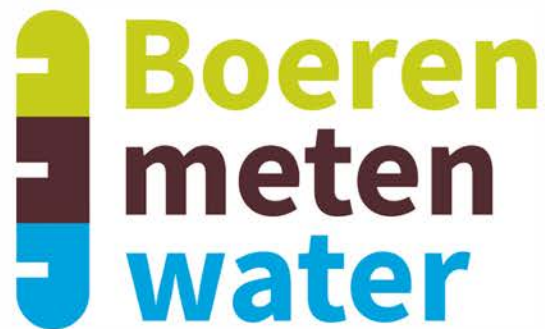


HANDELINGSPERSPECTIEF

VERZILTING



Waterschap NOORDERZIJVEST



Dit document is tot stand gekomen in samenwerking met
The Salt Doctors

Europees Landbouwfonds voor
Plattelandsontwikkeling: Europa
investeert in zijn platteland



In het project Boeren Meten Water voeren agrariërs metingen uit om meer inzicht te krijgen in het water- en bodemsysteem. Het uiteindelijke doel van Boeren Meten Water is een betere waterkwaliteit, voldoende water en een duurzame productiegroei voor de landbouw.

Aan de meetresultaten worden handelingsperspectieven gekoppeld om de invloed van verzilting te beperken. Die handelingsperspectieven - voor de korte en langere termijn - komen in dit document aan de orde.

Auteurs:

Dr. A.C. de Vos

Dr. B. Bruning

Mei 2023

Waarom een handelingsperspectief verzilting?



Om beter om te gaan met de effecten van verzilting is het belangrijk om een handvat voor actie te hebben, oftewel een handelingsperspectief.

Om de effecten van verzilting beter te begrijpen moet er gekeken worden naar het water, de bodem en het gewas. Zo kan het gebruik van zout water leiden tot een verhoogde zoutconcentratie in de bodem. Dit kan weer leiden tot een slechte bodemstructuur, slechte waterinfiltratie en verminderde bodemvruchtbaarheid. Daarnaast leiden zoutconcentraties tot een lagere groeisnelheid en bladschade aan gewassen. Ook wordt het voor gewassen lastiger om bepaalde nutriënten op te nemen, wat weer kan leiden tot een nutriëntengebrek en dus lagere opbrengsten. Door zoutstress kan ook de weerbaarheid van gewassen afnemen waardoor ze vatbaarder zijn voor ziektes en plagen.

Het uiteindelijke effect van verzilting is een interactie tussen water, bodem en gewas en kan dus van locatie tot locatie verschillen. Daarom is het van belang om te beginnen met het begrijpen van de lokale problemen (meten, waarnemen, interpreteren) om vervolgens tot actie over te kunnen gaan (handelen op de korte en lange termijn).

Metten en waarnemen

Water

Vaak beginnen de problemen met verzilting bij het water. Dit kan opstijgend grondwater zijn (zoute kwel of grondwater dat omhoog wordt gezogen tot in de wortelzone (dit noemen we capillaire opstijging)) of er wordt gebruik gemaakt van irrigatiewater (grondwater of oppervlaktewater) dat een beetje zout bevat. Ook kan het de ondergrondse drainage zijn die juist het zoute grondwater onder de drains omhoogtrekt.

In alle gevallen is het water dus de bron van het zout en is het belangrijk om met regelmaat de elektrische geleidbaarheid (in het Engels de EC), een maat voor het zoutgehalte in water, te meten.



Afbeelding 1. Kale plekken in het land kunnen het effect zijn van (zoute) kwel.

Naast het meten van het zout in de bodem en in het beregeningswater kunnen er ook in het veld al bepaalde observaties gedaan worden. Kale plekken in het land (zie afbeelding 1) kunnen het effect zijn van zoute kwel, maar om zeker te zijn dat dit echt de oorzaak is moeten er wel weer metingen gedaan worden (het meten van de zoutconcentratie in de bodem en het grondwater). Bij zeer sterke kwel kan het ook zijn dat de planten eerder 'verdrinken' dan dat ze last krijgen van het zout. Als de wortelzone te lang verzadigd is met water dan komt er geen zuurstof meer in de bodem en dit is essentieel voor het in leven blijven van de wortels en dus de plant. Dit hangt natuurlijk ook af van de zoutconcentratie van het water. Er is geen standaard indeling van de zoutconcentratie van het water, maar tabel 1 geeft een aantal richtlijnen die vaak worden gehanteerd.

Een verhoogde EC van het grondwater betekent nog niet dat de wortelzone ook een verhoogde EC laat zien. Onder specifieke omstandigheden "trekt" het grondwater zich als het ware omhoog via kleine gronddeeltjes (capillaire opstijging). Bij hoge temperaturen verdampt dit water aan de oppervlakte en kunnen zouten snel ophopen. Op deze manier kan zout grondwater dus een effect hebben op de zoutconcentratie van de wortelzone. In dit opzicht is het dus belangrijk om de EC van het ondiepe grondwater te meten en te monitoren. Daarnaast kan het belangrijk zijn om de bodemvochtpercentages te monitoren om zo meer inzicht te krijgen in de mogelijke capillaire opstijging.

Het is belangrijk om de zoutconcentratie van het water te meten.

Dit wordt vaak gemeten als EC (in deci-Siemens (dS/m) of micro-Siemens per meter ($\mu\text{S/m}$)).

Er bestaan meerdere sensoren die EC betrouwbaar in water kunnen meten.

De goedkopere versies moeten meestal vaker gekalibreerd worden om betrouwbare waarden te geven.

Tijdens het seizoen moet er vaker gemeten worden; door neerslag en verdamping kunnen zoutconcentraties veranderen. Daarnaast mengt zoet en zout(er) water niet goed, hierdoor kunnen er verschillende zoutlagen ontstaan, zelfs in een sloot met beperkte diepte. Het zoete water drijft hierbij op het zoutere water (zout water is zwaarder). Zo kan het voorkomen dat een sloot van 60 cm diepte in de bovenste 20 cm zoet water bevat, de laag van 20 tot 40 cm kan brak water bevatten en de onderste laag kan dan zelfs (zeer) zout zijn.

Tabel 1. Globale classificatie van (irrigatie)water, op basis van de zoutconcentratie (EC) en de mogelijke effecten op gewas en bodem.

Zoutconcentratie (EC, in dS/m)	Classificatie	Mogelijke effecten op gewassen	Mogelijke effecten op de bodem
< 0,7	Zoet	Geen negatieve effecten te verwachten	Geen negatieve effecten te verwachten
0,7 – 1,5	Zoet tot licht brak	Alleen zeer gevoelige gewassen kunnen last krijgen	Bij veelvuldig gebruik kan zoutophoping plaatsvinden
1,5 – 3,0	Licht brak	Gevoelige gewassen kunnen last krijgen, zelfs bij kortdurende irrigatie	Zoutophoping kan plaatsvinden, mogelijke structuurschade van klei bodems
3,0 – 7,5	Brak	Alleen tolerante gewassen geschikt	Alleen geschikt voor zandige bodems en sommige zavelgronden, hoge mate van doorspoeling noodzakelijk
> 7,5	Sterk brak	Alleen zeer tolerante gewassen geschikt	Alleen geschikt voor zandige bodems en sommige zavelgronden, hoge mate van doorspoeling noodzakelijk



Het genoemde effect in tabel 1 hangt niet alleen af van de zoutconcentratie (gemeten als EC), maar ook kan de manier van irrigeren/beregemen een effect hebben. Zo zal beregening van bovenaf (sprinkler irrigatie), waarbij het water op de bladeren terechtkomt, meestal een groter effect hebben dan bijvoorbeeld druppelirrigatie waarbij het water geen contact maakt met de bladeren (bladeren kunnen snel zouten opnemen waardoor o.a. bruine plekjes en bruine randen op de bladeren ontstaan).

Internationaal wordt de waterkwaliteit onder zilte omstandigheden niet alleen aan de hand van de EC gekenmerkt, maar ook de pH en SAR (Sodium Adsorption Ratio) zijn van belang.

In Nederland is meestal geen sprake van hoge pH (>8,3). Het is wel aan te bevelen om, naast de EC, ook natrium, calcium, magnesium en kalium te meten (om SAR-waarde te berekenen). Van deze zouten is het vooral natrium die voor problemen in de bodem en het gewas zorgt.

Voor meer informatie over de waterkwaliteit en irrigatie met "zout" water, zie FAO (1985) en FAO (1992).

Bodem

Ook voor de bodem is het belangrijk om de zoutconcentratie te meten om te weten aan welke zoutconcentratie de gewassen blootgesteld staan. Daarnaast kan zout ook een effect hebben op de bodemstructuur (en daarmee de bewerkbaarheid), het bodemleven en de nutriëntenbeschikbaarheid. De bodemvruchtbaarheid (chemische, fysische en biologische eigenschappen van de bodem) komt door verzilting ook onder druk te staan.



Afbeelding 2. Het meten van de zoutconcentratie in de bodem en in het (irrigatie) water is van essentieel belang om de uitdagingen op een locatie te begrijpen.

Bodem en zout

Eerst kijken we naar de zoutconcentratie van de bodem. In het veld kan dit door sensoren gemeten worden, maar de meeste van deze sensoren hebben beperkingen. Zo staan de meeste sensoren vaak maar op één plek in het veld (vaste sensoren), terwijl de zoutconcentratie van de bodem op een perceel erg kan verschillen van plek tot plek (dicht bij zoute kwel, lokale compacte bodem, op of naast een drain, dicht bij de sloot, etc.). Ook is het meetbereik in de bodem van de meeste sensoren beperkt tot enkele tientallen centimeters. Er zijn ook "handheld" sensoren waarmee snel op meerdere plekken gemeten kan worden wat vaak een betrouwbaarder beeld geeft. Ook moeten de resultaten van de metingen van de diverse sensoren nog gekalibreerd (omgerekend) worden. Het voordeel is natuurlijk wel dat er (met de vaste sensoren) continue metingen worden verricht, in vergelijking met het nemen van grondmonsters.

Grondmonsters hebben het voordeel dat er een mengmonster gemaakt kan worden van een perceel waardoor er een goed beeld van de gemiddelde zoutconcentratie ontstaat. Een algemene richtlijn (FAO) is om een mengmonster te maken van de bovengrond (bovenste 30 cm) en de ondergrond (30-100 cm diepte). Tijdens het nemen van de grondmonsters is het tegelijkertijd belangrijk om naar het bodemprofiel te kijken, vooral naar de mogelijke aanwezigheid van compacte bodemlagen.

Daarnaast is het aan te raden om ook onder de drains een grondmonster te nemen, om zo een goed beeld te krijgen van de zoutconcentraties op verschillende dieptes. De verzamelde grondmonsters worden (na drogen en zeven (2 mm)) vaak op een simpele manier doorgemeten. Zo is bijvoorbeeld de zogenoemde 1:5 methode gebruikelijk en deze analyse kan bij de meeste laboratoria aangevraagd worden. Voor deze methode wordt 1 deel grond gemengd met 5 delen water en wordt de EC van het water vervolgens gemeten.

Deze resultaten moeten ook nog omgerekend worden. Het beste is om de resultaten om te rekenen naar de waarde voor de internationale standaard, de EC-waarde van het extract van een waterverzadigde bodem (het extract van een "soil saturated paste", de ECe). De omrekeningsfactor verschilt per grondsoort. Zo ligt de omrekeningsfactor voor zavel rond de 9 en voor klei rond de 6. Dus een EC van 2 dS/m gemeten volgens de 1:5 methode voor een kleibodem geeft een ECe van 12 dS/m. De zouttolerantieniveaus van gewassen worden eveneens uitgedrukt op basis van deze ECe.

In tabel 2 is een gangbare indeling van bodem zoutconcentraties te zien.

Ook voor een bodem is de pH en SAR waarde van belang voor de classificatie van verzilting. Voor meer gedetailleerde informatie over zoutmetingen in een bodem, zie Zaman et al. (2018), FAO (2020-a en 2020-b).

Tabel 2. Globale classificatie van bodem, op basis van de bodem zoutconcentratie (ECe) en de mogelijke effecten op gewassen.

Zoutconcentratie (ECe, in dS/m)	Classificatie	Mogelijke effecten gewassen
< 0,7	Zoet	Geen negatieve effecten te verwachten
0,7 – 1,5	Zeer licht zout	Extreem zout gevoelige gewassen kunnen last krijgen
1,5 – 4,0	Licht zout	Gevoelige gewassen kunnen last krijgen
4,0 – 8,0	Matig zout	Alleen matig tolerante gewassen geschikt
8,0 – 12,0	Sterk zout	Alleen zouttolerante gewassen geschikt
12,0 – 16,0	Zeer sterk zout	Beperkt aantal zeer tolerante gewassen geschikt
> 16,0	Extreem zout	Alleen halofyten geschikt voor teelt

Bodemstructuur

Om de mogelijke effecten van zout op de bodemstructuur in kaart te brengen, wordt vaak gekeken naar de CEC (Cation Exchange Capacity) oftewel het klei-humus complex. Zoals het Nederlandse woord al zegt is dit vooral van belang in klei bodems.

Een bodem met een goede structuur heeft een hoge calcium bezetting in de CEC. Dit zorgt voor een bodem met een goede binding tussen de kleine kleibodemdeeltjes waardoor er als het ware grote deeltjes (aggregaten) ontstaan van aan elkaar geplakte kleideeltjes en organisch materiaal.



Hierdoor is er voldoende open ruimte in de bodem voor lucht (zuurstof) en water (waterinfiltratie en drainage). Bij verzilting kan calcium door natrium (maar ook door magnesium) verdrongen worden waardoor de binding tussen de bodemdeeltjes minder sterk wordt. Dit kan weer leiden tot het 'dichtslaan' van de bodem waarbij die grotere aggregaten uiteenvallen en waardoor er minder zuurstof in de bodem zit en water niet (makkelijk) kan weglopen naar diepere lagen. Tijdens regen of beregening kan dit leiden tot waterstagnatie (plassen). Een droge, verzilte (klei)bodem kan juist heel hard worden, wat weer problemen oplevert met kieming en oogsten. De genoemde effecten treden dus vooral op bij bodems die rijk zijn aan klei. Deze structuurschade, en daarmee negatieve gevolgen voor bijvoorbeeld waterinfiltratie, treden bij een zandbodem in principe niet op.



Voor het meten van de mogelijke schade aan de bodemstructuur is het dus van belang om vast te stellen wat de bodemtextuur is (fracties aan zand, leem en klei) en wat de verhouding (SAR waarde) en bezettingsgraad van calcium, natrium en magnesium, maar ook kalium, in de CEC is.

Dit kan met een laboratoriumanalyse worden vastgesteld. De visuele effecten in het veld kunnen zijn: matige kieming en ontwikkeling van zaailingen, ondiepe beworteling, variatie in planthoogte in het veld, matige waterinfiltratie en waterstagnatie na (be)regen(ing), korstvorming in opgedroogde plassen, droge bodem (extreem) hard, en veel scheuren in de droge bodem.



Bodemleven en bemesting

Er zijn verschillen in zouttolerantie ten aanzien van het bodemleven. Als we alleen even kijken naar schimmels en bacteriën, dan treedt er bij een verhoogde zoutconcentratie in het algemeen een verschuiving op van schimmels naar bacteriën. Veel gewassen zijn afhankelijk van (mycorrhiza) schimmels voor een optimale groei en dus kan deze verschuiving een negatief effect hebben op de groei en opbrengst van een gewas.

Ook de nutriëntenbeschikbaarheid kan veranderen en daarmee ook de opname door gewassen. Een hogere concentratie van natrium en chloride in het bodemvocht zal een effect hebben op de beschikbaarheid en opname van nutriënten zoals bijvoorbeeld kalium, fosfaat, calcium en nitraat. In sommige gevallen kan de pH van de bodem oplopen (meestal niet het geval in Nederland), wat vaak weer een effect heeft op de beschikbaarheid van met name micro-nutriënten.

Verzilting kan dus leiden tot een nutriënten gebrek, wat weer zorgt voor verminderde groei en opbrengst. Zowel de biologische als de chemische eigenschappen van de bodem zijn het beste aan de hand van de bodemanalyse in het lab te bepalen.

Meer achtergrondinformatie over de diverse aspecten van bodemverzilting is te vinden in FAO (1998).



De zouttolerantie van een gewas wordt vaak uitgedrukt als de maximale zoutconcentratie waarbij nog geen gewasschade optreedt (de drempelwaarde). Het effect van zout op een gewas is echter complex en deze drempelwaarde is in de praktijk geen vast getal. Het ligt dus voor de hand om niet uit te gaan van één vast getal maar eerder van een bepaalde bandbreedte of richtlijn waarbinnen de eerste gewasschade zou kunnen optreden.

Daarnaast zijn er vaak verschillen in zouttolerantie tussen rassen. Zo kan bijvoorbeeld de zouttolerantie van een aardappel wel met een factor 3 verschillen tussen rassen.

De tolerantie is ook afhankelijk van het groeistadium van het gewas en tijdsduur van de blootstelling aan zout. Zo zal een verhoogde zoutconcentratie rond de kieming en de eerste groei meestal een groter effect hebben dan een zoutpiek aan het einde van het seizoen.

Het (lokale) klimaat, bodemcondities en de gebruikte teeltmethode hebben ook een effect op de tolerantie. De zoutmeting in de bodem zal altijd wat variatie laten zien, waardoor het effect op de gewassen minder goed is in te schatten.

Door al deze factoren is het niet mogelijk om over "de" zouttolerantie van een gewas te spreken, en is het beter om van een bepaalde bandbreedte uit te gaan, waarbinnen de eerste negatieve effecten mogelijk optreden. Aanvullend onderzoek is nodig om deze bandbreedtes voor specifieke gewassen en rassen verder te verkleinen.



Afbeelding 3. De zouttoleranties verschillen niet alleen tussen gewassen, maar ook tussen rassen kunnen er verschillen zijn.

Meer achtergrondinformatie over de diverse aspecten van zouttolerantie is te vinden in *FAO (2002)*, *De Vos et al. (2016, 2018)*, *Stuyt et al. (2016)*, en *Van Straten et al. (2019 en 2021)*.

Interpreteren

Als zout water wordt gebruikt voor beregening, dan zullen de effecten op de bodem en gewassen een stuk duidelijker en directer zijn dan met opstijgend grondwater. Uiteraard is de daadwerkelijke zoutconcentratie van belang, net zoals de grondsoort, de manier van beregenen, en het gewas/ras.

Zo zal zout op een zandige bodem snel kunnen uitspoelen (tijdens extra beregening of bij voldoende neerslag (in de winter)) en dit is waarschijnlijk ook voor de meeste zavel bodems het geval.

Voor een (zware) kleibodem is dit niet zo. Bij kleibodems kan de bodemvruchtbaarheid (chemisch, fysisch en biologisch) snel verminderen door verzilting.



De mate van de verschillende effecten van verzilting hangt dus samen met vele factoren, zoals:

- de daadwerkelijke zoutconcentratie
- het bodemtype en andere bodemeigenschappen
- de manier waarop de zouten in de plant terecht komen
- de zouttolerantie van het gewas en ras
- in welke groeifase de zoutstress optreedt en hoe lang
- en het klimaat en de teeltmethode zelf

Elke situatie zal weer anders kunnen uitpakken waardoor het lastig is om te spreken van een standaard manier om met verzilting om te gaan. Het interpreteren van de meetresultaten kan lastig zijn, maar er zijn enkele standaard richtlijnen die gevolgd kunnen worden. Dit begint met het meten van zout in het water en in de grond. Een veilige richtlijn voor de EC-waarde van het beregeningswater en voor de bodem (voor gevoelig gewas en matig tolerant gewas) wordt in tabel 3 gegeven.

Tabel 3. Richtlijn voor de EC-waarden (in dS/m) voor beregening via druppelirrigatie (op een zandbodem of op een kleibodem) en de ECe-waarden van de bodem (voor zout gevoelig gewas en matig tolerant gewas) *.

	Geen negatief effect verwacht	Mogelijk negatief effect	Waarschijnlijk negatief effect
Beregening zandbodem	<0,7	0,7 – 3	> 3
Beregening kleibodem	< 0,7	0,7 – 1,5	> 1,5
Zoutconcentratie bodem (ECe), gevoelig gewas	< 1,5	1,5 - 4	> 4
Zoutconcentratie bodem (ECe), matig tolerant gewas	< 4	4 - 8	> 8

* andere bodemeigenschappen, het type beregening, de zouttolerantie van het ras, de groeifase van het gewas, de duur van de blootstelling, het klimaat en de teeltmethode zelf hebben ook invloed op de mogelijke negatieve effecten van het zout

Handelingsperspectief verzilting

Zoals gezegd kan een handelingsperspectief gezien worden als een handvat voor actie.

Aangezien verzilting een effect heeft op water, bodem en gewas moet er naar al deze zaken gekeken worden. Sommige acties kunnen op de korte termijn (tijdens het seizoen) de effecten van verzilting verminderen, andere acties kijken meer naar de lange termijn (maatregelen voor komende seizoenen).

Hierbij kan rekening gehouden worden met het voorkomen van verzilting (ervoor zorgen dat er geen zouten in het water en de bodem terecht komen), andere maatregelen kijken naar het verminderen van de effecten van verzilting (bijvoorbeeld ervoor zorgen dat een gewas zo min mogelijk stress heeft) en in sommige gevallen is het beter om te kijken naar het aanpassen aan verzilting (bijvoorbeeld meer tolerante gewassen en rassen gebruiken).





Water

Als de EC van het grondwater bekend is, en capillaire opstijging vindt plaats in combinatie met langdurige verdamping, dan is er ook een kans dat de zoutconcentratie van de wortelzone omhoog gaat. Als deze EC hoger is dan de maximale zoutconcentratie die het gewas kan verdragen, dan is actie gewenst.

Deze actie kan bijvoorbeeld bestaan uit:

- (extra) irrigatie (om zo de opstijging van het grondwater tegen te gaan)
- een grondbewerking (een losse grondlaag vermindert de opstijging)
- door het opbrengen van een mulch laag, liefst organisch (stro) maar plastic werkt ook om de verdamping te verminderen (en zo de opstijging van het grondwater te verminderen).

Het voordeel van organische mulch is dat die op de langere termijn ook bijdraagt aan het omhoog brengen van het organische stofgehalte in de bodem, wat een flink aantal positieve effecten heeft op de bodem (zie sectie 'Handelen lange termijn, bodem').



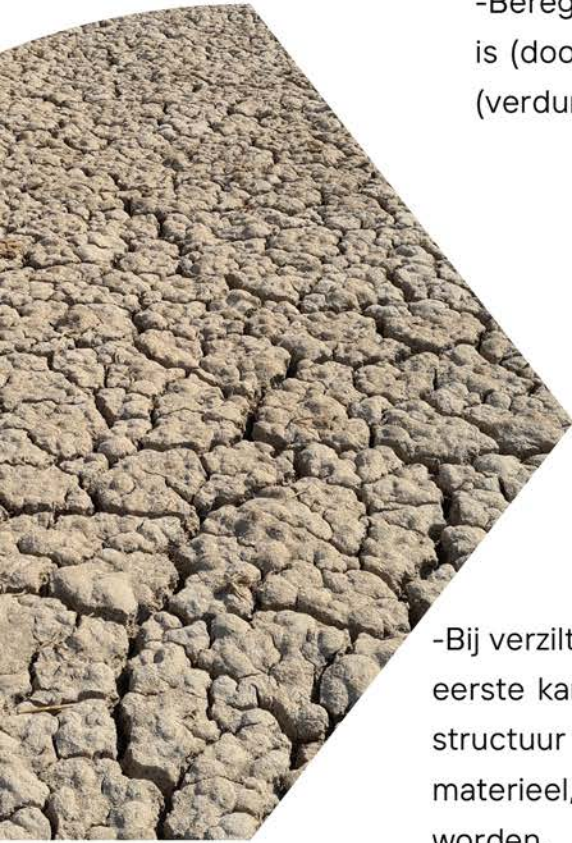
- Als de EC van het irrigatiewater hoger is dan 0,7 is het altijd aan te raden om niet met sprinklers te irrigeren, omdat brak water op de bladeren snel tot schade leidt (als vooral natrium als zout aanwezig is). Het is dus de moeite waard om bijvoorbeeld in druppelirrigatie te investeren wanneer bekend is dat de kwaliteit van het irrigatiewater niet optimaal is.

- Vaak verschillen de zoutconcentraties van verschillende waterlagen en verschillende sloten. Zoek dus altijd de plek met de laagste zoutconcentraties en gebruik dat voor beregening. Als er oppervlaktewater wordt gebruikt, zorg er dan voor dat de pomp alleen de bovenste waterlaag opzuigt.

- Bij beregening, zorg ervoor dat er niet te veel maar ook zeker niet te weinig wordt beregend. Indien er met zout water is beregend, dan mag de bodem minder ver uitdrogen dan normaal, anders worden de aanwezige zouten te veel geconcentreerd in het bodemvocht (de mate waarin zoutconcentratie mag oplopen tussen twee beregeningen is uiteraard ook afhankelijk van de mate van zouttolerantie van het gewas). Als neerslag uitblijft kan het dus noodzakelijk zijn om door te gaan met het beregenen met het zoute water om te voorkomen dat de bodem te veel uitdroogt.

Het is dan wel van belang om extra te beregenen (doorspoelen), zodanig dat het water tot onder de wortelzone wegspoelt, om zoutophoping te voorkomen. Deze extra hoeveelheid beregeningswater is afhankelijk van het zoutgehalte van het irrigatiewater en van de zouttolerantie van het gewas en kan vrij nauwkeurig berekend worden. Er bestaan verschillende online tools om dit te doen (zie bijvoorbeeld de online 'leaching fraction calculator' van Pitton et al., 2019). Een waterretentiecurve (pF-curve) van een lab-analyse kan gebruikt worden om de veldcapaciteit te bepalen en daarmee de bovengenoemde irrigatiestrategie.

-Beregen in de nacht of vroege ochtend zodat de bladschade minder is (door minder actief gewas (minder bladopname) en dauw vorming (verdunning)).



Bodem



De meeste maatregelen die voor een bodem genomen kunnen worden, kunnen het beste voor of na het teeltseizoen uitgevoerd worden. De vraag is of dit onder maatregelen voor de korte termijn vallen of de lange termijn. Hieronder worden een aantal richtlijnen gegeven die op jaarbasis uitgevoerd kunnen worden.

-Bij verzilting kan de bodemvruchtbaarheid onder druk komen te staan. Als eerste kan er gekeken worden naar een minimale grondbewerking om de structuur zo veel mogelijk intact te houden. Ook het gebruik van zwaar materieel, wat de bodem verder verdicht, dient tot een minimum beperkt te worden.

-Het toevoegen van kalk (als pH laag is) of gips is de meest gebruikte vorm om extra calcium aan de bodem toe te voegen, om zo de CEC (klei-humus complex) te bufferen of te verbeteren. De hoeveelheid kan verschillen en kan het beste aan de hand van een lab analyse worden vastgesteld. Meestal wordt zo'n 2 tot 4 ton per hectare per jaar toegevoegd.

-Een te hoge magnesium bezetting in de CEC vindt vaak plaats bij verzilting en dit zorgt voor een slechtere bodemstructuur. Zorg ervoor dat er dan geen extra magnesium aan de bodem wordt toegevoegd (magnesium zit vaak in meststoffen). Ook zijn er meststoffen waar natrium of chloride inzit, het gebruik hiervan dient vermeden te worden.

-Het organische stof percentage van de bodem is van belang voor de bodemstructuur (de humus in het klei-humus complex). Organische stof kan de bodemstructuur ook bufferen en verbeteren en daarmee dus de mogelijke problemen van verzilting verminderen. Een hoeveelheid van 3 ton (effectieve organische stof) per hectare per jaar is het minimum.

-Naast compost is stalmest ook een goede bron voor het toevoegen van organische materiaal. Het extra voordeel is dat deze toevoegingen ook het bodemleven vaak verbeteren. Hierbij moet vooral gekeken worden naar het verbeteren van de omstandigheden voor het optimaal functioneren van (mycorrhiza) schimmels. Dit bodemleven is essentieel voor een goede optimale groei van het gewas.

-Er zijn diverse studies die laten zien dat het toevoegen van biostimulanten de opbrengst onder zilte omstandigheden kunnen verhogen. Biostimulanten kunnen toegevoegd worden aan de bodem, maar ook als coating op het zaad of als bladbemesting. Vooral biostimulanten op basis van plantenextracten laten goede resultaten zien, vooral bij groentes (in een droog klimaat). In de regel is het effect groter daar waar de omstandigheden slechter zijn. Het is daarbij belangrijk dat er specifiek gekeken wordt naar datgene waar een gebrek aan is om aan de hand daarvan de meest geschikte biostimulant uit te kiezen. De meeste studies hierover komen uit het buitenland, wat de exacte toegevoegde waarde in Nederland zal zijn dient nog vastgesteld te worden.

-De nutriëntenbeschikbaarheid en -opname kan door verzilting onder druk komen te staan. In sommige gevallen kan een extra kalium bemesting van toegevoegde waarde zijn. Ook kan bladbemesting (o.a. nitraat) goed werken, aangezien de nutriënten dan rechtstreeks in het blad terecht komen en er geen problemen zijn met de opname via de bodem. Een meststof die goed oplosbaar calcium bevat is niet alleen goed voor de bodem (CEC), maar ook veel gewassen hebben extra calcium nodig onder zilte omstandigheden.

-Zorg voor een goede beluchting van de bodem. Dit kan bijvoorbeeld door het telen op verhoogde bedden. Een goede bodemstructuur zorgt ook voor een goede beluchting.

Gewas

Op korte termijn is vooral het verminderen van stress van belang voor het gewas.

-Zorg ervoor dat er geen waterstress optreedt (te veel of te weinig). Als er zout water gebruikt moet worden, bouw dit dan langzaam op zodat de planten tijd hebben om zich hiervoor aan te passen (irrigeer in kleinere hoeveelheden over een langere periode).

-Het gebruik van biostimulanten en gerichte (blad)bemesting (zie tekst hierboven, "handelen korte termijn bodem") kan de groei ook ondersteunen en verbeteren.

-Zorg voor een goede beluchting van de bodem zodat de wortels goed kunnen ontwikkelen. Compacte lagen in de bodem dienen open gebroken te worden.





Water

-Zorg voor zoetwater buffering zodat dit beschikbaar is tijdens droogte.

-Verander de beregeningstechniek, zorg ervoor dat zout irrigatiewater geen contact maakt met de bladeren (installeer bv druppelirrigatie).

-Werk met precisie-irrigatie (vochtpercentage bodem, veldcapaciteit, evapotranspiratie, gewasstadium, verwachte neerslag,...), zodat er nooit te veel of te weinig water wordt gegeven.



Bodem

-Voeg in het najaar de kalk of gips op zodat dit tijd heeft om in te werken en dat de bodemstructuur zo optimaal mogelijk is voor water infiltratie. Het neerslagoverschot in de herfst en winter kan dan zo de opgehoopte zouten weer uitspoelen.

-Zorg voor een vlak perceel (egaliseren/kilveren) zodat water zo uniform mogelijk de bodem inloopt en zo de zouten zo uniform mogelijk kan uitspoelen.

-Pas op met het gebruik van zware machines en bodembewerkingen die de bodemverdichting nog meer verslechteren.

-Investeer in extra drainage, zeker in het geval van sterke zoute kwel.

-Zorg ervoor dat via de bemesting (minerale meststoffen, maar ook de compost en stalmest en andere organische meststoffen) zo min mogelijk natrium en chloride op het land komt, maar in veel gevallen dient er ook geen extra magnesium meer op het land te komen.

-Een hoog gehalte aan organische stof is gunstig voor gewasteelt onder zilte omstandigheden, dus probeer dit elk jaar een beetje omhoog te krijgen.

De positieve effecten van een hoog organisch stofgehalte in de bodem zijn onder andere: een beter watervasthoudend vermogen, het is goed voor het bodemleven, het is goed voor de bodemstructuur en de bewerkbaarheid, het houdt nutriënten goed vast en buffert ze, et cetera.

Gewas



-Zorg voor continue bodembedekking, dus ook in de winter, voor optimale waterinfiltratie en bodemverbetering.

-Zorg voor goede gewasrotatie, waarbij ook gebruik wordt gemaakt van diepwortelende gewassen om zo de waterinfiltratie en drainage verder te verbeteren, en eventuele compacte lagen open te breken.

-Nu er steeds meer bekend is over de zouttolerantie van verschillende gewassen en rassen kan er bij de planning van het teeltseizoen en de rotatie voor de komende jaren al rekening gehouden worden met het selecteren van gewassen en rassen die beter tegen zout kunnen.

Zoals eerder vermeld kan de zouttolerantie van verschillende aardappelrassen wel met een factor drie verschillen, en als de verwachting is dat er gedurende het teeltseizoen verzilting te verwachten is, dan is het aan te raden om een meer tolerant ras te kiezen.





- De Vos AC, Bruning B, van Straten G, Oosterbaan R, Rozema J, van Bodegom P. 2016. Crop salt tolerance under controlled field conditions in The Netherlands, based on field trials conducted by Salt Farm Texel. Report 39 pages.
- De Vos AC, Bruning B, Parra Gonzalez A, van Straten E, Meerkerk A. 2018. Effects of salinity on the growth of different crops and the potential for saline farming. Report.
- FAO, 1985. Water quality for agriculture. Irrigation and drainage paper 29, rev. 1.
- FAO, 1992. The use of saline waters for crop production. FAO Irrigation and drainage paper 48.
- FAO, 1998. Salt-affected soils and their management. FAO Soil Bulletin 39.
- FAO, 2002. Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas. FAO irrigation and drainage paper 61.
- FAO, 2020-a. Soil testing methods – Global Soil Doctors Programme – A farmer-to-farmer training programme. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca2796en>
- FAO, 2020-b. Mapping of salt-affected soil: Technical manual. <https://doi.org/10.4060/ca9215en>.
- Bruno Pitton, Lorence Oki, John Majsztrik, Saurav Kumar (2019). Leaching Fraction Calculator. <https://ocviz.com/CW3/LF/lf.html> [access date: 2023-05-10]
- Stuyt LCPM, Blom-Zandstra M, Kselik RAL, 2016. Inventarisatie en analyse zouttolerantie van landbouwgewassen op basis van bestaande gegevens. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2739. 158 blz
- Van Straten G, De Vos AC, Rozema J, Bruning B, van Bodegom PM. 2019. An improved methodology to evaluate crop salt tolerance from field trials. Agricultural Water Management 213, 375-387.
- Van Straten G, Bruning B, De Vos AC, Parra Gonzales A, Rozema J, van Bodegom PM. 2021. Estimating cultivar-specific salt tolerance model parameters from multi-annual field tests for identification of salt tolerant potato cultivars. Agricultural Water Management 252, 106902
- Zaman M, Shahid SA, Heng L. 2018. Guideline for salinity assessment, mitigation and adaptation using nuclear and related techniques. Joint FAO/IAEA Programme. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3>

