



Zilt Perspectief

Kennis en kansen voor teelt en verwerking van gewassen op zilte landbouwgrond rond de Wadden afgestemd op de unieke natuurlijke en landschappelijke kwaliteiten met aandacht voor educatie en kennisverspreiding.

Eindverslag

Waddenfondsproject 209829
Stichting Zilt Perspectief



Colofon

De Stichting Zilt Perspectief is opgericht voor de uitvoering van het Waddenfondsproject ZILT PERSPECTIEF WF 209829.

Stichtingsbestuur:	dhr. W. Eelman, voorzitter dhr. H. Van Wijk, secretaris dhr. S. Monsma, penningmeester
Projectleiding:	Marc van Rijsselberghe (06-513 279 51) i.s.m. Dr. Arjen de Vos (06-101 319 63) en Ir. Rikus Kieft, eindredactie (06-460 604 49)
Looptijd project:	2011 – 2014, afronding voorjaar 2015.
Website	www.ziltperspectief.nl
Foto's	Arjen de Vos, Rikus Kieft, Edwin van Straten, Marc van Rijsselberghe, Henk van Wijk

De Adviescommissie Waddenfonds en de Regiocommissie hebben in 2010 in gezamenlijkheid het volgende advies uitgebracht over dit projectvoorstel (Rapport Zoden aan de dijk):

Doeltreffendheid

De Adviescommissie heeft ook in de eerdere tenders uitgesproken dat het onderwerp aansprekend, innovatief en toekomstgericht is. Zij ziet in dit project een geloofwaardige aanvraag en ziet het nut van verder experimenteren met verzilting en verdroging gezien de behoefte die er is om de mogelijkheden met zilte teelt meer inzichtelijk te krijgen. Daarbij gaat het om een interessante combinatie van het onderzoek naar de zouttolerante gewassen en de aandacht voor het agrarisch landschap.

Kansrijkheid

De Adviescommissie heeft vertrouwen in het onderzoek, dat een opschaling betreft van reeds bestaand onderzoek. Men is bovendien op de hoogte van uitgevoerd onderzoek in Zeeland. Het project wordt op Texel uitgevoerd in een omgeving waar men reeds te maken heeft met zoute kwel. In Friesland gaat het om een perceel dat rondom een eigen afwatersysteem heeft. Daarmee zijn de gevolgen voor omliggende agrariërs naar mening van de adviescommissie beperkt. De adviescommissie prijst het feit dat het gaat om een economisch 'open acces' project.

Urgentie

De Adviescommissie ziet in dat dit onderzoek een toekomstperspectief biedt met de zilte teelten waar wellicht een grote markt voor kan worden geënthousiasmeerd. Het betreft geen regulier beleid en wel een bijdrage aan het inlopen van de achterstand van economische projecten van het Waddenfonds.

Totale projectkosten incl. 19/21 % BTW:	€ 2.842.047
Waddenfonds subsidie:	€ 2.557.842 (90%)
Cofinanciering	
Prov. Noord-Holland	€ 107.012
Prov. Fryslân	€ 107.012
Eigen bijdragen	€ 70.181

"De Vos AC, Van Rijsselberghe AMJ, Kieft H (editors). 2015. Zilt Perspectief. Kennis en kansen voor teelt en verwerking van gewassen op zilte landbouwgrond rond de Wadden afgestemd op de unieke natuurlijke en landschappelijke kwaliteiten met aandacht voor educatie en kennisverspreiding. Eindverslag Waddenfondsproject 209829. Stichting Zilt Perspectief."

In samenwerking met:

Louis Bolk Instituut
(Bart Timmermans, Monique Hospers, 0343-523860)

Vrije Universiteit afd. Systeemecologie
(Prof. dr. Jelte Rozema, 020-5987005, drs. Bas Bruning)

Wageningen UR Plant Research International
(Dr. Ingrid van der Meer, Dr. Jeroen van Arkel, 0317-481363).

Waddenacademie
(Klaas Deen, 058-233 9031)

Voorwoord

„een toekomstperspectief () met de zilte teelten waar wellicht een grote markt voor kan worden geënthousiasmeerd“.

Deze zin gaven de Adviescommissie Waddenfonds en de Regiocommissie in 2010 onder het kopje “Urgentie” in het advies rapport Zoden aan de dijk mee aan het projectvoorstel Zilt Perspectief.

Het woordje “wellicht” mag inmiddels worden weggelaten. In 2014 alleen al bereikten ons verzoeken uit meer dan 28 landen om informatie en samenwerking over kansen bij verzilting. Verzoeken uit alle continenten, van ondernemers en onderzoeksinstituten. De Texelse resultaten staan in de TOP-3 Innovaties op het Global Forum for Innovations in Agriculture, Abu Dhabi 2015.

Dit Waddenfondsproject heeft een enorme boost gegeven aan het proces van kanteling in het denken over verzilting. Niet alleen in de Waddenregio, maar ook nationaal en mondiaal. Niet alléén dit project uiteraard, maar ook de diverse projecten die naast en aanvullend op Zilt Perspectief, op Texel tot ontwikkeling zijn gekomen. En niet alléén wat op Texel plaatsvond, maar ook wat elders in Nederland tot ontwikkeling kwam, bij provincies, bij waterschappen, maar vooral bij individuele agrariërs die hun nek uitstaken en zeiden: we moeten verzilting niet langer ontkennen maar zoeken naar kansen.

Voor 2010 was praten over “verzilting als kans” buitengewoon lastig. Mede dankzij de experimenten en onderzoeken in dit Waddenfondsproject Zilt Perspectief is een niet meer terug te draaien kanteling op gang gekomen, zoals ook verwoord in de eerste conclusies in dit Eindverslag.

Bestuur en projectleiding van Zilt Perspectief willen daarom op deze plaats hun erkentelijkheid uitspreken voor de steun van het Waddenfonds, de Waddenacademie, en de provincies Fryslân en Noord-Holland.

De verhaallijn en het enthousiasme in dit Eindverslag spreken voor zich: verzilting is niet alleen maar een bedreiging, er zijn ook kansen zichtbaar geworden die zelfs op wereldschaal betekenisvol kunnen bijdragen aan de voedselvoorziening. En aan groeimogelijkheden voor kennisontwikkeling en -export in de Waddenregio en nieuwe exportkansen voor pootgoed en zaad.

Deze erkentelijkheid strekt zich ook uit tot de kennisinstituten waarmee is samengewerkt. Het was boeiend en soms ook best spannend om met meerdere disciplines dit project tot ontwikkeling te brengen, waarbij het dwingend karakter van het groeiseizoen en de ondernemersdrive wetenschappers soms tot wanhoop dreef. Dat dit is gelukt, is dank zij alle betrokkenen, voor en achter de schermen.

Bestuur en projectleiding Zilt Perspectief.

Inhoud

0. Zes belangrijke conclusies.....	6
1. Met beide voeten op de grond	
<i>Hoe werkt zo'n project?.....</i>	<i>10</i>
1.1 De projectdoelstelling.....	10
1.2 Soort project, seizoensritme	10
1.3 Projectorganisatie	10
1.4 Gewaskeuze	11
1.5 De proefvelden	12
1.6 Parallelle projecten	13
1.7 Leeswijzer	13
1.8 Classificatietabel zoutgehalte – de verschillende eenheden.....	14
2. Hoe meer je weet	
<i>Het identificeren van kennislacunes.....</i>	<i>16</i>
2.1 Omgevingseffecten van zilte teelten	16
2.1.1 Risico's en oplossingen rond verzilting van agrarisch cultuurlandschap.....	16
2.1.2 Verspreiding van zout door zilte teelt.....	17
2.1.3 Geen verdere verzilting bij irrigatie met gebiedseigen water.....	18
2.1.4 Drainage kan zout grondwater aanzuigen	18
2.2 Groenbemesters	20
2.2.1 Gras voor grasklavermengsel	21
2.2.2 Zouttolerantie 'natuur'	21
2.3 Kennislacunes in Zilt Perspectief	23
2.3.1 De effecten van zoute sproei op bemesting en plantgezondheid.....	23
2.3.2 Zoute irrigatie heeft een na-ijl effect op de bodemvruchtbaarheid.....	24
2.3.3 Zoute irrigatie veroorzaakt verschuivingen in het bodemleven.....	25
2.4 Waddenregio kraamkamer voor duurzame kennisbasis.....	26
2.4.1 Kansen voor verduurzaming van de regio.....	27
3. Zout...een toegevoegde waarde?	
<i>Experimenteel teeltonderzoek.....</i>	<i>30</i>
3.1 Wat zijn gezondheid bevorderende inhoudsstoffen?.....	30
3.2 Voedingswaarde en inhoudsstoffen en de effecten van zilte teelt hierop.....	31
3.2.1 Strandbiet.....	32
3.2.2 Zeekool.....	33
3.2.3 Aardappel	34
3.3 Gezondheid bevorderende inhoudsstoffen in potentieel interessante gewassen	36
3.3.1 Gewassen voor zilte teelt.....	36
3.3.2 Metingen aan gezondheid bevorderende stoffen in potentieel interessante gewassen voor zilte teelt	33
3.3.3 Hoe nu verder?	39
3.4 Groenbemesters en zout	40
3.4.1 Zouttolerantie groenbemesters.....	40
3.4.1.1 Hoe vind je de beste klaver?.....	40
3.4.2 Proefschrift Salinity tolerance in legumes	42
3.5 Teelthandleidingen	43
3.5.1 Zeekool (Crambe maritima)	43
3.5.2 Strandbiet (Beta vulgaris subsp. Maritima)	45
4. Ooit een zilte aardbei geproefd?	
<i>Educatiecentrum en zilte proeftuin</i>	<i>48</i>
4.1 Beleving voorop.....	48
4.2 De pers werkt anders, niet langs projectlijnen.....	49
4.3 De communicatieve resultaten	49
4.3.1 De vakbladen en het proefschrift (OPI 6).....	49
4.3.2 Themadagen/groepsbijeenkomsten (OPI 7).....	51
4.3.3 Publicaties in de (regionale) pers (OPI 8).....	53
4.4 Klimaateducatiecentrum De Boet en Zilte Proef-tuin (OPI 9).....	54
4.5 Beeld- en voorlichtingsmateriaal voor educatiecentrum (OPI 10).....	55
4.5.1 Selectie van bezoekers en excursies.....	55
4.5.2 Mousseline zilte Texelse aardappeltjes met venkel.....	58
5. Bijlagen	
5.1 Bevoeiingsstrategie en -techniek en wijze van zoutmetingen. Dr. A. De Vos.	60
5.2 Literatuurstudie naar het effect van zoutstress op plantenstoffen en de potentiële toegevoegde waarde. Dr. J. van Arkel en Dr. I.M. van der Meer, Wageningen UR Plant Research International.....	64
5.3 Mogelijke effecten van actualisatie van zoutschadefuncties van grondgebonden, beregende land- bouwgewassen, Kennis voor Klimaat-rapport 116/ 2014, samenvatting + bijlage Zouttolerantie van gangbare landbouwgewassen in Nederland Een beschouwing op basis van literatuurstudie en ervaringen Zilt Proefbedrijf Texel , dr. A.C. de Vos	71

Dit document is ook digitaal beschikbaar op www.ziltperspectief.nl.

0. Zes belangrijke conclusies

Dit project start in de blauwe cirkel. Als je zoekt naar kansen bij verzilting, begint de zoektocht bij de plant zelf: schrikt de plant erg van zout, gaat de plant dood, hoe ver strekt zijn zouttolerantie?

Van binnen naar buiten

Als er leven is en potentiële productie onder bepaalde zilte condities, dan komt de volgende vraag: in welke mate kan hij overleven, en als hij overleeft welke invloed heeft dat zout dan op zijn eigenschappen: smaak, uiterlijk, ziektegevoeligheid, bemestingsbehoefte, oogstbaarheid, houdbaarheid, interessante inhoudsstoffen voor medisch gebruik, cosmetica etc.



Afbeelding 1: Van binnen naar buiten

Omgaan met bodemzout begint bij het vaststellen van de zouttolerantie van gewassen, maar is veel meer dan dat. Zie bijgaande afbeelding. Alle aspecten in de groene cirkel zijn omgevingscondities die mee bepalen hoe de plant –als hij in principe een bepaalde zoutbelasting kan hanteren- presteert in die specifieke situatie.

Het project Zilt Perspectief levert met betrekking tot de zouttolerantie interessante conclusies in de blauwe cirkel. De bestaande uitgangspunten qua zouttolerantie in de zoetwaterlandbouw en bij de waterschappen blijken achterhaald. De modelbouw waarop de zoetwatervoorziening in de landbouw, de schadeberekeningen en de verdeling in droge tijden op is gebaseerd, moet over gedaan worden. Eerste berekeningen spreken van lagere landbouwschade in de orde van tientallen miljoenen per jaar op de schaal van Nederland.

En, niet verrassend, er zijn vele nieuwe onderzoeksvragen in de groene cirkel: we identificeren in deze rapportage meerdere kennislacunes. Een eenvoudig voorbeeld: stel we vinden een groenbemester die zouttolerant is, in hoeverre wordt zijn vermogen tot stikstoffixatie dan door dat zout beïnvloed? En vervolgens, in hoeverre wordt het beschikbaar komen van die stikstof in de bodem, dan weer door zout geremd of versterkt? Nog een voorbeeld: gerst is relatief zouttolerant, tenminste dat neemt men aan. Wat voor effect heeft zoutbelasting op de brouwkwaliteit van gerst, en vervolgens op de smaak van het biertje dat daarmee wordt gebrouwen?

Dit zijn de eerste conclusies die we hebben gevonden

- De bestaande zouttolerantietabellen zijn geen goede basis om beleid op te baseren. Zie bijgaande tabel waarin op basis van proeven in Zilt Perspectief en enkele andere projecten op Texel, de verschuivingen zichtbaar zijn gemaakt. Bij wortel, ui, kool en aardappel is waargenomen dat er per gewas grote verschillen tussen de rassen te zien zijn, dit geldt naar alle waarschijnlijkheid voor elk gewas. Een definitieve vaststelling van de zouttolerantie in de Nederlandse klimaatzone vraagt meerjarig onderzoek en een veldtestlocatie a la Tested on Texel.

Overzicht zouttolerantie van de gewassen die tijdens het project Zilt Perspectief zijn onderzocht onder zilte omstandigheden				
Gewas	Latijnse naam	Zouttolerantie Volgens FAO referentie	Zouttolerantie Zilt proefbedrijf	Opmerkingen
Zeekool	<i>Crambe maritima</i>	geen data	tolerant	geen halofyt
Strandbiet	<i>Beta maritima</i>	geen data	halofyt	groeit zelfs op zeewater
Lucerne	<i>Medicago sativa</i>	matig gevoelig	matig tolerant / tolerant	
Honingklaver	<i>Melilotus officinalis</i>	matig tolerant	tolerant	
Selderij	<i>Apium graveolens</i>	matig gevoelig	tolerant	
Witlof	<i>Cichorium sp</i>	geen data	tolerant	
Wortel	<i>Daucus carota</i>	gevoelig	tolerant	verschil tussen rassen waargenomen
Gerst	<i>Hordeum vulgare</i>	tolerant	tolerant	verschil tussen rassen waargenomen
Ui	<i>Allium cepa</i>	gevoelig	matig tolerant	verschil tussen rassen waargenomen
Kool	<i>Brassica oleracea</i>	matig gevoelig	tolerant	verschil tussen rassen waargenomen
Aardappel	<i>Solanum tuberosum</i>	gevoelig	tolerant	verschil tussen rassen waargenomen
Aardbei	<i>Fragaria sp.</i>	gevoelig	tolerant	
Radijs	<i>Raphanus sativus</i>	matig gevoelig	tolerant	
Sla	<i>Lactuca sp.</i>	matig gevoelig	tolerant	
Wilde rucola	<i>Diploaxis tenuifolia</i>	geen data	tolerant	
Koolzaad	<i>Brassica napus</i>	matig tolerant	tolerant	
Suikerbiet	<i>Beta vulgaris</i>	tolerant	tolerant	
Spinazie	<i>Spinacia oleracea</i>	matig gevoelig	gevoelig	

Afbeelding 2: Dit is een globale indeling van de zouttolerantie, zowel volgens de FAO referentie als de waarnemingen op de testlocatie van Zilt Proefbedrijf. Bij de onderzochte gewassen is alleen bij koolzaad en spinazie een lagere zouttolerantie gesignaleerd; alle andere gewassen zijn zouttoleranter dan werd aangenomen.

2. Wereldmarkt in beeld

Teelt van nieuwe zilte gewassen begint als niche-teelt, kleinschalig, voor een regionale markt. De ontdekking bij hoofdgewassen als aardappel, ui, wortel en groenbemesters van veel ruimere marges in zouttolerantie dan tot voor kort werd aangenomen, brengt een wereldmarkt in beeld gezien de 1,5 miljard ha grond die wereldwijd onbruikbaar is geworden vanwege verzilting. Hier liggen exportkansen voor zaden, pootgoed, teeltkennis en watermanagement.



Test met ui en wortel

3. Grote verschuiving in schadeberekeningen

De verschuiving zoals onder 1. zichtbaar gemaakt, kan in Nederland verstrekende gevolgen hebben ten bedrage van tientallen miljoenen euro's voor de modellen waarmee het zoetwatermanagement in Nederland wordt onderbouwd. Herijking van deze modellen heeft hoge prioriteit en zal gepaard moeten gaan met validatie op proefveldniveau. (zie Mogelijke effecten van actualisatie van zoutschadefuncties van grondgebonden, beregende land- bouwgewassen, Kennis voor Klimaat-rapport 116/ 2014, samenvatting in H5 Bijlagen)

Waterschap	gewasopbrengst op beregende percelen, berekend met de huidige zouttolerantiefuncties €	gewasopbrengst op beregende percelen, berekend met <u>bijgestelde</u> zouttolerantiefuncties €	verandering in de opbrengst, veroorzaakt door berekenen met een bijgestelde zouttolerantiefunctie €
AGV-Waternet	9 041 550.-	9 127 427.-	85 877.-
Hollands Noorderkwartier	367 218 784.-	389 183 232.-	21 964 448.-
Rijnland	51 711 368.-	53 118 308.-	1 406 940.-
Zeeuwse Eilanden	57 468 320.-	65 957 620.-	8 489 300.-
Zuidhollandse Eilanden	155 279 264.-	157 212 784.-	1 933 520.-
Wetterskip Fryslan + wadden	89 125 048.-	93 484 960.-	4 359 912.-
Schieland+Krimpenerwaard	10 585 296.-	10 596 339.-	11 043.-
Zeeuws Vlaanderen	23 461 200.-	24 163 548.-	702 348.-
Brabantse Delta	312 371 840.-	319 925 792.-	7 553 952.-
Hunze en Aa's	104 091 776.-	104 093 848.-	2 072.-
Noorderzijlvest	45 889 700.-	48 580 816.-	2 691 116.-
Zuiderzeeland	471 360 608.-	480 998 272.-	9 637 664.-
Totaal	1 697 604 754.-	1 756 442 946.-	58 838 192.-

Afbeelding 3: Indicatieve cijfers van effecten van het gebruik van zoutschadefuncties voor beregende landbouwgewassen die toleranter zijn dan de schadefuncties die anno 2013 in Nederland worden gehanteerd. De berekende landbouwschade neemt af en de cijfers zijn regionaal sterk gedifferentieerd. Uitgangspunten voor de berekening: BRP 2010; kaart zoutgehalte oppervlaktewater: 1989, geprojecteerd op het jaar 2050 W+ ('warm').

4. Geen risico op extra verzilting bij irrigatie met gebiedseigen brak water

Op vele locaties in Nederland is het grondwater en/of het oppervlakte water al verzilt. Dit is veelal "fossiel zeewater" dat sinds de inpoldering langzaam maar zeker omhoog komt. Drainage voorkomt weliswaar de verzilting van de wortelzone, maar het zorgt ook voor een opwaartse beweging van het zoute grondwater en verhindert de vorming van een (grote) zoetwaterlens.

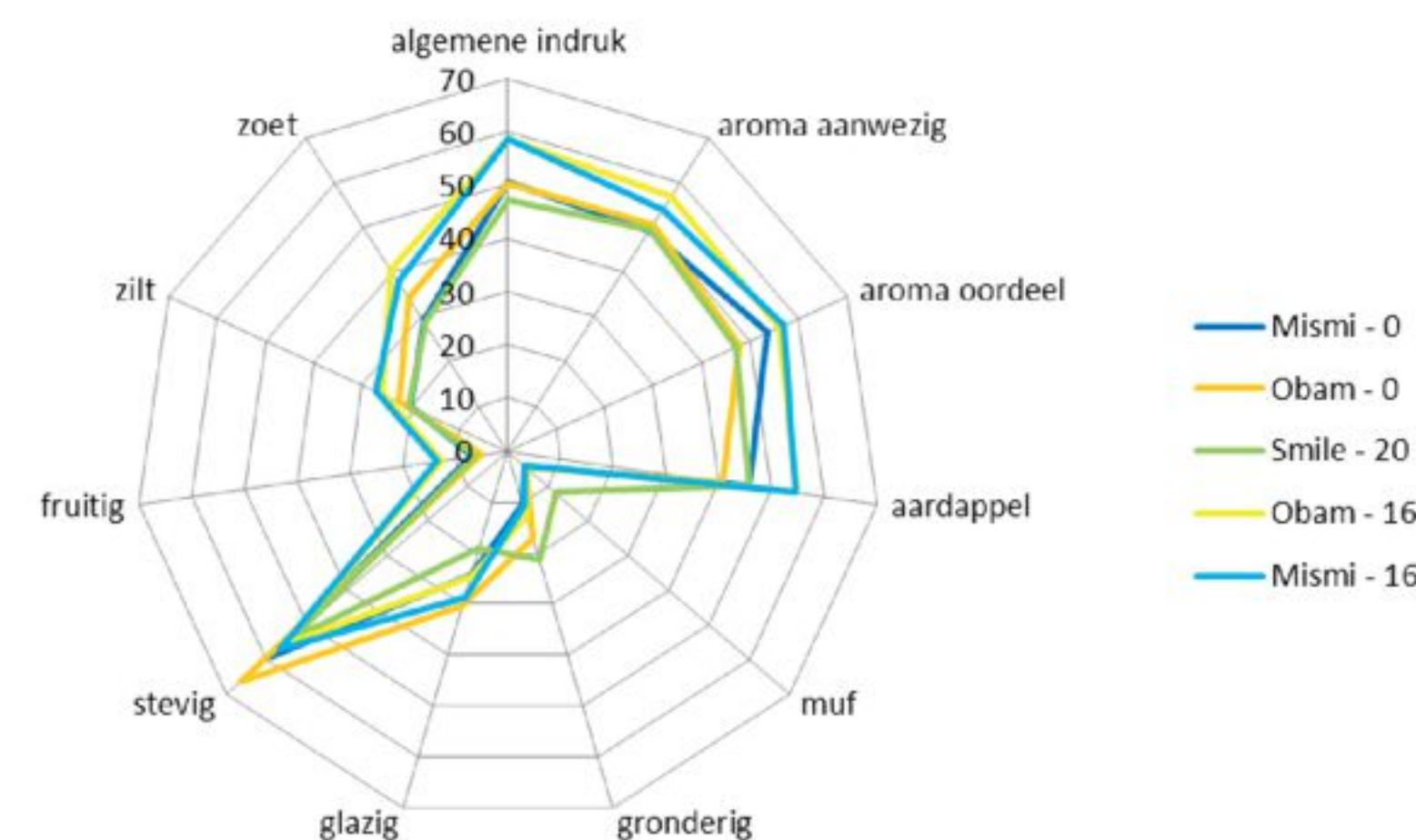
In een verzilte omgeving is er geen risico op extra verzilting wanneer er ook geïrrigeerd wordt met gebiedseigen brak of zout water. Alleen de wortelzone zelf zal dan beïnvloed worden door de irrigatie, maar het grondwater en het oppervlaktewater lijkt hier niet door beïnvloed te worden, deze worden vooral beïnvloed door het omhoog komen van zout grondwater. Horizontale verspreiding van zout in de bodem is niet waargenomen. In een goed gedraineerde bodem is sturing van de bodemzoutconcentratie aan de hand van het irrigatiewater goed mogelijk. Irrigieren met zoutwater beïnvloedt dus alleen zeer lokaal de bodemzoutconcentratie.

5. Waddenregio kraamkamer voor duurzame kennisbasis

Experimenteren met zout in van oudsher op zoetwater gebaseerde voedselproductie is niet minder dan een paradigma-verschuiving. Als we in een periode van enkele jaren toe willen naar rendabele teelten – de potentie is volop aanwezig gebleken – zal er nog veel onderzoek moeten worden verzet. Onderzoek waarbij wetenschap en praktijk, met simultane laboratorium- en veldproeven, in nauwe samenwerking snelle slagen kunnen maken. Die formule is in dit project Zilt Perspectief toegepast. Dat moet leiden tot een duurzame kennisbasis voor zilte teelten en zilte natuur en een doelmatig watermanagement. En wat zou mooier zijn dan dat het Nederlandse deel van het Werelderfgoed, de Nederlandse Waddenregio, zich ontwikkelt tot kraamkamer en innovatieregio voor deze duurzame kennisbasis.

6. Zout maakt smaak

Een communicatiestrategie gericht op zien, voelen en proeven is kansrijk gebleken. Belangrijke factor hierbij is dat zoutstress bij diverse gewassen (ook nu: rasafhankelijk) tot een bijzondere smaakbeleving leidt. Chefkoks experimenteren er bijzonder graag mee. Niet per definitie zouter, maar wel aromatischer, steviger. Aldus concluderen professionele smaaktesters.



Afbeelding 4: Visuele weergave van de eigenschappen (...). Onderaan de minder positieve eigenschappen. Lichtblauw de Miss Mignonne bij 16 ds/m. Smaakonderzoek Glasgroenten, Wageningen UR Glastuinbouw

1. Met beide voeten op de grond

Hoe werkt zo'n project?

In dit eerste hoofdstuk nemen we u mee in een paar essentialia van dit project, als onderlegger voor de volgende hoofdstukken waarin verslag wordt gedaan van de resultaten.

1.1 De projectdoelstelling

Projectdoelstelling:

Vergaren van kennis op het terrein van duurzaamheid en landbouw. Onderzoek naar de gevolgen van verzilting en de mogelijkheden van de landbouw om daarbij aan te sluiten.

Het project is uitgewerkt in drie onderdelen:

- Identificeren van kennislacunes
- Experimenteel teeltonderzoek
- Opzetten educatiecentrum en zilte proeftuin.

Zilt Perspectief bleek daadwerkelijk een zoektocht in drie onderdelen:

- Welke kennis missen we eigenlijk als we onder verziltende condities toch voedselproductie willen realiseren?
- Hoe zou die teelt eigenlijk moeten gaan als je gaat opschalen? Een paar planten in een hoekje ergens is leuk, maar als je focust op efficiënte productie, wat komt er dan kijken? Andere machines? Gewasbescherming en zout? Plagen? En wat zijn de effecten op het agrarisch cultuurlandschap?
- En: waarmee wek je de interesse van boeren (en hun toeleveranciers, zaadbedrijven, meststoffenhandel, burgers en buitenlui (ambtenaren, wetenschappers, bestuurders))?

1.2 Soort project, seizoensritme

Experimenteren in de volle grond, dat is nog eens wat anders dan in een laboratorium. Het gaat niet alleen om in leven blijven van een plant onder zilte condities, maar ook om productie: hoe hoog is de opbrengst, wat doet de smaak, de houdbaarheid, de textuur van het voedsel. Is bij wijze van spreken zilte gerst nog geschikt om bier van te maken...

Het groeiseizoen is dominant: lente, zomer, herfst, winter. Met de weersinvloeden die daarbij horen: regen, wind, storm, stuivend zand, aanhoudende droogte. Dicht slepende kleibodem en arme zandgrond, onvoorspelbare zoute kwelstromen, drainage die verzilting bevordert, we hebben deze vier jaar alles meegemaakt.

En we hebben vastgesteld dat vitale bodemprocessen zoals mineralisatie en ook stikstoffixatie, onder invloed van zout anders verlopen dan we kennen uit de zoetwater landbouw. Maar daarover later.

1.3 Projectorganisatie

De Stichting Zilt Perspectief was verantwoordelijk voor de overall projectleiding en de publiciteit. De Stichting beheerde de proefvelden op Texel, zette het Klimaateducatiecentrum in De Boet op, en onderhield de Zilte Proeftuin van 10x15 meter waar mensen nieuwe zilte gewassen konden zien, aanraken en proeven.



Klimaateducatiecentrum De Boet met zilte proeftuin

De drie kennisinstituten hadden hun eigen deeltaak.

- De Afdeling Systeemecologie van de Vrije Universiteit teelde kleinschalig diverse gewassen onder verschillende zilte condities, en legde zich later toe op een zilte groenbemester. Dit resulteerde in het proefschrift "Salinity tolerance in legumes" (promotie Bas Bruning zomer 2015).
- Het Louis Bolk Instituut werkte aan een teelthandleiding van zeekool en strandbiet waarmee geïnteresseerde agrariërs elders in de Waddenregio de teelt kunnen oppakken. Het LBI beheerde ook het proefveld bij Zurich in de provincie Fryslân.
- Wageningen UR (PRI) deed onderzoek naar bruikbare inhoudsstoffen van de geteelde gewassen en zocht naar het effect van zout daarop. Hiervoor werden vele diverse metabolomics analyses uitgevoerd.

Het projectteam hield 2x per jaar een intensieve werkvergadering. In januari werden de plannen voor het komende groeiseizoen besproken en op elkaar afgestemd, waarbij de ervaringen van het voorgaande jaar werden vertaald in aangepaste of nieuwe technieken, nieuwe of herhaalde experimenten met bemesting, zoutgehaltes etc. In juni, halverwege het groeiseizoen, werden de vorderingen uitgewisseld en besproken en zo nodig de aanpak bijgesteld.

Ook werd jaarlijks een Themadag gehouden waarin de onderzoeksvorderingen en -vragen met een ruimere doelgroep werden besproken.

1.4 Gewaskeuze

In de aanvraag werden als voorbeeld genoemd zeekraal, zilte strandbiet, lepelblad, zeekool, zilte monniksbaard. Zeekool is het belangrijkste onderzochte gewas geworden waarvoor ook een teelthandleiding is geproduceerd, evenals voor strandbiet. Er is gekeken naar:

- Bemesting en compostgebruik, mechanisatie, vruchtwisseling, vermeerdering, div. aspecten rond trek van zeekool etc.
- Vergelijking van smaak na zilte, brakke en zoetwaterirrigatie teelt
- Inhoudsstoffen (food/non food)
- Cosmetische eigenschappen
- Voedingswaarde en rol van zout in de voeding
- Identificatie meerwaarde

In de Zilte Proeftuin is geëxperimenteerd met kieming onder zoute condities van heel veel verschillende gewassen. Hier is een diversiteit aan zouttolerante en zoutminnende planten ingezaaid, zoals diverse soorten snijbiet, ijskruid, meldesoorten, rolklaver, boomlupine, hopklaver, monniksbaard, oesterblad, heemst, Japanse zeekraal. Steeds opnieuw bleek het kunnen zien, aanraken, ruiken, proeven van deze onbekende gewassen een erg sterk communicatiemiddel voor bezoekende groepen te zijn.

Alle excursies gingen ook langs deze proef-tuin.

Elk jaar opnieuw werd een aangepast zaaischema ontworpen. Tevens is een kiemingsexperiment opgezet van vele tientallen potentieel interessante (tuinbouw)gewassen voor zilte hydroponics. Dit experiment bleek zeer verrassende resultaten te geven. Veel meer gewassen doen het op zout water dan ooit voor mogelijk werd gehouden: diverse slasoorten, wortel, radijs, rode biet, tomaat, zelfs zonnebloem en aardbei. Spinazie daarentegen weer niet of nauwelijks terwijl dat werd beschouwd als een verhoudingsgewijs zoutongevoelig gewas. Dit zaai-experiment bleek ook een zeer impact-rijk educatief middel, zeker als je kunt laten proeven dat een zilte aardbei beduidend sterker en zoeter van smaak is!



Zilte hydroponics

1.5 De proefvelden

Het project speelde zich af op drie proefveldlocaties

Allereerst het proefveld bij De Boet, Hoornderweg, Texel. Dit is een niet-zout zandperceel van 3,5 ha, lichte zavel. Hier is al meer dan 30 jaar uitsluitend biologisch geteeld. Jaarlijks werd hier in twee vakken van elk 90x20 meter zeekool geteeld in rijen, op ruggen, en onder plastic. Hierbinnen zijn diverse stikstofbemestingsniveaus toegepast in de vorm van Monterra malt; ook werd compostbemesting toegepast. Daarnaast werd via sproei per bemestingsniveau gevarieerd in de zoutbelasting, precies zoals de zoutbelasting voor de zeekool onder wilde condities is: op de vloedlijn langs stranden en dijken. Per behandeling (bemesting en 'sproei') zijn er drie herhalingen; de resultaten leest u in de teelthandleiding.

Het tweede proefveld, aan de Mokweg bij Den Hoorn, achter De Petten, is een zilte lichte zandgrond. De eerste versie bij de Mokweg werd ingericht volgens vier zoutconcentraties, acht vakken per concentratie, in totaal dus 32 vakken van 4x5 m, totale oppervlakte 20x40 m. Het bevoeiingssysteem (druppelirrigatie) werd aangelegd, pompen en filters (om dichtslibben druppelirrigatie te voorkomen) geïnstalleerd. Deze techniek bleek de eerste twee jaar echter onvoldoende betrouwbaar bij wisselende weerscondities. Nog storender was dat de afstroom van zoet water uit de duinen op die locatie onvoorzien bleek te variëren.



De 1 hectare grote testlocatie Tested on Texel

Bij de overgang van jaar 2 naar jaar 3 is overgestapt naar het naastliggende proefveld van Zilt Proefbedrijf, waardoor gebruik kon worden gemaakt van strak gecontroleerde en beheersbare zeven zoutconcentraties in acht herhalingen op ongeveer 0,25 ha. Hazenvraat bleek -ondanks afrastering- een bedreiging voor met name de groenbemestersproeven.

Het derde proefveld is een (erg) zout perceel van 1 ha, op zeeklei (met zoute kwel) in NW-Fryslân, bij het dorp Zurich, aan de voet van de Afsluitdijk. Hier is het eerste jaar zeekool geplant, en strandbiet, gerst en gierstmelde (Quinoa) gezaaid. Het geheel ligt op twee verschillende akkers, een hoger en een lager gelegen (en zouter) akker. Op de overgebleven bewerkte oppervlakten zijn voederbieten, lupine, gras/klaver en luzerne ingezaaid. Halverwege het eerste jaar heeft een veehouder een kudde schapen op het proefveld gejaagd en hierdoor is alles opgegeten.

De kleigrond liet zich moeilijk temmen. Bovendien is het perceel voorjaar 2012 lang onder water gehouden i.v.m. anticipatie op een mogelijke Elfstedentocht. Daardoor kon het oorspronkelijke plan om de percelen wat boller te maken (betere waterafstroom) niet doorgaan; de grond was te lang te nat om er met zware machines op te kunnen.

Het perceel is vervolgens diep geploegd in een laatste poging om het bruikbaar te maken. Het diep-bewerken heeft geen goede resultaten laten zien. Meerdere gewassen bleken negatieve groei te vertonen, met andere woorden legden het loodje. Ook dat is een onderzoeksresultaat, maar toch weinig bevredigend.

Eindconclusie met betrekking tot deze proeflocatie is geworden dat binnen de beschikbare projectmiddelen op deze specifieke combinatie zware zeeklei/zeer zout slechts uiterst moeizaam onderzoek mogelijk bleek. Er kunnen met de nu onderzochte gewassen op deze zware grondsoort nu nog geen teelthandleidingen worden opgesteld. Wat niet wil zeggen dat het niet mogelijk is.

1.6 Parallelle projecten

Door parallelle ontwikkelingen op Texel ontstonden er meerdere zilte projecten tegelijkertijd. Zo is er geëxperimenteerd met het Gemengd Zilt Aqua Agrarisch Bedrijf waarin schelpdieren, algen en zilte groenten werden gecombineerd binnen de bedrijfsvoering. Er ontstond een Zilte Kenniskring. Maar beeldbepalend naast het Waddenfondsproject Zilt Perspectief bleek in 2011 de ontwikkeling van het **Zilt Proefbedrijf** te zijn, de geavanceerde testlocatie waar op 1 ha zeven verschillende zoutconcentraties in acht herhalingen konden worden toegepast met een constante zoutconcentratie in de wortelzone.

Het Zilt Proefbedrijf is bij de start gefinancierd uit een SBIR-opdracht in het kader van het SBIR programma Klimaatadaptatie en Water. Zilt Proefbedrijf bleek met de testlocatie Tested on Texel het enige voorstel te zijn dat op zoek ging naar kansen bij verzilting, andere inzendingen bleken allemaal technische oplossingen tegen (zout)wateroverlast. Het project Zilt Perspectief maakte in het derde en vierde jaar ook gebruik van die nieuwe testlocatie Tested on Texel.

1.7 Leeswijzer

Dit Eindverslag Zilt Perspectief is naast dit inleidende algemene hoofdstuk opgebouwd volgens de outputindicatoren (OPI's) zoals vastgelegd bij begin van het project.

Deze OPI's komen als volgt terug in de hoofdstukopbouw, waarbij we tevens de driedeling uit de projectomschrijving volgen (zie pag. 3):

Hoofdstuk 0 (titel), vat de belangrijkste conclusies samen.

Hoofdstuk 1 (**Met beide voeten op de grond**) geeft achtergrondinformatie over de projectopbouw en het projectverloop, die nodig en nuttig is om de context goed te kunnen plaatsen.

Hoofdstuk 2 (**Hoe meer je weet.....ondertitel "Het identificeren van kennislacunes"**) rapporteert over de kennis van kansen/problemen bij teelt op duurzame grondslag (OPI 4) en beschrijft de mogelijke effecten van zilte teelten op het bestaande agrarische, deels kleinschalige en natuurlijke, cultuurlandschap in de Waddenregio (OPI 3)

Hoofdstuk 3 (**Zout.....een toegevoegde waarde?.....ondertitel "Experimenteel teeltonderzoek"**) beschrijft het effect van zilte teelt op de inhoudsstoffen van zeekool, strandbiet en aardappel (OPI 1). Maar ook effecten van zout op de werking van groenbemesters. Allereerst werd literatuuronderzoek gedaan, maar dat werd aangevuld met laboratoriumonderzoek aan monsters van daadwerkelijk zilt geteelde planten. Tevens werd gekeken naar potentieel interessante gewassen om onder zilte condities te telen, en werden vervolgens inhoudsanalyses gedaan. De vraag bij dit onderzoek was, of in zilt geteelde gewassen inhoudsstoffen aanwezig zijn of worden geïnduceerd, die een toegevoegde waarde kunnen geven aan het geoogste product. Hoofdstuk 3 bevat tevens de **teelthandleidingen** voor zeekool en voor strandbiet (OPI 2 en 5) .

Hoofdstuk 4 (**Ooit een zilte aardbei geproefd?.....ondertitel "Educatiecentrum en zilte proeftuin"**) gaat in op de publicaties in vakbladen, het proefschrift dat in het kader van dit project tot stand is gekomen (OPI 6). Het tweede deel van Hoofdstuk 4 bundelt de overige OPI's 7, 8, 9 en 10 en sluit af met een selectie van bezoekers, bijeenkomsten en excursies die in deze 4 jaar kennis hebben gemaakt met het Zilte Perspectief, via het Klimaateducatiecentrum met de zilte proeftuin.

In Hoofdstuk 5 is een aantal **Bijlagen** opgenomen waarnaar in de hoofdtekst wordt verwezen.

Het Waddenfonds benoemde als beoogde output 10 gekwantificeerde indicatoren (OPI's), gebaseerd op het projectplan. Dat zijn:

1. Beschrijving per gewas van potentiële waarden van meerdere onderzochte gewassen 1x
2. Berekende opbrengst per ha bij diverse varianten 1x
3. Overzicht milieueffecten 1x
4. Rapportage kennis van kansen/problemen bij teelt op duurzame grondslag 1x
5. Brochure met teeltbeschrijving etc. 1x
6. Publicaties in vakbladen Meerdere
7. Publicaties in regionale pers 2x/jaar
8. Themadagen/groepsbijeenkomsten 2x/jaar
9. Oprichting educatiecentrum en bijbehorende proeftuin 1x
10. Ontwikkelen beeld- en voorlichtingsmateriaal voor educatiecentrum

Tot slot

Het hier gepresenteerde materiaal is slechts een samenvatting van een selectie van alles wat deze vier jaar over tafel is gegaan. Mocht u meer willen weten over bepaalde onderdelen, aarzel dan niet contact te leggen met de betrokken onderzoekers of de projectleider(s) (zie contactgegevens op pag. 3).

1.8 Classificatietabel zoutgehalte – de verschillende eenheden

Alle deelsectoren die zich bezighouden met verzilting, hebben hun eigen voorkeursparameter voor het aangeven van de mate van zout in water. Dat leidde bij de vele excursies regelmatig tot hoofdrekensommetjes. Hieronder hebben we de diverse eenheden in een onderlinge vergelijkingstabel geplaatst.

Globale classificatie van **water** op basis van het zoutgehalte, uitgedrukt in geleidbaarheid (EC in dS/m), millimolair NaCl (mM NaCl), parts per thousand (ppt), parts per million (ppm) en mg CL⁻ per liter

classificatie	dS/m	mM NaCl	ppt*	ppm	mg CL ⁻ / L	toepassing
Zoet	0,8	8	0,5	500	280	Drinkwater
Grens landbouw	1,7	17	1	1.000	600	irrigatie
Licht brak	1,7 – 8	17-80	1 – 5	1.000 – 5.000	600 – 2.800	-
Brak	8 – 25	80 – 250	5 – 15	5.000 – 15.000	2.800 – 9.000	-
Sterk brak	25 – 58	250 – 580	15 – 35	15.000 – 35.000	9.000 – 18.000	-
Zeewater**	58	580	35	35.000	18.000	-
“pekel”	> 58	> 580	> 35	> 35.000	> 18.000	-

* 1 ppt ≈ 1 PSU (Practical Salinity Unit), 1 ppt = 0,1 % ** Waddenzeewater ≈ 40 dS/m

Aanname is dat Cl 1:1 t.o.v. Na⁺ aanwezig is in het water. Andere aanname is dat de zouten in het water nagenoeg geheel uit NaCl bestaat, zoals het geval is voor zeewater.

Op Zilt Proefbedrijf Tested on Texel inmiddels bewijzen verzameld dat:

- Bepaalde aardappellassen nog relevante productie leveren bij intensieve bevloeiing met water van 20 ds/m
- Bepaalde slasoorten nog relevante productie leveren bij idem 12 ds/m

Hoofdstuk 2

Inhoud

2. Hoe meer je weet.....

Het identificeren van kennislacunes	16
2.1 Omgevingseffecten van zilte teelten	16
2.1.1 Risico's en oplossingen rond verzilting van agrarisch cultuurlandschap	16
2.1.2 Verspreiding van zout door zilte teelt	17
2.1.3 Geen verdere verzilting bij irrigatie met gebiedseigen water	18
2.1.4 Drainage kan zout grondwater aanzuigen	19
2.2 Groenbemesters	20
2.2.1 Gras voor grasklavermengsel	20
2.2.2 Zouttolerantie 'natuur'	21
2.3 Kennislacunes in Zilt Perspectief	23
2.3.1 De effecten van zoute sproei op bemesting en plantgezondheid	23
2.3.2 Zoute irrigatie heeft een na-ijl effect op de bodemvruchtbaarheid	24
2.3.3 Zoute irrigatie veroorzaakt verschuivingen in het bodemleven	25
2.4 Waddenregio kraamkamer voor duurzame kennisbasis	26
2.4.1 Kansen voor verduurzaming van de regio	27

2. Hoe meer je weet...

Het identificeren van kennislacunes

Hoofdstuk 2 beschrijft de mogelijke effecten van zilte teelten op het bestaande agrarische, deels kleinschalige en natuurlijke, cultuurlandschap in de Waddenregio (OPI 3).

De vraag die daar onlosmakelijk bij hoort is de volgende: welke **kansen** komen er in beeld als zilte teelttechnieken onderdeel zouden worden van een normale agrarische bedrijfsvoering in de kustzones van de Waddenregio? Kunnen we dan nieuwe antwoorden vinden op een aantal ruimtelijk-fysieke uitdagingen van deze tijd: zeespiegelstijging, kustverdediging, rendabel houden van agrarische gronden, meervoudig ruimtegebruik, functieverweving van voedselproductie, toeristische beleving en landschappelijke kwaliteit?

Hierop gaan we na de beschrijving van enkele kennislacunes in bij de rapportage over de kennis van kansen/problemen bij teelt op duurzame grondslag (OPI 4).

2.1 Omgevingseffecten van zilte teelten

Teelt op duurzame grondslag houdt onder meer in een teelt die het bestaande evenwicht op locatie respecteert, niet ernstig verstoort, en geen ingrijpende, ongewenste effecten heeft op de omgeving.

Wat zijn de milieueffecten van zilte teelten op duurzame grondslag (OPI 3)? Milieu hier opgevat in de brede zin van **'omgeving'**: passen zilte teelten wel in het waardevolle agrarische cultuurlandschap in de Waddenregio? Zijn er onvermoede visuele en/of milieueffecten op het oppervlaktewater, de aangrenzende natuur, aanliggende percelen, effecten op het landschapsbeeld door mogelijk afwijkende gewaskeuzes, waar we rekening mee moeten houden? Dat waren de achterliggende vragen bij dit thema.

2.1.1 Risico's en oplossingen rond verzilting van agrarisch cultuurlandschap

Het agrarisch cultuurlandschap hoort bij Nederland: grote delen van ons land hebben een lange geschiedenis van agrarisch landgebruik. Agrarisch cultuurlandschap is voor velen sfeer- en uitzichtbepalend en heeft een belangrijke culturele waarde. Bovendien heeft de agrarische productiefunctie geresulteerd in de vorming van bodems, van begeleidende natuur op de akkers, in akkerranden en in sloten. Ook in de Waddenregio heeft dit geleid tot een kenmerkend landschap, dat nu onderdeel is van een Werelderfgoed.

In grote delen van het kustgebied wordt dit landschap mogelijk bedreigd door toenemende verzilting als gevolg van klimaatverandering.



Klimaatverandering leidt tot zeespiegelstijging waardoor zilte kwel in laaggelegen kustgebieden steeds meer zal toenemen en klimaatverandering leidt ook tot extremere weerspatronen zoals langere perioden van intensieve regenval en droogte. Daarnaast speelt zoute kwel al sinds de inpoldering een belangrijke rol, waarbij de drains zelf het oude aanwezige zeewater omhoog trekken en zorgen voor een dunne zoetwaterlens. Landbouwers in gebieden die te maken krijgen met toenemende verzilting zullen strategieën moeten bedenken om hiermee om te gaan. Een van die strategieën kan zijn om de gewaskeuze te laten afhangen van de zoutconcentratie van bodemvocht en beregeningswater omdat gewassen verschillen in de mate waarin ze zout kunnen verdragen.

Grofweg zijn er bestaande commerciële gewassen die onder brakke of licht zoute omstandigheden nog redelijk tot goed kunnen gedijen en zijn er gewassen die nu al kleinschalig geteeld worden en die zelfs onder zilte omstandigheden goed gedijen.

2.1.2 Verspreiding van zout door zilte teelt

Er van uitgaande dat de zoetwaterlens in bepaalde gebieden in de Waddenregio periodiek zal verdwijnen (in de nabije toekomst), dan is het aannemelijk dat de invloed van het (zoute) grondwater een grotere rol gaat spelen. In tijden van droogte is dan capillaire opstijging mogelijk waardoor het zoute grondwater toch in de wortelzone terecht komt. Ook kan er dan voor gekozen worden om te irrigeren om droogteschade te voorkomen.

In deze gevallen kan dus het gebiedseigen brakke of zoute water mogelijk worden toegepast als irrigatiebron. Dan is het noodzakelijk om gewassen te telen die zouttolerant zijn. De mate van zouttolerantie bepaald dan welke gewassen waar te telen zijn. Dit kunnen gangbare landbouwgewassen zijn met een hoge(re) mate van zouttolerantie of halofyten die over het algemeen onder zeer zoute condities nog goed groeien. Beide sporen zijn gevolgd binnen Zilt Perspectief waarbij enerzijds mogelijke nieuwe landbouwgewassen zijn onderzocht (zeekool en strandbiet; onderzoek Louis Bolk Instituut) en anderzijds gangbare landbouwgewassen als Luzerne (onderzoek VU).

Deze proeven zijn de laatste twee jaar voor een groot deel uitgevoerd op de testlocatie van het Zilt Proefbedrijf. Het Zilt Proefbedrijf maakt gebruik van zaaibedden van 10 m² per vak. Het is duidelijk geworden dat op zo'n zaaibed meerdere gewassen of variëteiten tegelijk zijn te testen. Voor de gangbare gewassen, die uniform kiemen en groeien, bleek 2,5 m² per vak per gewas of variëteit voldoende is om een goed beeld te krijgen van de groei, voor de halofyten (met minder uniforme kieming en groei) is 4 m² per vak en dus 32 m² per zoutconcentratie aan te bevelen.

Om de volledige zouttolerantie nauwkeurig in kaart is het wel aan te bevelen om alle 8 herhalingen per zoutbehandeling te gebruiken (20 m² totaal per zoutbehandeling) en minimaal vijf van de zeven verschillende zoutconcentraties te gebruiken. In het Bijlagenboek Zilt Perspectief (nr. 1) is een beschrijving opgenomen van de bevoeiingsstrategie en techniek, inclusief de wijze van zoutmeting.

Met betrekking tot de vraag naar horizontale verspreiding van zout irrigatiewater verwijzen we naar afbeelding 7: ondanks overvloedige irrigatie met zout water treedt geen zijwaartse verspreiding op; de gewasscheiding is scherp en overtuigend.



Afbeelding 7: Ondanks overvloedige bevoeiing met zout water blijft de grens tussen lage (links) en hoge zoutconcentratie (rechts) haarscherp; er treedt nagenoeg geen horizontale verplaatsing van zout op

2.1.3 Geen verdere verzilting bij irrigatie met gebiedseigen water

Irrigieren met zout water kan theoretisch ook invloed hebben op de zoutconcentratie van het grondwater. Echter, er zijn al vele percelen en polders in Nederland waarbij de zoutconcentratie van het grondwater al verhoogd is. Op vele plekken begint net onder de drainage het zoute grondwater.

Indien alleen deze percelen worden gebruikt voor zilte teelten / zilte irrigatie, dan is er geen risico op extra verzilting van de omgeving door de irrigatiemethode. Zeker als gebiedseigen water wordt gebruikt, dan zal de verzilting van de omgeving niet optreden door zilte irrigatie. In Afb. 8 is een dwarsdoorsnede te zien van het proefperceel van Zilt Proefbedrijf. Duidelijk is te zien dat direct onder de drains het hele bodemprofiel tot 16 meter diepte (= diepte meting) is verzadigd met zeer zout grondwater. Dit is allemaal zoute kwel vanuit de Waddenzee. Deze zoute kwel wordt efficiënt weggevangen door de drainage. Deze zoute kwel beïnvloed de bodemzoutconcentratie van de wortelzone dus niet. Indien de bovengrond erg droog is, dan kan er wel capillaire opstijging van grondwater plaatsvinden, maar zolang er wordt geïrrigeerd en doorgespoeld zal dit niet optreden.



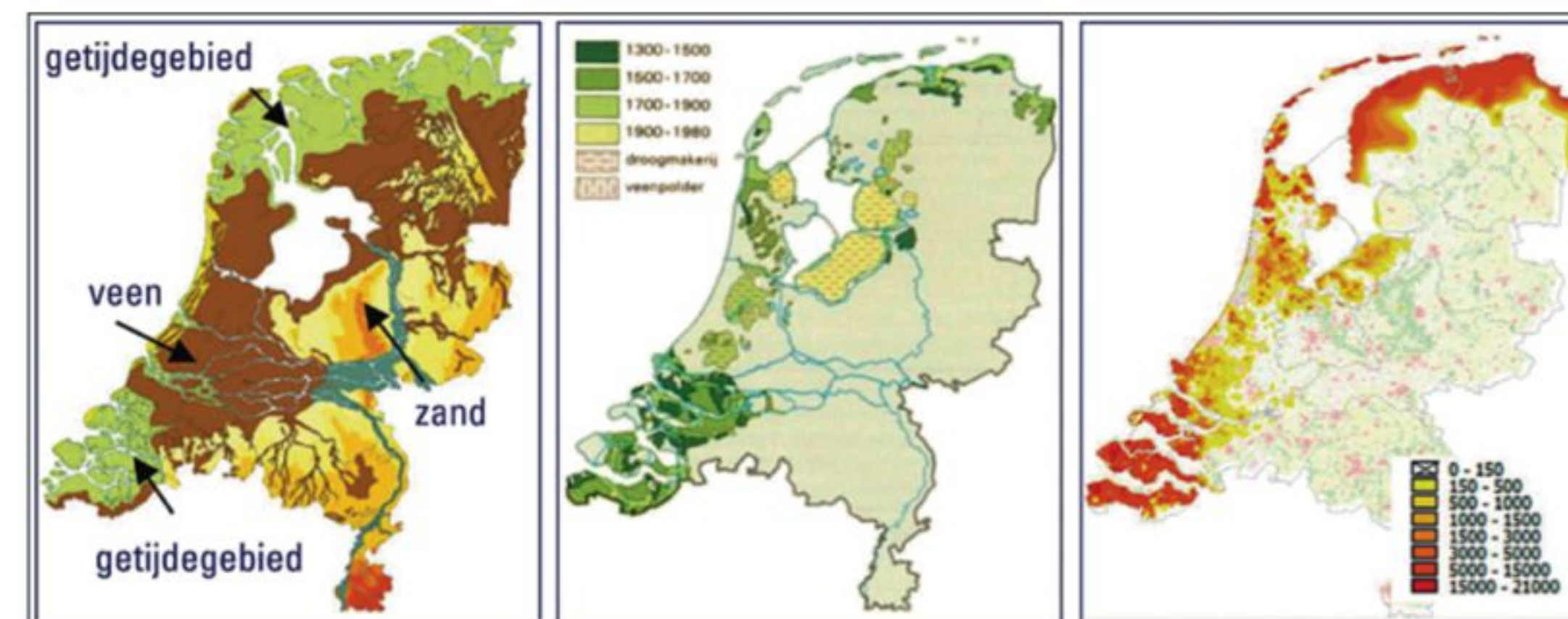
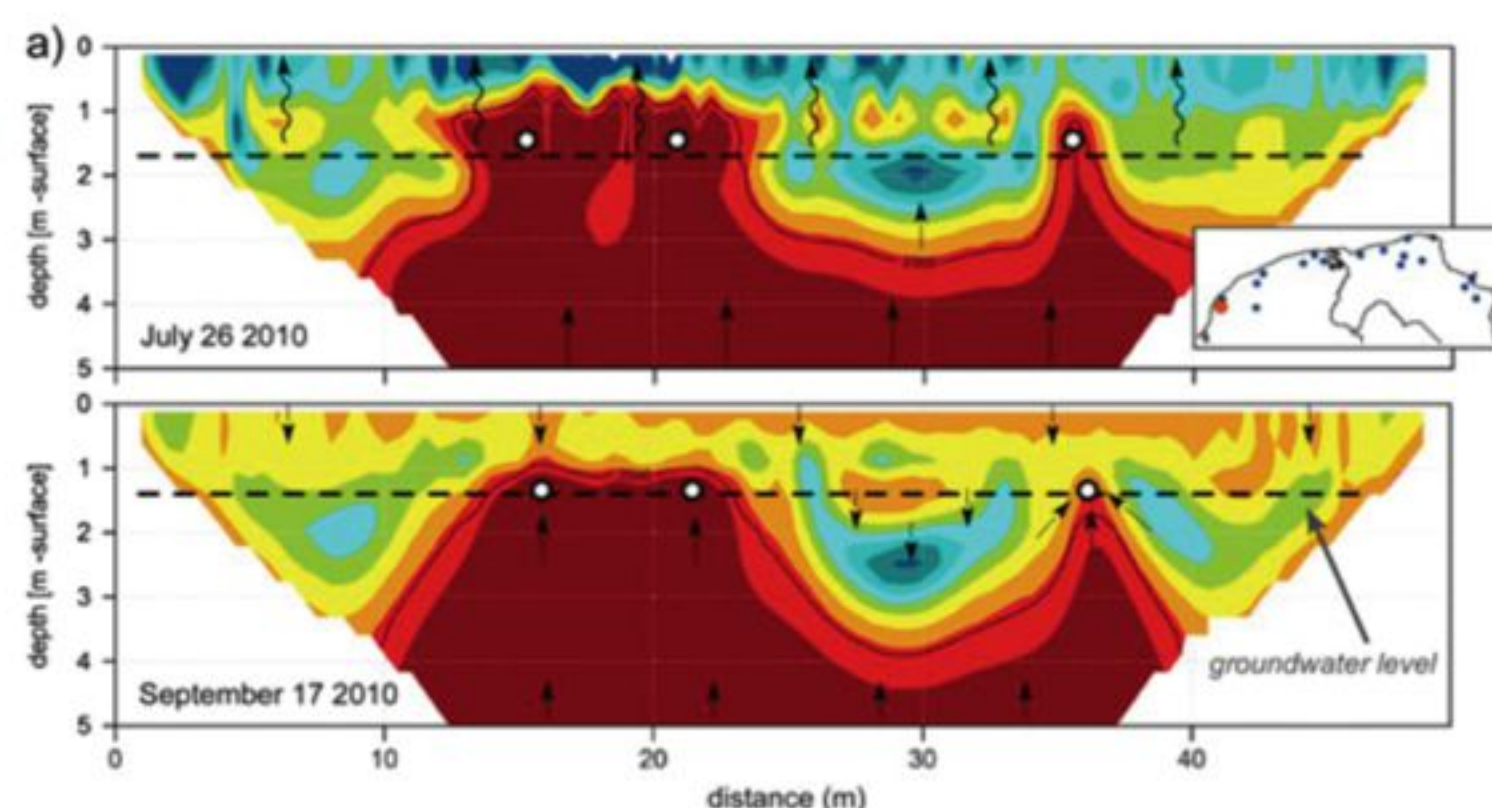
Afbeelding 8: Bodemzoutconcentratie op testlocatie tot 16 m diep. Afbeelding uit verslag van E. van den Oever

2.1.4 Drainage kan zout grondwater aanzuigen

In Afb. 9 wordt geïllustreerd dat het vooral de drains zelf zijn die zorgen voor een opwaartse beweging van zout grondwater (in de afb. Rood gekleurd). Dit zoute grondwater wordt dus wel deels weggehouden bij de wortelzone door de drainage, maar het zoute water komt via de drains wel terecht in de afwaterende sloten rondom zo'n perceel.

De drains worden aangeduid met de witte cirkels waarbij duidelijk wordt dat als de drains dicht bij elkaar liggen (links in Afb. 9) er een sterke opwaartse beweging van het zoute grondwater is en er geen zoetwaterlens vormt tussen de drains. Wanneer de drains dicht op elkaar liggen er geen zoetwaterlens meer vormt (linker twee cirkels/drains ten opzichte van enkele drain rechts).

Afbeelding 9: Dwarsdoorsnede van zoutverdeling in de bodem (CVES meting) van ene perceel in Fryslan waarbij de drains zichtbaar zijn als witte cirkels. Bron: Velstra et al., 2011.



Afbeelding 10: De getijdengebieden van Nederland van 800 na Chr. (links), de laaggelegen polders die vanaf 1300 na Chr. Zijn ingepolderd (midden) en de huidige verzilting van Nederland (rechts; legenda in mg Cl/l). Duidelijk is dat de verzilting samenhangt met de vormingsgeschiedenis van Nederland, met name met de voormalige getijdengebieden en laaggelegen polders (Bron: Acacia Water, 2009).

In Afb. 10 is te zien dat de huidige verzilting in Nederland vooral samenhangt met de vormingsgeschiedenis van het land. De huidige verzilting is veelal terug te koppelen aan de oorspronkelijke aanwezigheid van de zee. In de meeste gevallen wordt de verzilting van vandaag veroorzaakt door de opwaartse beweging van "fossiel zeewater" (Velstra en Ter Voorde, 2009; De Louw, 2013). Dit is een proces dat samenhangt met zeespiegelstijging, bodemtype, bodemdaling en drainage.

Geen risico op extra verzilting bij irrigatie met gebiedseigen brak water

Op vele locaties in Nederland is het grondwater en/of het oppervlakte water al verzilt. Dit is veelal "fossiel zeewater" dat sinds in inpoldering langzaam maar zeker omhoog komt. Drainage voorkomt weliswaar de verzilting van de wortelzone, maar het zorgt ook voor een opwaartse beweging van het zoute grondwater en voorkomt de vorming van een (grote) zoetwaterlens.

In een verzilte omgeving is er geen risico op extra verzilting wanneer er ook geïrrigeerd wordt met gebiedseigen brak of zout water. Alleen de wortelzone zelf zal dan beïnvloed worden door de irrigatie, maar het grondwater en het oppervlaktewater lijkt hier niet door beïnvloed te worden, deze worden vooral beïnvloed door het omhoog komen van zout grondwater. In een goed gedraineerde bodem is sturing van de bodemzoutconcentratie aan de hand van het irrigatiewater goed mogelijk. Irrigieren met zoutwater beïnvloedt dus alleen zeer lokaal de bodemzoutconcentratie.

2.2 Groenbemesters

Groenbemesters zijn planten die verbouwd worden om de bodemstructuur en nutriëntenvoorziening van de landbouwgrond te verbeteren doordat ze organisch materiaal aan de grond toevoegen. Meestal worden hier vlinderbloemigen (Leguminosae of Fabaceae) voor gebruikt omdat soorten uit deze familie een extra voordeel hebben. Planten uit deze familie gaan een symbiotische relatie aan met bacteriën in hun wortels. Deze bacteriën kunnen stikstof uit de lucht (N₂) opnemen en dit omzetten in een voor de plant beschikbare vorm zoals ammonium. Hierdoor wordt, wanneer de plant of delen daarvan door de bodem wordt geploegd of wanneer de biomassa gewoon op het land gelaten wordt na maaien en waar het dan verder verteert, netto stikstof aan het systeem toegevoegd. Hierdoor hoeft minder, of zelfs helemaal niet, bemest te worden met kunstmest of organische mest.

Het onderzoek van de VU (zie ook H3) heeft twee soorten klaver geïdentificeerd welke goed tegen brakke condities kunnen. De gewassen die er wat betreft hun zouttolerantie uitspringen zijn luzerne (*Medicago sativa*), en honingklaver (*Melilotus officinalis*). Honingklaver komt veel op Texel voor en luzerne is misschien wel de meest bekende soort die gebruikt wordt als groenbemester. Daarnaast is de soort ook zeer geschikt als voedsel voor vee, zowel levend (kan goed begraasd worden) als wanneer hij als hooi dient. Honingklaver bevat veel coumarine, de stof die het ook een zoete geur geeft, maar welke bij vee helaas tot negatieve effecten leidt wanneer de plant in grote hoeveelheden wordt gegeten.

Luzerne is een bekende soort die dus een voordehand liggende kandidaat is voor vervolg onderzoek. Honingklaver wordt ook erg groot en is ook daarom wellicht minder geschikt. Het is echter wel de meest tolerante van de twee soorten. Bij lagere zoutconcentraties kan ook gedacht worden aan witte klaver, honingklaver (een soort die in de Verenigde Staten wel gebruikt wordt in gras-klavermengsels in verzilte gebieden) en eventueel rolklaver. De exacte keuze van de soort zal afhangen van de mate van verzilting (of het zoutgehalte van het gebruikte irrigatiewater), van de grondsoort etc. Verder onderzoek zal uit moeten wijzen welke grasklaver mengsels onder welke omstandigheden de beste resultaten opleveren.

2.2.1 Gras voor grasklavermengsel

Dan is de volgende stap om te zoeken naar een grassoort waarmee een van de twee klavers is te combineren voor een gras-klavermengsel geschikt voor zoute landbouw.

Een gras-klavermengsel kan ook nog begraasd worden door vee of het kan voor hooi dienen. Graslanden waar klavers bij groeien zijn ook productiever (en produceren dus meer hooi) dan gras zonder klavers daarin. Daarnaast heeft het dezelfde gunstige effecten op gewassen in latere seizoenen als het gebruik van groenbemesters alleen. Een landbouw systeem waarin groenbemesters zijn opgenomen, als een rotatiegewas, of als ondergroei bij een ander gewas, zijn om deze reden duurzamer dan een systeem dat volledig afhankelijk is van externe bemesting. Wanneer dit principe valt te combineren met zilte landbouw, wat ook als fundament een duurzaam uitgangspunt heeft maar om andere redenen, ontstaat een heel complete vorm van duurzame landbouw die spaarzaam omgaat met schaarse grondstoffen (zoet water, componenten als fosfaat in kunstmest) en die aansluit bij lokale de waterhuishouding en het type vegetatie.

Naast de zouttolerantie van diverse groenbemesters is er door het Zilt Proefbedrijf, in opdracht van een graszaadveredelaar, ook een zouttolerantieproef uitgevoerd met diverse grassoorten. Alhoewel de resultaten van dit onderzoek niet openbaar zijn, is het wel mogelijk om een impressie van deze proef te laten zien. In afb. 11 is te zien dat de diverse grassoorten, gezaaid als vakken van 1 m², duidelijk verschillen in zouttolerantie laten zien (getest bij 1 zoutconcentratie, bedoeld om mogelijke verschillen in zouttolerantie tussen soorten te forceren). Te zien is hoe sommige grassoorten duidelijk afsterven terwijl andere soorten geen zichtbare schade vertonen. Dit geeft aan dat met de juiste selectie van grassoorten het mogelijk lijkt om ook onder zilte omstandigheden een graslandschap te behouden.



Afbeelding 11: Impressie van een zouttolerantieproef op de testlocatie van Zilt Proefbedrijf met diverse grassoorten, uitgezaaid als vakken van 1m². Er zijn duidelijke verschillen te zien, waarbij sommige grassoorten afsterven terwijl andere soorten geen zichtbare schade vertonen.

2.2.2 Zouttolerantie 'natuur'

Als vingeroefening heeft op de testlocatie van Zilt Proefbedrijf in 2012 en 2013 een experiment plaatsgevonden om vast te stellen wat het effect is van een bepaalde zoutconcentratie op de natuurlijke ontwikkeling van de vegetatie.

Hiervoor is in 2012 gebruik gemaakt van de van nature aanwezige plantensoorten (natuurlijke zadenbank), terwijl in 2013 een zadenmengsel van 16 soorten is gebruikt (zadenmengsel van 'Bloeiend Bedrijf (Van Dijke, eenjarig), zie www.bloeiendbedrijf.nl/ zaadmengsels). Afb. 12 geeft een impressie van de verschillen in vegetatiesamenstelling van het akkerrandenmengsel in 2013 bij een oplopende zoutconcentratie. Bij de controlebehandeling overheersen de soorten die ingezaaid zijn, terwijl de meeste soorten verdwijnen bij een oplopende zoutconcentratie. De soortensamenstelling verschuift eerst naar hoofdzakelijk gras, gevolgd door hoofdzakelijk melde bij de hoogste zoutconcentraties. Een meer gedetailleerde uitwerking staat in Tabel 1.



Afbeelding 12: Impressie van de verschuiving van de soortensamenstelling bij een oplopende zoutconcentratie. Waar bij de controle en de lage zoutconcentraties nog de soorten van het zadenmengsel overheersen (links), is er een verschuiving naar hoofdzakelijk gras onder brakke tot zoute condities en hoofdzakelijk melde bij de hoogste zoutconcentraties.

Tabel 1.

Soortensamenstelling en geschatte bedekkingsgraad per soort (n=4±sd) bij verschillende zoutconcentraties (Conc=concentratie 0, 12, 20 en 35 dS/m irrigatiewater). Inschatting van de bedekkingsgraad was op basis van de volgende indeling: dominant 50-100%, veel 15-50%, matig 2-15%, sporadisch 2%. Indien meerdere soorten per categorie aanwezig waren, dan is bedekkingsgraad gelijkmatig verdeeld over de soorten.

Conc.	Melkdist	Meisjesogen	lucerne	Chrysant	Kweek	Melde	Zeekraal	Spurri
0	21±16	13±14	13±14	8±9	8±9	-	-	-
12	7±7	2±1	-	2±1	45±4	45±3	-	-
20	1±1	2±1	-	2±1	45±4	45±3	-	-
35	-	-	-	-	8±8	58±35	14±16	14±15

Vervolg	Conc	B Weegbree	S. Weegbree	Korenbloem	Zonnebloem	Greppeirus	Zuring	Klaver
	0	-	-	3±4	1±1	1±1	1±1	1±1
	12	-	1±1	-	-	-	1±1	-
	20	4±4	-	5±8	-	-	-	-
	35	6±11	-	-	-	-	-	-

Spurrie is Zilte schijnspurrie, B. en S. Weegbree staat voor Brede en Smalle weegbree, klaver is Rode klaver.

Deze vingeroefening laat zien dat natuurwaarden onder invloed van zout zeker zullen veranderen. Tevens dat er voldoende variabelen zijn en daarmee sturingsmogelijkheden bestaan om in elke locatie specifieke situatie te kunnen kiezen uit meerdere eindbeelden. Waar nodig zal daarvoor aanvullend onderzoek gedaan moeten worden om de juiste teeltmethode vast te stellen waarbij direct rekening wordt gehouden met de kwetsbaarheid van een eventueel omliggend natuurgebied.

De invloed van “zilte teelt” op de omgeving is verwaarloosbaar als in de omgeving al verzilt grond- en oppervlakte water aanwezig is. Binnendijkse zilte teelt hoeft dan geen invloed te hebben op de omgeving voor wat betreft verzilting en de teelt zal veel meer moeten kijken naar gewas- en ras-selectie, zilte bemestingsstrategieën en eventuele irrigatie en drainage vereisten.

2.3 Kennislacunes in Zilt Perspectief

Omgaan met bodemzout is méér dan alleen zouttolerante gewassen

In Zilt Perspectief is onder meer gewerkt aan de ontwikkeling van (teeltschema's voor) zouttolerante gewassen (o.m. zeekool, strandbiet). In dit project simuleren wij zoute omstandigheden, die naar verwachting leiden tot systeemveranderingen in het bodemleven en de bodemvruchtbaarheid, met gevolgen voor de teelt van gewassen. Deze verschijnselen zijn direct relevant voor gronden waar af en toe verzilting optreedt (percelen met zout water in de ondergrond, flexibele dijken etc.) en gronden met gestaag toenemende verzilting.



Daarbij kunnen we veel leren van gronden die al langere tijd zout zijn: hoe heeft het bodemsysteem zich aangepast aan de zoute condities? Hier ligt een nauwelijks ontgonnen onderzoeksveld.

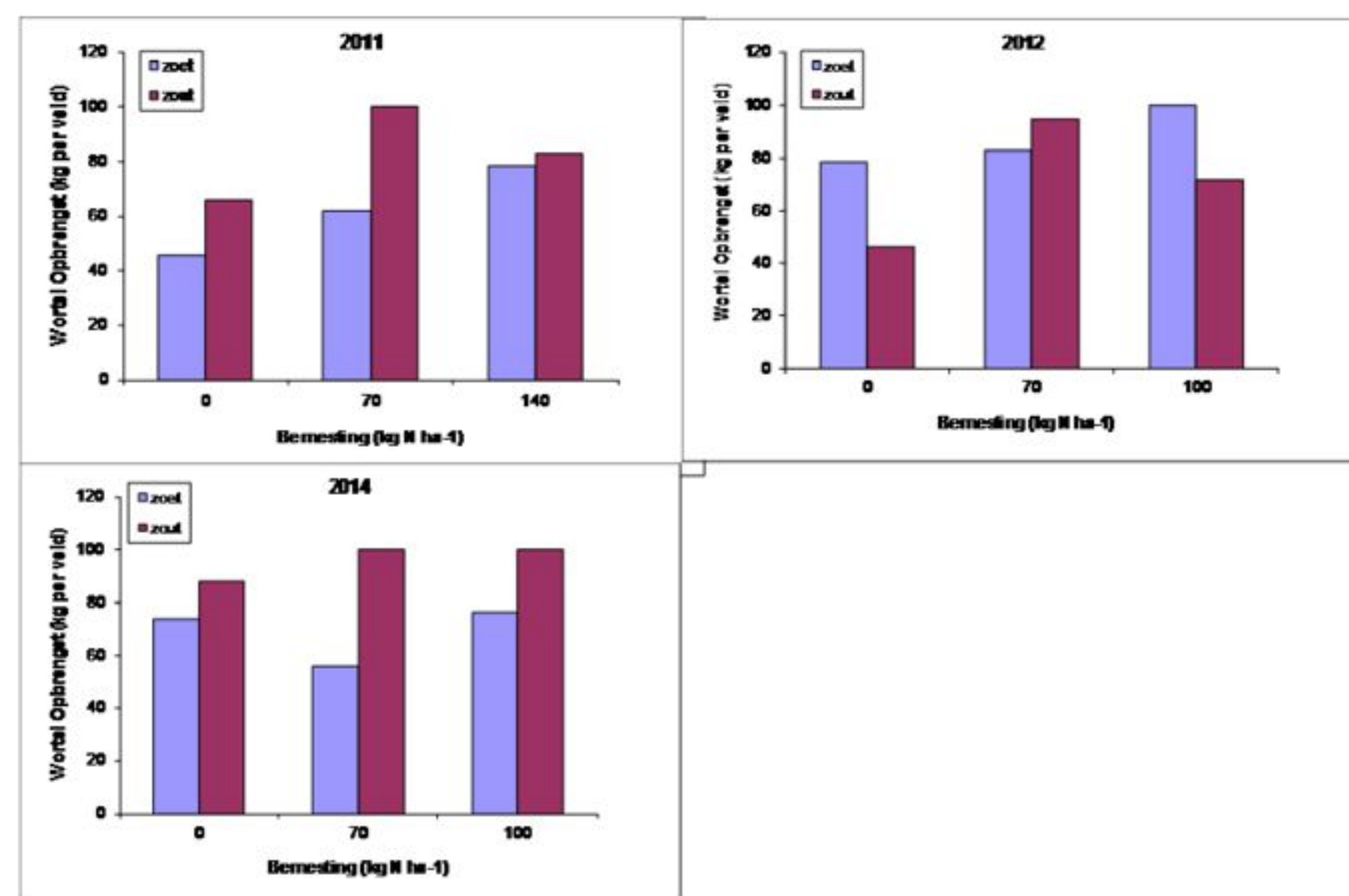
We hebben gezien dat de teelt van halofyten en zouttolerante gewassen meer betekent dan slechts het aanplanten van het juiste gewas. Alleen kennis van zouttolerantie is onvoldoende. De bodemprocessen veranderen: bodemleven, stikstofbinding, mineralisatie en *daarmee ook de standaarden voor o.m. bodembewerking, bemesting, irrigatie, gewasrotatie en gewasbescherming.*

Het is belangrijk ons te realiseren dat ondanks deze kennislacunes de teelt van zoute gewassen zeer wel mogelijk blijkt! Dat zien we en dat proeven we, en de (internationale) markt is geïnteresseerd. Wat er aan de hand is, is echter dat zaaien, irrigatie en bemesting anders uitwerken dan in niet zoute systemen. Voor toekomstige zilte teelten is het van groot belang te begrijpen hoe de bodemprocessen veranderen, en hoe hier het beste mee om te gaan. Hierna verwoorden we een drietal teeltgerichte kennislacunes –er zijn er veel meer– waar verder aan gewerkt moet worden!

2.3.1 De effecten van zoute sproei op bemesting en plantgezondheid

In de zeekoolteelt hebben we gebruik gemaakt van ‘gesimuleerde’ zoute sproei die plaatsvindt onder kust-omstandigheden. Hierbij zijn kleine hoeveelheden zout water op de proefvelden verneveld met een middelenspuit. Deze behandeling had onkruid-onderdrukkende effecten, maar geen effect op de bodem-EC (deze lag altijd <2 dS/m). De behandeling had een positief effect op de groei van de zeekool, en volledig onverwacht is er een trend te zien, waarbij de zoute sproei de bemesting beïnvloedt (Figuur 1).

Bij zoute sproei is een **lagere bemesting optimaal** dan bij sproei met zoet water. In het vierde jaar is er door hoge mineralisatie geen effect van bemesting op opbrengst. Echter, hier zien we een significante **verhoging van mineraal N** in de bodem bij zoute sproei en matige bemesting. Beïnvloedt sproei van zulke geringe hoeveelheden zoutwater de mineralisatie van organische stof en meststoffen? Hoe werkt dit proces? Kunnen we volstaan met lagere bemestingsniveaus bij zilte sproei? Zou dit een duurzaamheids-slag kunnen betekenen?



Afbeelding 13: In drie van de vier proefjaren zien we de trend (niet significant door variaties in opbrengst en teeltsysteem) dat bij zoute sproei een lagere bemesting optimaal is dan bij zoetwater sproei in zeekoolteelt. Hoe kan dit verklaard worden?

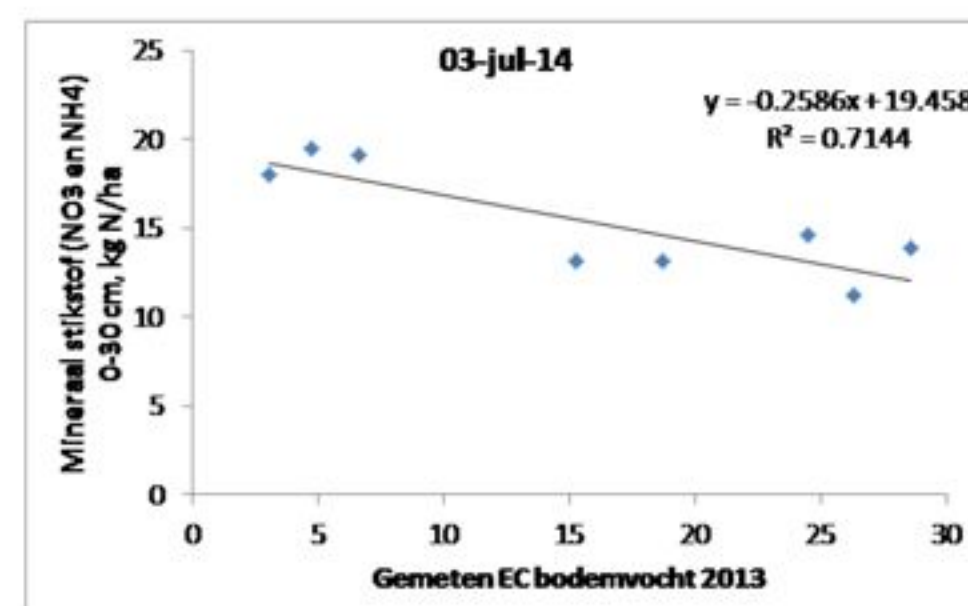
2.3.2 Zoute irrigatie heeft een na-ijl effect op de bodemvruchtbaarheid

Op het Zilt Proefbedrijf hebben we een unieke locatie om effecten van verschillende zoutniveaus in herhalingen te testen. In plots wordt een jaar lang een zoutniveau via het irrigatiewater ingesteld, en in de erop volgende winter werd het proefveld onder een overvloed aan zoet water 'doorgespoeld' zodat bodemmetingen geen verschillen in zout meer laten zien.

Opvallend genoeg hebben we in 2013 een na-ijl effect waargenomen, waarbij opkomst van gewassen in specifieke plots geremd leek of slechter was (Figuur 3). Dit had een significante relatie met het zoutgehalte van het voorafgaande jaar. Een nieuw onbekend iets: wat is het proces dat hieraan ten grondslag ligt?

In het erop volgende jaar hebben we een stuk van de sluier weten op te lichten: tot in juli (ruim 1 maand na aanzetten van de zoute irrigatie) meten we een lager gehalte aan mineraal stikstof, bij gelijke bemesting, in plots die in 2013 zouter waren (Figuur 2). Dit terwijl het zoutgehalte zelf niet verschild na de winter. Zoute omstandigheden kunnen dus het voor gewassen beschikbaar stikstof in het jaar erna duidelijk verminderen. Hoe is dit mogelijk en welk mechanisme ligt hieraan ten grondslag? Zijn aanpassingen (b.v. priming of pillering van het zaad van sommige gewassen met nitraat) nodig in bepaalde teelten?

Afbeelding 14: Relatie tussen plant-beschikbaar stikstof in begin juli (!) en het zoutgehalte van het bodemvocht in het voorafgaande jaar. $p < 0.01$.

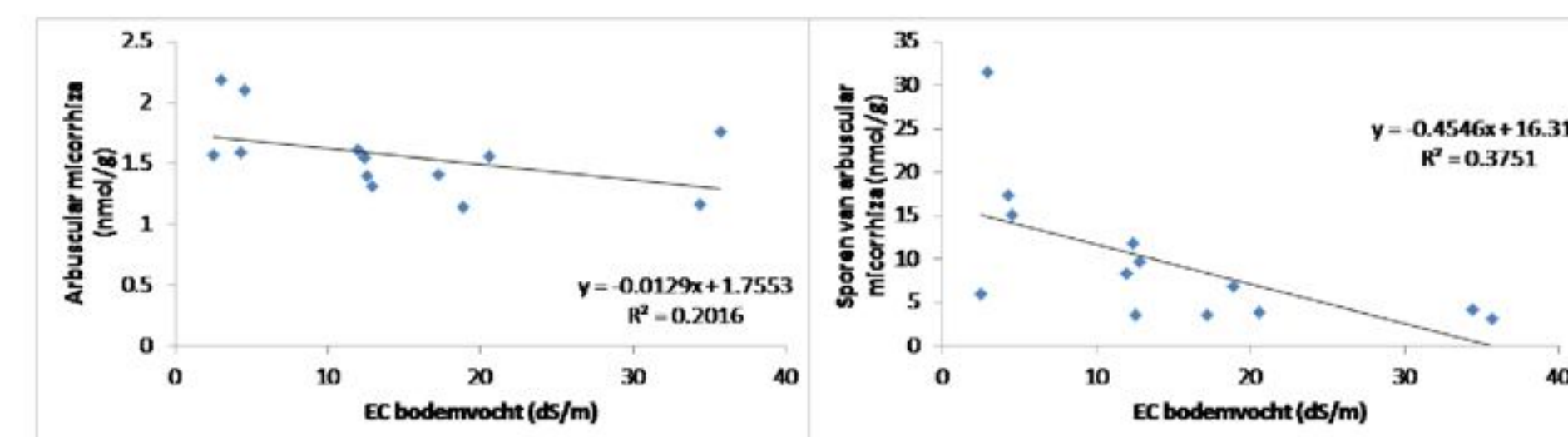


Afbeelding 15: Opkomstverschillen (voorjaar 2013) die een significante relatie hadden met het zoutgehalte het voorgaande jaar, ondanks een hele winter zoet water en gelijke EC.

2.3.3 Zoute irrigatie veroorzaakt verschuivingen in het bodemleven

Er zijn metingen verricht aan bodemleven indicatoren onder zoete, brakke en zoute condities. Drie van de vier jaar hebben we daarbij een significante toename van de 'HWC', indicator voor bodemleven gezien bij hogere zoutgehalten, zowel op de testlocatie van het Zilt Proefbedrijf (zandgrond) als op van nature zoute akkers op kleigrond in Zurich (Friesland). Om meer inzicht hierin te krijgen hebben we in het vierde jaar met vetzuuranalyses gekeken naar de samenstelling van de bacteriële gemeenschap. Het blijkt dat zowel de bacteriegemeenschap significant verandert onder brakke en dan weer onder nog zoutere condities, als ook de schimmel gemeenschap. Opvallend bij de schimmels is dat saprofytische schimmels toenemen, terwijl mycorrhiza schimmels en sporen hiervan significant afnemen onder zoutere condities (Figuur 4). De meeste gewassen (met uitzondering van koolachtigen) hebben mycorrhiza schimmels nodig als symbiont voor nutriëntopname (b.v. voor fosfaatopname).

Hoe veranderen de bodemleven gemeenschap onder zoute omstandigheden, en zijn aanpassingen aan rotaties (b.v. vermijden van bepaalde gewassen die afhankelijk zijn van mycorrhizas) nodig?



Afbeelding 16: Afname van mycorrhiza schimmels en sporen van mycorrhiza schimmels ($p < 0.05$) onder zoutere bodemcondities op het Zilt Proefbedrijf.

2.4 Waddenregio kraamkamer voor duurzame kennisbasis

Er zijn uiteraard veel meer kennislacunes. Het opbouwen van een duurzame kennisbasis is nog maar net begonnen. Hoofdstuk 3 eindigt bijvoorbeeld met de volgende vaststelling (3.3.3 Hoe Verder?):

Veel minder goed bestudeerd is

- de teelt van gewassen op verzilte grond en het effect daarvan op de inhoudsstoffen, en
- de toegevoegde waarde van deze inhoudsstoffen op het product, de voedingswaarde, de gezondheidseffecten, etc. en
- of er mogelijk inhoudsstoffen opgehoopt worden die een negatief effect hebben op de voedingswaarde. In dit onderzoek hebben we daar een eerste aanzet toe gemaakt, maar het is nog een kennislacune.
- Wanneer hier onderzoek op gezet wordt, zal dit de zilte teelt en het vermarkten van zilte teelt producten enorm kunnen ondersteunen en kunnen versnellen.

Veel kansen, veel vragen

Een van de vragen bij de start van dit project was: rapporteer over de kennis van kansen/problemen bij (zilte) teelt op duurzame grondslag (OPI 4). Dit rapport spreekt over veel kansen en evenzovele vragen. Dat is niet verwonderlijk. Experimenteren met zout in van oudsher op zoetwater gebaseerde voedselproductie is niet minder dan een paradigma-verschuiving. Als we in een periode van enkele jaren toe willen naar rendabele teelten – de potentie is volop aanwezig gebleken – zal er nog veel onderzoek moeten worden verzet. Onderzoek waarbij wetenschap en praktijk, met simultane laboratorium- en veldproeven, in nauwe samenwerking snelle slagen kunnen maken. Die formule is in dit project Zilt Perspectief toegepast. Dat moet leiden tot een duurzame kennisbasis voor zilte teelten en zilte natuur en een doelmatig watermanagement. En wat zou mooier zijn dan dat het Nederlandse deel van het Werelderfgoed, de Nederlandse Waddenregio, zich ontwikkelt tot kraamkamer en innovatieregio voor deze duurzame kennisbasis.

Professionele, overdraagbare, moderne zilte kennis afgestemd op de waddenregio, wordt cruciaal voor een optimaal samenspel tussen een rendabele landbouw, betaalbaar zoetwatermanagement, betaalbare kustverdediging en robuuste natuur. Te benutten door agrariërs en natuurbeheerders, en overheden. Te benutten door waterschappen bij afwegingen in hun zoetwatermanagement en kustverdediging. Een praktijkgerichte kennisbasis voor de rendabele productie van hoofdgewassen ((poot)aardappelen, granen, suikerbieten, uien etc. maar ook weidebouw) en omgang met de bodem is daarbij onmisbaar.

Daarvoor dient systematisch veldonderzoek te worden uitgevoerd naar gewenste gewas- en ras eigenschappen, naast zout specifieke aspecten van perceelgerichte bodemprocessen: vochtuishouding, mineralenhuishouding, bemesting en bodemleven. Ook is er aandacht voor vruchtwisselingsmogelijkheden, groenbemesters en effecten op water en natuur nodig. In overleg met natuurbeheerders kunnen verdere praktijkgerichte onderzoeksdoelen worden geïdentificeerd voor versterking van de biodiversiteit.

Dit vergt het in verschillende stadia van verzilting, samenstellen en testen van gewasreeksen met daarin geselecteerde rassen onder gecontroleerde omstandigheden. Het in beeld brengen van knelpunten: zouttolerantie, effecten op bodemkwaliteit en behoud hiervan, effecten op bemesting, effect van bemesting met zeewier, nutriëntenbeschikbaarheid / nutriëntverliezen en ziekten en plagen. Uiteindelijk moet er een basis gelegd worden voor een zouttolerant duurzaam teeltsysteem met meerdere opvolgende gewassen (reeksen).

Dit vergt ook het in kaart brengen van de huidige *landbouwkundige* uitgangssituatie in relatie tot verzilting, en consequenties voor ecosysteemdiensten in verschillende stadia van verzilting en het extrapoleren van een beeld van de toekomstige Waddenregio hieruit.

Ontwikkeling is nodig van een indelingssystematiek voor verziltende percelen in de Waddenregio (relatie gewaseffecten, grondsoort/bodemkarakteristiek (fysisch, chemisch, bodemleven), zilte druk, droog/nat, relatie tot aangrenzende natuur, kwetsbaarheid zoetwatervoorziening, afstand tot de zee resp. afstand tot aanvoerpunt zoet water voor doorspoeling etc.). Er dient een koppeling te worden gemaakt met geactualiseerde zouttolerantietabellen (kalibratie /validatie).

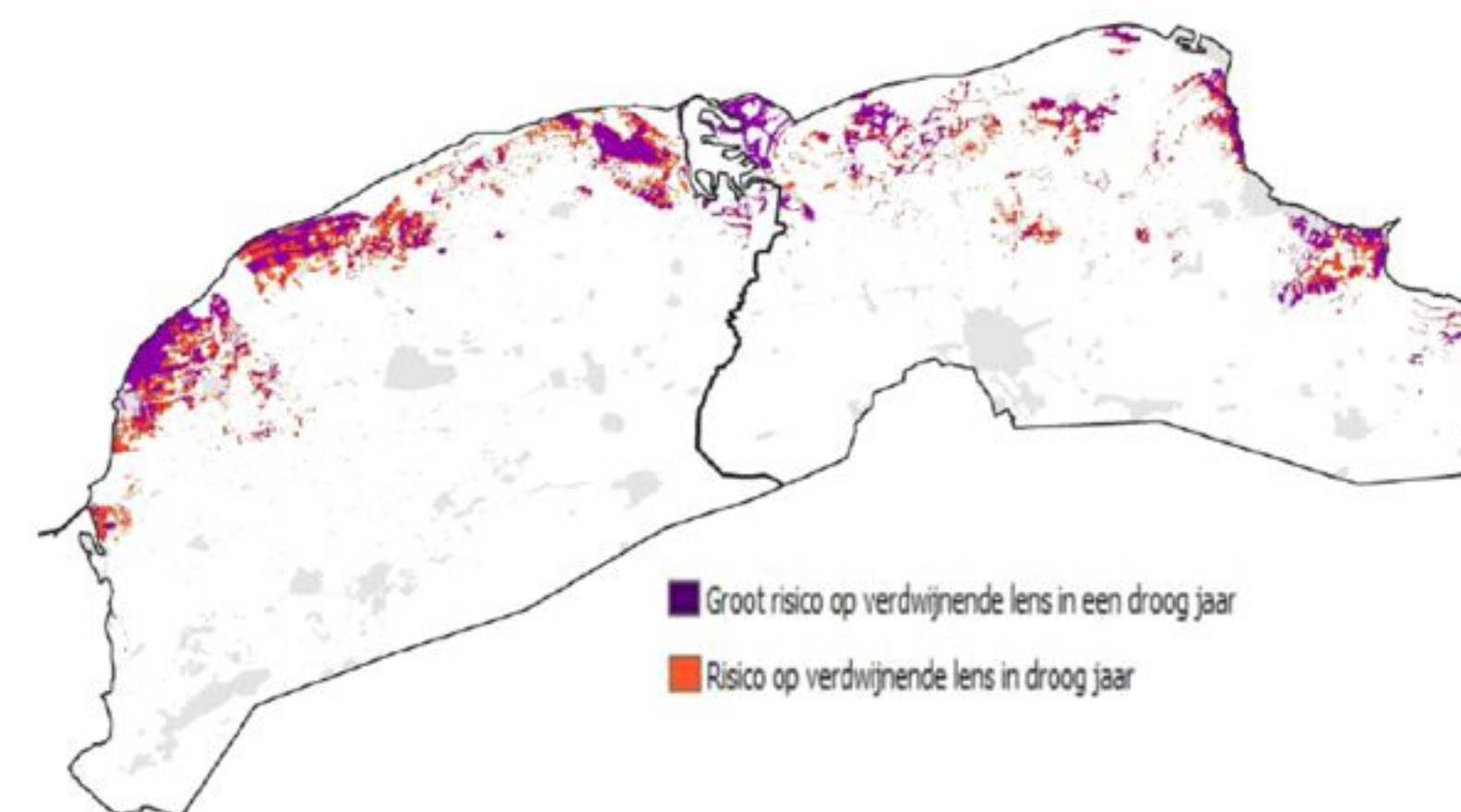
Een dergelijke verziltingskarakteristiek moet praktische gebruikswaarde hebben (kunnen onderscheiden van andere agronomische en a-biotische effecten) in de weerbarstige praktijk van sluipenderwijs toenemende kwel, afwisselende natte en droge jaren en verschillende grondsoorten.

In combinatie met de op te bouwen kennis op gewasniveau vormt dit kennisbasis voor een perceel specifieke omgang met zilte teelt, op duurzame grondslag, in de Waddenregio.

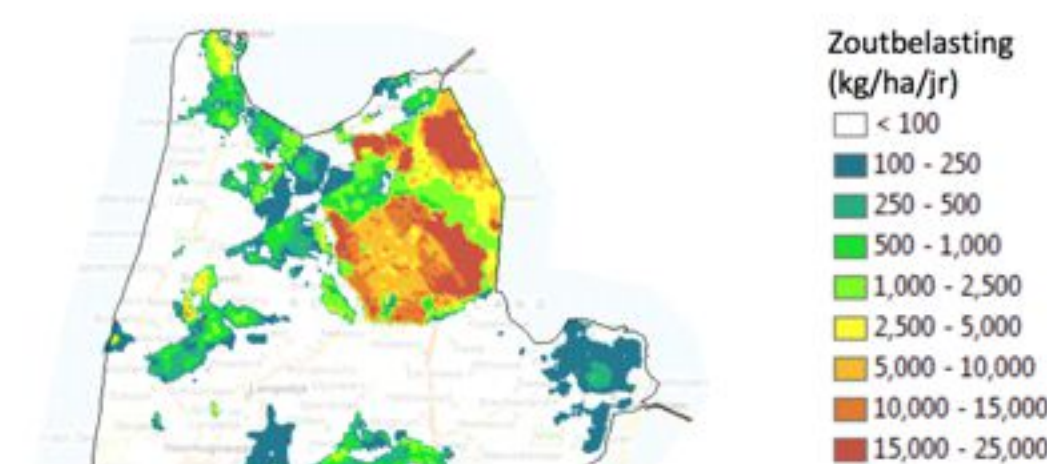
2.4.1 Kansen voor verduurzaming van de regio

Kansen voor teelt op duurzame grondslag. Een landbouwsysteem dat meebeweegt met de ontwikkelingen in de regio is een duurzaam systeem. De voorspelling is dat er vele percelen zullen zijn waarbij de zoetwaterlens in droge periodes geheel of nagenoeg geheel zullen verdwijnen. Dit wordt geïllustreerd voor Noord Nederland in Afb. 17. Duidelijk is dat dit alleen al in Friesland en Groningen om grote oppervlaktes gaat. Afb. 18 geeft een beeld voor de Kop van Noord-Holland.

Deze potentiële dreiging van verzilting maakt duidelijk dat een ontwikkelingsspoor voor zilte landbouw in Nederland goed te onderbouwen is waarbij er niet alleen kansen voor de regio zijn, maar ook vele kansen om deze kennis en kunde die ontwikkeld is, en verder ontwikkeld kan worden, ook geëxporteerd kan worden.



Afbeelding 17: Verziltingsrisicokaart voor de toekomstige klimaatsituatie. De paarse kleur indiceert dat een grote kans bestaat dat de zoetwaterlens in een droog jaar verdwijnt; een oranje kleur geeft aan dat de zoetwaterlens mogelijk verdwijnt in een droog jaar. Bron: Van Staveren en Velstra, 2012.



Afbeelding 18: Zoutbelasting in de huidige situatie. De zoutbelasting en noodzaak voor zekerstelling zoetwater neemt in deze regio in de toekomst toe als gevolg van klimaatverandering, bodemdaling en zeespiegelstijging (bron: Verziltingsstudie HHNK, 2011).

De noodzaak de Waddenregio meer klimaatbestendig te maken, dringt zich onontkoombaar op. En er liggen kansen:

- Kansen voor natuurontwikkeling in een logische gradiënt van buitendijks, binnendijks verziltend, naar de zone geschikt voor zoetwaterlandbouw en alle overgangen daartussen.
- Gebruik van wisselpolders in een integrale benadering van de kustverdediging, waarbij tegelijkertijd tijdelijk gronden buitendijks zouden kunnen worden benut voor zilte teelten (b.v. een aantal jaren virusvrij aardappels (aangepaste rassen) telen op de kwelder), gecombineerd met mogelijkheden van tijdelijke zilte natuur
- Afwegingscriteria voor de waterschappen voor investeringen in het aanvoeren van zoet water naar de haarvaten van het watersysteem, en omgaan met zoutschade.
- Mogelijkheden om onderdelen van de visserij (i.c. schelpdieren) deels te verplaatsen naar binnendijks.

Er liggen kansen voor nieuwe, variabele arrangementen tussen natuur, water en landbouw. Dit vraagt een transitie die gedragen wordt door een brede coalitie van (regionale) overheden, waterschappen, landschappen, standsorganisaties, kennisinstellingen. De kiemen zijn er; er is tijd en voeding nodig om de zilte coalitie te laten gedijen.

Onze aanname is, gesterkt door vier jaar ervaring met Zilt Perspectief, dat slim omgaan met verzilting leidt tot maximaal maatschappelijk rendement: het zal ecologische en sociaaleconomische impulsen geven aan de kwetsbare Waddenregio. Goed voor de regio zelf, en een kraamkamer voor exportkansen.



Hoofdstuk 3

Inhoud

3. Zout...een toegevoegde waarde?

<i>Experimenteel teeltonderzoek</i>	30
3.1 Wat zijn gezondheid bevorderende inhoudsstoffen?.....	30
3.2 Voedingswaarde en inhoudsstoffen en de effecten van zilte teelt hierop.....	31
3.2.1 Strandbiet	32
3.2.2 Zeekool	33
3.2.3 Aardappel	34
3.3 Gezondheid bevorderende inhoudsstoffen in potentieel interessante gewassen.....	36
3.3.1 Gewassen voor zilte teelt	36
3.3.2 Metingen aan gezondheid bevorderende stoffen in potentieel interessante gewassen voor zilte teelt.....	37
3.3.3 Hoe nu verder?.....	39
3.4 Groenbemesters en zout	40
3.4.1 Zouttolerantie groenbemesters	40
3.4.1.1 Hoe vind je de beste klaver?	40
3.4.2 Proefschrift Salinity tolerance in legumes.....	43
3.5 Teelthandleidingen	43
3.5.1 Zeekool (Crambe maritima).....	43
3.5.2 Strandbiet (Beta vulgaris subsp. Maritima).....	45

3. Zout...een toegevoegde waarde?

Experimenteel teeltonderzoek

Dit hoofdstuk beschrijft de mogelijke effecten van zilte teelt op de eigenschappen van enkele gewassen. Ook zijn opgenomen de teelthandleidingen voor zeekool en strandbiet, opgesteld op basis van experimenteel teeltonderzoek (OPI 1, 2 en 5). Literatuuroverzicht en referenties zijn opgenomen in het H5 Bijlagen.

Benutting verzilte gronden wordt noodzakelijk

Eén van de toekomstige wereldproblemen zal het tekort zijn aan bruikbare landbouwgrond om genoeg voedsel, biobased materialen en -brandstof te kunnen verbouwen voor de steeds groter wordende wereldbevolking. De UN Voedsel- en Landbouworganisatie schat het extra benodigde landbouwareaal om alle wereldbewoners te kunnen voeden op 200 miljoen hectare. Dit betekent dat ook land dat nu als onbruikbaar beschouwd wordt door hoge bodemzoutconcentraties, ingezet zal moeten worden voor landbouw.

Het effect van zilte teelt op de inhoudsstoffen van planten die worden gebruikt voor humane voeding en voor veevoer, is onderzocht voor zeekool (*Crambe maritima*), strandbiet (*Beta vulgaris ssp. maritima*), en aardappel. Ook hebben we gekeken naar het effect van zout op de functie van groenbemers, een gewascategorie die immers van groot belang is om tot een goede gewasrotatie te komen in de landbouwpraktijk.

Hiervoor werd in eerste instantie de beschikbare wetenschappelijke literatuur over de voedingswaarde bestudeerd. Daarnaast werd laboratoriumonderzoek gedaan naar het effect van zilte teeltomstandigheden op de inhoudsstoffen, gezondheid bevorderende en -remmende stoffen van deze gewassen geteeld onder zilte condities.

Tevens is gekeken naar **potentieel interessante gewassen** die onder zilte omstandigheden geteeld zouden kunnen worden. Dit waren zeekraal, wilde rucola, zeevenkel, strigolo en veldsla. Ook hiervoor werd een literatuurstudie gedaan naar wat er al bekend was over de inhoudsstoffen en hun mogelijke gezondheid bevorderende werking, en vervolgens werden via laboratoriumanalyses de daadwerkelijke inhoudsstoffen gemeten. De vraag bij dit onderzoek was of in zilt geteelde gewassen inhoudsstoffen aanwezig zijn of geïnduceerd worden die een toegevoegde waarde kunnen geven aan het geoogste product.

De twee methoden van inhoudsstoffenanalyses waren gerichte analyse van bepaalde interessante stoffen en untargetted analyse, de analyse van het profiel van alle stoffen in de plant, met het doel veranderingen onder invloed van zilte teelt in zoveel mogelijk stoffen te kunnen opsporen.

3.1 Wat zijn gezondheid bevorderende inhoudsstoffen?

Welke gezondheid bevorderende stoffen zitten er in planten en op welke mechanismen berust hun werking? Er is voldoende epidemiologisch bewijs dat de consumptie van plantaardige voeding, zoals granen, groente en fruit, het risico van een aantal chronische ziekten en kanker verlaagt. De componenten waar deze gezondheid bevorderende effecten op zouden berusten zijn vezels, vitamines en mineralen, maar mogelijk vooral typisch plantaardige (secundaire) inhoudsstoffen. Het plantenrijk biedt een groot palet aan inhoudsstoffen. De enorme variatie aan inhoudsstoffen in planten is gerelateerd aan het fenomeen dat planten niet kunnen weg-bewegen van acuut optredend gevaar of veranderende leefomstandigheden. Veel inhoudsstoffen die planten maken, zijn bedoeld als afweer tegen vraat, tegen invasie van ziekteverwekkers, schade door droogte, hitte, ultraviolet licht, etc. Een aantal van deze stoffen heeft een effect in de mens waaronder in sommige gevallen een gezondheid-bevorderende werking. Dat is niet toevallig, maar komt doordat deze stoffen al een bepaalde bio-activiteit vertonen, zoals het wegvangen van vrije radicalen of het binden aan bepaalde receptoren of het in gang zetten van de-toxiciserende processen, die ook in de mens werken.



Zilt geteelde aardbei smaakt verrassend sterk, en zoet

De gezondheid bevorderende werking van veel plantaardige stoffen, berust naast bijvoorbeeld haar antioxidant werking, ook op interferentie met cellulaire processen zoals signaal transductie, apoptose (celdood), immuunreacties, of op het vermogen om de activiteit van specifieke enzymen te moduleren. Een bekend voorbeeld van het laatste mechanisme is het vermogen van bijvoorbeeld glucosinolaten om Fase I reacties (enzymen) in de lever te onderdrukken en Fase II reacties te stimuleren. Het dynamische evenwicht tussen Fase I en Fase II enzymen bepaalt de mate waarin lichaamsvreemde of carcinogene stoffen onschadelijk gemaakt kunnen worden. Dit evenwicht kan door een aantal planten inhoudsstoffen in positieve zin worden beïnvloed.

3.2 Voedingswaarde en inhoudsstoffen en de effecten van zilte teelt hierop

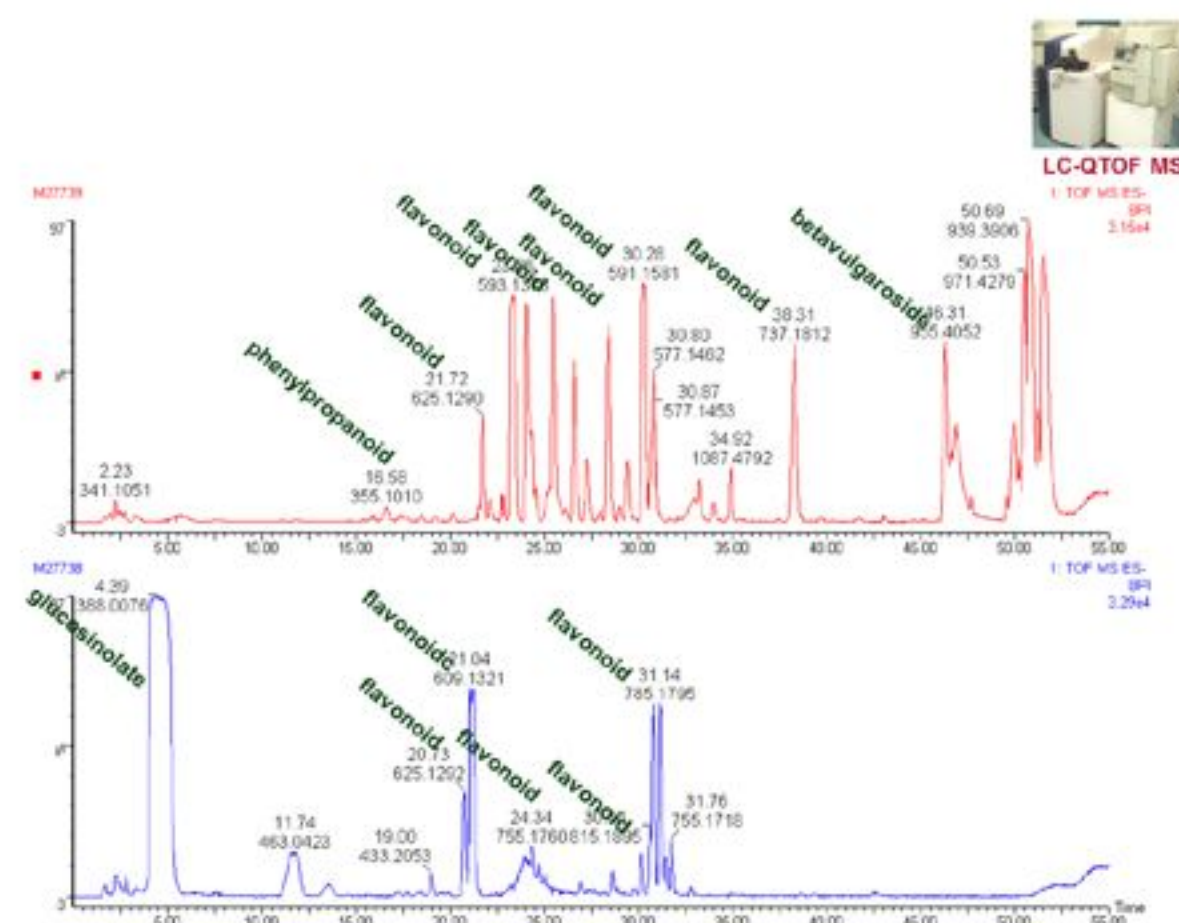
3.2.1 Strandbiet

Literatuur:

Strandbiet (*Beta vulgaris ssp. maritima*) wordt gebruikt als bladgewas vergelijkbaar met de groentes spinazie en snijbiet. De voedingswaarde is ook ongeveer gelijk aan snijbiet (*Beta vulgaris ssp. Cicla*) alhoewel het effect van zout op de inhoudsstoffen niet geheel onbelangrijk is. Snijbiet is laag in verzadigde vetzuren en cholesterol, maar is een goede bron voor thiamine, foliumzuur en vitamin A, C, E en K, riboflavine, vitamine B6, calcium, ijzer, magnesium, fosfor, kalium, koper en mangaan (nutritiondata.self.com). Zoutstress experimenten met suikerbiet, beschreven in de wetenschappelijke literatuur, toonden aan dat als suikerbiet onder zoutstress geteeld wordt, deze extra proline accumuleert. Daarnaast nam het totaal gehalte aan aminozuren toe, afhankelijk van de mate van zoutstress, tot zelfs 250%. Onder deze omstandigheden nam het versgewicht van de plant niet toe (Gzik, 1996). Een vergelijkende studie tussen suikerbiet en strandbiet toonde aan dat de hoeveelheid betaïne die beide gewassen accumuleren tijdens zoutstress niet veel verschilde. Onder de gebruikte omstandigheden bleek ook de groei van het blad en de wortel niet door de zoutconcentratie beïnvloed. (Hanson and Wyse, 1982). In een studie naar het effect van zout op verschillende suikerbiet cultivars bleek dat de concentratie natrium in alle cultivars toenam als reactie op de hoge zoutconcentratie, het gehalte aan kalium veranderde echter niet (Ghoulam et al., 2002). De geur van vers blad dat veroorzaakt wordt door 3-alkyl-2-methoxypyrazines is in biet niet heel erg abundant, vergeleken met boontjes, maar het draagt wel bij aan de frisse verse geur van deze bladgroente (Murray and Whitfield, 1975).

Metabolietanalyses:

Deze "groen blad" componenten zijn ook gedetecteerd in de GCMS analyse uitgevoerd bij Wageningen UR, waarbij specifiek de vluchtige en geurstoffen in bietenblad geanalyseerd zijn. De untargetted metabolietanalyse met de GCMS en LCMS (een voorbeeld chromatogram is weergegeven in Afb. 1) is gedurende drie aaneengesloten jaren uitgevoerd op strandbietblad dat geoogst was van planten die gegroeid waren op proefveld De Petten. Deze waren geteeld onder verschillende zoutconcentraties. Aan de planten zelf waren weinig effecten van de zoutconcentraties te zien. Na analyse van de resultaten van de monsters van de verschillende zoutconcentraties over de verschillende jaren zien we weinig effect op de componenten en komen we eigenlijk tot dezelfde conclusie als bij de groei van de planten: er is bijna geen effect van zout te vinden op de inhoudsstoffen. Dit geeft vooral aan dat de planten goed bestand zijn tegen de zoutconcentraties die zijn aangeboden.



Afbeelding 1: Voorbeeld LCMS chromatogram van strandbiet (boven) en zeekool (onder).

3.2.2 Zeekool

Literatuur:

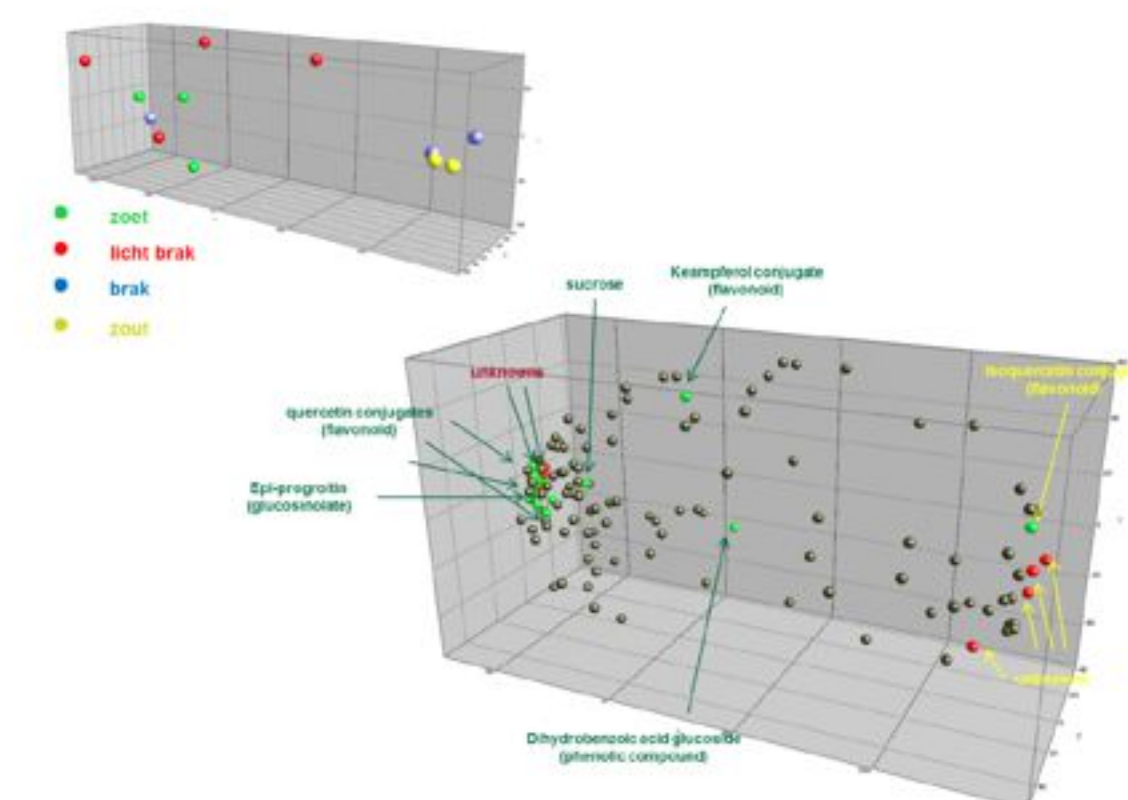
In tegenstelling tot zeekraal en strandbiet wordt het eetbare deel van zeekool (*Crambe maritima*) niet direct onder invloed van zout geteeld. Alleen de in het donker gegroeide spruiten worden gegeten als groente (Péron, 1990). Deze spruiten worden getrokken in het donker, bijvoorbeeld in donkere schuren, en bij deze teelt wordt geen zout irrigatiewater gebruikt. Wat opvalt aan deze getrokken spruiten is het hoge gehalte aan glucosinolaten ($153 \mu\text{mol g}^{-1}$), vergeleken met andere koolsoorten (Daxenbichler et al., 1968; Quinsac et al., 1994). Het meest voorkomende glucosinolaat is epi-progoitrine. Ongeveer 80% van het totaal glucosinolaatgehalte is epi-progoitrine en 10% is 4-hydroxyglucobrassicin, de overige 10% bestaat uit een mix van andere glucosinolaten. Onder invloed van langdurig koken, vriezen en andere processtappen verliest de kool veel van zijn glucosinolaten (Quinsac et al., 1994). In het menselijk lichaam worden de glucosinolaten omgezet door myrosidase enzymen in isothiocyanaten en nitril, die op hun beurt sterke secundaire antioxidanten zijn. Secundaire antioxidanten faciliteren de detoxificatie van gifstoffen (Leoni et al., 1997). Van een andere ondersoort van *Crambe*, de *C. kotschyana*, worden ook de scheuten als groente gegeten. Wortelextracten worden gebruikt als remedie tegen ademhalingsproblemen (Ul'chenko et al., 2001), dit zou een mogelijk toepassing kunnen zijn voor de zeekoolwortels die overblijven na de spruitteelt. Een onderzoek naar de flavonoïdsamenstelling van twee koolsoorten, de (Lepto-) *Crambe* soorten *Crambe abyssinica* en *Crambe hispanica*, met een andere herkomst dan de zeekool, liet zien dat er in kool redelijke hoeveelheden kaempferol, quercetine, luteoline en apigenine zitten en slechts sporen van isorhamnetine. (Onyilagha et al., 2003). Dit is een goede indicatie voor de aanwezigheid van flavonoiden in zeekool, temeer omdat de hoeveelheden die gemeten zijn overeenkomen met die in heel andere koolsoorten, *Camelina* and *Thlaspi*.

In *Crambe orientalis*, een andere koolsoort maar wel ook behorend tot de ondersoort *Sacrocrambe*, zijn de vluchtige oliën bestudeerd. Nitril, isothiocyanaten, esters en vetzuren bleken de meest belangrijke componenten in de vluchtige oliën van *Crambe orientalis* te zijn. De auteurs toonden aan dat de olie die was geïsoleerd uit blad een sterk cytotoxisch effect had en ze speculeren over het antiproliferatieve en antikanker effect dat deze olie mogelijk zou hebben (Razavi and Nejad-Ebrahimi, 2009). Zoals terecht al door deze auteurs is opgemerkt, is het belangrijk de samenstelling van de olie per koolsoort en per omstandigheid te bepalen. Wat erg vergelijkbaar bleek tussen verschillende koolsoorten is de oliecompositie van de zaden (Rudloff and Wang, 2011).

Metabolietaalyse:

De untargeted metabolietaalyse is uitgevoerd op monsters van zeekoolblad dat gedurende meerdere jaren is geoogst van velden met oplopende zoutconcentraties (op proefveld de Petten) en van velden waarbij de bemesting en de zoutconcentratie in de bodem gevarieerd werd (De Boet). Een groot aantal metabolietaalyse is geanalyseerd met LCMS en GCMS, waarvan een voorbeeld is te zien in Afb. 1. Het doel van de analyses was het identificeren van verschillen tussen de groeiomstandigheden.

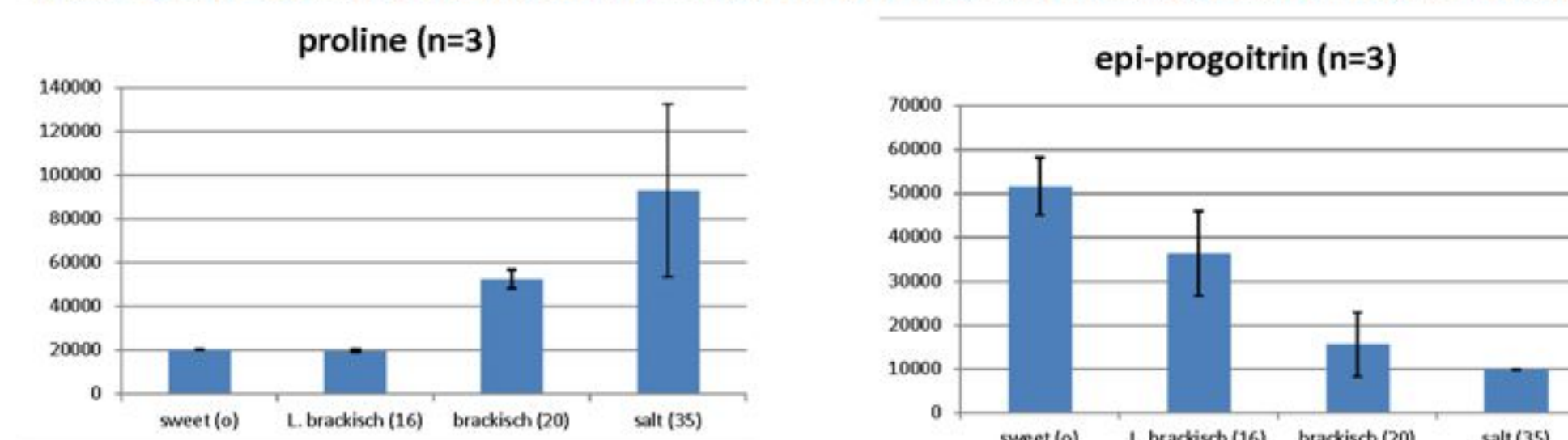
Eén van de conclusies is dat de meeste componenten niet veranderen onder invloed van de zoutconcentratie. Dit betekent dat de plant niet lijdt onder de zoutconcentraties die zijn aangeboden. Bij hele hoge concentraties (20 en 35) bleek echter proline, een stress indicator in veel planten, in concentratie toe te nemen (Afb. 3). Bij dezelfde concentratie bleek ook de opbrengst sterk af te nemen. Uit de LCMS analyses bleek dat onder zoutstress andere flavonoiden geaccumuleerd worden dan onder controle condities (Afb. 2). Naast analyses aan veld- gegroeid blad, zijn er specifiek analyses uitgevoerd aan zeekoolwortels en -stengels, de resultaten zijn te vinden in par. 3.3.



Afbeelding 2: PCA analyse van LCMS data van zeekool geteeld onder verschillende zout concentratie, Afb. a en b geven de distributie van resp. de samples en de componenten aan.

Glucosinolaten zijn organische verbindingen die zwavel- en stikstofgroepen bevatten en zijn afgeleid van glucose en een aminozuur. Ze komen voor als secundaire metabolietaalyse in bijna alle kool-achtigen. Glucosinolaten zetten een detoxificeringsmechanisme in het menselijk lichaam aan, en kunnen een kanker onderdrukkende werking hebben. In ongedesulfateerde zeekoolmonsters is de hoeveelheid Epi-progoitrin bepaald (Afb. 3).

Afbeelding 3: Rechterpanel: De hoeveelheden (in piekoppervlakte) epi-progoitrine in zeekool geteeld op verschillende zoutconcentraties



(n=3) en linkerpanel, de hoeveelheden proline in zeekool geteeld op verschillende zoutconcentraties (n=3).

Uit de analyse blijkt dat de concentratie van dit glucosinolaat afneemt bij toenemende zoutconcentratie. De verhoogde proline concentratie in de plant, die is weergegeven in het linker panel, geeft aan dat dit mogelijk gebeurt onder invloed van stress.

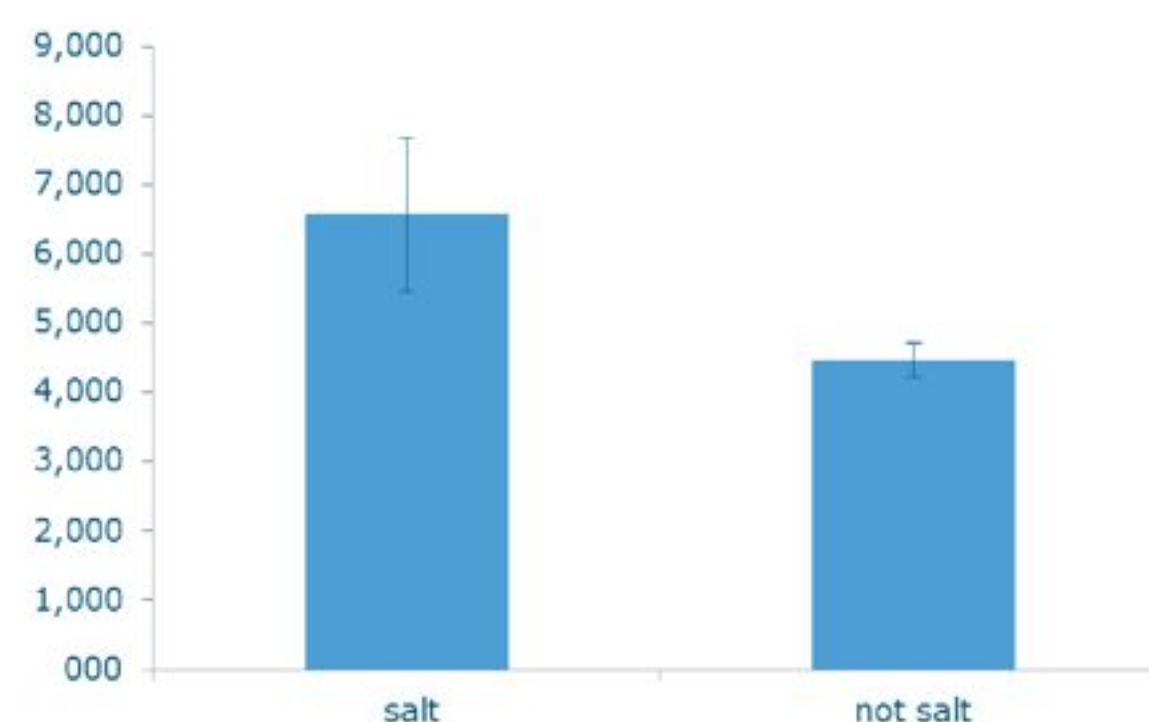
3.2.3 Aardappel

Literatuur:

Het effect van zout op de teelt van aardappel is in de literatuur redelijk goed bestudeerd. Een aantal publicaties gaat over de adaptatie van aardappel aan hoog zout (Levy and Veilleux, 2007; Bowne et al., 2011), en de effecten hiervan op de inhoudsstoffen (Bowne et al., 2011). Meer resistente rassen hadden meestal een verhoogd gehalte aan proline. De biosyntheseroute van een andere bekende stress regulator, betaïne, komt niet voor in aardappel (Wang-Pruski and Schofield, 2012). De mineraalsamenstelling van de aardappel veranderde ook door zilte omstandigheden (Ghosh et al., 2001). De suikers, suikeralcoholen en amines veranderden onder invloed van zout stres (Byun et al., 2007). De zetmeel- en de totaal wateroplosbare suikersamenstelling van de knollen werd negatief beïnvloed door zout stress hoewel in jonge knollen deze waardes juist hoger waren onder zout stres (Ghosh et al., 2001). Een amine, catecholamine, bleek belangrijk in de adaptatie aan zilte omstandigheden (Świądrych et al., 2004). Daarnaast bleek ook glutamine te accumuleren onder zout stres (Teixeira and Fidalgo, 2009). Andere stoffen die onder andere in aardappel voorkomen en wel bekend zijn om hun gezondheid bevorderende eigenschappen zijn vitamine C, flavonoiden en foliumzuur. Het effect van zilte teelt op deze stoffen is nog niet bekend. In aardappel komen ook glyco-alkaloïden voor. Dit is één van de meest giftige stoffen in de natuur. In consumptieaardappelen moet het gehalte glyco-alkaloïden onder een bepaald niveau zitten. Het is belangrijk om te onderzoeken of zilte teelt een effect op het gehalte glyco-alkaloïden heeft.

Metabolietanalyses:

In het kader van het zilte perspectief onderzoek is een serie analyses, waaronder de glyco-alkaloïd bepaling, gedaan aan de invloed van zilte teelt op een aantal voor aardappel belangrijke inhoudsstoffen. De onderzoeken zijn gedaan aan verschillende aardappellrassen die verschillende jaren achtereen zijn geteeld op verschillende bodem zoutconcentraties. Uit de untargetted analyse werd heel duidelijk dat de verschillende aardappellrassen onderling erg verschillend zijn. In relatie tot de bodenzoutconcentratie bleek dat als de planten te lijden hadden onder de zoutconcentratie de planten myo-inositol en proline gingen accumuleren. Myo-inositol bleek een hele consistente stress indicator bij alle aardappellrassen te zijn. In deze untargetted analyse zijn een deel van de glyco-alkaloïden geïdentificeerd, waarvan de concentratie afnam onder hoog zout.



Afbeelding 4: De hoeveelheden Myo-inositol uitgedrukt in gemiddelde piekoppervlakte gemeten met de GCMS. Het gemiddelde is bepaald van alle verschillende aardappellrassen, de spreiding geeft dat ook de spreiding aan tussen de aardappellrassen.

Een belangrijke groep vitaminen zijn de Carotenoïden en Vitamine E, dit zijn bekende antioxidanten die veel in planten voorkomen. Monsters genomen van aardappels, gegroeid gedurende drie jaren op zilt en zoet zijn geanalyseerd. De waardes voor de verschillende tocopherolen zijn gemeten zijn in aardappelen van de teelt van alle drie de jaren. De metingen hebben elk jaar dezelfde trend gegeven. De conclusie van de meting aan tocopherol (vit E) in aardappel is dat er geen significant verschil is tussen zoet en zilt geteelde aardappels, een trend van verhoging van alle tocopherolen opgeteld bij zilt geteeld ten opzichte van zoet geteeld, is te zien in miss Mignonne en Bie. Bintje geeft echter een tegengesteld beeld. Zoals ook al uit de literatuur bleek zijn de hoeveelheden Beta

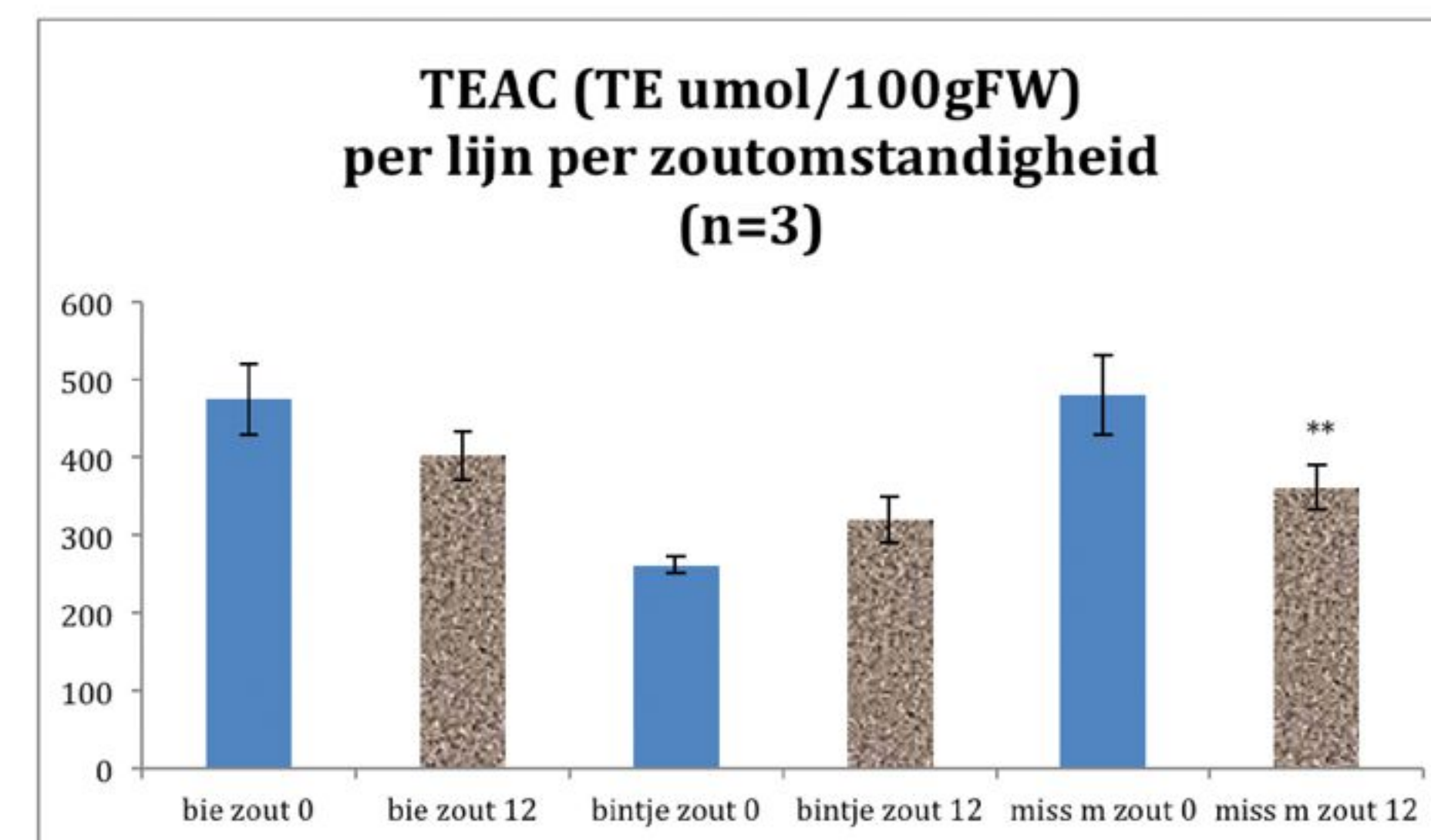
caroteen in aardappel zijn erg laag, dit is ook te zien aan de foutbalken bij Bintje en Bie. Miss Mignonne heeft een overwegend hoger beta caroteen gehalte, waarschijnlijk omdat deze aardappel meer gekleurd is.

De hoeveelheden neoxanthine en violaxanthine zijn te laag om goed te meten in aardappel, wel is er verschil tussen de rassen te zien, in Bintje en Miss Mignonne waren deze componenten te detecteren, in Bie helemaal niet.

De resultaten van andere gewassen die zijn geanalyseerd op hoeveelheid tocopherol, beta caroteen en xanthines geven een aan dat de concentraties van deze stoffen in aardappel relatief erg laag zijn.

Vitamine C of L - ascorbinezuur is een essentiële voedingsstof voor mensen. Het is een cofactor in meerdere enzymatische reacties. Ascorbaat (het anion van ascorbinezuur) werkt als antioxidant tegen oxidatieve stress. De hoeveelheid vitamine C in aardappel bleek heel licht af te nemen op zilt, dit is echter alleen significant bij één van de geteste lijnen in 2013, Bie. De conclusie is dan eigenlijk dat de vitamine C hoeveelheid niet beïnvloed wordt door de zilte teelt. Het teeltjaar bleek veel grote effecten te hebben op de vitamine C concentratie in de knol. Mogelijk komt dit door verschillen in groeiomstandigheden tijdens de groei van het gewas.

Antioxidant capaciteit De antioxidant-activiteit wordt uitgedrukt als Trolox Equivalent Antioxidant Capaciteit (TEAC) en is een maat voor de antioxidantcapaciteit van een bepaalde stof in vergelijking met de standaard, Trolox. Drie aardappellijnen over drie jaren met twee zoutconcentraties werden geanalyseerd.



Afbeelding 5: De TEAC gemeten in drie aardappellrassen die zijn geteeld onder zilte en zoete omstandigheden, gedurende twee jaar (Bintje) of drie jaar (Bie en Miss Mignonne). In 2013 zijn steeds drie verschillende velden bemonsterd.

De resultaten zijn verwerkt in afbeelding 5. Hieruit blijkt dat de antioxidantcapaciteit onder invloed van zilte teelt in twee van de drie rassen, Bie en Miss Mignonne, significant met een-vijfde omlaag gaat vergeleken met zoete teelt. De TEAC voor Bintje verschilt niet significant bij vergelijking zilt met zoet. De reden is mogelijk de spreiding in de TEAC resultaten onder zilte omstandigheden, gemeten over de twee verschillende teeltjaren.

Naast onderzoek naar zout stres zou onderzoek naar droogte stress mogelijke interessante inhoudsstoffen kunnen opleveren omdat beide type stress een zelfde reactie in de plant geven. In droogte sensitieve aardappellrassen werd onder droogte stress vooral galactose, inositol, galactinol, proline en proline-analogen geaccumuleerd (Evers et al., 2010).

3.3 Gezondheid bevorderende inhoudsstoffen in potentieel interessante gewassen

Inleiding

Planten bevatten een enorm scala aan stoffen met een specifieke bio-activiteit. Deze grote variatie aan bioactieve inhoudsstoffen wordt veroorzaakt omdat planten sessiele organismen zijn. Ze kunnen niet weglopen van gevaar. Ze beschermen zichzelf tegen vraat, schimmels, bacteriën en virussen, te veel aan UV-licht, droogte, water en andere stress onder andere met behulp van inhoudsstoffen. Ook gebruiken ze hun inhoudsstoffen om bestuivers te lokken, voor verspreiding van zaad, om vijanden van hun aanvullers aan te trekken, en om andere planten te waarschuwen en met hen te communiceren. Veel van de inhoudsstoffen die planten maken, hebben een bepaalde bio-activiteit in andere organismen. Sommige van de planteninhoudsstoffen hebben ook een effect in mensen. Al sinds de oudheid is bekend dat plantenstoffen gebruikt kunnen worden om ziekten te bestrijden en de gezondheid te behouden. Ook nu nog is 40% van de huidige westerse medicijnen gebaseerd op plantaardige oorsprong.

3.3.1 Gewassen voor zilte teelt

In de wetenschappelijke literatuur is gezocht naar informatie over mogelijk gezondheid-bevorderende inhoudsstoffen aanwezig in de volgende zilt-minnende gewassen: wilde rucola, zeevenkel, zeekraal, strigolo en veldsla.

Wilde rucola (*Diplotaxis tenuifolia*)

De wilde rucola die als salade gegeten wordt, bevat veel glucosinolaten die ook in koolsoorten zoals broccoli gevonden worden. Glucosinolaten zouden een beschermend effect hebben op het voorkomen van kanker (Das et al., 2000). Daarnaast bevat wilde rucola veel flavonoiden (antioxidanten), foliumzuur en vitamine C (Bennett et al., 2006; Jin et al., 2009). Er is een hoge antioxidant-activiteit gevonden die vergelijkbaar is met oregano (Pieroni et al., 2002). De concentraties en samenstelling van flavonoiden hangt sterk af van de kweekomstandigheden, stress en UV-licht. Het zou kunnen dat zilt-geteelde wilde rucola een interessante en afwijkende flavonoidsamenstelling heeft, maar dat is nog niet onderzocht. De hoeveelheden van deze gezondheid-bevorderende inhoudsstoffen die in de eetbare gedeelten zoals zaailingen en volwassen blad van wilde rucola geproduceerd worden, zouden volgens de literatuur interessant kunnen zijn om gebruikt te worden als 'functional food', vooral vanwege de glucosinolaten en verschillende vitaminen (Bennett et al., 2006).



Zeevenkel (*Crithmum maritimum*)

Zeevenkel is vooral rijk aan oliën, vitamine C en caroteen. Daarnaast heeft het een sterke antibacteriële werking. Jonge bladeren van zeevenkel bevatten ongeveer 3% oliën (Guil-Guerrero and Rodríguez-García, 1999); (Barroso et al., 1992). De samenstelling is afhankelijk van de groeilocatie en cultivar/ondersoort (Flamini et al., 1999; Baser et al., 2000; Katsouri et al., 2001). De zaden van de plant bevatten tot 40% van het versgewicht aan oliën, vergelijkbaar met de hoeveelheden in koolzaad en olijf. Ook de vetzuursamenstelling is vergelijkbaar met olijfolie, en bevat enkelvoudig- en meervoudig onverzadigde vetzuren (Zarrouk et al., 2004). Verder blijkt zeevenkel

een sterke antibacteriële werking te hebben tegen een groot aantal bacteriën (Kumarasamy et al., 2002); (Ruberto et al., 2000; Senatore et al., 2000). Zeevenkel bevat daarnaast veel vitamine C. Zo bevat 100 gram verse zeevenkel 75 mg vitamine C, wat de benodigde dagelijkse dosis vitamine C is die voorgeschreven wordt door het Voedingscentrum (Franke, 1982). De concentratie caroteen in jonge bladeren is 34 mg per 100gram versgewicht (Guil-Guerrero and Rodríguez-García, 1999); (Ben Hamed et al., 2007); (Ben Hamed et al., 2005).

Zeekraal (*Salicornia europaea*)

Zeekraal, een gewas dat al wordt geteeld op zoute gronden, is vooral een exclusiviteit in restaurants waar het rauw of gekookt geserveerd wordt. Het telen op zeewater heeft geen grote invloed op de voedingswaarde van het product, er is geen verandering gevonden in de hoeveelheid mineralen als calcium en magnesium. Wel is er een lichte toename van kalium en natuurlijk zeezout gevonden. Belangrijk is de verandering in polyphenolen, beta caroteen en ureides, waarvan de toename correleerde met de toename van de zoutconcentratie in het irrigatiewater. In het algemeen is in zeekraal de concentratie vetzuren hoog, maar vooral interessant is de hoge concentratie omega-3 vetzuren. De zoutconcentratie in de bodem of in het irrigatiewater lijkt geen effect op de concentratie van deze vetzuren in de plant te hebben. (Ventura et al., 2011). In het algemeen is de zeekraalspruit hoog in oliegehalte, waarbij de hoeveelheid 'gezonde' omega-3 vetzuur belangrijk is (Ventura et al., 2011). Zeekraal geteeld op zilte gronden hoopt meer calcium op en, zoals verwacht, meer zout. Ook neemt het gehalte antioxidanten (polyfenolen) en beta-caroteen toe bij teelt op zilte gronden. De samenstelling van stoffen in blad werd van een ander type *Salicornia* (*Salicornia bigelovii*) bepaald. Het bevatte veel vitamine C (40.66 mg per 100g blad). Het zaad bevatte veel eiwit (35%) en olie (24%) en 23.6 mg vitamine E per 100g blad (CHEN et al., 2010). Zeekraalextract zou werken tegen tuberculose, zoals beschreven in het patent van Rathod (Rathod et al., 2008; Rathod et al., 2011).

Strigolo of stridolo (*Silene vulgaris*)

Strigolo of stridolo is een bladplant die in mediterrane landen toegevoegd wordt aan salades, soep, pasta en andere warme gerechten. De toepassing is vergelijkbaar met spinazie en snijbiet, en de smaak lijkt op die van cichorei, dragon en rucola, maar dan zachter. Studies in andere silenes, onder andere *Silene maritima*, toont aan dat de vetzuurcompositie antibacteriële werking zou hebben (Orhan et al., 2009) en zou helpen tegen bloedarmoede. Het antioxidantniveau van de *Silene vulgaris* (Vanzani et al., 2011) is vergelijkbaar met kool en bevat verder omega vetzuren, tocoferolen (vitamine E) en polyfenolen (antioxidanten) (Conforti et al., 2011). De plant accumuleert hoge concentraties vitamine E (Morales et al., 2012). De rizomen en wortels bevatten veel saponines (zeep-achtigen), alkaloiden en tannines en zijn niet eetbaar (Glensk et al., 1999).

Veldsla (*Valeriana locusta*)

Veldsla is een gewas dat veel geteeld wordt op zandgronden. Het telen van veldsla kan zowel vroeg als laat in het jaar omdat de plant redelijk winterhard is. Dit geeft mogelijkheden veldsla te telen in combinatie met andere gewassen. Een bijzondere eigenschap die aan dit gewas wordt toegeschreven is de grote hoeveelheid omega-3 vetzuren die in de plant zouden zitten. In de wetenschappelijke literatuur is hier helaas niets over gevonden. Het is interessant om hier een gerichte analyse voor te doen. Het antioxidant niveau in veldsla is hoog voor een bladgewas, vergelijkbaar met wilde rucola. Het belangrijkste antioxidant is bètacaroteen (Ferrante and Maggiore, 2007; Parente et al., 2013). De resultaten van een recente studie geven aan dat veldsla een ander groep antioxidanten, polyfenolen, bevat en volgens Parente et al. (2013) zelfs hoger dan het gehalte in broccoli. Het belangrijkste polyfenol is chlorogeenzuur (Parente et al., 2013).

3.3.2 Metingen aan gezondheid bevorderende stoffen in potentieel interessante gewassen voor zilte teelt

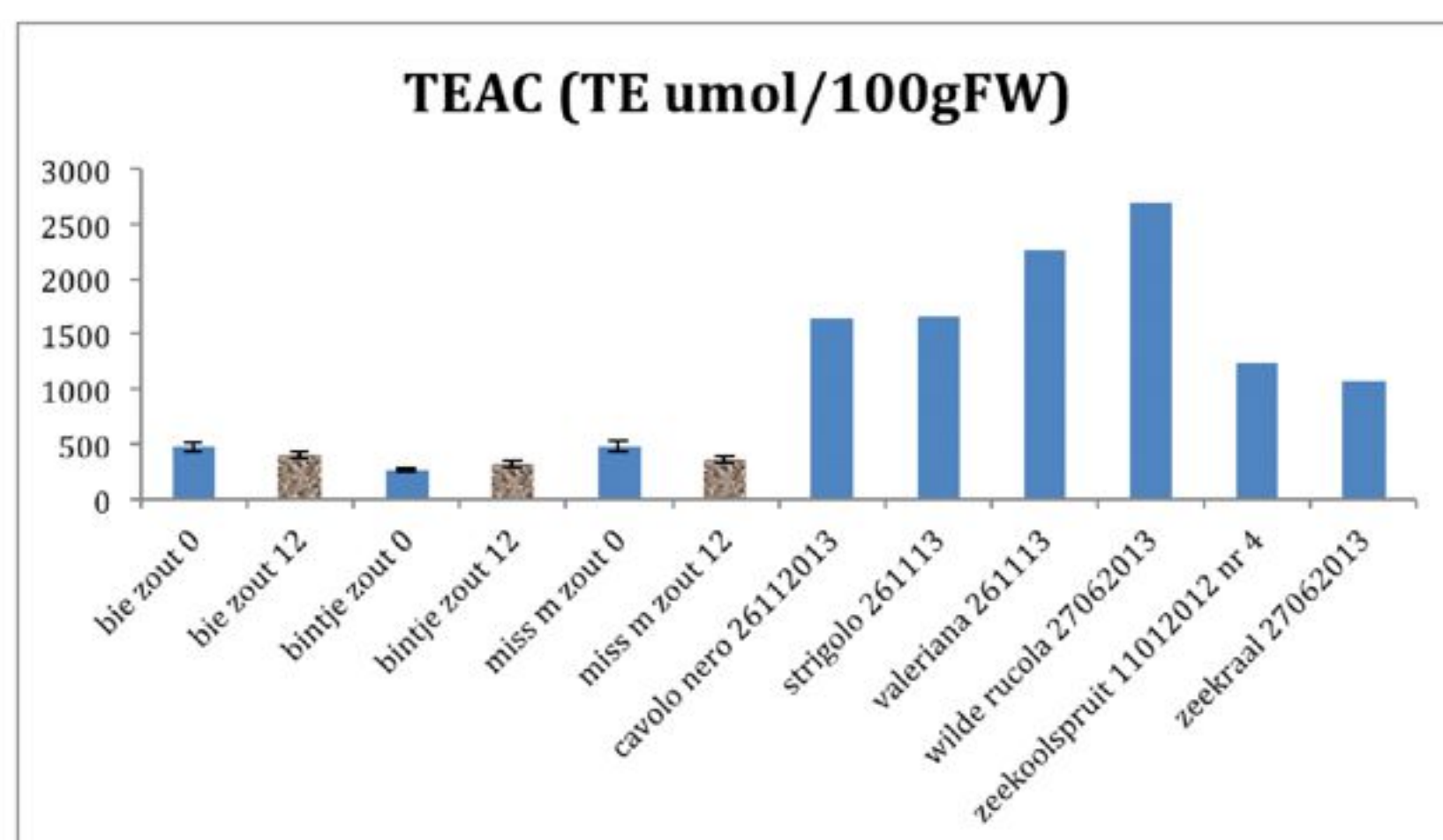
Een serie metingen aan gezondheid bevorderende stoffen is gedaan in wilde rucola, zeevenkel, zeekraal, strigolo, veldsla en zeekool spruiten en stengels.

Carotenoiden en Vitamine E zijn bekende antioxidanten die veel in planten voorkomen. De gewassen die zijn geanalyseerd op hoeveelheid tocopherol, beta caroteen en xanthines. In de zilt geteelde gewassen blijkt veel alpha tocopherol te zitten in zeekraal, iets dat te verwachten was omdat dit gewas veel oliën en vetten bevat. Zeekool spruiten bevatten weinig alpha tocopherol, vergelijkbaar met aardappel. Van de potentieel interessante gewassen, vergeleken met Cavolo nero (palmkool) als referentie, zijn de hoeveelheden vrij laag, maar de waardes van alpha tocoferol van wilde rucola, strigolo en veldsla overstijgen de hoeveelheid die in zeekraal gevonden wordt.

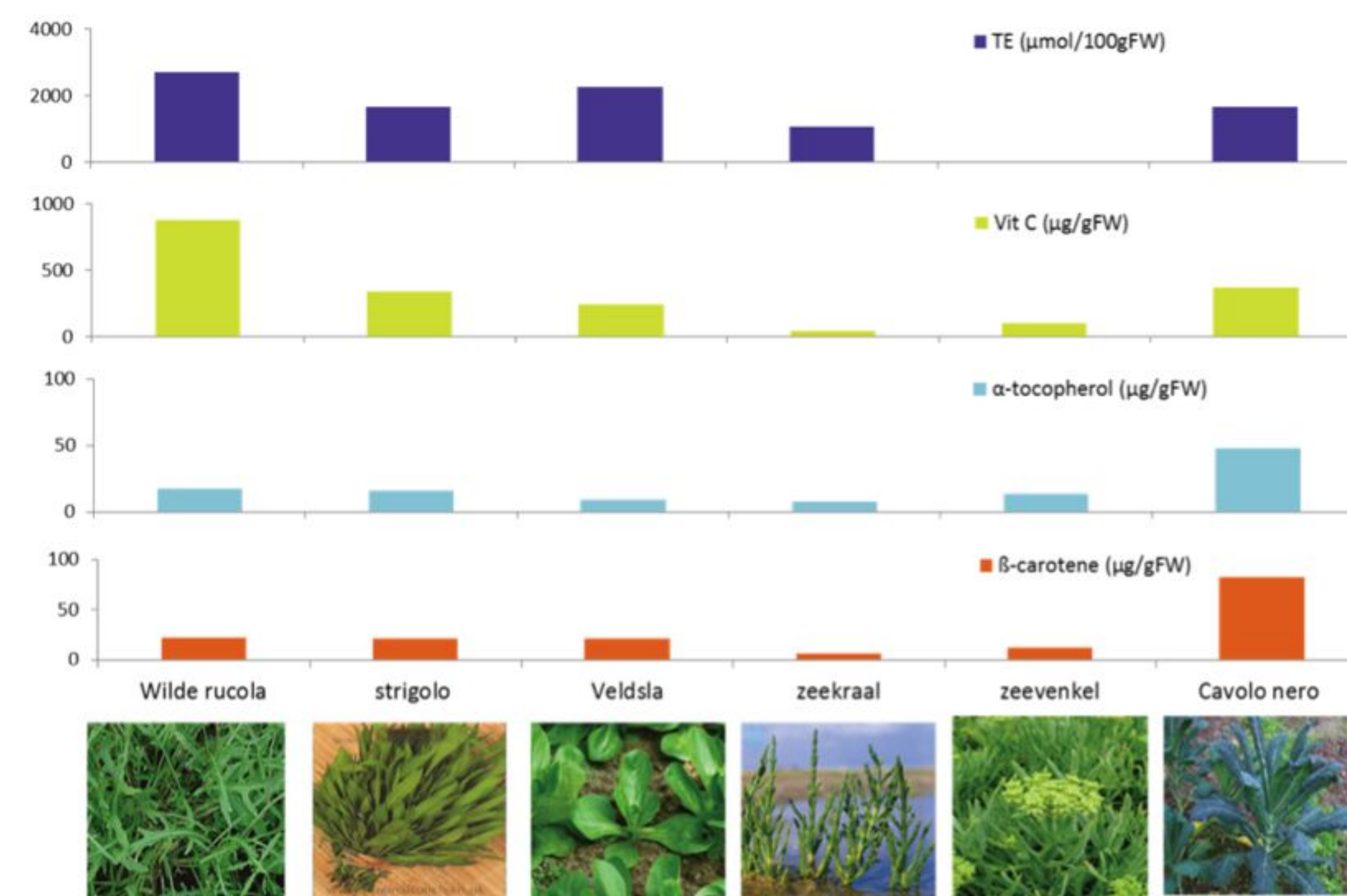
De hoeveelheden beta caroteen die gemeten zijn in de zilte dan wel potentieel interessante gewassen volgen dezelfde trend als voor alpha-tocopherol. De "groene gewassen" (wilde rucola, strigolo, veldsla en zeekraal) veel meer caroteen opslaan dan knollen (aardappel) en de gebleekte scheuten van zeekool. Hier blijkt ook weer dat de wilde rucola, strigolo en veldsla goede hoeveelheden "gezondheid bevorderende stoffen" produceren. De gemeten waardes voor kool en de groene gewassen komen goed overeen met de literatuur.

Vitamine C of L - ascorbinezuur is een essentiële voedingsstof voor mensen. Het is een cofactor in meerdere enzymatische reacties. Ascorbaat (het anion van ascorbinezuur) werkt als antioxidant tegen oxidatieve stress. De concentratie vitamine C in de zilte gewassen en de mogelijke interessante gewassen werd bepaald en uitgezet tegen elkaar. Uit de meting blijkt dat wilde rucola een grote hoeveelheid vitamine C accumuleert, 3-5 keer meer dan de andere gewassen. Vergelijking met kool, een gewas dat al in de literatuur beschreven is als een gewas dat veel vitamine C bevat, geeft aan dat de gemeten hoeveelheden heel hoog zijn. De gemeten waarde voor kool komt redelijk overeen met de literatuurwaarden. Verder blijken de zeekoolspruiten redelijke hoeveelheden vit C te accumuleren, maar, net als bij beta caroteen, zit er in groene gewassen over het algemeen meer vitamine C.

Antioxidant capaciteit wordt uitgezet als Trolox Equivalent Antioxidant Capaciteit (TEAC) en is een maat voor de antioxidantcapaciteit van een bepaalde stof in vergelijking met de standaard, Trolox. De antioxidant capaciteiten van de zilte- en mogelijk zilte gewassen, zie Afb. 6, zijn allemaal hoger dan aardappel. De planten met de hoogste antioxidant capaciteiten zijn wilde rucola (Diplotaxis) en veldsla (Valeriana). Deze blijken beter uit te komen dan de Cavolo nero, de palmkool die bekend staat om zijn hoge TEAC niveau.



Afbeelding 6. De TEAC gemeten in de verschillende gewassen, de mogelijk interessante gewassen en als referentie de waardes gemeten in aardappel (n=3) in 2013.



Afbeelding 7: Overzicht van de belangrijkste metingen aan de geanalyseerde planten.

3.3.3 Hoe nu verder?

De metingen aan de zilt geteelde gewassen en de mogelijk zilte gewassen geeft aan dat er tussen de potentiële gewassen heel interessante gewassen zitten, die mogelijk ook nog eens goed op verzilte grond geteeld zouden kunnen gaan worden (Afb. 7).

Wilde rucola is de plant met de hoogste concentratie "gezondheid bevorderende stoffen" en groeit van nature al op zilte grond. De bitterheid die wordt ervaren door consumenten zou een probleem zijn, maar op minder bittere soorten selecteren zou de waarde van inhoudsstoffen verminderen, daarnaast is de bittere smaak goed te maskeren door dit product aan te leveren in salade mixen, of gecombineerd met zeekraal, die door zijn vettigheid de bittere smaak zeker zal neutraliseren. Veldsla, een bekend gewas op de markt zou een goed zilt geteeld gewas zijn, maar de zout-resistentie moet worden bestudeerd. De Cavolo nero, die als referentie is gebruikt, zou zeker ook een goede kandidaat zijn, maar kolen zijn over het algemeen erg gevoelig voor natte grond, en mogelijk hierdoor geen goed kandidaat. De bijbehorende Literatuurstudie naar het effect van zoutstress op plantenstoffen en de potentiële toegevoegde waarde + Referenties, zijn opgenomen in H5 Bijlagen.

De conclusie uit de literatuurstudie is dat er veel bekend is over zout stress en de specifieke plantenstoffen die betrokken zijn bij de zoutresistentie. Veel minder goed bestudeerd is

- de teelt van gewassen op verzilte grond en het effect daarvan op de inhoudsstoffen, en
- de toegevoegde waarde van deze inhoudsstoffen op het product, de voedingswaarde, de gezondheidseffecten, etc. en
- of er mogelijk inhoudsstoffen opgehoopt worden die een negatief effect hebben op de voedingswaarde.

In dit onderzoek hebben we daar een eerste aanzet toe gemaakt, maar het is nog een kennislacune. Wanneer hier onderzoek op gezet wordt, zal dit de zilte teelt en het vermarkten van zilte teelt producten enorm kunnen ondersteunen en kunnen versnellen.

3.4 Groenbemesters en zout

Groenbemesters zijn planten die verbouwd worden om de bodemstructuur en nutriëntenvoorziening van de landbouwgrond te verbeteren doordat ze organisch materiaal aan de grond toevoegen. Meestal worden hier vlinderbloemigen (Leguminosae of Fabaceae) voor gebruikt omdat soorten uit deze familie een extra voordeel hebben: zij kunnen via de wortelknolletjes stikstof uit de lucht omzetten in een voor de plant beschikbare vorm.

3.4.1 Zouttolerantie groenbemesters

Uit literatuuronderzoek blijkt dat de functionele symbiose tussen vlinderbloemigen en de Rhizobia die de stikstoffixatie uitvoeren in de wortelknolletjes, gevoelig is voor zout.

Dit geldt zowel voor de fases waarin de symbiose tot stand komt, als voor de latere fases waarin de wortelknolletjes gevormd en functioneel zijn.

Deze gevoeligheid voor zoute condities zou problemen op kunnen leveren bij de implementatie van vlinderbloemigen als groenbemesters in de zoute landbouw. Dit geldt in het bijzonder omdat er in de literatuur vaak beweerd wordt dat het stikstoffixatieproces gevoeliger is dan de groei van de plant.

Deze gevoeligheid voor zoute condities **blijkt echter niet** uit de resultaten van veldonderzoek op Texel. Na verschillende soorten vlinderbloemigen op de proefvelden van Texel getest te hebben blijken er twee soorten in het bijzonder geschikt om als groenbemester in de zoute landbouw te worden opgenomen, namelijk honingklaver (*Melilotus officinalis*) en luzerne (*Medicago sativa*). De stikstoffixatie wordt nauwelijks beïnvloed bij zoutgehaltes tussen de 8 en 12 dS/m ~ 80-120 mM NaCl ~ 15-25 % zeewater en ook de groei bij die zoutgehaltes is zodanig dat het loont om ze als groenbemesters te gebruiken. Stikstoffixatie is bij deze soorten onder de omstandigheden van de experimenten minder gevoelig voor zout dan groei.

3.4.1.1 Hoe vind je de beste klaver?

Bij de selectie van een klaversoort als groenbemester kunnen verschillende factoren meewegen. In ons geval is het natuurlijk van belang dat de soort over een het liefst zo hoog mogelijke zouttolerantie beschikt. Wanneer we uitgaan van natuurontwikkeling onder zilte omstandigheden kunnen we ook laten meewegen welke soorten van nature in het gebied voorkomen, in ons geval dus soorten die op Texel voorkomen. Andere factoren die mee kunnen spelen zijn bijvoorbeeld de bestemming van de biomassa; dient het alleen als organische stof ter verbetering van de bodem en worden de planten aan het eind van het seizoen door de grond geploegd of wordt de bovengrondse biomassa gemaaid en bijvoorbeeld geoogst als hooi? In dat laatste geval weegt de geschiktheid als voedsel voor vee vanzelfsprekend sterk mee.

Op basis van de hierboven genoemde verschillende typen afwegingen hebben we op het proefveld van Zilt Perspectief op Texel onderzocht welke klaversoorten geschikt zouden kunnen zijn om als groenbemester opgenomen te worden in de zilte landbouw. We hebben door de jaren heen verschillende soorten groenbemesters getest op hun zouttolerantie, waaronder bijvoorbeeld rolklaver (*Lotus corniculatus*), luzerne (*Medicago sativa*), honingklaver (*Melilotus officinalis*) en aardbeiklaver (*Trifolium fragiferum*). Al deze soorten komen ook in het wild op Texel voor en vormen als zodanig onderdeel van de natuurlijke vegetatie en het cultuurlandschap. Witte klaver (*Trifolium repens*) komt bij de Mokbaai vlak naast aardbeiklaver voor en is ook getest op het proefveld van Zilt Perspectief. Andere soorten die we getest hebben maar die niet op Texel voorkomen (voor zover ons bekend) zijn bijvoorbeeld Soja (*Glycine max*), Sesbania en gele lupine (*Lupinus luteus*). Deze soorten zijn dan ook meer getest omwille van hun bekendheid elders op de wereld als voedselgewas (Soja), siergewas (Lupine) en ook als groenbemesters (Sesbania, Lupine).

Ondanks dat aardbeiklaver -en ook wel witte klaver- redelijk laag bij de Mokbaai staan op een hoogte die af en toe overspoeld wordt met zeewater, viel hun zouttolerantie op het proefveld wat tegen. Het is mogelijk dat deze soorten een redelijke tolerantie hebben voor periodieke overstrooming met zout water, maar een beperkte tolerantie voor een constante, hoge zouttolerantie in de wortelzone. Een vergelijkbaar fenomeen doet zich voor bij de hierboven genoemde zeekool. Het kan ook zijn dat de grondsoort van het proefveld niet zo geschikt was voor aardbeiklaver omdat hij wel bekend staat als een redelijk zouttolerante klaver die geschikt is als groenbemester of als voeder in verzilte gebieden¹. De soort is ook geschikt om in een gras-klaver mengsel opgenomen te worden.

Rolklaver staat ook bij de Mokbaai, maar hoger op de duinen, dus blootgesteld aan een lagere overstroomingsfrequentie en de zouttolerantie was dan ook wat lager dan de genoemde klaversoorten. Deze soort is niet geschikt voor gebruik om plekken waar het zoutgehalte van het bodemvocht boven de 8 dS/m komt en bij deze zoutgehaltes zal de opbrengst al sterk verminderd zijn.



Afbeelding 1: Een honingklaver van het seizoen 2014. De planten waren in ingegraven worteldoek gezaaid waardoor er zo veel mogelijk wortels en de daaraan vastzittende wortelknolletjes konden worden geoogst.

Resultaten van de twee focus soorten

De gewassen die er wat betreft hun zouttolerantie uitspringen zijn luzerne en honingklaver (zie Afb. 1). Honingklaver komt veel op Texel voor en luzerne is misschien wel de meest bekende soort die gebruikt wordt als groenbemester. Daarnaast is de soort ook zeer geschikt als voedsel voor vee, zowel levend (kan goed begraaasd worden) als wanneer hij als hooi dient. Honingklaver bevat veel coumarine, de stof die het ook een zoete geur geeft, maar welke bij vee helaas tot negatieve effecten leidt wanneer de plant in grote hoeveelheden wordt gegeten.

Beide soorten groeiden nog bij een zoutgehalte van 16 dS/m, dat is ongeveer een derde van het zoutgehalte van zeewater, en honingklaver groeit zelfs nog bij 20 dS/m. De biomassa productie van beide soorten begint pas terug te lopen tussen de 8 en 12 dS/m.

De absolute opbrengst van honingklaver is daarnaast ook erg hoog, wat goed is voor absolute bijdrage als groenbemester maar wat de soort minder geschikt maakt voor een gras-klavermengsel. Luzerne zou hier meer voor in aanmerking komen aangezien die kleiner blijft. Beide soorten hebben ook een hoog stikstof gehalte in de plant, ongeveer 4% op basis van het drooggewicht. Daarnaast is het zo dat deze stikstof, in ieder geval tegen het einde van het seizoen, bijna volledig afkomstig is van de symbiotische fixatie.

Pas bij de hoogste zoutgehaltes (16 of 20 dS/m) komt het percentage stikstof afkomstig van fixatie van stikstof in de lucht onder de 50%. Dit betekent dat de soorten zeer geschikt zijn als groenbemester, aangezien bijna alle stikstof uit de plant een netto toevoeging is aan het systeem. Details over de resultaten van het onderzoek aan deze twee soorten op het proefveld kunnen gevonden worden in: *Growth and nitrogen fixation of legumes at increased salinity under field conditions; Implications for the use of Green Manures in Saline Environments*. Bruning et al, 2014, *Annals of Botany PLANTS*. Submitted.

Zie ook 2.2.



Afbeelding 2: De groei van honingklaver en luzerne bij de verschillende zoutconcentraties. Op de bovenste foto zijn de wortelknolletjes duidelijk zichtbaar tot aan de hoogste zoutconcentratie. Een marker links van de planten laat het verschil in grootte tussen de twee soorten zien.

3.4.2 Proefschrift Salinity tolerance in legumes

Dit proefschrift van drs. Bas Bruning bevat de resultaten van vier jaar onderzoek naar zouttolerantie bij vlinderbloemigen. Dit onderzoek was onderdeel van het Waddenfonds project Zilt Perspectief. Promotie is gepland zomer 2015.

Titel: Salinity tolerance in legumes.

The response of symbiotic nitrogen fixation to salinity and the implications for saline agriculture

Samenvatting

De bevindingen die hierin gerapporteerd worden zijn het resultaat van zowel literatuur onderzoek, als experimenteel werk in kassen op de Vrije Universiteit en op het proefveld op Texel van stichting Zilt Perspectief. Tot slot gaat een van de hoofdstukken over een analyse van planteigenschappen die gecorreleerd zijn aan zouttolerantie, onderzoek voor dat hoofdstuk dat is gedaan met behulp van een grote database (meer dan 65.000 plantensoorten) met planteigenschappen.

Uit het literatuuronderzoek (Hoofdstuk 1) blijkt dat de functionele symbiose tussen vlinderbloemigen en de Rhizobia die de stikstoffixatie uitvoeren in de wortelknolletjes, gevoelig is voor zout.

Dit geldt zowel voor de fases waarin de symbiose tot stand komt, als voor de latere fases waarin de wortelknolletjes gevormd en functioneel zijn.

Deze gevoeligheid voor zoute condities zou problemen op kunnen leveren bij de implementatie van vlinderbloemigen als groenbemesters in de zoute landbouw. Dit geldt in het bijzonder omdat er in de literatuur vaak beweerd wordt dat het stikstoffixatieproces gevoeliger is dan de groei van de plant.

Deze gevoeligheid voor zoute condities blijkt echter niet uit de resultaten van mijn eigen veldonderzoek (Hoofdstuk 2). Na verschillende soorten vlinderbloemigen op de proefvelden van Texel getest te hebben blijken er twee soorten in het bijzonder geschikt om als groenbemester in de zoute landbouw te worden opgenomen, namelijk honingklaver (*Melilotus officinalis*) en luzerne (*Medicago sativa*). De stikstoffixatie wordt nauwelijks beïnvloed bij zoutgehaltes tussen de 8 en 12 dS/m ~ 80-120 mM NaCl ~ 15- 25 % zeewater en ook de groei bij die zoutgehaltes is zodanig dat het loont om ze als groenbemesters te gebruiken. Stikstoffixatie is bij deze soorten onder de omstandigheden van de experimenten minder gevoelig voor zout dan groei.

Hoofdstuk drie betreft een analyse van planten eigenschappen die relatief veel of juist relatief weinig voorkomen bij zouttolerante plantensoorten die tot de groep van de Angiospermen behoren. Zouttolerante soorten hebben relatief kleine en dikke bladeren (een lage Specific Leaf Area, SLA), een hoger stikstofgehalte in hun blad en óf kleine óf juist grote zaden. Daarnaast hebben zouttolerante soorten kleinere genomen, dat wil zeggen, minder DNA in hun celkernen. De implicaties hiervan zijn nog grotendeels onbekend maar gezien de ontwikkelingen in dit vakgebied zal er naar verwachting spoedig meer bekend zijn over deze interessante correlatie.

Het laatste hoofdstuk tenslotte probeert een antwoord te vinden op de vraag waarom er in de literatuur algemeen aangenomen wordt (en veel bewijs voor wordt aangevoerd) dat het stikstoffixatie proces gevoeliger is voor zout dan de algemene groei van de plant. Zoals hierboven beschreven heb ik deze resultaten nooit gevonden tijdens mijn veldproeven. Dit hoofdstuk bestaat uit een combinatie van experimenten door de jaren heen uitgevoerd in de hortus van de Vrije Universiteit.

Alhoewel het bewijs nog niet geheel doorslaggevend is, lijkt deze tegenstelling voort te komen uit de methodologie van traditioneel onderzoek naar de symbiose tussen vlinderbloemige en hun symbionten. Meestal wordt in dit onderzoek gewerkt met steriel opgegroeide planten waar de onderzoeker één type Rhizobia aan toevoegt; dit vermindert de variatie in de resultaten en stelt de onderzoeker bovendien in staat om het effect van verschillende Rhizobia soorten en -stammen te onderzoeken. Echter, deze onnatuurlijke situatie (in het wild staan vlinderbloemigen aan vele soorten en stammen Rhizobia bloot) is waarschijnlijk de oorzaak van het verschil in bevindingen tussen veldonderzoek en laboratoriumonderzoek.

Het proefschrift zal (ook) worden gepubliceerd op www.ziltperspectief.nl

3.5 Teelthandleidingen

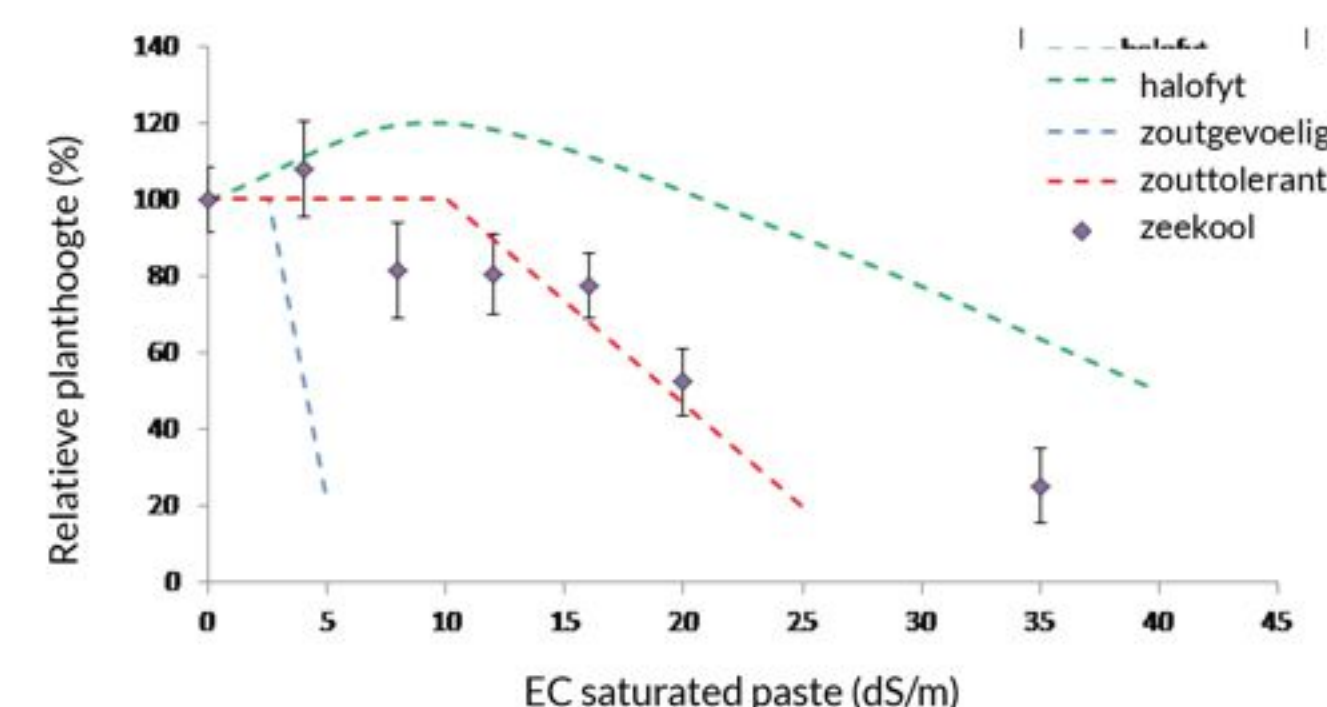
3.5.1 Zeekool (*Crambe maritima*)

Geschikte bodemsoorten: zeekool kan worden verbouwd in zandgrond en zavelgronden. Zwaardere kleigronden zijn minder geschikt, zeker niet in combinatie met natte omstandigheden. Te natte condities leiden tot behoorlijke plantuitval. Het gewas heeft snel last van slechte ontwatering of een te compacte bodemstructuur. Bij het verbouwen is een goed zaaibed met een losse structuur noodzakelijk. Op zavelgronden is ruggenteelt nodig om te natte condities te vermijden (afb. 1).

Zouttolerantie: zeekool is geen echte 'halofyt', maar een zouttolerante plant hij groeit goed onder zoete tot matig zoute omstandigheden (tot een EC van 15 dS was de gewasschade beperkt, afb. 2), waarbij veel andere gewassen niet meer functioneren. Toch treed er bij nog zoutere condities opbrengstderving in het gewas op.



Afbeelding 2 Zeekool op zavelgrond kan het beste op ruggen worden geteeld.



Afbeelding 3: Zouttolerantie van zeekool gemeten in 2013.

Bemesting: onder zoete condities is zeekool behoorlijk mestbehoefstig, op een perceel met een normale uitgangssituatie 100 kg N/ha. Onder licht zoute condities volstaat een wat lagere mestgift van 70 kg N/ha.



Afbeelding 4: Het planten van zeekool op ruggen

Uitgangsmateriaal: wortelstokken, 1,5-2 cm dikte, 10 cm lengte. Plant in bedden (zandgrond) in driehoeksverband, 60 cm plantafstand (3,4 planten per meter bed). In ruggen (zavel) 55 cm plantafstand, 0,75 cm tussen de ruggen.

Planten: planten vanaf begin april tot eind april, met de bovenzijde van de wortelstokken op gelijke hoogte of iets boven het bodemoppervlak, met een plantmachine met lepels (b.v. Super Prefer 2 rijer, afb. 3)

Ziekten en plagen: langzame begingroei (onkruidbestrijding door aanaarden of door zoute sproei), voetziekte bij natte koude condities (Rhizoctonia), koolvlieg (afb. 4), vraat door rupsen van het koolwitje

Oogsten: rooien kan met een aardappelrooier (afb. 5), in oktober maar tenminste voor 15 november. Opbrengst: 4 ton/ha hoofdwortels, en 2,5 tot 3 ton/ha grove zijwortels. De hoofdwortel kan vervolgens worden opgezet, en de schone zijwortels op maat gesneden en ingekuuld als plantmateriaal voor een volgend seizoen



Afbeelding 5: Aantasting door koolvlieg

Opzetten en snijden: de hoofdwortel in een bedje van compost in trays in het donker opzetten, kamertemperatuur (20°C), onderlinge afstand 5 cm. Snijden van witte scheuten in december – februari. Zeekoolteelt en -trek is intensief en heeft een hoge kostprijs omdat het nog erg arbeidsintensief is. Een indicatie van recente marktprijzen (2014) van de producten van zeekool: 20 euro/kg voor grove stengels, 6 euro/100 g voor de kleinere zeekoolspruiten.



Afbeelding 6: Rooien van zeekool met een aardappelrooier



Afbeelding 7: Het snijden van zeekoolspruiten. Daarnaast het eindproduct.

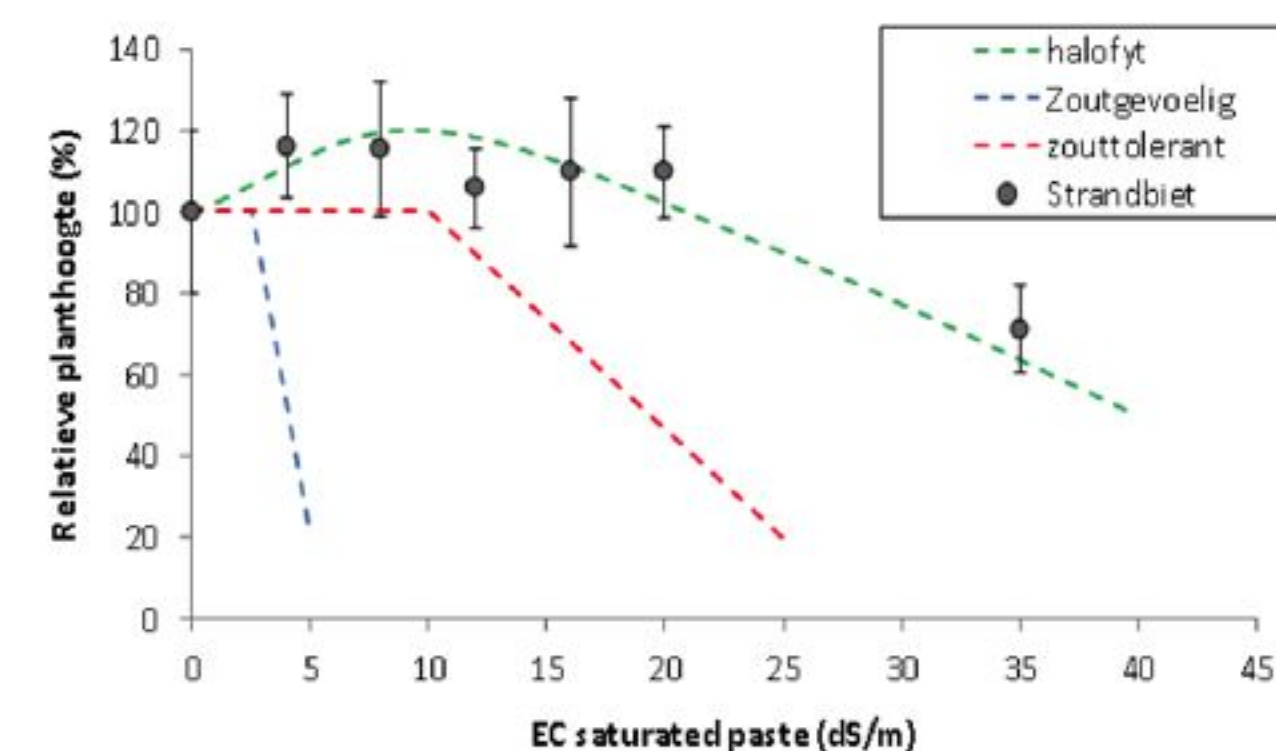


3.5.2 Strandbiet (Beta vulgaris subsp. Maritima)

Wat is strandbiet Strandbiet is de wilde voorouder van onze gecultiveerde bieten. Uit deze plantensoort zijn de bieten ooit veredeld, maar de plant maakt geen knol. De plant komt langs de kusten van West Europa voor, van de zuidkust van Noorwegen en Zweden tot aan de noord Afrikaanse kusten en de kust van de Canarische eilanden. Zijn habitat loopt uiteen van de drogere delen van kwelders tot zeedijken, aan de voet van duinen, en zelfs op kiezelstranden en haventerreinen. De plant kan gemaaid en geoogst worden als bladgroente (b.v. als 'eeuwige' spinazie of snijbiet).

Zouttolerantie Strandbiet is een echte halofyt (Afbeelding 8). Hij groeit goed onder (extreem) zoute condities, waarbij de meeste andere plantensoorten het begeven (Afbeelding 9). Bij niet-halofyten is de opbrengst maximaal onder zoete condities, en neemt deze af onder zouter wordende condities. Bij strandbiet neemt de opbrengst eerst toe met toenemend zoutgehalte, en neemt pas weer af bij zoutgehalten boven de 25 dS/m. Door zijn hoge zouttolerantie biedt strandbiet veel mogelijkheden: het gewas kan groeien onder (bijna) zeezoute condities, en hiermee gronden die niet meer productief zijn in productie helpen brengen. Bovendien is bij dit gewas irrigatie met zout water mogelijk, wat een extra duurzaamheidsstap kan opleveren!

Afb. 2. Strandbiet die als enige groeit bij een EC van 35 dS/m



Afbeelding 8: Zouttolerantie van strandbiet gemeten (2013)

Bemesting

Strandbiet heeft aan een matige bemesting genoeg, b.v. 20 ton/ha groen-compost voor algemene bodemverzorging, en 70 kg N/ha in korrelvorm.

Uitgangsmateriaal

Zaad (ong. 50 zaden/g), zaaien in rijtjes (30 cm afstand) op bedden, zaaidichtheid 13,5 g per m bed, oftewel 90 kg/ha, vanaf begin april (hoge zaaidichtheid want zaad is tot op heden vrij heterogeen in opkomst).

Ziekten en plagen

Omdat strandbiet gemaaid wordt is het voorkomen van de aanwezigheid van onkruiden hoofdzak. Een zoutere bodem helpt hierbij: bij de hogere EC's doet een groot deel van de onkruiden het niet meer. Zaaian in rijtjes zorgt ervoor dat in een vroeg stadium schoffelen mogelijk is. In enkele overjarige planten is in een koud nat voorjaar valse meeldauw (Peronospora sp.) aangetoond. Verder is strandbiet een robuuste plant die (vooralsnog) weinig last heeft van ziekten en plagen.



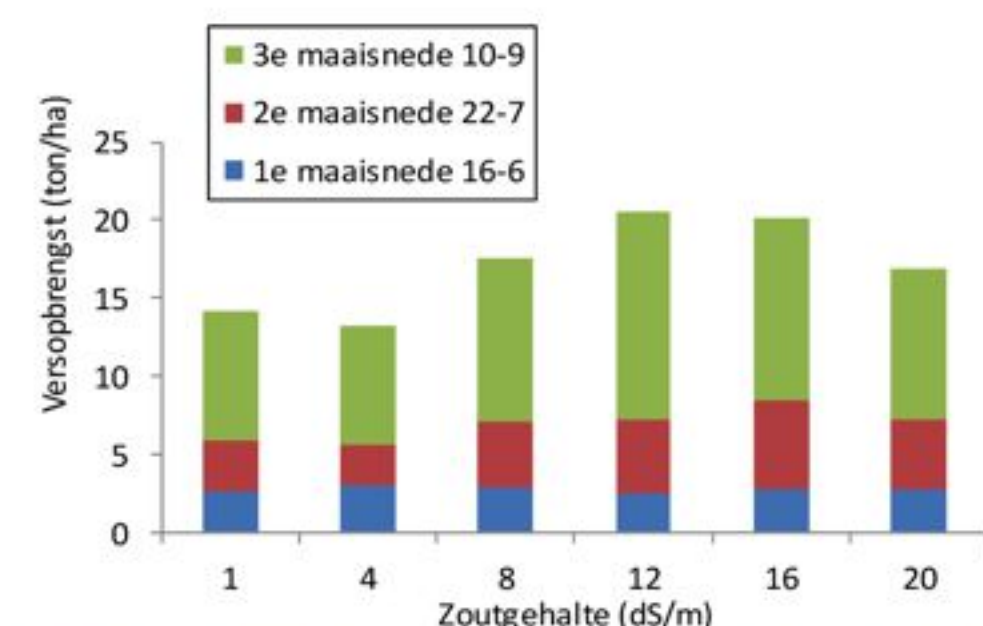
Afbeelding 9: Strandbiet die als enige groeit bij een EC van 35 dS/m

Oogsten

Het gewas is tenminste driemaal per jaar te snijden (met de hand) of machinaal te maaien zoals bijvoorbeeld spinazie (Afbeelding 11).

Opbrengsten variëren 3- 5 ton/ha bij het maaien van klein blad (1 maand oud), tot 8-14 ton/ha bij het maaien van wat grover blad

(Afbeelding 12). Het jonge blad kan als 'snijbiet' verkocht worden. Daarbij heeft het zoutgehalte van het irrigatiewater of de grond invloed op de smaak van het blad, die zouter wordt (zoals bv. zeekraal).



Afbeelding 12: Opbrengst van strandbiet maaisneden in (2014)



Afbeelding 10: Aantasting van overjarige plant met valse meeldauw



Afbeelding 11: De oogst van strandbiet in de proeven, gebeurt met een maaier zoals bijvoorbeeld spinazie.

Hoofdstuk 4

Inhoud

4. Ooit een zilte aardbei geproefd?	
Educatiecentrum en zilte proeftuin.....	48
4.1 Beleving voorop.....	48
4.2 De pers werkt anders, niet langs projectlijnen.....	49
4.3 De communicatieve resultaten	49
4.3.1 De vakbladen en het proefschrift (OPI 6)	49
4.3.2 Themadagen/groepsbijeenkomsten (OPI 7)	51
4.3.3 Publicaties in de (regionale) pers (OPI 8)	53
4.4 Klimaateducatiecentrum De Boet en Zilte Proeftuin (OPI 9).....	54
4.5 Beeld- en voorlichtingsmateriaal voor het educatiecentrum (OPI 10).....	55
4.5.1 Selectie van bezoekers en excursies	55
4.5.2 Mousseline zilte Texelse aardappeltjes met venkel	58

4. Ooit een zilte aardbei geproefd?

Educatiecentrum en Zilte Proeftuin.

Vooraf

Hoofdstuk 4 gaat in op de communicatie en educatie rond dit project (OPI 6, 7, 8, 9 en 10). Dit was een essentiële doelstelling. Belangrijk motief bij de toekenning destijds was immers dat het ontwikkelen van kansrijke zilte teelten een ingang zou kunnen bieden voor een kanteling in het denken over verzilting. Een kanteling, van een bedreiging op alle locaties, naar een kans voor nieuwe economische activiteiten in de Waddenregio. Handicap hierbij was wel, dat onder de toenmalige regelgeving voor het Waddenfonds het actief verkennen van het economische perspectief van zilte teelten, binnen het project Zilt Perspectief, het risico kon meebrengen dat het subsidiepercentage van 90% drastisch zou worden verlaagd. Met andere woorden: marktgerichte activiteit door verkoop van productie vanuit het project, was niet toegestaan.

4.1 Beleving voorop

Daarom is bij de communicatiestrategie accent gelegd op het gratis uitdelen van producten, het bieden van smaakervaring, en het laten zien van diverse toepassingen. Zo werden bij alle excursies en publieksgelegenheden kleine monsters uitgedeeld van mosterd met zeekool, zeevenkelmayonaise, cosmeticaproducten met zilte planten erin verwerkt, in de slotfase zelfs zilte bonbons.

15.000 bezoekers in een weekend

Bij de oogst van de zeekoolspuiten werden bakjes met zeekool uitgedeeld met daarbij het verhaal van het project: zoeken naar zilte kansen. Bijzonder moment was wel toen het jaarlijkse Texelse smaakfestival, Texel Culinaire, besloot om in 2014 de elfde editie van Texel Culinaire in het teken te plaatsen van zilte groenten en zeewier.

Zilte groenten en zeewier hoofdrolspelers op Texel Culinaire 2014

TEXELS GEKWEKTE ZEEGROENTEN BASISINGREDIËNT VOOR 'HET KWEKERTJE'



De elfde editie van Texel Culinaire staat in het teken van zilte groenten en zeewier. Naast 'het Kwekertje' krijgen de deelnemende restaurants ook de culinaire uitdaging om een gerecht te creëren dat past bij het nieuwste bier van de

[Lees verder »](#)

Afbeelding 1 De ruim 15.000 bezoekers hebben – samen met 29 deelnemende restaurants – zorggedragen voor een kleurrijk en smaakvol festijn. Er stonden tal van gerechtes op het menu; van traditioneel lamsoor tot vissoep met zeekraal, van new style fish & chips met mayonaise met zeealgen tot zilte pieper met zee peterselie.

Om ideeën op te doen en te testen ontvingen de restaurants een proefpakket met onder meer zeewier, zeesla, zeespaghetti, zeeboontjes, zeekool, zeekraal, ijzerkruid en oesterblad. De elfde editie van Texel Culinaire biedt een ongekennde variatie aan gerechten met zeevroenten. De uitdaging voor de restaurants, om met zilte groente of zeewier een gerechtje ter waarde van 1 kôgertje te maken, zorgde voor nieuwe creativiteit van de chef koks; waarvan er veertien een gezonde strijd zijn aangegaan voor het beste 'kwekertje' - een gerechtje van €2 waarin zilte groente of zeewier is verwerkt. Het festival ontving 15.000 bezoekers.

4.2 De pers werkt anders, niet langs projectlijnen

Aandachtspunt bij de beoordeling van de publicitaire resultaten van een project als Zilt Perspectief, is het volgende. Reken je af op naamsvermelding van project en opdrachtgevers? Of reken je af op de inhoudelijke communicatie, het verspreiden van 'de boodschap'?

Het is inmiddels wel duidelijk dat de pers niet is geïnteresseerd in de projectstructuur of de geldschietters, maar vooral in de inhoud, de tastbare resultaten. We hebben tientallen publicaties gegenereerd, die vooral gingen over concrete gewassen. Zilt Perspectief werd door ons altijd vermeld bij alle perscontacten over andere zilte projecten, en omgekeerd. Ook het onderscheid tussen de diverse projecten is voor de pers niet interessant. Het gaat om de 'zilte boodschap' en die is veelvuldig over het voetlicht gebracht. De combinatie van nieuwe zilte gewassen, de zilte proeftuin, de professionele testlocatie Tested on Texel en de in dit project vastgestelde, veel breder gespreide, zouttolerantie bij bestaande gewassen dan ooit voor mogelijk werd gehouden, gecombineerd met een soms provocerende publicitaire strategie op Texel hebben al met al tot mondiale aandacht geleid voor kansen bij verzilting. Zonder het Waddenfondsproject Zilt Perspectief als allereerste gangmaker en het daardoor gefaciliteerde klimaateducatiecentrum in De Boet, was het mogelijk heel anders gelopen.

4.3 De communicatieve resultaten

Achtereenvolgens komen aan bod de vakbladen en het proefschrift (OPI 6), en de reacties in de regionale pers (OPI 7). Daarna de themadagen en groepsbijeenkomsten (OPI 8), het Klimaateducatiecentrum De Boet en de Zilt Proeftuin (OPI 9) en het beeld- en voorlichtingsmateriaal (OPI 10). Het hoofdstuk sluit af met een selectie van bezoekers, bijeenkomsten en excursies die in deze 4 jaar kennis hebben gemaakt met het Zilte Perspectief.

4.3.1 De vakbladen en het proefschrift (OPI 6)



The screenshot shows the homepage of Nieuwe Oogst.nu, a website for agricultural news. The main headline is 'Kabinet zet in op klimaatbestendige landbouw' (Government focuses on climate-resilient agriculture), dated Monday, April 14, 2014, at 13:54. The article discusses the government's response to the latest IPCC report on climate change, focusing on the need for a new strategy for agriculture, including salt-tolerant crops, drought tolerance, and resistance to pests and diseases. A sidebar on the left lists various links like 'MOBIELE VERSIE', 'DE KRANT DIGITAAL', and 'AGENDA'. A weather forecast for Zeeland is also visible.

Gezien het onderzoekmatige karakter van het project verstaan we onder vakbladen de wetenschappelijk georiënteerde pers. We hoopten uiteraard ook aandacht te krijgen in de vakbladen voor de telers (zoals Boerderij, Nieuweoogst, Bionieuws) maar verwachtten daar op voorhand nog niet veel van gezien de stand van zaken bij de start, mogelijk wel aan het eind bij de presentatie van een teelthandleiding. Dat ging echter sneller, zie o.m. afb 2.

Vakbladen

Op de internationale conferentie in Rotterdam sept/okt 2010 werd de poster gepresenteerd: Perspective of saline agriculture for deltas in times of changing climate

Adaptation to dry and saline conditions in a warming world: crop cultivation exploiting brackish water and preserving fresh water.

Hierin waren bijdragen verwerkt van Jelte Rozema, Arjen de Vos, Diana Katschnig, Sjoerd van der Zee, Fethi Bouksila & Akissa Bahri, Marc van Rijsselberghe, Jeannette Hoek. Cursief gedrukte namen waren betrokken bij Zilt Perspectief.

Ecology and Farming Themanummer Salty farming in salty conditions; Research for salt resistant varieties.

Zilt Perspectief leverde belangrijke input voor de internationale workshop aan de VU op 18-19 april 2012. Titel van deze workshop was: Sustainable cultivation and exploitation of halophyte crops in a salinizing World. Het Waddenfondsprogramma Zilt Perspectief leverde belangrijke input voor de diverse presentaties van Dhr Bas Bruning (VU), Prof Rozema (VU), Mw D. Katschnig (VU) en Dr Arjen de Vos (o.m. Zilt Perspectief).

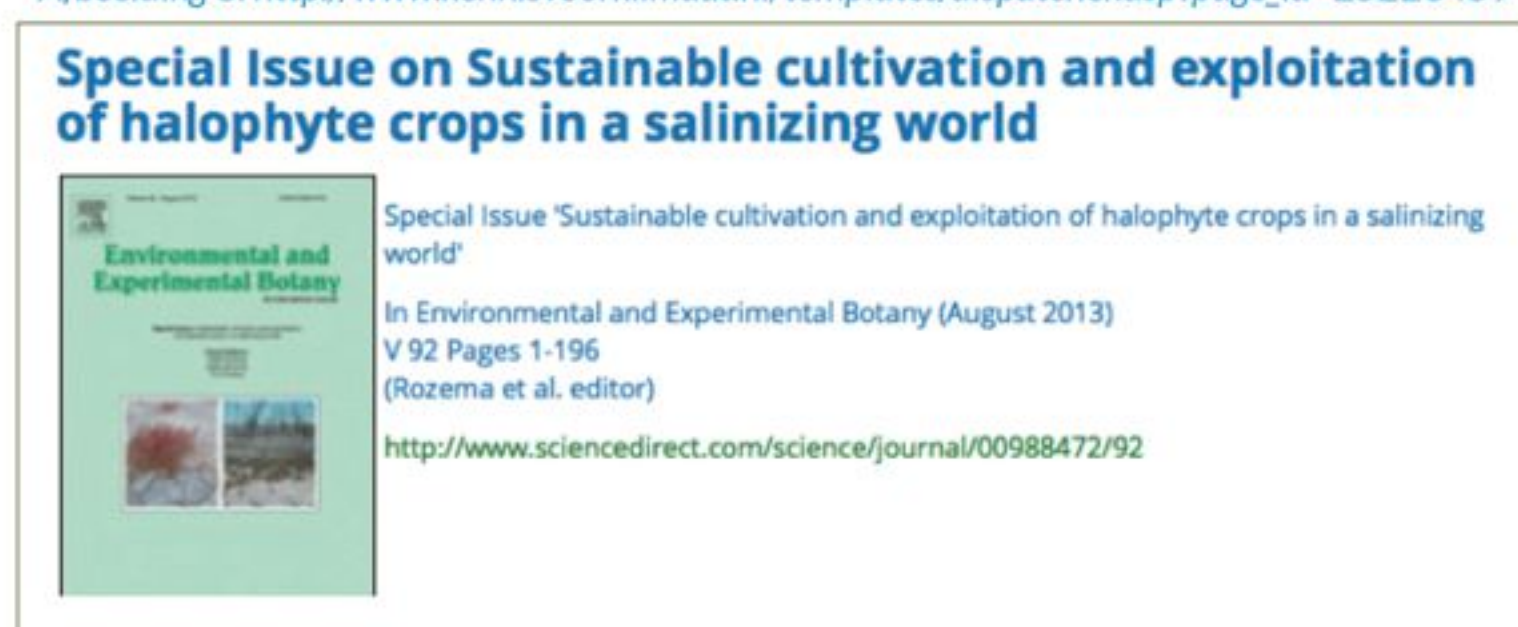
Deze workshop leverde een relevant internationaal netwerk op, waar in internationale samenwerking vervolgonderzoek uit voort kan komen. Gezien de intensieve betrokkenheid van medewerkers van Zilt Perspectief hierbij, is voorbereiding en deelname aan deze workshop beschouwd als onze inspanningen voor de Themadag 2011. (zie aldaar).

De bijdragen aan voornoemde workshop werden bewerkt tot artikelen voor een Special issue van het wetenschappelijk tijdschrift *Experimental and Environmental Botany* Volume 92, August 2013 pages 1-196, genaamd "Sustainable cultivation and exploitation of halophyte crops in a salinizing world" (Rozema, Flowers, Muscolo editors).

Hierin de bijdragen:

- Symbiotic nitrogen fixation in legumes: Perspectives for saline agriculture (Bruning, Rozema)
- Developing and testing new halophyte crops: A case study of salt tolerance of two species of the Brassicaceae, *Diplotaxis tenuifolia* and *Cochlearia officinalis*. (o.m. De Vos, Bruning, Rozema en Van Rijsselberghe)
- Salt tolerance of halophytes, research questions reviewed in the perspective of saline agriculture (Rozema, Schat)
- Salt tolerance in the halophyte *Salicornia dolichostachya* Moss: Growth, morphology and physiology (Katschnig, Broekman, Rozema)

Afbeelding 3: http://www.kennisvoorklimaat.nl/templates/dispatcher.asp?page_id=25223459



In mei 2012 vond de STOWA-Zoet-Zout tweedaagse 'weerstand bieden of meebewegen' (STOWA, Kennis voor Klimaat, RWS Waterdienst) plaats op Texel. Zie hierna Themadag 2012.

Dr. A. De Vos nam deel aan de EU-Cost conferentie "Putting Halophytes to work" Urbanising Delta's 4-6 sept 2013 in Hongarije. Hier werd samen met de University of Sussex een poster gemaakt.

In 2014 werkte dr. A. De Vos mee aan het Kennis voor Klimaatrapport KvK116/2014, getiteld 'Mogelijke effecten van actualisatie van zoutschadefuncties van grondgebonden, beregende landbouwgewassen' (zie ook conclusie 3 en zie H5 Bijlagen)

In 2014 publiceerde Bas Bruning (VU) het artikel "Growth and nitrogen fixation of legumes at increased salinity under field conditions; Implications for the use of Green Manures in Saline Environments", Bruning et al, 2014, Oxford Journals Annals of Botany PLANTS. (Submitted).

Proefschrift Bas Bruning

Titel Salinity tolerance in legumes:

The response of symbiotic nitrogen fixation to salinity and the implications for saline agriculture

Onderdeel van het project Zilt Perspectief was een promotieplaats aan de Vrije Universiteit te Amsterdam, afdeling Systeemecologie. Onder leiding van prof. Dr. J. Rozema deed drs. Bas Bruning, onderzoek. In de loop van de vier jaar is onder invloed van de praktijkvraag vanuit het project, die was gericht op concreet teeltperspectief en toepassing in de landbouwpraktijk, een verschuiving zichtbaar van voornamelijk aandacht voor individuele planten en hun reacties, naar iets grotere eenheden waarbij ook bezoekende agrariërs zich een beeld konden vormen van de potentie van de verschillende soorten in een gewasrotatiecyclus.

Ook ontdekte Bruning dat de manier waarop in het laboratorium onderzoek wordt gedaan naar processen in planten, zodanig afwijkt van de praktijksituatie op het veld, dat de conclusies uit beide typen onderzoek nogal afwijkend kunnen zijn.

Samenvatting

Dit proefschrift bevat de resultaten van vier jaar onderzoek naar zouttolerantie bij vlinderbloemigen. De bevindingen die hierin gerapporteerd worden zijn het resultaat van zowel literatuur onderzoek, als experimenteel werk in kassen op de Vrije Universiteit en op het proefveld op Texel van stichting Zilt Perspectief. Tot slot gaat een van de hoofdstukken over een analyse van planteigenschappen die gecorreleerd zijn aan zouttolerantie, en het onderzoek voor dat hoofdstuk is gedaan met behulp van een grote database (meer dan 65.000 plantensoorten) met planteigenschappen.

Verdediging van het proefschrift is gepland zomer 2015. Het proefschrift wordt o.m. gepubliceerd op www.ziltperspectief.nl

Zie uitgebreidere samenvatting proefschrift in Hoofdstuk 3.4

4.3.2 Themadagen/groepsbijeenkomsten (OPI 7)

Doelstelling was tenminste twee themadagen/groepsbijeenkomsten per jaar.

Doelstelling van de Themadag was uitwisselen over de inhoudelijke thema's met diverse doelgroepen: beleidsmedewerkers bij gemeenten, provincie, rijk, waterschappen; wetenschappers bij universiteiten en hogescholen, bestuurders van gemeenten, provincies, waterschappen en het rijk.

De beschikbare tijd hiervoor in de begroting was heel beperkt. We hebben daarom elk jaar afgewogen of we een eigen themadag zouden organiseren of konden aansluiten bij andere bijeenkomsten waar een belangrijk deel van onze doelgroep al was verzameld rond het thema verzilting. De beschikbare tijd en middelen werden dan ingezet voor een zo groot mogelijke inhoudelijke bijdrage aan die betreffende bijeenkomst.

Dat resulteert in het volgende lijstje themadagen:

2011-Putting halophytes to work.

De Themadag 2011 werd uiteindelijk gehouden in april 2012, de voorbereiding startte halverwege 2011. Deze Themadag stond in het licht van aansluiting bij het internationale netwerk "Putting halophytes to work", een EU-COST programma. Daarvoor werd een internationale workshop aan de VU georganiseerd op 18-19 april 2012. Titel van deze workshop was: Sustainable cultivation and exploitation of halophyte crops in a salinizing World, met belangrijke bijdragen van medewerkers van Zilt Perspectief.

2012- Zoet-zout tweedaagse "Weerstand bieden of meebewegen".

In mei 2012 vond de STOWA-Zoet-Zout tweedaagse 'weerstand bieden of meebewegen' (STOWA, Kennis voor Klimaat, RWS Waterdienst) plaats op Texel .De introductietekst luidde:

Op 31 mei en 1 juni 2012 vond op Texel een tweedaagse bijeenkomst plaats over zoet en zout water, georganiseerd door Kennis voor Klimaat, RWS Waterdienst en STOWA Belangrijkste vraag: hoe gaan we om met de toenemende verzilting van ons grond- en oppervlaktewater, mede als gevolg van de klimaatverandering? Wat betekent dat bijvoorbeeld voor onze toekomstige (zoet)watervraag en het wateraanbod? Is het een probleem, of biedt het ook kansen? Meer weten?



Afbeelding 4: http://deltaproof.stowa.nl/projecten/Projectdossier_Verzilting.aspx?pld=60

Hier werden voor zo'n 100 beleidsmakers en onderzoekers van universiteiten, hogescholen, waterschappen overal uit Nederland, presentaties verzorgd. De deelnemers brachten een uitvoerig bezoek aan het klimaateducatiecentrum, de zilte proeftuin en de testlocaties op Texel. Een uitvoerig verslag is vindbaar op http://deltaproof.stowa.nl/projecten/Projectdossier_Verzilting.aspx?pld=60

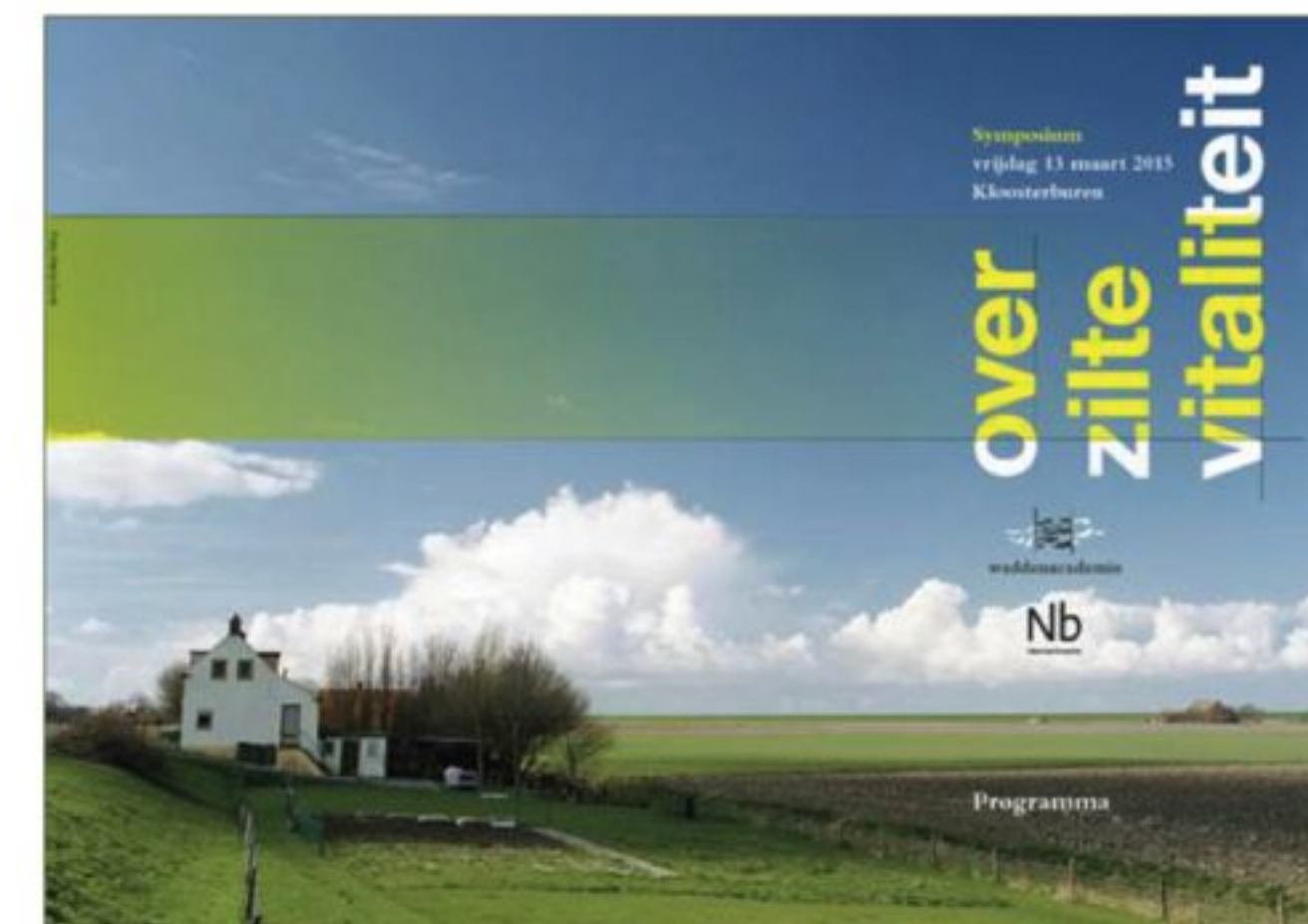
2013 Themadag marktkansen voor zilte gewassen

De Themadag 2013 kreeg als thema: Wat is er nog nodig om eventuele marktkansen voor zilte gewassen (in de Waddenregio) te benutten; wie zijn daarbij de spelers?

Behalve de medewerkers en meewerkende instituten aan Zilt Perspectief waren mensen genodigd uit de distributiesector, de veredeling, de zaadteelt en -handel, en enkele zilte telers uit Friesland/Groningen, Noord-Holland en Zeeland.

Conclusie: voor ontwikkeling nieuwe, succesrijke zilte teelten zijn de volgende samenhangende onderzoeksvragen blijvend relevant en voor elke teelt opnieuw uit te werken:

- Teeltschema's incl. bemestingsvragen, inclusief rotatieschema
- Kennis van inhoudsstoffen
- Ketenpartners betrekken en committeren
- Meerwaarde creëren door duurzame teeltwijze (minder kunstmest, minder bestrijdingsmiddelen)
- Jaarrond levering, stabiele productkwaliteit
- Coördinatie tussen de marktintroductie van de verschillende zilte producten
- Creëren van een soort Zilte Standaard met inschakeling sociale media



Themadag Over Zilte Vitaliteit

Afbeelding 5: Themadag 2014 Over Zilte Vitaliteit, gehouden 13 maart 2015 samen met Waddenacademie en Stichting Noorderbreedte.

De Themadag 2014 is gehouden op 13 maart 2015, in samenwerking met Wadden Academie en Stichting Noorderbreedte. Noorderbreedte is een onafhankelijk tijdschrift over landschap, natuur, milieu, duurzaamheid (cultuur)historie, ruimtelijke ordening, architectuur, stedenbouw, kunst en fotografie in Noord-Nederland. Noorderbreedte presenteerde een themanummer over zilte vitaliteit met daarin aandacht voor (o.m.) Zilt Perspectief. Dagvoorzitterschap Tracey Metz.

4.3.3 Publicaties in de (regionale) pers (OPI 8)

Dagblad van het Noorden 26 jan 2011
 Texelse Courant 4 febr 2011
 Friesch Dagblad 5 febr 2011
 Quest 07/2011 rubriek wetenschap (5 pag)
 Noord-Hollands Dagblad 27 juli 2011
 WaddenNieuwsbrief nr 48 1 dec 2011
 Trouw 6 jan 2012
 Misset Horeca 13 jan 2012
 Noord-Hollands Dagblad 18 jan 2012
 NRC 11&12 febr 2012
 Bionieuws 9 juni 2012
 Jaarverslag van de WaddenAcademie 2012
 Vrij Nederland 13 maart 2013
 Texel Dit Weekend 3 mei 2013
 Nederlands Dagblad 17 aug 2013
 Texel Dit Weekend over Texel Culinaire sept 2014
 Leeuwarder Courant 13 sept 2014
 Fin Dagblad 14 jan 2015



Interieur Klimaateducatiecentrum

4.4 Klimaateducatiecentrum De Boet en Zilte Proef-tuin (OPI 9)

De Boet werd ingericht als klimaateducatiecentrum. In De Boet staat een panelenpresentatie met informatie over verzilting, gewassen en kansen. Er werden diverse producten aangeboden, gratis, waarin zeekool en andere zilte planten zijn verwerkt, zoals een cosmeticalijn, mayonaise, mosterd, zelfs zilte bonbons. Er hangt een beamer waarmee foto's, filmpjes en wetenschappelijke presentaties kunnen worden getoond. Dat is ook veelvuldig benut.

Er is enorm veel publieke belangstelling voor gebleken. Buren, boeren, toeristen, ambtenaren en bestuurders van gemeente, provincie, waterschappen en rijk zijn in totaal in vele honderdtallen langs geweest. Wetenschappers van diverse Universiteiten uit binnen- en buitenland, onderzoekers van de STOWA, 2 staatssecretarissen van Landbouw, en met als hoogtepunt in 2014 het bezoek van ZKH Willem-Alexander aan de proefvelden bij De Petten. Aan het eind van dit hoofdstuk een wat drogere opsomming om de variatie aan bereikte doelgroepen te laten zien.



Zilte proeftuin

De Zilte Proeftuin is ingericht pal naast De Boet. Elk jaar opnieuw wordt een aangepast zaaischema ontworpen.

In de vier jaar is een diversiteit aan zouttolerante en zoutminnende planten ingezaaid, zoals Strandbiet, Hertshoornweegbree, Zeeaster, Zeekraal, Rode tuinmelde, Zeevenkel, Zeekool, Wilde rucola en Gele lupine. Het kunnen zien, aanraken, ruiken, proeven van deze onbekende gewassen blijkt een erg sterk communicatiemiddel voor bezoekende groepen te zijn. Zilt gaat leven over de tong.

Later zijn toegevoegd echt lepelblad, Engels lepelblad, boomlupine en rolklaver. Ook is Engels lepelblad geselecteerd in een kasexperiment en opnieuw uitgezaaid in de Zilte Proeftuin. Er zijn zaden aangeschaft van diverse soorten snijbiet, ijskruid, meldesoorten, hopklaver, monniksbaard, oesterblad, heemst, Japanse zeekraal.

Tevens is een kiemingsexperiment opgezet van vele tientallen potentieel interessante (voedsel)gewassen voor zilte hydroponics. Hydroponics is een techniek waarbij planten in bakken op water drijven waarbij de wortels in het water hangen. In de zoetwatertuinbouw levert dit opbrengstvermeerdering op tot 70%. Dit experiment met brak water bleek zeer verrassende

resultaten te geven. Veel meer gewassen doen het op zout water beter dan ooit voor mogelijk werd gehouden: diverse slasoorten, wortel, radijs, rode biet, tomaat, zelfs zonnebloem en aardbei. Spinazie daarentegen weer niet of nauwelijks terwijl dat werd beschouwd als een verhoudingsgewijs zoutongevoelig gewas. Dit zaai-experiment bleek ook een zeer impact-rijk educatief middel.



Drijvende teelt in brak oppervlaktewater (Zurich)

4.5 Beeld- en voorlichtingsmateriaal voor het educatiecentrum (OPI 10)

De website www.ziltperspectief.nl is in 2011 gestart en in 2014 geactualiseerd.

Er is een kleine folder over het project Zilt Perspectief gemaakt om uit te delen aan bezoekers.

In De Boet is een panelenpresentatie opgesteld met achtergrondinformatie over zouttolerantie, verzilting in Nederland, en de samenwerkende kennisinstituten. Er is een grote fotoverzameling aangelegd van alle project gerelateerde activiteiten.

In 2013 is een eerste videofilm van enkele minuten over zilt perspectief gemaakt en geplaatst op de website. Deze is in 2014 geactualiseerd en er is een Engelstalige versie van gemaakt.

4.5.1 Selectie van bezoekers en excursies

Er is op locatie op Texel steeds een grote belangstelling geweest voor rondleidingen, excursies, zowel van wetenschappers, als bestuurders, ambtenaren, medewerkers waterschap, agrariërs. Zilt Perspectief wordt daarbij continu gepresenteerd tezamen met andere zilte projecten.

Een selectie (...)

Ambtenaren/bestuurders gemeente Texel,

Ambtenaren Haarlemmermeer,

Agrariërs uit Dalfsen,

Beleidsmedewerkers Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier,

Medewerkers en onderzoekers STOWA,

Prof. Tim Flowers,

Boeren uit Wieringen,

50 horecamensen uit Noord-Holland,

Spaanse streekproduct-experts,

Cranberrykwekers uit de Waddenregio,

Lokale tuindersvereniging,

Waddenacademie staf en bestuur meerdere malen,

Beleidsambtenaren provincie Zeeland,

Filmploeg Wouter Klootwijk,

Topambtenaren van ministerie E,L&I.

LTO-Wieringen,

LTO-Texel,
Opnames voor Melk en Honing (EO),
Studieclub aardappeltelers Het Bildt,
Tuinclub De Waal,
Velddag Agrifirm,
Van Hall Larenstein,
Gedeputeerden dhr. Bond en Mw. Geldof van Noord-Holland,
Rotary Texel,
Een Belgische Rotary-club,
Excursie binnen de STOWA-zoet-zout tweedaagse,
Directie Kon. NIOZ,
Scholengemeenschap Lyceum aan Zee, Den Helder,
Agrico,
Praktijknetwerk Naar een duurzame agroketen zilte aardappel
Opleiding Green Engineering uit Bostel,
De redactie van Salt Magazine,
De directie van RABO-Noord-Holland-Noord,
Een delegatie uit Senegal,
Belangstellenden uit China,
Studieclub van aardappelkwekers uit Fryslân,
Staf Agrifirm.
Master studenten van de VU in het kader van veldwerk Systeemecologie
Programmadirectie 'topsector water en water internationaal' van het ministerie van Infrastructuur en Milieu
In 2013 en 2014 in de zomer publieksdagen voor burens en toerist
Dijkgraaf van Hoogheemraadschap Hollands Noorder Kwartier
Staatssecretaris Atsma
Staatssecretaris Dijkzma; zij noemde bij die gelegenheid de aanpak op Texel een heel mooi voorbeeld van klimaatslimme
landbouw.
Medewerkers van Deltares,
Waterschap Noorderzijlvest
Rijkswaterstaat,
VVV Texel,
Groothandels,
Europarlementariërs,
It Fryske Gea,
Wur,
Provincie Fryslân,
Waterschap Rijnland,
Greenport NH,
Journalistengroep van de VVV's uit Duitsland.
Delegatie van een grote Pakistaanse boerencoöperatie

Projectleider Zilt Perspectief werd uitgenodigd voor de Nieuwjaarsreceptie van (toen nog) Koningin Beatrix.
De Nieuwjaarsreceptie stond in het teken van ontwikkelingen in de landbouw en in dat kader waren de zilte experimenten op
Texel niet onopgemerkt gebleven. Expliciet dient te worden vermeld: op 15 april 2014 bracht ZKH Willem Alexander een bezoek
aan de testlocatie op Texel (zie foto).



Ontvangst ZKH Willem Alexander

Het Hoogheemraadschap Hollands Noorder Kwartier is in het kader van hun regionale deltavisie langs geweest om te praten
over effecten van verzilting. Zij noemen Texel als ideaal praktijklaboratorium waar strategieën kunnen worden uitgetoetst.
De projectleider Zilt Perspectief is op uitnodiging naar het HHNK in Heerhugowaard afgereisd om een interne
innovatiebijeenkomst toe te spreken over zilte kansen.

Er zijn op verzoek diverse presentaties elders in het land gehouden, bijvoorbeeld in Wageningen, een symposium van een
Rotaryclub uit Zeeland; de Bildtse Aardappeldagen. Najaar 2014 werden enkele directies van zaadfirma's rondgeleid.

Recent hoogtepunt was overigens een interview met The Guardian, dat ook werd gepubliceerd op de website van The Observer.
Deze publicatie leidde tot diverse interviews met internationale media, waaronder BBC, Reuter, Korea TV, Al Jazeera TV, radio
Nieuw-Zeeland. En contactverzoeken uit 28 landen van gerenommeerde onderzoeksinstituten wereldwijd die zich bezig houden
met (o.a.) verzilting en zouttolerantie. De Texelse resultaten staan in de TOP-3 Innovaties op het Global Forum for Innovations in
Agriculture, Abu Dhabi 2015 (zie H 5.5)

Kortom, Zilt Perspectief heeft de start gegeven aan een proces dat is begonnen met onderzoek naar zilte nichegewassen.
Vandaaruit is ook belangstelling gewekt van de zouttolerantie van hoofdgewassen (aardappel, biet, wortel, ui,
groenbemester) en is via andere zilte projecten in combinatie met Zilt Perspectief nu een wereldwijde spin-off aantoonbaar.
Met dank aan het Waddenfonds.

4.5.2 Mousseline zilte Texelse aardappeltjes met venkel

Als uitsmijter, tevens als voorbeeld van het effect van de gekozen communicatiestrategie van beleving van smaak, hier een actueel recept, gepresenteerd in Tijd voor MAX, met zilte producten van Texel.

Recept en bereidingswijze vindt u sinds 24 febr 2015 op <http://tijdvoormax.omroepmax.nl/culinair/artikel/nieuws/noorse-skreifilet-met-tomatencompote/>

Ingrediënten (voor 4 personen):

- 4 mooie verse stukken Noorse Skreifilet 4
- bloem om de vis in te deppen voor het bakken
- boter geclarificeerd of uitgebruist om in te bakken
- peper en zout naar smaak

Voor de garnering:

- 1 citroen, in partjes
- verse dille of zeekraal

Voor de tomatencompote:

- 500 gram rijpe tomaten, in blokjes gesneden
- 2 sjalotten, gesnipperd
- 1 knoflookteentje, gehakt
- 1 deciliter olijfolie
- 50 milliliter embersiroop
- peper en zout naar smaak

Voor de knapperige groentemix:

- 1 koolrabi
- 1 winterpeen
- 1 courgette
- 1 strok broccoli
- 200 gram cherrytomaatjes

Voor de mousseline van zilte Texelse aardappeltjes met venkel:

- 1,5 kilo zilte Texelse aardappelen
- 1,5 deciliter kookroom
- 50 gram roombote
- snufje nootmuskaat
- peper en zout naar smaak
- 2 stuks knolvenkel, in kleine blokjes gesneden

Bereiding:

Kook de geschildte zilte Texelse aardappelen gaar (zonder zout, ze hebben al smaak genoeg).

Blancheer tegelijkertijd de knolvenkel, beetgaar, in water met iets zout.

Beide afgieten en even droog laten stomen op een laag vuur.

Pureer de aardappelen kort met een stamper en haal de puree door de bolzeef.

Voeg room, roomboter en de smaakstoffen toe.

Snijd de verse groenten in hapklare stukken en blancheer ze beetgaar, koud afspoelen en uit laten lekken.

De cherrytomaatjes heel houden.

Van de compote:

Fruit de sjalot en knoflook kort aan in de olijfolie, voeg de tomatenblokjes toe en laat ongeveer 15 minuten zachtjes koken.

Breng de compote op smaak met een vleugje gembersiroop, peper en zout

Bak de Skreifilet in de boter krokant op de huid en mooi bruin op de vleeskant.

Laat op een zacht vuurtje rustig verder garen (baktijd hangt af van de dikte van de vis)

Breng de vis op smaak met versgemalen zwarte peper en zout.

Serveren:

Zet de puree en de compote warm.

De groente kort verhitten in een koekenpan met een beetje gembersiroop, klein klontje boter, peper en zout.

Als de vis bijna klaar is:

Maak 3 mooie lepelquenelles van de mousseline, leg ze bij elkaar op een groot warm bord.

In het midden van het bord de knapperige groentemix, daarop de Skreifilet, en om de groente heen een beetje tomatencompote.

Afgarnen met een partje citroen, verse dille of eventueel zeekraal.

Serveer een saucière tomatencompote, een bakje puree en eventueel een lekkere frisse salade naast dit mooie gerechtje.

De groente niet te lang in de pan en niet bruin laten worden.

(Bron: Jan van der Wal van Routiers Zurich)

Hoofdstuk 5

Inhoud

5. Bijlagen

5.1 Bevoeiingsstrategie en –techniek en wijze van zoutmetingen. Dr. A. De Vos.....	60
5.2 Literatuurstudie naar het effect van zoutstress op plantenstoffen en de potentiële toegevoegde waarde. Dr. J. van Arkel en Dr. I.M. van der Meer, Wageningen UR Plant Research International.....	64
5.3 Mogelijke effecten van actualisatie van zoutschadefuncties van grondgebonden, beregende land- bouwgewassen, Kennis voor Klimaat-rapport 116/ 2014, samenvatting + bijlage Zouttolerantie van gangbare landbouwgewassen in Nederland Een beschouwing op basis van literatuurstudie en ervaringen Zilt Proefbedrijf Texel , dr. A.C. de Vos.....	71

5.1 Bevloeiingsstrategie en -techniek en wijze van zoutmetingen. Dr. A. De Vos.

Wat is er gedaan?

Gedurende de laatste 2 jaar heeft Zilt Perspectief gebruik gemaakt van de testlocatie van Zilt Proefbedrijf en op deze locatie zijn de meeste en de meest betrouwbare data verzameld. Deze onderzoekslocatie is 1 hectare groot en is opgedeeld in 56 vakken van 160 m². Deze 56 vakken zijn willekeurig verdeeld in 7 zoutconcentraties, elke zoutconcentratie heeft dus 8 herhalingen. Met het systeem is het mogelijk om elke zoutconcentratie tussen zoet en de zoutconcentratie van waddenzeewater te realiseren. De zoutconcentratie en de hoeveelheid irrigatiewater wordt continue gemeten en gelogd. De 7 gebruikte zoutconcentraties zijn 1.7, 4, 8, 12, 16, 20 en 35 dS/m, bij benadering 600, 1300, 2600, 4000, 5300, 6600 en 12000 mg/l chloride), elke zoutconcentratie in 8 herhalingen. Voor de duidelijkheid, dit is de zoutconcentratie van het irrigatiewater. De basis voor het irrigeren met zout water is doorspoeling. Zonder doorspoeling kan zoutaccumulatie snel leiden tot zoutconcentraties waarbij zelfs de meest zouttolerante soorten schade ondervinden. Doorspoeling vindt plaats als de hoeveelheid irrigatiewater groter is dan de hoeveelheid evapotranspiratie en de veldcapaciteit van de bodem.



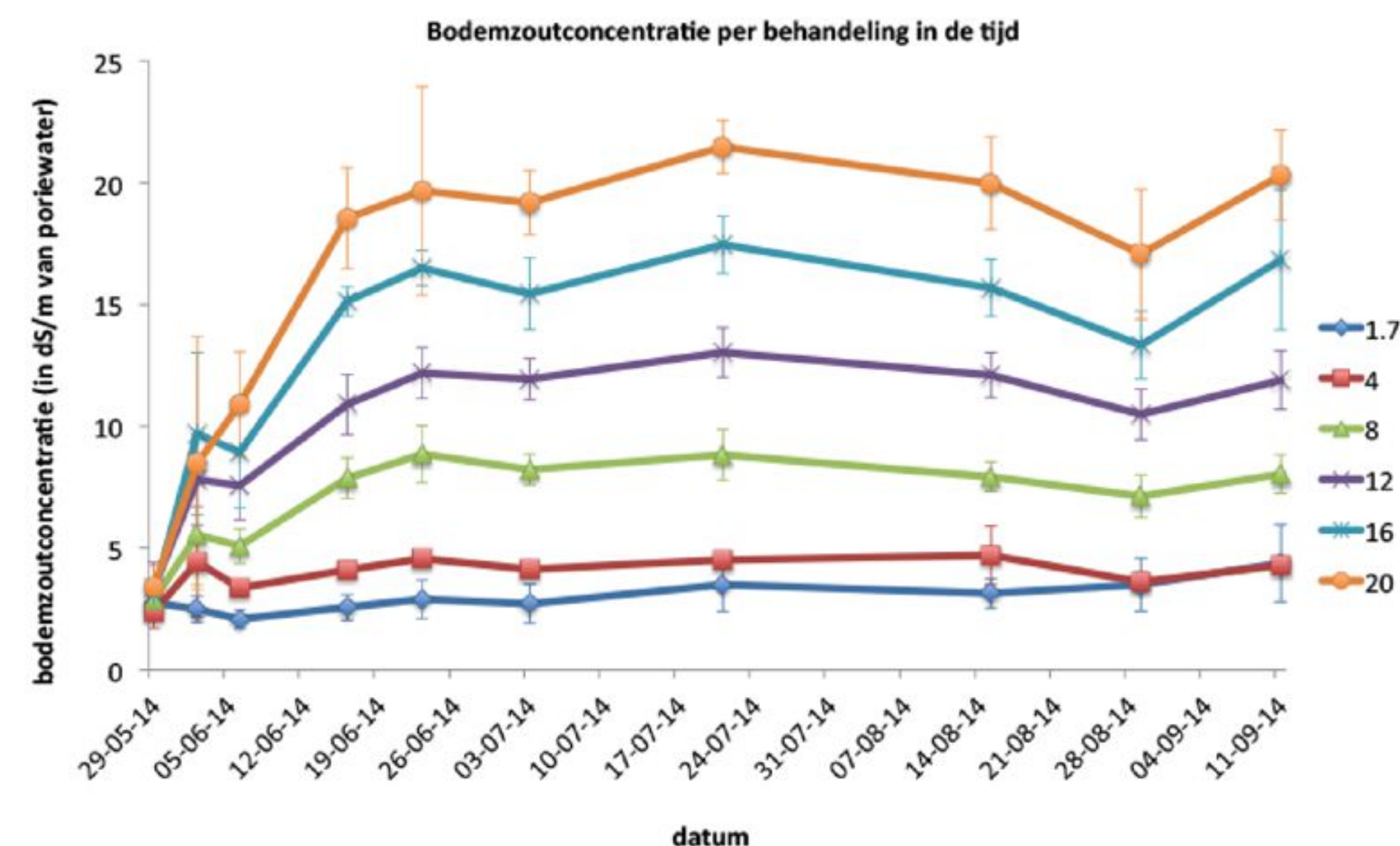
Op locatie is door een weerstation elke 5 minuten een uitgebreide reeks parameters vastgelegd. De belangrijkste parameters zijn neerslag en evapotranspiratie, deze zijn gebruikt om de water- en zoutbalans (samen met data van irrigatiewater) van de locatie uit te werken. Het zoutgehalte van het irrigatiewater wordt continue gemeten en bijgesteld (± 0.3 dS/m t.o.v. ingestelde waarde). Het zout- en vochtgehalte van de bodem is elke 10 minuten gemeten en gelogd d.m.v. sensoren die in elk vak waren geplaatst. Gedurende de proef is op minimaal 7 verschillende dagen het bodemvocht bemonsterd en doorgemeten (gemeten als geleidbaarheid (EC, in dS/m). Deze metingen zijn op 3 dieptes uitgevoerd, van 0 tot 10 cm-mv (minus maaiveld), van 20 tot 30 cm-mv (tot onderkant rug) en van 50 tot 60 cm-mv (voor bepalen zoutconcentratie drainage water; deze diepste meting geeft dus een maat voor eventuele uitspoeling). Gedurende de proef is op 3 verschillende dagen de bodem zelf bemonsterd. Dit is zowel volgens de 1:2 methode (v/v droge grond/water, waterfractie doorgemeten op geleidbaarheid (in dS/m)) als op basis van de 'saturated paste methode' uitgevoerd (conform USSS, 1954). Voor elk grondmonster zijn minstens 3 steken per monster verzameld waarbij de gehele rug is bemonsterd (± 30 cm, actieve wortelzone aardappel). Door de vochtige omstandigheden (overmaat irrigatie) zijn bij inspectie van het bodemprofiel geen wortels dieper dan 40 cm-mv (minus maaiveld) aangetroffen. Van de grondmonsters is ook het vochtpercentage bepaald.

Resultaten

In Afb. 1 is te zien dat de bodemzoutconcentratie van de wortelzone goed is te sturen met het irrigatiewater. De zoutconcentratie van de wortelzone is 1 op 1 vergelijkbaar met de zoutconcentratie van het irrigatiewater. Ook is het verloop van de zoutconcentratie binnen een behandeling minimaal. Bij het gekozen doorspoelregime is de hoeveelheid irrigatiewater en de buffer van de bodem in zo'n mate overheersend dat neerslag en verdamping een verwaarloosbare rol spelen voor de

bodemzoutconcentratie. Daarnaast is ook aangetoond dat het irrigatiewater ongeveer 2 weken in de bodem verblijft voordat het via de drains (op 60 cm diepte) weer afgevoerd wordt. Deze tijd is lang genoeg om met kleine (kunst)mestgiften er voor te zorgen dat alles voedingsstoffen worden opgenomen door de planten en niet uitspoelen.

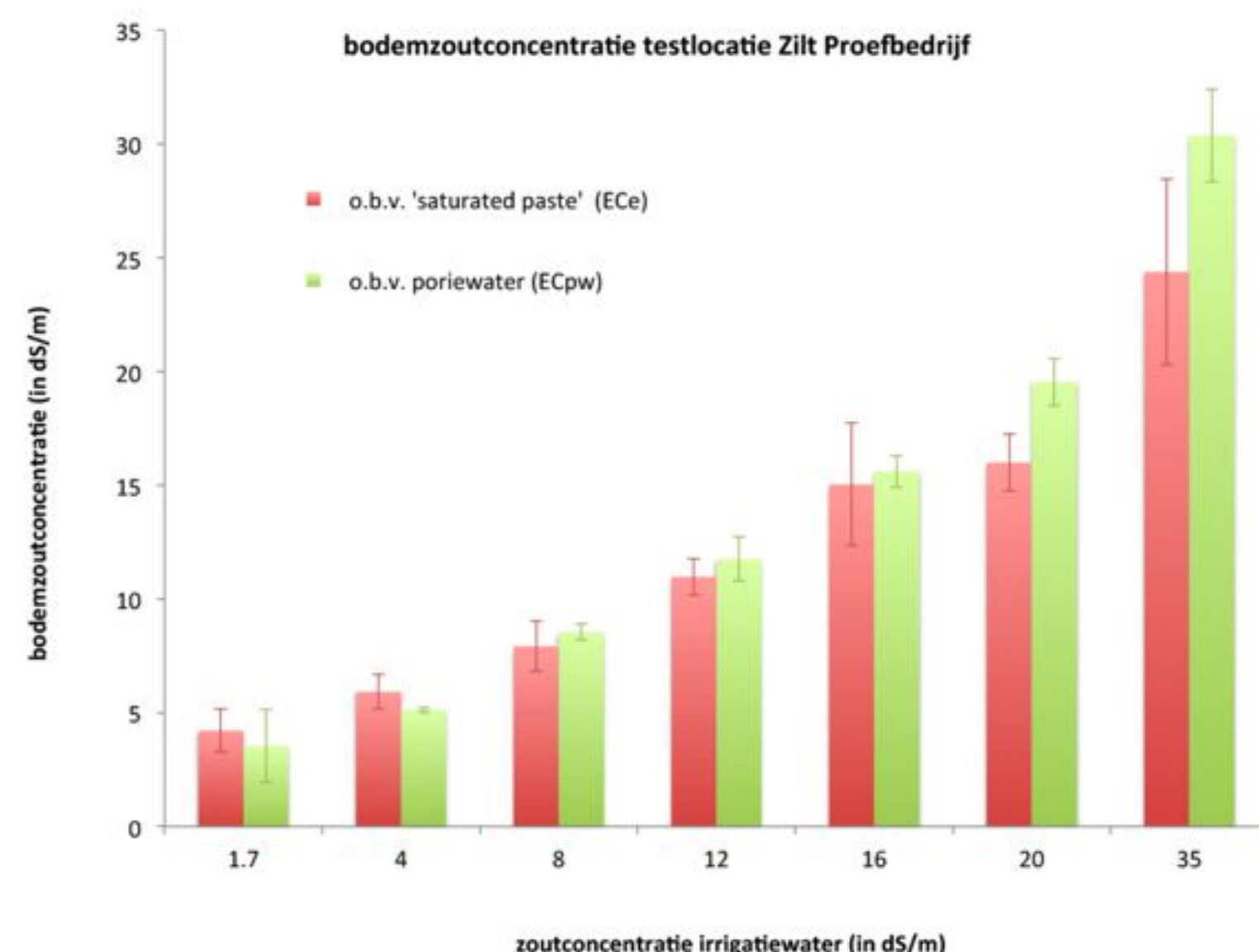
Indien zilt irrigatiewater wordt gebruikt moet er dus doorgespoeld worden en dienen de mestgiften in meerdere, kleine, porties toegediend te worden om uitspoeling te voorkomen. In Afbeelding 1 wordt geïllustreerd dat het zoute irrigatiewater voor het overgrote deel alleen een neerwaartse beweging laat zien en dus niet horizontaal verplaatst.



Afb. 1. Verloop van de bodemzoutconcentratie gedurende het seizoen in 2014, per behandeling. De bodemzoutconcentratie is gemeten als de geleidbaarheid van het poriewater (in dS/m, gemeten op 3 dieptes en gemiddeld per vak). Ook is te zien dat het ongeveer 2 weken duurt voordat het gehele bodemprofiel (0-60 cm) is verzadigd met de zoutconcentratie van het irrigatiewater.



Afbeelding 1: Grens tussen een vak met een lage zoutconcentratie (links) en een hoge zoutconcentratie (rechts) waarbij duidelijk wordt geïllustreerd dat het irrigatiewater hoofdzakelijk een neerwaartse beweging laat zien en nagenoeg geen horizontale verplaatsing.



Afbeelding 2: Gemiddelde bodempzoutconcentratie per behandeling over hele groeiseizoen (2013) en verschil tussen de zoutmetingen van poriewater (ECpw) en van de grondmonsters (gemeten volgens 'saturated paste methode').

In Afbeelding 2 is te zien dat de metingen volgens de methode van saturated paste (internationale standaard, ECe) en de metingen van het poriewater (wat de gewassen daadwerkelijk in de wortelzone ervaren) enigszins verschillen. De metingen van het poriewater komen 1 op 1 overeen met de zoutconcentraties van het irrigatiewater, terwijl de metingen van saturated paste theoretisch altijd een lagere waarde geven dan onder daadwerkelijke veldomstandigheden.

Dit laatste komt doordat bij het verkrijgen van de saturated paste er water aan een droog grondmonster wordt toegevoegd tot het punt waarbij het grondmonster compleet verzadigd is. Deze verzadiging is groter dan onder veldomstandigheden plaatsvindt en dus zorgt een saturated paste altijd voor een verdunning van de bodempzoutconcentratie ten opzichte van de veldomstandigheden. Echter, lijkt in afbeelding 2 de saturated paste methode bij de lagere zoutconcentratie juist voor een overschatting van de bodempzoutconcentratie te zorgen en bij de hogere zoutconcentratie juist voor een onderschatting. Voor dit onverwachte resultaat is nog geen verklaring gevonden.

Onkruidbeheersing

Hieronder valt een groot deel van het werk van het Louis Bolk Instituut ten aanzien van hun werk over de effecten van het vernevelen van zoutwater boven een gewas ("salt spray") op de (mate van) groei van onkruiden. Daarnaast heeft Stichting Zilt Perspectief een proef uitgevoerd met de kieming van Zeeaster onder verschillende zoutconcentraties en daarbij is ook de kieming van diverse onkruiden gescoord. Deze scoring was kwalitatief van aard en staat beschreven in Tabel 2.

Tabel 2. Kieming (uitgedrukt als aantal kiemplanten bij strekkende meter (zaai breedte 15 cm) van zeeaster onder zilte omstandigheden (4 behandelingen, van 0 tot 35 dS/m zoutconcentratie irrigatiewater), gemiddelde planthoogte en onkruidruk (n=4±sd).

behandeling (in dS/m)	kieming	planthoogte	onkruid
0	32±5	3±1	veel, divers
12	31±4	2±1	matig tot weinig
20	19±1	1±0	zeer weinig
35	10±3	1±0	geen

Per vak zijn 3 banen van 15 bij 150 cm ingezaaid, per baan van 15 bij 100 cm zijn het aantal kiemplanten geteld. Alleen het gemiddelde per vak (gemiddelde van de 3 banen) is gebruikt voor de verdere berekening (4 vakken per behandeling).



Afbeelding 2. Impressie van de kieming van Zeeaster bij een lage zoutconcentratie (links) en bij een hoge zoutconcentratie (rechts). Bij de lage zoutconcentratie is er ook veel kieming van onkruid, terwijl bij de hoge zoutconcentratie er alleen kieming van Zeeaster plaatsvindt (ongeveer 30% van de zaden van Zeeaster kiemen nog bij de hoogste zoutconcentratie (20 dS/m o.b.v. zoutconcentratie irrigatiewater).

Ondanks de hoge zoutconcentratie was er dus nog steeds sprake van kieming van Zeeaster terwijl er geen kieming van onkruid meer optrad. Dit was het geval bij de hoogst gebruikte zoutconcentratie (20 dS/m o.b.v. irrigatiewater). Het lijkt dus mogelijk om gebruik te maken van zoute condities rondom de kieming en zo de aanwezigheid van onkruiden te voorkomen. Hierbij moet wel vermeld worden dat de kieming van Zeeaster nog maar zo'n 30% was en er maar 1 keer een waarneming is gedaan en het dus mogelijk is dat in een later stadium er wel kieming van onkruiden plaatsvindt.

Diverse gewassen

Naast de testlocatie van het Zilt Proefbedrijf heeft Zilt Perspectief ook op kleine schaal pilotproeven gedaan met diverse andere gewassen. Deze zijn vooral getest op de Zilte Proeftuin naast de Boet. Naast een verkennende invalshoek ten aanzien van de geschiktheid van deze gewassen voor zilte teelt, is de proeftuin ook intensief gebruikt voor educatie en voorlichting.

Tabel 1. Overzicht van de overige gewassen die getest zijn voor hun potentie als zilte teelt binnen Zilt Perspectief.

Echt Lepelblad	Pastinaak	Soja
Engels Lepelblad	Postelein	Wilde rucola
Hertshoornweegbree	Radijs	Witlof
IJskruid	Reukloze kamille	Witte klaver
Komkommerkruid	Rode klaver	Zeeaster
Luzerne	Rolklaver	Zeekraal
Oesterblad	Selderij	Zeevenkel
Oostindische kers	Sla	

Literatuur:

- Acacia Water, Leven met Water, STOWA. 2009. Leven met zout water. Overzicht huidige kennis omtrent interne verzilting. ISBN 978.90.5773.455.7
- De Louw, P.G.B. 2013. Saline seepage in deltaic areas. Preferential groundwater discharge through boils and interactions between thin rainwater lenses and upward saline seepage. PhD thesis, VU Univesity Amsterdam, The Netherlands. ISBN/ EAN 9789461085429.
- Van Staveren G., Velstar J. 2012. Klimaatverandering, toenemende verzilting en landbouw in Noord Nederland. Projectnummer N20090333. Kennis programma Klimaat voor ruimte.
- Velstra J., Groen J., De Jong K. 2011. Observations of salinity patterns in shallow groundwater and drainage water from agricultural land in the nothern part of The Netherlands. Irrigation and drainage 60, 51-58.

5.2 Literatuurstudie naar het effect van zoutstress op plantenstoffen en de potentiële toegevoegde waarde.

Dr. J. van Arkel en Dr. I.M. van der Meer Wageningen UR Plant Research International

Bodemzoutconcentratie heeft een significant positief effect op de hoeveelheden natrium en chloor in Crambe. maritima blad. Voor Mg en K is daarentegen een significante afname gemeten. Ca en P leken respectievelijk toe en af te nemen onder zilte teelt, al waren deze veranderingen niet significant in de studie van Francois en Kleiman (Francois and Kleiman, 1990).

In humane voeding is de verandering van deze mineralen niet erg belangrijk, van groter belang zijn veranderingen in de samenstelling van de (meestal secundaire) planteninhoudsstoffen. In tabel 1 is een overzicht gegeven van metabolieten waarvan de samenstelling verandert in reactie op zout stress. De meeste stoffen werken in de cel als osmoregulator. De concentratie in de plant wordt verhoogd om de ionenbalans in de vacuole aan te passen aan de zilte omgeving, zodat het normale metabolisme in de plant niet beïnvloed wordt door de hogere ionkracht buiten de cellen. Voorbeelden van osmoregulatoren zijn proline en glycine betaïne.

Betaïne: Een stof die vooral in biet geaccumuleerd wordt bij het groeien onder hoge zoutconcentraties. Er is geen duidelijke informatie gevonden over mogelijke gezondheid bevorderende effecten; wel heeft het een negatief effect op de kristallisatie van de suikers bij de extractie van suiker uit suikerbiet, en hoge accumulatie van betaïne geeft een lagere suikeropbrengst bij suikerbiet (Hanson and Wyse, 1982).

Melanin: Een natuurlijk kleurstof met een hoge kleurwaarde (195 nm=60.24). Melanine heeft een grote potentie als een nieuw type natuurlijke kleurstof (Wang et al., 2006). Melanine wordt ook als voedingssupplement gebruikt om een mooie donkere huid te krijgen. Omdat het daarnaast ook een huideigen pigment is dat UV-schade voorkomt, zou het wel eens beschermend kunnen werken tegen huidkanker. Melanine komt voor in aardappel.

Falcarinol: Dit is een alifatische alcohol die voorkomt in Ginseng (Panax ginseng) en wortel/peen (Daucus carota). In sommige studies wordt het eten ervan in verband gebracht met het remmen van tumorgroei, zoals in de studies met ratten (Brandt et al.; Mayer et al., 2002). In een studie naar de allergeniciteit van Hedera werd deze stof echter aangewezen als veroorzaker van allergische reacties bij een zeer lage concentraties (Hausen et al., 1987).

Polyamines: Putrescine, spermidine en spermine vervullen een scala aan functies in het menselijk lichaam. Bijvoorbeeld in the synthese van eiwitten, RNA, DNA en de (her)groei van cellen. Slechts een deel wordt door het lichaam zelf gemaakt, en moet dus via voeding opgenomen worden. Een hoog gehalte polyamines in voeding heeft dus nutritionele waarde. Het mechanisme achter de opname van de polyamides door het menselijke darmstelsel is nog niet geheel duidelijk. Wel kan een deel van de ingenomen polyamides worden opgenomen door de darmen (Susan, 1995). Kukoamines werden in aardappel aangetoond met GCMS (Parr et al., 2005). Van enkele polyamines is bekend dat ze stress tolerantie in planten geven (Gill, 2010) en het effect van zoutstress op het gehalte polyamines in aardappel zou dus een verhoogde voedingswaarde kunnen geven.

Glucomannan: Een wateroplosbaar polysaccharide of voedingsvezel. Volgens de literatuur heeft het naast de stimulatie van de darmbacteriën en het induceren van een verzadigingsgevoel ook een concentratie-verlagend effect op cholesterol in obese patiënten (Keithley and Swanson, 2005; Wanders et al., 2011). Wanneer zoutstress het niveau glucomannan zou verhogen zou het meer verzadiging kunnen geven en cholesterolverlagend kunnen werken.

Vitamine B6: Een vitamine die van nature in hoge concentraties voorkomt in aardappel en een positieve effect heeft op celgroei, het cardiovasculaire systeem en het zenuwstelsel, en nodig is bij de afbraak van glycogeen in de spieren. Een tekort aan dit vitamine lijdt onder andere tot depressie.

Coumarine: Een stof met een bittere smaak en een zoete geur. Enige toepassingen zouden gevonden moeten worden in de geur- en smaakindustrie; als gezondheid bevorderende stof in voeding is niets beschreven. Het komt in veel planten voor, onder andere in aardappel.

Tabel 1: De respons van verschillende groepen inhoudsstoffen en hun functie in de processen van zouttolerantie (tabel overgenomen uit Parida en Das, 2005).

Product group	Specific compound	Suggested function(s)	References
Ions	Sodium, chloride	Osmotic adjustment	Blumwald et al. (2000); Hasegawa et al. (2000); Nilu et al. (1995)
		Potassium exclusion/Export	Koyro (2000)
			[Khan et al., 2000a] and [Khan et al., 2000b]
Proteins	Osmotin	Pathogenesis-related proteins	Singh et al. (1987); King et al. (1988)
	SOD/Catalase	Osmoprotection	Bohnert and Jensen (1996)
		Radical detoxification	Bohnert and Jensen (1996); Allen et al (1997); Hernandez et al. (2000)
Amino acids	Proline	Osmotic adjustment	Khatkar and Kuhad (2000); Singh et al. (2000); Lin et al. (2002)
	Ectoïne	Osmoprotection	Lippert and Galinski (1992)
Sugars	Glucose, fructose, sucrose	Osmotic adjustment	Kerepesi and Galiba (2000)
	Fructans	Osmoprotection, carbon storage	Bohnert and Jensen (1996); Pilon-Smits et al. (1995)
Polyols	Acyclic (e.g., manitol)	Carbon storage, osmotic adjustment	Popp et al. (1985); Bohnert et al. (1995)
	Cyclic (e.g., pinitol)	Osmoprotection, osmotic adjustment	Ford (1984); Bohnert et al. (1995)
		Retention of photochemical efficiency of PSII	Sun et al (1999)
		Radical scavenging	Smirnoff and Cumbes (1989); Orthen et al. (1994)
Polyamines	Spermine, spermidine	Ion balance, chromatin protection	Tiburico et al. (1993); SantaCruz et al. (1998)
Quaternary amines	Glycine betaine	Osmoprotection	Khan et al. (2000a); Wang and Nil (2000)
		Preservation of thylakoid and plasma membrane integrity	Rhodes and Hanson (1993)
	β-Alanine betaine,	Osmoprotection	Rhodes and Hanson (1993)
	Dimethyl-sulfonio propionate,	Osmoprotection	Hanson (1998); Trossat et al. (1998)
	Choline-o-sulfate	Osmoprotection	Nuccio et al. (1999)
Pigments	Trigonelline		Rajasekaran et al. (2001)
	Carotenoids, anthocyanins, betalaines	Protection against photoinhibition	Foyer et al. (1994); Adams et al. (1992a); Kennedy and De Fillippis (1999)

Conclusie

De conclusie uit de literatuurstudie is dat er veel bekend is over zout stress en de inhoudsstoffen die betrokken zijn bij de zoutresistentie. Veel minder goed bestudeerd is 1) de teelt van gewassen op verzilte grond en het effect daarvan op de inhoudsstoffen, en 2) de toegevoegde waarde van deze inhoudsstoffen op het product, de voedingswaarde, de gezondheidseffecten, etc. en 3) of er mogelijk inhoudsstoffen opgehoopt worden die een negatief effect hebben op de voedingswaarde. In dit onderzoek hebben we daar een eerste aanzet toe gemaakt, maar het is nog een kennislagune. Wanneer hier onderzoek op gezet wordt, zal dit de zilte teelt en het vermarkten van zilte teelt producten enorm kunnen ondersteunen en kunnen versnellen.

Referenties

- Barroso JG, Pedro LG, Figueiredo AC, Pais MSS, Scheffer JJC (1992) Seasonal Variation in the Composition of the Essential Oil of *Crithmum maritimum* L. Flavour and fragrance journal 7: 147-150
- Baser K, Özek T, Demirci B, Saritas Y (2000) Essential oil of *Crithmum maritimum* L. from Turkey. Journal of Essential Oil Research 12: 424-426
- Ben Hamed K, Ben Youssef N, Ranieri A, Zarrouk M, Abdely C (2005) Changes in content and fatty acid profiles of total lipids and sulfolipids in the halophyte *Crithmum maritimum* under salt stress. Journal of Plant Physiology 162: 599-602
- Ben Hamed K, Castagna A, Salem E, Ranieri A, Abdely C (2007) Sea fennel (*Crithmum maritimum* L.) under salinity conditions: a comparison of leaf and root antioxidant responses. 53: 185-194
- Bennett RN, Rosa EAS, Mellon FA, Kroon PA (2006) Ontogenic Profiling of Glucosinolates, Flavonoids, and Other Secondary Metabolites in *Eruca sativa* (Salad Rocket), *Diplotaxis eruroides* (Wall Rocket), *Diplotaxis tenuifolia* (Wild Rocket), and *Bunias orientalis* (Turkish Rocket). Journal of Agricultural and Food Chemistry 54: 4005-4015
- Bowne J, Bacic A, Tester M, Roessner U (2011) Abiotic stress and metabolomics. In RD Hall, ed, Biology of plant metabolomics, Vol 43. Wiley-blackwell, pp 61-85
- Brandt K, Christensen LP, Hansen-Møller J, Hansen SL, Haraldsdottir J, Jespersen L, Purup S, Kharazmi A, Barkholt V, Frøkiær H, Kobæk-Larsen M Health promoting compounds in vegetables and fruits: A systematic approach for identifying plant components with impact on human health. Trends in Food Science & Technology 15: 384-393
- Byun M-O, Kwon H-B, Park S-C, Jenks MA, Hasegawa PM, Jain SM (2007) Recent Advances in Genetic Engineering of Potato Crops For Drought and Saline Stress Tolerance; Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crops. In: Springer Netherlands, pp 713-737
- CHEN M-z, CHEN W-z, SONG C-x (2010) ANALYSIS AND EVALUATION OF THE NUTRITIONAL COMPONENTS OF *SALICORNIA BIGELOVII* TORR. Acta Nutrimenta Sinica 3: 028
- Conforti F, Marrelli M, Carmela C, Menichini F, Valentina P, Uzunov D, Statti GA, Duez P, Menichini F (2011) Bioactive phytonutrients (omega fatty acids, tocopherols, polyphenols), in vitro inhibition of nitric oxide production and free radical scavenging activity of non-cultivated Mediterranean vegetables. Food Chemistry 129: 1413-1419
- Daxenbichler ME, VanEtten CH, Wolff IA (1968) Diastereomeric episulfides from epi-progoitrin upon autolysis of crambe seed meal. Phytochemistry 7: 989-996
- Evers D, Lefèvre I, Legay S, Lamoureux D, Hausman J-F, Rosales ROG, Marca LRT, Hoffmann L, Bonierbale M, Schafleitner R (2010) Identification of drought-responsive compounds in potato through a combined transcriptomic and targeted metabolite approach. Journal of Experimental Botany 61: 2327-2343
- Ferrante A, Maggiore T (2007) Chlorophyll fluorescence measurements to evaluate storage time and temperature of *Valeriana* leafy vegetables. Postharvest biology and technology 45: 73-80
- Flamini G, Mastroianni E, Cioni PL, Morelli I, Panizzi L (1999) Essential Oil from *Crithmum maritimum* Grown in Liguria (Italy): Seasonal Variation and Antimicrobial Activity. Journal of Essential Oil Research 11: 788-792
- Francois LE, Kleiman R (1990) Salinity Effects on Vegetative Growth, Seed Yield, and Fatty Acid Composition of Crambe. Agron. J. 82: 1110-1114
- Franke W (1982) Vitamin C in sea fennel (*crithmum maritimum*), an edible wild plant. 36: 163-165
- Ghosh SC, Asanuma K-i, Kusutani A, Toyota M (2001) Effect of salt stress on some chemical components and yield of potato. Soil Science and Plant Nutrition 47: 467-475
- Ghoulam C, Foursy A, Fares K (2002) Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environmental and Experimental Botany 47: 39-50

- Glenn EP, Jed Brown J, O'Leary JW (1998) Irrigating crops with seawater. SCIENTIFIC AMERICAN-AMERICAN EDITION- 279: 76-81
- Glensk M, Wray V, Nimtz M, Schöpke T (1999) Silenosides AC, triterpenoid saponins from *Silene vulgaris*. Journal of Natural Products 62: 717-721
- Guil-Guerrero JL, Rodríguez-García I (1999) Lipids classes, fatty acids and carotenes of the leaves of six edible wild plants. European Food Research and Technology 209: 313-316
- Gzik A (1996) Accumulation of proline and pattern of β -amino acids in sugar beet plants in response to osmotic, water and salt stress. Environmental and Experimental Botany 36: 29-38
- Hanson AD, Wyse R (1982) Biosynthesis, Translocation, and Accumulation of Betaine in Sugar Beet and Its Progenitors in Relation to Salinity. Plant Physiology 70: 1191-1198
- Hausen BM, Bröhas J, König WA, Faasch H, Hahn H, Bruhn G (1987) Allergic and irritant contact dermatitis from faltarinol and dihydrofaltarinol in common ivy (*Hedera helix* L.). Contact Dermatitis 17: 1-9
- Jin J, Koroleva OA, Gibson T, Swanston J, Magan J, Zhang Y, Rowland IR, Wagstaff C (2009) Analysis of Phytochemical Composition and Chemoprotective Capacity of Rocket (*Eruca sativa* and *Diplotaxis tenuifolia*) Leafy Salad Following Cultivation in Different Environments. Journal of Agricultural and Food Chemistry 57: 5227-5234
- Katsouri E, Demetzos C, Perdetzoglou D, Loukis A (2001) An interpopulation study of the essential oils of various parts of *Crithmum maritimum* L. growing in Amorgos Island, Greece. Journal of Essential Oil Research 13: 303-308
- Keithley J, Swanson B (2005) Glucosaminan and obesity: a critical review. Alternative therapies in health and medicine 11: 30-34
- Kumarasamy Y, Cox PJ, Jaspars M, Nahar L, Sarker SD (2002) Screening seeds of Scottish plants for antibacterial activity. Journal of ethnopharmacology 83: 73-77
- Leoni O, Iori R, Palmieri S, Esposito E, Menegatti E, Cortesi R, Nastruzzi C (1997) Myrosinase-generated isothiocyanate from glucosinolates: Isolation, characterization and in vitro antiproliferative studies. Bioorganic & Medicinal Chemistry 5: 1799-1806
- Levy D, Veilleux R (2007) Adaptation of potato to high temperatures and salinity-a review. American Journal of Potato Research 84: 487-506
- Mayer SF, Steinreiber A, Orru RVA, Faber K (2002) Chemoenzymatic Asymmetric Total Syntheses of Antitumor Agents (3R,9R,10R)- and (3S,9R,10R)-Panaxytriol and (R)- and (S)-Faltarinol from *Panax ginseng* Using an Enantioconvergent Enzyme-Triggered Cascade Reaction. The Journal of Organic Chemistry 67: 9115-9121
- Morales P, Carvalho A, Sánchez-Mata MC, Cámara M, Molina M, Ferreira IFR (2012) Tocopherol composition and antioxidant activity of Spanish wild vegetables. 59: 851-863
- Murray KE, Whitfield FB (1975) The occurrence of 3-alkyl-2-methoxypyrazines in raw vegetables. Journal of the Science of Food and Agriculture 26: 973-986
- Onyilagha J, Bala A, Hallett R, Gruber M, Soroka J, Westcott N (2003) Leaf flavonoids of the cruciferous species, *Camelina sativa*, *Crambe* spp., *Thlaspi arvense* and several other genera of the family Brassicaceae. Biochemical Systematics and Ecology 31: 1309-1322
- Orhan I, Deliorman-Orhan D, Özçelik B (2009) Antiviral activity and cytotoxicity of the lipophilic extracts of various edible plants and their fatty acids. Food Chemistry 115: 701-705
- Parente CP, Lima MJ, Guido LF, Lemos ETd (2013) Avaliação fitoquímica e atividade antioxidante de compostos fenólicos presentes em 'Valerianella Locusta'.
- Parida AK, Das AB (2005) Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety 60: 324-349
- Parr AJ, Mellon FA, Colquhoun IJ, Davies HV (2005) Dihydrocaffeoyl Polyamines (Kukoamine and Allies) in Potato (*Solanum tuberosum*) Tubers Detected during Metabolite Profiling. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53: 5461-5466
- Péron J-Y (1990) Seakale: a new vegetable produced as etiolated sprouts. In J Janick, J Simon, eds, Advances in new crops. Timber, portland, pp 419-422
- Pieroni A, Janiak V, Dürr CM, Lüdeke S, Trachsel E, Heinrich M (2002) In vitro antioxidant activity of non-cultivated vegetables of ethnic Albanians in southern Italy. Phytotherapy Research 16: 467-473

- Quinsac A, Charrier A, Ribailier D, Péron J-Y (1994) Glucosinolates in etiolated sprouts of sea-kale (*Crambe maritima* L.). Journal of the Science of Food and Agriculture 65: 201-207
- Rathod MR, Shethia BD, Pandya JB, Ghosh PK, Dodia PJ, Srivastava BS, Srivastava R, Srivastava A, Chaturvedi V (2008) Herbal extracts of *Salicornia* species, process of preparation thereof, use thereof against tuberculosis. In. Google Patents
- Rathod MR, Shethia BD, Pandya JB, Ghosh PK, Dodia PJ, Srivastava BS, Srivastava R, Srivastava A, Chaturvedi V, Vairamani M (2011) Antitubercular extracts of *Salicornia brachiata*. In. Google Patents
- Razavi SM, Nejad-Ebrahimi S (2009) Chemical composition, allelopathic and cytotoxic effects of essential oils of flowering tops and leaves of *Crambe orientalis* L. from Iran. Natural Product Research 23: 1492-1498
- Ruberto G, Baratta MT, Deans SG, Dorman HJD (2000) Antioxidant and Antimicrobial Activity of *Foeniculum vulgare* and *Crithmum maritimum* Essential Oils. Planta Med 66: 687-693
- Rudloff E, Wang Y (2011) *Crambe*. In C Kole, ed, Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources. Springer Berlin Heidelberg, pp 97-116
- Senatore F, Napolitano F, Ozcan M (2000) Composition and antibacterial activity of the essential oil from *Crithmum maritimum* L.(Apiaceae) growing wild in Turkey. Flavour and fragrance journal 15: 186-189
- Susan B (1995) Polyamines in food and their consequences for food quality and human health. Trends in Food Science & Technology 6: 341-346
- Świądrych A, Lorenc-Kukuła K, Skirycz A, Szopa J (2004) The catecholamine biosynthesis route in potato is affected by stress. Plant Physiology and Biochemistry 42: 593-600
- Teixeira J, Fidalgo F (2009) Salt stress affects glutamine synthetase activity and mRNA accumulation on potato plants in an organ-dependent manner. Plant Physiology and Biochemistry 47: 807-813
- Ul'chenko NT, Bekker NP, Glushenkova AI, Akhmedzhanov IG (2001) Lipids of *Crambe kotschyana* and *Megacarpaea gigantea* Seeds. Chemistry of Natural Compounds 37: 285-286
- Vanzani P, Rossetto M, De Marco V, Sacchetti LE, Paoletti MG, Rigo A (2011) Wild mediterranean plants as traditional food: a valuable source of antioxidants. Journal of food science 76: C46-C51
- Ventura Y, Wuddineh WA, Myrzabayeva M, Alikulov Z, Khozin-Goldberg I, Shpigel M, Samocha TM, Sagi M (2011) Effect of seawater concentration on the productivity and nutritional value of annual *Salicornia* and perennial *Sarcocornia* halophytes as leafy vegetable crops. Scientia Horticulturae 128: 189-196
- Wanders AJ, van den Borne JJGC, de Graaf C, Hulshof T, Jonathan MC, Kristensen M, Mars M, Schols HA, Feskens EJM (2011) Effects of dietary fibre on subjective appetite, energy intake and body weight: a systematic review of randomized controlled trials. Obesity Reviews 12: 724-739
- Wang-Pruski G, Schofield A (2012) Potato: Improving Crop Productivity and Abiotic Stress Tolerance. In Improving Crop Resistance to Abiotic Stress. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, pp 1121-1153
- Wang H, Pan Y, Tang X, Huang Z (2006) Isolation and characterization of melanin from *Osmanthus fragrans* seeds. LWT - Food Science and Technology 39: 496-502
- Zarrouk M, El Almi H, YOUSSEF N, Sleimi N, Smaoui A, D BEN M, Abdelly C (2004) Lipid composition of seeds of local halophytes: *Cakile maritima*, *Zygophyllum album* and *Crithmum maritimum*. In Cash Crop Halophytes Recent Studies: Ten Years after Al Ain Meeting, Vol 38. Springer, p 121

Appendix 1

Lijst met planten inhoudsstoffen die mogelijk beïnvloed worden door zilte teeltomstandigheden

component	plant	ref.	reactie onder zilt
Glucomanaan	aardappel	Arjen	verhoogd niveau
Mannose	"	"	"
Melanine	"	"	"
Anthocyaan	"	"	"
Falcarinol	"	"	"
Betaine	biet	Hanson et al 1982	"
Glycine betaine	"	"	"
Choline	biet	Arjen	"
Glucosinalaat	kool	"	"
Amino acids	maize	Witt et al 2011	"
Sugars	"	"	"
Sugar alcohols	"	"	"
Tca intermediates	"	"	"
Proline	"	"	"
Asparagine	"	"	"
Guanosine	"	"	"
Talose	"	"	"
Isoleucine	"	"	"
Pyruvic acid	"	"	verlaagd niveau
Succinic acid	"	"	verlaagd niveau
Putrescine		Gill et al 2010	accumulatie geeft zout resistentie
Spermidine		Gill et al 2010	"
Spermine		Gill et al 2010	"
Ectoïne		Lippert and Galinski 1992	verhoogd niveau
Sugars		Ketrespi 2000	verhoogd niveau
Manitol		Bohnert 1995	
Pinitol		Bohnert 1995	
Trigonelline		Rajasekaran 2001	
Pigments		De Fillippis 1999	
lactate	arabidopsis	Kim et al 2007	verhoogd niveau, in kort durend experiment
Sucrose		"	"
Malate		"	"
Fumarate		"	"
Pyruvate		"	"
Shikimate		"	"

5.3 Mogelijke effecten van actualisatie van zoutschadefuncties van grondgebonden, beregende landbouwgewassen, Kennis voor Klimaat-rapport 116/ 2014, samenvatting + bijlage Zouttolerantie van gangbare landbouwgewassen in Nederland Een beschouwing op basis van literatuurstudie en ervaringen Zilt Proefbedrijf Texel, dr. A.C. de Vos



Samenvatting

De derving van de fysieke opbrengst van grondgebonden teelten die kunnen worden berekend wordt deels bepaald door het zoutgehalte van het beregeningswater. De kennis op grond waarvan deze opbrengstderving wordt berekend is gebaseerd op veelal buitenlands onderzoek uit de jaren vijftig van de vorige eeuw in andere klimaatzones. Deze methodiek blijkt op basis van recente resultaten van veldproeven en praktijkervaringen niet toepasbaar op de Nederlandse situatie, maar dat gebeurt desondanks nog wel.

Recente resultaten van Nederlandse veldproeven en praktijkervaringen tonen aan dat de zouttolerantie van gewassen als aardappelen, suikerbieten en gras aanzienlijk groter is dan gedacht op basis van buitenlands onderzoek. Dit zou moeten leiden tot bijgestelde zouttolerantiefuncties voor deze - en wellicht ook andere - gewassen.

Om een indruk te geven wat de effecten van een bijstelling van de zouttolerantiefuncties op de berekende opbrengst zouden kunnen zijn heeft een consortium, bestaande uit Alterra, De Bakelse Stroom, Deltares, Acacia Water, LEI en het Zilt Proefbedrijf Texel hiernaar een ruimtelijke verkenning uitgevoerd. Gewasopbrengsten zijn per waterschap/regio in laag Nederland berekend met de anno 2013 gehanteerde¹, en met bijgestelde (lees: 'tolerantere') zouttolerantiefuncties. In de analyse is de berekende derving van de gewasopbrengst alleen bepaald door zout in beregeningswater. Voor laag Nederland werd het 10% droge jaar 1989 doorgetrokken naar 'warm' 2050 (W⁺). Op basis hiervan is een eerste schatting gemaakt van de verandering van de modelmatige opbrengst (i.c. een toename) van €60 miljoen/jaar. Dit resultaat geeft aan dat er sprake is van handelingsruimte in het (toekomstige) zoetwaterbeheer. Geadviseerd wordt om de zouttolerantiefuncties van landbouwgewassen te actualiseren, en om te kijken naar mogelijke consequenties voor de inrichting en het beheer van onze zoetwataaraanvoersystemen.

¹ Zie: Bakel, P.J.T. van en L.C.P.M. Stuyt, 2011. *Actualisering van de kennis van de zouttolerantie van landbouwgewassen, op basis van literatuuronderzoek, expertkennis en praktische ervaringen*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2201.

Bijlage

Zouttolerantie van gangbare landbouwgewassen in Nederland

Een beschouwing op basis van literatuurstudie en ervaringen Zilt Proefbedrijf Texel

A.C. de Vos

Voor een aantal landbouwgewassen (aardappel, suikerbiet, gras) is gekeken welke norm er in Nederland wordt gehanteerd en waar deze op is gebaseerd. De systematiek die gebruikt wordt is veelal op basis van Maas en Hoffman (1977) waarbij de zouttolerantie wordt uitgedrukt als de drempel (de zoutconcentratie waarbij de oogst begint af te nemen) en de helling (afname van de biomassa in gewichtspercenten per eenheid dS/m (gemeten als geleidbaarheid, een gangbare maat voor bodemzoutconcentratie) boven de drempelwaarde). Aangezien dit een internationaal gehanteerde norm is, is deze goed bruikbaar ook al is het een versimpeling van de werkelijkheid (de plantengroei vertoont geen lineair verloop). Waar mogelijk wordt de recente literatuur vergeleken, evenals diverse veldproeven die op Texel door het Zilt Proefbedrijf in de laatste jaren zijn uitgevoerd.

Zouttolerantie aardappel

Tot nu toe wordt de oorspronkelijke zouttolerantie van de aardappel (*Solanum tuberosum*) van Maas en Hoffman (1977) als standaard gebruikt in Nederland (Roest *et al.*, 2003; Van Dam *et al.*, 2007). De publicatie van Maas en Hoffman is echter weer gebaseerd op eerder onderzoek. Zo is de norm voor de zouttolerantie van de aardappel gebaseerd op een proef van Bernstein *et al.* uit 1951. Deze oorspronkelijke drempelwaarde is vastgesteld op 1,7 dS/m (EC_e, oftewel bodemzoutconcentratie van het 'saturated paste extract', hier is alle internationale data op gebaseerd en wordt ook in dit document verder gehanteerd) met een helling van 12%. Bij een EC_e van 6,5 dS/m trad een 50% reductie op in knolbiomassa. Op basis van deze resultaten is de aardappel als matig gevoelig geclassificeerd. Bij deze data zijn echter meerdere kanttekeningen te plaatsen.

Ten eerste is deze test met een enkel ras uitgevoerd, namelijk 'White Rose'. Door diverse veldexperimenten op Texel door het Zilt Proefbedrijf (zie Afbeelding 1) is de afgelopen jaren duidelijk geworden dat er aanzienlijke **verschillen in zouttolerantie tussen rassen** op kunnen treden. Dit is ook aangetoond door Khrais (1996) wie meer dan 150 aardappelrassen heeft onderzocht op zouttolerantie waarbij naar voren kwam dat er duidelijk zoutgevoelige en zouttolerante rassen te onderscheiden zijn. Aangezien deze testen alleen gedurende de vegetatieve groei zijn uitgevoerd is dit niet direct te vertalen naar de normen van zouttolerantie van Maas en Hoffman. Elkhatab *et al.* (2005) hebben ook verschillen in zouttolerantie tussen verschillende rassen aangetoond, waarbij het meest zouttolerante ras (Cara) bij een zoutconcentratie van 6,3 dS/m een reductie van 25% optrad i.p.v. de verwachte 50% reductie (o.b.v. data van Bernstein *et al.*, 1951). Bustan *et al.* (2004) hebben aangetoond dat

druppelirrigatie waarbij het irrigatiewater een zoutconcentratie van maximaal 6,2 dS/m bevat geen effect heeft gehad op de opbrengst van het ras Désirée. Kortom, er zijn (grote) verschillen in zouttolerantie tussen verschillende aardappelrassen. Mogelijk is de White Rose een gevoelig ras geweest, waardoor de zouttolerantie van de aardappel nu ten onrechte wordt aangemerkt als algemeen matig zoutgevoelig.

Een tweede aspect wat speelt is dat de combinatie van hitte en zout wel tot grote opbrengstverliezen leidt (Bustan *et al.*, 2004). Oftewel, de aardappel is vooral **zoutgevoelig** als het wordt blootgesteld aan de **combinatie van hittestress en zoutstress**. Alhoewel niet goed is na te gaan onder welke meteorologische condities het oorspronkelijke experiment van Bernstein is uitgevoerd (locatie experiment is Riverside, Californië, dicht bij de grens met Mexico, klimaat enigszins te vergelijken met Noord Afrika) is het aannemelijk dat deze niet te vergelijken is met de Nederlandse situatie. Dit betekent dus dat de data uit 1951 nog kritischer bekeken moet worden voordat deze data gebruikt kan worden voor Nederlandse omstandigheden. Net zoals Bustan *et al.* (2004) zijn er op Texel de afgelopen 2 jaar door het Zilt Proefbedrijf meerdere rassen geteeld waarbij geen opbrengstverlies heeft opgetreden bij een bodemzoutconcentratie van rond de 6 dS/m en een 50% reductie trad pas op rond de 12 dS/m. Onder de gematigde klimatologische omstandigheden in Nederland zou de zouttolerantie van de aardappel dus een factor 4 hoger kunnen liggen dan nu wordt aangenomen.



Afbeelding 1. Impressie van een deel van het proefveld van Zilt Proefbedrijf met de 8 aardappelrassen. In 2012 en 2013 is een zouttolerantie proef op een kwart hectare uitgevoerd met 6 verschillende zoutconcentraties en 8 herhalingen (1 herhaling zijn 8 planten)

Zouttolerantie suikerbiet

De zouttolerantie van suikerbiet (*Beta vulgaris*) is oorspronkelijk vastgesteld als tolerant, met een drempelwaarde van 7,0 en een helling van 5,9. Deze data is terug te vinden in de publicatie van Maas en Hoffman (1977) en Tanji en Kielen (2002) maar de oorspronkelijke data komt uit 1954 (Bower *et al.*). Ook deze data wordt in Nederland toegepast (Roest *et al.*, 2003; Van Dam *et al.*, 2007). In de recente literatuur zijn echter ook andere resultaten te vinden. Volgens Daoud *et al.* (2008) is suikerbiet niet alleen veel zouttoleranter, er werd zelf een optimale groei waargenomen bij 10% zeewater (ongeveer 5 dS/m). De drempelwaarde lag rond de 16 dS/m in dit onderzoek. Suikerbiet groeide in dit experiment dus zelfs beter onder zilte condities dan onder zoete condities. Bij een veldproef dit jaar op Texel met 4 verschillende soorten suikerbieten (7 zoutconcentraties (van 0 tot 35 dS/m) met 8 herhalingen, totale oppervlakte een kwart hectare, zie Afbeelding 2), is een vergelijkbare trend waargenomen als door Daoud *et al.* (2008) (onder voorbehoud, data wordt nog uitgewerkt op het moment van schrijven).



Afbeelding 2. Impressie van het experiment waarbij de zouttolerantie van 4 suikerbieten rassen door Zilt Proefbedrijf is onderzocht in 2013 (7 zoutconcentraties, 8 herhalingen, kwart hectare totaal).

Deze hoge zouttolerantie heeft er waarschijnlijk mee te maken dat suikerbiet is veredeld uit de zeer zouttolerante strandbiet. Veel andere proeven met suikerbiet zijn uitgevoerd gedurende een korte periode waarbij niet is gekeken naar groei en opbrengst van de daadwerkelijke knol. Hierdoor is deze data moeilijk te extrapoleren naar veldomstandigheden en daadwerkelijk oogsthoeveelheden. Maar is de recente literatuur zijn ook voorbeelden te vinden waarbij de zouttolerantie van suikerbiet toch weer vergelijkbaar uitpakt met de oorspronkelijke data. Zo vonden Ghoulam *et al.* (2002) al een groeireductie van 10% rond de 5 dS/m, maar was de reductie maar 50% bij 20 dS/m. Hierbij is de drempel dus wel enigszins vergelijkbaar met de oude data, maar de helling weer niet. Ook kwam in dit onderzoek naar voren dat er wel degelijk verschillen in zouttolerantie tussen verschillende rassen

bestaan, oftewel de raskeuze kan de uitkomst van een proef bepalen. Kortom, er is geen eenduidig beeld van de groeireductie van suikerbiet onder zoute condities en zijn er maar zeer weinig experimenten geweest waarbij daadwerkelijk naar de opbrengst van de suikerbiet zelf is gekeken (meestal kortlopende experimenten waarbij vooral bladgroei is onderzocht). Een ander relevante waarneming door het Zilt Proefbedrijf is dat het seizoen 2013 zeer droog is geweest waarbij op vele plaatsen in Nederland de suikerbiet plat op de grond lagen. De suikerbiet is dus maar beperkt droogtetolerant. Wat vooral opvalt is dat de bieten in de ochtend niet plat op de grond liggen, dit gebeurt pas in de loop van de ochtend en de middag. Naar alle waarschijnlijkheid heeft dit te maken met de hoge luchtvochtigheid en condensvorming. Deze aspecten spelen dus een grote rol onder veldomstandigheden en dit beïnvloedt naar alle waarschijnlijkheid ook het niveau van zouttolerantie onder Nederlandse veldcondities.

Zouttolerantie gras

In de rapportage van Roest *et al.* (2003) wordt 1 zoutconcentratie aangehouden voor de zouttolerantie van gras. In 2012 is echter een zouttolerantieproef op Texel uitgevoerd

waarbij duidelijk is geworden dat er grote verschillen zijn tussen verschillende rassen van gras en dat de grens vele malen hoger ligt dan de drempelwaarde van 5,6 dS/m die nu wordt gehanteerd. Alhoewel deze proef in opdracht van een graszaadveredelingsbedrijf is uitgevoerd en de metingen niet door het Zilt Proefbedrijf zijn verricht, is het wel mogelijk om een impressie te geven van dit experiment (zie Afbeelding 3). Voor deze proef is irrigatiewater gebruikt met een zoutconcentratie van 12 dS/m. Dit is later in het seizoen zelfs verhoogd tot 20 dS/m om meer verschillen in zouttolerantie te forceren. Zoals te zien is op Afbeelding 3 zijn er rassen die afsterven terwijl andere rassen zonder zichtbare schade doorgroeien, zelfs als er wordt geïrrigeerd met 20 dS/m. Eén van de meest gebruikte grassen is Engels raaigras. Er zijn verschillen tussen rassen aangetoond en de drempelwaarde van de meest zouttolerante rassen lijkt rond de 10 dS/m te liggen (Ashraf *et al.*, 1986). Dus ook voor dit gewas geldt weer dat er verschillen zijn in zouttolerantie tussen rassen en er een gebrek is aan proeven onder vergelijkbare klimatologische omstandigheden die in Nederland onder veldomstandigheden gelden.



Afbeelding 3. Impressie van de selectieproef voor zouttolerant gras op de testlocatie van het Zilt Proefbedrijf in 2012. Duidelijk is te zien dat sommige rassen (ingezaaid als plots van 1 m²) afsterven waar andere rassen zonder schade doorgroeien.

Conclusies

Op basis van de bovenstaande tekst en de ervaringen van het Zilt Proefbedrijf kan het volgende worden geconcludeerd:

- van de verschillende gewassen (in ieder geval voor aardappel, suikerbiet en gras) is duidelijk geworden dat er (grote) verschillen in zouttolerantie tussen rassen kunnen optreden, oftewel zouttolerantie is ras-specifiek.
- de huidige zouttolerantietabellen zijn gebaseerd op buitenlands onderzoek uit de jaren '50 en zijn niet toepasbaar voor de Nederlandse situatie van vandaag de dag.
- om de effecten van verzilting in Nederland in kaart te brengen zijn veldproeven essentieel, aangezien dit (sterk) wordt beïnvloed door klimatologische omstandigheden (temperatuur, luchtvochtigheid, condensvorming).
- in het voorjaar van 2014 zullen de data van het meten, monitoren, en modelleren van de bodemzoutconcentratie en van de zouttolerantie van de aardappel, in samenwerking met diverse professoren uit de specifieke vakgebieden, worden gepubliceerd door het Zilt Proefbedrijf.

Op basis van deze bevindingen is het noodzakelijk om op korte termijn:

- de aardappelrassen die nu daadwerkelijk geteeld worden te testen op hun zouttolerantie aangezien dit per ras kan verschillen. Dit geldt in ieder geval ook voor suikerbiet en grassen.
- deze experimenten t.a.v. zouttolerantie uit te voeren onder de klimatologische veldomstandigheden die in Nederland van toepassing zijn (gematigde temperatuur, hoge luchtvochtigheid). Het uitvoeren van veldproeven is noodzakelijk om een goed beeld te krijgen van de effecten van zout onder veldomstandigheden
- een selectieprogramma te starten o.b.v. zouttolerantie.

Geraadpleegde bronnen

- Ashraf M., McNeilly T., Bradshaw A.D. 1986. The response of selected salt tolerant and normal lines of four grass species to NaCl in sand culture. *New Phytol.* 104, 453-461.
- Bernstein, L., Ayers, A.D., Wadleigh, C.H. 1951. The salt tolerance of White Rose potatoes. *Proc. Sci.* 62, 367-370.
- Bower C.A., Moodie C.D., Orth P., Gschwens F.B. 1954. Correlation of sugar beet yields with chemical properties of a saline-alkali soil. *Soil Sci* 77, 443-451.
- Bustan A., Sagi M., De malach Y., Pasternak D. 2004. Effects of saline irrigation water and heat waves on potato production in an arid environment. *Field crop research* 90, 275-285.
- Daoud S., Harrouni C., Huchzermeyer B., Koyro H.W. 2008. Comparison of salinity tolerance of two related subspecies of beta vulgaris: the sea beet (*Beta vulgaris* ssp *maritima*) and the sugar beet (*Beta vulgaris* ssp *vulgaris*). *Biosaline agriculture and high salinity tolerance*. Birkhauser Verlag/Switzerland.
- Elkhatib H.A., Elkhatib E.A., Khalaf-Allah A.M., El-Sharkawy A.M. 2005. Salt tolerance of four potato cultivars. *Journal of plant nutrition* 27 (9), 1575-1583.
- Ghoulam C., Foursy A., Fares K. 2002. Effect of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and experimental botany* 47 (1), 39-50.
- Khrais T. 1996. Evaluation of salt tolerance in potato (*Solanum* spp.). Thesis. Department of Plant Science, McGill University, Macdonald Campus.
- Maas E.V., Hoffman G.J., 1977. Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division, American Society of Civil Engineers* 103: 115-134.
- Roest C.W.J, Bakel P.J.T. van, Smit A.A.M.F.R., 2003. Actualisering van de zouttolerantie van land- en tuinbouwgewassen ten behoeve van de berekening van de zoutschade in Nederland met het RIZA- instrumentarium. Alterra.
- Tanji K.K., Kielen N.C. 2002. Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas. *FAO irrigation and drainage paper* 61. FAO, Rome.
- Van Dam, A.M., Clevering, O.A., Voogt, W., Aendekerk, Th.G.L., Van der Maas, M.P., 2007. Leven met Zout Water. Deelrapport: Zouttolerantie van Landbouwgewassen. PPO nr. 3234019400.

Water for food

The global population and the demand for food are sharply on the rise. The agri-sector will therefore need to produce more food, but at the same time, water is becoming more scarce. The Netherlands is only a small area. Nonetheless, we are one of Europe's largest exporters of agricultural products. Our secret involves the efficient use of land and water and effective responses to natural conditions. Now, the Dutch Water and Agricultural Sector have teamed up to develop new solutions for water re-use and better irrigation.



The Dutch water sector has committed itself to excel globally in three vital areas: Enabling delta life, **Water for food** and **Water for all**.

www.dutchwatersector.com

Follow us on twitter @HollandWater
www.facebook.com/dutchwatersector



Salt Tolerant Crops for a Salinizing World

What's the problem?

The UN estimates that at least 1 billion hectares of land is currently affected by salinity and the world loses at least three hectares of arable land every minute due to salinization. Even in The Netherlands the salinity of the groundwater and the surface water in many areas in the coastal area is considered too high to be useful for agriculture. Also, today agriculture is responsible for about 70% of all water consumption worldwide, but with the increasing world population and the rising level of prosperity there will be less fresh water available for agricultural production within the coming years.

What's the solution?

So future agriculture has to produce more food with less fresh water and this can be achieved by using brackish water. Dutch companies and agricultural research institutes therefore started their search for feasible and appropriate solutions. Today multiple pilot projects and initiatives are being developed and implemented in the Netherlands. One of the possible solutions is improving the salt tolerance of crops.

Salt Farm Texel is a company that regards salinization as an opportunity rather than as a threat. During the past 8 years, different varieties of conventional crops have been screened under highly controlled saline field conditions to select the most salt tolerant varieties. This approach has already proven to accelerate the development of salt tolerant conventional crops like potato, sugar beet, carrot and onion. Salt Farm Texel facilitates this research in collaboration with Dutch breeders and many other companies and institutes involved in agricultural research and implementation. An important pillar of the Dutch agribusiness is the seed potato. Worldwide, the market share of Dutch potato breeders is almost 10 %, whereas 60% of all commercial seed potatoes worldwide are grown in The Netherlands.



Fobek takes growing restraints in potato production due to salinization as a given, and breeds new potato varieties to meet those potential restraints. This is to ensure a durable, safe and local food production in affected regions around the globe. A continuous drive to improve potato varieties for salt tolerance has led to amazing results and this is now implemented in The Netherlands and Pakistan. By facilitating the development and introduction of saline crops.

The Netherlands want to contribute to the development of saline agriculture as a working concept. With over 1 billion hectares of salinized soil worldwide, and rising, the potential is enormous. By cultivating saline crops, saline soils can be seen as an opportunity to increase agricultural production in many salt affected areas of the world.

In short, Salt Farm Texel can:

- screen and select salt tolerant varieties
- re-define crop salt tolerance data
- develop salt water irrigation strategies
- implement fertilization strategies
- develop saline agricultural practises for field conditions
- real-time monitoring of soil salinity
- implement saline agriculture under local conditions

More information:

Salt Farm Texel	FOBEK b.v.
http://www.saltfarmtexel.com	http://www.fobek.nl
info@saltfarmtexel.com	info@fobek.nl
Marc van Rijsselberghe	Peter Keijzer

In short, in addition to more usual challenges to potato production Fobek breeds new potato varieties tolerant to higher salt levels in soils and irrigation water.



Global forum
for innovations
in agriculture
2015 | ADNEC | Abu Dhabi
9-10 March: Exhibition
9-11 March: Conference

THE WORLD'S MOST
INFLUENTIAL EVENT
IN SUSTAINABLE
AGRICULTURE

We look forward to seeing you next week

Who will you meet at GFIA 2015

Thank you for pre-registering to attend GFIA - here is a sneak preview of who you will meet next week.

Meet the visionaries



HRH KING GEORGE
RUKIDI IV
of Toro, Uganda



JOHN KERRY
US Secretary
of State
(video address)



DR. REN WANG
Assistant Director General,
Food and Agriculture
Organization (FAO) of the
United Nations



DR. NAOKO ISHII
CEO and
Chairperson,
Global Environment
Facility (GEF)



DR. ETHEL
SENNHAUSER
Director of Agriculture
Global Practice,
World Bank

[View the list of 250 speakers](#)

Meet the innovators



Planet Labs
Using tiny satellites to capture
images of the entire planet

[Read more](#)



Protix
Food-waste is our new
commodity: it's time to re-feed
the Planet

[Read more](#)



Salt Farm Texel
Salt tolerant potato to feed
the world

[Read more](#)

[View the programme of 100 innovation presentation](#)

Meet the suppliers

- | | | |
|-----------------------|--------------------|------------------------------|
| • Koppert Bio Systems | • Salt FarmTexel | • Valagro SA |
| • Bio Rice Husk | • Philips Lighting | • Dalsem |
| • New Holland | • Spread | • Ag Leader |
| • Protix Rin Systems | • CGIAR | • Fieldeye Airborne Robotics |
| | • Conzenium | |



