

De verzilting en het gebruik van sproeiwater in de akkerbouw

Ir. T. Couwenhoven – Instituut voor Cultuurtechniek en waterhuishouding te Wageningen

In het Nederlandse kustgebied wordt, ten gevolge van het optredende neerslagoverschot in de wintermaanden, over het algemeen een voor de land- en tuinbouwgewassen voldoende grote voorraad zoet water aangelegd. In normale omstandigheden is de grond in het voorjaar daarom volledig ontzilt.

In gebieden met een grote, zoute kwelintensiteit en op droogtegevoelige gronden echter is dit niet het geval en is aanvulling van het bodemvocht noodzakelijk. Aangezien zowel het open water als het diepe grondwater in deze gebieden vaak sterk is verzilt, is de kans op opbrengstdepresies bij beregening als gevolg van zoutschade groot. In enige tabellen is voor een aantal gewassen het Cl-gehalte gegeven waarbij resp. 10 en 25% opbrengstderving optreedt.

Het in het sproeiwater toelaatbare Cl-gehalte volgt uit het gegeven dat het bodemvocht na beregening – afhankelijk van de hoeveelheid en het Cl-gehalte van het gebruikte water – ongeveer 0,5 tot 1,5 maal het gehalte van het sproeiwater heeft.

Overstroming met zeewater heeft tot gevolg dat de structuur van de bodem wordt afgebroken en dat het zoutgehalte van het bodemvocht toeneemt.

Als voornaamste conclusies zouden genoemd kunnen worden:

a produktieverliezen ten gevolge van verzilting kunnen slechts door doorspoeling worden verminderd;

b na overstroming door zeewater kan de structuur in een à twee winters worden hersteld door calciumhoudende meststoffen te strooien. Ook het zoutgehalte blijkt dan zó ver te zijn afgenomen dat weer landbouwgewassen kunnen worden verbouwd.

Red.

Hoewel Nederland een waterrijk land is, bestaan er toch problemen ten aanzien van de watervoorziening in de land- en tuinbouw. Dit is onder andere het gevolg van de kwaliteit van

het water. In de zomermaanden treedt een neerslagtekort op, hetgeen tot gevolg heeft dat op droogtegevoelige gronden beregening van gewassen noodzakelijk is voor het verkrijgen van een optimale vochtvoorziening. Aangezien in het kustgebied het grond- en het open water echter vaak sterk verzilt zijn, is hier de kans op opbrengstderving bij beregening als gevolg van zoutschade groot.

Ook zonder dat er sprake is van verzilting kan bij beregening schade aan de gewassen ontstaan. Bevat het sproeiwater bij voorbeeld meer dan 250 mg bicarbonaat per liter dan treedt reeds schade op bij Ericaceeën (Arnold Bik, 1969). Gewasverbranding en bruinkleuring kunnen optreden als het sproeiwater meer dan 5 mg Fe/l bevat (Van den Ende, 1970). Dit verschijnsel is onderzocht bij kasteelten. Het lijkt echter waarschijnlijk dat hierdoor ook schade kan optreden bij vollegrondsteelten als spinazie e.d. Een hoog ijzergehalte is evenwel alleen te verwachten indien voor beregening gebruik wordt gemaakt van diep grondwater (Van Rees Vellinga, 1965, 1971).

De verzilting is reeds lange tijd onderwerp van studie en de bestrijding ervan heeft al jaren bijzondere aandacht. Dat deze bestrijding niet altijd voldoende succes heeft gehad is gedeeltelijk te wijten aan factoren die buiten Nederland liggen. De twee belangrijkste zijn onze lange kustlijn en het tot nu toe steeds toenemende zoutgehalte van het Rijnwater.

De mate van verzilting wordt meestal aangegeven door het Cl-gehalte in mg/liter.

De waterbehoefte van de plant

Planten dekken hun waterbehoefte door het uit het bodemvocht te onttrekken. In de volle grond wordt dit aangevuld door neerslag en capillaire opstijging vanuit het grondwater. Alleen in droge perioden en op droogtegevoelige gronden is aanvulling door beregening noodzakelijk.

Is men voor beregening aangewezen op verzilt

water dan zal men een keuze moeten maken tussen niet beregenen en een zekere droogteschade accepteren en wel beregenen met als gevolg het optreden van zoutshade. Het is dus van belang om na te gaan waardoor en in welke mate het zoutgehalte van het bodemvocht wordt beïnvloed en hoe deze beïnvloeding zo nodig kan worden beperkt.

Factoren die het zoutgehalte van het bodemvocht beïnvloeden

Verziltzing van het bodemvocht kan worden veroorzaakt door zoute kwel, infiltratie van zout water vanuit open waterlopen, beregening met zout water, bemesting, en overstroming met zout water.

In de volle grond wordt het zoutgehalte van het bodemvocht echter sterk beïnvloed door een andere factor, namelijk het neerslagoverschot in de winter. Ten gevolge hiervan stijgt de grondwaterspiegel tot boven slooppeil. Hierdoor ontstaat een zoetwaterzak, welke in dikte kan variëren van enkele meters tot meer dan 10 m (Kouwe, 1968; Van der Weerd, 1968, figuur 1a). De dikte is afhankelijk van de zoute kwelintensiteit, het al of niet optreden van slecht doorlatende lagen en terreingolven. Door het, in de zomer optredende, verdampingsoverschot daalt de grondwaterspiegel en stijgt de zoet/zout-grens totdat weer een evenwicht is bereikt. Zodra het grondwaterpeil lager is dan het slooppeil, treedt infiltratie op van water vanuit de sloot (figuur 1B). Omdat de uittredeweerstand van open waterlopen echter groot is, is de infiltratie zeer gering. Rijtema (1968) berekende dat deze maximaal 1,5 à 2 mm/etm. bedraagt. De invloed op het

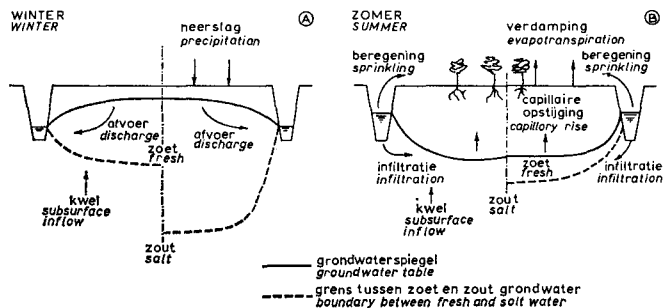
zoutgehalte van het grondwater reikt daarom slechts tot op enkele meters van de slootrand (Van der Valk, 1969).

Onder Nederlandse omstandigheden is de in de winter opgebouwde zoetwatervoorraad in het algemeen groot genoeg om in de zoetwaterbehoefte van de plant te kunnen voorzien. In gebieden met een grote, zoute kwelintensiteit en op droogtegevoelige gronden zal dit echter niet het geval zijn. Zodra de zoetwatervoorraad is verbruikt, kan het zoute water de wortelzone bereiken door capillaire opstijging. De in de wortelzone geaccumuleerde zouten spoelen echter in een winter met een normaal neerslagoverschot weer uit.

Indien ter aanvulling van het neerslagtekort in de zomer wordt beregend met verzilt water, brengt men het zout direct in de wortelzone. Het beregeningswater verdampt en de erin opgeloste zouten blijven in de wortelzone achter. De zoutconcentratie van het bodemvocht stijgt hierdoor. In hoeverre dit de produktie zal beïnvloeden is afhankelijk van de bodemvochtvoorraad bij de aanvang van de beregening, de grondsoort, de totale regengif en het gewas. In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de eindconcentratie van het bodemvocht in afhankelijkheid van de grootte van de regengif en de concentratie van het gebruikte water in mg Cl/l. Aangenomen wordt dat de hoeveelheid neerslag tijdens de beregeningsperiode nul is, evenals de concentratie van het bodemvocht bij aanvang van de beregening. De vochtvoorraad bij aanvang en beëindiging van de beregeningsperiode wordt op 100 mm gesteld. Onder Nederlandse omstandigheden is een regengif van 300 mm per groeiseizoen in de

Fig. 1 Schema van de zoetwatervoorraad in de bodem, met en zonder kwel, in zomer en wintertoestand (naar Van der Weerd, 1968)

Fresh water storage in the soil in summer and winter, with and without subsurface inflow (after Van der Weerd, 1968)



landbouw en de vollegrondstuinbouw ongeveer het maximum dat verwacht kan worden. Aanvulling van de vochtvoorraad in de bodem door beregening kan dus een sterke stijging van de zoutconcentratie van het bodemvocht tot gevolg hebben.

Concentratieverhoging van het bodemvocht kan bij de beregening worden tegengegaan door een hoeveelheid water toe te voeren, welke groter is dan nodig voor aanvulling van de vochtvoorraad. Deze extra hoeveelheid dient dan om de grond door te spoelen. Het doorspoelwater vermengt zich met het bodemvocht en neemt bij afvoer door het drainagesysteem een deel van de in de grond opgehoopte zouten mee. Omdat bij doorspoeling het zoutgehalte van het bodemvocht op zijn best gelijk kan worden aan het zoutgehalte van het beregeningswater zou, wanneer zowel het slootwater als het grondwater sterk verzilt zijn, geadviseerd kunnen worden om gebruik te maken van leidingwater. Dit verhoogt de kosten van beregening echter sterk. Volgens Hellings (1969) zijn de kosten van beregening met slootwater (gratis) ongeveer 10 à 20 ct/m³. Indien leidingwater wordt gebruikt dan komt hier nog 30 à 40 ct/m³ bij. De te bereiken opbrengstverhogingen moeten dus aanzienlijk zijn. Dit is in de vollegrondstuinbouw en de landbouw in het algemeen niet het geval.

Tabel 1 Gemiddeld Cl-gehalte van het bodemvocht tijdens het groeiseizoen in afhankelijkheid van het Cl-gehalte van het sproeiwater en de totale sproeiwatergift

Totale sproeiwatergift (mm)	Gemiddelde concentratie van het sproeiwater (mg Cl/l)			
	200	500	1000	1500
100	100	250	500	750
200	200	500	1000	1500
300	300	750	1500	2250

Water supply (mm)	Mean Cl content of sprinkling water (ppm)
100	100
200	200
300	300

Table 1 Mean Cl content of the soil moisture during the growing season, as a consequence of the Cl content of the sprinkling water and the amount supplied

Bemesting zal meestal slechts een geringe verhoging van de concentratie van het bodemvocht veroorzaken. Maschhaupt (1941) berekende dat door middel van kunstmest in de landbouw gemiddeld slechts 20 kg Cl/ha wordt gegeven, hetgeen overeenkomt met de hoeveelheid die wordt aangevoerd door een totale gift van 300 mm water met een concentratie van 6,6 mg Cl/l.

Het vraagstuk van de verzilting van het bodemvocht door overstroming met zeewater verdient aparte aandacht. Zeewater heeft namelijk een hoog natriumgehalte. In met zeewater overstromde gronden wordt het aan het adsorptiecomplex gebonden calcium vervangen door natrium. Voor zover het adsorptiecomplex bestaat uit klei, treedt na deze omwisseling peptisatie op. De structuur van de grond gaat verloren, waardoor de doorlatendheid voor water kleiner wordt. Dit beïnvloedt de afwatering ongunstig. Bovendien wordt de grond moeilijker te bewerken. De structuur van de grond kan worden verbeterd door calciumhoudende stoffen te strooien. Na een à twee winters blijkt de structuur dan weer hersteld te zijn (Schade en Herstel, 1954). De ervaring in Zeeland heeft bovendien geleerd, dat de ontzilting na twee à drie winters reeds zo ver kan zijn gevorderd dat weer gewassen kunnen worden geteeld (Van den Berg, 1950; Verhoeven en Akkermans, 1967; Schade en Herstel, 1954). Na het strooien van calciumhoudende stoffen is na één winter reeds 80% van het zout uitgespoeld.

Gewasreactie op het Cl-gehalte van het bodemvocht

Door Van den Berg (1950) zijn gegevens verzameld over de invloed van het zoutgehalte van het bodemvocht op de opbrengst van diverse landbouwgewassen. In tabel 2 en in figuur 2 zijn deze gegevens voor een aantal gewassen samengebracht.

Uit de tabel blijkt dat er nogal wat verschillen in gevoeligheid optreden. Zomergerst en haver zijn vrij ongevoelig, aardappelen en uien nemen een tussenpositie in en erwten en bonen zijn weinig tolerant.

Van den Berg koppelde de opbrengstdepres-

sies aan het zoutgehalte in de laag van 5–20 cm diepte bij het zaaien. De in tabel 2 vermelde gegevens zijn echter niet zonder meer overdraagbaar op normale situaties, omdat deze werden verzameld op gronden welke in de periode 1944/'45 geïnundeerd zijn geweest. De bouwvoor bevatte bij de inzaai in het voorjaar reeds een zekere hoeveelheid zout. Normaal is het zout door het neerslagoverschot in de winter uitgespoeld en vindt de kieming plaats in een zoet milieu. In een latere publikatie vermeldt Van den Berg (1952) dat de zoutgevoeligheid tijdens de kieming anders is dan in latere groeistadia. In tabel 3 is dit voor een aantal gewassen weergegeven.

Het is dus mogelijk dat, wanneer de kieming plaatsvindt onder zoete omstandigheden en pas daarna het zoutgehalte toeneemt, de in tabel 2 gegeven opbrengstdepressies bij andere zoutgrenzen liggen. Ten gevolge van het in de zomer opgetreden verdampingsoverschot zal

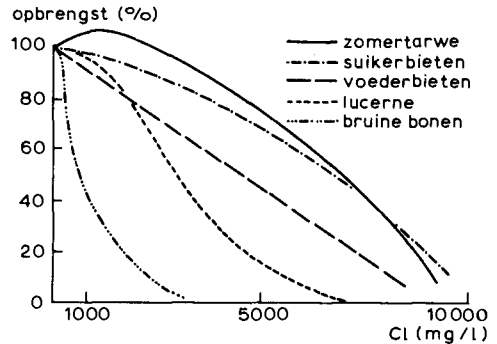


Fig. 2 Verband tussen het Cl-gehalte van het bodemvocht in de laag van 5–20 cm diepte bij het inzaaien en de opbrengst in % van de opbrengst op niet verzilte grond (naar Van den Berg, 1950)
Production (%) as a function of Cl content of soil moisture (ppm) in the layer of 5–20 cm depth at sowing time of the crops: wheat, sugar beets, fodder beets, lucerne and brown beans respectively (after Van den Berg, 1950)

Tabel 2 Cl-gehalte van het bodemvocht in mg/l, waarbij resp. 10 en 25% opbrengstdepressie optreedt, onder gemiddelde groeiomstandigheden (naar Van den Berg, 1950)

Gewas	Crop	Opbrengstdepressie	
		10%	25%
Zomergerst	Spring barley	4200	6070
Voederbieten, wortel	Fodder beets, roots	1030	4860
Voederbieten, droge stof	Fodder beets, dry weight		3950
Suikerbieten, wortel	Sugar beets, roots	670	4550
Suikerbieten, droge stof	Sugar beets, dry weight		4250
Haver	Oats	2960	3950
Spinazie (schatting)	Spinach (estimation)		> 3300
Lucerne (schatting)	Lucerne (estimation)	1200	3600
Zomertarwe	Spring wheat	1940	2430
Vlas, opbrengst	Flax, yield		2430
Vlas, vezelkwaliteit	Flax, fibre quality		1820
Rode klaver (schatting)	Red clover (estimation)		1800
Aardappelen, knol	Potatoes, yield	910	1820
Aardappelen, consumptiekwal.	Potatoes, quality		1010
Uien, (zaai-)	Onions (seed)	1100	1520
Wierbonen	Broad beans	910	1210
Blauwmaanzaad	Poppy seed	850	1010
Erwten	Peas	240	360
Bruine bonen	Brown beans	180	300
Witte bonen	White beans	180	240

Table 2 Cl content (ppm) of soil moisture which causes 10% respectively 25% yield depression (after Van den Berg, 1950)

het zoutgehalte van het bodemvocht gedurende het groeiseizoen zijn gestegen. Indien de opbrengstdepressies zouden zijn gekoppeld aan het gemiddelde Cl-gehalte tijdens het groeiseizoen, dan zouden de zoutgrenzen zeer waarschijnlijk hoger hebben gelegen. Het is voor de praktijk echter raadzaam aan de veilige kant te blijven en de gegeven getallen te hanteren, zij het met enige voorzichtigheid. Gebleken is dat tolerante en middelmatig gevoelige gewassen als suikerbieten en aardappelen in natte jaren een aanmerkelijk hoger zoutgehalte kunnen verdragen dan in droge jaren. Voor gevoelige gewassen als erwten geldt dit niet (tabel 4) (Van den Berg, 1950).

Zijlstra (1946) bepaalde de zouttolerantie van een aantal gewassen door gebruik te maken van voedingsoplossingen met een constante samenstelling gedurende het groeiseizoen. Hij relateerde de droge stofopbrengst per plant

aan het Cl-gehalte van de oplossing (tabel 5). Kwalitatieve gegevens over fiorin, timothee en roodzwenkgras zijn verloren gegaan. Wel is bekend dat de gevoeligheid ligt tussen die van zomertarwe en erwten. Aangezien ook de ontkieming in de gebruikte voedingsoplossing plaatsvond, gelden voor de in tabel 5 gegeven gewassen dezelfde kiemingsomstandigheden als in tabel 2. Vergelijken we de resultaten van beide tabellen dan valt het op dat volgens Zijlstra met name erwten minder zoutgevoelig zijn dan volgens Van den Berg. De oorzaak van de gevonden verschillen ligt waarschijnlijk in het feit dat niet alleen het Cl-gehalte van het voor de plant beschikbare vocht van belang is voor de groei, maar ook het vochtniveau. Een zelfde Cl-gehalte veroorzaakt bij een hoog vochtgehalte namelijk minder schade dan bij een laag vochtgehalte (Gingrich & Russel, 1957). Dit pleit voor een regelmatige en goede

Tabel 3 Rangschikking van een aantal gewassen naar de invloed van het zoutgehalte van het bodemvocht op kieming en opbrengst

	Zomergerst	Erwten	Wierbonen	Zomertarwe	Bruine bonen
Kieming/Germination	1	2	3	4	5
Opbrengst / Yield	1	4	3	2	5

Table 3 Sequence of a number of crops according the influence of the Cl content of soil moisture on germination and yield

Tabel 4 Cl-gehalte in mg/l van het bodemvocht in de laag van 5-20 cm, bij het zaaien, waarbij 25% opbrengstdepressie optreedt, onder verschillende klimatologische omstandigheden (naar Van den Berg, 1950)

Gewas	Crop	Groeiomstandigheden	
		koud, nat (1946)	warm, droog (1947)
Zomergerst	Spring barley	8080	1940
Suikerbieten, wortel	Sugar beets, roots	5650	910
Zomertarwe	Spring wheat	5030	1580
Aardappelen, knol	Potatoes, yield	1880	670
Erwten	Peas	360	360
Bruine bonen	Brown beans	240	300
		(1946) cold, wet	(1947) warm, dry
Gewas	Crop	Growing conditions	

Table 4 Cl content (ppm) of soil moisture in the layer from 5-20 cm, during sowing, causing 25% yield depression under different weather conditions (after Van den Berg, 1950)

vochtvoorziening. In een voedingsoplossing is het vochtniveau hoger dan in de bodem. Voor erwten speelt dit verschil kennelijk een grotere rol dan voor tarwe. Waarschijnlijk zijn de gewassen in de praktijk gevoeliger dan door Zijlstra is aangegeven.

Om de invloed van het zout op de opbrengst van gewassen na te gaan bepaalde Zijlstra de droge-stofopbrengst van zomertarwe en erwten op het moment van volle bloei. Nu is de verhouding tussen de droge-stofopbrengst bij de oogst en die bij de bloei onder ongunstige omstandigheden kleiner dan onder gunstige (Toussaint, 1959, 1961, 1963). Weliswaar heeft Toussaint niet de invloed van het zoutgehalte op de opbrengst onderzocht maar de invloed van de vochtvoorziening. Een van de gevolgen

van een hoger zoutgehalte is de geringere beschikbaarheid van het bodemvocht voor de plant, hetgeen opbrengstdepressie tot gevolg heeft. In tabel 6 is de droge-stofopbrengst onder verschillende groeiomstandigheden voor erwten en zomertarwe weergegeven.

Uit een onderzoek van Van den Berg (1952) blijkt bovendien dat een gevoelig gewas als erwten na de bloei ongunstiger op het zoutgehalte reageert dan een meer tolerant gewas als zomergerst. Dit leidt tot de conclusie dat, indien Zijlstra de droge stofopbrengst had bepaald bij de oogst, hij waarschijnlijk ongeveer dezelfde zoutgrenzen had gevonden als Van den Berg. De in tabel 5 genoemde grassen heeft Zijlstra geogst op een moment dat dit ook in de praktijk gebeurt. Omdat hij gewerkt

Tabel 5 Cl-gehalte van de voedingsoplossing in mg/l waarbij resp. 10% en 25% vermindering van de droge-stofopbrengst per plant optreedt (naar Zijlstra, 1946)

Gewas	Crop	Opbrengstdepressie	
		10%	25%
Engels raai gras	Rye grass	2600	3600
Zomertarwe	Spring wheat	1700	2200
Erwten	Peas	1100	1500
Ruw beemdgras	Rough stalked meadow grass	800	1300

Gewas	Crop	Yield depression	
-------	------	------------------	--

Table 5 Cl content (ppm) of the water culture which causes a decrease of dry weight yield of 10% respectively 25%

Tabel 6 Droge-stofopbrengst van erwten en zomertarwe bij de oogst en de bloei, onder verschillende groeiomstandigheden in % (Toussaint, 1959, 1961, 1963)

Gewas	Crop	Groeiomstandigheden	
		nat	droog
Erwten, bloei	Peas, flowering	100	100
Erwten, oogst	Peas, harvest	136	89
Zomertarwe, bloei	Spring wheat, flowering	100	100
Zomertarwe, oogst	Spring wheat, harvest	144	126

Gewas	Crop	Growing conditions	
-------	------	--------------------	--

Table 6 Dry weight yield of peas and spring wheat in % at flowering and harvest under dry and wet growing conditions (Toussaint, 1951, 1961, 1963)

heeft met voedingsoplossingen zullen grassen in de praktijk wat gevoeliger zijn dan hij heeft aangegeven.

Toelaatbaar Cl-gehalte in het beregeningswater

Als door beregening aangevoerd water verzilt is, stijgt het zoutgehalte van het bodemvocht. Het water verdampt en het zout blijft in de grond achter. In de volle grond wordt daardoor het Cl-gehalte van het bodemvocht gemiddeld gedurende het groeiseizoen, afhankelijk van de hoeveelheid aangevoerd water, 0,5 tot 1,5 maal zo hoog als het gehalte van dit water (zie tabel 1). Het aangevoerde water mag dus voor de meeste landbouwgewassen 1000 tot 1500 mg Cl/l bevatten. Voor de aardappel ligt deze grens tussen 600 en 900 mg Cl/l en voor vollegrondstuinbouwgewassen als erwten en bonen tussen 250 en 400 mg Cl/l. Grassen, behalve Engels raaigras, zijn ongeveer even gevoelig als aardappelen.

Maatregelen tegen de invloed van zout beregeningswater

Als er wordt doorgespoeld, dit wil zeggen als meer water wordt aangevoerd dan door de plant wordt verbruikt, behoeven er minder strenge eisen aan het aangevoerde water te worden gesteld. Een deel van de in de bodem opgehoopte zouten wordt dan namelijk verplaatst tot onder de wortelzone.

In een langdurig droge periode kan het Cl-gehalte van het bodemvocht hoog oplopen als niet op tijd wordt beregend. Aangezien het weer niet lang genoeg van te voren is te voorspellen, moet altijd worden gezorgd voor een goede vochtvoorziening. Als dit het geval is, heeft doorspoeling ook het meeste effect. Het voordeel van een goede vochtvoorziening is dus drievoudig:

- a droogteschade wordt voorkomen;
- b zoutschade wordt zoveel mogelijk beperkt;
- en
- c doorspoeling heeft het meeste effect.

Hellings (1971) behandelde de doorspoeling meer uitgebreid; hij gaf o.a. een berekening voor de benodigde hoeveelheden.

Invloeden op het Cl-gehalte van het slootwater

Het Cl-gehalte van het slootwater wordt be-

paald door de hoeveelheid en het zoutgehalte van het in de polder of boezems ingelaten water, de kwel en het water uit gasbronnen en Norton putten. In de kustgebieden is de kwel in het algemeen de hoofdoorzaak van de verzilting (Couwenhoven en Toussaint, 1969). De kwel is evenwel nauwelijks te beïnvloeden. In sommige polders wordt de verzilting echter voor 40 tot 50% veroorzaakt door de gasbronnen. Als het niet absoluut noodzakelijk is ze te handhaven, verdient het daarom aanbeveling ze te dichten evenals de Norton putten.

Een van de eisen die aan het ingelaten water dient te worden gesteld, is dat het van een betere kwaliteit is dan het polder- of boezemwater. Door in te laten en gelijktijdig te spuien is dan het zoutgehalte van het slootwater te verlagen. Voorwaarde voor een maximaal effect van doorspoelen is dat de sloten goed schoon gehouden worden, wat op zichzelf reeds een probleem is.

De mate van verzilting van het open water

Het onderzoek naar de verzilting heeft zich in Nederland vooral gericht op de verzilting van het open water (Vrijhof, 1958; Van 't Leven e.a., 1958; Sniijders, 1959 en 1960). Deze onderzoekingen hebben aangetoond dat de open wateren in de kustgebieden van plaats tot plaats in verschillende mate zijn verzilt (figuur 3). In Zeeland en op de Zuidhollandse eilanden is het Cl-gehalte van het open water in grote gebieden hoger dan 5000 mg/l. In het gebied tussen de Nieuwe Waterweg en het Noordzeekanaal is slechts in enkele polders het Cl-gehalte hoger dan 1000 mg/l, maar blijft in het algemeen beneden 300 à 500 mg/l. In Noord-Holland, Noord-Friesland en Noord-Groningen is de toestand ongunstiger; in de helft van deze gebieden is het Cl-gehalte hoger dan 500 mg/l en in enkele delen stijgt het zelfs tot boven 5000 mg/l.

Omdat het Cl-gehalte van het open water ook in de tijd snel wisselt, verdient het voor de praktijk aanbeveling niet te veel op gegevens omtrent het gemiddelde gehalte te vertrouwen, maar regelmatig een watermonster te laten onderzoeken.

De mate van verzilting van het diepe grondwater

Het diepe grondwater heeft in het algemeen een hoger zoutgehalte dan het oppervlaktewater (figuur 4). Het Cl-gehalte blijkt nauwelijks afhankelijk van de tijd te zijn, maar wel van de afstand tot de kust. In Groningen, Friesland, het Noordelijk deel van Noord-Holland, de Zuidhollandse eilanden en Zeeland neemt het Cl-gehalte landinwaarts af ten opzichte van de kust, waar het waarden tot boven 5000 mg/l kan bereiken. In Noord- en Zuid-Holland treft men, landinwaarts gaande, onder de duinen een zoetwaterzak aan, vervolgens zout grondwater ter hoogte van de diepgelegen droogmakerijen en daarna weer zoet water. Het Cl-gehalte stijgt hier slechts in enkele kleine gebieden boven de 5000 mg/l. Meer gedetailleerde gegevens zijn onder andere te vinden in Couwenhoven en Toussaint (1969), Van Dam (1964), Gischler, (1962) Boehmer en Walter (1967) en Werkgroep TNO (1960). De grens van het verzilte grondwater loopt ongeveer parallel met die van het verzilte oppervlaktewater. Dit is begrijpelijk omdat de verzilting van het oppervlaktewater in hoofdzaak wordt veroorzaakt door de kwel.

Zoals reeds eerder vermeld, is bij berekening met grondwater, naast de kans op zoutschade, ook de mogelijkheid aanwezig dat schade optreedt ten gevolge van een hoog ijzergehalte.

Samenvatting

In het Nederlandse kustgebied wordt, ten gevolge van het optredende neerslagoverschot in de wintermaanden, over het algemeen een voor de land- en tuinbouwgewassen voldoende grote voorraad zoet water aangelegd (figuur 1). In gebieden met een grote, zoute kwelintensiteit en op droogtegevoelige gronden is dit echter niet het geval en is aanvulling van het bodemvocht noodzakelijk. Aangezien zowel het open water als het diepe grondwater in dit gebied vaak sterk verzilt zijn (fig. 3 en 4), is de kans op opbrengstdepressies bij berekening als gevolg van zoutschade groot. In de tabellen 2 en 5 is voor een aantal gewassen het Cl-gehalte gegeven waarbij resp. 10 en 25% opbrengstderving optreedt. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de gegevens van beide

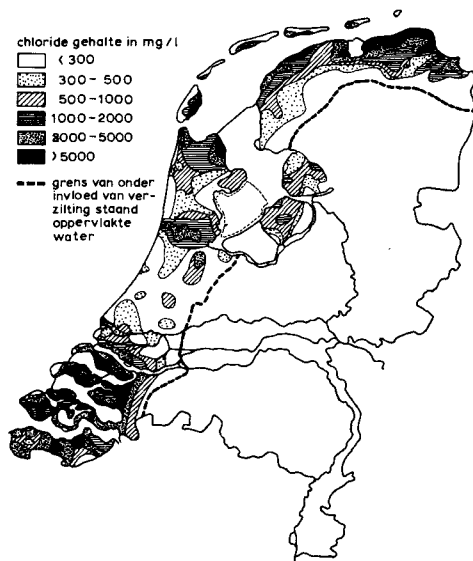


Fig. 3 Cl-gehalte van het open water in een gemiddeld jaar (naar Rijkswaterstaat, 1968)
Mean yearly Cl content (ppm) of open water in the Netherlands (after Rijkswaterstaat, 1968)
- - - boundary of open water influenced by salinization (after Rijkswaterstaat, 1968)

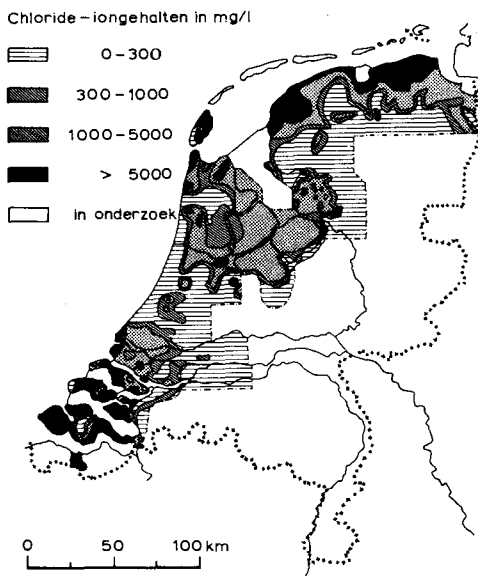


Fig. 4 Cl-gehalte van het grondwater onder het Holoceen (naar Rijkswaterstaat, 1968)
Cl content (ppm) of the groundwater just below the Holocene in the Netherlands.

tabellen bepaald zijn onder omstandigheden (inundatie met zeewater, tabel 2; voedingsoplossing, tabel 5), waarbij tijdens de kieming reeds sprake was van een zekere mate van verzilting. In normale omstandigheden is de grond in het voorjaar volledig ontzilt door de neerslag gedurende de winter. Omdat de invloed van het zout tijdens de kieming niet altijd gelijk is aan die tijdens de verdere groeiperiode (tabel 3), dienen de gegeven waarden dan ook met een zekere reserve te worden beschouwd. De in tabel 2 en 5 gegeven zoutgrenzen gelden voor gemiddelde klimatologische omstandigheden. Gebleken is echter dat in droge jaren de gewassen gevoeliger zijn dan in natte jaren (tabel 4).

Het in het sproeiwater toelaatbare Cl-gehalte volgt uit het gegeven dat het bodemvocht na berekening ongeveer 0,5 tot 1,5 maal het Cl-gehalte van het sproeiwater heeft (tabel 1), afhankelijk van de hoeveelheid en het Cl-gehalte van het gebruikte water. *Productieverliezen ten gevolge van verzilting kunnen slechts door doorspoeling worden verminderd* (Hellings, 1971). Overstroming met zeewater heeft tot gevolg dat de structuur van de bodem wordt afgebroken en dat het zoutgehalte van het bodemvocht toeneemt. De structuur kan in een à twee winters hersteld worden door *calciumhoudende meststoffen* te strooien. Ook het zoutgehalte blijkt dan zó ver te zijn afgenomen dat weer landbouwgewassen kunnen worden verbouwd.

Indien berekend wordt met grondwater moet men rekening houden met kans op schade ten gevolge van een te hoog ijzergehalte.

Literatuur

Arnold Bik, R. *Welke eisen moet men aan de kwaliteit van gietwater stellen?* Vakbl. Bloemist. 24 (1969) 48 (28 nov.): 1783.

Berg, C. van den. *De inundaties gedurende 1944-1945 en hun gevolgen voor de landbouw. Deel VI: De reactie van landbouwgewassen op het zoutgehalte van de bodem.* Versl. Landbouwk. Onderz. 56. 16 (1950).

Berg, C. van den. *De inundaties gedurende 1944-1945 en hun gevolgen voor de landbouw.*

Deel XII: De invloed van opgenomen zouten op de groei en produktie van landbouwgewassen op zoute gronden. Versl. Landbouwk. Onderz. 58. 5 (1952).

Boehmer, W. K. & F. Walter. *Rapport inzake geo-elektrisch onderzoek in Hunsingo (Prov. Groningen).* Werkgroep geo-elektrisch onderzoek TNO (1957).

Couwenhoven, T. & C. G. Toussaint. *Wateren zoutbelasting poldergebied Midden-West Nederland. Bronnen van verzilting.* Nota ICW 530 (1969).

Dam, J. C. van. *Rapport inzake het geo-elektrisch onderzoek van het randgebied van zuidelijk Flevoland.* Rijkswaterstaat. Dienst voor de Waterhuishouding (1964).

Ende, J. van den. *Kwaliteitsnormen voor gietwater.* Bedrijfsontw. ed. Tuinb. 1 (1970) 7 (okt.): 45.

Gingrich, J. R. & M. B. Russel. *A comparison of effects of soil moisture tension and of osmotic pressure on root growth.* Soil Sci. 84 (1957) 3: 185-194.

Gischler, C. E. *Rapport inzake het geo-elektrisch onderzoek van de provincie Friesland.* Werkgroep geo-elektrisch onderzoek TNO (1962).

Hellings, A. J. Ongepubliceerde gegevens (1969).

Hellings, A. J. *Eisen inzake de kwaliteit van sproeiwater voor vollegrondstuinbouwgewassen.* Bedrijfsontw. ed. Tuinb. 2 (1971) 4 (april) 31.

Kouwe, J. J. *De chloridebelasting van N.O. Hunsingo.* Nota ICW 449 (1968).

Kouwe, J. J. Ongepubliceerde gegevens (1969).

X Leven, J. A. van 't, B. van der Weerd & J. J. Lindenbergh. *De verzilting van de open wateren in Zeeland.* Comm. Onderz. Landb. waterhuishouding Nederland-TNO (1958).

Maschhaupt, J. G. *Lysimeteronderzoekingen aan het Rijkslandbouwproefstation te Groningen en elders. III. De scheikundige samenstelling van het drainwater.* Alg. Landsdrukk. 's-Gravenhage (1941).

Rees Vellinga, E. van. *Het gehalte van ijzer in het diepe grondwater van het Peelgebied en de naaste omgeving*. Meded. Dir. Tuinb. 28 (1965) 11 (nov.): 543. Meded. ICW 85.

Rees Vellinga, E. van. *Enkele chemische eigenschappen van het diepe grondwater in het Kromme Rijngebied en omgeving*. Bedrijfsontw. ed. Tuinb. 2 (1971) 4 (april): 51.

Rijkswaterstaat. *Rapport inzake het geo-elektrisch onderzoek in Noord-Holland*. Dienst voor de Waterhuishouding (1962).

Rijkswaterstaat. *De waterhuishouding van Nederland*. Nota, Staatsdrukkerij, Den Haag (1968).

XRijtema, P. E. *Grondwaterstand, infiltratie en bodemvochtvoorraad in graslandgebieden in verband met de vaststelling van de waterbehoefte voor peilbeheersing*. Nota ICW 482 (1968).

Schade en herstel in de watersnoodgebieden. Overzicht van de toestand een jaar na de overstromingsramp. Med. Dir. Tuinb. 17 (1954) 4 (april): 244.

Snijders, J. H. *Het landelijke verziltingsonderzoek na 1956*. Rapp. ICW 7 (1959).

Snijders, J. H. *Het Nederlandse verziltingsvraagstuk*. Med. ICW 20 (1960).

Toussaint, C. G. *Verslag van de beregeningsproef met erwten*. Interne publikatie (1959).

Toussaint, C. G. *Beregeningsproef met zomertarwe*. Nota ICW 157 (1961).

Toussaint, C. G. *Beregening en stikstofbemesting bij zomertarwe in 1963*. Nota ICW 260 (1963).

Summary

Salinity of groundwater and open water in the Netherlands and sprinkling irrigation of crops

In the subsoil along the Dutch coast a sufficient amount of fresh water generally is available for agricultural and horticultural crops, this as a consequence of a precipita-

Valk, G. G. M. van der. Ongepubliceerde gegevens (1969).

Verhoeven, B. & J. Akkermans. *Buitendijkse mariene gronden, hun opbouw, bedijking en ontginning*. Rapp. 47, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders (1967).

Vrijhof, B. *De verzilting van de open wateren in Noord-Holland*. Comm. Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland-TNO (1958).

Vrijhof, B. *De verzilting van de open wateren in Zuid-Holland*. Comm. Onderz. Landbouwwaterhuishouding Nederland-TNO (1958).

Vrijhof, B. *De verzilting van de open wateren in Groningen*. Comm. Onderz. Landbouwwaterhuishouding Nederland-TNO (1958).

Vrijhof, B. *De verzilting van de open wateren in Friesland*. Comm. Onderz. Landbouwwaterhuishouding Nederland-TNO (1958).

Werkgroep Geo-elektrisch onderzoek TNO. *Metingen inzake het geo-elektrisch onderzoek van de Zuidhollandse eilanden* (1960).

Weerd, B. van der. *De te verwachten gevolgen van een verbreding en verdieping van het Goese havenkanaal voor de waterhuishouding in de aangrenzende gronden*. Rapp. Consulentenschap Goes (1968).

Weerd, B. van der. Ongepubliceerde gegevens (1969).

Zijlstra, K. *Over de gevoeligheid van enige landbouwgewassen voor zeewater*. Versl. Landbouwk. Onderz. 52. 2B (1946).

tion surplus during the winter months (fig. 1). In areas with a high rate of saline subsurface inflow and on drought sensitive soils, sprinkling irrigation of the crops is often necessary, however. As in the area mentioned the open water as well as the deep groundwater are more or less saline (fig. 3 and 4), yield reductions may occur after sprinkling with this water.

In the tables 2 and 5 and in fig. 2 these

yield depressions are given for a number of crops. It has to be noted that the data in the tables 2 and 5 were gathered under a certain degree of salinization during germination (inundation with seawater in the previous year respectively a water culture with different salt concentrations) which is an unusual circumstance in the Netherlands.

As the influence of salinization during germination is different from the influence on yield (table 3), the given data should be considered with some reserve. Moreover the data given are valid for mean Dutch climatological conditions.

In dry years crops are more sensitive than

in wet years (table 4). The Cl content of the sprinkling water that is tolerable follows from the fact that the soil moisture will get during the sprinkling season a mean Cl content 0.5 to 1.5 times the content of the sprinkling water used, as depending on the amount supplied (table 1).

Production depressions as a consequence of salinization can be reduced by leaching of the soil.

In some areas yield reductions may occur after sprinkling with groundwater, as a consequence of the high Fe content of the sprinkling water.