

# **Bemestingsstrategieën voor Zilte Teelten -praktijknetwerk-**

## ***Rapportage werkzaamheden 2014***

***uitgevoerd door Zilt Proefbedrijf B.V.***

*dagelijkse uitvoering en controle: Mark van Rijsselberghe, Edwin van Straten  
bemonstering, controle en rapportage: Arjen de Vos, Reinier Nauta*

In opdracht van Stichting Sint Donatus, en maatschap H. & M. Janse, Zeeland

### **Samenvatting**

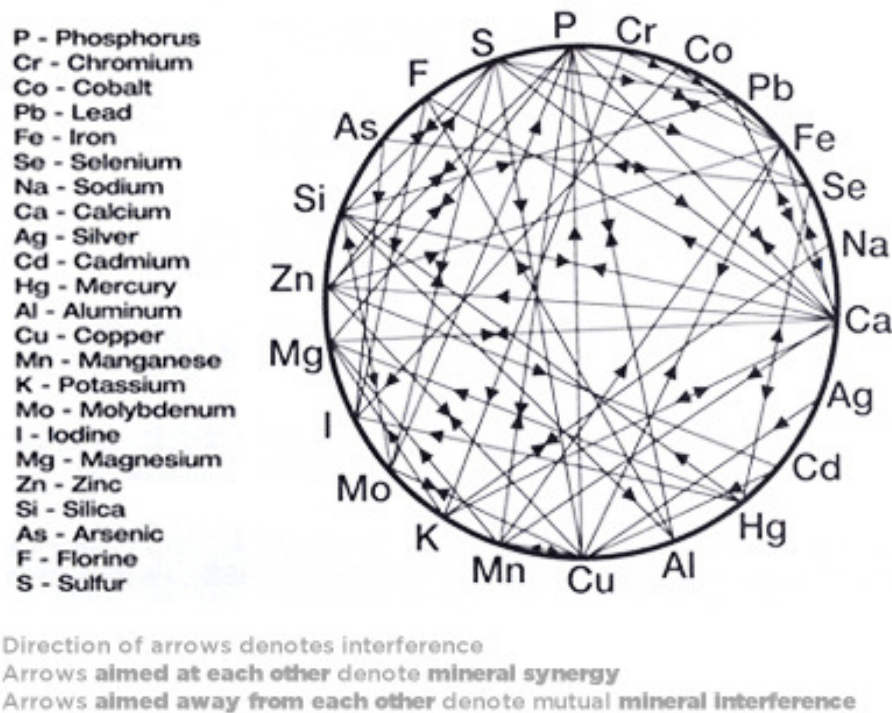
Het uiteindelijke doel is om een *zilt specifiek bemestingsplan* te ontwikkelen voor diverse zilte teelten, niet alleen voor de teelt van halofyten (bv zeekraal) maar ook voor gangbare landbouwgewassen die onder zilte condities geteeld kunnen worden (bv aardappel, biet, spelt). Zo'n specifieke bemestingsstrategie zal niet binnen 1 jaar volledig ontwikkeld kunnen worden, vandaar dat de opzet van dit project meer gericht is op het verkrijgen van een aantal nuttige en resultaat gerichte adviezen, zowel voor een zand- als een kleibodem. Hiervoor zijn diverse veldproeven uitgevoerd op de zowel de testlocatie van het Zilt Proefbedrijf op Texel (zandbodem) als op een zeekraal perceel in Zeeland (kleibodem). Op Texel zijn zowel met aardappel als met zeekraal diverse bemestingen getoetst, in Zeeland is een drietal bemestingen getoetst op alleen zeekraal. Voor een zandbodem is de bemesting vooral gericht op een verbeterde opbrengst van het gewas, maar voor een kleibodem is het draagvermogen van de bodem een belangrijk aspect dat meespeelt bij een bemestingsstrategie. De verschillen in groei van zeekraal op zandgrond tussen 3 verschillende bemestingen liepen op tot 100%. Dit illustreert de aanzienlijke potentie van een gericht bemestingsplan voor zilte condities op zandgrond. Door de zilte omstandigheden wordt met name de beschikbaarheid en opname van stikstof beïnvloed. De onderliggende processen zijn complex en veelzijdig en deze rapportage geeft richting aan het nodige vervolgonderzoek. Op een kleibodem speelt natrium al snel een negatieve rol in de bodemstructuur waarbij toevoegingen van calcium en organische stof een belangrijke rol kunnen spelen om de negatieve effecten zoveel mogelijk te verlichten. De grootste uitdaging bij een zilte kleibodem is dan ook het draagvermogen dat onder zilte condities verslechtert. Daardoor wordt mechanische bewerking van een perceel nagenoeg onmogelijk. Een eerste opzet voor een zilt bemestingsplan wordt gegeven aan het einde van deze rapportage.

## **Achtergrond**

In kustgebieden worden landbouwonternemers steeds vaker geconfronteerd met zoute omstandigheden. Door bodemdaling en zeespiegelstijging komt er steeds meer invloed van zoute kwel in de laaggelegen delen van de kustregio en wordt er in sommige gevallen geteeld op een zeer beperkte zoetwaterlens. Door onder andere de klimaatsverandering zal dit probleem almaar groter worden en zal de zoetwaterlens steeds vaker wegvallen waardoor zout grondwater mogelijk in de wortelzone terecht komt. De initiatiefnemers van het huidige project hebben ervaring met zilte teelten. Tezamen met de aanvragers hebben beide initiatiefnemers geconstateerd dat diverse processen onder zilte omstandigheden anders werken dan in een zoet milieu. Dit heeft onder andere effect op de bemestingsvoorschriften. Sommige stoffen moeten minder en andere meer worden bijgegeven. Aan de ene kant is dit een bekend fenomeen aangezien er diverse interacties zijn tussen mineralen, waarbij de opname zowel verbeterd als verslechterd kan worden (zie Afbeelding 1.). Onder zilte condities neemt de concentratie van natrium toe wat weer een effect heeft op de opname en beschikbaarheid van kalium. Verzilting is niet alleen een toename van natrium maar ook van vele andere mineralen. In Nederland is een toename in de zoutconcentratie meestal toe te schrijven aan de toename van verdund zeewater (door zoute kwel komt zeewater omhoog wat vermengt met zoet water) en dit zeewater bevat zo'n 80 mineralen. Deze complexe interactie is moeilijk exact te voorspellen. Bekend is wel dat calcium een belangrijke rol speelt onder zilte omstandigheden, zowel voor de gewassen (calcium is een belangrijk mineraal voor planten onder zilte condities en dient in hogere concentraties beschikbaar te zijn dan onder zoete omstandigheden) als de bodemstructuur (extra calcium nodig voor goede structuur). Daarnaast zijn er ook indicaties dat de (stikstof-)mineralisatie verandert onder zilte omstandigheden (zie rapportage Zilt Perspectief, [www.ziltperspectief.nl](http://www.ziltperspectief.nl)).

Er is een groot verschil tussen de boer op vruchtbare maar tot verslemping neigende zilte kleigrond (Zeeland) en die op de arme zilte zandgrond (Texel). De extra uitdagingen voor de kleibodem zijn vooral gerelateerd aan de bodemstructuur die onder zilte condities onder druk komt te staan. Zo kan er sprake zijn van waterstagnatie (verslemping) waardoor gewassen te weinig zuurstof krijgen. Dit kan vooral optreden doordat het overvloedige natrium in een zilte bodem gaat concurreren met calcium om de bindingplekken op het kleicomplex (Cation Exchange Capacity of CEC). Doordat het éénwaardige ion natrium het tweewaardige ion van calcium verdringt ontstaat er minder ruimte tussen de kleideeltjes en daardoor wordt de bodem compacter. In zo'n compactere bodem is minder ruimte voor watertransport (zakt minder snel de bodem in) en zal er minder zuurstof aanwezig zijn. Beide aspecten zijn belangrijk voor gewasgroei. Ook het draagvermogen van de bodem kan zo sterk verslechteren dat het niet meer mogelijk is om met zware machines het land te bewerken. In sommige gevallen kan door (overtollige) neerslag natrium vervolgens weer uitspoelen waardoor de kleibodem zelfs nog compacter wordt (totale structuurverlies van een kleibodem). De

proeven in Zeeland zijn dus naast de gewasgroei ook sterk gericht om deze aspecten verder in kaart te brengen.



**Afbeelding 1.** Algemeen figuur over de interactie tussen mineralen, waarbij sommige mineralen elkaars opname versterken (“synergy”, daar waar pijlen in Figuur 1 naar elkaar wijzen) of elkaars opname juist tegenwerken (“interference” of antagonisme, daar waar pijlen van elkaar af zijn gericht in Figuur 1).

## Doelstellingen

Ons project wil onder de zeer gecontroleerde omstandigheden van het Zilt Proefbedrijf op Texel een bemestingsstrategie uitwerken voor zilte zandgronden met daarnaast een eerste aanzet voor een bemestingsstrategie op zilte kleigrond. Het doel is om inzicht te krijgen in de mogelijke verandering in stikstofmineralisatie onder zilte omstandigheden, de opname van nutriënten door de zilte gewassen bij de verschillende behandelingen, en op basis van deze bevindingen het verder verbeteren van de bemestingsstrategie, waarmee een zilte teelt met maximaal rendement is te behalen.

## Materiaal en Methode

*Korte opsomming werkzaamheden:*

30 mei start zoute irrigatie op Texel

12 juni zeekraalbaar met calcium behandeld, 1 ton/ha (80 kg calcium/ha)

13 juni zeekraal ingezaaid, grof zaad 25 g/ m<sup>2</sup> (aannee 10-20% zaad? > 2,5-5 g/m<sup>2</sup> puur zaad)

22 juli ureum bemesting uitgevoerd, 80 kg/ha

25 juli grondmonsters genomen Texel

31 juli oogst zeekraal ivm analyse minerale samenstelling plantsap  
8 augustus eindoogst biomassa zeekraal, droge stof bepaling

### I. Testlocatie Texel (Zilt Proefbedrijf)

#### *Uitgangspositie:*

Zoals eerder gemeld in het deel 'Achtergrond' kan onder andere de stikstofbeschikbaarheid en stikstofopname onder zilte praktijkomstandigheden anders uitpakken dan onder zoete omstandigheden. De stikstofwerking wordt beïnvloed door mineralisatie, (de-)nitrificatie, ammoniakvervluchting en nitraatuitspoeling. Deze processen worden ondermeer beïnvloed door water (bijv. (te) natte omstandigheden wat leidt tot doorspoeling of verslemping) en lucht (in de bodem mede bepaalt door de doorlaatbaarheid van de bodem waarbij de bodemstructuur een belangrijke rol speelt). Mogelijk heeft daarnaast ook het zoutgehalte van de bodem een effect op één van deze processen waardoor de stikstofwerking wordt beïnvloed. In de praktijk van zilte teelten wordt vaak geïrrigeerd. De toegepaste irrigatie is vaak gericht op doorspoeling, om zo zoutophoping te voorkomen. De balans tussen doorspoeling (overmaat aan water, dus erg nat en weinig zuurstof) en beluchten (niet irrigeren zodat bodem kan 'ademen') is bepalend voor het zoutgehalte van de bodem en daarmee waarschijnlijk ook voor de stikstofwerking. Dit laatste zal verder onderzocht worden op de testlocatie van Zilt Proefbedrijf.

#### *Proefopzet:*

Op de testlocatie op Texel is naast zeekraal ook aardappel gebruikt als voorbeeldgewas. Op Texel is gekeken naar de mogelijke verschillen in de stikstofbeschikbaarheid en stikstofopname tussen een minerale (kunstmest) en organische stikstof (biologische bemesting) onder zilte omstandigheden. Daarnaast is ook een calciumbemesting op een zandbodem belangrijk aangezien dit een belangrijk element is voor planten die groeien onder zilte condities. Mogelijk dat onder alle zilte condities (zand- en kleibodems) een calciumbemesting onderdeel moet zijn van de bemestingsstrategie. Ook zal het effect van zeewierbemesting worden getoetst op bodemstructuur en gewasgroei. Op basis van het resultaat zal ook een zeewiercomponent onderdeel zijn van het zilte bemestingsplan. De aardappel zullen ook getoetst worden in een systeem met frequente doorspoeling en sporadische doorspoeling. Zo kan inzicht worden verkregen in de effecten van (zeer) natte en ook zilte condities in vergelijking met zilte maar drogere condities. Hiervoor zal een deel van de aardappelproef naast de testlocatie van Zilt Proefbedrijf worden uitgevoerd. In alle gevallen vinden de proeven onder zilte condities plaats (aardappel diverse zoutconcentraties) en zeekraal rond de 30 dS/m (zowel op Texel als in Zeeland).

### **Bemesting zeekraal Texel**

De **basisbemesting** op de testlocatie bestond uit:

- \* groencompost
- \* biologische varkensstalmest
- \* biologische "calcium pellet" bemesting (6-2-4-8, N-P-K-Ca), met 20% zeewier (ascophyllum)
- \* 2 keer irrigatie Fontana (totaal 7-0,2-4 NPK/ha)

de eerste 3 bemestingen zijn voor aanvang van het poten/zaaien opgebracht, de Fontana (vooral voor verdere toevoeging stikstof) is tijdens het groeiseizoen gebruikt en via de druppelirrigatie opgebracht.

Er bestaan verschillende berekeningen om het percentage stikstof dat in jaar 1 vrijkomt uit compost en stalmest om te rekenen. Voor de biologische sector worden de totale percentages gebruikt wat in dit geval uitkomt op 272-167-178 N-P-K, in kg/ha. Echter, er komt maar een bepaald gedeelte van de stikstof beschikbaar in jaar 1, waarbij de snelle berekening uitkomt op 50% beschikbare stikstof in jaar 1. Indien de berekening op deze manier wordt uitgevoerd dan komt het totaal neer op 173-167-182 N-P-K, in kg/ha. In alle gevallen is er 80 kg Ca/ha opgebracht, waardoor de totale **basisbemesting 173-167-182-80 N-P-K-Ca** is.

Bij de **zeekraal** zijn 3 behandelingen getoetst:

- \* de basis bemesting, deze dient als controle
- \* extra stikstof (in de vorm direct beschikbare stikstof, ureum, 80 kg/ha)
- \* extra calcium bemesting (biologische pellet 60-20-40-80 N-P-K-Ca kg/ha) en deze pallet bevat daarnaast 20% ascophyllum zeewier, 200 kg/ha totaal opgebracht)

zodoende bestaan de verschillende behandelingen uit:

- \* **controle; 173-167-182-80 N-P-K-Ca kg/ha**
- \* **ureum; 243-167-182-80 N-P-K-Ca**
- \* **calcium meststof** (vanaf nu Ca meststof genoemd); **233-187-222-160 N-P-K-Ca**

### **Bemesting aardappel Texel**

Voor de aardappelproef is naast de basisbemesting ook nog een keer gespoten met een bladmeststof voor stikstof (N+), dit is een extra N bemesting van 12,5 kg/ha. Dit geldt alleen vooral de aardappel op de testlocatie van het Zilt Proefbedrijf (behandeling "frequente doorspoeling"). De 2 andere irrigatiestrategieën ("niet-frequente irrigatie" en "geen irrigatie") hebben deze extra behandeling niet gekregen.

## II. Testlocatie Zeeland

### *Uitgangspositie:*

Bij de teelt van zeekraal op de locatie van Maatschap Janse is vooral de bewerkbaarheid van het zilte perceel als obstakel het uitgangspunt. Het geringe draagvermogen van de bodem zorgt er voor dat de bewerkbaarheid van het perceel matig is en het perceel slechts sporadisch te betreden is met (zwaardere) machines. Mogelijk heeft dit te maken met verslemping van de bodem. De proef is er op gericht op vast te stellen of een (extra) calcium bemesting en de toediening van compost een positief effect hebben op de bodemstructuur en daarmee ook de plantengroei en de bewerkbaarheid van de bodem.

### *Proefopzet:*

De proefopzet bestaat uit 3 onderdelen;

- i. De gangbare praktijk mét compost en calcium pellet;

- ii. De gangbare praktijk zónder compost en zonder calcium pellet (controle);
- iii. De calcium pellet met extra zeewier (400 kg/ha ascophyllum).

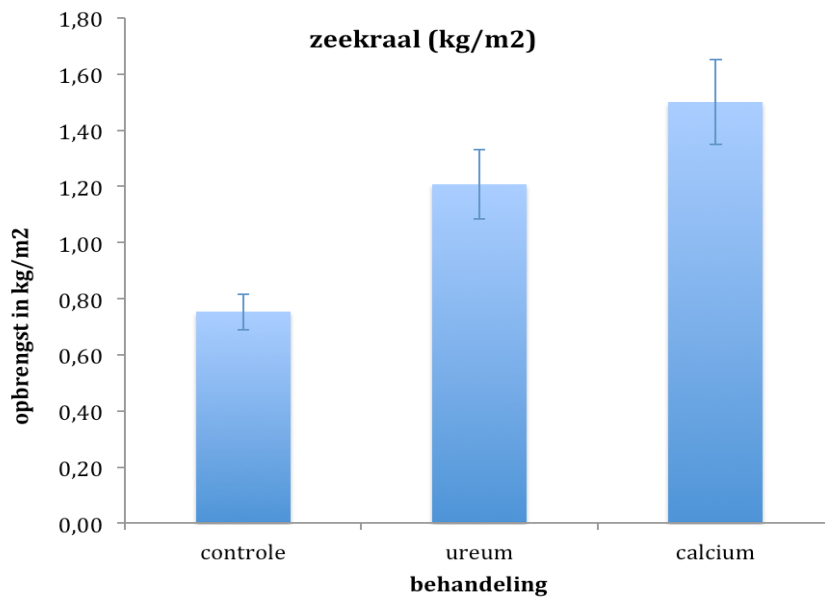
De calcium pellet is in dezelfde hoeveelheid als de proef op Texel opgebracht.

Door de toevoeging met compost zal het bodemleven worden verrijkt, met deze behandeling wordt o.a. getoetst of het toevoegen van bodembacteriën een toegevoegde waarde heeft onder zilte condities. Door de toevoeging van extra calcium wordt getoetst wat het effect is van deze maatregel met het oog op het toevoegen van kalk. Deze calcium is toegevoegd in de vorm van een mestkorrel die bestond uit 8% calcium. De biologische bemesting is o.a. bedoeld om vast te stellen welke verschillen er optreden tussen de huidige praktijk en een biologische bemesting. Hierbij zal ook worden gekeken naar diverse bodemaspecten aangezien dit ook een effect heeft op de bodem bewerkbaarheid en groei van het gewas. Elke behandeling is getoetst op minimaal 3 naast elkaar liggende freesbanen (waarbij de buitenste 2 bedoeld zijn om eventuele randeffecten op te heffen en de binnenste baan wordt gebruikt voor de waarnemingen), elk met een minimale lengte van 12 meter. Als basisbemesting is Agroblen 20-10-10 + 4 MgO 5-6M toegediend, opgebracht bij het frezen van de teeltbedden, 300 kg per netto hectare opgebracht. Als irrigatie water is Oosterschelde water gebruikt.

## Resultaten

### *Groei van zeekraal bij de 3 verschillende bemestingen op Texel*

In Figuur 1 zijn de resultaten te zien van de groei (biomassa) van zeekraal op de testlocatie op Texel bij de 3 verschillende behandelingen ten aanzien van bemesting. Duidelijk is dat er grote verschillen zijn in de biomassa (versgewicht, in kg/m<sup>2</sup>) bij de 3 verschillende bemestingen. De controle behandeling presteert duidelijk minder en de ureum behandeling laat een toename van 60% in biomassa zien, terwijl de Ca meststof zelfs een toename van 100% laat zien ten opzichte van de controle behandeling. De zeekraal heeft dus sterk geprofiteerd van de hoge stikstofconcentratie tijdens de groeifase die de ureum behandeling heeft verzorgt (ureum is 39 dagen na zaaien opgebracht, kiemplanten centimeters groot). Maar het grootste effect is dus waargenomen bij de Ca meststof. Deze is op het moment van zaaien opgebracht en zorgt voor een langzame toevoer van stikstof (organische mestkorrel die eerst gemineraliseerd moet worden voordat de stikstof beschikbaar wordt voor de planten). Op de locatie in **Zeeland** was de kieming van het gewas zo slecht dat daar geen representatieve oogst heeft plaats kunnen vinden in de proefvakken. Het is niet duidelijk wat de oorzaak is geweest van de matige kieming. Mogelijk speelt ook het droge voorjaar een rol.



**Figuur 1.** Biomassa van zeekraal (als versgewicht, in kg/m<sup>2</sup>, n=8 ± s.e.) bij de 3 verschillende bemestingen.

#### *Minerale samenstelling zeekraal*

Aan de hand van de minerale analyse van de planten kan mogelijk worden vastgesteld welke verschillen er optreden bij de 3 behandelingen. Dit is samengevat in Tabel 1 van de bijlagen. In deze tabel staan de minerale samenstellingen vermeld van zeekraal van de testlocatie op Texel (zowel plantsap als “droge stof analyse” (samenstelling gehele plant) en de zeekraal uit Zeeland. Op basis van de plantsap metingen (gemeten in 3 herhalingen) is het duidelijk dat er sowieso een redelijk grote spreiding is in de samenstelling van de inhoudsstoffen binnen een behandeling. Dit maakt het moeilijk om de data betrouwbaar te interpreteren. Er lijkt wel een trend te zijn dat de stikstof concentratie in zowel de ureum als de Ca meststof behandeling hoger uitpakt ten opzichte van de controle, en dit geldt zowel voor nitraat (NO<sub>3</sub>) als ammonium (NH<sub>4</sub>), waarbij de verschillen in de ammoniumconcentraties uniformere verschillen laten zien. Alle andere mineralen laten geen verschil zien, dus ook niet de calcium concentratie van de Ca meststof behandeling. Wel lijkt er een trend dat de kalium concentratie van de ureum behandeling lager uitpakt dan die van de Ca meststof behandeling. Op basis van de droge stof analyse lijkt er alleen nog een verschil te zijn tussen de kalium concentraties tussen de ureum en Ca meststof behandeling. Maar vanwege het feit dat dit niet bij de controle behandeling het geval is lijkt dit vooral een toevalstreffer. De minerale samenstelling van de zeekraal uit Zeeland lijkt wel sterk verschillend te zijn ten opzichte van de zeekraal van Texel. Zo is het droge stof percentage hoger, net zoals de concentratie van N, Ca, Na, Si, Cu, Fe en Mo. De concentraties van K, Mg, S, B, Mn en Zn lijken juist weer lager uit te vallen.

### *Minerale samenstelling aardappel*

Dankzij een ander project is het mogelijk geweest om diverse aardappelknollen te laten analyseren op minerale samenstelling bij verschillende zoutconcentraties en een verschillende irrigatiestrategie. De groei onder zilte condities is geen onderdeel van deze rapportage, maar de data van de minerale samenstelling van de aardappelknollen bij diverse zilte condities kan wel goed gebruikt worden om de overige data in deze rapportage beter te kunnen interpreteren. De data van de minerale samenstelling van de aardappelen staan vermeld in Tabel 4. In deze Tabel staan 3 irrigatie strategieën vermeld: “frequente doorspoeling”, “niet frequente doorspoeling” en “geen irrigatie”. Bij “frequente doorspoeling” staat het zoutgehalte van het irrigatiewater vermeld, de “niet frequente irrigatie” bestond uit water met een zoutgehalte van 12 dS/m (bodempzoutconcentratie lag rond de 5 dS/m i.v.m. vermengen irrigatiewater en poriewater en neerslag), en “geen irrigatie” waren zoete omstandigheden. Opvallend is dat de stikstof concentratie van de aardappelknollen lijkt toe te nemen naarmate de zoutconcentratie toeneemt. Bij “niet frequente doorspoeling” en “geen irrigatie” lijkt juist de calcium concentratie weer hoger uit te vallen en dit lijkt vooral samen te hangen met de strategie van irrigatie.

### *Minerale samenstelling bodem en bodemkwaliteit*

In Tabel 2 zijn de minerale samenstellingen van de bodems van de verschillende behandelingen opgenomen. Hierin staan zowel de direct opneembare concentraties als de opneembare bodemvoorraad (opneembaar over langere tijd en niet direct beschikbaar) vermeld. Tabel 2 focust op N, P, K, Ca, kalk en Na. Aan het begin van het seizoen is er een nulmeting gedaan (zowel Texel als Zeeland, beide zoet op dat moment). De effecten van de bemestingen ten opzichte van de nulmetingen zijn hier duidelijk in terug te zien. Op Texel is erg duidelijk dat de ureum bemesting zorgt voor een grote toename in N in de bodem, zowel de opneembare fractie als de voorraad. De N concentraties van de Ca meststof zijn aanzienlijk lager dan de ureum behandeling maar dit heeft naar alle waarschijnlijkheid ook te maken met het tijdstip van toediening en bemonstering (grondmonster is 3 dagen na toediening van ureum genomen). Ureum is een snel oplosbare stikstofbemesting en dat is duidelijk terug te zien in de analyse resultaten. Het is niet bekend hoe lang deze stikstof aanwezig is geweest in de bodem (opname gewas vs uitspoeling door over irrigatie). Een effect van de Ca meststof op de totale Ca concentratie van de bodem is ook niet duidelijk waar te nemen. Waarschijnlijk heeft dit ook te maken met de hoeveelheid opgebrachte Ca (+ 80 kg/ha) en de totale hoeveelheid die al in de bodem aanwezig is (voorraad van 1500-2000 kg/ha op Texel en zo'n 8000 kg/ha in Zeeland).

Om meer naar de bodemkwaliteit te kijken is Tabel 3 opgesteld. Deze parameters worden vastgesteld aan de hand van dezelfde grondmonsters als die voor de minerale samenstelling wordt gebruikt. In dit geval is er voor gekozen om de EC, % organische stof, lutum, pH, CEC bezetting, en een maat voor structuurstabiliteit en



verkruimelbaarheid (beide maten afkomstig van bodemanalyse van extern lab) weer te geven en op die manier na te gaan of mogelijk verschillen in bodemkwaliteit zo duidelijk naar voren komen. Voor Texel is er 1 nulmeting geanalyseerd, voor Zeeland 3. De andere data hebben betrekking op de bodem van de zee kraalproeven. De toename in EC (Electrische Conductiviteit; maat voor zoutconcentratie, in dS/m) is duidelijk, bij de nulmeting is de bodem zoet en door de irrigatie is de bodem zeer zout geworden. Deze EC metingen zijn bepaald volgens de Nederlandse Norm (NEN 5749), waarbij 1 gewichtsdeel grond wordt gemengd met 1 volume deel water. Het is onbekend hoe deze methode zich verhoudt tot de internationale standaard (EC van “saturated paste”, waarbij een waterig extract wordt verkregen uit een verzadigde bodem), maar duidelijk is dat zowel de locatie op Texel als in Zeeland zeer zout is geworden. Voor Zeeland lijkt er een toename in de pH op te treden terwijl dit op de zandbodem op Texel niet het geval is. Grote verschillen treden op bij de procentuele bezetting van het klei-humus complex (CEC), waarbij zowel op de zand- als de kleibodem calcium zeer snel wordt verdrongen door natrium. Op de kleibodem lijkt ook magnesium een groot aandeel van de CEC bezetting voor zijn rekening te nemen. Op de zandbodem is de structuurstabiliteit (voor een zandbodem een maat voor verstuvingsgevoeligheid) slecht, zowel voor als na de zoutbehandeling. De verkruimelbaarheid blijft goed op de zandbodem. Op de kleibodem lijkt vooral de verkruimelbaarheid negatief beïnvloed te worden.

## Discussie

De **groei van zee kraal** laat grote verschillen zien tussen de 3 behandelingen. Nu kan het zijn dat de controlebehandeling relatief laag zat in de stikstofgift (173 kg/ha) en er daardoor een relatief groot verschil is opgetreden. Een stikstofgift van 233-243 kg N/ha lijkt sowieso noodzakelijk te zijn voor een hogere opbrengst. Dit wordt ondersteund door de observatie dat de ureum behandeling al een biomassa toename liet zien van 60% waarbij het enige verschil in bemesting dus de stikstofgift was. Deze toename kan natuurlijk ook samenhangen met het moment van toedienen, een gewas in volle groei heeft nu eenmaal meer stikstof nodig terwijl die bij de controlebehandeling alleen als basisbemesting aan het begin van het groeiseizoen is meegegeven. De timing van toediening dient dus verder onderzocht te worden, maar duidelijk is dat een hoge stikstofbeschikbaarheid tijdens de groei belangrijk is voor een hogere opbrengst van zee kraal. **Zee kraal is dus een stikstofbehoefstig gewas.**

Het kan niet uitgesloten worden dat de Ca meststof naast de mineralen die het toevoegt ook nog een ander effect heeft. Deze organische korrel bevat veel organische stof en zorgt mogelijk voor een positief microklimaat voor de kieming van zee kraal en de daar op volgende groei. Ook bevat het een zee wier component (20% ascophyllum) waarvan wordt beweerd dat deze een positief effect heeft op de beworteling van een gewas en daardoor zorgt voor een betere groei. Het is dus onduidelijk welk effect/component van

de Ca meststof zorgt voor een beter groei, maar het resultaat is duidelijk. De hoogste opbrengst van zeekraal is bereikt door het opbrengen van een organische mestkorrel op het moment van zaaien.

Het interpreteren van de data rondom de minerale samenstelling van een gewas blijkt lastig. Er is een grote spreiding binnen een behandeling en daarnaast kan er beargumenteerd worden dat een gewas net zo hard groeit als de nutriënten in de bodem toestaan. Een plant van 1 gram kan dus dezelfde minerale samenstelling hebben als een plant van 100 gram. De uiteindelijk biomassa kan wel hoger uitpakken maar de samenstelling van het gewas blijft redelijk uniform. Het gewas groeit dus zo hard als de bodem toelaat waarbij de samenstelling van de bodem mogelijk meer onderscheidend is dan de samenstelling van het gewas.

Op basis van de **minerale samenstelling** van zeekraal lijken er weinig verschillen te zijn tussen de behandelingen. Op basis van de **plantsap** metingen lijken er wel wat verschillen op te treden in de stikstofconcentraties, maar dit is niet waarneembaar bij de droge stof analyse (later in het seizoen bepaald). Ook de toediening van extra calcium is niet terug te zien in de minerale samenstelling van het gewas. Mogelijk heeft dit ook te maken met de vorm waarin calcium wordt toegediend. Dit is nu in de vorm van kalk gedaan en deze vorm is niet snel beschikbaar. Als je snel calcium in de plant wilt krijgen dan is het aan te raden om meer naar bladbemesting te kijken aangezien er vele processen in de bodem spelen die de beschikbaarheid en opname van calcium beïnvloeden (zie Afbeelding 1).

### **Draagvermogen van een bodem en bodemkwaliteit**

Op een kleibodem is het draagvermogen veelal het belangrijkste aspect. Een **verzilde kleibodem** heeft een beperkt draagvermogen waardoor grondbewerkingen vaak niet mogelijk zijn. Het aantal momenten dat je op een zilte bodem aan grondbewerking of bemesting kan doen is zeer beperkt. De belastbaarheid is zeer gering: als je eenmaal de grondbewerking, de zaaibedbereiding en het zaaien hebt gedaan, zijn er - zeker na zoutirrigatie of overvloedige regenval - geen mechanische bewerkingen meer mogelijk. Om het draagvermogen van een bodem nader te bekijken zal eerst ingegaan worden op de eigenschappen van een **bodem**. Deze bodemeigenschappen bepalen voor een groot deel de verhouding tussen **mineralen deeltjes, organische stof, water en lucht** en deze verhouding bepaalt weer voor een groot deel het draagvermogen van de grond en de plantengroei.

### ***Bodemeigenschappen***

De diverse bodemeigenschappen worden bepaald door 3 aspecten: textuur, structuur en porositeit. Hieronder volgt een korte opsomming van deze 3 aspecten waarbij de nadruk ligt op “wat is het” en “hoe kan je het verbeteren”.

**Textuur** van de grond: is de verhouding tussen de 3 standaard bodemdeeltjes zand, klei en leem/silt. Ze is cruciaal voor de eigenschappen van de bodem en zal niet zomaar veranderen. De textuur is in principe niet (makkelijk en rendabel) te sturen.

**Structuur** van de grond is de manier waarop de bodemdeeltjes zich onderling rangschikken en samenhangen (aggregaten vormen). Deze wijze van rangschikking en samenhang bepaalt het aantal en de vorm van de poriën in de bodem, waarbij een goede structuur bestaat uit een gunstige verhouding tussen drainage en waterberging. De mate van verkruielbaarheid van een bodem wordt door de structuur bepaald en is in principe goed te sturen.

**Porositeit** is de mate van dichtheid of de hoeveelheid poriën in de bodem. Dit hangt vanzelfsprekend nauw samen met de structuur van de bodem.

In de analyse certificaten die in deze rapportage zijn opgenomen van zowel de testlocatie op Texel als het kleiperceel in Zeeland worden de termen “structuurstabiliteit” en “verkruielbaarheid” gebruikt. De **structuurstabiliteit** is de mate waarin een bodem in staat is weerstand te bieden tegen invloeden die kunnen zorgen voor verslemping. De **verkruielbaarheid** is een beoordeling van de daadwerkelijke binding tussen bodemdeeltjes. Na contact met het laboratorium dat de analyses uitvoert is duidelijk geworden dat beide aspecten vooral betrekking hebben op de structuraspecten van een bodem, maar dat de berekeningen die hiervoor gebruikt worden vooral gebaseerd zijn op zoete bodems en dat de data niet direct interpreteerbaar zijn voor zilte omstandigheden. Dit is bijvoorbeeld duidelijk in de analyses van Zeeland, waarbij volgens de analyses geen effect van zout is op de structuurstabiliteit en wel een groot effect op de verkruielbaarheid. De specialist van het laboratorium kan dit ook niet goed verklaren en geeft aan dat onze eigen interpretatie belangrijk is. Aan de ene kant zo het wel kunnen kloppen dat vooral de verkruielbaarheid wordt aangetast. Een verminderde verkruielbaarheid kan wijzen op een afname van de onderlinge binding van bodemdeeltjes en een afname van het aantal (en grootte) van poriën. Dit zorgt dus voor structuurverlies en daarmee een verlies van draagvermogen. Maar dit is eigenlijk dezelfde bewoording van “verslemping” en zou dan dus ook terug te zien moeten zijn in de “structuurstabiliteit” en dat is niet het geval. Mogelijk is de afname van het draagvermogen van een bodem dus terug te zien in een afname van de verkruielbaarheid, maar hiervoor zijn meer analyses nodig om dit te ondersteunen (meer percelen, verschillende klei- en zavelbodems). De andere mogelijkheid is dat de huidige analysemethodes te veel gericht zijn op zoete condities en (meerdere) aspecten die spelen onder zoute condities over het hoofd zien waardoor de huidige data niet goed zijn te interpreteren. Op korte termijn volgt een gesprek tussen het laboratorium en het Zilt Proefbedrijf om dit verder uit te werken.

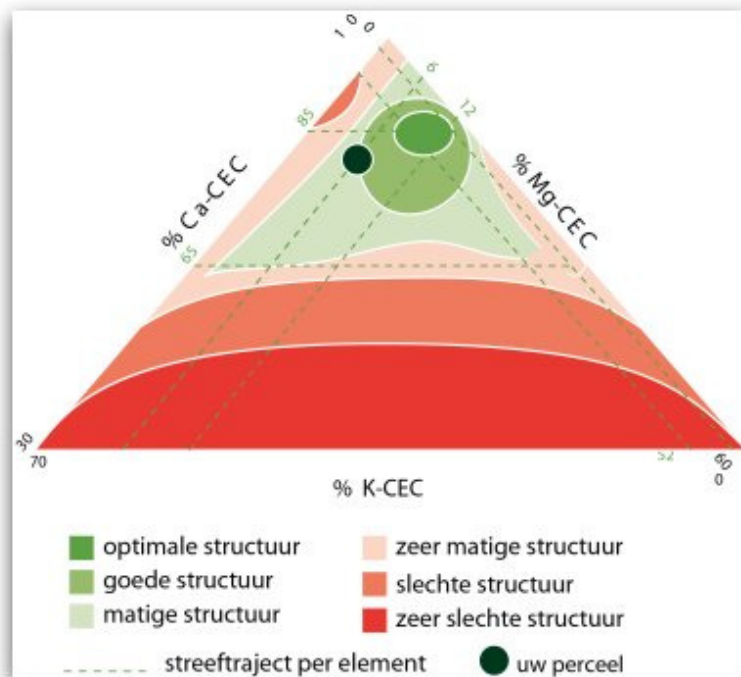
Een belangrijk aspect is dat bij beide aspecten (structuurstabiliteit en verkruielbaarheid) een toename in **organische stof** voor verbetering kan zorgen. Op basis van de analyse kan dus vastgesteld worden wat de hoeveelheid op te brengen compost mag zijn, waarbij op een bodem met een laag organische stof gehalte (<1-2%)

al snel zo'n 20 ton compost opgebracht kan worden. De organische stof in de bodem bestaat uit micro-organismen, verse residuen en humus fracties. In de bodem reguleert het de watervoorziening en de beluchting en voorziet planten van nutriënten. Een hogere organische stof fractie zorgt over het algemeen voor hogere bodemporositeit en verbeterde bodemstructuur. De organische stof in de bodem bestaat uit divers organisch materiaal in verschillende fasen van decompositie. Een deel daarvan is een 'water oplosbare fractie' die erg mobiel is. Een belangrijk aspect van verzilting is dat het zorgt voor verminderde microbiële activiteit en (daardoor) verhoogde concentratie van DOC (dissolved organic carbon) en DON (dissolved organic nitrogen) (Mavi et al., 2012). Daarnaast is het gebruik van een standaard zoutoplossing een methode om in het lab de organische fractie te scheiden van de bodem. Mogelijk zorgen de zouten in een verzilte bodem dus voor extra mobiele organische stof. Als er daarnaast wordt doorgespoeld (basisstrategie zilte irrigatie) dan kan snel verlies optreden van deze mobiele fractie van de organische stof hetgeen tot een verminderde bodemvruchtbaarheid leidt. Dit kan dus een reden zijn om sowieso extra organische stof toe te voegen. Wel moet goed gekeken worden naar de vorm waarin organische stof wordt toegevoegd en met welke bemesting dit gebeurt, aangezien de mobiele fractie van de organische stof er door wordt beïnvloed (Gonet and Debska, 2006). Mogelijk kan dit ook een verklaring zijn voor het feit dat de stikstof concentratie van de aardappelknollen lijkt toe te nemen naarmate de zoutconcentratie toeneemt. Mogelijk zorgt een verhoogde mobiele fractie ook voor een verhoogde beschikbaarheid van stikstof en daarmee kan mogelijk de hogere concentratie in de knollen worden verklaard.

De analyses laten wel duidelijk zien wat de "kalkbehoefte" van een perceel is ten aanzien van de structuur ("structuuradvies" in analyse, kan worden toegediend in de vorm van kalk of gips waarbij de laatste geen verhogend effect op de pH heeft). Deze kalkgift zorgt dus voor een ondersteunende en verbeterde bodemstructuur, vooral ten aanzien van de calciumbezetting van de CEC.

### ***CEC***

De Cation Exchange Capacity (CEC) wordt in het Nederlands ook wel het klei-humus complex genoemd. Dit is een maat voor het vermogen van de bodem om nutriënten en water vast te houden en gedurende het seizoen na te leveren. Klei- en humusdeeltjes hebben een negatieve lading waardoor zij positief geladen nutriënten zoals natrium (Na), kalium (K), magnesium (Mg), calcium (Ca), ammonium (NH<sub>4</sub>) aantrekken en adsorberen. Een kleibodem heeft over het algemeen een hoge CEC doordat de kleideeltjes veel bindingsplaatsen hebben, terwijl een zandbodem het vooral moet hebben van de organische stof als bindingsplaats en daardoor meestal een lagere CEC heeft.



Afbeelding 2. Inschatting van de structuurkwaliteit van een bodem op basis van de CEC bezetting (bron: BLGGAgroXpertus). Vooral calcium speelt een belangrijke rol bij de CEC bezetting, waarbij een hoge bezetting wordt geassocieerd met een goede structuur.

In Afbeelding 2 is te zien dat de verhouding tussen calcium, kalium en magnesium meestal wordt gebruikt om de CEC bezetting weer te geven en de structuurkwaliteit van een bodem in te schatten, waarbij een hoge Ca bezetting wordt geassocieerd met een goede structuur. Dit is 1 van de redenen om de structuuradvies-gift van de bodemanalyse ook op te volgen. Duidelijk is dat natrium in dit plaatje helemaal niet voorkomt. Door verzilting komt er een overmaat aan Na, K en Mg-ionen in het bodemvocht. Deze ionen zullen door uitwisseling een deel van de Ca-ionen van de CEC verdrijven (Stuyt et al., 2006). In de analyses in deze rapportage is duidelijk geworden dat deze uitwisseling onder sterk zilte condities zeer groot is. Binnen 1 seizoen domineert natrium op de CEC en is het merendeel van de calcium verdwenen van de CEC. In kleibodems wordt de CEC in grote mate bepaald door de aanwezige kleideeltjes of kleiplaatjes. Calcium houdt de kleiplaatjes op een mooie afstand van elkaar en zorgt zo voor een luchtige, rulle structuur. Bovendien zorgt calcium voor een prima binding van de kleiplaatjes onderling (bron: BLGGAgroXpertus). Kalium en natrium verdringen calcium dus van het klei-humus complex. Wanneer K en vooral Na aan de kleiplaatjes is gebonden dan is de sterkte van binding verslechterd kan de structuur in elkaar klappen. De losse kleiplaatjes kunnen poriën blokkeren waardoor water niet goed meer kan wegzakken in de bodem (verminderde permeabiliteit) waardoor waterstagnatie kan ontstaan. Door de compactere structuur wordt het ook voor wortels moeilijker om te groeien. De beste aanpak voor deze aspecten van de bodemkwaliteit lijkt dus een maximale gift van compost (organische stof) en calcium. De calciumconcentratie van de bodem (vooral de voorraad) van zowel de locatie op Texel als in Zeeland is vele malen

groter dan met de Ca meststof is toegediend. Het toevoegen van Ca kan dus beter op basis van het bemestingsadvies naar aanleiding van de bodemanalyse plaatsvinden en in de vorm van kalk of gips worden opgebracht. Er zijn ook grote hoeveelheden nodig om de positieve effecten van Ca op de bodem te bewerkstelligen (veelal 2500 kg/ha). Een aanbeveling is om aan het einde van het seizoen een bodemanalyse uit te voeren, waarbij in ieder geval gekeken wordt naar organisch stof gehalte, percentage lutum (klei) en de CEC bezetting. Deze analyse moet ook een bemestingsadvies voor bekalking bevatten. Een standaard aanpak voor de zilte bodem kan zijn om altijd het bekalkingsadvies op te volgen (dit dient meestal al in het najaar opgebracht te worden, vandaar de analyse aan het einde van het seizoen). Bekalking kan in de vorm van kalk of gips, afhankelijk van de pH van de bodem. De pH waarde van de bodem bepaalt de snelheid van het oplossen van de calcium en daarmee de keuze voor of kalk of gips. Daarnaast verhoogt gips de pH van de bodem verder niet is dus veelal de gewenste vorm voor bodems waar de pH al hoog is.

### **Draagvermogen kleibodem**

In Zeeland is vooral de kieming van zeekraal erg tegengevallen. Alhoewel dit al redelijk snel duidelijk was is het niet mogelijk geweest om te herzaaien. Het onvermogen tot herzaaien werd vooral bepaald door de beperkte mogelijkheid om het perceel met zware machines te betreden. Een zilte kleibodem heeft al een gering draagvermogen maar na hevige neerslag of zilte irrigatie is er al helemaal geen mechanische grondbewerking meer mogelijk. Dit is een extra complex gegeven ten aanzien van de bemestingsstrategie. Alhoewel door het opbrengen van kalk/gips en organische stof de bodemeigenschappen wel verbeteren, zullen de momenten dat mechanische grondbewerking mogelijk is toch altijd (zeer) beperkt blijven.

### **Bemestingsstrategie**

Veel van de bovengenoemde punten vallen al onder de bemestingsstrategie voor zilte condities, welke verder worden samengevat in de conclusies en aanbevelingen. Daarnaast is kalium altijd een belangrijk mineraal onder zilte condities. In een zilte bodem is natrium in hoge(re) concentraties aanwezig en kan voor toxische effecten zorgen in een plant, vooral omdat het door de plant wordt verward met kalium (zie o.a. De Vos, 2011). Onder zilte condities zal dus altijd voor extra kalium moete worden gezorgd, te denken valt aan de hoeveelheden die voor aardappelteelt worden voorgesteld (200-250 kg/ha). Alhoewel het effect van kalium geen onderdeel was van het onderzoek zal dit wel in het uiteindelijke bemestingsplan voor zilte condities opgenomen moeten worden.

## Conclusies

- Zeekraal is een stikstofbehoefstig gewas dat daar van relatief sterk profiteert. Een ureumbemesting tijdens de groeifase zorgde voor een toename van 60% in biomassa op basis van versgewicht.
- De hoogste opbrengst van zeekraal is bereikt door het opbrengen van een organische mestkorrel (calcium pellet) op het moment van zaaien. Het is niet geheel duidelijk welke component van de mestkorrel hiervoor verantwoordelijk is en het kan niet uitgesloten worden dat zeewier de groei van een gewas onder zilte omstandigheden kan ondersteunen.
- De minerale samenstelling van zeekraal geeft maar beperkte informatie over de uiteindelijke biomassa op het moment van oogsten.
- De calcium behandeling heeft niet geleid tot hogere calciumconcentraties in het gewas
- De calciumbehoefte van een zilte bodem is groot en vaak zal de maximaal geadviseerde hoeveelheid opgebracht worden. Volgens de analyse certificaten is dat 2500 kg/ha en dit zal in de vorm van kalk of gips worden opgebracht. Een kleibodem vraagt om een hogere kalkgift dan een zand bodem en dit zal in een bodemanalyse worden gekwantificeerd (totale gift ook nog afhankelijk van andere bodemfactoren).
- Organische stof zorgt voor een betere bodemkwaliteit en is belangrijk onder zilte condities, mogelijk zelfs nog belangrijker dan onder zoete omstandigheden. De zilte condities zorgen echter ook voor een verminderde afbraak en een verhoogde mobiliteit van de organische stof waardoor de balans tussen toediening en uitspoeling goed in de gaten gehouden moet worden. Op een zandbodem zal de uitspoeling door de mindere bindingscapaciteit sneller optreden dan op een kleibodem. Op een kleibodem zal dit verlies dus naar alle waarschijnlijkheid lager uitpakken dan op een zandbodem.
- Bij een zandbodem zal de bemestingsstrategie vooral gericht zijn op de gewasbehoefte, terwijl bij een kleibodem de bodemstructuur mede bepalend is voor de op te brengen bemestingen. Door de bemestingsstrategie te koppelen aan de analyseresultaten van grondmonsters die vroeg in het seizoen worden genomen kan voor zowel een zand- als een kleibodem voor het grootste gedeelte dezelfde strategie worden gevolgd (zie “eerste opzet zilte bemestingsstrategie” hieronder).
- Op een zilte kleibodem is het aantal momenten dat mechanische grondbewerking mogelijk is zeer beperkt.

## **Aanbevelingen**

- Voer aanvullende proeven uit met de toevoeging van zeewier, dit kan bijvoorbeeld de wortelgroei stimuleren en daardoor een positief effect hebben.
- Verzilting heeft meerdere effecten op de stikstofbeschikbaarheid en de onderliggende processen zijn nog niet duidelijk. Vervolgonderzoek is hiervoor nodig.
- Indien zout water wordt gebruikt voor irrigatie dan zal er altijd sprake moeten zijn van doorspoeling. In dat geval dient vooral stikstof in kleine hoeveelheden op regelmatige basis toegediend te worden (via het irrigatiewater)
- Veel van de standaardmetingen en aannames voor een goede bodemtoestand zijn op zoete omstandigheden geënt welke waarschijnlijk niet 1 op 1 voor zilte condities zijn toe te passen. Ook hier dient nog een verdiepingsslag uitgevoerd te worden.

## **Eerste opzet zilte bemestingsstrategie**

- Laat in het najaar een bodemonmonster nemen en analyseren
- Voer op basis van deze analyse een kalkbemesting (in het najaar) uit
- Zeker voor een kleibodem is deze kalk/gips toediening erg belangrijk in verband met het draagvermogen van de bodem en zal de maximale gift toegediend moeten worden.
- Deze analyse kan ook gebruikt worden voor de aan te bevelen gift ten aanzien van de meststoffen.
- Een ruimere kaliumbemesting zal altijd onderdeel zijn van de zilte bemestingsstrategie. De precieze dosering hangt echter af van de bodemtoestand en het type gewas, maar komt in de meeste gevallen waarschijnlijk in de buurt van de geadviseerde gift voor de standaard aardappelteelt. Voor kaliumbehoeftige gewassen zoals aardappel kan de gift zelfs nog hoger uitvallen (rond de 300 kg K/ha).
- Snel beschikbare calcium is belangrijk voor een gewas onder zilte condities. Op basis van de huidige inzichten kan dit het beste in de vorm van een bladbemesting worden toegediend. De hoeveelheid zal ook weer van de bodemtoestand en het type gewas afhangen en zal mogelijk rond de 20 liter totaal per hectare uitkomen (op te brengen in meerdere giften).
- Voeg organische stof toe aan de bodem, bij voorkeur in de vorm van compost (toevoeging bodemleven), denk al snel aan 20 ton/ha. Er dient rekening gehouden te worden dat het percentage beschikbare stikstof uit de organische stof mogelijk lager uitpakt onder zilte condities dan onder zoete condities.



## **Literatuur:**

- De Vos AC. 2011. Sustainable exploitation of saline resources. Ecology, ecophysiology and cultivation of potential halophyte crops. Proefschrift VU Amsterdam ISBN 978-90-8570-746-2
- Gonet SS, Denska B. 2006. Dissolved organic carbon and dissolved nitrogen in soil under different fertilization treatments. *Plant Soil Environment* 52, 55-63.
- Mavi MS, Marschner P, Chittleborough DJ, Cox JW, Sanderman J. 2012. Salinity and sodicity affect soil respiration and dissolved organic matter dynamics differentially in soils varying in texture. *Soil Biology & Biochemistry* 45, 8-13.
- Stuyt LCPM et al. 2006. Transitie en toekomst van Deltalandbouw; indicatoren voor de ontwikkeling van de land-en tuinbouw in de Zuidwestelijke Delta van Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra rapport 1132.