



Uitspoeling van zouten in een kasgrond

Onderzoek aan uitspoeling aan grondkolommen met natriumchloride- en natriumsulfaattoediening

W. Voogt, J.W. Steenhuizen, A. van Winkel en C.J.W. van den Bosch



Referaat

In een laboratoriumopstelling zijn percolatieproeven uitgevoerd om natriumzouten uit grond te spoelen. De behandelingen bestonden uit een aantal combinaties van: “grondsoorten” (organische stofniveaus), zoutmengsels en zoutconcentraties. Water werd gecontroleerd aangebracht, met als behandelingsfactor: irrigatiefrequentie. Het percolatiewater werd qua hoeveelheid handmatig gemonitord evenals de natrium- en chloorconcentratie hierin. Met een portable multi-ion analyzer werden deze gehalten gemeten. Bovendien is de grond aan het begin en aan het eind van de percolatieperiode geanalyseerd. Uit de percolatieproef blijkt dat de uitspoelingsfractie aan water bij de grond met een laag organisch stofgehalte 15% groter was dan bij de grond met een hoger organisch stofgehalte. Aan de hand van de gemeten natrium- en chloorgehalten in het percolatiewater is de afname hiervan in de bodem berekend. Uit de berekeningen blijkt dat bij alle behandelingen zowel het natrium- als chloorgehalte in de grond verder af neemt, naarmate langer met schoonwater werd geïrrigeerd. Het natriumgehalte in de grond met NaCl-toediening wordt, zowel bij een laag als bij een hoog organische stofgehalte in de grond, het sterkst verminderd gedurende tien dagen irrigatie met een frequentie van twee keer spoelen per dag met 10 mm water. Als natrium in de vorm van Na_2SO_4 aan de grond met een laag organische stofgehalte werd toegediend, wordt het laagste natriumgehalte bereikt na tien dagen irrigatie met een frequentie van acht keer per dag met 2,5 mm water. Uitgaande van de analyseuitslagen van de grond aan het begin en aan het einde van de percolatieperiode kan het volgende worden vastgesteld: Bij de behandeling met Na_2SO_4 werden na tien dagen irrigatie vanaf twee keer of vaker irrigeren per dag de natriumgehalten teruggebracht tot aanvaardbare waarden, dat wil zeggen < 2.5 mmol Na per liter in een 1:2 volume extract. Bij de toediening met NaCl worden de laagste natriumgehalten aangetroffen bij twee en vier keer irrigeren per dag, respectievelijk met 10 en 5 mm water. De natriumgehalten in de grond zijn daarbij teruggebracht tot respectievelijk 2,2 en 2,7 mmol Na per liter in een 1:2 volume extract. Een irrigatiefrequentie van twee keer 10 mm water per dag gedurende tien dagen resulteert in het laagste chloorgehalte in de bodem bij de behandeling met chloorhoudend natriumzout. Bij sulfaathoudend natriumzout wordt na tien dagen irrigatie met een frequentie van vier keer per dag met 5 mm water het laagste gehalte aan sulfaat in de grond bereikt.

Abstract

Percolation experiments are carried out in a laboratory setting, with the aim to rinse sodium salts from soil. The treatments consisted of a number of combinations of types of soil (organic matter levels), salt mixtures and salt concentrations. Water was checked applied with irrigation frequency as treatment factor. The leachate was monitored in volume and concentration. With a portable multi-ion analyzer, the sodium and chlorine levels in the leachates were measured. Also, the soil at the beginning and at the end of the percolation period was analyzed. From the experiment it appears that in the soil with low organic matter content, the leaching fraction of water was greater (58%) than in the soil with higher organic matter content (43%). On the basis of the measured levels of sodium and chlorine in the leachate, the decrease thereof was calculated in the soil. The calculations show that in all treatments both sodium and chlorine content in the soil further decreases as longer with water was irrigated. The sodium content of the soil with NaCl addition was, both at a low and in a high organic matter content in the ground, the most strongly reduced for ten days irrigation with a frequency of two times rinsing with 10 mm of water per day. When sodium in the form of Na_2SO_4 on soil with low organic matter content was given, the lowest sodium content reaches ten days after irrigation with a frequency of eight times per day with 2.5 mm of water. On the basis of soil analysis at the beginning and at the end of the percolation time, the following can be concluded: With the Na_2SO_4 treatment, after ten days irrigation, irrigate from two or more times per day, the sodium levels reduced to acceptable values, i.e., < 2.5 mmol per liter (1:2 soil:water volume extract). With the NaCl treatment the lowest levels of sodium were found at two and four times a day irrigating, respectively, with 10 and 5 mm of water. The sodium levels in the soil are thereby reduced to 2.2 and 2.7 mmol per liter in a 1:2 soil:water volume extract. An irrigation rate of two times per day for ten days with 10 mm of water, results in the lowest chlorine content in the soil of the treatment with chlorine-containing sodium salt. With sulfate into sodium salt, after ten days of irrigation with a frequency of four times a day with 5 mm of water, the lowest sulfate content of the soil reached.

Dit onderzoek is gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, in het kader van het BO programma “Biologische Landbouw/thema Duurkas” en “Duurzame bodem”

© 2013 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Wageningen UR Glastuinbouw.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
2	Materiaal en methoden	9
	2.1 Proefopzet	9
	2.2 Werkzaamheden	11
	2.3 Analyses	13
	2.3.1 Chemische bodemanalyses	13
	2.3.2 Vloeistofanalyses gemeten met een ion specifieke meter	14
	2.3.3 Chemische vloeistofanalyses	14
3	Resultaten	15
	3.1 Gehalten in de grond aan het begin van de percolatieproef	15
	3.2 Gehalten in het drainwater gedurende de percolatieperiode	16
	3.3 Gehalten in de grond aan het eind van de percolatieproef	18
	3.4 Vergelijking natriumanalyses gemeten met ion specifieke meter van Clean Grow en ICP-OES	20
4	Discussie en conclusies	21
5	Literatuur	23
Bijlage I	Logboek	25
Bijlage II	Analyse grond bij aanvang van de uitspoelingsproef	27
Bijlage III	Hoeveelheden initieel water, toegediend water en lekwater en de fractie aan lekwater	29
Bijlage IV	Analyse grond aan het eind van de uitspoelingsproef	31
Bijlage V	De geselecteerde en samengestelde percolatiemonsters voor chemische analyses	35

Samenvatting

In een laboratoriumopstelling zijn percolatieproeven uitgevoerd om te kunnen vaststellen hoeveel water per tijdseenheid nodig is om natrium en chloor effectief uit grond te spoelen. De proef is in een kascompartiment uitgevoerd met PVC-buizen van 1 m lengte. De onderzijde was gevuld met 60 cm grof zand. Een toplaag van 20 cm was daarboven aangebracht met de te onderzoeken kasgrond. De grond was gemengd met zouten. De behandelingen bestonden uit een aantal combinaties van:

(A) twee "grondsoorten" (een laag en een hoog organische stofniveau) met

(B) twee zoutsoorten (NaCl en Na_2SO_4) en

(C) twee zoutconcentraties.

Water werd gecontroleerd toegediend, met als behandelingsfactor: irrigatiefrequentie (aantal gietbeurten per dag). Gedurende een periode van tien dagen is één keer per dag 20 mm, of twee per dag 10 mm of vier per dag 5 mm of acht keer per dag een hoeveelheid water van 2,5 mm gelijkmatig over het oppervlak van de grondkolom gegoten.

Het percolatiewater, dat uit de grondkolommen werd opgevangen gedurende de irrigatieperiode en aan het einde hiervan, is zowel qua hoeveelheid als concentratie gemonitord. Met een portable multi-ion analyzer werden de natrium- en chloorgehalten in het percolatiewater gemeten. Bovendien werd de onderzochte toplaag in de kolommen aan het begin en aan het eind van de percolatieperiode geanalyseerd.

Conclusies

De uitspoelingsfractie aan water was bij de grond met een laag organisch stofgehalte 15% hoger dan bij de grond met een hoog organische stofgehalte, de uitspoelingsfractie was respectievelijk 58 en 43%.

Aan de hand van de gemeten natrium- en chloorgehalten in het percolatiewater is de afname van deze elementen in de bodem berekend. Hieruit kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Bij alle behandelingen neemt zowel het natrium- als chloorgehalte in de grond verder af naarmate langer met schoonwater wordt geïrrigeerd.
- Het natriumgehalte in de grond met NaCl -toediening wordt, zowel bij een laag als bij een hoog organische stofgehalte in de grond, het sterkst verminderd gedurende tien dagen irrigatie met een frequentie van twee keer spoelen per dag met 10 mm water.
- Als natrium in de vorm van Na_2SO_4 aan de grond met een laag organische stofgehalte werd toegediend, wordt het laagste natriumgehalte bereikt na tien dagen irrigatie met een frequentie van acht keer per dag met 2,5 mm water.

Uitgaande van de analyseuitslagen van de grond aan het begin en aan het einde van de percolatieperiode kan het volgende worden vastgesteld:

- Bij de behandeling met Na_2SO_4 nemen de EC en het natriumgehalte in de bodem af naarmate frequenter met schoonwater werd geïrrigeerd. Vanaf twee keer of vaker irrigeren per dag werden de natriumgehalten teruggebracht tot aanvaardbare waarden, dat wil zeggen $< 2,5$ mmol Na per liter in een 1:2 extract.
- Bij de toediening met NaCl worden de laagste natriumgehalten aangetroffen na tien dagen irrigatie bij twee en vier keer irrigeren per dag, respectievelijk met 10 en 5 mm water. De natriumgehalten in de grond zijn daarbij teruggebracht tot respectievelijk 2,2 en 2,7 mmol Na per liter in een 1:2 extract.
- Een irrigatiefrequentie van twee keer per dag gedurende tien dagen met 10 mm water resulteert in het laagste chloorgehalte in de bodem bij de behandeling met chloorhoudend natriumzout.
- Bij sulfaathoudend natriumzout wordt na tien dagen irrigatie met een frequentie van vier keer per dag met 5 mm water het laagste gehalte aan sulfaat in de grond bereikt.

1 Inleiding

Bij de biologische grondgebonden glastuinbouw is de verzilting, door de zoutinput via meststoffen en gietwater een bedreiging. Door de beperkte opnamecapaciteit van de gewassen hopen natrium, sulfaat en chloor zich op in de bodem. Deze zoutophoping in de bodem vormt op termijn een bedreiging voor de bioteelt. Naast het belang van de sector om te kunnen voldoen aan de toekomstige normen, is het voor de profilering van de EKO productiewijze van betekenis om op voorhand te zorgen voor een nagenoeg emissieloze teelt.

Een uitspoelingsproef op een praktijkbedrijf (Voogt, *et al.* 2011) had als resultaat dat de bovenste teeltlaag was schoongespoeld, echter de lagen eronder bleven nog hoog in EC en meer specifiek in natrium en sulfaat. Stikstof spoelde, zoals verwacht, snel uit.

In het verleden is vrij veel onderzoek verricht naar de uitspoeling van kasgronden. Onderzoek van de beschikbare literatuur leert echter dat uitsluitend is gekeken naar EC en chloor, terwijl natrium (en sulfaat) in de huidige context veel meer knellend zijn. Bovendien was de uitspoeling destijds er nooit opgericht om de stikstof- en fosfaatemissie te beperken. Ook werd in die tijd nauwelijks gebruik gemaakt van regenwater en waren de watergeefsystemen veel minder geavanceerd dan de huidige bedrijfsuitrusting. Er is dus een leemte in kennis om via uitspoeling die is gericht om natrium in de bodem te verlagen, waarbij tegelijkertijd de stikstof- en fosfaatemissie zoveel mogelijk worden beperkt.

Deze deskstudie had als belangrijkste bevindingen dat doorspoelen een sterk grondsoort-specifieke aanpak nodig heeft. Dit heeft betrekking op de hoeveelheid spoelwater en de wijze van toediening (irrigatiefrequentie, pauze/wachttijd en de gietbeurtgrootte).

Samenvattend:

- Zoutophoping is een potentieel sluipend probleem in de bioteelt. In de gangbare teelt speelt die hoegenaamd niet. Dit is inherent aan het gebruik van organische meststoffen, een juiste meststofkeuze kan het probleem verkleinen.
- Zoutaccumulatie wordt versterkt bij beperkt irrigeren, met name daar waar hoog zout in het grondwater via capillaire aanvoer omhoog komt in het profiel.
- Het tijdig signaleren van hoge zoutgehalten in de bodem en vervolgens ruimer watergeven kan problemen tijdens het groeiseizoen voorkomen. Echter er vindt dan wel ongewenste stikstofuitspoeling plaats.
- Op enkele individuele bedrijven is zoutaccumulatie nu al een groot probleem.

Grondsoorten kunnen aanzienlijk verschillen in fysische eigenschappen, waardoor de effecten van door- en uitspoeling op de zouttoestand van de bodem ook sterk verschillen. Uit het onderzoek in het verleden is onvoldoende bekend, welke strategie nu het meest effectief is voor welke grondsoort.

In dit kader is op laboratoriumniveau met behulp van grondkolommen een uitspoelingsproef uitgevoerd met als doel na te gaan welke toedieningswijze van irrigatiewater nodig is om voldoende zouten uit de bodem te kunnen verwijderen. Hierbij gaat het erom vast te kunnen stellen hoeveel water per tijdseenheid nodig is om natrium effectief uit te spoelen, dan wel dusdanig te verlagen dat het natriumgehalte in de bodem beneden een drempelwaarde blijft.

2 Materiaal en methoden

De uitspoelingsproef is uitgevoerd in PVC-buizen gevuld met grond. De buizen hebben een lengte van 100 cm en een diameter van 12,5 cm en zijn verticaal geplaatst in een stalen frame, rustende op een PVC-ring met een doorsnede van 5 cm. De bovenzijde van de buis is open en gedurende de proefperiode met plasticfolie afgedekt. De onderzijde is dicht en doorboord met tien gaten van 5 mm doorsnede. Zo is vrije drainage mogelijk. Het percolatiewater werd opgevangen in PE-bakjes. Vanaf de onderzijde is de buis gevuld met 60 cm grof zand. Daarop is een toplaag van 20 cm aangebracht met de te onderzoeken grond. Deze grond is vooraf gemengd met verschillende hoeveelheden compost en natriumzouten. In het behandelingsschema zijn een aantal combinaties van compost met zoutsoorten en zoutconcentraties opgenomen. Water is gecontroleerd aangebracht, met als behandelingsfactor: irrigatiefrequentie (aantal gietbeurten per dag). De totale toegediende hoeveelheid water was per dag en gedurende de irrigatieperiode bij alle irrigatiebehandelingen gelijk. Het drainwater is zowel qua hoeveelheid, als de daarin aanwezige concentraties aan natrium en chloor, gemonitord.

2.1 Proefopzet

De grondkolommenproef is opgesteld in een kascompartiment van WUR Glastuinbouw te Bleiswijk. De proef is opgezet als een blokkenproef en bestaat uit de volgende variabelen: 2 organische stofniveaus * 2 zoutsoorten (NaCl of Na₂SO₄) * 2 zoutconcentraties * 4 irrigatiefrequenties * 2 herhalingen = totaal 64 plots.

Alle 32 afzonderlijke behandelingen staan vermeld in Tabel 1.

Tabel 1. De tweeëndertig verschillende behandelingen van de grondkolommenproef, bestaande uit grond met twee verschillende organische stofniveaus, met toediening van twee verschillende natriumzouten (natriumchloride of natriumsulfaat), met twee verschillende zoutniveaus en met vier verschillende irrigatiefrequenties.

Behandeling	Codering ¹	Natriumzout	Zoutniveau ²	Organische stof niveau ³	Irrigatiefrequentie, aantal gietbeurten per dag ⁴
1	NaCl-L OM-L Ir-1	NaCl	laag	laag	1
2	NaCl-L OM-H Ir-1	NaCl	laag	hoog	1
3	NaCl-H OM-L Ir-1	NaCl	hoog	laag	1
4	NaCl-H OM-H Ir-1	NaCl	hoog	hoog	1
5	Na ₂ SO ₄ -L OM-L Ir-1	Na ₂ SO ₄	laag	laag	1
6	Na ₂ SO ₄ -L OM-H Ir-1	Na ₂ SO ₄	laag	hoog	1
7	Na ₂ SO ₄ -H OM-L Ir-1	Na ₂ SO ₄	hoog	laag	1
8	Na ₂ SO ₄ -H OM-H Ir-1	Na ₂ SO ₄	hoog	hoog	1
9	NaCl-L OM-L Ir-2	NaCl	laag	laag	2
10	NaCl-L OM-H Ir-2	NaCl	laag	hoog	2
11	NaCl-H OM-L Ir-2	NaCl	hoog	laag	2
12	NaCl-H OM-H Ir-2	NaCl	hoog	hoog	2
13	Na ₂ SO ₄ -L OM-L Ir-2	Na ₂ SO ₄	laag	laag	2
14	Na ₂ SO ₄ -L OM-H Ir-2	Na ₂ SO ₄	laag	hoog	2
15	Na ₂ SO ₄ -H OM-L Ir-2	Na ₂ SO ₄	hoog	laag	2
16	Na ₂ SO ₄ -H OM-H Ir-2	Na ₂ SO ₄	hoog	hoog	2
17	NaCl-L OM-L Ir-4	NaCl	laag	laag	4
18	NaCl-L OM-H Ir-4	NaCl	laag	hoog	4
19	NaCl-H OM-L Ir-4	NaCl	hoog	laag	4
20	NaCl-H OM-H Ir-4	NaCl	hoog	hoog	4
21	Na ₂ SO ₄ -L OM-L Ir-4	Na ₂ SO ₄	laag	laag	4
22	Na ₂ SO ₄ -L OM-H Ir-4	Na ₂ SO ₄	laag	hoog	4
23	Na ₂ SO ₄ -H OM-L Ir-4	Na ₂ SO ₄	hoog	laag	4
24	Na ₂ SO ₄ -H OM-H Ir-4	Na ₂ SO ₄	hoog	hoog	4
25	NaCl-L OM-L Ir-8	NaCl	laag	laag	8
26	NaCl-L OM-H Ir-8	NaCl	laag	hoog	8
27	NaCl-H OM-L Ir-8	NaCl	hoog	laag	8
28	NaCl-H OM-H Ir-8	NaCl	hoog	hoog	8
29	Na ₂ SO ₄ -L OM-L Ir-8	Na ₂ SO ₄	laag	laag	8
30	Na ₂ SO ₄ -L OM-H Ir-8	Na ₂ SO ₄	laag	hoog	8
31	Na ₂ SO ₄ -H OM-L Ir-8	Na ₂ SO ₄	hoog	laag	8
32	Na ₂ SO ₄ -H OM-H Ir-8	Na ₂ SO ₄	hoog	hoog	8

¹ Na₂SO₄-L, Na₂SO₄-H, NaCl-L en NaCl-H = respectievelijk laag en hoog Na₂SO₄ niveau en laag en hoog NaCl-niveau; OM-L en OM-H = laag en hoog organische stofgehalte in de grond; IR-1, IR-2, IR-4, IR-8 = irrigatie frequentie, respectievelijk 1, 2, 4 en 8 gietbeurten per dag.

² NaCl laag = 0,22 g NaCl per liter, NaCl hoog = 1,80 g NaCl per liter, Na₂SO₄ laag = 0,45 g Na₂SO₄ per liter, Na₂SO₄ hoog = 3,60 g Na₂SO₄ per liter.

³ Organische stofniveau laag = 3,2%, organische stofniveau hoog = 4,6%.

⁴ 1 = één gietbeurt per dag van 20 mm, 2 = twee gietbeurten per dag van 10 mm, 4 = vier gietbeurten per dag van 5 mm en 8 = acht gietbeurten per dag met een hoeveelheid water van 2,5 mm.

2.2 Werkzaamheden

Alle uitgevoerde werkzaamheden voor deze uitspoelingsproef staan genoteerd in een logboek (zie Bijlage I).

Aanmaken grond

In een kas op het biologische tuinbouwbedrijf van de Koning te Tinte (Zuid-Holland) is grond verzameld. De rulle bovenlaag tussen paprikaplanten werd verwijderd en daarna is met een schop tot ongeveer 15-20 cm diepte een steek grond genomen. De grond is eerst gedurende een nacht ter droging in een kas in Bleiswijk uitgespreid. Grote kluiten zijn met een spade kapot gestoken en verontreinigingen zoals grote stenen, stukken glas en touw etc. verwijderd. De grond is daarna gezeefd in een zeef met een maasgrootte van 0,5 cm.



Foto nr. 1. De verzamelde kasgrond dat voor de kolommenproef is gebruikt werd eerst gezeefd door een zeef met een maasgrootte van 0,5 cm.

Vervolgens is de iets ingedroogde en gezeefde kasgrond in een cementmolen gemengd met rivierzand, op basis van een volumeverhouding van één op één.



Foto nr. 2. De gezeefde kasgrond wordt in een betonmolen gemengd met rivierzand, op basis van een volumeverhouding van één op één.

Een mengmonster werd naar het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek (BLGG AgroXpertus) gezonden voor analyse van macro- en micro-elementen in een 1:2 volume (water) extractie en daarnaast is een monster genomen

voor de bepaling van het vocht- en organische stofgehalte. Deze organische stofbepaling is uitgevoerd met behulp van een moffeloven in het bodemfysisch laboratorium van Wageningen UR Glastuinbouw te Bleiswijk.

In een cementmolen zijn de acht verschillende “grondsoorten” aangemaakt. Hiervoor is compost gebruikt met een organische stofgehalte van ongeveer 31%, afkomstig van Tref te Moerdijk en twee natriumzouten namelijk keukenzout (NaCl) en natriumsulfaat (Na₂SO₄), zie Tabel 2.

Tabel 2. De verschillende hoeveelheden natriumzouten (natriumchloride of natriumsulfaat) en compost die zijn toegevoegd aan de acht aangemaakte “grondsoorten” welke zijn gebruikt voor de grondkolommenproef.

Grond- Nummer	Laag NaCl niveau, g/l	Hoog NaCl niveau, g/l	Laag Na ₂ SO ₄ niveau, g/l	Hoog Na ₂ SO ₄ niveau, g/l	Laag (3,2%) organische stof niveau, g compost/l	Hoog (4,6%) organische stof niveau, g compost/l
1	0,22				33	
2	0,22					167
3		1,80			33	
4		1,80				167
5			0,45		33	
6			0,45			167
7				3,60	33	
8				3,60		167

Van deze acht verschillende “grondsoorten” zijn monsters genomen voor de bepaling van het totale zoutgehalte (EC), het organische stofgehalte en voor de analyse van macro- en micro-elementen in een 1:2 volume (water) extractie (BLGG AgroXpertus).

Vullen PVC-buizen

Voor deze uitspoelingsproef zijn PVC-buizen gebruikt met een lengte van 100 cm en een diameter van 12,5 cm. De bovenzijde is open. Om verdamping gedurende de proef tegen te gaan, is de bovenzijde afgedekt met polyethyleenplastic. De bodem is afgedicht met een PVC-dop, die is doorboord met tien gaten van 5 mm diameter. Op de bodem in de buis ligt een polyethyleen geweven drainagedoek. De buizen zijn verticaal geplaatst in een stalen frame. Om vrije drainage te creëren en eventuele verzadiging met bodemvocht te voorkomen, staan de buizen op een kleine PVC-ring met een doorsnede van 5 cm. De buizen staan in PE-bakjes om het percolaat te kunnen opvangen.

De grondkolommen zijn in een standaardkas opgesteld zonder extra verwarming en automatische ventilatie om de temperatuur op maximaal 25 °C te kunnen houden.

De onderliggende zandlaag met een dikte van 60 cm van een voorgaande proef was nog in de PVC-buizen aanwezig. Deze onderliggende zandkolom, die onder de nieuw te onderzoeken grondkolom komt te liggen, werd eerst met 100 cm water doorgespoeld. De EC van het lekwater van alle buizen ligt dan tussen 40 en 55 µS per cm.

Op 1 november 2011 zijn alle vierenzestig PVC-buizen gevuld met een toplaag van 20 cm grond (= een mengsel van kasgrond en rivierzand met een inhoud van 2,4 liter). Van de grond met het laag organische stofgehalte was het vulgewicht 2,65 kg en die met een hoog organisch stofgehalte 2,55 kg. De grondkolommen zijn met een stempel iets aangedrukt, tot eenzelfde hoogte in alle buizen is bereikt.

De toplaag van 20 cm komt overeen met de bodemlaag in de kas, waaraan mest wordt toegediend, die wordt bewerkt en waarin vrijwel alle wortels van groentegewassen aanwezig zijn.

Irrigatie

De irrigatie van de grondkolommen is handmatig uitgevoerd. Afhankelijk van de behandeling is (1) één keer per dag 20 mm, (2) twee per dag 10 mm, (3) vier per dag 5 mm of (4) acht keer per dag een hoeveelheid water van 2,5 mm gelijkmatig

over het oppervlak van de grondkolom gegoten. Gedurende tien dagen is iedere dag totaal 20 mm aan elke grondkolom toegediend. Dit is over tien dagen totaal 200 mm. De eerste vijf gietdagen waren 7, 8, 9, 10 en 11 november, de laatste vijf gietdagen 14, 15, 16, 17 en 18 november 2011. Hetzelfde water wat voor de planten in de kassen te Bleiswijk als gietwater werd gebruikt, is ook als gietwater in deze uitspoelingsproef aangewend. Dit water bestaat deels uit regenwater en osmosewater. De totale zoutconcentratie (EC) evenals het natrium- en chloorgehalte is hierin vrij laag (Tabel 3.).

Tabel 3. De totale zoutconcentratie (EC) en de, natrium- en chloorgehalten in het gietwater¹ dat voor de percolatieproeven is gebruikt.

Datum bemonstering	EC, mS per cm	Natrium, mmol Na per liter	Chloor, mmol Cl per liter
08-11-2011	0,039	0,550	0,06
15-11-2011	0,034	0,030	0,20
16-11-2011	0,041	0,060	0,42
21-11-2011	0,041	0,030	0,40

¹ Deze metingen zijn uitgevoerd in het bodemfysisch laboratorium van Wageningen UR Glastuinbouw te Bleiswijk. De natrium- en chloorgehalten in het gietwater zijn gemeten met een ion specifieke meter, zie: paragraaf 2.3.2. Vloeistofanalyses met behulp van een ion specifieke meter van Clean Grow.

Percolatiewater

Van het percolatiewater uit de grondkolommen is op 8, 10, 14, 16 en 21 november 2011 het volume en de EC gemeten. Het percolatiewater is van iedere kolom afzonderlijk verzameld. Met behulp van de Clean Grow sensor is het Na- en Cl-gehalte in het percolatiewater gemeten. Daarna is gedurende de proefperiode het percolaat in een koelkast bij 8 °C bewaard. Aan het eind van de proef is een deel van de monsters voor chemische analyse verzonden naar het laboratorium van Groen Agro Control.

Grond

Aan het einde van de spoelperiode is op 23 november 2011 de toplaag uit kolommen verwijderd en is deze grondlaag bemonsterd voor analyse bij het BLGG AgroXpertus.

2.3 Analyses

2.3.1 Chemische bodemanalyses

Op 5 oktober 2011 is de kasgrond met rivierzand gemengd en hiervan een monster naar het BLGG AgroXpertus gestuurd. Deze aangemaakte grond is onderzocht op: EC, pH, NH₄, K, Na, Ca, Mg, NO₃, Cl, SO₄, HCO₃, P, Si, Fe, Mn, Zn, B, Cu en Mo. In het bodemfysisch laboratorium van Wageningen UR Glastuinbouw te Bleiswijk is het vochtgehalte, het organische stof gehalte en de EC van de grond bepaald.

Op 26 oktober 2011, vlak voor het vullen van de buizen, is de grond van de acht behandelingen door het BLGG AgroXpertus onderzocht op: EC, pH, NH₄, K, Na, Ca, Mg, NO₃, Cl, SO₄, HCO₃, P, Si, Fe, Mn, Zn, B, Cu en Mo. In het bodemfysisch laboratorium van Wageningen UR Glastuinbouw te Bleiswijk is wederom het vochtgehalte, het organische stof gehalte en de EC van deze acht "grondsoorten" bepaald.

Aan het einde van de percolatieproef op 23 november 2011 is van een aantal behandelingen de te onderzoeken toplaag uit de PVC-buizen nogmaals door het BLGG AgroXpertus onderzocht op: EC, pH, NH₄, K, Na, Ca, Mg, NO₃, Cl, SO₄, HCO₃, P, Si, Fe, Mn, Zn, B, Cu en Mo.

Voor de bepaling van de EC, pH en macro- en micro-elementen is de gangbare routine methode voor kasgronden van het BLGG AgroXpertus gebruikt; de 1:2 volume (water) extractie. De analyse in het extract is uitgevoerd met ICP-OES. Deze analysetechniek is gebaseerd op plasma optische emissie spectroscopie.

2.3.2 Vloeistofanalyses gemeten met een ion specifieke meter

Met een ion specifieke meter van Clean Grow zijn de natrium- en chloorgehalten in het percolatiewater geanalyseerd. De Clean Grow sensor (van NT Sensors, S.L., Tarragona, Spanje) is een portable multi-ion analyzer bestaande uit een enkelwandige koolstof nanobuis ion-selectieve electrode (ISE) en een meervoudige ionmeter, waarmee de concentratie van zes verschillende ionen in een oplossing (Ca^{2+} , Cl^- , K^+ , Na^+ , NH_4^+ , NO_3^{2-}) in real time kunnen worden bepaald.



Foto 3. Links de portable ion specifieke meter van Clean Grow, bestaande uit een koffer met een ion selectieve electrode, een meet unit en flesjes met kalibratievloeistof. Rechts de meetkop van de ion specifieke meter van Clean Grow, met zes meetsensoren en een referentie sensor.

Van het percolatiewater uit de grondkolommen is van iedere kolom afzonderlijk op vijf tijdstippen gedurende de proef met behulp van de Clean Grow sensor het natrium- en chloorgehalte gemeten. De meter stond vast opgesteld in het bodemfysisch laboratorium van Wageningen UR Glastuinbouw te Bleiswijk en kon indien noodzakelijk meerdere keren tussen de metingen worden gekalibreerd.

2.3.3 Chemische vloeistofanalyses

Op 14 en op 21 december 2011 is een deel van de percolatiemonsters ook geanalyseerd door Groen Agro Control. Hierbij zijn monsters van eenzelfde behandeling per bemonsteringsdatum samengevoegd (zie Tabel Bijlage V). De eerste serie is geanalyseerd op: Na, de tweede serie naast Na ook op K, Ca, Mg, Si, P, Fe, Mn, Zn, B, Cu en Mo.

De bepaling van de elementen in het percolatiewater is volgens de routine methode van Groen Agro Control te Delfgauw uitgevoerd. De analyses zijn uitgevoerd met een ICP-OES.

3 Resultaten

3.1 Gehalten in de grond aan het begin van de percolatieproef

De resultaten van de chemische analyses (EC, Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻ en organische stofgehalte) van de uitganggrond, na het mengen met rivierzand en van de acht verschillende aangemaakte “grondsoorten”, gemengd met compost en NaCl of Na₂SO₄, staan vermeld in Tabel 4. De analyseresultaten van de overige onderzochte elementen staan vermeld in de tabel van Bijlage II.

Het organische stofgehalte van de aangemaakte gronden met de lage composttoediening was gemiddeld 3,2%. Het gemiddelde organische gehalte van de hoge composttoediening was 4,6%. Het natriumgehalte van de grond was bij de lage NaCl-toediening 5,1 mmol en bij de hoge NaCl-toediening 21,0 mmol Na per liter. Menging met Na₂SO₄ gaf bij de lage en hoge toediening respectievelijk 6,6 en 42,7 mmol Na per liter. De chloorgehalten waren met NaCl-toediening bij de lage en hoge gift respectievelijk 5,5 en 28,1 mmol Cl per liter. Het sulfaatgehalte was met de Na₂SO₄-toediening respectievelijk bij de lage en hoge gift 8,0 en 27,3 mmol SO₄ per liter.

Tabel 4. Analyses van de uitganggrond, dat gemengd is met rivierzand en van de acht aangemaakte gronden; EC, natrium-, chloor-, zwavel- en organische stofgehalte (1:2 volume extract).

Grond	Zout soort	Zout niveau	Organische stof niveau	EC ¹ , mS per cm	Na ⁺ , mmol per liter	Cl ⁻ , mmol per liter	SO ₄ ²⁻ , mmol per liter	EC ² , mS per cm	Organische stofgehalte, %
Uitganggrond (gemengd met rivierzand)				2,1	3,9	2,1	6,8	2,1	3,1
Aangemaakte grond nr. 1	NaCl	laag	laag	1,9	4,9	4,9	4,5	1,8	2,9
Aangemaakte grond nr. 2	NaCl	laag	hoog	2,0	5,3	6,0	4,9	1,8	4,7
Aangemaakte grond nr. 3	NaCl	hoog	laag	4,3	20,1	26,7	4,8	3,7	3,3
Aangemaakte grond nr. 4	NaCl	hoog	hoog	4,7	21,9	29,5	4,4	3,8	4,7
Aangemaakte grond nr. 5	Na ₂ SO ₄	laag	laag	2,5	6,8	2,2	8,8	2,0	3,3
Aangemaakte grond nr. 6	Na ₂ SO ₄	laag	hoog	2,4	6,3	2,8	7,1	2,1	4,6
Aangemaakte grond nr. 7	Na ₂ SO ₄	hoog	laag	5,3	45,7	2,5	32,5	4,5	3,3
Aangemaakte grond nr. 8	Na ₂ SO ₄	hoog	hoog	4,9	39,7	2,8	22,0	4,5	4,5

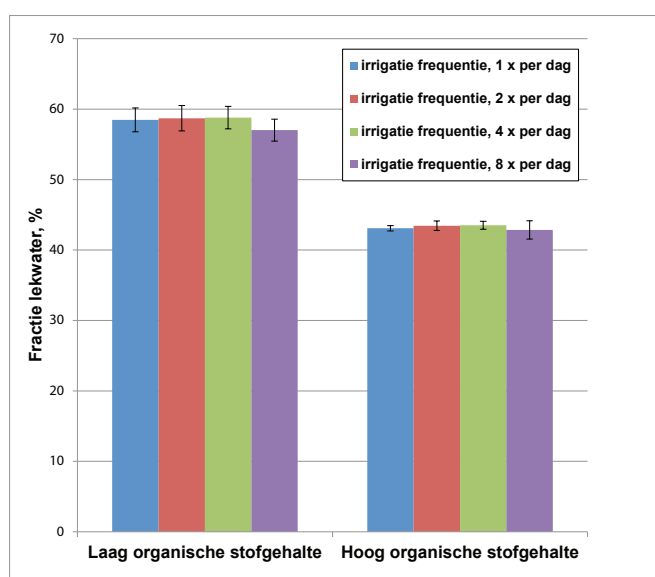
¹ analyse uitgevoerd door het BLGG AgroXpertus

² analyse uitgevoerd door WUR-Glastuinbouw

3.2 Gehalten in het drainwater gedurende de percolatieperiode

Hoeveelheid percolatiewater

De hoeveelheid water dat aan het begin in de grondkolom aanwezig is, de totale hoeveelheid water dat tijdens de percolatieperiode is toegediend en de hoeveelheid water dat gepercoleerd is staan per behandeling vermeld in de tabel van Bijlage III. Uit deze gegevens kan de fractie aan lekwater worden berekend, dit is de hoeveelheid lekwater ten opzichte van de totale hoeveelheid water. De totale hoeveelheid water is de hoeveelheid water dat bij de start van de percolatie in de grond aanwezig was plus de hoeveelheid water dat tijdens de percolatieperiode werd toegediend. De uitspoelingsfractie blijkt na tien dagen van irrigatie bij de grond met een laag organisch stofgehalte 15% hoger te zijn dan bij een hogere organisch stofgehalte; gemiddeld over de behandelingen is de uitspoelingsfractie respectievelijk 58 en 43% (Figuur 1.). Er blijken geen verschillen in lekwaterfractie te zijn tussen de andere behandelingen.

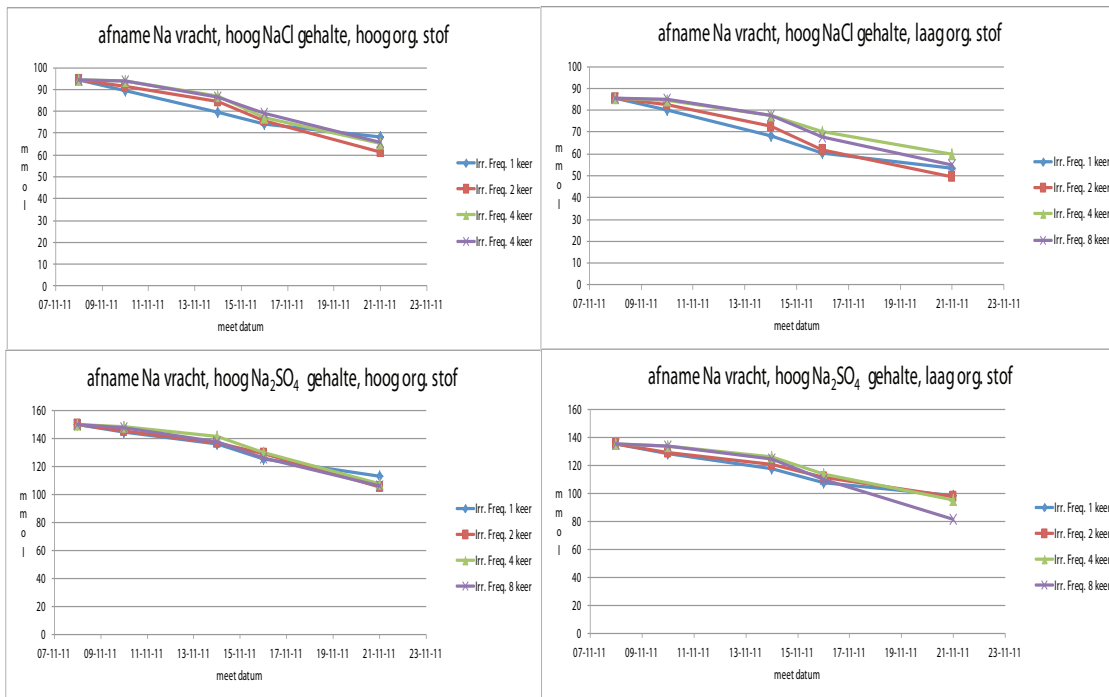


Figuur 1. Fractie aan lekwater van de behandelingen met een laag en hoog organische stofgehalte in de grond en verschillende irrigatiefrequenties.

Berekende afname van natrium en chloor in de bodem met behulp van de gemeten gehalten in het percolatiewater

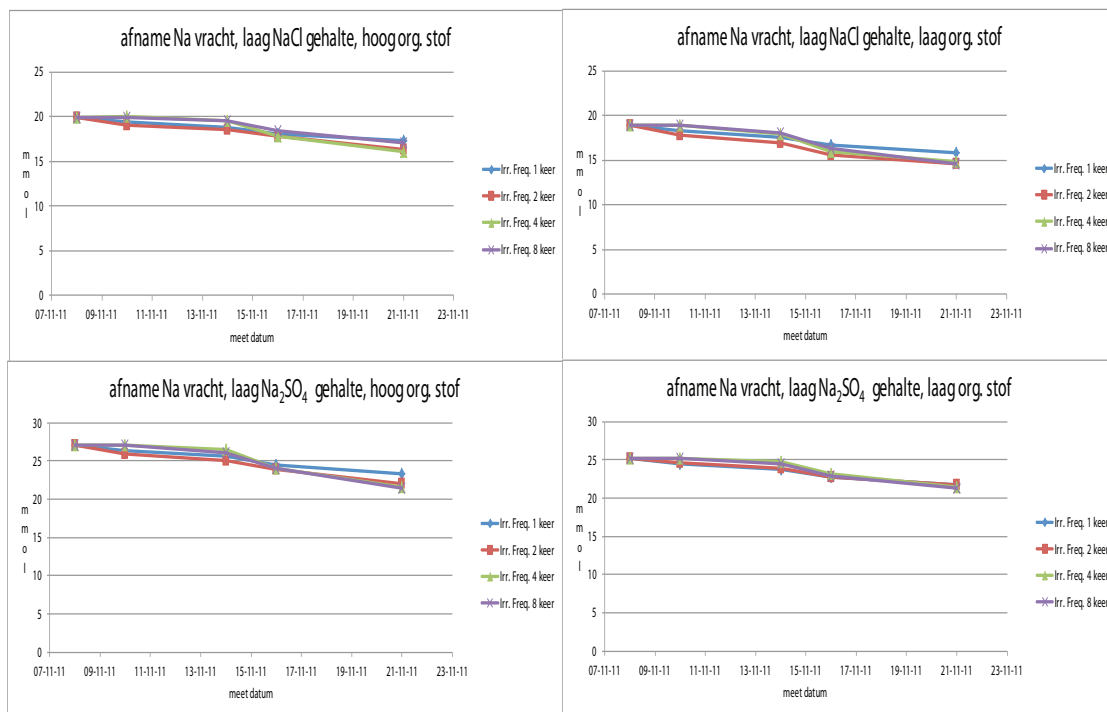
De afname van de hoeveelheid natrium in de grond, waaraan NaCl of Na₂SO₄ is toegediend is gedurende de tien dagen van irrigatie weergegeven in Figuur 2. De afname aan natrium en chloor in deze figuren wordt gegeven in mmol Na of Cl dat in de grondkolom aanwezig is. De natriumafname is berekend op basis van de hoeveelheid natrium in de grond vlak voor de irrigatieperiode en de afgevoerde hoeveelheden natrium via het percolatiewater. Omdat met de ion specifieke meter systematisch lagere Na-gehalten in het percolatiewater werden gemeten dan met de ICP-OES (Figuur 5, paragraaf 4.3), werden deze waarden op basis van deze relatie eerst gecorrigeerd.

Bij alle behandelingen neemt het natriumgehalte in de grond verder af naarmate langer met schoonwater wordt geïrrigeerd. Wat opvalt, is dat bij de NaCl-toediening, zowel bij een laag als bij een hoog organische stofgehalte in de bodem (Figuur 2, bovenste twee figuren), het natriumgehalte in de grond het sterkst wordt verminderd na tien dagen irrigatie met een frequentie van twee keer per dag spoelen met 10 mm water. Als natrium in de vorm van Na₂SO₄ aan de grond met een laag organische stofgehalte was toegediend, werd het laagste natriumgehalte bereikt na tien dagen irrigatie van acht keer per dag met 2,5 mm water (Figuur 2, rechts onder).



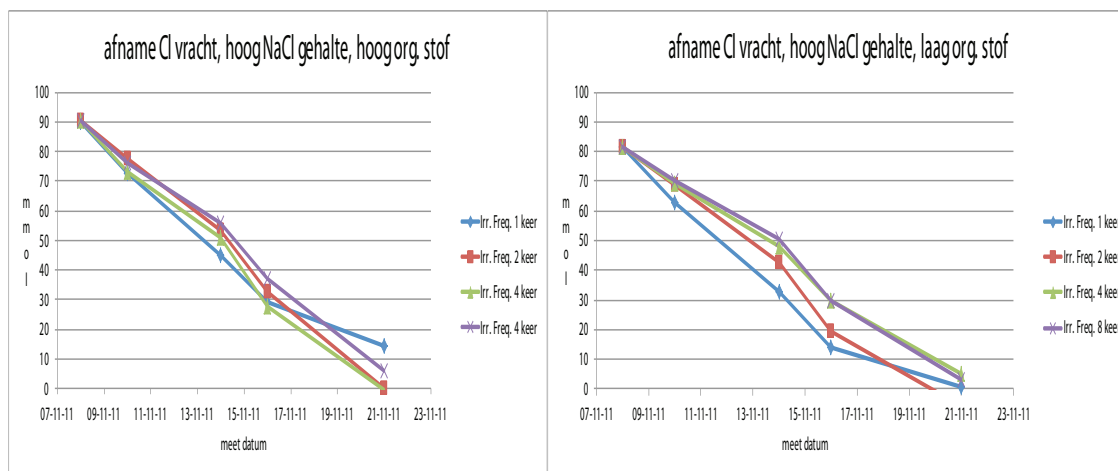
Figuur 2. Afname van de hoeveelheid aan natrium in de grond waaraan NaCl of Na₂SO₄ is toegediend. Hoge gift aan NaCl (boven) of Na₂SO₄ (onder) en een hoog (links) of laag (rechts) organische stofgehalte in de grond. De afname is berekend op basis van de hoeveelheid natrium in de grond vlak voor de irrigatieperiode en de afgevoerde hoeveelheden natrium via het percolatiewater.

De afname van het natriumgehalte bij lage toediening vertoont eenzelfde beeld als bij een hogere toediening (Figuur 3.).



Figuur 3. Afname van de hoeveelheid aan natrium in de grond waaraan NaCl of Na₂SO₄ is toegediend. Lage gift aan NaCl (boven) of Na₂SO₄ (onder) en een hoog (links) of laag (rechts) organische stofgehalte in de grond. De afname is berekend op basis van de hoeveelheid natrium in de grond vlak voor de irrigatieperiode en de afgevoerde hoeveelheden natrium via het percolatiewater.

De afname van het chloorgehalte in de bodem met NaCl toediening is weergegeven in Figuur 4. Bij alle behandelingen neemt het chloorgehalte in de grond verder af naarmate langer met schoonwater wordt geïrrigeerd. Het chloorgehalte in de bodem neemt sneller af bij een laag organisch stof niveau in de bodem (Figuur 4, links) dan bij een hoog organisch stof niveau (Figuur 4, rechts).



Figuur 4. Afname van de hoeveelheid aan chloor in de grond waaraan NaCl is toegediend. Hoge gift aan NaCl en een hoog (Figuur links) of laag (Figuur rechts) organische stofgehalte in de grond. De afname is berekend op basis van de hoeveelheid chloor in de grond vlak voor de irrigatieperiode en de afgevoerde hoeveelheden chloor via het percolatiewater.

3.3 Gehalten in de grond aan het eind van de percolatieproef

In de tabel van Bijlage IV zijn de EC, pH, natrium-, chloor-, sulfaat-, kalium-, calcium, magnesium-, nitraat en boriumgehalte (1:2 volume extract) van de grond aan het eind van de percolatieproef, na totaal tien dagen spoelen, op 23 november 2012 vermeld. Niet alle behandelingen zijn geanalyseerd. De behandelingen die voornamelijk zijn geanalyseerd zijn die met een hoog organische stof niveau in grond en die met de hoogste toediening aan zouten.

In Tabel 5. worden de percentage's van de gehalten weergegeven ten opzichte van de gehalten in het begin van de percolatieperiode.

De EC van de bodem neemt af bij de behandeling met Na_2SO_4 naarmate de frequentie van irrigatie toeneemt. Bij de behandeling met NaCl is geen duidelijke invloed van irrigatiefrequentie op de EC.

Het natriumgehalte bij de behandeling met Na_2SO_4 neemt evenals bij de EC af naarmate frequenter werd geïrrigeerd. Bij de toediening met NaCl werden de laagste gehalten aangetroffen bij twee keer en vier irrigeren per dag, respectievelijk met 10 en 5 mm water.

Een irrigatiefrequentie van twee keer per dag met 10 mm water resulteerde in het laagste chloorgehalte in de bodem bij de behandeling met chloorhoudend natriumzout. Bij het sulfaathoudende natriumzout werd met een irrigatiefrequentie van vier keer per dag met 5 mm water het laagste gehalte aan sulfaat in de grond bereikt.

Verder kan worden opgemerkt dat het organische stofniveau in de grond van invloed is op de uitspoeling van de natriumzouten. Bij een laag organische stofniveau geeft een hoog niveau van Na_2SO_4 en een irrigatiefrequentie van acht keer per dag meer natrium- en sulfaatuitspoeling dan een hoog organische stofniveau. Bij een hoog niveau van NaCl en een irrigatiefrequentie van één gietbeurt per dag is dit het geval voor natrium en chloor.

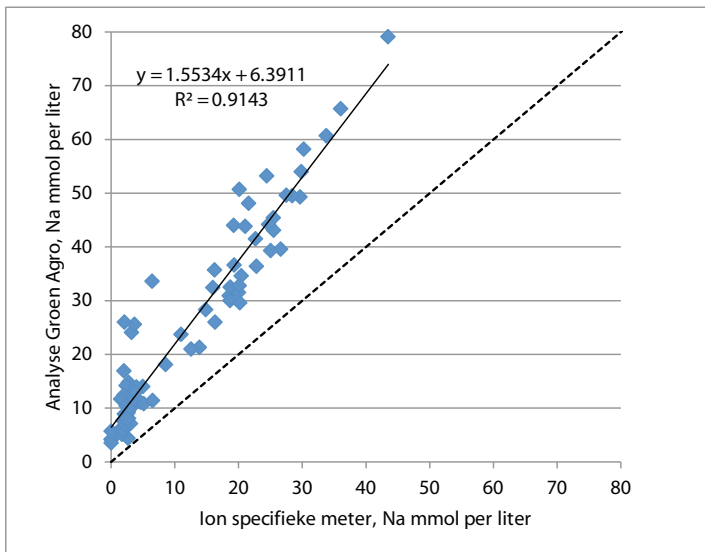
Voor kalium, calcium, magnesium en nitraat blijkt dat indien vaker dan één keer per dag werd geïrrigeerd de gehalten in de bodem lager te zijn.

Tabel 5. Percentage's van de gehalten in de grond aan het eind van de percolatieproef ten opzichte van de gehalten aan het begin; EC, natrium-, chloor-, sulfaat-, kalium-, calcium, magnesium-, nitraat en boriumgehalte (1:2 volume extract).

Soort zout	Zout niveau	Organische stofniveau					
		laag		hoog			
		Irrigatie, aantal gietbeurten per dag					
		1	8	1	2	4	8
		EC t.o.v. begin, %					
Na ₂ SO ₄	laag	28.0		20.8			
	hoog	28.3	7.5	28.6	12.2	10.2	12.2
NaCl	laag	26.3		15.0			
	hoog	14.0	16.3	21.3	10.6	14.9	12.8
		Natriumgehalte t.o.v. begin, %					
Na ₂ SO ₄	laag	27.9		19.0			
	hoog	19.3	2.6	20.4	6.3	4.8	6.0
NaCl	laag	22.4		10.9			
	hoog	14.4	15.4	24.2	10.0	12.3	13.2
		Chloorgehalte t.o.v. begin, %					
NaCl	laag	12.2		5.0			
	hoog	8.2	9.4	15.3	4.7	8.1	5.8
		Sulfaatgehalte t.o.v. begin, %					
Na ₂ SO ₄	laag	28.4		22.5			
	hoog	20.0	5.5	28.6	10.5	7.7	10.9
		Kaliumgehalte t.o.v. begin, %					
Na ₂ SO ₄	laag	36.7		23.3			
	hoog	29.0	19.4	30.2	18.6	16.3	15.1
NaCl	laag	33.3		16.7			
	hoog	23.3	23.3	28.3	13.0	15.2	19.6
		Calciumgehalte t.o.v. begin, %					
Na ₂ SO ₄	laag	26.7		18.8			
	hoog	26.3	12.5	31.3	14.1	10.9	15.6
NaCl	laag	24.4		12.5			
	hoog	15.5	15.5	20.8	15.1	18.9	13.2
		Magnesiumgehalte t.o.v. begin, %					
Na ₂ SO ₄	laag	22.7		15.8			
	hoog	26.9	11.5	27.3	13.6	9.1	13.6
NaCl	laag	17.6		10.5			
	hoog	14.3	9.5	20.0	10.0	15.0	12.5
		Nitraatgehalte t.o.v. begin, %					
Na ₂ SO ₄	laag	21.6		9.8			
	hoog	16.7	3.7	17.8	4.4	4.4	4.4
NaCl	laag	14.6		4.2			
	hoog	10.2	14.3	2.1	8.3	12.5	8.3

3.4 Vergelijking natriumanalyses gemeten met ion specifieke meter van Clean Grow en ICP-OES

In deze paragraaf worden de ervaringen beschreven over de ion specifieke meter die tijdens de uitspoelingsperiode is gebruikt. Aan het eind van deze periode is in een aantal percolatieoplossingen ter vergelijking zowel het natriumgehalte gemeten met een ion specifieke meter van Clean Grow en vervolgens in het laboratorium van Groen Agro Control met de ICP-OES. Voor dit vergelijkend onderzoek zijn steeds percolatieoplossingen van twee buizen samengevoegd. Zie voor de geselecteerde buizen Bijlage V. Met de ion specifieke meter zijn systematisch lagere Na-gehalten gemeten dan met de ICP-OES (Figuur 5.). Ondanks dat meerdere keren tussen de metingen met ijkvloeistoffen werd gekalibreerd, blijkt uit de Figuur dat de ion selectieve meter instabiel is en te lage natriumwaarden geeft. Deze meter is niet geschikt om het natriumgehalte in een voedingsoplossing te kunnen vaststellen.



Figuur 5. Het natriumgehalte in verschillende percolatieoplossingen, zowel gemeten met een ion specifieke meter van Clean Grow als in het laboratorium met de ICP-OES.

4 Discussie en conclusies

Om schade bij tuinbouwgewassen door opgehoopte zouten in de bodem te voorkomen worden in de praktijk de overtollige zouten in de grond regelmatig met water uitgespoeld. Bij de uitspoeling van de kasgrond dienen de zouten met gebruik van zo weinig mogelijk water zo efficiënt mogelijk te worden verwijderd. Tegelijkertijd dient een zo laag mogelijke emissie van stikstof en fosfaat te worden gerealiseerd.

In de praktijk wordt gewoonlijk een uitspoelintensiteit van circa 50 mm per dag toegepast. Deze waarde is gekozen, omdat de maximale afvoer van de drainage daarop was gebaseerd. Bij een intensiteit van 50 mm is het effect vergeleken met de berekende uitspoeling bij zand nog vrij hoog (94%), maar bij klei gedaald tot 83%. Een lagere beregeningsintensiteit zal in de praktijk, daar ze veel tijd kost, niet altijd uitvoerbaar zijn. Maar met een lage beregeningsintensiteit van ongeveer 10 mm per dag kan een efficiënte uitspoeling worden verkregen. Door het geven van verscheidene kleine giften per dag met bijvoorbeeld automatische beregeningsapparatuur zou een hoger rendement van de uitspoeling kunnen worden verkregen.

In deze uitspoelingsproef is afhankelijk van de behandeling handmatig één keer per dag 20 mm, twee per dag 10 mm, vier per dag 5 mm of acht keer per dag een hoeveelheid water van 2,5 mm gelijkmatig over het oppervlak van de grondkolom gegoten. Gedurende tien dagen is iedere dag totaal 20 mm, totaal over tien dagen 200 mm, aan elke grondkolom toegediend.

Conclusies op basis van gemeten hoeveelheden drainwater

Uit de hoeveelheid water dat aan het begin van de percolatieproef in de grond aanwezig was, de totale hoeveelheid water dat werd toegediend en de hoeveelheid water dat werd gebruikt voor de percolatie werd de uitspoelingsfractie berekend. Uit de percolatieproef blijkt dat de uitspoelingsfractie bij de grond met een laag organisch stofgehalte 15% hoger te zijn dan bij een hogere organisch stofgehalte; gemiddeld over de behandelingen is de uitspoelingsfractie respectievelijk 58 en 43%.

Conclusies op basis van gemeten gehalten in het drainwater

Met behulp van een portable multi-ion analyzer werden de gehalten aan natrium en chloor in het percolatiewater gemeten. Op basis van deze gemeten gehalten in het percolatiewater werd de afname van de hoeveelheid natrium en chloor in de grond berekend.

Bij alle behandelingen neemt zowel het natrium- als chloorgehalte in de grond verder af naarmate langer met schoonwater wordt geïrrigeerd. Bij de grond waaraan NaCl werd toegevoegd was het natriumgehalte het sterkst verminderd na tien dagen spoelen met een frequentie van twee keer per dag met 10 mm water, zowel bij een laag als bij een hoog organische stofgehalte in de bodem, respectievelijk een verlaging van 43 en 36% ten opzichte van de beginsituatie. Als natrium in de vorm van Na_2SO_4 aan de grond met een laag organische stofgehalte was toegediend, werd het laagste natriumgehalte bereikt na tien dagen irrigatie met een frequentie van acht keer per dag met 2,5 mm water. Deze behandeling gaf een verlaging van 40%.

De afname van het chloorgehalte in de bodem met NaCl toediening nadert uiteindelijk met alle irrigatiebehandelingen, zowel bij een laag als bij een hoog organisch stof niveau in de bodem, de 100%.

Conclusies op basis van gemeten gehalten in de grond

Op basis van analyseuitslagen van de grond aan het einde van de percolatieperiode neemt bij de behandeling met Na_2SO_4 de EC evenals het natriumgehalte af naarmate frequenter werd geïrrigeerd, een afname van uiteindelijk 95% ten opzichte van de uitgangssituatie. Aan het einde van de irrigatieperiode werden bij alle irrigatiefrequenties, uitgezonderd één behandeling (één keer per dag spoelen met 20 mm), de natriumgehalten teruggebracht tot aanvaardbare waarden, dat wil zeggen < 2,5 mmol Na per liter in een 1:2 extract.

Bij de toediening met NaCl werden de laagste natriumgehalten aangetroffen bij twee en vier keer irrigeren per dag, respectievelijk met 10 en 5 mm water. Een afname van respectievelijk 90 en 88%, waarbij de natriumgehalten tot respectievelijk 2,2 en 2,7 mmol Na per liter in een 1:2 extract werden verlaagd.

Een irrigatiefrequentie van twee keer per dag met 10 mm water resulteerde na tien dagen spoelen in het laagste chloorgehalte in de bodem bij de behandeling met chloorhoudend natriumzout. De afname was in dit geval 95%. Bij sulfaathoudend natriumzout werd na tien dagen irrigatie met een frequentie van vier keer per dag met 5 mm water het laagste gehalte aan sulfaat in de grond bereikt, een afname van 92%.

Voor kalium, calcium, magnesium en nitraat blijkt, dat indien vaker dan één keer per dag gedurende tien dagen werd geïrrigeerd de gehalten in de bodem lager zijn. Met een irrigatie van één keer per dag met 20 mm water is de afname van deze elementen 80%, bij een irrigatie van twee keer per dag met 10 mm water 90%.

Vergelijking analysemethoden

Als beide methoden worden vergeleken blijkt de uitkomst van natrium af te wijken. Met de methode waarbij de afname in de grond wordt berekend op basis van gemeten gehalten in het percolatiewater werden lagere natriumuitspoelingscijfers verkregen dan op basis van analyseuitslagen van de grond. Er dient te worden opgemerkt dat bij de berekening op basis van gemeten gehalten in het percolatiewater bovendien een correctie is toegepast omdat met de multi-ion analyzer te lage natriumwaarden in het drainwater werden gemeten.

De resultaten van de chloorafname komen volgens beide methoden redelijk met elkaar overeen.

Aanbevelingen vervolgonderzoek

Aanbevolen wordt om aan de hand van de uitkomsten van deze laboratoriumtest en de deskstudie (Steenhuizen & Voogt, 2011) een uitspoelingsstrategie te ontwikkelen, welke op praktijkschaal kan worden getest. Hiervoor dient een aantal proefvelden te worden aangelegd, die zijn uitgerust met een apart aanstuurbaar watergeefstelsel, waarbij de uitspoeling erop is gericht met zo min mogelijk water een maximaal effect te bereiken op de natriumuitspoeling, waarbij de nitraatuitspoeling zo gering mogelijk wordt gehouden.

5 Literatuur

J.W. Steenhuizen & W. Voogt, 2012.

Uitspoeling van zouten uit kasgronden. Een deskstudie. Wageningen UR Glastuinbouw, Wageningen/Bleiswijk, Intern rapport, 32 pp.

Wim Voogt, Johan Steenhuizen en Aat van Winkel. 2011.

Verzouting bij de biologische kasteelt. Verslag van onderzoek naar zoutophoping en uitspoeling bij een biologisch teeltbedrijf 2009 - 2010, 19 pp.

Bijlage I Logboek

Woensdag 28 september 2011

Voor het onderzoek is kasgrond verzameld bij het tuinbouwbedrijf van F.J.J. de Koning te Tinte. Adres: Ruigendijk 14B, 3234 LC Tinte. Eerst werd de rulle bovenlaag tussen de paprikaplanten verwijderd en daarna is met een schep tot ongeveer 15-20 cm diepte een steek grond gestoken. De grond is genomen van het rechtergedeelte in de kas, gootnummers 103 t/m 192. Totaal is ongeveer 100 liter grond verzameld. De grond is in plastic zakken vervoerd naar Bleiswijk. De zakken zijn ongeopend in de kassencorridor gezet.

Dinsdag 4 oktober 2011

In een cementmolen werd 10 kg kasgrond gemengd met rivierzand, 1 op 1 gewichtsbasis. Bij het mengen in de molen vormden zich grote ballen grond. De kasgrond was te nat. Alle tien zakken zijn gelegeerd en ter droging in de kas uitgespreid. De grote kluiten zijn met een spade kapot gestoken en grote stenen en stukken glas en touw etc. verwijderd.

Woensdag 5 oktober 2011

De iets ingedroogde grond is gemengd in de cementmolen, met een volumeverhouding van 1 op 1. Het gewicht van 10 liter kasgrond is 7,8 kg en van 10 liter zand 14,5 kg. De kasgrond is voor het mengen eerst gezeefd door een zeef met een maasgrootte van 0.5 cm.

Er zijn foto's genomen van de werkzaamheden. Van de gemengde grond zijn twee grondmonsters genomen, waarvan één mengmonster naar het BLGG AgroXpertus is verzonden voor chemisch onderzoek en één monster is in het bodemfysisch laboratorium van Wageningen UR Glastuinbouw te Bleiswijk gebruikt voor de bepaling van het vochtgehalte, het organische stofgehalte en de EC.

Woensdag 12 oktober 2011

Uit 36 cilinders werd de bovenste oude grondlaag (20 cm) van een vorige proef tot aan de zandlaag verwijderd.

Dinsdag 18 oktober 2011

Van de overige 36 cilinders werd ook de bovenste grondlaag verwijderd en daarna zijn alle zandkolommen twee keer met 30 cm waterkolom doorgespoeld.

Woensdag 19 oktober 2011

De zandkolommen in de buizen werden nogmaals met 40 cm water doorgespoeld. De EC van het lekwater van alle buizen ligt tussen 40 en 55 μS per cm. Als deze hoger was (buis 12 en 1) dan is met extra water doorgespoeld.

Compost werd besteld, 30 kg, met een organische stofgehalte van ongeveer 31%.

Dinsdag 25 oktober 2011

De voor deze proef benodigde natriumzouten en compost zijn afgewogen en daarna zijn acht verschillende "grondsoorten" aangemaakt (gemengd in een cementmolen).

Woensdag 26 oktober 2011

Monsters zijn genomen van de acht verschillende "grondsoorten", van iedere grondsoort één monster voor de bepaling van EC en organische stofgehalte en één monster voor chemische analyses bij het BLGG AgroXpertus.

Dinsdag 1 november 2011

Alle 64 buizen werden gevuld met de te onderzoeken grond, vulhoogte is 20 cm hoogte.

Het gewicht van de grond met een laag organische stofgehalte dat per buis hiervoor werd gebruikt is 2,65 kg en het gewicht van de grond met een hoog organisch stofgehalte is 2,55 kg.

De afstand vanaf de bovenzijde van de onderliggende zandlaag, waarop de te onderzoeken grond ligt, tot de bovenrand van de buis was 33 cm. De te onderzoeken grond in de buizen werd iets samengedrukt, zodat boven de grondkolom 13 cm van de buis niet was gevuld.

Maandag 7 november 2011

Start irrigatieproef. Hiervoor is het water gebruikt dat ook als gietwater in de kassen wordt gebruikt.

Dinsdag 8 november 2011

Tweede dag dat gietwater aan de grondkolommen werd toegediend. Het drainwater begint uit de grondkolommen te lopen. 's Middags is de opgevangen hoeveelheid aan drainwater per buis genoteerd.

Woensdag 9 november 2011

Derde dag dat gietwater werd toegediend. De bemonsterde vloeistof is met een ion specifieke meter geanalyseerd op Cl en Na, daarnaast werd de EC bepaald. Ook een monster van het gebruikte gietwater werd geanalyseerd.

Donderdag 10 november 2011

Vierde dag dat gietwater werd toegediend. 's Middags is de opgevangen hoeveelheid aan drainwater per buis genoteerd.

Vrijdag 11 november 2011

Vijfde dag dat gietwater werd toegediend, bovendien werd het drainwater bemonsterd.

Maandag 14 november 2011

Zesde dag dat gietwater werd toegediend en tevens werd het drainwater bemonsterd.

Dinsdag 15 november 2011

Zevende dag dat gietwater werd toegediend.

Woensdag 16 november 2011

Achtste dag dat gietwater werd toegediend en die dag werd ook het drainwater bemonsterd.

Donderdag 17 november 2011

Negende dag dat gietwater werd toegediend.

Vrijdag 18 november 2011

Tiende en laatste dag dat gietwater aan de grondkolommen werd toegediend.

Maandag 21 november 2011

Drainwater werd bemonsterd.

Woensdag 23 november 2011

Monsters van de grondkolommen genomen voor chemisch onderzoek bij het BLGG AgroXpertus, totaal zestien stuks.

Woensdag 14 december 2012

Eerste deel van de percolatiemonsters zijn voor chemische analyse verzonden naar Groen Agro Control te Delfgauw.

Woensdag 21 december 2012

Tweede gedeelte van de percolatiemonsters verzonden voor chemische analyse naar Groen Agro Control.

Bijlage II Analyse grond bij aanvang van de uitspoelingsproef

	Zout soort	Zout niveau	Organische stof niveau	EC (mS/ cm)	pH	NH ₄ (mmol/l)	K (mmol/l)	Na (mmol/l)	Ca (mmol/l)	Mg (mmol/l)	NO ₃ (mmol/l)	Cl (mmol/l)	SO ₄ (mmol/l)	HCO ₃ (mmol/l)
Uitgangsgrond				2,1	6,9	<0,1	2,7	3,9	5,8	2,0	5,3	2,1	6,8	<0,1
Aangemaakte grond nr. 1	NaCl	laag	laag	1,9	6,9	<0,1	2,1	4,9	4,5	1,7	4,1	4,9	4,5	<0,1
Aangemaakte grond nr. 2	NaCl	laag	hoog	2,3	6,9	0,1	4,2	5,3	4,8	1,9	4,8	6,0	4,9	<0,1
Aangemaakte grond nr. 3	NaCl	hoog	laag	4,3	6,9	<0,1	3,0	20,1	5,8	2,1	4,9	26,7	4,8	<0,1
Aangemaakte grond nr. 4	NaCl	hoog	hoog	4,7	7,0	0,3	4,6	21,9	5,3	2,0	4,8	29,5	4,4	0,1
Aangemaakte grond nr. 5	Na ₂ SO ₄	laag	laag	2,5	6,9	<0,1	3,0	6,8	6,0	2,2	5,1	2,2	8,8	<0,1
Aangemaakte grond nr. 6	Na ₂ SO ₄	laag	hoog	2,4	6,9	<0,1	4,3	6,3	4,8	1,9	5,1	2,8	7,1	0,1
Aangemaakte grond nr. 7	Na ₂ SO ₄	hoog	laag	5,3	6,9	0,1	3,1	45,7	8,0	2,6	5,4	2,5	32,5	<0,1
Aangemaakte grond nr. 8	Na ₂ SO ₄	hoog	hoog	4,9	6,9	<0,1	4,3	39,7	6,4	2,2	4,5	2,8	22,0	0,2

	Zout soort	Zout niveau	Organische stof niveau	P (mmol/l)	Si (mmol/l)	Fe (µmol/l)	Mn (µmol/l)	Zn (µmol/l)	B (µmol/l)	Cu (µmol/l)	Mo (µmol/l)	EC (mS/ cm)	Vocht (%)	Org. stof (%)
Uitgangsgrond				0,07	0,10	0,6	<0,5	0,4	16	0,1	0,2		9,8	3,1
Aangemaakte grond nr. 1	NaCl	laag	laag	0,06	0,11	<0,5	<0,5	0,3	14	0,1	0,3	1,77	8,8	2,9
Aangemaakte grond nr. 2	NaCl	laag	hoog	0,07	0,12	0,9	<0,5	0,4	24	0,2	0,3	1,83	13,6	4,7
Aangemaakte grond nr. 3	NaCl	hoog	laag	0,06	0,10	0,5	<0,5	0,3	15	0,2	0,4	3,65	10,1	3,3
Aangemaakte grond nr. 4	NaCl	hoog	hoog	0,07	0,11	0,7	<0,5	0,5	22	0,2	0,3	3,82	12,7	4,7
Aangemaakte grond nr. 5	Na ₂ SO ₄	laag	laag	0,08	0,11	1,3	<0,5	0,4	16	0,2	0,3	2,04	9,4	3,3
Aangemaakte grond nr. 6	Na ₂ SO ₄	laag	hoog	0,08	0,11	0,7	<0,5	0,4	24	0,2	0,3	2,13	12,9	4,6
Aangemaakte grond nr. 7	Na ₂ SO ₄	hoog	laag	0,11	0,11	1,4	<0,5	0,6	17	0,3	0,5	4,53	9,5	3,3
Aangemaakte grond nr. 8	Na ₂ SO ₄	hoog	hoog	0,11	0,11	1,4	<0,5	0,6	23	0,2	0,4	4,52	13,2	4,5

Bijlage III Hoeveelheden initieel water, toegediend water en lekwater en de fractie aan lekwater

Behandeling	Zout-Soort	Zout-niveau	Organische stof-niveau	Irrigatie-frequentie, aantal gietbeurten per dag	Initieel water, mm	Toege-diend water, mm	Lek-water, mm	Fractie lekwater, % ¹
1	NaCl	laag	laag	1	19	200	159	63
2	NaCl	laag	hoog	1	28	200	159	42
3	NaCl	hoog	laag	1	22	200	158	55
4	NaCl	hoog	hoog	1	26	200	155	44
5	Na ₂ SO ₄	laag	laag	1	20	200	158	59
6	Na ₂ SO ₄	laag	hoog	1	27	200	153	43
7	Na ₂ SO ₄	hoog	laag	1	21	200	157	58
8	Na ₂ SO ₄	hoog	hoog	1	27	200	155	43
1	NaCl	laag	laag	2	19	200	160	63
2	NaCl	laag	hoog	2	28	200	156	42
3	NaCl	hoog	laag	2	22	200	159	55
4	NaCl	hoog	hoog	2	26	200	156	44
5	Na ₂ SO ₄	laag	laag	2	20	200	158	59
6	Na ₂ SO ₄	laag	hoog	2	27	200	158	44
7	Na ₂ SO ₄	hoog	laag	2	21	200	158	58
8	Na ₂ SO ₄	hoog	hoog	2	27	200	157	43
1	NaCl	laag	laag	4	19	200	160	63
2	NaCl	laag	hoog	4	28	200	158	42
3	NaCl	hoog	laag	4	22	200	161	56
4	NaCl	hoog	hoog	4	26	200	157	45
5	Na ₂ SO ₄	laag	laag	4	20	200	157	58
6	Na ₂ SO ₄	laag	hoog	4	27	200	156	44
7	Na ₂ SO ₄	hoog	laag	4	21	200	157	58
8	Na ₂ SO ₄	hoog	hoog	4	27	200	158	43
1	NaCl	laag	laag	8	19	200	148	59
2	NaCl	laag	hoog	8	28	200	146	39
3	NaCl	hoog	laag	8	22	200	152	52
4	NaCl	hoog	hoog	8	26	200	154	44
5	Na ₂ SO ₄	laag	laag	8	20	200	158	58
6	Na ₂ SO ₄	laag	hoog	8	27	200	158	44
7	Na ₂ SO ₄	hoog	laag	8	21	200	160	59
8	Na ₂ SO ₄	hoog	hoog	8	27	200	161	44

¹ Fractie lekwater = de hoeveelheid lekwater ten opzichte van het totaal (= initieel + totaal toegediend).

Bijlage IV Analyse grond aan het eind van de uitspoelingsproef

Soort zout	Zout niveau	Organische stofniveau					
		laag		hoog			
		Irrigatie, aantal gietbeurten per dag					
		1	8	1	2	4	8
		EC, mS per cm					
Na ₂ SO ₄	laag	0.7		0.5			
	hoog	1.5	0.4	1.4	0.6	0.5	0.6
NaCl	laag	0.5		0.3			
	hoog	0.6	0.7	1.0	0.5	0.7	0.6
		pH					
Na ₂ SO ₄	laag	7.0		7.0			
	hoog	7.0	6.8	6.9	7.0	6.8	6.9
NaCl	laag	7.0		6.9			
	hoog	7.0	7.1	7.0	7.0	7.1	6.9
		Natrium, mmol Na per liter					
Na ₂ SO ₄	laag	1.9		1.2			
	hoog	8.8	1.2	8.1	2.5	1.9	2.4
NaCl	laag	1.1		0.6			
	hoog	2.9	3.1	5.3	2.2	2.7	2.9
		Chloor, mmol Cl per liter					
Na ₂ SO ₄	laag	0.5		0.3			
	hoog	0.3	0.2	0.5	0.2	0.2	0.2
NaCl	laag	0.6		0.3			
	hoog	2.2	2.5	4.5	1.4	2.4	1.7
		Sulfaat, mmol SO ₄ per liter					
Na ₂ SO ₄	laag	2.5		1.6			
	hoog	6.5	1.8	6.3	2.3	1.7	2.4
NaCl	laag	1.4		0.8			
	hoog	1.2	1.2	1.5	1.1	1.0	1.3

Soort zout	Zout niveau	Organische stofniveau					
		Kalium, mmol K per liter					
Na ₂ SO ₄	laag	1.1		1.0			
	hoog	0.9	0.6	1.3	0.8	0.7	0.7
NaCl	laag	0.7		0.7			
	hoog	0.7	0.7	1.3	0.6	0.7	0.9
Calcium, mmol Ca per liter							
Na ₂ SO ₄	laag	1.6		0.9			
	hoog	2.1	1.0	2.0	0.9	0.7	1.0
NaCl	laag	1.1		0.6			
	hoog	0.9	0.9	1.1	0.8	1.0	0.7
Magnesium, mmol Mg per liter							
Na ₂ SO ₄	laag	0.5		0.3			
	hoog	0.7	0.3	0.6	0.3	0.2	0.3
NaCl	laag	0.3		0.2			
	hoog	0.3	0.2	0.4	0.2	0.3	0.3
Nitraat, mmol NO ₃ per liter							
Na ₂ SO ₄	laag	1.1		0.5			
	hoog	0.9	0.2	0.8	0.2	0.2	0.2
NaCl	laag	0.6		0.2			
	hoog	0.5	0.7	0.1	0.4	0.6	0.4

Zout soort	Zout niveau	Organische stof niveau	Irrigatie-frequentie, aantal gietbeurten per dag	EC (mS/cm)	pH	NH ₄ (mmol/l)	K (mmol/l)	Na (mmol/l)	Ca (mmol/l)	Mg (mmol/l)	NO ₃ (mmol/l)	Cl (mmol/l)	SO ₄ (mmol/l)
NaCl	laag	laag	1	0,5	7,0	< 0,1	0,7	1,1	1,1	0,3	0,6	0,6	1,4
NaCl	laag	hoog	1	0,3	6,9	< 0,1	0,7	0,6	0,6	0,2	0,2	0,3	0,8
NaCl	hoog	laag	1	0,6	7,0	< 0,1	0,7	2,9	0,9	0,3	0,5	2,2	1,2
NaCl	hoog	hoog	1	1,0	7,0	< 0,1	1,3	5,3	1,1	0,4	1,0	4,5	1,5
Na ₂ SO ₄	laag	laag	1	0,7	7,0	< 0,1	1,1	1,9	1,6	0,5	1,1	0,5	2,5
Na ₂ SO ₄	laag	hoog	1	0,5	7,0	< 0,1	1,0	1,2	0,9	0,3	0,5	0,3	1,6
Na ₂ SO ₄	hoog	laag	1	1,5	7,0	< 0,1	0,9	8,8	2,1	0,7	0,9	0,3	6,5
Na ₂ SO ₄	hoog	hoog	1	1,4	6,9	< 0,1	1,3	8,1	2,0	0,6	0,8	0,5	6,3
NaCl	hoog	laag	2	0,5	7,0	< 0,1	0,6	2,2	0,8	0,2	0,4	1,4	1,1
Na ₂ SO ₄	hoog	hoog	2	0,6	7,0	< 0,1	0,8	2,5	0,9	0,3	0,2	0,2	2,3
NaCl	hoog	laag	4	0,7	7,1	< 0,1	0,7	2,7	1,0	0,3	0,6	2,4	1,0
Na ₂ SO ₄	hoog	hoog	4	0,5	6,8	< 0,1	0,7	1,9	0,7	0,2	0,2	0,2	1,7
NaCl	hoog	laag	8	0,7	7,1	< 0,1	0,7	3,1	0,9	0,3	0,7	2,5	1,2
NaCl	hoog	hoog	8	0,6	6,9	< 0,1	0,9	2,9	0,7	0,2	0,4	1,7	1,3
Na ₂ SO ₄	hoog	laag	8	0,4	6,8	< 0,1	0,6	1,2	1,0	0,3	0,2	0,2	1,8
Na ₂ SO ₄	hoog	hoog	8	0,6	6,9	< 0,1	0,7	2,4	1,0	0,3	0,2	0,2	2,4

Zout soort	Zout niveau	Organische stof niveau	Irrigatie- frequentie, aantal gietbeurten per dag	HCO ₃ (mmol/l)	P (mmol/l)	Si (mmol/l)	Fe (µmol/l)	Mn (µmol/l)	Zn (µmol/l)	B (µmol/l)	Cu (µmol/l)	Mo (µmol/l)
NaCl	laag	laag	1	0,1	0,08	0,10	2,2	< 0,5	0,3	9,6	0,1	0,3
NaCl	laag	hoog	1	0,1	0,09	0,11	5,7	0,8	0,3	10,0	0,1	0,2
NaCl	hoog	laag	1	0,1	0,09	0,11	5,5	< 0,5	0,3	9,1	0,1	0,2
NaCl	hoog	hoog	1	0,1	0,09	0,11	5,2	< 0,5	0,3	14,0	0,1	0,2
Na ₂ SO ₄	laag	laag	1	< 0,1	0,08	0,09	1,6	< 0,5	0,3	10,0	0,1	0,2
Na ₂ SO ₄	laag	hoog	1	0,2	0,09	0,11	5,0	< 0,5	0,3	13,0	0,2	0,2
Na ₂ SO ₄	hoog	laag	1	< 0,1	0,07	0,09	1,6	< 0,5	0,3	9,2	0,1	0,3
Na ₂ SO ₄	hoog	hoog	1	0,1	0,09	0,10	3,4	< 0,5	0,5	13,0	0,1	0,2
NaCl	hoog	laag	2	< 0,1	0,09	0,10	4,4	< 0,5	0,3	7,9	0,1	0,2
Na ₂ SO ₄	hoog	hoog	2	0,2	0,11	0,17	16,0	< 0,5	0,3	12,0	0,1	0,2
NaCl	hoog	laag	4	0,1	0,07	0,08	3,1	< 0,5	0,2	7,0	0,1	0,1
Na ₂ SO ₄	hoog	hoog	4	0,2	0,11	0,12	8,5	< 0,5	0,3	10,0	0,1	0,2
NaCl	hoog	laag	8	0,1	0,08	0,10	3,6	< 0,5	0,2	8,6	0,1	0,2
NaCl	hoog	hoog	8	0,2	0,11	0,12	7,5	< 0,5	0,3	12,0	0,2	0,3
Na ₂ SO ₄	hoog	laag	8	0,1	0,09	0,09	3,0	< 0,5	0,3	8,8	0,1	0,4
Na ₂ SO ₄	hoog	hoog	8	0,2	0,09	0,09	3,1	< 0,5	0,3	9,1	0,1	0,2

Bijlage V De geselecteerde en samengestelde percolatiemonsters voor chemische analyses

Behandeling	Soort zout	Niveau zout	Niveau org. stof	Irrigatieregime, aantal gietbeurten per dag	Buisnr., Herh. 1	Buisnr., Herh. 2	Samengestelde percolatiemonsters voor chemische analyse			
							10-11-2011	14-11-2011	16-11-2011	20-11-2011
1	NaCl	laag	laag	1	49	57	x	x	x	x
2	NaCl	laag	hoog	1	50	58				x
3	NaCl	hoog	laag	1	51	59	x	x	x	x
4	NaCl	hoog	hoog	1	52	60				x
5	Na ₂ SO ₄	laag	laag	1	53	61				x
6	Na ₂ SO ₄	laag	hoog	1	54	62	x	x	x	x
7	Na ₂ SO ₄	hoog	laag	1	55	63				x
8	Na ₂ SO ₄	hoog	hoog	1	56	64	x	x	x	x
9	NaCl	laag	laag	2	33	41	x	x	x	x
10	NaCl	laag	hoog	2	34	42				x
11	NaCl	hoog	laag	2	35	43	x	x	x	x
12	NaCl	hoog	hoog	2	36	44				x
13	Na ₂ SO ₄	laag	laag	2	37	45				x
14	Na ₂ SO ₄	laag	hoog	2	38	46	x	x	x	x
15	Na ₂ SO ₄	hoog	laag	2	39	47				x
16	Na ₂ SO ₄	hoog	hoog	2	40	48	x	x	x	x
17	NaCl	laag	laag	4	17	25	x	x	x	x
18	NaCl	laag	hoog	4	18	26				x
19	NaCl	hoog	laag	4	19	27	x	x	x	x
20	NaCl	hoog	hoog	4	20	28				x
21	Na ₂ SO ₄	laag	laag	4	21	29				x
22	Na ₂ SO ₄	laag	hoog	4	22	30	x	x	x	x
23	Na ₂ SO ₄	hoog	laag	4	23	31				x
24	Na ₂ SO ₄	hoog	hoog	4	24	32	x	x	x	x
25	NaCl	laag	laag	8	1	9	x	x	x	x
26	NaCl	laag	hoog	8	2	10				x
27	NaCl	hoog	laag	8	3	11	x	x	x	x
28	NaCl	hoog	hoog	8	4	12				x
29	Na ₂ SO ₄	laag	laag	8	5	13				x
30	Na ₂ SO ₄	laag	hoog	8	6	14	x	x	x	x
31	Na ₂ SO ₄	hoog	laag	8	7	15				x
32	Na ₂ SO ₄	hoog	hoog	8	8	16	x	x	x	x

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Tel. : 0317 - 48 56 06
Fax : 010 - 522 51 93
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

