

# Wat zijn de mogelijkheden?

## Zilte landbouw

**Ongeveer 30 procent van de geïrrigeerde landbouwgrond wereldwijd heeft momenteel last van verzilting. Dit neemt jaarlijks toe met ongeveer 250.000 tot 500.000 hectare.**

Door: Greet Blom

### Over de auteur:

Dr. M. Blom werkt als senior onderzoeker bij Wageningen Universiteit en Research. Zij is als plantenfysioloog gespecialiseerd in stressfysiologie. Zij werkt aan de ontwikkeling van teeltstrategieën voor landbouwsystemen in verzilte en droge gebieden. Zij heeft projecten in Nederland en in het buitenland, met name in de aride gebieden, zoals Algerije en Egypte.

### MONDIAAL EN NATIONAAL PROBLEEM

Naar schatting zullen er in 2050 zo'n 2,6 miljard mensen leven in gebieden met verzilte landbouwgrond (Pitman & Läuchli, 2002). Dat komt enerzijds door klimaatverandering, waardoor gebieden verdrogen. Er valt veel minder regen, waardoor meer zout in de bodem achterblijft. Anderzijds komt het door zoute kwel in kuststreken of zout zeewater dat via rivieren steeds verder het land binnenkomt en met name in delta's voor toenemende verzilting zorgt.

Hoewel de waterschaarste groeit, stijgt de vraag naar zoet water ook door een groeiende wereldbevolking. Gelukkig komt dit thema wereldwijd steeds meer op de politieke agenda's: hoe kunnen we beter en slimmer met water omgaan? Hoe kan in de landbouw evenveel (of meer) geproduceerd worden met minder water of met water van mindere kwaliteit, bijvoorbeeld met een hoger zoutgehalte.

Verzilting is vooral een probleem van droge, aride gebieden. Toch neemt ook in Nederland de verzilting in de kustgebieden geleidelijk toe, vooral in Zeeland, Noord-Nederland en op de Waddeneilanden (Stuyt et al., 2016). In het huidige waterbeheer wordt gestreefd naar een minimaal zoutgehalte van beregeningswater, maar hier hangt een aardig kostenplaatje aan. Het is echter de vraag in hoeverre grondgebonden gewassen in de praktijk schade ondervinden wanneer zoutgehalten (incidenteel) enigszins zouden oplopen, aangezien sommige gewassen aanzienlijk beter tegen hogere zoutgehalten bestand zijn dan andere. Wat zijn de mogelijkheden van zilte landbouw? Hier volgt een beschrijving van het effect van zout op planten en hun aanpassingsvermogen.

### ZOUTTOLERANTIE VAN GEWASSEN

Zout in de bodem zorgt voor twee soorten stress. In de eerste plaats voor osmotische stress door watertekort. Zouten die zijn opgelost in het water in de wortelzone verlagen de osmotische potentiaal van de bodem, waardoor de plant 'er harder aan moet trekken'. De plant reageert met sluiting van de huidmondjes, waardoor de verdamping en fotosynthese verminderen. Dit effect is vergelijkbaar met dat van droogte. In de tweede plaats heeft natrium een toxisch effect. Aan het wortelopper-

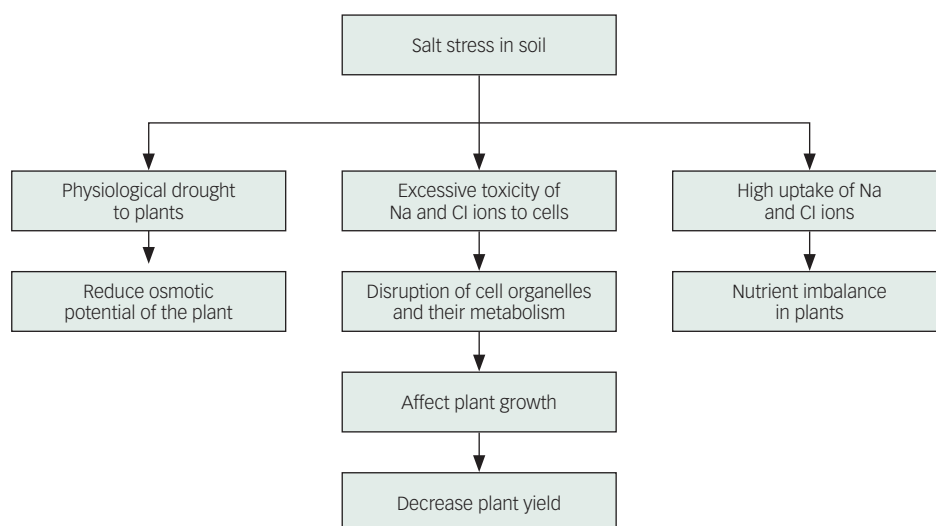


FOTO 1: EFFECT VAN MULCHEN OP WATERBESCHIKBAARHEID IN EL OUED (SAHARA, ALGERIJE).

vlak kan het de kaliumopname remmen, en de ionenbalans in de plant verstoren. In de bladeren kan natrium, met name in het cytoplasma, de fotosynthese en enzymactiviteiten remmen, waardoor de groeisnelheid afneemt. Zowel het watertekort door zout als de toxiciteit van natrium kunnen leiden tot vermindering van de groei en uiteindelijk resulteren in lagere gewasopbrengsten (zie figuur 1).

Een aantal plantensoorten heeft echter in de loop van de evolutie mechanismen ontwikkeld om de negatieve effecten van zout tegen te gaan (Munns & Tester, 2008):

1. Natriumuitsluiting aan het worteloppervlak om te voorkomen dat het natriumgehalte in de bladeren oploopt tot toxische concentraties. Natrium kan direct door de wortels worden tegengehouden of er na binnenkomst (met verbruik van ATP) direct weer worden uitgegooid door plantensoorten die tot de groep van de zogenaamde 'excluders' behoren.
2. Opslag van natrium in planten, met name in de vacuolen. Hierdoor wordt voorkomen dat het natrium in het cytoplasma van de bladeren toxische concentraties bereikt. Dit mechanisme komt bij veel plantensoorten (in meer of mindere mate) voor.
3. Aanpassing van de osmotische waarde. Dit komt voor bij gewassen als bonen, tomaten of suikerbieten. Planten nemen dan actief extra ionen, met name kalium, uit het bodemvocht op en/of maken zelf organische metabolieten aan en passen daarmee hun osmotische waarde aan. Het aanmaken van de organische metabolieten vergt energie en kan dus ten koste gaan van de groeisnelheid en eindopbrengst. De opslagorganen (knol, vrucht) kunnen daardoor wel meer suiker bevatten en de kwaliteit van het product verhogen.

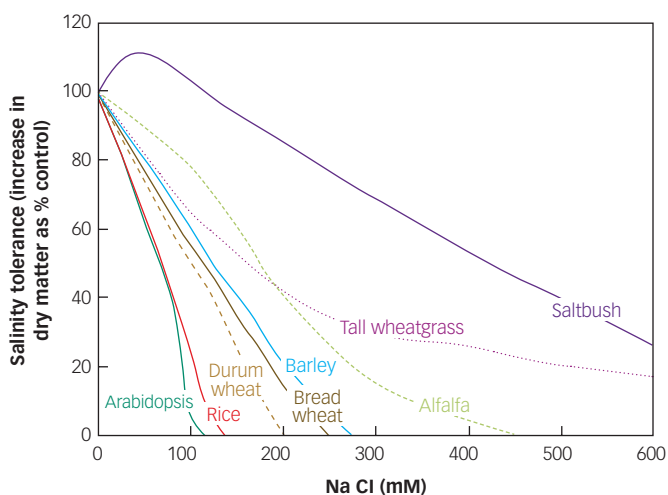


FIGUUR 1. OORZAKEN VAN SCHADE AAN PLANTEN TEN GEVOLGE VAN ZOUTSTRESS IN DE WORTELZONE

Een methode om de plant te dwingen zich aan te passen, is partiële wortelzone-irrigatie (Jacobsen et al., 2012). In plaats van de hele plant in één keer te begieten, krijgt afwisselend een helft van de wortelzone water met een beetje zout, en de andere helft niet. Deze methode wordt ook gebruikt om planten te laten aanpassen aan watergebrek, door afwisselend een helft van het wortelstelsel aan droogte bloot te stellen. Planten reageren op dit soort milde stress door hun hormoonhuishouding te activeren. Dat zet allerlei fysiologische mechanismen in werking, die kunnen leiden tot aanpassing.

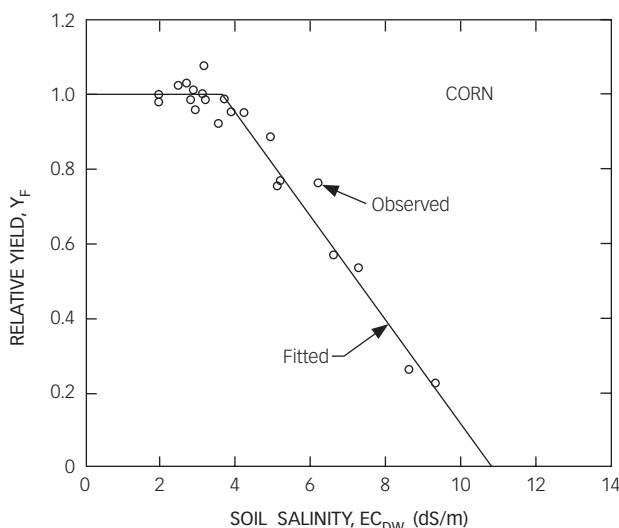
De mate waarin planten over deze mechanismen - of combinaties daarvan - beschikken en zoutschade kunnen beperken, varieert sterk tussen plantensoorten. Bovendien zijn negatieve effecten van zout rasafhankelijk en hangen samen met factoren als leeftijd van de plant tijdens blootstelling, duur van de blootstelling, zoutconcentratie, bodemkarakteristieken, klimatologische omstandigheden, etc. Dit leidt tot een grote variatie in zouttolerantie tussen landbouwgewassen (Shannon, 1997).

In figuur 2 is te zien, dat plantensoorten nogal kunnen verschillen in hun groeirespons op toenemende zoutconcentratie. Opmerkelijk is dat de groei van Melde ('saltbush' in de figuur) eerst een verhoging van groei laat zien. Deze plantensoort is een zogenaamde halofiet, een zoutminnende plant, waarin natrium in lage concentraties een positief effect heeft op groei.



FIGUUR 2. VARIATIE IN ZOUTTOLERANTIE VAN VERSCHILLENDE PLANTENSOORTEN (MUNNS & TESTER, 2008).

Voor praktijkgebruik in de landbouw hebben de Amerikaanse onderzoekers Maas en Hoffman de zogenaamde 'Piece-wise linear response function' geïntroduceerd (Hoffman et al., 1983), gebaseerd op actuele opbrengstgegevens van maïs geteeld onder verschillende zoutregimes in een lysimeter (zie figuur 3).



The Piece-Wise Linear Response Function Fitted to Actual Yield Data Obtained from Corn (Hoffman et al. 1983)

FIGUUR 3. VOORBEELD VAN EEN RESPONSFUNCTIE VAN GEWASOPBRENGST BIJ TOENEMEND ZOUTGEHALTE VAN HET BODEMVOCHT (HOFFMAN ET AL., 1983).

Hierin wordt de continue opbrengstcurve in twee stukken gedeeld: een horizontale lijn voor maximale opbrengst, gevolgd door een lijn waarvan de helling de opbrengstreductie bij stijging van het zoutgehalte weergeeft. Zo is de gewasrespons op zout kwantitatief te karakteriseren met 2 parameters:

1. De zoutschadedrempel, ofwel de EC-waarde<sup>1</sup> van het water in de wortelzone waarbij schade aan het gewas begint op te treden, en
2. De zoutschadegevoeligheid, gedefinieerd als de procentuele daling van de gewasopbrengst door zoutschade per eenheid van toename van de seizoensgemiddelde EC in de wortelzone boven de zoutschadedrempel (de hellingshoek van de tweede lijn in figuur 3).

In 2002 verscheen een FAO-publicatie over het beheer van drainagewater in (semi-)aride gebieden (Tanji en Kielen, 2002),

waarin zouttolerantieparameters van 81 gewassen zijn opgenomen, maar dan wel gemeten onder omstandigheden die in ons land niet voorkomen.

Op basis van de zouttolerantieparameters kan een classificatie van landbouwgewassen met verschillende zoutgevoeligheden worden gemaakt (Shannon & Grieve, 1998). In tabel 1 worden een aantal gewassen genoemd voor vier zoutgevoeligheidsklassen.

Zoutgevoeligheidsklassen			
Gevoelig	Matig tolerant	Tamelijk tolerant	Tolerant
Ui	Aardappel	Biet	Gerst
Appel	Kool	Broccoli	Katoen
Abrikoos	Tomaat	Sorghum	Suikerbiet
Avocado	Komkommer	Tarwe	Dadel
Boon	Sla	Olijf	Quinoa
Wortel	Spinazie	Raaigras	Zeekraal
Aardbei	Luzerne	Chrysant	Oleander

TABEL 1. ZOUTGEVOELIGHEID VAN ENKELE LANDBOUWGEWASSEN (SHANNON & GRIEVE, 1998)

Een uitgebreide literatuurstudie naar zoutschadedrempels en zoutgevoeligheden van 35 gewassen die onder Nederlandse omstandigheden zijn gemeten of gemodelleerd (Stuyt et al., 2016), toont aan dat er grote verschillen bestaan tussen de gepubliceerde waarden voor beide parameters en de resultaten met een grote bandbreedte worden weergegeven.

Op een indeling van gewassen in verschillende gevoeligheidsklassen volgens de Maas-Hoffman benadering valt wel het één en ander af te dingen. Hun berekening is gebaseerd op de veronderstelling dat de gevoeligheid van gewassen voor zout in alle groeistadia gelijk is en dat planten onder alle omstandigheden hun vaste waarden behouden. Er is geen rekening gehouden met adaptatievermogen van planten, zoals hierboven beschreven. Al heeft de bepaling van de Maas-Hoffman classificatie methode zijn beperkingen, desondanks kan hiermee op dit moment toch een ruwe selectie worden gemaakt van gewassen die op verziltende gronden nog redelijke opbrengsten kunnen opleveren.

### VEREDELING

Op het gebied van veredeling zijn vorderingen gemaakt. Bij de veredeling op zouttolerantie gaat het echter niet om één eigenschap, maar draait het om een combinatie van stresstolerantie, groei, opbrengst, ziekteresistentie en smaakeigenschappen. Bij bijvoorbeeld tomaat neemt de ziektegevoeligheid onder verziltende omstandigheden snel toe. Door de stress van de blootstelling aan zout, krijgt ziekte meer kans. Daarnaast heeft zout invloed op de smaak van de tomaat. Maar in dit geval is het een positief

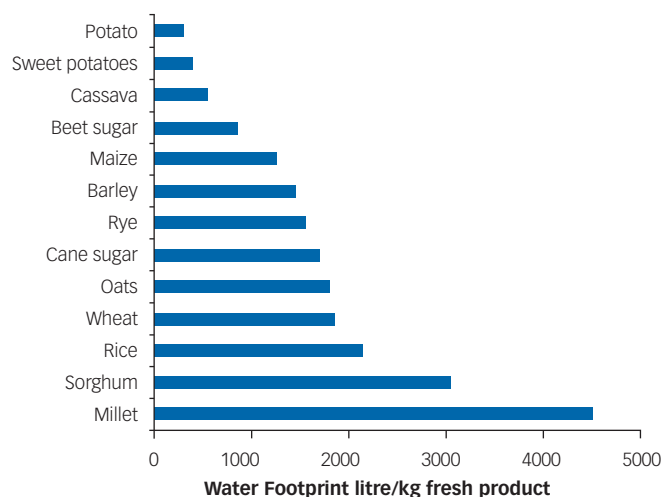


FOTO 2: TEELT IN WADI NATRUN IN DE WOESTIJN IN EGYPTE ONDER ZILTE OMSTANDIGHEDEN. (NB. WADI NATRUN IS DE VALLEI WAARUIT VROEGER HET ZOUT WERD GEHAALD OM DE FARAO'S TE MUMMIFICEREN).

effect: zout in de wortelzone stimuleert de aanmaak van suikers en kan zo resulteren in zoetere tomaten.

### AARDAPPEL ALS VOORBEELDGEWAS

Om meer inzicht te krijgen in de effectiviteit van teeltmaatregelen op verziltende gronden en het belang van de lokale omstandigheden hiervoor, is een case studie (Blom-Zandstra et al., 2014) uitgevoerd voor aardappelteelt. Dit gewas is wereldwijd een zeer belangrijk gewas en volgens trendanalyses van de FAO tot 2050 (World Potato Markets, 2011<sup>2</sup>) zal de marktpotentie ervan in ontwikkelingslanden snel toenemen. Daarnaast heeft de aardappel in vergelijking met andere marktgewassen een erg lage Water Footprint (Hoekstra, 2007). Dat betekent dat de hoeveelheid water die nodig is om een aardappel van pootaardappel tot eindproduct te telen en te verwerken laag is (zie figuur 4).



FIGUUR 4. WATER FOOTPRINT VAN VERSCHILLENDE LANDBOUWGEWASSEN (HOEKSTRA, 2007).

### STRATEGIEËN VOOR AARDAPPELTEELT OP VERZILTE GRONDEN

Aardappel wordt geclassificeerd als matig tolerant voor zout (Blom-Zandstra & Verhagen, 2015). Een hoger zoutgehalte in de bodem remt de groei van uitlopers en de productie van grote knollen, maar heeft tot een EC-waarde van 7,5 geen invloed op het aantal knollen en verhoogt het zelfs het droge stofpercentage in de knollen. Verschillende teeltstrategieën zijn effectief om bij hogere zoutgehalten nog acceptabele aardappelopbrengsten te realiseren. Boeren hebben daarmee een aantal mogelijkheden om de verzilting van de bodem te ondervangen:

1. Wijze van irrigeren: Onder zilte omstandigheden is de manier van irrigeren belangrijk. Een gewas als aardappel wordt in rijen geteeld. Bij aanwezigheid van natrium in het irrigatiewater zal het natrium in de bodem ophopen. De plaats waar het irrigatiewater de bodem indringt is van cruciaal belang voor de plaats waar die ophoping plaatsvindt ten opzichte van het wortelstelsel van de aardappel. Het bodemtype speelt daarbij wel een belangrijke rol. Druppelirrigatie is echter te verkiezen boven bevoeiing. Het bespaart water in gebieden waar waterschaarste een probleem is.
2. Bodembedekking met een mulchlaag: Bijvoorbeeld stro kan de gewasproductie onder zoute condities verbeteren. Het tegengaan van verdamping uit de bovengrond zorgt voor afname van de waterbehoefte en daarmee een afname van de zoutaccumulatie. Dit geldt vooral in het eerste deel van het groeiseizoen wanneer de bodemverdamping het grootst is.
3. Intercropping of mengteelt: Dit is het gelijktijdig telen van twee of meer gewassen op hetzelfde perceel. Dit is vooral effectief op lichte hellingen waar drainwater kan worden her-



FOTO 3: AARDAPPELTEELT IN DE NIJDELTA ONDER LICHT BRAKKE OMSTANDIGHEDEN.

gebruikt. Op de hogere delen van het perceel wordt een zoutgevoelig gewas geteeld met zoet irrigatiewater. Op de lagere delen kunnen de meer zouttolerante gewassen worden geïrrigeerd met licht zilt drainwater uit de hoger gelegen delen van het perceel.

- Integratie van landbouw met visteelt: Dit is een perspectiefvolle methode om effluentwater uit de visteelt te gebruiken voor irrigatie van gewassen. Een haalbaarheidsstudie naar een geïntegreerd brakwater aquacultuur-landbouwsysteem met verschillende gewassen, waaronder aardappelen in Egypte, toont aan (Roest et al., 2013) dat dit systeem goede toekomstperspectieven biedt in een land met beperkte zoetwatervoorraden.

Onder zilte omstandigheden is de manier van irrigeren belangrijk

Voor het telen van zouttolerante gewassen is onderzoek nodig op het raakvlak van plantenfysiologie, biotechnologie en plant- en plaagecologie. Hierin moet het integreren en optimaliseren van bodem-, water- en nutriëntenbenutting en hun onderlinge synergie centraal staan. Ontwikkeling van duurzame praktische oplossingen om milieu en leefomgeving voor toekomstige generaties te beschermen moet worden aangemoedigd.

Verder onderzoek is nodig naar:

- Ontwerpen van slimme rotatiesystemen, zorgvuldige planning en duurzame geïntegreerde teeltsystemen, zodat het watergebruik kan worden geoptimaliseerd.
- Het tot waarde brengen van secundaire (economisch interessante) metaboliëten van zouttolerante plantensoorten, als grondstof voor farmaceutische of cosmetische producten, voor de levensmiddelen industrie of voor allerlei technische toepassingen (Buhmann en Papenbrock, 2013).
- Onderzoek naar de effecten van irrigatiefrequentie. Veel details, zoals relaties tussen irrigatiefrequentie, irrigatieduur en waterflow, zijn nog onvoldoende bekend om adequaat te kunnen inpassen in een duurzame bedrijfsvoering.

Door gebruik te maken van het adaptatievermogen van planten wordt een reeks mogelijkheden geboden voor ontwikkeling van

nieuwe teeltstrategieën (slimme watergiften, hergebruik water, adequate kaliumbemesting, etc.). Dit biedt nieuwe mogelijkheden om landbouwgebieden te ontwikkelen op arme, brakke gronden.

#### LITERATUUR

- Blom-Zandstra, M., W. Wolters, M. Heinen, C.W.J. Roest, A.A.M.F.R. Smit en A.L. Smit, 2014. Perspectives for the growth of salt tolerant cash crops. A case study with potato. Plant Research International, Part of Wageningen UR, Report no. 572. 36 p.
- Blom-Zandstra, M. en J. Verhagen, 2015. Potato production systems in different agro ecological regions and their relation with climate change. Position paper, Wageningen UR, Business Unit Agro systems Research, Report 614. 32 p.
- Buhmann A, Papenbrock J, 2013. An economic point of view of secondary compounds in halophytes. *Functional Plant Biology* 40: 952-967.
- Hoffman, G.J, Maas, E.V., Prichard, T.L. et al., 1983, Salt tolerance of corn in the Sacramento-San- Joaquin delta of California, *Irrigation Science* 4 (1), 31-44
- Hoekstra, A.Y. (2007). Human appropriation of natural capital: A comparison of ecological footprint and water footprint analysis. *Ecological economics* 68 (7): 1963-1974
- Jacobsen, S.E., C.R. Jensen and F. Liu (2012). Improving crop production in the arid Mediterranean climate. *Field Crops Research* 128: 34-47.
- Munns R, Tester M, 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59: 651-681.
- Pitman MG, Läuchli A, 2002. Global impact of salinity and agricultural ecosystems . In: A. Läuchli and U. Lüttge (eds.), *Salinity: Environment - Plants - Molecules*, 3-20.
- Shannon MC, Grieve CM, 1998. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Horticulturae* 78: 5-38.
- Stuyt, L.C.P.M., Kselik, R.A.L., Blom-Zandstra, M., 2016. Nadere Analyse Zoutschade op basis van bestaande gegevens; Inventarisatie van eerder gerapporteerde zouttolerantiedrempels van beregeningswater met verhoogd zoutgehalte. Wageningen University & Research, ESG-rapport 2739. 157 blz.
- Tanji, K.K. en N.C. Kielen, 2002. Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas. *FAO Irr. & Drain. Paper* 61, FAO, Rome.

#### NOTEN

- EC staat voor Electrical Conductivity (dS/cm) en is een maat voor de totale hoeveelheid aanwezige ionen in het bodemvocht. Dit omvat dus ook de aanwezige nutriënten in ion-vorm. Onder brakke of zoute omstandigheden zijn de Na<sup>+</sup> en Cl<sup>-</sup> ionen in zulke grote overmaat aanwezig dat ze de belangrijkste component van de EC-waarde vertegenwoordigen.
- [http://archive.europatcongress.eu/docs/Taormina/Europat\\_Congress\\_-\\_Guy\\_Faulkner.pdf](http://archive.europatcongress.eu/docs/Taormina/Europat_Congress_-_Guy_Faulkner.pdf).