-daling bij een uitgangs-pH van 5,7.

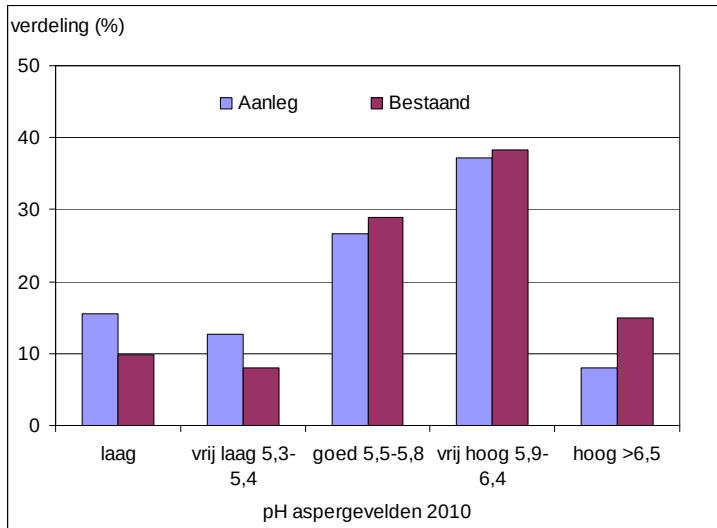
Tabel 4-13 Waardering van de pH-KCl voor de teelt van asperges (Van Dijk & Van Geel, 2012).

Waardering	pH-KCl
Laag	≤ 5.2
vrij laag	5.3-5.4
Goed	5.5-5.8
vrij hoog	5.9-6.4
Hoog	≥ 6.5
bekalken tot:	5.9 bij aanleg
	5.5 bestaande bedden

Een overzicht van aspergepercelen naar waardering van de pH-CaCl₂ (gemeten door BLGG AgroXpertus, 2010) is weergegeven in Figuur 4-3.

Van de aspergevelen in aanleg heeft 29% een pH-CaCl₂ lager dan 5,4 en waardering (vrij) laag. Van de bestaande percelen is dat 18%. Op die percelen zou naast een onderhoudsbekalking ook een reparatiebekalking uitgevoerd moeten worden.

Bij 45% van de percelen in aanleg en bij 53% van de bestaande aspergepercelen is de pH meer dan 5,9 met waardering (vrij) hoog. Op die percelen hoeft geen onderhoudsbekalking te worden uitgevoerd en is het gewenst dat de pH daalt tot onder de 5,9.



Figuur 4-3 Procentuele verdeling van aspergepercelen (in aanleg of bestaand) over waarderingsklassen voor de pH-toestand (gemeten door BLGG AgroXpertus, 2010).

4.5.2 Duitsland

Het pH- en het bekalkingsadvies voor asperges in Duitsland is niet geheel duidelijk. Er worden verschillende trajecten genoemd:

- Hartmann (1985 en 1989) geeft aan dat een pH (waarschijnlijk bepaald na extractie met 0,01 M CaCl_2) van 5,5-6,5 gewenst is en dat bij pH's lager dan 5,5 opbrengstreducties op kunnen treden. Bij een pH lager dan 6,0 is volgens Hartmann (1985) een onderhoudsbekalking nodig.
- Strobl (2008) noemt een streeftraject van pH 5,8-6,5, waarbij het vooral belangrijk is dat de pH van 5,8 niet wordt onderschreden. Verder geeft hij aan dat het pH-advies afhankelijk is van grondsoort.
- Weber (2012) geeft aan dat de pH op zandgronden tussen 5,6 en 5,8 dient te liggen.

4.5.3 Evaluatie pH

De pH-adviezen voor Nederland en Duitsland liggen vrij dicht bij elkaar, aangezien in beide gevallen streeftrajecten vanaf pH 5,5 worden genoemd. Het is van belang te voorkomen dat de pH te laag wordt, aangezien er dan negatieve effecten door Al-toxiciteit op kunnen treden. Uit het beschreven onderzoek in hoofdstuk 3 is gebleken dat het effect van bekalking van een bodem met een pH van 5,1 een groot effect op de opbrengst van asperges tot gevolg kan hebben.

Een te hoge pH is ook niet gewenst, aangezien dat een negatief effect op de beschikbaarheid van bepaalde (spoor)elementen, zoals Mn, kan hebben. Daarom dient een pH van 5,9 te worden aangehouden als maximale waarde.

Er lijkt geen aanleiding te zijn om het Nederlandse pH-advies aan te passen aan het Duitse. Wel dient kritisch te worden gekeken naar het effect van de extractiemethode (1 M KCl vs. 0,01 M CaCl_2).

Daarnaast is de pH in monsters van praktijkpercelen in veel gevallen suboptimaal (18-29% lager dan 5,4 en 45-53% hoger dan 5,9). Aandacht voor het optimaliseren van de pH lijkt dan ook een belangrijk aandachtspunt voor praktijkbedrijven.

4.6 Mg-advies

4.6.1 Nederland

Voor de zand- en lössgronden is een Mg-bemestingsadvies op basis van grondonderzoek beschikbaar. De Mg-toestand van de grond wordt bepaald aan de hand van het gehalte aan MgO dat is bepaald in een 0,5 M NaCl-extract (Tabel 4-14). Hierbij wordt een streefwaarde van 75 mg MgO per kg grond aangehouden.

Afhankelijk van de Mg-toestand wordt geadviseerd om jaarlijks (toestand laag) of eenmaal in de twee tot vier jaar een Mg-bemesting uit te voeren. Bij het berekenen van de Mg-gift wordt de bouwvoordikte betrokken. Voor asperges is niet aangegeven welke bouwvoordikte hierbij aangehouden dient te worden. In de praktijk blijkt dat de bemonsterde diepte varieert tussen 25 cm en 60 cm.

Naast het bodemgerichte bemestingsadvies wordt geadviseerd bij gebreksverschijnselen een gewasanalyse uit te laten voeren, en in indien nodig een bladbemesting te geven.

Tabel 4-14 Waardering van de Mg-toestand van de bodem en de daarbij gegeven bemestingsadviezen (Van Dijk & Van Geel, 2010).

Waardering	MgO-gehalte (mg/kg grond)	Adviesgift (kg MgO/ha			
		1 ^{ste} jaar	2 ^{de} jaar	3 ^{de} jaar	4 ^{de} jaar
Laag	0-75	1	2	2	2
Voldoende	75-109	0	2	2	2
Ruim voldoende	110-174	0	0	2	2
Hoog	175-300	0	0	0	2
Zeer hoog	>300	0	0	0	0

- 0: geen bemesting
- 1: MgO-gift (kg MgO / ha) = (75 – MgO-gehalte) x bouwvoordikte (in dm) x volumegewicht grond
- 2: MgO-gift (kg MgO / ha) = 20,7 x bouwvoordikte (in dm) x volumegewicht grond

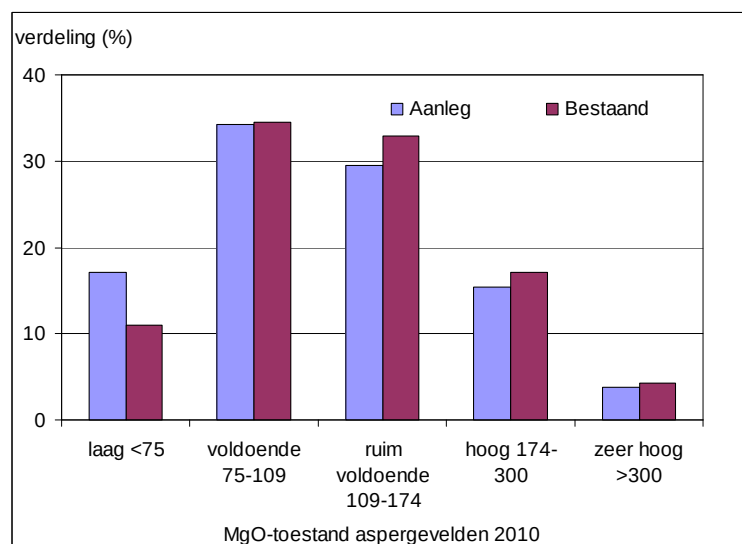
Dit betekent het volgende voor de voorbeeldsituaties die hierna zijn beschreven (tabel 4.15):

- Bij een laag Mg-gehalte van 25 mg MgO/kg, een organische stofgehalte van 2% en een bouwvoordikte van 30 dan wel 60 cm, wordt het Mg-advies voor het eerste jaar gelijk aan resp. 213 en 426 kg MgO per ha. Voor het tweede en volgende jaar is het advies dan gelijk aan 88 en 176 kg MgO per ha.
- Bij een laag Mg-gehalte van 50 mg MgO/kg, een organische stofgehalte van 2% en een bouwvoordikte van 30 dan wel 60 cm, wordt het Mg-advies voor het eerste jaar gelijk aan resp. 107 en 213 kg MgO per ha. Voor het tweede en volgende jaar is het advies dan gelijk aan 88 en 176 kg MgO per ha.
- Bij een Mg-gehalte van 100 mg MgO/kg, een organische stofgehalte van 2% en een bouwvoordikte van 30 dan wel 60 cm, is het Mg-advies voor het eerste jaar voor beide situaties gelijk aan 0 en voor het tweede en volgende jaar is het advies dan gelijk aan 88 en 176 kg MgO per ha.

Tabel 4.15. Mg-adviezen voor een aantal voorbeeldsituaties (gekaracteriseerd door Mg-gehalte en bouwvoordikte) voor een grond met 2% organische stof (volumegewicht= 1,42 kg/dm³).

Mg-gehalte, mg MgO/kg	Bouwvoordikte, dm	Mg-advies (kg MgO/ha) in jaar 1-4 na monsternamen			
		Jaar 1	Jaar 2	Jaar 3	Jaar 4
25	3	213	88	88	88
	6	426	176	176	176
50	3	107	88	88	88
	6	213	176	176	176
75	3	0	88	88	88
	6	0	176	176	176
100	3	0	88	88	88
	6	0	176	176	176
125	3	0	0	88	88
	6	0	0	176	176

Een overzicht van de magnesiumtoestand van aspergepercelen (gemeten door BLGG AgroXpertus, 2010; in 0,01 M CaCl₂-extract) is weergegeven in Figuur 4-4. Van de aspergepercelen in aanleg heeft 17 % een magnesium toestand laag met een MgO-gehalte onder de streefwaarde van 75 mg kg⁻¹ grond. Bij de bestaande aspergepercelen is dat 11%. Hierbij wordt naast een reparatiebemesting een jaarlijkse Mg-bemesting geadviseerd. Van de percelen in aanleg heeft 34% een toestand voldoende en 29% ruim voldoende, bij de bestaande percelen is dat 35% respectievelijk 33%. Hierbij wordt Mg-bemesting vanaf 2^{de} dan wel 3^{de} jaar na bemonsteren geadviseerd. Op 4% van de percelen is de Mg-toestand zeer hoog, hier wordt geen Mg-bemesting geadviseerd.



Figuur 4-4 Procentuele verdeling van aspergepercelen (in aanleg of bestaand) over waarderingsklassen voor de Mg-toestand (gemeten door BLGG AgroXpertus, 2010).

4.6.2 Duitsland

Zoals bij de bespreking van het P-advies in Duitsland al is aangegeven is ook het Mg-advies voor asperges in Duitsland gebaseerd op de balansmethode (Mg-advies gelijk aan Mg-onttrekking gewas, een eventueel onvermijdelijk Mg-verlies, gecorrigeerd voor de Mg-beschikbaarheid in de bodem)

(Paschold, 2008). De Mg-opname door het aspergewas in afhankelijkheid van plantdichtheid is gegeven in tabel 4.16.

Tabel 4.16. Magnesium-opname (kg MgO/ha/jaar) door een aspergegewas in de eerste jaren na aanleg in afhankelijkheid van plantdichtheid. Er is rekening gehouden met de Mg-vastlegging in opslagwortels en de opbrengstafhankelijke Mg-afvoer met de oogst (Paschold, 2008).

Teeltjaar	Mg-opname bij 2 plantdichtheden	
	15.000 planten/ha	20.000 planten/ha
1	10	12
2	15	20
3	15	20
4	10	10

Bij een plantdichtheid van 20.000 planten per ha is voor de jaren 1-3 uitgegaan van een gemiddelde Mg-onttrekking van 40-60 kg MgO per ha en voor jaar 4 en volgend van 10-30 kg MgO per ha.

Bij het afleiden van de adviesgiften voor Mg wordt naast de Mg-behoefte van het gewas rekening gehouden met de Mg-beschikbaarheid in de bodem, zoals dat ook voor P en K is gedaan. Er is een indeling gemaakt in bodems met een zeer lage tot zeer hoge beschikbaarheid. De indeling is gebaseerd op analyses met het CaCl_2 -extract. Het gemiddeld bemestingsadvies, dat is afgeleid uit de behoefte van gewas, gaat uit van een Mg-toestand die als normaal wordt beoordeeld. Bij de andere Mg-toestanden wordt een correctie toegepast voor de beschikbaarheid (tabel 4.17).

Tabel 4.17. Magnesiumbemestingsadvies (in kg MgO per ha) voor zandgrond in afhankelijkheid van Mg-toestand van de bodem en het teeltjaar (naar Paschold, 2008).

Mg- CaCl_2 (zand), mg MgO/100 g		waarderings- klasse	Mg-advies jaar 1- 3	Mg-advies jaar 4 en volgend
< 3	< 30	laag	100	60
3-4	30-44	matig	80	45
5-9	45-94	normaal	60	30
10-12	95-120	hoog	30	15
>12	> 120	zeer hoog	0	0

4.6.3 Evaluatie Mg-advies

Uit het voorgaande blijkt dat in het Nederlandse bemestingsadvies een wat hogere Mg-toestand wordt nagestreefd (klasse voldoende is 75-109 mg MgO/kg) dan in het Duitse (45-94 mg MgO/kg), maar dat ze elkaar wel overlappen. De adviesgiften zijn in Nederland in het algemeen wat hoger dan in Duitsland, vooral in het traject met lage Mg-gehalten en bij een dikke bouwvoor. Bij wat hogere Mg-gehalten is het Duitse advies vooral voor het eerste jaar soms wat hoger.

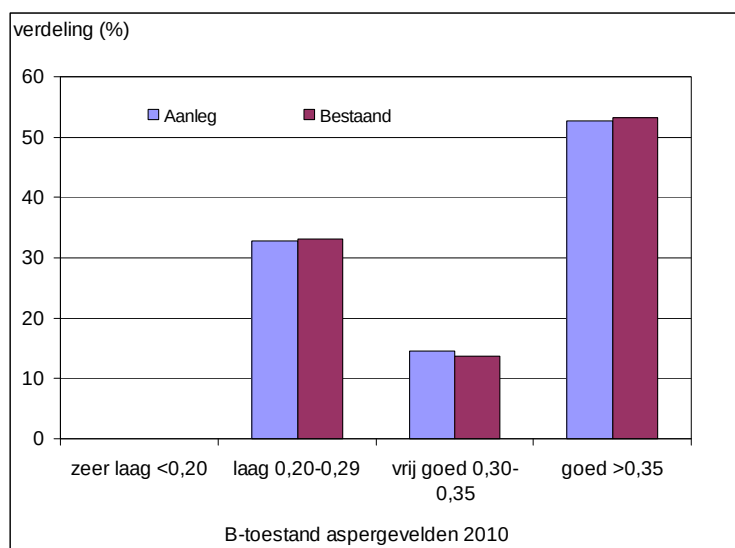
In het Nederlandse advies wordt de Mg-gift niet gecorrigeerd voor plantdichtheid en het teeltjaar van asperges, zoals dat in het Duitse advies wel het geval is.

Het lijkt niet nodig het Nederlandse advies voor Mg aan te passen aan het Duitse.

4.7 Overige elementen

In de Nederlandse adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen (Van Dijk & Van Geel, 2012) zijn in aanvulling op het voorgaande adviezen beschreven voor zwavel (S), calcium (Ca), borium (B), mangaan (Mn) en er zijn nog enkele globale richtlijnen geformuleerd voor de spoorelementen koper (Cu), molybdeen (Mo), ijzer (Fe) en zink (Zn). De zwavel- en borium-adviezen zijn het verst uitgewerkt, maar die zijn niet van toepassing voor asperges. Het risico van Mn-gebrek op zandgrond neemt toe bij $\text{pH} > 5,4$ en het treedt vrijwel steeds op bij $\text{pH} > 6,2$.

Een overzicht van de boriumtoestand op aspergepercelen is weergegeven in figuur 4.5. Hieruit blijkt dat een vrij hoog percentage (meer dan 30%) van de aspergepercelen een B-toestand heeft in de klasse laag.



Figuur 4-5 Procentuele verdeling van aspergepercelen (in aanleg of bestaand) over waarderingsklassen voor de B-toestand (gemeten door BLGG AgroXpertus, 2010).

De Duitse adviezen ten aanzien van de bemesting van asperges richten zich vooral op N, P, K en Mg, soms met een uitbreiding naar pH (Weber), organische stof (zie verder) en borium (B) en koper (Cu) (Strobl, 2008). Ten aanzien van het B-advies wordt door Strobl geadviseerd de eventuele B-gift te baseren op grondonderzoek, i.v.m. het risico van B-toxiciteit.

4.8 Organische stof

Adviezen voor het organische stofbeheer en het organische stofgehalte van de bodem zijn verspreid aanwezig. In de Nederlandse adviesbasis is geen organische stof-advies opgenomen en ook in Duitsland zijn geen eenduidige richtlijnen. Dit komt o.a. doordat het lastig is om precies aan te geven hoeveel organische stof er minimaal in een bodem aanwezig moet zijn (zie o.a. Loveland & Webb, 2003; Bloom, 2003). Het organische stofgehalte in een bodem is onderhevig aan afbraak, maar het wordt ook aangevuld doordat gewasresten en organische mesten op de bodem worden achtergelaten en langzaam worden omgezet in organische stof in de bodem. Het is dus een resultante van afbraak- en opbouwprocessen. Daarnaast spelen de ontstaanswijze van de bodem en de aard van de organische stof een belangrijke rol. Zo kunnen veenresten in grond zorgen voor hoge organische stofgehalten, maar

die organische stof heeft niet altijd de gewenste positieve eigenschappen, die andere organische stof wel heeft. In zandgronden in Zuidoost Nederland waarop asperges worden geteeld, varieert het organische stofgehalte in het algemeen tussen 2 en 4%.

Om een daling van het organische stofgehalte in de bodem tegen te gaan dient de afbraak te worden gecompenseerd met de aanvoer van organisch materiaal (Bloom, 2003; Postma et al., 2008). Hiervoor kunnen organische mesten en composten worden ingezet, maar ook kunnen gewasresten op het land worden achtergelaten en kunnen groenbemesters worden ingezet. Een hulpmiddel om na te gaan hoeveel vers organisch materiaal nodig is om de afbraak van organische stof in de bodem te compenseren is de organische stofbalans of een rekenmodel (Postma et al., 2008). Daarbij dient rekening te worden gehouden met de hoeveelheid organische stof die met mesten en/of gewasresten en/of groenbemesters wordt aangevoerd, maar ook met de eigenschappen van die organische stof, zoals de afbreekbaarheid en de C/N-ratio (maat voor de N-rijkdom). Een manier om relatief veel stabiele organische stof aan te voeren, zonder daarmee te veel nutriënten toe te dienen, is het gebruik van composten. In vergelijking met andere organische mesten en bodemverbeteraars (zoals champost en/of andere dierlijke mesten), bevat compost relatief veel stabiele en/of effectieve organische stof en relatief weinig beschikbare nutriënten. Het lijkt gewenst om richtlijnen af te leiden voor het organische stofbeheer

4.9 Conclusie

De Nederlandse adviezen voor de bemesting zijn verouderd en het is onduidelijk hoe ze tot stand zijn gekomen. De Duitse adviezen zijn gebaseerd op uitgebreid bemestingsonderzoek en zijn recent aangepast aan veranderde teeltomstandigheden. Ondanks dat er verschillen zijn in teeltomstandigheden lijkt het gewenst de Duitse adviezen te gebruiken als basis voor een aanpassing van Nederlandse adviezen. Dit geldt met name voor het N-advies

5 Richtlijnen voor een optimale bemesting van asperge

Voorgesteld wordt het huidige Nederlandse N-advies voor asperges aan te passen aan het Duitse. Dat advies wordt berekend uit de $N_{\min}$ -streefwaarde verminderd met de (gemeten) $N_{\min}$ voorraad in de bodem. De waarde voor de $N_{\min}$ -streefwaarde is afhankelijk van het teeltjaar en de plantdichtheid, zoals dat is weergegeven in tabel 5.1. Ten opzichte van het bestaande advies betekent dat een verhoging van het N-advies in de eerste drie jaren (voor de eerste twee jaren is het advies $80 - N_{\min}$ en voor de jaren daarna $100 - N_{\min}$) en een verlaging van het advies in de jaren daarna. Aanbevolen wordt in proeven te toetsen of die waarden moeten worden aangepast voor de Nederlandse situatie.

Tabel 5.1. $N_{\min}$ -streefwaarden (in kg N/ha) voor de afzonderlijke teeltjaren en bij twee plantdichtheden (gebaseerd op Paschold, 2011).

Teeltjaar	Plantdichtheid		Bemonsteringsdiepte voor $N_{\min}$, cm
	15.000	≥ 20.000	
1	110	140	60
2	130	160	90
3	140	160	90
4 en volgend	80	80	90

Er is geen duidelijke aanleiding om het Nederlandse P-advies voor asperges aan te passen op basis van het Duitse advies. Dit betekent dat we voorstellen het Nederlandse advies, dat bestaat uit een bodemgericht en een gewasgericht advies, te handhaven. In de praktijk betekent dat dat jaarlijks 50-70 kg P_2O_5 per ha toegediend moet worden om de afvoer te compenseren, tenzij er sprake is van een hoge P-toestand van de bodem die men wil verlagen. In dat geval kan met een lagere P-gift worden volstaan.

Voor K stellen we voor de opzet van het Nederlandse K-bemestingsadvies, dat eveneens bestaat uit een bodemgericht en een gewasgericht deel, te handhaven. Wel lijkt het op basis van het Duitse advies gewenst het gewasgerichte K-advies aan te passen, door onderscheid te maken naar plantdichtheden en teeltjaren en door het K-advies voor de jaren 1-3 te verhogen en vanaf jaar 4 te verlagen. De K-CAL-waarden moeten daarbij worden vertaald in de waarden van K-HCl en het K-getal die in Nederland worden gehanteerd. Voor het K-advies voor de praktijk heeft dat echter geen consequenties, omdat het bodemgerichte K-advies voor het handhaven van de K-toestand op zandgrond 200 kg K_2O per ha bedraagt. Dat is steeds hoger dan het gewasgerichte advies.

In het bestaande pH-advies voor asperges in Nederland wordt een streeftraject aangehouden van 5,5 - 5,8. Er is geen reden om hier van af te wijken. Het is van belang te voorkomen dat de pH te laag wordt, aangezien er dan negatieve effecten door Al-toxiciteit op kunnen treden. Uit onderzoek is gebleken dat het effect van bekalking van een bodem met een pH van 5,1 een groot effect op de opbrengst van asperges tot gevolg kan hebben. Een te hoge pH is ook niet gewenst, aangezien dat een negatief effect op de beschikbaarheid van bepaalde (spoor)elementen, zoals Mn, kan hebben. Daarom dient de pH bij voorkeur lager te zijn dan 5,9. Gebleken is dat de pH in monsters van praktijkpercelen in veel gevallen suboptimaal (18-29% lager dan 5,4 en 45-53% hoger dan 5,9) is. Aandacht voor het optimaliseren van de pH lijkt dan ook een belangrijk aandachtspunt voor praktijkbedrijven.

In het Mg-advies is een Mg-toestand van 75-109 mg MgO/kg als streeftraject opgenomen. Dit is wat hoger dan het streeftraject in het Duitse advies (45-94 mg MgO/kg) en dat geldt ook voor de

adviesgiften, die in Nederland vooral in het traject met lage Mg-gehalten wat hoger zijn dan in Duitsland. Het lijkt niet nodig het Nederlandse advies voor Mg aan te passen aan het Duitse.

Een goede organische stofvoorziening is van groot belang voor de teelt van asperges, vanwege de gunstige effecten ervan op het vermogen van grond om water en nutriënten vast te houden, te bufferen en te leveren en vanwege het positieve effect op de bodemstructuur. Om relatief veel stabiele organische stof aan te voeren, zonder daarmee te veel beschikbare nutriënten toe te dienen, wordt het gebruik van (groen)composten aanbevolen. In vergelijking met andere organische mesten en bodemverbeteraars (zoals champost en/of andere dierlijke mesten), bevat (groen)compost relatief veel stabiele en/of effectieve organische stof en relatief weinig beschikbare nutriënten. Daarnaast kan een eventuele aanvullende behoefte aan nutriënten (dit zal vooral N zijn) worden ingevuld met een N-rijke meststof, zoals kunstmest.

6 Geraadpleegde bronnen

- Bloom P (2003) Einfluss von Komposten auf Stickstoffdynamik und –haushalt, Wachstum und Ertrag von Spargel (*Asparagus officinalis* L.). Dissertation Universität Hannover, 178 pp.
- Born HU (1981) Beurteilung und Regulierung der Magnesium-Ernährung des Spargels (*Asparagus officinalis* L.). Dissertation Universität Hannover, 103 pp.
- Brückner B, Geyer M & Ziegler J (2008) Spargelanbau; Grundlagen für eine erfolgreiche Produktion und Vermarktung. Eugen Ulmer, Stuttgart, Duitsland, 128 pp.
- Dam JGC van (1973) Bodemgeschiedtheidsonderzoek, in het bijzonder bij asperges, appels en stooktomaten. Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen, 102 pp.
- Dam JGC van, Hulshof JA & Schlangen CT (1987) De invloed van diepe grondbewerking op de opbrengsten van asperge in een veldpodzolgrond. Cultuurtechnisch Tijdschrift 26, 4, 275-284.
- Dekker P & Van Dijk TA (2005) Voorstel tot herziening N-bemestingsadviezen; Voorstel tot herziening N-bemestingsadviezen van 14 akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Projectnr. 500102, PPO, Lelystad, 131 pp.
- Drost D (2011a) Understanding asparagus root growth dynamics and distribution. Programmaboek Asperge verdiepingsdag 2011. LTO Vollegrondsgroente.net en Aceera aspergecentum.
- Drost D (2011b) Asparagus nutrient and water management: getting better responses? Programmaboek Asperge verdiepingsdag 2011. LTO Vollegrondsgroente.net en Aceera aspergecentum.
- Douglas JA, Follet JM & Littler RA (1989) Boron requirement of asparagus seedlings grown in sand culture. Scientia Horticulturae 28, 33-42.
- Dijk W van & Van Geel W van (2012) Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. PPO, Lelystad, 102 pp + bijlagen. <http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/handleidingen/adviesbasis-voor-de-bemesting-van-akkerbouwgewassen>
- Espejo JA, Tejada M, Benítez C & Gonzalez JL (2008) Changes in pH and the organic matter and phosphorus contents of asparagus cultivated soils produced by phosphorus fertilization. Journal of Plant Nutrition 20, 11, 1465-1478.
- Feller et al. (2011) Düngung in Freilandgemüsebau IGZ. 3. Überarbeitete Auflage Version 7 Juli 2011 www.igzev.de/publikationen/IGZ_Duengung_im_Freilandgemuesebau.pdf. In: Fink M (Hrsg.) Schriftenreihe der Leibnitz-Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) 3. Auflage, Heft 4, Grossbeeren, Duitsland.
- Fink M et al. (2011) N-Düngung. In : Feller et al. (eds) Düngung in Freilandgemüsebau IGZ. versie 7 juli 2011 www.igzev.de/publikationen/IGZ_Duengung_im_Freilandgemuesebau.pdf
- Hartman HD (1985) Empfehlungen für die Düngung von Spargel. Gemüse 1985 21(1) p. 8-9.
- Hartman HD (1989) Spargel-Grundlagen für die Anbau. Ulmer GmbH & Co. SIBN 3-8001-5277-0. pp. 229.
- Hartmann HD & Hermann G (1986) Die bedeutung der humusversorgung beim anbau von Spargel. Landwirtschaftliche Forschung 39, 61-67.
- Hartmann HD, Hermann G & Altringer R (1990) Evaluation of nutrient status of asparagus by leaf and root analysis. Acta Horticultrae 271, 433-442.
- Hartmann HD, Wuchner A, Herman G & Hirsch C (1987) Langjährige Düngungsversuche zu Spargel. Landwirtschaftliche Forschung 40, 2-3, 67-180.
- Hirsch C 1985 Die Stickstoffernährung des Spargels (*Asparagus officinalis* L.). Diss. Univ. Gießen, 116 pp + bijlagen.
- Klein M, Van Dijk A, Van Steekelenburg A & Hornman E (2010) Bemesting in asperge; Kennisinventarisatie. HAS Kennis Transfer, 's-Hertogenbosch, 49 pp.

- Krarup C, Krarup A & Pertierra R (2002) Growth of Asparagus crowns with increasing nitrogen rates at three different sites. Proceedings Xth IS on Asparagus. Acta Horticulturae 589, ISHS 2002, 145-150.
- Kruistum G van & Poll JTK (2007) Verbessert Salz den Spargelertrag und die Spargelqualität? Gemüse 6, 29-30.
- Kruistum G van, Poll JTK, Meijer J & Lievens M (2008) Effect of NaCl on Asparagus Quality, Production and Mineral Leaching. Proceedings of the XIth International Symposium on Asparagus. Acta Horticulturae 776, 87-90.
- Ledgard SF, Douglas JA, Sprosen MS & Follett JM (1994) Uptake and redistribution of ¹⁵N within an established asparagus crop after application of ¹⁵N-labeled nitrogen fertilizer. Annals of Botany 73, p.169-173.
- Loveland, P. & J. Webb (2003). Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review. Soil & Tillage Research 70, 1-18.
- Makus DJ (1995) Response in green and white asparagus to supplemental nitrogen and harvest date. Horticultural Science 30(1) p. 55-58.
- Marschner H (1995) Mineral Nutrition of Higher Plants. Second edition. Academic Press, London, 889 p.
- Nagels W (1953) Met minder kosten meer asperge. Het raadsel van de bemesting opgelost. Groenten en Fruit 8, 11.
- Paschold PJ, Hermann G & Artelt B (1999) Stickstoff: Ertrag, Stangenqualität und N_{min}-reste bei Spargel. Gemüse 35(10) p. 588-592.
- Paschold PJ, Hermann G & Artelt B (2000) Humuswirkung beim Spargelanbau. Gemüse 2, 42.
- Paschold PJ, Hermann G & Artelt B (2003) Influence of N-Nutrition and catch crops on the yield of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) and N-leaching. Acta Horticulturae 627, ISHS. P.57-64.
- Paschold PJ (2007) Neue N_{min}-Sollwerte für Spargel. Gemüse 2007 43(2) p. 37-40.
- Paschold PJ & Ziegler J (2007) Neue Ergebnisse zum Bedarf von Spargel an Hauptnährstoffen; Verfeinerung der Gehaltstufen bei P, K, Mg nach LUFA. Presentatie aanwezig op internet via http://vsse.de/vsse/offene_dokumente/forschungsberichte/Spargel_Duengung_P_K_Mg_Ca.pdf.
- Paschold PJ (2008) Wie viel Phosphor, Kalium und Magnesium düngen? Gemüse 2008 44(9) p. 37-39.
- Paschold PJ, Artelt B & Hermann G (2008) Effect of the stabilized nitrogen fertilizer ENTEC 26 on the yield of Asparagus (*Asparagus officinalis* L.). Proceedings of the XIth International Symposium on Asparagus. Acta Horticulturae 776, 111-116.
- Paschold PJ (2011) N_{min}-Sollwerte für Spargel. In : Feller et al. 2011 Düngung in Freilandgemüsebau IGZ versie 7 juli 2011 www.igzev.de/publikationen/IGZ_Duengung_im_Freilandgemuesebau.pdf.
- Pitman BC, Sanders DC & Swallow WH (1991) Growth and development of young asparagus plants in response to N fertilization. HortScience 26, 2, 109-112.
- Poll JTK (1991) Teelt van witte asperge. Teelthandleiding nr 42. PAGV en IKC-AGV
- Poll JTK (1998) Witte asperges. Teelthandleiding 80, PAGV, 81 pp.
- Postma R, Korthals GW, Termorshuizen AJ, Dekker P & Thoden T (2010) Effecten van verse organische stof. NMI-rapport 1326, 46 pp.
- Ruijter FJ de & Wilms JAM (2008) Organische bemesting en stikstof in de teelt van asperge. Plant Research International, Rapport 190, 11 pp.
- Reijmerink A (1964) Het bewortelings- en structuuronderzoek als onderdeel van het verklarend bodemgeschiktheidsonderzoek bij de teelt van asperges. Tekst van de voordrachten over de voorlopige resultaten van het aspergeproefplekkenonderzoek in Limburg, gehouden op 21-2-1964 te Venlo, 7-12.
- Sanders DC (1999) Nitrogen-potassium interactions in asparagus. Acta Hort. 479, p. 421-424.
- Shalaby T (2004) Genetical and nutritional influences on the spear quality of white asparagus

- (*Asparagus officinalis* L.). Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 265, 109 pp.
- Smilde KW, Pieters JH, Van Bakel J & Franken AA (1972) Invloed van borium, calcium en magnesium op de groei van asperge, mede met betrekking tot het optreden van topverwelking. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, rapport 1, 23 pp.
- Strobl P (2008) Untersuchungsergebnisse zur Nährstoffversorgung; neue Düngungsempfehlungen Spargel. Internet-publicatie http://www.aelf-ph.bayern.de/pflanzenbau/24957/linkurl_4.pdf.
- Wilson DR, Sinton SM, Butler RC Paschold PJ, Gree KR, Drost DT, van Kruistum G, Poll JTK, Pertierra R en Vidal I (2008) Carbohydrates and yield physiology of asparagus - A global overview. Acta Hort. 776 p. 413-428 http://www.actahort.org/books/776/776_54.htm.